

**BEZIRKSAMT TREPTOW-KÖPENICK VON BERLIN**  
**KLIMASCHUTZ-TEILKONZEPT FÜR 42 LIEGENSCHAFTEN**

**TURNHALLE, NEUE KRUGALLEE 219**

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](mailto:berlin@csdingenieure.de)  
[www.csdingenieure.de](http://www.csdingenieure.de)

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>BASISDATEN DER TURNHALLE IN DER NEUEN KRUGALLEE 219</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.</b>	<b>BEWERTUNG DES IST-ZUSTANDS DES GEBÄUDES</b>	<b>11</b>
3.1	Fotodokumentation	11
3.2	Vorbemerkung	13
3.3	Gebäudehülle	13
3.3.1	Vorbemerkung	13
3.3.2	Bodenplatte	13
3.3.3	Decke über unbeheizten Kellerräumen	13
3.3.4	Außenwände	13
3.3.5	Fenster	14
3.3.6	Außentüren	14
3.3.7	Oberste Geschossdecke	14
3.3.8	Gesamteinschätzung Gebäudehülle	14
3.4	Technische Anlagen	15
3.4.1	Bestandsaufnahme	15
3.4.2	Energetische Beurteilung der technischen Anlagen	15
3.5	Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich	16
3.6	Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes	17
<b>4.</b>	<b>ENERGIESPARMAßNAHMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN</b>	<b>19</b>
4.1	Grundlegendes	19
4.2	Sanierung der Gebäudehülle	19
4.2.1	Bodenplatte	19
4.2.2	Decke über unbeheizten Kellerräumen	20
4.2.3	Außenwände	20
4.2.4	Fenster	20
4.2.5	Außentüren	20
4.2.6	Oberste Geschossdecken	21
4.3	Sanierung der technischen Anlagen	21
4.3.1	Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage	21
4.3.2	Beleuchtung	21
4.3.3	Abluftventilatoren	21
4.3.4	Energieträger	22
4.4	Schätzung der Investitionskosten	22
4.5	Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	24
4.6	Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	24
4.7	Sanierungsempfehlungen	28

## TABELLENVERZEICHNIS

<b>Tabelle 1:</b> Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Fernwärmeverbrauch und den Stromverbrauch der Turnhalle in der Neuen Krugallee 219	9
<b>Tabelle 2:</b> Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung	16
<b>Tabelle 3:</b> Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs	16
<b>Tabelle 4:</b> Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle	23
<b>Tabelle 5:</b> Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	24
<b>Tabelle 6:</b> Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	25
<b>Tabelle 7:</b> Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (Kosten inkl. Mehrwertsteuer)	26

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<b>Abbildung 1:</b> Fernwärmeverbrauch der Turnhalle in der Neuen Krugallee 219 in den Jahren 2011 bis 2013	7
<b>Abbildung 2:</b> Produzierte Treibhausgasemissionen (CO <sub>2</sub> ) infolge Fernwärmeverbrauch	7
<b>Abbildung 3:</b> Stromverbrauch der Turnhalle in der Neue Krugallee 219 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 der Turnhalle	17
<b>Abbildung 7:</b> Energiebilanz für den Ist-Zustand der Turnhalle	17
<b>Abbildung 8:</b> Beurteilung des Ist-Zustandes der Turnhalle (bei Ansatz der Standard-Innentemperatur von 19°C)	18
<b>Abbildung 9:</b> Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO <sub>2</sub> - und Brennstoffkostenreduktionen	27

## QUELLENVERZEICHNIS

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

## 2. Basisdaten der Turnhalle in der Neuen Krugallee 219

### 2.1 Objektbeschreibung

---

Bezeichnung des Objekts: Turnhalle in der Neuen Krugallee 219

Foto des Objekts:



Standort: Neue Krugallee 219, 12437 Berlin

Nutzung: Sportvereine

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude  
mit Untergeschoss, Erdgeschoss und 1 Obergeschoss

Bruttogrundfläche: 1485 m<sup>2</sup>

Baujahr: 1965

Sanierung Gebäudehülle: 2001 Austausch der Fenster und Eingangstüren

Sanierung haustechnische Anlagen: Es liegen keine Informationen über Sanierungen vor

Heizenergieträger: Fernwärme

Warmwasserbereitung: Speicherladesystem mit Zirkulation, Energieträger Fernwärme

Lüftung: Überwiegend Freie Lüftung, Sanitärräume Abluftventilatoren

Angaben zum Leerstand: durchgehend genutzt, am Wochenende teilweise Wettkämpfe

Bestandsunterlagen: Aktuelle Grundrisse

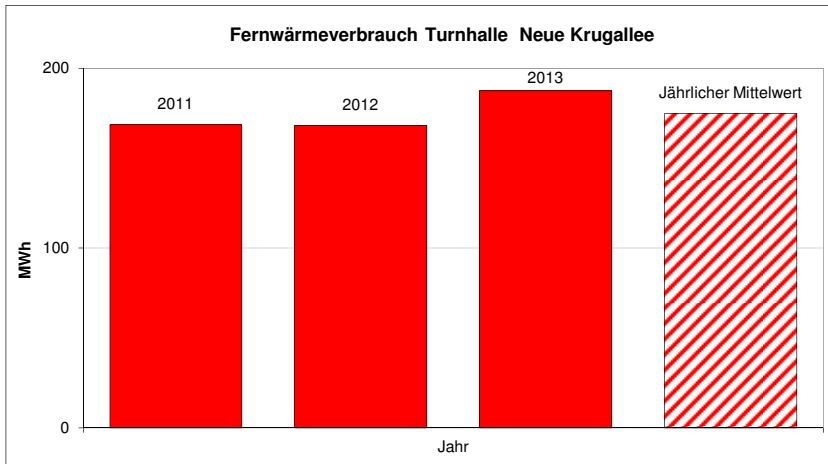
Datum Objektbegehung: 28.05.2014

---

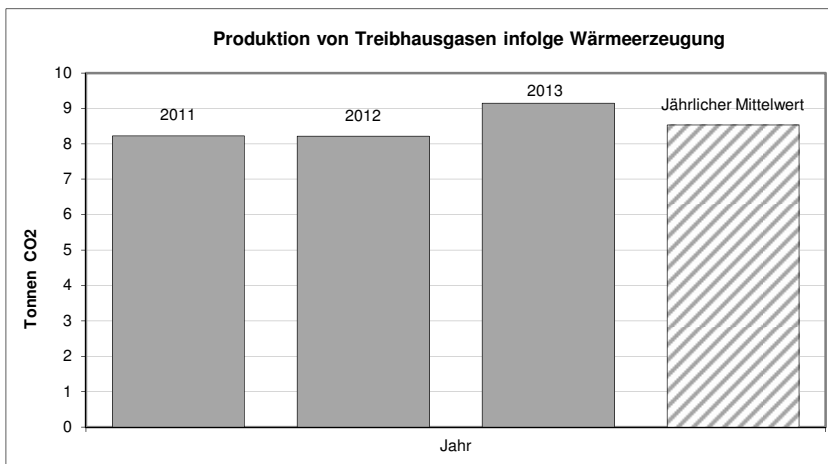
## 2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

