

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

WIRTSCHAFTSHOF, PARKSTR. 1-9

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 UND VORGEHENSWEISE	5
2. BASISDATEN DES WIRTSCHAFTSHOFS FÜR SPORT UND STRABENGRÜN	6
2.1 Objektbeschreibung	6
2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes	7
2.2.1 Wärme und Strom	7
2.2.2 Energiekennzahlen des Gebäudes	7
3. BEWERTUNG DES IST-ZUSTANDS DES GEBÄUDES	9
3.1 Fotodokumentation	9
3.2 Vorbemerkungen	11
3.3 Gebäudehülle	11
3.3.1 Vorbemerkung	11
3.3.2 Bodenplatte	11
3.3.3 Decke über unbeheizten Kellerräumen	11
3.3.4 Außenwände	11
3.3.5 Fenster	11
3.3.6 Türen	12
3.3.7 Dach	12
3.3.8 Gesamteinschätzung Gebäudehülle	12
3.4 Technische Anlagen	12
3.4.1 Bestandsaufnahme	12
3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen	13
3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich	14
4. ENERGIESPARMAßNAHMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN	17
4.1 Grundlegendes	17
4.2 Sanierung der Gebäudehülle	17
4.2.1 Bodenplatte	17
4.2.2 Decke über unbeheizten Kellerräumen	18
4.2.3 Außenwände	18
4.2.4 Fenster	18
4.2.5 Außentüren	18
4.2.6 Dach	19
4.3 Sanierung der technischen Anlagen	19
4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage	19
4.3.2 Beleuchtung	19
4.3.3 Energieträger	19
4.4 Schätzung der Investitionskosten	20
4.5 Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	23
4.6 Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	23
4.7 Sanierungsempfehlungen	27

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Erdgasverbrauch im Jahr 2013 und infolge dessen produzierte Treibhausgasemissionen	7
Tabelle 2: Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Erdgasverbrauch des Wirtschaftshofes	7
Tabelle 3: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung	14
Tabelle 4: Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs	14
Tabelle 5: Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle	21
Tabelle 6: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	22
Tabelle 7: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	24
Tabelle 8: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (Kosten inkl. Mehrwertsteuer)	25

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Kennwertevergleich	8
Abbildung 2: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Wirtschaftshofes	15
Abbildung 3: Energiebilanz für den Ist-Zustand des Wirtschaftshofes	15
Abbildung 4: Beurteilung des Ist-Zustandes des Wirtschaftshofes	16
Abbildung 5: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO ₂ - und Brennstoffkostenreduktionen	26

QUELLENVERZEICHNIS

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

PRÄAMBEL

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

CSD geht davon aus, dass

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

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

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

1. Aufgabenstellung und Vorgehensweise

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

Aufgabenstellung der CSD Ingenieure GmbH als Beitrag zum Klimaschutz-Teilkonzept war es, die spezifische Ausgangssituation der Liegenschaften und darauf aufbauend technisch und wirtschaftlich umsetzbare 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/Platzwirts vorgenommen wurden. Auf Grundlage der erhobenen Daten und mittels der vom Bezirksamt zur Verfügung gestellten Grundrisspläne wurde dann für jedes Gebäude eine Energiebilanz erstellt und soweit möglich mit Hilfe der witterungskorrigierten Wärmeverbrauchsdaten justiert. Sodann wurden anhand der Feststellungen vor Ort und der Energiebilanz Energieeinsparmaßnahmen abgeleitet und zu Sanierungsvarianten gebündelt. Abschließend wurden die durch die Sanierungsvarianten realisierbaren Energie- und Treibhausgaseinsparungen ermittelt, die Wirtschaftlichkeit der Varianten bewertet und daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet.

2. Basisdaten des Wirtschaftshofs für Sport und Straßengrün

2.1 Objektbeschreibung

Bezeichnung des Objekts: Wirtschaftshof für Sport und Straßengrün

Foto des Objekts:



Standort: Parkstr. 1-9, 12459 Berlin

Nutzung: Wirtschaftshof

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude
Untergeschoss und Erdgeschoss, Erdgeschoss überwiegend beheizt

Bruttogrundfläche: 937 m²

Baujahr: 1958

Sanierung Gebäudehülle: 2014 Erneuerung der Fenster in den Damen Sanitärräumen

Sanierung haustechnische Anlagen: 2012 Einbau der Heizungsanlage
2014 Einbau neuer Heizkörper in den Damen Sanitärräumen

Heizenergieträger: Brennwertgerät, Energieträger Erdgas

Warmwasserbereitung: Zentral durch Speicherladesystem mit Zirkulation, Wärmeerzeugung über Brennwertgerät und dezentral über elektrisch beheizten Kleinspeicher

Lüftung: Überwiegend Freie Lüftung, Sanitärräume Abluftventilatoren

Angaben zum Leerstand: Leerstehend an Feiertagen und am Wochenende

Bestandsunterlagen: Aktuelle Grundrisse

Datum Objektbegehung: 28.05.2014

2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

2.2.1 Wärme und Strom

Der Wirtschaftshof für Sport und Straßengrün wird mit Erdgas versorgt. Bis auf einige Lager- und die Kellerräume wird das gesamte Erdgeschoss des Gebäudes beheizt. Die Heizungsanlage wurde laut Aussage der Mitarbeiter erst 2012 eingebaut. Vorher wurde der Wärmebedarf über die Heizungsanlage der benachbarten Kindertagesstätte gedeckt. Erst seit 2013 wird der Wärmeverbrauch separat für den Wirtschaftshof erfasst. Der Wärmeverbrauch und die produzierten Treibhausgasemissionen infolge des Erdgasverbrauchs werden in der folgenden Tabelle angegeben. Auch der Stromverbrauch des Wirtschaftshofs wurde laut Aussage der Mitarbeiter erst im Jahr 2013 separat erfasst. Es liegen jedoch noch keine Verbrauchsdaten vor.

