

**BEZIRKSAMT TREPTOW-KÖPENICK VON BERLIN**

**KLIMASCHUTZ-TEILKONZEPT FÜR 42 LIEGENSCHAFTEN**

**SPORTHALLE, ZUR UFERBAHN 10**

Berlin, den 20. Oktober 2014  
BN00149.102

**CSD INGENIEURE GmbH**

Köpenicker Straße 154a, Ausgang D  
D-10997 Berlin

t +49 30 69 81 42 78

f +49 30 65 81 42 77

e [berlin@csdingenieure.de](mailto:berlin@csdingenieure.de)

[www.csdingenieure.de](http://www.csdingenieure.de)

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. AUFGABENSTELLUNG</b>	<b>5</b>
<b>2. SPORTHALLE „ZUR UFERBAHN“</b>	<b>6</b>
2.1 Objektbeschreibung	6
2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes	7
2.2.1 Wärme	7
2.2.2 Strom	8
2.2.3 Energiekennzahlen des Gebäudes	9
<b>3. GEBÄUDEBEWERTUNG</b>	<b>11</b>
3.1 Fotodokumentation	11
3.2 Vorbemerkungen und Hinweise	13
3.3 Gebäudehülle	13
3.3.1 Vorbemerkungen	13
3.3.2 Bodenplatte	13
3.3.3 Außenwände	13
3.3.4 Fenster	13
3.3.5 Außentüren	13
3.3.6 Oberste Geschossdecken gegen unbeheizte Dachgeschossbereiche	14
3.3.7 Dach der Sporthalle	14
3.3.8 Gesamteinschätzung Gebäudehülle	14
3.4 Technische Anlagen	14
3.4.1 Bestandsaufnahme	14
3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen	15
3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich	15
3.6 Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes	16
<b>4. ENERGIESPARMAßNAHMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN</b>	<b>18</b>
4.1 Grundlegendes	18
4.2 Sanierung der Gebäudehülle	19
4.2.1 Bodenplatte	19
4.2.2 Außenwände	19
4.2.3 Fenster	19
4.2.4 Außentüren	20
4.2.5 Oberste Geschossdecken	20
4.2.6 Dach	20
4.3 Sanierung der technischen Anlagen	20
4.4 Schätzung der Investitionskosten	21
4.5 Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	24
4.6 Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	25
4.7 Sanierungsempfehlungen	29

## TABELLENVERZEICHNIS

<b>Tabelle 1:</b> Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Wärmeverbrauch und den Stromverbrauch der Sportobjekte Zur Uferbahn 10	9
<b>Tabelle 2:</b> Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung	15
<b>Tabelle 3:</b> Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs	16
<b>Tabelle 4:</b> Sanierungsmaßnahmen	22
<b>Tabelle 5:</b> Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	24
<b>Tabelle 6:</b> Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	26
<b>Tabelle 7:</b> Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (Kosten inkl. Mehrwertsteuer)	27

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<b>Abbildung 1:</b> Wärmeverbrauch der Sporthallen in den Jahren 2011 bis 2013	7
<b>Abbildung 2:</b> Produzierte Treibhausgasemissionen (CO <sub>2</sub> ) infolge Erdgasverbrauch	7
<b>Abbildung 3:</b> Stromverbrauch der Sporthallen in den Jahren 2011 bis 2013	8
<b>Abbildung 4:</b> Produzierte Treibhausgasemissionen (CO <sub>2</sub> -Äquivalent) infolge Stromverbrauch	8
<b>Abbildung 5:</b> Kennwertevergleich	9
<b>Abbildung 6:</b> Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Sporthallengebäudes	16
<b>Abbildung 7:</b> Energiebilanz für den Ist-Zustand des Sporthallengebäudes	17
<b>Abbildung 8:</b> Beurteilung des Ist-Zustandes des Sporthallengebäudes (bei Ansatz der Standard-Raumtemperatur von 19°C)	18
<b>Abbildung 9:</b> Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO <sub>2</sub> - und Brennstoffkostenreduktionen	28

## QUELLENVERZEICHNIS

- [1] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand, 26. Juli 2007
- [2] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Merkblatt Erstellung von Klimaschutz-Teilkonzepten, Fassung 17.10.2012
- [3] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Leitfaden Nachhaltiges Bauen, April 2013
- [4] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Kosten energierelevanter Bau- und technischer Anlagenteile bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden/ Bundesliegenschaften, BBSR-Online-Publikation, Nr. 06/2014
- [5] DIN V 4108-6:2003-06: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und Jahresheizenergiebedarfs
- [6] DIN V 4701-10:2003-08: Energetische Bewertung heiz- und 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 CO<sub>2</sub>-Minderungspotentiale aufzuzeigen. Damit soll dargestellt werden, wie kurz-, mittel- und langfristig Klimaschutzpotentiale erschlossen werden können. Für jede Liegenschaft wurde ein separater Untersuchungsbericht wie der vorliegende erstellt. Ergebnis der Untersuchungen ist außerdem eine Prioritätenliste, die die Untersuchungsergebnisse für alle Objekte zusammenfasst und anhand derer das Bezirksamt Treptow-Köpenick entscheiden kann, in welcher Reihenfolge die Liegenschaften am wirtschaftlichsten saniert werden können.

Die 42 zu untersuchenden Gebäude mit Baujahren zwischen 1912 und 1992 umfassen insgesamt eine Bruttogrundfläche von über 113.000 m<sup>2</sup>. Sie sind in den letzten Jahren bereits teilweise modernisiert worden, verfügen jedoch über einen umfangreichen weiteren Sanierungsbedarf. Um diesen aufzuzeigen und zu quantifizieren, wurden für alle Gebäude die im Folgenden beschriebenen Arbeitsschritte durchgeführt.

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

## 2. Sporthalle „Zur Uferbahn“

### 2.1 Objektbeschreibung

---

Bezeichnung des Objekts: Sportanlage

Foto des Objekts:



Standort: Zur Uferbahn 10, 12527 Berlin

Nutzung: Sporthalle

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude  
Erdgeschoss und Obergeschoss vollständig beheizt

Bruttogrundfläche: 1016 m<sup>2</sup>

Baujahr: 1962

Sanierung Gebäude: ca. 2009 Austausch von zwei Fenstern auf der Westseite

Sanierung Heizungsanlage: ca. 1995 neue Niedertemperaturkessel  
ca. 2011 Leitungsdämmung und Pumpenaustausch

Heizenergieerzeugung: Zwei Heizöl-Niedertemperaturkessel

Warmwasserbereitung: --

Lüftung: Hallenbereich mit Lüftungsanlage, sonst Fensterlüftung

Bestandsunterlagen: Aktuelle Grundrisse

Datum Objektbegehung: 19.03.2014

---

## 2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

### 2.2.1 Wärme

Die Sporthalle und die benachbarte Gymnastikhalle werden über eine gemeinsame Heizungsanlage bestehend aus zwei Niedertemperaturkesseln mit Wärme versorgt. Beide Gebäude sind vollständig beheizt. Die Wärmeverbräuche für Heizung und Warmwasserbereitung wurden für beide Gebäude gemeinsam erfasst, so dass keine gebäudebezogenen Aussagen getroffen werden können. Im folgenden Diagramm ist der Wärmeverbrauch des Sporthallenkomplexes für die Jahre 2011-2013 angegeben.

