

Gemeinde Muggensturm		Beschlussvorschlag		2024/087			
Amt: Hauptamt		Beratungsfolge		Sitzung am			
		Gemeinderat		18.11.2024			
AZ.:				öffentlich			
Beratungsergebnis:							
Bearbeiter: Tanja Egner							
Verfasser:							
einstimmig	Mit Stimmenmehrheit	Ja-Stimmen	Nein-Stimmen	Enthaltungen	Beschlussvorschlag	Abweichung	Kein Beschluss wird nachgereicht

## Fortführung des kommunalen Energiemanagements durch die Netze BW;

### 1. Vorstellung der Gebäudechecks für die Liegenschaften Albert-Schweitzer-Schule, Schulturnhalle und Feuerwehrhaus

### 2. Beratung und Beschlussfassung für die Durchführung von Gebäudechecks in den Liegenschaften Rathaus, Tennishalle und Wolf-Eberstein-Halle

#### 1. Vorstellung der Gebäudechecks für die Liegenschaften Albert-Schweitzer-Schule, Schulturnhalle und Feuerwehrhaus:

Der Gemeinderat hat in seiner öffentlichen Sitzung vom 27.02.2023 beschlossen, dass die Netze BW für die Liegenschaften Albert-Schweitzer-Schule, Schulturnhalle und Feuerwehrhaus Gebäudechecks erstellt. Die Netze BW hat für das Projekt Förderanträge beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle gestellt, welche am 01.03.2024 bewilligt wurden. Zwischenzeitlich wurden die Gebäudechecks von der Netze BW erstellt. Diese werden in der Sitzung durch einen Vertreter der Netze BW vorgestellt.

Für die Gebäudechecks wurden für die zu bewertenden Liegenschaften die Ist-Zustände aufgenommen und verschiedene Möglichkeiten der künftigen energetischen Umrüstung / Sanierung der jeweiligen Liegenschaft aufgezeigt.

#### a) Albert-Schweitzer-Schule:

Die Kosten für die Erstellung des Gebäudechecks betragen 11.300,- €. Die bewilligte Fördersumme beträgt gem. Zuwendungsbescheid 8.000,- €. Es verbleibt ein Eigenanteil der Gemeinde Muggensturm i.H.v. 5.447,- €.

Die Netze BW stellt folgende Maßnahmen zur Energieeinsparung vor:

#### **Maßnahmepaket 1: Heizungsoptimierung:**

Im Jahr 2021 wurde bereits eine Heizungsoptimierung / Hydraulischer Abgleich durchgeführt. Das Projekt wurde vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle gefördert. Die Kosten beliefen sich auf 22.183,01 €. Das Projekt wurde mit 6.654,90 € gefördert.

#### **Maßnahmepaket 2: Fenstersanierung:**

Die Netze BW schlägt vor, die Fenster zu sanieren, sobald diese Reparatur bedürftig sind. Hierdurch sollen Wärmeverluste über die Fensterfläche reduziert werden, der thermische Komfort gesteigert, im Sommer ein besserer Hitzeschutz gewährt und die Behaglichkeit erhöht werde. Die geschätzten Investitionskosten belaufen sich auf 680.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 102.000,- € gefördert werden. Pro Jahr können durch die Maßnahme 138.048 kWh Energie und geschätzte 7.808,- € eingespart werden. Es wird vorgeschlagen, kaputte Fenster bei Bedarf, zu sanieren.

#### **Maßnahmepaket 3: Dämmen der Außenwände im Altbau:**

Ziel der Maßnahme ist die Reduzierung der Wärmeverluste über die Eingangstüre und die Außenwände, Steigerung des thermischen Komforts, besserer Hitzeschutz im Sommer und die Erhöhung der Behaglichkeit. Die geschätzten Investitionskosten liegen bei 326.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 48.900,- € gefördert werden. Pro Jahr könnten 208.060 kWh und geschätzte 11.783,- € eingespart werden. Es wird vorgeschlagen, die Maßnahme bei einer Gesamtanierung des Schulgebäudes durchzuführen.

#### **Maßnahmepaket 4: Installation einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung:**

Ziel der Maßnahme ist eine kontrollierte Belüftung, ein regelmäßiger Luftaustausch, die Reduzierung der Lüftungswärmeverluste sowie die positive Beeinflussung der Konzentrationsfähigkeit der Schüler. Die

geschätzten Investitionskosten liegen bei 160.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 24.000,- € gefördert werden. Pro Jahr können durch die Maßnahme 307.314 kWh und geschätzte 12.591,- € eingespart werden. Es wird vorgeschlagen, die Maßnahme bei einer Gesamtanierung der Albert-Schweitzer-Schule durchzuführen.

**Maßnahmepaket 5: Modernisierung der Gebäudehülle (Sparrendach Altbau):**

Ziel der Maßnahme ist ein sommerlicher Hitzeschutz, geringerer Wärmeverlust, regenerative Stromquelle und Erhöhung der Behaglichkeit. Sobald das Dach sanierungsbedürftig ist, sollte die Maßnahme durchgeführt werden. Die schätzten Investitionskosten betragen 400.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 60.000,- € gefördert werden. Pro Jahr könnten 346.081 kWh und geschätzte 17.925,- € eingespart werden. Es wird vorgeschlagen, die Maßnahme bei Sanierungsbedürftigkeit des Sparrendaches durchzuführen.

Die Varianten 6 bis 8 zeigen die verschiedenen Möglichkeiten der Heizungssanierung auf. Ziel ist die Nutzung regenerativer Energiequellen, die Reduzierung des Endenergiebedarfes und die Niedertemperatur des Heizsystems. Die Maßnahme sollte umgesetzt werden, sobald die bestehende Heizung ausgetauscht werden muss.

**Maßnahmepaket 6: Heizungssanierung durch Gasbrennwertkessel und Luft- / Wasser Wärmepumpe:**

Die Investitionskosten belaufen sich auf 220.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 33.000,- € gefördert werden. Pro Jahr können 511.335 kWh und geschätzte 17.093,- € eingespart werden.

oder

**Maßnahmepaket 7: Heizungssanierung Luft- / Wasserwärmepumpe und neue Heizkörper:**

Die Investitionskosten belaufen sich auf 215.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 32.250,- € gefördert werden. Pro Jahr könnten 563.894 kWh und geschätzte 17.875,- € eingespart werden.

oder

**Maßnahmepaket 8: Heizungssanierung durch Pelletkessel und Solarthermie:**

Die Investitionskosten belaufen sich auf 240.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 36.000,- € gefördert werden. Pro Jahr könnten 309.011 kWh und geschätzte 21.926,- € eingespart werden.

**Variante 9: Dämmung Kelleraußenwand und Bodenplattendämmung:**

Die Maßnahme verhindert, dass das Gebäude von unten auskühlt, der Endenergiebedarf und die Heizkosten sich reduzieren. Die Kosten belaufen sich auf 160.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 36.000,- € gefördert werden. Die Energieeinsparung beträgt pro Jahr 570.565 kWh und geschätzte 19.155,- €. Es wird vorgeschlagen, die Maßnahme bei einer Gesamtanierung der Albert-Schweitzer-Schule durchzuführen.

**Zusammenfassung der Ergebnisse (Quelle Netze BW):**

IST-Zustand vor Sanierung	43.319 €/a					
	696.159 kWh/a Endenergiebedarf					
Sanierungsmaßnahme	Endenergiebedarf			Energiekosten		
	Nach Sanierung [kWh/a]	Einsparung [kWh/a]	[%]	Nach Sanierung [€]	Einsparung [€]	[%]
1) Heizungsoptimierung <small>(hydraulischer Abgleich, Einbau programmierbare Thermostatventile)</small>	641.876	-54.282	-8%	40.240	-3.079	-7%
2) Fenster (Altbau)	558.111	-138.048	-25%	35.511	-7.808	-18%
3) Fassade (Altbau)	488.098	-208.060	-30%	31.536	-11.780	-27%
4) Lüftungsanlage mit WRG	388.844	-307.314	-44%	30.729	-12.591	-29%
5) Dach und Außenwände DG + Flachdach (Musikerheim) + PV-Anlage	350.077	-346.081	-50%	25.394	-17.925	-41%
6) Luft/Wasser Wärmepumpe + Gasbrennwertkessel	184.822	-511.337	-73%	26.226	-17.093	-39%
7) Luft/Wasser Wärmepumpe + neue Heizkörper	132.264	-563.894	-81%	25.445	-17.875	-41%
8) Pellets + Solarthermie	387.147	-309.011	-44%	21.393	-21.926	-51%
9) Kelleraußenwände + Bodenplatte	125.594	-570.565	-82	24.164	-19.155	-44%

## **b) Feuerwehrhaus:**

Die Kosten für die Erstellung des Gebäudechecks betragen 7.616,- €. Die bewilligte Fördersumme beträgt gem. Zuwendungsbescheid 6.092,80,- €. Es verbleibt ein Eigenanteil der Gemeinde Muggensturm i.H.v. 1.523,20 €.

Das Architekturbüro Thiele wurde beauftragt, eine Machbarkeitsstudie zu erstellen, ob eine Sanierung oder ein Neubau des Feuerwehrhauses sinnvoll ist. Gegebenenfalls kann, bei einer Sanierung oder anstehenden Reparaturarbeiten, auf die vorgeschlagenen Maßnahmen des Gebäudechecks zurückgegriffen werden.

Die Netze BW stellt folgende Maßnahmen zur Energieeinsparung vor:

### **Maßnahmepaket 1: Heizungsoptimierung:**

Ziel ist die Reduzierung der Anlageverluste, Steigerung des thermischen Komforts, Stromeinsparung durch Hocheffizienzpumpen sowie Erhöhung der Behaglichkeit. Es sollen programmierbare Heizkörperthermostate eingebaut, ein hydraulischer Abgleich durchgeführt und geregelte Umwälzpumpen eingebaut werden.

Die Kosten belaufen sich auf 20.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 3.000,- € gefördert werden. Pro Jahr können 17.721 kWh und geschätzte 2.090,- € eingespart werden. Die Maßnahme sollte durchgeführt werden, sofern das bestehende Feuerwehrhaus saniert und nicht abgerissen wird.

### **Maßnahmepaket 2: LED-Beleuchtung:**

Die geschätzten Investitionskosten liegen bei 12.500,- €. Die Maßnahme könnte mit 1.875,- € gefördert werden. Die Energieeinsparung pro Jahr beträgt 18.230 kWh und geschätzte 3.294,- €. Bei defekten Leuchtmitteln werden diese bereit sukzessive auf LED-Leuchten umgestellt. Es wird vorgeschlagen, eine komplette Umrüstung auf LED-Leuchten nur bei Sanierung des Feuerwehrhauses durchzuführen.

### **Maßnahmepaket 3: Fenstertausch auf 3-fach Verglasung:**

Ziel ist die Reduzierung der Wärmeverluste über die Fensterfläche, die Steigerung des thermischen Komforts, ein besserer Hitzeschutz im Sommer und Erhöhung der Behaglichkeit. Die Investitionskosten belaufen sich auf 85.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 12.750,- € gefördert werden. Die Energieeinsparung pro Jahr beträgt 34.038 kWh und geschätzte 5.107,- €. Es wird vorgeschlagen, die Fenster zu sanieren, wenn sie defekt sind. Es wird vorgeschlagen, eine Komplettsanierung der Fenster nur bei Sanierung des Feuerwehrhauses durchzuführen, nicht bei Abriss.

### **Maßnahmepaket 4: Dämmen der Außenwände, Tausch der Eingangstüre:**

Ziel ist die Reduzierung der Wärmeverluste über Außenwände und Eingangstüre, Steigerung des thermischen Komforts, besserer Hitzeschutz im Sommer und Erhöhung der Behaglichkeit. Die geschätzten Investitionskosten liegen bei 195.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 29.250,- € bezuschusst werden. Die Energieeinsparung pro Jahr beträgt 88.077 kWh und geschätzte 11.318,- €. Es wird vorgeschlagen, diese Maßnahme bei einer möglichen Sanierung des Feuerwehrhauses durchzuführen.

### **Maßnahmepaket 5: Sparrendachdämmung und Sanierung Flachdach Turm:**

Ziel der Maßnahme ist ein sommerlicher Hitzeschutz, geringerer Wärmeverlust über die Dachflächen, Reduzierung der Energiekosten und Erhöhung der Behaglichkeit. Die Investitionskosten belaufen sich auf 137.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 20.550,- € gefördert werden. Die Energieeinsparung pro Jahr beträgt 94.425 kWh und geschätzte 12.047,- €. Es wird vorgeschlagen, die Maßnahme nur bei einer Gesamtsanierung des Feuerwehrhauses durchzuführen.

### **Maßnahmepaket 6: Installation einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung:**

Ziel der Maßnahme ist eine kontrollierte Belüftung, ein regelmäßiger Luftaustausch, die Reduzierung der Lüftungswärmeverluste und die Vorbeugung vor Schimmel- und Feuchtigkeitsproblemen. Die Investitionskosten belaufen sich auf 40.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 6.000,- € gefördert werden. Die Energieeinsparung pro Jahr beträgt 121.787 kWh und geschätzte 13.525,- €. Es wird vorgeschlagen, die Maßnahme nur bei einer Gesamtsanierung des Feuerwehrhauses durchzuführen.

Die Varianten 7 und 8 zeigen die verschiedenen Möglichkeiten der Heizungssanierung auf. Ziel ist die Nutzung regenerativer Energiequellen, die Reduzierung des Endenergiebedarfes und Heizkostenreduzierung. Die Maßnahme sollte umgesetzt werden, sobald die bestehende Heizung ausgetauscht werden muss.

### Maßnahmepaket 7: Luft- und Wasserwärmepumpe und neue Heizkörper:

Die Investitionskosten betragen 120.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 18.000,- € gefördert werden. Die Energieeinsparung pro Jahr beträgt 240.078 kWh und geschätzte 21.678,- €.

oder

### Maßnahmepaket 8: Pelletkessel und Solarthermie:

Die Investitionskosten betragen 130.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 19.500,- € gefördert werden. Die Energieeinsparung pro Jahr beträgt 151.991 kWh und geschätzte 24.300,- €.

### Maßnahmepaket 9: Kelleraußenwanddämmung und Bodenplattendämmung:

Ziel ist, dass verhindert wird, dass das Gebäude von unten auskühlt, der Energiebedarf und Heizkosten reduziert werden. Die Investitionskosten belaufen sich auf 136.850,- €. Die Maßnahme könnte mit 16.850,- € gefördert werden. Die Energieeinsparung pro Jahr beträgt 247.501 kWh und geschätzte 24.054,- €.

### Zusammenfassung der Ergebnisse (Quelle Netze BW):

## GebäudeCheck

Der Sanierungsfahrplan nach DIN 18599



Sanierungsmaßnahme	Endenergiebedarf		Energiekosten		
	Nach Sanierung [kWh/a]	Einsparung [kWh/a] [%]	Nach Sanierung [€]	Einsparung [€] [%]	
1) Heizungsoptimierung (hydraulischer Abgleich, Einbau programmierbare Thermostatventile und Einbau geregelter Umwälzpumpen)	262.385	17.692 6,3	32.519	2.087 6	
2) LED-Beleuchtung (umstieg auf LED-Leuchten mit Präsenz Abhängigkeit)	261.875	18.202 6,4	31.315	3.291 10	
3) Fenster	246.067	34.010 12,1	29.502	5.104 15	
4) Außenwand und Eingangstüre	192.031	88.046 31,4	23.292	11.314 33	
5) Dach und Turm Dach	185.683	94.394 33,7	22.562	12.044 35	
6) Lüftungsanlage mit WRG	175.486	104.591 37	21.084	13.522 39	
7) Wärmepumpe mit PV	40.274	239.803 14	12.938	21.668 63	
8) Pelletsheizung mit Solarthermie	128.127	151.950 54	10.324	24.282 70	
9) restliche Gebäudehülle	32.893	247.184 88	10.576	24.030 89	

KBS informiert | 21. Juni 2023

### c) Schulturnhalle:

Die Kosten für die Erstellung des Gebäudechecks betragen 7.854,- €. Die bewilligte Fördersumme beträgt gem. Zuwendungsbescheid 6.283,20 €. Es verbleibt ein Eigenanteil der Gemeinde Muggensturm i.H.v. 1.570,80 €.

Die Netze BW stellt folgende Maßnahmen zur Energieeinsparung vor:

### Maßnahmepaket 1: Fenstertausch auf 3-fach Verglasung:

Ziel ist die Reduzierung der Wärmeverluste über Fensterflächen und Außenwandflächen, die Steigerung des thermischen Komforts, besserer Hitzeschutz im Sommer und Erhöhung der Behaglichkeit. Die Investitionskosten betragen 392.725,- €. Die Maßnahme könnte mit 58.908,- € gefördert werden. Die Energieeinsparung liegt bei 85.975 kWh und geschätzten 11.040,- €. Es wird vorgeschlagen, bestehende Fenster energetisch zu sanieren, sobald diese defekt sind.

**Maßnahmepaket 2: Dachdämmung:**

Ziel ist sommerlicher Wärmeschutz, geringerer Wärmeverlust über die Dachbalken, die Reduzierung der Energiekosten und die Erhöhung der Behaglichkeit. Die Investitionskosten betragen 307.164,- €. Die Maßnahme könnte mit 46.074,- € gefördert werden. Die jährliche Energieeinsparung liegt bei 117.476 kWh und geschätzten 15.097,- €. Es wird vorgeschlagen, diese Maßnahme durchzuführen, sobald eine Gesamtsanierung der Schulturnhalle durchgeführt wird.

**Maßnahmepaket 3: Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung:**

Ziel ist eine kontrollierte Belüftung, ein regelmäßiger Luftaustausch, die Reduzierung von Lüftungswärmeverlusten und die Vorbeugung von Schimmel- und Feuchtigkeitsproblemen. Die Investitionskosten belaufen sich auf 78.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 11.700,- € gefördert werden. Die jährliche Energieeinsparung liegt bei 153.214 kWh und geschätzte 17.433,- €. Es wird vorgeschlagen, die Maßnahme durchzuführen, sobald eine Gesamtsanierung der Schulturnhalle durchgeführt wird.

Die Varianten 4 und 5 zeigen die verschiedenen Möglichkeiten der Heizungssanierung auf. Ziel ist die Nutzung regenerativer Energiequellen, die Reduzierung des Endenergiebedarfes, die Nutzung eines Niedertemperatur Heizsystems. Photovoltaikanlagen sollen Sonnenstrahlung in umweltfreundlichen Strom umwandeln. Es wird vorgeschlagen, die Maßnahme durchzuführen, sobald die gemeinsame Heizung von Albert-Schweitzer-Schule / Schulturnhalle ausgetauscht werden muss:

**Maßnahmepaket 4: Luft- / Wasser Wärmepumpe mit Frischwasserstation:**

Die Investitionskosten liegen bei 185.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 27.750,- € gefördert werden. Die jährliche Energieeinsparung liegt bei 283.659 kWh und geschätzten 27.005,- €.

oder

**Maßnahmepaket 5: Pelletkessel und Solarthermie:**

Die Investitionskosten liegen bei 200.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 30.000,- € gefördert werden. Die jährliche Energieeinsparung liegt bei 166.038 kWh und geschätzten 27.254,- €.

**Maßnahmepaket 6: Kelleraußenwanddämmung und Bodenplattendämmung:**

Ziel ist es, zu verhindern, dass das Gebäude von unten auskühlt, die Reduzierung des Endenergiebedarfs und die Heizkostenreduzierung. Die geschätzten Investitionskosten liegen bei 83.000,- €. Die Maßnahme könnte mit 12.450,- € gefördert werden. Die jährliche Energieeinsparung beträgt 289.062 kWh und geschätzte 28.735,- €. Es wird vorgeschlagen, die Maßnahme durchzuführen, sobald eine Gesamtsanierung der Schulturnhalle durchgeführt wird.

Sanierungsmaßnahme	Endenergiebedarf		Energiekosten		
	Nach Sanierung [kWh/a]	Einsparung [kWh/a] [%]	Nach Sanierung [€]	Einsparung [€] [%]	
IST-Zustand vor Sanierung	47.132 €/a 346.398 kWh/a Endenergiebedarf				
1) Fenster/Fassade/Eingangstüre	260.556	-85.842 -25%	36.092	-11.040 -23%	
2) Dach	228.922	-117.476 -34%	32.035	-15.097 -32%	
3) Lüftungsanlage mit WRG	193.183	-153.214 -44%	29.633	-17.433 -37%	
4) Luft/Wasser Wärmepumpe + Frischwasserstation + PV-Anlage	62.739	-283.659 -82%	20.127	-27.005 -57%	
5) Pellets + Solarthermie	132.264	-563.894 -81%	19.878	-27.254 -58%	
6) Sanierung UG	57.336	-289.062 -83%	18.397	-28.735 -61%	

## **2. Beratung und Beschlussfassung für die Durchführung von Gebäudechecks in den Liegenschaften Rathaus, Tennishalle und Wolf-Eberstein-Halle**

Um das kommunale Energiemanagement weiter voran zu bringen, sollten weitere Schritte in die Wege geleitet werden. Nachdem nun für die Gebäude Albert-Schweitzer-Schule, Feuerwehrhaus und Schulturnhalle ein Gebäudecheck erstellt worden ist, der ein Leitfaden für die künftige Sanierung ist, kann als nächster weiterer Schritt die Beurteilung anhand von Gebäudechecks weiterer gemeindeeigener Liegenschaften erfolgen. Dies sollte für Gebäude erfolgen, die einen grundsätzlich hohen Energieverbrauch haben. Diese sind Rathauskomplex, Tennishalle und Wolf-Eberstein-Halle.

Die Netze BW, die bereits Gebäudechecks für die Gemeinde Muggensturm erstellt hat, unterbreitet der Gemeinde Muggensturm folgende Angebote:

Die Gebäudechecks können über einen Fördertopf des Bundesamtes für Ausfuhr und Wirtschaftskontrolle (BAFA) gefördert werden. Die Förderquote beträgt 50 % bzw. max. 4.000,- €.

Die Kosten schlüsseln sich gemäß Angeboten der Netze BW wie folgt auf:

### **1. Historisches Rathaus:**

Gesamtkosten brutto:	5.875,00 €
Abzgl. Förderung:	2.937,50 €
Ergibt Anteil der Gemeinde Muggensturm:	2.937,50 €

### **2. Technisches Rathaus und Bürgerhaus:**

Gesamtkosten brutto:	4.975,00 €
Abzgl. Förderung:	2.487,50 €
Ergibt Anteil der Gemeinde Muggensturm:	2.487,50 €

### **3. Tennishalle:**

Gesamtkosten brutto:	5.875,00 €
Abzgl. Förderung:	2.937,50 €
Ergibt Anteil der Gemeinde Muggensturm:	2.937,50 €

### **4. Wolf-Eberstein-Halle:**

Gesamtkosten brutto:	9.475,00 €
Abzgl. Förderung:	4.000,00 €
Ergibt Anteil der Gemeinde Muggensturm:	5.475,00 €

**Fazit:**

Die Gebäudechecks bieten der Gemeinde Muggensturm die Möglichkeit eines Sanierungsfahrplanes. Das bedeutet, es kann besser eingeschätzt werden, welche Möglichkeiten der Sanierung notwendig sind und wie diese in einem zeitlichen Rahmen, gegebenenfalls unter Einbeziehung von Fördermitteln, umgesetzt werden können. Die Gebäude Rathauskomplex, Tennishalle und Wolf-Eberstein-Halle werden vorgeschlagen, da es sich hierbei um großflächige Gebäude handelt, die viel Energien verbrauchen. Heizungssanierungen könnten in der nächsten Zeit notwendig werden. Durch die Gebäudechecks werden verschiedene Möglichkeiten der künftigen möglichen Ausrichtung der Gebäude aufgezeigt.

Der Förderantrag muss vor Beauftragung der Netze BW auf den Weg gebracht werden. Die Netze BW ist bei der Förderantragstellung behilflich.

Die Verwaltung schlägt vor, den Förderantrag auf den Weg zu bringen und nach positivem Förderbescheid die Netze BW zu beauftragen, die Gebäudechecks gem. Beschlussvorlage auf den Weg zu bringen.

**Haushaltrechtliche Deckung:**

Die haushaltsrechtliche Deckung ist gesichert.

**Beschlussvorschlag:**

1. Der Gemeinderat nimmt die vorgestellten Energiechecks für die Gebäude Albert-Schweitzer-Schule, Feuerwehrhaus und Schulturnhalle zur Kenntnis. Die vorgeschlagenen Maßnahmen dienen als möglicher Leitfaden für die künftige energetische Sanierung der Gebäude und werden bei jeweiliger Umsetzung bzw. Notwendigkeit (z.B. Heizungsdefekt) bzw. Gesamtanierung des jeweiligen Gebäudes dem Gemeinderat zur Beratung und Beschlussfassung vorgelegt.

2. Der Gemeinderat stimmt zu, den Förderantrag für die Gebäudechecks auf den Weg zu bringen und nach Erhalt eines positiven Förderbescheids die Netze BW mit dem Gebäudecheck für Rathauskomplex, Tennishalle und Wolf-Eberstein-Halle zu beauftragen.

**Anlagen:**

230116\_GebäudeCheck\_Angebot\_Muggensturm\_Wolf-Eberstein-Halle

230116\_GebäudeCheck\_Angebot\_Tennishalle

230118\_GebäudeCheck\_Angebot\_Rathaus 35 - 37

230120\_GebäudeCheck\_Angebot\_Rathaus 33

Beratungsbericht Feuerwehrhaus Muggensturm

Beratungsbericht Turnhalle Muggensturm

Endbericht Albert Schweizer Schule

Netze BW GmbH · Postfach 80 07 06 - 70507 Stuttgart

Gemeinde Muggensturm  
Haupt- und Personalamt  
Bauleitplanung und Wirtschaftsför-  
derung  
z.Hd. Herrn Claus Gerstner  
Hauptstraße 33-35  
76461 Muggensturm

Name Johannes Mertens  
Bereich NETZ KBS  
Telefon 0171-477-4484  
E-Mail j.mertens@netze-bw.de  
Ihr Zeichen MERTENJ  
Angebotsnummer KGC\_20241015\_4

Datum 11.Oktober 2024  
Seite 1/5

## Honorarangebot für die Erstellung eines Sanierungsfahrplans

Sehr geehrter Herr Gerstner,

wir bedanken uns für Ihre Anfrage. Das Angebot umfasst die erforderlichen Aktivi-  
täten zur Erstellung eines Sanierungsfahrplans gemäß den Vorgaben des BAFAs  
„Modul 2 – Energieberatung DIN V 18599“ für die folgende Liegenschaft:

- › Wolf-Eberstein-Halle Muggensturm, Am Freizeitgelände 5, 76461 Muggensturm

Wir würden uns freuen, von Ihnen beauftragt zu werden und stehen Ihnen natür-  
lich für Fragen zur Verfügung.

Freundliche Grüße

Netze BW GmbH



i. A. Felix Berger  
Kommunale Beziehungen & Stadtwerke  
Kommunale Energielösungen  
Schelmenwasenstraße 15  
70567 Stuttgart  
Telefon 0171-536-2412  
mailto: [f.berger@netze-bw.de](mailto:f.berger@netze-bw.de)



i.A. Johannes Mertens  
Kommunale Beziehungen & Stadtwerke  
Kommunale Energielösungen  
Schelmenwasenstraße 15  
70567 Stuttgart  
Telefon 0171-477-4484  
mailto: [j.mertens@netze-bw.de](mailto:j.mertens@netze-bw.de)

### Netze BW GmbH

Schelmenwasenstraße 15 · 70567 Stuttgart · Postfach 80 03 43 70503 Stuttgart · Telefon +49 711 289-0 · [www.netze-bw.de](http://www.netze-bw.de)  
Bankverbindung: BW Bank · BIC SOLADEST600 · IBAN DE84 6005 0101 0001 3667 29  
Sitz der Gesellschaft: Stuttgart · Amtsgericht Stuttgart · HRB Nr. 747734 · Vorsitzender des Aufsichtsrats: Dirk Güsewell  
Geschäftsführer: Dr. Martin Konermann, Bodo Moray, Steffen Ringwald



## Honorarangebot zur Erstellung eines Sanierungsfahrplans für die Schulturnhalle in Muggensturm

### I. **Projektumfang**

Das zu untersuchende Gebäude wird bei der Vor-Ort-Begehung hinsichtlich Gebäudehülle und Anlagentechnik näher begutachtet. Bei durchzuführenden Sanierungsmaßnahmen wird die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen überprüft und ggf. Kompensationsmöglichkeiten aufgezeigt. Mit der Erstellung einer Energiebilanz für das Gebäude nach DIN V 18599 werden sinnvolle Sanierungsmaßnahmen erarbeitet und Einsparpotenziale aufgezeigt. Für die einzelnen Sanierungsmaßnahmen wird unter Berücksichtigung von Fördermitteln eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt.

Mit den Erkenntnissen aus der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und den erzielten Einsparpotenzialen, erfolgt eine Empfehlung für die auf den Bauherren zutreffendsten Maßnahmen.

### II. **Leistungsumfang**

Das vorliegende Honorarangebot bezieht sich auf die im Folgenden aufgeführten und anschließend tabellarisch zusammengefassten Arbeiten. Es wird davon ausgegangen, dass die Gemeinde die erforderlichen Unterlagen, zur Verfügung stellt.

Erforderliche Arbeiten in den angeführten Bereichen zur Erstellung eines ganzheitlichen Sanierungskonzepts:

- › **Arbeitsaufnahme durch Sichtung zur Verfügung gestellter Unterlagen**
- › **Vorbereitende Maßnahmen**
- › **Erstellung des Sanierungsfahrplans**

### III. Honorar der Netze BW GmbH

Die für die einzelnen Schritte erforderlichen Ressourcen sowie die zugehörigen finanziellen Aufwendungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Arbeitsschritt		Anzahl	Kosten [Euro]	
Erstellung GebäudeCheck	1	Arbeitsaufnahme durch Sichtung zur Verfügung gestellter Unterlagen	1	-
	2	Vorbereitende Maßnahmen	1	2.981,09
		2.1 Erstellung des Förderantrags		
		2.2 Vor-Ort-Begehung		
		2.3 Aufzeigen der gesetzlichen Anforderungen		
	3	Erstellung des Sanierungsfahrplans	1	4.981,09
		3.1 Gebäudegröße (Nettogrundfläche) 4.326 m <sup>2</sup> NGF		
		3.2 Aufzeigen von Einsparpotenzialen		
	3.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung			
	3.4 Erstellung des Sanierungsfahrplans			
	3.5 Präsentation des Sanierungsfahrplans der Gemeindeverwaltung			
4	Gesamtsumme netto		7.962,18	
5	Mehrwertsteuer 19 %		1.512,82	
6	Gesamtsumme brutto		9.475,00	
7	Förderung 50 % (Höchstbetrag 4.000 Euro)		4.000,00	
8	Eigenanteil der Gemeinde		5.475,00	

Unter der Annahme einer Zuschussförderung in Höhe von € 4.000,00 ergibt sich für die Gemeinde Muggensturm ein Eigenanteil von € 5.475,00.

Die Netze BW GmbH verfügt über eine Konzernhaftpflichtversicherung.

#### IV. Leistungen des Auftraggebers

Für die Durchführung des GebäudeChecks/ Erstellung des Sanierungsfahrplans werden von der Gemeinde folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- › **Vollständig ausgefüllter Fragenkatalog**
- › **Energieverbräuche bzw. -kosten**
- › **Planunterlagen**  
Lageplan, Grundrisse, Schnitte, Ansichten
- › **Allgemeine Unterlagen**  
Baubeschreibung, Flächenermittlung / Raumbuch, Revisionsunterlagen, Gutachten, Angaben zu bereits erbrachten Sanierungen, ...
- › Erteilung entsprechender Vollmachten zur Einsicht und soweit notwendig zur Anforderung der erforderlichen Unterlagen.
- › Der Zugang für die zu besichtigende Liegenschaft ist vom Auftraggeber, in Absprache mit dem Auftragnehmer, sicher zu stellen.

#### V. Zahlungsweise

Die Zahlung ist nach Abschluss der Arbeiten zu entrichten. Das Zahlungsziel ist 4 Wochen nach Rechnungsstellung.

#### VI. Zeitraum der Bearbeitung

Mit der Bearbeitung wird zeitnah nach Beauftragung begonnen. Die konkreten Termine werden zusammen mit dem Auftraggeber nach Arbeitsaufnahme abgestimmt und festgelegt.

#### VII. Aufschiebende bzw. auflösende Bedingung des Leistungsvertrags

Die in diesem Vertrag vorgesehenen Verpflichtungen zu Leistungen dienen der Umsetzung eines Sanierungsfahrplans DIN 18599 BAfA Modul 2, für das eine der Vertragsparteien eine Förderung über das Programm „Bundesförderung von Energieberatungen für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme (EBN)“ des BMWK beim BAFA beantragen wird.

Aufschiebende Bedingung:

Dieser Vertrag tritt hinsichtlich der Leistungspflichten zur Umsetzung erst und nur insoweit in Kraft, wenn und soweit das BAFA den Antrag bewilligt und die Förderung mit einer Zusage gegenüber der antragstellenden Vertragspartei zugesagt hat. Die antragstellende Vertragspartei wird die jeweils andere Vertragspartei über den Eintritt und den Umfang des Eintritts der Bedingung unverzüglich in Kenntnis setzen.

Auflösende Bedingung:

Dieser Vertrag erlischt hinsichtlich der Liefer- und Leistungspflichten zur Umsetzung, sobald und soweit das BAFA den Antrag zur Förderung nicht bewilligt sondern ablehnt und die Förderung nicht mit einer Zusage gegenüber der antragstellenden Vertragspartei zusagt, sondern mit einem Ablehnungsbescheid versagt. Die antragstellende Vertragspartei wird die jeweils andere Vertragspartei über den Eintritt und den Umfang des Eintritts der Bedingung unverzüglich in Kenntnis setzen.

Netze BW GmbH · Postfach 80 07 06 - 70507 Stuttgart

Gemeinde Muggensturm  
Haupt- und Personalamt  
Bauleitplanung und Wirtschaftsför-  
derung  
z.Hd. Herrn Claus Gerstner  
Hauptstraße 33-35  
76461 Muggensturm

Name Johannes Mertens  
Bereich NETZ KBSE  
Telefon 0171-477-4484  
E-Mail j.mertens@netze-bw.de  
Ihr Zeichen MERTENJ  
Angebotsnu KGC\_20241015\_3  
mmer 11.Oktober 2024  
1/5  
Datum  
Seite

## Honorarangebot für die Erstellung eines Sanierungsfahrplans

Sehr geehrter Herr Gerstner,

wir bedanken uns für Ihre Anfrage. Das Angebot umfasst die erforderlichen Aktivi-  
täten zur Erstellung eines Sanierungsfahrplans gemäß den Vorgaben des BAFAs  
„Modul 2 – Energieberatung DIN V 18599“ für die folgende Liegenschaft:

- › Tennishalle, Am Freizeitgelände 7, 76461 Muggensturm

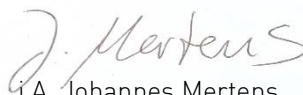
Wir würden uns freuen, von Ihnen beauftragt zu werden und stehen Ihnen natür-  
lich für Fragen zur Verfügung.

Freundliche Grüße

Netze BW GmbH



i. A. Felix Berger  
Kommunale Beziehungen & Stadtwerke  
Kommunale Energielösungen  
Schelmenwasenstraße 15  
70567 Stuttgart  
Telefon 0171-536-2412  
mailto: [f.berger@netze-bw.de](mailto:f.berger@netze-bw.de)



i.A. Johannes Mertens  
Kommunale Beziehungen & Stadtwerke  
Kommunale Energielösungen  
Schelmenwasenstraße 15  
70567 Stuttgart  
Telefon 0171-477-4484  
mailto: [j.mertens@netze-bw.de](mailto:j.mertens@netze-bw.de)

### Netze BW GmbH

Schelmenwasenstraße 15 · 70567 Stuttgart · Postfach 80 03 43 70503 Stuttgart · Telefon +49 711 289-0 · [www.netze-bw.de](http://www.netze-bw.de)  
Bankverbindung: BW Bank · BIC SOLADEST600 · IBAN DE84 6005 0101 0001 3667 29  
Sitz der Gesellschaft: Stuttgart · Amtsgericht Stuttgart · HRB Nr. 747734 · Vorsitzender des Aufsichtsrats: Dirk Güsewell  
Geschäftsführer: Dr. Martin Konermann, Bodo Moray, Steffen Ringwald

## Honorarangebot zur Erstellung eines Sanierungsfahrplans für die Tennishalle in Muggensturm

### I. **Projektumfang**

Das zu untersuchende Gebäude wird bei der Vor-Ort-Begehung hinsichtlich Gebäudehülle und Anlagentechnik näher begutachtet. Bei durchzuführenden Sanierungsmaßnahmen wird die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen überprüft und ggf. Kompensationsmöglichkeiten aufgezeigt. Mit der Erstellung einer Energiebilanz für das Gebäude nach DIN V 18599 werden sinnvolle Sanierungsmaßnahmen erarbeitet und Einsparpotenziale aufgezeigt. Für die einzelnen Sanierungsmaßnahmen wird unter Berücksichtigung von Fördermitteln eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt.

