

**BEZIRKSAMT TREPTOW-KÖPENICK VON BERLIN**

**KLIMASCHUTZ-TEILKONZEPT FÜR 42 LIEGENSCHAFTEN**

**FUHRPARK, AN DER WUHLHEIDE 161**

Berlin, den 20. Oktober 2014  
BN00149.102

**CSD INGENIEURE GmbH**  
Köpenicker Straße 154a, Aufgang D  
D-10997 Berlin  
t +49 30 69 81 42 78  
f +49 30 65 81 42 77  
e [berlin@csdingenieure.de](mailto:berlin@csdingenieure.de)  
[www.csdingenieure.de](http://www.csdingenieure.de)

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1. AUFGABENSTELLUNG</b>	<b>5</b>
<b>2. BASISDATEN DES FUHRPARKS, AN DER WUHLHEIDE 161</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	14
3.3 Gebäudehülle	14
3.3.1 Vorbemerkung	14
3.3.2 Bodenplatte des Untergeschosses	14
3.3.3 Außenwände	14
3.3.4 Wände gegen nicht beheizte Räume	14
3.3.5 Fenster	14
3.3.6 Außentüren und Hallentore	15
3.3.7 Dachflächen	15
3.4 Haustechnische Anlagen	15
3.4.1 Bestandsaufnahme	15
3.4.2 Energetische Beurteilung der haustechnischen Anlagen	16
3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich	16
3.6 Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes	17
<b>4. ENERGIESPARMAßNAHMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN</b>	<b>19</b>
4.1 Grundlegendes	19
4.2 Sanierung der Gebäudehülle	20
4.2.1 Bodenplatte	20
4.2.2 Außenwände	20
4.2.3 Fenster und Sonnenschutz	21
4.2.4 Außentüren und Hallentore	21
4.2.5 Wände gegen nicht beheizte Räume	21
4.2.6 Dach	21
4.3 Sanierung der technischen Anlagen	21
4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage	21
4.3.2 Beleuchtung	22
4.3.3 Energieträger	22

4.4	Schätzung der Investitionskosten	23
4.5	Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	26
4.6	Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	26
4.7	Sanierungsempfehlungen	31

## TABELLENVERZEICHNIS

<b>Tabelle 1:</b>	Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Fernwärmeverbrauch und den Stromverbrauch des Fuhrparks	9
<b>Tabelle 2:</b>	Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung	17
<b>Tabelle 3:</b>	Ergebnis des Bedarfs-/Verbrauchsabgleichs	17
<b>Tabelle 4:</b>	Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle	24
<b>Tabelle 5:</b>	Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	26
<b>Tabelle 6:</b>	Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	29
<b>Tabelle 7:</b>	Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (alle Kostenangaben inklusive Mehrwertsteuer)	29

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<b>Abbildung 1:</b>	Fernwärmeverbrauch des Fuhrparks in den Jahren 2011-2013	7
<b>Abbildung 2:</b>	Produzierte Treibhausgasemissionen (CO <sub>2</sub> ) infolge Fernwärmeverbrauch	7
<b>Abbildung 3:</b>	Stromverbrauch des Fuhrparks in den Jahren 2011-2013	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>	Annäherung für Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Betriebsgebäudes	18
<b>Abbildung 7:</b>	Annäherung für die Energiebilanz für den Ist-Zustand des Betriebsgebäudes	18
<b>Abbildung 8:</b>	Beurteilung des Ist-Zustandes des Betriebsgebäudes	19
<b>Abbildung 8:</b>	Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO <sub>2</sub> - und Brennstoffkostenreduktionen	30

## 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, Modernisierungleitfaden, 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 Treibhausgasmengen 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 Treibhausgas-einsparungen ermittelt, die Wirtschaftlichkeit der Varianten bewertet und daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet.

## 2. Basisdaten des Fuhrparks, An der Wuhlheide 161

### 2.1 Objektbeschreibung

---

Bezeichnung des Objekts: Fuhrpark des Bezirksamts

Foto des Objekts:



Standort: An der Wuhlheide 161, 12459 Berlin

Nutzung: Seit 1995 Fuhrpark mit integrierten Werkstätten

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude  
Eingeschossig, beheizt

Bruttogrundfläche: 547 m<sup>2</sup>

Baujahr: 1973

Sanierung Gebäudehülle: ca. 1995 Erneuerung der vorderseitigen Fenster, ca. 2000 Erneuerung der Großstore, 2001 Einbau eines neuen Fenster an der Vorderseite

Sanierung haustechnische Anlage.: ca. 2000 Einbau neuer Heizkörper sowie zweier Umluftheizgeräte in der Halle, ca. 2010 Erneuerung der Heizungsumwälzpumpe, 2013 neuer WW-Speicher und neue WW-Zirkulationspumpe, seit 1995 teilweise Erneuerung der Beleuchtungseinrichtungen

Heizenergieerzeugung: Fernwärmeübergabestation

Warmwasserbereitung: Indirekt beheiztes Speicherladesystem, WW-Zirkulation

Lüftung: Freie Lüftung sowie Abluftventilatorenbetrieb in Sanitärbereichen und Halle

Angaben zum Leerstand: Kein Leerstand

Bestandsunterlagen: Aktuelle Grundrisse

Datum Objektbegehung: 22.05.2014

---

## 2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

### 2.2.1 Wärme

Das Fuhrparkgebäude ist ein Fernwärme-Unterabnehmer der benachbarten kleinen Schwimmhalle an der Wuhlheide. Mit Ausnahme zweier rückseitig angebauter Container, die als Lager genutzt werden, werden alle Räume des eingeschossigen Gebäudes beheizt. Die für die Sanitäranlagen und Küche benötigte Warmwasserbereitung erfolgt zentral mittels eines indirekt über das Heizungswasser beheizten Trinkwarmwasserspeichers. Im folgenden Diagramm ist der Wärmeverbrauch des Gebäudes in den Jahren 2011 bis 2013 angegeben.

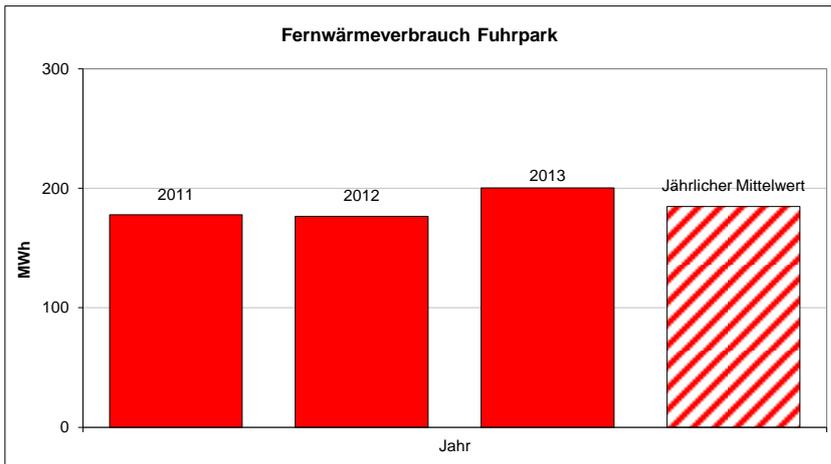


Abbildung 1: Fernwärmeverbrauch des Fuhrparks in den Jahren 2011-2013

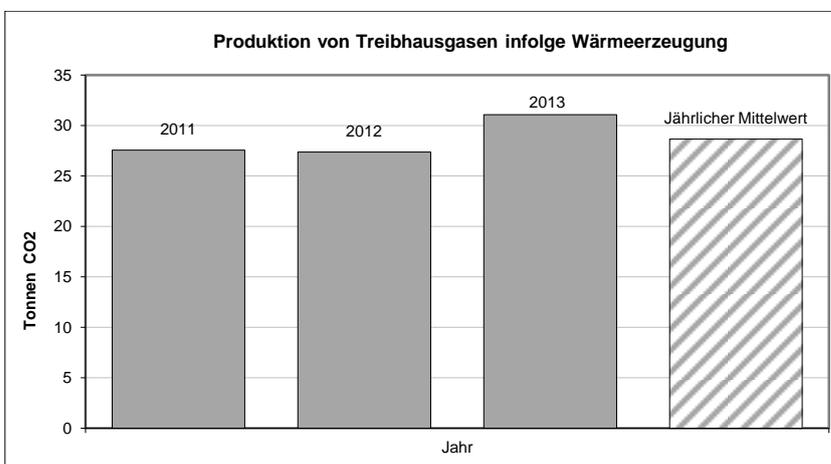


Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>) infolge Fernwärmeverbrauch<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laut Gutachten von 2012 beträgt die CO<sub>2</sub>-Belastung je MWh gelieferter Fernwärme von BTB 48,8 kg/MWh.

