

BEZIRKSAMT TREPTOW-KÖPENICK VON BERLIN

KLIMASCHUTZ-TEILKONZEPT FÜR 42 LIEGENSCHAFTEN

GRUNDSCHULE AM BERG, KÖPENICKER STRASSE 31

Berlin, den 20. Oktober 2014
BN00149.102

CSD INGENIEURE GmbH
Köpenicker Straße 154a, Ausgang 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 SPORTHALLE DER GRUNDSCHULE AM BERG	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	8
3. GEBÄUDEBEWERTUNG	9
3.1 Fotodokumentation	9
3.2 Gebäudehülle	11
3.2.1 Vorbemerkungen	11
3.2.2 Bodenplatte	11
3.2.3 Außenwände	11
3.2.4 Fenster	11
3.2.5 Außentüren	11
3.2.6 Dach	11
3.2.7 Gesamteinschätzung Gebäudehülle	12
3.3 Technische Anlagen	12
3.3.1 Bestandsaufnahme	12
3.3.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen	12
3.4 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich	13
3.5 Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes	13
4. ENERGIESPARMAßNAHMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN	16
4.1 Grundlegendes	16
4.2 Sanierung der Gebäudehülle	16
4.2.1 Bodenplatte	16
4.2.2 Außenwände	16
4.2.3 Fenster	17
4.2.4 Außentüren	17
4.2.5 Dach	17
4.3 Sanierung der technischen Anlagen	17
4.4 Schätzung der Investitionskosten	19
4.5 Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	21
4.6 Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	21
4.7 Sanierungsempfehlungen	27

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung	13
Tabelle 2: Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle	20
Tabelle 3: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	21
Tabelle 4: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	22
Tabelle 5: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (Kosten inkl. Mehrwertsteuer)	25

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Wärmeverbrauch der Grundschule in den Jahren 2011 bis 2013	7
Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂) infolge Fernwärmeverbrauch	7
Abbildung 3: Stromverbrauch der Grundschule in den Jahren 2011 bis 2013	8
Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂ -Äquivalent) infolge Stromverbrauch	8
Abbildung 5: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand der Turnhalle	14
Abbildung 6: Energiebilanz für den Ist-Zustand der Turnhalle	14
Abbildung 7: Beurteilung des Ist-Zustandes der Turnhalle	15
Abbildung 8: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO ₂ - und Brennstoffkostenreduktionen	26

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, Modernisierungslitfaden, 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 Treibhausgaseinsparungen ermittelt, die Wirtschaftlichkeit der Varianten bewertet und daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet.

2. Basisdaten der Sporthalle der Grundschule am Berg

2.1 Objektbeschreibung

Bezeichnung des Objekts: Sporthalle der Grundschule am Berg

Foto des Objekts:



Standort: Köpenicker Strasse 31, 12526 Berlin

Nutzung: Sporthalle

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude, nicht unterkellert
Vollständig beheizt

Bruttogrundfläche: 852 m²

Baujahr: 1980

Sanierung Gebäude: ca.1998 teilweiser Austausch der Fenster

Sanierung Heizungsanlage: ca. 1995 neue Erdgasheizungsanlage
ca. 2010 Leitungsdämmung, Pumpenaustausch

Heizenergieerzeugung: Zwei Erdgas-Brennwertkessel

Warmwasserbereitung: Indirekt beheizter Warmwasserspeicher

Lüftung: Fensterlüftung, Abluftanlage in den Sanitärräumen

Bestandsunterlagen: Aktuelle Grundrisse

Datum Objektbegehung: 13.03.2014

2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

2.2.1 Wärme

Die Sporthalle der Grundschule am Berg wird von einer Erdgasheizung mit Wärme versorgt. Für die Jahre 2011-2013 liegen die im folgenden Diagramm dargestellten Angaben zum Wärmeverbrauch vor. Die Verbrauchsangaben umfassen neben dem Verbrauch der Sporthalle auch den Verbrauch des zugehörigen Schulgebäudes, da die Wärmemengen für die einzelnen Gebäude nicht separat erfasst werden. Aus den Verbräuchen errechnen sich die in Abbildung 2 aufgezeigten Mengen an Treibhausgasemissionen.