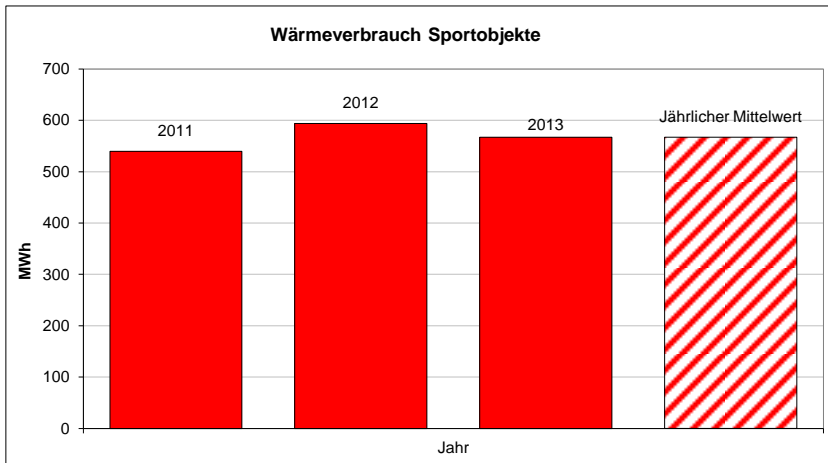


Abbildung 1: Wärmeverbrauch der Sporthallen in den Jahren 2011 bis 2013

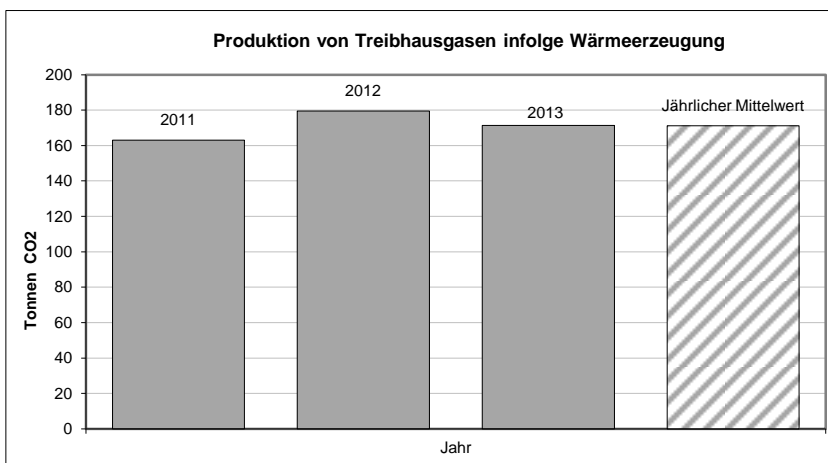


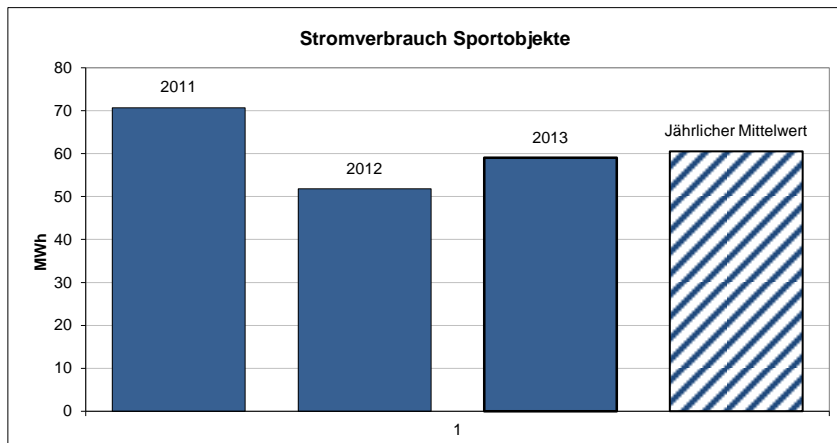
Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>) infolge Erdgasverbrauch<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Gemäß GEMIS-Datenbank entsteht infolge 1 MWh Heizölverbrauch (bezogen auf den unteren Heizwert) 302 kg des Treibhausgases CO<sub>2</sub>.

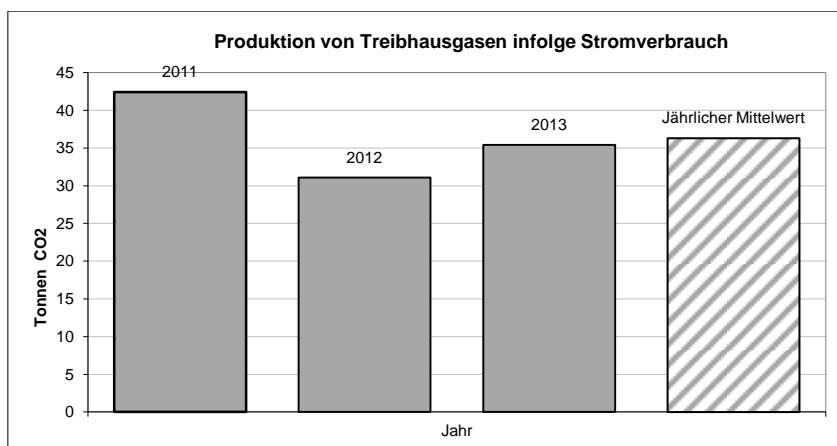


## 2.2.2 Strom

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



**Abbildung 3:** Stromverbrauch der Sporthallen in den Jahren 2011 bis 2013



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

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

## 2.2.3 Energiekennzahlen des Gebäudes

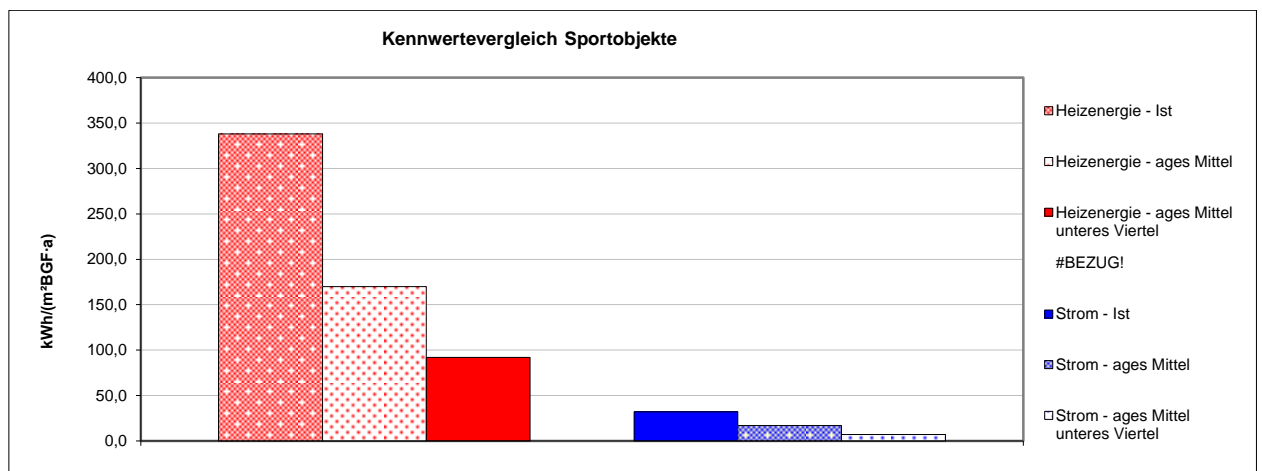
Eine Beurteilung der Energieverbräuche der Liegenschaft ist durch einen Vergleich mit den entsprechenden Verbräuchen des deutschen Gebäudebestands möglich. Hierfür hat die ages GmbH für verschiedene Gebäudekategorien Heizenergie- und Stromverbrauchswerte erfasst und die Mittelwerte sowie die Mittelwerte des Viertels mit dem geringsten Verbrauch bezogen auf die Bruttogrundfläche des jeweiligen Gebäudes berechnet und veröffentlicht.<sup>3</sup> In der folgenden Tabelle sind die vorhandenen Verbrauchswerte für beide Objekte den entsprechenden Vergleichswerten gegenübergestellt. Hierbei wurden die Vergleichskennwerte für Sporthallen < 1000 m<sup>2</sup> verwendet.

