

BEZIRKSAMT TREPTOW-KÖPENICK VON BERLIN

KLIMASCHUTZ-TEILKONZEPT FÜR 42 LIEGENSCHAFTEN

REVIERSÜTZPUNKT, EICHGESTELL 163

Berlin, den 20. Oktober 2014
BN00149.102

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

INHALTSVERZEICHNIS

1. AUFGABENSTELLUNG	5
2. REVIERSTÜTZPUNKT, EICHGESTELL 163	6
2.1 Objektbeschreibung	6
2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes	7
2.2.1 Wärme	7
2.2.2 Strom	8
2.3 Energiekennzahlen des Gebäudes	9
3. GEBÄUDEBEWERTUNG	11
3.1 Fotodokumentation	11
3.2 Vorbemerkungen und Hinweise	15
3.3 Gebäudehülle	15
3.3.1 Vorbemerkung	15
3.3.2 Bodenplatten	15
3.3.3 Außenwände	15
3.3.4 Wände gegen nicht beheizte Räume	15
3.3.5 Fenster	15
3.3.6 Außentüren	16
3.3.7 Oberste Geschossdecken	16
3.3.8 Gesamteinschätzung der Gebäudehülle	16
3.4 Haustechnische Anlagen	16
3.4.1 Bestandsaufnahme	16
3.4.2 Energetische Beurteilung der haustechnischen Anlagen	16
3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich	17
3.6 Energiebilanz und Bewertung der Bestandsgebäude	18
4. ENERGIESPARMAßNAHMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN	21
4.1 Grundlegendes	21
4.2 Sanierung der Gebäudehülle	22
4.2.1 Bodenplatte (Gebäude 1)	22
4.2.2 Kellerdecke (Gebäude 2)	22
4.2.3 Außenwände	22
4.2.4 Fenster und Sonnenschutz	22
4.2.5 Außentüren	23
4.2.6 Wände gegen nicht beheizte Räume	23
4.2.7 Oberste Geschossdecken	23
4.3 Sanierung der technischen Anlagen	23
4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage	23
4.3.2 Beleuchtung	24
4.3.3 Energieträger	24

4.4	Schätzung der Investitionskosten	24
4.5	Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	27
4.6	Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	27
4.7	Sanierungsempfehlungen	32

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Wärmeverbrauch und den Stromverbrauch des Revierstützpunkts	9
Tabelle 2:	Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung für beide Gebäude	17
Tabelle 3:	Ergebnis des Bedarfs-/Verbrauchsabgleichs	17
Tabelle 4:	Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle	25
Tabelle 5:	Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	26
Tabelle 6:	Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	29
Tabelle 7:	Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (alle Kostenangaben inklusive Mehrwertsteuer)	29

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Wärmeverbrauch des Revierstützpunkts in den Jahren 2011-2013	7
Abbildung 2:	Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂) infolge Wärmeverbrauch	7
Abbildung 3:	Stromabrechnung in den Jahren 2011-2013	8
Abbildung 4:	Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂ -Äquivalent) infolge Stromverbrauch	8
Abbildung 5:	Kennwertevergleich	9
Abbildung 6:	Annäherung für Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Gebäudes 1	18
Abbildung 7:	Annäherung für die Energiebilanz für den Ist-Zustand des Gebäudes 1	18
Abbildung 8:	Beurteilung des Ist-Zustandes des Gebäudes 1	19
Abbildung 9:	Annäherung für Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Gebäudes 2	20
Abbildung 10:	Annäherung für die Energiebilanz für den Ist-Zustand des Gebäudes 2	20
Abbildung 11:	Beurteilung des Ist-Zustandes des Gebäudes 2	21
Abbildung 12:	Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO ₂ - und Brennstoffkostenreduktionen	31

QUELLENVERZEICHNIS

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

PRÄAMBEL

CSD bestätigt hiermit, dass bei der Abwicklung des Auftrages die Sorgfaltspflicht angewendet wurde, die Ergebnisse und Schlussfolgerungen auf dem derzeitigen und im Bericht dargestellten Kenntnisstand beruhen und diese nach den anerkannten Regeln des Fachgebietes und nach bestem Wissen ermittelt wurden.

CSD geht davon aus, dass

- ihr seitens des Auftraggebers oder von ihm benannter Drittpersonen richtige und vollständige Informationen und Dokumente zur Auftragsabwicklung zur Verfügung gestellt wurden
- von den Arbeitsergebnissen nicht auszugsweise Gebrauch gemacht wird
- die Arbeitsergebnisse nicht unüberprüft für einen nicht vereinbarten Zweck oder für ein anderes Objekt verwendet oder auf geänderte Verhältnisse übertragen werden.

Andernfalls lehnt CSD gegenüber dem Auftraggeber jegliche Haftung für dadurch entstandene Schäden ausdrücklich ab.

Macht ein Dritter von den Arbeitsergebnissen Gebrauch oder trifft er darauf basierende Entscheidungen, wird durch CSD jede Haftung für direkte und indirekte Schäden ausgeschlossen, die aus der Verwendung der Arbeitsergebnisse allenfalls entstehen.

1. Aufgabenstellung

Das Bezirksamt Treptow-Köpenick von Berlin möchte seinen Gebäudebestand energetisch modernisieren, um dessen Energieverbrauch, die damit verbundenen Energiekosten und die infolge des Energieverbrauchs emittierten Treibhausgasemengen nachhaltig zu reduzieren. Aus diesem Grund wird für 42 sanierungsbedürftige Liegenschaften die Erstellung eines Klimaschutz-Teilkonzepts vorgenommen, das im Rahmen der Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit finanziell gefördert wird.

Aufgabenstellung der CSD Ingenieure GmbH als Beitrag zum Klimaschutz-Teilkonzept war es, die spezifische Ausgangssituation der Liegenschaften und darauf aufbauend technisch und wirtschaftlich umsetzbare CO₂-Minderungspotentiale aufzuzeigen. Damit soll dargestellt werden, wie kurz-, mittel- und langfristig Klimaschutzpotentiale erschlossen werden können. Für jede Liegenschaft wurde ein separater Untersuchungsbericht wie der vorliegende erstellt. Ergebnis der Untersuchungen ist außerdem eine Prioritätenliste, die die Untersuchungsergebnisse für alle Objekte zusammenfasst und anhand derer das Bezirksamt Treptow-Köpenick entscheiden kann, in welcher Reihenfolge die Liegenschaften am wirtschaftlichsten saniert werden können.

Die 42 zu untersuchenden Gebäude mit Baujahren zwischen 1912 und 1992 umfassen insgesamt eine Bruttogrundfläche von über 113.000 m². Sie sind in den letzten Jahren bereits teilweise modernisiert worden, verfügen jedoch über einen umfangreichen weiteren Sanierungsbedarf. Um diesen aufzuzeigen und zu quantifizieren, wurden für alle Gebäude die im Folgenden beschriebenen Arbeitsschritte durchgeführt.

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

2. Revierstützpunkt, Eichgestell 163

2.1 Objektbeschreibung

Bezeichnung des Objekts: Gärtner-Revierstützpunkt des Bezirksamts

Foto des Objekts:



Gebäude 1



Gebäude 2, mit Heizungskeller

Standort:	Eichgestell 163, 12459 Berlin
Nutzung:	Aufenthalts-, Sanitär-, Büro- und Werkstatt Räume
Gebäudeart:	Freistehende Nichtwohngebäude, beheizt
Bruttogrundfläche:	1283 m ²
Baujahr:	1968
Sanierung Gebäudehülle:	nicht bekannt
Sanierung haustechnische Anlage.:	1995 Erneuerung der Heizungsanlage einschl. WW-Speicher mit Ausnahme der Heizkörper
Heizenergieerzeugung:	Niedertemperaturkessel mit Energieträger Flüssiggas
Warmwasserbereitung:	Indirekt beheiztes Speicherladesystem, WW-Verteilung mit Zirkulation
Lüftung:	Freie Lüftung sowie Abluftventilatorenbetrieb in Sanitärbereichen von Gebäude 1
Angaben zum Leerstand:	Kein Leerstand
Bestandsunterlagen:	Aktuelle Grundrisse
Datum Objektbegehung:	22.05.2014

2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

2.2.1 Wärme

Der Revierstützpunkt wird von einem Flüssiggas-Niedertemperaturkessel mit Wärme versorgt. Mit Ausnahme von Lagerräumen, insb. im Keller von Gebäude 2, werden alle Räume der Gebäudes beheizt. Die für die Sanitäranlagen und Küchen 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.