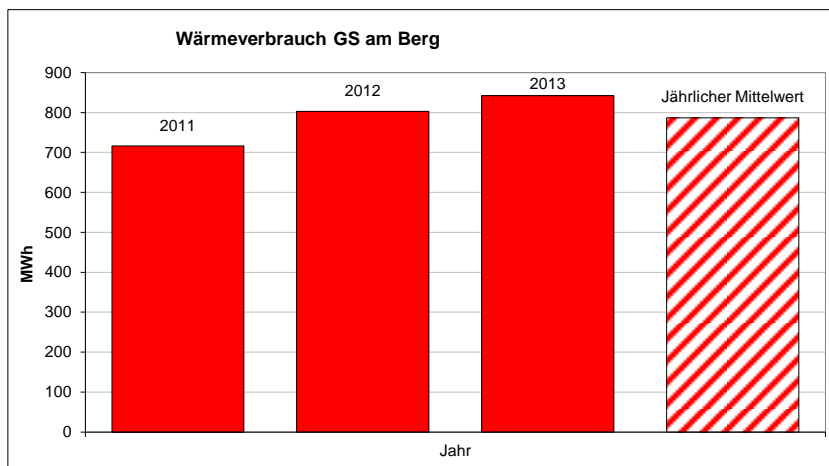


Abbildung 1: Wärmeverbrauch der Grundschule in den Jahren 2011 bis 2013

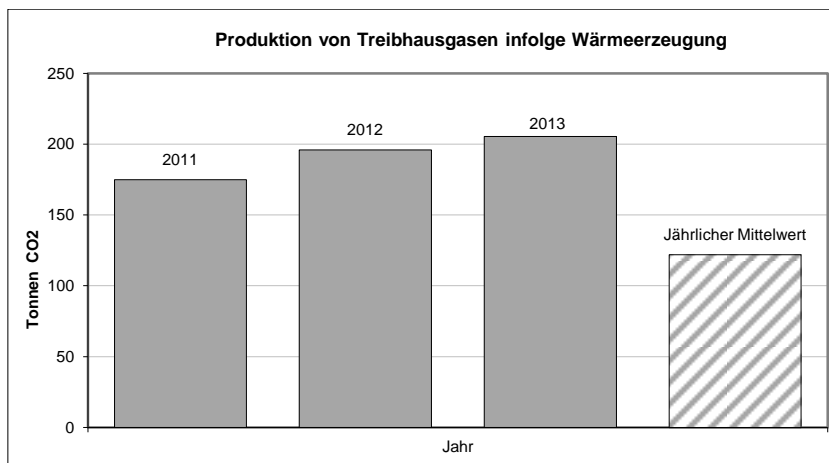


Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂) infolge Wärmeverbrauch¹

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

2.2.2 Strom

Für die Jahre 2011-2013 wurden für den Schulgebäudekomplex die nachstehend dargestellten Stromverbräuche abgerechnet. Abbildung 4 zeigt die infolge der Stromherstellung produzierten Treibhausgasemissionen.

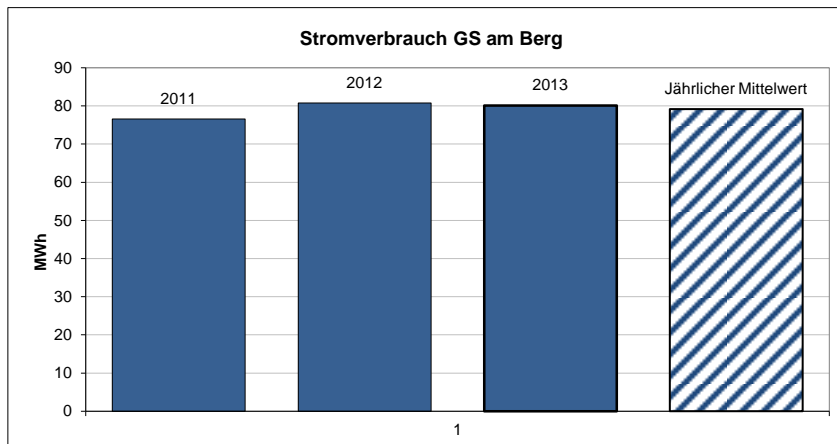


Abbildung 3: Stromverbrauch der Grundschule in den Jahren 2011 bis 2013

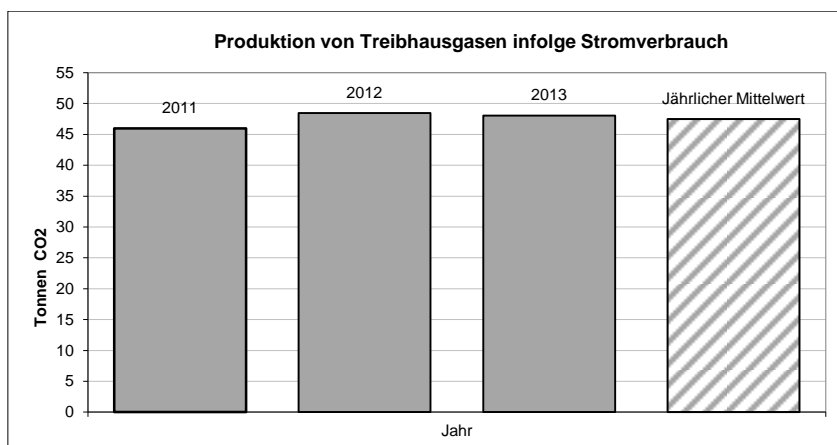


Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent) infolge Stromverbrauch²

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 Ein Verbrauchsvergleich allein für die Sporthalle ist hier jedoch nicht möglich, da die Verbrauchsdaten für alle Gebäude des Schulkomplexes gemeinsam erhoben wurden und keine Einzeldaten für die Sporthalle vorliegen.

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.

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.

3. Gebäudebewertung

3.1 Fotodokumentation



Süd-West-Ansicht



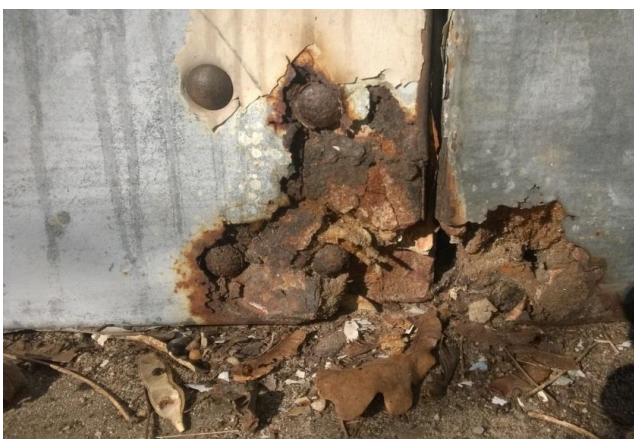
Süd-Ost-Ansicht



Nord-Ost-Ansicht



Nord-West-Ansicht



Zustand der Außentür auf der Süd-Ost-Seite



Heizkörper in der Sporthalle hinter Verkleidung



Verzogene Außentür



Beschädigtes Fenster auf der Nord-Ost-Seite



Zustand der Fassade auf der Nord-West-Seite



Heizungsanlage im Hauptgebäude (Grundschule am Berg)



Viessmann verticell Warmwasserspeicher



Umluftheizgerät in der Sporthalle

3.2 Gebäudehülle

3.2.1 Vorbemerkungen

Bei der Sporthalle handelt es sich um ein 1980 erbautes Gebäude in Massivbauweise. Für die Halle liegen neben Grundrissplänen keine weiteren Bauunterlagen vor. Aus diesem Grund wurden für die U-Werte der Gebäudehülle die Werte der Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand vom 30. Juli 2009 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [1] angesetzt.

3.2.2 Bodenplatte

Für den an das Erdreich angrenzenden Fußboden des Erdgeschosses ist davon auszugehen, dass es sich um eine nur geringfügig gedämmte Platte in der 1980 üblichen Bauweise handelt, deren wärmeschutztechnischen Eigenschaften damit nicht den heutigen Anforderungen entsprechen. Gemäß [1] wird der U-Wert der Bodenplatte mit $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ angenommen.

