

**BEZIRKSAMT TREPTOW-KÖPENICK VON BERLIN**

**KLIMASCHUTZ-TEILKONZEPT FÜR 42 LIEGENSCHAFTEN**

**MÜGGELSCHLÖSSCHEN-GRUNDSCHULE, ALFRED-RANDT-STR. 56**

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 UND VORGEHENSWEISE</b>	<b>5</b>
<b>2. BASISDATEN DER MÜGGELSCHLÖSSCHEN-GRUNDSCHULE</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>11</b>
3.1 Fotodokumentation	11
3.2 Vorbemerkungen und Hinweise	13
3.3 Gebäudehülle	13
3.3.1 Vorbemerkung	13
3.3.2 Bodenplatte	13
3.3.3 Außenwände	13
3.3.4 Fenster	14
3.3.5 Außentüren	14
3.3.6 Dach	14
3.3.7 Gesamteinschätzung Gebäudehülle	14
3.4 Technische Anlagen	15
3.4.1 Bestandsaufnahme	15
3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen	15
3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich	16
3.6 Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes	17
<b>4. ENERGIESPARMAßNAHMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN</b>	<b>19</b>
4.1 Grundlegendes	19
4.2 Sanierung der Gebäudehülle	19
4.2.1 Bodenplatte	19
4.2.2 Außenwände	20
4.2.3 Fenster und Sonnenschutz	20
4.2.4 Außentüren	20
4.2.5 Dach	20
4.3 Sanierung der technischen Anlagen	21
4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage	21
4.3.2 Beleuchtung	21
4.3.3 Energieträger	21
4.4 Schätzung der Investitionskosten	22
4.5 Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	24
4.6 Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	24
4.7 Sanierungsempfehlungen	29

## TABELLENVERZEICHNIS

<b>Tabelle 1:</b> Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Fernwärmeverbrauch und den Stromverbrauch der Schule	9
<b>Tabelle 2:</b> Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung	16
<b>Tabelle 3:</b> Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs	16
<b>Tabelle 4:</b> Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle	23
<b>Tabelle 5:</b> Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	24
<b>Tabelle 6:</b> Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	26
<b>Tabelle 7:</b> Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten	27

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<b>Abbildung 1:</b> Fernwärmeverbrauch der Müggelschlösschen-Grundschule in den Jahren 2011 bis 2013	7
<b>Abbildung 2:</b> Produzierte Treibhausgasemissionen (CO <sub>2</sub> ) infolge Fernwärmeverbrauch	8
<b>Abbildung 3:</b> Stromverbrauch der Müggelschlösschen-Grundschule 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> Kennwertevergleich	9
<b>Abbildung 6:</b> Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Hauptgebäudes der Müggelschlösschen-GS	17
<b>Abbildung 7:</b> Energiebilanz für den Ist-Zustand des Hauptgebäudes der Müggelschlösschen-GS	17
<b>Abbildung 8:</b> Beurteilung des Ist-Zustandes des Hauptgebäudes der Müggelschlösschen-GS	18
<b>Abbildung 9:</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 Neubausstandard, Februar 2011

## PRÄAMBEL

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

CSD geht davon aus, dass

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

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

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

## 1. Aufgabenstellung und Vorgehensweise

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

Aufgabenstellung der CSD Ingenieure GmbH als Beitrag zum Klimaschutz-Teilkonzept war es, die spezifische Ausgangssituation der Liegenschaften und darauf aufbauend technisch und wirtschaftlich umsetzbare 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/Platzwarts vorgenommen wurden. Auf Grundlage der erhobenen Daten und mittels der vom Bezirksamt zur Verfügung gestellten Grundrisspläne wurde dann für jedes Gebäude eine Energiebilanz erstellt und soweit möglich mit Hilfe der witterungskorrigierten Wärmeverbrauchsdaten justiert. Sodann wurden anhand der Feststellungen vor Ort und der Energiebilanz Energieeinsparmaßnahmen abgeleitet und zu Sanierungsvarianten gebündelt. Abschließend wurden die durch die Sanierungsvarianten realisierbaren Energie- und Treibhausgas-einsparungen ermittelt, die Wirtschaftlichkeit der Varianten bewertet und daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet.

## 2. Basisdaten der Müggelschlösschen-Grundschule

### 2.1 Objektbeschreibung

---

Bezeichnung des Objekts: Hauptgebäude der Müggelschlösschen-Grundschule

Foto des Objekts:



Standort: Alfred-Randt-Straße 56, 12559 Berlin

Nutzung: Grundschule

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude  
Erdgeschoss und 4 Obergeschosse, annähernd vollständig beheizt

Bruttogrundfläche: 3.810 m<sup>2</sup>

Baujahr: 1981

Sanierung Gebäude: ca. 1995 Aufbringung von Sonnenschutzfolien auf den Fensterscheiben der Ostseite  
ca. 2000 Austausch der Fenster auf der Westseite (Eingangsseite)  
ca. 2000 Dämmung des Dachs

Sanierung Heizungsanl.: ca. 2000 (Leitungsämmung, Speicher- und Pumpenaustausch)

Heizenergieerzeugung: Fernwärmeübergabestation

Warmwasserbereitung: Fernwärme, Speicherladesystem mit Zirkulation

Lüftung: Freie Lüftung

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

Bestandsunterlagen: Aktuelle Grundrisse

Datum Objektbegehung: 04.02.2014

---

## 2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

### 2.2.1 Wärme

Die Müggelschlösschen-Grundschule wird mit Fernwärme der Vattenfall Europe Wärme AG versorgt. Das gesamte Gebäude wird beheizt. Auf dem Areal der Grundschule befinden sich noch ein baugleiches Gebäude, das bis zum Jahr 2000 als Sekundarschule genutzt wurde und nun zu einem beträchtlichen Teil leer steht (Alfred-Randt-Straße 54, wird separat untersucht), eine Turnhalle sowie ein Jugendzentrum. Die Wärmeverbräuche für Heizung und Warmwasserbereitung wurden für alle vier Gebäude gemeinsam erfasst, so dass keine gebäudebezogenen Beurteilungen der Verbrauchsmengen möglich sind.

Eine flächenanteilige Aufteilung der Wärmeverbrauchszahlen auf die vier Gebäude wurde nicht vorgenommen, da die Zahlen aufgrund der unterschiedlichen Gebäudenutzungen und daraus resultierenden Verbräuche nicht aussagekräftig wären. Für eine detaillierte gebäudebezogene Analyse der Verbrauchsdaten wäre eine gebäudebezogene Erfassung der Wärmeverbräuche erforderlich. Im folgenden Diagramm ist daher der Wärmeverbrauch für den Gesamtkomplex für die Jahre 2011-2013 angegeben. Die leicht ansteigenden Verbräuche sind durch die jeweils etwas strengeren Winter zu erklären.

