

# Energieberatung für Wohngebäude

gemäß der Richtlinie über die Förderung der Energieberatung für Wohngebäude  
(Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 28. Januar 2020)



**Objekt** **Energetische Sanierung - Heringen Abschnitt Wohnen**

Strasse der Einheit 123a

99765 Heringen / Helme

Aktenzeichen:

580313

**Auftraggeber**

**Alter Fabrik Speicher Heringen GbR**

Mario Bönnhardt

Neustadtstrasse 10

99765 Hamma

**Berater**

**Dr.-Ing. Matthias Schönhardt**

Nordhäuser Straße 49

06536 Berga

Beraternummer:

158758

nur gültig mit Unterschrift



06536 Berga, 15.6.2022

verwendete Software: EVEBI Version 11.3.13 der Firma ENVISYS GmbH & Co. KG

Berechnung nach: LEG/IWU (individuelle Randbedingungen) sowie DIN V 4701-10 / 4108-6 (Randbedingungen gemäß GEG 2020)

## Inhalt

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 Vorbemerkungen</b>   | <b>4</b>  |
| <b>2 Zusammenfassung und Empfehlungen</b>                                     | <b>5</b>  |
| 2.1 Ziel der energetischen Sanierung  | 5         |
| 2.2 Zusammenfassende Darstellung  | 5         |
| 2.2.1 Ziel der Sanierung - Kennwerte  | 5         |
| 2.2.2 Kennzahlen der Maßnahmenpakete im Sanierungsfahrplan                    | 6         |
| 2.2.3 Fördermöglichkeiten für die Sanierung in einem Zug                      | 7         |
| 2.2.4 Fachplanung / Baubegleitung   | 7         |
| <b>3 Gebäudebestandsaufnahme</b>  | <b>8</b>  |
| 3.1 Gebäudedaten  | 8         |
| 3.2 Gebäudeansichten / Gebäudefotos   | 8         |
| 3.3 Umgebung des Gebäudes   | 10        |
| 3.4 Nutzerverhalten   | 10        |
| 3.5 Übersicht über die Räume  | 10        |
| 3.6 Beschreibung der Gebäudehülle   | 11        |
| 3.7 Transmission durch die Gebäudehülle                                       | 12        |
| 3.7.1 Transmission durch die Bauteile   | 12        |
| 3.7.2 Transmission durch die Wärmebrücken                                     | 13        |
| 3.8 Beschreibung der Wärmeversorgung  | 13        |
| 3.9 Beschreibung der Trinkwarmwasserversorgung                                | 14        |
| 3.10 Beschreibung der Lüftung   | 14        |
| <b>4 Gebäudeanalyse</b>   | <b>16</b> |
| 4.1 Energiebilanz des Gebäudes  | 16        |
| 4.2 Energiebedarf des Gebäudes mit individuellen Randbedingungen              | 16        |
| 4.3 Endenergiebedarf des Gebäudes mit normierten Randbedingungen              | 17        |
| 4.4 Abgleich berechneter Energiebedarf mit dem tatsächlichen Energieverbrauch | 17        |
| 4.4.1 Schwachstellen des Gebäudes   | 18        |
| <b>5 Energetisches Sanierungskonzept</b>                                      | <b>19</b> |
| 5.1 Fördermöglichkeiten des Bundes  | 19        |
| 5.2 Ziel der Sanierung: Vorschläge  | 19        |
| 5.2.1 Das Maßnahmenpaket im Überblick   | 19        |
| 5.2.2 Beschreibung der Maßnahmen  | 21        |
| 5.2.3 Kostenstruktur im Überblick   | 33        |
| 5.2.4 Fördermöglichkeiten   | 34        |
| <b>6 Betrachtung weiterer Maßnahmenpakete</b>                                 | <b>39</b> |
| 6.1 Maßnahmenpaket: Ergänzung   | 39        |
| 6.1.1 Das Maßnahmenpaket im Überblick   | 39        |
| 6.1.2 Beschreibung der Maßnahmen  | 40        |
| 6.1.3 Kostenstruktur im Überblick   | 43        |
| 6.1.4 Fördermöglichkeiten   | 44        |
| 6.2 Wirtschaftliche Betrachtung der Maßnahmenpakete                           | 46        |
| <b>7 Vergleich der Maßnahmenpakete</b>  | <b>48</b> |
| 7.1 Vergleich der Maßnahmenpakete - Sanierungsfahrplan                        | 48        |
| 7.1.1 Energetische Betrachtung der Maßnahmenpakete                            | 48        |
| 7.1.2 Vergleich der technischen Verbesserung der Gebäudehülle                 | 49        |
| 7.1.3 Emissionen der Maßnahmenpakete  | 49        |
| 7.1.4 Energieträgereinsatz im Ist-Zustand und in den Maßnahmenpaketen         | 50        |
| 7.2 Vergleich der weiteren Maßnahmenpakete                                    | 50        |
| 7.2.1 Kenndaten der weiteren Maßnahmenpakete                                  | 50        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 7.2.2    | Energetische Betrachtung der Maßnahmenpakete                    | 51        |
| 7.2.3    | Vergleich der technischen Verbesserung der Gebäudehülle         | 52        |
| 7.2.4    | Emissionen der Maßnahmenpakete                                  | 53        |
| 7.2.5    | Energieträgereinsatz im Ist-Zustand und in den Maßnahmenpaketen | 53        |
| <b>8</b> | <b>Bauteilnachweis gemäß GEG 2020</b>                           | <b>54</b> |
| 8.1      | Übersicht der Bauteile  | 54        |
| 8.2      | Konstruktionen mit Abgrenzung nach oben                         | 55        |
| 8.2.1    | Detail dach.1   | 55        |
| 8.3      | Konstruktionen mit seitlicher Abgrenzung                        | 58        |
| 8.3.1    | Detail wand.1   | 58        |
| 8.4      | Konstruktionen mit Abgrenzung nach unten                        | 60        |
| 8.4.1    | Detail keller.1   | 60        |
| 8.5      | Fensterkonstruktionen   | 61        |
| 8.5.1    | Holzfenster, einfach verglast                                   | 61        |
| 8.6      | Beispiele und Hinweise zur Erfüllung des Schlagregenschutzes    | 61        |
| 8.6.1    | Außenwände  | 61        |
| 8.6.2    | Fugen und Anschlüsse  | 62        |
| 8.6.3    | Fenster, Außentüren, Vorhangfassaden                            | 62        |
| <b>9</b> | <b>Anhang: Ergänzende Informationen</b>                         | <b>63</b> |
| 9.1      | Gesetze und Normen  | 63        |
| 9.2      | Förderprogramme   | 65        |
| 9.3      | Glossar   | 65        |
| 9.4      | Empfehlungen zum Energiesparen und gesunden Wohnen              | 71        |
| 9.4.1    | Anmerkungen zur Behaglichkeit                                   | 71        |
| 9.4.2    | Allgemeine Energiespartipps                                     | 71        |
| 9.4.3    | Hinweise zur Luftfeuchte  | 71        |
| 9.4.4    | Hinweise zum richtigen Lüften                                   | 72        |
| 9.4.5    | Hinweise zum Stromsparen  | 73        |
| 9.4.6    | Heizungsmodernisierung  | 74        |
| 9.4.7    | Thermische Solaranlage zur Warmwasser-Bereitung                 | 74        |
| 9.4.8    | Regenwassernutzung  | 75        |
| 9.4.9    | Photovoltaik-Anlage   | 75        |
| 9.5      | Allgemeine Anmerkungen zu Wärmedämmverbund-System (WDVS)        | 75        |
| 9.6      | Entsorgungskonzept  | 76        |
| 9.7      | Erläuterungen zu Wärmebrücken                                   | 76        |

## 1 Vorbemerkungen

Der vorliegende Beratungsbericht hat die Aufgabe, eine möglichst genaue Ist-Analyse des betrachteten Gebäudes zu erstellen, um auf dieser Grundlage Empfehlungen für energetische Sanierungsvarianten zu entwickeln. Ziel dabei ist die Empfehlung von Maßnahmenpaketen, die ein Optimum an Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit ermöglichen.

Die Möglichkeiten zur Förderung von Sanierungsmaßnahmen wurden dabei berücksichtigt und gezielt die Komplettsanierung zu einem KfW-Effizienzhaus geprüft.

### Hinweise

- Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen auf Grundlage der verfügbaren Daten erstellt. Irrtümer sind vorbehalten.
- Die Berechnungen zur Energieeinsparung beruhen auf der Gebäudeanalyse, dem energierelevanten Verhalten der Bewohner (Nutzerverhalten) sowie dem Klima am Standort. Hierbei handelt es sich um theoretische Energiebilanzen, da nicht alle Parameter eindeutig erfasst werden können. Die Annahmen wurden mit Sorgfalt getroffen.
- Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung beruht auf den Annahmen zu den Investitionskosten, zur Energieeinsparung, zu den Zinsen und zur prognostizierten Preisentwicklung der verwendeten Energieträger. Teilweise wurden auch Förderungen durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau mit einbezogen. Auch hier handelt es sich um Näherungen und insbesondere bei den Investitionskosten um Schätzwerte. Bei Investitionen sollten Sie immer mehrere Angebote für die geplanten Sanierungsmaßnahmen einholen.
- Der Beratungsbericht ist kein Ersatz für eine Ausführungsplanung. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung des Gebäudeeigentümers.
- Unsere Beratung ist produktneutral, wir empfehlen keine bestimmten Produkte. Sollten in diesem Beratungsbericht Produktnamen oder Firmennamen bestimmter Produkte erscheinen, so sind diese entweder im Bestand so vorgefunden worden oder als rein exemplarische Angabe zu werten. D.h. die technischen Werte dieses Produktes sind ausschlaggebend und nicht der Hersteller!
- Der Beratungsbericht ist urheberrechtlich geschützt und alle Rechte bleiben dem Unterzeichner vorbehalten. Der Beratungsbericht ist nur für den Auftraggeber und nur für den angegebenen Zweck bestimmt.
- Eine Vervielfältigung oder Verwertung durch Dritte ist nur mit der schriftlichen Genehmigung des Verfassers gestattet.
- Eine Rechtsverbindlichkeit folgt aus unserer Stellungnahme nicht. Sofern im Falle entgeltlicher Beratungen Ersatzansprüche behauptet werden, beschränkt sich der Einsatz bei jeder Form der Fahrlässigkeit auf das gezahlte Honorar.
- Der Beratungsbericht wurde dem/der Auftraggeber/in in einem Exemplar überreicht.

## 2 Zusammenfassung und Empfehlungen

### 2.1 Ziel der energetischen Sanierung

Die Weltgemeinschaft hat sich entschlossen, die Klimaerwärmung unter 2°C zu halten. Damit sollen schon heute sichtbare Klimaveränderungen möglichst gering gehalten werden.

Die Bundesregierung verfolgt das klimapolitische Ziel, bis zum Jahr 2050 die CO<sub>2</sub>-Emissionen auf nahe 0 zu drücken. Mit einem Anteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Gebäudesektor von 40% kommt der energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden eine wesentliche Rolle zu.

Das Ziel der Beratung ist deshalb, Maßnahmen zum Erreichen eines energieeffizienten Gebäudes zu entwickeln und damit einhergehende Energie- und Kosteneinsparungen zu ermöglichen sowie die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken. Wichtig ist dabei auch die Umstellung der Heizungsanlage auf erneuerbare Energien.

Auf der Grundlage einer detaillierten Analyse des Gebäudes im Ist-Zustandes wurden sinnvolle Sanierungsmaßnahmen untersucht und sollen hier vorgestellt werden.

Die Durchführung der Sanierungsmaßnahmen kann schrittweise (Sanierung in Schritten) oder in einem Zug erfolgen.

#### Sanierung in Schritten

Sie können die Sanierung schrittweise in Maßnahmenpaketen durchführen. Dabei ist eine optimale Reihenfolge der Maßnahmenpakete wichtig, um Kosten zu reduzieren und Bauschäden zu vermeiden.

#### Sanierung in einem Zug

Die Sanierung in einem Zug erspart mehrfache Kosten für Baustelleneinrichtungen, vereinfacht die Schnittstellen und Bauausführung und ermöglicht eine optimale Ausnutzung von Fördermitteln.

Sie haben sich für eine **Sanierung in einem Zug** entschieden.

#### Vorteile der energetischen Sanierung

- Energiekosteneinsparungen bis zu 90 %
- Langfristige Absicherung des Lebensstandards der Bewohner durch überschaubare Heizkosten
- Kostensicherheit durch geringere Abhängigkeit von Energiepreisschwankungen
- Steigerung des Wohnkomforts und höhere Behaglichkeit durch Vermeidung von Zugerscheinungen, höhere Oberflächentemperaturen, bessere Temperaturverteilung in den Räumen, Vermeidung von Fußkälte etc.
- Langfristige Sicherung der Vermietbarkeit durch höheren Wohnstandard
- Geringere Gefahr von Schimmelpilzbildung durch höhere Oberflächentemperaturen
- Wertsicherung des Gebäudes durch Umwandlung von Energiekosten in Investitionen
- Ästhetische Aufwertung des Gebäudes
- Verbesserung des Schallschutzes durch dichte Fenster
- Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes
- Imageaufwertung und Beitrag zur Verbesserung des sozialen Umfeldes
- Schutz der Umwelt durch Einsparung von Energie und Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen

## 2.2 Zusammenfassende Darstellung

### 2.2.1 Ziel der Sanierung - Kennwerte

Nach Durchführung aller im Sanierungsfahrplan genannten Maßnahmen werden folgende Kennwerte erreicht:

|  | Ist-Zustand     | Ziel-Zustand         | Einheit                          | Einsparung |
|--|-----------------|----------------------|----------------------------------|------------|
| <i>energetisch</i>                                     |                 |                      |                                  |            |
| Primärenergiebedarf <sup>1)</sup> / pro m <sup>2</sup> | 143.860 / 50,1  | 51.390 / 17,9        | [kWh/a] / [kWh/m <sup>2</sup> a] | 64,3 %     |
| Endenergiebedarf <sup>1)</sup> /pro m <sup>2</sup>     | 719.302 / 250,6 | <b>39.756</b> / 13,8 | [kWh/a] / [kWh/m <sup>2</sup> a] | 94,5 %     |
| Heizlast   | 323,0           | 96,8                 | [kW]                             |            |
| Jahresnutzungsgrad                                     | 0,793           | 4,886                |                                  |            |
| <i>wirtschaftlich</i>                                  |                 |                      |                                  |            |

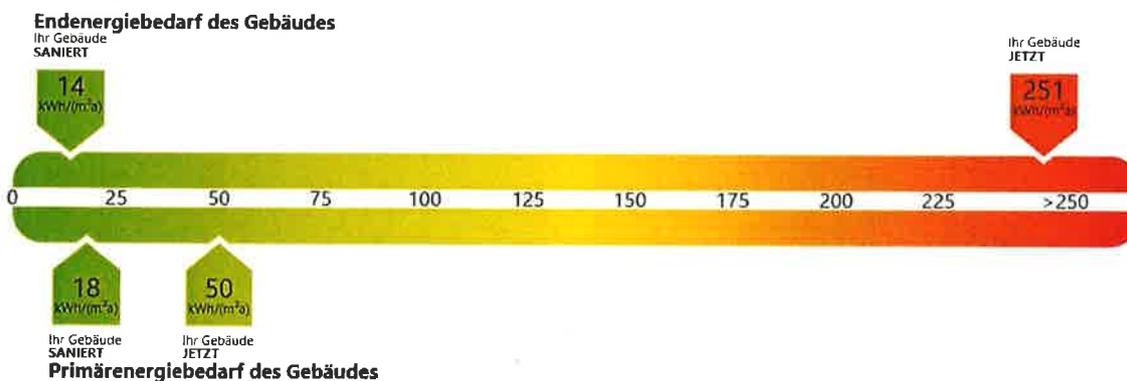
|   | Ist-Zustand    | Ziel-Zustand | Einheit                      | Einsparung |
|---|----------------|--------------|------------------------------|------------|
| Energiekosten <sup>2)</sup> pro Jahr / pro m <sup>2</sup> | 47.690 / 16,61 | 3.235 / 1,13 | [€/a] / [€/m <sup>2</sup> a] | 93,2 %     |
| <b>Emissionen</b>   |                |              |                              |            |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen                               | 5,0            | 4,5          | [kg/m <sup>2</sup> a]        | 9,3 %      |
| SO <sub>2</sub> -Emissionen                               | 250,6          | 2,0          | [g/m <sup>2</sup> a]         | 99,2 %     |
| NO <sub>2</sub> -Emissionen                               | 576,3          | 3,5          | [g/m <sup>2</sup> a]         | 99,4 %     |
| Staub   | 501,1          | 0,2          | [g/m <sup>2</sup> a]         | 100,0 %    |

<sup>1)</sup> Die Berechnungen erfolgten mit individuellen Randbedingungen.

<sup>2)</sup> Die verwendeten Energieträgerpreise finden Sie im Abschnitt "Wirtschaftliche Betrachtung der Maßnahmenpakete"

Das folgende Bild zeigt Ihnen den Endenergiebedarf (einzukaufende Energie) sowie den Primärenergiebedarf vor und nach Durchführung der Maßnahme(n) in Bezug zum Ist-Zustand:

© ENVISYS - IWU/LEG individuell



## 2.2.2 Kennzahlen der Maßnahmenpakete im Sanierungsfahrplan

| energetisch                         | Energiebedarf <sup>1)</sup> |                        | Einsparung <sup>2)</sup>      |                              | Einsparung <sup>3)</sup> |
|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|
|                                     | [kWh/a]                     | [kWh/m <sup>2</sup> a] | [kWh/a]                       | [%/a]                        | [kWh/30a]                |
| Ist-Zustand                         | 719.302                     | 250,6                  | ./.                           | ./.                          | ./.                      |
| Vorschläge                          | 39.756                      | 13,8                   | 679.546                       | 94,5                         | 20.386.374               |
| Ergänzung                           | 20.072                      | 7,0                    | 19.683                        | 49,5                         | 590.498                  |
| wirtschaftlich                      | Investition <sup>4)</sup>   | Instand <sup>5)</sup>  | EffizienzKosten <sup>6)</sup> | Verbl. EffizK. <sup>7)</sup> | Einsparung <sup>8)</sup> |
|                                     | [€]                         | [€]                    | [€]                           | [€/a]                        | [€/a]                    |
| Ist-Zustand                         | ./.                         | ./.                    | ./.                           | ./.                          | ./.                      |
| Vorschläge                          | 380.655                     | 321.204                | 59.451                        | -1.514.499                   | 44.454                   |
| Ergänzung                           | 9.728                       | 0                      | 9.728                         | 8.344                        | 3.701                    |
| Umwelt (Emissionen)                 | SO <sub>2</sub>             | NO <sub>x</sub>        | Staub                         | CO <sub>2</sub>              | CO <sub>2</sub> -Einsp.  |
|                                     | [g/a]                       | [g/a]                  | [g/a]                         | [kg/a]                       | [%]                      |
| Ist-Zustand                         | 719.302                     | 1.654.394              | 1.438.603                     | 14.386                       | ./.                      |
| Vorschläge                          | 5.759                       | 10.081                 | 691                           | 13.043                       | 9,3                      |
| Ergänzung                           | 2.644                       | 4.907                  | 325                           | 6.413                        | 55,4                     |
| Gebäudehülle (U-Wert) <sup>9)</sup> | Gesamt                      | Dach                   | Wand                          | Keller                       | Fenster                  |
|                                     | [W/m <sup>2</sup> K]        | [W/m <sup>2</sup> K]   | [W/m <sup>2</sup> K]          | [W/m <sup>2</sup> K]         | [W/m <sup>2</sup> K]     |
| Ist-Zustand                         | 1,98                        | 2,75                   | 1,17                          | 0,00                         | 4,40                     |
| Vorschläge                          | 0,32                        | 0,23                   | 0,28                          | 0,00                         | 0,80                     |
| Ergänzung                           | 0,32                        | 0,23                   | 0,28                          | 0,00                         | 0,80                     |

<sup>1)</sup> Energiebedarf im Jahr bzw. pro m<sup>2</sup> beheizter Fläche: Hierbei handelt es sich um die Energie, welche eingekauft werden muss.

<sup>2)</sup> Einsparung an Energie pro Jahr

<sup>3)</sup> Einsparung an Energie über einen Zeitraum von 30 Jahren

- 4) Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).
- 5) Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.
- 6) energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.
- 7) Verbleibende energiebedingte Mehrkosten: Kosten, welche unter Abzug des Förderbetrags verbleiben. Diese Kosten der energieeffizienzbedingten Mehraufwendungen werden für die Wirtschaftlichkeitsberechnung (Annuität) verwendet.
- 8) Jährliche Energiekosteneinsparung: Ersparte Kosten durch geringeren Energiebedarf und/oder dem Wechsel zu einem anderen Energieträger. Die Berechnung erfolgt mit individuellen Nutzungsrandbedingungen (DIN V 4701-10 / 4108-6).
- 9) U-Wert: Qualität der Gebäudehülle, je geringer der Wert, desto weniger Energie geht über die Bauteile verloren.

### 2.2.3 Fördermöglichkeiten für die Sanierung in einem Zug

Für die Sanierung in einem Zug wurden Fördermöglichkeiten durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) sowie steuerliche Vergünstigungen untersucht. Dabei wurden die Fördervoraussetzungen der KfW und des BAFA (Alter des Gebäudes, Anzahl der Wohneinheiten etc.) sowie die Einhaltung der vorgegebenen Mindestanforderungen an die Maßnahmen (Dämmdicke, Kesselleistung etc.) geprüft.

Es werden die wirtschaftlich besten Fördermöglichkeiten vorgeschlagen. Mögliche Kumulierungen zwischen den Förderprogrammen der KfW und des BAFA wurden dabei geprüft und berücksichtigt.

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die ermittelten Fördermöglichkeiten:

| Förderprogramm        | Förderrelevante Kosten | Förderfähige Kosten | Geldwerter Vorteil |
|-----------------------|------------------------|---------------------|--------------------|
| <i>KfW-Förderung</i>  |                        |                     |                    |
| KfW-Effizienzhaus 261 | 4.200.000              | 4.200.000           | 1.571.758 €        |
| KfW-Baubegleitung 431 | 4.000                  | 4.000               | 2.193 €            |
| <i>BAFA-Förderung</i> |                        |                     |                    |
| - / -                 |                        |                     |                    |
| <i>Steuerbonus</i>    |                        |                     |                    |
| - / -                 |                        |                     |                    |
| <b>Summe</b>          | <b>4.204.000</b>       | <b>4.204.000</b>    | <b>1.573.950 €</b> |

Angaben ohne Gewähr!

Detaillierte Angaben zu den Förderungen finden Sie in dem Abschnitt *Energetisches Sanierungskonzept*

### 2.2.4 Fachplanung / Baubegleitung

Rund um energetische Sanierungsmaßnahmen werden die Fachplanung und eine qualifizierte Baubegleitung durch einen externen, unabhängigen Experten für Energieeffizienz vom Bund gefördert. Das schließt folgende Aufgaben mit ein:

- Leistungen zur Detailplanung
- Unterstützung bei der Ausschreibung und Angebotsauswertung
- Kontrolle der Bauausführung
- Abnahme und Bewertung der Maßnahmen

Informationen zu den möglichen Zuschüssen des Bundes finden Sie im Abschnitt "Energetisches Sanierungskonzept"

### 3 Gebäudebestandsaufnahme

#### 3.1 Gebäudedaten

| Grunddaten                            |                   |                         |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------------|
| Gebäudekategorie:                     | Mehrfamilienhaus  |                         |
| Baujahr:                              | 1890              |                         |
| Denkmal:                              | ja                |                         |
| Gebäudetyp:                           | freistehend       |                         |
| Gebäuelage:                           | innerorts         |                         |
| Exposition/Bauweise:                  | kompakt           |                         |
| Bauart:                               | mittel            |                         |
| Ausstattung:                          | mittel            |                         |
| Luftdichtheit:                        | nicht geprüft     |                         |
| Durchschnittliche Geschosshöhe:       | 2,99              | m                       |
| beheizte Wohnfläche:                  | 2.870,7           | m <sup>2</sup>          |
| Gebäudenutzfläche <sup>1)</sup> :     | 3.067,9           | m <sup>2</sup>          |
| Gebäudevolumen V <sub>e</sub> :       | 9.587             | m <sup>3</sup> (Brutto) |
| Wärmeübertragende Umfassungsfläche A: | 2.464             | m <sup>2</sup> (Brutto) |
| A/V-Verhältnis:                       | 0,26              | m <sup>-1</sup>         |
| Fensterflächen:                       | 253               | m <sup>2</sup>          |
| Außentürlflächen:                     | 0                 | m <sup>2</sup>          |
| Vollgeschosse:                        | 3                 |                         |
| charakteristische Breite:             | 16,06             | m                       |
| charakteristische Länge:              | 51,82             | m                       |
| Anzahl Wohneinheiten:                 | 28                |                         |
| Anzahl Bewohner/Nutzer:               | 96                |                         |
| Raumtemperatur durchschnittlich ca.   | 22,5              | °C                      |
| Kühltechnik:                          | keine Kühltechnik |                         |

<sup>1)</sup> hierbei handelt es sich um die Energiebezugsfläche gemäß GEG 2020, welche aus dem Gebäudevolumen ermittelt wird und von der Wohnfläche abweicht

#### 3.2 Gebäudeansichten / Gebäudefotos

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|



Lageplan  
Bestand  
Quelle: e-con, Aufnahmedatum: 15.06.2022



Ansicht Osten  
Bestand  
Quelle: e-con, Aufnahmedatum: 15.06.2022



Ansicht Süden  
Bestand  
Quelle: e-con, Aufnahmedatum: 15.06.2022



Ansicht Norden  
Bestand  
Quelle: e-con, Aufnahmedatum: 15.06.2022



Ansicht Westen  
Bestand

Quelle: e-con, Aufnahmedatum: 15.06.2022

### 3.3 Umgebung des Gebäudes

Die meteorologischen Umgebungsparameter, wie die durchschnittliche Außentemperatur im Winter, die Dauer der Heizperiode und die absolut tiefste Temperatur (Zweitagesmittel) wurden aus der Wetterdatenbank für den Bezugsort **Nordhausen** entnommen.

| meteorologische Daten                          |          |
|--|----------|
| niedrigste Außentemperatur:                    | -15,0 °C |
| durchschnittliche winterliche Außentemperatur: | 4,0 °C   |
| Heizperiode:                                   | 231 Tage |

Die durchschnittliche Raumtemperatur aller zum Objekt gehörenden Räume beträgt 22,5 °C. Hierbei wird berücksichtigt, dass evtl. einige Räume wenig beheizt werden.

### 3.4 Nutzerverhalten

Der tatsächliche Energieverbrauch eines Gebäudes ist sehr stark vom Nutzerverhalten der Bewohner abhängig. So haben die Nutzungsdauer, das Lüftungsverhalten, der Trinkwarmwasserverbrauch, die Raumtemperaturen und Anzahl/Größe der beheizten Räume wesentlichen Einfluss.

Bei der Bilanzerstellung sind wir von typischen Randbedingungen in der vorliegenden Gebäudekategorie sowie von Ihren Angaben ausgegangen.

Das Nutzerverhalten geht insbesondere in die zugrunde gelegte mittlere Raumtemperatur und die Lüftungsintensität ein.

### 3.5 Übersicht über die Räume

Das vorliegende Objekt setzt sich aus den folgenden Räumen zusammen.

| Nr.                    | Raum | Zone        | Fläche            | Nettovolumen      | lichte Höhe |
|------------------------|------|-------------|-------------------|-------------------|-------------|
|                        |      |             | [m <sup>2</sup> ] | [m <sup>3</sup> ] | [m]         |
| <b>1. Obergeschoss</b> |      |             |                   |                   |             |
| 1.01                   | Raum | Wohnnutzung | 84,3              | 231,8             | 2,75        |
| 1.02                   | Raum | Wohnnutzung | 103,1             | 283,5             | 2,75        |
| 1.04                   | Raum | Wohnnutzung | 86,5              | 237,9             | 2,75        |
| 1.03                   | Raum | Wohnnutzung | 103,1             | 283,5             | 2,75        |
| 1.05                   | Raum | Wohnnutzung | 84,3              | 231,8             | 2,75        |

| Nr.                    | Raum                 | Zone        | Fläche         | Nettovolumen | lichte Höhe |
|------------------------|----------------------|-------------|----------------|--------------|-------------|
| 1.06                   | Raum                 | Wohnnutzung | 101,6          | 279,4        | 2,75        |
| 1.07                   | Raum                 | Wohnnutzung | 101,6          | 279,4        | 2,75        |
| 1.08                   | Raum                 | Wohnnutzung | 84,3           | 231,8        | 2,75        |
| 1.09                   | Raum                 | Wohnnutzung | 84,2           | 231,5        | 2,75        |
| 1.10                   | Raum                 | Wohnnutzung | 103,1          | 283,5        | 2,75        |
| 1.11                   | Raum                 | Wohnnutzung | 103,1          | 283,5        | 2,75        |
| 1.12                   | Nebenräume der Etage | Wohnnutzung | 146,7          | 403,4        | 2,75        |
| <b>Summe:</b>          |                      |             | <b>1.185,9</b> |              |             |
| <b>2. Obergeschoss</b> |                      |             |                |              |             |
| 2.01                   | Raum                 | Wohnnutzung | 84,3           | 231,8        | 2,75        |
| 2.14                   | Raum                 | Wohnnutzung | 103,1          | 283,5        | 2,75        |
| 2.16                   | Raum                 | Wohnnutzung | 86,5           | 237,9        | 2,75        |
| 2.15                   | Raum                 | Wohnnutzung | 103,1          | 283,5        | 2,75        |
| 2.17                   | Raum                 | Wohnnutzung | 84,3           | 231,8        | 2,75        |
| 2.18                   | Raum                 | Wohnnutzung | 101,6          | 279,4        | 2,75        |
| 2.19                   | Raum                 | Wohnnutzung | 101,6          | 279,4        | 2,75        |
| 2.20                   | Raum                 | Wohnnutzung | 84,3           | 231,8        | 2,75        |
| 2.20                   | Nebenräume der Etage | Wohnnutzung | 93,6           | 257,4        | 2,75        |
| <b>Summe:</b>          |                      |             | <b>842,4</b>   |              |             |
| <b>3. Obergeschoss</b> |                      |             |                |              |             |
| 3.21                   | Raum                 | Wohnnutzung | 84,3           | 231,8        | 2,75        |
| 3.22                   | Raum                 | Wohnnutzung | 103,1          | 283,5        | 2,75        |
| 3.24                   | Raum                 | Wohnnutzung | 86,5           | 237,9        | 2,75        |
| 3.23                   | Raum                 | Wohnnutzung | 103,1          | 283,5        | 2,75        |
| 3.25                   | Raum                 | Wohnnutzung | 84,3           | 231,8        | 2,75        |
| 3.26                   | Raum                 | Wohnnutzung | 101,6          | 279,4        | 2,75        |
| 3.27                   | Raum                 | Wohnnutzung | 101,6          | 279,4        | 2,75        |
| 3.28                   | Raum                 | Wohnnutzung | 84,3           | 231,8        | 2,75        |
| 3.28                   | Nebenräume der Etage | Wohnnutzung | 93,6           | 257,4        | 2,75        |
| <b>Summe:</b>          |                      |             | <b>842,4</b>   |              |             |
| <b>Gesamtsumme:</b>    |                      |             | <b>2.870,7</b> |              |             |

### 3.6 Beschreibung der Gebäudehülle

Für die Außenbauteile wurden die Flächen und Wärmedurchgangskoeffizienten („U-Werte“) berechnet. Gebäudeenergetisch nicht relevante Bauteile wie z.B. Tapeten wurden vernachlässigt.

Die Gebäudehülle wurde in energetisch relevante Kategorien unterteilt:

- Dächer und Decken (Abgrenzung nach oben)
- Wände (Abgrenzung seitlich)
- Böden und Kellerdecken (Abgrenzung nach unten)
- Fenster und Bauteile mit transparenten Flächen (Transparente Bauteile)

Teilflächen wurden gegebenenfalls zusammengefasst, U-Werte für diesen Fall gemittelt.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die durchschnittlichen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) sowie die Transmissionswärmeverluste durch die Gebäudehülle.

| Bauteilkategorie     | durchschn. U-Wert [W/m²K] | Fläche [m²] | Transmission [kWh/a] |
|----------------------|---------------------------|-------------|----------------------|
| obere Abgrenzung     | 2,75                      | 750,0       | 160.354              |
| seitliche Abgrenzung | 1,17                      | 1.461,1     | 132.758              |
| untere Abgrenzung    | 0,00                      | 0,0         | 0                    |
| Fenster/Tür          | 4,40                      | 252,7       | 86.554               |

| Bauteilkategorie | durchschn. U-Wert [W/m <sup>2</sup> K] | Fläche [m <sup>2</sup> ] | Transmission [kWh/a] |
|------------------|--|--------------------------|----------------------|
| Wärmebrücken     | 0,100                                  | 2.463,8                  | 19.190               |

### U-Werte der Gebäudehülle

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Bewertung der Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte).

| Bewertung der Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile |                          |       |                              |                        |                   |                  |
|---|--------------------------|-------|------------------------------|------------------------|-------------------|------------------|
| Bauteil   | Fläche [m <sup>2</sup> ] |       | U-Werte [W/m <sup>2</sup> K] |                        |                   |                  |
| <i>Abgrenzung nach oben</i>                             |                          |       |                              |                        |                   |                  |
|   |                          |       | Ist-Zustand <sup>1)</sup>    | GEG 2020 <sup>2)</sup> | KfW <sup>3)</sup> | PH <sup>4)</sup> |
| Flachdach   | 750,0                    |       | 2,745                        | 0,20                   | 0,14              | 0,10             |
| <i>Abgrenzung seitlich</i>                              |                          |       |                              |                        |                   |                  |
|   |                          |       | Ist-Zustand <sup>1)</sup>    | GEG 2020 <sup>2)</sup> | KfW <sup>3)</sup> | PH <sup>4)</sup> |
| Wand - N  | 548,3                    |       | 1,167                        | 0,24                   | 0,20              | 0,10             |
| Wand - O  | 240,0                    |       | 1,167                        | 0,24                   | 0,20              | 0,10             |
| Wand - S  | 432,9                    |       | 1,167                        | 0,24                   | 0,20              | 0,10             |
| Wand - W  | 240,0                    |       | 1,167                        | 0,24                   | 0,20              | 0,10             |
| <i>Abgrenzung nach unten</i>                            |                          |       |                              |                        |                   |                  |
|   |                          |       | Ist-Zustand <sup>1)</sup>    | GEG 2020 <sup>2)</sup> | KfW <sup>3)</sup> | PH <sup>4)</sup> |
| <i>Transparente Bauteile</i>                            |                          |       |                              |                        |                   |                  |
|   |                          |       | Ist-Zustand <sup>1)</sup>    | GEG 2020 <sup>2)</sup> | KfW <sup>3)</sup> | PH <sup>4)</sup> |
| Fenster - N   | Nord                     | 42,1  | dicht 4,398                  | 1,30                   | 0,95/1,3          | 0,80             |
| Fenster - O   | Ost                      | 28,2  | dicht 4,398                  | 1,30                   | 0,95/1,3          | 0,80             |
| Fenster - S   | Süd                      | 157,5 | dicht 4,398                  | 1,30                   | 0,95/1,3          | 0,80             |
| Fenster - W   | West                     | 24,8  | dicht 4,398                  | 1,30                   | 0,95/1,3          | 0,80             |

<sup>1)</sup> Bei Fensterbauteilen handelt es sich um den Uw-Wert

<sup>2)</sup> Die Mindestanforderungen an U-Werte nach dem Bauteilverfahren gemäß GEG 2020 Anlage 7 gelten nicht, wenn der Primärenergiebedarf des gesamten Gebäudes den Höchstwert eines Referenzgebäudes um nicht mehr als 40 % und den Höchstwert des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust um nicht mehr als 40 % überschreitet. Die Anforderungswerte sind abhängig von der Einbausituation.