Jahr	2013
Erdgasverbrauch - MWh	221,1
Treibhausgasemissionen - t	48,7

Tabelle 1 Erdgasverbrauch im Jahr 2013 und infolge dessen produzierte Treibhausgasemissionen

2.2.2 Energiekennzahlen des Gebäudes

Eine Beurteilung der Energieverbräuche der Liegenschaft ist durch einen Vergleich mit den entsprechenden Verbräuchen des deutschen Gebäudebestands möglich. Hierfür hat die ages GmbH für verschiedene Gebäudekategorien Heizenergie- und Stromverbrauchswerte erfasst und die Mittelwerte sowie die Mittelwerte des Viertels mit dem geringsten Verbrauch bezogen auf die Bruttogrundfläche des jeweiligen Gebäudes berechnet und veröffentlicht.¹ In der folgenden Tabelle ist der vorhandene Heizenergieverbrauchswert den entsprechenden Vergleichswerten für Betriebsgebäude und -höfe gegenübergestellt. Da keine Stromverbräuche des Wirtschaftshofes vorliegen, kann kein Vergleich der Stromverbrauchswerte durchgeführt werden. Abbildung 1 verdeutlicht die Relationen grafisch.

Tabelle 2: Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Erdgasverbrauch des Wirtschaftshofes

		ages - Arithm. Mittel	ages - Arithm. Mittel des besten Viertels
Heizenergieverbrauch - kWh/(m ² _{BGfA})*	251,6	147,0	60,0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² _{BGfA})	55,4	32,3	13,2

* 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.

¹ ages-Verbrauchskennwerte 2005: Forschungsbericht der ages GmbH, Münster

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

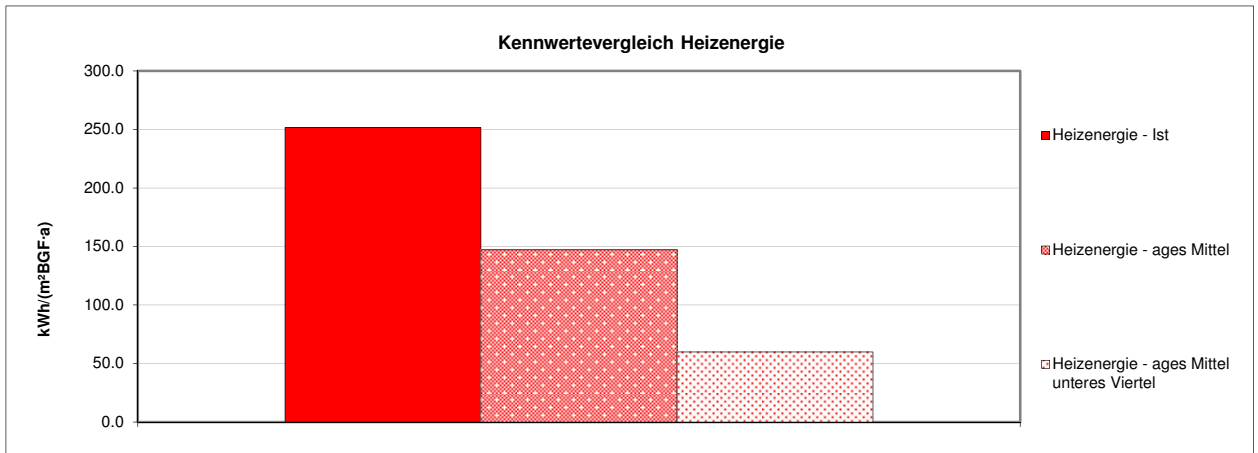


Abbildung 1: Kennwertevergleich

Der Wirtschaftshof verbraucht demnach deutlich mehr Heizenergie als von ages GmbH für deutsche Betriebsgebäude und -höfe im Mittel erfasst wurde. Dies lässt sich dadurch erklären, dass das Gebäude aufgrund seiner Eingeschossigkeit und seiner Kubatur ein sehr ungünstiges Hüllflächen-Volumen-Verhältnis besitzt und dass kaum energetische Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle durchgeführt wurden. Verglichen mit dem Mittelwert des besten Viertels des entsprechenden deutschen Gebäudebestands zeigt sich ein deutliches Einsparpotential für den Heizenergieverbrauch und die zugehörigen Treibhausgasemissionen. Setzt man das arithmetische Mittel des besten Viertels des Betriebsgebäudebestands als Zielgröße für den Heizenergieverbrauch, so berechnet sich das Kosteneinsparpotential bei einem Kostenansatz von 0,055 €/kWh² für Erdgas zu 9900 €/Jahr. Für die Treibhausgasemissionen infolge des Heizwärmeverbrauchs berechnet sich entsprechend ein Einsparpotential von 76%.

² Der Kostenberechnung des Erdgaspreises wurde der Energiepreis der letzten Verbrauchsabrechnung des Objekts zugrunde gelegt: i.H.v. 5,53 ct/kWh, brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

3. Bewertung des Ist-Zustands des Gebäudes

3.1 Fotodokumentation



Nord-West Ansicht (Straßenseite)



Süd-Ost Ansicht (Herrenumkleideräume)



Ost-Ansicht mit neuem Schornstein



Süd-Ansicht



Süd-Ost Ansicht (Lagerräume)



Süd-West Ansicht (Lagerräume)



Sanierte Fassade (Sanitärraum Damen)



Zustand der alten Holzfenster



Beispiel Zustand der Fenster



Repariertes Rohr eines Rohrheizkörpers



Heizungsanlage im unbeheizten Keller



Grundfos Umwälzpumpe

3.2 Vorbemerkungen

Bis auf die Kellerräume können alle Räume des Wirtschaftshofs beheizt werden. Ein Teil der Lagerräume wird von den Mitarbeitern jedoch nur niedrig beheizt.

Die Wärmeübertragung in den Räumen erfolgt überwiegend über alte Rohrheizkörper. Diese sind teilweise in einem schlechten Zustand. Darüber hinaus beklagen sich die Mitarbeiter des Wirtschaftshofes darüber, dass die Räume teilweise nicht ausreichend warm werden.

3.3 Gebäudehülle

3.3.1 Vorbemerkung

Der Wirtschaftshof wurde in der ehemaligen DDR in Massivbauweise errichtet. 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 überschlägig anhand von Bauteiltypologien erhoben. Als Datengrundlage wurden dabei die Datenaufnahmeregeln des BMVBS für Nichtwohngebäude [1] verwendet. Aufgrund ähnlich strenger Wärmeschutzvorschriften in Ost- und Westdeutschland (die lediglich etwas zeitlich versetzt in Kraft traten) können die Datenaufnahmeregeln abschätzend sowohl für Gebäude in der ehemaligen DDR als auch der ehemaligen BRD verwendet werden.