Mit den Erkenntnissen aus der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und den erzielten Einsparpotenzialen, erfolgt eine Empfehlung für die auf den Bauherren zutreffendsten Maßnahmen.

### II. **Leistungsumfang**

Das vorliegende Honorarangebot bezieht sich auf die im Folgenden aufgeführten und anschließend tabellarisch zusammengefassten Arbeiten. Es wird davon ausgegangen, dass die Gemeinde die erforderlichen Unterlagen, zur Verfügung stellt.

Erforderliche Arbeiten in den angeführten Bereichen zur Erstellung eines ganzheitlichen Sanierungskonzepts:

- › **Arbeitsaufnahme durch Sichtung zur Verfügung gestellter Unterlagen**
- › **Vorbereitende Maßnahmen**
- › **Erstellung des Sanierungsfahrplans**

### III. Honorar der Netze BW GmbH

Die für die einzelnen Schritte erforderlichen Ressourcen sowie die zugehörigen finanziellen Aufwendungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Arbeitsschritt		Anzahl	Kosten [Euro]	
Erstellung GebäudeCheck	1	Arbeitsaufnahme durch Sichtung zur Verfügung gestellter Unterlagen	1	-
	2	Vorbereitende Maßnahmen	1	1.468,49
		2.1 Erstellung des Förderantrags		
		2.2 Vor-Ort-Begehung		
		2.3 Aufzeigen der gesetzlichen Anforderungen		
	3	Erstellung des Sanierungsfahrplans	1	3.468,48
		3.1 Gebäudegröße (Nettogrundfläche) 2.261,9 m <sup>2</sup> NGF		
		3.2 Aufzeigen von Einsparpotenzialen		
		3.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung		
	3.4 Erstellung des Sanierungsfahrplans			
	3.5 Präsentation des Sanierungsfahrplans der Gemeindeverwaltung			
5	Gesamtsumme netto		4.936,97	
6	Mehrwertsteuer 19 %		938,03	
7	Gesamtsumme brutto		5.875,00	
8	Förderung 50 % (Höchstbetrag 4.000 Euro)		2.937,50	
9	Eigenanteil der Gemeinde		2.937,50	

Unter der Annahme einer Zuschussförderung in Höhe von € 2.937,50 ergibt sich für die Gemeinde Muggensturm ein Eigenanteil von € 2.937,50.

Die Netze BW GmbH verfügt über eine Konzernhaftpflichtversicherung.

#### IV. Leistungen des Auftraggebers

Für die Durchführung des GebäudeChecks/ Erstellung des Sanierungsfahrplans werden von der Gemeinde folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- › **Vollständig ausgefüllter Fragenkatalog**
- › **Energieverbräuche bzw. -kosten**
- › **Planunterlagen**  
Lageplan, Grundrisse, Schnitte, Ansichten
- › **Allgemeine Unterlagen**  
Baubeschreibung, Flächenermittlung / Raumbuch, Revisionsunterlagen, Gutachten, Angaben zu bereits erbrachten Sanierungen, ...
- › Erteilung entsprechender Vollmachten zur Einsicht und soweit notwendig zur Anforderung der erforderlichen Unterlagen.
- › Der Zugang für die zu besichtigende Liegenschaft ist vom Auftraggeber, in Absprache mit dem Auftragnehmer, sicher zu stellen.

#### V. Zahlungsweise

Die Zahlung ist nach Abschluss der Arbeiten zu entrichten. Das Zahlungsziel ist 4 Wochen nach Rechnungsstellung.

#### VI. Zeitraum der Bearbeitung

Mit der Bearbeitung wird zeitnah nach Beauftragung begonnen. Die konkreten Termine werden zusammen mit dem Auftraggeber nach Arbeitsaufnahme abgestimmt und festgelegt.

#### VII. Aufschiebende bzw. auflösende Bedingung des Leistungsvertrags

Die in diesem Vertrag vorgesehenen Verpflichtungen zu Leistungen dienen der Umsetzung eines Sanierungsfahrplans DIN 18599 BAfA Modul 2, für das eine der Vertragsparteien eine Förderung über das Programm „Bundesförderung von Energieberatungen für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme (EBN)“ des BMWK beim BAFA beantragen wird.



Aufschiebende Bedingung:

Dieser Vertrag tritt hinsichtlich der Leistungspflichten zur Umsetzung erst und nur insoweit in Kraft, wenn und soweit das BAFA den Antrag bewilligt und die Förderung mit einer Zusage gegenüber der antragstellenden Vertragspartei zugesagt hat. Die antragstellende Vertragspartei wird die jeweils andere Vertragspartei über den Eintritt und den Umfang des Eintritts der Bedingung unverzüglich in Kenntnis setzen.

Auflösende Bedingung:

Dieser Vertrag erlischt hinsichtlich der Liefer- und Leistungspflichten zur Umsetzung, sobald und soweit das BAFA den Antrag zur Förderung nicht bewilligt sondern ablehnt und die Förderung nicht mit einer Zusage gegenüber der antragstellenden Vertragspartei zusagt, sondern mit einem Ablehnungsbescheid versagt. Die antragstellende Vertragspartei wird die jeweils andere Vertragspartei über den Eintritt und den Umfang des Eintritts der Bedingung unverzüglich in Kenntnis setzen.

Netze BW GmbH · Postfach 12 55 · 88396 Biberach

Gemeinde Muggensturm  
Haupt- und Personalamt  
Bauleitplanung und Wirtschaftsför-  
derung  
z.Hd. Herrn Claus Gerstner  
Hauptstraße 33-35  
76461 Muggensturm

Name Johannes Mertens  
Bereich NETZ KBSE  
Telefon 0171-477-4484  
E-Mail j.mertens@netze-bw.de  
Ihr Zeichen MERTENJ  
Angebotsnummer KGC\_20241015\_2  
Datum 11.Oktober 2024  
Seite 1/5

## Honorarangebot für die Erstellung eines Sanierungsfahrplans

Sehr geehrter Herr Gerstner,

wir bedanken uns für Ihre Anfrage. Das Angebot umfasst die erforderlichen Aktivi-  
täten zur Erstellung eines Sanierungsfahrplans gemäß den Vorgaben des BAFAs  
„Modul 2 – Energieberatung DIN V 18599“ für die folgende Liegenschaft:

- Rathaus, Hauptstraße 35 - 37, 76461 Muggensturm

Wir würden uns freuen, von Ihnen beauftragt zu werden und stehen Ihnen natür-  
lich für Fragen zur Verfügung.

Freundliche Grüße

Netze BW GmbH



i. A. Felix Berger  
Kommunale Beziehungen & Stadtwerke  
Kommunale Energielösungen  
Schelmenwasenstraße 15  
70567 Stuttgart  
Telefon 0171-536-2412  
mailto: [f.berger@netze-bw.de](mailto:f.berger@netze-bw.de)



i.A. Johannes Mertens  
Kommunale Beziehungen & Stadtwerke  
Kommunale Energielösungen  
Schelmenwasenstraße 15  
70567 Stuttgart  
Telefon 0171-477-4484  
mailto: [j.mertens@netze-bw.de](mailto:j.mertens@netze-bw.de)

### Netze BW GmbH

Schelmenwasenstraße 15 · 70567 Stuttgart · Postfach 80 03 43 70503 Stuttgart · Telefon +49 711 289-0 · [www.netze-bw.de](http://www.netze-bw.de)  
Bankverbindung: BW Bank · BIC SOLADEST600 · IBAN DE84 6005 0101 0001 3667 29  
Sitz der Gesellschaft: Stuttgart · Amtsgericht Stuttgart · HRB Nr. 747734 · Vorsitzender des Aufsichtsrats: Dirk Güsewell  
Geschäftsführer: Dr. Martin Konermann, Bodo Moray, Steffen Ringwald

Honorarangebot zur Erstellung eines Sanierungsfahrplans für das Rathaus 35 - 37 in Muggensturm

## I. **Projektumfang**

Das zu untersuchende Gebäude wird bei der Vor-Ort-Begehung hinsichtlich Gebäudehülle und Anlagentechnik näher begutachtet. Bei durchzuführenden Sanierungsmaßnahmen wird die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen überprüft und ggf. Kompensationsmöglichkeiten aufgezeigt. Mit der Erstellung einer Energiebilanz für das Gebäude nach DIN V 18599 werden sinnvolle Sanierungsmaßnahmen erarbeitet und Einsparpotenziale aufgezeigt. Für die einzelnen Sanierungsmaßnahmen wird unter Berücksichtigung von Fördermitteln eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt.

Mit den Erkenntnissen aus der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und den erzielten Einsparpotenzialen, erfolgt eine Empfehlung für die auf den Bauherren zutreffendsten Maßnahmen.

## II. **Leistungsumfang**

Das vorliegende Honorarangebot bezieht sich auf die im Folgenden aufgeführten und anschließend tabellarisch zusammengefassten Arbeiten. Es wird davon ausgegangen, dass die Gemeinde die erforderlichen Unterlagen, zur Verfügung stellt.

Erforderliche Arbeiten in den angeführten Bereichen zur Erstellung eines ganzheitlichen Sanierungskonzepts:

- › **Arbeitsaufnahme durch Sichtung zur Verfügung gestellter Unterlagen**
- › **Vorbereitende Maßnahmen**
- › **Erstellung des Sanierungsfahrplans**

### III. Honorar der Netze BW GmbH

Die für die einzelnen Schritte erforderlichen Ressourcen sowie die zugehörigen finanziellen Aufwendungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Arbeitsschritt		Anzahl	Kosten [Euro]	
Erstellung GebäudeCheck	1	Arbeitsaufnahme durch Sichtung zur Verfügung gestellter Unterlagen	1	-
	2	Vorbereitende Maßnahmen	1	1.090,34
		2.1 Erstellung des Förderantrags		
		2.2 Vor-Ort-Begehung		
		2.3 Aufzeigen der gesetzlichen Anforderungen		
	3	Erstellung des Sanierungsfahrplans	1	3.090,33
		3.1 Gebäudegröße (Nettogrundfläche) 893,42 m <sup>2</sup> NGF		
		3.2 Aufzeigen von Einsparpotenzialen		
	3.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung			
	3.4 Erstellung des Sanierungsfahrplans			
	3.5 Präsentation des Sanierungsfahrplans der Gemeindeverwaltung			
4	Gesamtsumme netto		4.180,67	
5	Mehrwertsteuer 19 %		794,33	
6	Gesamtsumme brutto		4.975,00	
7	Förderung 50 % (Höchstbetrag 4.000 Euro)		2.487,50	
8	Eigenanteil der Gemeinde		2.487,50	

Unter der Annahme einer Zuschussförderung in Höhe von € 2.487,50 ergibt sich für die Gemeinde Muggensturm ein Eigenanteil von € 2.487,50.

Die Netze BW GmbH verfügt über eine Konzernhaftpflichtversicherung.

#### IV. Leistungen des Auftraggebers

Für die Durchführung des GebäudeChecks/ Erstellung des Sanierungsfahrplans werden von der Gemeinde folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- › **Vollständig ausgefüllter Fragenkatalog**
- › **Energieverbräuche bzw. -kosten**
- › **Planunterlagen**  
Lageplan, Grundrisse, Schnitte, Ansichten
- › **Allgemeine Unterlagen**  
Baubeschreibung, Flächenermittlung / Raumbuch, Revisionsunterlagen, Gutachten, Angaben zu bereits erbrachten Sanierungen, ...
- › Erteilung entsprechender Vollmachten zur Einsicht und soweit notwendig zur Anforderung der erforderlichen Unterlagen.
- › Der Zugang für die zu besichtigende Liegenschaft ist vom Auftraggeber, in Absprache mit dem Auftragnehmer, sicher zu stellen.

#### V. Zahlungsweise

Die Zahlung ist nach Abschluss der Arbeiten zu entrichten. Das Zahlungsziel ist 4 Wochen nach Rechnungsstellung.

#### VI. Zeitraum der Bearbeitung

Mit der Bearbeitung wird zeitnah nach Beauftragung begonnen. Die konkreten Termine werden zusammen mit dem Auftraggeber nach Arbeitsaufnahme abgestimmt und festgelegt.

#### VII. Aufschiebende bzw. auflösende Bedingung des Leistungsvertrags

Die in diesem Vertrag vorgesehenen Verpflichtungen zu Leistungen dienen der Umsetzung eines Sanierungsfahrplans DIN 18599 BAfA Modul 2, für das eine der Vertragsparteien eine Förderung über das Programm „Bundesförderung von Energieberatungen für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme (EBN)“ des BMWK beim BAFA beantragen wird.

Aufschiebende Bedingung:

Dieser Vertrag tritt hinsichtlich der Leistungspflichten zur Umsetzung erst und nur insoweit in Kraft, wenn und soweit das BAFA den Antrag bewilligt und die Förderung mit einer Zusage gegenüber der antragstellenden Vertragspartei zugesagt hat. Die antragstellende Vertragspartei wird die jeweils andere Vertragspartei über den Eintritt und den Umfang des Eintritts der Bedingung unverzüglich in Kenntnis setzen.

Auflösende Bedingung:

Dieser Vertrag erlischt hinsichtlich der Liefer- und Leistungspflichten zur Umsetzung, sobald und soweit das BAFA den Antrag zur Förderung nicht bewilligt sondern ablehnt und die Förderung nicht mit einer Zusage gegenüber der antragstellenden Vertragspartei zusagt, sondern mit einem Ablehnungsbescheid versagt. Die antragstellende Vertragspartei wird die jeweils andere Vertragspartei über den Eintritt und den Umfang des Eintritts der Bedingung unverzüglich in Kenntnis setzen.

Netze BW GmbH · Postfach 80 07 06 · 70507 Stuttgart

Gemeinde Muggensturm  
Haupt- und Personalamt  
Bauleitplanung und Wirtschaftsför-  
derung  
z.Hd. Herrn Claus Gerstner  
Hauptstraße 33-35  
76461 Muggensturm

Name Johannes Mertens  
Bereich NETZ KBSE  
Telefon 0171-477-4484  
E-Mail j.mertens@netze-bw.de  
Ihr Zeichen MERTENJ  
Angebotsnummer KGC\_20241015\_1

Datum 11. Oktober 2024  
Seite 1/5

## Honorarangebot für die Erstellung eines Sanierungsfahrplans

Sehr geehrter Herr Gerstner,

wir bedanken uns für Ihre Anfrage. Das Angebot umfasst die erforderlichen Aktivi-  
täten zur Erstellung eines Sanierungsfahrplans gemäß den Vorgaben des BAFAs  
„Modul 2 – Energieberatung DIN V 18599“ für die folgende Liegenschaft:

- Rathaus, Hauptstraße 33, 76461 Muggensturm

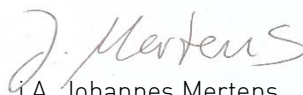
Wir würden uns freuen, von Ihnen beauftragt zu werden und stehen Ihnen natür-  
lich für Fragen zur Verfügung.

Freundliche Grüße

Netze BW GmbH



i. A. Felix Berger  
Kommunale Beziehungen & Stadtwerke  
Kommunale Energielösungen  
Schelmenwasenstraße 15  
70567 Stuttgart  
Telefon 0171-536-2412  
mailto: [f.berger@netze-bw.de](mailto:f.berger@netze-bw.de)



i.A. Johannes Mertens  
Kommunale Beziehungen & Stadtwerke  
Kommunale Energielösungen  
Schelmenwasenstraße 15  
70567 Stuttgart  
Telefon 0171-477-4484  
mailto: [j.mertens@netze-bw.de](mailto:j.mertens@netze-bw.de)

### Netze BW GmbH

Schelmenwasenstraße 15 · 70567 Stuttgart · Postfach 80 03 43 70503 Stuttgart · Telefon +49 711 289-0 · [www.netze-bw.de](http://www.netze-bw.de)  
Bankverbindung: BW Bank · BIC SOLADEST600 · IBAN DE84 6005 0101 0001 3667 29  
Sitz der Gesellschaft: Stuttgart · Amtsgericht Stuttgart · HRB Nr. 747734 · Vorsitzender des Aufsichtsrats: Dirk Güsewell  
Geschäftsführer: Dr. Martin Konermann, Bodo Moray, Steffen Ringwald

## Honorarangebot zur Erstellung eines Sanierungsfahrplans für das Rathaus Hauptstraße 33 in Muggensturm

### I. **Projektumfang**

Das zu untersuchende Gebäude wird bei der Vor-Ort-Begehung hinsichtlich Gebäudehülle und Anlagentechnik näher begutachtet. Bei durchzuführenden Sanierungsmaßnahmen wird die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen überprüft und ggf. Kompensationsmöglichkeiten aufgezeigt. Mit der Erstellung einer Energiebilanz für das Gebäude nach DIN V 18599 werden sinnvolle Sanierungsmaßnahmen erarbeitet und Einsparpotenziale aufgezeigt. Für die einzelnen Sanierungsmaßnahmen wird unter Berücksichtigung von Fördermitteln eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt.

Mit den Erkenntnissen aus der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und den erzielten Einsparpotenzialen, erfolgt eine Empfehlung für die auf den Bauherren zutreffendsten Maßnahmen.

### II. **Leistungsumfang**

Das vorliegende Honorarangebot bezieht sich auf die im Folgenden aufgeführten und anschließend tabellarisch zusammengefassten Arbeiten. Es wird davon ausgegangen, dass die Gemeinde die erforderlichen Unterlagen, zur Verfügung stellt.

Erforderliche Arbeiten in den angeführten Bereichen zur Erstellung eines ganzheitlichen Sanierungskonzepts:

- › **Arbeitsaufnahme durch Sichtung zur Verfügung gestellter Unterlagen**
- › **Vorbereitende Maßnahmen**
- › **Erstellung des Sanierungsfahrplans**



### III. Honorar der Netze BW GmbH

Die für die einzelnen Schritte erforderlichen Ressourcen sowie die zugehörigen finanziellen Aufwendungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Arbeitsschritt		Anzahl	Kosten [Euro]	
Erstellung GebäudeCheck	1	Arbeitsaufnahme durch Sichtung zur Verfügung gestellter Unterlagen	1	-
	2	Vorbereitende Maßnahmen	1	1.468,49
		2.1 Erstellung des Förderantrags		
		2.2 Vor-Ort-Begehung		
		2.3 Aufzeigen der gesetzlichen Anforderungen		
	3	Erstellung des Sanierungsfahrplans	1	3.468,48
		3.1 Gebäudegröße (Nettogrundfläche) 1.128,98 m <sup>2</sup> NGF		
		3.2 Aufzeigen von Einsparpotenzialen		
	3.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung			
	3.4 Erstellung des Sanierungsfahrplans			
4	Gesamtsumme netto		4.936,97	
5	Mehrwertsteuer 19 %		938,03	
6	Gesamtsumme brutto		5.875,00	
7	Förderung 50 % (Höchstbetrag 4.000 Euro)		2.937,5	
8	Eigenanteil der Gemeinde		2.937,5	

Unter der Annahme einer Zuschussförderung in Höhe von € 2.937,5 ergibt sich für die Gemeinde Muggensturm ein Eigenanteil von € 2.937,5.

Die Netze BW GmbH verfügt über eine Konzernhaftpflichtversicherung.

#### IV. Leistungen des Auftraggebers

Für die Durchführung des GebäudeChecks/ Erstellung des Sanierungsfahrplans werden von der Gemeinde folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- › **Vollständig ausgefüllter Fragenkatalog**
- › **Energieverbräuche bzw. -kosten**
- › **Planunterlagen**  
Lageplan, Grundrisse, Schnitte, Ansichten
- › **Allgemeine Unterlagen**  
Baubeschreibung, Flächenermittlung / Raumbuch, Revisionsunterlagen, Gutachten, Angaben zu bereits erbrachten Sanierungen, ...
- › Erteilung entsprechender Vollmachten zur Einsicht und soweit notwendig zur Anforderung der erforderlichen Unterlagen.
- › Der Zugang für die zu besichtigende Liegenschaft ist vom Auftraggeber, in Absprache mit dem Auftragnehmer, sicher zu stellen.

#### V. Zahlungsweise

Die Zahlung ist nach Abschluss der Arbeiten zu entrichten. Das Zahlungsziel ist 4 Wochen nach Rechnungsstellung.

#### VI. Zeitraum der Bearbeitung

Mit der Bearbeitung wird zeitnah nach Beauftragung begonnen. Die konkreten Termine werden zusammen mit dem Auftraggeber nach Arbeitsaufnahme abgestimmt und festgelegt.

#### VII. Aufschiebende bzw. auflösende Bedingung des Leistungsvertrags

Die in diesem Vertrag vorgesehenen Verpflichtungen zu Leistungen dienen der Umsetzung eines Sanierungsfahrplans DIN 18599 BAfA Modul 2, für das eine der Vertragsparteien eine Förderung über das Programm „Bundesförderung von Energieberatungen für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme (EBN)“ des BMWK beim BAFA beantragen wird.

Aufschiebende Bedingung:

Dieser Vertrag tritt hinsichtlich der Leistungspflichten zur Umsetzung erst und nur insoweit in Kraft, wenn und soweit das BAFA den Antrag bewilligt und die Förderung mit einer Zusage gegenüber der antragstellenden Vertragspartei zugesagt hat. Die antragstellende Vertragspartei wird die jeweils andere Vertragspartei über den Eintritt und den Umfang des Eintritts der Bedingung unverzüglich in Kenntnis setzen.

Auflösende Bedingung:

Dieser Vertrag erlischt hinsichtlich der Liefer- und Leistungspflichten zur Umsetzung, sobald und soweit das BAFA den Antrag zur Förderung nicht bewilligt sondern ablehnt und die Förderung nicht mit einer Zusage gegenüber der antragstellenden Vertragspartei zusagt, sondern mit einem Ablehnungsbescheid versagt. Die antragstellende Vertragspartei wird die jeweils andere Vertragspartei über den Eintritt und den Umfang des Eintritts der Bedingung unverzüglich in Kenntnis setzen.

## Energieberatungsbericht



Gebäude:            Feuerwehrhaus Muggensturm  
                          Sofienstraße 33  
                          76461 Muggensturm

Auftraggeber:       Gemeinde Muggensturm  
                          Hauptstraße 33-35  
                          76461 Muggensturm

Erstellt von:         Netze BW GmbH  
                          Johannes Mertens  
                          Schelmenwasenstraße 15  
                          70567 Stuttgart  
                          EB733318

Erstellt am:         6. März 2024



## Inhalt

Vorbemerkungen .....	3
CO <sub>2</sub> -Freisetzung und CO <sub>2</sub> -Bepreisung .....	3
Das Gebäude-Energien-Gesetz GEG .....	4
Allgemeine Hinweise zum Beratungsbericht .....	4
Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) .....	4
Effizienzhäuser: .....	5
Einzelmaßnahmen: .....	5
Übersicht über die Maßnahmen .....	6
Grundlagen .....	6
Übersicht über Verbräuche im IST-Zustand und den Maßnahmenpaketen .....	6
Vorteile der energetischen Sanierung .....	7
Gering investitive und kurzfristig umsetzbare Maßnahmen .....	8
Ist-Zustand von Gebäudehülle und Anlagentechnik .....	9
Allgemeine Angaben zum Gebäude .....	9
Beschreibung des Gebäudezustands .....	9
Die Gebäudehülle .....	11
Zonierung .....	12
Anlagentechnik .....	14
Bedarfs- und Verbrauchsangaben .....	15
Sanierung des Gebäudes .....	18
Variante 1: Heizungsoptimierung .....	18
Variante 2: Beleuchtung LED .....	21
Variante 3: Fenster .....	25
Variante 4: Außenwanddämmung und Tausch der Eingangstüre .....	30
Variante 5: Dach und Turm Dach .....	36
Variante 6: Lüftungsanlage mit WRG .....	41
Variante 7: Heizung VAR 1 Wärmepumpe und PV-Anlage .....	45
Variante 8: Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie .....	51
Variante 9: Dämmung der restlichen Gebäudehülle .....	56
Zusammenfassung der Ergebnisse .....	61
Anhang - Brennstoffdaten .....	73

## Vorbemerkungen

Das Ziel einer Schritt-für-Schritt-Sanierung ist es, den Primärenergiebedarf für das Gebäude so weit wie möglich zu senken, während gleichzeitig die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert werden. Dabei dient das "Bestmöglich-Prinzip" als Leitlinie, um die nationalen klimapolitischen Ziele zur Erreichung eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands bis 2050 zu unterstützen.

Eine wesentliche Komponente der Modernisierungsplanung besteht darin, einen bestimmten Grad an Wärmeschutz zu erreichen, vorzugsweise durch Wärmedämmung, und einen Großteil oder die gesamte verbleibende Energieversorgung durch lokale regenerative Energiequellen zu decken. Dies zielt darauf ab, den Bedarf an fossilen Brennstoffen wie Heizöl und Erdgas zu minimieren.

Angesichts der langen Nutzungsdauer vieler Gebäudekomponenten von etwa 40 Jahren oder mehr bleibt nur begrenzte Zeit, um einen Gebäudestandard mit niedrigem Energiebedarf zu etablieren, der den klimapolitischen Zielen entspricht. Das "Bestmöglich-Prinzip" bedeutet in diesem Zusammenhang, dass alle möglichen Faktoren zur Senkung des Primärenergiebedarfs in Betracht gezogen und nach Möglichkeit umgesetzt werden sollten.

Dazu können Maßnahmen wie die Verbesserung der Gebäudedämmung, der Einsatz energieeffizienter Heizungs- und Belüftungssysteme, die Nutzung erneuerbarer Energiequellen sowie die Optimierung des Energieverbrauchs durch intelligente Steuerungssysteme gehören. Durch eine schrittweise Umsetzung dieser Maßnahmen kann der Energiebedarf des Gebäudes kontinuierlich gesenkt werden, bis ein möglichst niedriger Standard erreicht ist, der den klimapolitischen Zielen entspricht.

## CO<sub>2</sub>-Freisetzung und CO<sub>2</sub>-Bepreisung

Die Nutzung von Energieträgern als Brennstoff führt zur Freisetzung von CO<sub>2</sub>. Die Menge an CO<sub>2</sub>, die dabei entsteht, hängt von der Art und Menge des verbrannten Brennstoffs ab. Zum Beispiel werden bei der Verwendung von Heizöl etwa 3 kg CO<sub>2</sub> pro Liter Brennstoff freigesetzt. Das bedeutet, auch regenerative Brennstoffe erzeugen CO<sub>2</sub> bei der Verbrennung, jedoch stammt dieses aus einem natürlichen Kreislauf und trägt nicht zur Klimaerwärmung bei.

Die Menge an Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), die bei der Verbrennung von Heizöl entsteht, hängt von verschiedenen Faktoren ab, einschließlich des Brennwertes des Heizöls und der Effizienz des Heizsystems. Üblicherweise wird angenommen, dass etwa 2,7 bis 3,2 Tonnen CO<sub>2</sub> bei der Verbrennung von einer Tonne Heizöl entstehen.

Um dies in Kilowattstunden (kWh) umzurechnen, müssen Sie den Energiegehalt des Heizöls berücksichtigen. Ein Liter Heizöl hat einen Energiegehalt von etwa 10 kWh. Eine Tonne Heizöl entspricht somit etwa 10.000 kWh.

Angenommen, 3 Tonnen CO<sub>2</sub> entstehen pro Tonne Heizöl. Das würde bedeuten, dass etwa 3.333 kWh Heizöl einer Tonne CO<sub>2</sub> entsprechen.

Seit dem 1. Januar 2024 liegt der CO<sub>2</sub>-Preis pro Tonne ausgestoßenem CO<sub>2</sub> bei 45 Euro – die Erhöhung war bereits von der Vorgängerregierung Ende 2020 vorgesehen. Angesichts der sich entspannenden Energiepreise sieht die Bundesregierung darin eine vertretbare Lösung. Im kommenden Jahr soll der Preis dann auf 55 Euro steigen. Ab 2027 soll für die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Verkehr und Gebäudewärme ein europäisches Emissionshandelssystem eingeführt werden.

Dies hat zur Folge, dass Voraussichtlich die Preise für fossile Brennstoffe weiter stark ansteigen.

## **Das Gebäude-Energien-Gesetz GEG**

Das 2020 in Kraft getretene Gebäude-Energien-Gesetz (GEG) vereint die bisherigen deutschen Gesetze und Verordnungen auf dem Gebäudesektor zu einem Regelwerk und gibt die energetischen Anforderungen an Gebäude vor. Zudem geht es ausführlich auf die Nutzung erneuerbarer Energien im Gebäude ein.

Es verpflichtet die Eigentümer von zu sanierenden Gebäuden durch gesetzlich vorgegebene Mindeststandards für Bauteile im Zuge der Sanierung zu einer energetischen Verbesserung der Gebäudehülle und Anlagentechnik.

## **Allgemeine Hinweise zum Beratungsbericht**

Der Beratungsbericht unterstützt den Empfänger bei der Identifizierung von Energiesparmaßnahmen. Durch ihre Umsetzung können wertvolle Rohstoffe eingespart, Schadstoffemissionen vermieden und Brennstoffkosten reduziert werden. Zudem kann der Komfort und Wert des Gebäudes gesteigert werden.

Das Ziel ist es, wirtschaftlich sinnvolle und umweltentlastende Maßnahmen vorzuschlagen und umzusetzen.

Die Informationen sind vertraulich und nach bestem Wissen erstellt, wobei die Durchführung und der Erfolg in der Verantwortung der Fachfirmen liegen.

Kostenangaben basieren auf Erfahrungen und Vergleichspreisen. Es wird empfohlen, für Angebote mehrere einzuholen.

Der Bericht beinhaltet keine Planungsleistungen wie energetische Nachweise oder Fördergeldanträge. Fachleute sollten für eine sichere Umsetzung der Maßnahmen hinzugezogen werden.

Die Berechnungen basieren auf den Geometriedaten des Gebäudes vor Sanierung.

Es wird keine Gewähr für die tatsächliche Erreichung der geschätzten Energieeinsparungen übernommen, da nicht erfasste Randbedingungen wie ungewöhnliches Nutzerverhalten oder untypische Bauausführungen Einfluss haben können, die nicht in dieser Orientierungshilfe berücksichtigt werden können. Im GEG werden hierzu klare Randbedingungen nach DIN 18599 festgelegt, die dazu dienen verschiedene Gebäude miteinander Vergleichbar zu machen und einem energetischen Niveau einzuordnen. Daher muss stets zwischen tatsächlichen Energieverbrauch und dem errechneten Energiebedarf nach DIN 18599 unterschieden werden. Der Beratungsbericht unterliegt dem Urheberrecht, und alle Rechte bleiben beim Verfasser. Er ist ausschließlich für den Auftraggeber und den angegebenen Zweck bestimmt. Eine Vervielfältigung oder Verwertung durch Dritte ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Verfassers gestattet.

Diese Stellungnahme hat keine Rechtsverbindlichkeit. Im Falle entgeltlicher Beratungen werden Ansprüche bei Fahrlässigkeit auf das gezahlte Honorar beschränkt. Der Beratungsbericht wurde dem Auftraggeber in einem Exemplar übergeben.

## **Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)**

Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) wurde eingeführt, um die energetische Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden in Deutschland zu fördern und somit einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Die BEG ist in ihrer Struktur so konzipiert, dass sie eine leichtere Zugänglichkeit für verschiedene Zielgruppen gewährleistet.

Die BEG ist in vier Hauptförderrichtlinien unterteilt:

Bundesförderung für effiziente Gebäude – Wohngebäude (BEG WG): Diese Richtlinie konzentriert sich auf die Förderung von energetischen Sanierungsmaßnahmen in Wohngebäuden wie Eigentumswohnungen, Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie Wohnheimen.

Bundesförderung für effiziente Gebäude – Nichtwohngebäude (BEG NWG): Hierbei werden energetische Sanierungsmaßnahmen in Nichtwohngebäuden wie Gewerbegebäuden, kommunalen Einrichtungen und Krankenhäusern gefördert.

Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM): Diese Richtlinie konzentriert sich auf die Förderung von Einzelmaßnahmen zur energetischen Sanierung sowohl von Wohn- als auch Nichtwohngebäuden.

Bundesförderung für effiziente Gebäude – Klimafreundlicher Neubau (BEG KFN): Diese Richtlinie wird vom Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) administriert und zielt darauf ab, klimafreundliche Neubauten zu fördern.

Der Grund für die Einführung der BEG liegt darin, den Gebäudebestand in Deutschland energetisch zu verbessern und dadurch den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren. Durch die Förderung von energetischen Sanierungsmaßnahmen wird angestrebt, den Primärenergiebedarf von Gebäuden zu senken und somit einen Beitrag zur Erreichung der nationalen und internationalen Klimaschutzziele zu leisten. Die BEG bietet zinsgünstige Kredite und Tilgungszuschüsse für die Durchführung von energetischen Sanierungsmaßnahmen und soll so Anreize für eine umfassende energetische Modernisierung des Gebäudebestands schaffen.

Dabei bietet die BEG zwei unterschiedliche Sanierungsansätze. Effizienzhäuser und Einzelmaßnahmen sind zwei unterschiedliche Ansätze zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden, sowohl im Wohn- als auch im Nichtwohngebäudebereich. Hier sind die wesentlichen Unterschiede:

### **Effizienzhäuser:**

Effizienzhäuser sind Gebäude, die bereits bei ihrer Konstruktion oder Sanierung einen besonders niedrigen Energiebedarf aufweisen. Sie zeichnen sich durch eine hohe Gesamtenergieeffizienz aus, die durch eine Kombination verschiedener Maßnahmen erreicht wird, einschließlich einer gut gedämmten Gebäudehülle, hochwertiger Fenster und Türen, effizienter Heizungs- und Lüftungssysteme sowie der Nutzung erneuerbarer Energien wie Solar- oder Geothermie. Die Energieeffizienz eines Effizienzhauses wird anhand des Energiebedarfs oder des Primärenergiebedarfs bewertet und durch verschiedene Stufen wie KfW-Effizienzhaus 55, KfW-Effizienzhaus 40 oder KfW-Effizienzhaus 40 Plus gekennzeichnet.

### **Einzelmaßnahmen:**

Einzelmaßnahmen beziehen sich auf spezifische Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden, die unabhängig voneinander durchgeführt werden können. Diese Maßnahmen können beispielsweise die Installation einer neuen Heizungsanlage, den Austausch von Fenstern und Türen, die Dämmung von Dach, Fassade oder Kellerdecke oder den Einbau einer Lüftungsanlage umfassen. Im Gegensatz zu Effizienzhäusern werden bei Einzelmaßnahmen die einzelnen Komponenten des Gebäudes separat betrachtet und optimiert, ohne dass eine Gesamtbetrachtung des Energiebedarfs des gesamten Gebäudes stattfindet.

In beiden Fällen ist das Ziel jedoch die Reduzierung des Energieverbrauchs und die Verbesserung der Energieeffizienz des Gebäudes, jedoch auf unterschiedlichen Ebenen und mit unterschiedlichen Ansätzen.



# Übersicht über die Maßnahmen

## Grundlagen

Eine Energieberatung wurde für das Feuerwehrhaus in Muggensturm durchgeführt, basierend auf einer Vor-Orts-Begehung und den von der Kommune bereitgestellten Unterlagen. Die Ergebnisse sind gemäß den Bundesrichtlinien zur Förderung der Energieberatung für kommunale Nichtwohngebäude in diesem Bericht zusammengefasst. Dabei wurden die Energieströme des Gebäudes anhand bau- und heizungstechnischer Daten ermittelt, einschließlich Transmissionswärmeverlusten der Gebäudehülle (insbesondere Fenster, Außenwände, Geschossdecken und Dachflächen), Lüftungswärmeverlusten sowie Verlusten in der Heizungsanlage und der Trinkwarmwasserbereitung.

Nach Analyse des Ist-Zustands wurden Schwachstellen identifiziert und Sanierungsmaßnahmen erarbeitet, wie z.B. die Dämmung der Außenwände oder der Tausch der Fenster.

Das Ziel der Sanierungsmaßnahmen ist es, die Energieverbräuche des Gebäudes zu senken, sei es durch eine Gesamtsanierung oder schrittweise Umsetzung einzelner Maßnahmen und Maßnahmenpakete.

