

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

TURNHALLE, DAHMESTR. 45

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	6
2. BASISDATEN DER TURNHALLE DER FRITZ-KÜHN SCHULE	7
2.1 Objektbeschreibung	7
2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes	8
2.2.1 Wärme	8
2.2.2 Strom	9
2.2.3 Energiekennzahlen des Gebäudes	10
3. BEWERTUNG DES IST-ZUSTANDS DES GEBÄUDES	12
3.1 Fotodokumentation	12
3.2 Gebäudehülle	14
3.2.1 Vorbemerkung	14
3.2.2 Bodenplatte	14
3.2.3 Außenwände	14
3.2.4 Fenster	14
3.2.5 Außentüren	14
3.2.6 Dach	15
3.2.7 Gesamteinschätzung Gebäudehülle	15
3.3 Technische Anlagen	15
3.3.1 Bestandsaufnahme	15
3.3.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen	16
3.4 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich	17
3.5 Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes	18
4. ENERGIESPARMAßNAHMEN UND SANIERUNGSOPTIONEN	20
4.1 Grundlegendes	20
4.2 Sanierung der Gebäudehülle	20
4.2.1 Bodenplatte	20
4.2.2 Außenwände	21
4.2.3 Fenster	21
4.2.4 Außentüren	21
4.2.5 Dach	21
4.3 Sanierung der technischen Anlagen	22
4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage	22
4.3.2 Beleuchtung	22
4.3.3 Energieträger	22
4.4 Schätzung der Investitionskosten	23
4.5 Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen	25
4.6 Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten	25
4.7 Sanierungsempfehlungen	29

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Erdgasverbrauch und den Stromverbrauch der Turnhalle der Fritz-Kühn-Schule	10
Tabelle 2: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung	17
Tabelle 3: Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs	17
Tabelle 4: Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle	24
Tabelle 5: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten	25
Tabelle 6: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	26
Tabelle 7: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Maßnahmenvarianten (Kosten inkl. Mehrwertsteuer)	27

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Erdgasverbrauch des Hauptgebäudes und der Turnhalle in den Jahren 2011 bis 2013	8
Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂) infolge Erdgasverbrauch	8
Abbildung 3: Stromverbrauch der Turnhalle der Fritz-Kühn-Schule in den Jahren 2011 bis 2013	9
Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO ₂ -Äquivalent) infolge Stromverbrauch	9
Abbildung 5: Kennwertevergleich	10
Abbildung 6: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand der Turnhalle	18
Abbildung 7: Energiebilanz für den Ist-Zustand der Turnhalle	18
Abbildung 8: Beurteilung des Ist-Zustandes der Turnhalle	19
Abbildung 9: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO ₂ - und Brennstoffkostenreduktionen	28

QUELLENVERZEICHNIS

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

PRÄAMBEL

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

CSD geht davon aus, dass

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

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

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

1. Aufgabenstellung

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

Aufgabenstellung der CSD Ingenieure GmbH als Beitrag zum Klimaschutz-Teilkonzept war es, die spezifische Ausgangssituation der Liegenschaften und darauf aufbauend technisch und wirtschaftlich umsetzbare 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 der Turnhalle der Fritz-Kühn Schule

2.1 Objektbeschreibung

Bezeichnung des Objekts: Turnhalle der Fritz-Kühn-Schule

Foto des Objekts:



Standort: Dahmestr. 45, 12526 Berlin

Nutzung: Sportunterricht, Sportvereine

Gebäudeart: Freistehendes Nichtwohngebäude
mit Erdgeschoss und einem Obergeschoss

Bruttogrundfläche: 1023 m²

Baujahr: 1985

Sanierung Gebäudehülle: ca. 2005-2007 Dämmung des Daches

Sanierung haustechnische Anlage: im Schulgebäude:1998 Einbau des Brennwertkessels

Heizenergieträger: Brennwertkessel, Energieträger Erdgas (im Heizungskeller des Schulgebäudes)

Warmwasserbereitung: Speicherladesystem mit Zirkulation, Energieträger Erdgas

Lüftung: Freie Lüftung sowie bei Bedarf Abluftventilatorenbetrieb in den Umkleideräumen

Angaben zum Leerstand: Heizung bleibt während der Schulferien in Betrieb

Bestandsunterlagen: Aktuelle Grundrisse

Datum Objektbegehung: 26.05.2014

2.2 Energieverbrauch und Energiekennzahlen des Gebäudes

2.2.1 Wärme

Die Turnhalle wird über den Brennwärtekessel des Hauptgebäudes der Fritz-Kühn-Schule mit Erdgas beheizt (das Hauptgebäude befindet sich auf dem gleichen Areal und wird im Rahmen des Klimaschutz-Teilkonzeptes in einem separaten Bericht untersucht). Das gesamte Gebäude wird beheizt. Die Wärmeverbräuche für Heizung und Warmwasserbereitung wurden für beide Gebäude gemeinsam erfasst, so dass keine gebäudebezogenen Aussagen treffbar sind. Eine flächenanteilige Aufteilung der Wärmeverbrauchsdaten auf die zwei Gebäude wird nicht vorgenommen, da sich die Gebäude hierfür zu stark in ihrer Nutzung unterscheiden und die Zahlen so nicht aussagekräftig wären. Für eine detaillierte gebäudebezogene Analyse der Verbrauchsdaten wäre eine gebäudebezogene Erfassung der Wärmeverbräuche erforderlich. Im folgenden Diagramm ist daher der Wärmeverbrauch für das Hauptgebäude der Fritz-Kühn-Schule und die Turnhalle für die Jahre 2011-2013 angegeben.

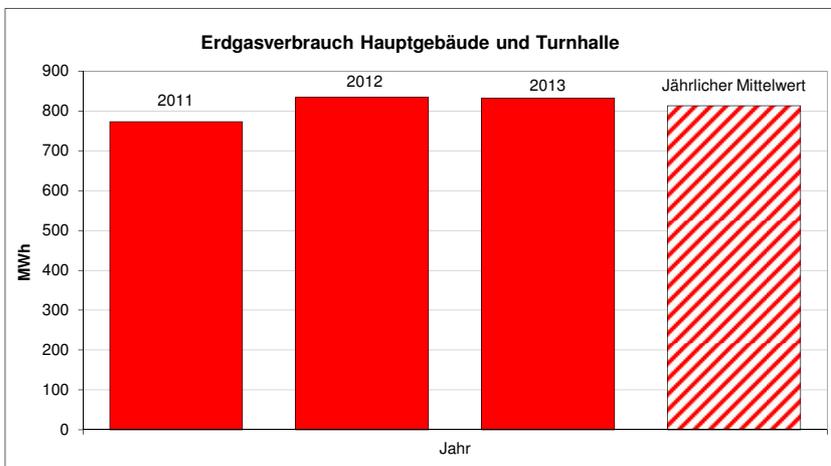


Abbildung 1: Erdgasverbrauch des Hauptgebäudes und der Turnhalle in den Jahren 2011 bis 2013