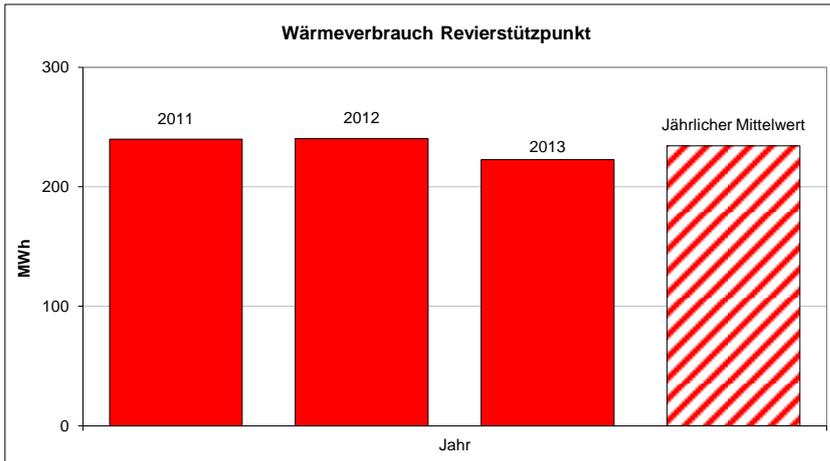


Abbildung 1: Wärmeverbrauch des Revierstützpunkts in den Jahren 2011-2013
(Berechnung anhand der verbrauchten Liter Flüssiggas unter Zugrundelegung des Energiegehalts von Flüssiggas bezogen auf den oberen Heizwert [7,16 kWh/Liter])

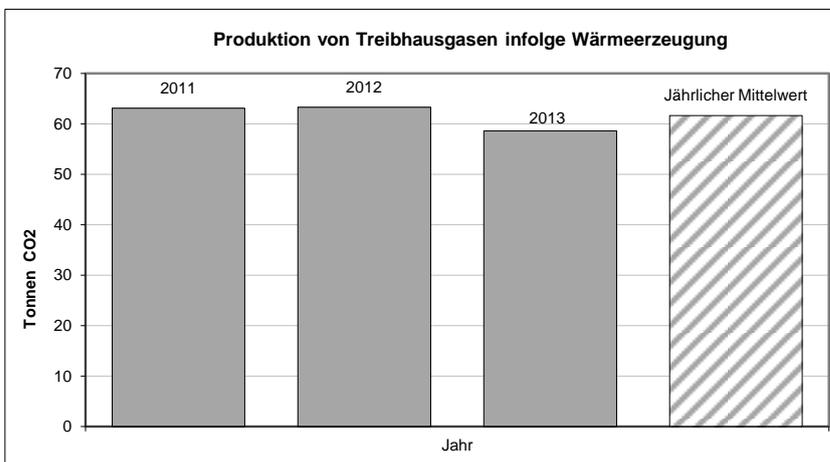


Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂) infolge Wärmeverbrauch¹

¹ Ansatz des GEMIS-CO₂-Emissionsfaktors für Flüssiggas von 263 g/kWh.

2.2.2 Strom

Der Revierstützpunkt ist ein Unterabnehmer des an das benachbarte Freizeit- und Erholungszentrum gelieferten Stroms. Abrechnungen für einen eigenen Zähler liegen nicht vor, stattdessen wurden Verbrauchszahlen für die Jahre 2011 bis 2013 angegeben. Da diese für alle Jahre exakt gleich hoch sind, ist davon auszugehen, dass es sich um Pauschalwerte handelt. Diese beinhalten auch Anteile für stromintensive Prozesse im Gebäude 1 wie Pressluft und Schweißen. Abbildung 4 zeigt die infolge der Stromherstellung produzierten Treibhausgasemissionen.

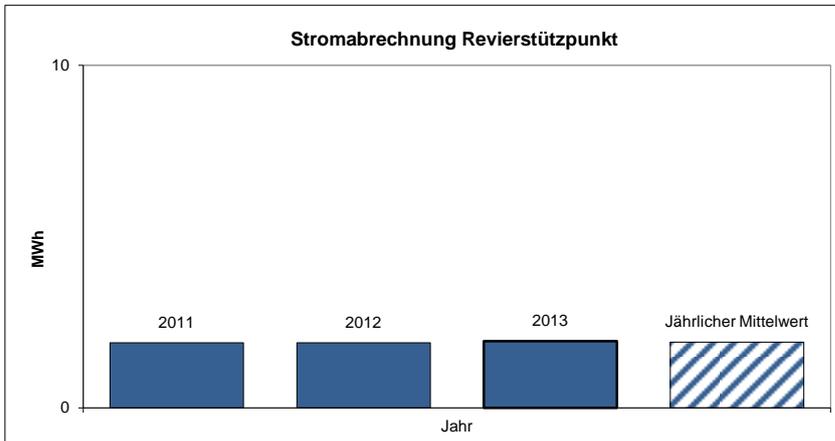


Abbildung 3: Stromabrechnung in den Jahren 2011-2013

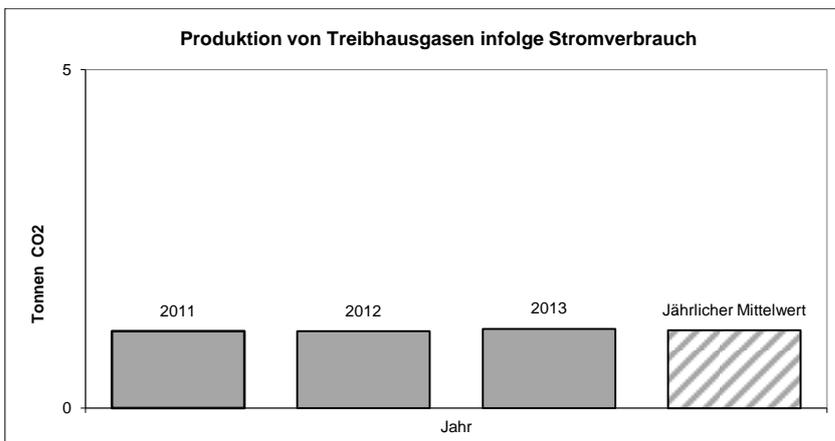


Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent) infolge Stromverbrauch²

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

2.2.3 Energiekennzahlen des Gebäudes

Eine Beurteilung der Energieverbräuche der Liegenschaft ist durch einen Vergleich mit den entsprechenden Verbräuchen des deutschen Gebäudebestands möglich. Hierfür hat die ages GmbH für verschiedene Gebäudenutzungskategorien Heizenergie- und Stromverbrauchswerte erfasst und die Mittelwerte sowie die Mittelwerte des Viertels mit dem geringsten Verbrauch bezogen auf die Bruttogrundfläche des jeweiligen Gebäudes berechnet und veröffentlicht.³ Für den Vergleich mit den Gebäuden des Revierstützpunkts an der Wuhlheide, deren Hauptnutzung Pausen- und Sanitäreinrichtungen sowie Werkstätten sind, 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 Wärmeverbrauch und den Stromverbrauch des Revierstützpunkts

		ages - Arithm. Mittel	ages - Arithm. Mittel des besten Viertels
Heizenergieverbrauch - kWh/(m ² BGFa)*	203,1	147,0	60,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² BGFa)*	31,5	38,7	15,8
Stromverbrauch - kWh/(m ² BGFa)	1,5	38,0	21,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² BGFa)	0,9	22,8	12,6

