



**Planung und Entwicklung  
Gesellschaft mbH**

Schellingstraße 4/2

72072 Tübingen

Telefon 0 70 71 93 94 0

Telefax 0 70 71 93 94 99

mail@eboek.de

www.eboek.de

# Geschwister-Scholl-Schule Leutkirch im Allgäu – Werkstätten –

## Wirtschaftlichkeitsstudie Fassadensanierung



Erstellt im:

Oktober 2018

im Auftrag von:

Eigenbetrieb IKP Landkreis Ravensburg

Inhaltliche Bearbeitung

M.Sc. Holger Zimmermann

Dipl. Ing. Heiko Fischer

## Inhaltsverzeichnis

|   |          |
|---|----------|
| <b>1 Zusammenfassung .....</b>                                | <b>1</b> |
| <b>2 Ist-Zustand.....</b>                                     | <b>2</b> |
| 2.1 Nutzung und Betrieb .....                                 | 2        |
| 2.2 Baulicher Zustand .....                                   | 2        |
| 2.3 Endenergieverbrauch Heizwärme .....                       | 3        |
| <b>3 Untersuchte Maßnahmen .....</b>                          | <b>5</b> |
| 3.1 Austausch der Verglasungen .....                          | 5        |
| 3.2 Austausch der Metalltüren und Garagentore .....           | 5        |
| 3.3 Dämmung der Außenwand mit WDVS .....                      | 5        |
| <b>4 Bewertung der Wirtschaftlichkeit .....</b>               | <b>6</b> |
| 4.1 Randbedingungen für die Wirtschaftlichkeitsrechnung ..... | 6        |
| 4.2 Energiebezugskosten.....                                  | 6        |
| 4.3 Investitionskosten.....                                   | 7        |
| 4.4 Fördermittel.....   | 8        |
| 4.5 Rechenverfahren und Verbrauchsabgleich.....               | 9        |
| 4.6 Ergebnisse .....  | 10       |
| 4.6.1 Sanierung der Fenster .....                             | 10       |
| 4.6.2 Dämmung der Außenwand .....                             | 11       |
| 4.6.3 Erneuerung von Türen und Toren.....                     | 11       |

## Abbildungsverzeichnis

|   |   |
|---|---|
| Abb. 1: Endenergiebilanz im Ist-Zustand .....                       | 4 |
| Abb. 2: Definition von Kostenbegriffen (DENA) .....                 | 7 |
| Abb. 3: Errechneter Bedarf und realer Verbrauch im Ist-Zustand..... | 9 |

## Tabellenverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Tab. 1: Beschreibung des baulichen Zustands .....   | 2  |
| Tab. 2: Parameter der Wirtschaftlichkeitsrechnung nach VDI 2067 .....                                     | 6  |
| Tab. 3: Angenommene Nutzungsdauer für Bauteile/ Maßnahmen .....   | 6  |
| Tab. 4: Kostenkennwerte und Investitionskosten der untersuchten<br>Maßnahmen .....                        | 8  |
| Tab. 5: Mögliche Tilgungszuschüsse der KfW .....  | 8  |
| Tab. 6: Szenarien für Energiepreisentwicklung .....   | 10 |
| Tab. 7: Dynamische Amortisation Austausch von Verglasungen .....  | 11 |
| Tab. 8: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung, Szenario „Niedrig“<br>(alle Angaben gerundet) ..... | 12 |
| Tab. 9: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung, Szenario „Mittel“<br>(alle Angaben gerundet) .....  | 13 |
| Tab. 10: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung, Szenario „Hoch“<br>(alle Angaben gerundet) .....   | 14 |

# 1 Zusammenfassung

Für das Werkstattgebäude der Geschwister-Scholl-Schule in Leutkirch im Allgäu wurden verschiedene Varianten der Sanierung der Gebäudehülle konzeptionell untersucht und wirtschaftlich bewertet.

**Empfohlen wird, die Erneuerung der Metalltüren und -tore nach den Anforderungen der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV) und die Ertüchtigung der Verglasungen in der Pfosten-Riegel-Konstruktion zum Innenhof nach den Anforderungen der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) als Einzelmaßnahmen durchzuführen. Eine zusätzliche Dämmung der Außenwand erscheint zum gegenwärtigen Zeitpunkt wirtschaftlich nicht sinnvoll.**

Für den Austausch der Verglasungen und die Erneuerung von Toren und Metalltüren könnten ohnehin notwendige Instandhaltungskosten angesetzt werden die in der Wirtschaftlichkeitsrechnung nicht durch die energetische Einsparung kompensiert werden müssten (vgl. Kapitel 4.3). Für die Dämmung der Außenwand gilt das nicht, da sie derzeit keinen nennenswerten Instandhaltungsbedarf aufweist. Mit Berücksichtigung dieses Sachverhalts würde sich die Wirtschaftlichkeit der empfohlenen Maßnahmen noch weiter verbessern.