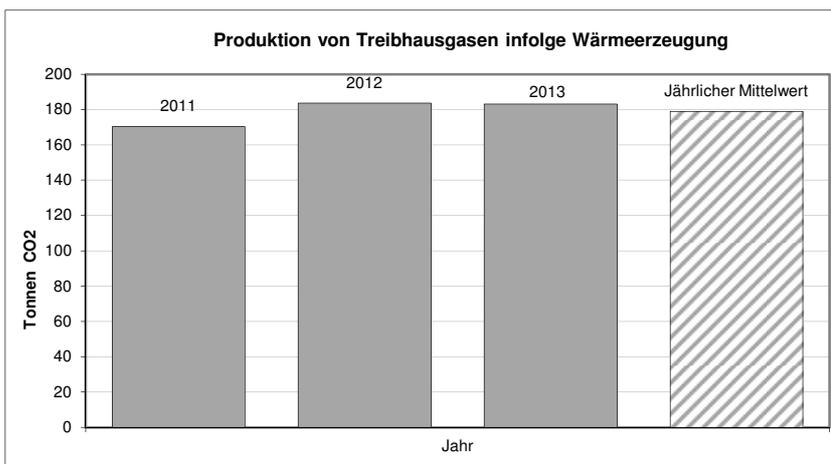


Abbildung 2: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂) infolge Erdgasverbrauch¹

¹ Gemäß GEMIS-Datenbank entsteht infolge 1 MWh Erdgasverbrauch (bezogen auf den unteren Heizwert) 244 kg des Treibhausgases CO₂.

2.2.2 Strom

Für die Jahre 2011-2013 wurden die nachstehend dargestellten Stromverbräuche abgerechnet. Hierbei handelt es sich allein um die Stromverbräuche der Turnhalle der Fritz-Kühn-Schule. Abbildung 4 zeigt die infolge der Stromherstellung produzierten Treibhausgasemissionen.

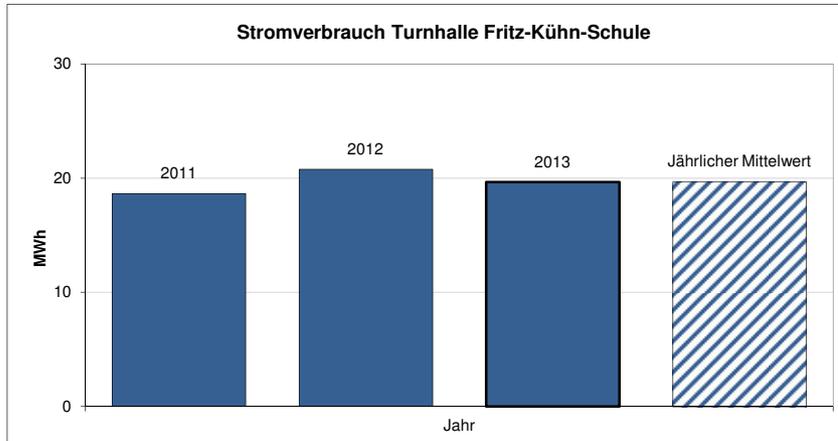


Abbildung 3: Stromverbrauch der Turnhalle der Fritz-Kühn-Schule in den Jahren 2011 bis 2013

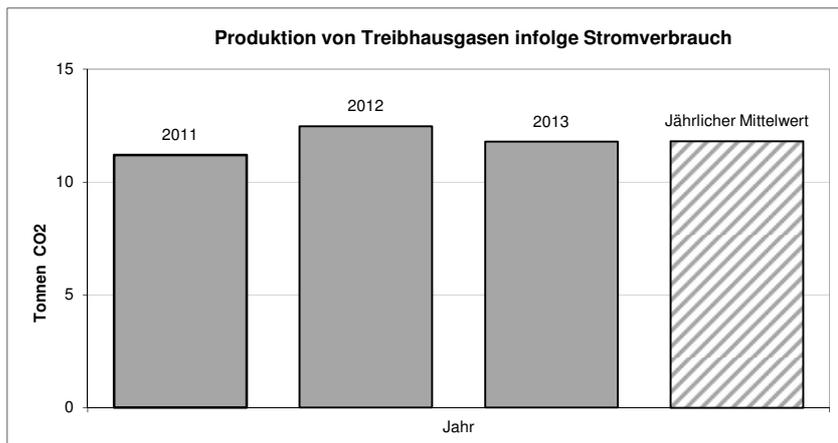


Abbildung 4: Produzierte Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalent) infolge Stromverbrauch²

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 Gebäudekategorien Heizenergie- und Stromverbrauchswerte erfasst und die Mittelwerte sowie die Mittelwerte des Viertels mit dem geringsten Verbrauch bezogen auf die Bruttogrundfläche des jeweiligen Gebäudes erfasst und veröffentlicht.³ In der folgenden Tabelle sind die vorhandenen Verbrauchswerte den entsprechenden Vergleichswerten gegenübergestellt. Für den Wärmeverbrauch wurden dabei die Vergleichskennwerte für Haupt-/Realschulen gesamt (ohne Schwimmbad) und Turnhallen (1000-2000m²) entsprechend den Flächenanteilen der zwei Gebäude gemittelt. Für den Stromverbrauch wurde der Vergleichskennwert für Turnhallen mit 1000-2000 m² angesetzt. Abbildung 5 verdeutlicht die Relationen grafisch.

Tabelle 1: Kennwertevergleich für den witterungsbereinigten Erdgasverbrauch und den Stromverbrauch der Turnhalle der Fritz-Kühn-Schule

		ages - Arithm. Mittel	ages - Arithm. Mittel des besten Viertels
Heizenergieverbrauch - kWh/(m ² _{BGFA})*	138.7	106.0	66.0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² _{BGFA})*	30.5	23.3	14.5
Stromverbrauch - kWh/(m ² _{BGFA})	19.2	24.0	11.0
Treibhausgasemissionen - kg/(m ² _{BGFA})	11.5	14.4	6.6

* Der Heizenergieverbrauch wurde witterungsbereinigt und enthält die für die Warmwasserbereitung erforderliche Wärmemenge. Diese wurde mangels Abrechnung entsprechend den Regeln des BMVBS zur Ermittlung von Energieverbrauchswerten pauschal mit 5% der Wärmemenge angenommen. Zur Ermittlung der 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.