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

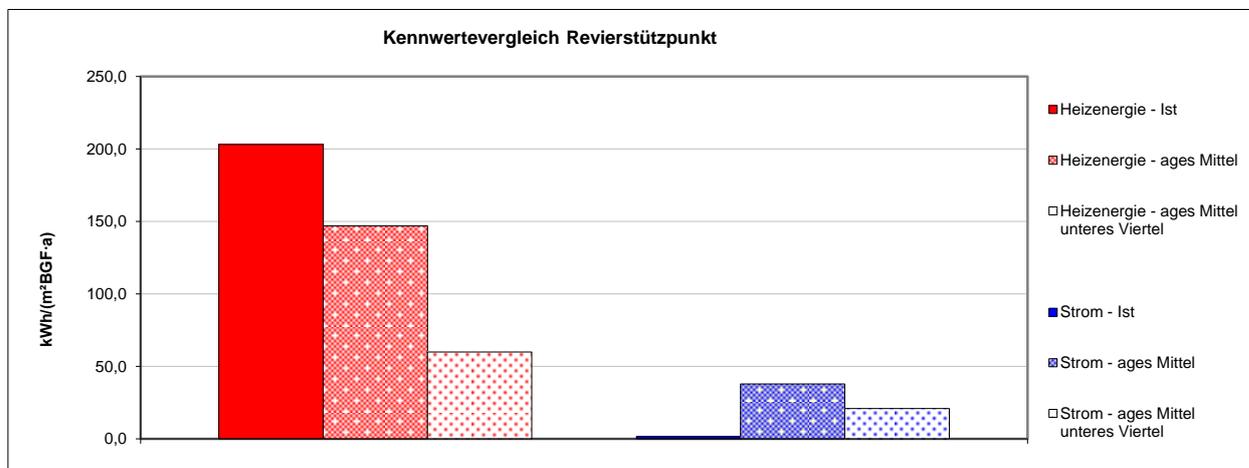


Abbildung 5: Kennwertevergleich

Die beiden Gebäude verbrauchen mehr Wärmeenergie als die gewählte Vergleichsgruppe des deutschen Bestands im Mittel. Dies lässt sich im Wesentlichen mit der energetisch gänzlich unertüchtigten Gebäudehülle begründen, zum anderen auch durch die ungünstigen Hüllflächenverhältnisse der beiden Gebäude. Unter Ansatz des mittleren Verbrauchs des besten Viertels der Betriebsgebäude lassen sich

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

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

der Wärmeverbrauch und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen etwa dritteln und entsprechend Energiekosten einsparen.

Eine vergleichende Beurteilung des Stromverbrauchs anhand der vermutlich pauschalen Abrechnung erscheint wenig sinnvoll, da ein Pauschalbetrag nicht den tatsächlichen Stromverbrauch des Gebäudes widerspiegelt.

3. Gebäudebewertung

3.1 Fotodokumentation

Gebäude 1



Nord-West-Ansicht



West-Ansicht



Teil der südlichen Gebäudeseite



Teil der nördlichen Gebäudeseite



Östliche Gebäudeansicht



Zweifach Isolierverglasung mit Holzrahmen (Beispiel)



Alte Einfachverglasung



Belüftungsöffnungen im Kaltdach

Gebäude 2



Nördliche Gebäudeansicht



Süd-Westliche Gebäudeansicht



Östliche Gebäudeansicht



Zweifach Isolierverglasung mit Holzrahmen (Beispiel)



Duschraum der Männer



Feuchteschäden / Schimmelpilzbildung am Fenster des Männerduschraums



Feuchte Kellerwand



Flüssiggastank



Heizkessel



Heizungsverteilstation



Warmwasserspeicher

3.2 Vorbemerkungen und Hinweise

Bei der Begehung wies die Revierleiterin darauf hin, dass im Männerduschaum im Gebäude 2 hygienische Mängel bestehen, da die Luftfeuchtigkeit nicht ausreichend abtransportiert wird. Dementsprechend hat sich in den Fliesenfugen sowie am Fenster Schimmelpilz gebildet. Der Holzrahmen des Fensters weist feuchtebedingte Schädigungen auf.

3.3 Gebäudehülle

3.3.1 Vorbemerkung

Bei den untersuchten Betriebsgebäuden im Eichgestell 163 handelt es sich um zwei 1968 errichtete Gebäude in Massivbauweise. Für die 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 Bodenplatten

Für den an das Erdreich grenzenden Fußboden des Erd- bzw. Untergeschosses ist nach [1] von einem U-Wert der $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auszugehen. Das Wärmeschutzniveau der Bodenplatten 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 $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen. Die Wärmeschutzqualität der Außenwände ist damit deutlich schlechter als der derzeitige Anspruch an die Wärmeschutzeigenschaften von Wänden.

3.3.4 Wände gegen nicht beheizte Räume

Gebäude 1 verfügt über Mauerwerkswände gegen nicht beheizte Lagerräume. Ihr U-Wert entspricht dem U-Wert der Außenwände i.H.v. $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

3.3.5 Fenster

Die Fenster von Gebäude 1 sind im Wesentlichen zweifach verglaste Isolierfenster mit Holzrahmen, deren genaues Alter nicht bekannt ist. Sie befinden sich baulich in einem akzeptablen Zustand, eine Glasscheibe ist gesprungen und sollte erneuert werden. Sie werden zeitlich vor 1995 eingestuft und bekommen damit nach [1] einen U-Wert von $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ zugewiesen. In einem Abstellraum befinden sich zwei Fenster mit Einfachverglasung, deren Holzrahmen sich in einem schlechten Zustand befinden. Ihr U-Wert ist gemäß [1] mit $5,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen.

Gebäude 2 besitzt im Erdgeschoss zweifach verglaste Isolierfenster mit Holzrahmen in gutem Zustand und im Untergeschoss Einfachverglasungen. Die U-Werte werden wie beim Gebäude 1 angesetzt.

3.3.6 Außentüren

Bei den Außentüren handelt es sich um Holz- sowie Stahltüren, deren U-Wert nach [1] mit $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ abgeschätzt wird. Ihr Zustand ist insgesamt gut und es ist davon auszugehen, dass sie einen günstigeren U-Wert als angenommen besitzen.

3.3.7 Oberste Geschossdecken

Beide Gebäude besitzen belüftete Kaldächer. Es konnte vor Ort nicht eingesehen werden, in welchem Umfang die Decken gegen die belüfteten Dachräume gedämmt sind. Es ist von Holzbalkendecken mit bauzeitlicher Zwischenbalkendämmung auszugehen. Der U-Wert wird gemäß [1] zu $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ abgeschätzt.

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.⁴ Die wärmetechnische Qualität der Gebäudehülle ist im derzeitigen Zustand insgesamt nicht ausreichend. Es besteht ein erhebliches Energieeinsparungspotential. Es sind keine besonderen konstruktions- oder materialbedingten Wärmebrücken hervorzuheben, so dass Wärmebrücken rechnerisch über einen U-Wert-Zuschlag von $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ berücksichtigt werden.

