

BEZIRKSAMT TREPTOW-KÖPENICK VON BERLIN

KLIMASCHUTZ-TEILKONZEPT FÜR 42 LIEGENSCHAFTEN

FILIALE DER BOUCHÉ-GRUNDSCHULE, KIEFHOLZSTRASSE 45

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 DER FILIALE DER BOUCHÉ-GS, KIEFHOLZSTRASSE 45	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.	GEBÄUDEBEWERTUNG	11
3.1	Fotodokumentation	11
3.2	Vorbemerkungen und Hinweise	14
3.3	Gebäudehülle	14
3.3.1	Vorbemerkung	14
3.3.2	Bodenplatte des Erd- und Untergeschosses	14
3.3.3	Außenwände einschl. Kellerwände	14
3.3.4	Wände gegen nicht beheizte Räume	15
3.3.5	Fenster	15
3.3.6	Außentüren	15
3.3.7	Oberste Geschossdecke	15
3.3.8	Dachflächen	16
3.3.9	Gesamteinschätzung Gebäudehülle	16
3.4	Technische Anlagen	17
3.4.1	Bestandsaufnahme	17
3.4.2	Energetische Beurteilung der technischen Anlagen	17
3.5	Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich	18
3.6	Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes	19
4.	ENERGIESPARMAßNAHMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN	21
4.1	Grundlegendes	21
4.2	Sanierung der Gebäudehülle	21
4.2.1	Bodenplatte und Kellerwände	21
4.2.2	Außenwände	22
4.2.3	Wände gegen nicht beheizte Räume	22
4.2.4	Fenster und Sonnenschutz	22
4.2.5	Außentüren	22
4.2.6	Oberste Geschossdecke	23
4.2.7	Dachflächen	23
4.3	Sanierung der technischen Anlagen	23
4.3.1	Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage	23
4.3.2	Beleuchtung	24
4.3.3	Energieträger	24

4.4	Schätzung der Investitionskosten	24
4.5	Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	26
4.6	Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	27
4.7	Sanierungsempfehlungen	31

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Fernwärmeverbrauch und den Stromverbrauch des Schulgebäudes	9
Tabelle 2:	Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung	18
Tabelle 3:	Ergebnis des Bedarfs-/Verbrauchsabgleichs	18
Tabelle 4:	Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle	25
Tabelle 5:	Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	26
Tabelle 6:	Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	28
Tabelle 7:	Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten	29

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Fernwärmeverbrauch des Schulgebäudes in den Jahren 2012 und 2013	7
Abbildung 2:	Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂) infolge Fernwärmeverbrauch	7
Abbildung 3:	Stromverbrauch des Schulgebäudes im Jahr 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	19
Abbildung 7:	Energiebilanz für den Ist-Zustand des Schulgebäudes	19
Abbildung 8:	Beurteilung des Ist-Zustandes des Schulgebäudes (bei Ansatz der Standard-Innentemperatur von 19°C)	20
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 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, Modernisierungslitfadens, 1999
- [16] BINE Informationsdienst: themeninfo I/06, Gebäude sanieren – Schulen
- [17] Plötz Schulführer Berlin 2010, Deutsche Informationsbörse AG, Berlin 2009
- [18] Umweltamt Steglitz-Zehlendorf, Sanierung von alten Kastendoppelfenstern auf Neubaustandard, Februar 2011

PRÄAMBEL

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

CSD geht davon aus, dass

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

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

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

1. Aufgabenstellung

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

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

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

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

2. Basisdaten der Filiale der Bouché-GS, Kiefholzstraße 45

2.1 Objektbeschreibung

Bezeichnung des Objekts: Filiale der Bouché-Grundschule

Foto des Objekts:



Standort: Kiefholzstraße 45, 12435 Berlin

Nutzung: Seit 2011/2012 Grundschule

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude
Heizungskeller, Erdgeschoss, 4 Obergeschosse, annähernd vollständig beheizt, Dachgeschoss und Spitzboden nicht beheizt

Bruttogrundfläche: 4.444 m²

Baujahr: 1912

Sanierung Gebäudehülle: 1997/98 Erneuerung der Fenster im 3. und 4. OG sowie im DG (mit Ausnahme der Treppenhäuser sowie des Sanitärbereichs) sowie der Umkleiden im EG, 2012 Erneuerung der Fenster der Sporthalle und ihres Anbaus sowie Überarbeitung der Kastenfenster

Sanierung haustechnische Anlage.: 1993 Einbau der Fernwärmestation, 2011/12 Einbau einer Deckenstrahlungsheizung in der Turnhalle sowie dezentraler Warmwasser-Elektro-Kleinspeicher und Abluftventilatoren, 2013 Erneuerung der Heizungsumwälzpumpe

Heizenergieerzeugung: Fernwärmeübergabestation

Warmwasserbereitung: nur dezentral mit Elektro-Kleinspeichern

Lüftung: Freie Lüftung sowie bei Bedarf Abluftventilatorenbetrieb in Umkleiden

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

Bestandsunterlagen: Aktuelle Grundrisse

Datum Objektbegehung: 15.05.2014

2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

2.2.1 Wärme

Das Schulgebäude wird mit Fernwärme von Vattenfall versorgt. Mit Ausnahme des leerstehenden Dachgeschosses einschließlich Spitzboden wird das gesamte Gebäude beheizt. Im Untergeschoss befinden sich zwei Heizungskellerräume sowie weitere Räume, die wie der Rest des Gebäudes seit dem Schuljahr 2011/12 im Schulbetrieb genutzt werden. Die Warmwasserbereitung erfolgt dezentral elektrisch. Im folgenden Diagramm ist der Wärmeverbrauch für das Schulgebäude für die Jahre 2012 und 2013 angegeben. Für das Jahr 2011 konnte vom Bezirksamt keine vollständige Abrechnung vorgelegt werden.