### 2.2.1 Wärme

Die Turnhalle in der Neuen Krugallee 219 wird mit Fernwärme der BTB Blockheizkraftwerks- Träger- und Betreibergesellschaft mbH Berlin versorgt. Bis auf das Untergeschoss wird das gesamte Gebäude beheizt. Im folgenden Diagramm ist der Wärmeverbrauch für die Turnhalle für die Jahre 2011-2013 angegeben.



**Abbildung 1:** Fernwärmeverbrauch der Turnhalle in der Neuen Krugallee 219 in den Jahren 2011 bis 2013



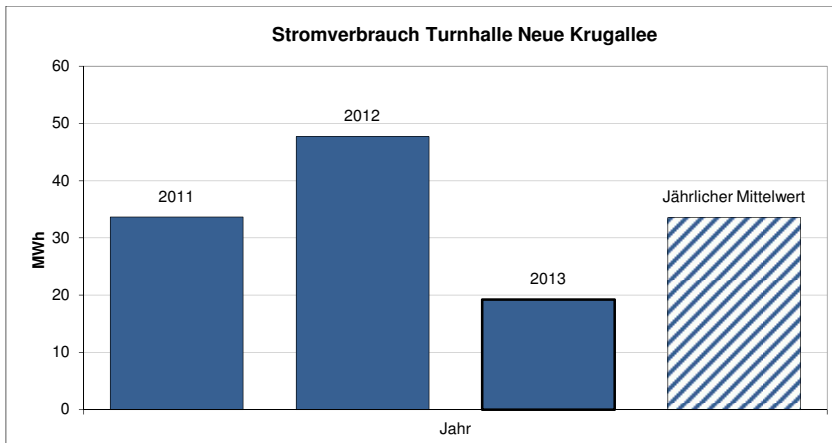
**Abbildung 2:** Produzierte Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>) infolge Fernwärmeverbrauch<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laut BTB Blockheizkraftwerks- Träger- und Betreibergesellschaft mbH Berlin entstehen infolge 1 MWh Fernwärmeverbrauch 48,8 kg des Treibhausgases CO<sub>2</sub>.

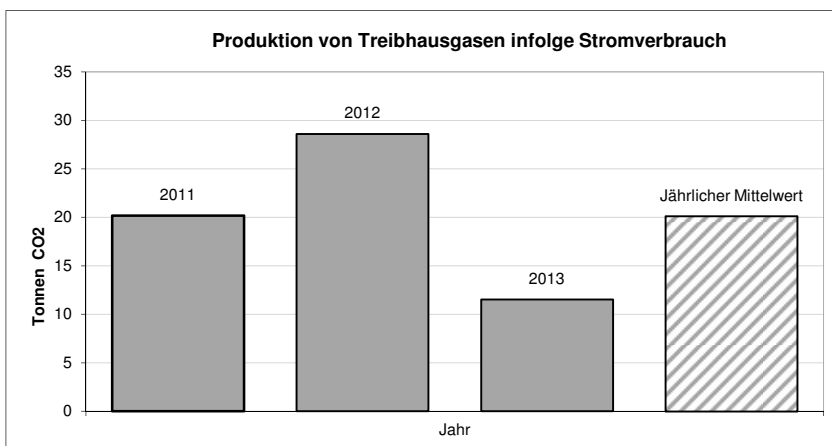


## 2.2.2 Strom

Für die Jahre 2011-2013 wurden die nachstehend dargestellten Stromverbräuche für die Turnhalle abgerechnet. Abbildung 4 zeigt die infolge der Stromherstellung produzierten Treibhausgasemissionen. Der Stromverbrauch im Jahr 2012 war wesentlich höher als in den anderen beiden betrachteten Jahren. Dies liegt vermutlich daran, dass im Jahr 2012 nach Auskunft eines der Platzwarte ein neues Funktionsgebäude für den Sportplatz in der Neuen Krugallee angebaut wurde. Eine Erklärung warum der Verbrauch im Jahr 2013 deutlich unter dem Verbrauch aus dem Jahr 2011 liegt konnte nicht gegeben werden.



**Abbildung 3:** Stromverbrauch der Turnhalle in der Neue Krugallee 219 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.

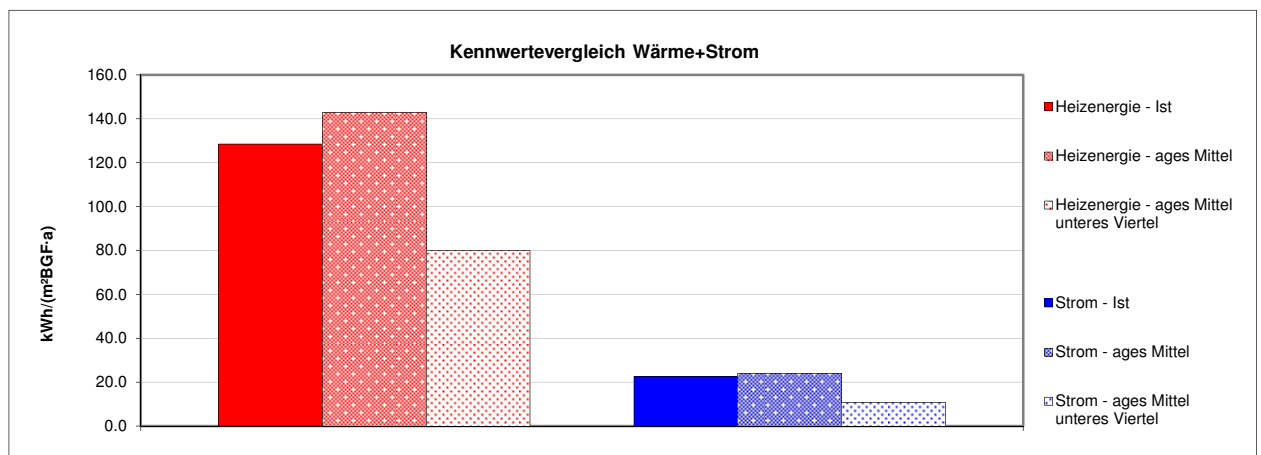
## 2.2.3 Energiekennzahlen des Gebäudes

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 den entsprechenden Vergleichswerten für Sporthallen (1000-2000m<sup>2</sup>) gegenübergestellt. Abbildung 5 verdeutlicht die Relationen grafisch.