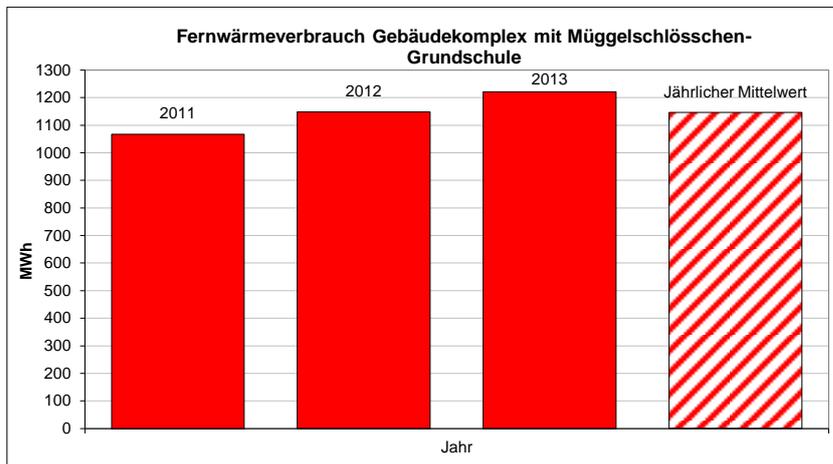
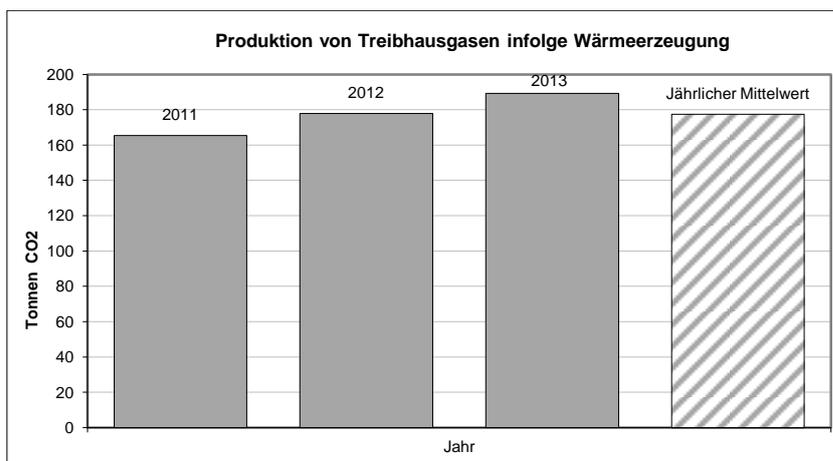


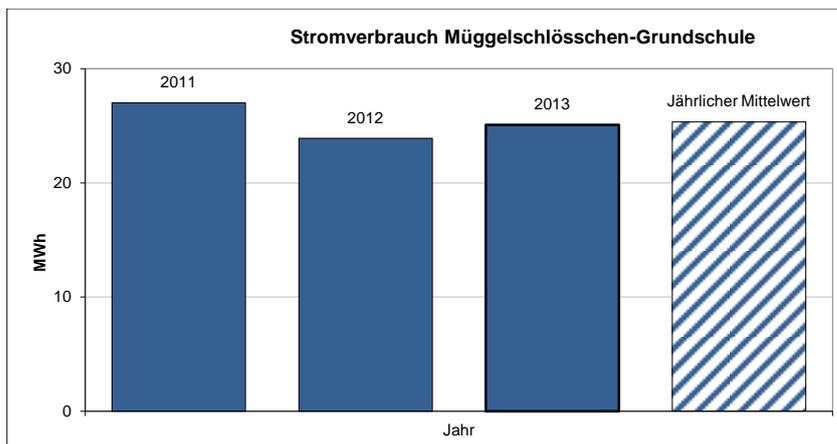
Abbildung 1: Fernwärmeverbrauch der Müggelschlösschen-Grundschule in den Jahren 2011 bis 2013



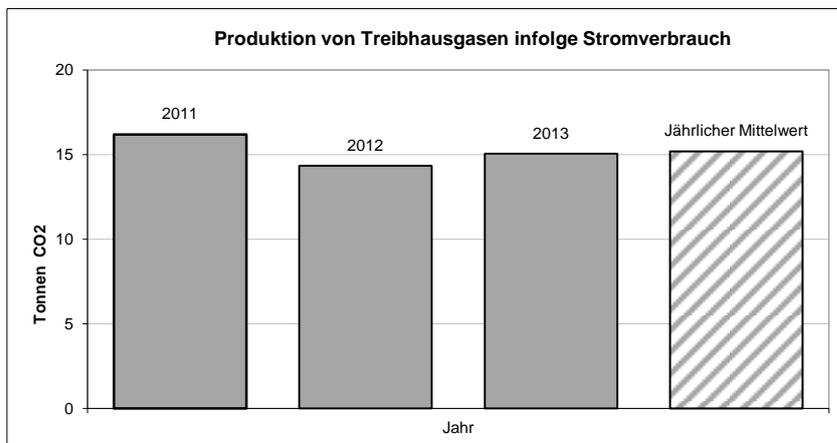
**Abbildung 2:** Produzierte Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>) infolge Fernwärmeverbrauch<sup>1</sup>

## 2.2.2 Strom

Für die Jahre 2011-2013 wurden die nachstehend dargestellten Stromverbräuche abgerechnet. Hierbei handelt es sich allein um die Stromverbräuche der Müggelschlösschen-Grundschule einschließlich der Turnhalle, die über einen gemeinsamen Stromzähler abgerechnet werden. Abbildung 4 zeigt die infolge der Stromherstellung produzierten Treibhausgasemissionen.



**Abbildung 3:** Stromverbrauch der Müggelschlösschen-Grundschule in den Jahren 2011 bis 2013



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

<sup>1</sup> Laut Vattenfall Europe Wärme AG entstehen infolge 1 MWh Fernwärmeverbrauch in Berlin 155 kg des Treibhausgases CO<sub>2</sub>.

<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.