3.3.2 Bodenplatte

Für den an das Erdreich angrenzenden Fußboden des Erd- und Untergeschosses ist davon auszugehen dass er dem Standard von 1958 entspricht. Gemäß [1] ist von einem U-Wert von $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auszugehen. Ein gewisser Wärmeschutz ist damit bereits vorhanden, die heutigen Anforderungen sind jedoch höher.

3.3.3 Decke über unbeheizten Kellerräumen

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

3.3.4 Außenwände

Für die massiven Außenwände des Erdgeschosses wird gemäß [1] für den Standard von 1958 ein U-Wert von $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt. Die Wärmeschutzqualität der Außenwände ist damit aufgrund einer fehlenden Dämmung deutlich schlechter als der derzeitige Anspruch an die Wärmeschutzeigenschaften von Wänden. Die Außenwand der Damen-Sanitarräume wurde 2014 neu verputzt. Der Außenputz der übrigen Außenwände weist eine Reihe schadhafter Stellen wie Risse, Fehlstellen und Ablätterungen auf.

3.3.5 Fenster

Von Oktober 2013 bis April 2014 wurden die Sanitarräume für die Damen modernisiert. Im Zuge dieser Modernisierung wurden auch die Fenster der Sanitarräume erneuert. Bei den neuen Fenstern handelt es sich um 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit Kunststoffrahmen. Gemäß der zum Zeitpunkt des Einbaus gültigen Energieeinsparverordnung aus dem Jahre 2009 wird für diese Fenster ein U-Wert von $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt. Der wärmetechnische Zustand der Fenster entspricht demnach dem heutigen Standard.

Bei den übrigen Fenstern des Gebäudes handelt es sich um 1-fach verglaste Fenster oder Kastenfenster mit Holzrahmen. Gemäß [1] wird für die 1-fach verglasten Fenster ein U-Wert von $5,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und für die Kastenfenster ein U-Wert von $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt. Der wärmetechnische Zustand dieser Fenster entspricht nicht dem heutigen Standard. Die Fensterrahmen sind nicht mit Lippendichtungen versehen, so dass von erhöhten Lüftungswärmeverlusten auszugehen ist. Ihr Zustand ist außenseitig in großen Bereichen sehr schlecht. Nur bei wenigen Fenstern wurde der Schutzanstrich erneuert. Der Schutzanstrich der Fenster wäre dringend zu erneuern, an vielen Fenstern bröckelt der Fensterkitt. Bei einzelnen Kastenfenstern wurde das innere Fensterglas durch eine Holzwerkstoffplatte ersetzt. Der thermische Komfort der Nutzer ist aufgrund von Undichtigkeiten stark eingeschränkt.

An keinem der Fenster ist ein außenliegender Sonnenschutz angebracht.

3.3.6 Türen

Bei den Außentüren des Wirtschaftshof handelt es sich um Metalltüren. Für diese wird gemäß [1] ein U-Wert von $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ abgeschätzt. Dieser Wert liegt deutlich über dem heutigen Standard.

3.3.7 Dach

Das Dach des Wirtschaftshofes wurde nach Aussage der Mitarbeiter nicht saniert. Eine genaue Ermittlung des Dachaufbaus, war nicht möglich, da ein Zugang zum Dach von Innen nicht möglich war. Nach der Inaugenscheinnahme wird davon ausgegangen, dass es sich um ein Dach in Holzbauweise handelt, dessen U-Wert gemäß [1] für ein nach dem Standard von 1958 erbautes Dach mit $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angenommen wird. Der wärmetechnische Standard des Daches liegt damit deutlich über den heutigen Anforderungen.

3.3.8 Gesamteinschätzung Gebäudehülle

Bis auf die neuen Fenster der Damen-Sanitarräume erfüllt kein Außenbauteil die Anforderungen, die nach der aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV 2014 an zu sanierende Bauteile eines Nichtwohngebäudes gestellt werden. Die wärmetechnische Qualität der Gebäudehülle im derzeitigen Zustand ist insgesamt nicht ausreichend. Es besteht daher ein erhebliches Energieeinsparungspotential. Viel Wärme geht aufgrund der großen Flächenanteile über die massiven Außenwände und die Fenster 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. Da der Großteil der Fenster undicht schließt bzw. ohne Lippendichtung ausgeführt ist, ist von erhöhten Lüftungswärmeverlusten infolge Gebäudeundichtigkeit auszugehen, die durch eine Luftwechselrate von $1,0/\text{h}$ (vgl. Tabelle 3) berücksichtigt werden.

3.4 Technische Anlagen

3.4.1 Bestandsaufnahme

Bis zum Jahr 2012 wurde der Wirtschaftshof für Sport und Straßengrün nach Aussage der Mitarbeiter über die benachbarte Kindertagesstätte beheizt. Im Jahr 2012 wurde eine neue Heizungsanlage im unbeheizten Keller der Liegenschaft eingebaut.

Der Wirtschaftshof wird seitdem über das Gas-Brennwertgerät Buderus Logamax plus GB 162 beheizt. Die Leistung der verbauten Pumpe Magna 40-100 F 220 der Firma Grundfos zur Umwälzung des Heizungswassers ist elektronisch geregelt. Es wird davon ausgegangen, dass die Dämmung der Verteilleitungen im Keller den Anforderungen der Energieeinsparverordnung von 2009 entspricht.

Die Wärmeübergabe an die Räume erfolgt überwiegend durch an den Außenwänden angeordnete Rohrheizkörper. In den Sanitarräumen und in einem Teil der Büroräume erfolgt die Wärmeübergabe über

erneuerte Gliederheizkörper. Die Thermostatventile erlauben eine manuelle Regulierung durch die Nutzer. Teilweise sind die Rohrheizkörper in einem schlechten Zustand und die Mitarbeiter des Wirtschaftshofes klagen darüber, dass die Räume durch die Rohrheizkörper nicht ausreichend beheizt werden.

Die Warmwasserbereitung und –speicherung für die Duschen und Waschbecken des Wirtschaftshofs erfolgt mittels eines indirekt über das Gas-Brennwertgerät beheizten Warmwasserspeichers mit einem geschätzten Volumen von 300 Litern. Der Warmwasserspeicher wurde zeitgleich mit der neuen Heizungsanlage installiert. Die Versorgung der Zapfstellen erfolgt mittels Zirkulation.