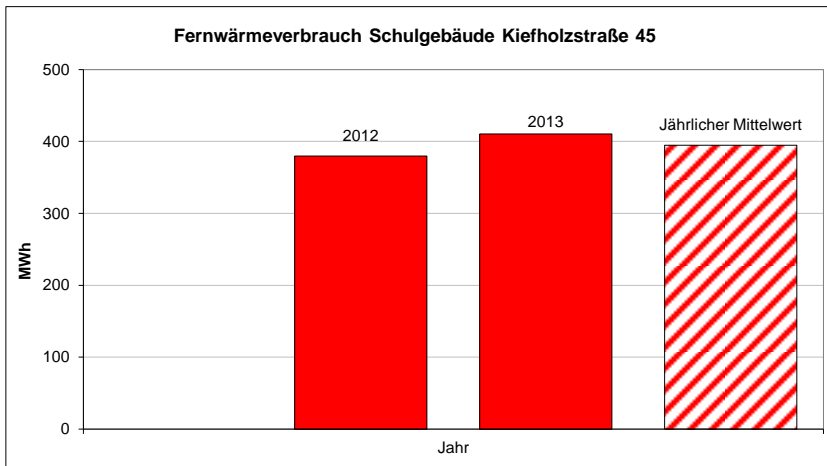


Abbildung 1: Fernwärmeverbrauch des Schulgebäudes in den Jahren 2012 und 2013

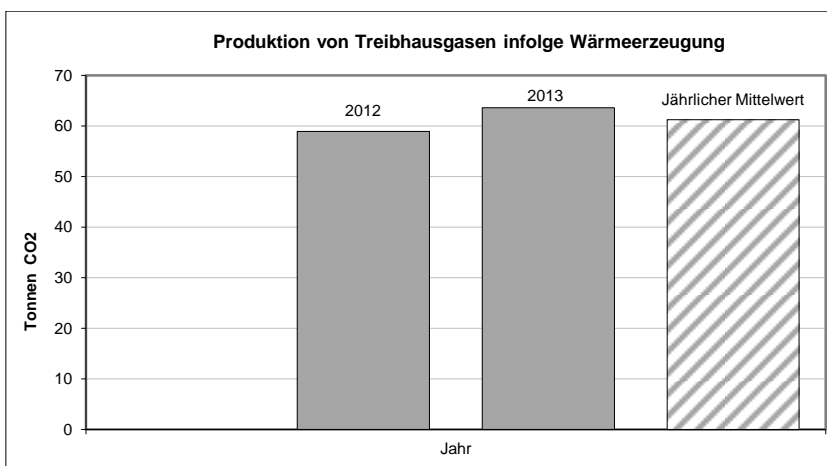


Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂) infolge Fernwärmeverbrauch¹

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

2.2.2 Strom

Für das Jahr 2013 wurde der nachstehend dargestellte Stromverbrauch abgerechnet. Für die Jahre 2011 und 2012 wurden vom Bezirksamt keine bzw. keine vollständige Stromabrechnung vorgelegt. Abbildung 4 zeigt die infolge der Stromherstellung produzierten Treibhausgasemissionen.

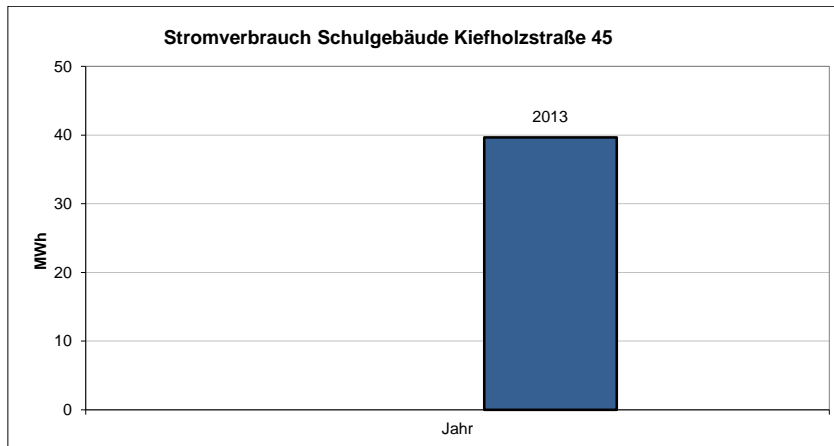


Abbildung 3: Stromverbrauch des Schulgebäudes im Jahr 2013

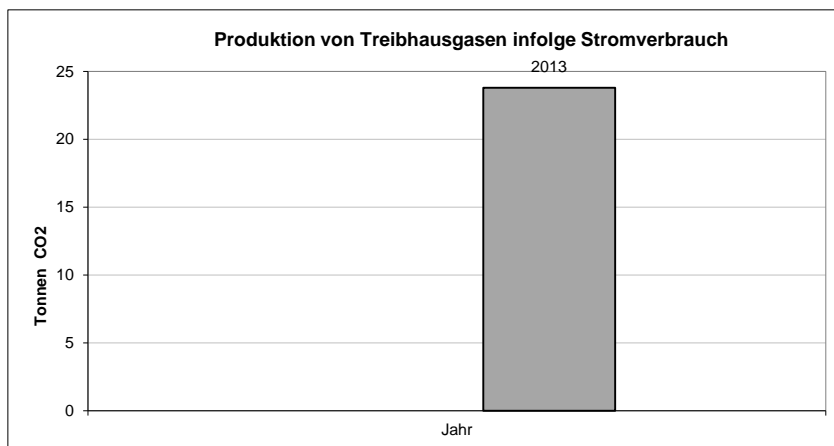


Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent) infolge Stromverbrauch²

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

2.2.3 Energiekennzahlen des Gebäudes

Eine Beurteilung der Energieverbräuche der Liegenschaft ist durch einen Vergleich mit den entsprechenden Verbräuchen des deutschen Gebäudebestands möglich. Hierfür hat die ages GmbH für verschiedene Gebäudenutzungskategorien Heizenergie- und Stromverbrauchswerte erfasst und die Mittelwerte sowie die Mittelwerte des Viertels mit dem geringsten Verbrauch bezogen auf die Bruttogrundfläche des jeweiligen Gebäudes berechnet und veröffentlicht.³ In der folgenden Tabelle sind die vorhandenen Verbrauchswerte den entsprechenden Vergleichswerten für Grundschulen mit Turnhallen gegenübergestellt. Abbildung 5 verdeutlicht die Relationen grafisch.

Tabelle 1: Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Fernwärmeverbrauch und den Stromverbrauch des Schulgebäudes

		ages - Arithm. Mittel	ages - Arithm. Mittel des besten Viertels
Heizenergieverbrauch - kWh/(m ² BGFa)*	97,3	119,0	68,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² BGFa)*	15,1	18,4	10,5
Stromverbrauch - kWh/(m ² BGFa)	8,9	10,0	6,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² BGFa)	5,4	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.

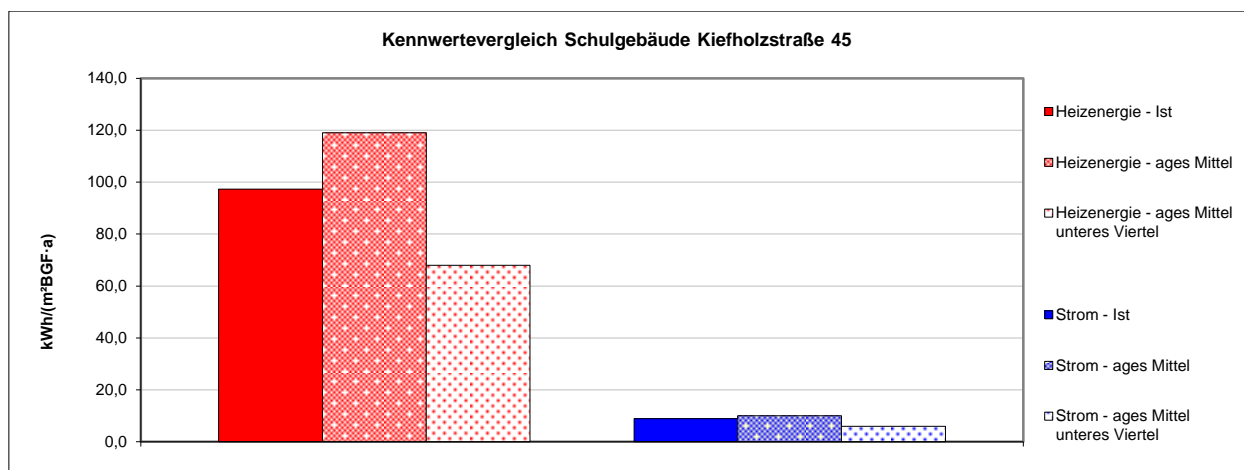


Abbildung 5: Kennwertevergleich

Es wird deutlich, dass das Gebäude sowohl weniger Wärmeenergie als auch weniger Strom verbraucht als deutsche Grundschulen mit Turnhallen (soweit sie in der Datenbasis erfasst wurden) im Durchschnitt. Dies ist hinsichtlich des Wärmeverbrauchs insofern plausibel, als einerseits die Fenster bereits teilweise energetisch modernisiert wurden und andererseits in den Vergleichsdaten auch ein Anteil von Schulen enthalten ist, in denen die Warmwasserbereitung für Duschen über die Heizungsanlage erfolgt und die hierdurch einen höheren Wärmeverbrauch aufweisen als Grundschulen mit elektrischer Warmwasserbereitung wie die untersuchte Schule. Zum anderen können durch den Bezug auf die BGF des Gebäudes