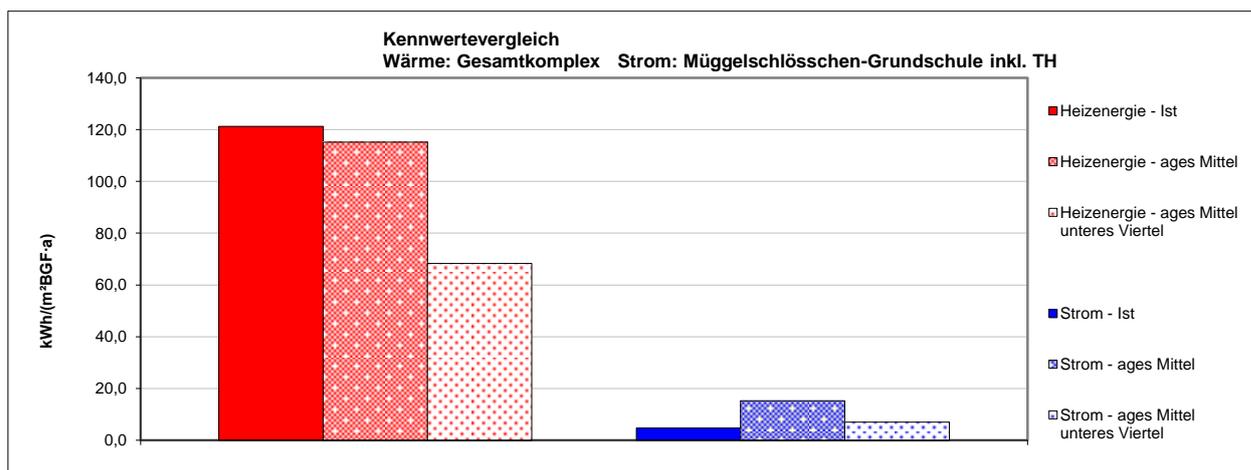
## 2.2.3 Energiekennzahlen des Gebäudes

Eine Beurteilung der Energieverbräuche der Liegenschaft ist durch einen Vergleich mit den entsprechenden Verbräuchen des deutschen Gebäudebestands möglich. Hierfür hat die ages GmbH für verschiedene Gebäudenutzungskategorien Heizenergie- und Stromverbrauchswerte erfasst und die Mittelwerte sowie die Mittelwerte des Viertels mit dem geringsten Verbrauch bezogen auf die Bruttogrundfläche des jeweiligen Gebäudes berechnet und veröffentlicht [12]. In der folgenden Tabelle sind die vorhandenen Verbrauchswerte den entsprechenden Vergleichswerten gegenübergestellt. Für den Wärmeverbrauch wurden entsprechend der Hauptnutzung die Vergleichskennwerte für Grundschulen (ohne Schwimmbäder) und Sporthallen entsprechend den Flächenanteilen der 4 Gebäude gemittelt. Der Jugendclub wurde hierbei mangels Vergleichsgruppen den Schulflächen zugerechnet. Abbildung 5 verdeutlicht die Relationen grafisch.

**Tabelle 1:** Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Fernwärmeverbrauch und den Stromverbrauch der Schule

		ages - Arithm. Mittel	ages - Arithm. Mittel des besten Viertels
<b>Gesamtkomplex</b>			
Heizenergieverbrauch - kWh/(m <sup>2</sup> BGFa)*	121,3	115,3	68,4
Treibhausgasemissionen - kg/(m <sup>2</sup> BGFa)*	18,8	17,9	10,6
<b>Müggelschlösschen- GS einschl. TH</b>			
Stromverbrauch - kWh/(m <sup>2</sup> BGFa)	4,8	15,3	7,1
Treibhausgasemissionen - kg/(m <sup>2</sup> BGFa)	2,9	9,2	4,2

\* Der Heizenergieverbrauch wurde witterungsbereinigt und enthält die für die Warmwasserbereitung erforderliche Wärmemenge. Diese wurde mangels Abrechnung entsprechend den Regeln des BMVBS zur Ermittlung von Energieverbrauchswerten pauschal mit 5% der Wärmemenge angenommen. Zur Ermittlung der CO<sub>2</sub>-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

Der Komplex aus Schulgebäuden, Jugendclub und Sporthalle verbraucht demnach deutlich mehr Heizenergie als von der ages GmbH für deutsche Schulen und Sporthallen im Mittel erfasst wurde. Zu den Ursachen dieser hohen Verbräuche tragen sicherlich alle Gebäude des Komplexes bei. Da der Jugendclub und die Sporthalle nicht untersucht wurden, kann zu den aus diesen Gebäuden herrührenden

Einflüssen keine Aussage gemacht werden. Sehr ungünstig wirkt sich der energetische Zustand des ehemaligen Sekundarschulgebäudes in der Alfred-Randt-Straße 54 aus, zu dem ein separater Bericht erstellt wurde. Der energetische Zustand der Müggelschlösschen-Grundschule ist hingegen besser als der der Sekundarschule, da bereits einige energetische und bauliche Sanierungsmaßnahmen durchgeführt wurden. Eine Quantifizierung der Einzeleinflüsse der vier Gebäude ist nicht möglich.

Verglichen mit dem Mittelwert des besten Viertels des entsprechenden deutschen Gebäudebestands zeigt sich ein sehr hohes Einsparpotential für den Heizenergieverbrauch und die zugehörigen Treibhausgasemissionen von mehr als 40%. Setzt man das arithmetische Mittel des besten Viertels des Schulbestandes als Zielgröße für den Heizenergieverbrauch, so berechnet sich das Kosteneinsparpotential von bei einem Kostenansatz von 8,7 ct/kWh<sup>3</sup> für Fernwärme zu 46.600 €/Jahr (brutto) für den gesamten Gebäudekomplex. Für die Treibhausgasemissionen infolge Heizwärmeverbrauchs berechnet sich entsprechend ein jährliches Einsparpotential von 83 Tonnen.

Der mittlere jährliche Stromverbrauch Müggelschlösschen-Grundschule (einschließlich Turnhalle) liegt hingegen unterhalb des von ages GmbH für deutsche Grundschulen und Sporthallen im Mittel erfassten Stromverbrauchs, sogar noch unterhalb des Mittelwerts des besten Viertels. Es zeigen sich keine offensichtlichen Einsparpotentiale. Da der Zustand und die Nutzungsintensität der Turnhalle nicht bekannt sind, lässt sich das Ergebnis allerdings nicht umfassend beurteilen.

---

<sup>3</sup> Energiepreis gemäß der letzten vorliegenden Abrechnung für dieses Objekt. Der Grundpreis wurde vereinfacht auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

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

#### 3.1 Fotodokumentation



**Nord-West-Ansicht**



**Westfassade (Eingangsseite)**



**Ostfassade (Gebäuderückseite)**



**Zustand Fenster und Sockel Ostseite**



**Zustand der rückseitigen Fenster**



**Zustand der Südseite (ähnliche Situation allseitig an den Betonfassadenelementen)**



Schutzdecke vor undichtem Fenster (Ostseite)



Neue Fenster Westseite



Beispiel sich ablösender Sonnenschutzfolien (Ostseite)



Wärmezentrale in der Alfred-Randt-Straße 54



Heizungsleitungen



Heizungs-VL mit geregelter Pumpe



Warmwasserspeicher (Buderus)

## 3.2 Vorbemerkungen und Hinweise

Laut Aussage des Hausmeisters wird der Werkstattraum 007 im Erdgeschoss nur einmal in der Woche genutzt, aber durchgehend normal beheizt. Die Beheizung außerhalb der Nutzungsphase sollte jedoch auf ein sinnvolles Minimum (ca. 16-17°C) reduziert werden. Hierfür empfiehlt sich der Einbau eines programmierbaren Thermostats. Zudem sollten die über den Heizkörpern in diesem Raum angeordneten Ablagebretter möglichst entfernt oder zumindest flächenanteilig reduziert werden, um eine bessere Wärmeabgabe der Heizkörper an den Raum zu ermöglichen.