Darüber hinaus besitzt die Außenwand bereits eine vergleichsweise gute energetische Qualität, wodurch das mögliche Einsparpotential durch eine energetische Sanierung eingeschränkt wird.

Im Vergleich der für die Gebäudehülle untersuchten Maßnahmen erscheint die Ertüchtigung der Verglasungen zum Innenhof aus wirtschaftlicher Sicht als einzige zu empfehlende Maßnahme.

## 2 Ist-Zustand

### 2.1 Nutzung und Betrieb

Innerhalb des Gebäudes bestehen hinsichtlich der Konditionierung und Nutzungsparameter verschiedene Nutzungszonen:

- Werkstätten (40% der BGF),
- Klassenzimmer,
- Verkehrsflächen,
- Sanitärräume,
- Lagerräume im UG (ehemalige Schutzräume),

Die Nutzung der Werkstätten und damit zusammenhängender Großgeräte wie z.B. Absauganlagen erfolgt der schulischen Nutzung entsprechend nicht kontinuierlich sondern nach Bedarf.

Die Heizungsanlage läuft zwischen ca. 16:00 Uhr und 5:00 Uhr sowie an den Wochenenden im Absenkbetrieb.

### 2.2 Baulicher Zustand

Tab. 1: Beschreibung des baulichen Zustands

|  |   |
|--|---|
| Baujahr                                    | 1984  |
| Bruttogrundfläche (BGF)                    | 3.604 m <sup>2</sup>  |
| Dach                                       | 2016 saniert mit Dämmung: 22 cm WLG 040 im Bereich der Sheddächer, $U=0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$<br>im Mittel 16 cm WLG 040 Gefälledämmung beim Flachdachanteil, $U=0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ |
| Außenwand                                  | 24 cm Porenbeton-Fertigteile mit 5-6 cm Dämmmaterial, $U=0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   |
| Fensterbänder, Glastüren                   | 2-fach Isolierverglasung in Metallrahmen, $U_w=3,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  |
| Pfosten-Riegel-Konstruktion mit Verglasung | 2-fach Isolierverglasung in Metallrahmen, $U_{cw}=3,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   |
| Bodenplatte/ erdberührte Bauteile          | Annahme Mindestwärmeschutz 2. WSV 84, $U=0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  |
| Metalltüren und -tore                      | Bauzeitliche Metalltüren mit anzunehmenden $U=3,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,<br>bauzeitliche Falt-Garagentore mit $U=4,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   |

Das Gebäude ist insgesamt in einem guten baulichen Zustand und weist derzeit keinen dringenden Instandsetzungsbedarf an der Gebäudehülle auf.

Aufgrund der für die einzelnen Bauteile festgestellten energetischen Qualität (U-Werte) erscheinen lediglich die Fensterbänder, die Verglasung der Pfosten-Riegel-Konstruktion zum Innenhof sowie die Metalltüren als Schwachstellen der Gebäudehülle. Die Außenwand besitzt bereits einen vergleichsweise guten U-Wert von  $0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Zum Vergleich: Die EnEV 2014/16 fordert für den Neubau oder die Sanierung von Außenwänden einen U-Wert von  $0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Übliche Bestandsgebäude des gleichen Baualters können nach den Richtlinien zur Datenaufnahme des BMVBS mit  $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  angenommen werden.

## 2.3 Endenergieverbrauch Heizwärme

Aus den für die gesamte Liegenschaft vorgelegten Verbrauchsabrechnungen für den Bezug von Nahwärme und die eigene Erzeugung durch einen Gaskessel wurden witterungsbereinigte Mittelwerte für die Jahre 2015 – 17 gebildet. Der daraus resultierende Gesamtverbrauch für den Schulkomplex beträgt ca.  $1.650 \text{ MWh/a}$ .

Anhand der verschiedenen Nutzungsarten, beheizten Geschossflächen und des bei der Begehung eingeschätzten Sanierungsstands aller Teilgebäude wurde der Gesamtverbrauch aufgeteilt, um den gegenwärtigen Verbrauch des Werkstattgebäudes einzuschätzen. **Im Ergebnis wurde für das Werkstattgebäude ein Heizwärmeverbrauch von ca.  $290,4 \text{ MWh/a}$  festgelegt. Auf die Geschossfläche bezogen ergeben sich Verbrauchskennwerte von  $90,5 \text{ kWh}/\text{m}^2_{\text{NGFA}}$  bzw.  $80,6 \text{ kWh}/\text{m}^2_{\text{BGFa}}$ .**

Die mit dem oben ermittelten Verbrauch abgeglichene Energiebilanz des Ist-Zustands zeigt, dass Fensterflächen den größten Anteil an den Wärmeverlusten durch die Gebäudehülle haben. Die unsanierten Bauteile der Außenwand haben dagegen den geringsten Anteil an den Transmissionswärmeverlusten.