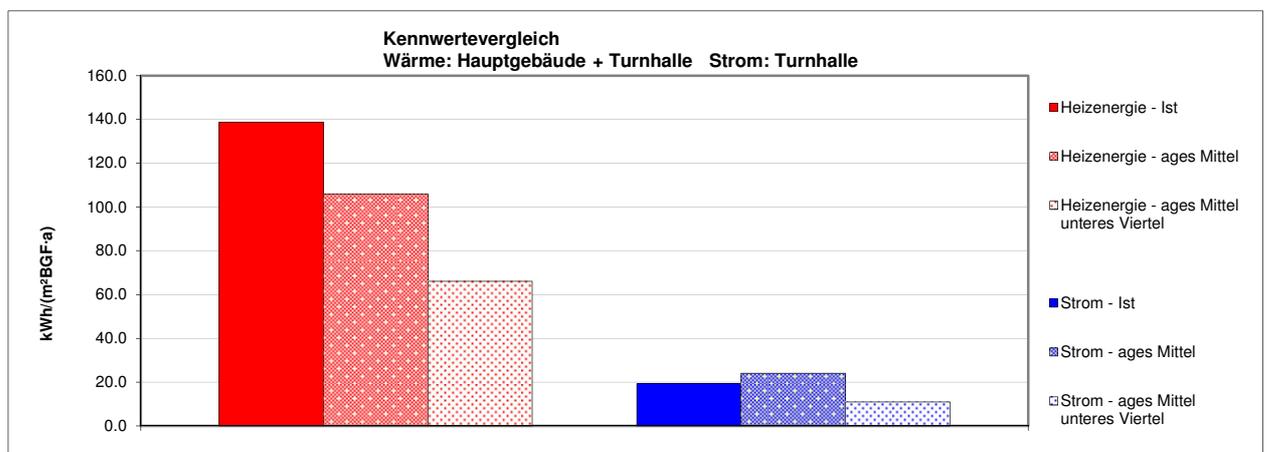


Abbildung 5: Kennwertevergleich

Der Komplex aus Schulgebäude und Turnhalle verbraucht demnach deutlich mehr Heizenergie als von ages GmbH für Haupt-/Realschulen und Turnhallen mit 1000-2000 m² im Mittel erfasst wurde. Ursache hierfür ist vor allem die Gebäudehülle des Hauptgebäudes der Schule. Bis auf die Erneuerung einiger Fenster fanden seit Bestehen des Schulgebäudes keine energetischen Sanierungen statt. Die Bauteile der Turnhalle weisen aufgrund des Baujahrs von 1985 bereits eine gewisse Wärmeschutzqualität auf. In

³ 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.

den letzten Jahren wurden teilweise die Fenster erneuert und das Dach gedämmt. Dennoch besteht auch bei der Turnhalle noch ein erhebliches Einsparpotenzial. 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 Gebäudebestandes als Zielgröße für den Heizenergieverbrauch, so berechnet sich das Kosteneinsparpotential bei einem Kostenansatz von 0,057 €/kWh⁴ für Erdgas zu 25.800 €/Jahr für den Gebäudekomplex aus Hauptgebäude und Turnhalle. Für die Treibhausgasemissionen infolge Heizwärmeverbrauchs berechnet sich entsprechend ein Einsparpotential von 52%.

Der mittlere jährliche Stromverbrauch der Turnhalle der Fritz-Kühn-Schule liegt knapp unterhalb des von ages GmbH für Turnhallen mit 1000-2000m² im Mittel erfassten Stromverbrauchs, jedoch oberhalb des Mittelwerts des besten Viertels. Aufgrund des Alters der Turnhalle lässt sich dennoch auf ein Einsparpotential beim Strom und daraus folgend bei den Treibhausgasen schließen. Unter Ansatz des arithmetischen Mittels des besten Viertels des Turnhallenbestandes (1000-2000 m²) als Zielgröße für den Stromverbrauch und einem aktuellen mittleren Kostenansatz von 0,186 €/kWh für Strom berechnet sich das Kosteneinsparpotential für die Turnhalle der Fritz-Kühn-Schule zu etwa 1.550 €/Jahr. Für die Treibhausgasemissionen infolge Stromverbrauchs berechnet sich entsprechend ein Einsparpotential von 43%.

⁴ Der Kostenberechnung wurde der Energiepreis der letzten Verbrauchsabrechnung des Objekts zugrunde gelegt: Erdgas: i.H.v. 5,57 ct/kWh, Strom: i.H.v. 18,6 ct/kWh verwendet, jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

3. Bewertung des Ist-Zustands des Gebäudes

3.1 Fotodokumentation



Süd-Ost Ansicht (Eingangsseite)



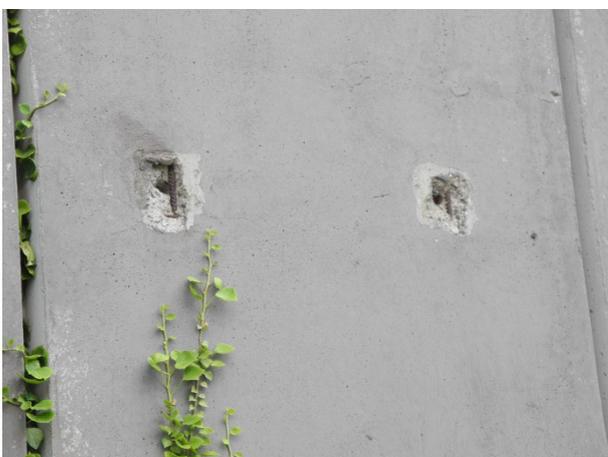
Süd-West Ansicht



Nord-Ost Ansicht



Nord-West-Ansicht (Straßenseite)



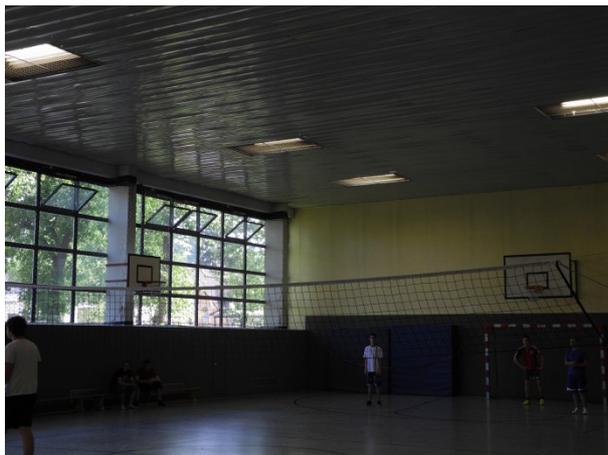
Detail freiliegender Bewehrungsstahl



Detail Stahlfassadenfenster



Zustand Eingangstür



Blick in die Halle



Abluftkanal Umkleideraum



Grundfos Nassläufer-Umwälzpumpe



Verteilerstation Warmwasser und Heizung Umkleidekabinen



CosmoCell Warmwasserspeicher CPL 300

3.2 Gebäudehülle

3.2.1 Vorbemerkung

Bei der Turnhalle der Fritz-Kühn-Schule handelt es sich um eine 1985 in der ehemaligen DDR errichtete Turnhalle in Stahlbetonskelettbauweise (Plattenbau). Die Dachkonstruktion der Sporthalle besteht aus Spannbetonelementen (VT-Falten). Die Turnhalle wird von den Schülern der Fritz-Kühn-Schule und von Vereinen genutzt.

Für die Turnhalle liegen neben Grundrissen keine weiteren Bauunterlagen mehr 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. 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.

3.2.2 Bodenplatte

Für den an das Erdreich angrenzenden Fußboden ist davon auszugehen, dass er dem Standard von 1985 entspricht. Gemäß [1] ist von einem U-Wert von $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auszugehen. Ein gewisser Wärmeschutz ist demnach bereits vorhanden und der wärmetechnische Zustand der Bodenplatte liegt nur etwas über dem heutigen Standard.