**Tabelle 1:** Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Fernwärmeverbrauch und den Stromverbrauch der Turnhalle in der Neuen Krugallee 219

		ages - Arithm. Mittel	ages - Arithm. Mittel des besten Viertels
Heizenergieverbrauch - kWh/(m <sup>2</sup> <sub>BGfA</sub> )*	128,5	143,0	80,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m <sup>2</sup> <sub>BGfA</sub> )	6,3	7,0	3,9
Stromverbrauch - kWh/(m <sup>2</sup> <sub>BGfA</sub> )	22,6	24,0	11,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m <sup>2</sup> <sub>BGfA</sub> )	13,5	14,4	6,6

\* Der Heizenergieverbrauch wurde witterungsbereinigt und enthält die für die Warmwasserbereitung erforderliche Wärmemenge. Diese wurde mangels Abrechnung entsprechend den Regeln des BMVBS zur Ermittlung von Energieverbrauchswerten 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

Die Turnhalle in der Neuen Krugallee 219 verbraucht damit etwas weniger Heizenergie als von ages GmbH für deutsche Turnhallen mit 1000-2000 m<sup>2</sup> im Mittel erfasst wurde. Ursache hierfür ist vermutlich die Verbesserung des energetischen Standards der Gebäudehülle durch die Erneuerung der Fenster und Eingangstüren im Jahr 2001 und die Tatsache, dass die Turnhalle nicht ganztägig genutzt wird. Verglichen mit dem Mittelwert des besten Viertels des entsprechenden deutschen Gebäudebestands zeigt sich jedoch noch ein deutliches Einsparpotential für den Heizenergieverbrauch und die zugehörigen Treibhausgasemissionen. Setzt man das arithmetische Mittel des besten Viertels des Turnhallenbestandes als Zielgröße für den Heizenergieverbrauch, so berechnet sich das Kosteneinspar-

<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.

potential bei einem Kostenansatz von 0,103 €/kWh<sup>4</sup> für Fernwärme zu 7300 €/Jahr. Für die Treibhausgasemissionen infolge des Heizwärmeverbrauchs berechnet sich entsprechend ein Einsparpotential von 38%.

Der mittlere jährliche Stromverbrauch der Turnhalle liegt ebenso knapp unterhalb des von ages GmbH für deutsche Turnhallen mit 1000-2000m<sup>2</sup> im Mittel erfassten Stromverbrauchs, jedoch oberhalb des Mittelwerts des besten Viertels. Aus Alter und Sanierungsumfang der Turnhalle in der Neuen Krugallee 219 lässt sich auf ein Einsparpotential beim Strom und daraus folgend bei den Treibhausgasen schließen. Unter Ansatz des arithmetischen Mittels des besten Viertels des Turnhallenbestandes als Zielgröße für den Stromverbrauch der Turnhalle Neue Krugallee und einem aktuellen mittleren Kostenansatz von 0,246 €/kWh für Strom berechnet sich das Kosteneinsparpotential für die Turnhalle zu etwa 4200 €/Jahr. Für die Treibhausgasemissionen infolge des Stromverbrauchs berechnet sich entsprechend ein Einsparpotential von 51%.

---

<sup>4</sup> Der Kostenberechnung wurde der Energiepreis der letzten Verbrauchsabrechnung des Objekts zugrunde gelegt: Fernwärme: i.H.v. 10,26 ct/kWh, Strom i.H.v. 24,6 ct/kWh, jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

## 3. Bewertung des Ist-Zustands des Gebäudes

### 3.1 Fotodokumentation



Süd-West-Ansicht



Nord-West-Ansicht



Nord-Ost-Ansicht



Nord-Ost-Ansicht



Süd-Ost-Ansicht



Zustand Notausgangstür



Blick in die Halle



Schimmelpilz an Fensterrahmen in einem Sanitärraum



Zustand Stahlträger in einem Sanitärraum



Abblätterungen an der Innenseite der Außenwand



Fernwärmestation im Untergeschoss der Halle



Buderus Warmwasserspeicher

## 3.2 Vorbemerkung

Die Turnhalle in der Neuen Krugallee 219 wurde im Jahr 1965 in der ehemaligen DDR in Stahlbetonskelettbauweise errichtet. Im Jahr 2012 wurde ein neues Funktionsgebäude für den Sportplatz, der hinter der Turnhalle liegt, an die Nord-West Fassade der Turnhalle angebaut.

In der Turnhalle wird von dem Boxverein SV Stahl Schönevide e.V. an 5 Tagen in der Woche trainiert. Zusätzlich wird die Halle dienstags vom Jugendprojekt Kick im Boxing genutzt.

An den Fensterrahmen und am Fußboden der Duschräume der Turnhalle sind Schimmelpilzbildungen zu sehen. Dies lässt darauf schließen, dass die Sanitärräume nicht ausreichend belüftet werden.

## 3.3 Gebäudehülle

### 3.3.1 Vorbemerkung

Für die Turnhalle in der Neuen Krugallee 219 liegen neben Grundrissen keine weiteren Bauunterlagen mehr vor. Entsprechend den Vorschriften des Merkblatts zur Erstellung von Klimaschutzteilkonzepten des BMU wurden die Bauteildaten daher überschlägig anhand von Bauteiltypologien erhoben. Als Datengrundlage wurden dabei die Datenaufnahmeregeln des BMVBS für Nichtwohngebäude [1] verwendet. Aufgrund ähnlich strenger Wärmeschutzvorschriften in Ost- und Westdeutschland (die lediglich etwas zeitlich versetzt in Kraft traten) können die Datenaufnahmeregeln abschätzend sowohl für Gebäude in der ehemaligen DDR als auch der ehemaligen BRD verwendet werden.