Die Effektivität der Maßnahmen wird anhand der erwarteten Energieeinsparung (End- und Primärenergie), Wirtschaftlichkeit (Investitionskosten, Fördermittel und Brennstoffkosteneinsparung) sowie der Schadstoffbelastung (Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Stickstoffoxid (NO<sub>x</sub>) und Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)) beurteilt.

## Übersicht über Verbräuche im IST-Zustand und den Maßnahmenpaketen

Die hier aufgeführten Maßnahmenpakete bauen aufeinander auf. Die Maßnahmenpakete 1 und 2 sind geringe investigative Maßnahmen. Diese können unter geringem finanziellen Aufwand durchgeführt werden und erzielen dabei eine relative große Wirkung im Bezug auf Einsparungen im wirtschaftlichen und energetischen Kontext.

Die Maßnahmenpakete 3, 4 und 5 beschreiben die Sanierung der thermischen Gebäudehülle. Hier werden konkret Maßnahmen gewählt, die den Wärmeverlust über die Außenbauteile minimieren und die Gebäudehülle auf den Stand der derzeitigen BEG-Anforderungen bringen.

In Maßnahmenpaket 6 wird eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung für das Gebäude empfohlen. Diese dient dazu, die Lüftungswärmeverluste zu minimieren und Feuchtigkeitsschäden an der Gebäudehülle vorzubeugen.

Maßnahmenpaket 7 und 8 bauen jeweils auf die Maßnahmenpakete 1 – 6 auf. Sie stellen zwei unterschiedliche Heizungssysteme dar. Und sollen bei der Entscheidungsfindung eines regenerativen Heizungssystems beitragen.

Maßnahmenpaket 9 beschreibt die Außenwanddämmung im Schlauchwaschraum und die Bodenplattendämmung im Keller. Beides sind Maßnahmen, die aus technischer Sicht nur schwer umsetzbar sind und sollen deshalb exemplarisch der Vollständigkeit halber aufgeführt werden. Die Maßnahme baut auf Maßnahmenpaket 7 auf.

<b>IST-Zustand vor Sanierung</b>	34.606 €/a					
	280.077 kWh/a Endenergiebedarf					
<b>Sanierungsmaßnahme</b>	Endenergiebedarf			Energiekosten		
	Nach Sanierung [kWh/a]	Einsparung [kWh/a]    [%]		Nach Sanierung [€]	Einsparung [€]            [%]	
<b>1) Heizungsoptimierung</b> (hydraulischer Abgleich, Einbau programmierbare Thermostatventile und Einbau geregelter Umwälzpumpen)	262.385	17.692    6,3		32.519	2.087    6	
<b>2) LED-Beleuchtung</b> (umstieg auf LED-Leuchten mit Präsenz Abhängigkeit)	261.875	18.202    6,4		31.315	3.291    10	
<b>3) Fenster</b>	246.067	34.010    12,1		29.502	5.104    15	
<b>4) Außenwand und Eingangstüre</b>	192.031	88.046    31,4		23.292	11.314    33	
<b>5) Dach und Turm Dach</b>	185.683	94.394    33,7		22.562	12.044    35	
<b>6) Lüftungsanlage mit WRG</b>	175.486	104.591    37		21.084	13.522    39	
<b>7) Wärmepumpe mit PV</b>	40.274	239.803    14		12.938	21.668    63	
<b>8) Pelletsheizung mit Solarthermie</b>	128.127	151.950    54		10.324	24.282    70	
<b>9) restliche Gebäudehülle</b>	32.893	247.184    88		10.576	24.030    69	

### Zusammenfassung der Wirtschaftlichkeitsberechnungen (Bedarfsrechnung nach DIN V 18599, Zeitraum 30 Jahre)

Maßnahme	Kosten für die einzelnen Maßnahmenpakete [€]	Förderung Nach BEG [€]	Kosten abzgl. Förderung [€]	Summe kosten abzgl. Förderung [€]	Sowieso Kosten [€]	Summe der Sowieso Kosten [€]	Summe Gesamtkosten ohne Förderung [€]
Heizungsoptimierung	20.000	0	20.000	0	0		20.000
LEDs	12.500	1.875	10.625	30.625	2.600	2.600	32.500
Fenster	85.000	12.750	72.250	102.875	72.000	74.600	117.500
AW+HT	195.000	29.250	165.750	268.625	167.000	241.600	312.500
Dach +Flachdach	137.000	20.550	116.450	385.075	119.500	361.100	449.500
Lüftung	40.000	6.000	34.000	419.075	3.000	364.100	489.500
WP + PV	120.000	27.000	93.000	512.075	50.000	414.100	609.500
Solarthermie + Pellets	130.000	30.000	100.000	519.075	50.000	414.100	619.500
restl. Gebäudehülle	136.850	17.850	119.000	638.075	120.000	534.100	746.350

### Vorteile der energetischen Sanierung

Eine energetische Sanierung bietet eine Vielzahl von Vorteilen, darunter:

**Energieeinsparung:** Durch die Verbesserung der Gebäudedämmung, den Austausch ineffizienter Heizungs- und Lüftungssysteme sowie den Einsatz energieeffizienter Technologien kann der Energieverbrauch deutlich reduziert werden. Dies führt zu niedrigeren Energiekosten für die Bewohner oder Nutzer des Gebäudes.

**Komfortsteigerung:** Eine energetische Sanierung trägt oft auch zur Verbesserung des Raumklimas bei. Bessere Dämmung und moderne Heizungs- und Lüftungssysteme sorgen für eine gleichmäßigere Temperaturverteilung und reduzieren Zugluft, was den Wohnkomfort erhöht.

**Wertsteigerung des Gebäudes:** Eine energetische Sanierung kann den Wert einer Immobilie erhöhen. Energieeffiziente Gebäude gelten als attraktiver für potenzielle Käufer oder Mieter und können daher zu höheren Verkaufs- oder Mietpreisen führen.

**Umweltschutz:** Durch die Reduzierung des Energieverbrauchs und den Einsatz erneuerbarer Energien verringert eine energetische Sanierung auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen und trägt somit zum Klimaschutz bei.

**Gesundheitliche Vorteile:** Eine gute Gebäudedämmung und eine effiziente Belüftung können dazu beitragen, Feuchtigkeitsprobleme und Schimmelbildung zu reduzieren, was wiederum das Risiko von Atemwegserkrankungen verringern kann.

**Langfristige Kosteneinsparungen:** Obwohl eine energetische Sanierung zunächst mit Investitionskosten verbunden ist, können langfristig betrachtet erhebliche Einsparungen erzielt werden. Diese Einsparungen können die Investitionskosten über die Lebensdauer des Gebäudes oft deutlich übersteigen.

Insgesamt bietet eine energetische Sanierung also nicht nur finanzielle Vorteile, sondern trägt auch zu einem verbesserten Wohnkomfort, zum Umweltschutz und zur langfristigen Werterhaltung von Gebäuden bei.

## **Gering investitive und kurzfristig umsetzbare Maßnahmen**

Neben den großen Maßnahmen gibt es auch kleine Maßnahmen, sowie ein angepasstes Nutzerverhalten, die für Energieeinsparungen sorgen können. Dies sind einige Maßnahmen für eine energetische Sanierung, die kurzfristig selbst umgesetzt werden können:

**Absenken der Raumtemperatur:** Durch das Absenken der Raumtemperatur um ein paar Grad kann der Energieverbrauch für die Raumheizung erheblich reduziert werden, ohne den Komfort spürbar zu beeinträchtigen.

**Hydraulischer Abgleich:** Ein hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage stellt sicher, dass alle Heizkörper im Gebäude gleichmäßig mit warmem Wasser versorgt werden. Dies optimiert die Heizleistung und reduziert den Energieverbrauch.

**Einsatz von Präsenzmeldern in der Beleuchtung:** Präsenzmelder können verwendet werden, um die Beleuchtung automatisch auszuschalten, wenn sich niemand im Raum befindet. Dies hilft, den Stromverbrauch für die Beleuchtung zu senken.

**Stoßlüften:** Durch regelmäßiges Stoßlüften wird verbrauchte Luft aus den Räumen abgeführt und frische Luft von außen zugeführt, ohne dass dabei zu viel Wärme verloren geht. Dies trägt zur Verbesserung der Raumluftqualität bei und reduziert gleichzeitig den Energieverbrauch für die Belüftung.

**Vermeiden von Standby-Verbrauchern:** Elektronische Geräte verbrauchen auch im Standby-Modus oft noch Energie. Durch das vollständige Abschalten von Geräten und den Einsatz von Steckdosenleisten mit Schalter kann Standby-Verbrauch vermieden werden.

**Überprüfung von Betriebszeiten Heizung und Lüftung:** Eine Überprüfung und gegebenenfalls Anpassung der Betriebszeiten von Heizung und Lüftung kann dazu beitragen, den Energieverbrauch zu optimieren und unnötigen Energieverlust zu vermeiden.

**Vermeidung von Wärmebrücken:** Durch das Abdichten von undichten Fenstern und Türen sowie das Isolieren von Wärmebrücken an der Gebäudehülle kann Wärmeverlust minimiert werden, was zu einer verbesserten Energieeffizienz führt.

Diese Maßnahmen sind relativ einfach umzusetzen und können kurzfristig zu einer Reduzierung des Energieverbrauchs und damit zu Einsparungen bei den Energiekosten führen.

## Ist-Zustand von Gebäudehülle und Anlagentechnik

### Allgemeine Angaben zum Gebäude

<b>Objekt:</b>	Sofienstraße 33 76461 Muggensturm
<b>Beschreibung:</b>	
Gebäudetyp:	Nichtwohngebäude/ Feuerwehrhaus
Baujahr:	1967
<b>Beheiztes Volumen <math>V_e</math>:</b>	4779 m <sup>3</sup>
<b>Luftvolumen <math>V</math>:</b>	3823 m <sup>3</sup>
<b>Nettogrundfläche:</b>	948,00 m <sup>2</sup>
<b>Energiebezugsfläche <math>A_{NGF}</math>:</b>	1191,54 m <sup>2</sup>

### Beschreibung des Gebäudezustands

Beim Gebäude handelt es sich um ein Nichtwohngebäude. Das Feuerwehrhaus der Gemeinde Muggensturm wurde 1967 in Betonskelettbauweise errichtet und mit Ziegelmauerwerk ausgefacht. Die Außenwände sind ungedämmt. Die Westfassade ist mit einer Betonvorwand versehen. Der Turm des Feuerwehrhauses ist komplett aus Beton. 1992 wurde das Dach saniert und mit einer Zwischensparrendämmung versehen. Die Fenster wurden ebenfalls 1992 erneuert. Das Türelement im Eingang wurde 1999 eingebaut. Die Kellerräume sind Großteils beheizt. Die Geschossdecken im EG und UG sind aus Beton. Das Dach ist mit einer PV-Anlage versehen, die fremdvermietet an ein unabhängiges Unternehmen ist.

Die Heizungsanlage wurde 1992 installiert. Hierbei handelt es sich um einen Öl-Niedertemperaturkessel. Dieser ist für die Wärmebereitstellung sowie der Warmwasserbereitung in den Umkleidekabinen und Duschen zuständig.

Die Umkleideräume und Duschräume sind entlüftet.

Das Treppenhaus wird bereits über LED-Leuchten beleuchtet. Die restliche Beleuchtung findet über Leuchtstofflampen statt.

Das Gebäude wird wie folgt genutzt:

Büro: Dienstag 18 – 20 Uhr

Mittwoch 18 – 21 Uhr

Freitags 7 – 12 Uhr

Übung: Freitagabend 3 Stunden



**Süd-Ansicht:** Mit Eingang zum Gebäude und Garagentoren zu den Einsatzfahrzeugen.



**Nord-Ansicht:** Auf dieser Seite des Gebäudes befinden sich hauptsächlich Umkleidekabinen, Duschräume und Büroräume



**West-Ansicht:** Die Westseite ist mit einer Betonvorwandschale versehen. Auf dieser Seite befindet sich das Treppenhaus.



**Ost-Ansicht:** Giebelseite ohne Fenster

## Die Gebäudehülle

Bauteil	Zustand
Dach	18 cm Zwischensparrendämmung mit Mineralwolle aus dem Jahr 1992
Fenster	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zweifachverglaste Fenster mit Aluminiumrahmen Bj. 1992</li> <li>- Im UG in der Atemwerkstatt sind zweifachverglaste Kunststoffrahmenfenster aus dem Jahr 2006 verbaut.</li> </ul>
Außenwand	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Betonskelettbauweise mit Ziegelsteinen ausgefacht</li> <li>- Westseite mit Betonvorwandschale versehen</li> <li>- UG komplett betoniert</li> </ul>
Bodenplatte	Beton Bodenplatte der Typologie entsprechend



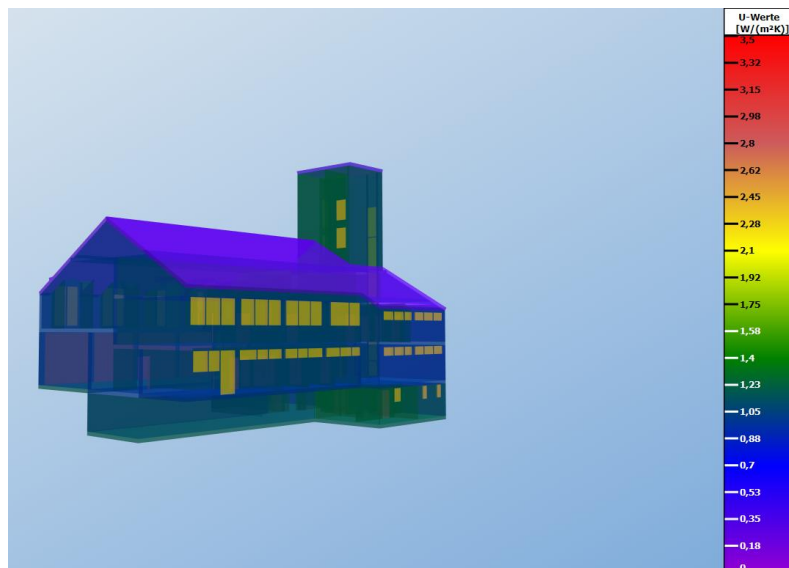
CAD-Modell

### Bestehende U-Werte und U-Wert-Anforderungen bei Sanierung

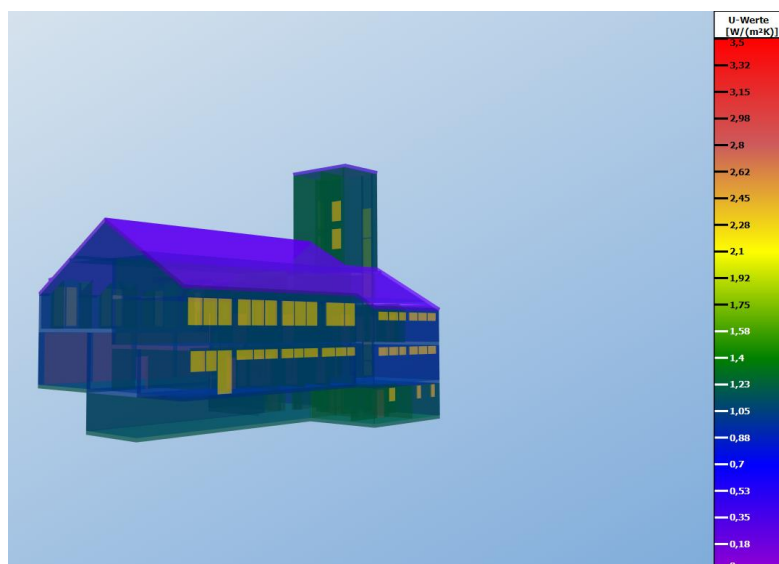
Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach	0,28	0,24	0,14
Außenwand	1,0	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	1,2	0,30	0,25
Bodenplatte EG	1,0	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,2	0,50	0,35
Fenster KS 2-fach BJ 2006	1,4	1,3	0,95
Fenster Alu 2-fach BJ 1992	2,4	1,3	0,95

Garagentore	2,9	-	2,0
Außentüre	2,7	1,8	1,3

U-Werte sind ein Maß dafür, wie gut ein Bauteil Wärme leitet. Je niedriger der U-Wert, desto besser ist die Wärmedämmung des Bauteils. Ein niedriger U-Wert bedeutet, dass weniger Wärme durch das Bauteil verloren geht, was zu einer insgesamt effizienteren Gebäudehülle führt. Daher ist es wichtig, die U-Werte der Bauteile zu kennen und gegebenenfalls durch eine energetische Sanierung zu verbessern, um den Energieverbrauch und die Heizkosten zu senken.



U-Werte Süd- und Westseite

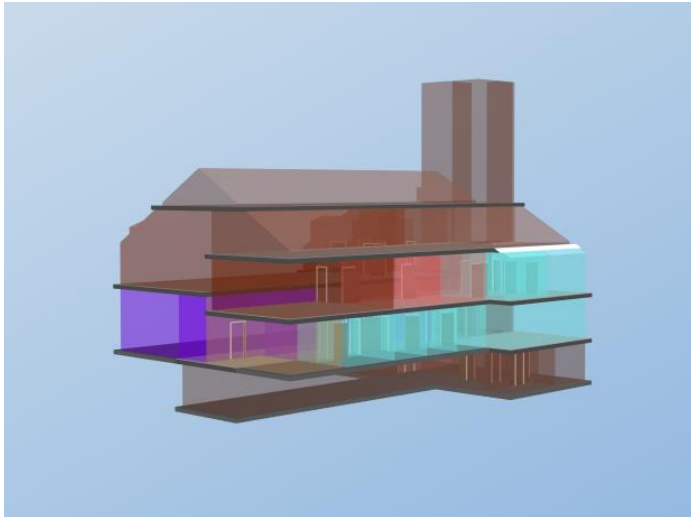


U-Werte Nord- und Ostseite

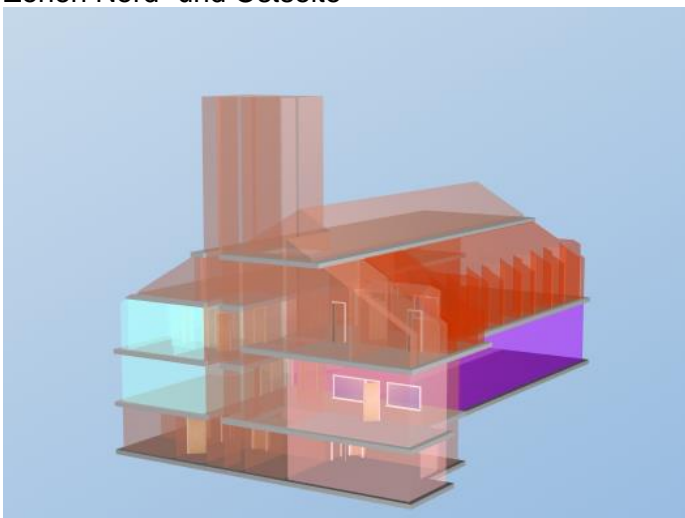
## Zonierung

Die Zonierung von Nichtwohngebäuden gemäß DIN 18599 bezieht sich auf die Einteilung eines Gebäudes in verschiedene Zonen, basierend auf den jeweiligen

Nutzungsanforderungen und den thermischen Bedingungen. Diese Zonierung ermöglicht eine differenzierte Betrachtung und Bewertung der energetischen Eigenschaften und Anforderungen verschiedener Bereiche innerhalb des Gebäudes. Durch die Zonierung können gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und des Raumkomforts umgesetzt werden, um den Energieverbrauch zu reduzieren und das Raumklima zu optimieren.



Zonen Nord- und Ostseite



Zonen Süd- und Westseite

Nr.	Zone	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Anteil [%]	Konditionierung
1	WC und Sanitärräume	125	10	Heizung + Beleuchtung + Abluft + Trinkwarmwasser
2	Gruppenbüroräume	93	7,8	Heizung + Beleuchtung
3	Sonstige Aufenthaltsräume	49	4,1	Heizung + Beleuchtung
4	Sonstige Aufenthaltsräume (gekühlt)	147	12,3	Heizung + Beleuchtung + Kühlung
5	Lager	158	13,2	Heizung + Beleuchtung
6	Werkstatt	25	2,1	Heizung + Beleuchtung
7	Verkehrsfläche	590	49,5	Heizung + Beleuchtung



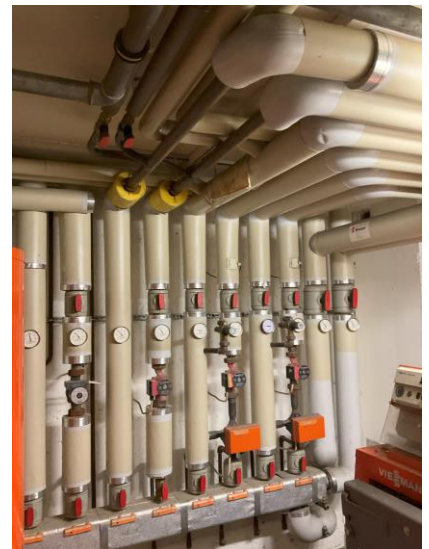
## Anlagentechnik

### Heizung:

Bereich Heizwärme-Erzeugung 1  
 Zentralheizung 1992 NT-Gebläsekessel von 1992 - Nennleistung 105,00 kW  
 Energieträger: Heizöl EL  
 Der Kessel versorgt den TWW-Bereich mit.

### Warmwasser:

Bereich Warmwasser-Erzeugung 1  
 Zentrales TWW 1992 NT-Gebläsekessel  
 - Nennleistung 105,00 kW  
 Energieträger: Heizöl EL



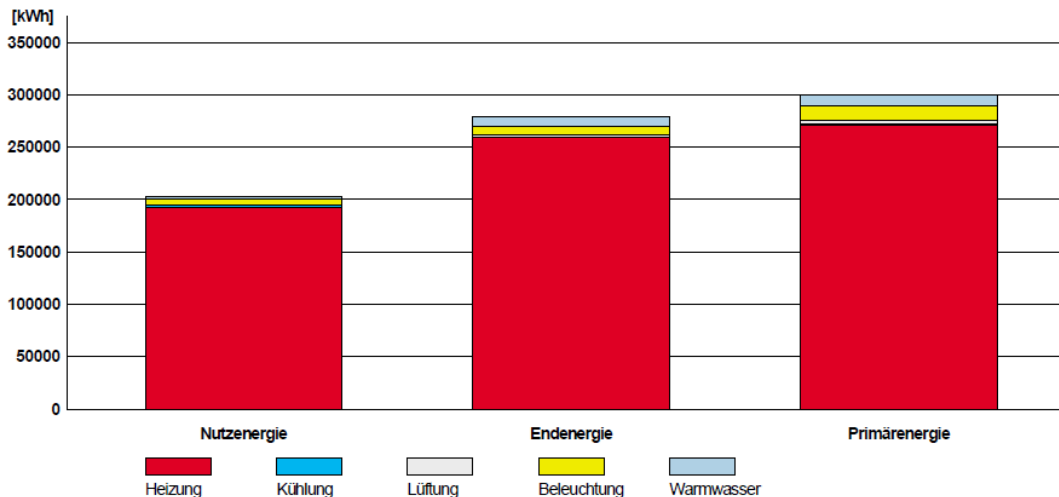
Bauteil	Zustand	Energetische Bewertung
Wärmeerzeuger	Viessmann Paromat-Triplex-RN Bj. 1992, 105 kW	schlecht
Pufferspeicher	Viessmann 350 l Bj, 1992	schlecht
Heizungsrohre	gedämmt	gut
Heizungspumpen	ungeregelt	schlecht
Wärmeübergabe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hallenheizer (Garage)</li> <li>- Röhrenheizkörper</li> </ul>	schlecht
		okay
Raumlufttechnik	Abluft (Sanitärräume)	okay

## Bedarfs- und Verbrauchsangaben

Der Berechnung dieses Berichts wurden das GEG-Standard-Nutzerverhalten und die Standard-Klimabedingungen für Deutschland zugrunde gelegt. Daher können aus den Ergebnissen keine Rückschlüsse auf die absolute Höhe des Brennstoffverbrauchs gezogen werden.

### Energiebilanz für das Gebäude:

in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie	201971	192297	2245	0	5554	1875
	169,50	161,39	1,88	0	4,66	1,57
Endenergie	280077	259229	780	2133	7656	10279
	235,05	217,56	0,65	1,79	6,42	8,63
Primärenergie	300651	270830	1405	3839	13780	10797
	252,32	227,29	1,18	3,22	11,56	9,06



Bei der Berechnung des Energiebedarfs eines Gebäudes gemäß den Vorgaben von Normen wie DIN 18599 oder EnEV (Energieeinsparverordnung) werden standardisierte Annahmen für das Nutzerverhalten und die klimatischen Bedingungen an einem Norm-Standort verwendet. Dies ermöglicht einen Vergleich des Energiebedarfs verschiedener Gebäude unter vergleichbaren Bedingungen.

Allerdings kann es zu Abweichungen zwischen dem berechneten Energiebedarf und dem tatsächlich gemessenen Energieverbrauch kommen, da individuelle Nutzerverhalten und die tatsächlichen klimatischen Bedingungen vor Ort nicht vollständig berücksichtigt werden. Beispielsweise können unterschiedliche Nutzungsmuster, Raumtemperaturen oder Lüftungsgewohnheiten der Bewohner zu variablen Energieverbrauchsmustern führen.

Deshalb ist es wichtig, dass bei der Interpretation von Energieverbrauchsdaten die individuellen Gegebenheiten und Nutzungsbedingungen eines Gebäudes berücksichtigt werden. Dies ermöglicht eine präzisere Analyse und Optimierung des tatsächlichen Energieverbrauchs sowie die Identifizierung von Potenzialen zur Energieeinsparung und Effizienzsteigerung.

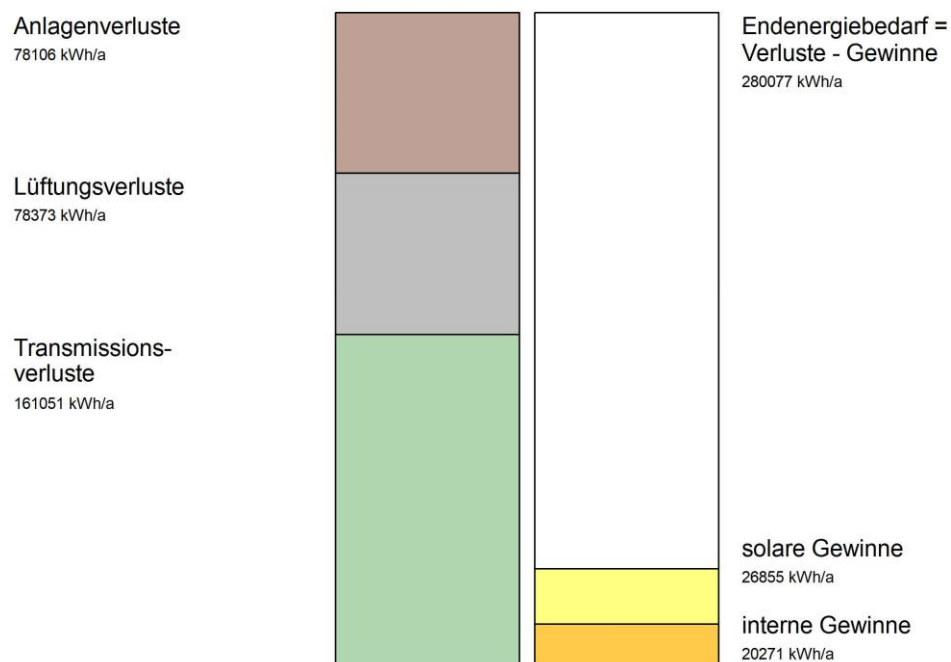
Jahr	Energiebedarf [kWh] (DIN 18599)	Energieverbrauch [kWh]	Abweichung [%]
2020	280.077	76.620	-73,65%
2021	280.077	146.036	-48,86%
2022	280.077	188.222	-33,8%

Die hohe rechnerische Abweichung vom tatsächlichen Energieverbrauch lässt sich über die sporadischen Nutzungszeiten des Feuerwehrhauses erklären. In der Norm sind hier für die betreffende Zone längere Nutzungszeiten vorgesehen. Die hohe Abweichung im Jahr 2020 ist auf die Coronapandemie zurückzuführen.

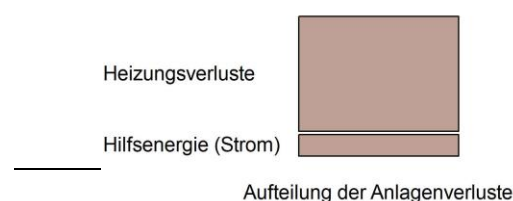
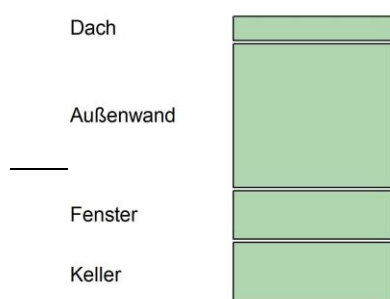
## Energiebilanz

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle, durch den Luftwechsel sowie bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie.

In dem folgenden Diagramm ist die Energiebilanz für die Raumwärme aus Wärmegewinnen und Wärmeverlusten der Gebäudehülle und der Anlagentechnik dargestellt.



Die Aufteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteilgruppen - Dach - Außenwand - Fenster - Keller - und der Anlagenverluste auf die Bereiche - Heizung - Warmwasser - Hilfsenergie (Strom) - können Sie den folgenden Diagrammen entnehmen. Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich die Energie verloren geht, bzw. wo zurzeit die größten Einsparpotenziale in Ihrem Gebäude liegen.



## Bewertung des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m<sup>2</sup> Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 252 kWh/m<sup>2</sup>a.

### Gesamtbewertung

Primärenergiebedarf

Ist-Zustand: 252 kWh/m<sup>2</sup>a



## Sanierung des Gebäudes

### Variante 1: Heizungsoptimierung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

#### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 1 -

keine Maßnahme

#### Anlagentechnik - Variante 1 -

Die bestehende Heizungsanlage soll hydraulisch abgeglichen werden. Die Thermostatventile sollen gegen programmierbare Thermostatventile ausgetauscht werden.

Die Umwälzpumpen sollen gegen leistungsgeregelte Pumpen getauscht werden.

#### Heizung:

Bereich	Heizwärme-Erzeugung 1
Zentralheizung	- NT-Gebläsekessel von 1992 - Nennleistung 105,00 kW Energieträger: Heizöl EL Der Kessel versorgt den TWW-Bereich mit.

#### Warmwasser:

Bereich	Warmwasser-Erzeugung 1
Zentrales TWW	- NT-Gebläsekessel aus dem Heizkreis 'Erzeuger 1' von 1992 - Nennleistung 105,00 kW Energieträger: Heizöl EL

#### Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** keine Maßnahmen

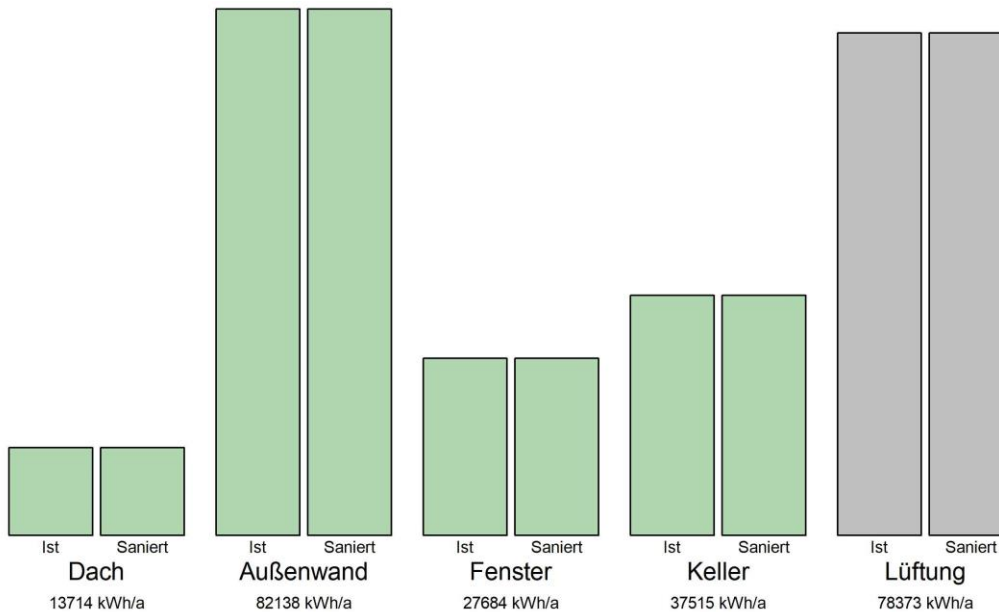
#### Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage

- Einbau programmierbarer Heizkörperthermostate
- Hydraulischer Abgleich
- Einbau geregelter Umwälzpumpen

## Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **6 %**.

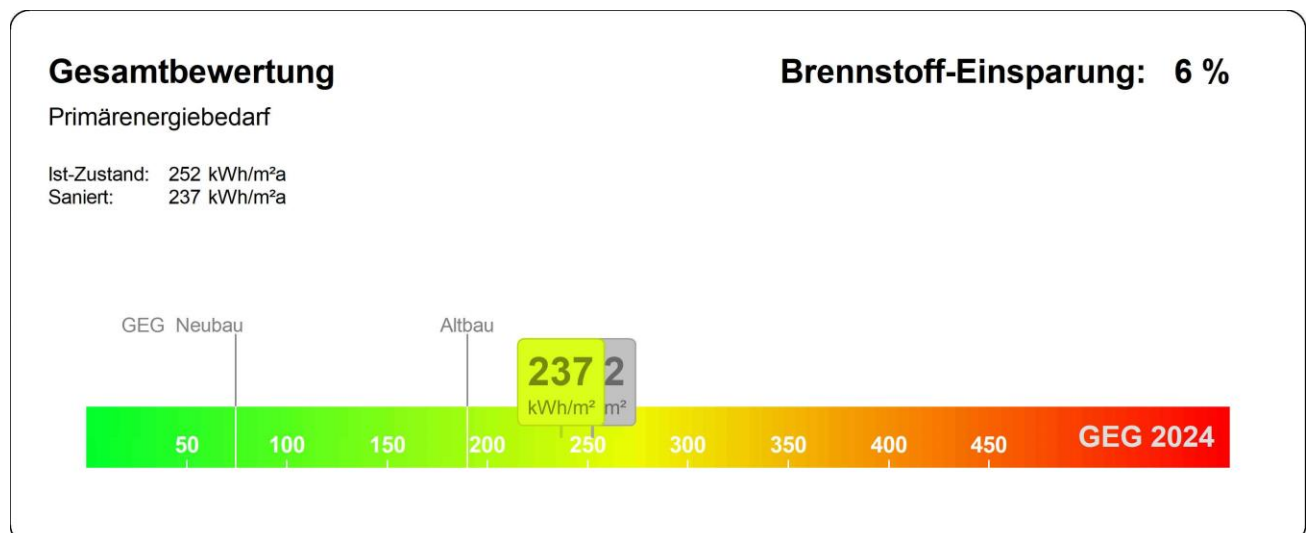
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 280077 kWh/Jahr reduziert sich auf 262385 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 17692 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 5272 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **237 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	20.000 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	0 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>20.000 EUR</b>
--	----------	-------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	1.301 EUR/Jahr	39.030 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 54.902 EUR/Jahr	+ 1.647.060 EUR
	<u>56.203 EUR/Jahr</u>	<u>1.686.090 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	58.426 EUR/Jahr	1.752.780 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>2.223 EUR/Jahr</b>	<b>66.690 EUR</b>

Die Amortisationsdauer beträgt 11 Jahre.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	34.606 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	32.519 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,00 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	14,20 %

## Variante 2: Beleuchtung LED

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Umstellung der vorhandenen Leuchtmittel gegen effizientere LED-Beleuchtungstechnik. Durch eine bedarfsgerechte Steuerung mit Tageslicht-, Präsenz- oder Bewegungssensoren kann die Effizienz zusätzlich gesteigert werden.

### Das bringt es:

- Energiekosteneinsparung durch deutlich geringeren Stromverbrauch im Vergleich mit herkömmlichen Leuchtmitteln.
- Bessere Lichtqualität - LED Beleuchtung flackert nicht und verbreitet ein ruhiges Licht.
- LED's haben eine lange Lebensdauer, daraus resultieren geringe Wartungskosten und ein reduzierter Wartungsaufwand.

### Fördermittel:

Für den Austausch der Beleuchtung sind nach aktuellen Richtlinien BAFA-Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: 15%

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit 50% gefördert.