3.4 Haustechnische Anlagen

3.4.1 Bestandsaufnahme

Die 1995 erbaute Heizungsanlage der beiden Revierstützpunkte befindet sich im Untergeschoss von Gebäude 2. Die Heizwärmeerzeugung erfolgt mittels eines Niedertemperaturkessels der Firma Viessmann (Paromat Triplex RN 195-225 kW). Als Energieträger wird Flüssiggas verwendet. Der zugehörige Tank befindet sich auf dem Außengelände von Gebäude 2. Auch die Warmwasserbereitung für die Sanitärbereiche und die Küchen erfolgt über den Niedertemperaturkessel. Hierfür steht ein indirekt beheizter Warmwasserspeicher zur Verfügung, dessen Volumen auf 500 l geschätzt wird. Bei den Heizungs- und Zirkulationspumpen handelt es sich um ein- bzw. mehrstufige, unregelmäßige Geräte. Ob ein hydraulischer Abgleich der Anlage vorgenommen wurde, ist nicht bekannt. Die Wärmeübergabe an die Räume erfolgt über an den Außen- und Innenwänden angeordneten Gliederheizkörpern mit regelbaren Thermostatventilen. Die Verteilungen sind größtenteils gedämmt, kürzere Teilstücke sind zu ergänzen.

In den Sanitärräumen von Gebäude 1 sind Abluftventilatoren vorhanden, die lichtschaltergeregelt sind.

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

3.4.2 Energetische Beurteilung der haustechnischen Anlagen

Insgesamt sind die haustechnischen Anlagen funktionstüchtig, besitzen jedoch einen energetischen Standard mittlerer bis niedriger Effizienz. Eine energetische Sanierung der Anlage wird empfohlen.

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

Bei dem verwendeten Flüssiggas handelt es sich um einen fossilen Energieträger, der hinsichtlich seiner Primärenergieeffizienz und seiner Treibhausgaswirkung mit Erdgas gleichzusetzen ist. Ein Wechsel des Energieträgers und der Einbezug erneuerbarer Energien sind daher empfehlenswert.

3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich

Die energetische Bilanzierung von Gebäuden im Rahmen der Erstellung von Klimaschutz-Teilkonzepten erfolgt gemäß Merkblatt des BMU [2] prinzipiell vereinfacht nach DIN 4108-6 in Verbindung mit DIN 4701-10. Die Bilanzierung erfolgte für den Standort Berlin (Klimareferenzort Potsdam). In der folgenden Tabelle sind wesentliche Bilanzierungsparameter aufgeführt.

Tabelle 2: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung für beide Gebäude

Gebäudeparameter	Eingabegröße
Klimareferenzort	Potsdam
Raumtemperatur	19°C
Luftwechselrate	0,8/h (geringe Undichtigkeiten in den alten Fenstern)
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	5 W/m ² (als Standardwert, genauere Prozessdaten nicht bekannt)
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m ² K)
Heizungsanlage	Flüssiggas-Niedertemperaturkessel
Warmwasserbedarf	1,8 kWh pro Person und Arbeitstag, bei 13 Personen in Gebäude 1 und 20 Personen in Gebäude 2 ⁵

Ein Bedarfs-/Verbrauchsabgleich zur Validierung bzw. Kalibrierung der Eingabewerte konnte nur für beide Gebäude gemeinsam durchgeführt werden, da sie gemeinsam abgerechnet werden. Der Vergleich zeigt eine gute Übereinstimmung des rechnerischen Energiebedarfs werts mit dem bekannten mittleren Verbrauchswert erzielt werden (Abweichung < 10%).

Tabelle 3: Ergebnis des Bedarfs-/Verbrauchsabgleichs⁶

Berechneter Endenergiebedarf Fernwärme MWh/a	217,2
Witterungskorrig. mittlerer Fernwärmeverbrauch MWh/a	239,1

⁵ Ansatz gemäß DIN V 18599-10:2011-12, Tab. 7 für Werkstätten, Anzahl Personen gemäß Angabe der Revierleiter.

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

3.6 Energiebilanz und Bewertung der Bestandsgebäude

Gebäude 1

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.

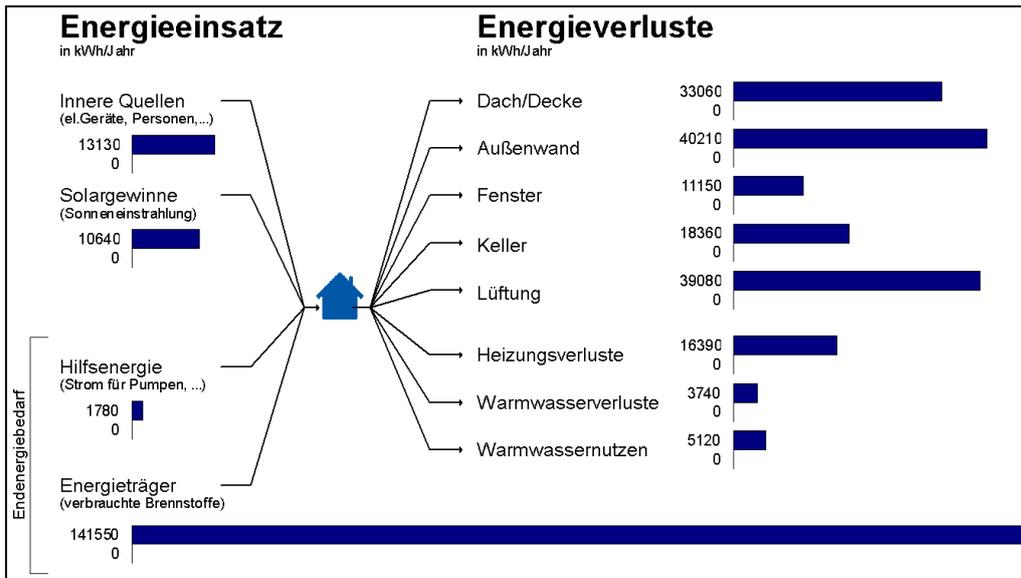


Abbildung 6: Annäherung für Energieeinsatz und -verluste für den Ist-Zustand des Gebäudes 1

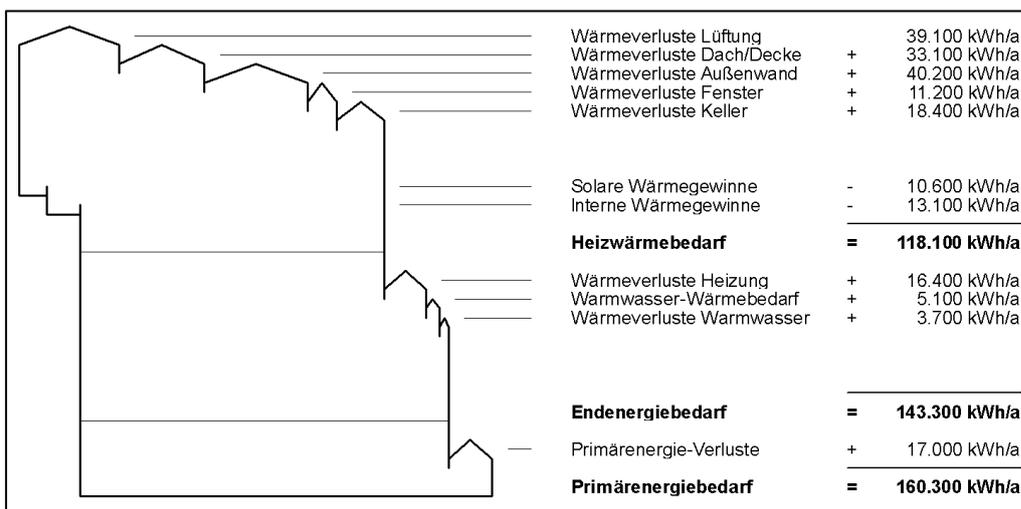


Abbildung 7: Annäherung für die Energiebilanz für den Ist-Zustand des Gebäudes 1

Die folgende Grafik stuft den energetischen Zustand der Gebäudehülle und der technischen Anlagen sowie den Umfang der Treibhausgasemissionen des Gebäudes anhand der Berechnungsergebnisse anschaulich und übersichtlich ein. Für die Anlagentechnik wird hierbei der Primärenergiebedarf