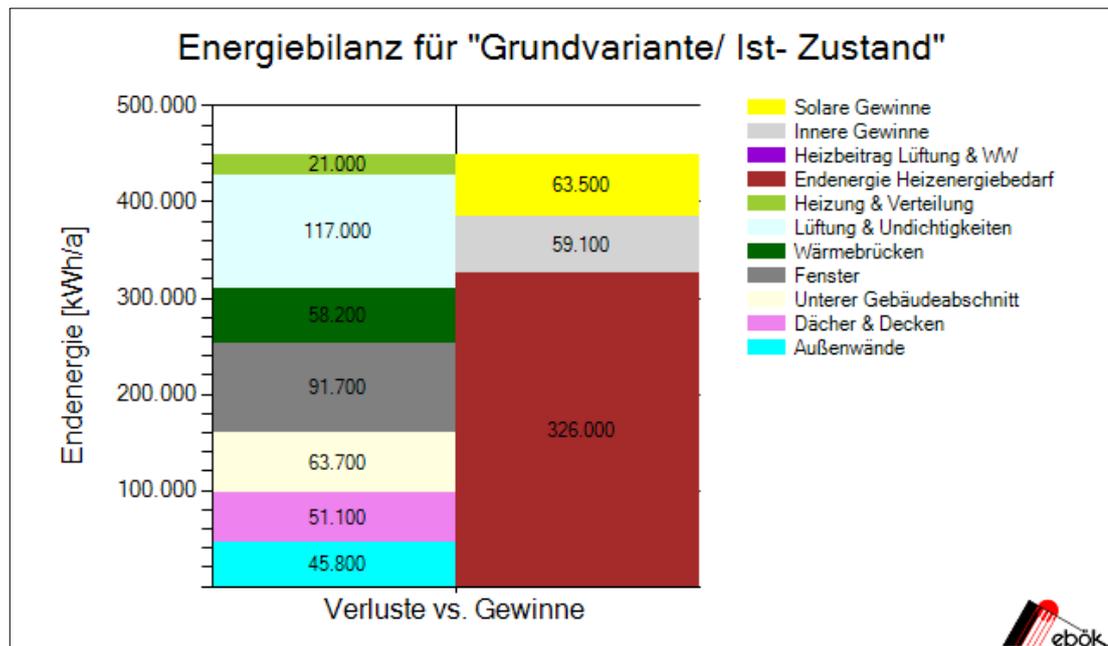


Abb. 1: Endenergiebilanz im Ist-Zustand

## **3 Untersuchte Maßnahmen**

### **3.1 Austausch der Verglasungen**

Der Austausch der Verglasungen wurde (bei Erhalt der bestehenden Rahmen) für die Pfosten-Riegel-Konstruktion im Bereich des Innenhofs und der Durchgänge zum Nachbargebäude untersucht. Als Zielwert wurde die Anforderung der KfW für die geförderte Ertüchtigung von Fenstern und Fenstertüren mit einem  $U_w$ -Wert von  $< 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  angesetzt. Für die Südseite der Verglasung zum Innenhof wird zusätzlich der Einsatz von Sonnenschutzverglasung vorgeschlagen, um den sommerlichen Wärmeschutz zu verbessern:

- 3-fach Wärmeschutzverglasung,  $U_g=0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Randverbund thermisch getrennt, Befestigung mit thermisch getrennten Profilen z.B. Fa. Raico oder Fa. Gutmann
- Sonnenschutzverglasung für Südseite zum Innenhof mit  $g$ -Wert  $\leq 0,4$

### **3.2 Austausch der Metalltüren und Garagentore**

Für die bereits vom Auftraggeber geplante Erneuerung einiger Metalltore wird die Erfüllung der geltenden Anforderungen der EnEV durch wärmetechnisch geeignete Sektionaltore mit entsprechenden Dichtungen und Anschlagfalzen übernommen. Für darüber hinaus gehende Erneuerungen von Metalltüren und -toren wurde die Verwendung wärmegeämmter Konstruktionen mit thermischer Trennung angenommen.

### **3.3 Dämmung der Außenwand mit WDVS**

Um die Anforderungen der KfW an förderfähige Dämmmaßnahmen der Außenwand zu erfüllen, ist ein  $U$ -Wert von  $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  einzuhalten. Mit der Anbringung von nur 6 cm Dämmmaterial der Wärmeleitgruppe (WLG) 040 könnte dieser Wert hier erfüllt bzw. sogar unterschritten werden.