### 3.3.2 Bodenplatte

Für den an das Erdreich angrenzenden Fußboden ist davon auszugehen dass er dem Standard von 1965 entspricht. Gemäß [1] ist von einem U-Wert von  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  auszugehen. Ein gewisser Wärmeschutz ist damit bereits vorhanden, die heutigen Anforderungen sind jedoch höher.

### 3.3.3 Decke über unbeheizten Kellerräumen

Die Turnhalle ist teilweise unterkellert. Der Keller ist unbeheizt. Für die massiven Geschossdecken über den unbeheizten Kellerräumen ist nach [1] ebenfalls ein U-Wert von  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  anzusetzen. Auch für die Kellerdecken ist damit bereits ein gewisser Wärmeschutz vorhanden, die heutigen Anforderungen werden jedoch nicht erreicht.

### 3.3.4 Außenwände

Die Halle wurde in Stahlbetonskelettbauweise errichtet. Für die massiven Außenwände wird gemäß [1] ein U-Wert von  $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  angesetzt. Die Wärmeschutzqualität der Außenwände ist damit deutlich schlechter als der derzeitige Anspruch an die Wärmeschutzeigenschaften von Wänden. Die Fassade weist eine geringe Zahl an schadhafte Stellen wie Risse und Fehlstellen auf. In einigen Bereichen wurde der Putz bereits erneuert.

### 3.3.5 Fenster

Bis auf die Kellerfenster, wurden alle Fenster der Turnhalle im Jahr 2001 erneuert.

In der Halle wurden 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Metallrahmen verbaut. Für diese wird gemäß [1] ein U-Wert von  $1,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  angesetzt. Bei den übrigen Fenstern handelt es sich um 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Holzrahmen. Gemäß [1] wird von einem U-Wert von  $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ausgegangen. Der bauliche Zustand der Fenster ist als gut zu bewerten. Auch der wärmetechnische Zustand der Fenster liegt nur knapp über den heutigen Anforderungen.

Die Holzrahmen der 1-fach verglasten Fenster des unbeheizten Kellers sind in einem schlechten Zustand und sollten aufbereitet werden.

### 3.3.6 Außentüren

Bei den Eingangstüren auf der Süd-West und der Nord-Ost Seite der Turnhalle handelt es sich um im Jahr 2001 erneuerte Holztüren mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen. Der Schutzanstrich befindet sich bereits in einem schlechten Zustand und sollte erneuert werden.

Bei der Notausgangstür auf der Süd-West Seite des Gebäudes handelt es sich um eine Metalltür. Die Metalltür weist großflächige Roststellen auf. Da keine weiteren Informationen zur Wärmeschutzqualität der Türen vorliegen wird für die Türen vereinfacht gemäß [1] ein U-Wert von  $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  angesetzt, auch wenn der U-Wert der Eingangstüren voraussichtlich etwas besser ist.

### 3.3.7 Oberste Geschossdecke

Das Dach der Turnhalle in der Neuen Krugallee 219 wurde in Leichtbauweise erstellt und ist ungedämmt ausgeführt. Aufgrund der Belüftungsöffnungen in den Außenwänden ist davon auszugehen, dass es sich um ein belüftetes Dach handelte. Ob das Dach derzeit noch belüftet wird ist jedoch nicht bekannt. Den oberen Abschluss der thermischen Hülle bildet die Decke oberhalb der Halle und der Räume im ersten Obergeschoss.

Bei der Decke handelt es sich um eine massive Stahlbetondecke. Für diese wird gemäß [1] ein U-Wert von  $2,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  angesetzt. Der wärmetechnische Zustand der Decke liegt damit deutlich über den heutigen Anforderungen.

### 3.3.8 Gesamteinschätzung Gebäudehülle

Kein Außenbauteil erfüllt die Anforderungen, die nach der aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV 2014 an zu sanierende Bauteile eines Nichtwohngebäudes gestellt werden. Die wärmetechnische Qualität der Gebäudehülle im derzeitigen Zustand ist insgesamt nicht ausreichend. Es besteht daher erhebliches Energieeinsparungspotential. Viel Wärme geht aufgrund der großen Flächenanteile über die massiven Außenwände und über die oberste Geschossdecke 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 Technische Anlagen

### 3.4.1 Bestandsaufnahme

Die Turnhalle wird über Fernwärme der BTB Blockheizkraftwerks- Träger- und Betreibergesellschaft mbH Berlin beheizt. Die Fernwärmestation ist im Untergeschoss der Turnhalle außerhalb der thermischen Hülle untergebracht. Alle erforderlichen Regel-, Mess- und Absperrrichtungen sowie der Plattenwärmetauscher für die Heizung sind dort integriert. Zum Alter der Fernwärmestation liegen keine Informationen vor. Die Umwälzpumpe des Heizungswassers stammt von der Firma Grundfos. Die Dämmung der Wärmeleitungen in dem unbeheizten Keller wurde teilweise erneuert. Die alte Mineralwolle-Dämmung weist große Fehlstellen auf und sollte deshalb ertüchtigt werden.

Die Wärmeübergabe an die Räume erfolgt durch überwiegend an den Außenwänden angeordnete Gliederheizkörper mit Thermostatventilen. In der Halle sind die Heizkörper zum Schutz hinter einer Verkleidung untergebracht.

Die Warmwasserbereitung und –speicherung für die Duschen und Waschbecken in den Sanitärräumen der Turnhalle erfolgt mittels eines indirekt ebenfalls über Fernwärme beheizten Buderus Logalux Warmwasserspeichers mit einem Volumen von 500 Litern. Die Versorgung der Zapfstellen erfolgt mittels Zirkulation. Die eingebaute Zirkulationspumpe stammt von der Firma Wilo.

In den Umkleidekabinen und Sanitärräumen der Turnhalle sind Abluftventilatoren installiert.

Die Beleuchtungsanlage der Sporthalle besteht aus Deckenleuchten mit stabförmigen Leuchtstofflampen, die mit verlustarmen oder konventionellen Vorschaltgeräten ausgestattet sind. Informationen über Erneuerungen der Beleuchtungsanlage liegen laut Aussage des Platzwartes nicht vor. In den Sanitärräumen wird die Beleuchtung über Präsenzmelder gesteuert.