Abbildung 5 verdeutlicht die Relationen grafisch.

**Tabelle 1:** Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Wärmeverbrauch und den Stromverbrauch der Sportobjekte Zur Uferbahn 10

		ages - Arithm. Mittel	ages - Arithm. Mittel des besten Viertels
Heizenergieverbrauch - kWh/(m <sup>2</sup> BGFa)*	337,9	170,0	92,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m <sup>2</sup> BGFa)*	102,0	51,3	27,8
Stromverbrauch - kWh/(m <sup>2</sup> BGFa)	32,1	17,0	7,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m <sup>2</sup> BGFa)	19,2	10,2	4,2

\* Der Heizenergieverbrauch entspricht dem Heizwert der verbrauchten Heizölmenge der Gebäude. Er wurde witterungsbereinigt und enthält die für die Warmwasserbereitung erforderliche Wärmemenge. Diese wurde mangels Abrechnung pauschal mit 5% der Wärmemenge angenommen. Zur Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der ages-Werte wurde der gleiche Brennstoff wie beim untersuchten Gebäude angesetzt, um das Einsparpotential im Hinblick auf Treibhausgasemissionen zu verdeutlichen. Tatsächlich liegt dem Gebäudebestand jedoch ein nicht bekannter Brennstoffmix zu Grunde.



**Abbildung 5:** Kennwertevergleich

Der Sporthallenkomplex verbraucht demnach deutlich mehr Heizenergie als von ages GmbH für Turnhallen mit weniger als 1000 m<sup>2</sup> Fläche im Mittel erfasst wurde. Ursache hierfür sind sowohl die nur teilsanierten Gebäudehüllen als auch die veraltete Heizungsanlage. Verglichen mit dem Mittelwert des besten Viertels des entsprechenden deutschen Gebäudebestands zeigt sich ein enormes Einsparpotential für den Heizenergieverbrauch und die zugehörigen Treibhausgasemissionen. Mit dem

<sup>3</sup> ages-Verbrauchskennwerte 2005: Forschungsbericht der ages GmbH, Münster  
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.

arithmetischen Mittel des besten Viertels des Gebäudebestandes als Zielgröße für den Heizenergieverbrauch, lässt sich ein Kosteneinsparpotential bei einem Kostenansatz von ca. 0,8 €/Liter Heizöl von ca. 32.700 €/Jahr für den Gebäudekomplex berechnen. Für die Treibhausgasemissionen infolge des Heizwärmeverbrauchs berechnet sich analog ein Einsparpotential von ca. 70%.

Für den Stromverbrauch der Gebäude zeigt sich ein ähnliches Bild. Auch hier liegt der mittlere jährliche Verbrauch sowohl über dem Verbrauch des besten Viertels des Bestandes als auch über dem Mittelwert. Das Einsparpotential für Energiekosten und Treibhausgasemissionen infolge Stromverbrauch liegt bei knapp 80%.

## 3. Gebäudebewertung

### 3.1 Fotodokumentation



Süd-Ansicht



West-Ansicht



Nord-Ansicht



Ost-Ansicht



Außentür (Ost-Seite) zu einem beheizten Raum



Beispielhaftes Verbundfenster





Verbinder zwischen Sporthalle und Gymnastikhalle



Fensterzustand



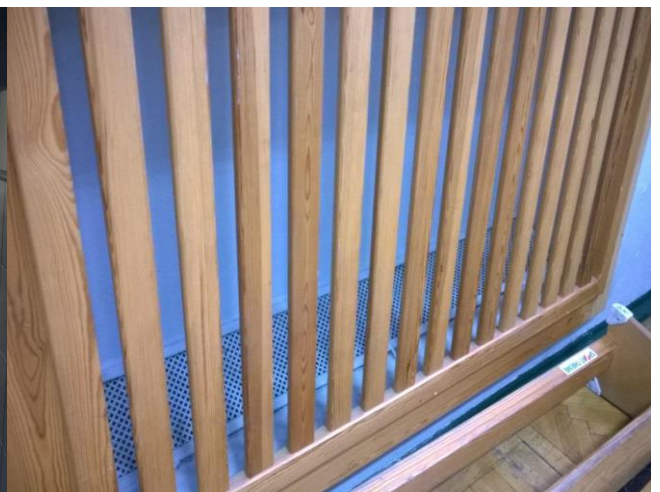
Lüftungsanlage



Niedertemperaturkessel



Leerstehendes Badezimmer



Auslass der Luftwärmeübergabe an die Turnhalle

## 3.2 Vorbemerkungen und Hinweise

Bei der Besichtigung der Sportanlage wurde festgestellt und vom Hausmeister bestätigt, dass die in der Sportanlage integrierten Wohnungen seit längerer Zeit leer stehen und dennoch voll beheizt sind. Diese Räume sollten lediglich geringfügig beheizt werden.

Die Sportanlage ist mit dem Objekt 41 (Gymnastikhalle) über einen Verbindungsgang verbunden, der beim Objekt 41 mit berücksichtigt wird. Weil im Sporthallenengebäude keine geeigneten Sanitärräume vorhanden sind, benutzen die Nutzer der Sporthalle die Sanitärräume in der benachbarten Gymnastikhalle.

## 3.3 Gebäudehülle

### 3.3.1 Vorbemerkungen

Bei dem Gebäude handelt es sich um eine 1962 erbaute Sporthalle in Massivbauweise. Für das Gebäude liegen neben den Grundrissplänen keine weiteren Bauunterlagen vor. Aus diesem Grund wurden für die U-Werte der Gebäudehülle die Werte der Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand vom 30. Juli 2009 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [1] angesetzt.

### 3.3.2 Bodenplatte

Für den an das Erdreich angrenzenden Fußboden des Erdgeschosses ist davon auszugehen, dass es sich um eine nicht bzw. nur geringfügig gedämmte Platte in der 1962 üblichen Bauweise handelt, deren wärmeschutztechnischen Eigenschaften damit nicht den heutigen Anforderungen entsprechen. Gemäß [1] wird der U-Wert der Bodenplatte mit  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$  angenommen.

### 3.3.3 Außenwände

Bei den massiven Außenwänden wird gemäß [1] von einem U-Wert von  $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$  ausgegangen. Der wärmetechnische Zustand der Außenwand entspricht demnach nicht den heutigen Anforderungen. Der Anstrich der Wände ist überarbeitungsbedürftig.