### Kostenschätzung

Gesamtinvestitionskosten: 12.500 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten): 1.875 EUR

Umsetzungszeitraum: 2024

## Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 2 -

keine Maßnahme

## Anlagentechnik - Variante 2 -

keine Maßnahme

## Heizung:

Bereich	Heizwärme-Erzeugung 1
Zentralheizung	- NT-Gebläsekessel von 1992 - Nennleistung 105,00 kW Energieträger: Heizöl EL Der Kessel versorgt den TWW-Bereich mit.

## Warmwasser:

Bereich	Warmwasser-Erzeugung 1
Zentrales TWW	- NT-Gebläsekessel aus dem Heizkreis 'Erzeuger 1' von 1992 - Nennleistung 105,00 kW



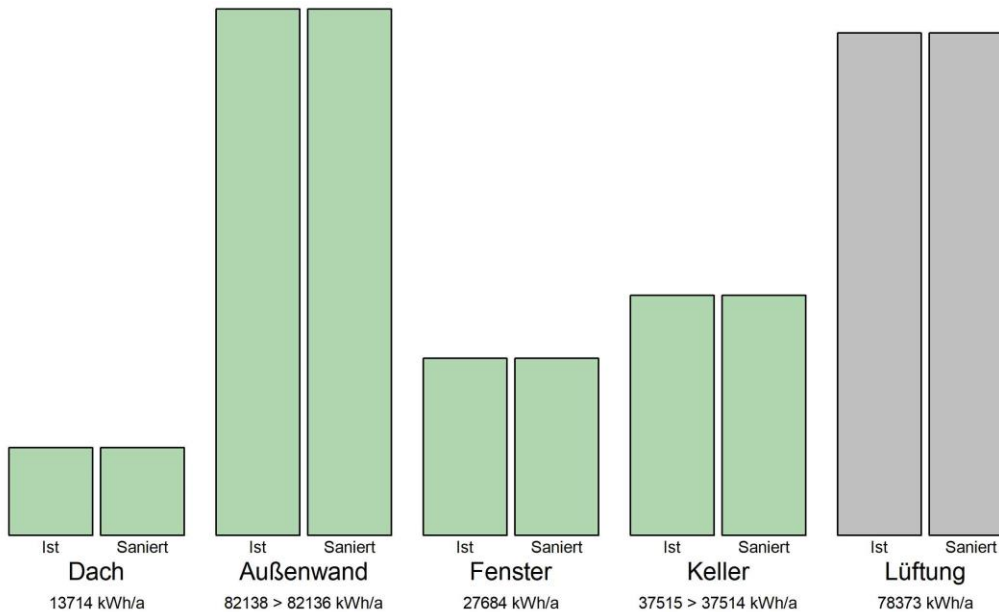
**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste****Wärmebrücken:** keine Maßnahmen**Lüftungswärmeverluste:** keine Maßnahmen**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage (Maßnahmenpaket 1)**

- Einbau programmierbarer Heizkörperthermostate
- Hydraulischer Abgleich
- Einbau geregelter Umwälzpumpen

**Energieeinsparung - Variante 2 -**

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **6 %**.

Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 280.077 kWh/Jahr reduziert sich auf 261.875 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 18.202 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 6.907 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **233 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.

**Gesamtbewertung**
**Brennstoff-Einsparung: 6 %**

Primärenergiebedarf

 Ist-Zustand: 252 kWh/m<sup>2</sup>a  
 Saniert: 233 kWh/m<sup>2</sup>a


**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	30.625 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	2.147 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>28.478 EUR</b>
--	----------	-------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	1.959 EUR/Jahr	58.770 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 52.172 EUR/Jahr	+ 1.565.160 EUR
	54.131 EUR/Jahr	1.623.930 EUR
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	57.654 EUR/Jahr	1.729.620 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>3.523 EUR/Jahr</b>	<b>105.690 EUR</b>

Die Amortisationsdauer beträgt 10 Jahre.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	34.606 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	31.315 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	14,95 %

## Variante 3: Fenster

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 3 -

Fenster: Fenstertausch

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach	0,28	0,24	0,14
Außenwand	1,0	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	1,2	0,30	0,25
Bodenplatte EG	1,0	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,2	0,50	0,35
Fenster 3-fachverglast	0,95	1,3	0,95
Garagentore	2,9	-	2,0
Außentüre	2,7	1,8	1,3

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

Die bestehenden die 2-fach verglasten Alurahmenfenster sollen gegen neue 3-fach verglaste Fenster getauscht werden, da es an den Anschlüssen zur Außenwand Wärmeverluste und Zugerscheinungen gibt. Die Umsetzung dieser Sanierungsmaßnahme bietet sich in einem Zug mit der Fassadendämmung an.

#### Fensterfalzlüfter

Da durch die Sanierungsmaßnahme die Gebäudehülle dichter wird, empfiehlt es sich Fensterfalzlüfter im Fensterrahmen zu integrieren, falls keine Lüftungsanlage geplant ist. Die Fensterfalzlüfter garantieren den nutzerunabhängigen Mindestluftwechsel zur Vermeidung von Schimmel- und Feuchtigkeitsproblemen.

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten Fenster: Uw-Wert = 0,95 W/m<sup>2</sup>K

#### Das bringt es:

Der Austausch der Fenster bewirkt gleichmäßig warme Räume und verhindern Zugerscheinungen. Dadurch wird die Behaglichkeit erhöht.

Durch den Einbau von Fenstern mit niedrigem g-Wert und / oder zusätzlichem Sonnenschutz verbessert sich der sommerliche Wärmeschutz des Gebäudes.

Dies ist gerade für zusätzlich gekühlten Räume im OG ein zusätzlicher Mehrwert, der dazu führt, dass die Klimaanlage weniger oft laufen muss.

**Hinweise:**

Beim Austausch der Fenster muss darauf geachtet werden, dass die U-Werte der Wände besser sind als die Uw-Werte der Fenster nach Einbau.

Die Einbauebene der Fenster und der Tür wird an die Außenkante des Mauerwerks verlegt.

Die Abdichtung der Anschlussfuge erfolgt in Anlehnung an die RAL-Richtlinie.

Sämtliche Wärmebrücken sind nach DIN 4108 Bbl. 2 auszuführen.

Nach der Sanierung sollte das Lüftungsverhalten angepasst oder eine andere Lüftungstechnische Maßnahme ergriffen werden, da der Luftwechsellustausch geringer sein wird.

**Fördermittel**

Mit diesem Zielwert wären nach aktuellen Richtlinien BAFA-Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: 15 %

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit 50 % gefördert.

**Kostenschätzung**

Kosten Fenster:

Investitionskosten: 85.000 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten) 72.000 EUR

Umsetzungszeitraum: 2034

**Anlagentechnik - Variante 3 -****Heizung:**

Bereich	Heizwärme-Erzeugung 1
Zentralheizung	- NT-Gebälsekessel von 1992 - Nennleistung 105,00 kW Energieträger: Heizöl EL Der Kessel versorgt den TWW-Bereich mit.

**Warmwasser:**

Bereich	Warmwasser-Erzeugung 1
Zentrales TWW	- NT-Gebälsekessel aus dem Heizkreis 'Erzeuger 1' von 1992 - Nennleistung 105,00 kW Energieträger: Heizöl EL

**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** keine Maßnahmen

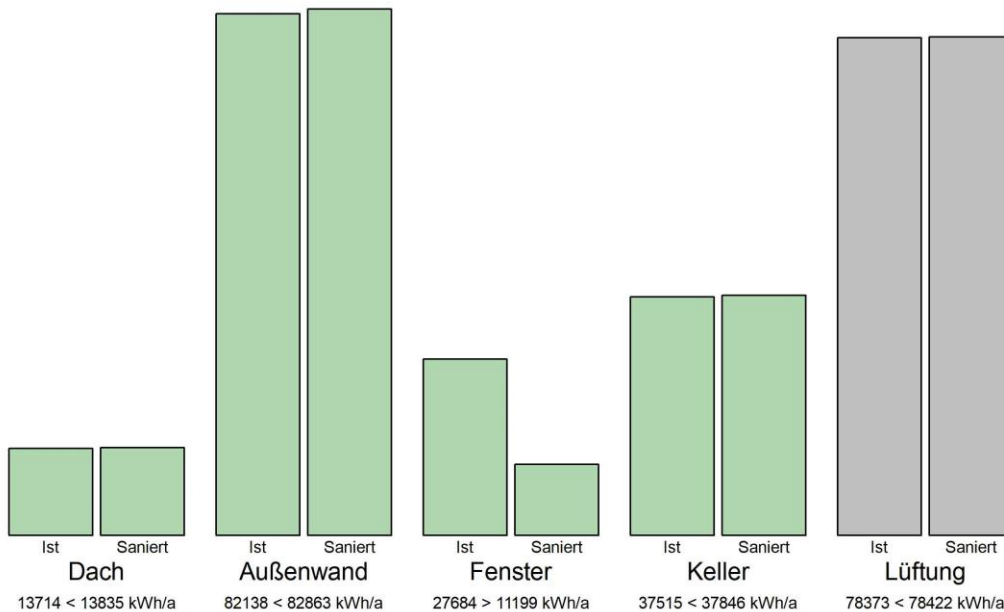
**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage (Maßnahmenpaket 1)**

- Einbau programmierbarer Heizkörperthermostate
- Hydraulischer Abgleich
- Einbau geregelter Umwälzpumpen

**Energieeinsparung - Variante 3 -**

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **12 %**.

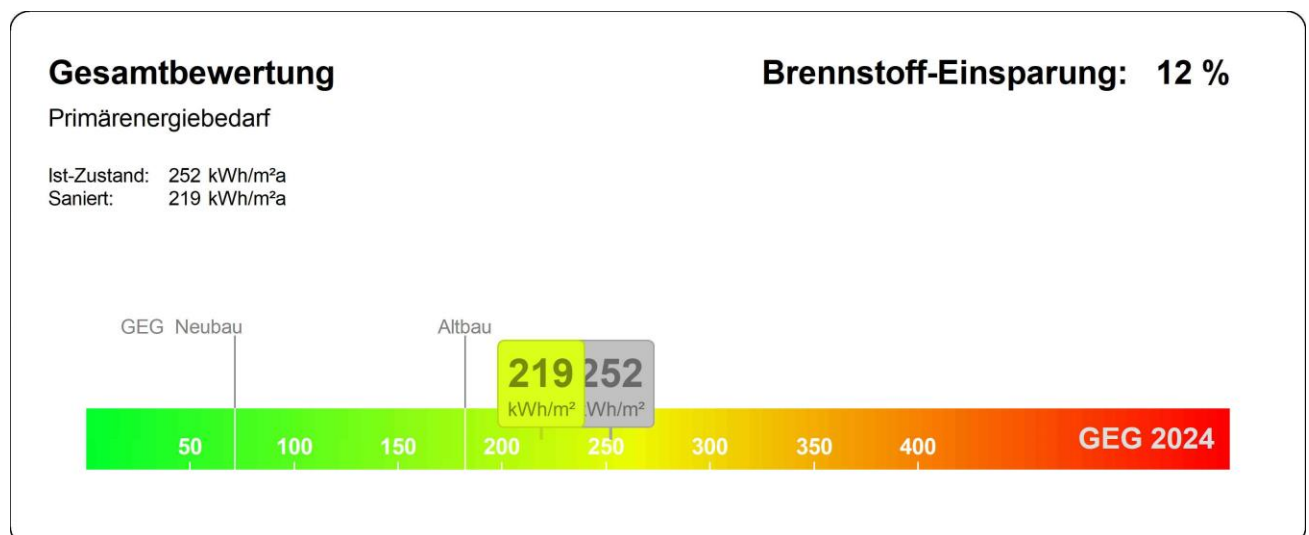
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 280.077 kWh/Jahr reduziert sich auf 246.067 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 34.010 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 11.550 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **219 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	102.875 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	50.874 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>52.001 EUR</b>
--	----------	-------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	3.578 EUR/Jahr	107.340 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 49.808 EUR/Jahr	+ 1.494.240 EUR
	53.386 EUR/Jahr	1.601.580 EUR
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	57.654 EUR/Jahr	1.729.620 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>4.268 EUR/Jahr</b>	<b>128.040 EUR</b>

Die Amortisationsdauer beträgt 20 Jahre.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	34.606 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	29.502 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	8,83 %



## Variante 4: Außenwanddämmung und Tausch der Eingangstüre

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 4 -

**Außenwänd** Außentürentausch  
**e:** Dämmung 12 cm WLS 038 (im UG)  
 Dämmung 16 cm WLS 035 (ab dem EG)

**Fenster:** Fenstertausch (Maßnahmenpaket 3)

**Fassade:** Außenwanddämmung

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach	0,28	0,24	0,14
Außenwand	0,20	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	0,25	0,30	0,25
Bodenplatte EG	1,0	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,2	0,50	0,35
Fenster 3-fachverglast	0,95	1,3	0,95
Garagentore	2,9	-	2,0
Außentüre	1,3	1,8	1,3

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

Spätestens wenn der vorhandene Außenputz die übliche Nutzungsdauer erreicht hat, ist laut GEG eine Dämmung anzubringen. Ein Wärmedämmverbundsystem ist bei diesem Gebäude die beste Maßnahme.

Mit aktuellen Annahmen sind folgende Varianten möglich:

V1: Wärmedämmverbundsystem als Polystyrol-Partikelschaum ausführen

V2: Wärmedämmverbundsystem als Holzfaserdämmung ausführen

V3: Wärmedämmverbundsystem als Mineralfaserdämmung ausführen

In den Bereichen, in denen die Außenwand bündig mit den Außenwänden des UGs verlaufen sollte nach Möglichkeit aufgegraben werden und die Dämmung bis ins Erdreich verlaufen. Für die Außenwände, die an Erdreich angrenzen, eignet sich eine Perimeterdämmung von außen.

In diesem Zug bietet es sich an auch die Fenster und die Außentüren zu erneuern.

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten der an Außenluft grenzenden

Außenwand: U-Wert = 0,20 W/m<sup>2</sup>K

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten der an Erdreich grenzenden

Außenwand: U-Wert = 0,25 W/m<sup>2</sup>K

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten der Außentür: Ud-Wert = 1,30 W/m<sup>2</sup>K

### **Das bringt es:**

Dämmmaßnahmen bewirken gleichmäßig warme Räume. Dadurch wird die Behaglichkeit erhöht.

Reduzierung des Heizenergieverbrauchs.

### **Hinweise:**

Sämtliche Wärmebrücken sind nach DIN 4108 Bbl. 2 auszuführen. Durch die Dämmung sind Heizkreise und Regelung erneut an das Gebäude anzupassen. Das Lüftungsverhalten muss angepasst werden, da die Gebäudehülle dichter ist als vor der Sanierung.

### **Fördermittel:**

Mit diesem Zielwert wären nach aktuellen Richtlinien BAFA-Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: 15 %

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit 50 % gefördert.

### **Kostenschätzung**

Kosten Außenwand und Eingangstüre:

Investitionskosten: 195.000 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten) 167.000 EUR

Umsetzungszeitraum: 2038

### **Lüftungskonzept:**

Bei Durchführung dieser Sanierungsmaßnahme ist die Erstellung eines Lüftungskonzepts erforderlich. Das Ziel des Lüftungskonzepts ist es, einen ausreichenden Mindestluftwechsel zum Feuchtschutz sicherzustellen.

### **Anlagentechnik - Variante 4 -**

#### **Heizung:**

Bereich	Heizwärme-Erzeugung 1
Zentralheizung	- NT-Gebälsekessel von 1992 - Nennleistung 105,00 kW Energieträger: Heizöl EL Der Kessel versorgt den TWW-Bereich mit.

#### **Warmwasser:**

Bereich Warmwasser-Erzeugung 1  
 Zentrales TWW - NT-Gebläsekessel aus dem Heizkreis 'Erzeuger 1'  
 von 1992 - Nennleistung 105,00 kW  
 Energieträger: Heizöl EL

## Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** keine Maßnahmen

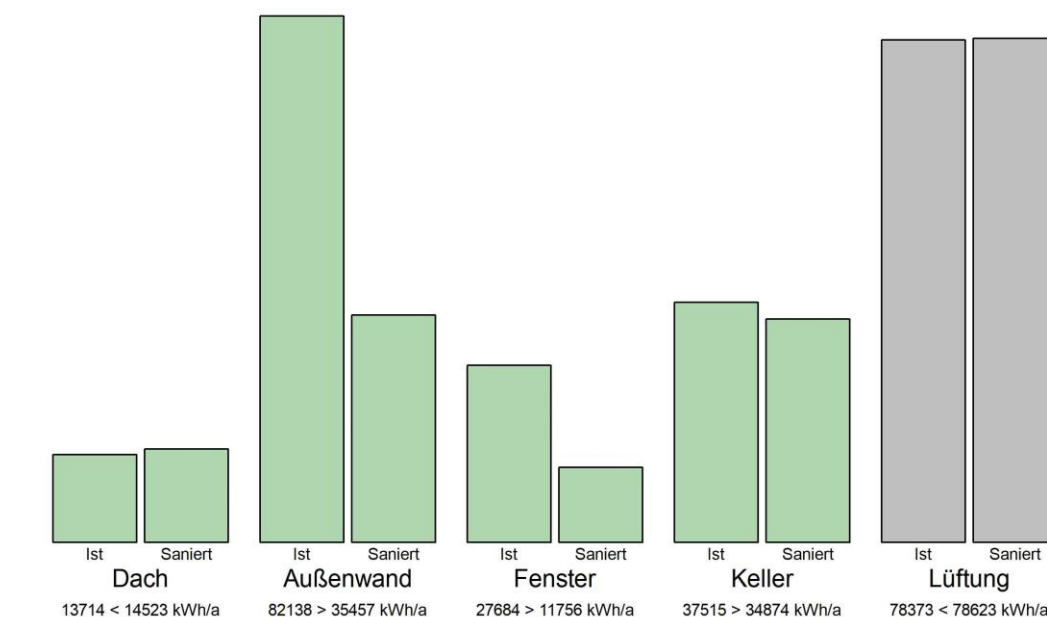
## Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage (Maßnahmenpaket 1)

- Einbau programmierbarer Heizkörperthermostate
- Hydraulischer Abgleich
- Einbau geregelter Umwälzpumpen

## Energieeinsparung - Variante 4 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **31 %**.

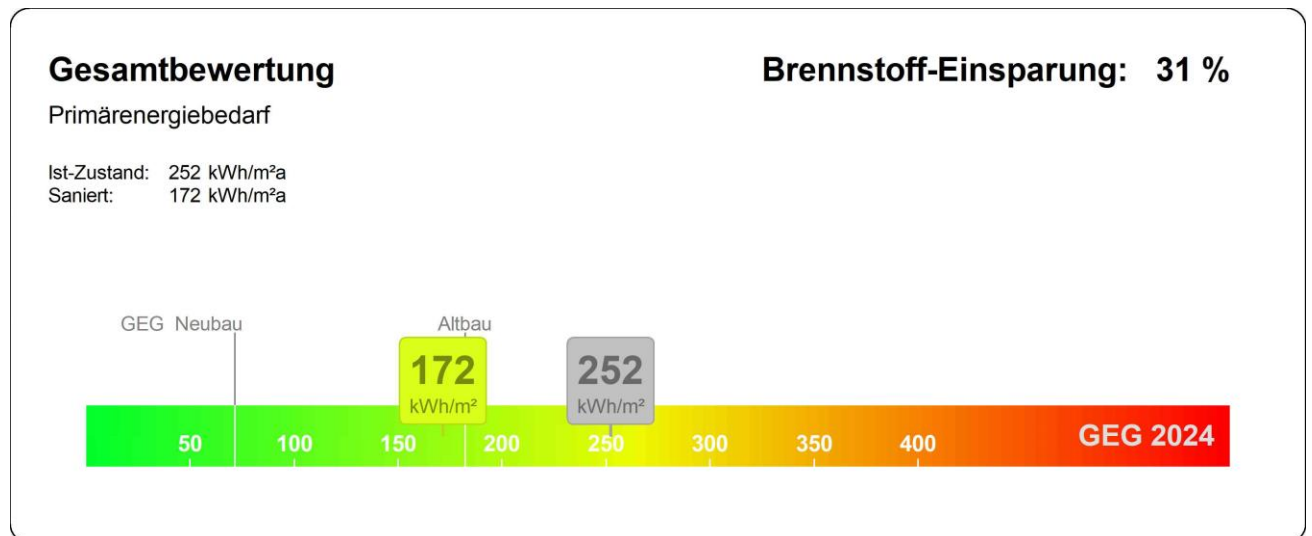
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 280077 kWh/Jahr reduziert sich auf 192031 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 88046 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 27438 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **172 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	165.750 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	77.666 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>88.084 EUR</b>
--	----------	-------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	6.061 EUR/Jahr	181.830 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 39.082 EUR/Jahr	+ 1.172.460 EUR
	45.143 EUR/Jahr	1.354.290 EUR
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	57.654 EUR/Jahr	1.729.620 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>12.511 EUR/Jahr</b>	<b>375.330 EUR</b>

Die Amortisationsdauer beträgt 17 Jahre.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	34.606 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	23.292 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	9,51 %

## Variante 5: Dach und Turm Dach

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 5 -

**Außenwände:** Eingangstürentausch und Außenwanddämmung (Maßnahmenpaket 4)  
 Dämmung 12 cm WLS 038  
 Dämmung 16 cm WLS 035

**Dach / oberste Decke:** 18 cm Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035),  
 12 cm Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 040),  
 Dämmung 14 cm WLS 024 auf dem Turm Dach

#### Dach: Dämmung Steildach und Turm Dach

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach	0,14	0,24	0,14
Außenwand	0,20	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	0,25	0,30	0,25
Bodenplatte EG	1,0	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,2	0,50	0,35
Fenster 3-fachverglast	0,95	1,3	0,95
Garagentore	2,9	-	2,0
Außentüre	1,3	1,8	1,3

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

Erneuerung und Ertüchtigung der Dämmung des Steildachs und des Turm Dachs. Diese Maßnahme bietet sich an, sobald das Dach seine übliche Nutzungsdauer erreicht hat und erneuert, werden muss.

*Im Zug der Dachsanierung bietet es sich an, eine Photovoltaikanlage auf dem Dach zu installieren.*

Mit aktuellen Annahmen sind folgende Varianten möglich:

V1: Zwischensparren- und Aufsparrendämmung aus Holzfaser

V2: Zwischensparrendämmung aus Mineralfaser und Aufsparrendämmung aus Holzfaser

V3: Aufsparrendämmung aus Polyurethan

Für die Flachdachdämmung eignet sich vor allem die Verlegung druckfester Polystyrol-, Polyurethanhartschaum- oder Mineraldämmplatten.  
Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten des Dachs: U-Wert = 0,14 W/m<sup>2</sup>K

**Das bringt es:**

- Eine vernünftige Dachdämmung sorgt für deutlich niedrigere Energiekosten, weil der Wärme- und Kälteeintrag über die Dachflächen deutlich reduziert wird.
- Die Wärmedämmung der Dachflächen bedeutet sommerlichen Hitzeschutz und winterlichen Wärmeschutz. Das erhöht den Wohnkomfort im Dachgeschoß deutlich.

**Hinweise:**

Der Dachüberstand kann vergrößert werden, um bei einer späteren Dämmung der Außenwände gut anschließen zu können.

Die Anschlüsse der luftdichten Ebene an die Außenwand sind so zu planen, dass sie auch bei der späteren Außenwanddämmung lückenlos übergehen.

Durch die Dämmung sind Heizkreise und Regelung erneut an das Gebäude anzupassen.

Nach der Sanierung sollte das Lüftungsverhalten angepasst werden, da der Luftwechsellustausch geringer sein wird.

**Fördermittel:**

Mit diesem Zielwert wären nach aktuellen Richtlinien BAFA-Förderungsmittel möglich.

Möglicher Fördersatz: 15 %

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit 50 % gefördert.

Gesamtinvestitionskosten: 137.000 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten): 119.500 EUR

Umsetzungszeitraum: 2040

**Lüftungskonzept:**

Bei Durchführung dieser Sanierungsmaßnahme ist die Erstellung eines Lüftungskonzepts erforderlich. Das Ziel des Lüftungskonzepts ist es, einen ausreichenden Mindestluftwechsel zum Feuchtschutz sicherzustellen.

**Fenster:** Fenstertausch (Maßnahmenpaket 4)



**Anlagentechnik - Variante 5 -****Heizung:**

Bereich	Heizwärme-Erzeugung 1
Zentralheizung	- NT-Gebläsekessel von 1992 - Nennleistung 105,00 kW Energieträger: Heizöl EL Der Kessel versorgt den TWW-Bereich mit.

**Warmwasser:**

Bereich	Warmwasser-Erzeugung 1
Zentrales TWW	- NT-Gebläsekessel aus dem Heizkreis 'Erzeuger 1' von 1992 - Nennleistung 105,00 kW Energieträger: Heizöl EL

**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** keine Maßnahmen

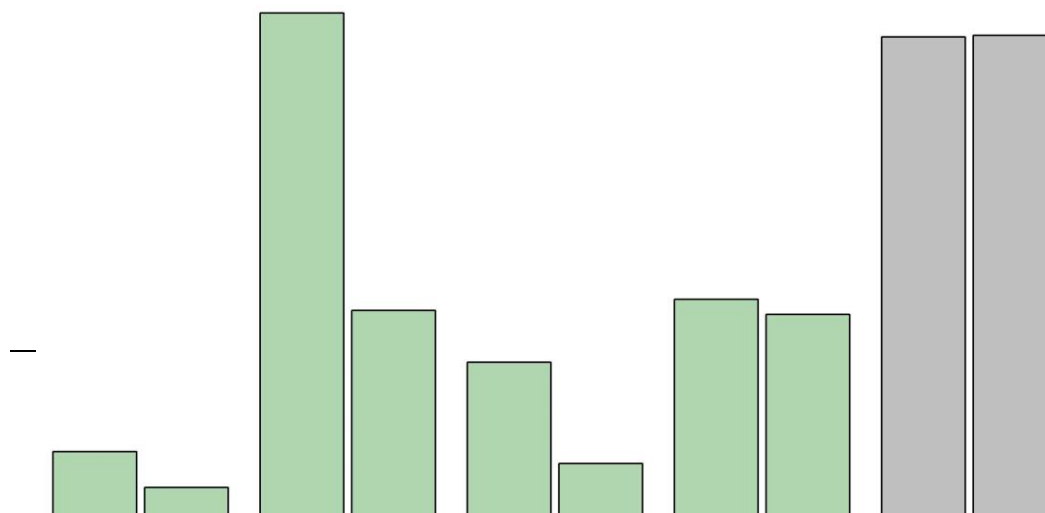
**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage (Maßnahmenpaket 1)**

- Einbau programmierbarer Heizkörperthermostate
- Hydraulischer Abgleich
- Einbau geregelter Umwälzpumpen

**Energieeinsparung - Variante 5 -**

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **34 %**.

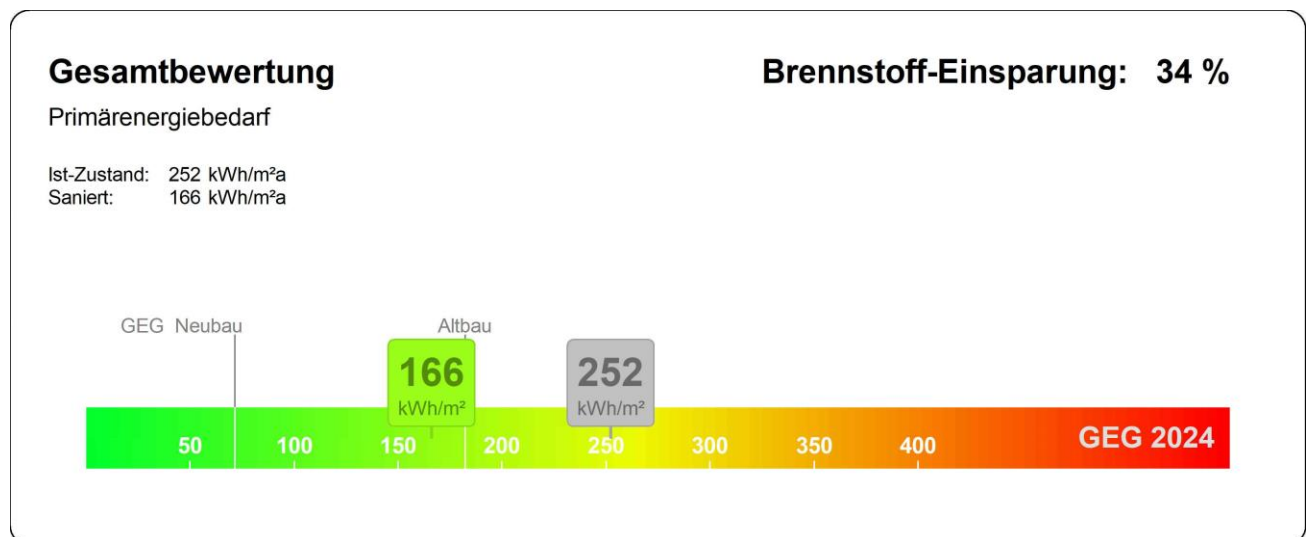
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 280.077 kWh/Jahr reduziert sich auf 185683 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 94.394 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 29.305 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **166 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	385.075 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	203.359 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>181.716 EUR</b>
--	----------	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	12.503 EUR/Jahr	375.090 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 37.589 EUR/Jahr	+ 1.127.670 EUR
	<u>50.092 EUR/Jahr</u>	<u>1.502.760 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	57.654 EUR/Jahr	1.729.620 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>7.562 EUR/Jahr</b>	<b>226.860 EUR</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	34.606 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	22.562 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	3,58 %

## Variante 6: Lüftungsanlage mit WRG

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 6 -

**Außenwände:** Außenwanddämmung und Tausch der Eingangstüre (Maßnahmenpaket 4)  
 Dämmung 12 cm WLS 038  
 Dämmung 16 cm WLS 035

**Dach / oberste Decke:** 18 cm Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035), (Maßnahmenpaket 5)  
 12 cm Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 040),  
 Dämmung 14 cm WLS 024 Turm Dach

**Fenster:** Fenstertausch (Maßnahmenpaket 3)

**Dach:** Dämmung Steildach und Turm Dach

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach	0,14	0,24	0,14
Außenwand	0,20	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	0,25	0,30	0,25
Bodenplatte EG	1,0	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,2	0,50	0,35
Fenster 3-fachverglast	0,95	1,3	0,95
Garagentore	2,9	-	2,0
Außentüre	1,3	1,8	1,3

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

### Anlagentechnik - Variante 6 -

#### Heizung:

Bereich Heizwärme-Erzeugung 1  
 Zentralheizung - NT-Gebläsekessel von 1992 - Nennleistung 105,00 kW  
 Energieträger: Heizöl EL  
 Der Kessel versorgt den TWW-Bereich mit.

#### Warmwasser:

Bereich Warmwasser-Erzeugung 1

Zentrales TWW - NT-Gebläsekessel aus dem Heizkreis 'Erzeuger 1'  
von 1992 - Nennleistung 105,00 kW  
Energieträger: Heizöl EL

### **Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

### **Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage (Maßnahmenpaket 1)**

- Einbau programmierbarer Heizkörperthermostate
- Hydraulischer Abgleich
- Einbau geregelter Umwälzpumpen

### **Maßnahmen zur Reduzierung der Lüftungswärmeverluste und Vorbeugung von Feuchtigkeits- und Schimmelproblemen**

Das gesamte Gebäude soll mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ausgestattet werden. Hierfür kommen zentrale Lüftungsgeräte oder dezentrale Pendellüfter in Frage.

#### **Das bringt es:**

- Energiekosteneinsparung durch deutlich geringere Lüftungswärmeverluste.
- vorbeugung von Schimmel- und Feuchtigkeitsproblemen
- bessere Raumluftqualität

#### **Fördermittel:**

Für den Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sind nach aktuellen Richtlinien BAFA-Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: 15 %

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit 50 % gefördert.

#### **Kostenschätzung**

Gesamtinvestitionskosten: 40.000 EUR

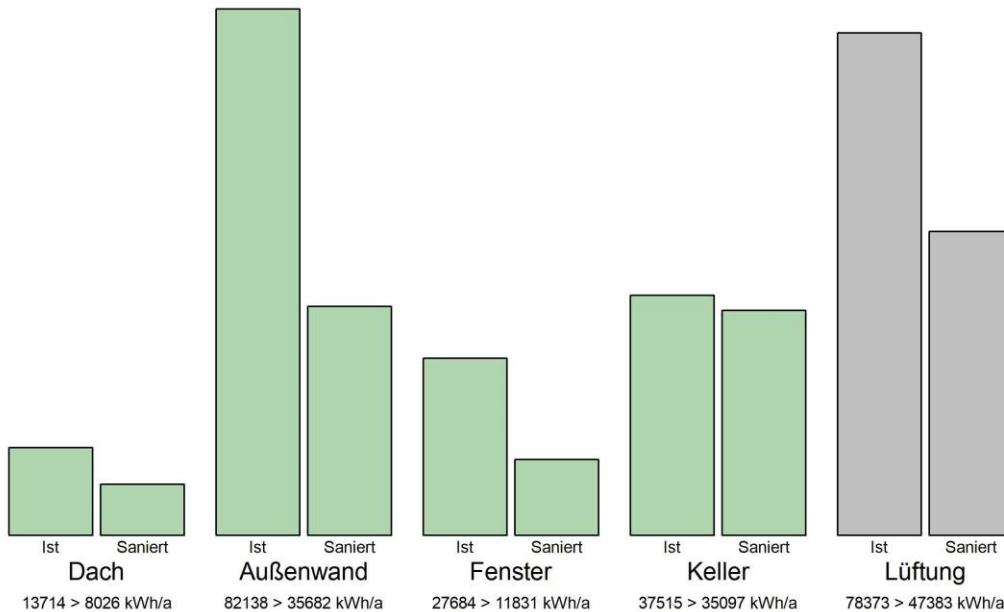
Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten): 3.000 EUR

Umsetzungszeitraum: 2041

## Energieeinsparung - Variante 6 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **43 %**.

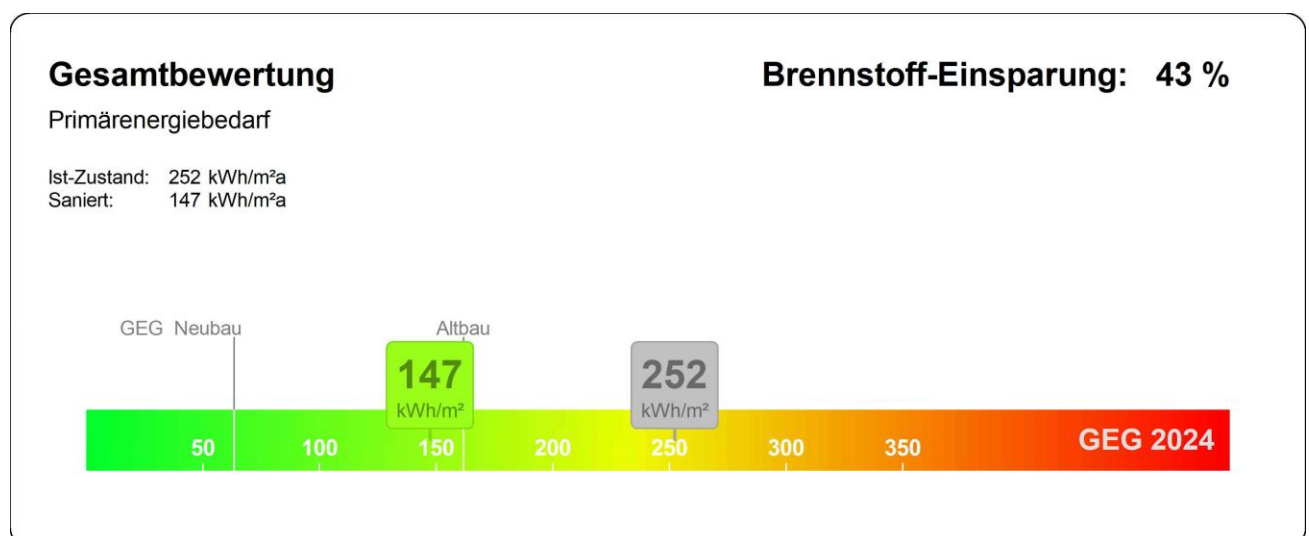
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 280.077 kWh/Jahr reduziert sich auf 158304 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 121.773 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 35.191 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **147 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	419.075 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	205.049 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>214.026 EUR</b>
--	----------	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	14.726 EUR/Jahr	441.780 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 37.523 EUR/Jahr	+ 1.125.690 EUR
	<u>52.249 EUR/Jahr</u>	<u>1.567.470 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	57.654 EUR/Jahr	1.729.620 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>5.405 EUR/Jahr</b>	<b>162.150 EUR</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	34.606 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	21.084 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	3,05 %

## Variante 7: Heizung VAR 1 Wärmepumpe und PV-Anlage

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 7 -

- Außenwände:** Außenwanddämmung und Tausch der Eingangstüre (Maßnahmenpaket 4)  
 Dämmung 12 cm WLS 038  
 Dämmung 16 cm WLS 035
- Dach / oberste Decke:** 18 cm Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035), (Maßnahmenpaket 5)  
 12 cm Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 040),  
 Dämmung 14 cm WLS 024 Turm Dach
- Fenster:** Fenstertausch (Maßnahmenpaket 3)

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach	0,14	0,24	0,14
Außenwand	0,20	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	0,25	0,30	0,25
Bodenplatte EG	1,0	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,2	0,50	0,35
Fenster 3-fachverglast	0,95	1,3	0,95
Garagentore	2,9	-	2,0
Außentüre	1,3	1,8	1,3

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

### Anlagentechnik - Variante 7 -

#### Heizung:

- Bereich** Heizwärme-Erzeugung
- Zentralheizung** - Luft-Wasser-Wärmepumpe von 2025  
 Energieträger: Strom-Mix  
 Die Wärmepumpe versorgt den TWW-Bereich mit.  
 - Luft-Wasser-Wärmepumpe von 2025  
 mit einer Betriebsart 'elektrisch angetrieben'  
 Energieträger: Strom-Mix



**Warmwasser:**

Bereich	Warmwasser-Erzeugung 1
Erzeugung	- Die Versorgung des Trinkwarmwasserbereiches " erfolgt über: + die Wärmepumpe 1 + die Wärmepumpe 2

**Heizung**

Austausch des vorhandenen Öl-Niedertemperaturkessels (BJ 1992) gegen eine Kaskade bestehend aus zwei Luft / Wasser - Wärmepumpen. Eine Kaskadierung könnte hier Sinn machen, da das Gebäude eher sporadische Nutzungszeiten aufweist und somit nicht immer die volle Leistung benötigt wird.