Die Warmwasserzapfstelle der Teeküche wird dezentral über einen elektrisch beheizten Kleinspeicher mit Warmwasser versorgt.

Die Beleuchtungsanlage des Wirtschaftshofs besteht zum großen Teil aus Deckenleuchten mit stabförmigen Leuchtstofflampen, die nur in den Sanitärräumen der Damen bereits modernisiert wurden und elektronische Vorschaltgeräte besitzen. Im alten Zustand sind sie mit verlustarmen oder konventionellen Vorschaltgeräten ausgestattet. Regeleinrichtungen sind nicht vorhanden.

In den Sanitärräumen des Wirtschaftshofs sind Abluftventilatoren installiert.

3.4.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen

Da die Heizungsanlage mit allen Mess-, Regel und Absperreinrichtungen und der Warmwasserspeicher des Wirtschaftshofs erst im Jahr 2012 eingebaut wurden, besitzen die Anlagenkomponenten einen guten technischen Standard. Erneuerungsinvestitionen stehen demnach aktuell nicht an.

Die Wärmeübergabe an die Räume erfolgt überwiegend durch an den Außenwänden angeordneten Rohrheizkörper. Diese sind teilweise in einem schlechten Zustand und sollten durch Glieder- oder Plattenheizkörper ersetzt werden.

Die Beleuchtungsanlage des Wirtschaftshofs ist wie beschrieben zum Großen Teil in den letzten Jahren nicht erneuert worden und verfügt nicht über die derzeit mögliche Energieeffizienz. Eine Modernisierung ist daher empfehlenswert.

3.5 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich

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

Tabelle 3: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung

Gebäudeparameter	Eingabegröße
Klimareferenzort	Potsdam
Raumtemperatur	19°C
Luftwechselrate	1,0/h (Gebäude ohne Dichtheitsprüfung)
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	5,0 W/m ²
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m ² K)
Heizungsanlage	Brennwertgerät, Energieträger Erdgas
Warmwasserbedarf	9,4 MWh/a ³

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

Tabelle 4: Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs⁴

Berechneter Endenergiebedarf Erdgas MWh/a	217,4
Witterungskorrig. mittlerer Erdgasverbrauch MWh/a	212,5

³ Berechnung mit Hilfe des Ansatzes nach DIN V 18599-10:2011-12 Tab.7 für Werkstatt, Industriebetrieb für Waschen und Duschen, entsprechend der Aussage der Mitarbeiter duschen an 5 Tagen in der Woche ca. 20 Personen am Tag

⁴ Berechnung des Endenergiebedarfs und Witterungskorrektur jeweils für den mittleren Klimareferenzort Deutschlands nach 4108-6 (Würzburg).

Für den beschriebenen Ist-Zustand der Gebäudehülle und der technischen Anlagen des Wirtschaftshofes berechnet sich die nachfolgende Energiebilanz. Abbildung 2 zeigt anhand der Energiebilanz des Gebäudes anschaulich, welchen Anteil die einzelnen Bauteilgruppen am Gesamtwärmeverlust haben und welche Wärmegewinne und –zufuhr diesen gegenüber stehen. Abbildung 3 fasst diese Angaben zusammen und ergänzt sie um die für die Wärmeerzeugung auftretenden Primärenergieverluste.

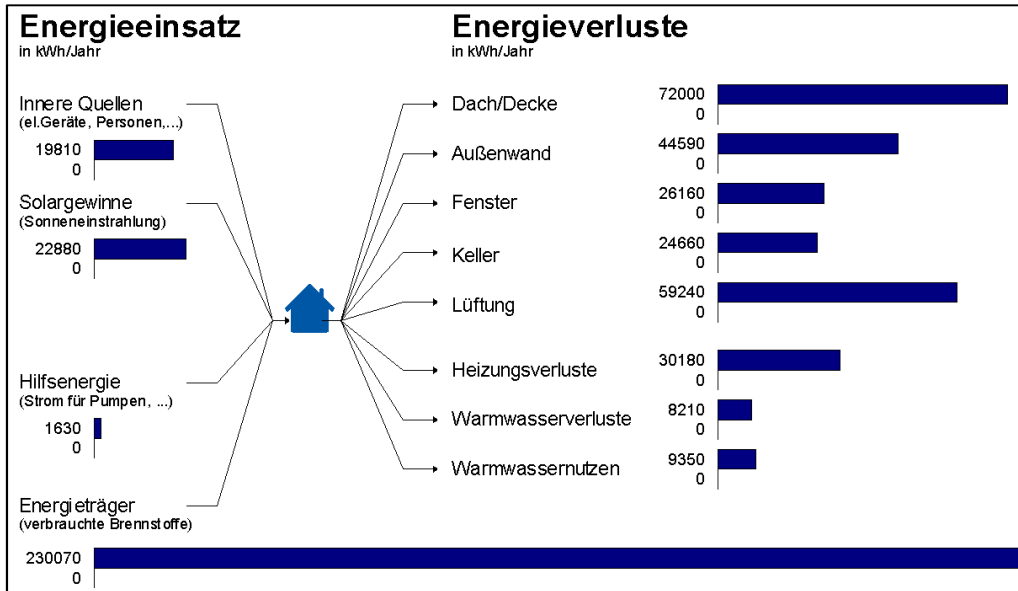


Abbildung 2: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand des Wirtschaftshofes