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

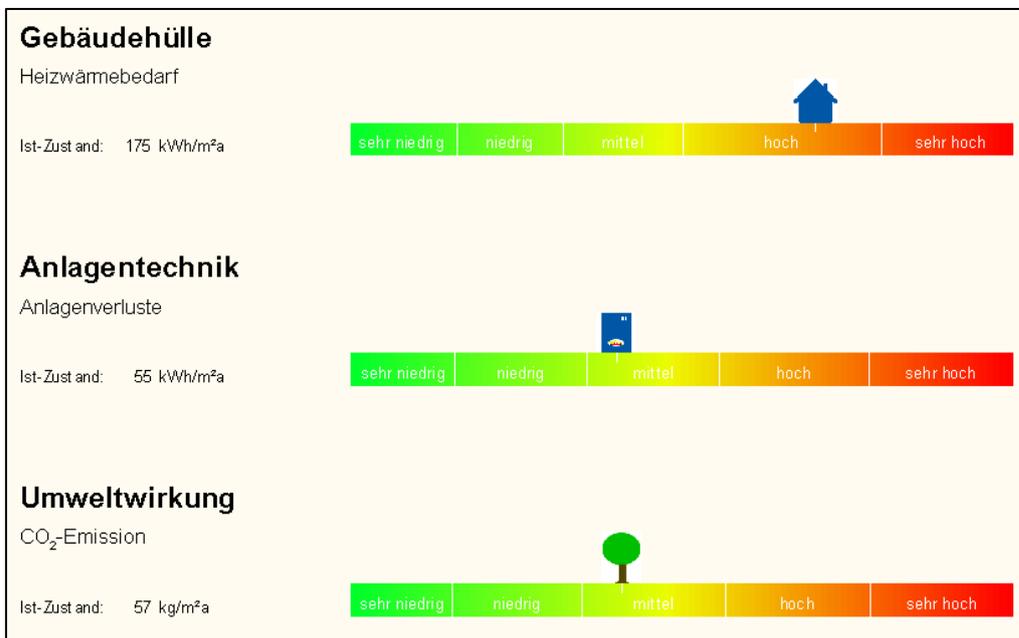


Abbildung 8: Beurteilung des Ist-Zustandes des Gebäudes 1

Die sehr schlechte Einstufung der Gebäudehülle resultiert zum einen daraus, dass die Bauteile thermischen Hülle des Gebäudes nicht dem heutigen energetischen Standard entsprechen, zum anderen besitzt das Gebäude aufgrund seiner Eingeschossigkeit und seiner Kubatur ein sehr ungünstiges Hüllflächen-Volumen-Verhältnis. Es zeigt sich ein erhebliches Sanierungspotential.

Die Heizungsanlage mit dem Niedertemperaturkessel besitzt einen mittleren energetischen Standard. Für die Anlage besteht daher ein deutliches Energieeinsparpotential.

Die Umweltwirkung des Gebäudes wird im Hinblick auf seine Treibhausgasemissionen resultierend aus dem Energieverbrauch und Emissionsfaktor ebenfalls im mittleren Bereich eingestuft. Auch hier zeigt sich ein Einsparpotential.

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

Gebäude 2

Die folgenden Grafiken geben wie beim Gebäude 1 Auskunft über die Energiebilanz des Gebäudes.

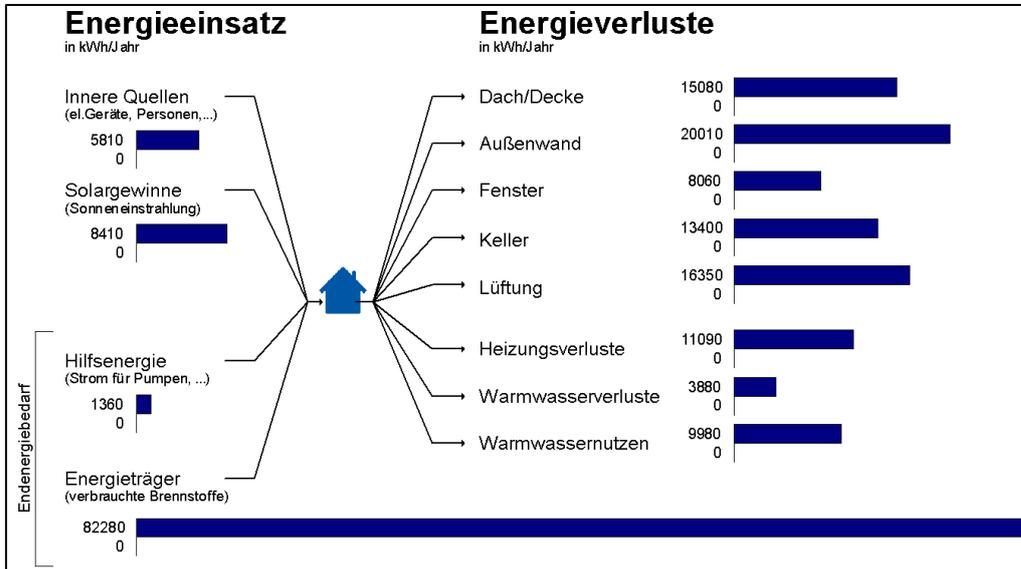


Abbildung 9: Annäherung für Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Gebäudes 2

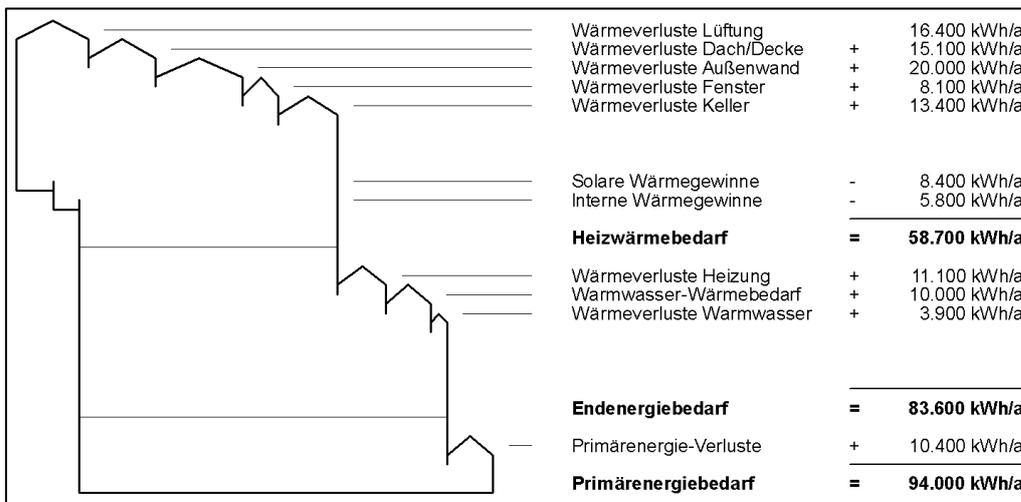


Abbildung 10: Annäherung für die Energiebilanz für den Ist-Zustand des Gebäudes 2