Laut Aussage des Hausmeisters sind die auf den rückseitigen Fenstern angebrachten Sonnenschutzfolien nahezu wirkungslos. Es würden bei Sonnenlicht die Vorhänge zugezogen und das Kunstlicht angeschaltet. Im Zuge der Sanierung ist daher ein wirkungsvoller außenliegender Sonnenschutz vorzusehen, der neben einer wirkungsvollen Reduzierung der solaren Gewinne eine ausreichend gute Tageslichtversorgung der Räume gewährleistet.

Die im Rahmen der Begehung nicht untersuchte Turnhalle der Grundschule ist laut Aussage des Hausmeisters ebenfalls sanierungsbedürftig. Zum einen ist offenbar die Fassade stellenweise undicht, zum anderen gibt es in den Umkleiden Stellen, an denen sich Schimmelpilz gebildet hat. Der Zustand der Turnhalle sollte daher zeitnah untersucht werden.

## 3.3 Gebäudehülle

### 3.3.1 Vorbemerkung

Beim Hauptgebäude der Müggelschlösschen-Grundschule handelt es sich um eine 1981 errichtete Schule in Stahlbetonskelettbauweise (DDR-Typen- bzw. Plattenbau). Für die Schule liegen neben Grundrissen keine weiteren Bauunterlagen mehr vor. Entsprechend den Vorschriften des Merkblatts zur Erstellung von Klimaschutzteilkonzepten des BMU wurden die Bauteildaten daher überschläglich anhand von Bauteiltypologien erhoben. Als Datengrundlage wurden dabei die Datenaufnahmeregeln des BMVBS für Nichtwohngebäude [1] verwendet. Aufgrund ähnlich strenger Wärmeschutzvorschriften in Ost- und Westdeutschland (die lediglich etwas zeitlich versetzt in Kraft traten) können 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 grenzenden Fußboden des Erdgeschosses ist nach [1] von einem U-Wert der 0,8 W/(m<sup>2</sup>K) auszugehen. Eine gewisser Wärmeschutz ist damit bereits vorhanden, die heutigen Anforderungen sind jedoch höher.

### 3.3.3 Außenwände

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

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

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

## 3.3.4 Fenster

Die Fenster der eingangsseitigen Räume wurden in den Jahren 1998-2001 komplett durch neue 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Holzrahmen ersetzt. Diese Fenster befinden sich noch weitestgehend in einem guten Zustand. Den Beschriftungen des Randverbundes sind  $k(U_g)$ -Werte von  $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  beim Treppenhaus und den angrenzenden Sanitärräumen sowie  $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  in den übrigen Räumen zu entnehmen. Der für diese Fenster gemäß [1] im Mittel anzunehmende U-Wert von  $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  bildet die Fensterqualität gut ab. Die Fenster verfügen nicht über den heutigen wärmetechnischen Standard, besitzen aber noch ausreichend gute Wärmeschutzeigenschaften.

Bei den rückseitigen Fenstern handelt es sich um bauzeitliche 2-Scheiben-Verbundfenster mit Holzrahmen, für die gemäß [1] ein U-Wert von  $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  anzunehmen ist und die damit nicht den heutigen wärmeschutztechnischen Anforderungen entsprechen. Die Fensterrahmen sind nicht mit Lippendichtungen versehen, so dass von erhöhten Lüftungswärmeverlusten auszugehen ist. Ihr Zustand ist außenseitig in größeren Bereichen sehr schlecht. Der Schutzanstrich wäre dringend zu erneuern, teilweise bröckelt der Fensterkitt. Der thermische Komfort der Nutzer ist aufgrund von Undichtigkeiten stark eingeschränkt.

Die Mitte der 90er-Jahre auf den rückseitigen Fenstern angebrachten Sonnenschutzfolien lösen sich an vielen Stellen und sind nach Aussage des Hausmeisters weitestgehend wirkungslos. Laut Hausmeister werden daher bei Sonnenschein die Vorhänge in den Unterrichtsräumen zugezogen und das Kunstlicht angeschaltet.

## 3.3.5 Außentüren

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

## 3.3.6 Dach

Laut [1] kann für das Stahlbetondach von einem U-Wert von  $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ausgegangen werden. Dieser Wert wird durch Typenunterlagen bestätigt. Laut Aussage des Hausmeisters wurde das Dach etwa im Jahr 2000 saniert und eine 10 cm dicke Dämmschicht aufgebracht. Da nicht bekannt ist, ob dabei alte Dämmschichten (z.B. aufgrund von Durchfeuchtung) entfernt wurden, kann diese Schicht nicht zusätzlich zum bauzeitlichen U-Wert angesetzt werden. Stattdessen wird der gemäß [1] anzunehmende U-Wert für Dächer des Sanierungsjahres angenommen, der mit  $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  eine realistische Schätzung darstellt.

Das Dach erfüllt damit nicht ganz die heutigen wärmeschutztechnischen Anforderungen, besitzt aber bereits einen guten Dämmstandard.

## 3.3.7 Gesamteinschätzung Gebäudehülle

Kein Außenbauteil erfüllt die Anforderungen, die nach der aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV 2014 an zu sanierende Bauteile eines Nichtwohngebäudes gestellt werden.<sup>4</sup> Die wärmetechnische Qualität der Gebäudehülle im derzeitigen Zustand ist insgesamt nicht ausreichend und es besteht ein erhebliches Energieeinsparungspotential. Viel Wärme geht aufgrund der großen Flächenanteile über die massiven Außenwände und die Fenster verloren. Es sind keine besonderen konstruktions- oder materialbedingten Wärmebrücken hervorzuheben, so dass Wärmebrücken rechnerisch über einen U-Wert-Zuschlag von  $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  berücksichtigt werden. Da die rückseitigen Fenster ohne Lippendichtung ausgeführt sind und die Außentüren nicht dicht schließen, ist von erhöhten Lüftungswärmeverlusten

---

<sup>4</sup> Gleichermaßen werden auch die Anforderungen, die laut EnEV für die Bauteile eines Neubaus gelten, nicht erfüllt.

infolge Gebäudeundichtigkeit auszugehen, die durch eine Luftwechselrate von 0,8/h (vgl. Tabelle 2) berücksichtigt werden.