³ ages-Verbrauchskennwerte 2005: <http://ages-gmbh.de>

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.

gewisse Ergebnisverschiebungen entstehen, da je Gebäude ein unterschiedlich großer Anteil der BGF unbeheizt ist. Im Vergleich zum Mittelwert des Wärmeverbrauchs des besten Viertels zeigt sich ein deutliches Energie- und Kosteneinsparpotential besteht.

Im Hinblick auf den Stromverbrauch zeigt sich ebenfalls, dass ein gewisses Einsparpotential vorhanden ist, was absolut jedoch deutlich geringer ausfällt als auf der Wärmeseite.

Verwendet man die Energieverbräuche des besten Viertels als jeweilige Zielgröße so ließe sich 30% der verbrauchten Wärmemenge und folglich emittierten Treibhausgasemissionen einsparen, was einer jährlichen Kostenreduktion von ca. 12.200 Euro (brutto) entspricht. Weiterhin ließe sich der Stromverbrauch und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen um ca. 33% reduzieren, womit wiederum eine Kosteneinsparung von ca. 2.800 Euro (brutto) einhergehen würde.⁴

⁴ Der Kostenberechnung wurden die Energiepreise der letzten Verbrauchsabrechnung des Objekts zugrunde gelegt: Fernwärme: 9,4 ct/kWh, Strom: 21,8 ct/kWh, jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

3. Gebäudebewertung

3.1 Fotodokumentation



Nord-Ost-Ansicht (Eingangsseite)



Südliche Gebäudeecke



Süd-West-Ansicht (Gebäuderückseite)



Alte Kastenfenster



Beispiel zum Zustand der Kastenfenster



Beispiel zum Zustand der Kastenfenster



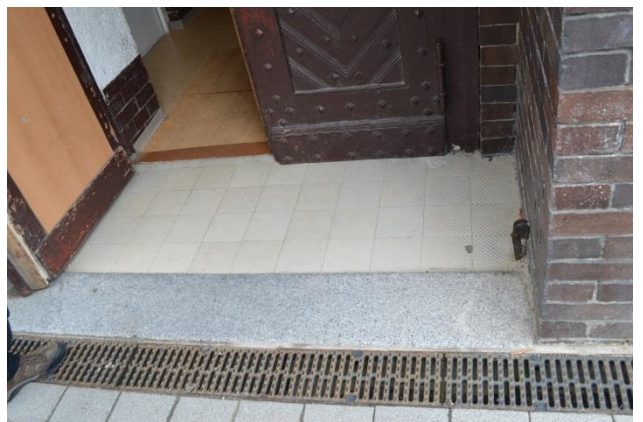
Beispiel des Zustands der Einfachverglasung in den TRH



Ungenutzter Dachboden



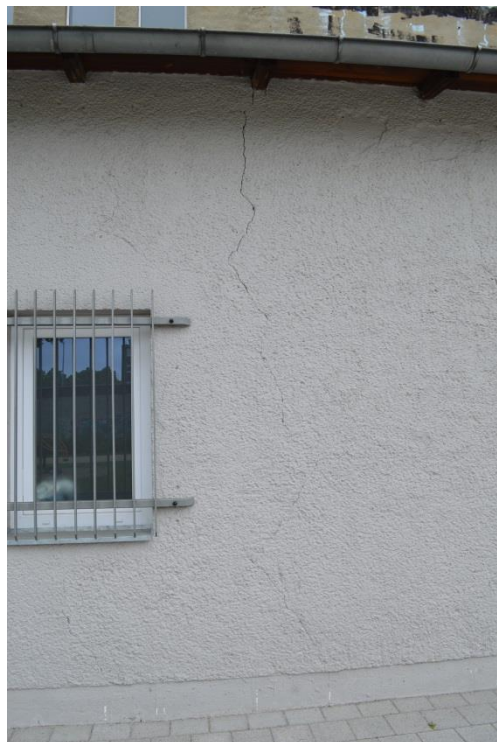
Fenster im ungenutzten Dachboden (vermutl. Einbaujahr 98)



Gefahrstelle im Eingangsbereich durch zu glatte Fliesen



Spalt zwischen Turnhalle und Anbau



Riss in Anbauwand



Deckenstrahlplatten in Turnhalle



Abluftventilator in Umkleieraum



Abluftpilz über WC-Trakt



Fernwärmestation



Hocheffiziente Heizungsumwälzpumpe



Feuchteschäden an erdberührenden Kellerwänden

3.2 Vorbemerkungen und Hinweise

Das Schulgebäude weist neben energetischen einige weitere Mängel auf. Insbesondere ist auf eine Unfallgefährdung der Schüler durch glatte Fliesenoberflächen in bzw. vor den beiden Eingangsbereichen sowie eine Stolperkante im Bereich der Haupteingangstür hinzuweisen. Diese Gefahrenquellen sollten schnellstmöglich beseitigt werden.

Im Heizungskeller befindet sich das Mauerwerk stellenweise aufgrund früherer Durchfeuchtung in einem schlechten Zustand. Da sich die Wände trocken anfühlten, ist davon auszugehen, dass die Durchfeuchtungsursache zwischenzeitlich behoben wurde. Ggf. ist dies noch einmal zu überprüfen.

Zwischen Altbau und Turngeräte-Anbau befindet sich giebelseitig ein deutlicher Spalt, der zu zusätzlichen Wärmeverlusten führt und geschlossen werden sollte. Der Anbau weist einige weitere bauliche Mängel (Risse im Mauerwerk, Undichtigkeiten im Dach) auf, die in Augenschein genommen werden sollten.

3.3 Gebäudehülle

3.3.1 Vorbemerkung

Beim untersuchten Schulgebäude in der Kiefholzstraße handelt es sich um ein 1910 errichtetes Gebäude in Massivbauweise. Für das Gebäude liegen neben Grundrissen keine weiteren Bauunterlagen 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.

3.3.2 Bodenplatte des Erd- und Untergeschosses

Für den an das Erdreich grenzenden Fußboden des Erd- und Untergeschosses ist nach [1] von einem U-Wert der $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auszugehen. Das Wärmeschutzniveau der Bodenplatte entspricht demnach nicht den derzeitigen Anforderungen.