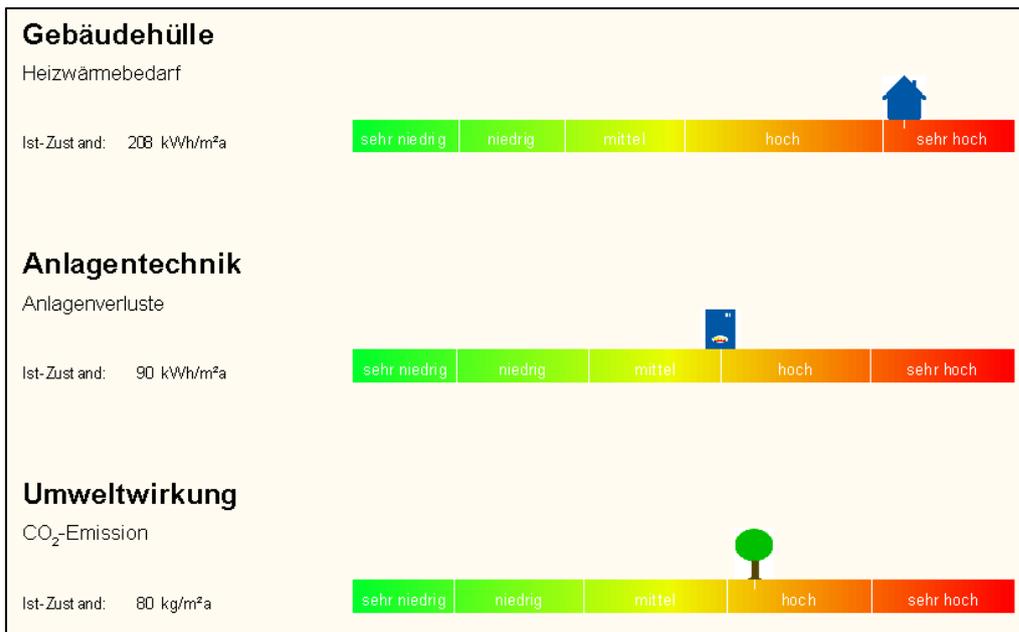


Abbildung 11: Beurteilung des Ist-Zustandes des Gebäudes 2

Die Einstufung für das Gebäude 2 ist prinzipiell ähnlich wie für das Gebäude 1, insgesamt aber etwas schlechter. Dies liegt zum einen an der etwas anderen Gebäude- und Hüllflächenstruktur, zum anderen an den unterschiedlichen (und pauschal berechneten) Leitungslängen. Es zeigt sich ein deutliches Energieeinsparpotential.

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.

4.2 Sanierung der Gebäudehülle

4.2.1 Bodenplatte (Gebäude 1)

Über die Bodenplatte geht aufgrund ihres Angrenzens an das Erdreich nur ein relativ geringer Wärmeanteil verloren. Dennoch wäre es energetisch günstig, sie oberseitig mit einer druckfesten Dämmung zu versehen, sofern die dort vorhandene Deckenhöhe noch als ausreichend erachtet wird. Mit einer 3,5 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 11 cm dicke Dämmung gleicher Wärmeleitfähigkeit erfordern. In beiden Fällen wäre oberhalb der Dämmung eine Dampfsperre aufzubringen, um Tauwasserbildung zu vermeiden, sowie eine lastverteilende Schicht, z.B. Nassestrich erforderlich. Da diese Maßnahme mit vorübergehenden Nutzungseinschränkungen und ggf. erforderlichen Anpassungsmaßnahmen einhergeht und über die Bodenplatte wie beschrieben nur ein geringer Wärmeverlust stattfindet, wird diese Maßnahme derzeit nicht empfohlen. Bei späteren Umbaumaßnahmen sollte eine Dämmung der Bodenplatte in Erwägung gezogen 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 derzeit nicht empfohlen**

4.2.2 Kellerdecke (Gebäude 2)

Über die ungedämmte Kellerdecke zu den sehr niedrig bzw. nicht beheizten Kellerräumen geht nur ein relativ geringer Anteil an Heizenergie verloren. Da die Kellerdecke jedoch kostengünstig unterseitig gedämmt werden kann, wird empfohlen, eine entsprechende Sanierungsmaßnahme vorzunehmen. Mit einer mindestens 8 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird für die Kellerdecke der aktuell erforderliche wärmetechnische Standard nach EnEV ($U = 0,3 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$) und mit einer 11 cm Dämmung gleicher Wärmeleitfähigkeit der KfW-Standard ($U = 0,25 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$) erreicht.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.3 Außenwände

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

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.4 Fenster und Sonnenschutz

Es wird der Austausch aller alten Isolierglasfenster empfohlen, sofern sie tatsächlich wie vermutet vor 1995 eingebaut wurden. Bei einem Einbaudatum ab 1995 ist anzunehmen, dass sie einen deutlich besseren U-Wert aufweisen, der in diesem Fall keinen Anlass zum Austausch gibt. In diesem Fall wären nur die aus baulichen Gründen erforderlichen Sanierungen vorzunehmen.

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

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 eingeschränkt empfohlen**

4.2.5 Außentüren

Aufgrund ihrer anteilig sehr geringen Fläche geht über die Außentüren nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Der Einspareffekt für Energie und Treibhausgasemissionen infolge Austausch der Türen ist demnach ebenfalls gering. Da sich die Türen in einem guten Zustand befinden und davon auszugehen ist, dass sie einen günstigeren U-Wert besitzen als nach [1] anzunehmen ist, wird eine Sanierung derzeit nicht empfohlen.

→ **Sanierung nicht empfohlen**

4.2.6 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 Werkstatträume, 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.

→ **Sanierung nicht empfohlen**

4.2.7 Oberste Geschossdecken

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

→ **Sanierung empfohlen**

4.3 Sanierung der technischen Anlagen

4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage

Eine energetische Sanierung der Heizungsanlage in energetischer Hinsicht wird mit Ausnahme der Wärmeübergabeeinrichtungen empfohlen. Da der Heizungskessel und die Heizungspumpen ihre mittleren Lebensdauern nach VDI 2067 [8] erreicht haben und der Trinkwarmwasserspeicher sie in wenigen Jahren erreicht, stehen in naher Zukunft sowieso umfangreiche Erneuerungsinvestitionen an. Im Zuge der Erneuerung ist der Kessel bei Beibehaltung des Energieträgers durch einen Brennwertkessel zu ersetzen. Für die Pumpen sollten jeweils Hocheffizienzgeräte verwendet werden. Bei der Planung dieser Erneuerungen sind die Anforderungen der dann gültigen Energieeinsparverordnung zu beachten. Es sollten auch die technischen Mindestanforderungen der KfW berücksichtigt werden, um der übergeordneten Zielsetzung des Niedrigstenergieverbrauchs Rechnung zu tragen. Vor der Durchführung der anlagentechnischen Sanierungsmaßnahmen sollten die Gebäudehüllen energetisch saniert werden, um den Energiebedarf des Gebäudes zu senken und eine neue Heizungsanlage mit entsprechend reduzierter Leistung einbauen zu können.

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.

→ **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 Beleuchtungskörpern mit LED-Technik auszutauschen.

→ **Sanierung empfohlen**

4.3.3 Energieträger

Der aktuell verwendete fossile Energieträger Flüssiggas wird hinsichtlich seiner Primärenergieeffizienz und seiner Treibhausgasemissionen wie Erdgas bewertet. Ein Wechsel hin zu Erdgas brächte daher hinsichtlich beider Faktoren keine Vorteile. Günstig wäre der Anschluss der Gebäude an das in der Nähe anliegende Vattenfall-Fernwärmenetz, da diese Fernwärme mittels Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt wird. Fernwärme aus KWK ist gemäß EEWärmeG [10] als Ersatzmaßnahme für den Einsatz erneuerbarer Energien anerkannt. Inwieweit und zu welchen Kosten ein Anschluss beider Gebäude an das Fernwärmenetz möglich ist, müsste in einem weiteren Schritt mit dem Versorger geklärt werden.