## 2.2.2 Strom

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

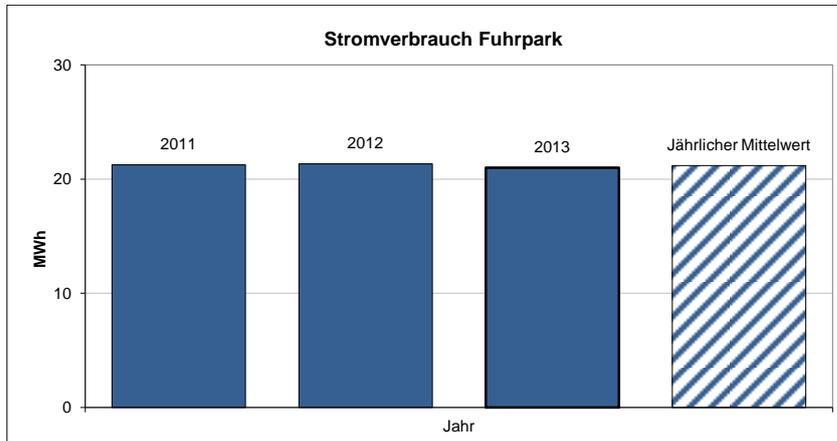


Abbildung 3: Stromverbrauch des Fuhrparks in den Jahren 2011-2013

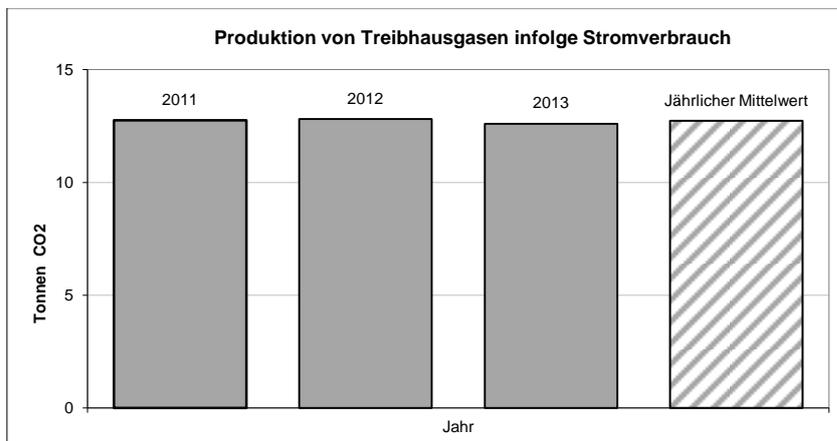


Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO<sub>2</sub>-Äquivalent) infolge Stromverbrauch<sup>2</sup>

<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.

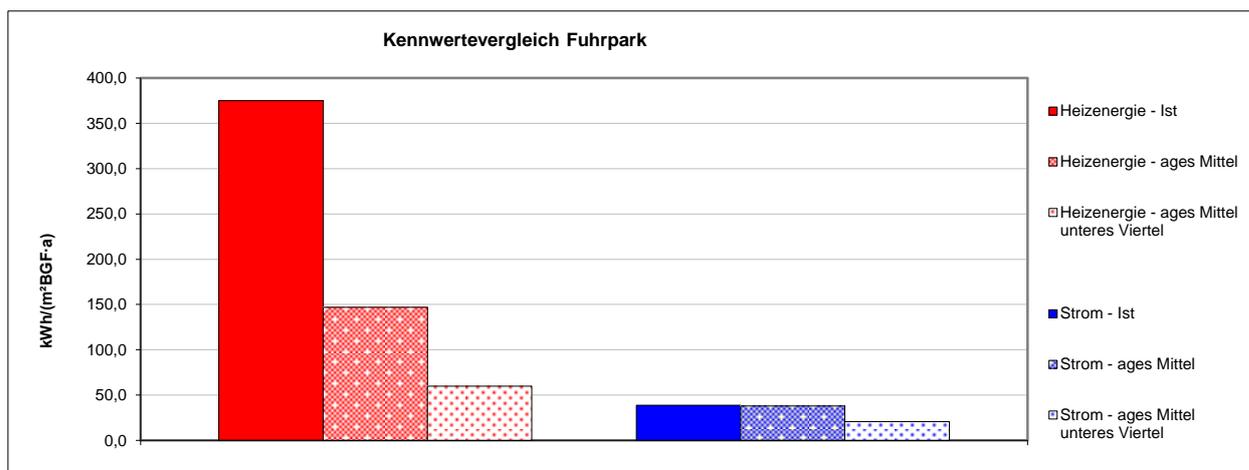
## 2.2.3 Energiekennzahlen des Gebäudes

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 Gebäudenutzungskategorien Heizenergie- und Stromverbrauchswerte erfasst und die Mittelwerte sowie die Mittelwerte des Viertels mit dem geringsten Verbrauch bezogen auf die Bruttogrundfläche des jeweiligen Gebäudes berechnet und veröffentlicht.<sup>3</sup> Für den Vergleich mit dem Gebäude des Fuhrparks an der Wuhlheide, dessen Hauptnutzung in Werkstätten sowie Sanitär- und Pausenräumen stattfindet, eignet sich am ehesten die ages-Gebäudekategorie Betriebsgebäude/-höfe. In der folgenden Tabelle sind die vorhandenen Verbrauchswerte den entsprechenden Vergleichswerten dieser Gebäudekategorie gegenübergestellt. Abbildung 5 verdeutlicht die Relationen grafisch.

**Tabelle 1:** Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Fernwärmeverbrauch und den Stromverbrauch des Fuhrparks

		ages - Arithm. Mittel	ages - Arithm. Mittel des besten Viertels
Heizenergieverbrauch - kWh/(m <sup>2</sup> BGFa)*	374,9	147,0	60,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m <sup>2</sup> BGFa)*	58,1	22,8	9,3
Stromverbrauch - kWh/(m <sup>2</sup> BGFa)	38,7	38,0	21,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m <sup>2</sup> BGFa)	23,2	22,8	12,6

\* Der Heizenergieverbrauch wurde witterungsbereinigt. 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

Das Gebäude verbraucht deutlich mehr Wärmeenergie als die gewählte Vergleichsgruppe des deutschen Bestands im Mittel. Dies mag zum einen an der energetischen Charakteristik des Gebäudes liegen, zum anderen sind Betriebsgebäude höchstwahrscheinlich sehr heterogen in ihrer Nutzung und damit für einen Vergleich eher ungeeignet. Eine Abschätzung des Einsparpotentials anhand der Daten des deutschen Gebäudebestands ist daher nicht möglich. Sie kann ausschließlich anhand der individuellen Energiebilanz des Fuhrparkgebäudes erfolgen.