3.2.3 Außenwände

Für die massiven Außenwände in Stahlbetonskelettbauweise wird gemäß [1] von einem U-Wert von $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ausgegangen. Die Wärmeschutzqualität der Außenwände ist damit schlechter als der derzeitige Anspruch an die Wärmeschutzeigenschaften von Wänden. Aufgrund der bereits vorhandenen Dämmschichten entweicht aber prozentual weniger Wärme über die Außenwände als bei älteren Gebäuden ohne Dämmung. Die Fassade ist in der Fläche weitestgehend intakt an wenigen Stellen sind jedoch Fehlstellen vorhanden und der Bewehrungsstahl liegt frei.

3.2.4 Fenster

Die Fenster auf der Eingangsseite der Sporthalle wurden laut Aussage des Hausmeisters seit Bestehen der Turnhalle nicht ausgetauscht. Es handelt sich bei Ihnen um Holzfenster mit einer 2-scheibigen Isolierverglasung. Die Fenster verfügen gemäß [1] über einen U-Wert von $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Rückseitig existiert noch die bauzeitliche Stahl-Glasfassade, deren U-Wert gemäß [1] mit $4,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen ist und damit die heutigen wärmeschutztechnischen Anforderungen deutlich überschreitet. Der äußere Anstrich der Fensterrahmen blättert bereits stellenweise ab.

3.2.5 Außentüren

Bei der Eingangstür handelt es sich um eine Metalltür mit einfachverglasten Fenstern. Bei der Notausgangstür auf der Süd-West Fassade handelt es sich ebenfalls um eine Metalltür. Gemäß [1] wird für beide Türen ein U-Wert von $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ abgeschätzt. Der wärmetechnische Zustand der beiden Türen liegt damit über den heutigen Anforderungen. Darüber hinaus löst sich die Schutzbeschichtung des Metallrahmens der Eingangstür ab.

3.2.6 Dach

Laut Aussage des Hausmeisters wurde das Dach aus Spannbetonelementen (VT-Falten) ca. in den Jahren 2005-2007 energetisch saniert und von außen gedämmt. Nähere Details zu der Sanierungsmaßnahme liegen nicht vor. Es wird angenommen, dass das Dach entsprechend der 2005 gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV 2004) saniert wurde. Gemäß EnEV 2004 wird für das Dach der Turnhalle ein U-Wert von $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt. Ein guter Wärmeschutz ist demnach bereits vorhanden und der wärmetechnische Zustand des Daches liegt nur etwas über dem heutigen Standard. Das Dach ist von innen durch eine abgehängte Decke verkleidet. Ob auf der abgehängten Decke eine Dämmung verlegt wurde ist nicht bekannt. Aus diesem Grund fand sie in der Berechnung keine Berücksichtigung.

3.2.7 Gesamteinschätzung Gebäudehülle

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

3.3 Technische Anlagen

3.3.1 Bestandsaufnahme

Die Turnhalle wird über den Brennwertkessel des Hauptgebäudes der Fritz-Kühn-Schule mit Erdgas beheizt. Auch die Warmwassererzeugung erfolgt über den Brennwertkessel mittels Erdgas. Der Brennwertkessel Buderus SE 625 wurde 1998 im Untergeschoss des Hauptgebäudes eingebaut (siehe Untersuchung des Hauptgebäudes der Fritz-Kühn-Schule). Im Rahmen des Klimaschutz-Teilkonzepts für die Turnhalle, wird nur die Turnhalle bis zu ihrer Gebäudegrenze betrachtet. Die Leitungen zwischen Turnhalle und Schulgebäude sind nicht Gegenstand der Untersuchungen. Generell ist für die Rohre zwischen Schulgebäude und Turnhalle davon auszugehen, dass ihr Dämmzustand nicht den heutigen Anforderungen entspricht, die Wärmeverluste allerdings nicht so groß sind, dass ihr Austausch wirtschaftlich zu rechtfertigen wäre.

Auch die Dämmung der Wärmeleitungen in der Turnhalle entspricht laut Aussage des Hausmeisters noch dem Standard von 1985 und weist einige Fehlstellen auf. Die Umwälzung des Heizungswassers erfolgt durch Grundfos UPE bzw. UPS Nassläufer-Umwälzpumpen aus den Jahren 1998 und 2012. Die Pumpen sind leistungsgeregelt und passen Ihre Leistung somit dem aktuellen Förderbedarf an.

Die Wärmeübergabe an die Räume erfolgt durch überwiegend an den Außenwänden angeordnete Glieder- und Plattenheizkörper mit Thermostatventilen. In der Halle sind die Heizkörper zum Schutz hinter einer Verkleidung untergebracht, die jedoch die Luftzirkulation und damit die Wärmeabgabe der Heizkörper einschränken. Ob ein hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage durchgeführt wurde ist nicht bekannt.

Die Warmwasserbereitung und –speicherung für die Duschen und Waschbecken in den Sanitärräumen der Turnhalle erfolgt mittels eines indirekt über den Brennwertkessel im Hauptgebäude der Schule beheizten CosmoCell CPL300-Warmwasserspeichers mit einem Volumen von 300l. Der Warmwasserspeicher ist im Heizungsraum der Turnhalle untergebracht und stammt aus dem Jahr 2004. Die Versorgung der Zapfstellen erfolgt mittels Zirkulation.

Die Sanitär- und Umkleieräume der Turnhalle verfügen über feuchtegeführte Abluftventilatoren. Nähere Informationen zu der Abluftanlage liegen nicht vor. Die Halle wird über die Stahlfenster manuell belüftet.

Die Beleuchtungsanlage der Sporthalle besteht aus Deckenleuchten mit stabförmigen Leuchtstofflampen, die mit verlustarmen oder konventionellen Vorschaltgeräten ausgestattet sind. Laut Aussage des Hausmeisters wurde die Beleuchtungsanlage seit Bestehen der Turnhalle nicht erneuert.

3.3.2 Energetische Beurteilung der technischen Anlagen

Die Heizungsanlage im Keller des Hauptgebäudes der Fritz-Kühn-Schule kann unter Zugrundlegung der mittleren Lebensdauer von Brennwertkesseln nach VDI 2067 [8] noch wenige Jahre betrieben werden. In der Zukunft werden demnach Erneuerungsinvestitionen an der Anlage fällig (weitergehende Informationen sind dem Bericht zu Objekt 6, dem Hauptgebäude der Schule, zu entnehmen.)

Auch bei den Komponenten der Heizungsanlage, die im Heizungsraum der Turnhalle untergebracht sind, stehen in Zukunft Erneuerungsinvestitionen an. Die Dämmung der Wärmeleitungen sollte erneuert werden und die Umwälzpumpe aus dem Jahr 1998 sollte nach Erreichen ihrer Lebensdauer gegen ein Hocheffizienzgerät ausgetauscht werden.