3.2.3 Außenwände

Bei den Außenwänden handelt es sich um massive Mauerwerkswände, welche mit einer Trapezblechverkleidung versehen und vermutlich geringfügig gedämmt sind. Ihr U-Wert wird nach [1] zu $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ angenommen. Damit entsprechen die wärmeschutztechnischen Eigenschaften der Außenwände nicht den heutigen wärmetechnischen Anforderungen.

3.2.4 Fenster

Die Fenster auf der Südwest-Seite wurden nach Angaben des Hausmeisters im Jahr 1998 ausgewechselt. Gemäß [1] ist ein U-Wert von $1,9 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ anzunehmen. Bei den restlichen Fenstern handelt es sich um bauzeitliche Stahlfenster, deren U-Wert in [1] mit $4,3 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ abgeschätzt wird und der damit deutlich über den heutigen Anforderungen liegt. Bei der Besichtigung ist zudem aufgefallen, dass zahlreiche Fensterscheiben beschädigt sind.

3.2.5 Außentüren

Die Türen im Eingangsbereich bestehen aus Stahl mit einfachverglasten Fenstern. Gemäß [1] ist der U-Wert mit $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ anzunehmen und liegt damit über den heutigen Anforderungen. Für die Seitentüren auf der Nordwest- sowie Südost-Seite ist mit gleichen U-Werten zu rechnen. Des Weiteren wurde bei der Gebäudebesichtigung festgestellt, dass die Seitentür auf der Südost-Seite stark beschädigt ist und dass an dieser Stelle mit erhöhten Lüftungswärmeverlusten zu rechnen ist.

3.2.6 Dach

Das Dach besteht aus einer Stahltragkonstruktion, welche mit Stahlsandwichpaneelen mit mineralischer Dämmung belegt ist. Nähere Informationen zur Qualität und Dicke der Dämmung liegen nicht vor, so dass gemäß [1] ein U-Wert in Höhe von $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ für ein nach dem Standard eines 1980 erbauten Daches angenommen wird. Bei der Besichtigung wurde festgestellt, dass die Paneele im Traufbereich auf der ganzen Länge am Rand nicht geschlossen sind und die mineralische Dämmung damit nicht geschützt ist. Es ist davon auszugehen, dass die Dämmung stark durchfeuchtet ist und dadurch ein erhöhter Wärmeverlust erfolgt.

3.2.7 Gesamteinschätzung Gebäudehülle

Kein Außenbauteil erfüllt die Anforderungen, die nach der aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV 2014 an zu sanierende Bauteile eines Nichtwohngebäudes gestellt werden.⁴ 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 Energieeinsparpotential. Viel Wärme geht aufgrund der großen Flächenanteile über die massiven Außenwände und die Fenster verloren. Ein erhöhter Wärmeverlust tritt vermutlich über eine teilweise Durchfeuchtung der Dachdämmung auf. Da sich dieser ohne weitere Untersuchungen nicht quantifizieren lässt, kann er rechnerisch nicht berücksichtigt werden.

3.3 Technische Anlagen

3.3.1 Bestandsaufnahme

Die Raumwärme- und Warmwasserbereitung der Sporthalle erfolgt im Kombibetrieb durch zwei Viessmann Vertomat Erdgas-Brennwertkessel. Die Erdgasheizungsanlage aus dem Jahre 1995 befindet sich extern im Untergeschoss des Hauptgebäudes der Grundschule am Berg. Die kürzlich eingebaute drehzahlgeregelte Umwälzpumpe von Grundfos MAGNA passt ihr Fördervolumen dem Förderbedarf selbsttätig an. Der Warmwasserspeicher Viessmann verticell befindet sich im Heizungsraum der Sporthalle und liegt damit innerhalb der thermischen Gebäudehülle. Der Speicher verfügt über eine Zirkulationsleitung und über eine Trinkwarmwasser-Zirkulationspumpe WILO TOP -S65/10.

Zur Wärmeübergabe verfügen die beheizten Räume sowie die Turnhalle über Gliederheizkörper, welche manuell über Thermostatventile regulierbar sind. Die Halle selbst wird zusätzlich über ein Umluftheizgerät beheizt. Der Hausmeisters konnte nicht sagen ob ein hydraulischer Abgleich vorgenommen wurde oder nicht.

Die Beleuchtungsanlage der Sporthalle besteht zum großen Teil aus Deckenreihen mit Leuchtstoffröhren. Die Reihen lassen sich separat schalten und sind mit verlustarmen Vorschaltgeräten ausgestattet. Regelungseinrichtungen sind nicht vorhanden. Über eine zwischenzeitlich vorgenommene Sanierung liegen keine Informationen vor.

3.3.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen

Die Kessel der Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage verfügen über einen mittleren energetischen Standard und haben ihre Lebensdauer nach [8] bereits erreicht. Ihre Sanierung steht im Rahmen von Erneuerungsmaßnahmen für den gesamten Schulkomplex in Kürze an. In diesem Zuge sollte die Anlage insgesamt überarbeitet und auf den neuesten technischen Stand gebracht werden. Die hocheffiziente Umwälzpumpe kann dabei ggf. übernommen werden.

Die Beleuchtungsanlage ist in den letzten Jahren nicht grundlegend erneuert wurden und verfügt nicht über die derzeit mögliche energetische Effizienz. Modernisierungsmaßnahmen wie der Einbau von energieeffizienten Leuchtmitteln mit elektronischen Vorschaltgeräten oder LED-Leuchtmitteln sowie von präsenz- und tageslichtabhängigen Regelungseinrichtungen sind daher im Rahmen von Erneuerungsmaßnahmen empfehlenswert.

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

3.4 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich

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

Tabelle 1: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung

Gebäudeparameter	Eingabegröße
Klimareferenzort	Potsdam
Raumtemperatur	19°C
Luftwechselrate	0,7/h
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	5 W/m ²
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m ² K)
Heizungsanlage	Erdgas-Brennwertkessel
Warmwasserbedarf	52 MWh/a ⁵

Ein Bedarfs-/Verbrauchsabgleich zur Validierung bzw. Kalibrierung der Eingabewerte konnte nicht mit ausreichender Genauigkeit durchgeführt werden, da sich der abgerechnete Wärmeverbrauch neben der untersuchten Turnhalle auch auf den Schulgebäudekomplex auf dem Areal bezieht.