3.3.3 Außenwände einschl. Kellerwände

Bei den Außenwänden handelt es sich um ungedämmtes Ziegelmauerwerk. Gemäß [1] ist für diese Wände ein U-Wert von $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen. Dieser Wert ist für die vorhandenen Wandstärken jedoch zu groß. Die Dicken der Außenwände variieren laut Grundrissplänen zwischen 45 cm und 75 cm. Bei Ansatz einer mittleren Wanddicke von etwa 55 cm inkl. Putz, die auch die 13 cm tiefen Heizkörpernischen mit berücksichtigt, berechnet sich der U-Wert der Wand zu etwa $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Der Berechnung ist dabei zu Grunde gelegt, dass die Mauerziegel gemäß [13] und [14] eine zur Bauzeit übliche Rohdichte von $1800 \text{ kg}/\text{m}^3$ und eine Wärmeleitfähigkeit in der Größenordnung von $0,9 \text{ W}/(\text{mK})$ besitzen. Die Wärmeschutzqualität der Außenwände ist aufgrund fehlender Dämmung deutlich schlechter als der derzeitige Anspruch an die Wärmeschutzigenschaften von Wänden.

Zusätzliche Wärmeverluste entstehen durch den zwischen Anbau und Turnhalle bereichsweise vorhandenen Luftspalt, der im Zuge der Sanierungsmaßnahmen geschlossen werden sollte.

Die Fassade ist in der Fläche weitestgehend intakt. Im Bereich der Fensterlaibungen befinden sich jedoch zahlreiche Risse und Putzschäden. Als Folge besteht die Gefahr von Wanddurchfeuchtungen bei Regenfällen.

3.3.4 Wände gegen nicht beheizte Räume

Das nördliche Treppenhaus schließt mit neu gemauerten ungedämmten 24 cm bzw. 12,5 cm dicken Kalksandsteinwänden gegen das nicht beheizte Dachgeschoss ab. Ihr U-Wert lässt sich bei Annahme einer mittleren KS-Rohdichte auf 1,8 bzw. 2,4 W/(m²K) berechnen. Für die beiden Brandschutztüren wird als gute Abschätzung der U-Wert der dickeren KS-Wand angesetzt.

Der Abschluss des südlichen Treppenhauses gegen das Dachgeschoss erfolgt mit 11 cm dicken Wänden mit Glaselementen, für die ein Aufbau aus Mauerwerk wie bei den ungedämmten Abseitenwänden angenommen und deren U-Wert mit Hilfe von [1] auf 2,1 W/(m²K) abgeschätzt wird.

Der Wärmeschutz der Wände zwischen beheizten und nicht beheizten Räumen entspricht nicht den heutigen Anforderungen.

3.3.5 Fenster

In den Jahren 1997/98 wurden die Fenster im 3. und 4. OG sowie im DG mit Ausnahme der Treppenhäuser sowie der Sanitärbereiche durch Wärmeschutzverglasungen mit Kunststoffrahmen erneuert. Im Randverbund der Fenster ist ein k-(Ug-)Wert von 1,3 angegeben. Gemäß [1] darf der Fenster-Uw-Wert mit 1,9 W/(m²K) abgeschätzt werden. Da diesem Wert ein Ug-Wert von 1,4 zu Grunde liegt, der aufgedruckte Wert jedoch etwas niedriger bei 1,3 liegt, wird der Wert nach [1] auf näherungsweise auf 1,8 W/(m²K) abgesenkt.

In den Umkleideräumen im EG wurden ebenfalls im Jahr 1998 neue Wärmeschutzverglasungen mit Holzrahmen eingebaut (ohne Aufdruck eines k-Werts). Nach [1] wird ihr Uw-Wert auf 1,6 W/(m²K) abgeschätzt.

2012 wurden die Fenster der Sporthalle und sowie ihres Anbaus durch Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen erneuert. Hierfür wäre laut [1] ein Uw-Wert von 1,9 W/(m²K) anzunehmen. Da sich dieser Wert allerdings auf Fenster ab dem Jahr 1995 bezieht und im Jahr 2012 sowohl Verglasungen als auch Rahmen mit deutlich besseren energetischen Eigenschaften verfügbar waren, wird dieser Wert auf 1,3 W/(m²K) reduziert.

Bei den nicht ausgetauschten Fenstern (mit Ausnahme der Treppenhäuser und Flure) handelt es sich um Kastenfenster bzw. Holzverbundfenster, für die gemäß [1] ein U-Wert von 2,7 W/(m²K) anzunehmen ist und die damit nicht den heutigen wärmeschutztechnischen Anforderungen entsprechen. Sie wurden 2011/2012 dahingehend überarbeitet, dass außenliegende Rahmenprofile erneuert wurden, um die Regendichtigkeit wieder herzustellen. Ihr baulicher Zustand ist außenseitig dennoch weiterhin in größeren Bereichen sehr schlecht. Sie schließen teilweise nicht richtig und sind nicht mit Lippendichtungen versehen, so dass von erhöhten Lüftungswärmeverlusten auszugehen ist.

Die Fenster der Treppenhäuser und Flure im EG, 1. und 2. OG sind noch Einfachverglasungen, deren Zustand ebenfalls teilweise sehr schlecht ist und die ebenfalls deutliche Undichtigkeiten aufweisen. Ihr U-Wert ist gemäß [1] mit 5,0 W/(m²K) anzunehmen.

3.3.6 Außentüren

Bei den Eingangstüren handelt es sich um Holztüren, deren U-Wert gemäß [1] mit 3,5 W/(m²K) anzunehmen ist und damit über den heutigen Anforderungen liegt. Für die rückseitigen Metalltüren neueren Datums ist ein Wert in der Größenordnung von 1,7 W/(m²K) realistischer.

3.3.7 Oberste Geschossdecke

Die beheizten Gebäudeflächen werden nach oben gegen den unbeheizten Dachboden von einer nachträglich gedämmten Holzbalkendecke abgeschlossen. Zwischen den Holzbalken ist eine ca. 10 cm dicke Mineralfaserdämmung verlegt, die sich jedoch in vielen Bereichen in einem sehr schlechten

Zustand befindet und daher nicht ihre volle Dämmwirkung erbringt. Gemäß [1] wäre für eine Holzbalkendecke des Baujahrs ein U-Wert von $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ anzusetzen, der jedoch die Dämmwirkung der nachträglich eingebauten Mineralwolle nicht berücksichtigen würde. Bei Berücksichtigung einer funktionstüchtigen Dämmung würde sich ein U-Wert der Größenordnung $0,45\text{-}0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ berechnen. Im vorhandenen Fall wird die wärmeschutztechnische Qualität der obersten Geschossdecke mit $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ abgeschätzt, um einerseits dem Vorhandensein von Dämmung, andererseits ihrem bereichsweise sehr schlechten Zustands Rechnung zu tragen.

Das nördliche Treppenhaus schließt mit einer ca. 18 cm dicken Stahlbetondecke gegen das nicht beheizte Dachgeschoss ab. Ihr U-Wert berechnet sich zu $3,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Der in der Decke befindliche Schacht mit Oberlicht wird aufgrund seines geringen Gesamteinflusses wie die Dachdecke behandelt. Aufgrund des Einbauzeitpunkts 2011 ist anzunehmen, dass das Oberlicht über gute wärmeschutztechnische Eigenschaften verfügt.

3.3.8 Dachflächen

Der eingeschossige Anbau an die Turnhalle verfügt über ein Holzdach mit bituminöser Dachhaut. Das Baujahr der Dachdeckung ist nicht bekannt, aufgrund der sichtbaren Konstruktionsteile wird jedoch vermutet, dass das Dach des Anbaus in den 90er Jahren neu gedeckt wurde. Damit besitzt das Dach bereits eine Mindestdämmung und der gemäß [1] annehmbare U-Wert von $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ bzw. $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ist realistisch.