## 4 Bewertung der Wirtschaftlichkeit

### 4.1 Randbedingungen für die Wirtschaftlichkeitsrechnung

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der einzelnen Maßnahmen wurde eine dynamische Wirtschaftlichkeitsrechnung nach VDI 2067 durchgeführt. Dabei wurden die folgenden Parameter mit dem Auftraggeber abgestimmt und verwendet:

Tab. 2: Parameter der Wirtschaftlichkeitsrechnung nach VDI 2067

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| Betrachtungszeitraum      | 20a     |
| Interner Kalkulationszins | 0,0 %   |
| Mittlere Inflationsrate   | 1,2 %/a |

Die Auswertung erfolgte für die oben genannten Parameter sowie für einen Korridor von +/- 50 % für die Energiepreissteigerungen (Sensitivitätsanalyse).

Die ebenfalls zu berücksichtigende Nutzungsdauer von erneuerten oder sanierten Bauteilen hängt von der Art der Bauteile, den verwendeten Materialien usw. ab. Im vorliegenden Fall wurden in Anlehnung an die Pauschalwerte aus der VDI 2067 vereinfachend die in Tab. 3 genannten Festlegungen getroffen und für die spätere Berechnung der im Betrachtungszeitraum entstehenden Kapitalkosten verwendet.

Tab. 3: Angenommene Nutzungsdauer für Bauteile/ Maßnahmen

| Bauteil/ Maßnahme                            | Nutzungsdauer [a] |
|--|-------------------|
| Dämmung der Außenwand/ neue Fassade          | 40                |
| Ertüchtigung Fenster/ Austausch Verglasungen | 20                |
| Erneuerung Metalltüren/ -Tore                | 20                |

### 4.2 Energiebezugskosten

Die aus den Anteilen von Nahwärme und Erdgas für die Jahre 2015 –17 ermittelten Energiebezugskosten wurden witterungsbereinigt und gemittelt. Als Resultat wurden **0,070 EUR/kWh (brutto)** als Grundlage für die weitere Wirtschaftlichkeitsrechnung verwendet.

Als Strombezugskosten (für Hilfsstrom der Wärmeversorgung) wurden aus den vorliegenden Abrechnungen **0,225 EUR/kWh (brutto)** verwendet.

## 4.3 Investitionskosten

Für die untersuchten Maßnahmen wurden statistisch ermittelte Kostenkennwerte (z.B. baupreislexikon.de), Angaben des Auftraggebers sowie eigene Kostenkennwerte angesetzt.

Für die Wirtschaftlichkeitsrechnung wurden Vollkosten bilanziert und den zu erwartenden Einsparungen gegenübergestellt. Würden die energetischen Maßnahmen im Rahmen einer ohnehin notwendigen Instandsetzung stattfinden, könnte ein Teil der Investitionskosten als ohnehin notwendige Kosten verbucht werden, die nicht durch Energieeinsparungen kompensiert werden müssen. In diesem Fall würden nur die energetisch bedingten Mehrkosten nach Abb. 2 bilanziert und die Wirtschaftlichkeit verbessert werden.



Abb. 2: Definition von Kostenbegriffen (DENA)

Die in der Wirtschaftlichkeitsrechnung verwendeten Investitionskosten zeigt Tab. 4.

Tab. 4: Kostenkennwerte und Investitionskosten der untersuchten Maßnahmen

| Maßnahme  | Kosten<br>[EUR/m <sup>2</sup> /Stück]<br>(netto) | BT-Fläche/<br>Anzahl<br>[m <sup>2</sup> / Stück] | Investitions-<br>kosten<br>[EUR] (netto) |
|---|--|--|--|
| Dämmung Außenwand (Kapitel 3.3)   | 150  | 1027,9   | 154.000                                  |
| Austausch Verglasung (Kapitel 3.1)  | 300  | 74,9   | 22.500                                   |
| Austausch Verglasung Südseite Innenhof gegen Sonnenschutzverglasung (Kapitel 3.1) | 350  | 53,4   | 18.700                                   |
| Austausch bestehende Stahltüren (Kapitel 3.2)                                     |  |  |  |
| 1,3 m x 2,4 m   | 3.500  | 2  | 7.000                                    |
| 2,3 m x 3,7 m   | 7.000  | 3  | 21.000                                   |
| 3,5 m x 3,7 m   | 9.000  | 1  | 9.000                                    |
| Austausch bestehende Falttore (Kapitel 3.2)                                       | 12.000   | 2  | 24.000                                   |

## 4.4 Fördermittel

Mit den für Verglasungen und Außenwand untersuchten Maßnahmen werden jeweils die Förderkriterien der KfW für Einzelmaßnahmen erfüllt. Nach den derzeit geltenden Bestimmungen können dafür Tilgungszuschüsse von 5 % der förderfähigen Kosten, max. 50 EUR/m<sup>2</sup> NGF, beantragt werden sofern auch der ebenfalls von der KfW angebotene Kredit in Anspruch genommen wird.