3.5 Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes

Für den beschriebenen Ist-Zustand der Gebäudehülle und der technischen Anlagen der Turnhalle 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 der Turnhalle zu verstehen. Abbildung 5 zeigt anhand der Energiebilanz des Gebäudes anschaulich, welchen Anteil die einzelnen Bauteilgruppen am Gesamtwärmeverlust haben und welche Wärmegewinne und –zufuhr diesen gegenüber stehen. Abbildung 6 fasst diese Angaben zusammen und ergänzt sie um die für die Wärmeerzeugung auftretenden Primärenergieverluste.

⁵ Berechnung mit Hilfe des Ansatzes nach DIN V 18599-10:2011-12 Tab.7 für Sportanlage mit Dusche, Personenanzahl 120 je Wochentag..

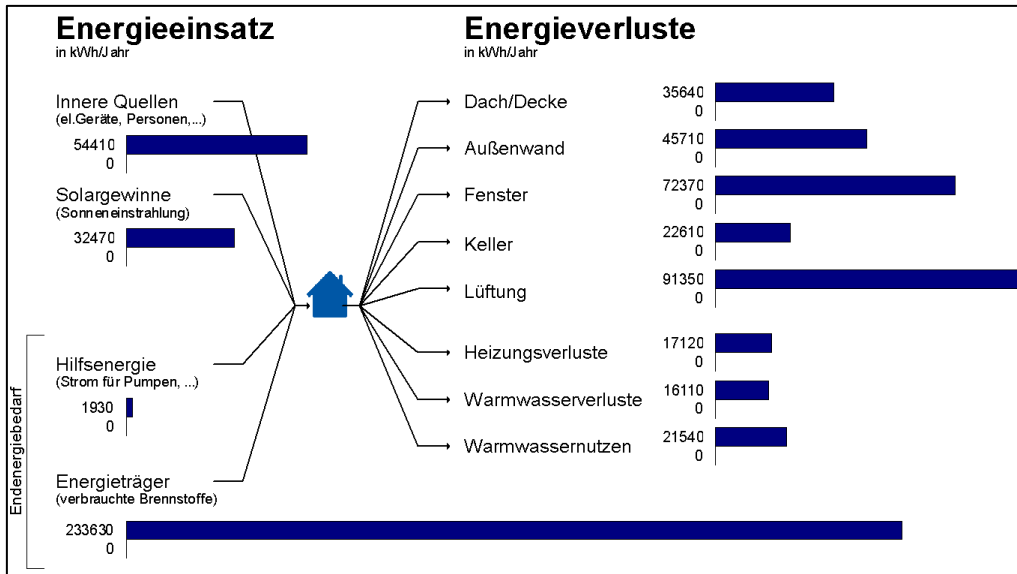


Abbildung 5: Energieeinsatz und -verluste für den Ist-Zustand der Turnhalle

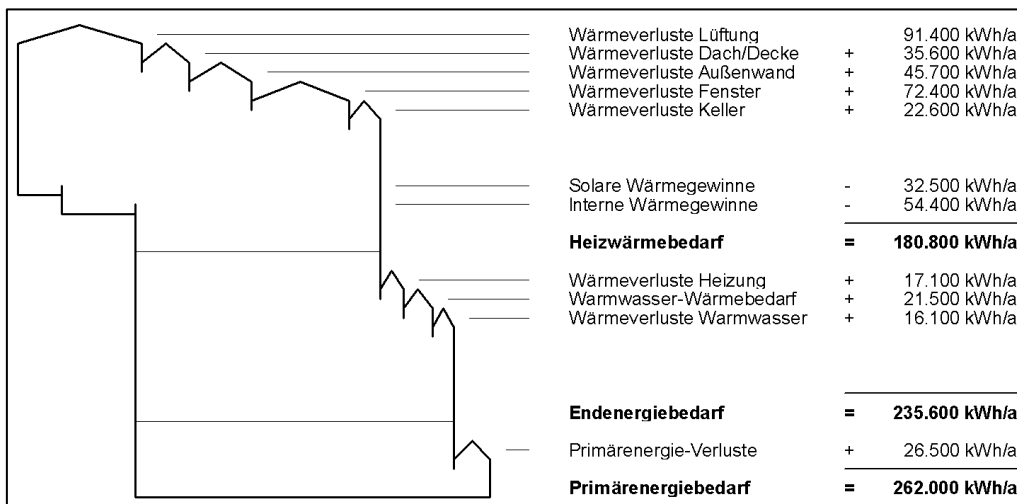


Abbildung 6: Energiebilanz für den Ist-Zustand der Turnhalle

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.⁶ Alle drei verglichenen Werte beziehen sich auf die rechnerische Energiebezugsfläche des Gebäudes.

