

BEZIRKSAMT TREPTOW-KÖPENICK VON BERLIN

KLIMASCHUTZ-TEILKONZEPT FÜR 42 LIEGENSCHAFTEN

TURNHALLE, WALDSTRASSE 7

Berlin, den 20. Oktober 2014
BN00149.102

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

INHALTSVERZEICHNIS

1.	AUFGABENSTELLUNG	5
2.	BASISDATEN DER TURNHALLE IN DER WALDSTR. 7	6
2.1	Objektbeschreibung	6
2.2	Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes	7
2.2.1	Wärme	7
2.2.2	Strom	8
2.3	Energiekennzahlen des Gebäudes	9
3.	BEWERTUNG DES IST-ZUSTANDES DES GEBÄUDES	10
3.1	Fotodokumentation	10
3.2	Vorbemerkungen	12
3.3	Gebäudehülle	12
3.3.1	Vorbemerkung	12
3.3.2	Bodenplatte	12
3.3.3	Außenwände	12
3.3.4	Fenster	12
3.3.5	Außentüren	13
3.3.6	Dach	13
3.3.7	Gesamteinschätzung Gebäudehülle	13
3.4	Technische Anlagen	13
3.4.1	Energetische Beurteilung der technischen Anlagen	13
3.5	Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich	14
3.6	Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes	15
4.	ENERGIESPARMAßNAHMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN	17
4.1	Grundlegendes	17
4.2	Sanierung der Gebäudehülle	18
4.2.1	Bodenplatte	18
4.2.2	Außenwände	18
4.2.3	Fenster	18
4.2.4	Außentüren	19
4.2.5	Dach	19
4.3	Sanierung der technischen Anlagen	19
4.4	Schätzung der Investitionskosten	20
4.5	Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	22
4.6	Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	22
4.7	Sanierungsempfehlungen	26

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung	14
Tabelle 2: Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs	15
Tabelle 3: Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle	21
Tabelle 4: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	22
Tabelle 5: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	23
Tabelle 6: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (Kosten inkl. Mehrwertsteuer)	24

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Erdgasverbrauch der Turnhalle in den Jahren 2011 bis 2013	7
Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂) infolge Erdgasverbrauch	7
Abbildung 3: Stromverbrauch der Turnhalle 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	15
Abbildung 6: Energiebilanz für den Ist-Zustand der Turnhalle	16
Abbildung 7: Beurteilung des Ist-Zustandes der Turnhalle	17
Abbildung 8: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO ₂ - und Brennstoffkostenreduktionen	25

QUELLENVERZEICHNIS

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

2. Basisdaten der Turnhalle in der Waldstr. 7

2.1 Objektbeschreibung

Bezeichnung des Objekts: Sporthalle in der Waldstr. 7

Foto des Objekts:



Standort: Waldstraße 7, 12489 Berlin

Nutzung: Sporthalle

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude, vollständig beheizt

Bruttogrundfläche: 964 m²

Baujahr: 1974

Sanierung Gebäudehülle: ca. 1998-1999 Austausch der Fenster auf der Südwest-Seite

Sanierung haustechnische Anlagen: ca. 1992 Austausch der Heizungsanlage (Leitungsdämmung, Pumpenaustausch)

Heizenergieträger: Brennwertkessel, Energieträger Erdgas (im Heizungskeller des Schulgebäudes)

Warmwasserbereitung: aktuell keine Zapfstellen angeschlossen

Lüftung: Freie Lüftung, Abluftanlage WC-Räume

Bestandsunterlagen: Aktuelle Grundrisse

Datum Objektbegehung: 05.03.2014

2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

2.2.1 Wärme

Die Turnhalle wird über die erdgasbetriebenen Brennwertkessel des Schulgebäudes in der Waldstraße 7 mit Wärme versorgt. (Das Hauptgebäude befindet sich auf dem gleichen Areal und wird separat untersucht.)

Die Wärmeverbräuche für Heizung und Warmwasserbereitung wurden für beide Gebäude gemeinsam erfasst, so dass keine gebäudebezogenen Aussagen zu treffen sind. Eine flächenanteilige Aufteilung der Wärmeverbrauchsdaten auf die beiden Gebäude wird nicht vorgenommen, da sich die Gebäude hierfür zu stark in ihrer Nutzung unterscheiden und die Zahlen so nicht aussagekräftig wären. Für eine detaillierte gebäudebezogene Analyse der Verbrauchsdaten wäre eine gebäudebezogene Erfassung der Wärmeverbräuche erforderlich. Im folgenden Diagramm ist daher der Wärmeverbrauch für Schulgebäude und Turnhalle zusammen für die Jahre 2011 und 2013 angegeben.