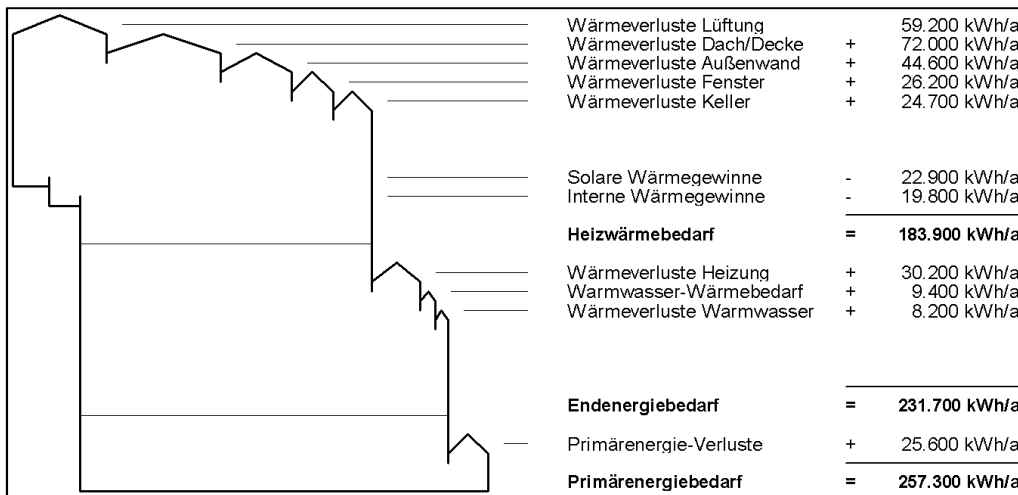


Abbildung 3: Energiebilanz für den Ist-Zustand des Wirtschaftshofes

Die folgende Grafik stuft den energetischen Zustand der Gebäudehülle und der technischen Anlagen sowie den Umfang der Treibhausgasemissionen des Wirtschaftshofes anhand der Berechnungsergebnisse anschaulich und übersichtlich ein. Für die Anlagentechnik wird hierbei der Primärenergiebedarf bewertet.⁵ Alle drei verglichenen Werte beziehen sich auf die rechnerische Energiebezugsfläche des Gebäudes.

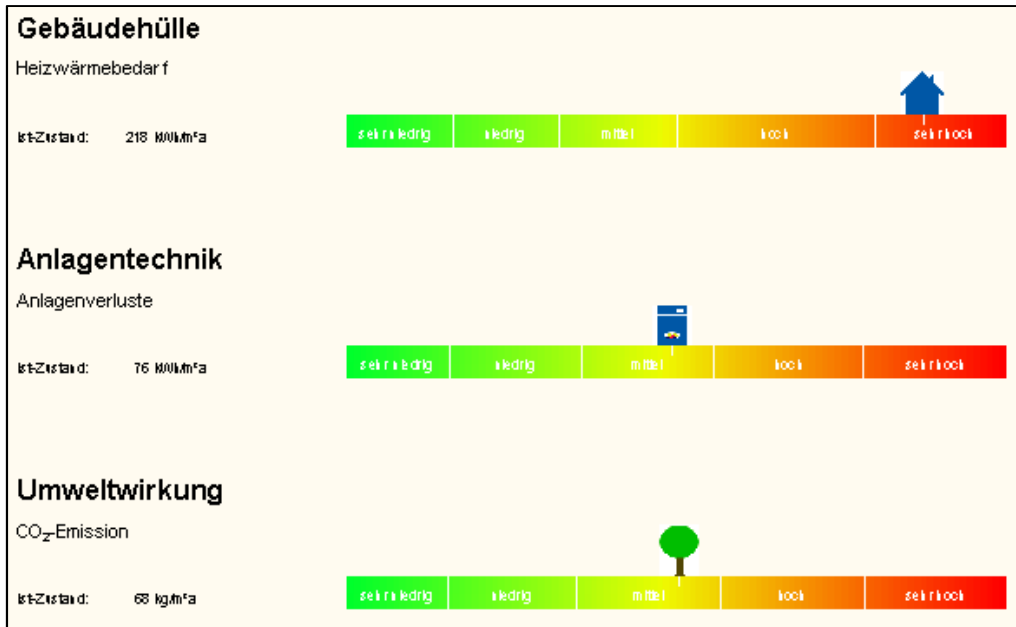


Abbildung 4: Beurteilung des Ist-Zustandes des Wirtschaftshofes

In der Einstufung des Heizwärmebedarfs im sehr hohen Bereich spiegelt sich die Tatsache, dass kaum Sanierungen an der Gebäudehülle vorgenommen wurden und das Gebäude aufgrund seiner Eingeschossigkeit und seiner Kubatur ein sehr ungünstiges Hüllflächen-Volumen-Verhältnis besitzt. Dies verdeutlicht auch das aus den Verbrauchskennzahlen in Kapitel 2.2.2 ablesbare Sanierungspotential.

Entsprechend der Ausstattung der Heizungsanlage werden die Anlagenverluste (inkl. Primärenergieverlusten infolge der Energieträgerbereitstellung) im mittleren Bereich eingestuft. Ein weiteres Einsparpotential ist demnach vorhanden.

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

⁵ Die Bewertungsskala ist in der verwendeten Software Hottgenroth Energieberater 18599 implementiert und wurde in Anlehnung an die Bewertungsskala für Energieausweise nach EnEV entwickelt. Da die energetische Bilanzierung entsprechend den Empfehlungen in den Anforderungen an die Erstellung von Klimaschutz-Teilkonzepten [2] nach DIN 4108-6 in Verbindung mit DIN 4701-10 erfolgte, die nach EnEV 2009/2014 nur noch zur Bilanzierung von Wohngebäuden herangezogen werden dürfen, bezieht sich die Farbenskala auf Wohngebäude. Die Einstufung ist gleichwohl aussagekräftig, da sich die Referenzausführungen für Wohn- und Nichtwohngebäude im Hinblick auf die wärmeschutztechnischen Eigenschaften der Gebäudehülle und der Heizungs- und Warmwassererzeugungsanlage nicht wesentlich unterscheiden.

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

4. Energiesparmaßnahmen und Sanierungsoptionen

4.1 Grundlegendes

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

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

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

4.2 Sanierung der Gebäudehülle

4.2.1 Bodenplatte

Über die Bodenplatte geht aufgrund ihrer vorhandenen Wärmeschutzqualität und ihres Angrenzens an das Erdreich nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Dennoch wäre es energetisch günstig, sie oberseitig mit einer druckfesten Dämmung zu versehen. Da bei der oberseitigen Dämmung der Bodenplatte die lichte Höhe der Räume minimiert wird, sollte vor der Sanierung geprüft werden, ob die Raumhöhen ausreichen. Es ist zu beachten, dass diese Maßnahme mit vorübergehenden Nutzungseinschränkungen und ggf. erforderlichen Anpassungsmaßnahmen einhergeht. Bereits mit einer 4 cm dicken oberseitigen Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 könnte der wärmetechnische Standard der Bodenplatte entsprechend den aktuellen Anforderungen der EnEV aufgerüstet werden. Eine Sanierung auf KfW-Standard würde eine etwa 12 cm dicke Dämmung gleicher WLG erfordern. Auf der Dämmung sind eine Dampfbremse und eine lastverteilende Schicht, z.B. Nassestrich, zu verlegen. Da die daraus resultierenden Einsparungen bezogen auf den Ist-Zustand des Gebäudes jedoch relativ gering sind und temporär mit deutlichen Nutzungseinschränkungen einhergehen, wird diese Maßnahme zunächst nicht empfohlen. Wenn entsprechende Nutzungseinschränkungen tolerierbar und Anpassungsmaßnahmen möglich sind und eine Sanierung aus baulichen Gründen erforderlich ist, sollte eine Dämmung jedoch ergänzt werden. (Um die hierbei entstehende Wärmebrücke zur Außenwand zu minimieren, ist die Außenwand außenseitig bis zur Unterkante des Fundaments mit einer Perimeterdämmung zu versehen.)