⁶ 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

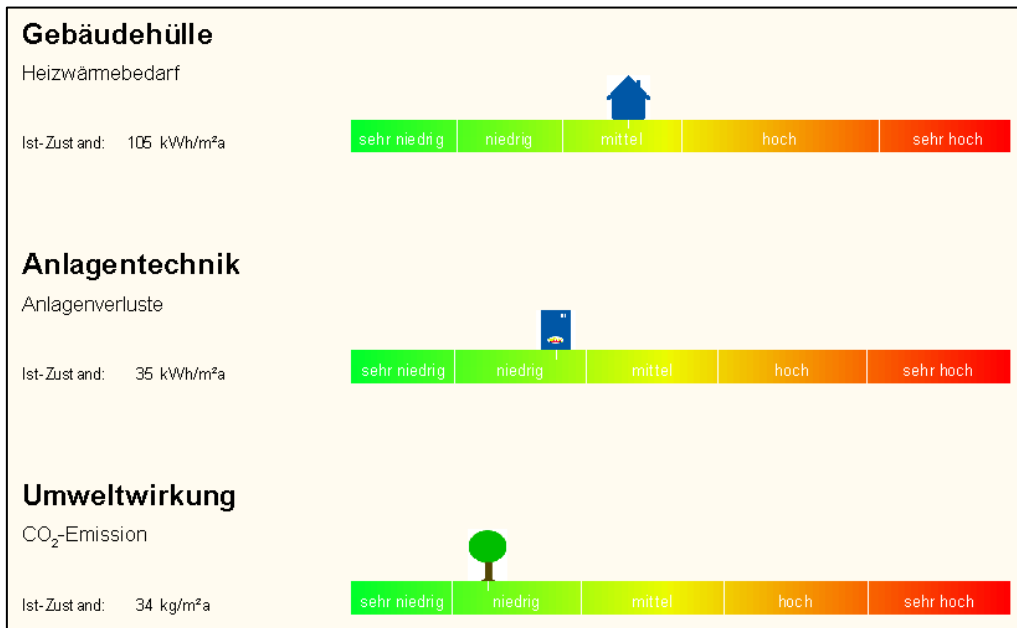


Abbildung 7: Beurteilung des Ist-Zustandes der Turnhalle

In der Einstufung des Heizwärmebedarfs im mittleren Bereich spiegelt sich die Tatsache, dass das Gebäude nur teilsaniert ist. Es zeigt sich ein erhebliches Sanierungspotential. Die primärenergetischen Anlagenverluste werden etwas günstiger eingestuft, was insbesondere daran liegt, dass die Anlage bereits über Brennwerttechnik verfügt. Auch hier zeigt sich ein Einsparpotential. Die Umweltwirkung des Gebäudes wird im Hinblick auf seine Treibhausgasemissionen resultierend aus dem Energieverbrauch und dem Emissionsfaktor von Erdgas relativ günstig eingestuft. Gleichwohl zeigt sich auch hier ein weiteres Einsparpotential.

den Gebäudezustand so genau wie möglich abzubilden. Daher zeichnet die Einstufung des Gebäudes anhand der von der Software implementierten Skalen insgesamt ein überschlägiges Bild.

4. Energiesparmaßnahmen und Sanierungsoptionen

4.1 Grundlegendes

Gemäß dem Merkblatt zur Erstellung von Klimaschutz-Teilkonzepten [2] soll bei der Darstellung der Sanierungsmaßnahmen die Zielsetzung eines Gebäudebestands im Niedrigstenergiehaus-Standard bis zum Jahr 2050 gemäß EU-Richtlinie zur Gesamteffizienz von Gebäuden berücksichtigt werden. Niedrigstenergiehäuser haben laut [2] einen Energiebedarf in der Größenordnung von Passiv- oder Nullenergiehäusern, der zu großen Teilen durch erneuerbare Energien der näheren Umgebung gedeckt wird.

Um dieser Zielsetzung Rechnung zu tragen, werden den Sanierungsmaßnahmen für Bauteile und haustechnische Anlagen nicht die bis 2018 gültigen Anforderungen der EnEV 2014 [9] zugrunde gelegt, sondern die technischen Mindestanforderungen der KfW in den Programmen 218 und 219 zur energetischen Stadtsanierung [11] an die Durchführung von Einzelmaßnahmen. Letztere fordern Bauteil-U-Werte, die bis zu 40% unter den Anforderungen der EnEV liegen und damit den Niedrigstenergiestandard besser repräsentieren. Aufgrund der mit einer Sanierung auf diesen Standard einhergehenden hohen Investitionskosten werden ggf. auch alternative Maßnahmen untersucht, die zu Energieeinsparungen bei niedrigerem Kosteneinsatz führen.

Für die Anlagentechnik wird entsprechend der Zielsetzung des Merkblatts [2] untersucht, inwieweit erneuerbare Energien bereits verwendet werden oder durch entsprechende Sanierungsmaßnahmen einbindbar sind. Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung wird dabei im Sinne des Erneuerbare Energien Wärmegesetzes [10] als Ersatzmaßnahme für erneuerbare Energien angesehen.

4.2 Sanierung der Gebäudehülle

4.2.1 Bodenplatte

Über die Bodenplatte geht aufgrund ihrer vorhandenen Wärmeschutzqualität sowie ihres Angrenzens an das Erdreich nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Dennoch wäre es energetisch günstig, sie oberseitig mit einer druckfesten Dämmung zu versehen. Die für die Sanierung erforderliche lichte Höhe ist ausreichend. 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 Leitfähigkeit erfordern. Auf der Dämmung ist eine Dampfbremse und eine lastverteilende Schicht, z.B. Nassestrich zu verlegen. Da die daraus resultierenden Einsparungen bezogen auf den Ist-Zustand des Gebäudes jedoch relativ gering sind und temporär mit deutlichen Nutzungseinschränkungen einhergehen, wird diese Maßnahme zunächst nicht empfohlen. Wenn entsprechende Nutzungseinschränkungen tolerierbar und Anpassungsmaßnahmen möglich sind und eine Sanierung aus baulichen Gründen erforderlich ist, sollte eine Dämmung jedoch ergänzt werden. (Um die hierbei entstehende Wärmebrücke zur Außenwand zu minimieren, ist die Außenwand außenseitig bis zur Unterkante des Fundaments mit einer Perimeterdämmung zu versehen.)

→ **Sanierung eingeschränkt empfohlen**

4.2.2 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 13 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird die über die gesetzliche Anforderung der EnEV hinausgehende erhöhte U-Wertanforderung der KfW von $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erreicht.⁷

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.3 Fenster und Sonnenschutz

Es wird der Austausch der alten Stahlfenster empfohlen, da ihre wärmeschutztechnischen Eigenschaften bei weitem nicht den heutigen Anforderungen genügen. 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. Eine bauliche Sanierung ist aufgrund der vielen Löcher im Glas ohnehin erforderlich.

Aufgrund der gegebenen Ausrichtung der Halle ist zu überprüfen, ob die neue Stahlglassfassade einen außenliegenden Sonnenschutz benötigt.