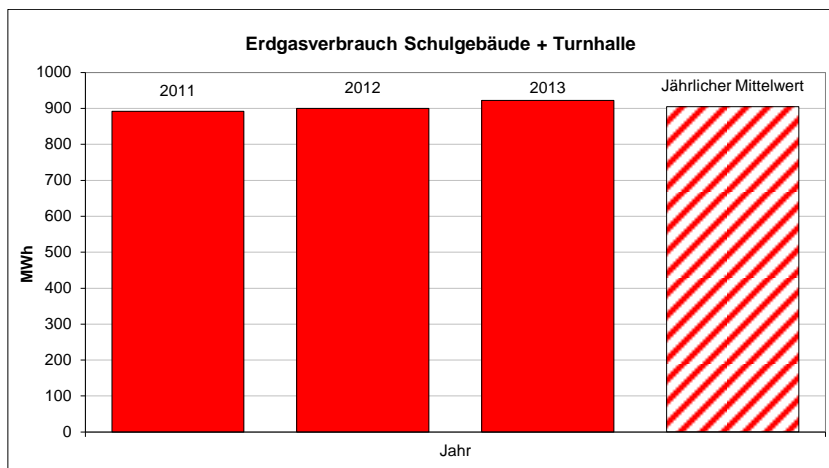


Abbildung 1: Erdgasverbrauch der Turnhalle in den Jahren 2011 bis 2013

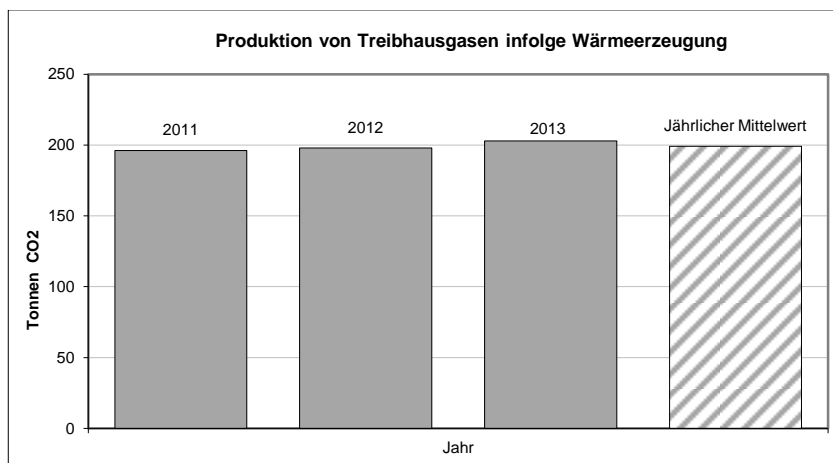


Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂) infolge Erdgasverbrauch¹

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

2.2.2 Strom

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

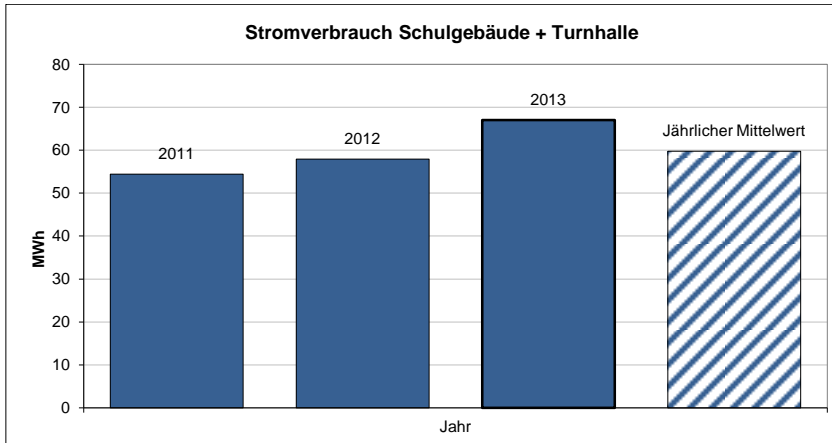


Abbildung 3: Stromverbrauch der Turnhalle in den Jahren 2011 bis 2013

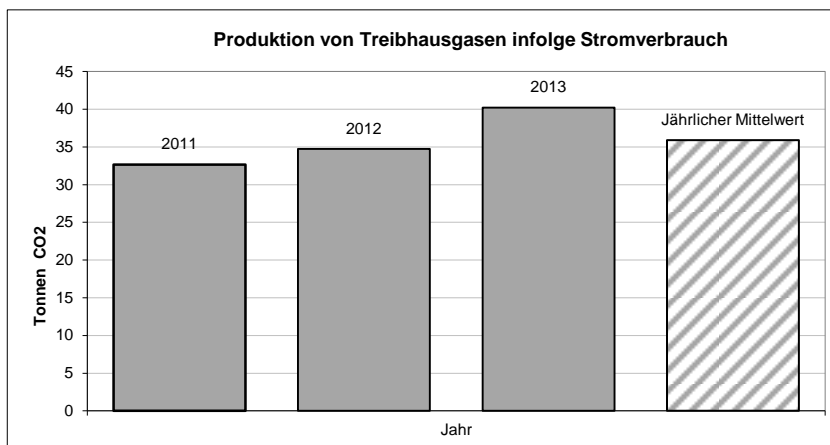


Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent) infolge Stromverbrauch²

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

2.3 Energiekennzahlen des Gebäudes

Eine Beurteilung der Energieverbräuche der Liegenschaft ist generell durch einen Vergleich mit den entsprechenden Verbräuchen des deutschen Gebäudebestands möglich. Hierfür hat die ages GmbH für verschiedene Gebäudekategorien Heizenergie- und Stromverbrauchswerte erfasst und die Mittelwerte sowie die Mittelwerte des Viertels mit dem geringsten Verbrauch bezogen auf die Bruttogrundfläche des jeweiligen Gebäudes berechnet und veröffentlicht. Die vorliegenden Verbrauchsdaten zur Turnhalle beziehen auch die Strom- und Wärmeverbräuche des Schulgebäudes in der Waldstraße 7 mit ein, dessen Nutzung durch verschiedene Mieter sehr unterschiedlich ist. Da entsprechend der Nutzung des Schulgebäudes keine vergleichbaren Verbräuche des deutschen Gebäudestandards vorliegen, kann für diese Liegenschaft kein sinnvoller Verbrauchsvergleich durchgeführt werden.

3. Bewertung des Ist-Zustandes des Gebäudes

3.1 Fotodokumentation



Süd-West-Ansicht



Süd-Ost-Ansicht



Nord-Ost-Ansicht



Eingangsbereich der Sporthalle



Schaden an der Aussenwand



Zustand der unsanierten Fassade



Hallenbeleuchtung



Wasserschaden an der Decke (Dachabdichtung aber zwischenzeitlich saniert)



Stillgelegte Duschen



Verteilersystem



Innenseitiger Schaden an der Außenwand



