

BEZIRKSAMT TREPTOW-KÖPENICK VON BERLIN

KLIMASCHUTZ-TEILKONZEPT FÜR 42 LIEGENSCHAFTEN

SPORTFUNKTIONSGEBÄUDE, EICHGESTELL 161

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	6
2. BASISDATEN DES SPORTFUNKTIONSGEBÄUDES, EICHGESTELL 161	7
2.1 Objektbeschreibung	7
2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes	8
2.2.1 Wärme	8
2.2.2 Strom	9
2.2.3 Energiekennzahlen des Gebäudes	9
3. GEBÄUDEBEWERTUNG	11
3.1 Fotodokumentation	11
3.2 Vorbemerkungen und Hinweise	14
3.3 Gebäudehülle	15
3.3.1 Vorbemerkung	15
3.3.2 Bodenplatte des Untergeschosses	15
3.3.3 Wände gegen nicht beheizte Räume	15
3.3.4 Decke gegen nicht beheizte Räume	15
3.3.5 Außenwände	15
3.3.6 Fenster	15
3.3.7 Außentüren	16
3.3.8 Dachflächen und oberste Geschossdecken	16
3.3.9 Gesamteinschätzung der Gebäudehülle	17
3.4 Haustechnische Anlagen	17
3.4.1 Bestandsaufnahme	17
3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen	17
3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich	18
3.6 Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes	19
4. ENERGIESPARMAßNAHMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN	21
4.1 Grundlegendes	21
4.2 Sanierung der Gebäudehülle	22
4.2.1 Bodenplatte	22
4.2.2 Wände gegen nicht beheizte Kellerräume	22
4.2.3 Decke über nicht beheizten Kellerräumen	22
4.2.4 Außenwände	23
4.2.5 Fenster	23
4.2.6 Außentüren	23
4.2.7 Dachflächen und Terrassenboden	23
4.3 Sanierung der technischen Anlagen	23
4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage, Lüftungsanlage	23
4.3.2 Beleuchtung	24
4.3.3 Energieträger	24

4.4	Schätzung der Investitionskosten	24
4.5	Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	28
4.6	Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	28
4.7	Sanierungsempfehlungen	33

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Fernwärmeverbrauch und den Stromverbrauch des Sportgebäudes	10
Tabelle 2:	Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung	18
Tabelle 3:	Ergebnis des Bedarfs-/Verbrauchsabgleichs	19
Tabelle 3:	Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle	26
Tabelle 4:	Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	27
Tabelle 5:	Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	29
Tabelle 6:	Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (alle Kostenangaben inklusive Mehrwertsteuer)	31

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Fernwärmeverbrauch des Fuhrparks in den Jahren 2011-2013	8
Abbildung 2:	Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂) infolge Fernwärmeverbrauch	8
Abbildung 3:	Stromverbrauch des Fuhrparks in den Jahren 2011-2013	9
Abbildung 4:	Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂ -Äquivalent) infolge Stromverbrauch	9
Abbildung 5:	Kennwertevergleich	10
Abbildung 6:	Annäherung für Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Sportgebäudes	19
Abbildung 7:	Annäherung für die Energiebilanz für den Ist-Zustand des Sportgebäudes	20
Abbildung 8:	Beurteilung des Ist-Zustandes des Sportgebäudes (bei Standardtemperatur von 19°C)	21
Abbildung 8:	Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO ₂ - und Brennstoffkostenreduktionen	32

QUELLENVERZEICHNIS

- [1] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand, 26. Juli 2007
- [2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Merkblatt Erstellung von Klimaschutz-Teilkonzepten, Fassung 17.10.2012
- [3] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Leitfaden Nachhaltiges Bauen, April 2013
- [4] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Kosten energierelevanter Bau- und technischer Anlagenteile bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden/ Bundesliegenschaften, BBSR-Online-Publikation, Nr. 06/2014
- [5] DIN V 4108-6:2003-06: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und Jahresheizenergiebedarfs
- [6] DIN V 4701-10:2003-08: Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung und Lüftung
- [7] DIN V 18599-10:2011-12: Energetische Bewertung von Gebäuden – Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten
- [8] VDI 2067 Blatt 1:2012-09: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung
- [9] Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 18. November 2013 (EnEV 2014)
- [10] Gesetz zur Förderung Erneuerbare Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG) vom 07. August 2008, zuletzt geändert am 22.12.2011
- [11] Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), Anlage zu den Merkblättern IKK und IKU – Energetische Stadtsanierung – Energieeffizient Sanieren (Programme 218 und 219), Technische Mindestanforderungen, Stand 04/2014
- [12] Ages GmbH, Verbrauchskennwerte 2005, Forschungsbericht der ages GmbH, Februar 2007
- [13] Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V.: Katalog regionaltypischer im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualtersklasse und Ableitung typischer Bauteilaufbauten, 30. April 2009
- [14] Institut für Bauforschung e.V. Hannover, U-Werte alter Bauteile, Fraunhofer IRB Verlag, November 2003
- [15] Zentralstelle für Normungsfragen und Wirtschaftlichkeit im Bildungswesen, Typenschulbauten in den neuen Ländern, Modernisierungsleitfaden, 1999
- [16] BINE Informationsdienst: themeninfo I/06, Gebäude sanieren – Schulen
- [17] Plötz Schulführer Berlin 2010, Deutsche Informationsbörse AG, Berlin 2009
- [18] Umweltamt Steglitz-Zehlendorf, Sanierung von alten Kastendoppelfenstern auf 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 des Sportfunktionsgebäudes, Eichgestell 161

2.1 Objektbeschreibung

Bezeichnung des Objekts: Funktionsgebäude/Jugendclub Sportarena in der Wuhlheide

Foto des Objekts:



Standort: Eichgestell 161, 12459 Berlin

Nutzung: Jugendclub, Vereinsräume, Sanitäreinrichtungen für umliegende Sportplätze

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude, zwei- bzw. dreigeschossig, beheizt

Bruttogrundfläche: 2227 m²

Baujahr: 1951

Sanierung Gebäudehülle: 2007 der Fenster des Sanitärtraktes (EG des zweigeschossigen Gebäudeteils), weitere Maßnahmen nicht bekannt

Sanierung haustechnische Anlage.: ca. 1993 Sanierung Heizungsanlage einschl. WW-Speicher, Erneuerung Heizungsumwälzpumpe ca. 2003 und der Zirkulationspumpe 2008, 2007/2008 Einbau einer Lüftungsanlage in den Umkleide- und Sanitärräumen im UG, 2007/2008 Sanierung der Sanitäreinrichtungen einschließlich Einbau einer bedarfsgeregelten Ablaufanlage im EG und 1. OG

Heizenergieerzeugung: Fernwärmeübergabestation

Warmwasserbereitung: Indirekt beheiztes Speicherladesystem, WW-Zirkulation

Lüftung: Freie Lüftung sowie Abluftventilatorenbetrieb in Sanitärbereichen im EG und 1.OG, Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft in den Sanitärbereichen im UG

Angaben zum Leerstand: Kein Leerstand

Bestandsunterlagen: Aktuelle Grundrisse

Datum Objektbegehung: 22.05.2014

2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

2.2.1 Wärme

Das Sportgebäude ist ein Fernwärme-Unterabnehmer der benachbarten kleinen Schwimmhalle an der Wuhlheide. Mit Ausnahme einiger nur geringfügig beheizter Kellerräume werden alle Räume des Gebäudes normal beheizt. Die für die Sanitäranlagen und Küche benötigte Warmwasserbereitung erfolgt zentral mittels eines indirekt über das Heizungswasser beheizten Trinkwarmwasserspeichers. Im folgenden Diagramm ist der Wärmeverbrauch des Gebäudes in den Jahren 2011 bis 2013 angegeben.