<sup>3</sup> ages-Verbrauchskennwerte 2005: <http://ages-gmbh.de>

Der Heizenergieverbrauch umfasst dabei sowohl den Brennstoffverbrauch zur Erzeugung von Raumwärme als auch zur Bereitung von Warmwasser, sofern beide Wärmearten von einer gemeinsamen Heizungsanlage erzeugt werden. Aktuellere Verbrauchskennwerte der Jahre 2012/13 werden voraussichtlich Ende des Jahres 2014 veröffentlicht.

Auf eine Ableitung des Einsparpotentials hinsichtlich des Stromverbrauchs wird verzichtet, da ein Großteil des Stroms als Prozessenergie verwendet wird. Eine Beurteilung der Prozesseffizienz ist im Rahmen der Untersuchungen für das Klimaschutz-Teilkonzept nicht möglich.

## 3. Gebäudebewertung

### 3.1 Fotodokumentation



Süd-West-Ansicht (Eingangsseite)



Süd-West-Ansicht mit Hallentoren



Nördliche Gebäudeecke



Nord-Ost-Ansicht (Gebäuderückseite)



Süd-Ost-Ansicht



Innenansicht Hallentor



**Alte Isolierverglasung der Werkhalle mit Stahlrahmen**



**Alte Holz-Isolierverglasung (Gebäuderückseite)**



**Isolierverglasung mit Kunststoffrahmen von 2001**



**Abluftöffnung im Dach der Werkhalle**



**Heizkörper in Werkhalle**



**Eines von zwei Umluftheizgeräten in der Werkhalle**



Heizungsanlage mit Warmwasserspeicher



Speicherlade- und Zirkulationspumpe



Hocheffiziente Umwälzpumpe

## 3.2 Vorbemerkungen und Hinweise

Neben energetischen wurden keine dringenden baulichen Sanierungsnotwendigkeiten festgestellt. In der Decke des Heizungsraums liegt punktuell die untere Bewehrung frei, dies wird allerdings als noch nicht statisch relevant beurteilt, sollte jedoch im Auge behalten werden.

Die Nutzer wünschen sich insbesondere eine Verbesserung des thermischen Komforts in der Werkhalle, die im Winter deutlich zu kalt ist, sowie den Austausch einer vorhandenen Außentür des zweiten Raums von links an der Gebäudevorderseite durch eine Wand mit Fenster, da dieser Raum als Werkstatt genutzt wird und bisher nicht über eine Tageslichtversorgung verfügt. Außerdem wird gewünscht, dass das Fenster der rückseitigen Garderobe vergrößert wird.

## 3.3 Gebäudehülle

### 3.3.1 Vorbemerkung

Beim untersuchten Betriebsgebäude in der Wuhlheide 161 handelt es sich um ein 1973 errichtetes Gebäude in Massivbauweise. Für das Gebäude liegen neben Grundrissen keine weiteren Bauunterlagen vor. Entsprechend den Vorschriften des Merkblatts zur Erstellung von Klimaschutzteilkonzepten des BMU wurden die Bauteildaten daher überschläglich anhand von Bauteiltypologien erhoben. Als Datengrundlage wurden dabei die Datenaufnahmeregeln des BMVBS für Nichtwohngebäude [1] verwendet.

### 3.3.2 Bodenplatte des Untergeschosses

Für den an das Erdreich grenzenden Fußboden des Erd- und Untergeschosses ist nach [1] von einem U-Wert der  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  auszugehen. Das Wärmeschutzniveau der Bodenplatte entspricht demnach nicht den derzeitigen Anforderungen.

### 3.3.3 Außenwände

Bei den Außenwänden handelt es sich um oberhalb des Sockelbereichs verputztes Ziegelmauerwerk. Gemäß [1] ist für diese Wände ein U-Wert von  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  anzunehmen. Die Wärmeschutzqualität der Außenwände ist damit deutlich schlechter als der derzeitige Anspruch an die Wärmeschutzeigenschaften von Wänden.

### 3.3.4 Wände gegen nicht beheizte Räume

Das Gebäude verfügt über Mauerwerkswände gegen nicht beheizte Lagerräume. Ihr U-Wert entspricht dem U-Wert der Außenwände i.H.v.  $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , da es sich hierbei ursprünglich um Außenwände handelte.

### 3.3.5 Fenster

Auf der Gebäuderückseite finden sich ältere Isolierverglasungen mit Holzrahmen, die vermutlich noch aus der Zeit der DDR stammen. Auf der Vorderseite wurden die Fenster vermutlich Mitte der 90er Jahre durch neuere Holz-Isoliergläser ersetzt. Da für beide Fenstergruppen das genaue Einbaujahr nicht bekannt ist, werden sie zeitlich vor 1995 eingestuft und bekommen damit nach [1] einen U-Wert von  $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  zugewiesen. Ebenfalls auf der Vorderseite findet sich ein Wärmeschutzfenster mit Kunststoffrahmen aus dem Jahr 2001, dessen Randverbund einen k-Wert der Verglasung von  $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ausweist. Für dieses Fenster kann gemäß [1] ein U-Wert  $1,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  angenommen werden. Da dieser Annahme jedoch ein Verglasungs-U(k)-Wert von  $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  zu Grunde liegt, der in diesem Fall zu ungünstig ist, wird der Fenster-U-Wert auf  $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  korrigiert. Die Fenster der Werkhalle sind ältere

Isolierverglasungen mit Stahlrahmen (vermutlich aus der Zeit Ende der 80er bis Mitte der 90er Jahre), die von den Hallennutzern als sehr unkomfortabel empfunden werden. Dies spiegelt sich im gemäß [1] anzusetzenden U-Wert von  $3,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

### 3.3.6 Außentüren und Hallentore

Bei den Eingangstüren handelt es sich um 2 Holztüren sowie mehrere Stahltüren, die etwa Mitte der 90er Jahre eingebaut wurden. Ihr U-Wert darf gemäß [1] mit  $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  angenommen werden.

Die beiden Sektionaltore der Werkhalle wurden im Jahr 2000 nachgerüstet und verfügen über Doppelverglasungen aus Kunststoff. Ihr U-Wert lässt sich auf  $3,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  abschätzen und könnte bedeutend geringer sein.<sup>4</sup>

### 3.3.7 Dachflächen

Das eingeschossige Gebäude verfügt über ein massives Flachdach. Die bituminöse Abdichtung ist etwa 20 Jahre alt und funktionstüchtig. Als U-Wert darf nach [1] ein Wert von  $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  angenommen werden, der bereits eine gewisse Wärmedämmung auf dem Dach berücksichtigt, allerdings noch nicht den heutigen energetischen Anforderungen an Dächer entspricht. Da genauere Angaben über Alter und Aufbau des Dachs nicht vorhanden sind, kann eine genauere U-Wert-Beurteilung nicht vorgenommen werden.

### 3.3.8 Gesamteinschätzung der Gebäudehülle

Kein Außenbauteil erfüllt die Anforderungen, die nach der aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV 2014 an zu sanierende Bauteile eines Nichtwohngebäudes gestellt werden.<sup>5</sup> Lediglich die Fenster neueren Datums besitzen bereits eine gute Wärmeschutzqualität. Die wärmetechnische Qualität der Gebäudehülle ist im derzeitigen Zustand insgesamt nicht ausreichend. Es besteht daher erhebliches Energieeinsparungspotential. Viel Wärme geht aufgrund der großen Flächenanteile über die massiven Außenwände verloren. Es sind keine besonderen konstruktions- oder materialbedingten Wärmebrücken hervorzuheben, so dass Wärmebrücken rechnerisch über einen U-Wert-Zuschlag von  $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  berücksichtigt werden.