Veraltete Beleuchtung

3.2 Vorbemerkungen

Bei der Besichtigung der Sporthalle ist aufgefallen, dass die Außenwände teilweise stark beschädigt sind und an vielen Stellen keine ausreichende Betondeckung vorhanden ist, so dass der Bewehrungsstahl stellenweise frei bewittert wird. Zudem wies der Hausmeister darauf hin, dass die Warmwasserversorgung der Turnhalle aufgrund von Legionellengefahr vor etwa drei Jahren abgestellt wurde. Aus diesem Grund sowie aufgrund des schlechten baulichen Zustands der Sanitärräume werden die Duschen in der Sporthalle nicht mehr benutzt.

Die bei der Begehung noch vorhandene Lüftungsanlage ist ebenfalls seit etwa 3 Jahren nicht mehr in Betrieb. Seit diesem Zeitpunkt werden nur noch die Toilettenräume mit einer lichtschaltergeführten Abluftablage betrieben und die Sporthalle selbst durch regelmäßiges Fensteröffnen belüftet.

Bei nachträglicher ergänzender Befragung des Hausmeisters informierte dieser darüber, dass die Lüftungsanlage im Juni 2014 ausgebaut wurde und durch eine moderne Anlage ersetzt werden soll. Nähere Angaben hierzu konnte er nicht machen. Zudem sei geplant, auch die Sanitäranlagen in Kürze zu modernisieren.

Weiterhin wies der Hausmeister bei der Gebäudebegehung auf mehrere Wasserschäden hin, welche seiner Meinung nach auf das undichte Dach zurückzuführen sind. Auch die Undichtigkeiten wurden gemäß telefonischer Auskunft zwischenzeitlich beseitigt. Außerdem sind weitere Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle geplant.

3.3 Gebäudehülle

3.3.1 Vorbemerkung

Bei der Sporthalle handelt es sich um ein 1974 in der ehemaligen DDR errichtetes Gebäude in Stahlbetonskelettbauweise (Typen- bzw. Plattenbau). Für das Gebäude liegen neben den Grundrissplänen keine weiteren Bauunterlagen vor. Da der Wärmeschutzstandard in der ehemaligen DDR vergleichbar mit dem Standard in der Bundesrepublik Deutschland war, werden 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.