→ **Sanierung eingeschränkt empfohlen**

4.2.2 Decke über unbeheizten Kellerräumen

Über die ungedämmte Kellerdecke (Fußboden des Erdgeschosses) zu unbeheizten Kellerräumen geht aufgrund ihres Angrenzens an unbeheizte Räume (statt Außenluft) und ihre geringe Fläche relativ wenig Heizenergie verloren. Um das vorhandene Einsparpotenzial nutzen zu können empfiehlt sich dennoch die nur mit einem geringen finanziellen und technischen Aufwand verbundene unterseitige Dämmung. Mit einer mindestens 10 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird für die Kellerdecke der aktuell erforderliche wärmetechnische Standard und mit einer 12 cm Dämmung der KfW-Standard erreicht. In Bereichen in denen die Rohrleitungen unterhalb der Decke installiert sind und der Abstand zur Decke für die empfohlene Dämmdicke nicht ausreicht, sollte geprüft werden ob es wirtschaftlich ist die Rohrleitungen zu versetzen oder in diesen Bereichen die Dämmdicke zu reduzieren.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.3 Außenwände

Die Außenwandelemente sind entsprechend ihrer großen Fläche für einen großen Teil der Wärmeverluste durch die Gebäudehülle verantwortlich. Zur Sanierung wird empfohlen, ein außenseitiges Wärmedämmverbundsystem auszuführen, das aufgrund der großflächigen Fassadengestaltung vergleichsweise einfach und damit kostengünstig aufzubringen ist. Bereits mit einer 16 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird die über die gesetzliche Anforderung der EnEV hinausgehende erhöhte Anforderung der KfW erreicht.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.4 Fenster

Es wird der Austausch aller alten 1-fach verglasten Fenster und Kastenfenster mit Holzrahmen empfohlen, da ihre wärmeschutztechnischen Eigenschaften bei weitem nicht den heutigen Anforderungen genügen und sie sich zum Teil in einem schlechten baulichen Zustand befinden. Zudem entstehen erhöhte Lüftungswärmeverluste, da die Fensterrahmen nicht mit Lippendichtungen versehen sind. Das Einsparpotential ist daher beträchtlich. Zur Einhaltung der KfW-Anforderungen wäre der Einbau einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert kleiner oder gleich $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erforderlich.

Um die solaren Einträge in die ständig genutzten Büroräume mit Süd-West und Süd-Ost Ausrichtung wirksam zu reduzieren, ist ein außenliegender Sonnenschutz an allen rückseitigen Fenstern vorzusehen. Optimal geeignet sind lichtlenkende Lamellenbehänge mit automatischer Steuerung, die im Sommer am frühen Morgen automatisch zufahren und dann manuell nach Bedarf geöffnet werden können.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.5 Außentüren

Aufgrund ihrer anteilig sehr geringen Fläche geht über die Außentüren nur ein geringer Wärmeanteil verloren. Um das vorhandene Einsparpotential dennoch zu nutzen und um den Aufenthaltskomfort in den Eingangsbereichen im Winter zu erhöhen, wird empfohlen die Metalltüren durch Türen mit einem U-Wert kleiner oder gleich $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ zu ersetzen.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.6 Dach

Da eine genaue Ermittlung des Dachaufbaus nicht möglich war wird davon ausgegangen, dass es sich bei dem Dach des Wirtschaftshofes um ein flach geneigtes Dach in Holzbauweise handelt, dessen wärmetechnischer Zustand dem Standard von 1958 entspricht. Entsprechend der Fläche ist das Dach für einen großen Teil der Wärmeverluste durch die Gebäudehülle verantwortlich. Deshalb wird eine Sanierung des Daches von außen empfohlen. Um die Anforderung für die Sanierung von Dächern der KfW zu erfüllen, wäre eine 24 cm starke Wärmedämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 erforderlich.

Da der genaue Aufbau des Daches nicht bekannt ist, sollte vor der Sanierung der genaue Dachaufbau ermittelt werden. In einem weiteren Schritt sollte überprüft werden, ob ggf. eine Dämmung von innen bzw. eine Dämmung auf der abgehängten Decke ebenfalls möglich bzw. wirtschaftlicher wäre.

→ **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 ist derzeit nicht erforderlich. Da die Heizungsanlage mit allen Mess-, Regel und Absperrereinrichtungen sowie der Warmwasserspeicher des Wirtschaftshofs erst im Jahr 2012 eingebaut wurden, besitzen die Anlagenkomponenten einen guten technischen Standard.

Da die Wärmeübergabe an die Räume überwiegend durch an den Außenwänden angeordnete Rohrheizkörper erfolgt, die teilweise in einem schlechten baulichen Zustand sind, wird empfohlen diese durch Glieder- oder Plattenheizkörper zu ersetzen.

Bei zukünftigen Erneuerungen an der Heizungsanlage 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.

→ **Sanierung eingeschränkt empfohlen**

4.3.2 Beleuchtung

Es wird empfohlen die alte Beleuchtung zu modernisieren und die Leuchten gegen moderne Spiegelrasterleuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) oder Beleuchtungskörper mit LED-Technik auszutauschen. Eine Lichtregelung in Abhängigkeit der Tageslichtversorgung und Präsenzmelder würde für weitere Energieeinsparung sorgen. In den Fluren wird empfohlen, eine präsenzabhängige Steuerung zu installieren.