## 3.4 Technische Anlagen

### 3.4.1 Bestandsaufnahme

Das Hauptgebäude der Müggelschlösschen-Schule wird über Fernwärme beheizt. Auch die Warmwassererzeugung erfolgt mittels Fernwärme. Die Fernwärmeübergabestation ist im ehemaligen Sekundarschulgebäude in der Alfred-Randt-Straße 54 untergebracht. Von dieser Station werden neben den beiden Schulgebäuden noch die Turnhalle und der benachbarte Jugendclub mit Wärme versorgt. Die Anlage wird außentemperaturgeführt gesteuert. Nachts sowie am Wochenende wird die Heiztemperatur abgesenkt. Details hierzu sind nicht bekannt.

Die Wärmeleitungen sind bis auf kurze Zwischenstücke und Armaturen gut gedämmt. Eine Hocheffizienzpumpe regelt die Umwälzung des Heizungswassers. Leitungsdämmung und Pumpen wurden etwa im Jahr 2000 erneuert. Laut Aussage des Hausmeisters wurde ein hydraulischer Abgleich der Anlage vorgenommen. Die Wärmeübergabe an die Räume erfolgt durch überwiegend an den Außenwänden angeordnete Gliederheizkörper mit regelbaren Thermostatventilen.

In einigen Räumen sind direkt oberhalb der Heizkörper Ablagebretter angeordnet, die die Luftzirkulation und damit die Wärmeabgabe der Heizkörper behindern. Allerdings ist diese Behinderung nur im Werkraum gravierend.

Die Warmwasserbereitung und –speicherung (für die Küche sowie den Reinigungsraum) erfolgt mittels eines indirekt beheizten Buderus TBS-Isocal- Warmwasserspeichers mit einem Volumen von 300 Litern, der ebenfalls etwa im Jahr 2000 eingebaut wurde. Die Versorgung der Zapfstellen erfolgt mittels Zirkulation. Eine Teeküche verfügt über einen Warmwasser-Kleinspeicher.

Die in einigen Räumen vorhandenen Abluftventilatoren sind außer Betrieb.

Die Beleuchtungsanlage des Dienstgebäudes besteht zum großen Teil aus Deckenleuchten mit stabförmigen Leuchtstofflampen, die zum Teil bereits modernisiert wurden und elektronische Vorschaltgeräte besitzen oder im alten Zustand mit verlustarmen oder konventionellen Vorschaltgeräten ausgestattet sind. Regelungseinrichtungen sind nicht vorhanden.

### 3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen

Da die für die Wärmeerzeugung verwendete Fernwärme im Berliner Vattenfallnetz zu über 90% aus Kraft-Wärme-Kopplung gewonnen wird, handelt es sich um einen primärenergetisch sehr günstigen Energieträger, der vom Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) auf eine Stufe mit erneuerbaren Energien gestellt wird. Ein Wechsel des Energieträgers ist somit nicht angezeigt. Auch die Anlagenkomponenten selbst verfügen insgesamt über einen guten technischen Standard. Allerdings haben wesentliche Komponenten ihre mittleren Lebensdauern nach VDI 2067 [8] bereits erreicht, so dass Erneuerungsinvestitionen anstehen.

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

## 3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich

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

**Tabelle 2:** Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung

Gebäudeparameter	Eingabegröße
Klimareferenzort	Potsdam
Raumtemperatur	19°C
Luftwechselrate	0,8/h (rückseitige Fenster ohne Abdichtung)
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	5 W/m <sup>2</sup>
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m <sup>2</sup> K)
Heizungsanlage	Fernwärmeübergabestation
Warmwasserbedarf	22 MWh/a <sup>5</sup>

Ein Bedarfs-/Verbrauchsabgleich zur Validierung bzw. Kalibrierung der Eingabewerte konnte nicht mit ausreichender Genauigkeit durchgeführt werden, da der abgerechnete Fernwärmeverbrauch neben dem Verbrauch des untersuchten Hauptgebäudes der Schule auch den der Sporthalle, der benachbarten Sekundarschule sowie des benachbarten Jugendclubs einschließt und über diese Gebäude jedoch nur zum Teil Informationen zur energetischen Qualität erhoben wurden. In der folgenden Tabelle sind der berechnete Heizenergiebedarfswert sowie der flächenanteilige Verbrauchswert für die Grundschule zusammengestellt. Sie zeigen eine gute Übereinstimmung, die jedoch aufgrund der fehlenden Datengrundlage für die übrigen Gebäude des Komplexes auch zufällig sein kann.

**Tabelle 3:** Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs<sup>6</sup>

Berechneter Endenergiebedarf Fernwärme MWh/a	382,7
Witterungskorrig. Fernwärmeverbrauch MWh/a (flächenanteiliger Wert für Grundschule)	419,6

<sup>5</sup> Berechnung mit Hilfe des Ansatzes nach DIN V 18599-10:2011-12 Tab.7 [7] für Schulen ohne Dusche, Schüleranzahl entsprechend des Berliner Schulführers von 2010 [17].

<sup>6</sup> 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. 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 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.

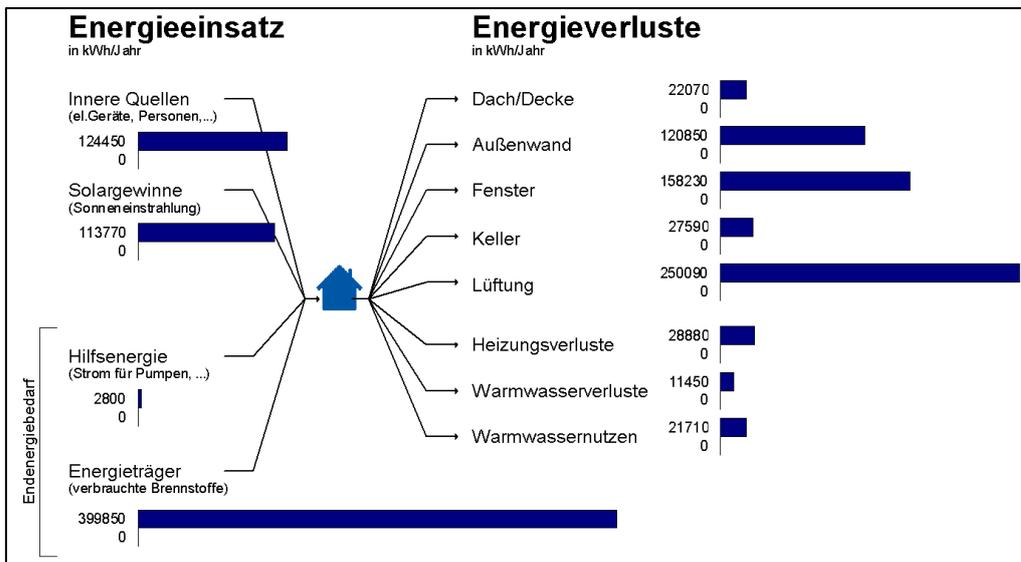


Abbildung 6: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Hauptgebäudes der Müggelschlösschen-GS