### 3.3.4 Fenster

Bis auf die zwei Büروفenster an der Westfassade sind noch die bauzeitlichen Holzverbundfenster und Aluminiumfensterelemente vorhanden. Gemäß [1] weisen die Holzverbundfenster einen U-Wert von etwa  $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$  auf. Für die Aluminiumfensterelemente darf gemäß [1] von einem U-Wert von  $4,3 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$  ausgegangen werden. Beide Fenstertypen sind baulich sanierungsbedürftig. Von erhöhten Lüftungswärmeverlusten aufgrund von Undichtigkeiten ist auszugehen.

Für die beiden Büروفenster, welche ca. 2009 durch neue 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Kunststoffrahmen ersetzt wurden, wird gemäß den zum Einbauzeitpunkt geltenden EnEV-Vorschriften (EnEV 2007, ggf. schon EnEV 2009) ein U-Wert von  $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$  angesetzt.

### 3.3.5 Außentüren

Bei den Außentüren handelt es sich um Holztüren, deren U-Wert gemäß [1] mit  $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$  abgeschätzt werden darf und der damit über den heutigen Anforderungen liegt. Zudem wurde bei der Besichtigung festgestellt, dass eine Außentür auf der Ostseite ein ehemaliges Katzenfenster besitzt. Infolge dieses durchgehend geöffneten Katzenfensters ist von einem erhöhten Lüftungswärmeverlust auszugehen.

### 3.3.6 Oberste Geschossdecken gegen unbeheizte Dachgeschossbereiche

Der Aufbau der obersten Geschossdecken gegen die beiden unbeheizten (und belüfteten) Dachgeschossbereiche konnte nicht eingesehen werden. Gemäß [1] ist ein U-Wert von  $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$  anzunehmen. Der wärmetechnische Zustand der Decken entspricht damit nicht den heutigen Anforderungen.

### 3.3.7 Dach der Sporthalle

Das Dach der Sporthalle besteht aus Stahlfachwerkträgern mit darauf liegender Pfettenkonstruktion. Der weitere Aufbau konnte nicht eindeutig identifiziert werden. Der U-Wert wird wie der einer Holzkonstruktion gleicher Bauzeit nach [1] mit  $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$  abgeschätzt.

### 3.3.8 Gesamteinschätzung Gebäudehülle

Die Anforderungen, die nach der aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV 2014 an zu sanierende Bauteile eines Nichtwohngebäudes gestellt werden, werden von der vorhandenen Gebäudehülle nicht erfüllt.<sup>4</sup> Allerdings weisen die wenigen neuen Fenster bereits gute Wärmeschutzeigenschaften auf. Es besteht daher ein erhebliches Energieeinsparpotential. Viel Wärme geht aufgrund der großen Flächenanteile über die massiven Außenwände und die Fenster verloren.

## 3.4 Technische Anlagen

### 3.4.1 Bestandsaufnahme

Die Raumwärme- und Warmwasserbereitung des Sporthallenkomplexes erfolgt zentral im Kombibetrieb durch zwei Viessmann Paromat –Triplex - RN Heizöl-Niedertemperaturkessel. Die Heizungsanlage sowie der Heizöltank befinden sich im Heizgebäude, welches sich auf der Westseite der Sportanlage befindet. Die zwei Niedertemperaturkessel stammen aus dem Jahre 1995. Weil der Hausmeister keine Angaben über Sanierungen der Heizungsanlage machen konnte, wird davon ausgegangen, dass die Dämmung der Verteilleitungen und die Umwälzpumpen im selben Jahr wie die Lüftungsanlage für die benachbarte Gymnastikhalle erneuert wurden. Bei der Heizungsumwälzpumpe handelt es sich um eine leistungsgeregelte Hocheffizienzpumpe vom Typ GRUNDFOS Magna. Die Verteilleitungen befinden sich außerhalb der thermischen Gebäudehülle und sind gut gedämmt. Zur Wärmeübergabe verfügen sämtliche Räume bis auf die Sporthalle über Gliederheizkörper, welche manuell über Thermostatventile regulierbar sind. Die Wärmeversorgung der Sporthalle selbst erfolgt über die vorhandene Lüftungsanlage mit Zuluftöffnungen an einer Hallenlängswand sowie der Abluftabsaugung an einer Hallenschmalseite. Das Sporthallengebäude wird nicht mit Trinkwarmwasser versorgt. Dieses ist nur in der benachbarten Gymnastikhalle verfügbar.

Die Lüftungsanlage stammt noch aus der DDR. Sie bewegt ein Luftvolumen von ca.  $5000 \text{ m}^3/\text{h}$  (Aussage der wartenden Firma Hutt) und verfügt nicht über eine Wärmerückgewinnungseinrichtung. Die Lufterwärmung erfolgt über die Heizungsanlage mittels Warmwasser.

Die Beleuchtungsanlage der Sportanlage besteht zum großen Teil aus Deckenreihen mit Leuchtstoffröhren. Die Reihen lassen sich separat schalten und sind mit verlustarmen Vorschaltgeräten ausgestattet.

---

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

## 3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen

Die Kessel der Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage verfügen über einen veralteten energetischen Standard und haben ihre Lebensdauer nach [8] bereits erreicht. Ihre Sanierung steht im Rahmen von Erneuerungsmaßnahmen für den gesamten Hallenkomplex 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 Lüftungsanlage ist alt und hat ihre Lebensdauer bereits erreicht. Aufgrund der fehlenden Wärmehückgewinnung verfügt sie nicht über eine ausreichende Energieeffizienz. Zu berücksichtigen ist außerdem, dass eine thermische Konditionierung der Sporthalle mittels Luftheizung ineffizient ist. Eine weitere Modernisierung ist daher in den nächsten Jahren angezeigt.

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

**Tabelle 2:** Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung

Gebäudeparameter	Eingabegröße
Klimareferenzort	Potsdam
Raumtemperatur	16°C (abgesenkt von der Standardtemperatur 19°C zur Angleichung des Bedarfs an den Verbrauch)
Luftwechselrate	0,7/h außerhalb der Hallenbereiche
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	5 W/m <sup>2</sup>
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m <sup>2</sup> K)
Heizungsanlage	Heizöl-Niedertemperaturkessel
Warmwasserbedarf	-

Ein Bedarfs-/Verbrauchsabgleich zur Validierung bzw. Kalibrierung der Eingabewerte konnte nur für beide Hallen gemeinsam geführt werden, da ihr Wärmeverbrauch gemeinsam erfasst wird. In der folgenden Tabelle sind die berechneten Heizölverbräuche dem abgerechneten Verbrauchswert gegenübergestellt. Sie zeigen nach Absenkung der mittleren Raumtemperatur beider Gebäude gegenüber dem Standardwert der Norm eine gute Übereinstimmung (Abweichung < 10%). Da kein Einzelabgleich je Gebäude möglich war, kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich Effekte vermischen und das Einzelgebäude damit nicht vollständig richtig abgebildet wird.