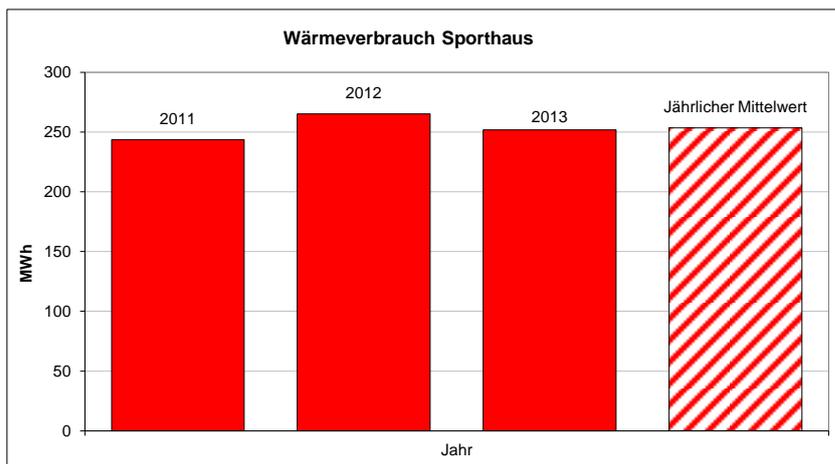


Abbildung 1: Fernwärmeverbrauch des Fuhrparks in den Jahren 2011-2013

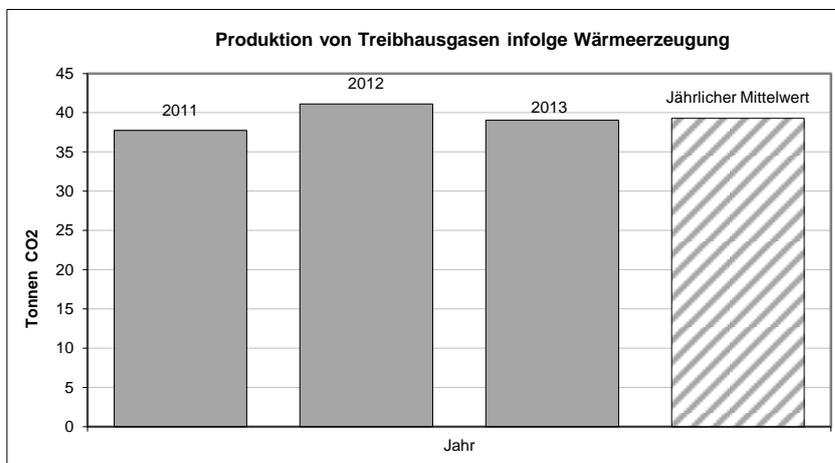


Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂) infolge Fernwärmeverbrauch¹

¹ Laut Gutachten von 2012 beträgt die CO₂-Belastung je MWh gelieferter Fernwärme von BTB 48,746 kg/MWh.

2.2.2 Strom

Für die Jahre 2011 bis 2013 wurden die nachstehend dargestellten Stromverbräuche vom Platzwart notiert. Diese beinhalten auch Anteile für stromintensive Prozesse wie Pressluft, Schweißen sowie Kärchern. Abbildung 4 zeigt die infolge der Stromherstellung produzierten Treibhausgasemissionen.

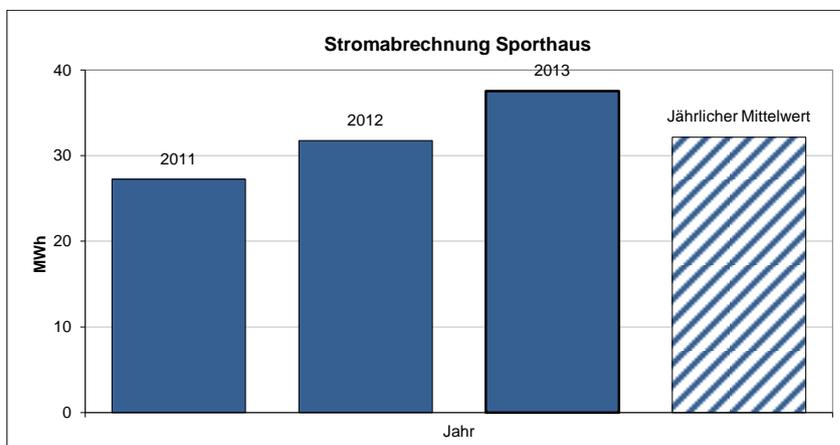


Abbildung 3: Stromverbrauch des Fuhrparks in den Jahren 2011-2013

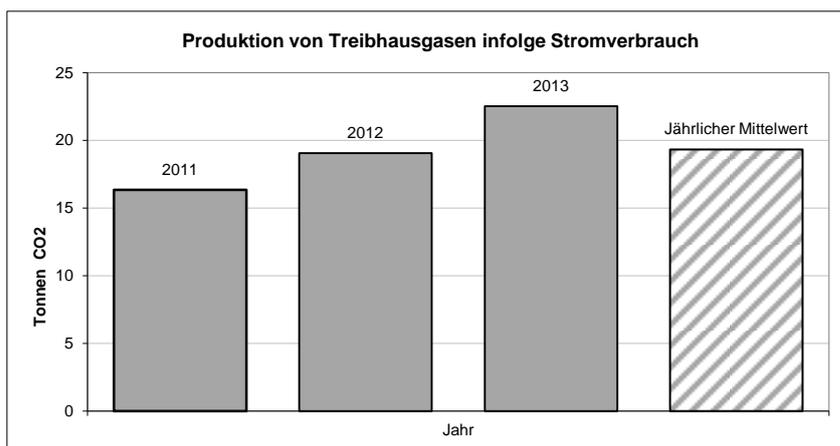


Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent) infolge Stromverbrauch²

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 Für den Vergleich mit dem Sportgebäude in der

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.

Wuhlheide wurde die ages-Gebäudekategorie Vereinsgebäude verwendet. Abweichungen in der Nutzung zwischen der Vergleichskategorie und dem untersuchten Gebäude sind denkbar, insbesondere da das Sportplatzgebäude gemischt genutzt wird. Als Anhaltswert für die energetische Qualität kann der Vergleich dennoch herangezogen werden. In der folgenden Tabelle sind die vorhandenen Verbrauchswerte den entsprechenden Vergleichswerten dieser Gebäudekategorie gegenübergestellt. Abbildung 5 verdeutlicht die Relationen grafisch.

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

		ages - Arithm. Mittel	ages - Arithm. Mittel des besten Viertels
Heizenergieverbrauch - kWh/(m ² BGFa)*	123,8	127,0	49,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² BGFa)*	19,2	19,7	7,6
Stromverbrauch - kWh/(m ² BGFa)	14,5	12,0	4,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² BGFa)	8,7	7,2	2,4

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

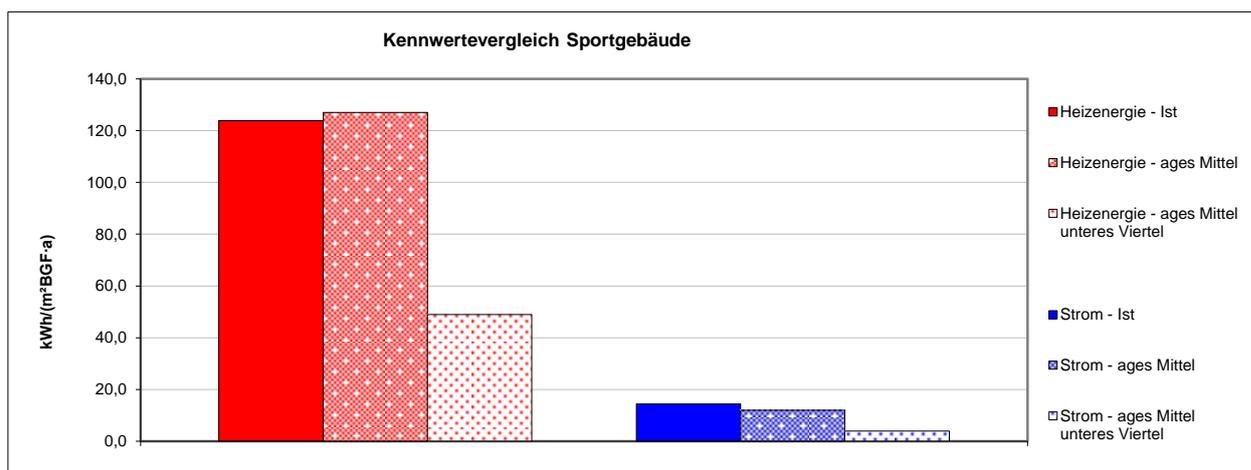


Abbildung 5: Kennwertevergleich

Das Gebäude verbraucht etwa so viel Wärmeenergie wie die gewählte Vergleichsgruppe des deutschen Vereinsgebäudebestands im Mittel und mehr als doppelt so viel wie das beste Viertel. Ursächlich hierfür sind die nur teilweise energetisch ertüchtigte Gebäudehülle und das tendenziell ungünstige Hüllflächen-Volumen-Verhältnis des Gebäudes. Beim Vergleich ist aber zu berücksichtigen, dass etwa ein Viertel des Wärmeverbrauchs des Gebäudes bei der Warmwasserbereitung entsteht und die verwendete Vergleichsgruppe von Vereinsgebäuden möglicherweise insgesamt einen geringeren Warmwasserverbrauch aufweist. Insgesamt wird deutlich, dass für das Gebäude ein erhebliches Wärmeenergieeinsparpotential besteht. Auch im Hinblick auf den Stromverbrauch zeigt sich ein deutliches Einsparpotential.