→ **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. Aufgrund der vorhandenen Undichtigkeiten sollten die Eingangstüren insbesondere im Rahmen einer Fassadensanierung gleichwohl durch selbsttätig schließende Türen mit einem U-Wert kleiner oder gleich $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ersetzt werden, um das vorhandene Einsparpotential bei möglichst geringem Kostenaufwand zu realisieren.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.5 Dach

Aufgrund der anzunehmenden Durchfeuchtung der Dachdämmung ist das Dach grundlegend zu sanieren. Der Planung der Sanierungsmaßnahmen sollte eine gründliche Untersuchung der vorhandenen Sandwichpaneele vorausgehen, auf deren Grundlage entschieden wird, ob die Paneele saniert werden können oder vollständig ausgetauscht werden müssen. Zur Erfüllung der U-Wertanforderung der KfW an Dächer von $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ist insgesamt eine etwa 24 cm dicke Dämmschicht der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 erforderlich. In den folgenden Wirtschaftlichkeitsberechnungen werden die hierbei anfallenden Kosten nur in dem Umfang berücksichtigt, in dem sie der energetischen Verbesserung des Daches zugeordnet werden und nicht für die ohne notwendige bauliche Sanierung entstehen.

→ **Sanierung empfohlen**

4.3 Sanierung der technischen Anlagen

4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage

Wie unter 3.3.2 beschrieben stehen für die Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage des Schulkomplexes Erneuerungsinvestitionen an. Bei der Planung der Erneuerung sind die Anforderungen der

⁷ Ggf. muss die Dämmstoffdicke zur Berücksichtigung von Wärmebrücken infolge Dübeln geringfügig vergrößert werden.

dann gültigen Energieeinsparverordnung zu beachten. Bei Beibehaltung des Energieträgers sollten moderne Brennwertkessel eingebaut werden. Es sollten darüber hinaus auch die technischen Mindestanforderungen der KfW berücksichtigt werden, um der übergeordneten Zielsetzung des Niedrigstenergieverbrauchs Rechnung zu tragen.

Überprüft werden sollte, ob das Wärmeübergabesystem der Turnhalle in diesem Zuge oder im Zuge sowieso stattfindender baulicher Maßnahmen mit saniert werden kann. Die vorhandenen Heizkörper geben aufgrund ihres Einbaus in Wandnischen ihre Wärme nur ineffizient ab und auch das vorhandene Umluftheizgerät verfügt nicht über eine gute Energieeffizienz. Eine bessere Energieeffizienz ließe sich mit Deckenstrahlplatten oder einer Fußbodenheizung erzielen.

→ **Sanierung im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen empfohlen**

4.3.2 Beleuchtung

Es wird empfohlen die vorhandene Beleuchtungsanlage im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen schrittweise weiter zu modernisieren und die Leuchten gegen moderne Spiegelrasterleuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) oder Beleuchtungskörper mit LED-Technik auszutauschen. Eine Lichtregelung in Abhängigkeit der Tageslichtversorgung und Präsenzmelder würde für weitere Energieeinsparung sorgen. In den Fluren und den Sanitär- und Umkleieräumen wird empfohlen, eine präsenzabhängige Steuerung zu installieren.

→ **Sanierung im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen empfohlen**

4.3.3 Energieträger

Bei dem verwendeten Energieträger zur Wärmeerzeugung handelt es sich mit Erdgas um einen fossilen Energieträger, der hinsichtlich seiner Primärenergieeffizienz und seiner Treibhausgaswirkung ungünstiger ist als Fern- oder Nahwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung und Energieträger aus erneuerbaren Quellen. Ein Wechsel des Energieträgers und der Einbezug erneuerbarer Energien ist daher empfehlenswert, wenn die Anlage ihre Lebensdauer erreicht hat.

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

Denkbar wäre auch der Wechsel hin zum Energieträger Holzpellets mit einer sehr günstigen Primärenergiefaktor und geringeren Treibhausgasemissionen. Da hierfür große Lagerflächen erforderlich sind, müsste vorab überprüft werden, ob entsprechende Flächen im Schulgebäudekomplex vorhanden sind.

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.

Weiterhin könnten die Dachflächen für Solarthermiemodule zur Warmwasserbereitung genutzt werden. Hierfür wären ebenfalls eine gründliche Verschattungs- sowie insbesondere eine Warmwasser-

bedarfsanalyse erforderlich. Ähnlich wie bei der PV-Anlage fallen Hauptertrags- und Hauptnutzungszeit nicht optimal zusammen.

4.4 Schätzung der Investitionskosten

In Tabelle 3 sind alle empfehlenswerten Sanierungsmaßnahmen für die Gebäudehülle und Anlagentechnik einschließlich einer Schätzung der anfallenden Investitionskosten zusammengestellt. Die Kosten wurden soweit wie möglich mit den in der aktuellen BBSR-Online-Publikation zu den Kosten energierelevanter Bau- und technischer Anlagenteile bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden/Bundesliegenschaften hinterlegten Kostenfunktionen ermittelt [4]. In dieser Publikation nicht enthaltene Kostenansätze wurden mit Hilfe von online verfügbaren Baupreisdokumentationen abgeschätzt. Alle Kostenansätze müssen anhand konkreter Angebote überprüft werden. In den Kostenansätzen sind keine Anteile für Planungsleistungen enthalten.

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

In der anschließenden Tabelle 4 werden die aktuell empfehlenswerten investiven Einzelmaßnahmen zu sinnvollen Maßnahmenpaketen zusammengefügt. Diese Sanierungsvarianten werden in Kapitel 4.6 wirtschaftlich und im Hinblick auf ihr Energieeinsparpotential bewertet. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass in den Kapiteln 4.2 und 4.3 weitere Sanierungsmaßnahmen beschrieben sind, die entweder aus unterschiedlichen Gründen ohnehin erforderlich sind bzw. erst im Zusammenhang mit Erneuerungsinvestitionen ausgeführt werden sollten.