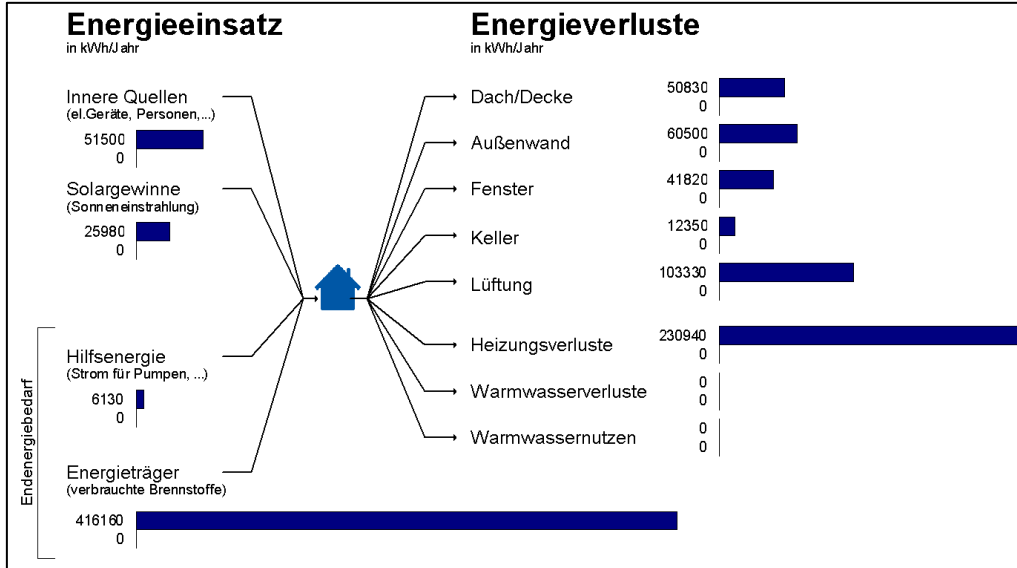


**Tabelle 3:** Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs<sup>5</sup>

Berechneter Heizölbedarf Liter/a – benachbarte Gymnastikhalle	24.139
Berechneter Heizölbedarf Liter/a – Sporthallegebäude	<u>39.809</u>
Summe des berechneten Bedarfs	63.948
Witterungskorrigierter Heizölverbrauch Liter/a	61.710

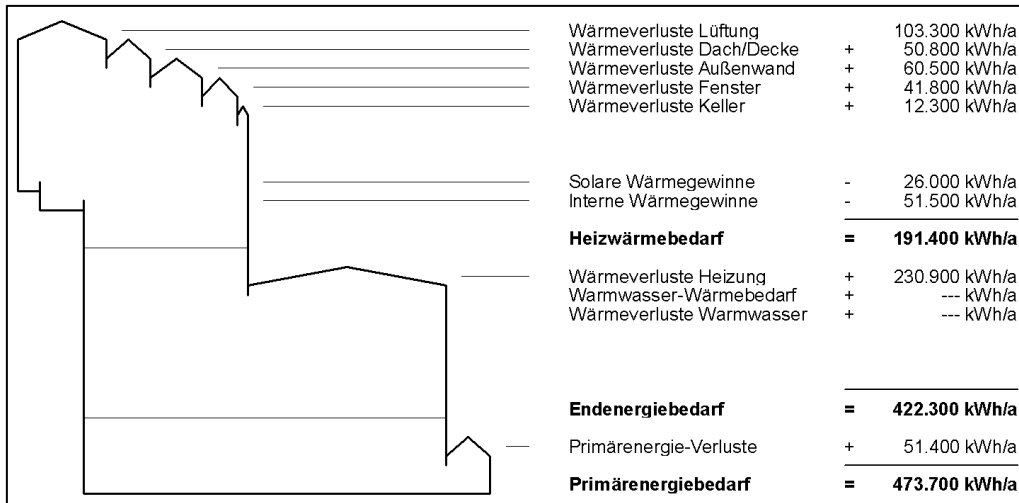
### 3.6 Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes

Für den beschriebenen Ist-Zustand der Gebäudehülle und der technischen Anlagen der Sporthalle 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 Sporthalle 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. Auffällig sind die hohen Heizungsverluste, die insbesondere aus der ausschließlichen Beheizung des großen Hallenraums mit Luft resultieren. Abbildung 6 fasst diese Angaben zusammen und ergänzt sie um die für die Wärmeerzeugung auftretenden Primärenergieverluste.



**Abbildung 6:** Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Sporthallegebäudes

<sup>5</sup> Berechnung des Endenergiebedarfs und Witterungskorrektur jeweils für den mittleren Klimareferenzort Deutschlands nach 4108-6 (Würzburg).

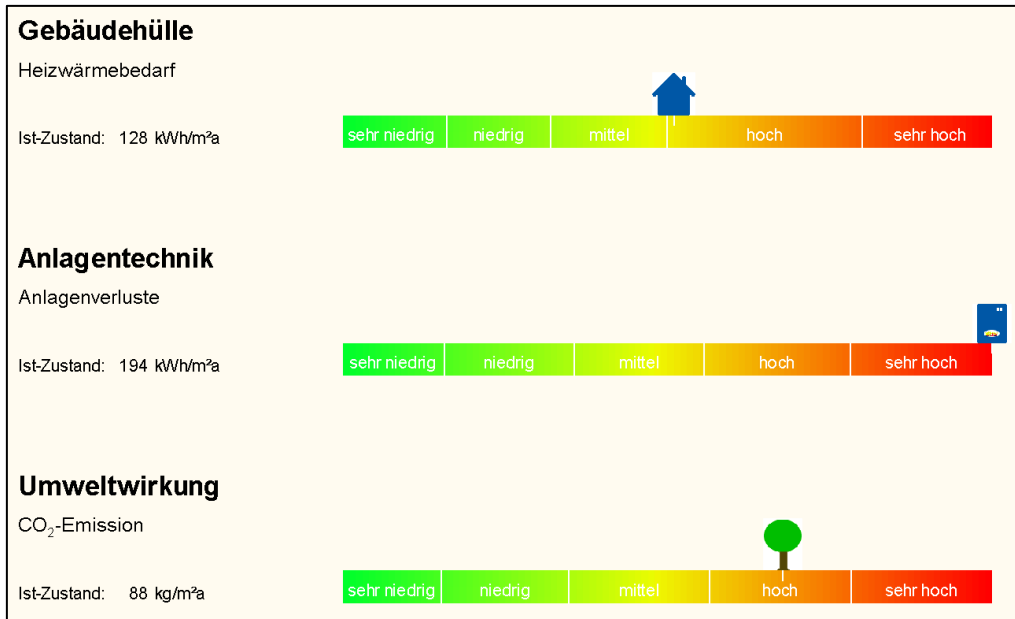


**Abbildung 7:** Energiebilanz für den Ist-Zustand des Sporthallengebäudes

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.<sup>6</sup> Alle drei verglichenen Werte beziehen sich auf die rechnerische Energiebezugsfläche des Gebäudes.

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

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



**Abbildung 8:** Beurteilung des Ist-Zustandes des Sporthallengebäudes (bei Ansatz der Standard-Raumtemperatur von 19°C)

In der Einstufung des Heizwärmebedarfs im mittleren Bereich spiegelt sich die Tatsache, dass sich die untersuchte Gebäudehülle noch nahezu im bauzeitlichen Zustand befindet. Es zeigt sich ein erhebliches Sanierungspotential. Die primärenergetischen Anlagenverluste sind sehr hoch, was insbesondere an der Ineffizienz der Luftheizung der Halle liegt. Diesbezüglich offenbart sich ein großes Einsparpotential. Die Umweltwirkung des Gebäudes wird im Hinblick auf seine Treibhausgasemissionen resultierend aus dem Energieverbrauch und dem Emissionsfaktor von Heizöl ebenfalls als ungünstig und damit mit großem vorhandenem Einsparpotential eingestuft.