3. Gebäudebewertung

3.1 Fotodokumentation



Nord-West-Ansicht (Gebäuderückseite)



Östliche Ecke des Gebäude



Süd-Östliche Gebäudeseite mit Eingang



Südliche Gebäudeansicht mit Dachterrasse



Rostender und verrottender Sturz und Dachüberstand unter Dachterrasse



Rostender und verrottender Sturz und Dachüberstand unter Dachterrasse



Jugendclubraum unter Dachterrasse mit Feuchteschäden



Jugendclubraum unter Dachterrasse mit Feuchteschäden



Dachterrassenaufsicht



Mehrzweckraum im 1.OG mit Belüftungsgittern in Kriechboden



Gebäuderückseite mit Lüftungsgitter zum Kriechboden



Beispiel für Kastenfenster im EG und OG höheren Gebäudeteils



Neue Wärmeschutzverglasung im EG des Sanitärtraktes



Feuchtegeführter Abluftventilator im Sanitärtrakt im EG



Kompaktlüftungsgerät Systemair Topvex im UG



Außenrohre der Lüftungsanlage im UG



Heizungsanlage im Keller der benachbarten Schwimmhalle



Heizungsumwälz- und Warmwasserbereitungspumpen



Warmwasserspeicher im UG des Gebäudes



Sich öffnender Dämmmantel des Speichers

3.2 Vorbemerkungen und Hinweise

Das Dach, auf dem die Zuschauerterrasse des Gebäudes mit Blick auf den Sportplatz angeordnet ist, ist undicht und dringend sanierungsbedürftig. Mehrere technische Begehungen haben bereits stattgefunden und kleinere Ausbesserungsmaßnahmen wurden vorgenommen, aber das Problem ist bisher nicht beseitigt worden. Werden keine Maßnahmen ergriffen, wird sich die weitere Durchfeuchtung des Dachs ungünstig auf seine Standsicherheit auswirken. Zudem besteht in den Räumen unter dem Dach die Gefahr von Schimmelbildung.

3.3 Gebäudehülle

3.3.1 Vorbemerkung

Beim untersuchten Sportgebäude in der Wuhlheide handelt es sich um ein 1951 errichtetes Gebäude in Massivbauweise. Für das Gebäude liegen neben Grundrissen keine weiteren Bauunterlagen vor. Entsprechend den Vorschriften des Merkblatts zur Erstellung von Klimaschutzteilkonzepten des BMU [2] wurden die Bauteildaten daher überschläglich anhand von Bauteiltypologien erhoben. Als Datengrundlage wurden dabei die Datenaufnahmeregeln des BMVBS für Nichtwohngebäude [1] verwendet.

3.3.2 Bodenplatte des Untergeschosses

Für den an das Erdreich grenzenden des Untergeschosses ist nach [1] von einem U-Wert der $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auszugehen. Das Wärmeschutzniveau der Bodenplatte ist demnach deutlich schlechter als das nach aktuellen Anforderungen.

3.3.3 Wände gegen Erdreich

Für die massiven Wände gegen Erdreich ist gemäß [1] ein U-Wert von $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen. Die Wärmeschutzqualität der Wände entspricht damit nicht den aktuellen Anforderungen.

3.3.4 Wände gegen nicht beheizte Räume

Das Gebäude verfügt über eine Mauerwerkswand gegen einen nach Aussage des Platzwirts nur sehr geringfügig beheizten Lagerraum. Ihr U-Wert ist ebenfalls mit $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen. Die Wärmeschutzqualität der Wände entspricht damit nicht den aktuellen Anforderungen.

3.3.5 Decke gegen nicht beheizte Räume

Die Kellerräume des Anbaus werden nur sehr geringfügig beheizt. Für die massive Kellerdecke ist nach [1] ein U-Wert von $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen.

3.3.6 Außenwände

Bei den Außenwänden handelt es sich um verputztes Ziegelmauerwerk. Gemäß [1] ist für diese Wände ein U-Wert von $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen. Die Wärmeschutzqualität der Außenwände ist damit deutlich schlechter als der derzeitige Anspruch an die Wärmeschutzeigenschaften von Wänden.

Die Fassade des Gebäudes ist insgesamt überarbeitungsbedürftig. Stellenweise fehlt der Putz, insbesondere an der Gebäuderückseite und im Bereich der Terrasse. Außerdem benötigt sie einen neuen Anstrich, da die Farbe abblättert.

3.3.7 Fenster

Im Sportgebäude sind im Wesentlichen vier verschiedene Fenstertypen vorhanden. Im dreistöckigen Gebäudeteil finden sich im EG und OG Kastenfenster, die insgesamt intakt sind, deren Zustand jedoch teilweise außenseitig überarbeitungsbedürftig ist und deren Verglasungen bei drei rückseitigen Fenstern ausgetauscht werden sollten. Über Zugscheinungen wird seitens der Nutzer nicht geklagt. Der U-Wert der Kastenfenster wird nach [1] auf $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ abgeschätzt.

Die Kellerfenster dieses Gebäudeteils sind Isolierverglasungen mit Holzrahmen, deren Einbaujahr nicht bekannt ist, da sie keinen Randaufdruck aufweisen. Aufgrund ihres Erscheinungsbildes ist jedoch davon auszugehen, dass sie vor 1995 eingebaut wurden. Ihr U-Wert kann nach [1] ebenfalls mit $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ abgeschätzt werden.

Auf der Vorderseite des dreistöckigen Gebäudeteils befinden sich im OG zur Terrasse hin große Glaselemente mit Isolierverglasung, deren Einbaudatum ebenfalls nicht bekannt ist. Ihr U-Wert wird wie der der Kellerfenster auf $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ abgeschätzt.

Im zweigeschossigen Gebäudeteil finden sich im Erdgeschoss neue Wärmeschutzverglasungen mit Holzrahmen aus dem Jahr 2007. Ihr U-Wert wird nach [1] auf $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ abgeschätzt.

Im Untergeschoss dieses Gebäudeteils sind alte Einfachverglasungen vorhanden, deren U-Wert auf $5,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ abgeschätzt werden kann. Auch das Fenster des Abstellraums unter der Außentreppe zur Terrasse ist einfachverglast. Unter der Terrassentreppe auf der anderen Seite befindet sich ein Fenster aus Glasbausteinen.

3.3.8 Außentüren

Bei den Außentüren handelt es sich um Stahltüren und Holztüren mit Glaselementen. Ihr U-Wert wird nach [1] pauschal mit $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ abgeschätzt. Die Verglasung ist in großen Teilen übermalt und die Türen in der Wand unter der Dachterrasse sind dringend überarbeitungsbedürftig. Ihre Holzrahmen sind infolge des Wasserdurchtritts durch den undichten Terrassenboden bereits stark beschädigt.

3.3.9 Dachflächen

Der zweigeschossige Gebäudeteil wird von einem Flachdach nach oben abgeschlossen, wobei davon ausgegangen wird, dass es sich um eine massive Konstruktion handelt. Die bituminöse Dachabdichtung scheint intakt zu sein. Der Sanierungszeitpunkt ist nicht bekannt, wird jedoch auf Anfang bis Mitte der 90er Jahre geschätzt. Damit besitzt das Dach bereits eine Wärmedämmung und sein U-Wert wird nach [1] auf $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ geschätzt und entspricht damit zwar nicht den aktuellen Anforderungen, ist jedoch bereits als günstig einzustufen.