## 3.4 Haustechnische Anlagen

### 3.4.1 Bestandsaufnahme

Das untersuchte Betriebsgebäude ist Unterabnehmer der Fernwärme-Station der benachbarten kleinen Schwimmhalle in der Wuhlheide. Auch die Warmwasserbereitung für die Sanitärbereiche und die Küche erfolgt mittels Fernwärme. Hierfür steht ein Warmwasserspeicher vom Typ Logalux der Firma Buderus zur Verfügung, dessen Volumen auf 500 l geschätzt wird. Der Speicher wurde im Jahr 2013 erneuert, ebenso die Zirkulationspumpe der Firma Wilo. Die Heizungsumwälzpumpe ist ein hocheffizientes leistungsgeregeltes Produkt vom Typ Magna der Firma Grundfos. Im Zuge der Sanierungsmaßnahmen wurde auch die Heizungsregelung modernisiert. Ob ein hydraulischer Abgleich der Anlage vorgenommen wurde, ist nicht bekannt.

Die Wärmeübergabe an die Räume erfolgt mit Ausnahme der Werkshalle durch an den Außen- und Innenwänden angeordnete Gliederheizkörper mit Thermostatventilen. In der Werkshalle erfolgt die

<sup>4</sup> siehe z.B. <http://www.akm-tore.de/pages/produkte/sektionaltore/sektionaltor-k-800.php>

<sup>5</sup> Gleichermaßen werden auch die Anforderungen, die laut EnEV für die Bauteile eines Neubaus gelten, nicht erfüllt.

Wärmeübergabe neben Heizkörpern über zwei nach 1995 eingebaute Umluftheizgeräte der Firma Kampmann, die bei Bedarf manuell angeschaltet werden.

In den Sanitärräumen sind drei Abluftventilatoren vorhanden, die lichtschaltergeregelt sind. Die Werkshalle verfügt über zwei schaltbare Abluftventilatoren, die von den Nutzern kritisiert werden, da über ihre Öffnungsfläche auch in abgeschaltetem Zustand insbesondere im Winter warme Raumluft abgeführt wird.

Die Beleuchtung des Gebäudes erfolgt durchweg direkt mittels stabförmigen Leuchtstofflampen unterschiedlichen Alters. Dementsprechend finden sich in den Lampen Vorschaltgeräte unterschiedlicher Effizienz.

### 3.4.2 Energetische Beurteilung der haustechnischen Anlagen

Insgesamt sind die haustechnischen Anlagen teilmodernisiert und besitzen einen mittleren energetischen Standard.

Da die für die Heizwärmeerzeugung verwendete Fernwärme der Firma Vattenfall zu über 90% aus Kraft-Wärme-Kopplung gewonnen wird, handelt es sich um einen primärenergetisch sehr günstigen Energieträger, der vom Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) auf eine Stufe mit erneuerbaren Energien gestellt wird. Ein Wechsel des Energieträgers ist somit nicht angezeigt. Auch wesentliche Anlagenkomponenten selbst verfügen insgesamt über einen guten technischen Standard.

Das in der Halle vorhandene System zur Übertragung der Wärme sollte optimiert werden. Die Kombination aus Gliederheizkörpern und Umluftheizgeräten erhitzt die Luft in dem hohen Raum nur sehr ineffizient. Die Erhitzung der Raumluft wird dabei durch die Abluftventilatoreinrichtungen in der Hallendecke und das häufige Toröffnen, das mit einem großen Luftvolumenaustausch einhergeht, zusätzlich behindert. Auch die von in die Halle eingefahrenen kalten Fahrzeugen zusätzlich absorbierte Wärme sorgt für eine Abkühlung des Raums. Eine Sanierung der Wärmeübertragungseinrichtungen der Halle ist auch zur Sicherung des Nutzerkomforts angezeigt.

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

## 3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich

Die energetische Bilanzierung von Gebäuden im Rahmen der Erstellung von Klimaschutz-Teilkonzepten erfolgt gemäß Merkblatt des BMU [2] prinzipiell vereinfacht nach DIN 4108-6 in Verbindung mit DIN 4701-10. Dieses vereinfachte Verfahren erlaubt es nicht, komplexe Nutzungszustände wie die in Werkshallen korrekt abzubilden. Die Wärmeverluste des untersuchten Betriebsgebäudes werden wesentlich durch die Verluste der Werkshalle bestimmt. Diese wiederum resultieren u.a. aus den tatsächlichen Nutzungsdauern, den Öffnungszeitpunkten und -dauern der Sektionaltore in der Heizperiode, aus den durch eingefahrene kalte Fahrzeuge resultierenden Wärmesenken, aus den Lüftungswärmeverlusten infolge beider Abluftöffnungen im Hallendach sowie den Wärmegewinnen aus Betriebsprozessen. All diese Daten müssten für eine ausreichend genaue energetische Abbildung des Betriebsgebäudes erhoben und dann mit Hilfe eines geeigneten Verfahrens bilanziert werden. Im Rahmen der Konzepterstellung konnten weder die detaillierten Betriebsdaten erhoben werden, noch ist das anzuwendende Bilanzierungsverfahren geeignet, derartige Daten abzubilden. Darüber hinaus liegen keine Daten zum Wärmedeckungsanteil der Umluftheizgeräte vor, was eine weitere Unschärfe für die Bilanzierung darstellt.

Näherungsweise wurde versucht, die spezielle Situation der Werkshalle, die von großen Lüftungswärmeverlusten geprägt ist, durch eine starke Erhöhung der Luftwechselrate nach vorheriger sinnvoller

Einstellung aller übrigen Parameter (mit Ausnahme der Wärmegewinne, die mangels genauerer Daten als Standardrandbedingung nach DIN 4108-6 gesetzt werden) abzubilden. Die Luftwechselrate wurde anschließend so angepasst, dass der berechnete Wärmebedarf annähernd dem gemessenen entsprach.

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	19°C (als Sollwert auch für die Halle, obwohl vor Ort darüber geklagt wurde, dass dort im Winter nur 10-15°C erreicht werden)
Luftwechselrate	2,5/h (entspricht etwa 6,0/h für die Halle und 1,0/h für die übrigen Bereiche)
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	5 W/m <sup>2</sup> (als Standardwert, genauere Prozessdaten nicht bekannt)
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m <sup>2</sup> K)
Heizungsanlage	Fernwärmeübergabestation
Warmwasserbedarf	1,8 kWh pro Person und Arbeitstag, bei 20 Personen <sup>6</sup>

Durch die Einstellung einer Luftwechselrate von 2,5/h konnte der Endenergiebedarf für Wärme dem Verbrauch angenähert werden. Hierbei handelt es sich um eine grobe Abschätzung der tatsächlichen Gegebenheiten.

**Tabelle 3:** Ergebnis des Bedarfs-/Verbrauchsabgleichs<sup>7</sup>

Berechneter Endenergiebedarf Fernwärme MWh/a	186,9
Witterungskorrig. mittlerer Fernwärmeverbrauch MWh/a	205,1

## 3.6 Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes

Für den beschriebenen Ist-Zustand der Gebäudehülle und der technischen Anlagen des Betriebsgebäudes 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.

<sup>6</sup> Ansatz gemäß DIN V 18599-10:2011-12, Tab. 7 für Werkstätten, Anzahl Personen gemäß Angabe des Fuhrparkleiters.

<sup>7</sup> Berechnung des Endenergiebedarfs und Witterungskorrektur jeweils für den mittleren Klimareferenzort Deutschlands nach 4108-6 (Würzburg).