→ **Sanierung im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen empfohlen**

4.3.3 Energieträger

Da die Heizungsanlage im Keller des Gebäudes erst im Jahr 2012 eingebaut wurde, stehen derzeit keine Erneuerungen und somit auch kein Wechsel des Energieträgers an. Bei einer zukünftigen Erneuerung sollte ein Wechsel jedoch in Betracht gezogen werden, da aktuell der fossile Energieträger Erdgas verwendet wird.

So wäre zum Beispiel der Anschluss des Gebäudes an das Fernwärmenetz sinnvoll, da die Fernwärme in Berlin 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 des Gebäudes 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 einer sehr günstigen Primärenergiefaktor und geringeren Treibhausgasemissionen. Da hierfür große Lagerflächen erforderlich sind, wäre zunächst zu klären, in welchem Umfang Lagerräume im Keller hierfür zur Verfügung gestellt 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 wären ebenfalls eine gründliche Verschattungs- sowie eine Warmwasserbedarfsanalyse erforderlich.

4.4 Schätzung der Investitionskosten

In Tabelle 5 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 6 werden die aktuell empfehlenswerten investiven Einzelmaßnahmen zu sinnvollen Maßnahmenpaketen zusammengefügt. Diese Sanierungsvarianten werden in Kapitel 4.6 wirtschaftlich und im Hinblick auf ihr Energieeinsparpotential bewertet. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass in den Kapiteln 4.2 und 4.3 weitere Sanierungsmaßnahmen beschrieben sind, die entweder aus unterschiedlichen Gründen ohnehin erforderlich sind bzw. erst im Zusammenhang mit Erneuerungsinvestitionen ausgeführt werden sollten.

Tabelle 5: Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle

Sanierungsmaßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Austausch alter Fenster	Demontage und Entsorgung der alten Fenster, Einbau neuer Fenster		
	Sowieso anfallende Kosten für Holzfenstersanierung (Abschleifen, Anstrich, Ausbesserung, Dichtung, Wartung Beschläge), falls kein Fensteraustausch erfolgt	Einzelpreis:	100 €/Stk
	Einbau neuer 3-Scheiben-Wärmeschutz-verglasungen mit Holzrahmen, $U \leq 0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Einzelpreis** abzgl. Sowieso-K.:	1.147 €/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Fenster 	Anzahl:*	46 Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Gesamtpreis:	52.762 €
	<p>* Hierbei handelt es sich um eine rechnerische Größe, die sich aus der Gesamtfensterfläche geteilt durch die Fläche des der Kalkulation zugrunde gelegten häufigsten Fenstertyps ergibt.</p> <p>** Der Einzelpreis berechnet sich aus der Kostenfunktion für 3-fach-Verglasung mit einem mittleren U-Wert von 1,1 W/(m²K). Da dieser etwas größer ist als der Zielwert für die 3-fach-Verglasung kann sich ggf. ein etwas höherer Einzelpreis ergeben.</p>		
Austausch der Außentüren	Demontage und Entsorgung der alten Eingangstürelemente, Einbau neuer Türelemente	Einzelpreis:	1.100 €/Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Türelemente 	Anzahl:	3 Stk
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung, Lieferung und Montage der neuen Türelemente einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Gesamtpreis:	3.300 €
	U-Wert des sanierten Bauteils: $U = 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$		
Dämmung der Kellerdecke	Dämmung der der Kellerdecke von unten mit einer 12 cm Dämmung der WLG 035 inkl.	Einzelpreis:	49 €/m²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montage der Dämmschicht (Kleben/Dübeln) 	Fläche:	67 m²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ inkl. Beschichtung der Dämmung z.B. durch Armierung und Anstrich 	Gesamtpreis:	3.283 €
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anpassung der Dämmschicht an TGA-Installation/Rohrleitung 		
	U-Wert des sanierten Bauteils: $U = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$		
Dämmung der Außenwände (WDVS)	Aufbringen eines WDVS mit 16 cm Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	105 €/m²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontrolle und Vorbereitung des Untergrunds 	Fläche:	580 m²
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montage des Dämmmaterials mit allem Systemzubehör 	Gesamtpreis:	61.132 €
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ alle Anschlussarbeiten an Fenster-/Türöffnungen, Vorsprünge, Gebäudekanten 		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wandbekleidung oder Oberputz 		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ De-/Remontage von Regenfallrohren, Blitzableitern, etc. 		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ im Zusammenhang mit der Dämmmaßnahme notwendige Bauleistungen wie die Vergrößerung von Dachüberständen oder die Verbreiterung von Fensterbänken 		
	U-Wert des sanierten Bauteils: $U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$		

Dämmung des Daches				
	Dachdämmung 24 cm WLG 035 und Erneuerung der Dachhaut	Einzelpreis:	106	€/m ²
▪	Verlegen der Dämmschicht	Fläche	870	m ²
▪	Erstellen der neuen Dachhaut einschließlich aller Anschlüsse/Durchführungen	Gesamtpreis:	92.220	€
▪	ggf. Anpassung der Dachkonstruktion zur Aufnahme des Dämmmaterials			
▪	De- und (Wieder-) Montage von dachmontierten Elementen			

U-Wert des sanierten Bauteils: **U = 0,14 W/(m²K)**

Fortsetzung **Tabelle 5**

Tabelle 6: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten

	Sanierungsmaßnahmen		Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)
Variante 1	Austausch der alten Fenster durch Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	Fenster:	52.762 €
	Austausch der alten Eingangstüren	Türen:	3.300 €
	Dämmung der Kellerdecke	Kellerdecke:	3.283 €
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen, hydraul. Abgleich	Anlagen:	-
			59.345 €
Variante 2	wie Variante 1	Variante 1:	59.345 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände	WDVS:	61.132 €
			120.477 €
Variante 3	wie Variante 2	Variante 2:	120.477 €
	zusätzlich Dämmung des Daches	Dach:	92.220 €
			212.697 €

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, welches hier die Sanierungsbauteile mit der geringsten Lebensdauer sind. 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 Erdgas 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.⁶ 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.⁷

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.⁸

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

Die folgende Tabelle fasst wesentliche Eingangsparameter der Wirtschaftlichkeitsberechnungen noch einmal zusammen. In Tabelle 8 sind die Ergebnisse der Berechnungen zusammengestellt. Abbildung 5 dokumentiert die mit der jeweiligen Sanierungsvariante erzielbaren Einsparungen anschaulich.