Tab. 5: Mögliche Tilgungszuschüsse der KfW

| Maßnahme   | Investitionskosten<br>[EUR] (brutto) | Tilgungszuschuss<br>KfW<br>[EUR] (brutto) |
|--|--------------------------------------|---|
| Dämmung Außenwand (Kapitel 3.3)                                    | 183.300                              | 9.200                                     |
| Austausch Verglasung der Pfosten-Riegel-Konstruktion (Kapitel 3.1) | 49.000                               | 2.400                                     |

## 4.5 Rechenverfahren und Verbrauchsabgleich

Die energetischen Effekte der einzelnen Maßnahmen wurden auf Basis eines Rechenmodells nach DIN 4108-6 (Gebäudehülle) und DIN 4701-10 (Anlagentechnik) ermittelt. Für das Rechenmodell wurden lokale Klimadaten und bei der Begehung festgestellte Nutzungsparameter verwendet. Basis aller berechneten Sanierungsvarianten ist das mit dem realen Verbrauch abgegliche Modell des Ist-Zustands. Der für den Ist-Zustand anzunehmende Verbrauch musste dabei aus dem Gesamtverbrauch der Liegenschaft abgeschätzt werden (vgl. Kapitel 2.3).

Wie in Abb. 3 dargestellt, liegt der für den Ist-Zustand errechnete Bedarf um ca. 10 % über dem für das Werkstattgebäude festgesetzten Verbrauch. Im Rahmen der verbleibenden Unsicherheit, v.a. aus der Ermittlung des realen Heizwärmeverbrauchs des Werkstattgebäudes, kann das Rechenmodell jedoch als abgeglichen und die Ergebnisse aus den Sanierungsvarianten als belastbar betrachtet werden.

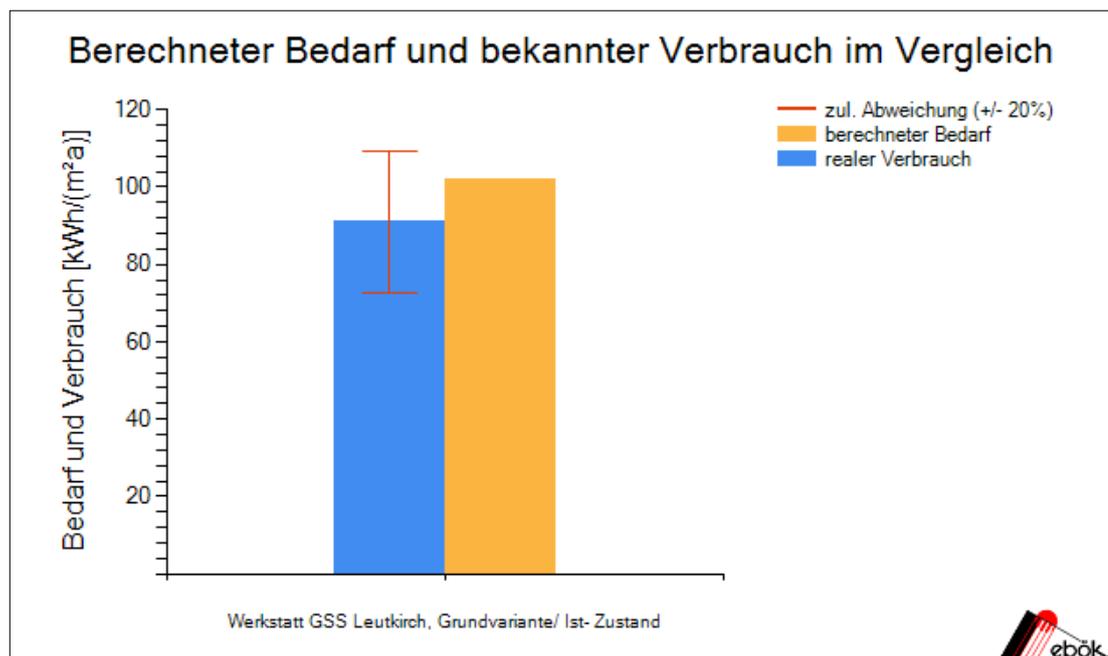


Abb. 3: Errechneter Bedarf und realer Verbrauch im Ist-Zustand

## 4.6 Ergebnisse

Zusätzlich zu den in Kapitel 4.1 festgelegten Parametern wird die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen für verschiedene Szenarien der Energiepreisentwicklung untersucht:

Tab. 6: Szenarien für Energiepreisentwicklung

| Szenario | Jährl. Preissteigerung Wärme [%] | Jährl. Preissteigerung Strom [%] |
|----------|----------------------------------|----------------------------------|
| Niedrig  | 2,00                             | 2,25                             |
| Mittel   | 4,00                             | 4,50                             |
| Hoch     | 6,00                             | 6,75                             |

Eine höhere Preissteigerung verbessert die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme weil damit auch die durch die Investition eingesparten Energiekosten steigen.

Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit erfolgt in erster Linie durch den Vergleich der durch eine Maßnahme entstehenden mittleren jährlichen Gesamtkosten aus Kapitalkosten sowie Verbrauchs- und Betriebskosten (Annuität). Zusätzlich wurden die Amortisationsdauern für die einzelnen Maßnahmen ermittelt.

### 4.6.1 Sanierung der Fenster

In allen drei Szenarien (Tab. 6) erscheint die Ertüchtigung der Verglasung in der Pfosten-Riegel-Fassade hinsichtlich der annuitätischen Gesamtkosten im Rahmen der gegebenen Unsicherheit der Wirtschaftlichkeitsrechnung als wirtschaftlich gleichwertig zum Ist-Zustand.

Ausgehend vom Zustand der Verglasung kann ein Teil der Kosten als ohnehin notwendige Instandhaltung verbucht werden die nicht durch energetische Einsparung kompensiert werden muss. Beträgt außerdem die Nutzungsdauer mehr als die hier veranschlagten 20 Jahre verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme deutlich.

Für die Maßnahme ergeben sich in Abhängigkeit der tatsächlich eintretenden Energiepreissteigerungen folgende Amortisationszeiten: Im Szenario „Mittel“ muss eine Amortisationszeit von 28 Jahren angenommen werden. Tritt im Betrachtungszeitraum eine höhere Steigerung der Energiebezugskosten ein, amortisiert sich die Maßnahme bereits nach 19 Jahren („Hoch“). Bei einer niedrigeren Preissteigerung stellt sich mit 54 Jahren keine Amortisation innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 20 Jahren ein („Niedrig“).

Tab. 7: Dynamische Amortisation Austausch von Verglasungen

| Szenario | Dynamische Amortisation [a] |
|----------|-----------------------------|
| Niedrig  | 54                          |
| Mittel   | 28                          |
| Hoch     | 19                          |

#### 4.6.2 Dämmung der Außenwand

Im Vergleich der mittleren jährlichen Gesamtkosten (Annuität) erscheint die Dämmung der Außenwand als unwirtschaftlichste betrachtete Einzelmaßnahme.

Für die Maßnahme konnte innerhalb des Betrachtungszeitraums keine Amortisation ermittelt werden. Selbst für das Szenario mit höchster Energiepreissteigerungsrate stellt sich während der voraussichtlichen Nutzungsdauer von 40 Jahren keine Amortisation ein.

Begründet wird die verschlechterte Rentabilität der Maßnahme mit dem aktuell fehlenden Instandsetzungsbedarf sowie der bereits bestehenden energetischen Qualität der Außenwand (vgl. Kapitel 3.3).

#### 4.6.3 Erneuerung von Türen und Toren

Die Erneuerung von Metalltüren und -toren ist wegen der im Vergleich zum Ist-Zustand höheren mittleren jährlichen Gesamtkosten als Einzelmaßnahme unwirtschaftlich. Die Maßnahme begründet sich eher aus den Erfordernissen der Nutzung bzw. einem bestehenden Instandsetzungsbedarf als aus dem Bedürfnis nach Rentabilität durch Energieeinsparung.

Die Maßnahme hat wegen des geringen Anteils an der Hüllfläche nur einen geringen Effekt auf den Energieverbrauch des Gebäudes. Gleichzeitig müssen für diese Maßnahme vergleichsweise hohe spezifische Kosten angesetzt werden. Im Ergebnis kann auch hier innerhalb der veranschlagten Nutzungsdauer von 20 Jahren in keinem der in Tab. 6 gezeigten Szenarien für die Energiepreisentwicklung mit einer Amortisation gerechnet werden.

Tab. 8: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung, Szenario „Niedrig“ (alle Angaben gerundet)