<sup>3)</sup> Mindestwerte U-Werte für KfW-Förderung (Energieeffizient Sanieren), für Dachfenster und Denkmale gelten andere Werte. ; Stand: 04/2018, weitere Informationen unter <https://www.envisys.de/service/s/service-infothek>

<sup>4)</sup> Typische U-Werte eines Passivhauses

## 3.7 Transmission durch die Gebäudehülle

### 3.7.1 Transmission durch die Bauteile

| Bauteil                      | Fläche [m <sup>2</sup> ]    | U-Wert [W/m <sup>2</sup> K] | H <sub>T</sub> <sup>1)</sup> [W/K] | F <sub>x</sub> <sup>2)</sup> [-] | F <sub>x</sub> H <sub>T</sub> <sup>3)</sup> [W/K] |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---|
| <i>Abgrenzung nach oben</i>  |                             |                             |                                    |                                  |   |
| Flachdach                    | 750,00                      | 2,745                       | 2.058,8                            | 1,00                             | 2.058,8   |
| <i>Abgrenzung seitlich</i>   |                             |                             |                                    |                                  |   |
| Wand - N                     | 548,26                      | 1,167                       | 639,6                              | 1,00                             | 639,6   |
| Wand - O                     | 240,00                      | 1,167                       | 280,0                              | 1,00                             | 280,0   |
| Wand - S                     | 432,88                      | 1,167                       | 505,0                              | 1,00                             | 505,0   |
| Wand - W                     | 240,00                      | 1,167                       | 280,0                              | 1,00                             | 280,0   |
| <i>Abgrenzung nach unten</i> |                             |                             |                                    |                                  |   |
| Decke zum EG                 | 1.454,25                    | 1,742                       | 0,0                                | 1,00                             | 0,0   |
| <i>Transparente Bauteile</i> |                             |                             |                                    |                                  |   |
| Fenster - N                  | 42,12                       | 4,398                       | 185,3                              | 1,00                             | 185,3   |
| Fenster - O                  | 28,20                       | 4,398                       | 124,0                              | 1,00                             | 124,0   |
| Fenster - S                  | 157,50                      | 4,398                       | 692,7                              | 1,00                             | 692,7   |
| Fenster - W                  | 24,85                       | 4,398                       | 109,3                              | 1,00                             | 109,3   |
| <b>Summe</b>                 | <b>2.463,8<sup>4)</sup></b> |                             | <b>4.874,6</b>                     |                                  | <b>4.874,6</b>                                    |

| Bauteil  | Fläche [m <sup>2</sup> ] | U-Wert [W/m <sup>2</sup> K] | H <sub>T</sub> <sup>1)</sup> [W/K] | F <sub>x</sub> <sup>2)</sup> [-] | F <sub>x</sub> H <sub>T</sub> <sup>3)</sup> [W/K] |
|--|--------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|---|
| Transmissionswärmeverlust H <sub>T</sub> <sup>5)</sup> |                          | 2,078                       |                                    |                                  |   |

<sup>1)</sup> H<sub>T</sub> - Transmissionswärmetransferkoeffizient des Bauteils, *nicht* temperaturbereinigt

<sup>2)</sup> F<sub>x</sub> - Temperatur-Korrekturfaktor

<sup>3)</sup> F<sub>x</sub>H<sub>T</sub> - Transmissionswärmetransferkoeffizient des Bauteils, temperaturbereinigt

<sup>4)</sup> Summe der wärmeübertragenden Flächen (Innenbauteile ausgenommen)

<sup>5)</sup>H<sub>T</sub> - spezifischer auf die wärmeübertragende Fläche bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient

### 3.7.2 Transmission durch die Wärmebrücken

Wärmebrücken sind Punkte, Winkel und Flächen der Gebäudehülle, an denen gegenüber den übrigen Bauteilen erhöhte Transmissionen stattfinden. Man unterscheidet geometrische und konstruktive, lineare und flächenhafte Wärmebrücken. Im Folgenden werden - falls vorhanden - solche Wärmebrücken betrachtet, die nicht bereits in die Kalkulation der Bauteil-Transmissionen eingegangen sind. Im Normalfall werden Wärmebrücken mit einem Pauschalwert berücksichtigt.

Berücksichtigung der Wärmebrücken gemäß DIN V 4108-6 Anhang D3 Zeile 15 bzw. DIN V 18599-2:2018-09 Abschnitt 6.2.5:  
Pauschal mit 0,100 W/(m<sup>2</sup>K)

## 3.8 Beschreibung der Wärmeversorgung



### Bereich: Wärmeversorgung, Etagenringtyp

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Abgabe</b>           |   |
| Nachtbetrieb:           | abgesenkt   |
| Übergabe:               | Heizkörper  |
| Anordnung:              | Heizkörper an Außenwand   |
| Heizkreistemperatur:    | 70/55°C   |
| Regelung:               | ungeregelt  |
| Elektrische Regelung:   | nicht elektrisch geregelt   |
| hydraulischer Abgleich: | nein  |
| <b>Verteilung</b>       |   |
| Horizontalverteilung:   | 0,0 m im Unbeheizten, 104,2 m im Beheizten - 0,25 W/mK Dämmung  |
| Steigstränge:           | 0,0 m im Unbeheizten, 230,1 m im Beheizten - 0,25 W/mK Dämmung  |
| Anbindeleitungen:       | 1.687,4 m im Beheizten - 0,25 W/mK Dämmung  |
| Umwälzpumpe:            | 0 W, ungeregelt   |
| Pumpenmanagement:       | integriert, außentemperaturgeführte Kesseltemperatur  |
| <b>Speicherung</b>      |   |
|                         | kein Speicher vorhanden   |
| <b>Erzeugung</b>        |   |
| Wärmeerzeuger           | im Beheizten dezentral (Raum), Baujahr: 1890, Ofen oder Wechselbrand, 300,0 kW, Energieträgerkategorie: Holz (Stückgut) |
|                         | Einschaltdauer: 8.760 Stunden   |
|                         | Jahresnutzungsgrad (Wirkungsgrad): 64,5 %   |

Bedeutung Wert 0: Hierfür wurden in der Software keine Eingaben vorgenommen. Die Berechnung erfolgt in diesen Fällen mit Norm-Standardwerten.

Der Wirkungsgrad für die Heizungsanlage beträgt 64,5 %

### 3.9 Beschreibung der Trinkwarmwasserversorgung



#### Bereich: Warmwasserversorgung, Ebenentyp

|                        |   |
|------------------------|---|
| <i>Abgabe</i>          |   |
| Wassermenge:           | keine Angabe  |
| Wassertemperatur:      | 60 °C   |
| Abgabestellen:         | 4 Räume   |
| Erwärmungen:           | 3 pro Tag   |
| <i>Verteilung</i>      |   |
| Baujahr:               | 1890  |
| Horizontalleitung:     | 0,0 m - 0,20 W/mK (teilweise gedämmt)                             |
| Steigstrang:           | 0,0 m - 0,20 W/mK (teilweise gedämmt)                             |
| Stich-/Anbindeleitung: | 39,0 m - 0,20 W/mK (teilweise gedämmt)                            |
| Zirkulation:           | nein  |
| <i>Speicherung</i>     |   |
|                        | nicht vorhanden   |
| <i>Bereitung</i>       |   |
| Warmwasserbereiter     | Kombi-Erzeuger (Erzeuger für HZ+WW), Wärmeerzeuger, Baujahr: 1890 |

### 3.10 Beschreibung der Lüftung



| Lüftungsbereich     | Lüftung              |
|---------------------|----------------------|
| Lüftungsart         | freie Lüftung        |
| erhöhte Nachlüftung | erhöhte Nachtlüftung |
| Deckung             | 100 %                |
| Luftwechsel         | 0,4 1/h              |

Lüftung findet in jedem Gebäude zum einen kontrolliert, zum anderen auch unkontrolliert statt. Unkontrollierte Lüftungswärmeverluste finden im Wesentlichen durch Fenster- und Türfugen bzw. -Schwellen statt. Aber auch Mauerwerk, Maueranschlüsse, Trockenbaufugen etc. können zu hohen Lüftungswärmeverlusten führen.

Ein gewisses Maß an Lüftung ist hygienisch und bauphysikalisch notwendig, da Menschen und Pflanzen atmen und dazu Sauerstoff benötigen (siehe dazu ggf. Anmerkungen im Anhang). Feuchtigkeit muss abgeführt werden, um Schimmelbildung zu verhindern. Vermehrt in modernen Baustoffen, Kunststoffen, Belägen, Fasern etc. auftretende Schadstoffe müssen ebenso abgeführt werden.

**Hinweis:**

Es sollte ein Lüftungskonzept nach DIN 1946-6 erstellt werden! Im vorhandenen Zustand reicht der Luftaustausch nicht, um die entstehende Luftfeuchte abzuführen. Damit kann es zu Schimmelbildungen kommen.

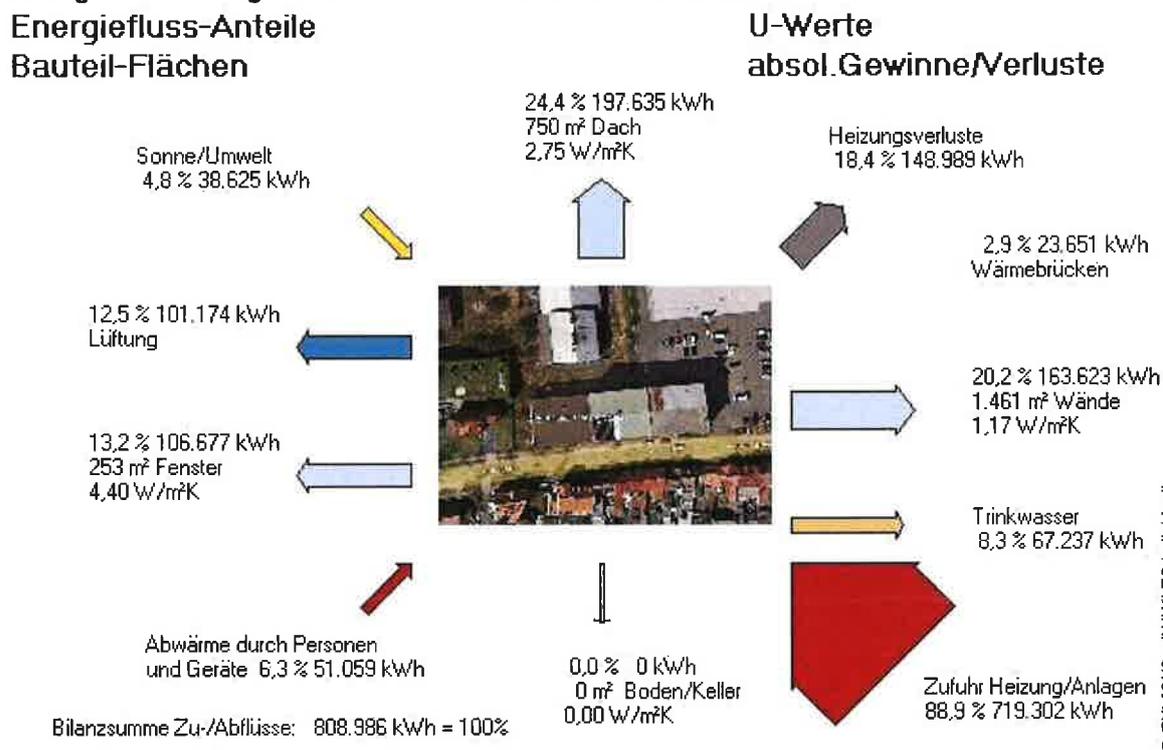
## 4 Gebäudeanalyse

In der Gebäudeanalyse wird das Gebäude in seinem derzeitigen Zustand energetisch bewertet. Aus der Gebäudeanalyse ergeben sich Ansätze zu notwendigen und sinnvollen Sanierungsmaßnahmen.

### 4.1 Energiebilanz des Gebäudes

Die Energiebilanz des Gebäudes erfolgte nach DIN V 4701-10 / 4108-6. Eine Abweichung von den gemessenen Verbrauchswerten kann an klimatischen Verhältnissen, einem abweichenden Nutzerverhalten (Lüften, Abwesenheit, ungenutzte Räume etc.) und weiteren Faktoren liegen.

Das folgende Bild zeigt Ihnen das Bilanzschema zum Gebäude:

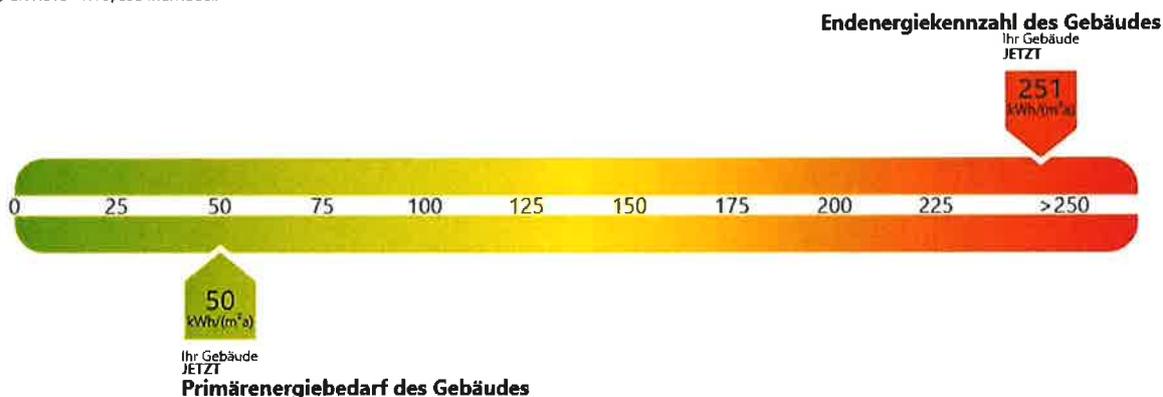


### 4.2 Energiebedarf des Gebäudes mit individuellen Randbedingungen

Aus der Analyse der Daten aus der Vor-Ort-Begehung sowie den verfügbaren weiteren Informationen wurde nach dem Berechnungsverfahren LEG/IWU ein Energiebedarf von 719.302 kWh/a ermittelt.

Das folgende Bild zeigt Ihnen den Endenergiebedarf pro Jahr für das Gebäude, bezogen auf die beheizte "Wohnfläche" und mit individuellen Randbedingungen.

© ENVISYS - IWU/LEG individuell



### 4.3 Endenergiebedarf des Gebäudes mit normierten Randbedingungen

Die Berechnung erfolgte gemäß GEG 2020 Anlage 1 in Verbindung mit der DIN V 4701-10 / 4108-6.

|   | Ist-Zustand |  | GEG 2020 Anforderung <sup>1)</sup> | Einheit   | erfüllt |
|---|-------------|--|------------------------------------|-----------|---------|
| Jahresprimärenergiebedarf $Q_P / Q_{P,Anf}$ | 41,8 <      |  | 55,9 <sup>2)</sup>                 | kWh/(m²a) | ✓       |
| Transmissionswärmeverlust $H'_T$            | 2,078 <     |  | 0,700 <sup>3)</sup>                | W/(m²K)   | ✗       |

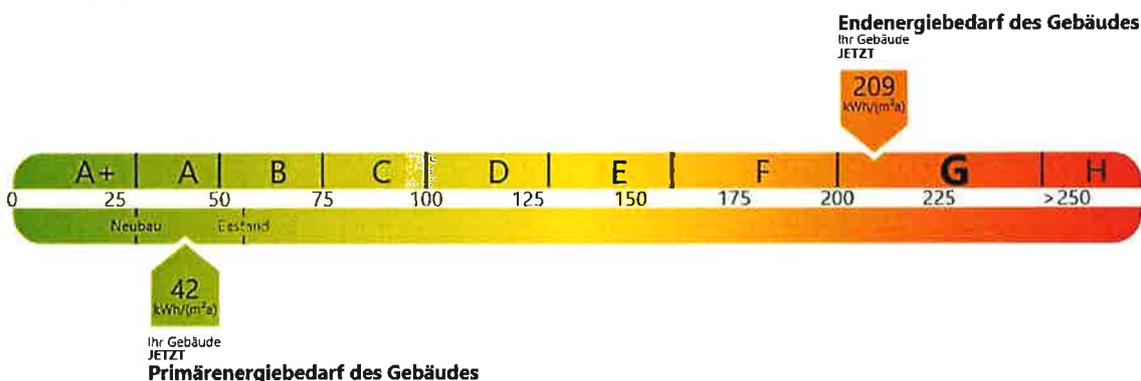
<sup>1)</sup> Anforderungswert gemäß GEG 2020

<sup>2)</sup> Gemäß GEG 2020 Anlage 1, bezogen auf die Nutzfläche, Flächenbezug in Abhängigkeit der GEG 2020-Randbedingungen (für Bestandsgebäude gilt nach GEG 2020 § 50:  $Q_{P,REF} \times 1,4$ )

<sup>3)</sup> Gemäß GEG 2020 § 50 Absatz 2, bezogen auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche (für Bestandsgebäude gilt:  $H'_T \times 1,4$ )

Das folgende Bild zeigt Ihnen die Einordnung des Gebäudes gemäß GEG 2020

© ENVISYS - DIN 4108-6 / 4701-10/12 nach GEG/EnEV



### 4.4 Abgleich berechneter Energiebedarf mit dem tatsächlichen Energieverbrauch

Der Energieverbrauch ist die Wärmemenge, die in den letzten Jahren tatsächlich verbraucht wurde. Sie wird auf Basis der von Ihnen gelieferten Verbrauchsmessungen ermittelt. Im Energieverbrauch werden damit das individuelle Nutzerverhalten der Bewohner und das tatsächliche Außenklima am Standort berücksichtigt.

Zum Energieverbrauch der letzten Jahre konnte keine Aussage getroffen werden.

In den letzten Jahren betragen bei einem mittleren Energieverbrauch von ca. **720.000 kWh** pro Jahr die Kosten ca. **0 €** pro Jahr.

Der mittlere Energieverbrauch der letzten Jahre beträgt **720.000 kWh/a**. Demgegenüber wurde ein Energiebedarf von **719.302 kWh/a** berechnet. Während der Energieverbrauch durch die tatsächlichen

Verbrauchswerte bestimmt wird, wird der Energiebedarf auf der Grundlage spezifizierter Angaben zum Gebäude rechnerisch ermittelt. Daraus ergibt sich ein Faktor von **1,00** für die Verbrauchsanpassung.

#### **4.4.1 Schwachstellen des Gebäudes**

## 5 Energetisches Sanierungskonzept

### 5.1 Fördermöglichkeiten des Bundes

Im Rahmen der "Bundesförderung effiziente Gebäude - BEG" fördert der Bund das Sanieren bzw. den Neubau energiesparender Gebäude. Je weniger Energie ein Gebäude benötigt, desto besser sind die Förderkonditionen. Kredit und Tilgungszuschüsse hierfür können bei der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) beantragt werden, direkte Zuschüsse gewährt das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA).

Die geförderten Maßnahmen müssen den technischen Mindestanforderungen genügen und durch Fachunternehmen durchgeführt werden (siehe BEG-Richtlinien vom 16.10.201, gültig ab 21.10.2021). Die Antragstellung zur Förderung muss vor Vorhabensbeginn erfolgen. Weitere Informationen finden Sie beim Fördergeldgeber (KfW bzw. BAFA) sowie auf den Internetseiten des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) unter "DEUTSCHLAND MACHT'S EFFIZIENZ".

Für das vorliegende Objekt wurden Fördermöglichkeiten durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) sowie steuerliche Vergünstigungen untersucht. Dabei wurden die Fördervoraussetzungen der KfW und des BAFA (Alter des Gebäudes etc.) sowie die Einhaltung der vorgegebenen Mindestanforderungen an die Maßnahmen (Dämmdicke, Kesselleistung etc.) geprüft.

Es werden die wirtschaftlich besten Fördermöglichkeiten vorgeschlagen. Mögliche Kumulierungen zwischen den Förderprogrammen der KfW und des BAFA wurden dabei geprüft und berücksichtigt.

Für die Inanspruchnahme von Fördergeldern ist seit dem 1.1.2021 ein Energieeffizienz-Experte einzubinden.

#### Einbindung eines Energieeffizienz-Experten

Für die Beantragung von Fördergeldern im Rahmen der BEG ist ein Energieeffizienz-Experte aus der Energieeffizienz-Expertenliste für Förderprogramme des Bundes (siehe auch unter [www.energieeffizienz-experten.de](http://www.energieeffizienz-experten.de)) einzubinden. Lediglich für Anträge auf Förderung von Einzelmaßnahmen Heizungstechnik und Heizungsoptimierung ist eine Fachunternehmererklärung ausreichend. Die zu erbringenden Leistungen sind förderfähig.

In den Maßnahmenpaketen werden die Fördermöglichkeiten im Detail dargestellt.

#### Nachfolgend werden die Sanierungsschritte vorgestellt.

- Sanierungsschritt 1: Vorschläge

### 5.2 Ziel der Sanierung: Vorschläge

#### 5.2.1 Das Maßnahmenpaket im Überblick

##### 5.2.1.1 Allgemeines

Das Maßnahmenpaket betrachtet folgende Maßnahmearten:



Schema der empfohlenen Maßnahmen

#### Empfohlener Zeitraum: 2022

Das Maßnahmenpaket beinhaltet die energetische Sanierung der thermischen Gebäudehülle. Damit wird das Gebäude dichter als bisher und das Eindringen von Luft durch die Hülle geringer. Um Bauschäden vorzubeugen (Schimmel durch Feuchtigkeit) wird die Erstellung eines Lüftungskonzeptes empfohlen.

### 5.2.1.2 Energetische Kennwerte, Wirtschaftlichkeit und Umwelteigenschaften im Überblick

|   | Ist-Zustand     | Sanierungsschritt 1  | Einheit                          | Einsparung |
|---|-----------------|----------------------|----------------------------------|------------|
| <i>energetisch</i>  |                 |                      |                                  |            |
| Primärenergiebedarf <sup>1)</sup> / pro m <sup>2</sup>    | 143.860 / 50,1  | 51.390 / 17,9        | [kWh/a] / [kWh/m <sup>2</sup> a] | 64,3 %     |
| Endenergiebedarf <sup>1)</sup> /pro m <sup>2</sup>        | 719.302 / 250,6 | <b>39.756</b> / 13,8 | [kWh/a] / [kWh/m <sup>2</sup> a] | 94,5 %     |
| Heizlast  | 323,0           | 96,8                 | [kW]                             |            |
| Jahresnutzungsgrad  | 0,793           | 4,886                |                                  |            |
| <i>wirtschaftlich</i>                                     |                 |                      |                                  |            |
| Energiekosten <sup>2)</sup> pro Jahr / pro m <sup>2</sup> | 47.690 / 16,61  | <b>3.235</b> / 1,13  | [€/a] / [€/m <sup>2</sup> a]     | 93,2 %     |
| Investitionskosten <sup>3)</sup>                          |                 | <b>380.655</b>       | [€]                              |            |
| - Instandsetzungskosten <sup>4)</sup>                     |                 | 321.204              | [€]                              |            |
| = energiebedingte Mehrkosten <sup>5)</sup>                |                 | <b>59.451</b>        | [€]                              |            |
| - Förderung <sup>6)</sup>                                 |                 | 1.573.950            | [€]                              |            |
| = Verbleibende energiebedingte Mehrkosten <sup>7)</sup>   |                 | <b>-1.514.499</b>    | [€]                              |            |
| Amortisation <sup>8)</sup>                                |                 | <b>1</b>             | [Jahre]                          |            |
| mittlere Rendite  |                 | 0,00                 | [%]                              |            |
| Kapitalwert <sup>9)</sup>                                 |                 | 2.735.040            | [€]                              |            |
| <i>Emissionen</i>   |                 |                      |                                  |            |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen                               | 5,0             | <b>4,5</b>           | [kg/m <sup>2</sup> a]            | 9,3 %      |
| SO <sub>2</sub> -Emissionen                               | 250,6           | 2,0                  | [g/m <sup>2</sup> a]             | 99,2 %     |
| NO <sub>2</sub> -Emissionen                               | 576,3           | 3,5                  | [g/m <sup>2</sup> a]             | 99,4 %     |
| Staub   | 501,1           | 0,2                  | [g/m <sup>2</sup> a]             | 100,0 %    |

<sup>1)</sup> Die Berechnungen erfolgten mit individuellen Randbedingungen.

<sup>2)</sup> Die verwendeten Energieträgerpreise finden Sie im Abschnitt "Wirtschaftliche Betrachtung der Maßnahmenpakete"

<sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

<sup>4)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.

<sup>5)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.

<sup>6)</sup> Förderbetrag: Für energieeffiziente Maßnahmen stehen verschiedene Förderpakete zur Verfügung. Hierbei handelt es sich um Zinsvergünstigungen und Zuschüsse.

<sup>7)</sup> Verbleibende energiebedingte Mehrkosten: Kosten, welche unter Abzug des Förderbetrags verbleiben. Diese Kosten der energieeffizienzbedingten Mehraufwendungen werden für die Wirtschaftlichkeitsberechnung (Annuität) verwendet.

<sup>8)</sup> Amortisation: Zeit, in welcher die verbleibenden Kosten wieder zurückgeflossen sind. Ein Maßnahmenpaket hat sich amortisiert, wenn die Zeit kleiner als die Nutzungsdauer der sanierten/erneuerten Bauteile/Anlagenteile ist.

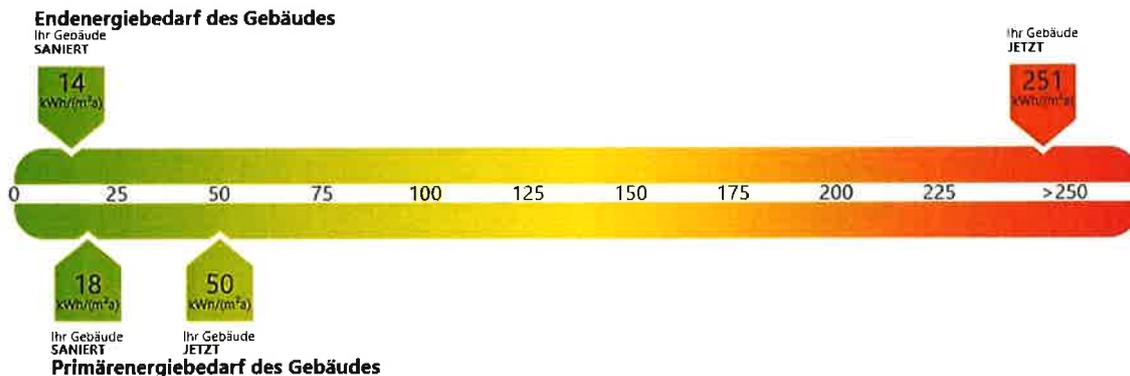
<sup>9)</sup> Kapitalwert: Investitionen und Einsparungen werden über 30 Jahre mit dem Kalkulationszins zurückgezinst auf den Anfangszeitpunkt. Je größer der Kapitalwert, desto rentabler das Maßnahmenpaket.

### 5.2.1.3 Bilanzierungsergebnisse mit individuellen Randbedingungen

#### Energiebedarf des Gebäudes mit individuellen Randbedingungen

Das folgende Bild zeigt Ihnen den Endenergiebedarf (einzukaufende Energie) sowie den Primärenergiebedarf vor und nach Durchführung der Maßnahme(n) in Bezug zum Ist-Zustand:

© ENVISYS - IWU/LEG individuell



## 5.2.2 Beschreibung der Maßnahmen

### 5.2.2.1 Luftdichtheit prüfen/herstellen

#### Kurzbeschreibung

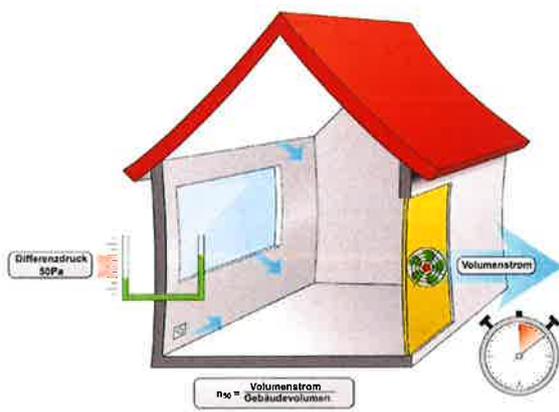
Erläuterung:

Mit dem Differenzdruck-Messverfahren (auch: Luftdichtheitsmessung) wird die Luftdichtheit eines Gebäudes gemessen. Das Verfahren dient dazu, Leckagen in der Gebäudehülle aufzuspüren und die Luftwechselrate zu bestimmen.

#### So geht es

Durch die Druckdifferenzen wird eine konstante Windlast auf das zu messende Gebäude simuliert. Bei der Messung geht es um zwei Ziele. Erstens darf die Luftmenge, die der Ventilator fördert und die durch unvermeidliche Fugen usw. entweicht, höchstens 3,0 mal in der Stunde die Luft im Gebäude austauschen (Vorgabe durch das Gebäudeenergiegesetz, bei Gebäuden mit Lüftungsanlagen höchstens 1,5 mal) und zweitens sollen bei der Messung auch die Fehlstellen lokalisiert und dokumentiert werden, damit diese beseitigt werden können. Es nützt also nichts, eine Luftdichtheitsmessung durchzuführen, dann festzustellen, dass die Norm nicht eingehalten wird (keine Erstellung des Zertifikates möglich) ohne eine genaue Ortung der Leckstellen vorzunehmen. Die letzte Forderung ist nicht direkt Gesetz, sondern gehört zu den allgemein anerkannten Regeln der Technik, auf deren Einhaltung der Bauherr auch ohne besondere Vereinbarung Anspruch hat.

Deshalb müssen Fehlstellen rechtzeitig erkannt und beseitigt werden.



Aufnahmedatum: 1899-12-30

### Eigenschaften der Maßnahme

Es wird eine Luftdichtheitsmessung durchgeführt. Es soll eine Luftdichtheit von  $2 \text{ h}^{-1}$  bei 50 Pa Druckdifferenz erreicht werden. Diese Maßnahme ermöglicht eine Prüfung der Dichtheit des Gebäudes und wird gemäß GEG 2020-Berechnung berücksichtigt.

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten der Maßnahme:

|                 | Anteil (0 %) Instandsetzung <sup>1)</sup> | Anteil (100 %) Energieeffizienz <sup>2)</sup> | Investition <sup>3)</sup> |
|-----------------|---|---|---------------------------|
| Maßnahmenkosten | 0 €                                       | 600 €   | 600 €                     |

<sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.

<sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.

<sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

### 5.2.2.2 Photovoltaik-Anlage

#### Kurzbeschreibung

Installation einer Photovoltaikanlage anschlussfertig inkl. Solarmodulen, Wechselrichter, Halterung, Überspannungsschutz, Steuerung und Zählerinrichtung.

#### So geht es

Gepprüft werden muss bzw. nicht beinhaltet ist eine eventuelle Erneuerung der Dacheindeckung oder Dachsanierung.

#### Zu beachten

Optional sollte man eine Anlagenversicherung abschließen. Anzustreben ist eine hohe Eigenverbrauchsquote; d

Die Einspeisevergütung ist im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) geregelt.

Für Neubauten kann der erzeugte Strom auf Grundlage des GEG 2020 Anrechnung finden, sofern dieser im Gebäudezusammenhang erzeugt, bzw. vorrangig im Gebäude selbst genutzt und nur die überschüssige Menge ins öffentliche Netz eingespeist wird.

Die Förderung der Anlageninstallation kann durch Bundes- oder Landesprogramme erfolgen. Die KfW fördert dies durch das KfW-Programm Erneuerbare Energien. [www.kfw.de](http://www.kfw.de)

### Eigenschaften der Maßnahme

| Daten der Photovoltaik-Anlage |                           |                           |                |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|
| Modulart                      | monokristallines Silizium |                           |                |
| Gebäudeintegration            | Aufdach                   |                           |                |
| Fläche                        |                           | 300,00                    | m <sup>2</sup> |
| Neigung                       |                           | 6,00                      | °              |
| Orientierung                  | Abweichung von Süden      |                           | -90,0 °        |
| Spitzenleistung               |                           | 40,50                     | kWpeak         |
| Nutzungsdauer                 |                           | 30                        | Jahre          |
| Vergütung                     |                           |                           |                |
| Einspeisevergütung            |                           | 0,0000                    | €/kWh          |
| Strompreis Einkauf            |                           | 0,1600                    | €/kWh          |
| Kosten                        |                           |                           |                |
| Kosten der Anlage             | 46.575 €                  | entspricht 1.150 €/kWpeak |                |
| zusätzliche Kosten einmalig   | 500 €                     |                           |                |
| <b>Summe</b>                  | <b>47.075 €</b>           |                           |                |

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten der Maßnahme:

|                 | Anteil (0 %) Instandsetzung <sup>1)</sup> | Anteil (100 %) Energieeffizienz <sup>2)</sup> | Investition <sup>3)</sup> |
|-----------------|---|---|---------------------------|
| Maßnahmenkosten | 0 €                                       | 47.075 €                                      | 47.075 €                  |

<sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.

<sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.

<sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

### 5.2.2.3 Wärmeerzeuger entfernen

#### Kurzbeschreibung

Kostenkalkulationsgrundlage: Ausbau und Entsorgung eines Wärmeerzeugers

#### Eigenschaften der Maßnahme

|                      |                 |       |  |
|----------------------|-----------------|-------|--|
| <i>Kosten</i>        |                 |       |  |
| Versorgungsbereich   | Wärmeversorgung |       |  |
| Entsorgen der Anlage |                 | 250 € |  |
| <i>Summe</i>         |                 | 0 €   |  |

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten der Maßnahme:

|                 | Anteil (0 %) Instandsetzung <sup>1)</sup> | Anteil (100 %) Energieeffizienz <sup>2)</sup> | Investition <sup>3)</sup> |
|-----------------|---|---|---------------------------|
| Maßnahmenkosten | 0 €                                       | 0 €   | 0 €                       |

<sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.

<sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.

<sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

### 5.2.2.4 Konstruktionstausch für "Wand - N" und weitere

#### Eigenschaften der Maßnahme

|  |                               |                  |                                |                  |
|--|-------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|
| <i>Daten der Dämmung</i>                 |                               |                  |                                |                  |
| Wärme übertragende Fläche                |                               |                  | 1.461,13                       | m <sup>2</sup>   |
| Nutzungsdauer                            |                               |                  | 50                             | Jahre            |
| Spezifische Kosten                       |                               |                  | 80,00                          | €/m <sup>2</sup> |
| <i>angewendet auf folgende Bauteile:</i> | <i>Fläche<sup>1)</sup></i>    | <i>Kosten</i>    | <i>U-Wert alt / neu</i>        |                  |
| Wand - N                                 | 548,26 m <sup>2</sup>         | 43.860 €         | 1,17 / 0,28 W/m <sup>2</sup> K |                  |
| Wand - O                                 | 240,00 m <sup>2</sup>         | 19.200 €         | 1,17 / 0,28 W/m <sup>2</sup> K |                  |
| Wand - S                                 | 432,88 m <sup>2</sup>         | 34.630 €         | 1,17 / 0,28 W/m <sup>2</sup> K |                  |
| Wand - W                                 | 240,00 m <sup>2</sup>         | 19.200 €         | 1,17 / 0,28 W/m <sup>2</sup> K |                  |
| <i>Summe</i>                             | <i>1.461,13 m<sup>2</sup></i> | <i>116.890 €</i> |                                |                  |

<sup>1)</sup> hierbei handelt es sich um die Investitionsfläche, diese kann von der Wärme übertragenden Fläche abweichen

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten der Maßnahme:

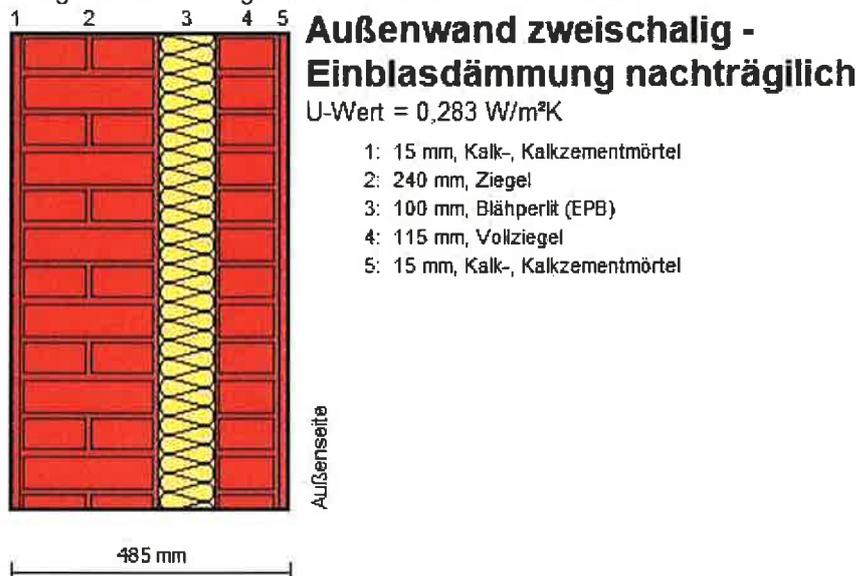
|                 | Anteil (100 %) Instandsetzung <sup>1)</sup> | Anteil (0 %) Energieeffizienz <sup>2)</sup> | Investition <sup>3)</sup> |
|-----------------|---|---|---------------------------|
| Maßnahmenkosten | 116.890 €                                   | 0 €   | 116.890 €                 |

<sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.

<sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.

<sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

Die folgende Grafik zeigt Ihnen den Aufbau des neuen Bauteils:



Hinweis: Dieser Aufbau ist ein Vorschlag und ersetzt nicht die notwendige Planung.

| Aufbau (von innen nach außen)  | Schichtdicke | Wärmeleitzahl |
|--------------------------------|--------------|---------------|
|                                | [cm]         | [W/mK]        |
| <b>Fachschichtung 100,00 %</b> |              |               |
| 1. Kalk-, Kalkzementmörtel     | 1,50         | 0,870         |
| 2. Ziegel                      | 24,00        | 0,680         |
| 3. Blähperlit (EPB)            | 10,00        | 0,035         |
| 4. Vollziegel                  | 11,50        | 0,960         |
| 5. Kalk-, Kalkzementmörtel     | 1,50         | 0,870         |
| <b>Gesamtdicke:</b>            | <b>48,50</b> |               |

### 5.2.2.5 Konstruktionstausch für "Flachdach"

#### Eigenschaften der Maßnahme

| Daten der Dämmung                 |  |                      |          |                   |
|-----------------------------------|--|----------------------|----------|-------------------|
| Wärme übertragende Fläche         |  |                      | 750,00   | m²                |
| Nutzungsdauer                     |  |                      | 50       | Jahre             |
| Spezifische Kosten                |  |                      | 80,00    | €/m²              |
| angewendet auf folgende Bauteile: |  | Fläche <sup>1)</sup> | Kosten   | U-Wert alt / neu  |
| Flachdach                         |  | 750,00 m²            | 60.000 € | 2,74 / 0,23 W/m²K |

| Daten der Dämmung |                       |          |  |
|-------------------|-----------------------|----------|--|
| Summe             | 750,00 m <sup>2</sup> | 60.000 € |  |

<sup>1)</sup> hierbei handelt es sich um die Investitionsfläche, diese kann von der Wärme übertragenden Fläche abweichen

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten der Maßnahme:

|                 | Anteil (100 %) Instandsetzung <sup>1)</sup> | Anteil (0 %) Energieeffizienz <sup>2)</sup> | Investition <sup>3)</sup> |
|-----------------|---|---|---------------------------|
| Maßnahmenkosten | 60.000 €                                    | 0 €   | 60.000 €                  |

<sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.

<sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.

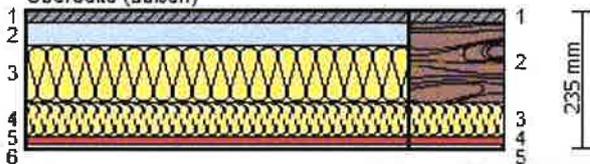
<sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

Die folgende Grafik zeigt Ihnen den Aufbau des neuen Bauteils:

### Dachschräge bis 1948 - nachträglich gedämmt Denkmal

U-Wert = 0,235 W/m<sup>2</sup>K

Oberseite (außen)



Fach

1: 20 mm, Tondachziegel

2: 40 mm, stark belüftete Luftschicht

3: 100 mm, Mineralwolle - Zwischensparren

4: 60 mm, Mineralwolle - Zwischenlattung

5: 1 mm, Vario KM Duplex UV PA-Folie (Polyamid - feuchtevariabel)

6: 15 mm, Kalkgipsmörtel

Rahmen (Anteil 20 %)

1: 20 mm, Tondachziegel

2: 140 mm, Dachsparren

3: 60 mm, Mineralwolle - Zwischenlattung

4: 1 mm, Vario KM Duplex UV PA-Folie (Polyamid - feuchtevariabel)

5: 15 mm, Kalkgipsmörtel

Hinweis: Dieser Aufbau ist ein Vorschlag und ersetzt nicht die notwendige Planung.

| Aufbau (von innen nach außen)                               | Schichtdicke | Wärmeleitzahl |
|---|--------------|---------------|
| <b>Fachschichtung 80,00 %</b>                               | [cm]         | [W/mK]        |
| 6. Kalkgipsmörtel   | 1,50         | 0,700         |
| 5. Vario KM Duplex UV PA-Folie (Polyamid - feuchtevariabel) | 0,05         | 0,170         |
| 4. Mineralwolle - Zwischenlattung                           | 6,00         | 0,032         |
| 3. Mineralwolle - Zwischensparren                           | 10,00        | 0,032         |
| 2. stark belüftete Luftschicht                              | 4,00         | ---           |
| 1. Tondachziegel  | 2,00         | 1,200         |
| <b>Rahmenschichtung 20,00 %</b>                             | [cm]         | [W/mK]        |
| 5. Kalkgipsmörtel   | 1,50         | 0,700         |
| 4. Vario KM Duplex UV PA-Folie (Polyamid - feuchtevariabel) | 0,05         | 0,170         |
| 3. Mineralwolle - Zwischenlattung                           | 6,00         | 0,032         |
| 2. Dachsparren  | 14,00        | 0,130         |
| 1. Tondachziegel  | 2,00         | 1,200         |
| <b>Gesamtdicke:</b>   | <b>23,55</b> |               |

### 5.2.2.6 Fensteraustausch, 3-fach-Verglasung

#### Kurzbeschreibung

Die vorhandenen Fenster haben ein hohes Alter und weisen Undichtigkeiten auf. Sie sollten durch neue Passivhausfenster mit gedämmten Rahmen ersetzt werden.

Beim Austausch der Fenster ist nach DIN 1946-6 ein Lüftungskonzept für das Gebäude zu erstellen.

m<sup>2</sup> Kalkulationsgrundlage: Zweiflügeliges Holzfenster ca. 1,5 m<sup>2</sup> ohne Sprossen in einfacher Ausführung.

#### So geht es

Bei Ausführung einer Fassadenußendämmung sollten die Blendrahmen möglichst überdämmt werden und in der Dämmebene montiert sein. Ebenso muss auf Luftdichtigkeit der Rahmenanschlüsse zur Außenwand geachtet werden.

#### Zu beachten

Ohne Verbesserung des Außenwand-Wärmedämmstandards besteht die Gefahr des Kondensatniederschlags an den Innenflächen der Außenwand und unter Umständen (z.B. ungünstige Lüftungsbedingungen) Schimmelbildung und Bauschäden.

Über dem Fenster eingebaute Rolladenkästen gelten als Schwachstellen, wenn sie nicht wärmege-dämmt sind.

#### Eigenschaften der Maßnahme

| Daten der Fenster                  |  |                             |                         |                                |
|------------------------------------|--|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Fenster-Uw-Wert                    |  |                             | 0,80 W/m <sup>2</sup> K |                                |
| g-Wert (Strahlungsdurchlässigkeit) |  |                             | 0,50                    |                                |
| Nutzungsdauer                      |  |                             | 25 Jahre                |                                |
| Spezifische Kosten                 |  |                             | 475,00 €/m <sup>2</sup> |                                |
| angewendet auf folgende Bauteile:  |  | Fläche                      | Kosten                  | U-Wert alt / neu <sup>1)</sup> |
| Fenster - N                        |  | 42,12 m <sup>2</sup>        | 20.007 €                | 4,40 / 0,80 W/m <sup>2</sup> K |
| Fenster - O                        |  | 28,20 m <sup>2</sup>        | 13.395 €                | 4,40 / 0,80 W/m <sup>2</sup> K |
| Fenster - S                        |  | 157,50 m <sup>2</sup>       | 74.813 €                | 4,40 / 0,80 W/m <sup>2</sup> K |
| Fenster - W                        |  | 24,85 m <sup>2</sup>        | 11.804 €                | 4,40 / 0,80 W/m <sup>2</sup> K |
| <b>Summe</b>                       |  | <b>252,67 m<sup>2</sup></b> | <b>120.018 €</b>        |                                |

<sup>1)</sup> hierbei handelt es sich um den Uw-Wert (Gesamtkonstruktion)

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten der Maßnahme:

|                 | Anteil (100 %) Instandsetzung <sup>1)</sup> | Anteil (0 %) Energieeffizienz <sup>2)</sup> | Investition <sup>3)</sup> |
|-----------------|---|---|---------------------------|
| Maßnahmenkosten | 120.018 €                                   | 0 €   | 120.018 €                 |

<sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.

<sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.

<sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

### 5.2.2.7 Pufferspeicher - (1000l)

#### Kurzbeschreibung

Pufferspeicher sind beim Einsatz von regenerativen Energien für die Heizungsanlage bei fast allen Arten erforderlich. Der Einsatz von Pufferspeichern ermöglicht die Wärme zwischen zu speichern und bei Bedarf wieder in die Heizungsanlage einzuspeisen. Dies erhöht nicht nur den Komfort der Anlage, sondern lässt auch eine besonders effiziente Energieausnutzung zu.

### Eigenschaften der Maßnahme

| <i>Daten des Pufferspeichers</i> |  |                 |          |
|----------------------------------|--|-----------------|----------|
| Versorgungsbereich               |  | Wärmeversorgung |          |
| Aufstellung                      |  | im Unbeheizten  |          |
| Volumen des Speichers            |  | 1.000           | l        |
| Nennleistung der Ladepumpe       |  | 20              | W        |
| Bereitschaftswärmeverlust        |  | 3,70            | kWh/d    |
| Nutzungsdauer                    |  | 20              | Jahre    |
| <b>Kosten</b>                    |  |                 |          |
| Kosten des Pufferspeichers       |  | 1.560           | €        |
| <b>Summe</b>                     |  | <b>1.560</b>    | <b>€</b> |

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten der Maßnahme:

|                 | <b>Anteil (0 %)<br/>Instandsetzung<sup>1)</sup></b> | <b>Anteil (100 %)<br/>Energieeffizienz<sup>2)</sup></b> | <b>Investition<sup>3)</sup></b> |
|-----------------|---|---|---------------------------------|
| Maßnahmenkosten | 0 €   | 1.560 €   | 1.560 €                         |

<sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.

<sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.

<sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

#### 5.2.2.8 Elektronisch geregelte Heizungspumpe

##### Kurzbeschreibung

Montage einer elektronisch geregelten Pumpe mit geringer Leistungsaufnahme. Da Umwälzpumpen sehr lange Laufzeiten aufweisen, sind vergleichsweise hohe Einsparpotenziale und eine schnelle Amortisation erreichbar.

##### *Daten der Heizungspumpe*

|                          |         |  |          |
|--------------------------|---------|--|----------|
| Versorgungsbereich       |         | Wärmeversorgung                                      |          |
| Heizkreis                |         | Heizkreis  |          |
| Pumpenmanagement         |         | integriert, außentemperaturgeführte Kesseltemperatur |          |
| Leistung der Pumpe       |         | 20,00  | W        |
| elektronisch geregelt    |         | J  |          |
| Überdimensionierung      |         | N  |          |
| Nutzungsdauer            |         | 15   | Jahre    |
| <b>Kosten</b>            |         |  |          |
| Kosten der Heizungspumpe | 1 Stck. | 455  | €        |
| <b>Summe</b>             |         | <b>455</b>   | <b>€</b> |

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten der Maßnahme:

|                 | <b>Anteil (100 %)<br/>Instandsetzung<sup>1)</sup></b> | <b>Anteil (0 %)<br/>Energieeffizienz<sup>2)</sup></b> | <b>Investition<sup>3)</sup></b> |
|-----------------|---|---|---------------------------------|
| Maßnahmenkosten | 455 €   | 0 €   | 455 €                           |

<sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.

<sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.

<sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

### 5.2.2.9 Heizleitungen alle dämmen

#### Kurzbeschreibung

Bei dieser Maßnahme wird vorgesehen, die Heizwärme verteilenden Rohre zu dämmen. Schlecht oder gar nicht wärmegeämmte Heizungsrohre strahlen viel Wärme ab, auch wenn die Heizungsvorlauftemperatur niedrig eingestellt ist. Auch Rohre, welche im beheizten Volumen verlegt sind, haben unkontrollierte Verluste. Die Rohrleitungsverluste lassen sich deutlich verringern, wenn eine Wärmedämmung entsprechend den Vorschriften des GEG oder besser ausgeführt wird. Auch für Pumpen, Absperrventile usw. gibt es Formstücke zur Wärmedämmung. Heizungsrohre sind nach GEG zu dämmen. Die Mindestdicke der Dämmstoffschicht entspricht etwa der Nennweite bei einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(mK). Ein Rohr mit 2 cm Durchmesser muss demnach mit einer 2 cm dicken Dämmung ummantelt sein. Dies betrifft auch die Befestigungspunkte, Wand- und Deckendurchführungen.



Aufnahmedatum: 1899-12-30

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten der Maßnahme:

|                 | Anteil (100 %) Instandsetzung <sup>1)</sup> | Anteil (0 %) Energieeffizienz <sup>2)</sup> | Investition <sup>3)</sup> |
|-----------------|---|---|---------------------------|
| Maßnahmenkosten | 1.084 €                                     | 0 €   | 1.084 €                   |

<sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.

<sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.

<sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

### 5.2.2.10 Standort des Wärmeerzeugers

#### Kurzbeschreibung

Hier wird festgelegt, wo der Wärmeerzeuger nach Ein- oder Umbau bzw. Erneuerung aufgestellt werden soll.

zentral - Aufstellung im unbeheizten Raum

wohnungszentral - Aufstellung im beheizten Raum

dezentral - Einzelaufstellung oder ausserhalb des Gebäudes

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten der Maßnahme:

|                 | Anteil (0 %) Instandsetzung <sup>1)</sup> | Anteil (100 %) Energieeffizienz <sup>2)</sup> | Investition <sup>3)</sup> |
|-----------------|---|---|---------------------------|
| Maßnahmenkosten | 0 €                                       | 0 €   | 0 €                       |

- <sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.
- <sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.
- <sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

### 5.2.2.11 Hydraulischer Abgleich

#### Kurzbeschreibung

Der hydraulische Abgleich beschreibt ein Verfahren, mit dem innerhalb einer Heizungsanlage jeder Heizkörper oder Heizkreis einer Flächenheizung bei einer festgelegten Vorlauftemperatur der Heizungsanlage genau mit der Wärmemenge versorgt wird, die benötigt wird, um die für die einzelnen Räume gewünschte Raumtemperatur zu erreichen.

Merkmale für einen fehlenden hydraulischen Abgleich

- Heizkörper werden nicht warm, da andere Anlagenteile übertersorgt sind (hydraulischer Kurzschluss)
- Heizkörperventile geben Geräusche ab, da der Differenzdruck im Ventil zu groß ist
- Heizkörperventile und Rohrleitungen geben Geräusche ab, da die Strömungsgeschwindigkeit zu groß ist.
- Heizkörperventile öffnen und schließen nicht bei der gewünschten Innentemperatur, ebenfalls wegen zu hoher Differenzdrücke im Ventil.
- Das Regelverhalten der Thermostatköpfe ist schlecht durch starkes "Überschwingen".
- Der Wirkungsgrad des Wärmeerzeugers verschlechtert sich, da die Anlage mit zu hohen Temperaturen und stark schwankenden Volumenströmen betrieben wird.
- Die Heizungsanlage wird mit zu hohen Temperaturen betrieben, um die Unterversorgung auf diesem Wege auszugleichen.
- Es werden Pumpen mit zu hoher Leistung eingesetzt, die sowohl in der Anschaffung als auch im Betrieb zu hohe Kosten verursachen.
- Die Vor-/Rücklauftemperaturen sind unnötig hoch. Insbesondere beim Einsatz moderner Brennwerttechnik oder bei Wärmepumpen und Anlagen mit solarer Heizungsunterstützung verschlechtert sich der Nutzungsgrad.

#### So geht es

Das wird durch genaue Planung, Überprüfung und Einstellung bei der Inbetriebnahme der Anlage erreicht. Auch ein nachträglicher hydraulischer Abgleich ist möglich, wenn die dafür erforderlichen Armaturen im Rohrnetz vorhanden sind (etwa voreinstellbare Thermostatventile oder Strangdifferenzdruckregler).

#### Zu beachten

Kostenkalkulation: Hydraulischer Abgleich für ein Ein-/Zweifamilienhaus.

#### Eigenschaften der Maßnahme

| Daten der Wärmeabgabe  |                                   |
|------------------------|-----------------------------------|
| Raumthermostat         | Thermostat mit 1° Schaltdifferenz |
| Heizkreistemperatur    | 55/45                             |
| hydraulischer Abgleich | J <sup>2)</sup>                   |
| Nutzungsdauer          | 30 Jahre                          |
| Kosten                 |                                   |
| Kosten der Anlage      | 390 €                             |
| <b>Summe</b>           | <b>390 €</b>                      |

<sup>1)</sup> Hierbei handelt es sich um eine individuelle Angabe. Berechnungen gemäß GEG 2020 (z.B. für die KfW) erfolgen unabhängig dazu mit Standardrandbedingungen.

<sup>2)</sup> Im Zuge der Modernisierung muss ein hydraulischer Abgleich vorgenommen sowie alle Pumpen und Regler in optimierten Einstell-Zustand gebracht werden!

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten der Maßnahme:

|                 | Anteil (100 %) Instandsetzung <sup>1)</sup> | Anteil (0 %) Energieeffizienz <sup>2)</sup> | Investition <sup>3)</sup> |
|-----------------|---|---|---------------------------|
| Maßnahmenkosten | 390 €                                       | 0 €   | 390 €                     |

- <sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.
- <sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.
- <sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

**5.2.2.12 Heizkreistemperatur absenken**

**Kurzbeschreibung**

Die Heizkreistemperatur wird abgesenkt auf 35/28°C. Das bedingt große Heizflächen, die entweder schon vorhanden sind (Überdimensionierung) oder geschaffen werden. Gegebenenfalls ist dies durch eine Flächenheizung (Fußboden-, Wand-, Deckenheizung) machbar.

**So geht es**

Große Heizflächen schaffen - das hängt von den Gegebenheiten vor Ort ab.

**Zu beachten**

Niedrige Vorlauftemperaturen haben nicht nur weniger Verteilverluste zur Folge, sondern sind für die Effizienz einiger Heiztechniken unerlässlich. Die Heizkreistemperatur hat maßgeblichen Einfluss auf die Effizienz insbesondere von Wärmepumpen.

**Eigenschaften der Maßnahme**

|                              |                                   |  |  |
|------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| <i>Daten der Wärmeabgabe</i> |                                   |  |  |
| Raumthermostat               | Thermostat mit 1° Schaltdifferenz |  |  |
| Heizkreistemperatur          | 35/28                             |  |  |
| hydraulischer Abgleich       | J <sup>2)</sup>                   |  |  |
| Nutzungsdauer                | 20 Jahre                          |  |  |
| <i>Kosten</i>                |                                   |  |  |
| Kosten der Anlage            | 715 €                             |  |  |
| <b>Summe</b>                 | <b>715 €</b>                      |  |  |

- <sup>1)</sup> Hierbei handelt es sich um eine individuelle Angabe. Berechnungen gemäß GEG 2020 (z.B. für die KfW) erfolgen unabhängig dazu mit Standardrandbedingungen.
- <sup>2)</sup> Im Zuge der Modernisierung muss ein hydraulischer Abgleich vorgenommen sowie alle Pumpen und Regler in optimierten Einstell-Zustand gebracht werden!

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten der Maßnahme:

|                 | Anteil (100 %) Instandsetzung <sup>1)</sup> | Anteil (0 %) Energieeffizienz <sup>2)</sup> | Investition <sup>3)</sup> |
|-----------------|---|---|---------------------------|
| Maßnahmenkosten | 715 €                                       | 0 €   | 715 €                     |

- <sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.
- <sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.
- <sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

**5.2.2.13 Baubegleitung**

**Kurzbeschreibung**

Hierbei handelt es sich um energetische Fachplanungs- und Baubegleitungsleistungen im Zusammenhang mit der Umsetzung der Maßnahmen. Dazu gehören u.a. Detailplanungen, Unterstützung bei der Ausschreibung und Angebotsüberwachung, Kontrolle der Bauausführung sowie Abnahme und Bewertung der Umsetzung der Maßnahmen. Diese Leistungen sind verpflichtend und durch einen Energieeffizienz-Experten aus der Liste der Deutschen Energie-Agentur (dena) zu erbringen, wenn die Maßnahmen durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) oder das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) gefördert werden. Mit Einführung der "Bundesförderung effiziente Gebäude" wurden zusätzliche Fördermöglichkeiten geschaffen. Details finden Sie im Abschnitt "Fördermöglichkeiten".

#### 5.2.2.14 Anschluss an Heizwärmebereiter

##### Kurzbeschreibung

Hierbei handelt es sich um die unmittelbare Verbindung zwischen Wärmeerzeuger und Warmwasserspeicher.

Die Trinkwassererwärmung erfolgt also über den Heiz-Wärmeerzeuger und somit fallen nur die Kosten für die zusätzlichen Leitungen an.

##### Eigenschaften der Maßnahme

| Daten der neuen Anlage |                                     |  |  |
|------------------------|-------------------------------------|--|--|
| Art der Bereitung      | Kombi-Erzeuger (Erzeuger für HZ+WW) |  |  |
| Versorgungsbereich     | Warmwasserversorgung                |  |  |
| Nutzungsdauer          | 30 Jahre                            |  |  |
| Kosten                 |                                     |  |  |
| Kosten der Anlage      | 652 €                               |  |  |
| Summe                  | 652 €                               |  |  |

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten der Maßnahme:

|                 | Anteil (100 %) Instandsetzung <sup>1)</sup> | Anteil (0 %) Energieeffizienz <sup>2)</sup> | Investition <sup>3)</sup> |
|-----------------|---|---|---------------------------|
| Maßnahmenkosten | 652 €                                       | 0 €   | 652 €                     |

<sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.

<sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.

<sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

#### 5.2.2.15 Wärmepumpe Erdreich/Wasser

##### Kurzbeschreibung

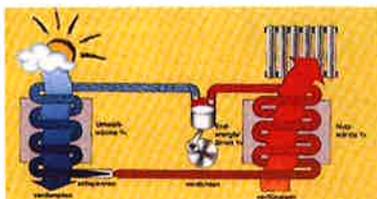
Eine Wärmepumpe entzieht der Umwelt Wärme (hier: Erdreich mittels Erdreichkollektor in mind. 1,20 m Tiefe oder einige Solebohrungen in tiefere Erdschichten), komprimiert sie unter Druck in einem Verdampfer-Verflüssiger-Kreislauf (umgekehrtes Kältschrank-Prinzip) und führt sie der Heizung und Brauchwassererwärmung zu. Bei der Erdreich/Wasser-Wärmepumpe sind erhebliche Erdbewegungen bzw. Erdbohrungen erforderlich, daher sind die Investitionskosten relativ hoch. Die erreichten Arbeitszahlen (Effektivität des eingesetzten Stroms) sind jedoch gut.

##### So geht es

Geologische Verhältnisse prüfen. Zulassungsfähigkeit prüfen (Landesämter für Geologie). Bohrfirma oder Komplettanbieter finden.

##### Zu beachten

Kostenkalkulation: Zentralgerät, Steuerung, Erdreichkollektor bzw. Sonden, Leitungen, Speicher. Zahlen basieren auf 2 Bohrungen zu je 80 m Tiefe. Ähnlich hoch wie diese Bohrungen sind die Kosten für einen Erdkollektor: Graben und Außenleitungen. Die Kosten für Solebohrungen und Erdarbeiten können in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen und dem Wärmebedarf stark differieren.



Aufnahmedatum: 1899-12-30

**Eigenschaften der Maßnahme**

| <i>Daten der neuen Anlage</i> |                                 |    |       |
|-------------------------------|---------------------------------|----|-------|
| Typ                           | Zentralheizung (im Unbeheizten) |    |       |
| genutzte Technik              | Wärmepumpe                      |    |       |
| Versorgungsbereich            | Wärmeversorgung                 |    |       |
| Energieträger                 | Nachtstrom                      |    |       |
| Leistung                      |                                 | 60 | kW    |
| Nutzungsdauer                 |                                 | 20 | Jahre |
| <i>Kosten</i>                 |                                 |    |       |
| Kosten der Anlage             | 20.000 €                        |    |       |
| zusätzliche Kosten einmalig   | 1.000 €                         |    |       |
| <b>Summe</b>                  | <b>21.000 €</b>                 |    |       |

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten der Maßnahme:

|                 | <b>Anteil (100 %)<br/>Instandsetzung<sup>1)</sup></b> | <b>Anteil (0 %)<br/>Energieeffizienz<sup>2)</sup></b> | <b>Investition<sup>3)</sup></b> |
|-----------------|---|---|---------------------------------|
| Maßnahmenkosten | 21.000 €  | 0 €   | 21.000 €                        |

<sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.

<sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.

<sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

**5.2.2.16 Brennwertheizung Erdgas****Kurzbeschreibung**

Ein Brennwertkessel nutzt neben der direkten Verbrennungswärme die Energie des in den Abgasen enthaltenen Wasserdampfs. Im integrierten Abgaswärmetauscher kondensiert Wasserdampf zu Wasser und gibt die Energie als Wärme ab. Der Brennwert ist bei Verwendung von Erdgas als Brennstoff ca. 11 % höher als der Heizwert.

**So geht es**

Wegen der niedrigen Abgastemperaturen von Brennwertgeräten entsteht nur geringer Kaminzug, die Rauchgase müssen durch ein Gebläse hinausbefördert werden.

**Kalkulationsansatz:**

Brennwertkessel incl. Montage, exklusive Demontage und Entsorgung Altanlagen.

Für den Einbau eines neuen Abgasrohrs werden Zusatzkosten von etwa 1.000 Euro veranschlagt.

Kostenkalkulation: Modulierbarer Kessel mit Brenner und Standardsteuerung, ohne Speicher und Abgasanlagen.

**Zu beachten**

Fossile Wärmeerzeuger sollten nur noch in Ausnahmefällen monovalent eingesetzt werden.

**Eigenschaften der Maßnahme**

| <i>Daten der neuen Anlage</i> |                                       |  |  |
|-------------------------------|---------------------------------------|--|--|
| Typ                           | Zentral-/Etagenheizung (im Beheizten) |  |  |
| genutzte Technik              | Brennwertgerät                        |  |  |

|                               |                 |  |          |
|-------------------------------|-----------------|--|----------|
| <b>Daten der neuen Anlage</b> |                 |  |          |
| Versorgungsbereich            | Wärmeversorgung |  |          |
| Energieträger                 | Erdgas H        |  |          |
| Leistung                      |                 |  | 30 kW    |
| Nutzungsdauer                 |                 |  | 20 Jahre |
| <b>Kosten</b>                 |                 |  |          |
| Kosten der Anlage             | 5.216 €         |  |          |
| zusätzliche Kosten einmalig   | 1.000 €         |  |          |
| <b>Summe</b>                  | <b>6.216 €</b>  |  |          |

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten der Maßnahme:

|                 | Anteil (0 %) Instandsetzung <sup>1)</sup> | Anteil (100 %) Energieeffizienz <sup>2)</sup> | Investition <sup>3)</sup> |
|-----------------|---|---|---------------------------|
| Maßnahmenkosten | 0 €                                       | 6.216 €                                       | 6.216 €                   |

<sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.

<sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.

<sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

### 5.2.2.17 Energetische Kennwerte der PV-Anlage(n)

#### PV-Anlage:

#### Energetische Kennwerte

| Monat        | Strom GEG 2020 [kWh]  |                           | Strom Heringen / Helme [kWh] |                              |             |
|--------------|-----------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|
|              | erzeugt <sup>1)</sup> | abzugsfähig <sup>2)</sup> | erzeugt <sup>3)</sup>        | selbst genutzt <sup>4)</sup> | eingespeist |
| Januar       | 589,8                 | 589,8                     | 626,4                        | 626,4                        | 0,0         |
| Februar      | 808,3                 | 808,3                     | 1.065,5                      | 1.065,5                      | 0,0         |
| März         | 1.972,9               | 1.972,9                   | 1.964,8                      | 1.964,8                      | 0,0         |
| April        | 3.720,1               | 1.065,7                   | 2.909,1                      | 2.909,1                      | 0,0         |
| Mai          | 4.494,9               | 822,3                     | 3.917,3                      | 3.917,3                      | 0,0         |
| Juni         | 4.743,6               | 822,2                     | 3.802,8                      | 3.802,8                      | 0,0         |
| Juli         | 4.271,2               | 822,2                     | 4.051,5                      | 4.051,5                      | 0,0         |
| August       | 3.661,0               | 822,2                     | 3.396,6                      | 3.396,6                      | 0,0         |
| September    | 2.499,7               | 822,4                     | 2.232,1                      | 2.232,1                      | 0,0         |
| Oktober      | 1.566,1               | 1.292,7                   | 1.435,9                      | 1.435,9                      | 0,0         |
| November     | 610,2                 | 610,2                     | 669,2                        | 669,2                        | 0,0         |
| Dezember     | 345,8                 | 345,8                     | 402,7                        | 402,7                        | 0,0         |
| <b>Summe</b> | <b>29.283,7</b>       | <b>10.796,6</b>           | <b>26.474,0</b>              | <b>26.474,0</b>              | <b>0,0</b>  |

<sup>1)</sup> erzeugter Strom (Berechnung gemäß GEG 2020) am Standort Potsdam

<sup>2)</sup> gemäß GEG 2020 § 23 kann selbst erzeugter Strom vom Endenergiebedarf abgezogen werden, wenn dieser gebäudenah erzeugt und überwiegend selbst genutzt wird, ist der Betrag geringer als der erzeugte Strom, so ist der Endenergiebedarf geringer als der erzeugte Strom

<sup>3)</sup> erzeugter Strom am Standort des Gebäudes (**99765 Heringen / Helme**); dieser kann in einigen Fällen geringer als der in Spalte "abzugsfähig" angegebene Anteil sein, wenn am Standort geringere Sonneneinträge zu erwarten sind als am Standort Potsdam

<sup>4)</sup> der Anteil des selbstgenutzten Stroms wird mit 100,00 % angenommen

### 5.2.3 Kostenstruktur im Überblick

Der folgende Abschnitt soll Ihnen einen Überblick über die Kosten, Investitionen, mögliche Förderungen und Einsparungen geben. Bei der Ermittlung der Kosten wurden Annahmen getroffen, die dargestellte Genauigkeit ist daher nicht realistisch. Es können weitere, hier nicht genannte Kosten, wie Planungskosten, Ausstattungskosten, Umbaukosten etc. hinzukommen.

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten, die Förderung und die verbleibenden Kosten:

|                                 | Anteil (84 %)<br>Instandsetzung <sup>1)</sup> | Anteil (16 %)<br>Energieeffizienz <sup>2)</sup> | Summe                     |
|---------------------------------|---|---|---------------------------|
| Maßnahmenkosten                 | 321.204 €                                     | 59.451 €  | 380.655 <sup>3)</sup> €   |
| - Förderbetrag                  |   | 1.573.950 €                                     | 1.573.950 <sup>4)</sup> € |
| = Verbl. Energieeffizienzkosten | 321.204 €                                     | -1.514.499 <sup>5)</sup> €                      | -1.193.295 €              |

<sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.

<sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.

<sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

<sup>4)</sup> Förderbetrag: Für energieeffiziente Maßnahmen stehen verschiedene Förderpakete zur Verfügung. Hierbei handelt es sich um Zinsvergünstigungen und Zuschüsse.