## 4. Energiesparmaßnahmen und Sanierungsoptionen

### 4.1 Grundlegendes

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

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

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

## 4.2 Sanierung der Gebäudehülle

### 4.2.1 Bodenplatte

Über die Bodenplatte geht aufgrund ihrer vorhandenen Wärmeschutzqualität sowie ihres Angrenzens an das Erdreich nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Dennoch wäre es energetisch günstig, sie oberseitig mit einer druckfesten Dämmung zu versehen. Es ist zu beachten, dass diese Maßnahme mit vorübergehenden Nutzungseinschränkungen und ggf. erforderlichen Anpassungsmaßnahmen einhergeht. Bereits mit einer 3,5 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 11 cm dicke Dämmung gleicher 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 vermutlich jedoch bereits gedämmt ausgeführt wurden, sind ihre wärmetechnischen Eigenschaften besser als bei ungedämmten Wänden. Zur Sanierung wird gleichwohl empfohlen, ein außenseitiges Wärmedämmverbundsystem auszuführen, das aufgrund der großflächigen Fassadengestaltung vergleichsweise einfach und damit kostengünstig aufzubringen ist. Bereits mit einer 15 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.<sup>7</sup>

→ **Sanierung empfohlen**

### 4.2.3 Fenster

Es wird der Austausch aller alten Fenster empfohlen, da ihre wärmeschutztechnischen Eigenschaften bei weitem nicht den heutigen Anforderungen genügen. Das Einsparpotential ist daher beträchtlich. Zur Einhaltung der KfW-Anforderungen wäre der Einbau einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert kleiner oder gleich  $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  erforderlich. Eine bauliche Sanierung ist aufgrund der vielen Löcher im Glas ohnehin notwendig.

→ **Sanierung empfohlen**

---

<sup>7</sup> Ggf. muss die Dämmstoffdicke zur Berücksichtigung von Wärmebrücken infolge Dübeln geringfügig vergrößert werden.

## 4.2.4 Außentüren

Entsprechend 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 ihres Alters und der teilweise vorhandenen Einfachverglasung 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 Oberste Geschossdecken

Aufgrund ihrer großen Flächen geht über die obersten Geschossdecken ein relativ großer Wärmeanteil verloren. Dieser kann durch zusätzliche Dämmung auf den von der KfW geforderten U-Wert von  $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  reduziert werden. Hierfür wäre zusätzlich eine ca. 20 cm dicke Wärmedämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 erforderlich.

→ **Sanierung empfohlen**

## 4.2.6 Dach

Zur Erfüllung der U-Wertanforderung der KfW an Dächer von  $0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  sind die Dachflächen unter Voraussetzung des anzunehmenden U-Werts und der diesem Wert entsprechenden Eigenschaften der Dachflächen insgesamt eine etwa 23 cm dicke Dämmschicht der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 erforderlich.

→ **Sanierung empfohlen**

## 4.3 Sanierung der technischen Anlagen

### 4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage, Lüftungsanlage

Wie unter 3.4.2 beschrieben stehen für die Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage des Sporthallenkomplexes 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.

Wegen der hohen Heizwärmeverluste infolge der vorhandenen Luftheizungsanlage wird eine Sanierung des Wärmeübergabesystems des Hallenbereiches ausdrücklich empfohlen. Günstig wäre die Wärmeversorgung mittels Deckenstrahlplatten oder einer Fußbodenheizung. Eine entsprechende Sanierungsvariante wird berücksichtigt.

Die vorhandene Lüftungsanlage sollte im Wesentlichen der Sicherstellung des hygienisch notwendigen Luftwechsels dienen. Im Rahmen von Erneuerungsmaßnahmen sollte überprüft werden, ob ein Wärmerückgewinnungssystem wirtschaftlich integriert werden kann. Alternativ kann die Belüftung der Halle auch bedarfsgerecht über gesteuerte Lüftungsfenster erfolgen. Bei Austausch der Hallenfenster sollte die entsprechend berücksichtigt werden.

→ **Sanierung 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

Der aktuell verwendete fossile Energieträger Heizöl wird hinsichtlich seiner Primärenergieeffizienz wie Erdgas und hinsichtlich seiner Treibhausgasemissionen ungünstiger als Erdgas bewertet. Ein Wechsel hin zu Erdgas wäre daher im Hinblick auf die Treibhausgasemissionen vorteilhaft.

Noch günstiger wäre der Anschluss des Gebäudes an ein Wärmenetz, in dem Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung zur Verfügung gestellt wird. Wärme aus KWK ist gemäß EEWärmeG [10] als Ersatzmaßnahme für den Einsatz erneuerbarer Energien anerkannt. Inwieweit und zu welchen Kosten ein Anschluss des Gebäudes an ein bestehendes Fern- oder ggf. Nahwärmenetz möglich ist, müsste in einem weiteren Schritt mit den möglichen Versorgern 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, wäre zunächst zu klären, in welchem Umfang Lagerräume auf dem Gelände hierfür freigegeben werden könnten.

Bei Umrüstung des Wärmeübertragungssystems hin zu Niedertemperaturheizflächen wie Deckenstrahlplatten und Fußbodenheizung ließe sich die benötigte Wärme auch effizient und umweltfreundlich durch eine Wärmepumpenanlage erzeugen. Hierbei wäre zu überprüfen, in welcher Art die Büro- und Wohnflächen in dieses System zu integrieren wären.

Die Dachfläche des Gebäudes könnte für die Aufstellung von PV-Anlagen genutzt werden. Bei hohem Eigennutzungsanteil des erzeugten Stroms ist von einer Amortisation der Anlage nach etwa 10 Jahren auszugehen. Eine gewisse Verschattung des Dachs durch benachbarte Bäume müsste bei der Planung der Anlage berücksichtigt werden.

Weiterhin könnten die Dachflächen für Solarthermiemodule zur Warmwasserbereitung für die benachbarte Gymnastikhalle genutzt werden. Hierfür wäre zunächst eine gründliche Warmwasserbedarfsanalyse erforderlich.