### 3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen

Da die für die Heizwärmeerzeugung verwendete Fernwärme der Firma BTB zu über 90% aus Kraft-Wärme-Kopplung gewonnen wird, handelt es sich um einen primärenergetisch sehr günstigen Energieträger, der vom Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) auf eine Stufe mit erneuerbaren Energien gestellt wird. Ein Wechsel des Energieträgers ist somit nicht angezeigt. Die Anlagenkomponenten selbst sind teilweise bereits in die Jahre gekommen. Es wird unter anderem empfohlen die Umwälzpumpe durch ein Hocheffizienzgerät zu ersetzen. Die Dämmung der Wärmeleitungen wurde teilweise bereits erneuert. Die nicht erneuerte Wärmedämmung weist größere Fehlstellen auf und sollte an den derzeitigen energetischen Standard angepasst werden.

Die Beleuchtungsanlage der Turnhalle wurde in den letzten Jahren nicht erneuert und verfügt deshalb nicht über die derzeit mögliche Energieeffizienz. Eine Modernisierung ist daher empfehlenswert.



## 3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich

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

**Tabelle 2:** Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung

Gebäudeparameter	Eingabegröße
Klimareferenzort	Potsdam
Raumtemperatur	15°C (statt Norm-Standardtemperatur von 19°C, um Bedarfs- Verbrauchsabgleich zu erfüllen und da die Halle nicht ganztägig genutzt wird)
Luftwechselrate	0,7/h
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	5,0 W/m <sup>2</sup>
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m <sup>2</sup> K)
Heizungsanlage	Fernwärmestation
Warmwasserbedarf	9,4 MWh/a <sup>5</sup>

Zur Validierung bzw. Kalibrierung der Eingabewerte wurde ein Bedarfs-/Verbrauchsabgleich durchgeführt. In der folgenden Tabelle sind der berechnete Heizenergiebedarfswert sowie der Verbrauchswert für die Turnhalle zusammengestellt. Sie zeigen eine gute Übereinstimmung (Abweichung < 10%), so dass davon auszugehen ist, dass die Energiebedarfsberechnung den energetischen Zustand gut abbildet.

**Tabelle 3:** Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs<sup>6</sup>

Berechneter Endenergiebedarf Fernwärme MWh/a	188,6
Witterungskorrig. Fernwärmeverbrauch MWh/a	190,8

<sup>5</sup> Berechnung mit Hilfe des Ansatzes nach DIN V 18599-10:2011-12 Tab.7 für Sportanlage mit Dusche, Personenanzahl von 20 Personen pro Tag gemäß Aussage des Platzwartes abgeschätzt

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

## 3.6 Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes

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

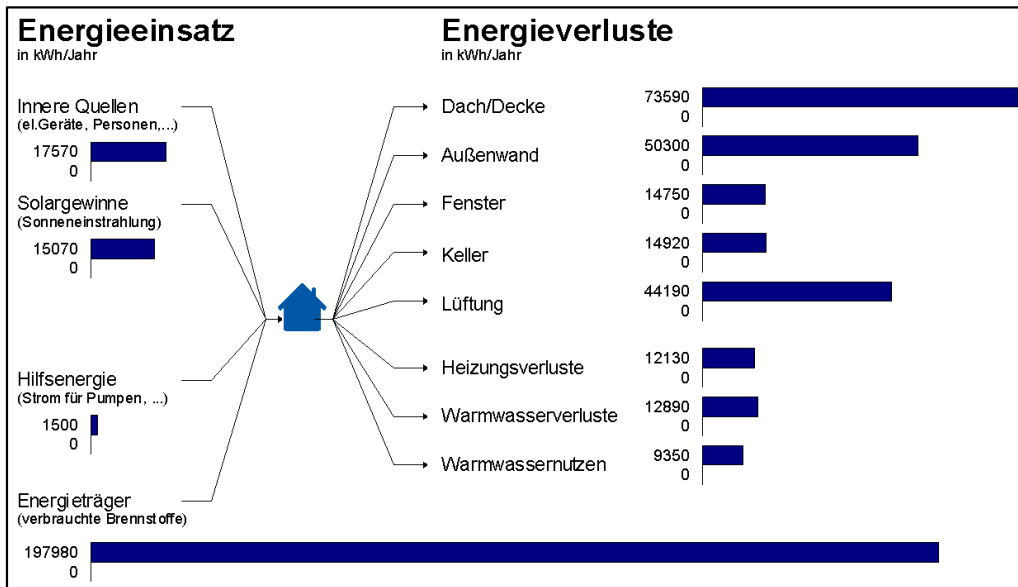


Abbildung 6: Energieeinsatz und -verluste für den Ist-Zustand der Turnhalle

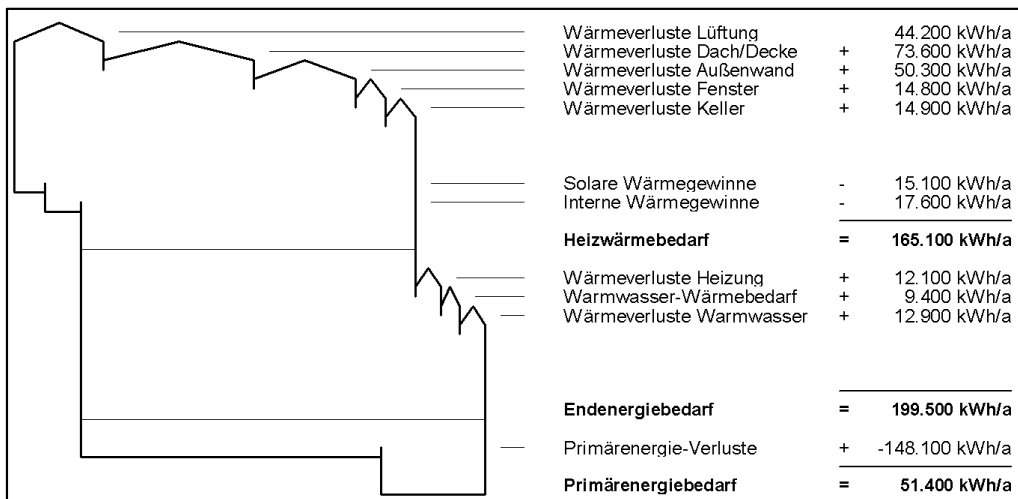
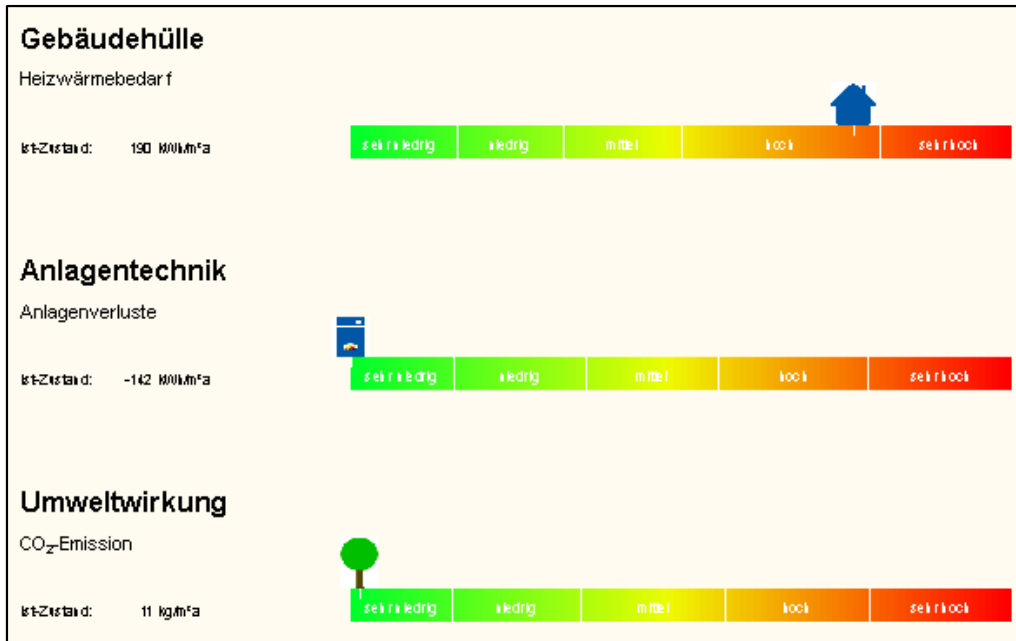