|  | Variante       | Ist-Zustand   | San. Fenster  | San. Außenwand | San. Tore     | San. Gesamt: Fenster, Tore, Außenwand |
|--|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------------------------------|
| <b>1. Kapitalgebundene Kosten (brutto)</b>                   |                |               |               |                |               |                                       |
| Investitionskosten (abzgl. evtl. berücksichtigter Zuschüsse) | [EUR]          | 0             | 49.000        | 183.300        | 72.600        | 304.900                               |
| Mehrkosten zur Basis-Variante                                | [EUR]          |               | 49.000        | 183.300        | 72.600        | 304.900                               |
| <b>mittl. jährl. Kapitalkosten</b>                           | <b>[EUR/a]</b> | <b>0</b>      | <b>2.400</b>  | <b>4.600</b>   | <b>3.600</b>  | <b>10.700</b>                         |
| <b>2. Verbrauchsgebundene Kosten (brutto)</b>                |                |               |               |                |               |                                       |
| mittl. jährl. Brennstoffkosten                               | [EUR/a]        | 26.900        | 25.700        | 26.600         | 26.400        | 24.900                                |
| mittl. jährl. Kosten für Hilfsenergie (Strom)                | [EUR/a]        | 720           | 710           | 710            | 710           | 700                                   |
| <b>mittl. jährl. Verbrauchskosten gesamt</b>                 | <b>[EUR/a]</b> | <b>27.620</b> | <b>26.410</b> | <b>27.310</b>  | <b>27.110</b> | <b>25.600</b>                         |
| <b>3. Betriebsgebundene Kosten</b>                           |                |               |               |                |               |                                       |
| <b>Wartung, Instandhaltung, Personal</b>                     | <b>[EUR/a]</b> | <b>0</b>      | <b>0</b>      | <b>0</b>       | <b>0</b>      | <b>0</b>                              |
| <b>4. Erlöse und Rückerstattung (im ersten Jahr)</b>         |                |               |               |                |               |                                       |
| jährl. Einspeisevergütung aus KWK-G, EEG                     | [EUR/a]        | 0             | 0             | 0              | 0             | 0                                     |
| mittl. jährl. Einsparung durch Eigenverbrauch                | [EUR/a]        | 0             | 0             | 0              | 0             | 0                                     |
| <b>mittl. jährl. Vergütung und Einsparung gesamt</b>         | <b>[EUR/a]</b> | <b>0</b>      | <b>0</b>      | <b>0</b>       | <b>0</b>      | <b>0</b>                              |
| <b>5. Wirtschaftliche Bewertung</b>                          |                |               |               |                |               |                                       |
| <b>mittl. jährl. Gesamtkosten</b>                            | <b>[EUR/a]</b> | <b>27.600</b> | <b>28.900</b> | <b>31.900</b>  | <b>30.700</b> | <b>36.200</b>                         |
| mittl. jährl. Einsparung zu Basis-Variante                   | [EUR/a]        | -             | -1.300        | -4.300         | -3.100        | -8.600                                |
| Einsparung   |                | -             | -4,7%         | -15,6%         | -11,2%        | -31,2%                                |
| Amortisation   | [a]            | -             | 54            | > 100          | > 100         | > 100                                 |
| Nutzungsdauer  | [a]            | -             | 20            | 40             | 20            | 20/40                                 |

Tab. 9: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung, Szenario „Mittel“ (alle Angaben gerundet)

|  | Variante       | Ist-Zustand   | San. Fenster  | San. Außenwand | San. Tore     | San. Gesamt: Fenster, Tore, Außenwand |
|--|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------------------------------|
| <b>1. Kapitalgebundene Kosten (brutto)</b>                   |                |               |               |                |               |                                       |
| Investitionskosten (abzgl. evtl. berücksichtigter Zuschüsse) | [EUR]          | 0             | 49.000        | 183.300        | 72.600        | 304.900                               |
| Mehrkosten zur Basis-Variante                                | [EUR]          |               | 49.000        | 183.300        | 72.600        | 304.900                               |
| <b>mittl. jährl. Kapitalkosten</b>                           | <b>[EUR/a]</b> | <b>0</b>      | <b>2.400</b>  | <b>4.600</b>   | <b>3.600</b>  | <b>10.700</b>                         |
| <b>2. Verbrauchsgebundene Kosten (brutto)</b>                |                |               |               |                |               |                                       |
| mittl. jährl. Brennstoffkosten                               | [EUR/a]        | 32.900        | 31.500        | 32.500         | 32.300        | 30.500                                |
| mittl. jährl. Kosten für Hilfsenergie (Strom)                | [EUR/a]        | 900           | 900           | 900            | 900           | 890                                   |
| <b>mittl. jährl. Verbrauchskosten gesamt</b>                 | <b>[EUR/a]</b> | <b>33.800</b> | <b>32.400</b> | <b>33.400</b>  | <b>33.200</b> | <b>31.390</b>                         |
| <b>3. Betriebsgebundene Kosten</b>                           |                |               |               |                |               |                                       |
| <b>Wartung, Instandhaltung, Personal</b>                     | <b>[EUR/a]</b> | <b>0</b>      | <b>0</b>      | <b>0</b>       | <b>0</b>      | <b>0</b>                              |
| <b>4. Erlöse und Rückerstattung (im ersten Jahr)</b>         |                |               |               |                |               |                                       |
| jährl. Einspeisevergütung aus KWK-G, EEG                     | [EUR/a]        | 0             | 0             | 0              | 0             | 0                                     |
| mittl. jährl. Einsparung durch Eigenverbrauch                | [EUR/a]        | 0             | 0             | 0              | 0             | 0                                     |
| <b>mittl. jährl. Vergütung und Einsparung gesamt</b>         | <b>[EUR/a]</b> | <b>0</b>      | <b>0</b>      | <b>0</b>       | <b>0</b>      | <b>0</b>                              |
| <b>5. Wirtschaftliche Bewertung</b>                          |                |               |               |                |               |                                       |
| <b>mittl. jährl. Gesamtkosten</b>                            | <b>[EUR/a]</b> | <b>33.800</b> | <b>34.900</b> | <b>38.000</b>  | <b>36.900</b> | <b>42.000</b>                         |
| mittl. jährl. Einsparung zu Basis-Variante                   | [EUR/a]        | -             | -1.100        | -4.200         | -3.100        | -8.200                                |
| Einsparung   |                | -             | -3,3%         | -12,4%         | -9,2%         | -24,3%                                |
| Amortisation   | [a]            | -             | 28            | 67             | > 100         | 78                                    |
| Nutzungsdauer  | [a]            | -             | 20            | 40             | 20            | 20/40                                 |