## 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 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 5 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 4:** Sanierungsmaßnahmen

<b>Dämmung der Außenwände (WDVS)</b>	Aufbringen eines WDVS mit 15 cm Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	104	€/m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kontrolle und Vorbereitung des Untergrunds</li> </ul>	Fläche:	700	m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Montage des Dämmmaterials mit allem Systemzubehör</li> </ul>	Gesamtpreis:	<b>72.450</b>	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ alle Anschlussarbeiten an Fenster-/Türöffnungen, Vorsprünge, Gebäudekanten</li> </ul>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wandbekleidung oder Oberputz</li> </ul>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ De-/Remontage von Regenfallrohren, Blitzableitern, etc.</li> </ul>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ im Zusammenhang mit der Dämmmaßnahme notwendige Bauleistungen wie die Vergrößerung von Dachüberständen oder die Verbreiterung von Fensterbänken</li> </ul>			
	Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da die Fassade ohnehin zu überarbeiten ist			
	U-Wert des sanierten Bauteils: <b>U = 0,2 W/(m<sup>2</sup>K)</b>			
	<b>Austausch der Hallenfenster</b>	Demontage und Entsorgung der alten Fenster, Einbau neuer Fenster		
Sowieso anfallende Kosten für Fenstersanierung (Abschleifen, Anstrich, Ausbesserung, Dichtung, Wartung Beschläge), falls kein Fensteraustausch erfolgt		Einzelpreis:	100	€/Stk
Einbau neuer 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Holzrahmen, <b>U ≤ 0,95 W/(m<sup>2</sup>K)</b>		Einzelpreis** abzgl. Sowieso-K.:	777	€/Stk
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demontage und Entsorgung der alten Fenster</li> </ul>		Anzahl:*	64	Stk
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial</li> </ul>		Gesamtpreis:	<b>49.711</b>	€
Errichtung und Vorhaltung Baugerüst (für ca. 4 Wochen)		Einzelpreis:	9	€/m <sup>2</sup>
	Fläche:	420	m <sup>2</sup>	
	Gesamtpreis:	<b>3.780</b>	€	

<b>Austausch alter Holzfenster</b>	Demontage und Entsorgung der alten Fenster, Einbau neuer Fenster			
	Sowieso anfallende Kosten für Holzfenstersanierung (Abschleifen, Anstrich, Ausbesserung, Dichtung, Wartung Beschläge), falls kein Fensteraustausch erfolgt	Einzelpreis:	100	€/Stk
	Einbau neuer 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Holzrahmen, $U \leq 0,95 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Einzelpreis** abzgl. Sowieso-K.:	571	€/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demontage und Entsorgung der alten Fenster</li> </ul>	Anzahl:*	75	Stk
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial</li> </ul>	Gesamtpreis:	<b>42.851</b>	€
	<p>* Hierbei handelt es sich um eine rechnerische Größe, die sich aus der Gesamtfensterfläche geteilt durch die Fläche des der Kalkulation zugrunde gelegten häufigsten Fenstertyps ergibt.</p> <p>** Der Einzelpreis berechnet sich aus der Kostenfunktion für 3-fach-Verglasung mit einem mittleren U-Wert von <math>1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}</math>. Da dieser etwas größer ist als der Zielwert für die 3-fach-Verglasung kann sich ggf. ein etwas höherer Einzelpreis ergeben.</p>			
<b>Austausch der Außentüren</b>	Demontage und Entsorgung der alten Eingangstürenelemente, Einbau neuer Türenelemente			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demontage und Entsorgung der alten Türenelemente</li> </ul>	Anzahl:	6	Stk
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Türenelemente einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial</li> </ul>	Gesamtpreis:	<b>22.500</b>	€
	U-Wert des sanierten Bauteils: $U = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$			
<b>Dämmung der obersten Geschossdecke</b>	Dämmung der obersten Geschossdecke mit einer zusätzlichen ca. 20 cm dicken Wärmedämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	56	€/m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verlegen der Dämmschicht</li> </ul>	Fläche:	310	m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verlegen der trittfesten Bekleidung</li> </ul>	Gesamtpreis:	<b>17.360</b>	€
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ggf. Dampfsperrschicht</li> <li>▪ Anarbeitung der Dämmung im Bereich von Schächten, Wänden etc.</li> </ul>			
	U-Wert des sanierten Bauteils: $U = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$			
<b>Dämmung der Dachflächen</b>	Dachdämmung (23 cm WLG 035) und Erneuerung der Dachhaut	Einzelpreis:	104	€/m <sup>2</sup>
		Anzahl:	450	m <sup>2</sup>
	Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da im Zuge der Dämmung der Fassade sowieso ein Gerüst aufzustellen ist	Gesamtpreis:	<b>46.665</b>	€
	U-Wert des sanierten Bauteils: $U = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$			



<b>Umstellung der Wärmeübertragung in der Halle auf Deckenstrahlplatten</b>	Einbau von Deckenstrahlplatten	Gesamtpreis: <b>42.000</b> €/m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Herstellung, Lieferung und Montage von Deckenstrahlplatten einschließlich Regelung und Verrohrung</li>   <li>■ Schließen der Lüftungsöffnungen</li> </ul>	
(Preisangabe durch Hochrechnung der Kosten dieser Position für Objekt 4 entsprechend der zu beheizenden Fläche)		

(Fortsetzung von Tabelle 4)

**Tabelle 5:** Überblick über mögliche Sanierungsvarianten

Sanierungsmaßnahmen		Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Variante 1	Austausch der alten Fenster durch 3-fach Wärmeschutzverglasung	Fenster:	96.342 €
	Austausch der alten Außentüren	Türen:	22.500 €
	Dämmung der obersten Geschossdecken	Oberste GD:	17.360 €
	Umstellung der Wärmeübertragung auf Deckenstrahlplatten, technische Erneuerungsinvestitionen (außer Kesseltausch), hydraul. Abgleich	Wärme:	42.000 €
			<b>178.202 €</b>
Variante 2	wie Variante 1	Variante 1:	178.202 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände	WDVS:	72.450 €
			<b>250.652 €</b>
Variante 3	wie Variante 2	Variante 2:	250.652 €
	zusätzlich Sanierung der Dachflächen	Dach:	46.665 €
			<b>297.317 €</b>
Variante 4	wie Variante 3	Variante 3:	297.317 €
	Austausch Niedertemperaturkessel gegen Brennwertkessel (Erneuerungsinvestition)	Anlagen:	-
			<b>297.317 €</b>

## 4.5 Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen

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

Tageslichtangebot kann zu Stromeinsparungen führen, sofern keine entsprechenden Regelungseinrichtungen vorhanden sind.

Um das in einer Änderung des Nutzerverhaltens liegende Energieeinsparpotential auszuschöpfen, bedarf es einer gezielten Aktivierung der Nutzer durch Informationsveranstaltungen und -pakete. Zu diesem Thema findet sich eine Vielzahl von informativen Seiten im Internet. An Schulen ist es zudem hilfreich, Energiesparen als pädagogisches Projekt zu verankern. Hierdurch kann ein energiebewusstes Verhalten der Schüler und Lehrer unterstützt werden.

## 4.6 Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten

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

Den Untersuchungen wurde ein Zeitraum von 40 Jahren zugrunde gelegt, da dies nach [3] der durchschnittlichen Lebensdauer eines Wärmedämmverbundsystems, welches hier das Sanierungsbauteil mit der geringsten Lebensdauer ist. Die Lebensdauer der Dämmung des Dachs wird beispielsweise gemäß [3] mit mehr als 50 Jahren veranschlagt. 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 beim Heizöl und beim Strom werden mit einer durchschnittlichen jährlichen Preissteigerungsrate von 4% in den nächsten 40 Jahren angenommen. Diese Preissteigerungsrate wurde auf Grundlage der Preiserhöhungen der Energiepreise privater Haushalte in den letzten 10 Jahren ermittelt und unterschätzt die tatsächlich aufgetretenen Preissteigerungsraten etwas. In Abhängigkeit vom gewählten Untersuchungszeitraum kann die Steigerungsrate deutlich höher liegen. Eine dauerhaft niedrigere Preissteigerungsrate ist aufgrund der vorhandenen Rohstoffknappheit nicht zu erwarten. Höhere Preissteigerungsraten als berücksichtigt sind hingegen möglich und würden zu einer verbesserten Wirtschaftlichkeit der Sanierungsvarianten führen.