Ein weiteres Holzdach mit bituminöser Abdichtung befindet sich oberhalb des Gebäudeteils mit dem WC-Trakt. Auch für dieses Dach ist zu vermuten, dass die Abdichtung in den 90er Jahren aufgebracht und damit eine Mindestdämmung vorgesehen wurde. Daher wird auch für diesen Bereich ein U-Wert von $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ bzw. $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angenommen.

Das Steildach über dem Hauptgebäude ist nicht gedämmt und weist einige Undichtigkeiten auf, die zum Schutz der darunterliegenden Geschossdecke zu beseitigen sind.

3.3.9 Gesamteinschätzung Gebäudehülle

Kein Außenbauteil erfüllt die Anforderungen, die nach der aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV 2014 an zu sanierende Bauteile eines Nichtwohngebäudes gestellt werden.⁵ Allerdings weisen die neuen Fenster bereits gute Wärmeschutzeigenschaften auf. 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 Fenster z.T. ohne Lippendichtung ausgeführt sind, ist von etwas erhöhten Lüftungswärmeverlusten infolge Gebäudeundichtigkeit auszugehen, die durch eine Luftwechselrate von $0,75/\text{h}$ (vgl. Tabelle 2) berücksichtigt werden.

⁵ Gleichermaßen werden auch die Anforderungen, die laut EnEV für die Bauteile eines Neubaus gelten, nicht erfüllt.

3.4 Technische Anlagen

3.4.1 Bestandsaufnahme

Das untersuchte Schulgebäude wird über Fernwärme der Firma Vattenfall beheizt. Die im Keller untergebrachte Fernwärmekompaktstation wurde im Jahr 1993 erbaut und befindet sich in einem funktionstüchtigen Zustand.

Die Wärmeleitungen sind bis auf kurze Zwischenstücke und Armaturen gut gedämmt. Die Dämmung wurde teilweise zwischenzeitlich erneuert. Im Jahr 2012 wurden die alten Umwälzpumpen durch eine hocheffiziente leistungsgeregelte Pumpe vom Typ Grundfos Magna3 ersetzt. In diesem Zuge wurde auch die Heizungsregelung modernisiert und laut Hausmeister ein hydraulischer Abgleich vorgenommen. Die Wärmeübergabe an die Räume erfolgt mit Ausnahme der Turnhalle durch an den Außenwänden angeordnete Gliederheizkörper mit Thermostatventilen. Diese sind in den Unterrichtsräumen auf eine mittlere Stufe festgestellt. In der Turnhalle erfolgt die Wärmeübergabe über zwei Reihen moderner Deckenstrahlplatten.

Die Warmwassererzeugung erfolgt dezentral mittel elektrischer Kleinspeicher in der Schulküche, der Lehrerdusche sowie im Hort.

In den Umkleieräumen der Schulkinder wurden zwei Abluftventilatoren eingebaut, die vom Hausmeister manuell betätigt werden, sobald dies aus geruchlichen Gründen erforderlich ist. Darüber hinaus verfügen die WC-Räume über eine lichtschaltergesteuerte Abluftanlage. Die Abluftanlagen wurden mit Beginn der Schulnutzung des Gebäudes eingebaut.

In die Deckenstrahlplatten der Turnhalle sind moderne energieeffiziente Spiegelrasterleuchten mit stabförmigen Leuchtstofflampen mit elektronischem Vorschaltgerät integriert. Die Klassenräume sind mit Spiegelrasterleuchten älteren Datums ausgestattet, wobei jeweils eine Tafelreihe separat schaltbar ist. Auch in den WC-Räumen finden sich ältere Spiegelrasterleuchten. Sie verfügen über stabförmige Leuchtstofflampen mit vermutlich verlustarmen Vorschaltgeräten. In den Fluren finden sich Kugelleuchten und Wandleuchten, die jeweils mit Energiesparleuchten bestückt sind sowie ältere Leuchtstofflampen mit verlustarmen Vorschaltgeräten. Die WC-Beleuchtung wird über Bewegungsmelder, alle übrigen Leuchten werden manuell geschaltet.

3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen

Da die für die Heizwärmeerzeugung 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. Eine Sanierung ist nur im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen durchzuführen.

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

Die dezentrale Warmwasserbereitung erfolgt bedarfsgeführt und bedarf keiner Erneuerung.

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	17°C ⁶
Luftwechselrate	0,75/h (Fenster teilweise ohne Abdichtung)
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	5 W/m ²
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m ² K)
Heizungsanlage	Fernwärmeübergabestation
Warmwasserbedarf	Entfällt (nur einzelne dezentrale Warmwassererhitzer)

Zur Validierung bzw. Kalibrierung der Eingabewerte wurde ein Bedarfs-/Verbrauchsabgleich durchgeführt. In der folgenden Tabelle sind der berechnete Heizenergiebedarfswert sowie der flächenanteilige Verbrauchswert für die Grundschule 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-/Verbrauchsabgleichs⁷

Berechneter Endenergiebedarf Fernwärme MWh/a	454,6
Witterungskorrig. mittlerer Fernwärmeverbrauch MWh/a	432,4

⁶ Lt. DIN 4108-6 ist mit einer Innentemperatur von 19°C zu rechnen. Da aber die Sporthalle über Deckenstrahlplatten beheizt wird, wodurch niedrigere Lufttemperaturen tolerierbar sind und lt. Hausmeister insg. sparsam geheizt wird, erfolgt eine Absenkung der rechnerischen Raumtemperatur um 2°C. Dieser Ansatz wird durch die gute Übereinstimmung beim Verbrauchs-/Bedarfsabgleich bestätigt.

⁷ 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.