<sup>5)</sup> Verbleibende energiebedingte Mehrkosten: Kosten, welche unter Abzug des Förderbetrags verbleiben. Diese Kosten der energieeffizienzbedingten Mehraufwendungen werden für die Wirtschaftlichkeitsberechnung (Annuität) verwendet.

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Kosten der Maßnahmen:

| Maßnahme                                       | Kosten gesamt    |
|--|------------------|
| Luftdichtheit prüfen/herstellen                | 600 €            |
| Photovoltaik-Anlage                            | 47.075 €         |
| Wärmeerzeuger entfernen                        | 0 €              |
| Konstruktionstausch für "Wand - N" und weitere | 116.890 €        |
| Konstruktionstausch für "Flachdach"            | 60.000 €         |
| Fensteraustausch, 3-fach-Verglasung            | 120.018 €        |
| Pufferspeicher - (1000l)                       | 1.560 €          |
| Elektronisch geregelte Heizungspumpe           | 455 €            |
| Heizleitungen alle dämmen                      | 1.084 €          |
| Standort des Wärmeerzeugers                    | 0 €              |
| Hydraulischer Abgleich                         | 390 €            |
| Heizkreistemperatur absenken                   | 715 €            |
| Baubegleitung                                  | 4.000 €          |
| Anschluss an Heizwärmebereiter                 | 652 €            |
| Wärmepumpe Erdreich/Wasser                     | 21.000 €         |
| Brennwertheizung Erdgas                        | 6.216 €          |
| <b>Summe der Kosten:</b>                       | <b>380.655 €</b> |

## 5.2.4 Fördermöglichkeiten

### 5.2.4.1 Allgemeine Hinweise zu den Fördermöglichkeiten

Eine Übersicht zu den Fördermöglichkeiten des Bundes finden Sie im Abschnitt "Energetisches Sanierungskonzept, Fördermöglichkeiten des Bundes".

### 5.2.4.2 Erreichter Energieeffizienz-Standard

#### Bilanzierungsergebnisse mit normierten Randbedingungen

Die folgende Tabelle zeigt Ihnen die Bilanzierungsergebnisse des Gebäudes mit normierten Randbedingungen als Grundlage zur Beantragung von Fördermitteln beim Bund (KfW oder BAFA):

|   | Plan Sanierung | Referenz <sup>1)</sup> | Einheit                | Q <sub>P</sub> / Q <sub>P,REF</sub> |
|---|----------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Jahresprimärenergiebedarf Q <sub>P</sub> / Q <sub>P,REF</sub> | 15,65          | 39,95 <sup>2)</sup>    | kWh/(m <sup>2</sup> a) | 39 %                                |
| Transmissionswärmeverlust H <sub>T</sub>                      | 0,421          | 0,410                  | W/(m <sup>2</sup> K)   | 103 %                               |

<sup>1)</sup> Referenzgebäude gemäß GEG 2020

### Erreichter Effizienzhaus-Standard

Nach Durchführung der angestrebten Sanierung kann ein **Effizienzhaus 160 (Denkmal)** erreicht werden.

| Effizienzhaus  | Anforderungen an ein Effizienzhaus |       |       |       |        |            | erreicht <sup>4)</sup> |
|--|------------------------------------|-------|-------|-------|--------|------------|------------------------|
|  | EH 40                              | EH 55 | EH 70 | EH 85 | EH 100 | EH Denkmal |                        |
| Q <sub>P</sub> in % zu Q <sub>P, REF</sub> <sup>1)</sup> | 40                                 | 55    | 70    | 85    | 100    | 160        | 39                     |
| H <sub>T</sub> in % zu H <sub>T, REF</sub> <sup>2)</sup> | 55                                 | 70    | 85    | 100   | 115    | ---        | 103                    |
| EE-Klasse <sup>3)</sup> in %                             | 55                                 | 55    | 55    | 55    | 55     | 55         | 75                     |

<sup>1)</sup> Der Jahresprimärenergiebedarf Q<sub>P</sub> für ein Effizienzhaus darf im Verhältnis zum Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes (Q<sub>P, REF</sub>, errechnet für das Referenzgebäude gemäß GEG 2020 Anlage 1, ) den angegebenen prozentualen Maximalwert des geförderten Effizienzhaus-Standards nicht überschreiten.

Effizienzhaus-Standard: Q<sub>P</sub> in % von Q<sub>P, REF</sub>

<sup>2)</sup> Der Transmissionswärmeverlust H<sub>T</sub> für ein Effizienzhaus darf im Verhältnis zum Transmissionswärmeverlust des entsprechenden Referenzgebäudes (H<sub>T, REF</sub>) den angegebenen prozentualen Maximalwert des geförderten Effizienzhaus-Standards nicht überschreiten.

Effizienzhaus-Standard: H<sub>T</sub> in % von H<sub>T, REF</sub>

<sup>3)</sup> Eine „Effizienzhaus EE“-Klasse wird erreicht, wenn erneuerbare Energien einen Anteil von mindestens 55 % des für die Wärme- und Kälteversorgung des Gebäudes erforderlichen Energiebedarfs erbringen. Der Wärme-/Kälteerzeuger muss dabei *neu* eingebaut bzw. angeschlossen werden.

<sup>5)</sup> Erreichter Standard für das geplante Objekt.

|           |           |           |           |           |            |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| EH 40     | EH 55     | EH 70     | EH 85     | EH 100    | EH Denkmal |
| EE-Klasse | EE-Klasse | EE-Klasse | EE-Klasse | EE-Klasse | EE-Klasse  |

Bild: Erreichter Effizienzhaus-Standard

Die Berechnung erfolgte gemäß GEG 2020 Anlage 1 in Verbindung mit der DIN V 4701-10 / 4108-6.

#### 5.2.4.3 Übersicht über die Fördermöglichkeiten

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die ermittelten Fördermöglichkeiten:

| Förderprogramm              | Förderrelevante Kosten | Förderfähige Kosten | Geldwerter Vorteil |
|-----------------------------|------------------------|---------------------|--------------------|
| <b>KfW-Förderung</b>        |                        |                     |                    |
| KfW-Effizienzhaus 261       | 4.200.000              | 4.200.000           | 1.571.758 €        |
| Baubegleitung Effizienzhaus | 4.000                  | 4.000               | 2.193 €            |
| <b>BAFA-Förderung</b>       |                        |                     |                    |
| - / -                       |                        |                     |                    |
| <b>Steuerbonus</b>          |                        |                     |                    |
| - / -                       |                        |                     |                    |
| <b>Summe</b>                | <b>4.204.000</b>       | <b>4.204.000</b>    | <b>1.573.950 €</b> |

Angaben ohne Gewähr!

In den folgenden Abschnitten werden die Fördermöglichkeiten aufgeführt.

#### 5.2.4.4 BEG WG: Effizienzhaus

| BEG WG: Effizienzhaus - KfW - Darlehen (Programmnummer 261)   |  |           |       |
|---|--|-----------|-------|
| <b>Wirtschaftliche Kenndaten</b>                              |  |           |       |
| <b>Kreditkonditionen</b>                                      |  |           |       |
| Laufzeit  |  | 10        | Jahre |
| Tilgungsfreie Anlaufzeit                                      |  | 2         | Jahre |
| Zinsbindung   |  | 10        | Jahre |
| KfW-Zinssatz  |  | 2,83      | %     |
| <b>Kosten</b>   |  |           |       |
| Maximal förderfähige Kosten <sup>1)</sup>                     |  | 4.200.000 | €     |
| - Förderfähige Kosten vorige Sanierungsschritte <sup>2)</sup> |  | 0         | €     |

| <b>BEG WG: Effizienzhaus - KfW - Darlehen (Programmnummer 261)</b> |   |           |          |
|--|---|-----------|----------|
| -  | Im aktuellen Sanierungsschritt bereits verwendet <sup>3)</sup>        | 0         | €        |
| =  | Mögliche förderfähige Kosten dieses Sanierungsschrittes <sup>4)</sup> | 4.200.000 | €        |
|  | Förderrelevante Kosten <sup>5)</sup>                                  | 4.200.000 | €        |
| <b>Ergebnis</b>  |   |           |          |
|  | Förderfähige Kosten <sup>6)</sup>                                     | 4.200.000 | €        |
|  | Tilgungszuschuss <sup>7)</sup>  | 1.050.000 | € 25,0 % |
| +  | Zuschuss-Bonus <sup>8)</sup>  | 420.000   | € 10,0 % |
| +  | Zinsvorteil <sup>9)</sup>   | 101.761   | €        |
| =  | Geldwerter Vorteil <sup>10)</sup>                                     | 1.571.758 | €        |

<sup>1)</sup> Die Höhe der maximal förderfähigen Kosten finden Sie in der grafischen Übersicht im Abschnitt "Allgemeine Erläuterungen zu den Fördermöglichkeiten"

<sup>2)</sup> Die Inanspruchnahme der Förderung kann auf mehrere Sanierungsschritte verteilt werden. Die bereits erhaltenen Förderungen sind deshalb zu berücksichtigen.

<sup>3)</sup> In dem aktuellen Sanierungsschritt wurden ggf. förderfähige Kosten aus anderen Maßnahmen berücksichtigt.

<sup>4)</sup> Die in diesem Sanierungsschritt maximal förderfähigen Kosten.

<sup>5)</sup> Summe der Kosten der förderfähigen Maßnahmen.

<sup>6)</sup> Verbleibende förderfähige Investition in diesem Sanierungsschritt.

<sup>7)</sup> Der Tilgungszuschuss reduziert den zurückzuzahlenden Kreditbetrag und verkürzt somit die Laufzeit.

<sup>8)</sup> Es kann ein zusätzlicher Zuschuss-Bonus gewährt werden für:

- Erstellen eines individuellen Sanierungsfahrplans

- Erreichen der Effizienzhaus EE-Klasse (Erneuerbare Energien Anteil mindestens 55 %)

<sup>9)</sup> Der Zinsvorteil ergibt sich aus dem günstigeren Kredit bei der KfW gegenüber einem Standard-Kredit.

<sup>10)</sup> Der geldwerte Vorteil ist die Summe aus den Zuschüssen (Tilgung und ggf. Bonus) sowie dem Zinsvorteil und entspricht der möglichen Förderung.

#### 5.2.4.5 BEG WG: Baubegleitung Effizienzhaus

| <b>BEG WG: Baubegleitung Effizienzhaus - KfW - Darlehen (Programmnummer 261)</b> |   |        |          |
|--|---|--------|----------|
| <b>Wirtschaftliche Kenndaten</b>   |   |        |          |
| <b>Kreditkonditionen</b>   |   |        |          |
|  | Laufzeit  | 10     | Jahre    |
|  | Tilgungsfreie Anlaufzeit  | 2      | Jahre    |
|  | Zinsbindung   | 10     | Jahre    |
|  | KfW-Zinssatz  | 2,83   | %        |
| <b>Kosten</b>  |   |        |          |
|  | Maximal förderfähige Kosten <sup>1)</sup>                             | 40.000 | €        |
| -  | Förderfähige Kosten vorige Sanierungsschritte <sup>2)</sup>           | 0      | €        |
| -  | Im aktuellen Sanierungsschritt bereits verwendet <sup>3)</sup>        | 0      | €        |
| =  | Mögliche förderfähige Kosten dieses Sanierungsschrittes <sup>4)</sup> | 40.000 | €        |
|  | Förderrelevante Kosten <sup>5)</sup>                                  | 4.000  | €        |
| <b>Ergebnis</b>  |   |        |          |
|  | Förderfähige Kosten <sup>6)</sup>                                     | 4.000  | €        |
|  | Tilgungszuschuss <sup>7)</sup>  | 2.000  | € 50,0 % |
| +  | Zinsvorteil <sup>9)</sup>   | 193    | €        |
| =  | Geldwerter Vorteil <sup>10)</sup>                                     | 2.193  | €        |

<sup>1)</sup> Die Höhe der maximal förderfähigen Kosten finden Sie in der grafischen Übersicht im Abschnitt "Allgemeine Erläuterungen zu den Fördermöglichkeiten"

<sup>2)</sup> Die Inanspruchnahme der Förderung kann auf mehrere Sanierungsschritte verteilt werden. Die bereits erhaltenen Förderungen sind deshalb zu berücksichtigen.

<sup>3)</sup> In dem aktuellen Sanierungsschritt wurden ggf. förderfähige Kosten aus anderen Maßnahmen berücksichtigt.

<sup>4)</sup> Die in diesem Sanierungsschritt maximal förderfähigen Kosten.

<sup>5)</sup> Summe der Kosten der förderfähigen Maßnahmen.

<sup>6)</sup> Verbleibende förderfähige Investition in diesem Sanierungsschritt.

<sup>7)</sup> Der Tilgungszuschuss reduziert den zurückzuzahlenden Kreditbetrag und verkürzt somit die Laufzeit.

<sup>9)</sup> Der Zinsvorteil ergibt sich aus dem günstigeren Kredit bei der KfW gegenüber einem Standard-Kredit.

<sup>10)</sup> Der geldwerte Vorteil ist die Summe aus den Zuschüssen (Tilgung und ggf. Bonus) sowie dem Zinsvorteil und entspricht der möglichen Förderung.



## 5.2.4.6 Daten zur Übergabe an den Fördergeldgeber

| KfW-relevante Daten zur Übergabe an die KfW                              |         |                             |
|--|---------|-----------------------------|
| <b>Gebäudedaten</b>  |         |                             |
| Denkmalschutz  |         | ja                          |
| Gemischte Nutzung  |         | nein                        |
| Baujahr des Gebäudes   |         | 1890                        |
| Jahr der Sanierung   |         | 0                           |
| Gebäudevolumen $V_e$   | 9.587,3 | m <sup>3</sup>              |
| Umfassungsfläche A   | 2.463,8 | m <sup>2</sup>              |
| Gebäudenutzfläche $A_N$  | 3.067,9 | m <sup>2</sup>              |
| Fensterfläche $A_W$  | 252,7   | m <sup>2</sup>              |
| Außentürfläche $A_W$   | 0,0     | m <sup>2</sup>              |
| Gebäudetyp   |         | freistehend                 |
| Anzahl der Wohneinheiten   |         | 28                          |
| Wärmebrückenzuschlag   | 0,100   | W/(m <sup>2</sup> K)        |
| mittlere Raumsolltemperatur  | 22,5    | °C                          |
| <b>Energetische Kennwerte<sup>1)</sup></b>                               |         |                             |
| Erreichter Effizienzgebäudestandard                                      |         | Effizienzhaus 160 (Denkmal) |
| Jahresprimärenergiebedarf $Q_P$  | 15,65   | kWh/(m <sup>2</sup> a)      |
| Jahresprimärenergiebedarf Referenzgebäude $Q_{P,ref}$                    | 39,95   | kWh/(m <sup>2</sup> a)      |
| Jahresprimärenergiebedarf Anforderung $Q_{P,max}$ (gem. GEG 2020)        | 55,93   | kWh/(m <sup>2</sup> a)      |
| Transmissionswärmeverlust $H'_T$   | 0,421   | W/(m <sup>2</sup> K)        |
| Transmissionswärmeverlust Referenzgebäude $H'_{T,ref}$                   | 0,410   | W/(m <sup>2</sup> K)        |
| Transmissionswärmeverlust Anforderung $H'_{T,max}$ (gem. GEG 2020)       | 0,700   | W/(m <sup>2</sup> K)        |
| Anteil solarthermische Heizungsunterstützung                             | 0,0     | %                           |
| Anteil erneuerbare Energien für Wärme- und Kälteversorgung <sup>2)</sup> | 75,3    | %                           |
| - Geothermie / Umweltwärme   | 66,8    | %                           |
| - Photovoltaik / Wind  | 8,5     | %                           |
| <b>Einsparungen<sup>3)</sup></b>   |         |                             |
| Primärenergiebedarf  | 80.366  | kWh/Jahr                    |
| Endenergiebedarf   | 608.066 | kWh/Jahr                    |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen  | -369    | kg/Jahr                     |

<sup>1)</sup> Die Berechnungen der energetischen Kennwerte sowie der Einsparungen erfolgten auf der Grundlage des in den "Technischen Mindestanforderungen" beschriebenen Vorgehens.

<sup>2)</sup> Die Berechnungen der Anteile der erneuerbaren Energien erfolgt nach den Richtlinien der BEG i.V.m. den "Technischen Mindestanforderungen".

<sup>3)</sup> Hierbei handelt es sich um die Einsparungen gegenüber dem Ist-Zustand (Berechnung mit normierten Randbedingungen gemäß GEG 2020).

## 6 Betrachtung weiterer Maßnahmenpakete

Nachfolgend sollen weitere Maßnahmenpakete energetisch und wirtschaftlich vorgestellt werden. Hierbei handelt es sich *nicht* um einen Sanierungsfahrplan, sondern um die Betrachtung einzelner Maßnahmenpakete.

### 6.1 Maßnahmenpaket: Ergänzung

#### 6.1.1 Das Maßnahmenpaket im Überblick

##### 6.1.1.1 Allgemeines

Das Maßnahmenpaket betrachtet folgende Maßnahmentearten:



Schema der empfohlenen Maßnahmen

Empfohlener Zeitraum: 2022

##### 6.1.1.2 Energetische Kennwerte, Wirtschaftlichkeit und Umwelteigenschaften im Überblick

Bei der Betrachtung dieses Maßnahmenpaketes wurde angenommen, dass eine Sanierung (siehe Vorschläge) bereits durchgeführt wurde.

|   | Vorschläge    | Ergänzung           | Einheit                          | Einsparung     |
|---|---------------|---------------------|----------------------------------|----------------|
| <i>energetisch</i>  |               |                     |                                  |                |
| Primärenergiebedarf <sup>1)</sup> / pro m <sup>2</sup>        | 51.390 / 17,9 | 25.570 / 8,9        | [kWh/a] / [kWh/m <sup>2</sup> a] | 50,2 %         |
| Endenergiebedarf <sup>1)</sup> / pro m <sup>2</sup>           | 39.756 / 13,8 | <b>20.072</b> / 7,0 | [kWh/a] / [kWh/m <sup>2</sup> a] | 49,5 %         |
| Heizlast  | 96,8          | 67,5                | [kW]                             |                |
| Jahresnutzungsgrad  | 4,886         | 6,116               |                                  |                |
| <i>wirtschaftlich</i>   |               |                     |                                  |                |
| Energiekosten <sup>2)</sup> pro Jahr / pro m <sup>2</sup>     | 3.235 / 1,13  | <b>-466</b> / -0,16 | [€/a] / [€/m <sup>2</sup> a]     | <b>114,4 %</b> |
| Investitionskosten gesamt (inkl. vorige Sanierungsschritte)   |               | 390.383             | [€]                              |                |
| Investitionskosten <sup>3)</sup> (dieses Sanierungsschrittes) |               | <b>9.728</b>        | [€]                              |                |
| - Instandsetzungskosten <sup>4)</sup>                         |               | 0                   | [€]                              |                |
| = energiebedingte Mehrkosten <sup>5)</sup>                    |               | <b>9.728</b>        | [€]                              |                |
| - Förderung <sup>6)</sup>                                     |               | 1.384               | [€]                              |                |
| = Verbleibende energiebedingte Mehrkosten <sup>7)</sup>       |               | <b>8.344</b>        | [€]                              |                |
| Amortisation <sup>8)</sup>                                    |               | <b>3</b>            | [Jahre]                          |                |
| mittlere Rendite  |               | 8,79                | [%]                              |                |
| Kapitalwert <sup>9)</sup>                                     |               | 72.761              | [€]                              |                |
| <i>Emissionen</i>   |               |                     |                                  |                |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen                                   | 4,5           | <b>2,2</b>          | [kg/m <sup>2</sup> a]            | 50,8 %         |
| SO <sub>2</sub> -Emissionen                                   | 2,0           | 0,9                 | [g/m <sup>2</sup> a]             | 54,1 %         |
| NO <sub>2</sub> -Emissionen                                   | 3,5           | 1,7                 | [g/m <sup>2</sup> a]             | 51,3 %         |
| Staub   | 0,2           | 0,1                 | [g/m <sup>2</sup> a]             | 53,0 %         |

<sup>1)</sup> Die Berechnungen erfolgten mit individuellen Randbedingungen.

<sup>2)</sup> Die verwendeten Energieträgerpreise finden Sie im Abschnitt "Wirtschaftliche Betrachtung der Maßnahmenpakete".

<sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

<sup>4)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.

- <sup>5)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.
- <sup>6)</sup> Förderbetrag: Für energieeffiziente Maßnahmen stehen verschiedene Förderpakete zur Verfügung. Hierbei handelt es sich um Zinsvergünstigungen und Zuschüsse.
- <sup>7)</sup> Verbleibende energiebedingte Mehrkosten: Kosten, welche unter Abzug des Förderbetrags verbleiben. Diese Kosten der energieeffizienzbedingten Mehraufwendungen werden für die Wirtschaftlichkeitsberechnung (Annuität) verwendet.
- <sup>8)</sup> Amortisation: Zeit, in welcher die verbleibenden Kosten wieder zurückgeflossen sind. Ein Maßnahmenpaket hat sich amortisiert, wenn die Zeit kleiner als die Nutzungsdauer der sanierten/erneuerten Bauteile/Anlagenteile ist.
- <sup>9)</sup> Kapitalwert: Investitionen und Einsparungen werden über 30 Jahre mit dem Kalkulationszins zurückgezinst auf den Anfangszeitpunkt. Je größer der Kapitalwert, desto rentabler das Maßnahmenpaket.

### 6.1.1.3 Bilanzierungsergebnisse mit individuellen Randbedingungen

#### Energiebedarf des Gebäudes mit individuellen Randbedingungen

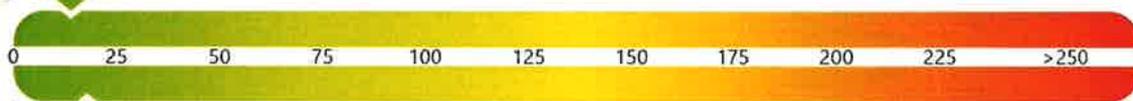
Das folgende Bild zeigt Ihnen den Endenergiebedarf (einzukaufende Energie) sowie den Primärenergiebedarf vor und nach Durchführung der Maßnahme(n) in Bezug zum vorangegangenen Maßnahmenpaket:

© ENVISYS - IWU/LEG individuell

#### Endenergiebedarf des Gebäudes

gebäude für Gebäude  
ERT JETZT

7  
/m<sup>2</sup>a)      14  
kWh/m<sup>2</sup>a)



9  
kWh/m<sup>2</sup>a)      18  
kWh/m<sup>2</sup>a)

Gebäude Ihr Gebäude  
NIERT JETZT

#### Primärenergiebedarf des Gebäudes

## 6.1.2 Beschreibung der Maßnahmen

### 6.1.2.1 TWW-Solarspeicher groß - (1000 l)

#### Kurzbeschreibung

Hierbei handelt es sich um einen TWW-Speicher zur Kopplung an eine Solaranlage. Dieser Speicher kompensiert das schwankende Solarwärmeangebot. Es sind mehrere Wärmetauscher integriert (Solar + Nachheizung durch Heiz-Wärmeerzeuger). Größere Speicher können größere Warmwassermengen und Schwankungsbreiten bedienen.

#### Eigenschaften der Maßnahme

##### Daten des Warmwasserspeichers

|                          |                      |                         |
|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| Versorgungsbereich       | Warmwasserversorgung |                         |
| Volumen des Speichers    |                      | 1.000 Liter             |
| U-Wert der Speicherhülle |                      | 0,20 W/m <sup>2</sup> K |
| Temperatur Aufstellraum  |                      | 15,0 °C                 |
| Nutzungsdauer            |                      | 30 Jahre                |

##### Kosten

|                      |                |
|----------------------|----------------|
| Kosten des Speichers | 2.608 €        |
| <b>Summe</b>         | <b>2.608 €</b> |

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten der Maßnahme:

|                 | Anteil (0 %) Instandsetzung <sup>1)</sup> | Anteil (100 %) Energieeffizienz <sup>2)</sup> | Investition <sup>3)</sup> |
|-----------------|---|---|---------------------------|
| Maßnahmenkosten | 0 €                                       | 2.608 €                                       | 2.608 €                   |

- <sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.
- <sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.
- <sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

### 6.1.2.2 Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

#### Kurzbeschreibung

Es handelt sich hierbei um ein zentral aufgestelltes Be- und Entlüftungsgerät und zugehörigem Kanalsystem sowie Zu- und Abluftöffnungen in den Räumen. Mit diesen Anlagen ist eine definierte Dosierung der Luftmenge möglich. Die verbrauchte Luft wird in so genannten Ablufträumen (Küche, Sanitärräume) abgesaugt und über einen Wärmetauscher nach außen geleitet. Der Abluft wird im Wärmetauscher die enthaltene Wärme entzogen und der frischen Zuluft zugeführt, ohne dass es dabei zur Vermengung von Frischluft und Abluft kommt.

#### So geht es

Die Zuluft kann nach dem Austritt aus dem Wärmetauscher zusätzlich mit einem nachgeschalteten Luftherhitzer auf die gewünschte Zulufttemperatur nachgeheizt werden. Weiterhin wird die Zuluft gefiltert und gereinigt (ein Vorteil für Allergiker). In den Aufenthaltsräumen wird die so erwärmte Zuluft mittels (Weitwurf-) Düsen frei von Zugluft eingebracht. Durch den Einbau von Telefonie-Schalldämpfern ist mit Geräuschproblemen nicht zu rechnen.

#### Zu beachten

Die Planung einer solchen Anlage muss durch Fachleute erfolgen. Das Gebäude sollte sehr luftdicht sein, damit die Anlage effizient arbeiten kann.

Die Kostenkalkulation berücksichtigt die Planung, das Zentralgerät, die Leitungen, Strom sparende Gleichstromventilatoren, Filter, und Düsen für eine Nutzungseinheit mit bis zu 8 Räumen.

#### Eigenschaften der Maßnahme

| Daten der Lüftungsanlage       |                                 |                            |                 |
|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-----------------|
| Art der Anlage                 |                                 | Lüftung mit WRG (o.WP)     |                 |
| Anteil der Luftversorgung      |                                 | 100                        | %               |
| Luftwechsel <sup>1)</sup>      |                                 | 0,40                       | h <sup>-1</sup> |
| Luftdichtheitstest             |                                 | ja                         |                 |
| Luftwechsel n50                |                                 | 2                          | h <sup>-1</sup> |
| Wärmerückgewinnung             |                                 | 75                         | %               |
| Leckage                        |                                 | 4,90                       | %               |
| <b>Ventilatoren:</b>           |                                 |                            |                 |
| Betriebsart                    | ganzjährig mit                  | 0                          | h/Jahr          |
| Gleichstrom                    | mit einer Leistungsaufnahme von | 30                         | W               |
| Bedarfsregelung                |                                 | nicht bedarfsgeführt       |                 |
| ERP-Label                      |                                 | ohne Angabe                |                 |
| <b>Verteilung</b>              |                                 |                            |                 |
| Luftauslässe                   | in Außenwand                    | elektrische Luftvorwärmung |                 |
| Regelung                       | Einzelraumregelung PI-Regler    |                            |                 |
| Länge der Rohre im Beheizten   |                                 | 409                        | m               |
| Länge der Rohre im Unbeheizten |                                 | 0                          | m               |
| <b>Wärmeerzeugung</b>          |                                 |                            |                 |
| Heizregister                   | nein                            |                            |                 |
| maximale Zulufttemperatur      |                                 | 0                          | °C              |
| Nutzungsdauer                  |                                 | 25                         | Jahre           |
| <b>Kosten</b>                  |                                 |                            |                 |

| Daten der Lüftungsanlage |  |              |          |
|--------------------------|--|--------------|----------|
| Kosten der Anlage        |  | 6.520        | €        |
| <b>Summe</b>             |  | <b>6.520</b> | <b>€</b> |

<sup>1)</sup> Hierbei handelt es sich um eine individuelle Angabe. Berechnungen gemäß GEG 2020 (z.B. für die KfW) erfolgen unabhängig dazu mit Standardrandbedingungen.

**Hinweis:** Eine Lüftungsanlage muss einreguliert sein und mindestens in der Lage sein, die in DIN 1946 - 6 genannten planmäßigen Außenluftvolumenströme (Lüftung zum Feuchteschutz) für das Gebäude beziehungsweise für mindestens sämtliche Nutzungseinheiten sicher zu stellen. Die jeweiligen Anforderungen an die spezifische elektrische Leistungsaufnahme von Ventilatoren und an den Wärmebereitstellungsgrad von Lüftungsanlagen werden gleichwertig erfüllt, wenn die Lüftungsanlage einen spezifischen Energieverbrauch von  $SEV \leq 26 \text{ kWh} / (\text{m}^2 \text{ a})$  gemäß Ökodesign-Richtlinie aufweist.

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten der Maßnahme:

|                 | Anteil (0 %)<br>Instandsetzung <sup>1)</sup> | Anteil (100 %)<br>Energieeffizienz <sup>2)</sup> | Investition <sup>3)</sup> |
|-----------------|--|--|---------------------------|
| Maßnahmenkosten | 0 €  | 6.520 €  | 6.520 €                   |

<sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.

<sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.

<sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

### 6.1.2.3 Luftdichtheit prüfen/herstellen

#### Kurzbeschreibung

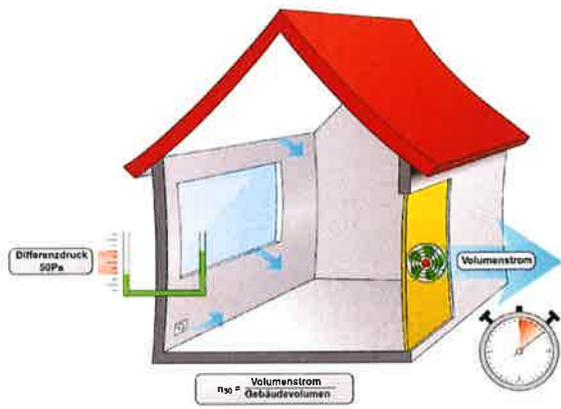
Erläuterung:

Mit dem Differenzdruck-Messverfahren (auch: Luftdichtheitsmessung) wird die Luftdichtheit eines Gebäudes gemessen. Das Verfahren dient dazu, Leckagen in der Gebäudehülle aufzuspüren und die Luftwechselrate zu bestimmen.

#### So geht es

Durch die Druckdifferenzen wird eine konstante Windlast auf das zu messende Gebäude simuliert. Bei der Messung geht es um zwei Ziele. Erstens darf die Luftmenge, die der Ventilator fördert und die durch unvermeidliche Fugen usw. entweicht, höchstens 3,0 mal in der Stunde die Luft im Gebäude austauschen (Vorgabe durch das Gebäudeenergiegesetz, bei Gebäuden mit Lüftungsanlagen höchstens 1,5 mal) und zweitens sollen bei der Messung auch die Fehlstellen lokalisiert und dokumentiert werden, damit diese beseitigt werden können. Es nützt also nichts, eine Luftdichtheitsmessung durchzuführen, dann festzustellen, dass die Norm nicht eingehalten wird (keine Erstellung des Zertifikates möglich) ohne eine genaue Ortung der Leckstellen vorzunehmen. Die letzte Forderung ist nicht direkt Gesetz, sondern gehört zu den allgemein anerkannten Regeln der Technik, auf deren Einhaltung der Bauherr auch ohne besondere Vereinbarung Anspruch hat.

Deshalb müssen Fehlstellen rechtzeitig erkannt und beseitigt werden.



Aufnahmedatum: 1899-12-30

### Eigenschaften der Maßnahme

Es wird eine Luftdichtheitsmessung durchgeführt. Es soll eine Luftdichtheit von  $2 \text{ h}^{-1}$  bei  $50 \text{ Pa}$  Druckdifferenz erreicht werden. Diese Maßnahme ermöglicht eine Prüfung der Dichtheit des Gebäudes und wird gemäß GEG 2020-Berechnung berücksichtigt.

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten der Maßnahme:

|                 | Anteil (0 %) Instandsetzung <sup>1)</sup> | Anteil (100 %) Energieeffizienz <sup>2)</sup> | Investition <sup>3)</sup> |
|-----------------|---|---|---------------------------|
| Maßnahmenkosten | 0 €                                       | 600 €   | 600 €                     |

- <sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.
- <sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.
- <sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

### 6.1.3 Kostenstruktur im Überblick

Der folgende Abschnitt soll Ihnen einen Überblick über die Kosten, Investitionen, mögliche Förderungen und Einsparungen geben. Bei der Ermittlung der Kosten wurden Annahmen getroffen, die dargestellte Genauigkeit ist daher nicht realistisch. Es können weitere, hier nicht genannte Kosten, wie Planungskosten, Ausstattungskosten, Umbaukosten etc. hinzukommen.

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionskosten, die Förderung und die verbleibenden Kosten:

|                                 | Anteil (0 %) Instandsetzung <sup>1)</sup> | Anteil (100 %) Energieeffizienz <sup>2)</sup> | Summe                 |
|---------------------------------|---|---|-----------------------|
| Maßnahmenkosten                 | 0 €                                       | 9.728 €                                       | 9.728 <sup>3)</sup> € |
| - Förderbetrag                  |   | 1.384 €                                       | 1.384 <sup>4)</sup> € |
| = Verbl. Energieeffizienzkosten | 0 €                                       | <b>8.344<sup>5)</sup> €</b>                   | 8.344 €               |

- <sup>1)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.
- <sup>2)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.
- <sup>3)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).
- <sup>4)</sup> Förderbetrag: Für energieeffiziente Maßnahmen stehen verschiedene Förderpakete zur Verfügung. Hierbei handelt es sich um Zinsvergünstigungen und Zuschüsse.

<sup>5)</sup> Verbleibende energiebedingte Mehrkosten: Kosten, welche unter Abzug des Förderbetrags verbleiben. Diese Kosten der energieeffizienzbedingten Mehraufwendungen werden für die Wirtschaftlichkeitsberechnung (Annuität) verwendet.

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Kosten der Maßnahmen:

| Maßnahme                              | Kosten gesamt  |
|---------------------------------------|----------------|
| TWW-Solarspeicher groß - (1000 l)     | 2.608 €        |
| Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung | 6.520 €        |
| Luftdichtheit prüfen/herstellen       | 600 €          |
| <b>Summe der Kosten:</b>              | <b>9.728 €</b> |

## 6.1.4 Fördermöglichkeiten

### 6.1.4.1 Allgemeine Hinweise zu den Fördermöglichkeiten

Eine Übersicht zu den Fördermöglichkeiten des Bundes finden Sie im Abschnitt "Energetisches Sanierungskonzept, Fördermöglichkeiten des Bundes".