3.3.2 Bodenplatte

Für den an das Erdreich angrenzenden Fußboden des Erdgeschosses ist davon auszugehen, dass er dem Standard von 1974 entspricht. Gemäß [1] ist von einem U-Wert von $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auszugehen. Der wärmetechnische Zustand der Bodenplatte entspricht damit nicht den heutigen Anforderungen.

3.3.3 Außenwände

Für die massiven Außenwände des Erdgeschosses und des Obergeschosses wird gemäß [1] von einem U-Wert von $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ausgegangen. Der wärmetechnische Zustand der Außenwände entspricht demnach nicht den heutigen Anforderungen.

3.3.4 Fenster

Bis auf die Stahlglasfassade auf der Nordost-Seite wurden alle Fenster zwischen 1998 und 1999 durch 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Holzrahmen ersetzt. Entsprechend [1] kann für diese Fenster ein U-Wert von $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angenommen werden. Der U-Wert der Stahlglasfassade auf der Nordost-

Seite kann gemäß [1] zu $4,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ abgeschätzt werden. Der wärmetechnische Zustand der Stahlglasfassade liegt damit deutlich über den heutigen Anforderungen.

3.3.5 Außentüren

Bei der Eingangstür handelt es sich um eine Stahltür mit einfachverglasten Fenstern, deren U-Wert gemäß [1] mit $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen ist. Die Seitentür auf der Südost-Seite besteht ebenfalls aus Metall. Ihr U-Wert wird nach [1] ebenfalls mit $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ abgeschätzt. Die wärmetechnischen Eigenschaften der Außentüren der Turnhalle liegen damit deutlich über den heutigen Anforderungen.

3.3.6 Dach

Gemäß [1] liegt der U-Wert für ein nach dem Standard von 1974 erbautes Dach bei $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Da keine genaueren Informationen zum Dachaufbau vorliegen wird von diesem U-Wert ausgegangen.

3.3.7 Gesamteinschätzung Gebäudehülle

Kein Außenbauteil erfüllt die Anforderungen, die nach der aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV 2014 an zu sanierende Bauteile eines Nichtwohngebäudes gestellt werden.³ Allerdings weisen die erneuerten 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 (bzw. trat) vermutlich über eine teilweise Durchfeuchtung der Dachdämmung auf. Da sich dieser ohne weitere Untersuchungen nicht quantifizieren lässt, kann er rechnerisch nicht berücksichtigt werden.

3.4 Technische Anlagen

3.4.1 Bestandsaufnahme

Die Raumwärmebereitung in der Sporthalle erfolgt zentral im Kombibetrieb durch zwei Buderus SB715 Erdgas-Brennwertkessel. Die Erdgasheizungsanlage aus dem Jahre 1992 befindet sich außerhalb der Turnhalle im Untergeschoss des Hauptgebäudes der Heide-Grundschule. Die installierten elektronisch geregelten Umwälzpumpen vom Typ GRUNDFOS MAGNA passen ihren Betriebspunkt dem Förderbedarf selbsttätig an. Die Leitung zum Warmwasserspeicher wurde gekappt und aus diesem Grund steht im ganzen Gebäude kein Warmwasser zur Verfügung.

Zur Wärmeübergabe verfügen sämtliche Räume sowie die Turnhalle über Gliederheizkörper, welche manuell über Thermostatventile regulierbar sind. Nach Angaben des Hausmeisters ist davon auszugehen, dass kein hydraulischer Abgleich vorgenommen wurde.

Die Lüftung der WC-Räume wird über eine Abluftanlage unterstützt.

Die Beleuchtungsanlage der Turnhalle besteht zum großen Teil aus Deckenleuchten mit stabförmigen Leuchtstofflampen, welche mit konventionellen bzw. verlustarmen Vorschaltgeräten ausgestattet sind. Es existieren keine Regelungseinrichtungen.

3.4.1 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

³ Gleichermaßen werden auch die Anforderungen, die laut EnEV für die Bauteile eines Neubaus gelten, nicht erfüllt.

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 worden 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.

3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich

Die energetische Bilanzierung des Gebäudes wurde entsprechend [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	--

Ein Bedarfs-/Verbrauchsabgleich zur Validierung bzw. Kalibrierung der Eingabewerte konnte nur für die Sporthalle und das Schulhauptgebäude gemeinsam geführt werden, da ihr Wärmeverbrauch gemeinsam abgerechnet wird. In der folgenden Tabelle sind die berechneten Wärmebedarfswerte dem abgerechneten Verbrauchswert gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass der berechnete Bedarf den gemessenen Verbrauch um etwa 30% unterschreitet. Übliche Stellschrauben zur Angleichung der rechnerischen Größen an den gemessenen Verbrauch wie eine Erhöhung der Raumtemperatur erscheinen für beide Gebäude nicht plausibel anwendbar. Jedoch sind (bzw. waren) bei beiden Dächern Undichtigkeiten vorhanden, so dass von einer Teildurchfeuchtung der Dachdämmungen auszugehen ist. Infolge dieser Teildurchfeuchtung kann es zu deutlich erhöhten Transmissionswärmeverlusten über die Dächer kommen, die ohne detaillierte Untersuchung der Dächer rechnerisch nicht quantifiziert werden können, aber höchstwahrscheinlich für den Großteil der festzustellenden Abweichungen verantwortlich sind.