Der dreigeschossige Gebäudeteil besitzt ein geringfügig geneigtes Dach, das jedoch nicht einsehbar ist. Die Dachaufsicht in google earth lässt vermuten, dass es zum gleichen Zeitpunkt saniert wurde wie die andere Dachfläche. Ein Teil des Daches überspannt den großen Mehrzweckraum im OG ohne Zwischenstützung. In der Unterseite der abgehängten Decke über dem Mehrzweckraum sind Lüftungsgitter zur Belüftung des Dachraums vorhanden. Außenseitig ist knapp unter dem Dach an beiden Längswänden ebenfalls je eine Belüftungsöffnung vorhanden. Es ist davon auszugehen, dass es sich bei diesem Dach bauzeitlich um ein belüftetes Dach handelte, auch wenn die äußeren Belüftungsöffnungen recht klein erscheinen. Die tragende Konstruktion wird vermutlich aus Stahlfachwerkträgern gebildet, die bei geringer Aufbauhöhe die notwendige Spannweite besitzen. Es wird vermutet, dass das belüftete Kaltdach im Rahmen einer Dachsanierung in ein unbelüftetes Warmdach umgewandelt wurde und dabei die Lüftungsöffnungen nur nicht entfernt wurden. Vor einer weiteren Sanierung ist dies zunächst abzuklären und dann anhand der vorhandenen Gegebenheiten die beste Sanierungsvariante zu entwickeln. Unterlagen aus dem Bauarchiv, die eine weitere Beurteilung der Konstruktion ermöglichen würden, liegen nicht vor. Aufgrund des vermutlich gleichen Sanierungszeitraums wie beim Nachbardach wird ebenfalls ein U-Wert von $0,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt.

Als dritte Dachfläche ist der Terrassenboden vorhanden, der die darunter liegenden Räume des Jugendclubs nach oben abschließt. Hierbei handelt es sich um eine massive Konstruktion, deren Abdichtungssystem nicht ersichtlich ist. Vermutlich handelte es sich um einen bituminösen Anstrich unter einer Nutzschiene. Ganz offensichtlich besitzt der Terrassenboden bereits seit längerem keine ausreichende abdichtende Wirkung mehr. Die Decken der darunter liegende Bereiche sind durchfeuchtet, tragende Stahlbauteile korrodieren und es gibt umfangreiche Feuchteflecken. Hier bestehen Risiken für die Standsicherheit der Decke und Türstürze sowie die Gesundheit der Nutzer. Es ist nicht ersichtlich, dass die Decke nachträglich gedämmt wurde. Daher wird ihr U-Wert nach [1] entsprechend der Bauzeit mit $2,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ abgeschätzt. Bei akuter Durchfeuchtung dürfte er sogar noch ungünstiger liegen.

3.3.10 Gesamteinschätzung der Gebäudehülle

Kein Außenbauteil erfüllt die Anforderungen, die nach der aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV 2014 an zu sanierende Bauteile eines Nichtwohngebäudes gestellt werden.⁴ Die 2007 eingebauten Fenster erfüllen die Anforderungen jedoch nahezu. Insgesamt ist die wärmetechnische Qualität der Gebäudehülle im derzeitigen Zustand nicht ausreichend. Es besteht daher ein erhebliches Energieeinsparungspotential. Viel Wärme geht aufgrund der großen Flächenanteile über die massiven Außenwände und den oberen Gebäudeabschluss verloren. Es sind keine besonderen konstruktions- oder materialbedingten Wärmebrücken hervorzuheben, so dass Wärmebrücken rechnerisch über einen U-Wert-Zuschlag von $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ berücksichtigt werden.

3.4 Haustechnische Anlagen

3.4.1 Bestandsaufnahme

Die Heizwärmeversorgung des Sportgebäudes erfolgt mittels Fernwärme. Die Fernwärmestation ist im Keller des angrenzenden Schwimmbadgebäudes untergebracht und versorgt neben dem Sportgebäude die Schwimmhalle und weitere Gebäude. Die Anlage stammt aus dem Jahr 1993. Auch die Warmwasserbereitung für die Sanitärbereiche und die Küche erfolgt mittels Fernwärme. Hierfür steht ein Warmwasserspeicher vom Typ Buderus TBS Isocal zur Verfügung, dessen Volumen auf 500 l geschätzt wird und der vermutlich ebenfalls aus dem Jahr 1993 stammt. Der Dämmmantel des Speichers ist geöffnet und sollte kurzfristig geschlossen werden, um weitere Wärmeverluste zu vermeiden. Sowohl Heizungsumwälz- als auch Speicherladepumpe sind elektronisch geregelte Pumpen der Firma Magna, wobei die Speicherladepumpe aus der Anlagenbauzeit stammt und die Heizungspumpe aus dem Jahr 2003. Bei der Warmwasserzirkulationspumpe handelt es sich um ein Modell der Firma WILO aus dem Jahr 2008. Ob ein hydraulischer Abgleich der Anlage vorgenommen wurde, ist nicht bekannt.

Die Wärmeverteilungen sind mit Ausnahme kurzer Teilstrecken gedämmt. Die Dämmung befindet sich in einem guten Zustand.

Die Wärmeübergabe an die Räume erfolgt durch an den Außen- und Innenwänden angeordnete Gliederheizkörper mit Thermostatventilen. In den Sanitär- und Umkleieräumen im UG wird ein Teil der Wärmelast durch die Lüftungsanlage gedeckt. Weder die Betriebszeit der Lüftungsanlage, der Betriebsvolumenstrom noch ihr Deckungsanteil an der Wärmelast konnten vor Ort erhoben werden. Eine Planungsunterlage liegt nicht vor.

Bei der Lüftungsanlage im UG handelt es sich um ein Kompaktlüftungsgerät der Firma Systemair vom Typ Topvex 1000/1500/2000 R mit Wärmerückgewinnung aus dem Jahr 2008. Die beiden Duschräume in erdgeschossigen Sanitärflügel verfügen je über einen feuchtegeführten Abluftventilator, ebenfalls aus dem Jahr 2008. Darüber hinaus verfügen die Jugendclub-Räume unter der Zuschauerterrasse ebenfalls über Abluftventilatoren, die jedoch außer Betrieb genommen sind.

Die Beleuchtung des Gebäudes erfolgt im Wesentlichen direkt mittels stabförmigen Leuchtstofflampen unterschiedlichen Alters. Dementsprechend finden sich in den Lampen Vorschaltgeräte unterschiedlicher Effizienz. Regelungseinrichtungen sind nicht vorhanden.

3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen

Da die für die Heizwärmeerzeugung verwendete Fernwärme der Firma Vattenfall zu über 90% aus Kraft-Wärme-Kopplung gewonnen wird, handelt es sich um einen primärenergetisch sehr günstigen

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

Energieträger, der vom Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) auf eine Stufe mit erneuerbaren Energien gestellt wird. Ein Wechsel des Energieträgers ist somit nicht angezeigt.

Die Anlagenkomponenten verfügen über einen altersentsprechenden technischen Standard. Eine Sanierung ist nur im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen durchzuführen.

Die Belüftungsanlagen verfügen aufgrund ihrer Bedarfssteuerung bzw. Wärmerückgewinnung über eine gute Energieeffizienz. Eine Sanierung ist nur im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen durchzuführen.

Die Beleuchtungsanlage des Gebäudes ist wie beschrieben teilsaniert. Weitere Modernisierungsmaßnahmen sind daher empfehlenswert.

3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich

Die energetische Bilanzierung von Gebäuden im Rahmen der Erstellung von Klimaschutz-Teilkonzepten erfolgt gemäß Merkblatt des BMU [2] prinzipiell vereinfacht nach DIN 4108-6 in Verbindung mit DIN 4701-10. Die Bilanzierung erfolgte für den Standort Berlin (Klimareferenzort Potsdam). Die Lüftungsanlage im Untergeschoss konnte im Rahmen der energetischen Berechnungen nicht berücksichtigt werden, da wesentliche Anlagendaten nicht vorliegen. Die Energiebilanz ist daher auch vor diesem Hintergrund als Abschätzung der realen Energieflüsse zu verstehen. In der folgenden Tabelle sind wesentliche Bilanzierungsparameter aufgeführt.