### 6.1.4.2 Erreichter Energieeffizienz-Standard

#### Bilanzierungsergebnisse mit normierten Randbedingungen

Die folgende Tabelle zeigt Ihnen die Bilanzierungsergebnisse des Gebäudes mit normierten Randbedingungen als Grundlage zur Beantragung von Fördermitteln beim Bund (KfW oder BAFA):

|   | Plan Sanierung | Referenz <sup>1)</sup> | Einheit                | Q <sub>P</sub> / Q <sub>P,REF</sub> |
|---|----------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Jahresprimärenergiebedarf Q <sub>P</sub> / Q <sub>P,REF</sub> | 7,79           | 41,95 <sup>2)</sup>    | kWh/(m <sup>2</sup> a) | 19 %                                |
| Transmissionswärmeverlust H <sub>T</sub>                      | 0,421          | 0,410                  | W/(m <sup>2</sup> K)   | 103 %                               |

<sup>1)</sup> Referenzgebäude gemäß GEG 2020

#### Erreichter Effizienzhaus-Standard

Nach Durchführung der angestrebten Sanierung kann kein Effizienzhaus-Standard erreicht werden.

### 6.1.4.3 Übersicht über die Fördermöglichkeiten

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die ermittelten Fördermöglichkeiten:

| Förderprogramm        | Förderrelevante Kosten | Förderfähige Kosten | Geldwerter Vorteil |
|-----------------------|------------------------|---------------------|--------------------|
| <i>KfW-Förderung</i>  |                        |                     |                    |
| Anlagentechnik        | 7.120                  | 7.120               | 1.384 €            |
| <i>BAFA-Förderung</i> |                        |                     |                    |
| <i>Steuerbonus</i>    |                        |                     |                    |
| - / -                 |                        |                     |                    |
| <b>Summe</b>          | <b>7.120</b>           | <b>7.120</b>        | <b>1.384 €</b>     |

Angaben ohne Gewähr!

In den folgenden Abschnitten werden die Fördermöglichkeiten aufgeführt.

### 6.1.4.4 BEG EM: Anlagentechnik

| BEG EM: Anlagentechnik - KfW - Darlehen (Programmnummer 262) |  |      |       |
|--|--|------|-------|
| <i>Förderfähige Maßnahmen</i>                                |  |      |       |
| Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung                        |  |      |       |
| Luftdichtheit prüfen/herstellen                              |  |      |       |
| <i>Wirtschaftliche Kenndaten</i>                             |  |      |       |
| <i>Kreditkonditionen</i>                                     |  |      |       |
| Laufzeit   |  | 10   | Jahre |
| Tilgungsfreie Anlaufzeit                                     |  | 2    | Jahre |
| Zinsbindung  |  | 10   | Jahre |
| KfW-Zinssatz   |  | 2,83 | %     |

| <b>BEG EM: Anlagentechnik - KfW - Darlehen (Programmnummer 262)</b>     |             |        |  |
|---|-------------|--------|--|
| <b>Kosten</b>   |             |        |  |
| Maximal förderfähige Kosten <sup>1)</sup>                               | 1.680.000 € |        |  |
| - Förderfähige Kosten vorige Sanierungsschritte <sup>2)</sup>           | 0 €         |        |  |
| - Im aktuellen Sanierungsschritt bereits verwendet <sup>3)</sup>        | 0 €         |        |  |
| = Mögliche förderfähige Kosten dieses Sanierungsschrittes <sup>4)</sup> | 1.680.000 € |        |  |
| Förderrelevante Kosten <sup>5)</sup>                                    | 7.120 €     |        |  |
| <b>Ergebnis</b>   |             |        |  |
| Förderfähige Kosten <sup>6)</sup>                                       | 7.120 €     |        |  |
| Tilgungszuschuss <sup>7)</sup>  | 1.424 €     | 20,0 % |  |
| + Zuschuss-Bonus <sup>8)</sup>  | 0 €         | 0,0 %  |  |
| + Zinsvorteil <sup>9)</sup>   | -40 €       |        |  |
| = Geldwerter Vorteil <sup>10)</sup>                                     | 1.384 €     |        |  |

<sup>1)</sup> Die Höhe der maximal förderfähigen Kosten finden Sie in der grafischen Übersicht im Abschnitt "Allgemeine Erläuterungen zu den Fördermöglichkeiten"

<sup>2)</sup> Die Inanspruchnahme der Förderung kann auf mehrere Sanierungsschritte verteilt werden. Die bereits erhaltenen Förderungen sind deshalb zu berücksichtigen.

<sup>3)</sup> In dem aktuellen Sanierungsschritt wurden ggf. förderfähige Kosten aus anderen Maßnahmen berücksichtigt.

<sup>4)</sup> Die in diesem Sanierungsschritt maximal förderfähigen Kosten.

<sup>5)</sup> Summe der Kosten der förderfähigen Maßnahmen.

<sup>6)</sup> Verbleibende förderfähige Investition in diesem Sanierungsschritt.

<sup>7)</sup> Der Tilgungszuschuss reduziert den zurückzuzahlenden Kreditbetrag und verkürzt somit die Laufzeit.

<sup>8)</sup> Ein zusätzlicher Zuschuss-Bonus ist nicht möglich.

<sup>9)</sup> Der Zinsvorteil ergibt sich aus dem günstigeren Kredit bei der KfW gegenüber einem Standard-Kredit.

<sup>10)</sup> Der geldwerte Vorteil ist die Summe aus den Zuschüssen (Tilgung und ggf. Bonus) sowie dem Zinsvorteil und entspricht der möglichen Förderung.

### 6.1.4.5 Daten zur Übergabe an den Fördergeldgeber

| KfW-relevante Daten zur Übergabe an die KfW                              |  |                              |
|--|--|------------------------------|
| <i>Gebäudedaten</i>  |  |                              |
| Denkmalschutz  |  | ja                           |
| Gemischte Nutzung  |  | nein                         |
| Baujahr des Gebäudes   |  | 1890                         |
| Jahr der Sanierung   |  | 0                            |
| Gebäudevolumen $V_e$   |  | 9.587,3 m <sup>3</sup>       |
| Umfassungsfläche A   |  | 2.463,8 m <sup>2</sup>       |
| Gebäudenutzfläche $A_N$  |  | 3.067,9 m <sup>2</sup>       |
| Fensterfläche $A_W$  |  | 252,7 m <sup>2</sup>         |
| Außentürfläche $A_{W'}$  |  | 0,0 m <sup>2</sup>           |
| Gebäudetyp   |  | freistehend                  |
| Anzahl der Wohneinheiten   |  | 28                           |
| Wärmebrückenzuschlag   |  | 0,100 W/(m <sup>2</sup> K)   |
| mittlere Raumsolltemperatur  |  | 22,5 °C                      |
| <i>Energetische Kennwerte<sup>1)</sup></i>                               |  |                              |
| Erreichter Effizienzgebäudestandard                                      |  | keine KfW-Förderung          |
| Jahresprimärenergiebedarf $Q_P$  |  | 7,79 kWh/(m <sup>2</sup> a)  |
| Jahresprimärenergiebedarf Referenzgebäude $Q_{P,ref}$                    |  | 41,95 kWh/(m <sup>2</sup> a) |
| Jahresprimärenergiebedarf Anforderung $Q_{P,max}$ (gem. GEG 2020)        |  | 58,73 kWh/(m <sup>2</sup> a) |
| Transmissionswärmeverlust $H'_T$   |  | 0,421 W/(m <sup>2</sup> K)   |
| Transmissionswärmeverlust Referenzgebäude $H'_{T,ref}$                   |  | 0,410 W/(m <sup>2</sup> K)   |
| Transmissionswärmeverlust Anforderung $H'_{T,max}$ (gem. GEG 2020)       |  | 0,700 W/(m <sup>2</sup> K)   |
| Anteil solarthermische Heizungsunterstützung                             |  | 0,0 %                        |
| Anteil erneuerbare Energien für Wärme- und Kälteversorgung <sup>2)</sup> |  | 83,6 %                       |
| - Geothermie / Umweltwärme   |  | 70,0 %                       |
| - Photovoltaik / Wind  |  | 13,6 %                       |
| <i>Einsparungen<sup>3)</sup></i>   |  |                              |
| Primärenergiebedarf  |  | 24.116 kWh/Jahr              |
| Endenergiebedarf   |  | 17.097 kWh/Jahr              |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen  |  | 6.531 kg/Jahr                |

<sup>1)</sup> Die Berechnungen der energetischen Kennwerte sowie der Einsparungen erfolgten auf der Grundlage des in den "Technischen Mindestanforderungen" beschriebenen Vorgehens.

<sup>2)</sup> Die Berechnungen der Anteile der erneuerbaren Energien erfolgt nach den Richtlinien der BEG i.V.m. den "Technischen Mindestanforderungen".

<sup>3)</sup> Hierbei handelt es sich um die Einsparungen gegenüber der Vorgängervariante (Berechnung mit normierten Randbedingungen gemäß GEG 2020).

## 6.2 Wirtschaftliche Betrachtung der Maßnahmenpakete

Die folgende Tabelle gibt Ihnen einen Überblick über die Investitionen aufgeschlüsselt in Instandsetzungs- und Energieeffizienzkosten, mögliche Förderungen, jährliche Energiekosteneinsparungen sowie Amortisationszeiten der Maßnahmenpakete. Die genannten Investitionen entsprechen nicht den Vollkosten. Es können weitere, hier nicht genannte Kosten, wie Planungskosten, Ausstattungskosten, Umbaukosten etc. hinzukommen. Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit dienen die Energiekosteneinsparung, die Energieeffizienzkosten sowie aktuelle Zinsen/Inflationen als Grundlage.

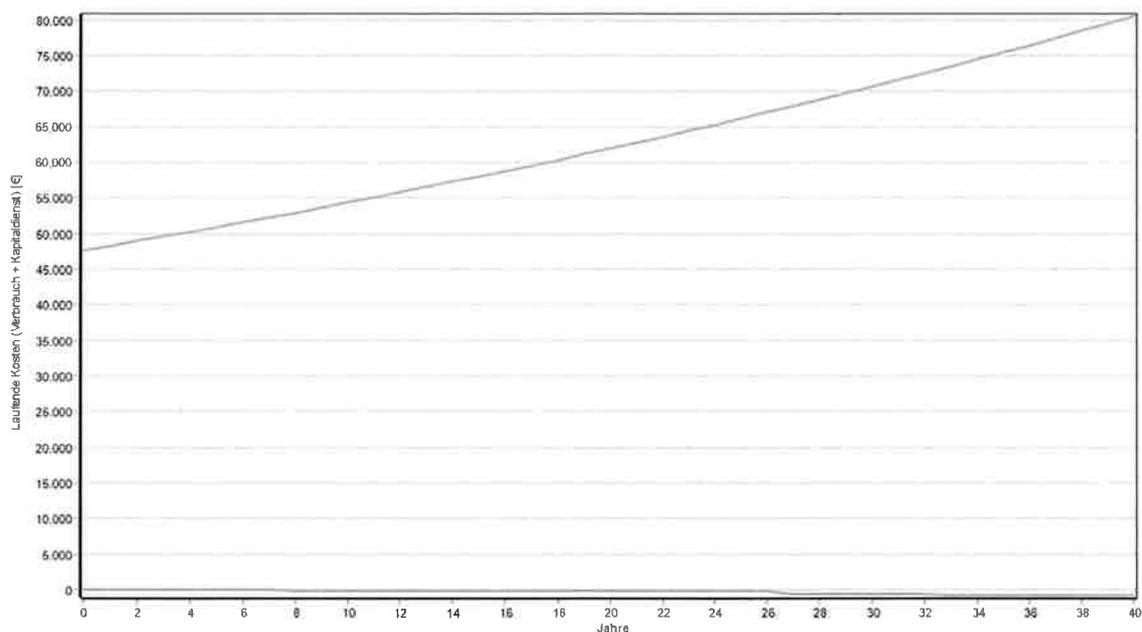
| Maßnahmenpaket | Investition <sup>1)</sup> | Instand <sup>2)</sup> | Effizienz <sup>3)</sup> | Förder <sup>4)</sup> | Verbleib <sup>5)</sup> | Sparen <sup>6)</sup> | Amort <sup>7)</sup> |
|----------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|---------------------|
|                | [€]                       | [€]                   | [€]                     | [€]                  | [€]                    | [€/Jahr]             | [Jahre]             |
| Vorschläge     | 380.655                   | 321.204               | 59.451                  | 1.573.950            | -1.514.499             | 44.454               | 1                   |
| Ergänzung      | 9.728                     | 0                     | 9.728                   | 1.384                | 8.344                  | 3.701                | 3                   |

- 1) Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).
- 2) Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.
- 3) energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.
- 4) Förderbetrag: Für energieeffiziente Maßnahmen stehen verschiedene Förderpakete zur Verfügung. Hierbei handelt es sich um Zinsvergünstigungen und Zuschüsse.
- 5) Verbleibende energiebedingte Mehrkosten: Kosten, welche unter Abzug des Förderbetrags verbleiben. Diese Kosten der energieeffizienzbedingten Mehraufwendungen werden für die Wirtschaftlichkeitsberechnung (Annuität) verwendet.
- 6) Jährliche Energiekosteneinsparung: Ersparte Kosten durch geringeren Energiebedarf und/oder dem Wechsel zu einem anderen Energieträger. Die Berechnung erfolgt mit individuellen Nutzungsrandbedingungen (DIN V 4701-10 / 4108-6).
- 7) Amortisation: Zeit, in welcher die verbleibenden Kosten wieder zurückgeflossen sind. Ein Maßnahmenpaket hat sich amortisiert, wenn die Zeit kleiner als die Nutzungsdauer der sanierten/erneuerten Bauteile/Anlagenteile ist.

Für die wirtschaftliche Betrachtung wurden folgende Kriterien angenommen:

| <b>Randbedingungen</b>                |      |            |
|---------------------------------------|------|------------|
| Betrachtungszeitraum                  | 30   | Jahre      |
| Kalkulationszins                      | 2,3  | % pro Jahr |
| Inflation                             | 1,8  | %          |
| <b>Energiepreisteigerungen:</b>       |      |            |
| Strom                                 | 1,3  | % pro Jahr |
| Erdgas H                              | 1,3  | % pro Jahr |
| Heizöl EL                             | 1,3  | % pro Jahr |
| Holz                                  | 1,3  | % pro Jahr |
| Nachtstrom                            | 1,3  | % pro Jahr |
| <b>Verwendete Energieträgerpreise</b> |      |            |
| Strom                                 | 0,28 | €/kWh      |
| Erdgas H                              | 0,08 | €/kWh      |
| Heizöl EL                             | 0,09 | €/kWh      |
| Holz                                  | 0,07 | €/kWh      |
| Nachtstrom                            | 0,20 | €/kWh      |

In der folgenden Grafik wird die Entwicklung der Energiekosten der Maßnahmenpakete gezeigt:



-- Ist-Zustand -- Ergänzung

## 7 Vergleich der Maßnahmenpakete

### 7.1 Vergleich der Maßnahmenpakete - Sanierungsfahrplan

Nachfolgend werden die vorgeschlagenen Energieeinsparmaßnahmen (Maßnahmenpakete) nach verschiedenen Gesichtspunkten untereinander verglichen.

#### 7.1.1 Energetische Betrachtung der Maßnahmenpakete

Die energetische Verbesserung der Maßnahmenpakete wurde einerseits anhand der Endenergie (Energiekennzahl) und andererseits der Primärenergie betrachtet. Die Energiekennzahlen bezogen auf den m<sup>2</sup> Wohn- bzw. Nutzfläche dienen vorrangig zum Vergleich mit anderen Gebäuden gleicher Nutzung. Hierbei handelt es sich um die Bedarfsdeckung für Heizen, Kühlen, Lüften und Trinkwarmwasserbereitung (bei Nichtwohngebäuden auch Beleuchtung).

Bei der Primärenergie wurden zusätzlich die Verluste bei der Herstellung, der Umwandlung und dem Transport der verwendeten Energie mit einbezogen. siehe auch Abschnitt "Gesetze und Normen" Der Transmissionswärmeverlust bezieht die Energie, welche durch die Gebäudehülle verloren geht.

Die folgende Tabelle zeigt Ihnen eine Auswahl an energetischen Kennzahlen

| Maßnahmenpaket | EKZ <sup>1)</sup><br>[kWh/m <sup>2</sup> a] | Primärenergiebedarf <sup>2)</sup><br>[kWh/m <sup>2</sup> a] |      | Trans.wärmeverlust <sup>3)</sup><br>[W/m <sup>2</sup> K] |      | KfW EH <sup>4)</sup><br>erreicht |
|----------------|---|---|------|--|------|----------------------------------|
|                |   | erreicht  | Anf. | erreicht   | Anf. |                                  |
| Ist-Zustand    | 251   | 41,8  | 55,9 | 2,08   | 0,70 | -/-                              |
| Vorschläge     | 14  | 13,8  | 55,9 | 0,42   | 0,70 | KfW-EH 160 (Denkmal)             |

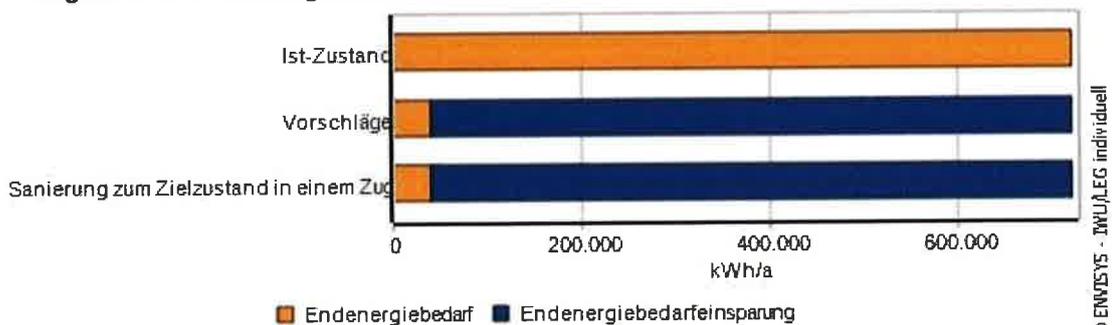
<sup>1)</sup> Energiekennzahl (Endenergiebedarf), berechnet mit individuellen Randbedingungen

<sup>2)</sup> Anforderung Bestandsgebäude, berechnet gemäß GEG 2020 (normierte Randbedingungen)

<sup>3)</sup> Transmissionswärmeverlust, Anforderung Bestandsgebäude, berechnet gemäß GEG 2020 (normierte Randbedingungen)

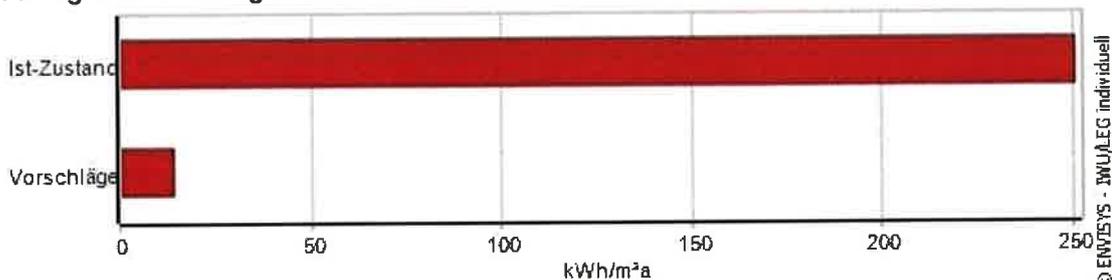
<sup>4)</sup> Erreichter KfW-Energieeffizienzhaus-Standard (die KfW fördert Energieeffizienzhäuser)

#### Endenergiebedarf / Endenergiebedarfs einsparung

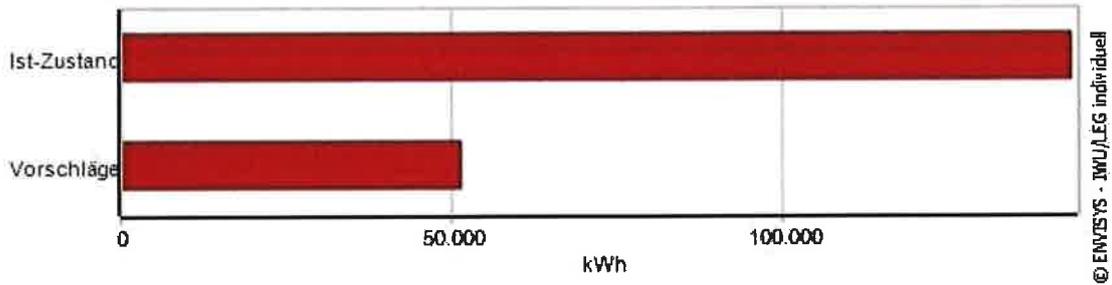


Die Berechnung erfolgte mit individuellen Randbedingungen.

#### Endenergiebedarf bezogen auf m<sup>2</sup>



**Primärenergiebedarf absolut**



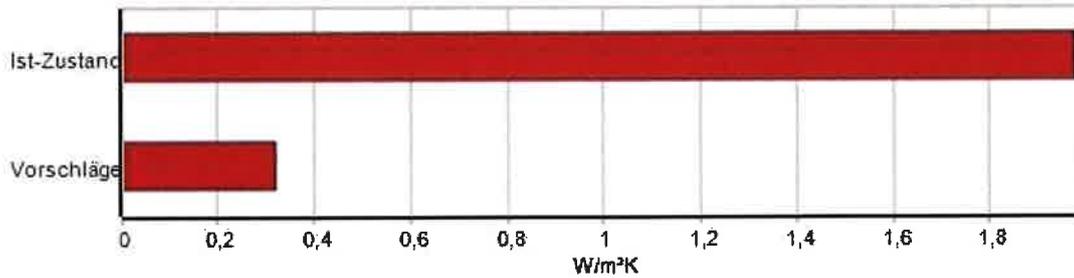
© ENVTSYS - IWU/LEG individuell

**7.1.2 Vergleich der technischen Verbesserung der Gebäudehülle  
mittlere U-Werte nach Bauteilkategorie**

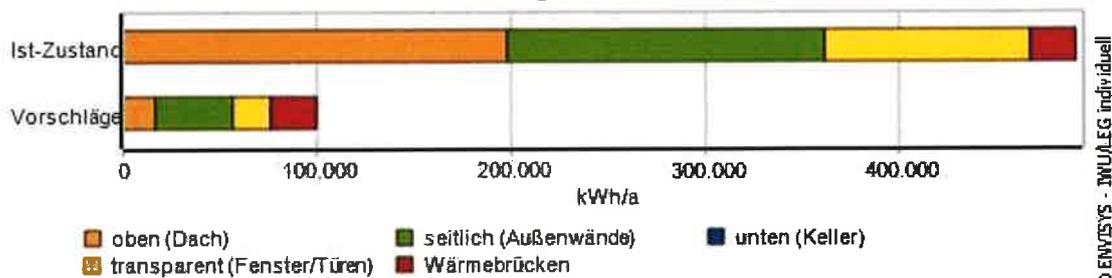
|                                       | Gesamthülle | Dach      | Wand    | Keller    | Fenster/Türen |
|---------------------------------------|-------------|-----------|---------|-----------|---------------|
|                                       | [W/m²K]     | [W/m²K]   | [W/m²K] | [W/m²K]   | [W/m²K]       |
| Ist-Zustand                           | 1,98        | 2,75      | 1,17    | 0,00      | 4,40          |
| GEG 2020 <sup>1)</sup>                |             | 0,20/0,24 | 0,24    | 0,24/0,30 | 1,30/1,30     |
| KfW-Anforderung <sup>2)</sup>         |             | 0,14      | 0,20    | 0,20/0,25 | 0,95/1,00     |
| Stand der Technik (PH <sup>3)</sup> ) |             | 0,10      | 0,10    | 0,10      | 0,80          |
| Vorschläge                            | 0,32        | 0,23      | 0,28    | 0,00      | 0,80          |

<sup>1)</sup> GEG 2020 Anlage 7, Auszug  
<sup>2)</sup> Kreditanstalt für Wiederaufbau, Technische Mindestanforderungen, Tabelle, Auszug  
<sup>3)</sup> PH = Passivhaus

**U-Werte bezogen auf die Gesamthülle der Sanierungsvarianten im Vergleich**



**Transmissionsverluste der Gebäudehülle bezogen auf m²**

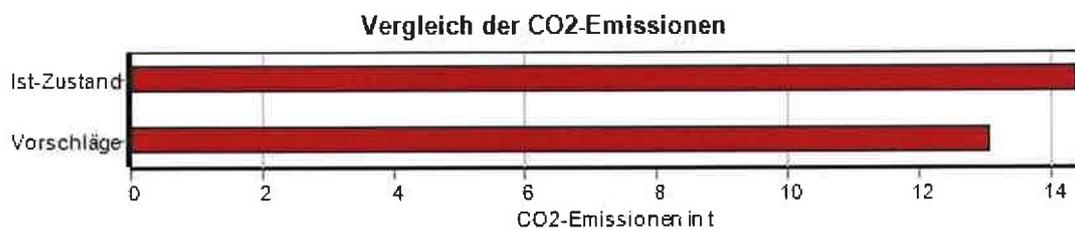
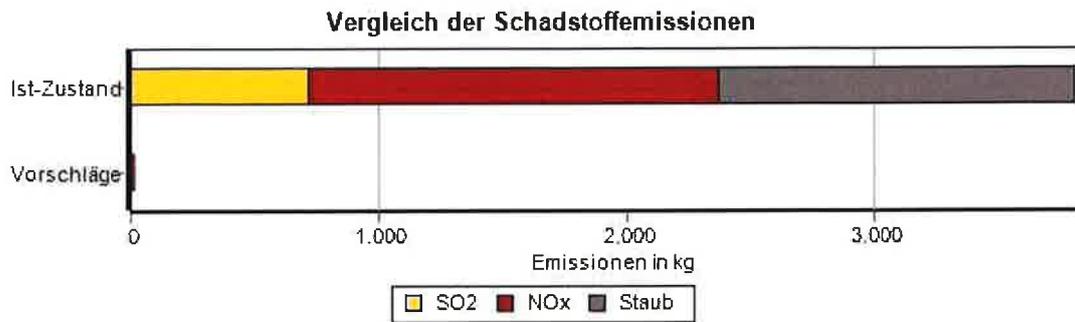


© ENVTSYS - IWU/LEG individuell

**7.1.3 Emissionen der Maßnahmenpakete**

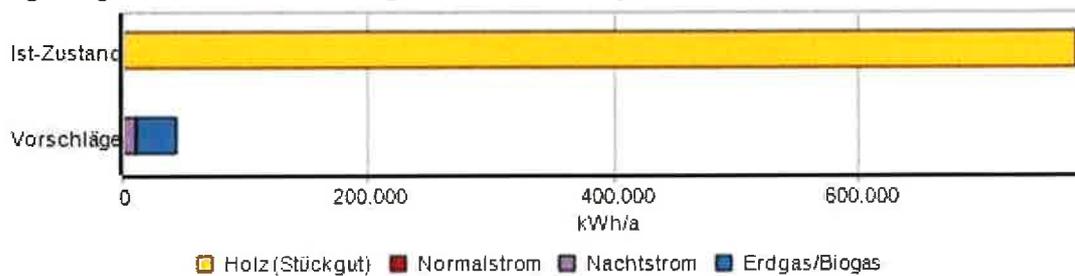
Der Schadstoffausstoß (Emissionen) von CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> und Staub belastet unsere Umwelt.

## Umwelt (Emissionen)



### 7.1.4 Energieträgereinsatz im Ist-Zustand und in den Maßnahmenpaketen

#### Energieträgereinsatz der Sanierungsvarianten im Vergleich zum Ist-Zustand



© ENWISYS - IMU/LEG individuell

## 7.2 Vergleich der weiteren Maßnahmenpakete

### 7.2.1 Kenndaten der weiteren Maßnahmenpakete

Die folgende Tabelle zeigt die relevanten Kenndaten der Maßnahmenpakete.

|   | Energiebedarf <sup>1)</sup> |                        | Einsparung <sup>2)</sup>      |                              | Einsparung <sup>3)</sup> |
|---|-----------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|
|   | [kWh/a]                     | [kWh/m <sup>2</sup> a] | [kWh/a]                       | [%/a]                        | [kWh/30a]                |
| <i>energetisch</i>                        |                             |                        |                               |                              |                          |
| Ist-Zustand                               | 719.302                     | 250,6                  | ./.                           | ./.                          | ./.                      |
| Ergänzung                                 | 20.072                      | 7,0                    | 19.683                        | 49,5                         | 590.498                  |
| <i>wirtschaftlich</i>                     | Investition <sup>4)</sup>   | Instand <sup>5)</sup>  | EffizienzKosten <sup>6)</sup> | Verbl. EffizK. <sup>7)</sup> | Einsparung <sup>8)</sup> |
|   | [€]                         | [€]                    | [€]                           | [€/a]                        | [€/a]                    |
| Ist-Zustand                               | ./.                         | ./.                    | ./.                           | ./.                          | ./.                      |
| Ergänzung                                 | 9.728                       | 0                      | 9.728                         | 8.344                        | 3.701                    |
| <i>Umwelt (Emissionen)</i>                | SO <sub>2</sub>             | NO <sub>x</sub>        | Staub                         | CO <sub>2</sub>              | CO <sub>2</sub> -Einsp.  |
|   | [g/a]                       | [g/a]                  | [g/a]                         | [kg/a]                       | [%]                      |
| Ist-Zustand                               | 719.302                     | 1.654.394              | 1.438.603                     | 14.386                       | ./.                      |
| Ergänzung                                 | 2.644                       | 4.907                  | 325                           | 6.413                        | 55,4                     |
| <i>Gebäudehülle (U-Wert)<sup>9)</sup></i> | Gesamt                      | Dach                   | Wand                          | Keller                       | Fenster                  |
|   | [W/m <sup>2</sup> K]        | [W/m <sup>2</sup> K]   | [W/m <sup>2</sup> K]          | [W/m <sup>2</sup> K]         | [W/m <sup>2</sup> K]     |
| Ist-Zustand                               | 1,98                        | 2,75                   | 1,17                          | 0,00                         | 4,40                     |

| energetisch | Energiebedarf <sup>1)</sup> |      | Einsparung <sup>2)</sup> |      | Einsparung <sup>3)</sup> |
|-------------|-----------------------------|------|--------------------------|------|--------------------------|
| Ergänzung   | 0,32                        | 0,23 | 0,28                     | 0,00 | 0,80                     |

<sup>1)</sup> Energiebedarf im Jahr bzw. pro m<sup>2</sup> beheizter Fläche: Hierbei handelt es sich um die Energie, welche eingekauft werden muss.

<sup>2)</sup> Einsparung an Energie pro Jahr

<sup>3)</sup> Einsparung an Energie über einen Zeitraum von 30 Jahren

<sup>4)</sup> Investitionskosten: Summe aus den Instandsetzungskosten und energieeffizienzbedingte Mehrkosten ohne Abzüge (für die Umsetzung des Sanierungsschrittes erforderliches Kapital).

<sup>5)</sup> Instandsetzungskosten (Sowieso- oder Ohnehin-Kosten, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Wiederherstellung bzw. Aufrechterhaltung der technischen Funktion des Bau- oder Anlagenteils aufgewendet werden. Hierzu gehören auch die Kosten, die zur Einhaltung gemäß GEG 2020 anfallen.

<sup>6)</sup> energiebedingte Mehrkosten (Mehrkosten zum Erreichen der Energieeffizienz, einschließlich Baunebenkosten): Kosten, die zur Erhöhung der Energieeffizienz sowie für die notwendigen Anpassungs- und Umbaumaßnahmen aufgewendet werden.

<sup>7)</sup> Verbleibende energiebedingte Mehrkosten: Kosten, welche unter Abzug des Förderbetrags verbleiben. Diese Kosten der energieeffizienzbedingten Mehraufwendungen werden für die Wirtschaftlichkeitsberechnung (Annuität) verwendet.

<sup>8)</sup> Jährliche Energiekosteneinsparung: Ersparte Kosten durch geringeren Energiebedarf und/oder dem Wechsel zu einem anderen Energieträger. Die Berechnung erfolgt mit individuellen Nutzungsrandbedingungen (DIN V 4701-10 / 4108-6).

<sup>9)</sup> U-Wert: Qualität der Gebäudehülle, je geringer der Wert, desto weniger Energie geht über die Bauteile verloren.

## 7.2.2 Energetische Betrachtung der Maßnahmenpakete

Die energetische Verbesserung der Maßnahmenpakete wurde einerseits anhand der Endenergie (Energiekennzahl) und andererseits der Primärenergie betrachtet. Die Energiekennzahlen bezogen auf den m<sup>2</sup> Wohn- bzw. Nutzfläche dienen vorrangig zum Vergleich mit anderen Gebäuden gleicher Nutzung. Hierbei handelt es sich um die Bedarfsdeckung für Heizen, Kühlen, Lüften und Trinkwarmwasserbereitung (bei Nichtwohngebäuden auch Beleuchtung).

Bei der Primärenergie wurden zusätzlich die Verluste bei der Herstellung, der Umwandlung und dem Transport der verwendeten Energie mit einbezogen. siehe auch Abschnitt "Gesetze und Normen" Der Transmissionswärmeverlust bezieht die Energie, welche durch die Gebäudehülle verloren geht.