Tabelle 2: Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs⁴

Berechneter Wärmebedarf – Hauptgebäude MWh/a	503,8
Berechneter Wärmebedarf – Turnhalle MWh/a	202,8
Summe des berechneten Bedarfs	706,4
Witterungskorrigierter Wärmeverbrauch MWh/a	909,7

3.6 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.

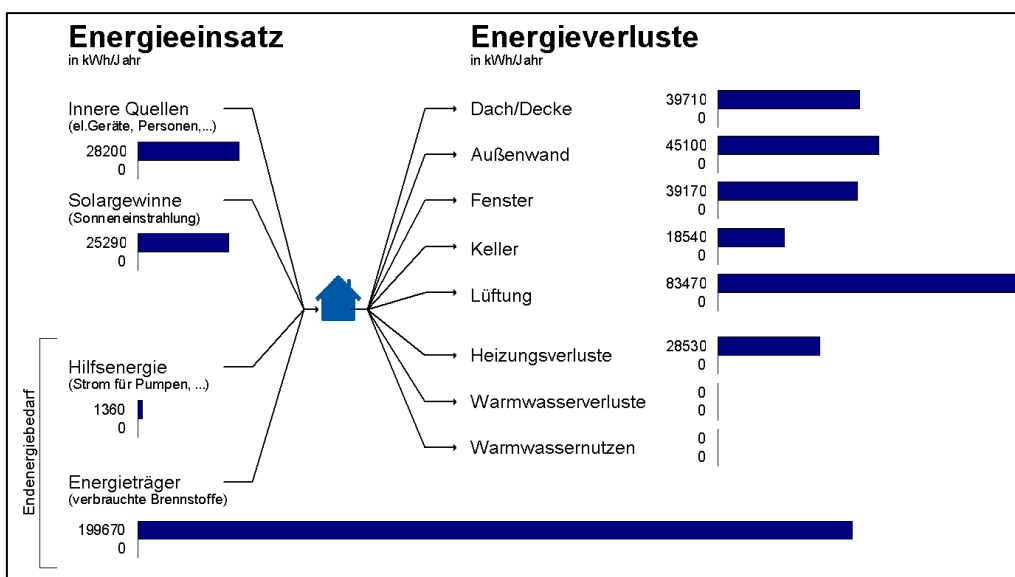


Abbildung 5: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand der Turnhalle

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

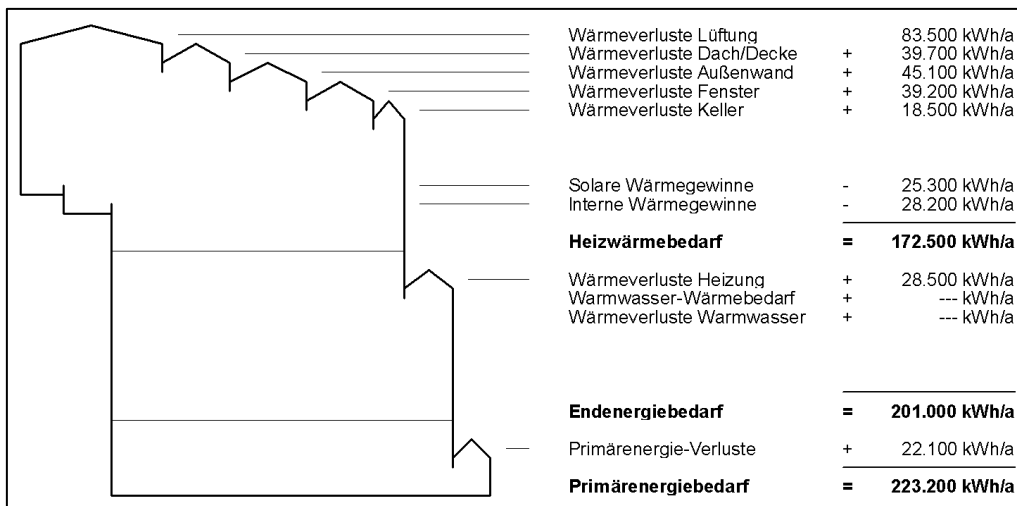


Abbildung 6: Energiebilanz für den Ist-Zustand der Turnhalle

Die folgende Grafik stuft den energetischen Zustand der Gebäudehülle und der technischen Anlagen sowie den Umfang der Treibhausgasemissionen des Gebäudes anhand der Berechnungsergebnisse anschaulich und übersichtlich ein. Für die Anlagentechnik wird hierbei der Primärenergiebedarf bewertet.⁵ Alle drei verglichenen Werte beziehen sich auf die rechnerische Energiebezugsfläche des Gebäudes.