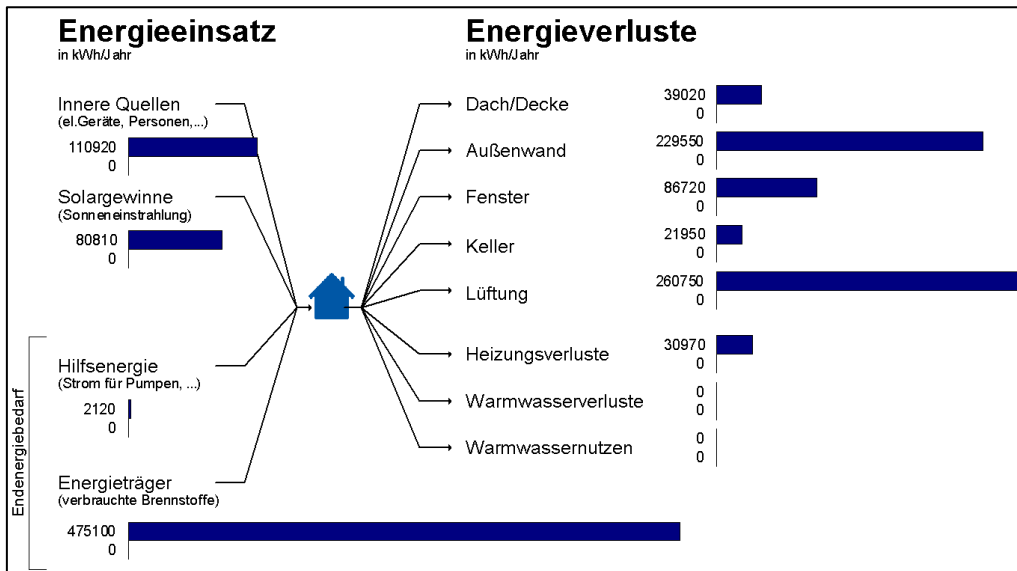


Abbildung 6: Energieeinsatz und -verluste für den Ist-Zustand des Schulgebäudes

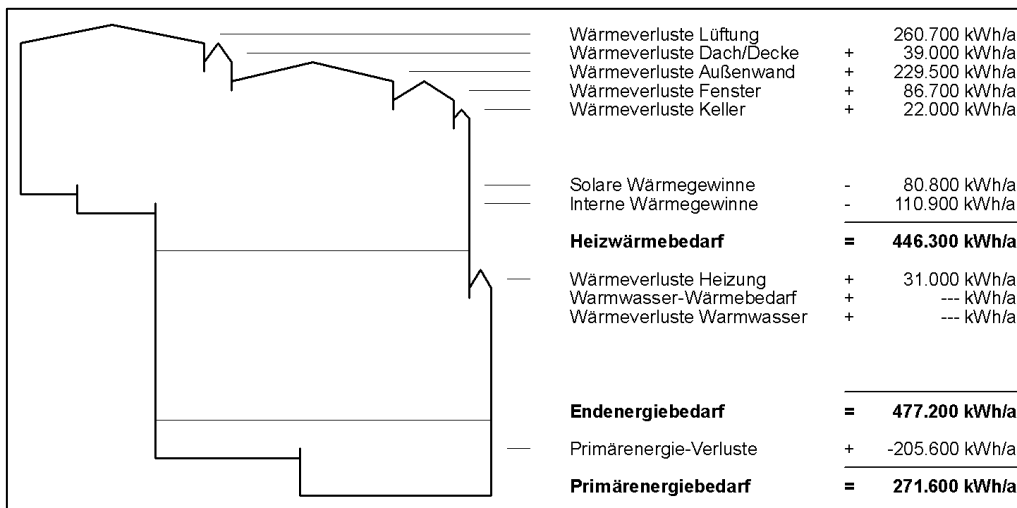


Abbildung 7: Energiebilanz für den Ist-Zustand des Schulgebäudes

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.⁸ Alle drei verglichenen Werte beziehen sich auf die rechnerische Energiebezugsfläche des Gebäudes.

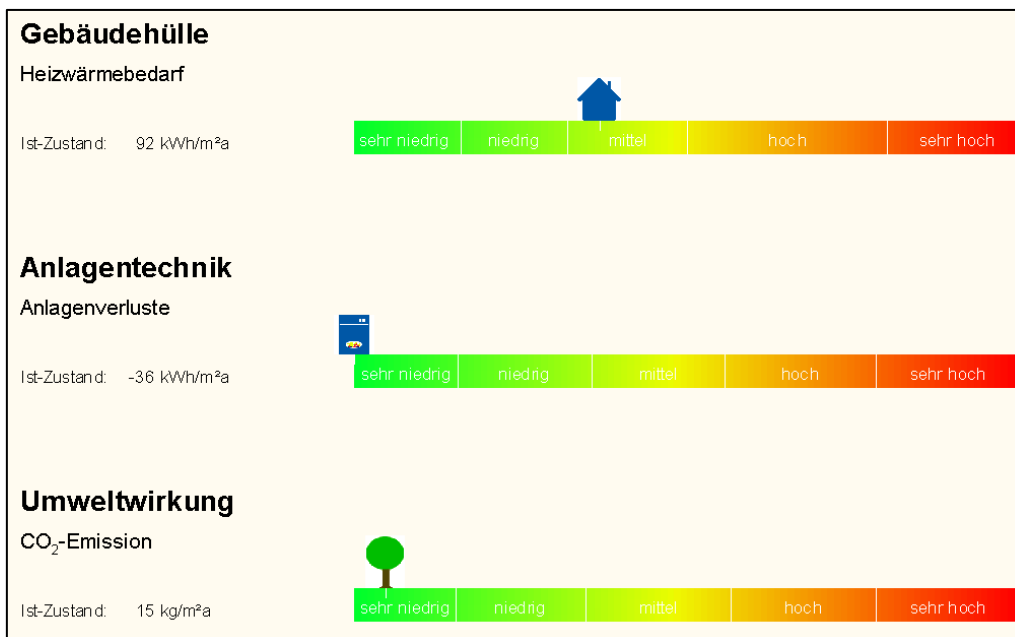


Abbildung 8: Beurteilung des Ist-Zustandes des Schulgebäudes (bei Ansatz der Standard-Innentemperatur von 19°C)

In der Einstufung des Heizwärmebedarfs im mittleren Bereich spiegelt sich die Tatsache, dass mehr als die Hälfte der Fensterflächen bereits energetisch saniert wurden und die oberen Hüllflächen gedämmt sind. 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 günstig bewertet. Ein weiteres Einsparpotential ist gleichwohl vorhanden.

⁸ 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 überschlüssiges 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 Niedrigenergiehaus-Standard bis zum Jahr 2050 gemäß EU-Richtlinie zur Gesamteffizienz von Gebäuden berücksichtigt werden. Niedrigenergiehäuser 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 Niedrigenergiestandard 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 integrierbar 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 und Kellerwände

Über die Bodenplatte und die erdberührenden Kellerwände geht aufgrund ihres Angrenzens an das Erdreich nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Aufgrund der relativ großen Fläche der Bodenplatte wäre es energetisch dennoch günstig, sie oberseitig mit einer druckfesten Dämmung zu versehen. Ausreichend lichte Raumhöhe ist zumindest in Teilbereichen vorhanden. Es ist zu beachten, dass diese Maßnahme mit vorübergehenden Nutzungseinschränkungen und ggf. erforderlichen Anpassungsmaßnahmen einhergeht. Eine Sanierung auf KfW-Standard ($U = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) würde eine etwa 11 cm dicke Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 erfordern, eine Sanierung auf EnEV-Standard hingegen 3 cm Dämmung der WLG 035 ($U = 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Über der Dämmung wären eine Dampfsperre und eine lastverteilende Schicht, z.B. Nassestrich, anzuordnen. Da die hieraus 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, sollte die Außenwand außenseitig bis zur Unterkante des Fundaments mit einer Perimeterdämmung versehen werden.)

→ **Sanierung eingeschränkt empfohlen**

4.2.2 Außenwände

Die Außenwände sind entsprechend ihrer großen Fläche für einen sehr großen Teil der Wärmeverluste durch die Gebäudehülle verantwortlich. Trotz ihrer Dicke kann durch das Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems viel Energie eingespart werden. Mit einer 15 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird die über die gesetzliche Anforderung der EnEV hinausgehende erhöhte Anforderung der KfW und ein U-Wert von $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erreicht.⁹ (Da der Berechnung der Dämmstoffdicke eine mittlere Dicke der Wände zugrunde liegt, handelt es sich auch um eine mittlere Dämmstoffdicke.)

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.3 Wände gegen nicht beheizte Räume

Aufgrund ihrer geringen Fläche geht über die Wände beheizter gegen unbeheizte Räume nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Da eine Dämmung jedoch kostengünstig anzubringen ist, wird die Sanierung empfohlen. Für den Ziel-U-Wert der KfW von $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ sind etwa 12 cm Wärmedämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe WLG 035 erforderlich.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.4 Fenster und Sonnenschutz

Es wird der Austausch aller alten einfachverglasten Fenster sowie aller alten Verbund- und 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.