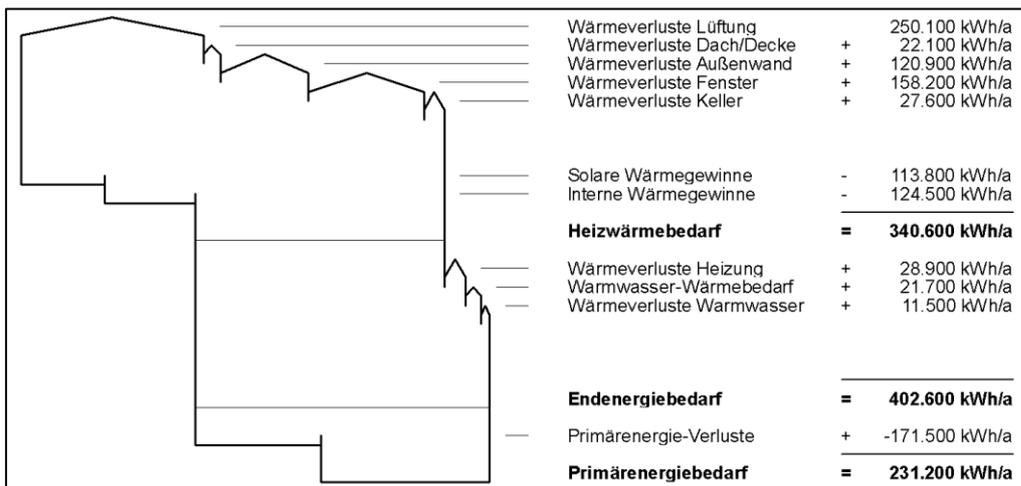
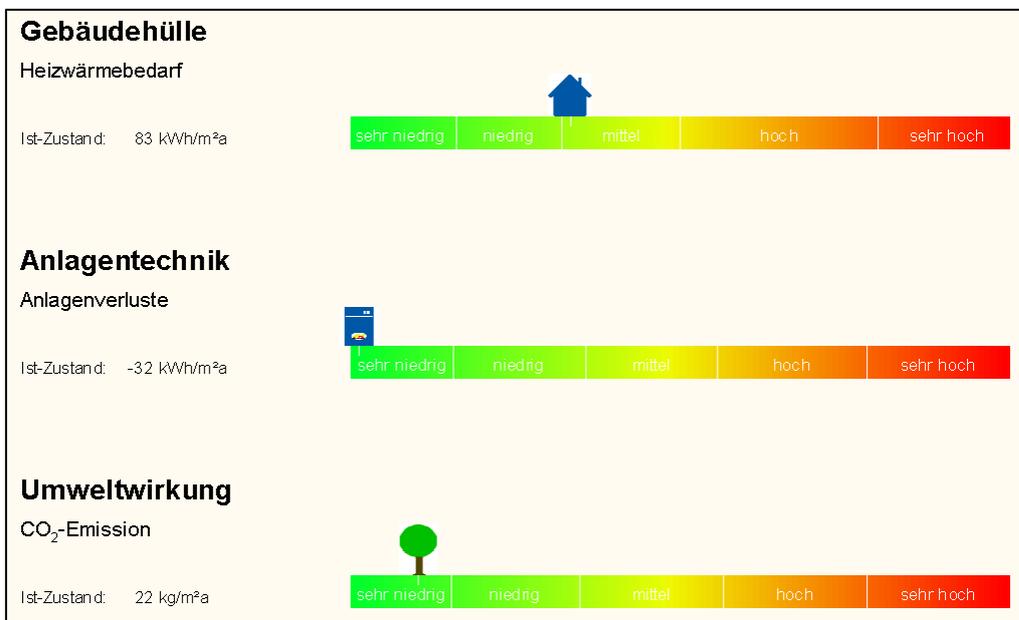


Abbildung 7: Energiebilanz für den Ist-Zustand des Hauptgebäudes der Müggelschlösschen-GS

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>7</sup> Alle drei verglichenen Werte beziehen sich auf die rechnerische Energiebezugsfläche des Gebäudes.



**Abbildung 8:** Beurteilung des Ist-Zustandes des Hauptgebäudes der Müggelschlösschen-GS

In der Einstufung des Heizwärmebedarfs im mittleren Bereich spiegelt sich die Tatsache, dass die Bauteile bereits eine Wärmedämmung besitzen und ein Teil der Fenster schon saniert wurde. Gleichwohl zeigt sich das auch aus den Verbrauchskennzahlen in Kapitel 2.2.3 ablesbare Sanierungspotential. Aufgrund ihres Zustands, aber insbesondere aufgrund des primärenergetisch sehr günstigen Energieträgers Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung, wird die Heizungsanlage sehr positiv bewertet. Es errechnen sich negative Primärenergieverluste aufgrund des niedrigen Primärenergiefaktors für Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung. Die Umweltwirkung des Gebäudes wird im Hinblick auf seine Treibhausgasemissionen entsprechend dem vergleichsweise niedrigen Emissionsfaktor der verwendeten Fernwärme als günstig eingestuft. Ein weiteres Einsparpotential ist gleichwohl vorhanden.

<sup>7</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.

## 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. Ausreichend lichte Raumhöhe ist vorhanden. Es ist zu beachten, dass diese Maßnahme mit vorübergehenden Nutzungseinschränkungen und ggf. erforderlichen Anpassungsmaßnahmen einhergeht. Bereits mit einer 3 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 10 cm dicke Dämmung gleicher Wärmeleitfähigkeit erfordern. Über der Dämmung wäre eine Dampfsperre und eine lastverteilende Schicht, z.B. Nassestrich, erforderlich. 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 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 U-Wert-Anforderung der KfW von maximal  $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  erreicht.<sup>8</sup>

→ **Sanierung empfohlen**

## 4.2.3 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 und teilweise nicht mehr richtig schließen. Das Einsparpotential ist daher beträchtlich. Zur Einhaltung der KfW-Anforderungen wäre der Einbau einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert von maximal  $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  erforderlich. Für die Einhaltung der EnEV 2014 ist eine 2-fach-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert von maximal  $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ausreichend.