Tabelle 2: Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle

Sanierungsmaßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Dämmung der Außenwände (WDVS)	Aufbringen eines WDVS mit 13 cm Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	100 €/m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontrolle und Vorbereitung des Untergrunds 	Fläche:	580 m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montage des Dämmmaterials mit allem Systemzubehör 	Gesamtpreis:	57.826 €
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ alle Anschlussarbeiten an Fenster-/Türöffnungen, Vorsprünge, Gebäudekanten ▪ Wandbekleidung oder Oberputz ▪ De-/Remontage von Regenfallrohren, Blitzableitern, etc. im Zusammenhang mit der Dämmmaßnahme ▪ notwendige Bauleistungen wie die Vergrößerung von Dachüberständen oder die Verbreiterung von Fensterbänken 		
	Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da die Fassade ohnehin zu überarbeiten ist		
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,2 W/(m²K)		
Austausch der Stahlfensterfassade	Demontage und Entsorgung der alten Fassade, Einbau neuer Pfosten-Riegel Glasfassade		
	Sowieso anfallende Kosten für Fassadensanierung (Abschleifen, Anstrich, Ausbesserung, Dichtung, Wartung Beschläge), falls kein Fensteraustausch erfolgt	Einzelpreis:	60 €/m ²
	Einbau neuer Pfosten-Riegel Glasfassade, Stahl, ESG, 3-Scheiben-Wärmeschutz-verglasungen, U ≤ 0,95 W/(m²K) ; Schätzung der Kosten	Einzelpreis abzgl. Sowieso-K.:	690 €/m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alter Fassade ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Fläche:	230 m ²
		Gesamtpreis:	158.700 €
	Kosten für ein Baugerüst werden nicht berücksichtigt, da es zur baulichen Sanierung der Fassade ohnehin erforderlich wäre		
Austausch der Außentüren	Demontage und Entsorgung der alten Eingangstürelemente, Einbau neuer Türelemente	Einzelpreis:	3.760 €/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Türelemente 	Anzahl:	4 Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Türelemente einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Gesamtpreis:	15.040 €
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 1,3 W/(m²K)		
Dämmung der Dachflächen	Dachdämmung (18 cm WLG 035) und Erneuerung der Dachhaut	Einzelpreis:	94 €/m ²
		Anzahl:	840 m ²
	Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da im Zuge der Dämmung der Fassade sowieso ein Gerüst aufzustellen ist	Gesamtpreis:	79.128 €
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,14 W/(m²K)		

Tabelle 3: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten

Sanierungsmaßnahmen		Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Variante 1	Austausch der alten Stahlglasfassade durch Fassade mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	Fenster:	158.700 €
	Austausch der alten Außentüren	Türen:	15.040 €
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen und hydr. Abgleich	Anlagen:	-
			173.740 €
Variante 2	wie Variante 1	Variante 1:	173.740 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände	WDVS:	57.826 €
			231.566 €
Variante 3	wie Variante 2	Variante 2:	231.566 €
	zusätzlich Sanierung der Dachflächen	Dach:	79.128 €
			310.694 €
Variante 4	wie Variante 3	Variante 3:	310.694 €
	Modernisierung der Heizungsanlage (Kesseltausch im Rahmen von Erneuerungsinvestition)	Anlagen:	-
			310.694 0

4.5 Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen

Neben umfangreichen technischen Maßnahmen, die häufig mit erheblichen Investitionskosten einhergehen, können nutzerbezogene Maßnahmen in Nichtwohngebäuden zu einer deutlichen Energieeinsparung führen. In Sporthallen mit Duschen ist eine Reduktion der Warmwasserbereitungsenergie durch den Einbau von Durchflussbegrenzern zu erzielen. Zur Reduzierung des Heizenergieverbrauchs führt insbesondere korrektes Lüften (mehrmaliges kurzes Stoßlüften statt dauerhafter Kippstellung der Fenster, Abdrehen der Heizkörper beim Stoßlüften). Eine Sensibilisierung der Nutzer zur Abschaltung des Lichts beim Verlassen des Raums sowie einem ausreichenden Tageslichtangebot kann zu Stromeinsparungen führen, sofern keine entsprechenden Regelungseinrichtungen vorhanden sind.

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.

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 entspricht, welches hier wesentliches Sanierungsbauteil ist. Die Lebensdauern der Komponenten der technischen Anlagen werden hier nicht berücksichtigt, da ihr Austausch eine jeweils sowie 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 Erdgas und Strom werden mit einer durchschnittlichen jährlichen Preissteigerungsrate von 4% in den nächsten 40 Jahren angenommen. Diese Preissteigerungsrate wurde auf Grundlage der Preiserhöhungen der Energiepreise privater Haushalte in den letzten 10 Jahren ermittelt und unterschätzt die tatsächlich aufgetretenen Preissteigerungsraten etwas. In Abhängigkeit vom gewählten Untersuchungszeitraum kann die Steigerungsrate deutlich höher liegen. Eine dauerhaft niedrigere Preissteigerungsrate ist aufgrund der vorhandenen Rohstoffknappheit nicht zu erwarten. Höhere Preissteigerungsraten als berücksichtigt sind hingegen möglich und würden zu einer verbesserten Wirtschaftlichkeit der Sanierungsvarianten führen.

Die Berechnungen werden ohne Kalkulationszinssatz geführt, um zu berücksichtigen, dass dem Bezirksamt bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen i.d.R. selbst keine Kapitalkosten entstehen.⁸ 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.⁹

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.¹⁰

Da kein Bedarfs-/Verbrauchsabgleich für die Turnhalle möglich war, ist nicht auszuschließen, dass die nach Realisierung der Sanierungsmaßnahmen tatsächlich auftretenden Einsparungen über die zu erwartenden Abweichungen infolge von Preisunterschieden sowie nutzungs- und witterungsbedingten Differenzen hinaus größer oder kleiner als berechnet ausfallen.

Die folgende Tabelle fasst wesentliche Eingangsparameter der Wirtschaftlichkeitsberechnungen noch einmal zusammen. In Tabelle 6 sind die Ergebnisse der Berechnungen zusammengestellt. Abbildung 8 dokumentiert die mit der jeweiligen Sanierungsvariante erzielbaren Einsparungen anschaulich

Tabelle 4: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Betrachtungszeitraum (lebensdauerbasiert):	40 Jahre	Teuerungsrate Energiepreise:	4%
---	----------	------------------------------	----

⁸ In der verwendeten Berechnungssoftware ist für den Kalkulationszinssatz stets ein Wert > 0 einzugeben, so dass rechnerisch der kleinstmögliche Zinssatz von 0,01% verwendet wird.