Da die Kastenfenster erst vor kurzer Zeit außenseitig teilweise überarbeitet wurden, wäre im Zuge der Sanierungsplanung zu überprüfen, ob eine Erhaltung dieser Fenster und die Durchführung einer Runderneuerung kostengünstiger als ihr Ersatz wären. Die Innenscheibe müsste bei der Runderneuerung durch eine Wärmeschutzverglasung mit einem ausreichend niedrigen U-Wert ausgetauscht werden. Die Erhaltung der architektonischen Gestaltqualität steht hierbei nicht im Vordergrund, da bereits eine Vielzahl von Kastenfenstern des Gebäudes durch Wärmeschutzverglasungen ersetzt wurde.

Über zu hohe Raumtemperaturen infolge solarer Einträge wurde vom Hausmeister nicht berichtet. Die Gebäudefassaden, an denen sich die Klassenräume befinden, sind nord-östlich und süd-westlich ausgerichtet, was möglicher Weise in Verbindung mit den Nutzungszeiten der Räume einen ausreichenden sommerlichen Wärmeschutz gewährleistet. Im Zuge der Planung von Sanierungsmaßnahmen an der Fassade sollten die Nutzer jedoch noch einmal zur Frage der Notwendigkeit eines außenliegenden Sonnenschutzes befragt und dieser dann ggf. ergänzt werden.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.5 Außentüren

Aufgrund ihrer anteilig sehr geringen Fläche geht über die Außentüren nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Da es sich bei den Holztüren um bauzeitliche Türen handelt, sollten diese erhalten bleiben. Im

⁹ Ggf. muss die Dämmstoffdicke zur Berücksichtigung von Wärmebrücken infolge Dübeln geringfügig vergrößert werden.

Zuge von Erneuerungsarbeiten an diesen Türen sollte geprüft werden, ob ihre Dämmfähigkeit verbessert werden kann. Ggf. vorhandene Undichtigkeiten sollten in diesem Zuge beseitigt werden.

→ **Sanierung derzeit nicht empfohlen**

4.2.6 Oberste Geschossdecke

Aufgrund des schlechten Zustandes, in dem sich die Mineralfaserdämmung in der obersten Geschossdecke befindet, ist diese zu sanieren. Hier gibt es zwei Möglichkeiten. Zum einen kann die vorhandene Zwischenbalkendämmung ertüchtigt werden und oberseitig eine relative dünne (in Teilbereichen begehbare) Dämmung ergänzt werden. Zum anderen kann die vorhandene Zwischenbalkendämmung im jetzigen Zustand verbleiben und stattdessen eine dickere oberseitige Geschossdeckendämmung verlegt werden. Im ersten Fall sind etwa 14 cm einer Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035, im zweiten Fall ca. 20 cm erforderlich, um den Ziel-U-Wert nach [11] von 0,14 W/(m²K) zu erreichen. Die genauen Eigenschaften des vorhandenen Geschossdeckenaufbaus müssen im Rahmen der Sanierungsplanung noch einmal genau erhoben und die Eigenschaften der Dämmung daran angepasst werden.

Weiterhin ist die Stahlbetondecke des nördlichen Treppenhauses im Zuge der Dämmung der obersten Geschossdecken nachträglich mit ca. 24 cm Wärmedämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 zu versehen.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.7 Dachflächen

Die vorhandenen flachen Dächer verfügen mutmaßlich über eine noch ausreichend gute Dämmfähigkeit und müssen derzeit nicht saniert werden.

Das Steildach über dem Hauptgebäude ist nicht gedämmt und weist einige Undichtigkeiten auf, die zum Schutz der darunterliegenden Geschossdecke zu beseitigen sind.

→ **Sanierung teilweise empfohlen**

4.3 Sanierung der technischen Anlagen

4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage

Eine Sanierung der Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage in energetischer Hinsicht ist nicht erforderlich. Wesentliche Anlagekomponenten sind relativ neu und besitzen eine gute Effizienz. Jedoch sollten die bisher nicht gedämmten Abschnitte der Wärmeleitungen und Armaturen noch nachträglich gedämmt werden. Bei der zukünftigen 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.

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

→ **Sanierung 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, sofern dies gestalterisch akzeptabel und statisch durchführbar ist. Es ist von einer Amortisation der Kosten innerhalb von etwa 10 Jahren auszugehen. Da Stromproduktion und –verbrauch wegen der Sommerferien zur Hauptproduktionszeit und der Wochenenden ohne Stromnutzung zeitlich nicht ausreichend zusammenfallen und die Stromspeichertechnik technisch noch nicht ausgereift ist, müsste ein großer Teil der Stromproduktion ins Netz eingespeist werden.

4.4 Schätzung der Investitionskosten

In Tabelle 4 sind alle empfehlenswerten Sanierungsmaßnahmen für die Gebäudehülle 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 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 Außenwände (WDVS)	Aufbringen eines WDVS mit im Mittel 15 cm Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	104 €/m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontrolle und Vorbereitung des Untergrunds 	Fläche:	2.550 m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montage des Dämmmaterials mit allem Systemzubehör 	Gesamtpreis:	263.925 €
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ alle Anschlussarbeiten an Fenster-/Türöffnungen, Vorsprünge, Gebäudekanten 		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wandbekleidung oder Oberputz 		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ De-/Remontage von Regenfallrohren, Blitzableitern, etc. <p>im Zusammenhang mit der Dämmmaßnahme notwendige Bauleistungen wie die Vergrößerung von Dachüberständen oder die Verbreiterung von Fensterbänken</p>		
	Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da die Fassade ohnehin zu überarbeiten ist		
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,2 W/(m²K)		
Austausch alter Fenster	Demontage und Entsorgung der alten Fenster, Einbau neuer Fenster		
	Sowieso anfallende Kosten für Holzfenstersanierung (Abschleifen, Anstrich, Ausbesserung, Dichtung, Wartung Beschläge), falls kein Fensteraustausch erfolgt	Einzelpreis:	100 €/Stk
	Einbau neuer 3-Scheiben-Wärmeschutz-verglasungen mit Holzrahmen, U ≤ 0,95 W/(m²K)	Einzelpreis** abzgl. Sowieso-K.:	1.742 €/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Fenster 	Anzahl:*	56 Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Gesamtpreis:	97.535 €
	<p>* Hierbei handelt es sich um eine rechnerische Größe, die sich aus der Gesamtfensterfläche geteilt durch die Fläche des der Kalkulation zugrunde gelegten häufigsten Fenstertyps ergibt.</p> <p>** Der Einzelpreis berechnet sich aus der Kostenfunktion für 3-fach-Verglasung mit einem mittleren U-Wert von 1,1 W/(m²K). Da dieser etwas größer ist als der Zielwert für die 3-fach-Verglasung kann sich ggf. ein etwas höherer Einzelpreis ergeben.</p>		
Dämmung der Innenwände gegen nicht beheizte Räume	Dämmung der IW mit 12 cm Dämmung der WLG 035 (o.glw.) mit Putz oder Bekleidung	Einzelpreis:	50 €/m ²
		Anzahl:	25 m ²
			€
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 1,3 W/(m²K)	Gesamtpreis:	1.250