Die folgende Tabelle zeigt Ihnen eine Auswahl an energetischen Kennzahlen

| Maßnahmenpaket | EKZ <sup>1)</sup><br>[kWh/m <sup>2</sup> a] | Primärenergiebedarf <sup>2)</sup><br>[kWh/m <sup>2</sup> a] |      | Trans.wärmeverlust <sup>3)</sup><br>[W/m <sup>2</sup> K] |      | KfW EH <sup>4)</sup><br>erreicht |
|----------------|---|---|------|--|------|----------------------------------|
|                |   | erreicht  | Anf. | erreicht   | Anf. |                                  |
| Ist-Zustand    | 251   | 41,8  | 55,9 | 2,08   | 0,70 | -/-                              |
| Ergänzung      | 7   | 7,6   | 58,7 | 0,42   | 0,70 | KfW-EH 160<br>(Denkmal)          |

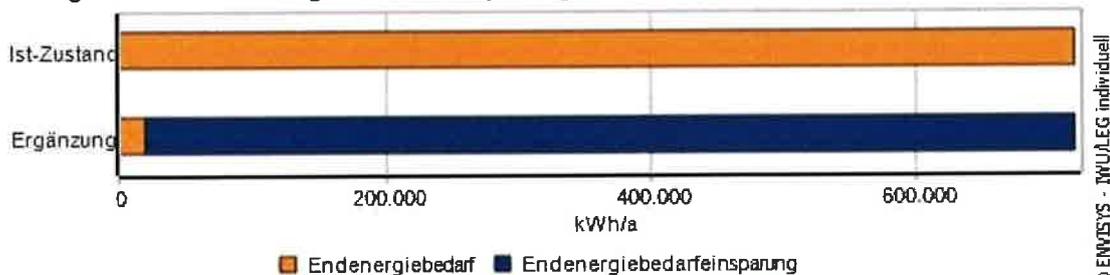
<sup>1)</sup> Energiekennzahl (Endenergiebedarf), berechnet mit individuellen Randbedingungen

<sup>2)</sup> Anforderung Bestandsgebäude, berechnet gemäß GEG 2020 (normierte Randbedingungen)

<sup>3)</sup> Transmissionswärmeverlust, Anforderung Bestandsgebäude, berechnet gemäß GEG 2020 (normierte Randbedingungen)

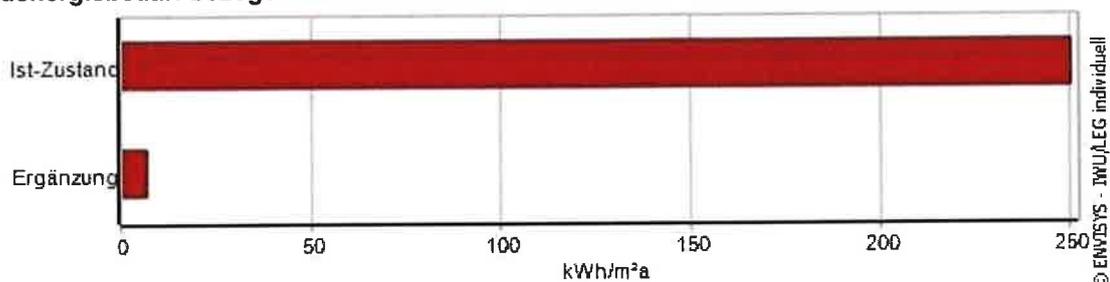
<sup>4)</sup> Erreichter KfW-Energieeffizienzhaus-Standard (die KfW fördert Energieeffizienzhäuser)

## Endenergiebedarf / Endenergiebedarfsersparung

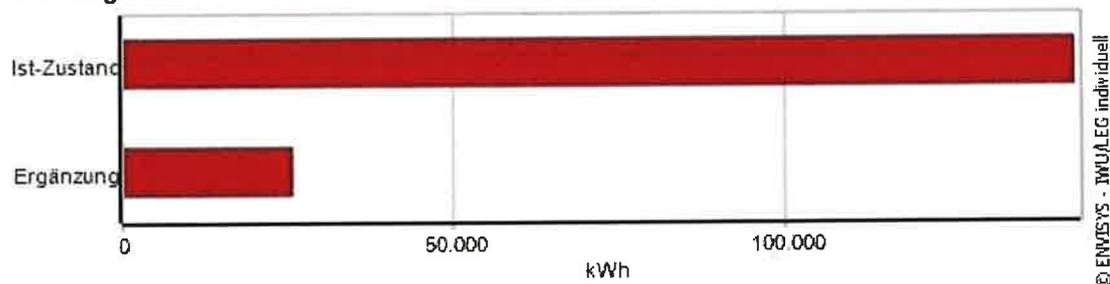


Die Berechnung erfolgte mit individuellen Randbedingungen.

### Endenergiebedarf bezogen auf m<sup>2</sup>



### Primärenergiebedarf absolut



## 7.2.3 Vergleich der technischen Verbesserung der Gebäudehülle

### mittlere U-Werte nach Bauteilkategorie

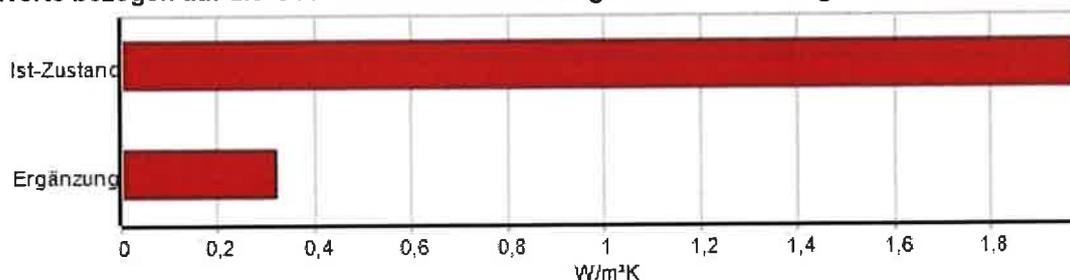
|                                       | Gesamthülle | Dach      | Wand    | Keller    | Fenster/Türen |
|---------------------------------------|-------------|-----------|---------|-----------|---------------|
|                                       | [W/m²K]     | [W/m²K]   | [W/m²K] | [W/m²K]   | [W/m²K]       |
| Ist-Zustand                           | 1,98        | 2,75      | 1,17    | 0,00      | 4,40          |
| GEG 2020 <sup>1)</sup>                |             | 0,20/0,24 | 0,24    | 0,24/0,30 | 1,30/1,30     |
| KfW-Anforderung <sup>2)</sup>         |             | 0,14      | 0,20    | 0,20/0,25 | 0,95/1,00     |
| Stand der Technik (PH <sup>3)</sup> ) |             | 0,10      | 0,10    | 0,10      | 0,80          |
| Ergänzung                             | 0,32        | 0,23      | 0,28    | 0,00      | 0,80          |

<sup>1)</sup> GEG 2020 Anlage 7, Auszug

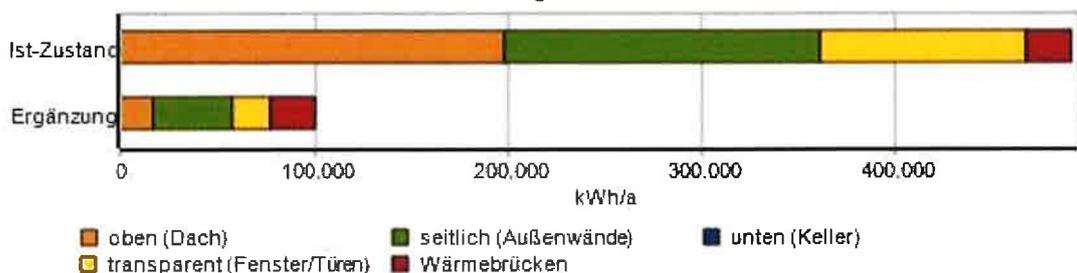
<sup>2)</sup> Kreditanstalt für Wiederaufbau, Technische Mindestanforderungen, Tabelle, Auszug

<sup>3)</sup> PH = Passivhaus

### U-Werte bezogen auf die Gesamthülle der Sanierungsvarianten im Vergleich



**Transmissionsverluste der Gebäudehülle bezogen auf m<sup>2</sup>**



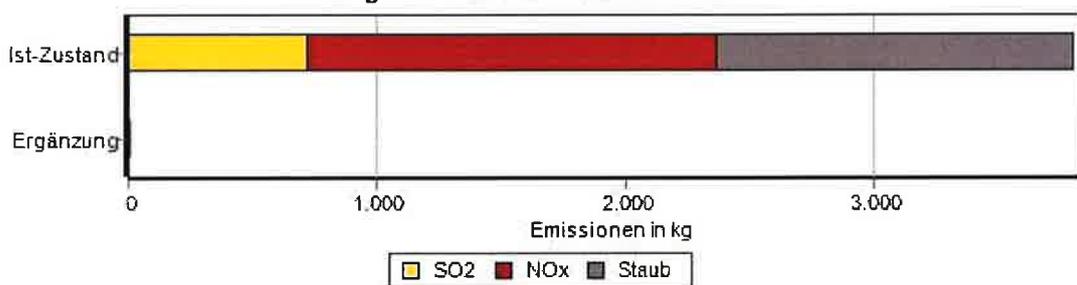
© ENVISYS - IWU/EG individuell

**7.2.4 Emissionen der Maßnahmenpakete**

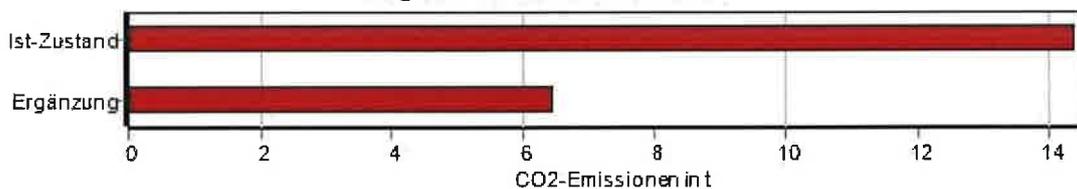
Der Schadstoffausstoß (Emissionen) von CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> und Staub belastet unsere Umwelt.

**Umwelt (Emissionen)**

**Vergleich der Schadstoffemissionen**

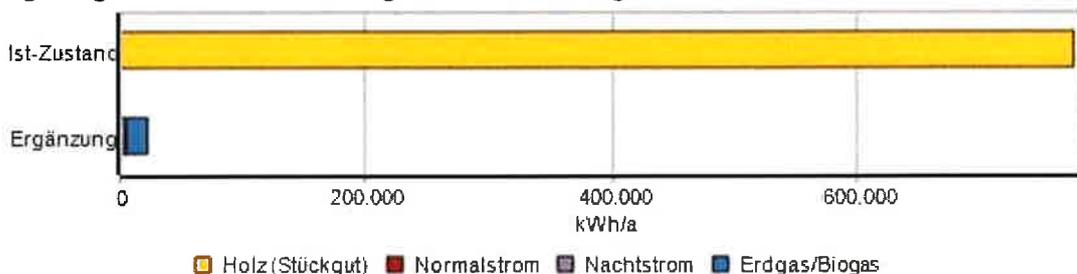


**Vergleich der CO<sub>2</sub>-Emissionen**



**7.2.5 Energieträgereinsatz im Ist-Zustand und in den Maßnahmenpaketen**

**Energieträgereinsatz der Sanierungsvarianten im Vergleich zum Ist-Zustand**



© ENVISYS - IWU/EG individuell

## 8 Bauteilnachweis gemäß GEG 2020

Nachfolgend wird der Bauteilnachweis für die Bauteile im Ist-Zustand ausgegeben.

### 8.1 Übersicht der Bauteile

#### Vorbemerkungen

Für das Gebäude Strasse der Einheit 123a, 99765 Heringen / Helme wurden die U-Werte der Bauteile gemäß DIN EN ISO 6946 ermittelt. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die vorhandenen Bauteile. Bauteile gleicher Konstruktion und Einbausituation wurden zu Details zusammengefasst.

| Bauteil                      | Detail <sup>1)</sup> | U-Wert<br>[W/m <sup>2</sup> K] | Anforderung GEG 2020 <sup>2)</sup>  |        | Anforderung DIN 4108-2                           |        |
|------------------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------|--|--------|
|                              |                      |                                | max. U-Wert<br>[W/m <sup>2</sup> K] | Status | min. R-Wert <sup>3)</sup><br>[m <sup>2</sup> KW] | Status |
| <b>Abgrenzung nach oben</b>  |                      |                                |                                     |        |  |        |
| Flachdach                    | dach.1               | 2,745                          | 0,20                                | -      | 1,00 / 1,75                                      | -      |
| <b>Abgrenzung seitlich</b>   |                      |                                |                                     |        |  |        |
| Wand - N                     | wand.1               | 1,167                          | 0,24                                | -      | 1,20   | -      |
| Wand - O                     | wand.1               | 1,167                          | 0,24                                | -      | 1,20   | -      |
| Wand - S                     | wand.1               | 1,167                          | 0,24                                | -      | 1,20   | -      |
| Wand - W                     | wand.1               | 1,167                          | 0,24                                | -      | 1,20   | -      |
| <b>Abgrenzung nach unten</b> |                      |                                |                                     |        |  |        |
| Decke zum EG                 | keller.1             | 1,742                          | -                                   | ok     | 1,00 / 1,75                                      | -      |
| <b>Transparente Bauteile</b> |                      |                                |                                     |        |  |        |
| Fenster - N                  | fenster.1            | 4,398                          | 1,30                                | -      | -  | ok     |
| Fenster - O                  | fenster.1            | 4,398                          | 1,30                                | -      | -  | ok     |
| Fenster - S                  | fenster.1            | 4,398                          | 1,30                                | -      | -  | ok     |
| Fenster - W                  | fenster.1            | 4,398                          | 1,30                                | -      | -  | ok     |

<sup>1)</sup> Einem Detail können mehrere Bauteile zugeordnet sein. Bei den Detailbezeichnungen handelt es sich um einen Identifikator und nicht um Namen der Bauteile.

<sup>2)</sup> Die Anforderungen gemäß GEG 2020 Anlage 7 gelten für den erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen im Bestand. Für den Neubau werden diese Werte lediglich empfohlen!

<sup>3)</sup> Gemäß DIN 4108-2:2013-02 Abschnitt 5.1.2.2 muss für Bauteile mit einer Masse < 100 kg/m<sup>2</sup> der R-Wert mindestens 1,75 m<sup>2</sup>KW betragen.

<sup>4)</sup> Für Fußbodenaufbauten auf der beheizten Seite gilt gemäß GEG 2020 Anlage 7 ein U-Wert von 0,5 W/m<sup>2</sup>K



| Tauwasserausfall im Bauteilinneren (GLASER-Verfahren) (gemäß DIN 4108-3:2014-11) |                                   |           |                          |                                   |           |
|--|-----------------------------------|-----------|--------------------------|-----------------------------------|-----------|
| Tauperiode <sup>1)</sup>   | Verdunstungsperiode <sup>2)</sup> | erfüllt   | Tauperiode <sup>1)</sup> | Verdunstungsperiode <sup>2)</sup> | erfüllt   |
| Tauwasser  | Tauwasser verdunstet              | teilweise | Tauwasser                | Tauwasser verdunstet              | teilweise |

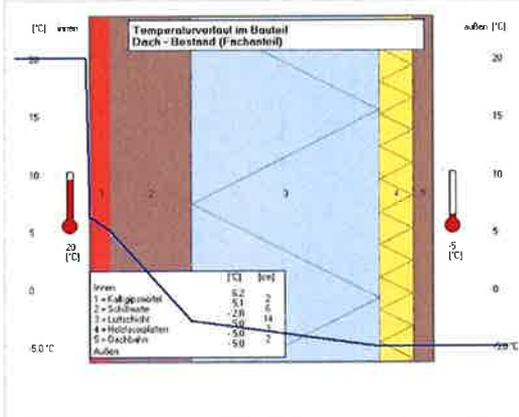
<sup>1)</sup> Randbedingungen Tauperiode:

Temperatur innen/außen: 20°C / -5°C  
relative Luftfeuchte innen/außen: 50,0 % / 80,0 %  
Zeit: 2.160 Stunden

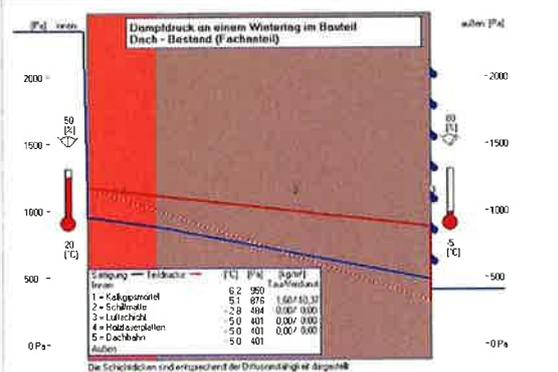
<sup>2)</sup> Randbedingungen Verdunstungsperiode:

Wasserdampfpartialdruck ( $p_i/p_a$ ): 1.200 Pa/1.200 Pa  
Sättigungsdampfdruck im Tauwasserbereich: 2.000 Pa  
Zeit: 2.160 Stunden

Grafik: Temperaturverlauf Fach



Grafik: Diffusionsdiagramm Fach



| Berechnung Fach  | d      | λ      | R       | μ       | S <sub>d</sub> | θ     | p <sub>s</sub> | p     | Tauwasser |
|------------------|--------|--------|---------|---------|----------------|-------|----------------|-------|-----------|
|                  | [cm]   | [W/mK] | [m²K/W] | [-]     | [m]            | [°C]  | [Pa]           | [Pa]  | [kg/m²]   |
| Luft innen       |        |        | 0,250   |         |                | 20,0  | 2.337          |       |           |
| Oberfläche innen |        |        |         |         |                | 6,2   | 950            | 1.168 |           |
| Kalkgipsmörtel   | 1,500  | 0,700  | 0,021   | 10      | 0,15           |       |                |       |           |
| Grenzschicht     |        |        |         |         |                | 5,06  | 876            | 999   | 1,598     |
| Schilfmatte      | 6,000  | 0,420  | 0,143   | 10      | 0,60           |       |                |       |           |
| Grenzschicht     |        |        |         |         |                | -2,80 | 484            | 321   | 0,000     |
| Luftschicht      | 14,000 | 0,000  | 0,000   | 1       | 0,00           |       |                |       |           |
| Grenzschicht     |        |        |         |         |                | -5,00 | 401            | 321   | 0,000     |
| Holzfaserplatten | 2,500  | 0,050  | 0,000   | 0       | 0,00           |       |                |       |           |
| Grenzschicht     |        |        |         |         |                | -5,00 | 401            | 321   | 0,000     |
| Dachbahn         | 1,500  | 0,170  | 0,000   | 300.000 | 0,00           |       |                |       |           |
| Oberfläche außen |        |        |         |         |                | -5,00 | 401            | 321   |           |
| Luft außen       |        |        | 0,040   |         |                | -5,00 | 401            |       |           |

### Bewertung

Feststellungen und Anforderungen:

- Es findet Tauwasserausfall in der Ebene zwischen den Schichten *Kalkgipsmörtel* und *Schilfmatte* statt.
- Von beiden an die Tauwasserebene angrenzenden Schichten geht keine zusätzliche Anforderung, zur Reduzierung der maximal zulässigen Tauwassermenge auf weniger als 1,0 kg/m², aus.

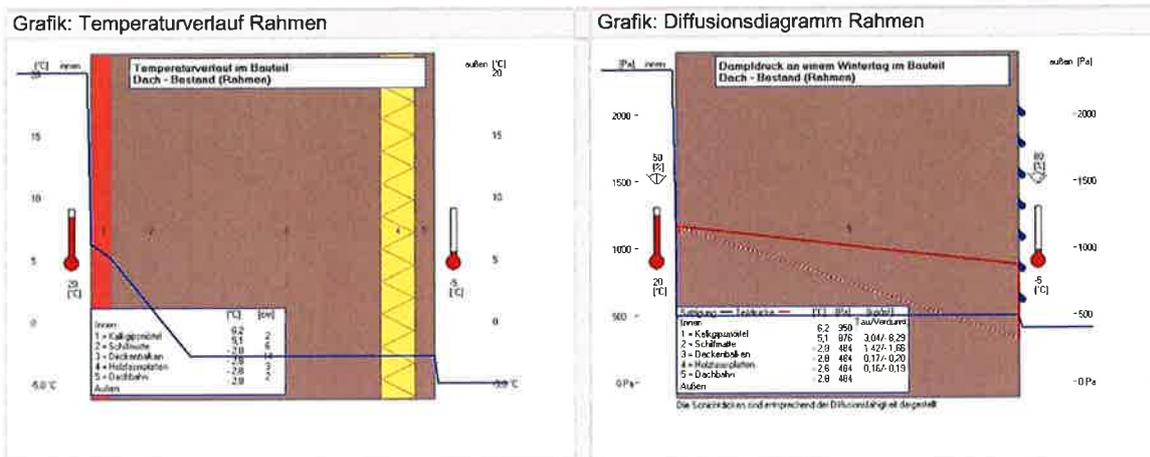
Die angefallene Tauwassermenge muss in der Verdunstungsperiode wieder abgegeben werden können.

Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse

- ermittelte flächenbezogene Tauwassermenge insgesamt:  $M_e = 1,598 \text{ kg/m}^2$
- mögliche flächenbezogene Verdunstungsmenge insgesamt:  $M_{ev} = 10,368 \text{ kg/m}^2$

Prüfergebnisse und Bewertung

- Die anfallende Tauwassermenge liegt mit 1,598 kg/m² über dem zulässigen Grenzwert von 1,0 kg/m².
- Die anfallende Tauwassermenge kann in der Verdunstungsperiode vollständig verdunsten.
- Es sind nicht alle Anforderungen erfüllt, diese Konstruktion ist nach DIN 4108-3 nicht zulässig.



| Berechnung Rahmen   | d      | λ      | R                    | μ       | S <sub>d</sub> | θ     | p <sub>s</sub> | p     | Tauwasser            |
|---------------------|--------|--------|----------------------|---------|----------------|-------|----------------|-------|----------------------|
|                     | [cm]   | [W/mK] | [m <sup>2</sup> K/W] | [-]     | [m]            | [°C]  | [Pa]           | [Pa]  | [kg/m <sup>2</sup> ] |
| Luft innen          |        |        | 0,250                |         |                | 20,0  | 2.337          |       |                      |
| Oberfläche innen    |        |        |                      |         |                | 6,2   | 950            | 1.168 |                      |
| Kalkgipsmörtel      | 1,500  | 0,700  | 0,021                | 10      | 0,15           |       |                |       |                      |
| Grenzschicht        |        |        |                      |         |                | 5,06  | 876            | 1.168 | 3,035                |
| Schilfmatte         | 6,000  | 0,420  | 0,143                | 10      | 0,60           |       |                |       |                      |
| Grenzschicht        |        |        |                      |         |                | -2,80 | 484            | 1.168 | 1,420                |
| Deckenbalken        | 14,000 | 0,130  | 0,000                | 40      | 5,60           |       |                |       |                      |
| Grenzschicht        |        |        |                      |         |                | -2,80 | 484            | 1.167 | 0,168                |
| Holzfaserverplatten | 2,500  | 0,050  | 0,000                | 5       | 0,13           |       |                |       |                      |
| Grenzschicht        |        |        |                      |         |                | -2,80 | 484            | 1.167 | 0,164                |
| Dachbahn            | 1,500  | 0,170  | 0,000                | 300.000 | 4.500,00       |       |                |       |                      |
| Oberfläche außen    |        |        |                      |         |                | -2,80 | 484            | 321   |                      |
| Luft außen          |        |        | 0,040                |         |                | -5,00 | 401            |       |                      |

### Bewertung

Feststellungen und Anforderungen:

- Es findet Tauwasserausfall in der Ebene zwischen den Schichten *Kalkgipsmörtel* und *Schilfmatte* statt.
  - Von beiden an die Tauwasserebene angrenzenden Schichten geht keine zusätzliche Anforderung, zur Reduzierung der maximal zulässigen Tauwassermenge auf weniger als 1,0 kg/m<sup>2</sup>, aus.
- Die angefallene Tauwassermenge muss in der Verdunstungsperiode wieder abgegeben werden können.

Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse

- ermittelte flächenbezogene Tauwassermenge insgesamt: M<sub>c</sub> = 3,035 kg/m<sup>2</sup>
- mögliche flächenbezogene Verdunstungsmasse insgesamt: M<sub>ev</sub> = 8,295 kg/m<sup>2</sup>

Prüfergebnisse und Bewertung

- Die anfallende Tauwassermenge liegt mit 3,035 kg/m<sup>2</sup> über dem zulässigen Grenzwert von 1,0 kg/m<sup>2</sup>.
- Die anfallende Tauwassermenge kann in der Verdunstungsperiode vollständig verdunsten.
- Es sind nicht alle Anforderungen erfüllt, diese Konstruktion ist nach DIN 4108-3 nicht zulässig.

## 8.3 Konstruktionen mit seitlicher Abgrenzung

### 8.3.1 Detail wand.1

#### Wärmeschutz: Außenwand zweischalig gemäß DIN EN ISO 6946:2018-03

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| Grafik: Konstruktiver Aufbau  |  | Dieses Detail gilt für folgende Bauteile:  |  |
| <p><b>Außenwand zweischalig</b></p> <p>1: 15 mm, Kalk-, Kalkzementmörtel<br/>2: 240 mm, Ziegel<br/>3: 100 mm, Luftschicht<br/>4: 115 mm, Vollziegel<br/>5: 15 mm, Kalk-, Kalkzementmörtel</p> <p>485 mm</p> <p>Außenseite</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wand - N</li> <li>- Wand - O</li> <li>- Wand - S</li> <li>- Wand - W</li> </ul> |  |

| Fach (100%)                               |       |                         |         | Rahmen (0%)        |          |         |         |          |
|---|-------|-------------------------|---------|--------------------|----------|---------|---------|----------|
| [cm]                                      |       | [W/mK]                  | [m²K/W] |                    | [W/mK]   | [m²K/W] | [m²K/W] |          |
| innerer Wärmeübergangswiderstand $R_{si}$ |       |                         | 0,130   |                    | $R_{si}$ |         |         | -        |
| 1   | 1,50  | Kalk-, Kalkzementmörtel | 0,870   | 0,017              | -        | -       | -       |          |
| 2   | 24,00 | Ziegel                  | 0,680   | 0,353              | -        | -       | -       |          |
| 3   | 10,00 | Luftschicht             | -       | 0,180              | -        | -       | -       |          |
| 4   | 11,50 | Vollziegel              | 0,960   | 0,120              | -        | -       | -       |          |
| 5   | 1,50  | Kalk-, Kalkzementmörtel | 0,870   | 0,017              | -        | -       | -       |          |
| äußerer Wärmeübergangswiderstand $R_{se}$ |       |                         |         | 0,040              | $R_{se}$ |         |         | -        |
|   |       |                         | $R_T$   | 0,857              | $\Sigma$ |         |         | $\Sigma$ |
|   |       |                         |         | $1/R_T$ in [W/m²K] | U        | 1,167   |         |          |

| Anforderungen  | vorhanden |   | zulässig | erfüllt |
|--|-----------|---|----------|---------|
| Wärmedurchgangskoeffizient gem. GEG 2020 <sup>1)</sup> , U [W/m²K] | 1,167     | ≤ | 0,24     | -       |
| Wärmedurchlasswiderstand DIN 4108-2, R [m²K/W]                     | 0,687     | ≥ | 1,20     | -       |

<sup>1)</sup> Die Anforderungen gemäß GEG 2020 Anlage 7 gelten für den erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen im Bestand. Für den Neubau werden diese Werte lediglich empfohlen!

#### 8.3.1.1 Schlagregenschutz gemäß DIN 4108-3:2014-11

| Schlagregenschutz von Wänden gemäß DIN 4108-3:2014-11 |  |         |
|---|--|---------|
|   | Beanspruchungsgruppe                               | erfüllt |
|   | I - geringe Schlagregenbeanspruchung <sup>1)</sup> | ok      |

<sup>1)</sup> In der Regel gilt diese Beanspruchungsgruppe für Gebiete mit Jahresniederschlagsmengen unter 600 mm sowie für besonders windgeschützte Lagen auch in Gebieten mit größeren Niederschlagsmengen.

#### 8.3.1.2 Feuchteschutz: Außenwand zweischalig gemäß DIN 4108-2:2013-02 und DIN 4108-3:2014-11

| Tauwasser kondensation <sup>1)</sup> auf der Bauteiloberfläche (gemäß DIN 4108-2:2013-02) |   |                   |         |                       |   |                   |         |
|---|---|-------------------|---------|-----------------------|---|-------------------|---------|
| Tauwasser Fach  |   |                   |         | Tauwasser Rahmen (0%) |   |                   |         |
| R [m²K/W]   | > | $R_{min}$ [m²K/W] | erfüllt | R [m²K/W]             | > | $R_{min}$ [m²K/W] | erfüllt |
| 0,687   | > | 0,294             | ok      | -                     | > | -                 | -       |

<sup>1)</sup> Betrachtung unter folgenden Randbedingungen:

Temperatur innen/außen: 20°C / -5°C  
relative Luftfeuchte innen: 50,0 %

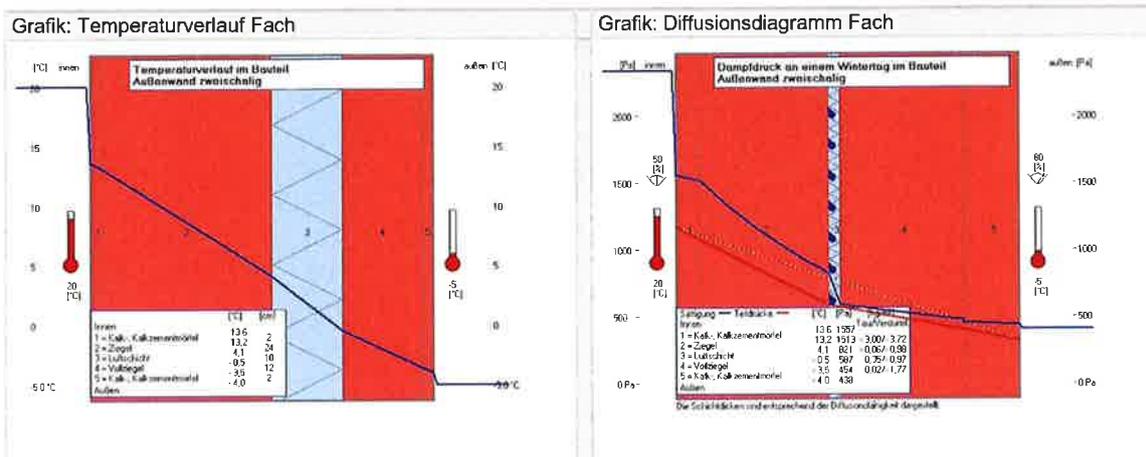
| Tauwasserausfall im Bauteilinneren (GLASER-Verfahren) (gemäß DIN 4108-3:2014-11) |                                   |           |                          |                                   |         |
|--|-----------------------------------|-----------|--------------------------|-----------------------------------|---------|
| Tauwasser Fach   |                                   |           | Tauwasser Rahmen (0%)    |                                   |         |
| Tauperiode <sup>1)</sup>   | Verdunstungsperiode <sup>2)</sup> | erfüllt   | Tauperiode <sup>1)</sup> | Verdunstungsperiode <sup>2)</sup> | erfüllt |
| Tauwasser  | Tauwasser verdunstet              | teilweise | -                        | -                                 | -       |

1) Randbedingungen Tauperiode:

Temperatur innen/außen: 20°C / -5°C  
relative Luftfeuchte innen/außen: 50,0 % / 80,0 %  
Zeit: 2.160 Stunden

2) Randbedingungen Verdunstungsperiode:

Wasserdampfpartialdruck ( $p_i/p_a$ ): 1.200 Pa/1.200 Pa  
Sättigungsdampfdruck im Tauwasserbereich: 2.000 Pa  
Zeit: 2.160 Stunden



| Berechnung Fach         | d      | $\lambda$ | R       | $\mu$ | $S_d$ | $\theta$ | $p_a$ | p     | Tauwasser |
|-------------------------|--------|-----------|---------|-------|-------|----------|-------|-------|-----------|
|                         | [cm]   | [W/mK]    | [m²K/W] | [-]   | [m]   | [°C]     | [Pa]  | [Pa]  | [kg/m²]   |
| Luft innen              |        |           | 0,250   |       |       | 20,0     | 2.337 |       |           |
| Oberfläche innen        |        |           |         |       |       | 13,6     | 1.557 | 1.168 |           |
| Kalk-, Kalkzementmörtel | 1,500  | 0,870     | 0,017   | 15    | 0,22  |          |       |       |           |
| Grenzschicht            |        |           |         |       |       | 13,16    | 1.513 | 1.109 | -3,005    |
| Ziegel                  | 24,000 | 0,680     | 0,353   | 5     | 1,20  |          |       |       |           |
| Grenzschicht            |        |           |         |       |       | 4,13     | 821   | 791   | -0,058    |
| Luftschicht             | 10,000 | 0,000     | 0,180   | 1     | 0,10  |          |       |       |           |
| Grenzschicht            |        |           |         |       |       | -0,47    | 587   | 765   | 0,346     |
| Vollziegel              | 11,500 | 0,960     | 0,120   | 10    | 1,15  |          |       |       |           |
| Grenzschicht            |        |           |         |       |       | -3,54    | 454   | 460   | 0,020     |
| Kalk-, Kalkzementmörtel | 1,500  | 0,870     | 0,017   | 35    | 0,52  |          |       |       |           |
| Oberfläche außen        |        |           |         |       |       | -3,98    | 438   | 321   |           |
| Luft außen              |        |           | 0,040   |       |       | -5,00    | 401   |       |           |

### Bewertung

Feststellungen und Anforderungen:

- Es findet Tauwasserausfall in der Ebene zwischen den Schichten *Luftschicht* und *Vollziegel* statt.
- Von beiden an die Tauwasserebene angrenzenden Schichten geht keine zusätzliche Anforderung, zur Reduzierung der maximal zulässigen Tauwassermenge auf weniger als 1,0 kg/m², aus.

Die angefallene Tauwassermenge muss in der Verdunstungsperiode wieder abgegeben werden können.

Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse

- ermittelte flächenbezogene Tauwassermenge insgesamt:  $M_e = 0,346 \text{ kg/m}^2$
- mögliche flächenbezogene Verdunstungsmenge insgesamt:  $M_{ev} = 0,974 \text{ kg/m}^2$

Prüfergebnisse und Bewertung

- Die anfallende Tauwassermenge liegt mit  $0,346 \text{ kg/m}^2$  unter dem zulässigen Grenzwert von  $1,0 \text{ kg/m}^2$ .
- Die anfallende Tauwassermenge kann in der Verdunstungsperiode vollständig verdunsten.
- Es sind alle Anforderungen erfüllt.

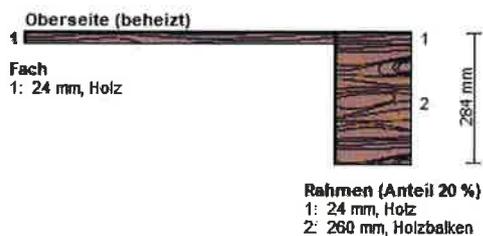
## 8.4 Konstruktionen mit Abgrenzung nach unten

### 8.4.1 Detail keller.1

#### Aufbau: Holzbalkendecke

Grafik: Konstruktiver Aufbau

#### Holzbalkendecke



Dieses Detail gilt für folgende Bauteile:

- Decke zum EG

| Fach (80%) |           |   |         | Rahmen (20%)  |          |         |                |
|------------|-----------|---|---------|---|----------|---------|----------------|
|            | [cm]      | [W/mK]                                    | [m²K/W] |   | [W/mK]   | [m²K/W] | [m²K/W]        |
|            |           | innerer Wärmeübergangswiderstand $R_{si}$ |         |   | $R_{si}$ | 0,170   | 0,170          |
| 1          | 2,40 Holz | 0,130                                     | 0,185   | 1 Holz  | 0,130    | 0,185   | 0,185          |
|            | 26,00     |   |         | 2 Holzbalken  | 0,130    | 2,000   | 0,000          |
|            |           | äußerer Wärmeübergangswiderstand $R_{se}$ |         |   | $R_{se}$ | 0,170   | 0,170          |
|            |           | $\Sigma$                                  | 0,525   |   | $\Sigma$ | 2,525   | $\Sigma$ 0,525 |
|            |           |   |         | $1/(\text{Anteil}_{\text{Fach}} / \Sigma R_{\text{Fach}} + \text{Anteil}_{\text{Rahmen}} / \Sigma R_{\text{Rahmen}})$ |          | $R'_T$  | 0,623          |
|            |           |   |         | $(R'_T + \Sigma R''_T) / 2$   |          | $R_T$   | 0,574          |
|            |           |   |         | $1/R_T \text{ in [W/m²K]}$  |          | $U$     | 1,742          |

## 8.5 Fensterkonstruktionen

### 8.5.1 Holzfenster, einfach verglast

|  |  |
|--|--|
| Dieses Detail gilt für folgende Bauteile:  | Grafik: Konstruktiver Aufbau   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fenster - N</li> <li>- Fenster - O</li> <li>- Fenster - S</li> <li>- Fenster - W</li> </ul> | <p><b>Holzfenster, einfach verglast</b><br/>(schematische Darstellung)</p> <p>30 % Rahmenanteil</p> <p>U-Wert = 4,398 W/m²K</p> <p>g-Wert = 0,78</p> |
|  | g-Wert: 0,78   |
|  | Lichttransmission $\tau$ : 0,90  |
|  | Rahmenanteil [%]: 30,09  |
|  | U <sub>w</sub> -Wert [W/m²K]: 4,398  |

| Anforderungen  | vorhanden | zulässig | erfüllt |
|--|-----------|----------|---------|
| Wärmedurchgangskoeffizient gem. GEG 2020 <sup>1)</sup> , U [W/m²K] | 4,398     | ≤ 1,30   | -       |

<sup>1)</sup> Die Anforderungen gemäß GEG 2020 Anlage 7 gelten für den erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen im Bestand. Für den Neubau werden diese Werte lediglich empfohlen!