Abbildung 7: Energiebilanz für den Ist-Zustand der Turnhalle

Die folgende Grafik stuft den energetischen Zustand der Gebäudehülle und der technischen Anlagen sowie den Umfang der Treibhausgasemissionen der Turnhalle anhand der Berechnungsergebnisse anschaulich und übersichtlich ein. Für die Anlagentechnik wird hierbei der Primärenergiebedarf bewertet.<sup>7</sup> Alle drei verglichenen Werte beziehen sich auf die rechnerische Energiebezugsfläche des Gebäudes.



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

In der Einstufung des Heizwärmebedarfs im hohen Bereich spiegelt sich die Tatsache wieder, dass bis auf die Erneuerung der Fenster und Türen keine Sanierungen an der Gebäudehülle vorgenommen wurden. Es zeigt sich demnach ein hohes Einsparpotenzial.

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. Aufgrund des Zustandes der Heizungsanlage besteht dennoch ein weiteres Einsparpotenzial.

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.

<sup>7</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.

## 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 und ihres Angrenzens an das Erdreich nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Dennoch wäre es energetisch günstig, sie oberseitig mit einer druckfesten Dämmung zu versehen. Die für die Sanierung erforderliche lichte Höhe in der Halle ist ausreichend. Es ist zu beachten, dass diese Maßnahme mit vorübergehenden Nutzungseinschränkungen und ggf. erforderlichen Anpassungsmaßnahmen einhergeht. Bereits mit einer 4 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 12 cm dicke Dämmung gleicher WLG 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 Decke über unbeheizten Kellerräumen

Über die ungedämmte Kellerdecke zu unbeheizten Kellerräumen geht aufgrund ihres Angrenzens an unbeheizte Räume (statt Außenluft) und des geringen Flächenanteils relativ wenig Heizenergie verloren. Dennoch empfiehlt sich die nur mit einem geringen finanziellen und technischen Aufwand verbundene unterseitige Dämmung der Decke. Mit einer mindestens 9 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird für die Kellerdecke der aktuell erforderliche wärmetechnische Standard und mit einer 11 cm Dämmung der KfW-Standard erreicht. In Bereichen in denen die Rohrleitungen unterhalb der Decke installiert sind und der Abstand zur Decke für die empfohlenen Dämmdicke nicht ausreicht, sollte geprüft werden ob es wirtschaftlich ist die Rohrleitungen zu versetzen oder in diesen Bereichen die Dämmdicke zu reduzieren.

→ **Sanierung empfohlen**

## 4.2.3 Außenwände

Die Außenwandelemente sind entsprechend ihrer großen Fläche für einen großen Teil der Wärmeverluste durch die Gebäudehülle verantwortlich. Da sie jedoch bereits gedämmt ausgeführt wurden, sind ihre wärmetechnischen Eigenschaften deutlich besser als bei ungedämmten Wänden. Zur Sanierung wird empfohlen, ein außenseitiges Wärmedämmverbundsystem auszuführen, das aufgrund der großflächigen Fassadengestaltung vergleichsweise einfach und damit kostengünstig aufzubringen ist. Bereits mit einer 15 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird die über die gesetzliche Anforderung der EnEV hinausgehende erhöhte Anforderung der KfW erreicht.<sup>8</sup>

→ **Sanierung empfohlen**

## 4.2.4 Fenster

Die gesamten Fenster der Turnhalle in der Neuen Krugallee 219 wurden im Jahr 2001 erneuert und gegen 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Holz- oder Metallrahmen ersetzt. Die Fenster sind in einem guten Zustand. Eine Sanierung der Fenster ist derzeit folglich nicht erforderlich.

Die Holzrahmen der Fenster des unbeheizten Kellers sind in einem schlechten Zustand. Aus diesem Grund wird empfohlen die Rahmen aufzuarbeiten.

→ **Sanierung derzeit nicht empfohlen**

## 4.2.5 Außentüren

Aufgrund ihrer anteilig sehr geringen Fläche geht über die Außentüren nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Die beiden Eingangstüren wurden ebenfalls im Jahr 2001 durch Holztüren mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen ersetzt. Ein Austausch der Türen wird derzeit nicht empfohlen, jedoch sollte der Schutzanstrich erneuert werden.

Die Notausgangstür sollte jedoch insbesondere im Rahmen einer Fassadensanierung durch eine Tür 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. Die derzeit verbaute Tür weist auf der Außenseite großflächige Roststellen auf, ihre Oberfläche wäre andernfalls dringend zu überarbeiten.

→ **Sanierung teilweise empfohlen**

---

<sup>8</sup> Ggf. muss die Dämmstoffdicke zur Berücksichtigung von Wärmebrücken infolge Dübeln geringfügig vergrößert werden.