Um die solaren Einträge in die Unterrichtsräume wirksam zu reduzieren, ist ein außenliegender Sonnenschutz an allen rückseitigen Fenstern vorzusehen. 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**

## 4.2.4 Außentüren

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

→ **Sanierung empfohlen**

## 4.2.5 Dach

Aufgrund der vorhandenen nachträglichen Dämmung geht über das Dach ein relativ geringer Wärmeanteil verloren. Dieser könnte durch zusätzliche Dämmung auf den von der KfW geforderten U-Wert weiter reduziert werden. Da der zu erzielende Einspareffekt jedoch gering ist, sollte weitere Dämmung erst aufgebracht werden, wenn eine vollständige Dachsanierung erforderlich ist.

→ **Sanierung derzeit nicht empfohlen**

---

<sup>8</sup> Ggf. muss die Dämmstoffdicke zur Berücksichtigung von Wärmebrücken infolge Dübeln geringfügig vergrößert werden.

## 4.3 Sanierung der technischen Anlagen

### 4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage

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

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

Weiterhin empfiehlt es sich, in die Ablagebretter über den Heizkörpern in einigen Unterrichtsräumen (vgl. Kapitel 3.2) so weit wie möglich (freizuhaltende) Löcher einzufügen, um das Aufsteigen der warmen Heizungsluft vor den kalten Außenfenstern zu erleichtern und damit die Heizenergie effizienter zu nutzen.

→ **Sanierung teilweise empfohlen**

### 4.3.2 Beleuchtung

Es wird empfohlen die Modernisierung der Beleuchtung fortzusetzen und alte 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.

→ **Sanierung empfohlen**

### 4.3.3 Energieträger

Da die Wärmeversorgung mit Fernwärme aus KWK erfolgt und dieser Energieträger gemäß EEWärmeG [10] als Ersatzmaßnahme für den Einsatz erneuerbarer Energien anerkannt ist, ist ein Wechsel des Energieträgers nicht erforderlich.

Die Dachfläche des Gebäudes könnte für die Aufstellung von PV-Anlagen genutzt werden. Eine überschlägliche Kalkulation der möglichen solaren Stromerträge mit einem Online-Tool<sup>9</sup> führt zu dem Ergebnis, dass der mittlere ausgewiesene Stromverbrauch rechnerisch vollständig regenerativ gedeckt werden könnte. Die Anlage würde sich nach etwa 10 Jahren amortisieren.

---

<sup>9</sup> <http://www.solaranlagen-portal.com/solar/solarrechner>

## 4.4 Schätzung der Investitionskosten

In Tabelle 4 sind alle empfehlenswerten Sanierungsmaßnahmen für die Gebäudehülle und Anlagentechnik einschließlich einer Schätzung der anfallenden Investitionskosten zusammengestellt. Die Kosten wurden soweit wie möglich mit den in der aktuellen BBSR-Online-Publikation zu den Kosten energierelevanter Bau- und technischer Anlagenteile bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden/Bundesliegenschaften ermittelt [4]. In dieser Publikation nicht enthaltene Kostenansätze wurden mit Hilfe von online verfügbaren Baupreisdokumentationen abgeschätzt. Alle Kostenansätze müssen anhand konkreter Angebote überprüft werden. In den Kostenansätzen sind keine Anteile für Planungsleistungen enthalten.

Die Kostenansätze enthalten nur die energetisch bedingten Mehrkosten. Kosten für Maßnahmen, die ohnehin aus baulichen, hygienischen oder komfortverbessernden Gründen erforderlich sind, werden nicht mit einbezogen (sogenannte Ohnehin- bzw. Sowieso-Kosten).

In der anschließenden Tabelle 5 werden die aktuell empfehlenswerten investiven Einzelmaßnahmen zu sinnvollen Maßnahmepaketen zusammengefügt. Diese Sanierungsvarianten werden in Kapitel 0 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)		
<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:	1.800	m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Montage des Dämmmaterials mit allem Systemzubehör</li> </ul>	Gesamtpreis:	<b>182.880</b>	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ alle Anschlussarbeiten an Fenster-/Türöffnungen, Vorsprünge, Gebäudekanten</li> </ul>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wandbekleidung oder Oberputz</li> </ul>			
	<ul style="list-style-type: none"> <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: <b>U = 0,20 W/(m<sup>2</sup>K)</b>			
	<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
<u>Alternative 1:</u> Einbau neuer 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Holzrahmen, <b>U ≤ 1,3 W/(m<sup>2</sup>K)</b>		Einzelpreis abzgl. Sowieso-K.:	878	€/Stk
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demontage und Entsorgung der alten Fenster</li> </ul>		Anzahl:*	202	Stk
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial</li> </ul>		Gesamtpreis:	<b>177.415</b>	€
<u>Alternative 2:</u> Einbau neuer 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Holzrahmen, <b>U ≤ 0,95 W/(m<sup>2</sup>K)</b>		Einzelpreis** abzgl. Sowieso-K.:	988	€/Stk
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demontage und Entsorgung der alten Fenster</li> </ul>		Anzahl:*	202	Stk
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial</li> </ul>		Gesamtpreis:	<b>199.510</b>	€
* 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 <sup>2</sup> K). Da dieser etwas größer ist als der Zielwert für die 3-fach-Verglasung kann sich ggf. ein etwas höherer Einzelpreis ergeben.				
<b>Austausch der Außentüren</b>	Demontage und Entsorgung der alten Eingangstürelemente, Einbau neuer Türelemente	Einzelpreis:	3.700	€/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>7.400</b>	€
	U-Wert des sanierten Bauteils: <b>U = 1,3 W/(m<sup>2</sup>K)</b>			

**Tabelle 5:** Überblick über mögliche Sanierungsvarianten

Sanierungsmaßnahmen		Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (zzgl. MWSt)	
Variante 1	Austausch der alten Fenster durch Fenster mit 2-fach Wärmeschutzverglasung	Fenster:	177.415 €
	Austausch der alten Eingangstüren	Türen:	7.400 €
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen, hydraulischer Abgleich	Anlagen:	-
			<b>192.415 €</b>
Variante 2	Austausch der alten Fenster durch Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	Fenster:	199.510 €
	Austausch der alten Eingangstüren	Türen:	15.000 €
			<b>214.510 €</b>
Variante 3	wie Variante 1	Variante 1:	192.415 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände	WDVS:	182.880 €
			<b>375.295 €</b>
Variante 4	wie Variante 2	Variante 2:	214.510 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände	WDVS:	182.880 €
			<b>397.390 €</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 die hier relevanten Sanierungsbauteile sind. Die Lebensdauern der Komponenten der technischen Anlagen werden hier nicht berücksichtigt, da ihr Austausch eine jeweils sowieso erforderliche Maßnahme darstellt. Nach 40 Jahren wäre aus Verschleiß- und Abnutzungsgründen demnach die erste Ersatzinvestition erforderlich. Erneuerungs- und Wartungskosten im Untersuchungszeitraum werden rechnerisch nicht berücksichtigt, da diese Kosten auch ohne die energetische Sanierung für die vorhandenen Bauteile anfallen würden.