Denkbar wäre auch der Wechsel hin zum Energieträger Holzpellets mit einem sehr günstigen Primärenergiefaktor und geringeren Treibhausgasemissionen. Da hierfür große Lagerflächen erforderlich sind, wäre zunächst zu klären, in welchem Umfang Lagerräume im Keller von Gebäude 2 hierfür freigegeben werden können.

Die Dachfläche des Gebäudes könnte für die Aufstellung von PV-Anlagen genutzt werden. Aufgrund der umgebenden Bäume ist von einer relativ großen Verschattung von Dachbereichen auszugehen. Der Ertragsberechnung muss daher eine gründliche Verschattungsanalyse vorausgehen.

Weiterhin könnten die Dachflächen für Solarthermiemodule zur Warmwasserbereitung genutzt werden. Hierfür wäre ebenfalls eine gründliche Verschattungs- sowie eine Warmwasserbedarfsanalyse erforderlich.

Auch ein Wechsel zu einer Wärmepumpenheizungsanlage wäre denkbar. Da hierfür aufgrund der umfangreichen Anpassungsmaßnahmen insbesondere auch für die Wärmeübertragungsanlagen mit erheblichen Investitionskosten zu rechnen wäre, wird diese Maßnahme nicht empfohlen.

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)	
Dämmung der Außenwände (WDVS)	Aufbringen eines WDVS mit 15 cm Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	104 €/m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontrolle und Vorbereitung des Untergrunds 	Fläche:	550 m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montage des Dämmmaterials mit allem Systemzubehör ▪ alle Anschlussarbeiten an Fenster-/Türöffnungen, Vorsprünge, Gebäudekanten ▪ Wandbekleidung oder Oberputz ▪ De-/Remontage von Regenfallrohren, Blitzableitern, etc. ▪ im Zusammenhang mit der Dämmmaßnahme notwendige Bauleistungen wie die Vergrößerung von Dachüberständen oder die Verbreiterung von Fensterbänken 	Gesamtpreis:	56.925 €
	Errichtung und Vorhaltung Baugerüst (für ca. 4 Wochen)	Einzelpreis:	8 €/m ²
		Fläche:	550 m ²
		Gesamtpreis:	4.506 €
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,2 W/(m²K)		
Austausch alter Fenster	Demontage und Entsorgung der alten Fenster, Einbau neuer Fenster		
	Sowieso anfallende Kosten für Fenstersanierung (Abschleifen, Anstrich, Ausbesserung, Dichtung, Wartung Beschläge), falls kein Fensteraustausch erfolgt	Einzelpreis:	20 €/Stk
	<u>Alternative 2:</u> Einbau neuer 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Holzrahmen, U ≤ 0,95 W/(m²K)	Einzelpreis** abzgl. Sowieso-K.:	1.101 €/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Fenster 	Anzahl:*	31 Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Gesamtpreis:	34.139 €
	<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/(m²K). Da dieser etwas größer ist als der Zielwert für die 3-fach-Verglasung kann sich ggf. ein etwas höherer Einzelpreis ergeben.</small>		

Unterseitige Dämmung der Kellerdecke	Dämmung der der Kellerdecke von unten mit einer 12 cm Dämmung der WLG 035 inkl.	Einzelpreis:	49 €/m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montage der Dämmschicht (Kleben/Dübeln) 	Fläche:	245 m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anpassung der Dämmschicht an TGA-Installation/Rohrleitungen ▪ Beschichtung der Dämmung z.B. durch Armierung und Anstrich o. Ä. 	Gesamtpreis:	12.005 €
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,25 W/(m²K)		
Dämmung der obersten Geschossdecke	Dämmung der obersten Geschossdecke mit einer zusätzlichen ca. 20 cm dicken Wärmedämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	56 €/m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verlegen der Dämmschicht 	Fläche:	778 m ²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verlegen der trittfesten Bekleidung 	Gesamtpreis:	43.568 €
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ggf. Dampfspererschicht ▪ Anarbeitung der Dämmung im Bereich von Schächten. Wänden etc. 		
	U-Wert des sanierten Bauteils: U = 0,14 W/(m²K)		
Erneuerung der Heizungsanlage	Austausch des Niedertemperaturkessels gegen einen Brennwertkessel, Erneuerung der Pumpen sowie Durchführung weiterer Anpassungsmaßnahmen einschließlich eines hydraulischen Abgleichs	Gesamtpreis:	Sowiesokosten

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:	34.139 €
	Dämmung der obersten Geschossdecken	GD:	43.568 €
	Dämmung der Kellerdecke in Gebäude 2	Kellerdecke.:	12.005 €
			89.712 €
Variante 2	wie Variante 1	Variante 1:	89.712 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände	AW:	61.431 €
			151.143 €
Variante 3	wie Variante 2	Variante 2:	151.143 €
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen (insb. Kesseltausch)	Anlagen:	-- €
			151.143 €

4.5 Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen

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

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

4.6 Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten

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

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

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

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

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

Es ist nicht auszuschließen, dass die nach Realisierung der Sanierungsmaßnahmen tatsächlich auftretenden Einsparungen über die zu erwartenden Abweichungen infolge von Restabweichungen beim Bedarfs-/Verbrauchsabgleich, Preisunterschieden sowie nutzungs- und witterungsbedingten Differenzen hinaus größer oder kleiner als berechnet ausfallen.

Bei der Bewertung der Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen ist zu berücksichtigen, dass neben den Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle auch eine neue energieeffiziente Heizungs- und Trinkwarmwasserbereitungsanlage angesetzt wurden. Da die Erneuerung der Heizungsanlage sowieso in Kürze erforderlich wird, wurden die damit einhergehenden Investitionskosten in den Wirtschaftlichkeitsberechnungen nicht berücksichtigt.

Die folgende Tabelle fasst wesentliche Eingangsparameter der Wirtschaftlichkeitsberechnungen noch einmal zusammen. In Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Berechnungen zusammengestellt. Abbildung 12 dokumentiert die mit der jeweiligen Sanierungsvariante erzielbaren Einsparungen anschaulich.

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

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

¹¹ 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.

Tabelle 6: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Betrachtungszeitraum (lebensdauerbasiert):	40 Jahre	Teuerungsrate Energiepreise:	4%
rechnerische Energiekosten (Ist-Zustand) brutto:	27.710 €	Kalkulationszinssatz:	0,01%

Tabelle 7: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (alle Kostenangaben inklusive Mehrwertsteuer) – inkl. Energiespareffekte durch sowieso erforderliche Erneuerung der Heizungsanlage

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	19.723	106.758	788.600	681.842	19.715	699	7.387	1628	12	
2	13.939	199.593	1.359.960	1.160.367	33.999	1.205	6.814	1765	12	
3	13.939	199.593	1.532.160	1.332.567	38.304	1.359	7.676	1568	10	