## 4.2.6 Oberste Geschossdecken

Bei der Decke oberhalb der Halle und der Umkleide- und Sanitärräume handelt es sich, um eine Decke in Massivbauweise. Aufgrund ihrer anteilig großen Fläche geht über die Decke auch ein relativ großer Wärmeanteil verloren. Der Einspareffekt für Energie und Treibhausgasemissionen infolge der Dämmung der Decke ist demnach ebenfalls relativ groß. Aus diesem Grund wird empfohlen die Decke oberseitig zu dämmen. Um die über die gesetzliche Anforderung der EnEV hinausgehende erhöhte Anforderung der KfW zu erfüllen, wäre eine 24 cm starke oberseitige Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 erforderlich. Über eine Dämmung der Decke liegen keine Informationen vor. Sollte die Decke oberseitig bereits gedämmt worden sein, kann die empfohlene Dämmdicke entsprechend der Dicke und Qualität der vorhandenen Dämmung reduziert werden.

→ **Sanierung empfohlen**

## 4.3 Sanierung der technischen Anlagen

### 4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage

Eine Sanierung der Heizungsanlage in energetischer Hinsicht ist größtenteils nicht erforderlich. Einige Anlagenkomponenten der Mess- und Regeltechnik sind in den letzten Jahren bereits erneuert worden. In naher Zukunft stehen aber zum Beispiel Erneuerungsinvestitionen bei der Umwälzpumpe des Heizungswassers an. Es wird empfohlen nach Erreichen der Lebensdauer der Pumpe ein Hocheffizienzgerät einzubauen. Darüber hinaus wird empfohlen, die bisher nicht bzw. ungenügend gedämmten Abschnitte der Wärmeleitungen zu dämmen. Bei der zukünftigen Planung von Erneuerungen sind die Anforderungen der dann gültigen Energieeinsparverordnung an Verteilungseinrichtungen und Warmwasseranlagen zu beachten. Es sollten weiterhin die technischen Mindestanforderungen der KfW berücksichtigt werden, um der übergeordneten Zielsetzung des Niedrigstenergieverbrauchs Rechnung zu tragen.

→ **Sanierung eingeschränkt empfohlen**

### 4.3.2 Beleuchtung

Es wird empfohlen die alte Beleuchtung 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 Sanitär- und Umkleideräumen ist bereits eine präsenzabhängige Steuerung der Beleuchtung installiert, in den Fluren wird empfohlen diese ebenfalls zu installieren.

→ **Sanierung empfohlen**

### 4.3.3 Abluftventilatoren

In den Sanitärräumen der Turnhalle sind Abluftventilatoren installiert. Dennoch sind an den Fensterrahmen und am Fußboden der Duschräume Schimmelpilzbildungen vorzufinden. Die aktuell praktizierte Be- und Entlüftung der Sanitärräume ist demnach nicht ausreichend. Es sollte geprüft werden ob die Abluftventilatoren für die Nutzung ausreichend dimensioniert sind. Des Weiteren sollten die Abluftventilatoren feuchtegeführt werden, um sich automatisch den Nutzungsbedingungen anzupassen.

## 4.3.4 Energieträger

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

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

Weiterhin könnten die Dachflächen für Solarthermiemodule zur Warmwasserbereitung genutzt werden. Hierfür wäre vorab 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 Gebäudehülle

Sanierungsmaßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
<b>Dämmung der Kellerdecke</b>	Dämmung der Kellerdecke von unten mit einer 11 cm Dämmung der WLG 035 inkl.	Einzelpreis:	47 €/m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Montage der Dämmschicht (Kleben/Dübeln)</li> </ul>	Fläche:	130 m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ inkl. Beschichtung der Dämmung z.B. durch Armierung und Anstrich</li> </ul>	Gesamtpreis:	<b>6.110 €</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anpassung der Dämmschicht an TGA-Installation/Rohrleitung</li> </ul>		
	U-Wert des sanierten Bauteils: <b>U = 0,25 W/(m<sup>2</sup>K)</b>		
<b>Dämmung der obersten Geschossdecke</b>	oberseitige Verlegung einer 24 cm Dämmung der WLG 035	Einzelpreis:	40 €/m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ die Dämmung wird bis auf einzelne Gehwege, als nicht begehbar ausgeführt</li> </ul>	Fläche:	700 m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ inkl. Anarbeiten der Dämmung im Bereich von Schornsteinschächten, aufsteigenden Wänden oder Drempeln, Dachschrägen, Bodentüren und Durchführungen</li> </ul>	Gesamtpreis:	<b>28.000 €</b>
	U-Wert des sanierten Bauteils: <b>U = 0,14 W/(m<sup>2</sup>K)</b>		
<b>Austausch der Notausgangstür</b>	Demontage und Entsorgung der alten Eingangstürelemente, Einbau neuer Türelemente	Einzelpreis:	800 €/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demontage und Entsorgung der alten Türelemente</li> </ul>	Anzahl:	1 Stk
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Türelemente einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial</li> </ul>	Gesamtpreis:	<b>800 €</b>
	U-Wert des sanierten Bauteils: <b>U = 1,30 W/(m<sup>2</sup>K)</b>		
<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:	600 m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Montage des Dämmmaterials mit allem Systemzubehör</li> </ul>	Gesamtpreis:	<b>62.100 €</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>		
Errichtung und Vorhaltung Baugerüst (für ca. 5 Wochen)	Einzelpreis:	8 €/m <sup>2</sup>	
	Fläche:	600 m <sup>2</sup>	
	Gesamtpreis:	<b>4.800 €</b>	
	U-Wert des sanierten Bauteils: <b>U = 0,20 W/(m<sup>2</sup>K)</b>		



**Tabelle 5:** Überblick über mögliche Sanierungsvarianten

Sanierungsmaßnahmen		Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Variante 1	Dämmung der Kellerdecke	Kellerdecke:	6.110 €
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen	Anlagen:	-
			<b>6.110 €</b>
Variante 2	wie Variante 1	Variante 1:	6.110 €
	zusätzlich Dämmung der obersten Geschossdecke	Decke:	28.000 €
			<b>34.110 €</b>
Variante 3	wie Variante 2	Variante 2:	34.110 €
	zusätzlich Austausch der Notausgangstür	Tür:	800 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände	WDVS:	66.900 €
			<b>101.810 €</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.