Tabelle 2: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung

Gebäudeparameter	Eingabegröße
Klimareferenzort	Potsdam
Raumtemperatur	17°C (wegen nicht durchgehender Nutzung aller Räume)
Luftwechselrate	0,7/h (Standardansatz für Gebäude ohne Luftdichtheitsprüfung)
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	5 W/m ² (als Standardwert, genauere Prozessdaten nicht bekannt)
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m ² K)
Heizungsanlage	Fernwärmeübergabestation
Warmwasserbedarf	22 kWh/(m ² a) ⁵

Die Lüftungsanlage im UG wurde bei der energetischen Berechnung nicht berücksichtigt, da keine Angaben zum Umfang ihrer Nutzung vorliegen. Der für ihren Betrieb erforderliche Strombedarf wird somit genauso wenig erfasst wie der günstige Effekt der Wärmerückgewinnung auf den Heizwärmebedarf. Insgesamt ist jedoch im Vergleich zur übrigen Anlagentechnik von einer untergeordneten Nutzung auszugehen, so dass der durch Nichtberücksichtigung der Anlage auftretende Fehler in der Energiebilanz tolerierbar ist.

Zur Validierung bzw. Kalibrierung der Eingabewerte wurde ein Bedarfs-/Verbrauchsabgleich durchgeführt. In der folgenden Tabelle sind der berechnete Wärmeenergiebedarf sowie der abgerechnete Wärmeverbrauchswert nach Witterungskorrektur aufgeführt. Sie zeigen eine gute Übereinstimmung

⁵ Ansatz abgeleitet aus den real gemessenen Verbrauchsdaten.

(Abweichung < 10%), so dass davon auszugehen ist, dass die Energiebedarfsberechnung den energetischen Zustand gut abbildet.

Tabelle 3: Ergebnis des Bedarfs-/Verbrauchsabgleichs⁶

Berechneter Endenergiebedarf Fernwärme MWh/a	274,7
Witterungskorr. mittlerer Fernwärmeverbrauch MWh/a	275,8

3.6 Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes

Für den beschriebenen Ist-Zustand der Gebäudehülle und der technischen Anlagen des Sportgebäudes berechnet sich die nachfolgende Energiebilanz. Abbildung 6 zeigt anhand der Energiebilanz des Gebäudes anschaulich, welchen Anteil die einzelnen Bauteilgruppen am Gesamtwärmeverlust haben und welche Wärmegewinne und –zufuhr diesen gegenüber stehen. Abbildung 7 fasst diese Angaben zusammen und ergänzt sie um die für die Wärmeerzeugung auftretenden Primärenergieverluste.

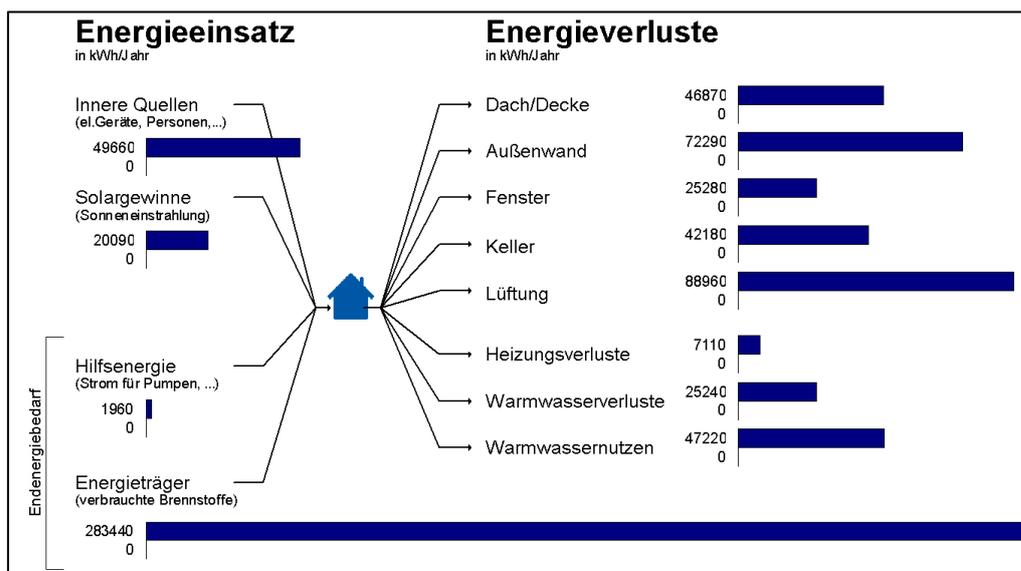


Abbildung 6: Annäherung für Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Sportgebäudes

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

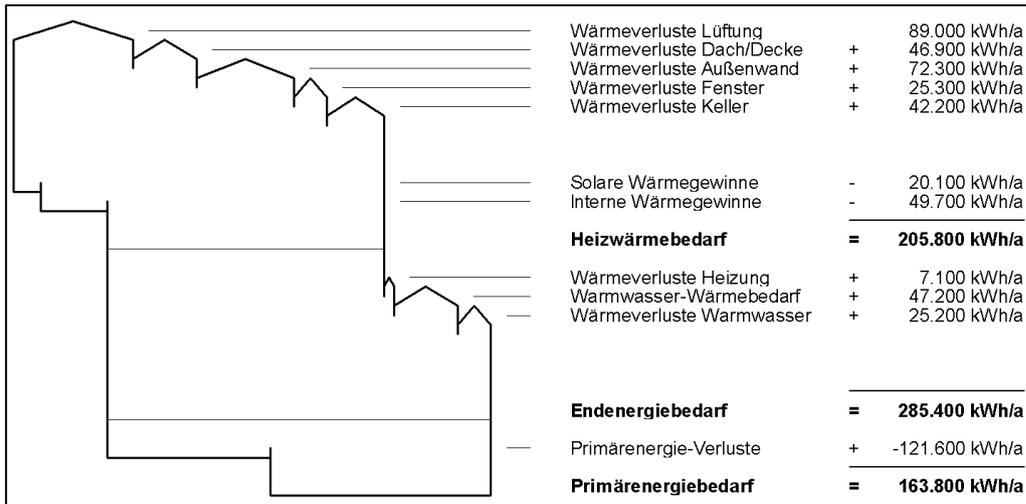


Abbildung 7: Annäherung für die Energiebilanz für den Ist-Zustand des Sportgebäudes

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.⁷ Alle drei verglichenen Werte beziehen sich auf die rechnerische Energiebezugsfläche des Gebäudes.

⁷ Die Bewertungsskala ist in der verwendeten Software Hottgenroth Energieberater 18599 implementiert und wurde in Anlehnung an die Bewertungsskala für Energieausweise nach EnEV entwickelt. Da die energetische Bilanzierung entsprechend den Empfehlungen in den Anforderungen an die Erstellung von Klimaschutz-Teilkonzepten [2] nach DIN 4108-6 in Verbindung mit DIN 4701-10 erfolgte, die nach EnEV 2009/2014 nur noch zur Bilanzierung von Wohngebäuden herangezogen werden dürfen, bezieht sich die Farbenskala auf Wohngebäude. Die Einstufung ist gleichwohl aussagekräftig, da sich die Referenz Ausführungen 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.