Die Berechnungen werden ohne Kalkulationszinssatz geführt, um zu berücksichtigen, dass dem Bezirksamt bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen i.d.R. selbst keine Kapitalkosten entstehen.<sup>8</sup> Darüber hinaus befinden sich die Kreditzinsen insbesondere für die öffentliche Hand seit längerem auf einem so niedrigen Niveau, dass die zusätzlichen Kosten bei Kreditfinanzierung der Maßnahmen geringfügig und in der Gesamtbetrachtung vernachlässigbar sind.<sup>9</sup>

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

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

Die den Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zugrunde gelegten Energiepreise berechnen sich aus dem jeweiligen rechnerischen Energiebedarf (und nicht dem tatsächlichen Verbrauch) sowie dem Preisansatz pro Kilowattstunde aus den aktuellen Verbrauchsabrechnungen des untersuchten Objekts.<sup>10</sup>

Da kein einzelgebäudebezogener Bedarfs-/Verbrauchsabgleich für das Sporthallengebäude 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.

Bei der Beurteilung der Sanierungsmaßnahmen ist weiterhin zu beachten, dass bei allen Varianten ein sehr großer Energieeinspareffekt (ca. 45% vom Ausgangsbedarf) durch den Ersatz der Luftheizung der Halle mit wasserbetriebenen Deckenstrahlplatten eintritt. Für die Berechnung der Luftheizungsanlage mussten einige Eingangsparameter wie Betriebsdauer, Raumlufttemperaturen in den Gebäudeteilen und Luftvolumenströme geschätzt werden, da keine genauen Angaben vorlagen. Die tatsächlich zu realisierenden Einsparungen können demzufolge auch aufgrund dieser notwendigen Schätzungen etwas von den berechneten Ergebnissen abweichen.

Die folgende Tabelle fasst wesentliche Eingangsparameter der Wirtschaftlichkeitsberechnungen noch einmal zusammen. In Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Berechnungen zusammengestellt. Abbildung 8 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:	34.618 €	Kalkulationszinssatz:	0%

<sup>10</sup> Heizöl: 0,8 €/Liter, Strom: 21,8 ct/kWh über mehrere Objekte gemittelt, jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht mit auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

**Tabelle 7:** Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (Kosten inkl. Mehrwertsteuer)

Variante	Investitionskosten energetische Sanierung [€]	Energiekosten nach Sanierung [€]	im Nutzungszeitraum					Investitionskosten je jährlich eingesparte MWh Energie [€/(MWh/a)]	Amortisationsdauer [Jahre]
			Energiekosteneinsparung [€]	Gesamtkosteneinsparung [€]	Mittlere jährl. Energiekosteneinsparung [€/Jahr]	Eingesparte Treibhausgase [t]	Energiekosteneinsparung je 1.000 € Investitionskosten [€]		
1	212.060	15.307	1.907.480	1.695.420	47.687	2.897	8.995	891	9
2	298.276	11.207	2.312.480	2.014.204	57.812	3.512	7.753	1.034	11
3	353.807	8.302	2.599.360	2.245.553	64.984	3.947	7.347	1.092	11
4	353.807	7.246	2.703.720	2.349.913	67.593	4.105	7.642	1.937	11

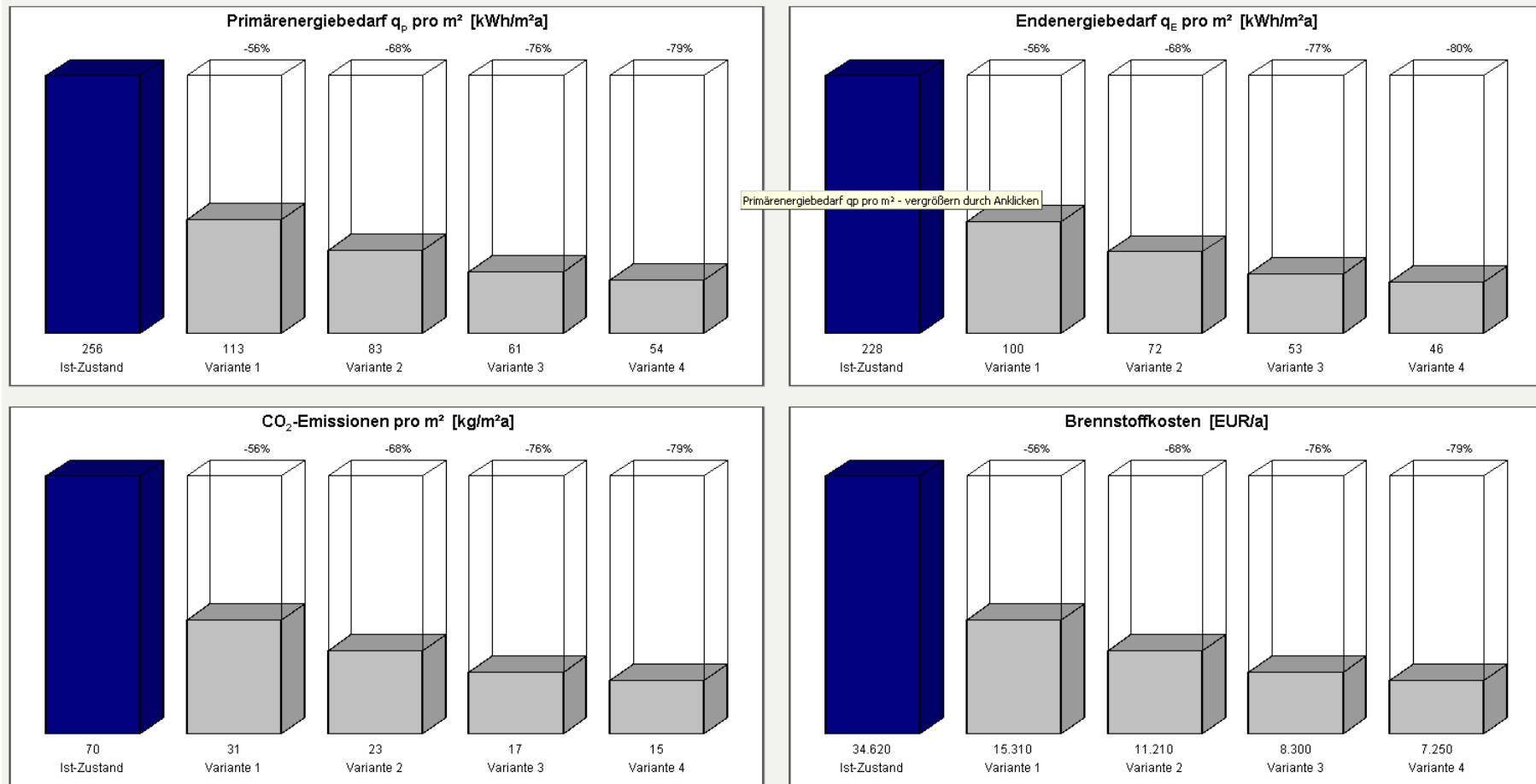


Abbildung 9: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-,  $CO_2$ - und Brennstoffkostenreduktionen

## 4.7 Sanierungsempfehlungen

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