## 4.6 Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten

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

Den Untersuchungen wurde ein Zeitraum von 40 Jahren zugrunde gelegt, da dies nach [3] der durchschnittlichen Lebensdauer eines Wärmedämmverbundsystems entspricht, welches hier das Sanierungsbauteil mit der geringsten Lebensdauer ist. 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 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.<sup>9</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>10</sup>

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>11</sup>

Aufgrund von Restabweichungen beim Bedarfs-/Verbrauchsabgleich für die Turnhalle, möglichen Preisunterschieden für die Sanierungsleistungen sowie nutzungs- und witterungsbedingten Differenzen, ist nicht auszuschließen, dass die nach Realisierung der Sanierungsmaßnahmen tatsächlich auftretenden Einsparungen größer oder kleiner als berechnet ausfallen.

Die folgende Tabelle fasst wesentliche Eingangsparameter der Wirtschaftlichkeitsberechnungen noch einmal zusammen. In Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Berechnungen zusammengestellt. Abbildung 9 dokumentiert die mit der jeweiligen Sanierungsvariante erzielbaren Einsparungen anschaulich.

**Tabelle 6:** Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Betrachtungszeitraum (lebensdauerbasiert):	40 Jahre	Teuerungsrate Energiepreise:	4%
rechnerische Energiekosten (Ist-Zustand) brutto:	20.682 €	Kalkulationszinssatz:	0%

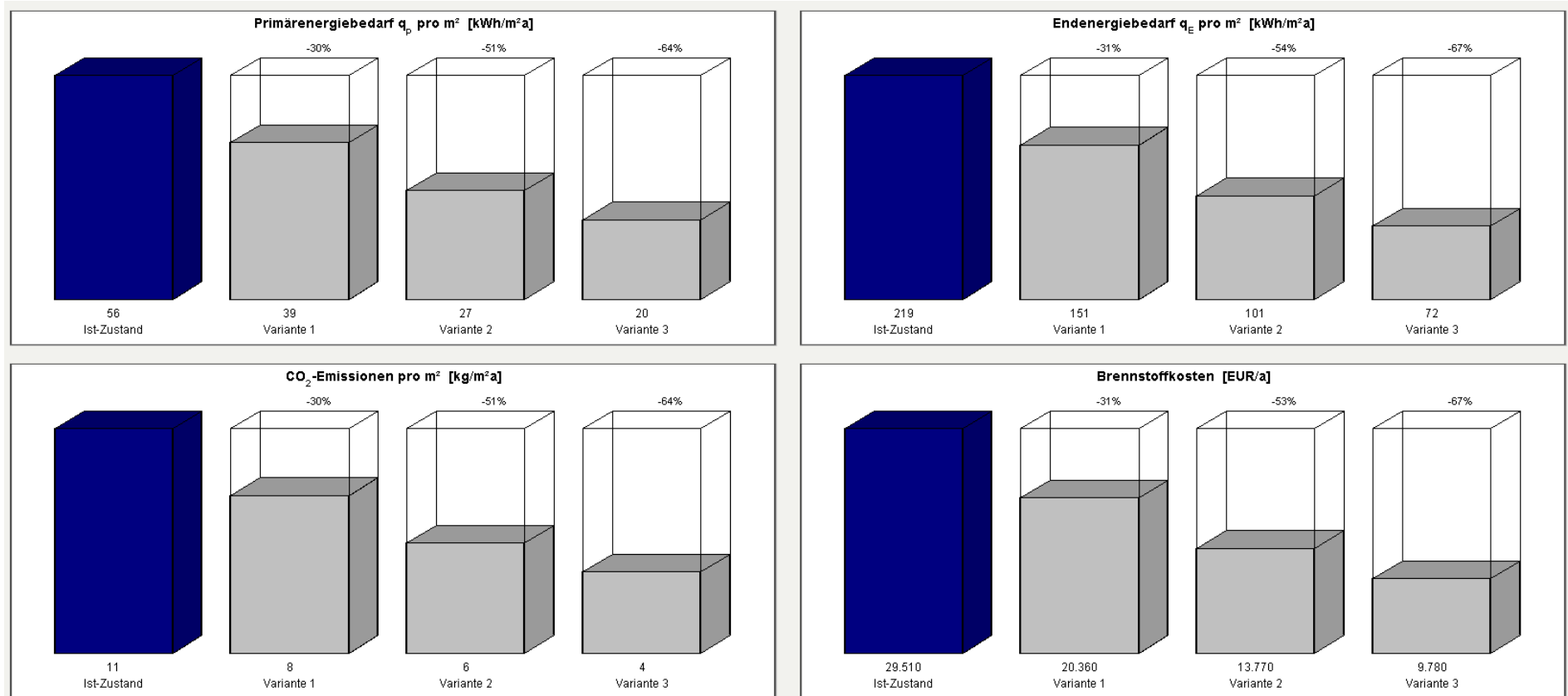
<sup>9</sup> In der verwendeten Berechnungssoftware ist für den Kalkulationszinssatz stets ein Wert > 0 einzugeben, so dass rechnerisch der kleinstmögliche Zinssatz von 0,01% verwendet wird.

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

<sup>11</sup> Fernwärme: 10,26 ct/kWh, Strom: 24,6 ct/kWh, 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)]	Amortisations- dauer [Jahre]	
			Energiekosten- einsparung [€]	Gesamtkosten- einsparung [€]	mittlere jährl. Energiekosteneinsparung [€/Jahr]	Eingesparte Treibhausgase [t]			Energiekosten- einsparung je 1.000 € Investitions- kosten [€]
1	7.271	20.358	32.040	24.769	801	6	4.407	2.302	16
2	40.591	13.767	683.040	642.449	17.076	133	16.827	603	6
3	121.154	9.779	1.077.000	955.846	26.925	210	8.890	1.141	10



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

## 4.7 Sanierungsempfehlungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten zeigen, dass sich die erst Maßnahmenvariante etwa zu dem Zeitpunkt amortisiert hat, zu dem die sanierten Bauteile ein gutes Drittel ihrer Lebensdauer erreicht haben. Die zweite Maßnahmenvariante hat sich bereits amortisiert, wenn die sanierten Bauteile ca. 15 % ihrer Lebensdauer erreicht haben und die dritte Variante, wenn die sanierten Bauteile ein Viertel ihrer Lebensdauer erreicht haben. Aufgrund der Amortisation aller 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. Aufgrund der Förderzielsetzungen nach [2] wird empfohlen, Variante 3 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