Installation eines Pufferspeichers.

Die Übergabe der Wärme erfolgt weiterhin über die bestehenden Heizkörper, ggf. müssen einzelne unterdimensionierte Heizkörper getauscht werden, damit das Heizungssystem effizient mit einer Vorlauftemperatur von max. 55 °C betrieben werden kann.

Anschlüsse sowie Regelungstechnik für die Einbindung von einer PV-Anlage vorsehen.

In diesem Zug bietet es sich an, eine Photovoltaikanlage auf dem Dach zu installieren, um den Strombedarf der Wärmepumpe anteilig über die PV-Anlage decken zu können. Dadurch wird der Anteil regenerativer Energien an der Wärmeerzeugung gesteigert.

**Damit in Verbindung stehende Maßnahmen:**

- Hydraulischer Abgleich des Heizkreises
- Dämmung der Rohrleitungen in unbeheizten Bereichen
- Einbau leistungsgeregelter Pumpen

**Das bringt es:**

- Reduzierung des Energieverbrauchs
- Bessere Regelung der Raumtemperatur
- Regenerative Wärmequelle
- Photovoltaikanlagen wandeln Sonnenstrahlung in umweltfreundlichen Strom um

**Hinweise:**

Werden Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle umgesetzt, verringert sich die Gebäudeheizlast und somit auch Größe und Investitionskosten des Wärmeerzeugers.

Eine hybridfähige Steuerungs- und Regelungstechnik für den künftigen erneuerbaren Anteil des Heizsystems muss installiert werden, sofern in der Steuerung des Heizkessels nicht vorhanden. Wenn der Brauchwasserspeicher ausgetauscht wird, ist ein Pufferspeicher für die künftige Einbindung erneuerbarer Energien zu installieren.

Photovoltaikanlagen sollten individuell geplant werden. Der Ertrag wird maßgeblich durch die Ausrichtung und Neigung sowie die Art der Kollektoren auf dem Dach bestimmt.

**Fördermittel:**

Mit dieser Anlagentechnik wären nach aktuellen Richtlinien BAFA-Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: 30 % + mögliche Bonusförderungen (30 % Grundförderung + 5 % bei Einsatz eines natürlichen Kältemittels + 20 % Klimageschwindigkeitsbonus)

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit demselben Fördersatz wie die Heizung gefördert.

Für PV-Anlagen gilt dieser Fördersatz nicht, weil PV-Anlagen rein über die Einspeisevergütung gefördert werden.

**Kostenschätzung**

Investitionskosten: 120.000 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten) 50.000 EUR

Umsetzungszeitraum: 2045

**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung  
(Maßnahmenpaket 6)

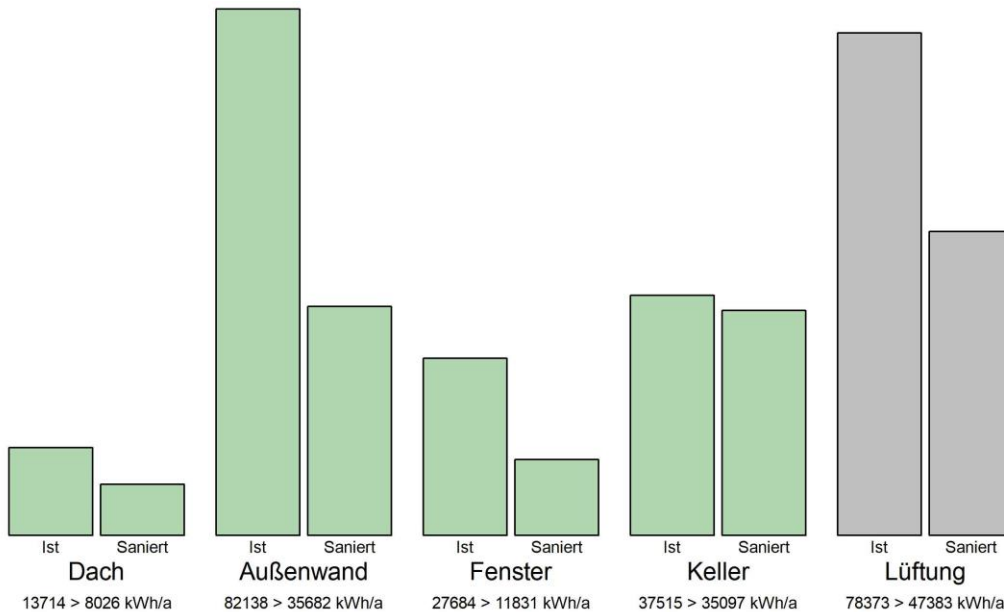
**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage**

keine Maßnahmen

## Energieeinsparung - Variante 7 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **86 %**.

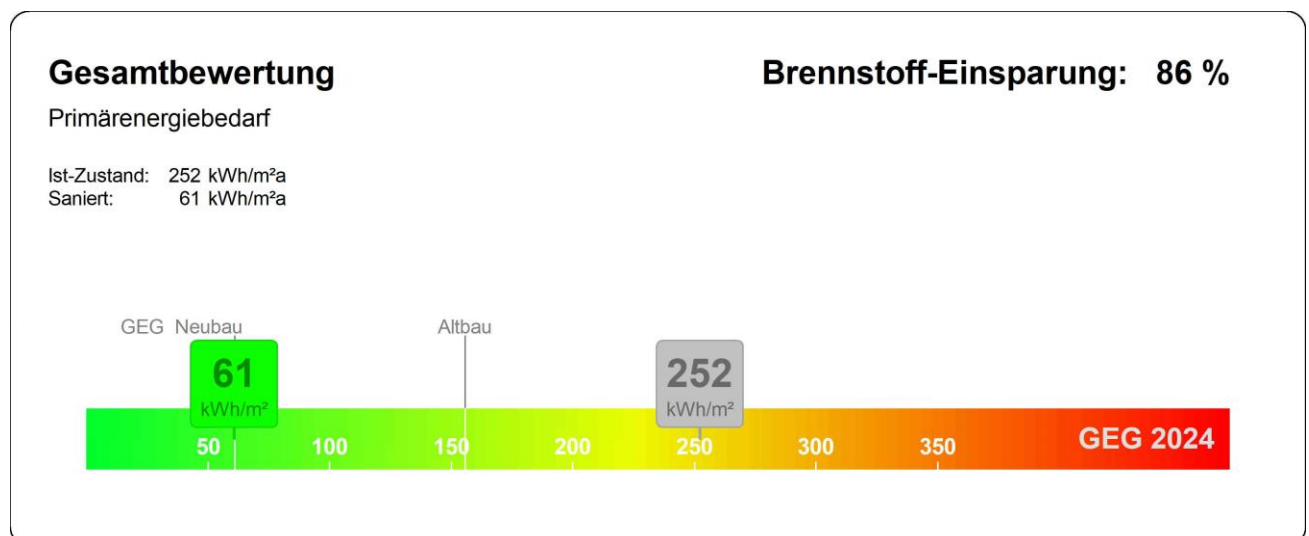
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 280.077 kWh/Jahr reduziert sich auf 40.274 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 239.803 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 62.867 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **61 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 7 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	512.075 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	341.967 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>170.108 EUR</b>
--	----------	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	11.704 EUR/Jahr	351.120 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 27.405 EUR/Jahr	+ 822.150 EUR
	<u>39.109 EUR/Jahr</u>	<u>1.173.270 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	57.654 EUR/Jahr	1.729.620 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>18.545 EUR/Jahr</b>	<b>556.350 EUR</b>

Die Amortisationsdauer beträgt 11 Jahre.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	34.606 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	12.938 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	9,39 %

## Variante 8: Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 8 -

- Außenwände:** Außenwanddämmung und Tausch der Eingangstüre (Maßnahmenpaket 4)  
 Dämmung 12 cm WLS 038  
 Dämmung 16 cm WLS 035
- Dach / oberste Decke:** 18 cm Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035), (Maßnahmenpaket 5)  
 12 cm Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 040),  
 Dämmung 14 cm WLS 024 Turm Dach
- Fenster:** Fenstertausch (Maßnahmenpaket 3)

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach	0,14	0,24	0,14
Außenwand	0,20	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	0,25	0,30	0,25
Bodenplatte EG	1,0	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,2	0,50	0,35
Fenster 3-fachverglast	0,95	1,3	0,95
Garagentore	2,9	-	2,0
Außentüre	1,3	1,8	1,3

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

### Anlagentechnik - Variante 8 -

#### Heizung:

- Bereich** Heizwärme-Erzeugung 1
- Zentralheizung** - Pellets-Heizkessel - Nennleistung 48,64 kW  
 Energieträger: Holzpellets  
 Der Kessel versorgt den TWW-Bereich 'Warmwasser-Erzeugung 1' mit.
- Solare Heizungsunterstützung  
 Energieträger: Sonnen-Energie  
 Mitversorgung des TWW-Kreises

**Warmwasser:**

Bereich Warmwasser-Erzeugung 1  
Zentrales TWW - Biomasse-Heizkessel  
von 2024 - Nennleistung 48,64 kW  
Energieträger: Holzpellets

**Heizung**

Austausch des vorhandenen Öl-Niedertemperaturkessels (BJ 1992) gegen eine Hybridheizung bestehend aus einem Holz Pelletkessel und einer Solarthermieanlage zur Heizungsunterstützung und Trinkwarmwasserbereitung. Installation eines Pufferspeichers. Die Übergabe der Wärme erfolgt weiterhin über die bestehenden Heizkörper.

**Damit in Verbindung stehende Maßnahmen:**

- Hydraulischer Abgleich des Heizkreises
- Dämmung der Rohrleitungen in unbeheizten Bereichen
- Einbau leistungsgeregelter Pumpen

**Das bringt es:**

- Reduzierung des Energieverbrauchs
- Bessere Regelung der Raumtemperatur
- Regenerative Wärmequelle
- Solarthermieanlagen wandeln Sonnenstrahlung in kostenlose Wärme um

**Hinweise:**

Werden Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle umgesetzt, verringert sich die Gebäudeheizlast und somit auch Größe und Investitionskosten des Wärmeerzeugers.

Wenn der Brauchwasserspeicher ausgetauscht wird, ist ein Pufferspeicher für die künftige Einbindung erneuerbarer Energien zu installieren.

**Fördermittel:**

Mit dieser Anlagentechnik wären nach aktuellen Richtlinien BAFA-Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: 30 % mögliche Bonusförderungen (30 % Grundförderung 20 % Klimageschwindigkeitsbonus)

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit demselben Fördersatz wie die Heizung gefördert.

**Kostenschätzung**

Investitionskosten: 130.000 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten) 50.000 EUR

Umsetzungszeitraum: 2045

**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

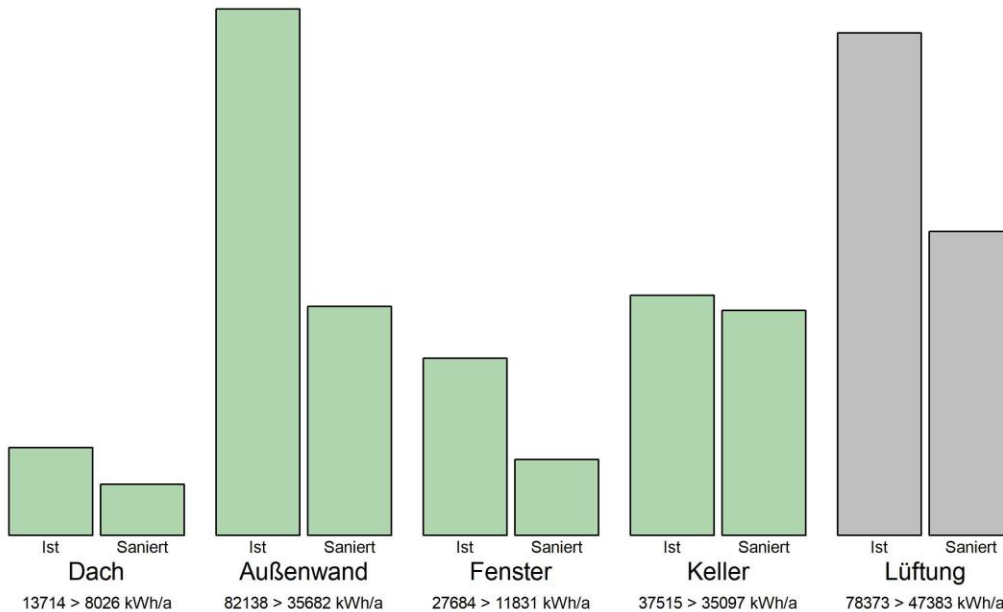
**Lüftungswärmeverluste:** Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung  
(Maßnahmenpaket 6)



### Energieeinsparung - Variante 8 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **54 %**.

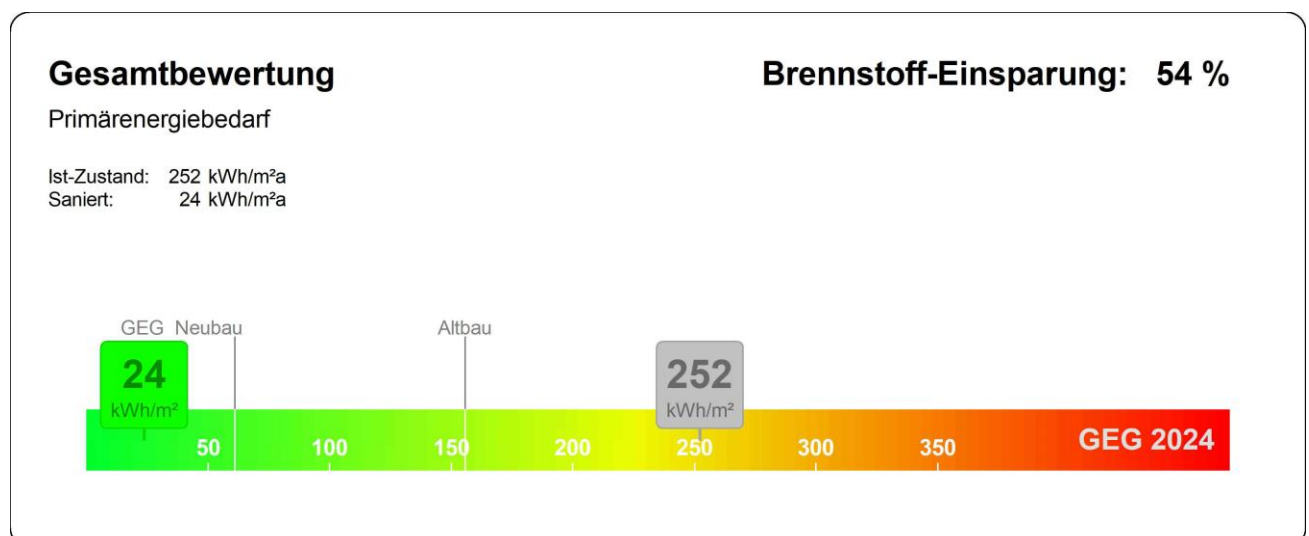
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 280.077 kWh/Jahr reduziert sich auf 128.127 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 151.950 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 81.469 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **24 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 8 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	519.075 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	341.967 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>177.108 EUR</b>
--	----------	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	12.186 EUR/Jahr	365.580 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 21.318 EUR/Jahr	+ 639.540 EUR
	<u>33.504 EUR/Jahr</u>	<u>1.005.120 EUR</u>

Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	57.654 EUR/Jahr	1.729.620 EUR
--	-----------------	---------------

<b>Einsparung</b>	<b>24.150 EUR/Jahr</b>	<b>724.500 EUR</b>
-------------------	------------------------	--------------------

Die Amortisationsdauer beträgt 10 Jahre.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	34.606 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	10.324 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	10,28 %

## Variante 9: Dämmung der restlichen Gebäudehülle

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet. Die in diesem Maßnahmenpaket aufgeführten Maßnahmen sind schwierig umzusetzen aus technischer sowie aus wirtschaftlicher Sicht. Daher werden die Maßnahmen hier nur der Vollständigkeit halber aufgeführt. Das Maßnahmenpaket baut auf das Maßnahmenpaket 7 auf.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 9 -

- Außenwände:** Tausch der Eingangstüre (Maßnahmenpaket 4)  
 Dämmung 12 cm WLS 035 (Maßnahmenpaket 4)  
 Dämmung 12 cm WLS 038  
 Dämmung 16 cm WLS 035 (Maßnahmenpaket 4)  
 Tausch der Garagentore
- Dach / oberste Decke:** 18 cm Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035), (Maßnahmenpaket 5)  
 12 cm Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 040),  
 Dämmung 14 cm WLS 024 Turm Dach
- Fenster:** Fenstertausch (Maßnahmenpaket 3)

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach	0,14	0,24	0,14
Außenwand	0,20	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	0,25	0,30	0,25
Bodenplatte EG	0,25	0,50	0,35
Bodenplatte UG	0,25	0,50	0,35
Fenster 3-fachverglast	0,95	1,3	0,95
Garagentore	1,3	-	2,0
Außentüre	1,3	1,8	1,3

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

Dämmung der Bodenplatte im Keller und Dämmung der Bodenplatte über den nicht unterkellerten Bereichen im EG.

Eine Dämmung der Bodenplatte bzw. der Kellerdecke von oben bietet sich an, wenn eine Erneuerung des Fußbodenbelags ansteht.

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten der Bodenplatte bei Erneuerung des bestehenden Fußbodenaufbaus:  $U\text{-Wert} = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### **Das bringt es:**

Dämmmaßnahmen bewirken gleichmäßig warme Räume. Dadurch wird die Behaglichkeit erhöht.

Eine vernünftige Bodenplattendämmung sorgt für einen wärmeren Fußboden und niedrigere Energiekosten.

Energieeinsparung, da durch die Dämmung verhindert wird, dass das Gebäude von unten auskühlt bzw. der Fußboden auf einer Grundtemperatur bleibt und somit schneller wieder Strahlungswärme in den Raum abgeben kann.

Für die Außenwände im UG die aufgrund Ihrer Lage nicht aufgedrückt werden können, eignet sich ein Innendämmsystem.

Für die Innendämmung eignen sich beispielsweise Dämmplatten aus Holzfaser oder Kalziumsilikat oder Wärmedämmputze.

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten der an Erdreich grenzenden Außenwand:  $U\text{-Wert} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### **Hinweise:**

Es muss darauf geachtet werden, dass die Dämmplatten dicht aneinanderstoßen, damit eine einheitliche Dämmschicht ohne Wärmebrücken entsteht. Darüber hinaus müssen die Randbereiche in Bezug auf die entstehenden Wärmebrücken im Detail angeschaut und ggf. Wärmebrücken berechnet und ausgewertet werden. Dies ist wichtig, um Tauwasserbildungen zu vermeiden.

Fördermittel:

Mit diesem Zielwert wären nach aktuellen Richtlinien BAFA - Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: 15 %

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit 50 % gefördert.

#### **Kostenschätzung**

Kosten Außenwand:

Investitionskosten: 71.000 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten) 43.700 EUR

Gesamtinvestitionskosten: 136.850 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten): 120.000 EUR

Umsetzungszeitraum: 2050

**Anlagentechnik - Variante 7 -****Heizung:**

Bereich	Heizwärme-Erzeugung
Zentralheizung	- Luft-Wasser-Wärmepumpe von 2025 Energieträger: Strom-Mix Die Wärmepumpe versorgt den TWW-Bereich mit. - Luft-Wasser-Wärmepumpe von 2025 mit einer Betriebsart 'elektrisch angetrieben' Energieträger: Strom-Mix

**Warmwasser:**

Bereich	Warmwasser-Erzeugung 1
Erzeugung	- Die Versorgung des Trinkwarmwasserbereiches " erfolgt über: + die Wärmepumpe 1 + die Wärmepumpe 2

Photovoltaik: PV-Anlage

**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Maßnahmenpaket 6)

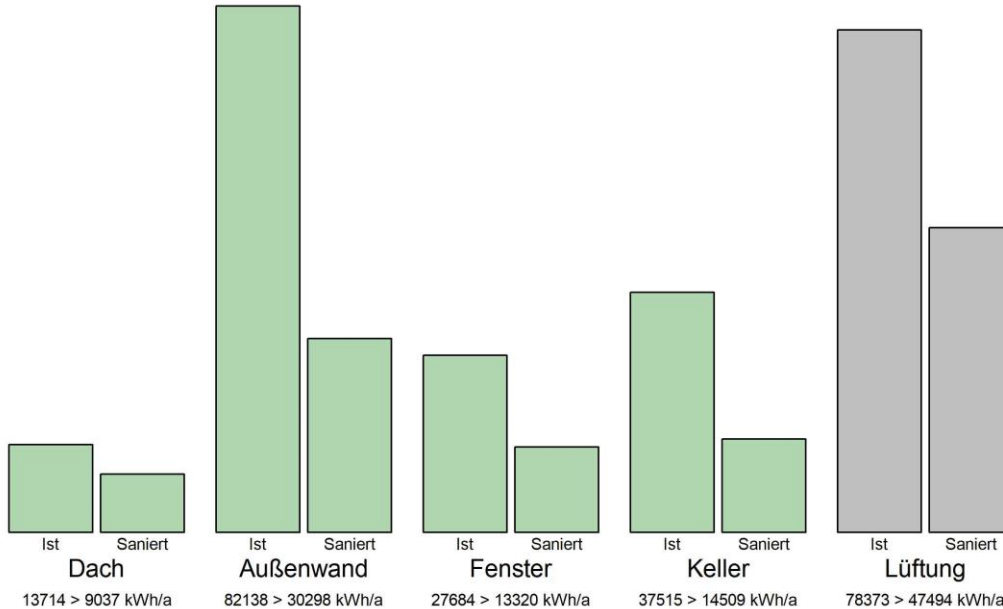
**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage**

keine Maßnahmen

### Energieeinsparung - Variante 9 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **88 %**.

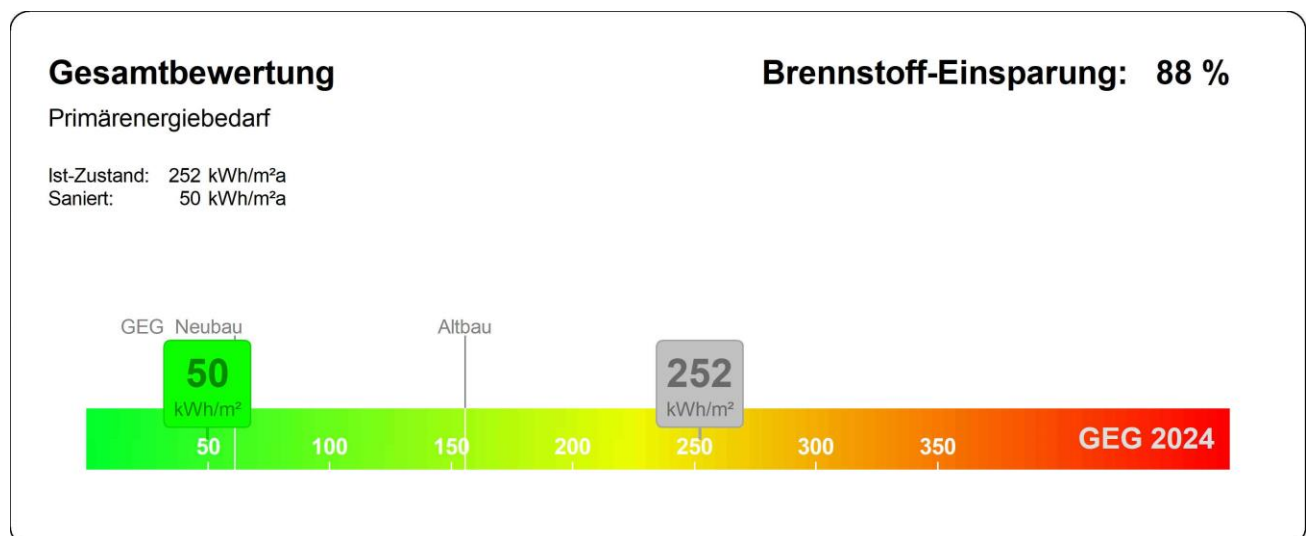
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 280077 kWh/Jahr reduziert sich auf 32893 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 247184 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 67001 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **50 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 9 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	638.075 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	364.234 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>273.841 EUR</b>
--	----------	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	18.842 EUR/Jahr	565.260 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 17.619 EUR/Jahr	+ 528.570 EUR
	<u>36.461 EUR/Jahr</u>	<u>1.093.830 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	57.654 EUR/Jahr	1.729.620 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>21.193 EUR/Jahr</b>	<b>635.790 EUR</b>

Die Amortisationsdauer beträgt 20 Jahre.

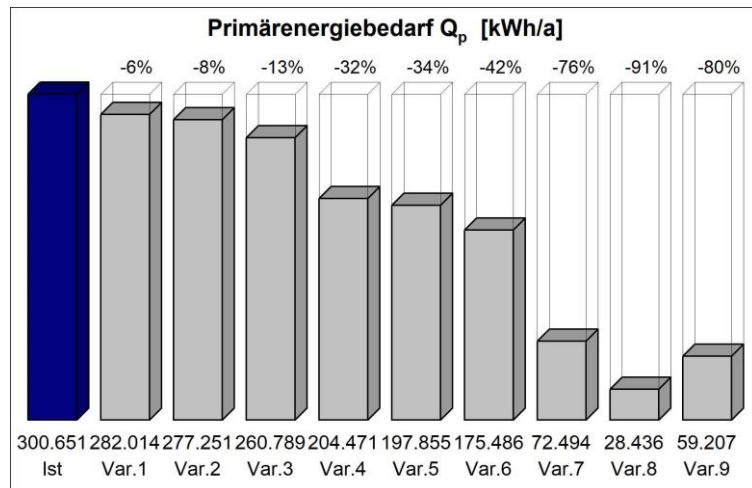
Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	34.606 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	10.576 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	8,15 %

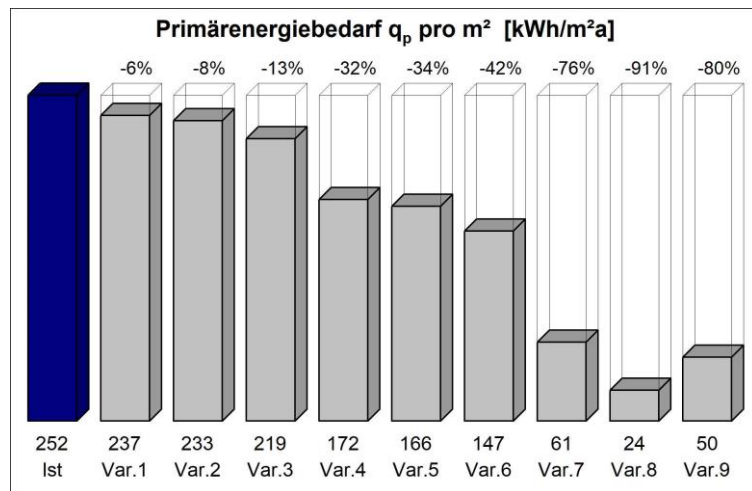
## Zusammenfassung der Ergebnisse

### Primärenergiebedarf

- Ist-Zustand
- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Beleuchtung
- Var.3 - Fenster
- Var.4 - Außenwand + Haustüre
- Var.5 - Dach + Flachdach
- Var.6 - Lüftungsanlage mit WRG
- Var.7 - Heizung VAR 1 Wärmepumpe + PV
- Var.8 - Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie
- Var.9 - restl Gebäudehülle



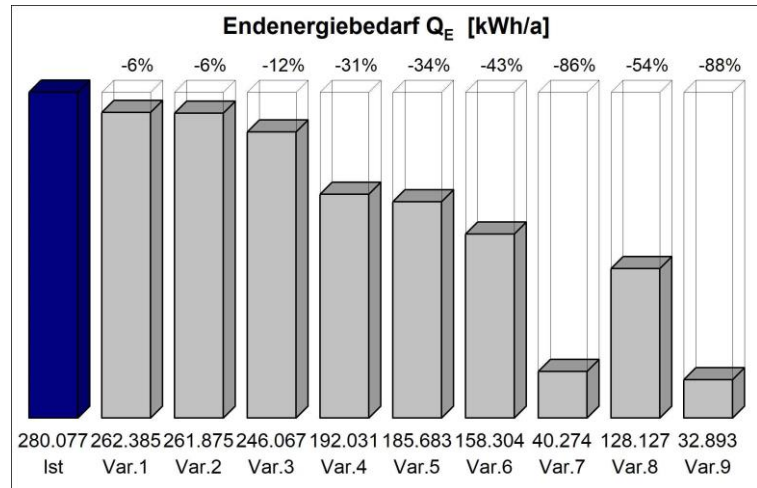
- Ist-Zustand
- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Beleuchtung
- Var.3 - Fenster
- Var.4 - Außenwand + Haustüre
- Var.5 - Dach + Flachdach
- Var.6 - Lüftungsanlage mit WRG
- Var.7 - Heizung VAR 1 Wärmepumpe + PV
- Var.8 - Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie
- Var.9 - restl Gebäudehülle



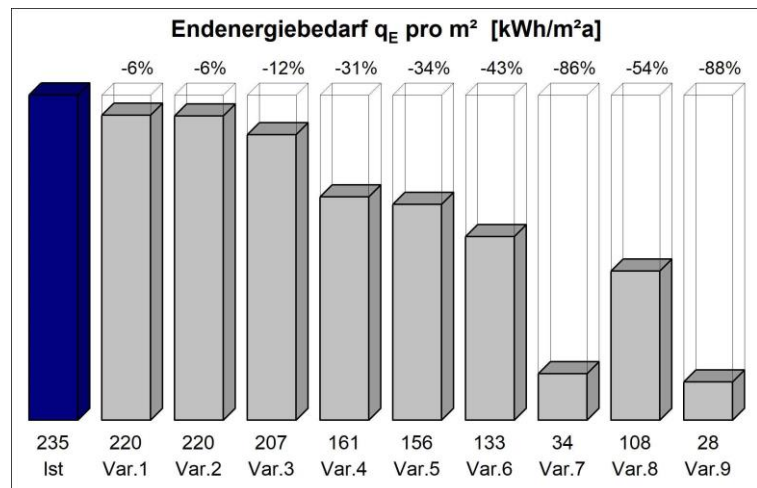
### Endenergiebedarf



- Ist-Zustand
- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Beleuchtung
- Var.3 - Fenster
- Var.4 - Außenwand + Haustüre
- Var.5 - Dach + Flachdach
- Var.6 - Lüftungsanlage mit WRG
- Var.7 - Heizung VAR 1 Wärmepumpe + PV
- Var.8 - Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie
- Var.9 - restl Gebäudehülle

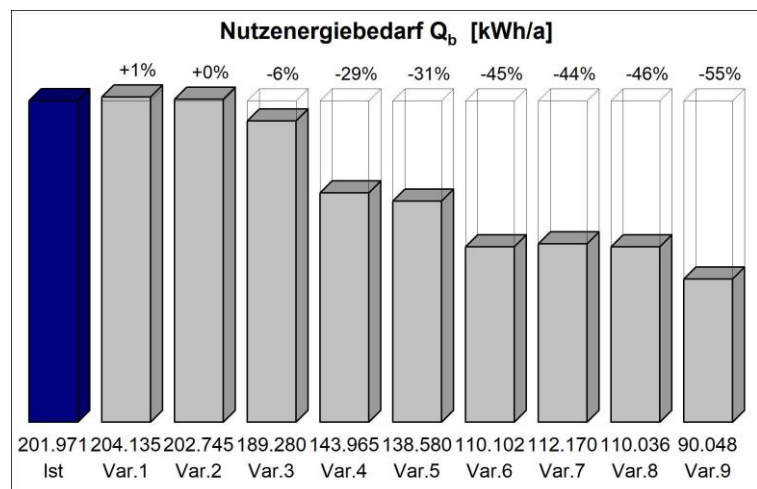


- Ist-Zustand
- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Beleuchtung
- Var.3 - Fenster
- Var.4 - Außenwand + Haustüre
- Var.5 - Dach + Flachdach
- Var.6 - Lüftungsanlage mit WRG
- Var.7 - Heizung VAR 1 Wärmepumpe + PV
- Var.8 - Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie
- Var.9 - restl Gebäudehülle

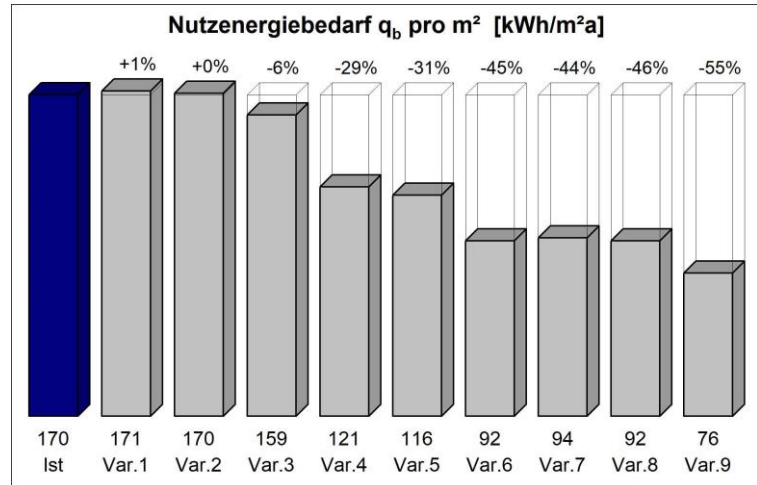


## Nutzenergiebedarf

- Ist-Zustand
- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Beleuchtung
- Var.3 - Fenster
- Var.4 - Außenwand + Haustüre
- Var.5 - Dach + Flachdach
- Var.6 - Lüftungsanlage mit WRG
- Var.7 - Heizung VAR 1 Wärmepumpe + PV
- Var.8 - Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie
- Var.9 - restl Gebäudehülle

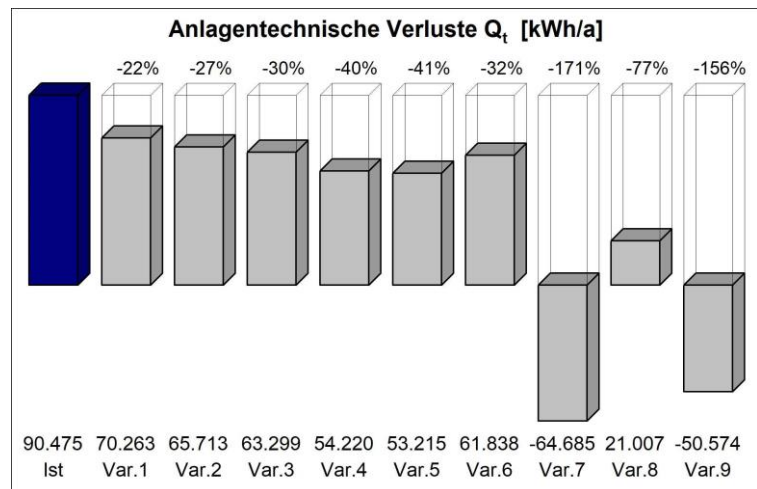


- Ist-Zustand
- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Beleuchtung
- Var.3 - Fenster
- Var.4 - Außenwand + Haustüre
- Var.5 - Dach + Flachdach
- Var.6 - Lüftungsanlage mit WRG
- Var.7 - Heizung VAR 1 Wärmepumpe + PV
- Var.8 - Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie
- Var.9 - restl Gebäudehülle