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

3.4 Heizwärmebedarf des Gebäudes und Bedarfs-/Verbrauchsabgleich

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

Tabelle 2: Gebäudeparameter für die Bedarfsberechnung

Gebäudeparameter	Eingabegröße
Klimareferenzort	Potsdam
Raumtemperatur	19°C
Luftwechselrate	0,7/h
Heizungsabschaltung	Nacht- und Wochenendsenkung
Interne Wärmegewinne	5,0 W/m ²
Wärmebrückenzuschlag	0,1 W/(m ² K)
Heizungsanlage	Brennwertkessel, Energieträger Erdgas
Warmwasserbedarf	28,1 MWh/a ⁵

Ein Bedarfs-/Verbrauchsabgleich zur Validierung bzw. Kalibrierung der Eingabewerte konnte nicht mit ausreichender Genauigkeit durchgeführt werden, da sich der abgerechnete Erdgasverbrauch neben der untersuchten Turnhalle auch auf das Schulgebäude auf dem Areal bezieht. In der folgenden Tabelle sind der berechnete Heizenergiebedarfswert für die Turnhalle, sowie für das Schulgebäude dem Verbrauchswert der beiden Gebäude gegenübergestellt. Sie zeigen eine gute Übereinstimmung. Für einen detaillierten Abgleich wäre jedoch eine gebäudebezogene Erfassung der Wärmeverbräuche erforderlich.

Tabelle 3: Ergebnis des Bedarfs-Verbrauchs-Abgleichs⁶

Berechneter Endenergiebedarf Erdgas Turnhalle MWh/a	199,4
Berechneter Endenergiebedarf Erdgas Schulgebäude MWh/a ⁷	626,5
Witterungskorrig. Erdgasverbrauch MWh/a für Schulgebäude und Turnhalle	796,8

⁵ Berechnung mit Hilfe des Ansatzes nach DIN V 18599-10:2011-12 Tab.7 für Sportanlage mit Dusche, Personenanzahl von 60 Personen pro Tag geschätzt

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

⁷ Details zur Ermittlung des Endenergiebedarfs für das Schulgebäude in der Dahmestr. 45 sind dem separaten Bericht über das Hauptgebäude der Fritz-Kühn-Schule zu entnehmen

3.5 Energiebilanz und Bewertung des Bestandsgebäudes

Für den beschriebenen Ist-Zustand der Gebäudehülle und der technischen Anlagen der Turnhalle berechnet sich die nachfolgende Energiebilanz. Da kein detaillierter Abgleich der berechneten Bedarfsgrößen mit den Verbrauchswerten erfolgen konnte, ist von einer gewissen Abweichung zwischen dem berechneten Bedarf und dem tatsächlichem Verbrauch auszugehen. Die Bilanz ist daher als eine auf der Grundlage der vorliegenden Informationen vorgenommene Abschätzung des individuellen Energiebedarfs der Turnhalle zu verstehen. Abbildung 6 zeigt anhand der Energiebilanz des Gebäudes anschaulich, welchen Anteil die einzelnen Bauteilgruppen am Gesamtwärmeverlust haben und welche Wärmegewinne und –zufuhr diesen gegenüber stehen. Abbildung 7 fasst diese Angaben zusammen und ergänzt sie um die für die Wärmeerzeugung auftretenden Primärenergieverluste.

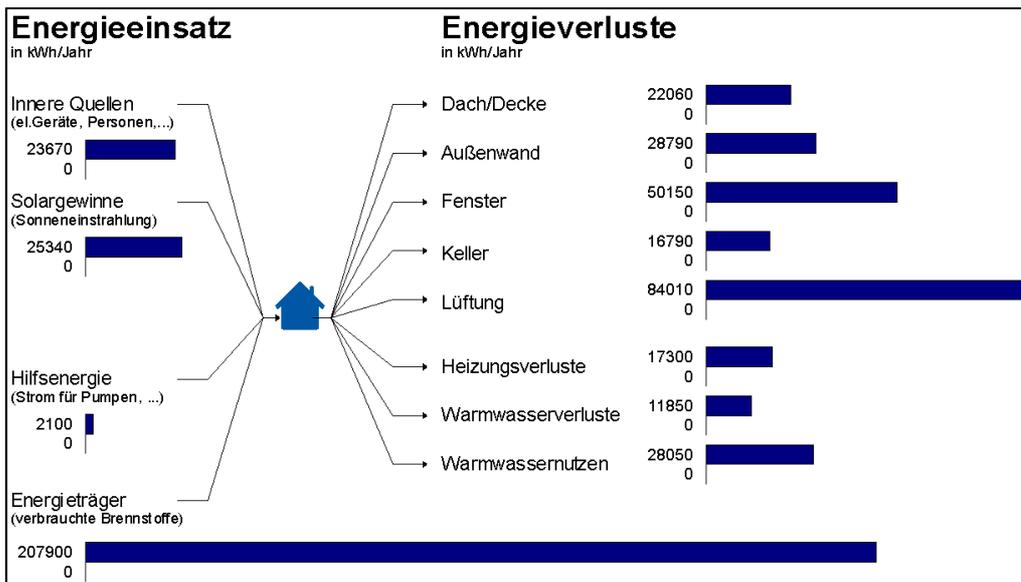


Abbildung 6: Energieeinsatz und –verluste für den Ist-Zustand der Turnhalle

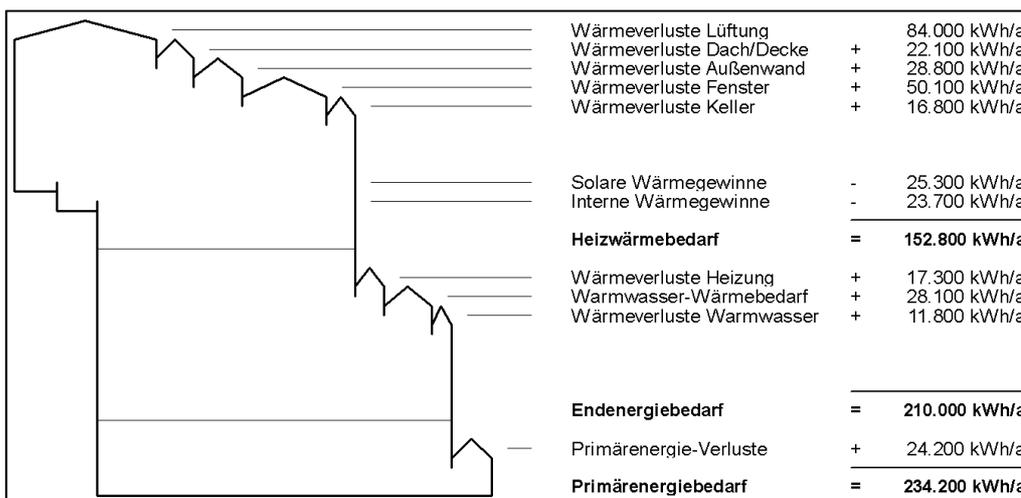


Abbildung 7: Energiebilanz für den Ist-Zustand der Turnhalle

Die folgende Grafik stuft den energetischen Zustand der Gebäudehülle und der technischen Anlagen sowie den Umfang der Treibhausgasemissionen des Gebäudes anhand der Berechnungsergebnisse anschaulich und übersichtlich ein. Für die Anlagentechnik wird hierbei der Primärenergiebedarf bewertet.⁸ Alle drei verglichenen Werte beziehen sich auf die rechnerische Energiebezugsfläche des Gebäudes.