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

Die Berechnungen werden ohne Kalkulationszinssatz geführt, um zu berücksichtigen, dass dem Bezirksamt bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen i.d.R. selbst keine Kapitalkosten entstehen.<sup>10</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>11</sup>

<sup>10</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>11</sup> Der aktuelle effektive Jahreszins für das Programm 218 der KfW beträgt 0,1%.

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>12</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. 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:	35.473 €	Kalkulationszinssatz:	0%

<sup>12</sup> Fernwärme: 8,7 ct/kWh, Strom: 24,5 ct/kWh, jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht mit auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

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

Variante	Investitionskosten energetische Sanierung [€]	Energiekosten nach Sanierung [€]	im Nutzungszeitraum				Investitionskosten je jährlich eingesparte MWh Energie [€/(MWh/a)]	Amortisationsdauer [Jahre]
			Energiekosteneinsparung [€]	Gesamtkosteneinsparung [€]	Mittlere jährl. Energiekosteneinsparung [€/Jahr]	Eingesparte Treibhausgase [t]		
1	228.974	28.878	651.400	422.426	16.285	470	2.845	22
2	255.266	27.810	756.840	501.574	18.921	547	2.965	22
3	446.601	22.440	1.287.280	840.679	32.182	930	2.882	22
4	472.894	21.411	1.389.000	916.106	34.725	1.003	2.937	22

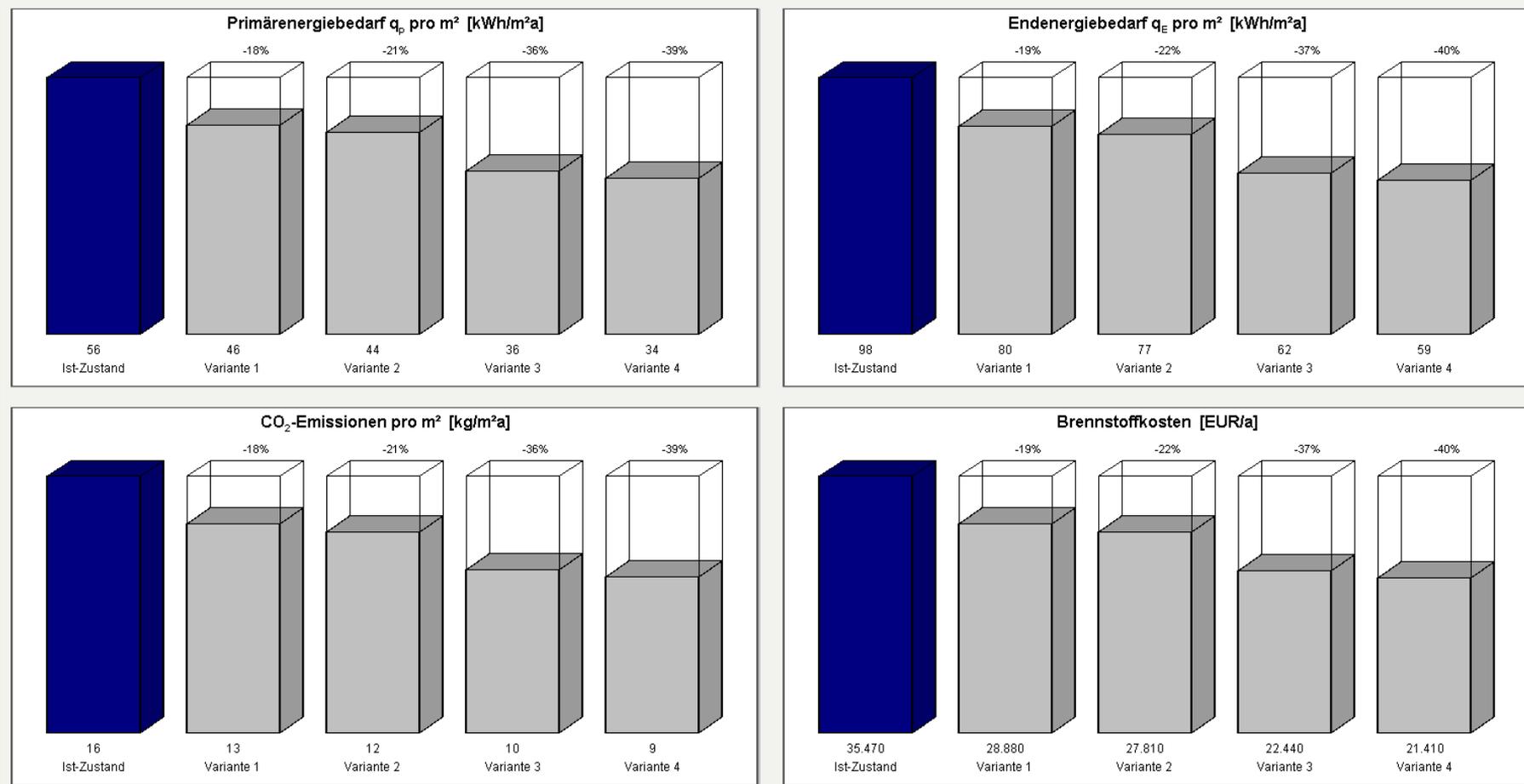


Abbildung 9: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO<sub>2</sub>- und Brennstoffkostenreduktionen

## 4.7 Sanierungsempfehlungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten zeigen, dass sich alle vier Maßnahmenvarianten etwa zu dem Zeitpunkt amortisiert haben, zu dem die sanierten Bauteile die Hälfte ihrer Lebensdauer erreicht haben. Aufgrund der Amortisation der Maßnahmen innerhalb der Nutzungsdauer der Sanierungselemente weisen alle Varianten eine positive Annuität und einen positiven internen Zinssatz aus.

Die eingesparten Energie- und Treibhausgasmengen sind aufgrund des Umfangs und der Qualität der einbezogenen Maßnahmen bei Variante 4 am größten. Dementsprechend weist diese Variante auch die größte jährliche Einsparung auf.

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

Darüber hinaus sollte die in Kapitel 4.2.1 beschriebene Option der Dämmung der Bodenplatte überprüft werden. Weiterhin wird empfohlen, auf der Rückseite des Gebäudes bei Austausch der Fenster außenliegende Sonnenschutzeinrichtungen einzubauen. Erläuterungen hierzu finden sich in Kapitel 4.2.3. 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.

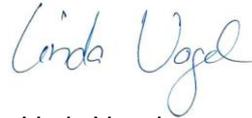
Die vorliegende Untersuchung ersetzt keine Ausführungsplanung für die zu sanierenden Bauteile.

CSD INGENIEURE GmbH



Andrea Untergutsch

Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen



Linda Vogel

Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen (FH)

Berlin, den 20. Oktober 2014