Dämmung der obersten Geschossdecke	Dämmung der obersten Geschossdecke mit einer zusätzlichen ca. 20 cm dicken Wärmedämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	56 €/m ²
	Verlegen der Dämmschicht	Fläche:	694 m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verlegen der trittfesten Bekleidung ▪ ggf. Dampfsperrschicht ▪ Anarbeitung der Dämmung im Bereich von Schächten, Wänden etc. 	Gesamtpreis:	38.864 €
U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,14 W/(m²K)			

(Fortsetzung von Tabelle 4)

Tabelle 5: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten

	Sanierungsmaßnahmen	Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Variante 1	Austausch der alten Fenster durch Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	Fenster:	97.535 €
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen, hydraulischer Abgleich	Anlagen:	-
			97.535 €
Variante 2	wie Variante 1	Variante 1:	97.535 €
	zusätzlich Dämmung der obersten Geschossdecke und Innenwände gegen kalte Räume	GD + IW:	40.114 €
			137.649 €
Variante 3	wie Variante 2	Variante 2:	137.649 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände mit WDVS	WDVS:	263.925 €
			401.574 €

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 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.¹⁰ 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.¹¹

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.¹²

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:	43.341 €	Kalkulationszinssatz:	0%

¹⁰ In der verwendeten Berechnungssoftware ist für den Kalkulationszinssatz stets ein Wert > 0 einzugeben, so dass rechnerisch der kleinstmögliche Zinssatz von 0,01% verwendet wird.

¹¹ Der aktuelle effektive Jahreszins für das Programm 218 der KfW beträgt 0,1%.

¹² Fernwärme: 9,4 ct/kWh, Strom: 21,8 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				Energiekosten- einsparung je 1.000 € Investitions- kosten [€]	Investitionskosten je jährlich eingesparte MWh Energie [€/(MWh/a)]	Amortisations- dauer [Jahre]
			Energiekosten- einsparung [€]	Gesamtkosten- einsparung [€]	Mittlere jährl. Energiekostenein- sparung [€/Jahr]	Eingesparte Treibhausgase [t]			
1	116.067	40.193	501.680	385.613	12.542	208	4.322	2.150	23
2	163.803	37.896	728.520	564.717	18.213	359	4.448	2.090	20
3	477.874	21.881	2.286.480	1.808.606	57.162	1.418	4.785	1.924	15

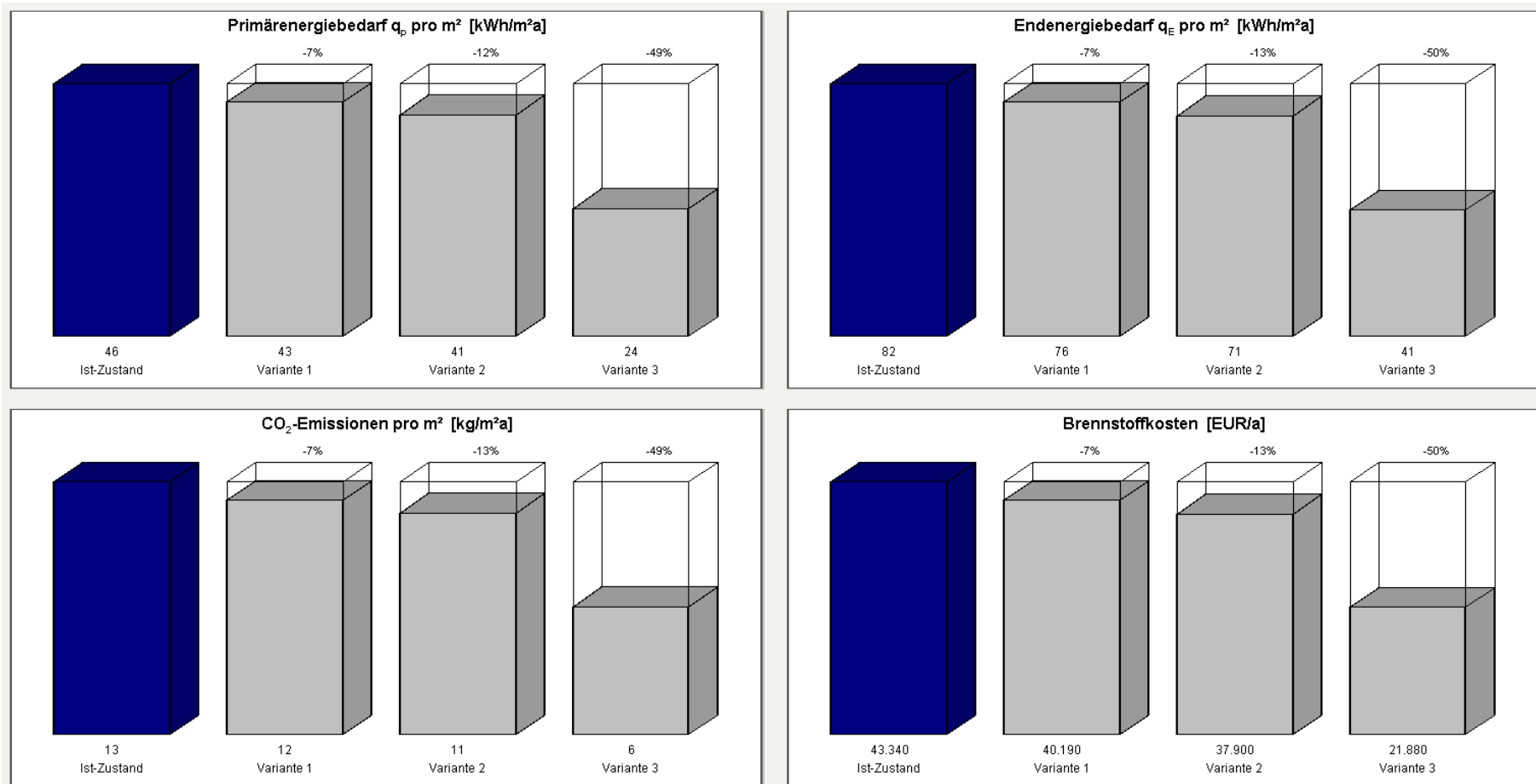


Abbildung 9: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO_2 - und Brennstoffkostenreduktionen

4.7 Sanierungsempfehlungen

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

Die eingesparten Energie- und Treibhausgasmengen sind aufgrund des Umfangs und der Qualität der einbezogenen Maßnahmen bei Variante 3 am größten. Dementsprechend weist diese Variante auch die größte jährliche Energie- und Treibhausgaseinsparung auf. Weiterhin weist die Variante 3 eine deutlich kürzere Amortisationszeit auf als die beiden anderen Maßnahmen. Es wird daher empfohlen, dieses Maßnahmenpaket umzusetzen. In diesem Fall unterschreitet das Gebäude mit seinem Verbrauch den mittleren Verbrauch des besten Quartils des Vergleichsgebäudebestandes (vgl. Abbildung 5).

Darüber hinaus sollte die in Kapitel 4.2.1 beschriebene Option der Dämmung der Bodenplatte überprüft werden. Weiterhin wird empfohlen, durch Nutzerbefragung zu überprüfen, ob auf der Rückseite des Gebäudes bei Austausch der Fenster außenliegende Sonnenschutzvorrichtungen eingebaut werden sollten. Erläuterungen hierzu finden sich in Kapitel 4.2.4. 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