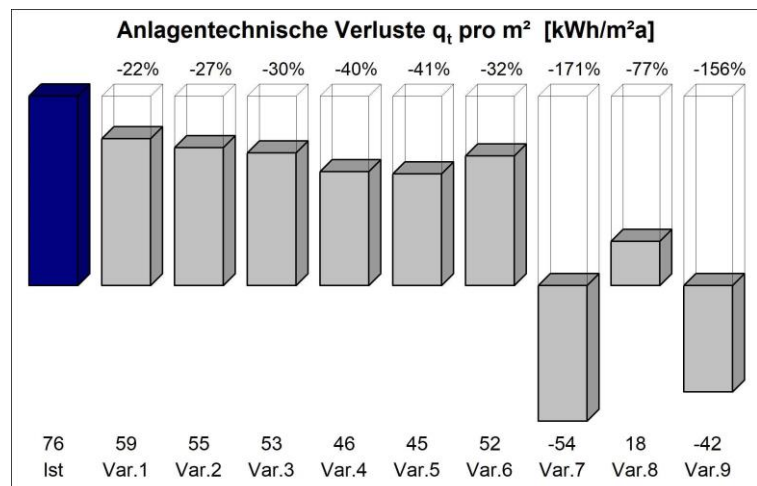


### Anlagentechnische Verluste

- Ist-Zustand
- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Beleuchtung
- Var.3 - Fenster
- Var.4 - Außenwand + Haustüre
- Var.5 - Dach + Flachdach
- Var.6 - Lüftungsanlage mit WRG
- Var.7 - Heizung VAR 1 Wärmepumpe + PV
- Var.8 - Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie
- Var.9 - restl Gebäudehülle

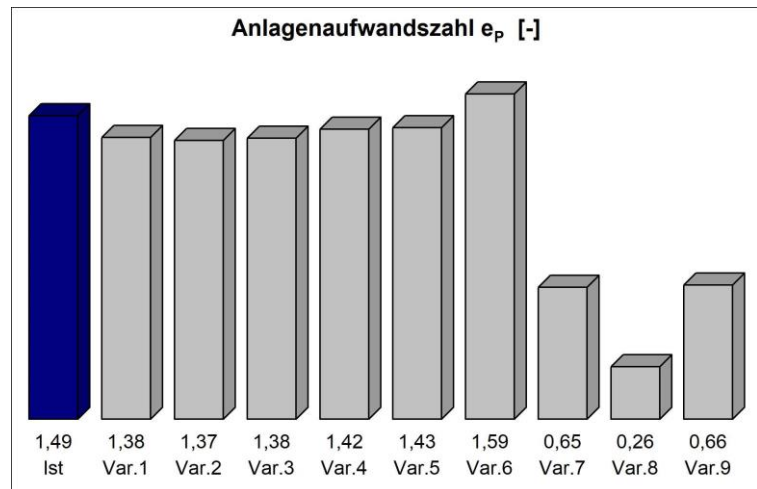


- Ist-Zustand
- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Beleuchtung
- Var.3 - Fenster
- Var.4 - Außenwand + Haustüre
- Var.5 - Dach + Flachdach
- Var.6 - Lüftungsanlage mit WRG
- Var.7 - Heizung VAR 1 Wärmepumpe + PV
- Var.8 - Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie
- Var.9 - restl Gebäudehülle



## Anlagenaufwandszahl

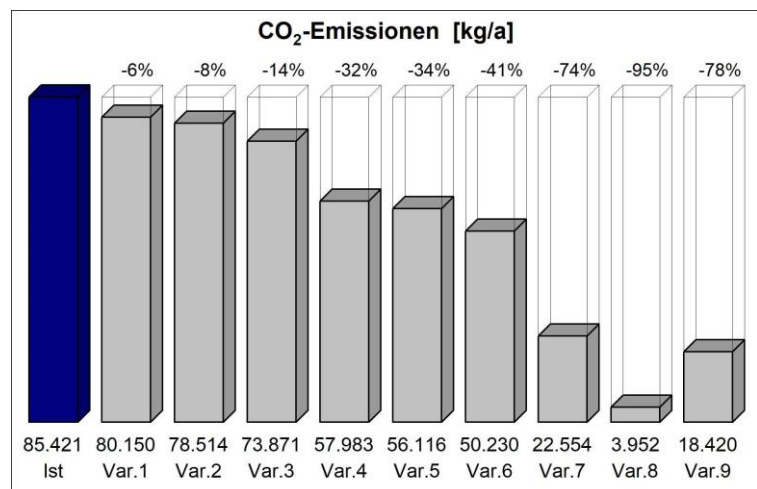
- Ist-Zustand
- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Beleuchtung
- Var.3 - Fenster
- Var.4 - Außenwand + Haustüre
- Var.5 - Dach + Flachdach
- Var.6 - Lüftungsanlage mit WRG
- Var.7 - Heizung VAR 1 Wärmepumpe + PV
- Var.8 - Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie
- Var.9 - restl Gebäudehülle



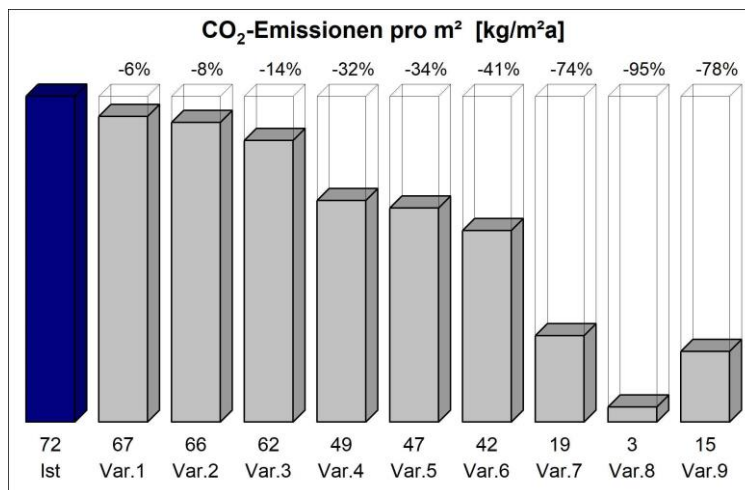
## Schadstoff-Emissionen

### CO<sub>2</sub>-Emissionen

- Ist-Zustand
- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Beleuchtung
- Var.3 - Fenster
- Var.4 - Außenwand + Haustüre
- Var.5 - Dach + Flachdach
- Var.6 - Lüftungsanlage mit WRG
- Var.7 - Heizung VAR 1 Wärmepumpe + PV
- Var.8 - Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie
- Var.9 - restl Gebäudehülle

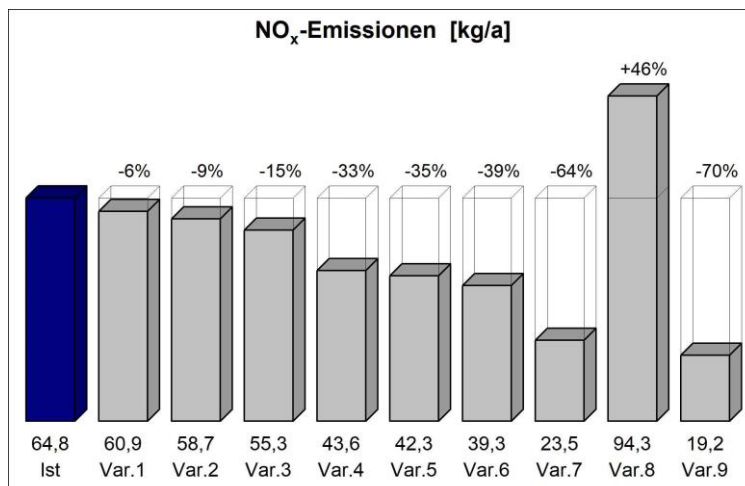


Ist-Zustand  
 Var.1 - Heizungsoptimierung  
 Var.2 - Beleuchtung  
 Var.3 - Fenster  
 Var.4 - Außenwand + Haustüre  
 Var.5 - Dach + Flachdach  
 Var.6 - Lüftungsanlage mit WRG  
 Var.7 - Heizung VAR 1 Wärmepumpe + PV  
 Var.8 - Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie  
 Var.9 - restl Gebäudehülle



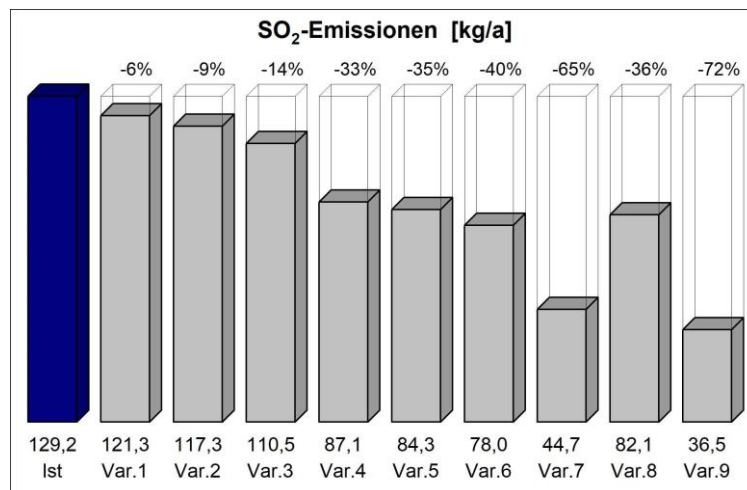
### NO<sub>x</sub>-Emissionen

Ist-Zustand  
 Var.1 - Heizungsoptimierung  
 Var.2 - Beleuchtung  
 Var.3 - Fenster  
 Var.4 - Außenwand + Haustüre  
 Var.5 - Dach + Flachdach  
 Var.6 - Lüftungsanlage mit WRG  
 Var.7 - Heizung VAR 1 Wärmepumpe + PV  
 Var.8 - Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie  
 Var.9 - restl Gebäudehülle



### SO<sub>2</sub>-Emissionen

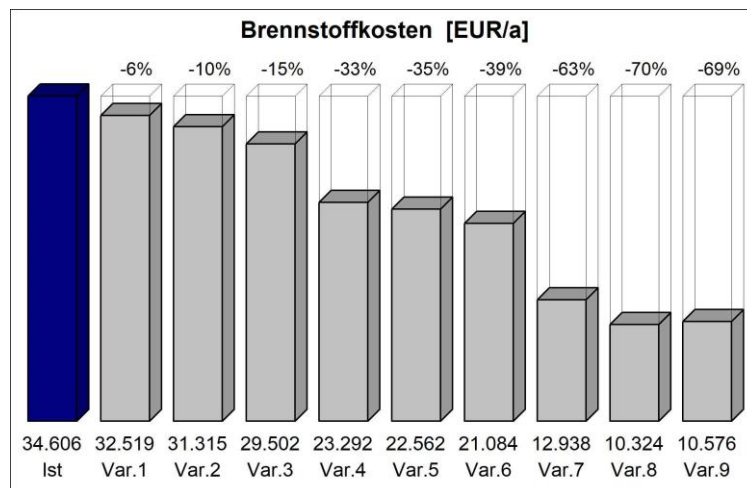
Ist-Zustand  
 Var.1 - Heizungsoptimierung  
 Var.2 - Beleuchtung  
 Var.3 - Fenster  
 Var.4 - Außenwand + Haustüre  
 Var.5 - Dach + Flachdach  
 Var.6 - Lüftungsanlage mit WRG  
 Var.7 - Heizung VAR 1 Wärmepumpe + PV  
 Var.8 - Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie  
 Var.9 - restl Gebäudehülle



## Kosten / Wirtschaftlichkeit

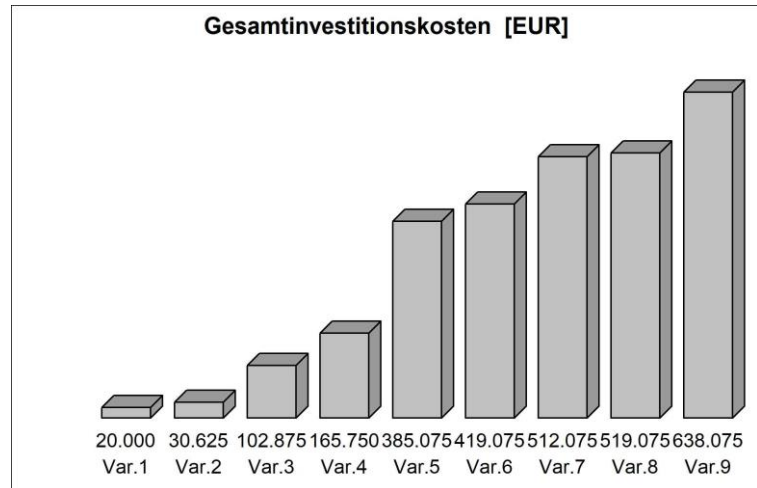
### Brennstoffkosten

Ist-Zustand  
 Var.1 - Heizungsoptimierung  
 Var.2 - Beleuchtung  
 Var.3 - Fenster  
 Var.4 - Außenwand + Haustüre  
 Var.5 - Dach + Flachdach  
 Var.6 - Lüftungsanlage mit WRG  
 Var.7 - Heizung VAR 1 Wärmepumpe + PV  
 Var.8 - Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie  
 Var.9 - restl Gebäudehülle



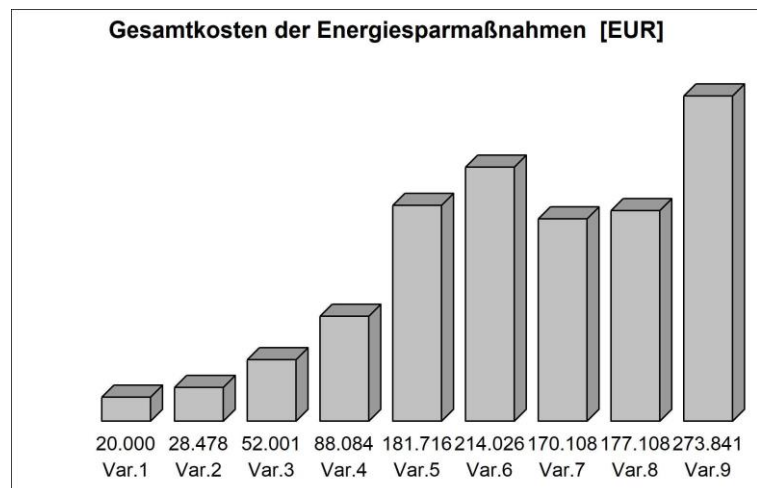
### Gesamtinvestitionskosten

- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Beleuchtung
- Var.3 - Fenster
- Var.4 - Außenwand + Haustüre
- Var.5 - Dach + Flachdach
- Var.6 - Lüftungsanlage mit WRG
- Var.7 - Heizung VAR 1 Wärmepumpe + PV
- Var.8 - Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie
- Var.9 - restl Gebäudehülle



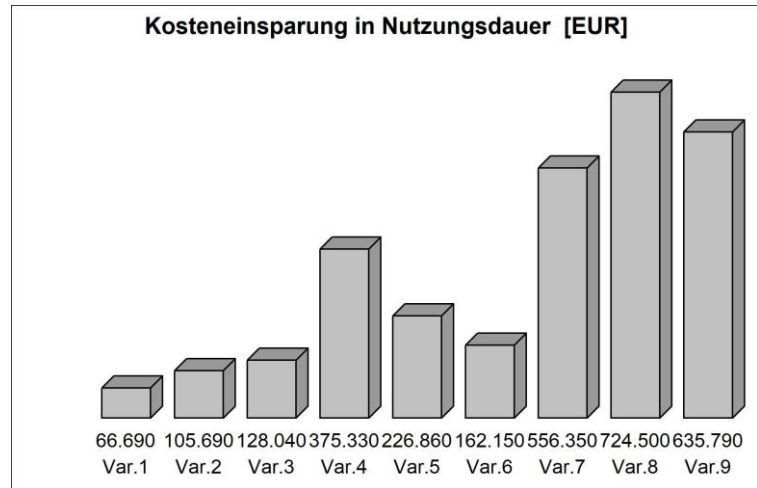
### Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen

- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Beleuchtung
- Var.3 - Fenster
- Var.4 - Außenwand + Haustüre
- Var.5 - Dach + Flachdach
- Var.6 - Lüftungsanlage mit WRG
- Var.7 - Heizung VAR 1 Wärmepumpe + PV
- Var.8 - Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie
- Var.9 - restl Gebäudehülle

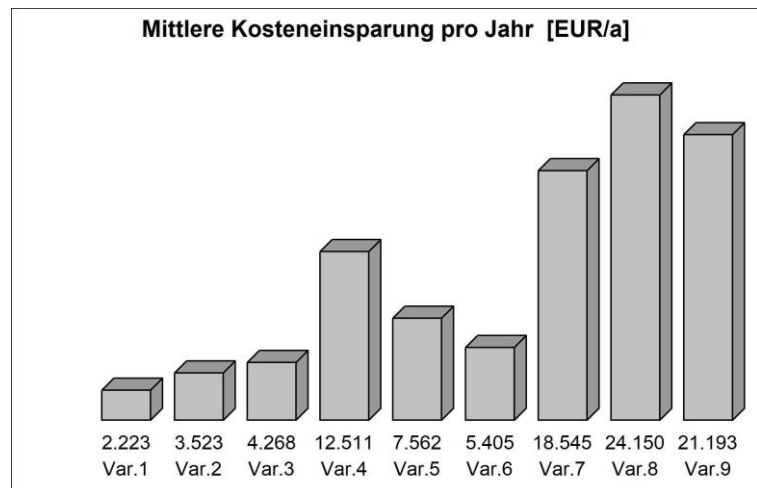


### Kosteneinsparung durch die Energiesparmaßnahmen

- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Beleuchtung
- Var.3 - Fenster
- Var.4 - Außenwand + Haustüre
- Var.5 - Dach + Flachdach
- Var.6 - Lüftungsanlage mit WRG
- Var.7 - Heizung VAR 1 Wärmepumpe + PV
- Var.8 - Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie
- Var.9 - restl Gebäudehülle



- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Beleuchtung
- Var.3 - Fenster
- Var.4 - Außenwand + Haustüre
- Var.5 - Dach + Flachdach
- Var.6 - Lüftungsanlage mit WRG
- Var.7 - Heizung VAR 1 Wärmepumpe + PV
- Var.8 - Heizung VAR 2 Pellet mit Solarthermie
- Var.9 - restl Gebäudehülle



## A.1 Glossar

Im Folgenden werden die einzelnen Fachbegriffe erläutert:

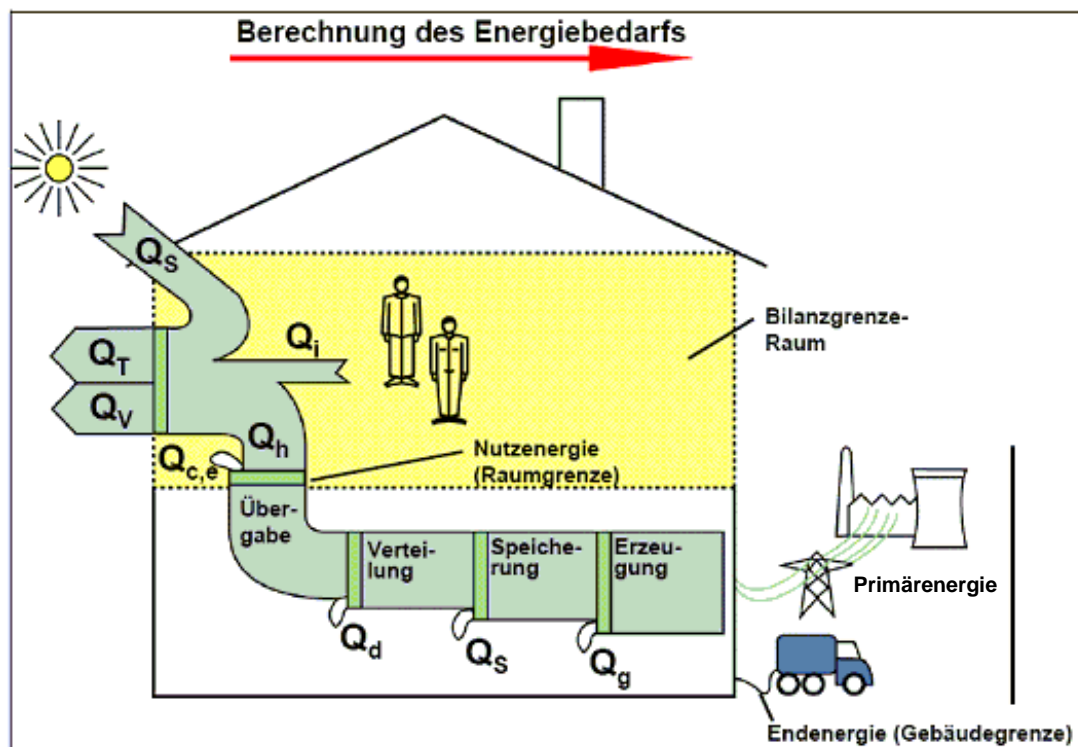
### Energiebedarf

Energiemenge, die unter genormten Bedingungen (z. B. mittlere Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, zu erreichende Innentemperatur, angenommene innere Wärmequellen) für Beheizung, Lüftung und Warmwasserbereitung (nur Wohngebäude) zu erwarten ist. Diese Größe dient der ingenieurmäßigen Auslegung des baulichen Wärmeschutzes von Gebäuden und ihrer technischen Anlagen für Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung und Kühlung sowie dem Vergleich der energetischen Qualität von Gebäuden. Der tatsächliche **Verbrauch** weicht in der Regel wegen der realen Bedingungen vor Ort (z. B. örtliche Klimabedingungen, abweichendes Nutzerverhalten) vom berechneten Bedarf ab.

### Jahres-Primärenergiebedarf

Jährliche Endenergiemenge, die zusätzlich zum Energieinhalt des Brennstoffes und der Hilfsenergien für die Anlagentechnik mit Hilfe der für die jeweiligen Energieträger geltenden Primärenergiefaktoren auch die Energiemenge einbezieht, die für die Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe (vorgelagerte Prozessketten außerhalb des Gebäudes) erforderlich ist.

Die Primärenergie kann auch als Beurteilungsgröße für ökologische Kriterien, wie z. B. CO<sub>2</sub>-Emission, herangezogen werden, weil damit der gesamte Energieaufwand für die Gebäudeheizung einbezogen wird. Der Jahres-Primärenergiebedarf ist die Hauptanforderung der Energiesparverordnung.



### Endenergiebedarf



Endenergiemenge, die den Anlagen für Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung und Kühlung zur Verfügung gestellt werden muss, um die normierte Rauminnentemperatur und die Erwärmung des Warmwassers über das ganze Jahr sicherzustellen. Diese Energiemenge bezieht die für den Betrieb der Anlagentechnik (Pumpen, Regelung, usw.) benötigte Hilfsenergie ein.

Die Endenergie wird an der "Schnittstelle" Gebäudehülle übergeben und stellt somit die Energiemenge dar, die dem Verbraucher (im Allgemeinen der Eigentümer) geliefert und mit ihm abgerechnet wird. Der Endenergiebedarf ist deshalb eine für den Verbraucher besonders wichtige Angabe.

Die Endenergie umfasst die Nutzenergie und die Anlagenverluste.

### **Nutzenergie**

Als Nutzenergie bezeichnet man, vereinfacht ausgedrückt, die Energiemenge, die zur Beheizung eines Gebäudes sowie zur Erstellung des Warmwassers unter Berücksichtigung definierter Vorgaben erforderlich ist. Die Nutzenergie ist die Summe von Transmissionswärmeverlusten, Lüftungswärmeverlusten und Warmwasserbedarf abzüglich der nutzbaren solaren und inneren Wärmegewinne.

### **Transmissionswärmeverluste $Q_T$**

Als Transmissionswärmeverluste bezeichnet man die Wärmeverluste, die durch Wärmeleitung (Transmission) der wärmeabgebenden Gebäudehülle entstehen. Die Größe dieser Verluste ist direkt abhängig von der Dämmwirkung der Bauteile und diese wird durch den U-Wert angegeben.

### **Lüftungswärmeverluste $Q_v$**

Lüftungswärmeverluste entstehen durch Öffnen von Fenstern und Türen, aber auch durch Undichtigkeiten der Gebäudehülle. Die Undichtigkeit kann bei Altbauten insbesondere bei sehr undichten Fenstern, Außentüren und in unsachgemäß ausgebauten Dachräumen zu erheblichen Wärmeverlusten sowie zu bauphysikalischen Schäden führen.

### **Trinkwassererwärmung**

Der Trinkwasserwärmebedarf wird aufgrund der Nutzung (Anzahl der Personen, Temperatur u.ä.) ermittelt.

### **U-Wert (früher k-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. Er wird bestimmt durch die Dicke des Bauteils und den Lambda-Wert (Dämmwert) des Baustoffes.

### **Solare Wärmegewinne $Q_s$**

Das durch die Fenster eines Gebäudes, insbesondere die mit Südausrichtung, einstrahlende Sonnenlicht wird im Innenraum größtenteils in Wärme umgewandelt.

### **Interne Wärmegewinne $Q_i$**

Im Innern der Gebäude entsteht durch Personen, elektrisches Licht, Elektrogeräte usw. Wärme, die ebenfalls bei der Ermittlung des Heizwärmebedarfs in der Energiebilanz angesetzt werden kann.

### **Anlagenverluste**

Die Anlagenverluste umfassen die Verluste bei der Erzeugung  $Q_g$  (Abgasverlust), ggf. Speicherung  $Q_s$  (Abgabe von Wärme durch einen Speicher), Verteilung  $Q_d$  (Leitungsverlust durch ungedämmt bzw. schlecht gedämmte Leitungen) und Abgabe  $Q_c$  (Verluste durch mangelnde Regelung) bei der Wärmeübergabe.

### **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.

### **Gebäudevolumen $V_e$**

Das beheizte Gebäudevolumen ist das an Hand von Außenmaßen ermittelte, von der wärmeübertragenden Umfassungs- oder Hüllfläche eines Gebäudes umschlossene Volumen. Dieses Volumen schließt mindestens alle Räume eines Gebäudes ein, die direkt oder indirekt durch Raumverbund bestimmungsgemäß beheizt werden. Es kann deshalb das gesamte Gebäude oder aber nur die entsprechenden beheizten Bereiche einbeziehen.

### **Wärmeübertragende Umfassungsfläche $A$**

Die Wärmeübertragende Umfassungsfläche, auch Hüllfläche genannt, bildet die Grenze zwischen dem beheizten Innenraum und der Außenluft, nicht beheizten Räumen und dem Erdreich. Sie besteht üblicherweise aus Außenwänden einschließlich Fenster und Türen, Kellerdecke, oberste Geschossdecke oder Dach. Diese Gebäudeteile sollten möglichst gut gedämmt sein, weil über sie die Wärme aus dem Rauminneren nach außen dringt.

### **Kompaktheit $A/V$**

Das Verhältnis der errechneten wärmeübertragenden Umfassungsfläche bezogen auf das beheizte Gebäudevolumen ist eine Aussage zur Kompaktheit des Gebäudes.

### **Gebäudenutzfläche $A_N$**

Die Gebäudenutzfläche beschreibt die im beheizten Gebäudevolumen zur Verfügung stehende nutzbare Fläche. Sie wird aus dem beheizten Gebäudevolumen unter Berücksichtigung einer üblichen Raumhöhe im Wohnungsbau abzüglich der von Innen- und Außenbauteilen beanspruchten Fläche aufgrund einer Vorgabe in der Energiesparverordnung (Faktor von 0,32) ermittelt. Sie ist in der Regel größer als die

Wohnfläche, da z. B. auch indirekt beheizte Flure und Treppenhäuser einbezogen werden.

## Anhang - Brennstoffdaten

	Einheit	Heizwert Hi kWh/Einheit	Brennwert Hs kWh/Einheit	Verhältnis Hs/Hi *
Heizöl EL	L	10,08	10,68	1,06
Holzpellets	kg	4,90	5,29	1,08
Strom	kWh	1,00		

\* Bitte beachten: In der EnEV-Berechnung für den Wohnungsbau nach DIN 4108-6 / DIN 4701-10 sind die Endenergiewerte auf den Heizwert bezogen - in der Berechnung nach DIN 18599 hingegen auf den Brennwert. Standardwerte für das Verhältnis Hs/Hi aus DIN 18599-1 Anhang B.

	Arbeitspreis Cent/kWh	Arbeitspreis Cent/Einheit	Grundpreis Euro/Jahr	Lagerver- zinsung**
Heizöl EL	11,90	120,0		2,5%
Holzpellets	8,00	39,2		2,5%
Strom	32,00	32,0	50	

\*\* aufgrund der notwendigen Brennstofflagerung liegt zwischen dem Einkauf und dem Verbrauch ein Zeitraum, in dem die Zinsverluste durch die Vorfinanzierung mit dem obigen Zinssatz berücksichtigt werden.

	Primär- energie- faktor	CO <sub>2</sub> - Emissionen g/kWh	SO <sub>2</sub> - Emissionen g/kWh	NO <sub>x</sub> - Emissionen g/kWh
Heizöl EL	1,1	310	0,455	0,227
Holzpellets	0,2	20	0,680	0,799
Strom	1,8	560	1,111	0,583

## Energieberatungsbericht Turnhalle Muggensturm



Gebäude: Nichtwohngebäude  
Turnhalle  
Beethovenstraße 11  
76461 Muggensturm

Auftraggeber: Gemeinde Muggensturm  
Hauptstraße 33 - 35  
76461 Muggensturm

Erstellt von: Netze BW GmbH  
Johannes Mertens  
Schelmenwasenstraße 15  
70567 Stuttgart  
BAFA Beraternummer **EB733318**

Erstellt am: 15. Mai 2024



# Inhaltsverzeichnis

## Inhalt

1	Vorbemerkungen.....	3
2	Zusammenfassende Darstellung.....	10
2.1	Übersicht über Verbräuche im IST-Zustand und den Maßnahmenpaketen	10
2.2	Vorteile der energetischen Sanierung .....	11
2.3	Gering investigative und kurzfristig umsetzbare Maßnahmen.....	12
3	Ist-Zustand von Gebäudehülle und Anlagentechnik .....	13
3.1	Allgemeine Angaben zum Gebäude.....	13
3.2	Beschreibung des Gebäudezustands.....	13
3.3	Die Gebäudehülle.....	15
3.4	Zonierung .....	17
3.5	Anlagentechnik.....	18
3.5.1	Warmwasserversorgung .....	19
3.6	Bedarfs- und Verbrauchsangaben.....	21
4	Energetisches Sanierungskonzept .....	33
4.1	Beschreibung der einzelnen Sanierungsschritte mit Wirtschaftlichkeitsberechnung .....	34
	Variante 1: Fenstertausch und Fassadedämmung mit tausch der Eingangstüre .	34
	Variante 2: Dachsanierung.....	41
	Variante 3: Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung.....	47
	Variante 4: Heizung V1: Wärmepumpe mit Frischwasserstation .....	53
	Variante 5: Heizung V2: Pelletheizung mit Solarthermieanlage .....	60
	Variante 6: Untergeschoss.....	67
A.1	Glossar.....	74
A.2	Brennstoffdaten .....	78

## Vorbemerkungen

Das Ziel einer Schritt-für-Schritt-Sanierung ist es, den Primärenergiebedarf für das Gebäude so weit wie möglich zu senken, während gleichzeitig die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert werden. Dabei dient das "Bestmöglich-Prinzip" als Leitlinie, um die nationalen klimapolitischen Ziele zur Erreichung eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands bis 2050 zu unterstützen.

Eine wesentliche Komponente der Modernisierungsplanung besteht darin, einen bestimmten Grad an Wärmeschutz zu erreichen, vorzugsweise durch Wärmedämmung, und einen Großteil oder die gesamte verbleibende Energieversorgung durch lokale regenerative Energiequellen zu decken. Dies zielt darauf ab, den Bedarf an fossilen Brennstoffen wie Heizöl und Erdgas zu minimieren.

Angesichts der langen Nutzungsdauer vieler Gebäudekomponenten von etwa 40 Jahren oder mehr bleibt nur begrenzte Zeit, um einen Gebäudestandard mit niedrigem Energiebedarf zu etablieren, der den klimapolitischen Zielen entspricht. Das "Bestmöglich-Prinzip" bedeutet in diesem Zusammenhang, dass alle möglichen Faktoren zur Senkung des Primärenergiebedarfs in Betracht gezogen und nach Möglichkeit umgesetzt werden sollten.

Dazu können Maßnahmen wie die Verbesserung der Gebäudedämmung, der Einsatz energieeffizienter Heizungs- und Belüftungssysteme, die Nutzung erneuerbarer Energiequellen sowie die Optimierung des Energieverbrauchs durch intelligente Steuerungssysteme gehören. Durch eine schrittweise Umsetzung dieser Maßnahmen kann der Energiebedarf des Gebäudes kontinuierlich gesenkt werden, bis ein möglichst niedriger Standard erreicht ist, der den klimapolitischen Zielen entspricht.

## Treibhausgase

Bei jeder Nutzung von Energieträgern als Brennstoff wird CO<sub>2</sub> freigesetzt. Die dabei entstehende Menge an CO<sub>2</sub> hängt zum einen von der Art, zum anderen von der Menge des verbrannten Brennstoffs ab. So werden z. B. bei der Verwendung von Heizöl je verheiztem Liter Brennstoff etwa 3 kg CO<sub>2</sub> und bei der Erzeugung von Strom in Großkraftwerken für jede beim Endverbraucher entnommene kWh etwa 700 g CO<sub>2</sub> emittiert. Auch regenerative Brennstoffe emittieren bei der Verbrennung CO<sub>2</sub>. Dieses entstammt jedoch einem natürlichen Kreislauf und trägt damit nicht zur Klimaerwärmung bei.

## CO<sub>2</sub>-Freisetzung und CO<sub>2</sub>-Bepreisung

Die Nutzung von Energieträgern als Brennstoff führt zur Freisetzung von CO<sub>2</sub>. Die Menge an CO<sub>2</sub>, die dabei entsteht, hängt von der Art und Menge des verbrannten Brennstoffs ab. Zum Beispiel werden bei der Verwendung von Heizöl etwa 3 kg CO<sub>2</sub> pro Liter Brennstoff freigesetzt. Das bedeutet, auch regenerative Brennstoffe

erzeugen CO<sub>2</sub> bei der Verbrennung, jedoch stammt dieses aus einem natürlichen Kreislauf und trägt nicht zur Klimaerwärmung bei.

Die Menge an Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), die bei der Verbrennung von Heizöl entsteht, hängt von verschiedenen Faktoren ab, einschließlich des Brennwertes des Heizöls und der Effizienz des Heizsystems. Üblicherweise wird angenommen, dass etwa 2,7 bis 3,2 Tonnen CO<sub>2</sub> bei der Verbrennung von einer Tonne Heizöl entstehen.

Um dies in Kilowattstunden (kWh) umzurechnen, müssen Sie den Energiegehalt des Heizöls berücksichtigen. Ein Liter Heizöl hat einen Energiegehalt von etwa 10 kWh. Eine Tonne Heizöl entspricht somit etwa 10.000 kWh.

Angenommen, 3 Tonnen CO<sub>2</sub> entstehen pro Tonne Heizöl. Das würde bedeuten, dass etwa 3.333 kWh Heizöl einer Tonne CO<sub>2</sub> entsprechen.

Seit dem 1. Januar 2024 liegt der CO<sub>2</sub>-Preis pro Tonne ausgestoßenem CO<sub>2</sub> bei 45 Euro – die Erhöhung war bereits von der Vorgängerregierung Ende 2020 vorgesehen. Angesichts der sich entspannenden Energiepreise sieht die Bundesregierung darin eine vertretbare Lösung. Im kommenden Jahr soll der Preis dann auf 55 Euro steigen. Ab 2027 soll für die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Verkehr und Gebäudewärme ein europäisches Emissionshandelssystem eingeführt werden.