Tab. 10: Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung, Szenario „Hoch“ (alle Angaben gerundet)

|  |  | Variante       | Ist-Zustand   | San. Fenster  | San. Außenwand | San. Tore     | San. Gesamt: Fenster, Tore, Außenwand |
|--|--|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------------------------------|
| <b>1. Kapitalgebundene Kosten (brutto)</b>           |  |                |               |               |                |               |                                       |
|  | Investitionskosten (abzgl. evtl. berücksichtigter Zuschüsse) | [EUR]          | 0             | 49.000        | 183.300        | 72.600        | 304.900                               |
|  | Mehrkosten zur Basis-Variante                                | [EUR]          |               | 49.000        | 183.300        | 72.600        | 304.900                               |
|  | <b>mittl. jährl. Kapitalkosten</b>                           | <b>[EUR/a]</b> | <b>0</b>      | <b>2.400</b>  | <b>4.600</b>   | <b>3.600</b>  | <b>10.700</b>                         |
| <b>2. Verbrauchsgebundene Kosten (brutto)</b>        |  |                |               |               |                |               |                                       |
|  | mittl. jährl. Brennstoffkosten                               | [EUR/a]        | 40.700        | 38.900        | 40.200         | 39.900        | 37.700                                |
|  | mittl. jährl. Kosten für Hilfsenergie (Strom)                | [EUR/a]        | 1.100         | 1.100         | 1.100          | 1.100         | 1.100                                 |
|  | <b>mittl. jährl. Verbrauchskosten gesamt</b>                 | <b>[EUR/a]</b> | <b>41.800</b> | <b>40.000</b> | <b>41.300</b>  | <b>41.000</b> | <b>38.800</b>                         |
| <b>3. Betriebsgebundene Kosten</b>                   |  |                |               |               |                |               |                                       |
|  | <b>Wartung, Instandhaltung, Personal</b>                     | <b>[EUR/a]</b> | <b>0</b>      | <b>0</b>      | <b>0</b>       | <b>0</b>      | <b>0</b>                              |
| <b>4. Erlöse und Rückerstattung (im ersten Jahr)</b> |  |                |               |               |                |               |                                       |
|  | jährl. Einspeisevergütung aus KWK-G, EEG                     | [EUR/a]        | 0             | 0             | 0              | 0             | 0                                     |
|  | mittl. jährl. Einsparung durch Eigenverbrauch                | [EUR/a]        | 0             | 0             | 0              | 0             | 0                                     |
|  | <b>mittl. jährl. Vergütung und Einsparung gesamt</b>         | <b>[EUR/a]</b> | <b>0</b>      | <b>0</b>      | <b>0</b>       | <b>0</b>      | <b>0</b>                              |
| <b>5. Wirtschaftliche Bewertung</b>                  |  |                |               |               |                |               |                                       |
|  | <b>mittl. jährl. Gesamtkosten</b>                            | <b>[EUR/a]</b> | <b>41.800</b> | <b>42.500</b> | <b>45.900</b>  | <b>44.700</b> | <b>49.500</b>                         |
|  | mittl. jährl. Einsparung zu Basis-Variante                   | [EUR/a]        | -             | -700          | -4.100         | -2.900        | -7.700                                |
|  | Einsparung   |                | -             | -1,7%         | -9,8%          | -6,9%         | -18,4%                                |
|  | Amortisation   | [a]            | -             | 19            | 46             | 70            | 53                                    |
|  | Nutzungsdauer  | [a]            | -             | 20            | 40             | 20            | 20/40                                 |