#### Anmerkungen:

Holzfenster mit lediglich einer Glasscheibe

## 8.6 Beispiele und Hinweise zur Erfüllung des Schlagregenschutzes

### 8.6.1 Außenwände

Beispiele für die Anwendung von Wandbauarten in Abhängigkeit von der Schlagregenbeanspruchung sind in der nachfolgenden Tabelle angegeben. Andere Bauausführungen entsprechend gesicherten praktischen Erfahrungen sind ebenso zulässig.

| Beanspruchungsgruppe I  | Beanspruchungsgruppe II   | Beanspruchungsgruppe III  |
|---|---|---|
| <b>geringe Schlagregenbeanspruchung</b>   | <b>mittlere Schlagregenbeanspruchung</b>                                | <b>starke Schlagregenbeanspruchung</b>  |
| Außenputz ohne besondere Anforderungen an den Schlagregenschutz auf   | Wasserabweisender Außenputz nach DIN 18550 auf                          |   |
| – Außenwänden aus Mauerwerk, Wandbauplatten, Beton u. ä. sowie verputzten außenseitigen Wärmebrückendämmungen           |   |   |
| Einschaliges Sichtmauerwerk mit einer Dicke von 31 cm (mit Innenputz)   | Einschaliges Sichtmauerwerk mit einer Dicke von 37,5 cm (mit Innenputz) | Zweischaliges Verblendmauerwerk mit Luftschicht und Wärmedämmung oder mit Kerndämmung (mit Innenputz)                           |
| Außenwände mit im Dickbett oder Dünnbett angemörtelten Fliesen oder Platten   |   | Außenwände mit im Dickbett oder Dünnbett angemörtelten Fliesen oder Platten nach DIN 18515-1 mit wasserabweisendem Ansetzmörtel |
| Außenwände mit gefügedichter Betonaußenschicht  |   |   |
| Wände mit hinterlüfteten Außenwandbekleidungen  |   |   |
| Wände mit Außendämmung durch ein Wärmedämmputzsystem oder durch ein bauaufsichtlich zugelassenes Wärmedämmverbundsystem |   |   |
| Außenwände in Holzbauart mit Wetterschutz nach DIN 68800-2  |   |   |

### 8.6.2 Fugen und Anschlüsse

Der Schlagregenschutz eines Gebäudes muss auch im Bereich der Fugen und Anschlüsse sichergestellt sein. Zur Erfüllung dieser Anforderungen können Fugen und Anschlüsse entweder durch Fugendichtstoffe (siehe auch DIN 18540), Dichtbänder, Folien oder durch konstruktive Maßnahmen gegen Schlagregen abgedichtet werden. Beispiele für die Anwendung von Fugenabdichtungen sind in Abhängigkeit von der Schlagregenbeanspruchung in der nachfolgenden Tabelle angegeben.

Die Möglichkeit der Wartung von Fugen, einschließlich der Fugen von Anschlüssen, ist vorzusehen.

Bei Außenwandbekleidungen ist nach DIN 18515-1, DIN 18515-2, DIN 18516-1 und DIN 18516-3 zu verfahren.

| Fugenart        | Beanspruchungsgruppe I  | Beanspruchungsgruppe II                                       | Beanspruchungsgruppe III                                       |
|-----------------|---|---|--|
|                 | geringe   | mittlere  | starke   |
| Vertikalfugen   | Konstruktive Fugenausbildung<br>Fugen nach DIN 18540  |   |  |
| Horizontalfugen | Offene, schwellenförmige Fugen,<br>Schwellenhöhe $\geq 60$ mm                                       | Offene, schwellenförmige Fugen,<br>Schwellenhöhe $\geq 80$ mm | Offene, schwellenförmige Fugen,<br>Schwellenhöhe $\geq 100$ mm |
|                 | Fugen nach DIN 18540 mit zusätzlichen konstruktiven Maßnahmen, z. B. mit Schwellenhöhe $\geq 50$ mm |   |  |

### 8.6.3 Fenster, Außentüren, Vorhangfassaden

Die Schlagregendichtheit wird geregelt:

- für Fenster und Außentüren nach DIN EN 12208;
- für Vorhangfassaden nach DIN EN 12154.

## 9 Anhang: Ergänzende Informationen

In den folgenden Abschnitten finden Sie detaillierte Informationen sowie Berechnungsergebnisse zu dem vorliegenden Objekt Energetische Sanierung - Heringen Abschnitt Wohnen.

### 9.1 Gesetze und Normen

#### **Notwendigkeit zum Energiesparen**

Um Gebäude entsprechend ihrer Bestimmung nutzen zu können, wird Energie eingesetzt. Im Wohngebäudebereich betrifft das vor allem Energie zum Heizen, Lüften, Bereitstellen von Trinkwarmwasser und ggf. zum Kühlen.

Der Gebäudesektor ist dabei der größte Energieverbraucher in Deutschland. Das produziert Schadstoffemissionen in großer Menge. Die Schadstoffemissionen Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Stickstoffoxyd (NO<sub>x</sub>) verursachen eine starke Umweltverschmutzung. So ist CO<sub>2</sub> zu 50 % an der globalen Erwärmung beteiligt, NO<sub>x</sub> verursacht die Versäuerung von Böden und Gewässern.

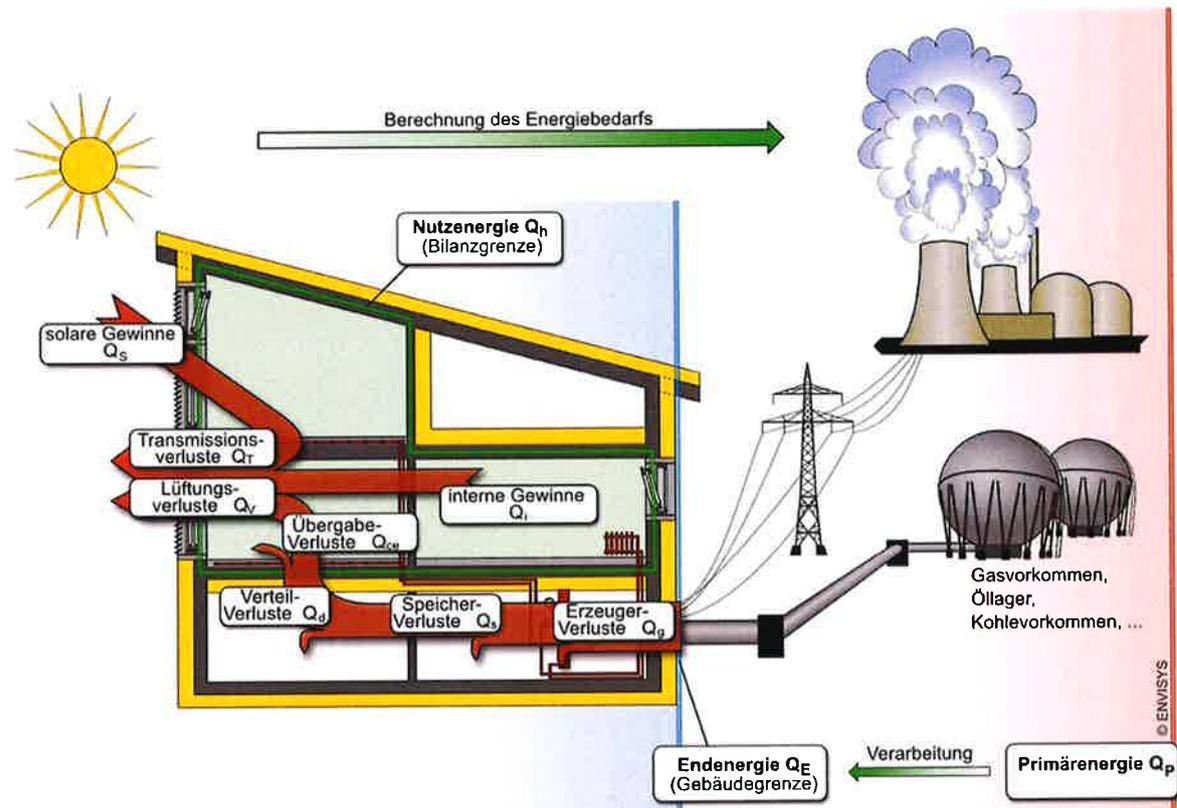
Der hohe Energiebedarf in Gebäuden und der fortschreitende Klimawandel hat den Gesetzgeber dazu bewogen, 1976 das Energieeinspargesetz (EnEG) und in der Folge Wärmeschutzverordnungen bzw. Energieeinsparverordnungen zu erlassen. Derzeit gilt die Energieeinsparverordnung GEG 2020 in Verbindung mit dem Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG).

Damit soll vor allem der CO<sub>2</sub>-Ausstoß minimiert werden. Eine kurzfristige Verringerung des Energieverbrauchs ist dringend notwendig. Das schafft ein besseres Wohnumfeld, bessere Lebensräume für morgen, schont die Ressourcen, verursacht eine geringere Luftverschmutzung und spart Kosten.

#### **Gebäudeenergiegesetz GEG 2020**

Ein wesentliches Ziel dieser Verordnung ist, den Energieverbrauch von Neu- und Altbauten zu reduzieren. Gemäß GEG 2020 werden dazu Anforderungen an den Wärmeschutz, an heizungs- und kältetechnische Anlagen, an Trinkwarmwasseranlagen und an den nicht erneuerbaren Anteil des Primärenergiebedarfs von Gebäuden festgelegt.

Das folgende Bild zeigt Ihnen den Energiebedarf in einem Gebäude:



### Endenergiebedarf

Die Endenergie ist die berechnete Energiemenge, die benötigt wird, um das Gebäude entsprechend seiner Bestimmung nutzen zu können (Heizen, Lüften, Bereitstellung von Trinkwarmwasser, ggf. Kühlung). Der Endenergieverbrauch entspricht der eingekauften Energie des Gebäudenutzers.

### Primärenergiebedarf

Beim Primärenergiebedarf wird zusätzlich zum Endenergiebedarf die Gewinnung und Bereitstellung der verwendeten Energieträger berücksichtigt. Damit ist der Primärenergiebedarf eines Gebäudes auch ganz wesentlich vom eingesetzten Energieträger abhängig. Während z.B. der nicht erneuerbare Anteil des Primärenergieinhalts von Holz oder Holzpellets weniger als ein Fünftel des Primärenergieinhalts von Heizöl oder Erdgas beträgt, liegt der Primärenergieinhalt von Strom beim 2,6-fachen (der Bezug von Öko-Strom wird hier nicht berücksichtigt).

### Wesentliche Nachrüstpflichten für den Gebäudebestand gemäß GEG 2020:

Hinweis: Bei Wohngebäuden mit bis zu 2 Wohnungen, von denen eine der Eigentümer selbst bewohnt, gelten die Nachrüstpflichten nur bei Eigentümerwechsel nach dem 1. Februar 2002.

- Heizkessel, die mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen beschickt werden, keine Niedertemperatur oder Brennwertkessel sind und vor dem 01.01.1985 eingebaut oder aufgestellt worden sind, dürfen nicht mehr betrieben werden.
- Eigentümer von Gebäuden dürfen Heizkessel, die mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen beschickt werden und nach dem 1. Januar 1985 eingebaut oder aufgestellt worden sind, nach Ablauf von 30 Jahren nicht mehr betreiben.
- Neue Heizungen, die in ein bestehendes Gebäude eingebaut werden, müssen die Bestimmungen der EU-Heizkesselrichtlinie erfüllen.
- Alle zugänglichen ungedämmten Wärmeverteilungsleitungen, die sich in unbeheizten Räumen befinden, müssen wärmegeklämt werden.

- Alle obersten Geschossdecken von beheizten Räumen, die nicht begehbar, aber zugänglich sind, sind zu dämmen. Die erforderlichen Dämmschichtdicken sind gemäß GEG 2020 zu erfolgen. Die Nachrüstverpflichtung gilt als erfüllt, wenn anstelle der Geschossdecke das darüber liegende, bisher ungedämmte Dach entsprechend gedämmt ist.

### Lüftungskonzept nach DIN 1946-6 für Wohngebäude

Wenn im Bestand im Ein- und Mehrfamilienhaus mehr als ein Drittel der Fenster ausgetauscht oder im Einfamilienhaus mehr als ein Drittel der Dachfläche neu abgedichtet wird, ist für das gesamte Gebäude ein Lüftungskonzept nach DIN 1946-6 zu erstellen.

Da sich durch die Sanierungsmaßnahmen die Luftdichtheit des Gebäudes in der Regel erhöht, ist ein häufigeres manuelles Lüften notwendig, um die nötige bauphysikalische Schadstofffreiheit und Frischluftzufuhr zu gewährleisten. Wir empfehlen dazu grundsätzlich eine mechanische Belüftung des Gebäudes.

Die einfachste und kostengünstigste Möglichkeit dazu ist eine wohnungszentrale Abluftanlage mit Absaugung in Küche und Bad, Zuluft über Zuluftventile in den neuen Fensterrahmen und Überströmöffnungen in den Zimmertüren. Energetisch verhält sich eine reine Abluftanlage neutral. Energieeinsparungen sind dadurch nicht zu erwarten.

Deutliche energetische Einsparungen sind mit einer Zu-Abluftanlage mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung erzielbar.

## 9.2 Förderprogramme

Modernisierungsmaßnahmen für Gebäude im Zusammenhang mit Energieeinsparung oder CO<sub>2</sub>-Einsparung werden von der öffentlichen Hand gefördert.

Diese Förderungen (ca. 4.000 Förderprogramme) können aus Zuschüssen oder zinsvergünstigten Krediten bestehen und werden bereitgestellt von:

- Bund und Ländern (ca. 100 Förderprogramme)
- Landkreisen, Städten, Gemeinden und
- Energieversorgern

Die Fördermittel sind i.a. nicht unbegrenzt vorhanden. Die Programme der Kommunen und Länder haben häufig geringe Laufzeiten, oft durch die geringen Budgets bedingt.

### Internetadressen

- Kreditanstalt für Wiederaufbau: [www.kfw.de](http://www.kfw.de)
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA: [www.bafa.de](http://www.bafa.de)
- Fördermitteldatenbank: [www.foerderdata.de](http://www.foerderdata.de)
- Deutsche Energie-Agentur (dena): [www.zukunft-haus.info](http://www.zukunft-haus.info)
- Deutsches Energieberater-Netzwerk e.V.: [www.deutsches-energieberaternetzwerk.de](http://www.deutsches-energieberaternetzwerk.de)
- Der Solarserver: [www.solarserver.de](http://www.solarserver.de)
- Gerätelisten: [www.spargeraete.de](http://www.spargeraete.de)

## 9.3 Glossar

---

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Energieumsatz pro Zeiteinheit                    | = Watt (W) (1 kW = 1.000 W) |
| Einheit für Energieverbrauch/-leistung pro Jahr  | = kWh/a                     |
| Flächenspezifischer, jährlicher Energieverbrauch | = kWh/m <sup>2</sup> a      |

### Abgasverluste

- Wärme, die mit dem Abgas der Heizanlage verloren geht. Lässt sich durch Brennertechnik reduzieren (siehe Brennwertkessel). Bei niedrigen Abgasverlusten allerdings Gefahr der Schornsteinversottung.

### Amortisation

- Deckung der aufgewendeten Investitionskosten für ein Maßnahmenpaket durch deren Einsparung. Wird unter Berücksichtigung der Preissteigerung und der Kapitalverzinsung nach VDI 2067 berechnet.

**Beleuchtungsbedarf**

- siehe Nutzenergiebedarf Beleuchtung

**Bereitschaftsverlust**

- Beim Aufheizen eines kalten und anschließenden Abkühlen eines Kessels auftretende Verluste. Reduzierbar durch hohe Brennerlaufzeiten. Einfluss auf die Verluste hat auch die Bauart (relative Bereitschaftsverluste).

**Bilanzinnentemperatur**

- mittlere Innentemperatur eines Gebäudes bzw. einer Zone unter Berücksichtigung von räumlich oder zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb und im Falle der Kühlbedarfsermittlung unter Berücksichtigung von zugelassenen Temperaturschwankungen, die der Ermittlung des Heizwärme- und Kühlbedarfs zugrunde gelegt wird
- In der Regel werden unterschiedliche Werte für den Heiz- und den Kühlbetrieb angesetzt.

**Brennwertkessel**

- Durch einen zweiten Wärmetauscher entzieht ein Brennwertkessel dem wasserdampfhaltigen Abgas durch Kondensation Wärme. Dadurch wird über den Heizwert eines Brennstoffes hinausgehende Energie genutzt und die Abgase auf niedrige Temperaturen gebracht. Diese Technik stellt besondere Ansprüche an den Schornstein. Gegebenenfalls ist eine Neutralisation des Kondensats erforderlich.

**Bruttovolumen;  $V_e$** 

- externes Volumen; von Außenmaßen ermitteltes Volumen eines Gebäudes oder einer Gebäudezone, welches konditioniert wird

**Dämmung**

- Wichtigste Methode der Energieeinsparung. Durch Dämmung wird die Transmission (Wärmeverlust durch Bauteile) herabgesetzt. Bei der Bauteildämmung genutzte Dämmstoffe werden nach ihrem Dämmwert, nach den Kosten, nach dem Energieaufwand bei der Herstellung und unter ökologischen Kriterien beurteilt bzw. unterschieden. Konventionelle Dämmstoffe sind Polystyrol, Mineralwolle (Stein- oder Glaswolle) und Polyurethanschäume. Alternative Dämmstoffe sind Holzfaserverplatten, Kork, Zellulosefasern, Hanf, Flachs, Mineraldämmplatten u.v.m. Besonders im Bereich der Dachdämmung sollten neben ökologischen Gesichtspunkten aus Gründen der Behaglichkeit (sommerlicher Wärmeschutz!) auf Holzfaserver- und/oder Zellulosedämmstoffe zurückgegriffen werden.

**Deckung in %**

- Die Deckung bezeichnet den Anteil des jeweiligen Heizungssystems am Gesamtaufkommen des Heizwärmebedarfs einschließlich des Warmwasserbedarfs, wenn dieser mit der Heizung ganz oder teilweise erzeugt wird. Die Deckung des Warmwasserbereiters bezieht sich auf den Warmwasserbedarf, der über die Warmwasseranlagen erzeugt wird.

**Emissionen**

- Bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehende Schadstoffe und -gase, die durch Schornsteine und Abgasrohre an die Außenluft abgegeben werden und die Luft verunreinigen. Beim Hausbrand sind dies im Wesentlichen  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  und Stäube.

**Endenergiebedarf**

- berechnete Energiemenge der Anlagentechnik zur Aufrechterhaltung der festgelegten Konditionen; hier sind die Hilfsenergien (wie Stromverbrauch der Heizungspumpe, Zirkulationspumpe, Ventilatoren etc.) und Verluste durch die Bereitstellung, Speicherung, Verteilung und Übergabe der Energie eingeschlossen
- Energiemenge, die der Verbraucher für eine bestimmungsgemäße Nutzung benötigt (kaufen muss)

**Energiekennzahl**

- Vergleichsgröße zur Bezifferung des Energieverbrauchs bei Gebäuden. Hierunter wird die Energiemenge verstanden, die im Laufe eines Jahres für die Beheizung eines Quadratmeters Wohnfläche verbraucht wird. Bei Einfamilienhäusern liegt die Energiekennzahl zwischen 100 und

300 kWh/m<sup>2</sup>, möglich sind Werte um 50 kWh/m<sup>2</sup> (Niedrigenergiehaus). Bei Mehrfamilienhäusern sind die Werte wegen günstigerem Volumen/Hüllflächen-Verhältnis um etwa 40 % niedriger.

#### **Energieträger**

- zur Erzeugung von mechanischer Arbeit, Strahlung oder Wärme oder zum Ablauf chemischer bzw. physikalischer Prozesse verwendete Substanz oder verwendetes Phänomen

#### **Heizkörperthermostat**

- Regelungseinrichtung am Heizkörper. Das Ventil wird nur dann geöffnet, wenn eine eingestellte Soll-Temperatur unterschritten wird. Heute bei Wohngebäuden Pflicht.

#### **Heizwärmebedarf**

- siehe Nutzwärmebedarf

#### **Hilfsenergie**

- Energie, die von Heizungs-, Kühl-, Trinkwarmwasser-, Raumluft- (einschließlich Lüftungs-) und Beleuchtungssystemen verwendet wird, um die zugeführte Energie und Nutzenergie umzuwandeln
- Dies schließt Energie für Pumpen, Ventilatoren, Regelung, Elektronik usw., nicht aber die umgewandelte Energie, ein.

#### **Hüllfläche bzw. wärmeübertragende Umfassungsfläche**

- äußere Begrenzung jeder Zone
- Die Hüllfläche bzw. wärmeübertragende Umfassungsfläche ist die Grenze zwischen konditionierten Räumen und der Außenluft, dem Erdreich oder nicht konditionierten Räumen. Über diese Fläche verliert oder gewinnt der gekühlte/beheizte Raum Wärme, daher auch „wärmeübertragende Umfassungsfläche“. Auch nicht beheizte/gekühlte, sondern anderweitig konditionierte Zonen (beleuchtet, belüftet) weisen Hüllflächen auf, bei denen jedoch keine Wärmeübertragung erfolgt. Vereinfachend werden die Benennungen „Hüllfläche“ und „wärmeübertragende Umfassungsfläche“ parallel verwendet.
- Die Hüllfläche bzw. wärmeübertragende Umfassungsfläche wird durch eine stoffliche Grenze gebildet, üblicherweise durch Außenfassade, Innenflächen, Kellerdecke, oberste Geschosdecke oder Dach.

#### **Hydraulischer Abgleich**

- Der hydraulische Abgleich beschreibt ein Verfahren, mit dem innerhalb einer Heizungsanlage jeder Heizkörper oder Heizkreis einer Flächenheizung bei einer festgelegten Vorlauftemperatur der Heizungsanlage genau mit der Wärmemenge versorgt wird, die benötigt wird, um die für die einzelnen Räume gewünschte Raumtemperatur zu erreichen. Dies wird mit genauer Planung, Überprüfung und Einstellung bei der Inbetriebnahme der Anlage erreicht. Auch ein nachträglicher hydraulischer Abgleich ist möglich, wenn die dafür erforderlichen Armaturen im Rohrnetz vorhanden sind (z.B. voreinstellbare Thermostatventile oder Strangdifferenzdruckregler). Ist eine Anlage abgeglichen, ergeben sich mehrere Vorteile: Die Anlage kann mit einem optimalen Anlagendruck und damit mit einer optimal niedrigen Volumenmenge betrieben werden. Daraus resultieren niedrige Anschaffungskosten der Umwälzpumpe und niedrige Energie- und Betriebskosten während des Betriebes.

#### **Jahresnutzungsgrad**

- Er sagt aus, wie stark die Heizanlage ausgelastet ist. Ein gut ausgelastetes System arbeitet wesentlich wirtschaftlicher. Schlechte Nutzungsgrade kommen durch Überdimensionierung zustande.

#### **Kapitalwert**

- Angenommener Geldwert, der zu Beginn der Maßnahme aufzuwenden wäre, um die Maßnahme abzüglich der Energieeinsparung unter Berücksichtigung der Zinsen durchzuführen. Ein positiver Kapitalwert entspricht einem finanziellen Gewinn über die Nutzungszeit.

#### **Berechnungswege:**

$$Bw = K_{Ein} * (1 - (m_e / Z)^n) / (Z - m_e)$$

$$K = Bw - I$$

$$K_a = K * a$$

$$a = Z / (1 - (1 + Z)^{-n})$$

Bw = Barwert der eingesparten Energie  
 K<sub>Ein</sub> = Ersparnis  
 m<sub>e</sub> = mittl. Energiepreissteigerungsindex (z.B. 1,04)  
 Z = Zinsfaktor (z.B. 1,03)  
 I = Investition  
 K = Kapitalwert  
 K<sub>a</sub> = annuitätischer Kapitalwert  
 a = Annuitätsfaktor  
 n = Laufzeit/Nutzungsdauer

$A = \ln(1 - ((I / K_{Ein}) * (Z - m_e))) / \ln(m_e / Z)$ , wobei A = Amortisationsdauer

### Klimaschutz

- Bei der Verbrennung von Kohle, Gas oder Öl wird das Treibhausgas CO<sub>2</sub> freigesetzt. Dieses Gas wird für die klimatischen Veränderungen mit verantwortlich gemacht. Ziel ist es deshalb diesen Ausstoß zu verringern.

### konditionierter Raum

- Raum und/oder Raumgruppe, die auf eine bestimmte Solltemperatur beheizt und/oder gekühlt und/oder be- und entlüftet und/oder befeuchtet und/oder beleuchtet und/oder mit Trinkwarmwasser versorgt werden
- Zonen sind konditionierte Räume und weisen mindestens eine Art der Konditionierung auf. Räume ohne Konditionierung werden als „nicht konditionierte Räume“ bezeichnet.

### Konditionierung

- Ausbildung bestimmter Bedingungen in Räumen durch Heizung, Kühlung, Be- und Entlüftung, Befeuchtung, Beleuchtung und Trinkwarmwasserversorgung um
- bestimmte Nutzungsanforderungen an Innentemperatur, Frischluft, Licht, Luftfeuchte und/oder Trinkwarmwasser zu erfüllen

### Kühlbedarf

- siehe Nutzkältebedarf

### kWh

- KiloWattStunde, Einheit für Energie, Umrechnungsfaktoren:
- 1 Liter Heizöl = 10 kWh
- 1 m<sup>3</sup> Erdgas = 8 bis 10 kWh
- 1 Liter Flüssiggas = 6 bis 7 kWh
- 1 kg Holzpellets = 5 kWh

### Luftdichtigkeitsprüfung des Gebäudes

- Mit dem Differenzdruck-Messverfahren (auch: Blower-Door<sup>(R)</sup>-Test) wird die Luftdichtheit eines Gebäudes gemessen. Das Verfahren dient dazu, Leckagen in der Gebäudehülle aufzuspüren und die Luftwechselrate zu bestimmen. Durch die Druckdifferenzen wird eine konstante Windlast auf das zu messende Gebäude simuliert.

### Nettogrundfläche, Energiebezugsfläche; A<sub>NGF</sub>

- nutzbare Fläche im konditionierten Raum

### Nettoraumvolumen, Luftvolumen; V

- Volumen einer konditionierten Zone bzw. eines gesamten Gebäudes, das dem Luftaustausch unterliegt
- Das Nettoraumvolumen bestimmt sich anhand der inneren Abmessungen und schließt so das Volumen der Gebäudekonstruktion aus.
- Das Nettoraumvolumen wird aus der entsprechenden Nettogrundfläche durch Multiplikation mit der lichten Raumhöhe ermittelt. Die lichte Geschosshöhe ist die Höhendifferenz zwischen der Oberkante des Fußbodens bis zur Unterkante der Geschosdecke bzw. einer abgehängten Decke. Vereinfacht, d. h., wenn z. B. kein inneres Aufmaß gemacht wird, wird es aus dem Bruttovolumen (externes Volumen) mit  $V = 0,8 V_e$  bestimmt.

**Nutzenergiebedarf**

- rechnerisch ermittelter Bedarf zur Aufrechterhaltung der festgelegten Konditionen (Heizung, Kühlung, Be- und Entlüftung, Befeuchtung, Beleuchtung und Trinkwarmwasserversorgung)

**Nutzenergiebedarf Beleuchtung**

- rechnerisch ermittelter Energiebedarf, der sich ergibt, wenn die Gebäudezone mit der im Nutzungsprofil festgelegten Beleuchtungsqualität beleuchtet wird

**Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser**

- rechnerisch ermittelter Energiebedarf für die festgelegte Trinkwarmwassermenge mit entsprechender Zulauftemperatur

**Nutzungsdauer**

- Angenommene Lebensdauer einer technischen Anlage oder einer Dämmung, während der sie die geplanten Aufgaben rentabel erfüllen kann. Durch diese Angabe werden verschiedene Maßnahmen wirtschaftlich vergleichbar.

**Nutzkältebedarf**

- rechnerisch ermittelter Kühlbedarf, der zur Aufrechterhaltung der festgelegten thermischen Raumkonditionen innerhalb einer Gebäudezone benötigt wird in Zeiten, in denen die Wärmequellen eine höhere Energiemenge anbieten als benötigt wird

**Nutzwärmebedarf**

- Als Nutzwärmebedarf bezeichnet man, vereinfacht ausgedrückt, die Energiemenge, die zur thermischen Konditionierung eines Gebäudes unter Berücksichtigung definierter Vorgaben erforderlich ist. Der Nutzwärmebedarf ist die Summe von Wärmesenken (Transmissionswärmeverluste, Lüftungswärmeverluste etc.) abzüglich der Wärmequellen (nutzbare solare Gewinne, Gewinne durch Geräte, Personen etc.).

**Primärenergieaufwandszahl**

- Diese Zahl beschreibt die Qualität des Heizsystems als Verhältnis zwischen zugeführter Primärenergie und tatsächlich genutzter Energie für Heizung und Warmwasser ( $kWh_{\text{Primär}}/kWh_{\text{Nutz}}$ ). Je kleiner die Primärenergieaufwandszahl ist, desto besser ist die Bewertung.

**Primärenergiebedarf**

- Produkt aus Endenergie und Primärenergiefaktor des eingesetzten Brennstoffes (Energieträgers). Der Primärenergiebedarf beziffert zusätzlich zum Endenergiebedarf die Herstellung und den Transport der verwendeten Energie.

**Raum-Solltemperatur**

- je nach Nutzungsprofil vorgegebene empfundene Temperatur im Innern eines Gebäudes bzw. einer Zone, die den Sollwert der Raumtemperatur bei Heiz- bzw. Kühlbetrieb repräsentiert
- In der Regel sind unterschiedliche Werte für den Heiz- und den Kühlbetrieb vorgesehen.

**Regelung**

- Heizenergieverluste können durch optimale Regelung weitgehend minimiert werden. Wichtige Ansatzpunkte: Wärme soll nur dahin gelangen, wo sie zurzeit auch benötigt wird (Heizkörper- und Raumthermostate); die Vorlauftemperatur soll nur so hoch sein, wie sie zur Erfüllung des Heizzweckes unbedingt erforderlich ist (Nachtabsenkung, Außenthermostat). Die Flammengröße des Brenners soll so eingestellt werden, dass unnötige Stillstandsverluste vermieden werden.

**Regenerative Energien**

- Erneuerbare Energien benutzen die in der Umwelt vorhandenen und sich durch natürliche Vorgänge erneuernden Energieformen. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Umweltwärme (Wärmepumpen), Sonnenenergie (Kollektoren), Erdwärme (aus tiefen Erdschichten), Wasserkraft (Wasserkraftwerke), Wellenenergie.

**Rendite, mittlere**

- Durchschnittlicher prozentualer Gewinn über den gesamten Nutzungszeitraum der Variante.  
Rendite =  $\frac{((\text{Kapitalwert} + \text{Investition}) / \text{Investition})^{(1/\text{Nutzungszeitraum})} - 1}{1} * 100$

**Systemnutzungsgrad in %:**

- Dieser umfasst den Nutzungsgrad der Heizungsanlage einschließlich der Wärmeverteilung (Leitungen) im Gebäude. Je höher dieser Nutzungsgrad ist, desto effektiver ist die Heizungsanlage. Beim Einsatz von Solarkollektoren und Wärmepumpen liegt der Nutzungsgrad zwischen 100 und 300 %. Alte Heizungsanlagen weisen dagegen einen Nutzungsgrad  $< 70$  % aus.

**Taupunkt**

- Taupunkt bezeichnet den Zustand des Wassers in seinem Phasendiagramm, bei dem es zur Kondensation (zum Beispiel Taubildung) von Wasserdampf kommt. Es handelt sich also um den Kondensationspunkt des Wassers.

**Thermografische Untersuchung des Gebäudes**

- Thermografie ist ein bildgebendes Verfahren, das Temperaturverteilungen sichtbar macht. Mit Hilfe einer Spezialkamera werden Aufnahmen des Gebäudes gemacht, um die Temperatur der Gebäudehülle an der Außenfläche zu erfassen. Hier wird anhand von Farbverläufen die Temperatur an der Oberfläche des Gebäudes sichtbar.
- "Warme" Flächen zeigen die besonders hohen Verluste der Wärme durch die Gebäudehülle an. Hier sind also Dämmung bzw. Fenstererneuerung sinnvoll. "Kalte" Flächen zeigen einen guten Dämmzustand an.
- Solche Aufnahmen können nur sinnvoll bei großen Temperaturunterschieden zwischen innen (Gebäude-Inneres) und außen (Umfeld) gemacht werden ( $10^{\circ}\text{C}$  bis  $15^{\circ}\text{C}$  Temperaturunterschied). D.h. das Gebäude muss zum Zeitpunkt der Aufnahme beheizt sein und die Außentemperatur muss niedrig sein (Morgenstunden in kalter Jahreszeit). Außerdem sollte das Gebäude zum Zeitpunkt der Aufnahme (und ein paar Stunden vorher) nicht direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt gewesen sein.

**Transmission**

- Wärmedurchgang durch ein Bauteil, durch Strahlung und durch Konvektion an den Oberflächen. Wird errechnet aus dem U-Wert, der Fläche des Bauteils.

**Trinkwarmwasserbedarf**

- siehe Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser

**U-Wert**

- Wärmedurchgangskoeffizient, Größe für die Transmission durch ein Bauteil. Er beziffert die Wärmemenge (in kWh), die bei einem Grad Temperaturunterschied durch einen Quadratmeter des Bauteils entweicht. Folglich sollte ein U-Wert möglichst gering sein. Wird bestimmt durch die Dicke des Bauteils und den Lambda-Wert (Dämmwert) des Baustoffes.