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

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

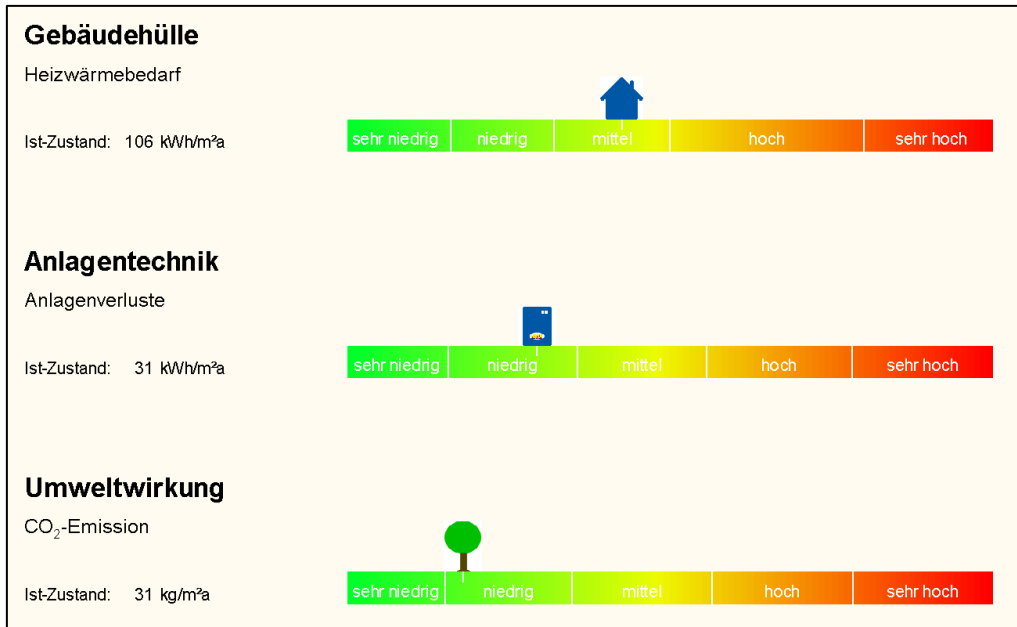


Abbildung 7: Beurteilung des Ist-Zustandes der Turnhalle

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.

4. Energiesparmaßnahmen und Sanierungsoptionen

4.1 Grundlegendes

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich wie berichtet um einen DDR-Typenbau, der in Berlin in großer Anzahl errichtet und auch bereits saniert wurde. Es empfiehlt sich, die Sanierungserfahrungen und Planungsunterlagen bezirksübergreifend zu sammeln und für zukünftige Sanierungen als Planungshilfe zur Verfügung zu stellen.

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

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

einhergehenden hohen Investitionskosten werden ggf. auch alternative Maßnahmen untersucht, die zu Energieeinsparungen bei niedrigerem Kosteneinsatz führen.

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

4.2 Sanierung der Gebäudehülle

4.2.1 Bodenplatte

Über die Bodenplatte geht aufgrund ihrer vorhandenen Wärmeschutzqualität 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 (oder entsprechend dünnere Dämmung geringerer Leitfähigkeit) erfordern. Auf der Dämmung sind eine Dampfbremse und eine lastverteilende Schicht, z.B. Nassestrich, zu verlegen. Da die daraus resultierenden Einsparungen bezogen auf den Ist-Zustand des Gebäudes jedoch relativ gering sind und temporär mit deutlichen Nutzungseinschränkungen einhergehen, wird diese Maßnahme zunächst nicht empfohlen. Wenn entsprechende Nutzungseinschränkungen tolerierbar und Anpassungsmaßnahmen möglich sind und eine Sanierung aus baulichen Gründen erforderlich ist, sollte eine Dämmung jedoch ergänzt werden. (Um die hierbei entstehende Wärmebrücke zur Außenwand zu minimieren, ist die Außenwand außenseitig bis zur Unterkante des Fundaments mit einer Perimeterdämmung zu versehen.)