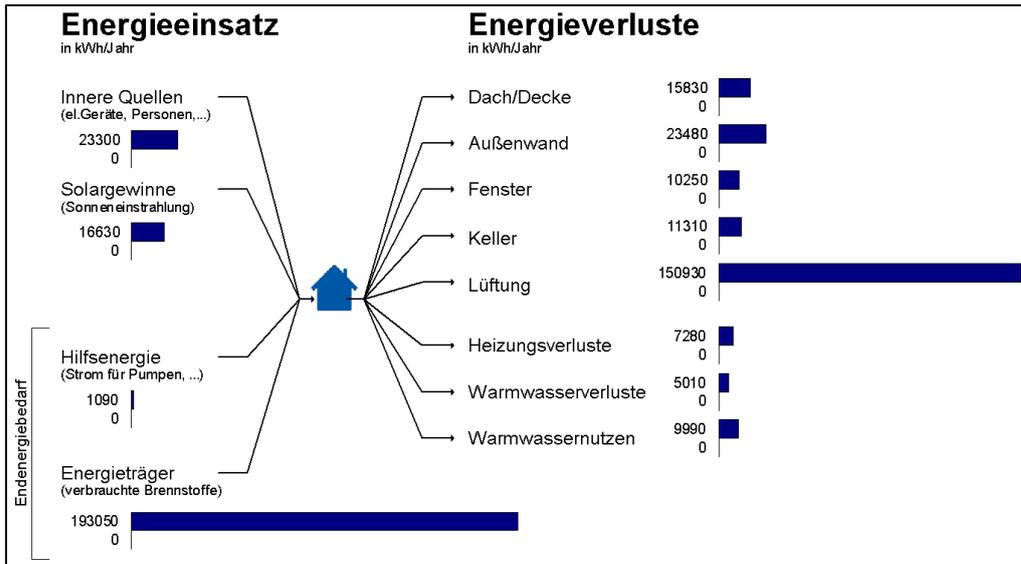


Abbildung 6: Annäherung für Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Betriebsgebäudes

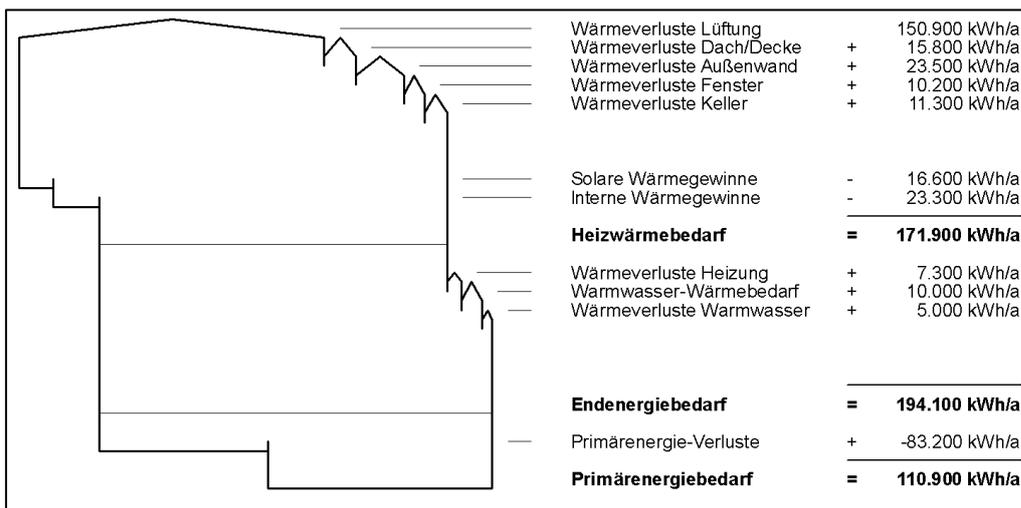
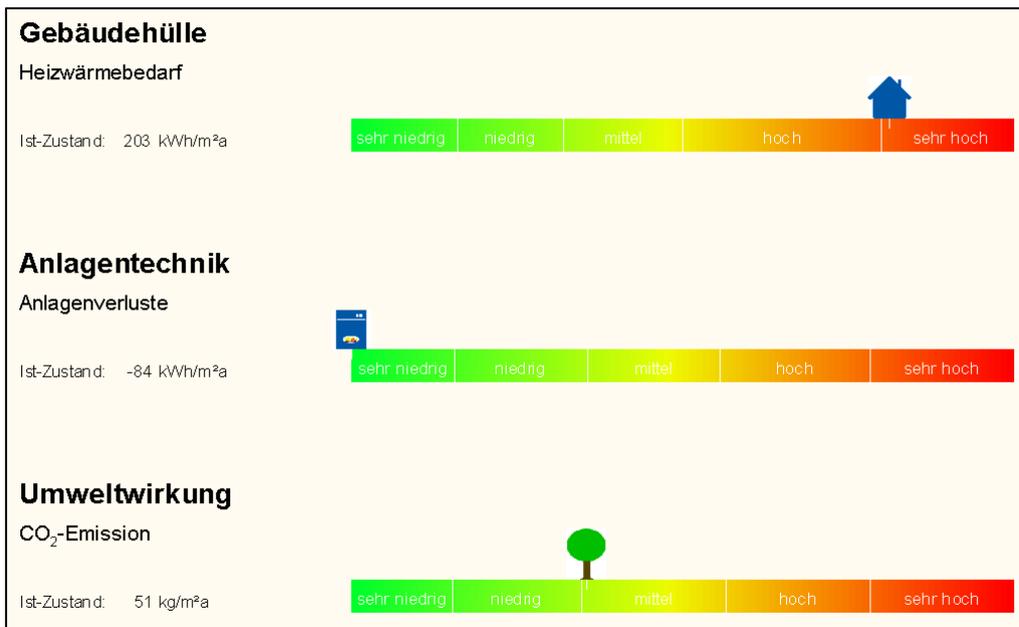


Abbildung 7: Annäherung für die Energiebilanz für den Ist-Zustand des Betriebsgebäudes

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>8</sup> Alle drei verglichenen Werte beziehen sich auf die rechnerische Energiebezugsfläche des Gebäudes.

<sup>8</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



**Abbildung 8:** Beurteilung des Ist-Zustandes des Betriebsgebäudes

Die extrem schlechte Einstufung der Gebäudehülle resultiert zum großen Teil aus den sehr hohen Lüftungswärmeverlusten. Bei Ansatz einer üblichen Luftwechselrate von 0,7/h wird die Gebäudehülle im mittleren Bereich eingestuft, was wiederum widerspiegelt, dass die Außenbauteile nur teilsaniert und die Fenster zum großen Teil etwa 20 Jahre und älter sind. Es zeigt sich ein deutliches Sanierungspotential.

Aufgrund ihres Zustands, aber insbesondere aufgrund des primärenergetisch sehr günstigen Energieträgers Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung, wird die Heizungsanlage sehr positiv bewertet. Es errechnen sich negative Primärenergieverluste aufgrund des niedrigen Primärenergiefaktors für Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung.

Die Umweltwirkung des Gebäudes wird im Hinblick auf seine Treibhausgasemissionen entsprechend dem vergleichsweise niedrigen Emissionsfaktor der verwendeten Fernwärme im mittleren Bereich eingestuft. Einsparpotentiale resultieren insbesondere aus einer Verbesserung der Gebäudehülle und einer Reduzierung der Lüftungswärmeverlust der Halle.