**Verluste**

- Verluste der Anlagentechnik (Wärmeabgabe, Kälteabgabe) bei der Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung

**Versorgungsbereich**

- Bereich des Gebäudes, das von der gleichen Technik versorgt wird
- ein Versorgungsbereich (Heizung, Warmwasser, Lüftung, Kühlung etc.) kann sich über mehrere Zonen erstrecken

**Wärmebrücken**

- Als Wärmebrücken werden örtlich begrenzte Stellen bezeichnet, die im Vergleich zu den angrenzenden Bauteilbereichen eine höhere Wärmestromdichte aufweisen. Daraus ergeben sich zusätzliche Wärmeverluste sowie eine reduzierte Oberflächentemperatur des Bauteils in dem betreffenden Bereich. Wird die Oberflächentemperatur durch eine vorhandene Wärmebrücke abgesenkt, kann es an dieser Stelle bei Unterschreitung der Taupunkttemperatur der Raumluft, zu Kondensatbildung auf der Bauteiloberfläche mit den bekannten Folgeerscheinungen, wie z.B. Schimmelpilzbefall kommen. Typische Wärmebrücken sind z.B. Balkonplatten, Attiken, Betonstützen im Bereich eines Luftgeschosses, Fensteranschlüsse an Laibungen.

**Wärmequelle**

- Wärmemengen mit Temperaturen über der Innentemperatur, die der Gebäudezone zugeführt werden oder innerhalb der Gebäudezone entstehen

- Nicht einbezogen sind die Wärmeeinträge, die geregelt über die Anlage (Heizung, Lüftung) zugeführt werden, um die Innentemperatur aufrechtzuerhalten.

#### **Wärmesenke**

- Wärmemenge, die der Gebäudezone entzogen wird
- Nicht einbezogen ist die Abfuhr von Wärme über das Kühlsystem.

#### **Zone, auch Gebäudezone, Nutzungszone**

- grundlegende räumliche Berechnungseinheit für die Energiebilanzierung
- Grundflächenanteil bzw. Bereich eines Gebäudes mit gleichen Nutzungsrandbedingungen
- keine relevanten Unterschiede hinsichtlich der Konditionierung

### **9.4 Empfehlungen zum Energiesparen und gesunden Wohnen**

#### **9.4.1 Anmerkungen zur Behaglichkeit**

Behaglich fühlt sich der Mensch bei angenehmer Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Am angenehmsten werden bei Temperaturen von 20-22°C Luftfechtigkeiten zwischen 40 und 70 % empfunden (siehe auch die Anmerkungen zur Lüftung). Wegen der Temperaturstrahlung hängt das Temperaturempfinden nicht nur von der Temperatur der Raumluft, sondern auch von der Temperatur der Umgrenzungsflächen ab. Durch Wärmedämmmaßnahmen erhöht sich die Behaglichkeit und damit der Wohnkomfort in einem Gebäude oft erheblich, weil die Flächen nicht mehr kalt wirken. Umgekehrt kommt es in schlecht gedämmten Objekten auch zu großen Temperaturunterschieden und Zugserscheinungen. Vor allem die niedrigen Oberflächentemperaturen führen zum Unbehaglichkeitsempfinden. Die kalte Wand strahlt Kühle aus, so dass der Mensch auch bei normalen oder erhöhten Raumtemperaturen friert. Umgekehrt fühlt sich ein Mensch auch bei normalen oder abgesenkten Raumtemperaturen wohl, wenn die Wand "warm" ist. Günstig sind daher auch Flächenheizungen (Wand- und Fußbodenheizung), da hier ein großer Teil der Hülle Wärme abstrahlt. Eine gut gedämmte Gebäudehülle erhöht die Oberflächentemperatur der Bauteile erheblich. Nach der Dämmung kann man also nicht nur mit deutlich verringerten Transmissionswärmeverlusten rechnen, sondern die Raumtemperatur etwas herunternehmen. Ein Grad geringere Raumtemperatur bedeutet rund 6 % Energieeinsparung!

#### **9.4.2 Allgemeine Energiespartipps**

- In Wohn- und Arbeitsräumen reicht eine Temperatur von 20° Celsius aus. Nachts und in ungenutzten Räumen sollte die Temperatur auf etwa 15° Celsius gesenkt werden.
- Die Senkung der Raumtemperatur durchschnittlich nur um 1°C senkt, spart rund 6 % Heizkosten.
- Ökonomisch und günstig ist kurzes kräftiges Stoßlüften etwa 3 bis 4 mal täglich in Abhängigkeit von der Außentemperatur jeweils 2-7 Minuten. Bei Durchzug wird die verbrauchte Raumluft schneller ersetzt. Kein Dauerlüften durch das Kippen eines oder mehrerer Fenster! Das ist für den erforderlichen Luftaustausch nahezu nutzlos und verschwendet unnötig Energie. Beim Lüften sollten die Heizkörperventile immer geschlossen sein.
- Heizkörper sollten nicht durch Möbel oder ähnliches verstellt werden, da die erwärmte Luft sonst nicht zirkulieren kann.
- Verwenden Sie möglichst Lampen mit niedrigem Stromverbrauch, hoher Lichtausbeute und langer Lebensdauer.
- Bei Duschen können Durchflussbegrenzer angebracht werden sowie Perlatoren an den Zapfstellen (z.B. Waschbecken im Gäste-WC). Wassereinsparung bis 50 %.

#### **9.4.3 Hinweise zur Luftfeuchte**

Wussten Sie, dass ein Vier-Personen-Haushalt am Tag ca. 10 Liter Wasser erzeugt (atmen, waschen, putzen, kochen etc.) und an die Raumluft abgibt? Diese Feuchte muss abgeführt bzw. zwischen gespeichert werden! Moderne Innenräume sind jedoch aufgrund neuartiger Baustoffe und Techniken immer luftdichter geworden und werden immer besser gedämmt - mit allen daraus resultierenden innenräumlichen Feuchtproblemen.

Kalk- und Lehmputze sind in hohem Maße diffusionsoffen (sofern sie eine diffusionsoffene Oberflächen-gestaltung erhalten!). Das heißt, dass Luftfeuchte in großen Mengen aufgenommen, gespeichert und bei zu geringer Luftfeuchte wieder abgeben werden kann. Somit pendelt sich immer eine ideale Luftfeuchte ein, was dem Raumklima und somit der Gesundheit der Bewohner zu Gute kommt (z.B. weniger Erkältungskrankheiten in den Wintermonaten!). Eine 10 mm starke Kalkputz-Schicht nimmt in einem ca.

24 m<sup>2</sup> großen Wohnraum ca. 17 Liter Wasser auf. Diese Menge wird bei zu trockener Luft (z.B. nach dem winterlichen Lüften) wieder abgegeben. Dieser Austausch funktioniert wie eine natürliche Klimaanlage - ohne Strom und technischen Aufwand! Kalkputz hat zudem eine hohe Alkalität - natürlicher Schutz vor der Besiedlung von Mikroorganismen! Lehm bindet Schadstoffe und ist geruchsabsorbierend!

#### 9.4.4 Hinweise zum richtigen Lüften

Bei Maßnahmen, welche die Dichtigkeit des Gebäudes verbessern (Abdichten von Fenstern und Türen, Erneuerung von Fenstern und Türen etc.), ist ein entsprechendes Nutzerverhalten notwendig.

Bei alten Fenstern ergibt sich ein unkontrollierbarer und damit verbunden ein größerer Lüftungswärmeverlust als erforderlich. Bei alten Fenstern stellt sich der aus hygienischen und feuchtbedingten Notwendigkeiten erforderliche Luftwechsel durch die vorhandenen Undichtigkeiten der Fugen in der Regel von selbst ein. Damit ergibt sich ein unkontrollierbarer und damit verbunden ein größerer Lüftungswärmeverlust als erforderlich. Bei abgedichteten bzw. modernen Fenstern reduzieren sich die Fugenverluste so, dass der erforderliche Luftwechsel durch ein angepasstes Nutzerverhalten erreicht werden muss. Entscheidend für die Begrenzung der Lüftungsverluste ist richtiges Lüften, da die Verluste durch zu lange oder ständig geöffnete oder gekippte Fenster beachtlich sind.

Erfolgt kein Austausch der feuchten Raumluft, so kann es durch Kondensation der Feuchtigkeit an den Wänden zu Feuchtschäden bis hin zu Schimmelpilzbildung kommen. Tag für Tag müssen in einer Wohnung etwa 10-15 Liter Wasser weggelüftet werden, beim Wäschetrocknen und bei vielen Zimmerpflanzen noch mehr! Ein Mindestmaß an Lüftung ist zudem für die Gesundheit und das Wohlbefinden der Bewohner erforderlich (Ausdünstungen aus Möbeln und Textilien).

Ein maschinelles, mechanisches und damit kontrollierbares Be- bzw. Entlüften mit Lüftungsanlage setzt beim Gebäude hohe Anforderungen an.

Bei Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebestand, die die Dichtigkeit der Gebäude verbessern, muss das richtige Be- und Entlüften durch ein angepasstes Nutzerverhalten erreicht werden.

Als Regel gilt:

Besser häufiger kurz lüften (Stoßlüftung) als Dauerkippstellung der Fenster!

#### Ferner sollten folgende Regeln beachtet werden:

- in den Wintermonaten wird eine mehrmalige tägliche Stoßlüftung von 4-6 Minuten empfohlen, in den Übergangszeiten 10-15 Minuten.
- Feuchtigkeit sollte dort durch die Fenster abgeführt werden, wo sie entsteht (Bad, Küche, ...)
- Warme (feuchte) Luft nicht in kalte bzw. ungeheizte Räume leiten.
- Während des Lüftens sind die Thermostatventile an den Heizkörpern zuzudrehen.
- Türen zwischen Räumen mit mehr als 4° Temperaturunterschied geschlossen halten.
- Kellerräume eher im Winter lüften, nur dann kann einströmende Luft Feuchtigkeit aufnehmen.
- Langes Dauerlüften vermeiden (Oberflächen kühlen aus).
- Schlafzimmer mehrmals täglich kurz lüften, Textilien u. Möbel nehmen Wasser auf (es fällt ca. 400g pro Person und Nacht an).

Zur Vermeidung von Schimmel trägt auch bei

- Keine Schränke und große Bilder an ungedämmte Außenwände stellen/hängen.

Bei Neubau oder Sanierung der Gebäudehülle im Bestand ist vom Architekten eine Lüftungsanleitung an den Bauherrn zu übergeben. Diese Anleitung muss die Kategorien Leerstandslüftung (dauerhaft, Feuchteabfuhr), Abwesenheitslüftung (Urlaub, WE), Grundlüftung (Mindestaußenluftwechsel) und Belastungslüftung (Party) enthalten.

#### Mechanische Lüftung ohne Wärmerückgewinnung

Die mechanische Bedarfslüftung stellt eine hygienisch einwandfreie Lösung zur Sicherung der Raumluftqualität unabhängig von Witterungseinflüssen dar.

Eine hohe Luftdichtigkeit der Gebäudehülle gekoppelt mit einer richtig projektierten Lüftungsanlage garantiert hierbei nicht nur weniger Energieverluste, sondern vermindert auch das Risiko von Bauschäden.

Der Schallschutz gegen Außengeräusche ist gegenüber Fensterlüftung deutlich verbessert.

Die Frischluft strömt in die Zuluftzonen, den Wohn-, Schlaf- und Arbeitsräumen über regulierbare Zuluftöffnungen ein. Der Überströmbereich umfasst z.B. Flure und das Treppenhaus. Der Abluftzone sind alle Feuchträume und besonders belastete Zimmer zugeordnet. Alle Räume der Zu- und Abluftzone müssen ausreichend dimensionierte Überströmöffnungen haben, so dass eine ungehinderte Luftströmung auch bei geschlossenen Innentüren möglich ist. In dieser Anordnung stellt sich ein gerichteter Luftstrom von den Zuluftzonen über die Überströmzone in die Abluftzonen ein. In der Abluftzone stellt

sich durch die kleineren Raumvolumina im Vergleich zur Zuluftzone automatisch ein höherer Luftwechsel ein.

Heizanlagen und andere Feuerstätten, die innerhalb des mechanisch entlüfteten Volumens aufgestellt werden, müssen zu- und abluftseitig raumluftunabhängig betrieben werden.

#### 9.4.5 Hinweise zum Stromsparen

Rechnerisch erfasst und berechnet wird in diesem Gutachten der Wärmeaspekt. Dieser kann hier mit hinreichend großer Genauigkeit ermittelt werden und Schlussfolgerungen in Bezug auf Energieeinsparmaßnahmen gezogen werden. Nicht berücksichtigt wird der Aspekt des Elektroenergieverbrauches, sofern er nichts mit Raumwärme oder Warmwasserbereitung zu tun hat. Dennoch ist dieser Bereich sehr wichtig und zum Teil erhebliche Einsparungen sind auch hier möglich. Daher wollen wir in einem kleinen Exkurs hierauf eingehen und Ihnen Hilfestellungen anbieten, auch hier erfolgreich Energie einzusparen.

##### **Strom-Info**

Stromenergie ist für den Verbraucher eine sehr komfortable und saubere Energie. "Stecker in die Steckdose oder Lichtschalter an" - wenige machen sich darüber Gedanken, was hinter diesem Komfort steckt:

In herkömmlichen Kraftwerken müssen **3 kWh Primärenergie** aufgewendet werden, um **1 kWh Strom** zu erzeugen. **2 kWh** gehen als **Abwärme** verloren!

Stein-, Braunkohle und Gaskraftwerke verursachen somit zusammen 350 Mio. t CO<sub>2</sub>, das sind 40% der CO<sub>2</sub>-Gesamtemissionen in Deutschland.

Hinzu kommen das hohe Gefahrenpotential der Kernenergie und deren ungelöstes Endlagerungsproblem.

Aus dieser Problematik lassen sich 4 Ziele ableiten:

- 1.) Strom einsparen (was ohne Komfortverlust möglich ist!)
- 2.) Einsatz effizienter Techniken (sparsame Geräte und Beleuchtung, etc.)
- 3.) Einsatz regenerativer Energien (z.B. Sonne, Wind- und Wasserkraft)
- 4.) Ausbau der Strom- (und Wärme-) Erzeugung in Kraft-Wärme-Kopplungs-Kraftwerken (aus der eingesetzten Primärenergie wird 1/3 Strom und 2/3 Wärme erzeugt/genutzt)

##### **Einige Stromspar-Tipps für den häuslichen Alltag:**

- **Ersetzen Sie Glühlampen durch LED!** Diese können fast überall sinnvoll eingesetzt werden.
- **Schalten Sie Geräte richtig aus!** Viele elektrische Geräte (Fernseher, Musikanlage...) bieten einen Stand-By-Betrieb an, der energetisch unsinnig ist. Auch wenn dieser Stromfluss zunächst vernachlässigbar klein anmutet, so haben Messungen doch erschreckend hohen **Stand-By-Verbrauch** zutage gefördert. **Zusammengenommen ließe sich bundesweit ein Kernkraftwerk komplett einsparen**, wenn Geräte richtig ausgeschaltet würden. Auch ohne Stand-By verbrauchen viele Geräte (Computer, Monitore, Drucker und viele andere) in ausgeschaltetem Zustand (!) Strom. Nutzen Sie daher Steckerleisten mit separatem Schalter, an dem Sie die Stromzufuhr komplett abschalten.
- Beladen Sie Ihre Waschmaschine immer vollständig. Damit nutzen Sie Wasser und Strom besser aus. Wenn Sie die Wäsche zuvor nach Temperatur sortieren (Buntwäsche 30°), Weißwäsche 30-60° - "Kochwäsche" gibt es heute gar nicht mehr - sparen Sie viel Strom und schonen überdies die Wäsche.
- Schließen Sie Ihre Waschmaschine an das Warmwasser an. Dazu bieten viele Hersteller Vorschaltgeräte an, die einen Schutz der Wäsche vor zu hohen Temperaturen bieten. Voraussetzung ist eine Solaranlage zur Warmwasserbereitung oder eine moderne Zentralheizung. Im Gegensatz zum Heizstab der Waschmaschine wird das Warmwasser viel umweltfreundlicher und preiswerter bereit. Die Ersparnis je Haushalt und Maschine liegt zwischen 50 und 90%.
- **Wählen Sie bei Neuanschaffungen das sparsamste Gerät!** Das wesentliche Kriterium zur Auswahl bei der Anschaffung eines neuen Gerätes sollte neben der Qualität der Verbrauch an Strom und Wasser sein. "Weiße Ware" (Spül-, Waschmaschinen, Trockner, Kühlschränke etc.) tragen einen entsprechenden Aufkleber, an dem Sie die wichtigsten Kennwerte (typischer Strom- und Wasserverbrauch) erkennen können. Eine Vergleichsliste erhalten Sie vom Bund der Energieverbraucher, von Stiftung Warentest oder Ihrem Energieversorger. Die Mehrkosten amortisieren sich praktisch in jedem Fall. Einige Geräte (Wasch- Spülmaschinen) können Warm- und Kaltwasser getrennt aufnehmen. Das bietet den Vorteil, dass das Wasser nicht elektrisch aufgeheizt werden muss, sondern über das wesentlich sparsamere Gasgerät oder besser die Solaranlage. Ältere Maschinen können mit einem Vorschaltgerät nachgerüstet werden.
- **Kontrollieren Sie und analysieren Sie Ihren Stromverbrauch!** Im Handel, über den Energieberater und vom Bund der Energieverbraucher werden Messgeräte angeboten, mit denen Sie Energielecks auffinden können. Vergleichen Sie auch den Energieverbrauch Ihrer Geräte mit Richtwerten (ebenfalls beim Bund der Energieverbraucher zu beziehen).

- **Vermeiden Sie Lastspitzen!** Kraftwerke halten Kapazitäten für den größten Lastfall vor; d.h. Sie helfen Kraftwerke einzusparen, in dem Sie Strom dann beziehen, wenn andere ihn nicht brauchen. Größte Lastspitzen sind erfahrungsgemäß Spätvormittags im Winter. Schalten Sie daher Wasch- und Spülmaschinen z.B. am späten Nachmittag ein (oder gar nachts). Nebenbei: fast alle deutschen Haushalte stellen ihre Waschmaschine montags früh an, was unter anderem die Kläranlagen vor große Probleme stellt.
- **Überprüfen Sie Ihre Heizungspumpe und regeln Sie Ihre Heizung optimal!** Vielfach laufen die Pumpen permanent, so dass sich eine falsche Einstellung stark im Stromverbrauch bemerkbar macht. **Bitten Sie Ihren Installateur bei der Wartung, die Pumpe genau dem Bedarf anzupassen bzw. eine elektronisch gesteuerte Pumpe einzubauen.** Lassen Sie die Heizkurven, die Nacht- und Wochenendabsenkung und die Umstellung von Sommer- auf Winterbetrieb überprüfen.
- **Beziehen Sie Öko-Strom!** Der Umstieg ist ganz einfach! Einige Ökostromanbieter haben sogar günstigere Tarife als Ihr örtlicher Lieferant. Kontaktadressen (kein Anspruch auf Vollständigkeit!): EWS Schönau ([www.ews-schoenau.de](http://www.ews-schoenau.de)), Greenpeace energy ([www.greenpeace-energy.de](http://www.greenpeace-energy.de)), Lichtblick ([www.lichtblick.de](http://www.lichtblick.de)), Naturstrom AG ([www.naturstrom.de](http://www.naturstrom.de)), etc.
- **Setzen Sie Photovoltaik ein!** Zurzeit sind die Rahmenbedingungen für den Einsatz bzw. die Installation von Photovoltaik zur Stromerzeugung interessant: Die Abnahme des Stromes zum festgelegten kWh-Preis ist für 20 Jahre garantiert. Informieren Sie sich gründlich!

Viele weitere nützliche Stromspartipps und Informationen stehen in den Broschüren:

- "Energiesparen leicht gemacht, Schönauer Stromspartipps" (zu beziehen über "Bund der Energieverbraucher", Tel. 02224 / 92 27 0, Internet: [www.energienetz.de](http://www.energienetz.de))
- Broschüre des Umwelt Bundesamtes: "Ihr Verlustgeschäft - Energieräuber im Haushalt" (Tel. 030/8903-0, Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de))

#### 9.4.6 Heizungsmodernisierung

Die Heizungsanlage sollte zusätzlich mit einer modernen Steuerung adaptiert werden, welche in der Lage ist, als Steuergröße die Rücklaufemperatur in die Regelung einzubeziehen. Hierdurch verringert sich die Betriebszeit des Kessels insbesondere den Teillastbetrieb in den Übergangszeiten enorm. Vor Inbetriebnahme des Steuermoduls muss ein hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage erfolgen. Die Umwälzpumpe sollte elektronisch drehzahl- oder druckdifferenzgeregelt ihre Leistung anpassen können (s.o.). Die Heiz- und Warmwasserleitungen müssen zur Vermeidung von Wärmeverlusten gut gedämmt werden.

In Zusammenhang mit einer Heizungsmodernisierung bzw. bei Austausch der Heizkörper bzw. Ersatz von Einzelfeuerstätten sollten Sie die Möglichkeit in Erwägung ziehen, **Wandflächenheizungen** einzubauen.

Im Gegensatz zu normalen Heizkörpern (Erwärmung durch die Luft) bieten Wandflächenheizungen angenehme Strahlungswärme (vergleiche Sonne, Kachel-/Grundofen!), die tief in den Körper eindringt und folgende Vorteile bietet: keine Luftumwälzung im Raum und damit weniger Staubaufkommen, optimale Behaglichkeit und Energieersparnis (Raumumfassungsflächen sind wärmer, entziehen dem Körper damit weniger Wärme und erlauben somit bei gleicher Behaglichkeit niedrigere Raumtemperaturen (Bei 1°C weniger Raumtemperatur werden 6% Energie eingespart!).

Allerdings muss die Möblierung vorab genauer geplant werden. Bilder können aber mit Hilfe von Bildleisten bzw. Wärmefolien zur Ortung der Heizrohre aufgehängt werden!

Außerdem sollten Außenwandflächen, auf denen Wandheizungen montiert werden, einen Mindest-U-Wert von 0,35 W/m<sup>2</sup>K aufweisen.

Wandflächenheizungen bieten die baubiologisch besten Wärmeübertragungsflächen. "Es fühlt sich an, als hätte man in jedem Raum einen Kachelofen!" Im Idealfall werden die Heizregister mit Lehm verputzt, dann ist ein optimales Wohlfühlklima (Raumlufftfeuchte, Strahlungs- und Temperaturverhalten) gegeben. Außer den verputzten Rohschlangen gibt es auch Plattensysteme, bei denen die Heizrohre in Gipsfaser- oder Lehmbauplatten bereits integriert sind. Diese eignen sich z.B. auch zur Anbringung der Wandheizflächen in Dachschrägen!

#### 9.4.7 Thermische Solaranlage zur Warmwasser-Bereitung

Bei der Möglichkeit zur Installation von Solarkollektoren auf nach Süden ausgerichteten Dachflächen oder mit entsprechenden Untergestellen auf ebenen Flächen kann ein großer Teil der für die Brauchwassererwärmung erforderlichen Energie solar erzeugt werden.

Faustregel zur Dimensionierung von Solaranlagen: Kollektorfläche pro Person: Ca. 1,5 m<sup>2</sup> mit Flachkollektoren, ca. 1,0 m<sup>2</sup> mit Vakuumröhrenkollektoren.

Der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung von zwei Personen kann bei einer zu erwartenden 65 % solaren Deckung von ca. 1.500 kWh/a auf etwa 600 kWh/a reduziert werden.

Die thermische Solaranlage lässt sich mit der Heizungsanlage kombinieren, so dass bei anhaltend geringer Solareinstrahlung der Heizkessel die Brauchwassererwärmung unterstützt.

Der Wirkungsgrad der Anlage erhöht sich bei Verwendung eines Solar- Schichtenspeichers und der low flow Beladungstechnik.

#### 9.4.8 Regenwassernutzung

In Deutschland fallen im Durchschnitt 700 Liter je m<sup>2</sup> Grundfläche pro Jahr. Wird das Wasser eines 150 m<sup>2</sup> großen Dachs gesammelt, kann damit eine vierköpfige Familie zu über 75 % mit Wasser versorgt- und dabei mehr als 100.000 Liter Trinkwasser jährlich eingespart werden. Weiterhin ist es für Gartenbewässerung und Haushaltsreinigung geeignet. Durch die geringe Härte eignet sich Regenwasser auch sehr gut zum Waschen.

Das qualitativ beste Regenwasser liefern geneigte Dächer mit harter Dachhaut aus Ziegel, Dachsteinen, Schiefer, Zink- oder Edelstahlblech. Regenwasser von Bitumendächern ist oft stark gelblich verfärbt und für Wäschewaschen ungeeignet; Asbestzementdächer sind wegen der Faserfreisetzung ungeeignet und zu sanieren; Gründächer vermindern den Wasserertrag stark und färben das Wasser häufig bräunlich ein.

Das Regenwasser sollte möglichst dunkel und kühl gelagert werden. Erdspeicher (z.B. monolithische Betonzisternen) sind hier im Vorteil. Innenspeicher sollten nur gewählt werden, wenn Erdspeicherung nicht möglich ist. Überschlüssig können bei Wohnnutzung je Bewohner 800 Liter Tankvolumen angenommen werden.

Überschüssiges Regenwasser kann einer Versickerungsanlage zugeführt werden.

Den Wasserversorgern ist der Bau einer Regenwasseranlage vor Inbetriebnahme anzuzeigen.

Regenwasserleitungen und Entnahmestellen müssen daher deutlich unterscheidbar von Trinkwasserleitungen und Entnahmestellen kenntlich gemacht werden.

#### 9.4.9 Photovoltaik-Anlage

Die auf eine ebene Fläche auftreffende Sonnenenergie beträgt in Deutschland im Mittel pro Tag etwa 2,9 kWh/m<sup>2</sup>, d.h. im Jahr 1.045 kWh/m<sup>2</sup>. Der Wert optimal zur Sonne ausgerichteter Flächen beträgt im Mittel 1.180 kWh/m<sup>2</sup> und variiert je nach Region um etwa 10 %.

Ein durchschnittlicher 4-Personen-Haushalt verbraucht jährlich etwa 5.000 kWh elektrischer Energie. Zur Gewinnung der erforderlichen Haushaltsstrom-Energie eines 4-Personen-Haushalts würde man für eine netzautarke Versorgung bei derzeitigem PV-Wirkungsgrad eine Modulfläche von ca. 65 m<sup>2</sup> (bei solarer Normeinstrahlung Deutschland) benötigen.

Die Anlagen können über elektronische Wechselrichter an das öffentliche Stromnetz angeschlossen werden. Bei geringer PV-Anlagenleistung wird der Bedarf über das öffentliche Netz gedeckt.

Die Herstellungskosten photovoltaisch erzeugten Stroms liegen noch immer über dem konventionell erzeugten Strom.

Die Höhe der Einspeisevergütungen sind in dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) geregelt. Das Gesetz wird regelmäßig angepasst.

Die aktuellen Einspeisevergütungen werden von der Bundesnetzagentur veröffentlicht.

### 9.5 Allgemeine Anmerkungen zu Wärmedämmverbund-System (WDVS)

Zum WDVS aus Dämmstoff, Armierungsgewebe und Putz sollen folgende Anmerkungen gemacht werden:

- Es sollten nur komplette Systeme von einem Hersteller verwendet werden.
- Es sollte auf Alu-Sockelschienen (Montagehilfen) verzichtet werden, da diese eine kritische lineare Wärmebrücke darstellen. Alternativ kann z.B. Edelstahl oder ein bereits vorhandener (vorstehender) Sockel eingesetzt werden. Bei einem Einfamilienhaus verschlechtern Alu-Schienen die Dämmwirkung des Systems um 25% gegenüber Edelstahlschienen!
- Bei Grenzbebauung muss die Aufbringung eines WDVS mit der Baubehörde bzw. dem Nachbarn abgeklärt werden.
- Achten Sie an den sorgfältigen Anschluss des Dämmmaterials an die Fensterlaibungen (und den Sturz): mindestens ca. 2 - 4 cm starke Dämmplatten um die Laibungsecke herumführen oder die

- neuen Fenster mit der Außenkante auf die Außenkante der vorhandenen Wand setzen, damit der Dämmstoff einige cm über den Blendrahmen geführt werden kann.
- In der Regel werden durch den verbreiterten Wandaufbau neue Außenfensterbänke notwendig. Auch diese sollten unterseitig eine Dämmlage erhalten, damit ähnlich wie bei den Fensterlaibungen keine Wärmebrücken entstehen können.
  - Die Dämmplatten sollten umseitig am Rand verklebt werden (keine Klebebatzen), damit eine homogene Verbindung ohne Luftkanäle zwischen Bestandswand und Dämmplatte hergestellt wird.
  - Beim Anbringen eines WDVS müssen die Regenfallrohre vorverlegt werden.
  - Unter Umständen kann auch die Verbreiterung des Dachüberstandes notwendig werden (wird das Dach sowieso neu eingedeckt, ist diese Verbreiterung relativ einfach herzustellen).
  - In stoßgefährdeten Bereichen (z.B. Sockel) kann das Anbringen eines Panzergewebes sinnvoll sein.
  - Entscheiden Sie sich rechtzeitig für eine Fassadenfarbe, der Putz kann dann ggf. eingefärbt werden. Dunkle Farben sind bei WDVS ungünstig und müssen vorher mit dem Systemhersteller geklärt werden.
  - Dämmstoffwahl: Für die Außenwanddämmung mit Putzschicht sind folgende (ökologische) Materialien verwendbar: Holzweichfaserplatten, Zellulose, Schilfrohmatten, Kalziumsilikatplatten, Mineraldämmplatten und Kork. Diese Materialien sind diffusionsfähig, hygroskopisch, bilden im Brandfall keine giftigen Gase, haben kein Treibhauspotential und sind problemlos zu entsorgen.
  - Konventionelle Produkte sind Systeme mit Mineralfaser oder Hartschaumprodukte\*.

\*Hinweise zu Hart- und Montageschaumprodukten:

Nachdem seit 1995 FCKW als Treibmittel in Dämmstoffen verboten wurde, kommt in vielen Produkten (z.B. PUR-Hartschaum und XPS Extruderschaum einzelner Hersteller) HFCKW als Treibmittel zum Einsatz. Auch dieses Treibmittel hat ein hohes Treibhauspotential und ist langfristig keine Alternative (leider offiziell noch bis 2015 in Deutschland erlaubt)!

Treibmittel im Vergleich:

|                 |                     |       |
|-----------------|---------------------|-------|
| CO <sub>2</sub> | Treibhauspotential: | 1     |
| HFCKW 22        | Treibhauspotential: | 4.100 |
| HFCKW 141b      | Treibhauspotential: | 1.500 |

Fragen Sie bei der Produktwahl genau nach und lassen Sie sich schriftlich bestätigen, welches Treibmittel benutzt wurde!

Sollten Sie sich dennoch für Polystyrol-Dämmstoffe entscheiden, achten Sie darauf, dass die Platten mind. ½ Jahr abgelagert wurden, da sie schwinden.

Bei den Kosten ist zu beachten, dass bei einer Putzausbesserung mit neuem Anstrich "Sowieso-Kosten" für Gerüst und Anstrich anfallen, die in der Gesamt-Bilanz von diesen Kosten abzuziehen sind.

Der finanzielle Aufwand, den man für Außenputzarbeiten und Malerarbeiten aufbringen muss, beträgt ca. 50,- Euro/m<sup>2</sup>. Die Mehrkosten für das Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems betragen bei konventionellen Systemen etwa 35%.

## 9.6 Entsorgungskonzept

Bei der Gebäudesanierung fallen Abfallstoffe an, welche fachgerecht entsorgt werden müssen.

Bei der Auswahl der einzusetzenden Baustoffe für die Sanierung sollte eine spätere Entsorgung in jedem Fall berücksichtigt werden.

## 9.7 Erläuterungen zu Wärmebrücken

Wärmebrücken sind Punkte, Winkel und Flächen der Gebäudehülle, an denen gegenüber den übrigen Bauteilen erhöhte Transmissionen stattfinden. Mit dem Begriff Wärmebrücken werden alle Bauteile oder Bauteilzonen bezeichnet, durch die die Wärme stärker, bzw. schneller fließt als durch die benachbarten Bauteile / Bauteilzonen. Wenn durch eine solche "Störung" in der Wärme übertragenden Gebäudehülle an einem "Punkt" die Wärme schneller vom Innenraum nach außen fließen kann als durch die umgebenden Bauteile, besteht die Gefahr von Tauwasserbildung. Dieses kann zur Schädigung dieses Bauteiles oder zur Schimmelbildung führen.

Man unterscheidet geometrische und konstruktive, lineare und flächenhafte Wärmebrücken.

Es werden grundsätzlich vier Arten von Wärmebrücken unterschieden:

- **Materialbedingte Wärmebrücken** sind aus Materialien, deren Wärmeleitfähigkeit größer ist als die der umgebenden Bauteile.

- **Geometrisch bedingte Wärmebrücken** entstehen immer, wenn die Wärme abgebende Oberfläche eines Bauteils größer ist als die Wärme aufnehmende Fläche z.B. Gebäudeecken.
- **Konstruktionsbedingte Wärmebrücken** treten immer dann auf, wenn die Wärme übertragende Gebäudehülle bei bestimmten Bauteilen geschwächt ist z.B. Heizkörpernischen, Auflager für Bodenplatten, Schlitze für Installationsleitungen, usw.
- **Lüftungsbedingte Wärmebrücken** haben grundsätzlich als Ursache konvektive Luftströme durch Fugen und andere Gebäudeundichtigkeiten. Diese Gebäudeundichtigkeiten lassen sich mittels einer Blower-Door-Messung feststellen.

Im Folgenden werden solche Wärmebrücken betrachtet, die nicht bereits in die Kalkulation der Bauteil-Transmissionen eingegangen sind.

Sowohl geometrische als auch konstruktive Wärmebrücken werden durch die Berechnungsmethode der Bauteile berücksichtigt. Bei deren Flächen werden die Außenmaße eingesetzt, d.h. das alle Wand- und Deckenanschlüsse mit abgedeckt werden.

In unbeheizten Räumen verlaufende Rohrleitungen (Wasser- und Heizungsrohre) sollten gedämmt werden.

Vorhandene Heizkörpernischen sollten ausgemauert werden.

Neu zu errichtende Installationsschächte sollten nach Möglichkeit nicht in der Gebäudeaußenhülle erstellt werden.

Im Normalfall werden Wärmebrücken mit einem Pauschalwert berücksichtigt.

Bei der Berechnung nach Energie-Einsparverordnung (EnEV) wurde ein pauschaler Aufschlag für die Wärmebrücken von  $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  auf die U-Werte der Gebäudehülle verwendet.