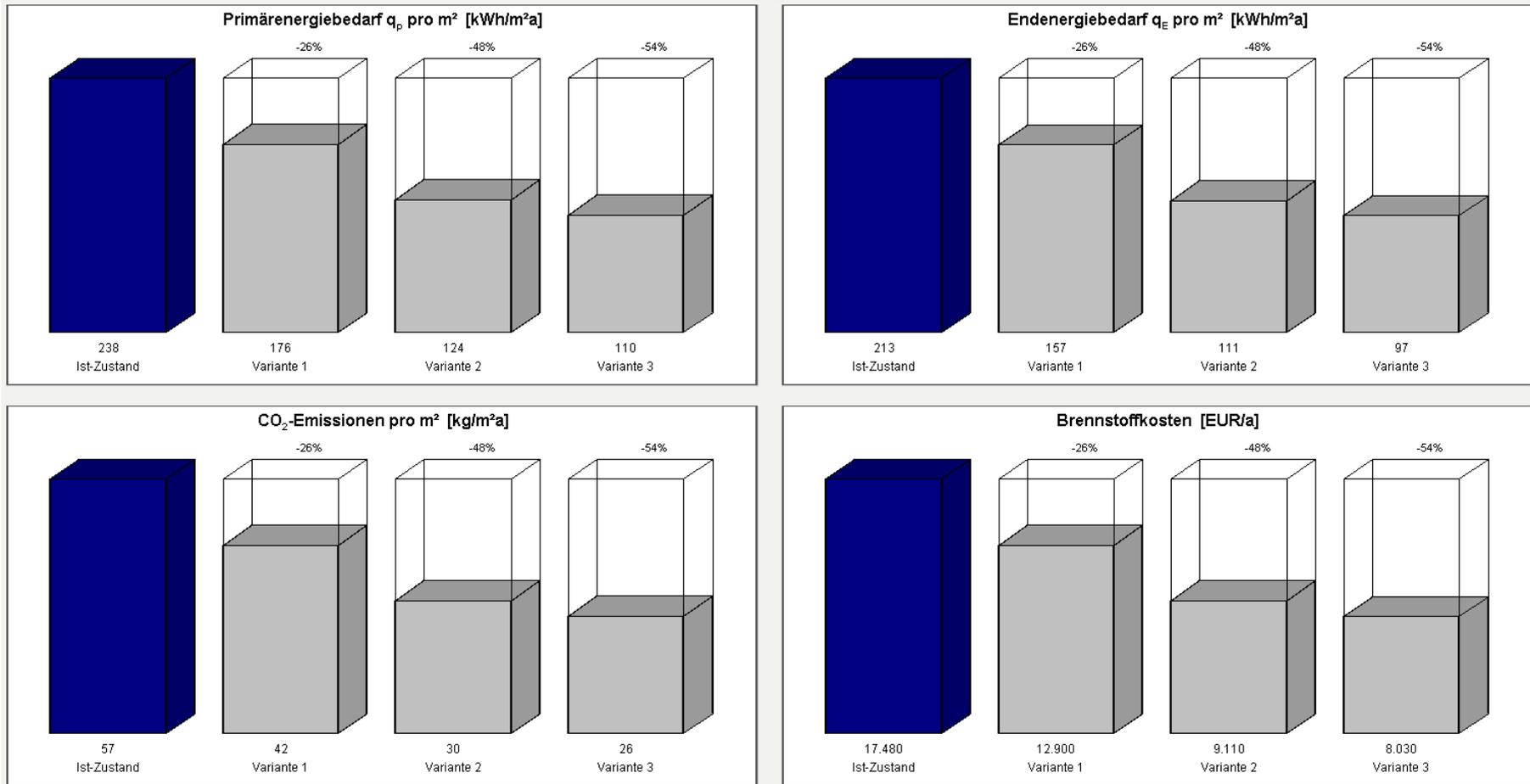


Abbildung 12-1: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO_2 - und Brennstoffkostenreduktionen – Gebäude 1

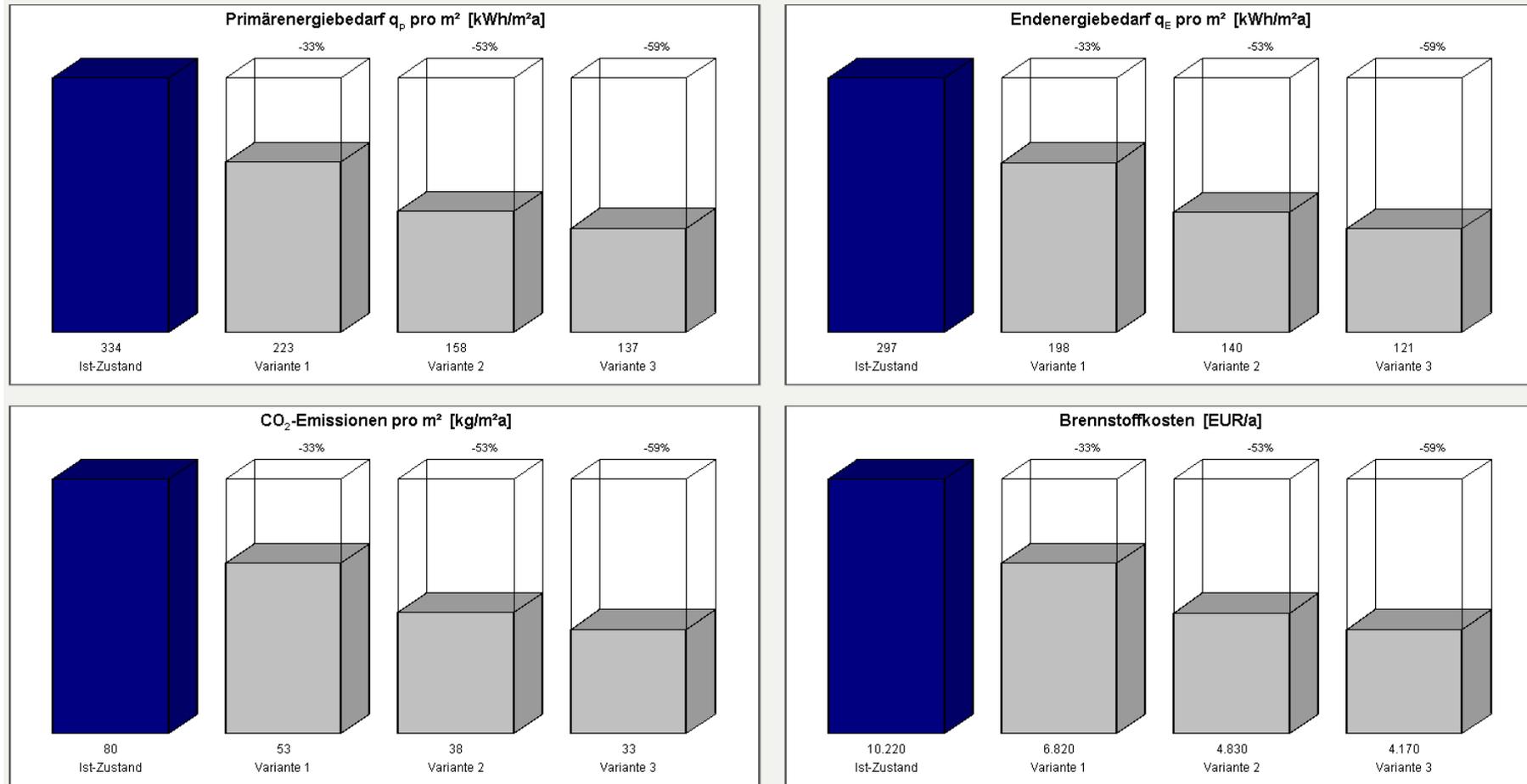


Abbildung 13-2: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO₂- und Brennstoffkostenreduktionen – Gebäude 2

4.7 Sanierungsempfehlungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten zeigen, dass sich alle Maßnahmenpakete deutlich vor dem Erreichen der Hälfte ihrer Lebensdauer 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 Varianten 2 und 3 am größten. Dementsprechend weisen diese Varianten auch die größten jährlichen Einsparungen auf.

Wegen der ähnlichen Amortisationsdauern aller Maßnahmen und den Förderzielsetzungen nach [2] wird empfohlen, Variante 2 bzw. 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. Im Zuge der Erneuerung einer Heizungsanlage wird ein hydraulischer Abgleich grundsätzlich mit durchgeführt.

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. Die 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.

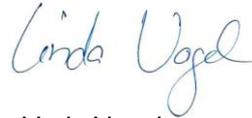
Die vorliegende Untersuchung ersetzt keine Ausführungsplanung für die zu sanierenden Bauteile.

CSD INGENIEURE GmbH



Andrea Untergutsch

Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen



Linda Vogel

Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen (FH)

Berlin, den 20. Oktober 2014