Dies hat zur Folge, dass Voraussichtlich die Preise für fossile Brennstoffe weiter stark ansteigen.

## **Das Gebäude-Energien-Gesetz GEG**

Das GEG setzt Mindestanforderungen an die energetische Qualität von Neubauten und bestehenden Gebäuden, die einer größeren Sanierung unterzogen werden. Diese Anforderungen beziehen sich auf die Dämmung der Gebäudehülle, die Effizienz der Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage sowie den Einsatz erneuerbarer Energien.

Bei einer Sanierung müssen Eigentümerinnen und Eigentümer darauf achten, dass die Maßnahmen den Vorgaben des GEG entsprechen. Zu den Mindestanforderungen gehören:

1. **Wärmedämmung:** Die Außenwände, das Dach, die oberste Geschossdecke und die Fenster müssen so gedämmt werden, dass sie bestimmte U-Werte (Wärmedurchgangskoeffizienten) nicht überschreiten. Diese Werte geben an, wie viel Wärme durch die Bauteile verloren geht.
2. **Heizungsanlagen:** Bei der Erneuerung von Heizungsanlagen müssen diese einen bestimmten Effizienzstandard erfüllen. Alte, ineffiziente Heizkessel müssen unter Umständen ausgetauscht werden, insbesondere wenn sie älter als 30 Jahre sind.
3. **Erneuerbare Energien:** Das GEG schreibt vor, dass bei Neubauten und bei größeren Sanierungen ein Anteil der Wärme- und Kälteversorgung durch erneuerbare Energien gedeckt werden muss. Dies kann beispielsweise durch Solarkollektoren, Biomasseanlagen oder Wärmepumpen erfolgen.
4. **Lüftungstechnik:** Um Schimmelbildung zu vermeiden und eine hohe Luftqualität sicherzustellen, müssen bei einer Sanierung auch die Anforderungen an die Lüftungstechnik beachtet werden. In manchen Fällen kann der Einbau einer kontrollierten Wohnraumlüftung erforderlich sein.

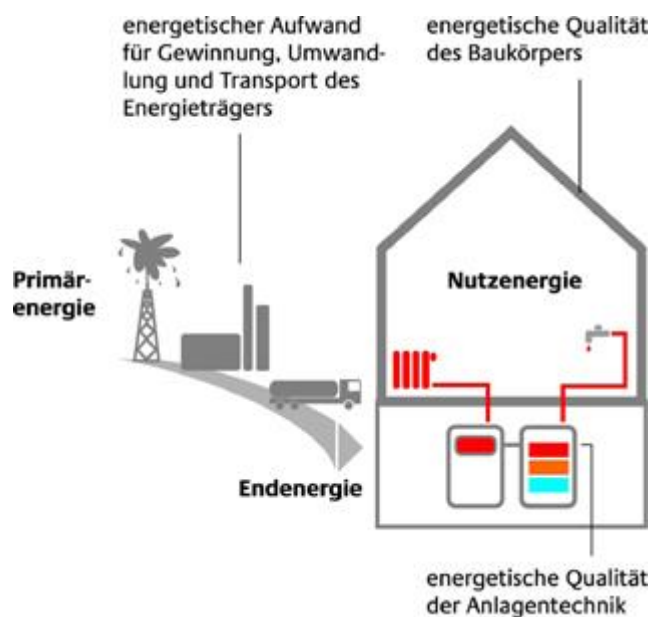


- Nachweisführung: Die Einhaltung der Anforderungen des GEG muss nachgewiesen werden. Dazu gehört in der Regel die Erstellung eines Energieausweises durch eine qualifizierte Fachkraft.

Die Umsetzung der Mindestanforderungen des GEG bei einer Sanierung ist nicht nur gesetzlich vorgeschrieben, sondern kann auch langfristig zu Energieeinsparungen und somit zu geringeren Betriebskosten führen. Zudem gibt es Förderprogramme, die Eigentümerinnen und Eigentümer bei der Finanzierung energetischer Sanierungsmaßnahmen unterstützen können.

Im Primärenergiebedarf eines Gebäudes wird die komplette Energieprozesskette inklusive Gewinnung und Bereitstellung eines Brennstoffs berücksichtigt. Damit ist der Primärenergiebedarf eines Gebäudes auch wesentlich vom eingesetzten Energieträger abhängig.

Während z. B. der nicht erneuerbare Anteil des Primärenergieinhalts von Holz oder Holzpellets weniger als 1/5 des Primärenergieinhalts von Heizöl oder Erdgas beträgt, liegt der Primärenergieinhalt von Strom deutlich über dem Primärenergiebedarf von Heizöl oder Erdgas.



## Allgemeine Hinweise zum Beratungsbericht

Der Beratungsbericht unterstützt den Empfänger bei der Identifizierung von Energiesparmaßnahmen. Durch ihre Umsetzung können wertvolle Rohstoffe eingespart, Schadstoffemissionen vermieden und Brennstoffkosten reduziert werden. Zudem kann der Komfort und Wert des Gebäudes gesteigert werden.

Das Ziel ist es, wirtschaftlich sinnvolle und umweltentlastende Maßnahmen vorzuschlagen und umzusetzen. Folgende Themenschwerpunkte werden dabei näher betrachtet und sinnvolle Sanierungsschritte für diese erarbeitet.

### Gebäude-Wärmedämmung

Eine hochwertige Dämmung der Gebäudehülle, einschließlich Wänden, Dächern, Böden und Fenstern, kann den Wärmeverlust im Winter minimieren und den Bedarf an Kühlung im Sommer verringern.

### Moderne Heizungssysteme

Das Ersetzen älterer Heizungs- und Kühlsysteme durch moderne Optionen wie Wärmepumpen, Nahwärmesysteme, Brennwerttechnik oder Solarthermie kann den Energieverbrauch erheblich reduzieren. Dabei sollte der Fokus auf der Nutzung erneuerbarer Energien liegen.

### **Verbesserte Lüftung**

Kontrollierte Belüftung, sei es manuell oder mechanisch, hilft dabei, unerwünschte Wärmeverluste zu verhindern. Der Einbau kontrollierter Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung kann den Energieverbrauch senken und gleichzeitig eine gute Luftqualität gewährleisten.

### **Effiziente Beleuchtung**

Der Austausch konventioneller Beleuchtung (Leuchtstoffröhren, Glühlampen usw.) gegen effiziente LED-Leuchten kann den Stromverbrauch für Beleuchtung erheblich reduzieren.

### **Photovoltaik**

Die Installation von PV-Anlagen zur Erzeugung von Solarstrom kann den Bedarf an konventionellem Strom reduzieren.

### **Energiemanagementsysteme**

Die Integration intelligenter Technologien zur Steuerung und Überwachung des Energieverbrauchs, wie smarte Thermostate, Beleuchtungssteuerung und digitale Messsysteme, fördert das Bewusstsein für Energieverbrauch und steigert die Effizienz der Anlagen und des gesamten Gebäudes.

Die Informationen sind vertraulich und nach bestem Wissen erstellt, wobei die Durchführung und der Erfolg in der Verantwortung der Fachfirmen liegen.

Kostenangaben basieren auf Erfahrungen und Vergleichspreisen. Es wird empfohlen, für Angebote mehrere einzuholen.

Der Bericht beinhaltet keine Planungsleistungen wie energetische Nachweise oder Fördergeldanträge. Fachleute sollten für eine sichere Umsetzung der Maßnahmen hinzugezogen werden.

Die Berechnungen basieren auf den Geometriedaten des Gebäudes vor Sanierung.

Es wird keine Gewähr für die tatsächliche Erreichung der geschätzten Energieeinsparungen übernommen, da nicht erfasste Randbedingungen wie ungewöhnliches Nutzerverhalten oder untypische Bauausführungen Einfluss haben können, die nicht in dieser Orientierungshilfe berücksichtigt werden können. Im GEG werden hierzu klare Randbedingungen nach DIN 18599 festgelegt, die dazu dienen verschiedene Gebäude miteinander vergleichbar zu machen und einem energetischen Niveau einzuordnen. Daher muss stets zwischen tatsächlichen Energieverbrauch und dem errechneten Energiebedarf nach DIN 18599 unterschieden werden. Der Beratungsbericht unterliegt dem Urheberrecht, und alle Rechte bleiben beim Verfasser. Er ist ausschließlich für den Auftraggeber und den angegebenen Zweck bestimmt. Eine Vervielfältigung oder Verwertung durch Dritte ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Verfassers gestattet.

Diese Stellungnahme hat keine Rechtsverbindlichkeit. Im Falle entgeltlicher Beratungen werden Ansprüche bei Fahrlässigkeit auf das gezahlte Honorar beschränkt. Der Beratungsbericht wurde dem Auftraggeber in einem Exemplar übergeben.

### **Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)**

Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) wurde eingeführt, um die energetische Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden in Deutschland zu fördern und somit einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Die BEG ist in ihrer Struktur so konzipiert, dass sie eine leichtere Zugänglichkeit für verschiedene Zielgruppen gewährleistet.

Die BEG ist in vier Hauptförderrichtlinien unterteilt:

**Bundesförderung für effiziente Gebäude – Wohngebäude (BEG WG):** Diese Richtlinie konzentriert sich auf die Förderung von energetischen Sanierungsmaßnahmen in Wohngebäuden wie Eigentumswohnungen, Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie Wohnheimen.

**Bundesförderung für effiziente Gebäude – Nichtwohngebäude (BEG NWG):** Hierbei werden energetische Sanierungsmaßnahmen in Nichtwohngebäuden wie Gewerbegebäuden, kommunalen Einrichtungen und Krankenhäusern gefördert.

**Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM):** Diese Richtlinie konzentriert sich auf die Förderung von Einzelmaßnahmen zur energetischen Sanierung sowohl von Wohn- als auch Nichtwohngebäuden.

**Bundesförderung für effiziente Gebäude – Klimafreundlicher Neubau (BEG KFN):** Diese Richtlinie wird vom Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) administriert und zielt darauf ab, klimafreundliche Neubauten zu fördern.

Der Grund für die Einführung der BEG liegt darin, den Gebäudebestand in Deutschland energetisch zu verbessern und dadurch den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren. Durch die Förderung von energetischen Sanierungsmaßnahmen wird angestrebt, den Primärenergiebedarf von Gebäuden zu senken und somit einen Beitrag zur Erreichung der nationalen und internationalen Klimaschutzziele zu leisten. Die BEG bietet zinsgünstige Kredite und Tilgungszuschüsse für die Durchführung von energetischen Sanierungsmaßnahmen und soll so Anreize für eine umfassende energetische Modernisierung des Gebäudebestands schaffen.

Dabei bietet die BEG zwei unterschiedliche Sanierungsansätze. Effizienzhäuser und Einzelmaßnahmen sind zwei unterschiedliche Ansätze zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden, sowohl im Wohn- als auch im Nichtwohngebäudebereich. Hier sind die wesentlichen Unterschiede:

### **Effizienzhäuser:**

Effizienzhäuser sind Gebäude, die bereits bei ihrer Konstruktion oder Sanierung einen besonders niedrigen Energiebedarf aufweisen. Sie zeichnen sich durch eine hohe Gesamtenergieeffizienz aus, die durch eine Kombination verschiedener Maßnahmen erreicht wird, einschließlich einer gut gedämmten Gebäudehülle, hochwertiger Fenster und Türen, effizienter Heizungs- und Lüftungssysteme sowie der Nutzung erneuerbarer Energien wie Solar- oder Geothermie. Die Energieeffizienz eines Effizienzhauses wird anhand des Energiebedarfs oder des Primärenergiebedarfs bewertet und durch verschiedene Stufen wie KfW-Effizienzhaus 70, KfW-Effizienzhaus 55, KfW-Effizienzhaus 40 oder KfW-Effizienzhaus 40 Plus gekennzeichnet.

### **Fördersätze für Effizienzhäuser Nichtwohngebäude:**

Die förderfähigen Kosten und damit Ihr maximaler Kredit-betrag für ein Effizienz-gebäude – orientieren sich an der Netto-grundfläche des Gebäudes: Sie erhalten 2.000 Euro pro

Quadrat-meter Netto-grundfläche, insgesamt maximal 10 Mio. Euro pro Vorhaben, bei dem ein neue Effizienzgebäude-Stufe erreicht wird.

Je besser die Effizienzgebäude-Stufe Ihrer Immobilie nach Sanierung, desto höher der Tilgungszuschuss:

<b>Effizienzgebäude</b>	<b>Tilgungszuschuss</b>
Effizienzgebäude 40	20%
Effizienzgebäude 40 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	25%
Effizienzgebäude 55	15%
Effizienzgebäude 55 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	20
Effizienzgebäude 70	10%
Effizienzgebäude 70 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	15%
Effizienzgebäude Denkmal	5%
Effizienzgebäude Denkmal Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	10%

### **Einzelmaßnahmen:**

Einzelmaßnahmen beziehen sich auf spezifische Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden, die unabhängig voneinander durchgeführt werden können. Diese Maßnahmen können beispielsweise die Installation einer neuen Heizungsanlage, den Austausch von Fenstern und Türen, die Dämmung von Dach, Fassade oder Kellerdecke oder den Einbau einer Lüftungsanlage umfassen. Im Gegensatz zu Effizienzhäusern werden bei Einzelmaßnahmen die einzelnen Komponenten des Gebäudes separat betrachtet und optimiert, ohne dass eine Gesamtbetrachtung des Energiebedarfs des gesamten Gebäudes stattfindet.

In beiden Fällen ist das Ziel jedoch die Reduzierung des Energieverbrauchs und die Verbesserung der Energieeffizienz des Gebäudes, jedoch auf unterschiedlichen Ebenen und mit unterschiedlichen Ansätzen.

## Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM)

Im Einzelnen gelten die nachfolgend genannten Prozentsätze mit einer Obergrenze von 70 Prozent.

Durchführer	Richtlinien-Nr.	Einzelmaßnahme	Grundfördersatz	iSFP-Bonus	Effizienz-Bonus	Klimageschwindigkeits-Bonus <sup>1</sup>	Einkommens-Bonus	Fachplanung und Baubegleitung
BAFA	5.1	Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle	15 %	5 %	–	–	–	50 %
BAFA	5.2	Anlagentechnik (außer Heizung)	15 %	5 %	–	–	–	50 %
	5.3	Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)						
KfW	a)	Solarthermische Anlagen	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	– <sup>4</sup>
KfW	b)	Biomasseheizungen <sup>1</sup>	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	– <sup>4</sup>
KfW	c)	Elektrisch angetriebene Wärmepumpen	30 %	–	5 %	max. 20 %	30 %	– <sup>4</sup>
KfW	d)	Brennstoffzellenheizungen	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	– <sup>4</sup>
KfW	e)	Wasserstofffähige Heizungen (Investitionsmehrausgaben)	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	– <sup>4</sup>
KfW	f)	Innovative Heizungstechnik auf Basis erneuerbarer Energien	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	– <sup>4</sup>
BAFA	g)	Errichtung, Umbau, Erweiterung eines Gebäudenetzes <sup>2</sup>	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	50 %
BAFA/KfW	h)	Anschluss an ein Gebäudenetz <sup>3</sup>	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	50 % <sup>4</sup>
KfW	i)	Anschluss an ein Wärmenetz	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	– <sup>4</sup>
	5.4	Heizungsoptimierung						
BAFA	a)	Maßnahmen zur Verbesserung der Anlageneffizienz	15 %	5 %	–	–	–	50 %
BAFA	b)	Maßnahmen zur Emissionsminderung von Biomasseheizungen	50 %	–	–	–	–	50 %

<sup>1</sup> Bei Biomasseheizungen wird bei Einhaltung eines Emissionsgrenzwertes für Staub von 2,5 mg/m<sup>3</sup> ein zusätzlicher pauschaler Zuschlag in Höhe von 2.500 Euro gemäß Richtlinien-Nr. 8.4.6 gewährt.

<sup>2</sup> Der Klimageschwindigkeits-Bonus reduziert sich gestaffelt gemäß Richtlinien-Nr. 8.4.4. und wird ausschließlich selbstnutzenden Eigentümern gewährt. Bis 31. Dezember 2028 gilt ein Bonusatz von 20 Prozent.

<sup>3</sup> Beim BAFA nur in Verbindung mit einem Antrag zur Errichtung, Umbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes gemäß Richtlinien-Nr. 5.3 g) möglich.

<sup>4</sup> Bei der KfW ist keine Förderung gemäß Richtlinien-Nr. 5.5 möglich. Die Kosten der Fach- und Baubegleitung werden mit den Fördersätzen des Heizungsaustausches als Umfeldmaßnahme gefördert.

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)

Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz (CC BY-ND4.0)

Stand: 1. März 2024

# 1 Zusammenfassende Darstellung

## Allgemein

Für das Nichtwohngebäude von der Gemeinde Muggensturm wurde auf der Grundlage einer Ortsbegehung und den zur Verfügung gestellten Unterlagen eine Energieberatung durchgeführt. Die Ergebnisse sind in dem nachfolgenden Beratungsbericht auf Basis der Richtlinien des Bundes zur Förderung der „Vor-Ort-Beratung“ in Wohngebäuden zusammengestellt.

Hierzu wurden aus den bau- und heizungstechnischen Daten die Energieströme des Gebäudes ermittelt. Die Energieströme setzen sich hierbei aus den Transmissionswärmeverlusten (Wärmedurchgang) der Gebäudehülle, insbesondere Fenster, Außenwände, Geschossdecken und Dachflächen, sowie den Lüftungswärmeverlusten und den Verlusten in der Heizungsanlage, sowie denen der Trinkwarmwasserbereitung zusammen.

Nach der Ermittlung des Ist-Zustandes wurden die Schwachstellen analysiert und Maßnahmen zur Sanierung erarbeitet.

Ziel ist die Erreichung eines KfW-Effizienzhaus-Niveaus mit den Sanierungsmaßnahmen. Dies kann als Gesamtanierung oder in zeitliche Reihenfolge einzelner Maßnahmen und Maßnahmenpakete erfolgen. Dabei wurden ein Luftdichtigkeits- und Lüftungskonzept sowie Möglichkeiten zur Reduzierung von Wärmebrücken berücksichtigt und bewertet.

Die Effektivität wird anhand der voraussichtlichen **Energieeinsparung** (End- und Primärenergie), **Wirtschaftlichkeit** (Investitionskosten, Fördermittel und Brennstoffkosteneinsparung) und **Schadstoffbelastung** (Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Stickstoffdioxid (NO<sub>x</sub>) und Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)) der Maßnahmen beurteilt.

Dieser Bericht soll dabei helfen, wirtschaftlich sinnvolle und umweltentlastende Maßnahmen zur Energieeinsparung durchzuführen. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleibt in der Verantwortung der durchführenden Fachfirmen. Die Kostenangaben sind Erfahrungswerte. Bei künftigen Investitionen sollten immer mehrere Vergleichsangebote eingeholt werden.

## 1.1 Übersicht über Verbräuche im IST-Zustand und den Maßnahmenpaketen

Die hier aufgeführten Maßnahmenpakete bauen aufeinander auf.

Die Maßnahmenpakete 1 und 2 beschreiben die Sanierung der thermischen Gebäudehülle. Hier werden konkret Maßnahmen gewählt, die den Wärmeverlust über die Außenbauteile minimieren und die Gebäudehülle auf den Stand der derzeitigen BEG-Anforderungen für Gebäude bringen. Dabei ist Maßnahmenpaket 2 (Fenstersanierung) voraussichtlich die erste Maßnahme, die an der Gebäudehülle anfallen wird. Die Fassade wird wohl in den nächsten Jahren nicht saniert werden müssen, jedoch würde eine Dämmung der Fassade des Altbaus den Energiebedarf deutlich reduzieren. Maßnahmenpaket 2 wird vorgeschlagen, um dem Wärmeverlust über das Dach entgegenzuwirken.

In Maßnahmenpaket 3 wird eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung für das Gebäude empfohlen. Diese dient dazu die Lüftungswärmeverluste zu minimieren und Feuchtigkeitsschäden an der Gebäudehülle vorzubeugen.

Maßnahmenpaket 5 - 6 stellen den Einbau verschiedener regenerativer Heizungssysteme dar. Und sollen zu der Entscheidungsfindung eines regenerativen Heizungssystems beitragen.

Maßnahmenpaket 7 beschreibt die Kellerdämmung und die Dämmung der Bodenplatte im UG. Beides sind Maßnahmen, die aus technischer und wirtschaftlicher Sicht nur unter großem Aufwand umsetzbar sind und sollen deshalb exemplarisch der Vollständigkeit halber aufgeführt werden.

<b>IST-Zustand vor Sanierung</b>	47.132 €/a					
	346.398 kWh/a Endenergiebedarf					
<b>Sanierungsmaßnahme</b>	Endenergiebedarf			Energiekosten		
	Nach Sanierung [kWh/a]	Einsparung [kWh/a] [%]		Nach Sanierung [€]	Einsparung [€] [%]	
<b>1) Fenster/Fassade/Eingangstüre</b>	260.556	-85.842	-25%	36.092	-11.040	-23%
<b>2) Dach</b>	228.922	-117.476	-34%	32.035	-15.097	-32%
<b>3) Lüftungsanlage mit WRG</b>	193.183	-153.214	-44%	29.633	-17.433	-37%
<b>4) Luft/Wasser Wärmepumpe + Frischwasserstation + PV-Anlage</b>	62.739	-283.659	-82%	20.127	-27.005	-57%
<b>5) Pellets + Solarthermie</b>	132.264	-563.894	-81%	19.878	-27.254	-58%
<b>6) Sanierung UG</b>	57.336	-289.062	-83%	18.397	-28.735	-61%

Zusammenfassung der Wirtschaftlichkeitsberechnungen (Bedarfsrechnung nach DIN V 18599, Zeitraum 30 Jahre)

Maßnahme	Kosten abzgl. Förderung			Summe Kosten abzgl. Förderung [€]	Summe Gesamtkosten [€]	Sowieso Kosten [€]	Summe Sowieso Kosten [€]
	Kosten [€]	Förderung [€]	Förderung [€]				
Fassade/Fenster/Türe	392.725	58.909	333.816	333.816	392.725	321.951	321.951
Dach	307.164	46.075	261.089	594.906	699.889	158.768	480.719
Lüftung mit WRG	78.000	11.700	66.300	661.206	777.889	20.000	500.719
Wärmepumpe/FriWa/PV-Anlage	185.000	40.500	144.500	805.706	962.889	110.000	610.719
Pellets/Solarthermie	200.000	60.000	140.000	801.206	977.889	110.000	610.719
Untergeschoss	83.000	12.450	70.550	871.756	1.045.889	65.000	675.719

## 1.2 Vorteile der energetischen Sanierung

Eine energetische Sanierung bietet eine Vielzahl von Vorteilen, darunter:

**Energieeinsparung:** Durch die Verbesserung der Gebäudedämmung, den Austausch ineffizienter Heizungs- und Lüftungssysteme sowie den Einsatz energieeffizienter Technologien kann der Energieverbrauch deutlich reduziert werden. Dies führt zu niedrigeren Energiekosten für die Bewohner oder Nutzer des Gebäudes.

**Komfortsteigerung:** Eine energetische Sanierung trägt oft auch zur Verbesserung des Raumklimas bei. Bessere Dämmung und moderne Heizungs- und Lüftungssysteme sorgen für eine gleichmäßigere Temperaturverteilung und reduzieren Zugluft, was den Wohnkomfort erhöht.

**Wertsteigerung des Gebäudes:** Eine energetische Sanierung kann den Wert einer Immobilie erhöhen. Energieeffiziente Gebäude gelten als attraktiver für potenzielle Käufer oder Mieter und können daher zu höheren Verkaufs- oder Mietpreisen führen.

**Umweltschutz:** Durch die Reduzierung des Energieverbrauchs und den Einsatz erneuerbarer Energien verringert eine energetische Sanierung auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen und trägt somit zum Klimaschutz bei.

**Gesundheitliche Vorteile:** Eine gute Gebäudedämmung und eine effiziente Belüftung können dazu beitragen, Feuchtigkeitsprobleme und Schimmelbildung zu reduzieren, was wiederum das Risiko von Atemwegserkrankungen verringern kann.

**Langfristige Kosteneinsparungen:** Obwohl eine energetische Sanierung zunächst mit Investitionskosten verbunden ist, können langfristig betrachtet erhebliche Einsparungen erzielt werden. Diese Einsparungen können die Investitionskosten über die Lebensdauer des Gebäudes oft deutlich übersteigen.

Insgesamt bietet eine energetische Sanierung also nicht nur finanzielle Vorteile, sondern trägt auch zu einem verbesserten Wohnkomfort, zum Umweltschutz und zur langfristigen Werterhaltung von Gebäuden bei.

### **1.3 Gering investigative und kurzfristig umsetzbare Maßnahmen**

Neben den großen Maßnahmen gibt es auch kleine Maßnahmen, sowie ein angepasstes Nutzerverhalten, die für Energieeinsparungen sorgen können. Dies sind einige Maßnahmen für eine energetische Sanierung, die kurzfristig selbst umgesetzt werden können:

**Absenken der Raumtemperatur:** Durch das Absenken der Raumtemperatur um ein paar Grad kann der Energieverbrauch für die Raumheizung erheblich reduziert werden, ohne den Komfort spürbar zu beeinträchtigen.

**Hydraulischer Abgleich:** Ein hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage stellt sicher, dass alle Heizkörper im Gebäude gleichmäßig mit warmem Wasser versorgt werden. Dies optimiert die Heizleistung und reduziert den Energieverbrauch.

**Einsatz von Präsenzmeldern in der Beleuchtung:** Präsenzmelder können verwendet werden, um die Beleuchtung automatisch auszuschalten, wenn sich niemand im Raum befindet. Dies hilft, den Stromverbrauch für die Beleuchtung zu senken.



**Stoßlüften:** Durch regelmäßiges Stoßlüften wird verbrauchte Luft aus den Räumen abgeführt und frische Luft von außen zugeführt, ohne dass dabei zu viel Wärme verloren geht. Dies trägt zur Verbesserung der Raumluftqualität bei und reduziert gleichzeitig den Energieverbrauch für die Belüftung.

**Vermeiden von Standby-Verbrauchern:** Elektronische Geräte verbrauchen auch im Standby-Modus oft noch Energie. Durch das vollständige Abschalten von Geräten und den Einsatz von Steckdosenleisten mit Schalter kann Standby-Verbrauch vermieden werden.

**Überprüfung von Betriebszeiten Heizung und Lüftung:** Eine Überprüfung und gegebenenfalls Anpassung der Betriebszeiten von Heizung und Lüftung kann dazu beitragen, den Energieverbrauch zu optimieren und unnötigen Energieverlust zu vermeiden.

**Vermeidung von Wärmebrücken:** Durch das Abdichten von undichten Fenstern und Türen sowie das Isolieren von Wärmebrücken an der Gebäudehülle kann Wärmeverlust minimiert werden, was zu einer verbesserten Energieeffizienz führt.

Diese Maßnahmen sind relativ einfach umzusetzen und können kurzfristig zu einer Reduzierung des Energieverbrauchs und damit zu Einsparungen bei den Energiekosten führen.

## 2 Ist-Zustand von Gebäudehülle und Anlagentechnik

### 2.1 Allgemeine Angaben zum Gebäude

Objekt:	Beethovenstraße 11 76461 Muggensturm
<b>Beschreibung:</b>	
Gebäudetyp:	Nichtwohngebäude/Schulturnhalle
Baujahr:	1966
<b>Beheiztes Volumen <math>V_e</math>:</b>	9.831,60 m <sup>3</sup>
<b>Luftvolumen <math>V</math>:</b>	7865,28 m <sup>3</sup>
<b>Nettogrundfläche:</b>	1.085 m <sup>2</sup>

### 2.2 Beschreibung des Gebäudezustands

Beim Gebäude handelt es sich um eine 1966 erbaute Sporthalle.

Die Außenwände der Turnhalle wurden 1986 auf der Ostseite mit einer Klinkerfassade versehen. Auf der Nordseite der Schule wurden zwischen 1980 – 1990 die Fenster erneuert. Die restlichen Fenster sind zweifachverglast mit Alurahmen.

Das Dach ist eine Stahlkonstruktion. Die Dacheindeckung ist aus Trapezblech. Unter dem Trapezblech ist eine Dämmung angebracht.

Die Südseite der Turnhalle wurde 2009 im OG mit einer Ganztageschule angebaut.

Das Untergeschoss in Betonbauweise ausgeführt. Die Turnhalle ist aber nur Teilunterkellert. Auf der einen Seite befinden sich Umkleieräume und Duschen und auf der anderen Seite eine Kegelbahn. Somit sind die meisten Räume im UG sind beheizt. Außerdem sind die Umkleieräume im UG über eine Luftheizung beheizt und belüftet.

Die Heizungsanlage wurde 2009 installiert. Hierbei handelt es sich um einen Gasbrennwertkessel als Spitzenlastkessel in Kombination mit einem Blockheizkraftwerk. Die Heizung steht im nebenan im Schulgebäude und versorgt die Sporthalle über einen eigenen Verteiler mit. Die Turnhalle wurde mit einem neuen Hallenboden versehen und hat in diesem Zug auch eine Fußbodenheizung bekommen.

Das Heizungssystem wurde 2021 hydraulisch abgeglichen. Die Pumpen im Heizungskeller wurden ebenfalls erneuert.

Das Gebäude wird bereits über LED-Leuchten mit Präsenzmelder beleuchtet und weist daher im Beleuchtungsbereich keinen verbesserungsbedarf auf.

Das Gebäude wird zu folgenden Zeiten genutzt:

Mo- Fr: 7:45 – 22:45 Uhr



**Süd-Ansicht:** Südseite der Turnhalle mit angebauter Ganztagesschule im OG



**Nord-Ansicht:** Mit großer verglasteter Fensterfläche



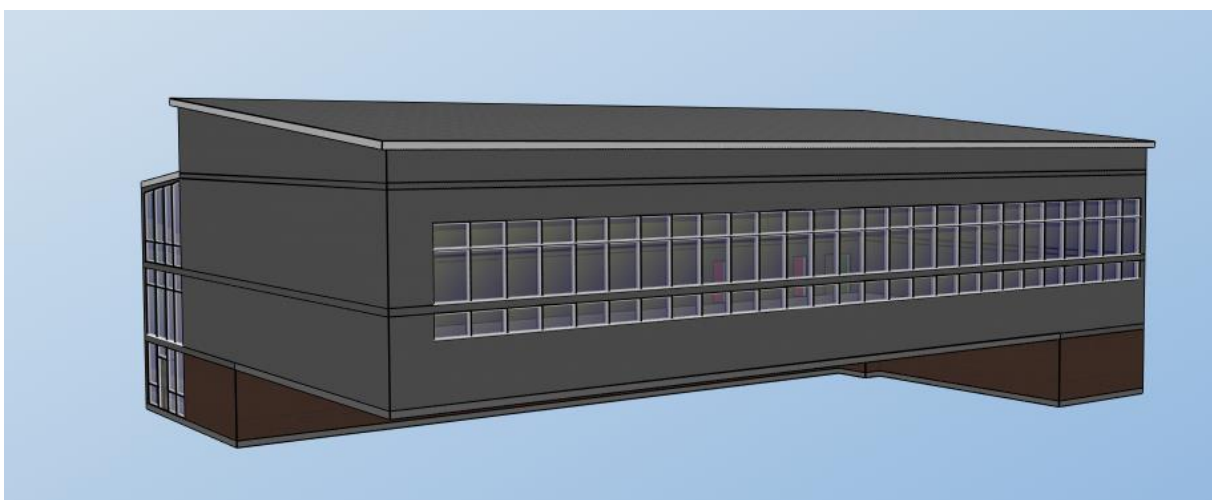
**West-Ansicht:** mit Übergang zum Schulgebäude



**Ost-Ansicht:** mit Klinkerfassade und Eingang zur Turnhalle

## 2.3 Die Gebäudehülle

Bauteil	Zustand
Dach	Metallkonstruktion mit Dämmung und Trapezblecheindeckung
Fenster	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zweifachverglaste Fenster mit Aluminiumrahmen Bj. 1980 -1990 auf Nordseite</li> <li>- Der Rest sind zweifachverglaste Alurahmenfenster</li> </ul>
Außenwand	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Betonskelettbauweise mit Ziegelsteinen ausgefacht</li> <li>- Ostseite/Westseite mit Klinkerfassade versehen</li> <li>- UG komplett betoniert</li> </ul>
Bodenplatte	Beton Bodenplatte der Typologie entsprechend



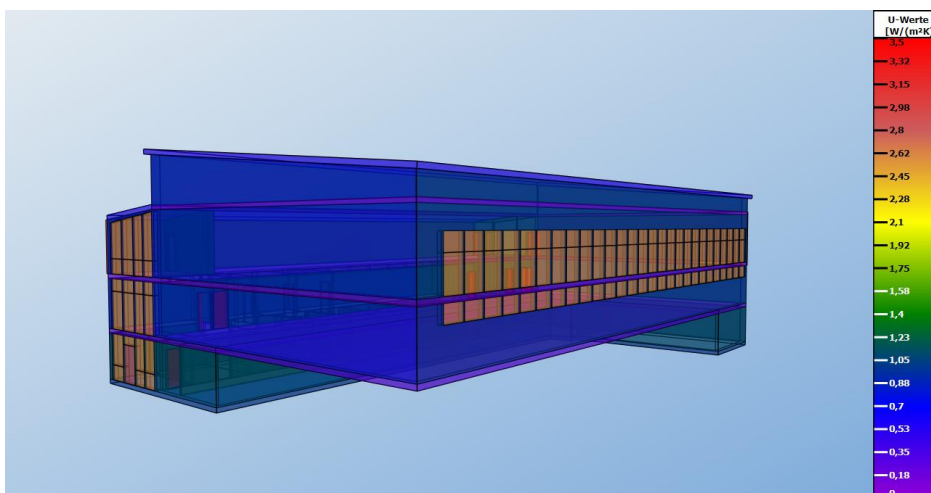
CAD-Modell

### Bestehende U-Werte und U-Wert-Anforderungen bei Sanierung

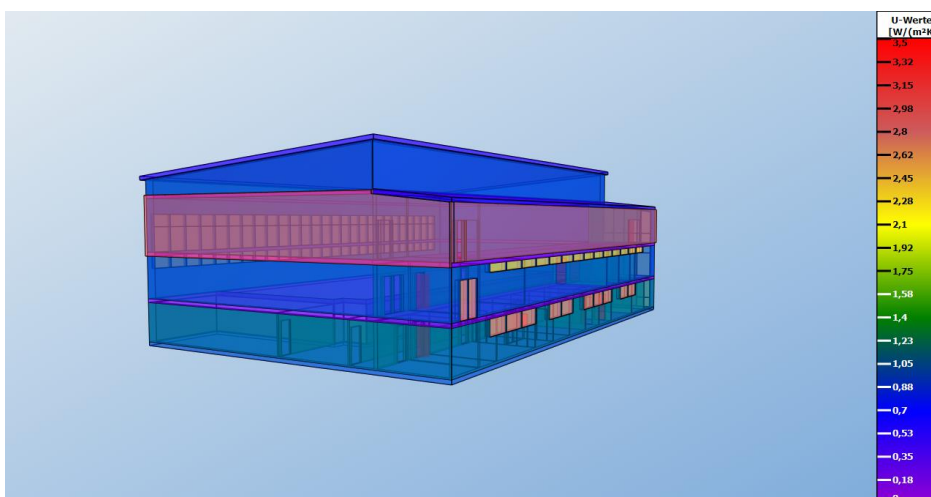
Bauteil	U-Wert	$U_{\max} \text{ GEG}^*$ in $\text{W/m}^2\text{K}$	$U_{\max} \text{ KfW}^{**}$ in $\text{W/m}^2\text{K}$
---------	--------	---	--

	in W/m <sup>2</sup> K		
Dach	0,6	0,24	0,14
Außenwand	1,0	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	1,1	0,30	0,25
Bodenplatte EG	0,3	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,0	0,50	0,35
Fenster Nordseite	2,6	1,3	0,95
Restliche Fenster	2,8	1,3	0,95
Außenwand Ost/West	0,85	0,24	2,0
Außentüre	2,8	1,8	1,3

U-Werte sind ein Maß dafür, wie gut ein Bauteil Wärme leitet. Je niedriger der U-Wert, desto besser ist die Wärmedämmung des Bauteils. Ein niedriger U-Wert bedeutet, dass weniger Wärme durch das Bauteil verloren geht, was zu einer insgesamt effizienteren Gebäudehülle führt. Daher ist es wichtig, die U-Werte der Bauteile zu kennen und gegebenenfalls durch eine energetische Sanierung zu verbessern, um den Energieverbrauch und die Heizkosten zu senken.