→ **Sanierung eingeschränkt empfohlen**

4.2.2 Außenwände

Die Außenwandelemente sind entsprechend ihrer großen Fläche für einen großen Teil der Wärmeverluste durch die Gebäudehülle verantwortlich. Da sie jedoch bereits gedämmt ausgeführt wurden, sind ihre wärmetechnischen Eigenschaften deutlich besser als bei ungedämmten Wänden. Zur Sanierung wird empfohlen, ein außenseitiges Wärmedämmverbundsystem auszuführen, das aufgrund der großflächigen Fassadengestaltung vergleichsweise einfach und damit kostengünstig aufzubringen ist. Bereits mit einer 14 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird die über die gesetzliche Anforderung der EnEV hinausgehende erhöhte U-Wertanforderung der KfW von $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erreicht.⁶ Vor der Durchführung der Sanierungsmaßnahme sind zunächst die massiven bestehenden Fassadenschäden zu beseitigen.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.3 Fenster

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

⁶ Ggf. muss die Dämmstoffdicke zur Berücksichtigung von Wärmebrücken infolge Dübeln geringfügig vergrößert werden.

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.

→ **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

Laut Aussage des Hausmeisters wurden Undichtigkeiten des Daches zwischenzeitlich beseitigt. Inwiefern die vorhandene Dämmung durchfeuchtet ist, kann nicht beurteilt werden. Bei Voraussetzung eines nunmehr trockenen Dachaufbaus ist zur Erfüllung der U-Wertanforderung der KfW an Dächer von $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ eine zusätzliche mindestens 19 cm dicke Dämmschicht der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 erforderlich.

→ **Sanierung empfohlen**

4.3 Sanierung der technischen Anlagen

4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage, Lüftungsanlage

Wie unter 3.4.1 beschrieben stehen für die Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage des Schulkomplexes Erneuerungsinvestitionen an. Bei der Planung der Erneuerung sind die Anforderungen der 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.

Hinsichtlich der Lüftungsanlage werden keine Sanierungsvorschläge unterbreitet, da ihre Sanierung derzeit bereits geplant wird.

→ **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 sind 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 einem 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 Warmwasserbedarfsanalyse 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 3: Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle

Sanierungsmaßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Dämmung der Außenwände (WDVS)	Aufbringen eines WDVS mit 14 cm Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	102 €/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:	58.928 €
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ alle Anschlussarbeiten an Fenster-/Türöffnungen, Vorsprünge, Gebäudekanten ▪ Wandbekleidung oder Oberputz ▪ De-/Remontage von Regenfallrohren, Blitzableitern, etc. 		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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 	Fläche:	110 m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Gesamtpreis:	75.900 €
	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:	2 Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Türelemente einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Gesamtpreis:	7.520 €
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 1,3 W/(m²K)		
Dämmung der Dachflächen	Dachdämmung (19 cm WLG 035) und Erneuerung der Dachhaut	Einzelpreis:	96 €/m ²
		Anzahl:	800 m ²
	Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da im Zuge der Dämmung der Fassade sowieso ein Gerüst aufzustellen ist	Gesamtpreis:	76.880 €
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,14 W/(m²K)		

Tabelle 4: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten

Sanierungsmaßnahmen		Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Variante 1	Ersatz der alten Stahlglasfassade durch Fassade mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	Fenster:	72.450 €
	Austausch der alten Außentüren	Türen:	7.520 €
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen und hydr. Abgleich (ohne Kesseltausch)	Anlagen:	-
			79.970 €
Variante 2	wie Variante 1	Variante 1:	79.970 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände	WDVS:	58.928 €
			138.898 €
Variante 3	wie Variante 2	Variante 2:	138.898 €
	zusätzlich Sanierung der Dachflächen	Dach:	76.880 €
			215.778 €
Variante 4	wie Variante 3	Variante 3:	215.778 €
	Kesseltausch (Erneuerungsinvestition)	Anlagen:	-
			215.778 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.

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.⁷ 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.⁸

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.⁹

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 5: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Betrachtungszeitraum (lebensdauerbasiert):	40 Jahre	Teuerungsrate Energiepreise:	4%
rechnerische Energiekosten (Ist-Zustand) brutto:	12.951 €	Kalkulationszinssatz:	0%

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

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

⁹ 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.