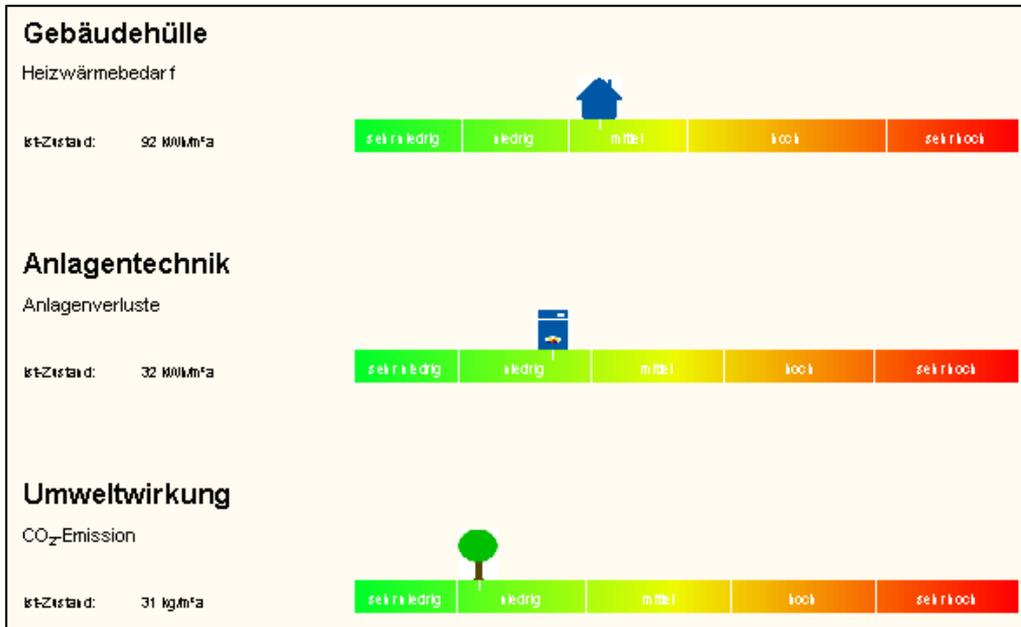


Abbildung 8: Beurteilung des Ist-Zustandes der Turnhalle

In der Einstufung des Heizwärmebedarfs im mittleren Bereich spiegelt sich die Tatsache wieder, dass in den letzten Jahren bereits energetische Sanierungen an der Gebäudehülle durchgeführt wurden. Es zeigt sich dennoch noch ein weiteres Sanierungspotenzial.

Entsprechend der Ausstattung der Heizungsanlage um die Brennwertkessel werden die Anlagenverluste im unteren niedrigen Bereich eingestuft. Ein Sanierungspotenzial ist auch hier noch vorhanden.

Die Umweltwirkung des Gebäudes wird im Hinblick auf seine Treibhausgasemissionen resultierend aus dem Energieverbrauch und Emissionsfaktor als sehr niedrig eingestuft. Auch hier zeigt sich dennoch noch ein Einsparpotenzial.

⁸ 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

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich wie berichtet um einen DDR-Typenbau, der in Berlin in großer Anzahl errichtet und auch bereits saniert wurde. Es empfiehlt sich, die Sanierungserfahrungen und Planungsunterlagen bezirksübergreifend zu sammeln und für zukünftige Sanierungen als Planungshilfe zur Verfügung zu stellen.

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. Der angesetzte U-Wert der Bodenplatte von $0,60 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ liegt nur knapp über den aktuellen Anforderungen der EnEV von $\leq 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Eine Sanierung gemäß der über die Anforderungen der EnEV hinausgehenden Anforderungen der KfW würde eine etwa 10 cm dicke Dämmung erfordern. Auf der Dämmung ist eine Dampfbremse und eine lastverteilende Schicht, z.B. Nassestrich zu verlegen. Da die daraus resultierenden Einsparungen bezogen auf den Ist-Zustand des Gebäudes jedoch relativ gering sind und temporär mit deutlichen Nutzungseinschränkungen einhergehen, wird diese Maßnahme zunächst nicht empfohlen. Wenn entsprechende Nutzungseinschränkungen tolerierbar und Anpassungsmaßnahmen möglich sind und eine Sanierung aus baulichen Gründen erforderlich ist, sollte eine Dämmung jedoch ergänzt werden. (Um die hierbei entstehende Wärmebrücke zur Außenwand zu minimieren, ist die Außenwand außenseitig bis zur Unterkante des Fundaments mit einer Perimeterdämmung zu versehen.)

→ **Sanierung eingeschränkt empfohlen**

4.2.2 Außenwände

Die Außenwandelemente sind entsprechend ihrer großen Fläche für einen großen Teil der Wärmeverluste durch die Gebäudehülle verantwortlich. Da sie jedoch bereits gedämmt ausgeführt wurden, sind ihre wärmetechnischen Eigenschaften deutlich besser als bei ungedämmten Wänden. Zur Sanierung wird empfohlen, ein außenseitiges Wärmedämmverbundsystem auszuführen, das aufgrund der großflächigen Fassadengestaltung vergleichsweise einfach und damit kostengünstig aufzubringen ist. Bereits mit einer 12 cm dicken Dämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 wird die über die gesetzliche Anforderung der EnEV hinausgehende erhöhte Anforderung der KfW erreicht.⁹

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.3 Fenster

Es wird der Austausch der alten Stahlfenster empfohlen, da ihre wärmeschutztechnischen Eigenschaften bei weitem nicht den heutigen Anforderungen genügen. Das Einsparpotential ist daher beträchtlich. Zur Einhaltung der KfW-Anforderungen wäre der Einbau einer 3-fach-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert kleiner oder gleich 0,95 W/(m²K) erforderlich.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.4 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. Insbesondere im Rahmen einer Fassadensanierung sollte die Eingangstür gleichwohl durch eine selbsttätig schließende Tür mit einem U-Wert kleiner oder gleich 1,3 W/(m²K) ersetzt werden, um das vorhandene Einsparpotential bei möglichst geringem Kostenaufwand zu realisieren. Auch die Notausgangstür der Turnhalle sollte gemäß den KfW-Anforderungen erneuert werden.

→ **Sanierung empfohlen**

4.2.5 Dach

Gemäß der Aussage des Hausmeisters wird davon ausgegangen, dass das Dach ca. im Jahr 2005 nachträglich gedämmt wurde. Aus diesem Grund wird davon ausgegangen, dass die Sanierung gemäß der Energiesparverordnung des Jahres 2004 durchgeführt wurde. Diese Annahme sollte noch einmal überprüft werden. Stellt sie sich als richtig heraus, verfügt das Dach bereits über einen guten wärmetechnischen Zustand, so dass derzeit keine weitere Sanierung empfohlen wird. Sollte das Dach jedoch noch über den wärmeschutztechnischen Zustand des Baujahres verfügen, besteht noch ein erhebliches Einsparpotenzial für Energie und Treibhausgasemissionen.