## 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

---

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

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 ihres Angrenzens an das Erdreich nur ein relativ geringer Wärmeanteil verloren. Dennoch wäre es energetisch günstig, sie in den Aufenthaltsräumen oberseitig mit einer druckfesten Dämmung zu versehen, sofern die dort vorhandene, bereits relativ geringe, Deckenhöhe noch als ausreichend erachtet wird. Mit einer 3 cm dicken oberseitigen Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 könnte der wärmetechnische Standard der Bodenplatte entsprechend den aktuellen Anforderungen der EnEV ( $U = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ) aufgerüstet werden. Eine Sanierung auf KfW-Standard mit einem U-Wert von  $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  würde eine etwa 10 cm dicke Dämmung gleicher Leitfähigkeit (oder entsprechend dünnere Dämmung geringerer Leitfähigkeit) erfordern. Über der Dämmung wäre eine Dampfsperre und eine lastverteilende Schicht, z.B. Nassestrich, erforderlich. Um die hierbei entstehende Wärmebrücke zur Außenwand zu minimieren, ist die Außenwand außenseitig bis zur Unterkante des Fundaments mit einer Perimeterdämmung zu versehen. Es ist zu beachten, dass diese Maßnahme mit vorübergehenden Nutzungseinschränkungen und ggf. erforderlichen Anpassungsmaßnahmen einhergeht.

→ **Sanierung derzeit nicht empfohlen**

### 4.2.2 Außenwände

Die Außenwandelemente sind entsprechend ihrer großen Fläche für einen großen Teil der Wärmeverluste durch die Gebäudehülle verantwortlich. Zur Sanierung wird empfohlen, ein außenseitiges Wärmedämmverbundsystem auszuführen. Bereits mit einer 14 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird die über die gesetzliche Anforderung der EnEV hinausgehende erhöhte Anforderung der KfW erreicht.<sup>9</sup>

→ **Sanierung empfohlen**

---

<sup>9</sup> Ggf. muss die Dämmstoffdicke zur Berücksichtigung von Wärmebrücken infolge Dübeln geringfügig vergrößert werden.

## 4.2.3 Fenster und Sonnenschutz

Es wird der Austausch aller alten Isolierglasfenster empfohlen, da ihre wärmeschutztechnischen Eigenschaften bei weitem nicht den heutigen Anforderungen genügen. Zur Einhaltung der KfW-Anforderungen wäre der Einbau einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert kleiner oder gleich  $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  erforderlich. Für die Einhaltung der EnEV 2014 ist eine 2-fach-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert kleiner oder gleich  $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  ausreichend.

→ **Sanierung empfohlen**

## 4.2.4 Außentüren und Hallentore

Aufgrund ihrer anteilig sehr geringen Fläche geht über die Außentüren nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Der Einspareffekt für Energie und Treibhausgasemissionen infolge Austausch der Türen ist demnach ebenfalls gering. Insbesondere im Rahmen einer Fassadensanierung sollten die Eingangstüren gleichwohl durch 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.

Weiterhin wird empfohlen, die vorhandenen Sektionaltore durch solche mit niedrigerem U-Wert auszutauschen, um die Wärmeverluste durch die Tore in geschlossenem Zustand deutlich zu reduzieren. Der U-Wert für optimierte Sektionaltore ist stark abhängig vom Verglasungsanteil und bewegt sich in einer Bandbreite von ca.  $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  bis  $2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

→ **Sanierung empfohlen**

## 4.2.5 Wände gegen nicht beheizte Räume

Aufgrund ihrer geringen Fläche geht über die Wände beheizter gegen unbeheizte Räume nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Da im Wesentlichen Werkstatt Räume, in denen vermutlich sowieso etwas geringere Raumtemperaturen als in Aufenthaltsräumen herrschen, Wände gegen unbeheizte Räume aufweisen, kann auf eine Sanierung verzichtet werden, da das Einsparpotential sehr gering ist. Bei einer Umnutzung ist dies zu überprüfen.

→ **Sanierung derzeit nicht empfohlen**

## 4.2.6 Dach

Trotz der vermutlich vorhandenen bauzeitlichen Dämmung geht über das Dach aufgrund seiner anteilig großen Fläche 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 unter Voraussetzung der zutreffenden Abschätzung des vorhandenen U-Werts mit  $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  zusätzlich eine 19 cm dicke Wärmedämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 erforderlich.

→ **Sanierung empfohlen**

## 4.3 Sanierung der technischen Anlagen

### 4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage

Eine Sanierung der Heizungsanlage in energetischer Hinsicht ist mit Ausnahme der Wärmeübergabeeinrichtungen in der Halle nicht erforderlich. Da wesentliche Komponenten ihre mittleren Lebensdauern nach VDI 2067 [8] bei weitem noch nicht erreicht haben, stehen in näherer Zukunft auch keine Erneuerungsinvestitionen an. Bei der Planung von zukünftigen Erneuerungen sind die Anforderungen der dann gültigen Energieeinsparverordnung an Verteilungseinrichtungen und Warmwasser-

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

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

Für die Beheizung der Halle sollten zwei wesentliche Veränderungen vorgenommen werden. Zum einen sollten statt den vorhandenen Gliederheizkörpern an den Decken montierte wasserdurchflossene Deckenstrahlplatten für die Beheizung der Räume sorgen. Diese geben einen großen Teil ihrer Wärme als Strahlungswärme ab. Sie arbeiten effizienter als Gliederheizkörper, da Strahlungswärme die Körper, auf die sie trifft, direkt erwärmt. Insgesamt ist so für die anwesenden Personen eine um 2 bis 4 K niedrigere Lufttemperatur noch gut erträglich, was zu einer Verringerung des Wärmebedarfs führt. Personen werden auch dann erwärmt, wenn Räume wie bei der vorhandene Halle hoch sind und eine starke Schichtung der Lufttemperatur auftritt, die Tore offen oder frisch geschlossen sind und die Hallenluft kalt ist. Bei der Bekleidung einer ausreichend großen Deckenfläche mit Strahlplatten kann vermutlich auch auf die vorhandenen Umluftwärmerückgewinnung verzichtet werden und so eine weitere Energieeinsparung erzielt werden. Für die genaue Dimensionierung der erforderlichen Deckenstrahlfläche ist eine anlagentechnische Planung erforderlich.

Zum anderen sollte überprüft werden, ob die beiden im Hallendach vorhandenen Abluftventilatoren noch erforderlich sind oder ob eine ausreichende Luftqualität auch über Fenster- und die sowieso vorhandene Torlüftung erzielbar ist. In diesem Fall sollten die Ventilatoröffnungen luftdicht und gedämmt verschlossen werden. Andernfalls sollte eine dezentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eingebaut werden.

Die Hallennutzer sollten darauf hingewiesen werden, die Tore stets zügig zu schließen, da Lüftungswärmeverluste die Transmissionswärmeverluste und Wärmeverluste durch Leckagen meist um ein Vielfaches übersteigen.

→ **Sanierung empfohlen**

#### 4.3.2 Beleuchtung

Es wird empfohlen die Erneuerung der Beleuchtung fortzusetzen und alte Leuchten gegen moderne Spiegelrasterleuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) oder Leuchten mit LED-Technik auszutauschen.

→ **Sanierung empfohlen**

#### 4.3.3 Energieträger

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

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

## 4.4 Schätzung der Investitionskosten

In Tabelle 4 sind alle empfehlenswerten Sanierungsmaßnahmen für die Gebäudehülle und Anlagentechnik einschließlich einer Schätzung der anfallenden Investitionskosten zusammengestellt. Die Kosten wurden soweit wie möglich mit den in der aktuellen BBSR-Online-Publikation zu den Kosten energierelevanter Bau- und technischer Anlagenteile bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden/Bundesliegenschaften 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 sein können, die entweder aus unterschiedlichen Gründen ohnehin erforderlich sind bzw. erst im Zusammenhang mit Erneuerungsinvestitionen ausgeführt werden sollten.