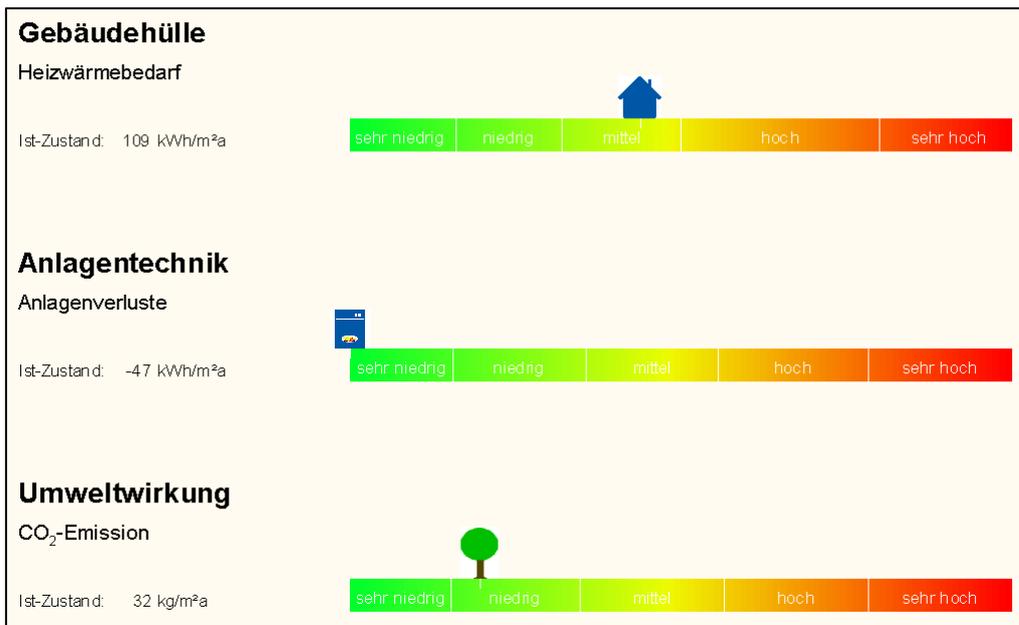


Abbildung 8: Beurteilung des Ist-Zustandes des Sportgebäudes (bei Standardtemperatur von 19°C)

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

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 integrierbar sind. Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung wird dabei im Sinne des Erneuerbare Energien Wärmegesetzes [10] als Ersatzmaßnahme für erneuerbare Energien angesehen.

4.2 Sanierung der Gebäudehülle

4.2.1 Bodenplatte

Über die Bodenplatte geht aufgrund ihres Angrenzens an das Erdreich nur ein relativ geringer Wärmeanteil verloren. Dennoch wäre es energetisch günstig, sie oberseitig mit einer druckfesten Dämmung zu versehen. Es ist zu beachten, dass diese Maßnahme mit vorübergehenden Nutzungseinschränkungen und ggf. erforderlichen Anpassungsmaßnahmen einhergeht. Mit einer 4 cm dicken oberseitigen Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 könnte der wärmetechnische Standard der Bodenplatte entsprechend den aktuellen Anforderungen der EnEV ($U=0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$) aufgerüstet werden. Eine Sanierung auf KfW-Standard mit einem U-Wert von $0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ würde eine etwa 12 cm dicke Dämmung gleicher Wärmeleitfähigkeit erfordern. In beiden Fällen wären oberhalb der Dämmung eine Dampfsperre sowie ein lastverteilende Schicht, z.B. Nassestrich, aufzubringen. In Abhängigkeit der zukünftigen Nutzung ist zu prüfen, ob nach Einbau der zusätzlichen Fußbodenschichten eine der Nutzung angemessene lichte Raumhöhe verbleibt. Da die Sanitäräume im Keller erst vor relativ kurzer Zeit saniert wurden, wird eine Dämmung der Bodenplatte derzeit nicht empfohlen.

→ **Sanierung derzeit nicht empfohlen**

4.2.2 Wände gegen Erdreich

Eine Sanierung der erdberührenden Wände wird aufgrund des nur geringen Einsparpotentials bei gleichzeitig hohen Kosten nicht empfohlen.

→ **Sanierung nicht empfohlen**

4.2.3 Wände gegen nicht beheizte Kellerräume

Aufgrund ihrer anteilig sehr geringen Fläche und ihres Angrenzens an unbeheizte Räume (statt an Außenluft) geht über die Innenwände nur ein sehr geringer Wärmeanteil verloren. Da die betroffenen Kellerräume ebenfalls nicht voll beheizt werden, kann auf eine Dämmung der betroffenen Wand verzichtet werden.

→ **Sanierung nicht empfohlen**

4.2.4 Decke über nicht beheizten Kellerräumen

Über die ungedämmte Kellerdecke (Fußboden des Erdgeschosses des Anbaus über 3 Lagerräumen) zu sehr niedrig beheizten Kellerräumen geht nur ein relativ geringer Anteil an Heizenergie verloren. Da die Kellerdecke jedoch relativ kostengünstig unterseitig gedämmt werden kann, wird empfohlen, eine entsprechende Sanierungsmaßnahme vorzunehmen. Mit einer mindestens 10 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird für die Kellerdecke der aktuell erforderliche wärmetechnische Standard nach EnEV ($U = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$) und mit einer 12 cm dicken Dämmung gleicher WLG der KfW-Standard ($U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$) erreicht.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.5 Außenwände

Die Außenwandelemente sind entsprechend ihrer großen Fläche für einen großen Teil der Wärmeverluste durch die Gebäudehülle verantwortlich. Zur Sanierung wird empfohlen, ein außenseitiges Wärmedämmverbundsystem auszuführen. Bereits mit einer 15 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird die über die gesetzliche Anforderung der EnEV hinausgehende erhöhte Anforderung der KfW ($U = 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) erreicht.⁸ Vor der Durchführung der Sanierungsmaßnahme sind die bestehenden Fassadenschäden zunächst zu beseitigen.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.6 Fenster

Es wird der Austausch aller alten Kasten- und Isolierfenster sowie Einfachverglasungen 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. Für die Einhaltung der EnEV 2014 ist eine 2-fach-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert kleiner oder gleich $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ausreichend.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.7 Außentüren

Aufgrund ihrer anteilig relativ geringen Fläche geht über die Außentüren nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Da die U-Werte der vorhandenen Türen jedoch relativ hoch eingeschätzt werden, wird ihr Ersatz im Rahmen der übrigen Sanierungsmaßnahmen empfohlen. Zur Einhaltung der KfW-Anforderungen ist ein U-Wert von $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erforderlich.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.8 Dachflächen und Terrassenboden

Aufgrund der anzunehmenden vorhandenen Dachdämmung geht über die Dachflächen ein relativ geringer Wärmeanteil verloren. Dieser kann durch zusätzliche Dämmung auf den von der KfW geforderten U-Wert von $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ weiter reduziert werden. Hierfür wäre zusätzlich eine ca. 17 cm dicke Wärmedämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 erforderlich.

Weiterhin sollte in Verbindung mit einer baulichen Sanierung auch der Terrassenboden gedämmt werden. Der genaue Aufbau und die Qualität der Dämmung ist mit der baulichen Sanierungsmaßnahme abzustimmen. Zur Erfüllung der KfW-Anforderung wäre eine 24 cm dicke Dämmung der WLG 035 erforderlich.

→ **Sanierung empfohlen**

4.3 Sanierung der technischen Anlagen

4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage, Lüftungsanlage

Eine Sanierung der Heizungsanlage in energetischer Hinsicht ist derzeit nicht erforderlich. Bei der Planung von Erneuerungsinvestitionen sind die Anforderungen der dann gültigen Energieeinspar-

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

verordnung zu beachten. Es sollten auch die technischen Mindestanforderungen der KfW berücksichtigt werden, um der übergeordneten Zielsetzung des Niedrigstenergieverbrauchs Rechnung zu tragen.

Der aufklaffende Dämmmantel des Speichers ist kurzfristig zu schließen, um weitere Wärmeverluste zu vermeiden.

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

Die Lüftungsanlage in den Sanitärräumen des Untergeschosses sowie die Abluftventilatoren in den Sanitärräumen des Erdgeschosses bedürfen ebenfalls keiner Sanierung.

Es ist zu überprüfen, ob die Abluftventilatoren in der Außenwand unter der Zuschauerterrasse weiterhin benötigt werden oder ob der notwendige Luftwechsel auch über eine Fensterlüftung erzielt werden kann. Ist dies der Fall sollten die Ventilatoren ausgebaut und die Öffnungen luftdicht und gedämmt verschlossen werden. Sollte weiterhin Bedarf an einer Lüftungsanlage bestehen, so ist zu überprüfen, ob die bestehenden Anforderungen nicht besser von einer dezentralen Lüftungsanlage (mit Zu- und Abluft) mit Wärmerückgewinnung erfüllt werden können.