→ **Sanierung derzeit nicht empfohlen**

⁹ Ggf. muss die Dämmstoffdicke zur Berücksichtigung von Wärmebrücken infolge Dübeln geringfügig vergrößert werden.

4.3 Sanierung der technischen Anlagen

4.3.1 Heizungs- und Warmwasserbereitungsanlage

Da die Turnhalle über die Heizungsanlage des Hauptgebäudes der der Fritz-Kühn-Schule beheizt wird, stehen für die Turnhalle nur geringfügige separate Erneuerungsinvestitionen an. Die Umwälzpumpe aus dem Jahr 1998 hat ihre mittlere Lebensdauer nach VDI 2067 [8] bereits erreicht. Sie sollte nach Erreichen ihrer Lebensdauer gegen ein Hocheffizienzgerät ausgetauscht werden. Auch die Dämmung weist einige Fehlstellen auf und sollte ertüchtigt werden. Bei zukünftigen Erneuerungen, sind bei der Planung die Anforderungen der dann gültigen Energieeinsparverordnung an Verteilungseinrichtungen und Warmwasseranlagen zu beachten. Es sollten auch die technischen Mindestanforderungen der KfW berücksichtigt werden, um der übergeordneten Zielsetzung des Niedrigstenergieverbrauchs Rechnung zu tragen.

→ **Sanierung im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen 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 und den Sanitär- und Umkleieräumen wird empfohlen, eine präsenzabhängige Steuerung zu installieren.

→ **Sanierung im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen empfohlen**

4.3.3 Energieträger

Da aktuell der fossile Energieträger Erdgas verwendet wird, wäre der Anschluss der Turnhalle und das ebenfalls über die Heizungsanlage mit Wärme versorgt werdende Schulgebäude an das Fernwärmenetz empfehlenswert, 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 beider Gebäude an das Fernwärmenetz möglich ist, müsste in einem weiteren Schritt mit dem Versorger geklärt werden.

Die Dachfläche des Gebäudes könnte für die Aufstellung von PV-Anlagen genutzt werden, sofern dies gestalterisch akzeptabel und statisch durchführbar ist. Es ist von einer Amortisation der Kosten innerhalb von etwa 10 Jahren auszugehen. Da Stromproduktion und –verbrauch wegen der Sommerferien zur Hauptproduktionszeit und der Wochenenden ohne Stromnutzung zeitlich nicht ausreichend zusammenfallen und die Stromspeichertechnik technisch noch nicht ausgereift ist, müsste ein großer Teil der Stromproduktion ins Netz eingespeist werden.

Weiterhin könnten die Dachflächen für Solarthermiemodule zur Warmwasserbereitung genutzt werden. Hierfür wäre ebenfalls eine gründliche Verschattungs- sowie insbesondere eine Warmwasserbedarfsanalyse erforderlich. Ähnlich wie bei der PV-Anlage fallen Hauptertrags- und Hauptnutzungszeit nicht optimal zusammen.

4.4 Schätzung der Investitionskosten

In Tabelle 4 sind alle empfehlenswerten Sanierungsmaßnahmen für die Gebäudehülle und Anlagentechnik einschließlich einer Schätzung der anfallenden Investitionskosten zusammengestellt. Die Kosten wurden soweit wie möglich mit den in der aktuellen BBSR-Online-Publikation zu den Kosten energierelevanter Bau- und technischer Anlagenteile bei der energetischen Sanierung von Nichtwohngebäuden/Bundesliegenschaften hinterlegten Kostenfunktionen ermittelt [4]. In dieser Publikation nicht enthaltene Kostenansätze wurden mit Hilfe von online verfügbaren Baupreisdokumentationen abgeschätzt. Alle Kostenansätze müssen anhand konkreter Angebote überprüft werden. In den Kostenansätzen sind keine Anteile für Planungsleistungen enthalten.

Die Kostenansätze enthalten nur die energetisch bedingten Mehrkosten. Kosten für Maßnahmen, die ohnehin aus baulichen, hygienischen oder komfortverbessernden Gründen erforderlich sind, werden nicht mit einbezogen (sogenannte Ohnehin- bzw. Sowieso-Kosten).

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

Tabelle 4: Sanierungsmaßnahmen Gebäudehülle

Sanierungsmaßnahme	Beschreibung der Maßnahme	Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)		
Austausch alter Fenster	Demontage und Entsorgung der alten Stahlfenster, Einbau neuer Fenster			
	Einbau neuer 3-Scheiben-Wärmeschutz-verglasungen mit Stahlrahmen, $U \leq 0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Einzelpreis**:	1.772 €/Stk	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Fenster Herstellung, Lieferung und Montage der neuen ▪ Fenster einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Anzahl:*	26 Stk	
		Gesamtpreis:	46.059 €	
	Errichtung und Vorhaltung Baugerüst	Einzelpreis:	8 €/m ²	
	(für ca. 4 Wochen)	Fläche:	190 m ²	
		Gesamtpreis:	1.770 €	
	<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 Türen	Demontage und Entsorgung der alten Eingangstürelemente, Einbau neuer Türelemente	Einzelpreis:	1.900 €/Stk
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Demontage und Entsorgung der alten Türelemente Herstellung, Lieferung und Montage der neuen ▪ Türelemente einschl. Montage-, Dicht- und Dämmmaterial 	Anzahl:	2 Stk
		Gesamtpreis:	3.800 €	
U-Wert des sanierten Bauteils: $U = 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$				
Dämmung der Außenwände (WDVS)	Aufbringen eines WDVS mit 12 cm Dämmung der WLG 035 inkl. der erforderlichen Nebenarbeiten:	Einzelpreis:	98 €/m ²	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kontrolle und Vorbereitung des Untergrunds ▪ 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 	Fläche:	600 m ²	
		Gesamtpreis:	58.800 €	
	Errichtung und Vorhaltung Baugerüst	Einzelpreis:	8 €/m ²	
	(für ca. 4 Wochen)	Fläche:	560 m ²	
		Gesamtpreis:	4.582 €	
	U-Wert des sanierten Bauteils: $U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$			

Tabelle 5: Überblick über mögliche Sanierungsvarianten

Sanierungsmaßnahmen		Schätzung der energetisch bedingten Investitionskosten (netto)	
Variante 1	Austausch der alten Stahlfenster durch Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	Fenster:	47.829 €
	Austausch der alten Türen	Türen:	3.800 €
	Modernisierung der technischen Anlagen im Rahmen von Erneuerungsinvestitionen	Anlagen:	-
			51.629 €
Variante 2	wie Variante 1 (ohne Gerüstkosten für Fenstersanierung)	Variante 1:	49.859 €
	zusätzlich Dämmung der Außenwände	WDVS:	63.382 €
			113.241 €

4.5 Nicht und minimal investive Energiesparmaßnahmen

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

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

4.6 Bewertung der möglichen Sanierungsvarianten

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

Den Untersuchungen wurde ein Zeitraum von 40 Jahren zugrunde gelegt, da dies nach [3] der durchschnittlichen Lebensdauer eines Wärmedämmverbundsystems entspricht, welches hier das Sanierungsbauteil mit der geringsten Lebensdauer ist. Nach 40 Jahren wäre aus Verschleiß- und Abnutzungsgründen demnach die erste Ersatzinvestition erforderlich. Erneuerungs- und Wartungskosten

im Untersuchungszeitraum werden rechnerisch nicht berücksichtigt, da diese Kosten auch ohne die energetische Sanierung für die vorhandenen Bauteile anfallen würden.