Tabelle 6: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (Kosten inkl. Mehrwertsteuer)

Variante	Investitionskosten energetische Sanierung [€]	Energiekosten nach Sanierung [€]	im Nutzungszeitraum				Investitionskosten je jährlich eingesparte MWh Energie [€/(MWh/a)]	Amortisations- dauer [Jahre]
			Energiekosten- einsparung [€]	Gesamtkosten- einsparung [€]	Mittlere jährl. Energiekostenein- sparung [€/Jahr]	Eingesparte Treibhausgase [t]		
1	95.164	10.578	234.400	139.236	5.860	375	2.463	24
2	165.289	8.482	441.440	276.151	11.036	707	2.671	23
3	256.776	6.864	601.240	344.464	15.031	962	2.341	25
4	256.776	6.345	652.560	395.784	16.314	1.047	2.541	24

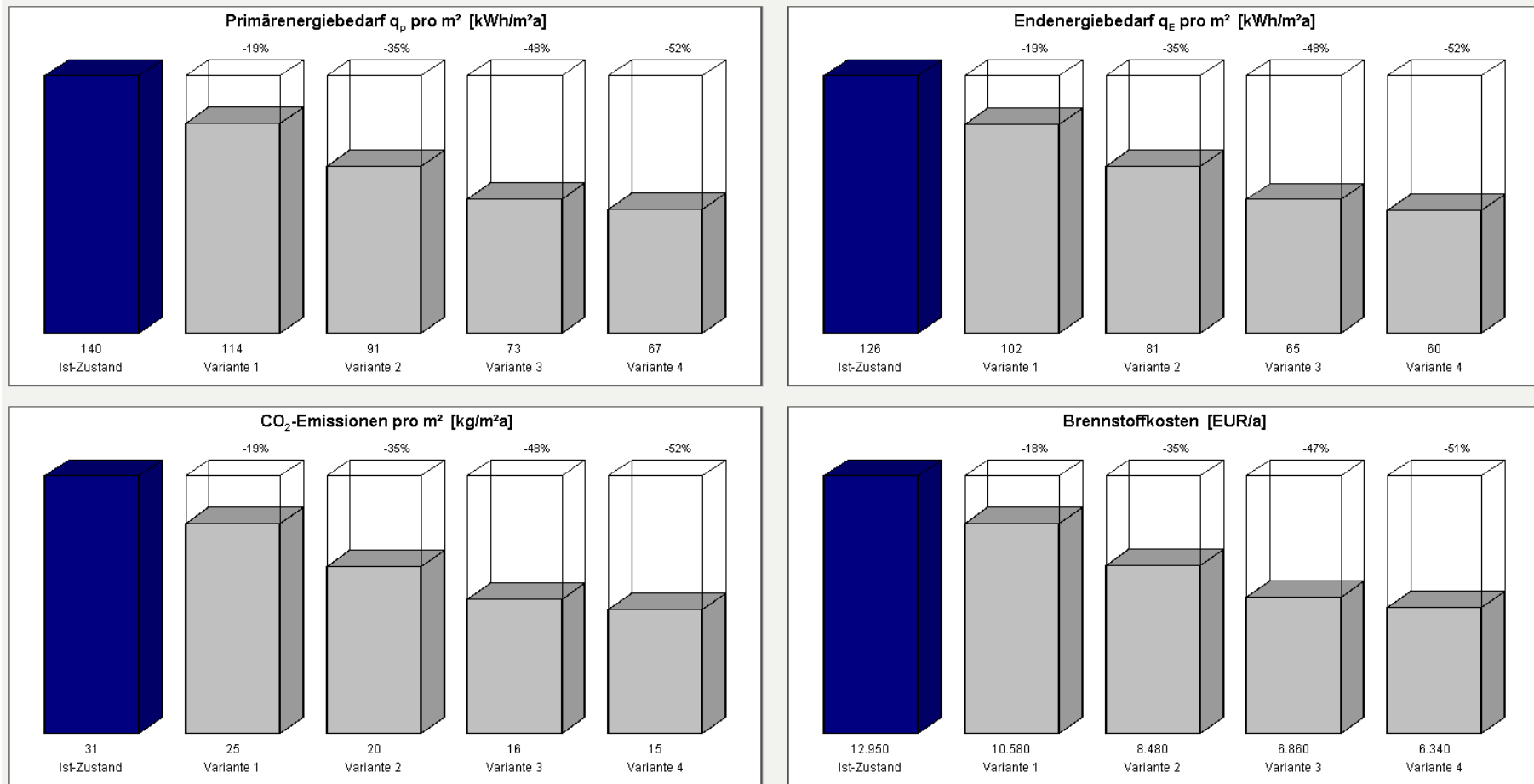


Abbildung 8: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO₂- und Brennstoffkostenreduktionen

4.7 Sanierungsempfehlungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten zeigen, dass sich alle Maßnahmenpakete etwa zu dem Zeitpunkt amortisiert haben, zu dem die sanierten Bauteile 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 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. 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