→ **Sanierung teilweise empfohlen**

4.3.2 Beleuchtung

Es wird empfohlen die Modernisierung der Beleuchtung im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen fortzusetzen und alte Leuchten gegen moderne Spiegelrasterleuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) oder Beleuchtungskörpern mit LED-Technik auszutauschen.

→ **Sanierung empfohlen**

4.3.3 Energieträger

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

Die Dachflächen des Gebäudes könnte für die Aufstellung von PV-Anlagen genutzt werden. Es ist generell von einer Amortisation der Anlage innerhalb von etwa 10 Jahren auszugehen.

4.4 Schätzung der Investitionskosten

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

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

In der anschließenden Tabelle 5 werden die aktuell empfehlenswerten investiven Einzelmaßnahmen zu sinnvollen Maßnahmepaketen zusammengefügt. Diese Sanierungsvarianten werden in Kapitel 4.6 wirtschaftlich und im Hinblick auf ihr Energieeinsparpotential bewertet. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass in den Kapiteln 4.2 und 4.3 weitere Sanierungsmaßnahmen beschrieben sind, die entweder aus unterschiedlichen Gründen ohnehin erforderlich sind bzw. erst im Zusammenhang mit Erneuerungsinvestitionen ausgeführt werden sollten.

Tabelle 4: Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle

Sanierungsmaßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)			
Unterseitige Dämmung der Kellerdecke (bereichsweise)	Dämmung der der Kellerdecke von unten mit einer 12 cm Dämmung der WLG 035 inkl.	Einzelpreis:	49 €/m ²		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montage der Dämmschicht (Kleben/Dübeln) ▪ Anpassung der Dämmschicht an TGA-Installation/Rohrleitungen ▪ Beschichtung der Dämmung z.B. durch Armierung und Anstrich o. Ä. 	Fläche:	160 m ²		
		Gesamtpreis:	7.840 €		
		U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,25 W/(m²K)			
Dämmung der Außenwände (WDVS)	Aufbringen eines WDVS mit 15 cm Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebearbeiten:	Einzelpreis:	104 €/m ²		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontrolle und Vorbereitung des Untergrunds ▪ Montage des Dämmmaterials mit allem Systemzubehör ▪ alle Anschlussarbeiten an Fenster-/Türöffnungen, Vorsprünge, Gebäudekanten ▪ Wandbekleidung oder Oberputz ▪ De-/Remontage von Regenfallrohren, Blitzableitern, etc. im Zusammenhang mit der Dämmmaßnahme ▪ notwendige Bauleistungen wie die Vergrößerung von Dachüberständen oder die Verbreiterung von Fensterbänken 	Fläche:	580 m ²		
		Gesamtpreis:	60.030 €		
		Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da die Fassade ohnehin zu überarbeiten ist			
		U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,2 W/(m²K)			
		Austausch alter Fenster	Demontage und Entsorgung der alten Fenster, Einbau neuer Fenster		
			Sowieso anfallende Kosten für Holzfenstersanierung (Abschleifen, Anstrich, Ausbesserung, Dichtung, Wartung Beschläge), falls kein Fensteraustausch erfolgt	Einzelpreis:	100 €/Stk
Einbau neuer 3-Scheiben-Wärmeschutz-verglasungen mit Holzrahmen, U ≤ 0,95 W/(m²K)	Einzelpreis** abzgl. Sowieso-K.:		1.116 €/Stk		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Fenster ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Anzahl:*		45 Stk		
	Gesamtpreis:	50.216 €			
<p>* Hierbei handelt es sich um eine rechnerische Größe, die sich aus der Gesamfensterfläche geteilt durch die Fläche des der Kalkulation zugrunde gelegten häufigsten Fenstertyps ergibt.</p> <p>** Der Einzelpreis berechnet sich aus der Kostenfunktion für 3-fach-Verglasung mit einem mittleren U-Wert von 1,1 W/(m²K). Da dieser etwas größer ist als der Zielwert für die 3-fach-Verglasung kann sich ggf. ein etwas höherer Einzelpreis ergeben.</p>					

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 ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Türelemente einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Anzahl:	8	Stk
		Gesamtpreis:	30.080	€
U-Wert des sanierten Bauteils: U = 1,3 W/(m²K)				
Dämmung der Dachflächen	Dachdämmung (17 cm WLG 035) und Erneuerung der Dachhaut	Einzelpreis:	92	€/m²
		Anzahl:	610	m²
	Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da im Zuge der Dämmung der Fassade sowieso ein Gerüst aufzustellen ist	Gesamtpreis:	56.303	€
U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,14 W/(m²K)				
Dämmung der Zuschauerterrasse	Oberseitige druckfeste Dämmung, 24 cm WLG 035	Einzelpreis:	63	€/m²
	(Übrige erforderliche Maßnahmen sind sowieso erforderliche Sanierungsschritte)	Anzahl:	195	m²
		Gesamtpreis:	12.324	€
U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,14 W/(m²K)				

Tabelle 5: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten

	Sanierungsmaßnahmen	Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Variante 1	Austausch der alten Fenster durch Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	Fenster:	50.216 €
	Austausch der alten Außentüren	Türen:	30.080 €
	Unterseitige Dämmung der Kellerdecke (bereichsweise)	Kellerdecke:	7.840
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen, hydraul. Abgleich	Anlagen:	-
			80.296 €
Variante 2	wie Variante 1	Variante 1:	80.296 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände	WDVS:	60.030 €
			140.326 €
Variante 3	wie Variante 2	Variante 2:	140.326 €
	zusätzlich Dämmung der Dachflächen (einschl. Terrasse)	Dach:	68.627 €
			208.953 €

4.5 Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen

Neben technischen Maßnahmen, die häufig mit erheblichen Investitionskosten einhergehen, können nutzerbezogene Maßnahmen in Nichtwohngebäuden zu einer deutlichen Energieeinsparung führen. Zur Reduzierung des Heizenergieverbrauchs führen insbesondere korrektes Lüften (mehrmaliges kurzes Stoßlüften statt dauerhafter Kippstellung der Fenster, Abdrehen der Heizkörper beim Stoßlüften) und das geringfügige Absenken der Raumtemperatur um ein Grad. Eine Reduktion der Warmwasserbereitungsenergie erfolgt wirkungsvoll durch das Ergänzen von Durchflussbegrenzer bzw. den Einbau von wassersparenden Armaturen. Zur Reduzierung des Stromverbrauchs empfiehlt sich ein sogenanntes power management für die Computer (z.B. automatische Aktivierung standby/Ruhezustand, Verzicht auf Bildschirmschoner), die Einführung von abschaltbaren Steckerleisten zur Trennung aller Geräte über Nacht und am Wochenende sowie die Sensibilisierung der Nutzer zur Abschaltung des Lichts beim Verlassen des Raums und einem ausreichenden Tageslichtangebot. Unterstützend muss hierbei die Beschaffung agieren und energiesparende Produkte beim Einkauf von Bürogeräten bevorzugen. Entsprechende Bewertungssysteme wie Energy Star und Blauer Engel sind hierbei behilflich.

Um das in einer Änderung des Nutzerverhaltens liegende Energieeinsparpotential auszuschöpfen, bedarf es einer gezielten Aktivierung der Nutzer durch Informationsveranstaltungen und -pakete. Zu diesem Thema findet sich eine Vielzahl von informativen Seiten im Internet.

4.6 Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten

Im Folgenden werden die vorgeschlagenen Sanierungsvarianten hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit und der Größe der mit ihnen einhergehenden Energie- und Treibhausgaseinsparungen untersucht. Aus den Energiekosten vor und nach der Sanierung wird unter Berücksichtigung einer Preissteigerungsrate u.a. die mittlere jährliche Energiekosteneinsparung über den betrachteten Zeitraum berechnet. Darüber hinaus werden die Amortisationsdauern der Maßnahmen sowie die eingesparten Treibhausgasemissionen ermittelt. Durch Bezug der jeweiligen gesamten Energiekosteneinsparung über den Untersuchungszeitraum auf die Investitionskosten und den Bezug der Investitionskosten auf die jährlich eingesparte Energiemenge werden zwei weitere Kenngrößen zur Bewertung der Maßnahmenpakete zur Verfügung gestellt.