Zu erwartende Preissteigerungen bei 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.¹⁰ 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.¹¹

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.¹²

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

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

Tabelle 6: Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Betrachtungszeitraum (lebensdauerbasiert):	40 Jahre	Teuerungsrate Energiepreise:	4%
rechnerische Energiekosten (Ist-Zustand) brutto:	13.245 €	Kalkulationszinssatz:	0%*

¹⁰ In der verwendeten Berechnungssoftware ist für den Kalkulationszinssatz stets ein Wert > 0 einzugeben, so dass rechnerisch der kleinstmögliche Zinssatz von 0,01% verwendet wird.

¹¹ Der aktuelle effektive Jahreszins für das Programm 218 der KfW beträgt 0,1%.

¹² Erdgas: 5,6 ct/kWh, Strom: 18,6 ct/kWh, jeweils brutto. Der Grundpreis wurde hierbei vereinfacht mit auf die verbrauchten Kilowattstunden umgelegt.

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

Variante	Investitionskosten energetische Sanierung [€]	Energiekosten nach Sanierung [€]	im Nutzungszeitraum				Investitionskosten je jährlich eingesparte MWh Energie [€/(MWh/a)]	Amortisations- dauer [Jahre]	
			Energiekosten- einsparung [€]	Gesamtkosten- einsparung [€]	mittlere jährl. Energiekosteneinsparung [€/Jahr]	Eingesparte Treibhausgase [t]			Energiekosten- einsparung je 1.000 € Investitions- kosten [€]
1	61.439	11.453	177.000	115.561	4.425	282	2.881	2.146	22
2	134.757	10.481	272.960	138.203	6.824	435	2.026	3.053	27

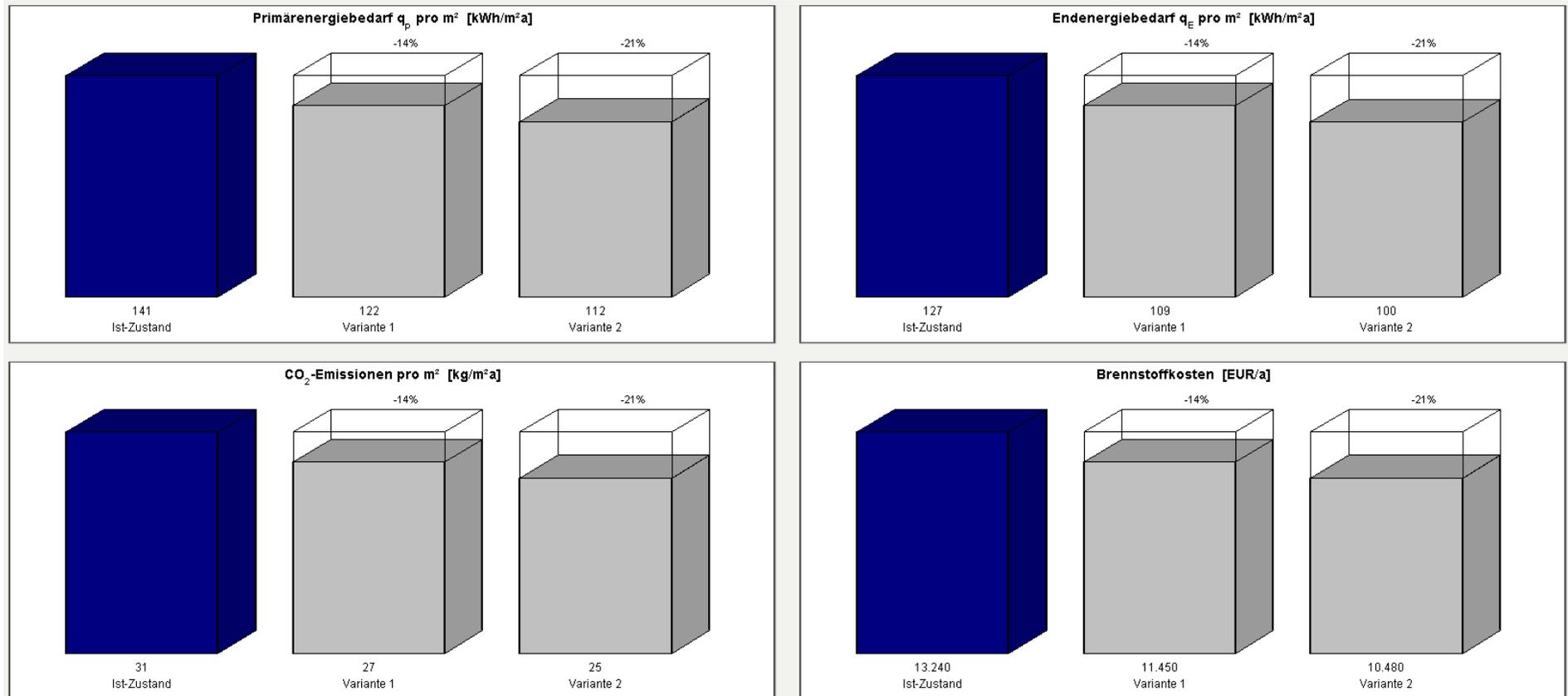


Abbildung 9: Variantenvergleich hinsichtlich der jährlich erzielbaren Energie-, CO_2 - und Brennstoffkostenreduktionen

4.7 Sanierungsempfehlungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Varianten zeigen, dass sich erste Maßnahmenvarianten etwa zu dem Zeitpunkt amortisiert hat, zu dem die sanierten Bauteile etwas mehr als die Hälfte ihrer Lebensdauer erreicht haben und die zweite Maßnahmenvariante, wenn die sanierten Bauteile ca. ein Drittel ihrer Lebensdauer erreicht haben. Aufgrund der Amortisation beider Maßnahmen innerhalb der Nutzungsdauer der Sanierungselemente weisen beide 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 2 am größten. Dementsprechend weist diese Variante auch die größte jährliche Einsparung auf. Aufgrund der Förderzielsetzungen nach [2] wird empfohlen, Variante 2 mit den größeren Energie- und Treibhausgaseinsparungen auszuführen.

Darüber hinaus sollte die in Kapitel 4.2.1 beschriebene Option der Dämmung der Bodenplatte überprüft werden. Weiterhin sollte überprüft werden ob die angenommene Dicke der Dachdämmung der Realität entspricht oder durch eine Sanierung des Daches noch größere Energie- und Treibhausgaseinsparungen wirtschaftlich erzielt werden könnten (Kapitel 4.2.5). 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