⁹ Der aktuelle effektive Jahreszins für das Programm 218 der KfW beträgt 0,1%.

¹⁰ Erdgas: 5,6 ct/kWh_{Brennwert} gemäß der Verbrauchsabrechnung für 2013, Strom: 21,8 ct/kWh über mehrere Objekte gemittelt, jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht mit auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

rechnerische Energiekosten (Ist-Zustand) brutto:	15.111 €	Kalkulationszinssatz:	0%
---	----------	-----------------------	----

Tabelle 5: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (Kosten inkl. Mehrwertsteuer)

Variante	Investitionskosten energetische Sanierung [€]	Energiekosten nach Sanierung [€]	im Nutzungszeitraum				Energiekostenein- sparung je 1.000 € Investitionskosten [€]	Investitionskosten je jährlich eingesparte MWh Energie [€/(MWh/a)]	Amortisations- dauer [Jahre]
			Energiekosten- einsparung [€]	Gesamtkosten- einsparung [€]	Mittlere jährl. Energiekostenein- sparung [€/Jahr]	Eingesparte Treibhausgase [t]			
1	206.751	10.885	417.480	210.729	10.437	661	2.019	3.070	28
2	275.564	9.354	568.680	293.116	14.217	902	2.064	3.005	27
3	369.726	8.051	697.360	327.634	17.434	1.106	1.886	3.289	29
4	369.726	7.713	730.800	361.074	18.270	1.160	1.977	3.126	28

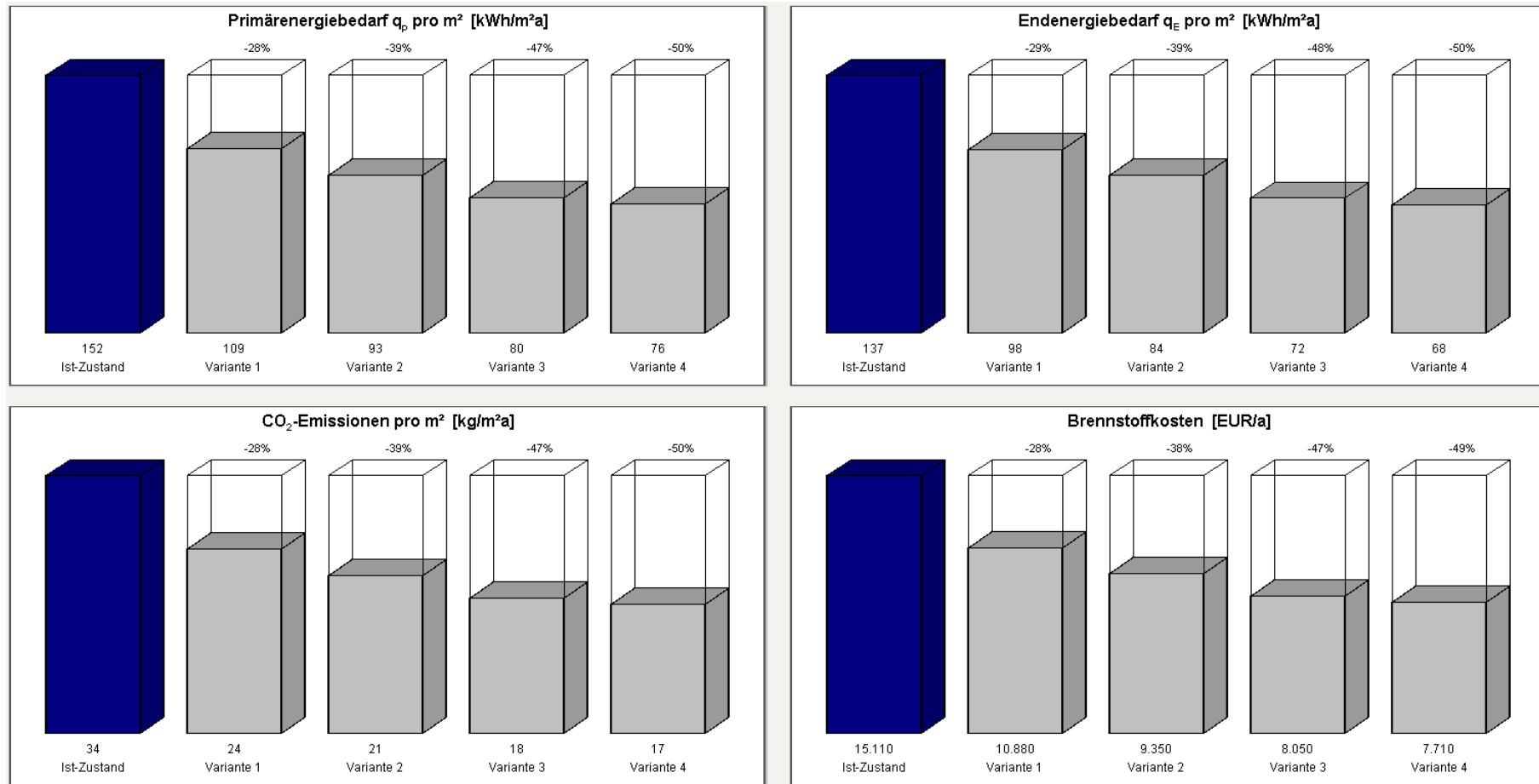


Abbildung 8: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO_2 - und Brennstoffkostenreduktionen

4.7 Sanierungsempfehlungen

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

Die eingesparten Energie- und Treibhausgasmengen sind aufgrund des Umfangs und der Qualität der einbezogenen Maßnahmen bei Variante 3 bzw. 4 am größten. Dementsprechend weisen diese Varianten auch die größte jährliche Einsparung auf. Aufgrund der Förderzielsetzungen nach [2] wird empfohlen, Variante 3 bzw. 4 mit den größeren Energie- und Treibhausgaseinsparungen auszuführen.

Darüber hinaus sollte die in Kapitel 4.2.1 beschriebene Option der Dämmung der Bodenplatte überprüft werden. Weiterhin sollte überprüft werden, ob der Zustand der Dachpaneele ihren vollständigen Austausch erforderlich macht oder ob sie in den neuen Dachaufbau integriert werden können. 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