Den Untersuchungen wurde ein Zeitraum von 40 Jahren zugrunde gelegt, da dies nach [3] der durchschnittlichen Lebensdauer eines Wärmedämmverbundsystems sowie eines Fensters mit Rahmen aus Nadelholz entspricht, welche hier wesentliche Sanierungsbauteile sind. Die Lebensdauern der Komponenten der technischen Anlagen werden hier nicht berücksichtigt, da ihr Austausch eine jeweils sowieso erforderliche Maßnahme darstellt. Nach 40 Jahren wäre aus Verschleiß- und Abnutzungsgründen demnach die erste Ersatzinvestition erforderlich. Erneuerungs- und Wartungskosten im Untersuchungszeitraum werden rechnerisch nicht berücksichtigt, da diese Kosten auch ohne die energetische Sanierung für die vorhandenen Bauteile anfallen würden.

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

Die Berechnungen werden ohne Kalkulationszinssatz geführt, um zu berücksichtigen, dass dem Bezirksamt bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen i.d.R. selbst keine Kapitalkosten entstehen.⁹ Darüber hinaus befinden sich die Kreditzinsen insbesondere für die öffentliche Hand seit längerem auf einem so niedrigen Niveau, dass die zusätzlichen Kosten bei Kreditfinanzierung der Maßnahmen geringfügig und in der Gesamtbetrachtung vernachlässigbar sind.¹⁰

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

Es ist nicht auszuschließen, dass die nach Realisierung der Sanierungsmaßnahmen tatsächlich auftretenden Einsparungen über die zu erwartenden Abweichungen infolge von Restabweichungen beim Bedarfs-/Verbrauchsabgleich, 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 7 sind die Ergebnisse der Berechnungen zusammengestellt. Abbildung 9 dokumentiert die mit der jeweiligen Sanierungsvariante erzielbaren Einsparungen anschaulich.

Tabelle 6: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Betrachtungszeitraum (lebensdauerbasiert):	40 Jahre	Teuerungsrate Energiepreise:	4%
rechnerische Energiekosten (Ist-Zustand) brutto:	26.936 €	Kalkulationszinssatz:	0%

⁹ In der verwendeten Berechnungssoftware ist für den Kalkulationszinssatz stets ein Wert > 0 einzugeben, so dass rechnerisch der kleinstmögliche Zinssatz von 0,01% verwendet wird.

¹⁰ Der aktuelle effektive Jahreszins für das Programm 218 der KfW beträgt 0,1%.

¹¹ Fernwärme: 9,3 ct/kWh (vom Objekt), Strom: 21,8 ct/kWh (als Mittelwert über mehrere Objekte), jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht mit auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

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

Variante	Investitionskosten energetische Sanierung [€]	Energiekosten nach Sanierung [€]	im Nutzungszeitraum				Investitionskosten je jährlich eingesparte MWh Energie [€/(MWh/a)]	Amortisations- dauer [Jahre]	
			Energiekosten- einsparung [€]	Gesamtkosten- einsparung [€]	Mittlere jährl. Energiekostenein- sparung [€/Jahr]	Eingesparte Treibhausgase [t]			Energiekostenein- sparung je 1.000 € Investitionskosten [€]
1	95.552	24.365	254.040	158.488	6.351	172	2.659	3.461	23
2	166.988	20.171	668.280	501.292	16.707	452	4.002	2.298	18
3	248.654	17.051	976.400	727.746	24.410	660	3.927	2.342	18

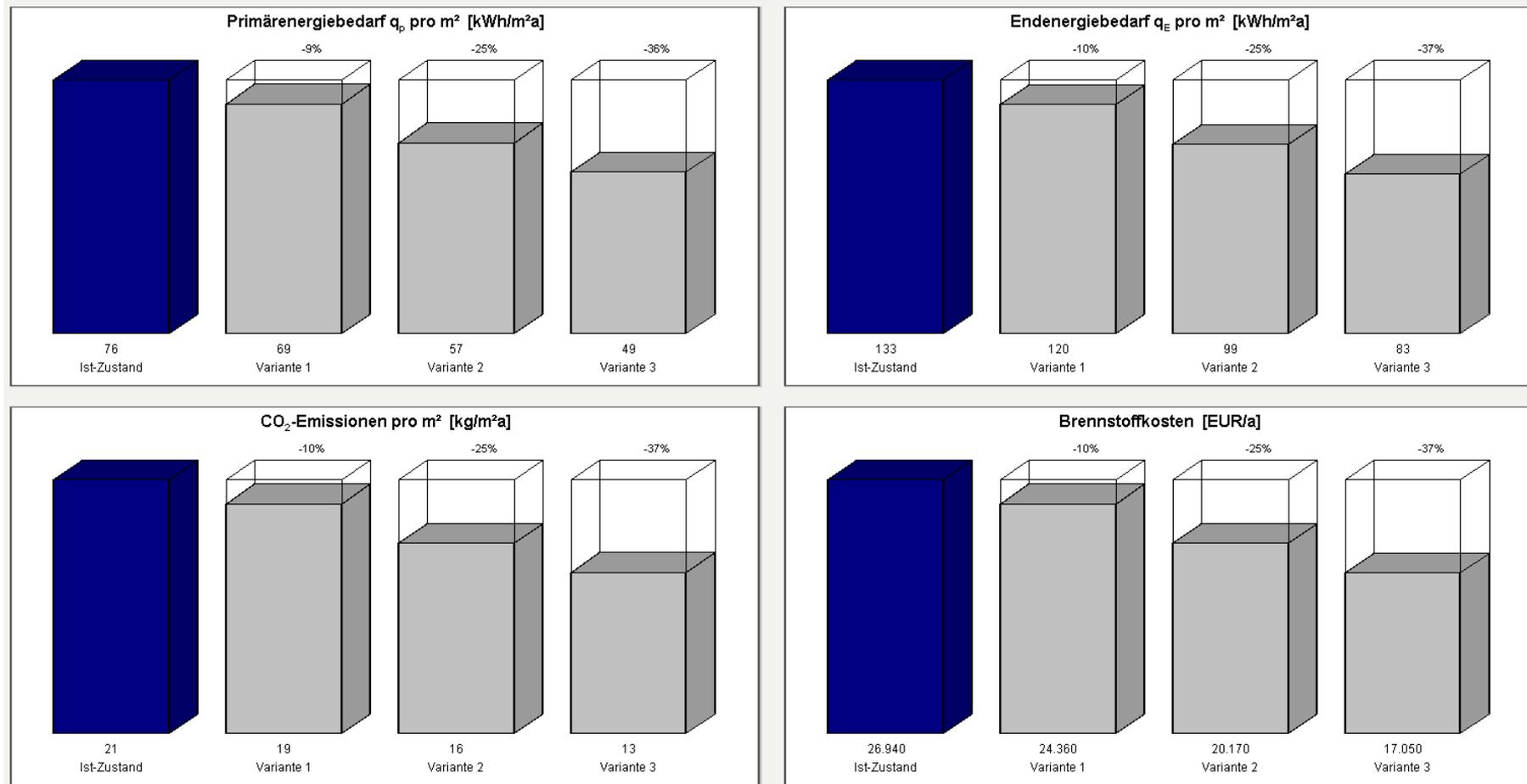


Abbildung 9: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO_2 - und Brennstoffkostenreduktionen

4.7 Sanierungsempfehlungen

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

Die eingesparten Energie- und Treibhausgasmengen sind aufgrund des Umfangs und der Qualität der einbezogenen Maßnahmen bei Variante 3 am größten. Dementsprechend weist diese Variante auch die größte jährliche Einsparung auf.

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

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.

Bei der Durchführung von Erneuerungsinvestitionen für haustechnische Anlagenkomponenten sind die Hinweise in Kapitel 4.3 zu beachten.

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.

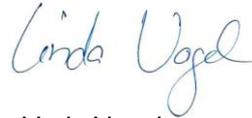
Die vorliegende Untersuchung ersetzt keine Ausführungsplanung für die zu sanierenden Bauteile.

CSD INGENIEURE GmbH



Andrea Untergutsch

Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen



Linda Vogel

Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen (FH)

Berlin, den 20. Oktober 2014