**Tabelle 4: Sanierungsmaßnahmen**

Sanierungsmaßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)		
<b>Dämmung der Außenwände (WDVS)</b>	Aufbringen eines WDVS mit 14 cm Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	102	€/m <sup>2</sup>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kontrolle und Vorbereitung des Untergrunds</li> <li>▪ Montage des Dämmmaterials mit allem Systemzubehör</li> <li>▪ alle Anschlussarbeiten an Fenster-/Türöffnungen, Vorsprünge, Gebäudekanten</li> <li>▪ Wandbekleidung oder Oberputz</li> <li>▪ De-/Remontage von Regenfallrohren, Blitzableitern, etc. im Zusammenhang mit der Dämmmaßnahme notwendige</li> <li>▪ Bauleistungen wie die Vergrößerung von Dachüberständen oder die Verbreiterung von Fensterbänken</li> </ul>	Fläche:	300	m <sup>2</sup>
		Gesamtpreis:	<b>30.480</b>	€
	Errichtung und Vorhaltung Baugerüst (für ca. 8 Wochen)	Einzelpreis:	9	€/m <sup>2</sup>
		Fläche:	300	m <sup>2</sup>
		Gesamtpreis:	<b>2.606</b>	€
	U-Wert des sanierten Bauteils: <b>U = 0,2 W/(m<sup>2</sup>K)</b>			
<b>Austausch alter Fenster</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
	<u>Alternative 2:</u> Einbau neuer 3-Scheiben-Wärmeschutz-verglasungen mit Holzrahmen, <b>U ≤ 0,95 W/(m<sup>2</sup>K)</b>	Einzelpreis** abzgl. Sowieso-K.:	1.040	€/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demontage und Entsorgung der alten Fenster</li> <li>▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial</li> </ul>	Anzahl:*	31	Stk
		Gesamtpreis:	<b>32.229</b>	€
	<small>* 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. ** Der Einzelpreis berechnet sich aus der Kostenfunktion für 3-fach-Verglasung mit einem mittleren U-Wert von 1,1 W/(m<sup>2</sup>K). Da dieser etwas größer ist als der Zielwert für die 3-fach-Verglasung kann sich ggf. ein etwas höherer Einzelpreis ergeben.</small>			
<b>Austausch der Außentüren</b>	Demontage und Entsorgung der alten Eingangstürelemente, Einbau neuer Türelemente	Einzelpreis:	3.760	€/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demontage und Entsorgung der alten Türelemente</li> <li>▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Türelemente einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial</li> </ul>	Anzahl:	7	Stk
		Gesamtpreis:	<b>26.320</b>	€
	U-Wert des sanierten Bauteils: <b>U = 1,3 W/(m<sup>2</sup>K)</b>			

<b>Austausch der Hallentore</b>	Demontage und Entsorgung der alten Hallentore, Einbau neuer Sektionaltore	Einzelpreis:	5.260	€/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demontage und Entsorgung der alten Tore</li> <li>▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Torelemente einschl. Regelung</li> </ul>	Anzahl:	2	Stk
		Gesamtpreis:	<b>10.520</b>	<b>€</b>
	U-Wert des sanierten Bauteils: <b>U ~ 1,5 W/(m²K)</b> <small>(Preisangabe gemäß unverbindlicher Kostenschätzung der AKM-Tore GmbH für Sektionaltor mit Profil K 800)</small>			
<b>Dämmung des Dachs</b>	Dachdämmung (ca. 19 cm WLG 035) und Erneuerung der Dachhaut	Einzelpreis:	96	€/m²
		Anzahl:	520	m²
	Gerüstkosten werden nicht veranschlagt, da im Zuge der Dämmung der Fassade sowieso ein Gerüst aufzustellen ist  U-Wert des sanierten Bauteils: <b>U = 0,14 W/(m²K)</b>	Gesamtpreis:	<b>49.972</b>	<b>€</b>
<b>Umstellung der Wärmeübertragung in der Halle auf Deckenstrahlplatten</b>	Demontage und Entsorgung der Gliederheizkörper, Einbau von Deckenstrahlplatten, Schließen der Abluftöffnungen	Gesamtpreis:	<b>12.000</b>	€/m²
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demontage und Entsorgung Gliederheizkörper</li> <li>▪ Herstellung, Lieferung und Montage von Deckenstrahlplatten einschließlich Regelung und Verrohrung</li> <li>▪ Schließen der Abluftöffnungen</li> </ul>			
	<small>(Preisangabe gemäß unverbindlicher Kostenschätzung der Kampmann GmbH für Deckenstrahlplattensystem Galaxis)</small>			

(Fortsetzung von Tabelle 4)

**Tabelle 5:** Überblick über mögliche Sanierungsvarianten

Sanierungsmaßnahmen		Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Variante 1	Austausch der alten Fenster durch Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	Fenster:	32.229 €
	Austausch der alten Eingangstüren	Türen:	26.320 €
	Austausch der Hallentore	Tore:	10.520
	Modernisierung der Wärmeübergabetechnik in der Halle	Deckenstrahlpl.:	12.000 €
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen, hydr. Abgleich	Anlagen:	-
			<b>58.549 €</b>
Variante 2	wie Variante 1	Variante 1:	58.549 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände	WDVS:	33.086 €
			<b>91.635 €</b>
Variante 3	wie Variante 2	Variante 2:	91.635 €
	zusätzlich Dämmung des Dachs	Dach:	49.972 €
			<b>141.607 €</b>

## 4.5 Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen

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

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

## 4.6 Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten

Im Folgenden werden die vorgeschlagenen Sanierungsvarianten hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit und der Größe der mit ihnen einhergehenden Energie- und Treibhausgaseinsparungen untersucht. Die Sanierungsmaßnahmen haben dabei einen deutlichen Einfluss auf die Lüftungswärmeverluste. Diese

sinken zum einen durch dichtere Fenster und Türen, zum anderen aber durch Schließung der Abluftöffnungen im Hallendach und ggf. schnelleres Schließen der Hallentore. Da es nicht möglich ist, die infolge Öffnens der Hallentore verbleibenden Lüftungswärmeverluste ohne genauere Kenntnis der Öffnungszyklen vorherzusagen, die Lüftungswärmeverluste beim vorliegenden Objekt jedoch einen sehr großen Einfluss auf die Energiebilanz besitzen, wird für die Sanierungsberechnung nur eine recht geringe Reduzierung der Lüftungswärmeverluste angesetzt. Es wird angenommen, dass sich die Luftwechselzahl von 2,5/h auf 2,0/h reduziert. Es ist davon auszugehen, dass die Reduzierung infolge der Sanierungsmaßnahmen stärker ausfällt und damit eine bessere Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen gegeben ist, als im Folgenden abgeschätzt wird.

Aus den Energiekosten vor und nach der Sanierung wird unter Berücksichtigung einer Preissteigerungsrate u.a. die mittlere jährliche Energiekosteneinsparung über den betrachteten Zeitraum berechnet. Darüber hinaus werden die Amortisationsdauern der Maßnahmen sowie die eingesparten Treibhausgasemissionen ermittelt. Durch Bezug der jeweiligen gesamten Energiekosteneinsparung über den Untersuchungszeitraum auf die Investitionskosten und den Bezug der Investitionskosten auf die jährlich eingesparte Energiemenge werden zwei weitere Kenngrößen zur Bewertung der Maßnahmenpakete zur Verfügung gestellt.

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

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

Die Berechnungen werden ohne Kalkulationszinssatz geführt, um zu berücksichtigen, dass dem Bezirksamt bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen i.d.R. selbst keine Kapitalkosten entstehen.<sup>10</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>11</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>12</sup>

Es ist nicht auszuschließen, dass die nach Realisierung der Sanierungsmaßnahmen tatsächlich auftretenden Einsparungen über die zu erwartenden Abweichungen infolge von Restabweichungen beim

<sup>10</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>11</sup> Der aktuelle effektive Jahreszins für das Programm 218 der KfW beträgt 0,1%.