Tabelle 7: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Betrachtungszeitraum (lebensdauerbasiert):	40 Jahre	Teuerungsrate Energiepreise:	4%
rechnerische Energiekosten (Ist-Zustand) brutto:	14.436 €	Kalkulationszinssatz:	0%

⁶ In der verwendeten Berechnungssoftware ist für den Kalkulationszinssatz stets ein Wert > 0 einzugeben, so dass rechnerisch der kleinstmögliche Zinssatz von 0,01% verwendet wird.

⁷ Der aktuelle effektive Jahreszins für das Programm 218 der KfW beträgt 0,1%.

⁸ Erdgas: 5,53 ct/kWh, Strom: 19,3 ct/kWh (Durchschnittspreis der 42 untersuchten Liegenschaften), jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht mit auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

Tabelle 8: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (Kosten inkl. Mehrwertsteuer)

Variante	Investitionskosten energetische Sanierung [€]	Energiekosten nach Sanierung [€]	im Nutzungszeitraum				Investitionskosten je jährlich eingesparte MWh Energie [€/(MWh/a)]	Amortisations- dauer [Jahre]	
			Energiekosten- einsparung [€]	Gesamtkosten- einsparung [€]	mittlere jährl. Energiekosteneinsparung [€/Jahr]	Eingesparte Treibhausgase [t]			Energiekosten- einsparung je 1.000 € Investitions- kosten [€]
1	70.621	12.296	211.360	140.739	5.284	339	2.993	2.045	21
2	143.368	10.119	426.400	283.032	10.660	685	2.974	2.059	22
3	253.109	5.946	838.600	585.491	20.965	1.346	3.313	1.849	20

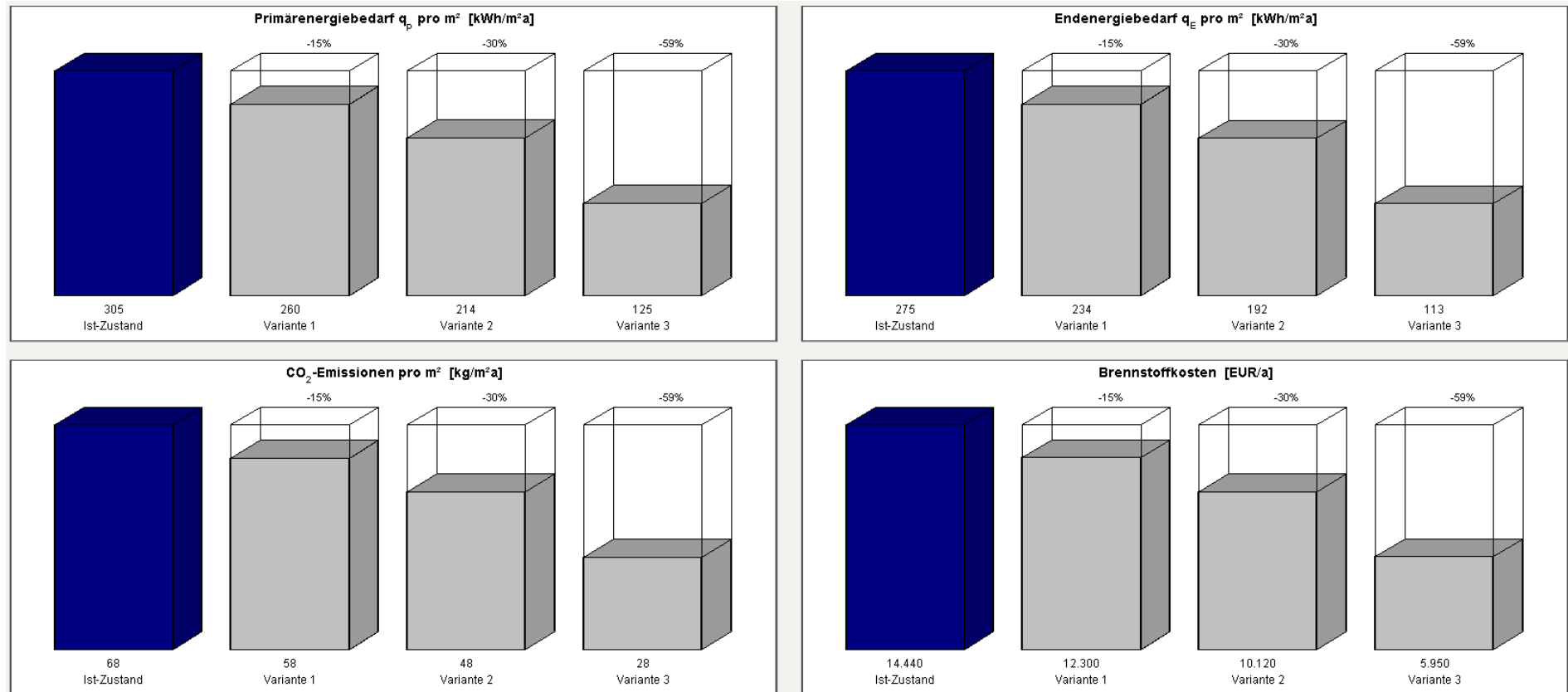


Abbildung 5: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO₂- und Brennstoffkostenreduktionen

4.7 Sanierungsempfehlungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten zeigen, dass sich die Maßnahmenpakete bereits bei dem Erreichen der Hälfte der Lebensdauer der sanierten Bauteile amortisiert haben. Aufgrund der Amortisation der Maßnahmen innerhalb der Nutzungsdauer der Sanierungselemente weisen alle Varianten eine positive Annuität und einen positiven internen Zinssatz aus.

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

Darüber hinaus sollte die in Kapitel 4.2.1 beschriebene Option der Dämmung der Bodenplatte überprüft werden und die Hinweise zur Dachsanierung in Kapitel 4.2.6 beachtet werden. Bei Durchführung von Erneuerungsinvestitionen für haustechnische Anlagenkomponenten sind die Hinweise in Kapitel 4.3 zu beachten.

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

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

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

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

CSD INGENIEURE GmbH



Andrea Untergutsch

Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen



Linda Vogel

Dipl.-Ing. Bauingenieurwesen (FH)

Berlin, den 20. Oktober 2014