<sup>12</sup> Der Kostenberechnung wurde für Fernwärme der Energiepreis der letzten Verbrauchsabrechnung des Objekts zugrunde gelegt: i.H.v. 9,3 ct/kWh, für Strom wurde ein mittlerer Preisansatz i.H.v. 21,8 ct/kWh verwendet, jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

Bedarfs-/Verbrauchsabgleich, Preisunterschieden sowie nutzungs- und witterungsbedingten Differenzen hinaus größer oder kleiner als berechnet ausfallen.

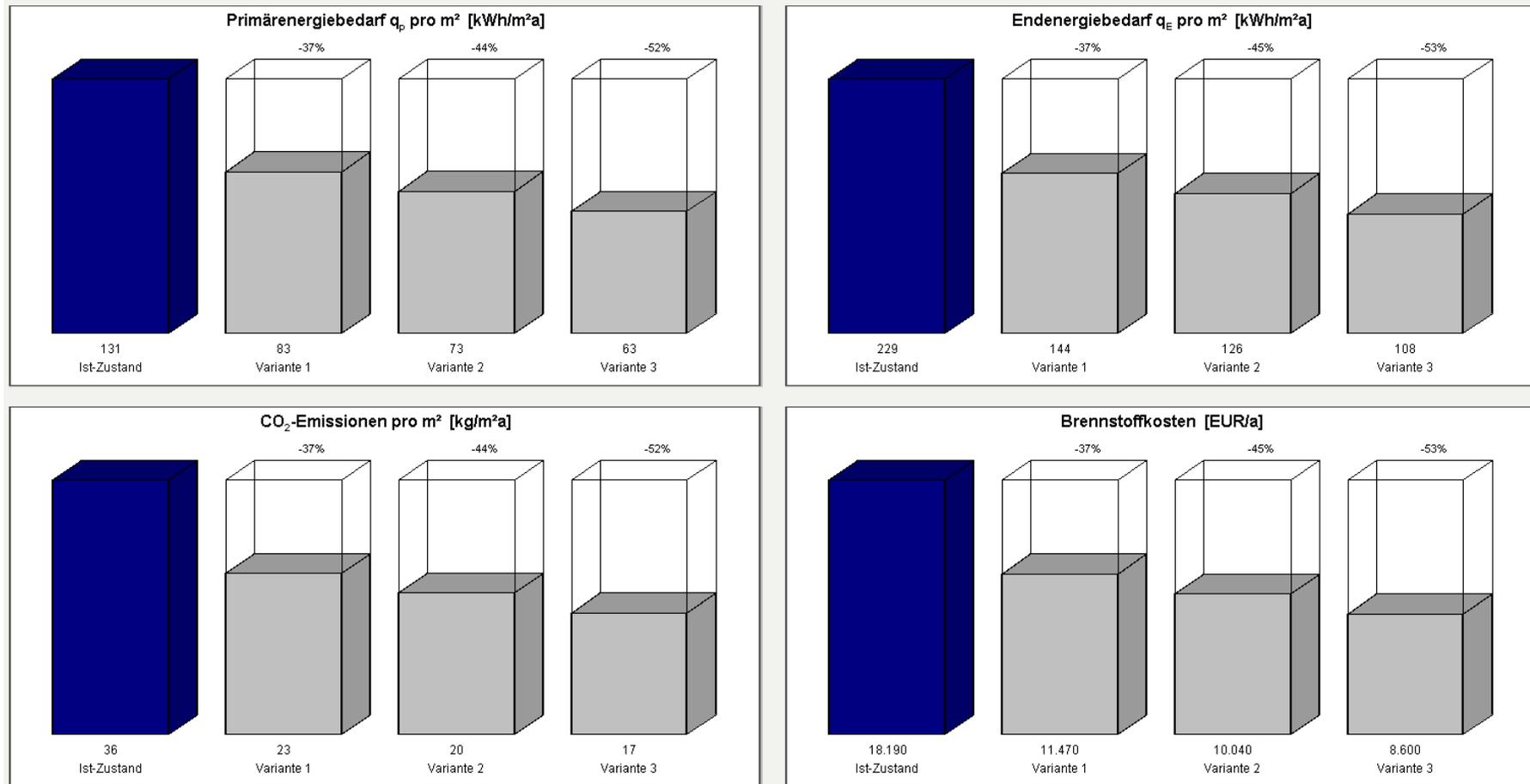
Die folgende Tabelle fasst wesentliche Eingangsparameter der Wirtschaftlichkeitsberechnungen noch einmal zusammen. In Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Berechnungen zusammengestellt. Abbildung 9 dokumentiert die mit der jeweiligen Sanierungsvariante erzielbaren Einsparungen anschaulich.

**Tabelle 6:** Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Betrachtungszeitraum (lebensdauerbasiert):	40 Jahre	Teuerungsrate Energiepreise:	4%
rechnerische Energiekosten (Ist-Zustand) brutto:	18.342 €	Kalkulationszinssatz:	0%

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

Variante	Schätzung Energiekosten nach Sanierung [€] (brutto)	im Nutzungszeitraum					Eingesparte Treibhausgase [t]	Energiekostenein- sparung je 1.000 € Investitionskosten [€]	Investitionskosten je jährlich eingesparte MWh Energie [€/MWh- a]	Amortisations- dauer [Jahre]
		Schätzung Investitionskosten energ. Sanierg. [€] (brutto)	Energiekostenein- sparung [€] (brutto)	Gesamtkostenein- sparung [€] (brutto)	Mittlere jährl. Energiekostenein- sparung [€/Jahr]					
1	11.472	96.472	659.640	563.168	16.491	448	6.838	1336	12	
2	10.045	135.844	800.480	664.636	20.012	544	5.893	1552	13	
3	8.598	195.311	943.280	747.969	23.582	640	4.830	1895	15	



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

## 4.7 Sanierungsempfehlungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten zeigen, dass sich alle vier Maßnahmenpakete deutlich vor dem Erreichen der Hälfte der Lebensdauer der Sanierungsbauteile amortisieren. Dementsprechend weisen alle Varianten eine positive Annuität und einen positiven internen Zinssatz aus.

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

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

Nach der Durchführung der Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle sollte ein neuer hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage vorgenommen werden, um weiterhin eine gleichmäßige Wärmeversorgung der Heizkörper zu gewährleisten. Da ein hydraulischer Abgleich nur vergleichsweise geringe Kosten verursacht, wurde er bei der Investitionskostenberechnung vereinfacht vernachlässigt.

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

Die den Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zu Grunde gelegten Investitionskosten enthalten nur die auf die energetische Sanierung entfallenden Mehrkosten, nicht jedoch die infolge sowieso erforderlicher baulicher Maßnahmen entstehenden Kosten. Diese Kostenansätze müssen anhand konkreter Angebote überprüft werden. Sie enthalten keine Planungsleistungen.

Bei der konkreten Planung der Sanierungsmaßnahmen sind die Anforderungen der dann gültigen gesetzlichen Vorschriften wie Energieeinsparverordnung und Erneuerbare Energien Wärmegesetz zu beachten.

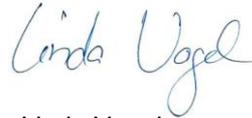
Die vorliegende Untersuchung ersetzt keine Ausführungsplanung für die zu sanierenden Bauteile.

CSD INGENIEURE GmbH



Andrea Untergutsch

Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen



Linda Vogel

Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen (FH)

Berlin, den 20. Oktober 2014