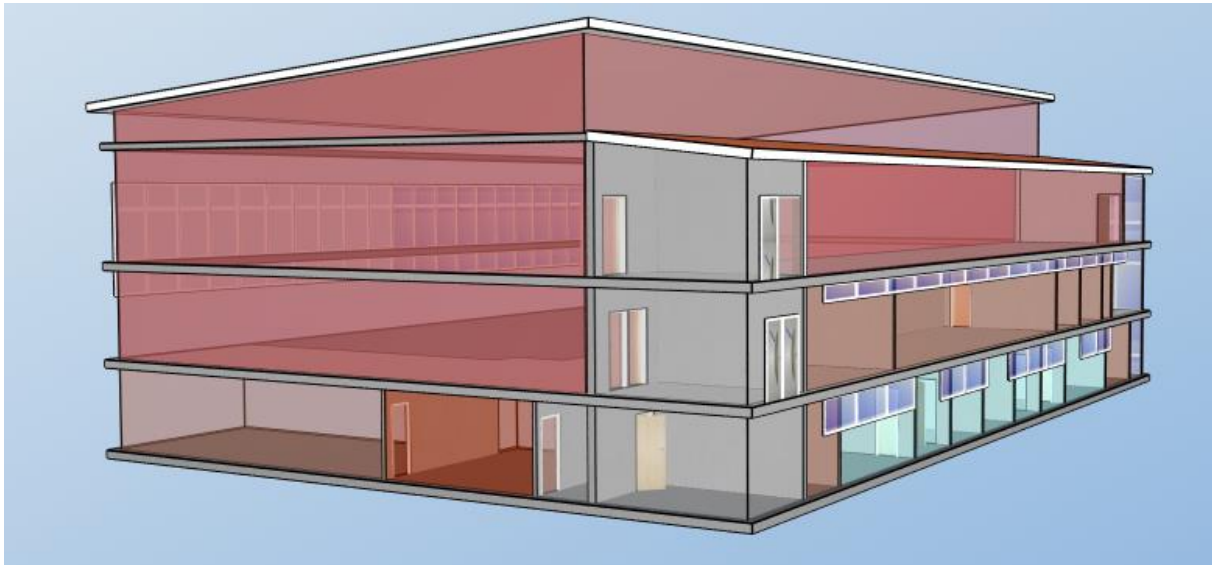
U-Werte Ost- und Nordseite



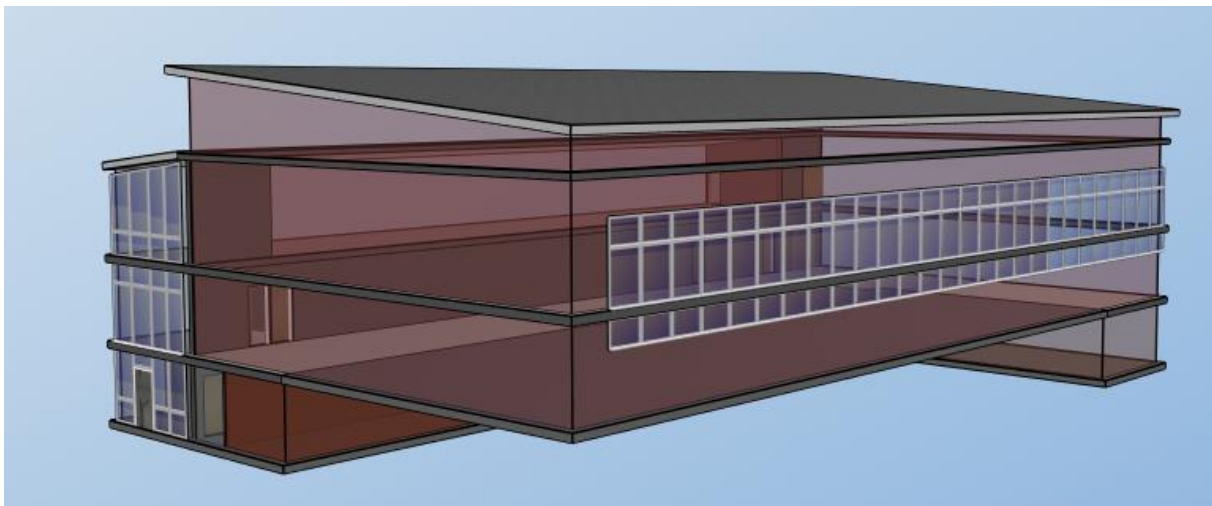
U-Werte West- und Südseite

## 2.4 Zonierung

Die Zonierung von Nichtwohngebäuden gemäß DIN 18599 bezieht sich auf die Einteilung eines Gebäudes in verschiedene Zonen, basierend auf den jeweiligen Nutzungsanforderungen und den thermischen Bedingungen. Diese Zonierung ermöglicht eine differenzierte Betrachtung und Bewertung der energetischen Eigenschaften und Anforderungen verschiedener Bereiche innerhalb des Gebäudes. Durch die Zonierung können gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und des Raumkomforts umgesetzt werden, um den Energieverbrauch zu reduzieren und das Raumklima zu optimieren.



Zonen West- und Südseite



Zonen Ost- und Nordseite

Nr.	Zone	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Anteil [%]	Konditionierung
1	Sporthalle	766	57%	Heizung + Beleuchtung
2	Umkleide und Sanitärräume	107	8%	Heizung + Beleuchtung + Warmwasser + Lüftung
3	Nebenflächen ohne Aufenthalt	199	15%	Heizung + Beleuchtung + Abluft

4	Sonstige Aufenthaltsräume	126	9%	Heizung + Beleuchtung
5	Verkehrsfläche	139	11%	Heizung + Beleuchtung + Abluft- und Zuluftanlage

## 2.5 Anlagentechnik

### Heizung:

Bereich	Heizwärme-Erzeugung 1 über Heizungsanlage der Schule
Erzeugung	- Brennwert-Kessel von 2009 Energieträger: Erdgas E - BHKW Energieträger: Erdgas E Der TWW-Kreis 'Warmwasser-Erzeugung 1' wird mitversorgt.
Pufferspeicher	- Speicher 1 von 2004 Speicher-Nenninhalt 1558,58 l Lage: in keiner Zone - im Unbeheizten
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 70/55 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler'
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 35/28 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'Sporthalle' mit 100 % Übergabekomponente: 'Flächenheizung (bauteilintegriert)'
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 65/55 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'Sanitär und Umkleideräume' mit 100 % Übergabekomponente: 'Luftheizung (Lüftungsanlage)' Regelung: 'P-Regler'

Die Heizung ist in einem guten Gesamtzustand. Die Verteilungen der Heizung im Keller sind gut gedämmt.

## 2.5.1 Warmwasserversorgung

### Warmwasser:

Bereich	Warmwasser-Erzeugung
Erzeugung	- Brennwert-Kessel aus dem Heizkreis von 2009 - Nennleistung Energieträger: Erdgas E + das Blockheizkraftwerk
Verteilung	- Verteilung 1 (DHWKreis 1) zentral mit Zirkulation' Umwälzpumpe ungeregelt
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden' mit 100 %



**Verteiler Sporthalle:** Eigener Verteiler für die Sporthalle angeschlossen an die Zentralheizung der Schule – BHKW und Gasbrennwertkessel zur Spitzenlastabdeckung



**Pufferspeicher:** Eigener Pufferspeicher im Verteilsystem der Sporthalle



**Heizung:** steht im Nebengebäude im Schulhaus versorgt die Turnhalle mit



**Lüftung:** Die Umkleide und Sanitärräume sind über eine Luftheizung belüftet und beheizt

Bauteil	Zustand	Energetische Bewertung
Wärmeerzeuger	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Viessmann VITOCROSSAL 300 BJ. 2009</li> <li>- BHKW – SOKRATHERM GG 50 A</li> </ul>	Okay  gut
Pufferspeicher	Viessmann Bj, 2009	gut
Heizungsrohre	gedämmt	gut
Heizungspumpen	geregelt	gut
Wärmeübergabe	Stahl-Röhrenradiatoren Fußbodenheizung (Sporthalle) Luftheizung	Schlecht Gut okay
Raumlufttechnik	Zu- und Abluftanlage (Umkleide und Sanitärräume)	okay

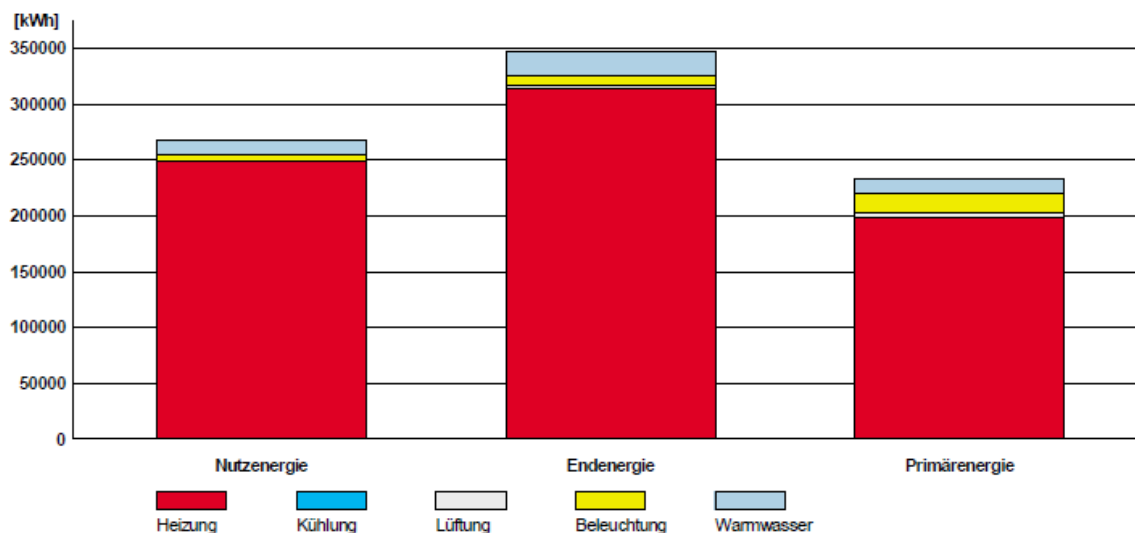


## 2.6 Bedarfs- und Verbrauchsangaben

Der Berechnung dieses Berichts wurden das GEG-Standard-Nutzerverhalten und die Standard-Klimabedingungen für Deutschland zugrunde gelegt. Daher können aus den Ergebnissen keine Rückschlüsse auf die absolute Höhe des Brennstoffverbrauchs gezogen werden

### Energiebilanz für das Gebäude:

in kWh/a in kWh/m <sup>2</sup> a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie	268084	248781	0	0	5803	13500
	200,42	185,99	0	0	4,34	10,09
Endenergie	346398	313762	0	2277	9419	20940
	258,97	234,57	0	1,70	7,04	15,65
Primärenergie	232367	198525	0	4099	16954	12790
	173,72	148,42	0	3,06	12,68	9,56



Bei der Berechnung des Energiebedarfs eines Gebäudes gemäß den Vorgaben von Normen wie DIN 18599 oder EnEV (Energieeinsparverordnung) werden standardisierte Annahmen für das Nutzerverhalten und die klimatischen Bedingungen an einem Norm-Standort verwendet. Dies ermöglicht einen Vergleich des Energiebedarfs verschiedener Gebäude unter vergleichbaren Bedingungen.

Allerdings kann es zu Abweichungen zwischen dem berechneten Energiebedarf und dem tatsächlich gemessenen Energieverbrauch kommen, da individuelle Nutzerverhalten und die tatsächlichen klimatischen Bedingungen vor Ort nicht vollständig berücksichtigt werden. Beispielsweise können unterschiedliche Nutzungsmuster, Raumtemperaturen oder Lüftungsgewohnheiten der Nutzer zu variablen Energieverbrauchsmustern führen.

Deshalb ist es wichtig, dass bei der Interpretation von Energieverbrauchsdaten die individuellen Gegebenheiten und Nutzungsbedingungen eines Gebäudes berücksichtigt werden. Dies ermöglicht eine präzisere Analyse und Optimierung des tatsächlichen Energieverbrauchs sowie die Identifizierung von Potenzialen zur Energieeinsparung und Effizienzsteigerung.

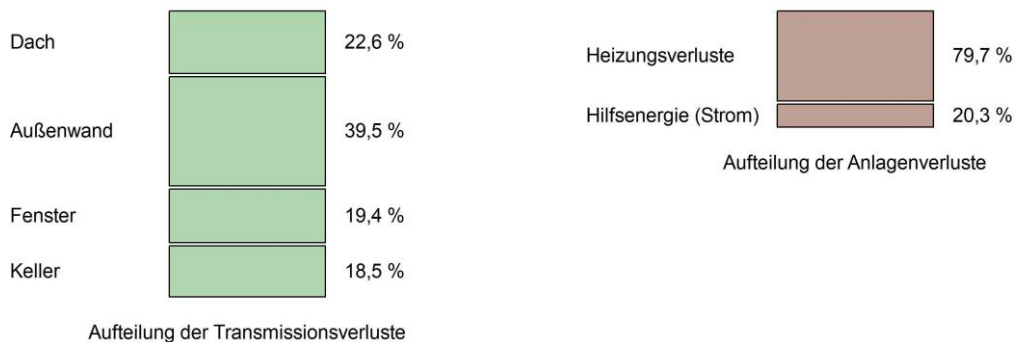
Jahr	Energiebedarf [kWh] (DIN 18599)	Energieverbrauch [kWh]	Abweichung [%]
2022	346.398	238,804	-32,9%
2021	346.398	221.149	-37,8%
2020	346.398	157.729	-54,5%

Um ein Gebäude energetisch zu bewerten, muss man den vorhandenen Energieverbrauch beurteilen können. Verbraucht mein Haus viel oder wenig? Durch welche Maßnahmen lässt sich wie viel Energie einsparen?

Die Antwort auf diese Fragen gibt eine Energiebilanz. Dazu werden alle Energieströme, die dem Gebäude zu- bzw. abgeführt werden, quantifiziert und anschließend bilanziert.

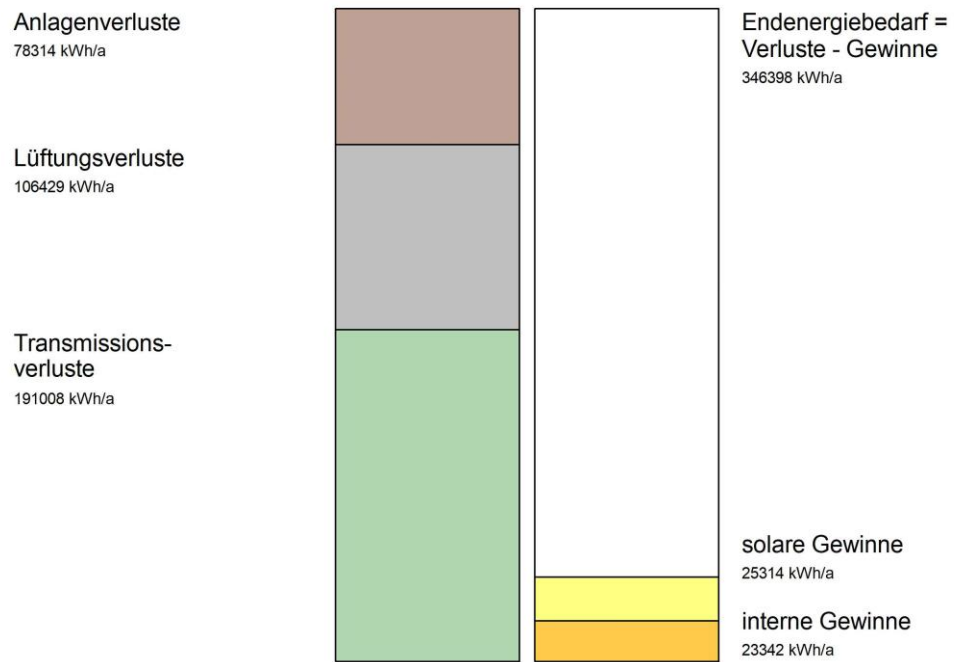
Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle (Transmission), durch den Luftwechsel und bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie. Die Aufteilung der Verluste, d.h. der Transmissionsverluste auf die Bauteilgruppen – Dach – Außenwand – Fenster – Keller – und der Anlagenverluste auf die Bereiche – Heizung – Warmwasser – Hilfsenergie (Strom) – sowie der Lüftungsverluste können Sie der nachfolgenden Tabelle und den Diagrammen entnehmen.

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
<b>Transmissionsverluste</b>		
Dach	43174	22,6
Außenwand	75464	39,5
Fenster	36964	19,4
Keller	35405	18,5
<b>Gesamt</b>	<b>191008</b>	<b>100</b>
<b>Lüftungsverluste</b>		
<b>Gesamt</b>	<b>106429</b>	<b>100</b>
<b>Anlagenverluste</b>		
Heizung	78314	100,0
Warmwasser	0	0,0
Hilfsenergie	15879	20,3
<b>Gesamt</b>	<b>78314</b>	<b>100</b>



Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich Energie verloren geht bzw. wo die größten Einsparpotentiale in Ihrem Gebäude liegen. Bei der Energiebilanz werden die Wärmeverluste und Wärmegewinne der Gebäudehülle, sowie die Verluste der Anlagen zur Raumheizung, Trinkwarmwasserbereitung und Lüftungstechnik berücksichtigt. Der Haushaltsstrom wird in dieser Bilanz nicht betrachtet.

<b>Energiebilanz des Gebäudes</b>	<b>jährlich</b> [kWh/a]	<b>anteilig</b> [%]
<b>Verluste</b>		
Transmissionsverluste	191008	48,8
Lüftungsverluste	106429	27,2
Anlagenverluste (inkl. Warmwasser-Wärmebedarf)	94193	24,1
<b>Gesamt</b>	<b>391631</b>	<b>100</b>
<b>Gewinne</b>		
Solare Wärmegewinne	25314	52,0
Interne Wärmegewinne	23342	48,0
<b>Gesamt</b>	<b>48657</b>	<b>100</b>
<b>Endenergiebedarf <math>Q_E</math></b>		
Endenergiebedarf $Q_{WE,E}$ (Wärmeerzeugung)	330519	
Endenergiebedarf $Q_{HE,E}$ (Hilfsenergie)	15879	
<b>Gesamt</b>	<b>346398</b>	
<b>Primärenergiebedarf <math>Q_P</math></b>	<b>232367</b>	



## Bewertung des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m<sup>2</sup> Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 174 kWh/m<sup>2</sup>a.

### Gesamtbewertung

Primärenergiebedarf

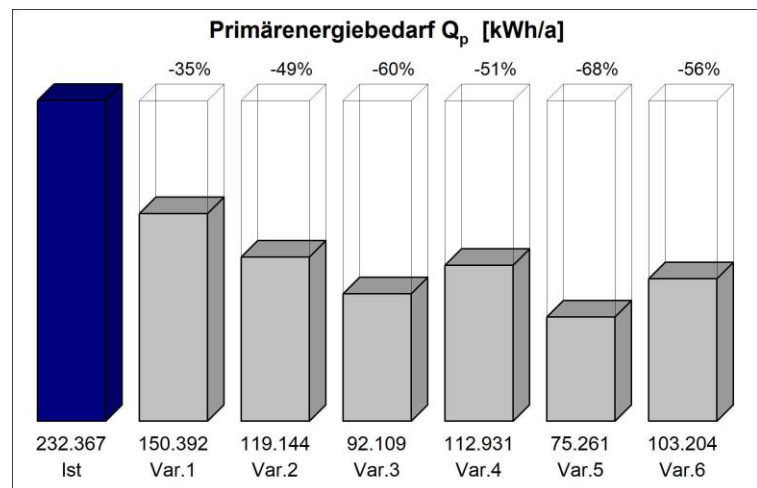
Ist-Zustand: 174 kWh/m<sup>2</sup>a



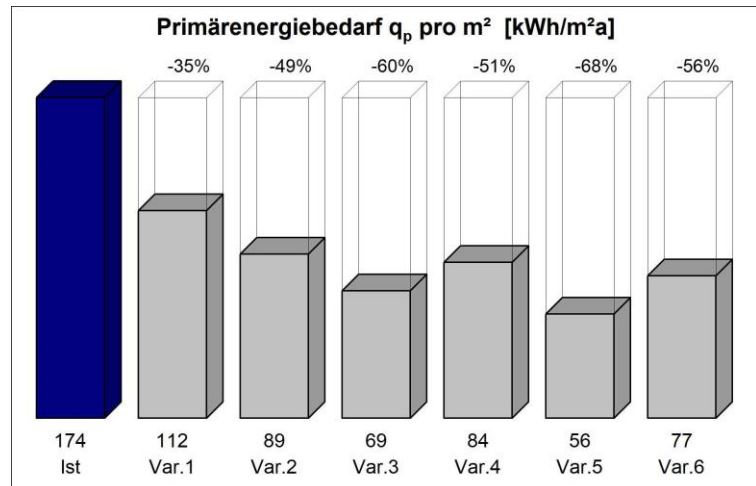
## Zusammenfassung der Ergebnisse

Primärenergiebedarf

Ist-Zustand  
 Var.1 - Fenster + Fassade + Türe  
 Var.2 - Dach  
 Var.3 - Lüftung  
 Var.4 - Heizung V1: Wärmepumpe mit FriWa  
 Var.5 - Heizung V2: Pelletheizung mit Solar  
 Var.6 - Untergeschoss

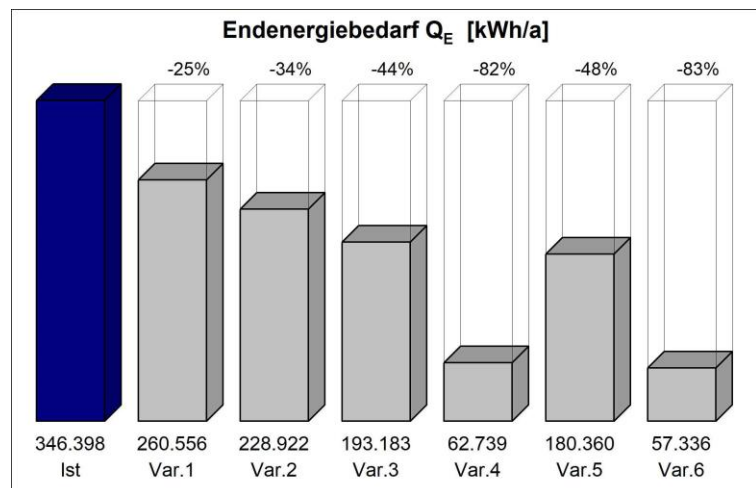


Ist-Zustand  
 Var.1 - Fenster + Fassade + Türe  
 Var.2 - Dach  
 Var.3 - Lüftung  
 Var.4 - Heizung V1: Wärmepumpe mit FriWa  
 Var.5 - Heizung V2: Pelletheizung mit Solar  
 Var.6 - Untergeschoss

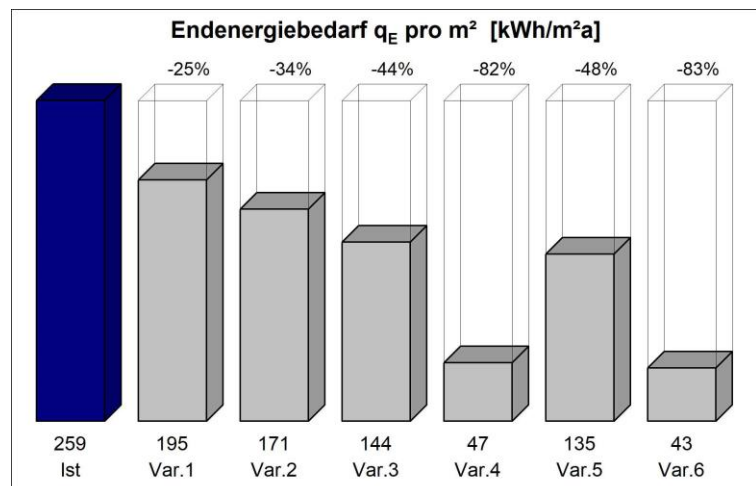


## Endenergiebedarf

Ist-Zustand  
 Var.1 - Fenster + Fassade + Türe  
 Var.2 - Dach  
 Var.3 - Lüftung  
 Var.4 - Heizung V1: Wärmepumpe mit FriWa  
 Var.5 - Heizung V2: Pelletheizung mit Solar  
 Var.6 - Untergeschoss

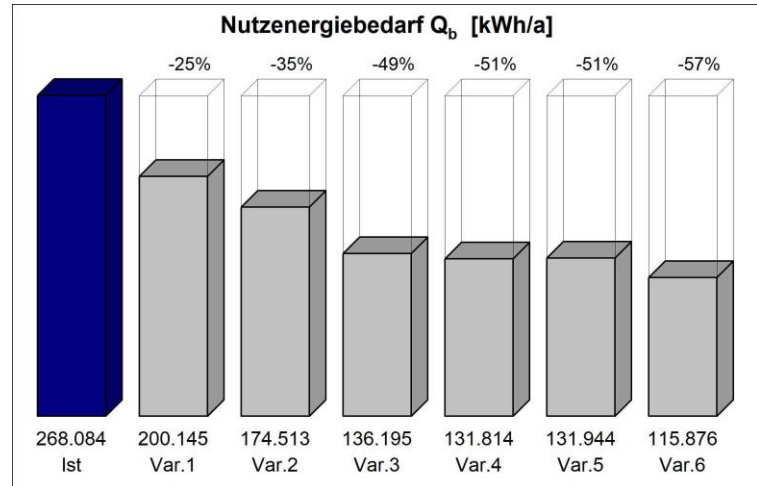


Ist-Zustand  
 Var.1 - Fenster + Fassade + Türe  
 Var.2 - Dach  
 Var.3 - Lüftung  
 Var.4 - Heizung V1: Wärmepumpe mit FriWa  
 Var.5 - Heizung V2: Pelletheizung mit Solar  
 Var.6 - Untergeschoss

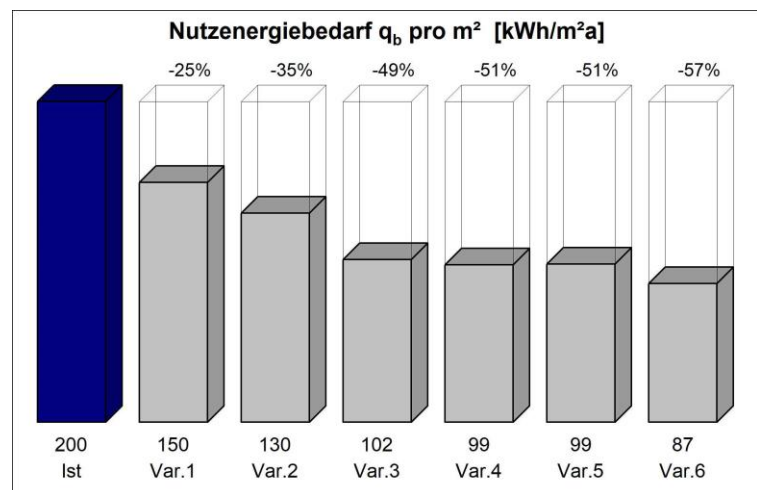


## Nutzenergiebedarf

Ist-Zustand  
 Var.1 - Fenster + Fassade + Türe  
 Var.2 - Dach  
 Var.3 - Lüftung  
 Var.4 - Heizung V1: Wärmepumpe mit FriWa  
 Var.5 - Heizung V2: Pelletheizung mit Solar  
 Var.6 - Untergeschoss

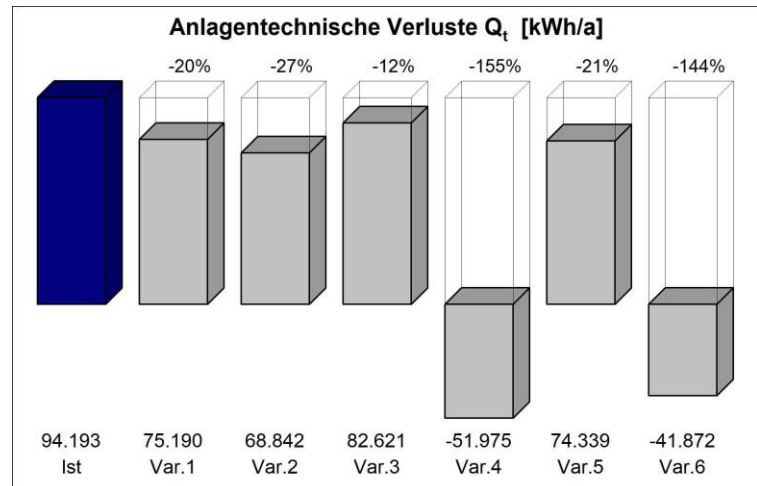


Ist-Zustand  
 Var.1 - Fenster + Fassade + Türe  
 Var.2 - Dach  
 Var.3 - Lüftung  
 Var.4 - Heizung V1: Wärmepumpe mit FriWa  
 Var.5 - Heizung V2: Pelletheizung mit Solar  
 Var.6 - Untergeschoss

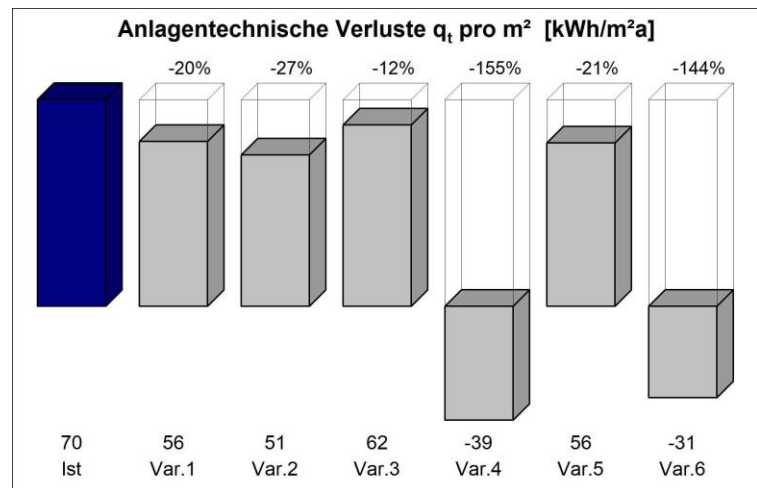


## Anlagentechnische Verluste

Ist-Zustand  
 Var.1 - Fenster + Fassade + Türe  
 Var.2 - Dach  
 Var.3 - Lüftung  
 Var.4 - Heizung V1: Wärmepumpe mit FriWa  
 Var.5 - Heizung V2: Pelletheizung mit Solar  
 Var.6 - Untergeschoss

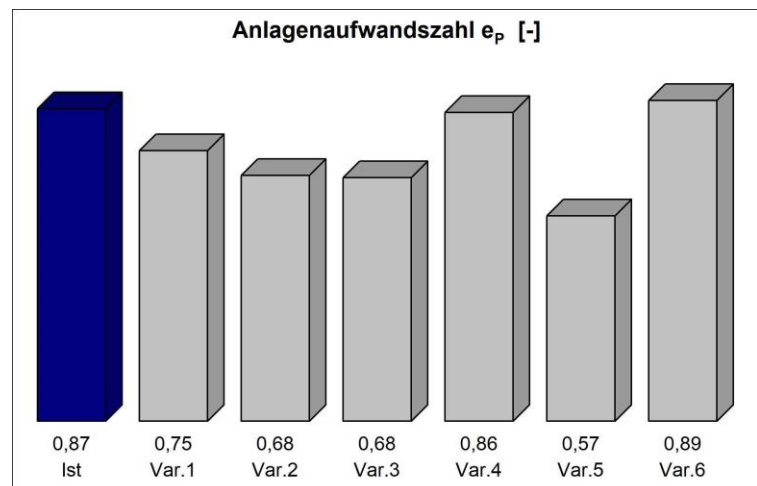


Ist-Zustand  
 Var.1 - Fenster + Fassade + Türe  
 Var.2 - Dach  
 Var.3 - Lüftung  
 Var.4 - Heizung V1: Wärmepumpe mit FriWa  
 Var.5 - Heizung V2: Pelletheizung mit Solar  
 Var.6 - Untergeschoss



### Anlagenaufwandszahl

Ist-Zustand  
 Var.1 - Fenster + Fassade + Türe  
 Var.2 - Dach  
 Var.3 - Lüftung  
 Var.4 - Heizung V1: Wärmepumpe mit FriWa  
 Var.5 - Heizung V2: Pelletheizung mit Solar  
 Var.6 - Untergeschoss

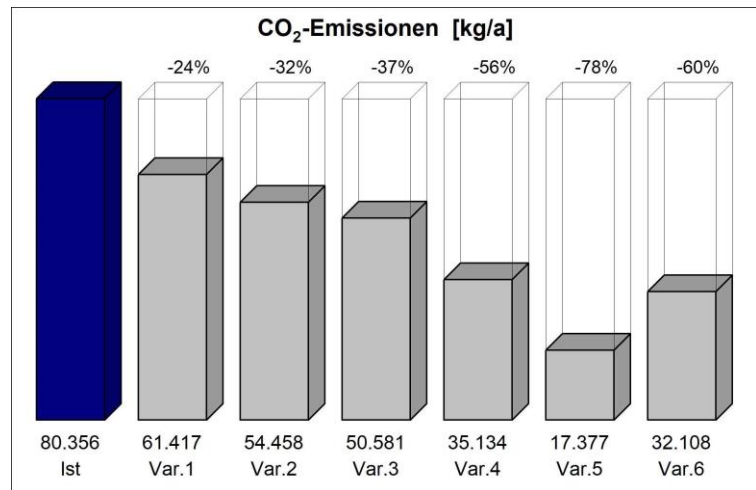




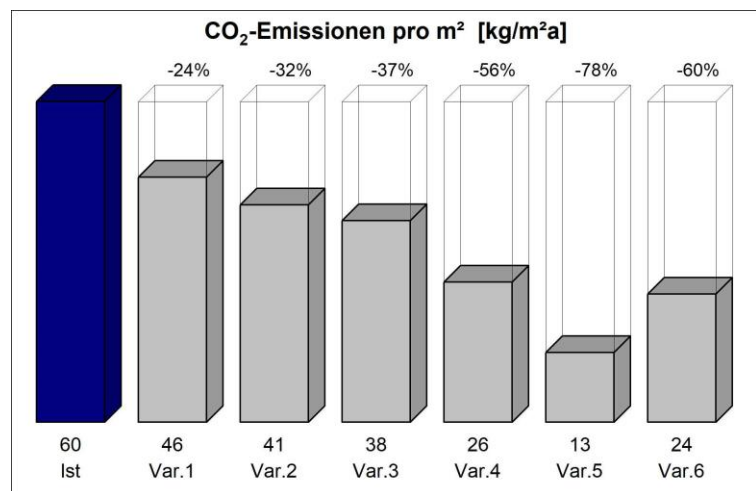
**Schadstoff-Emissionen**

 CO<sub>2</sub>-Emissionen

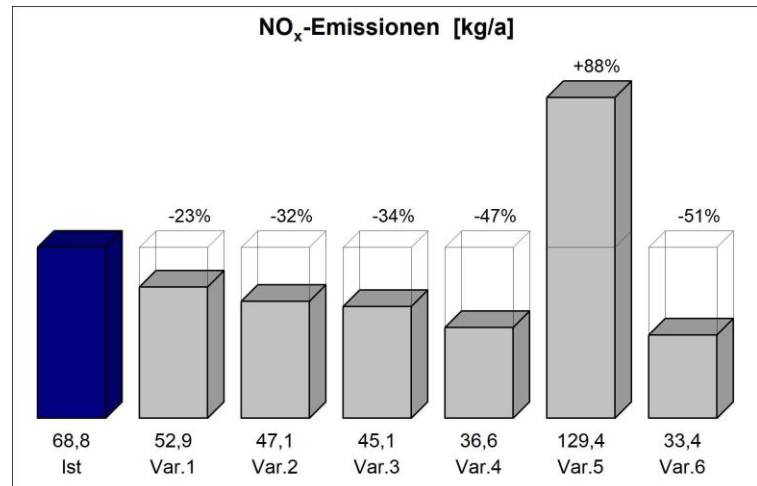
Ist-Zustand  
 Var.1 - Fenster + Fassade + Türe  
 Var.2 - Dach  
 Var.3 - Lüftung  
 Var.4 - Heizung V1: Wärmepumpe mit FriWa  
 Var.5 - Heizung V2: Pelletheizung mit Solar  
 Var.6 - Untergeschoss



Ist-Zustand  
 Var.1 - Fenster + Fassade + Türe  
 Var.2 - Dach  
 Var.3 - Lüftung  
 Var.4 - Heizung V1: Wärmepumpe mit FriWa  
 Var.5 - Heizung V2: Pelletheizung mit Solar  
 Var.6 - Untergeschoss

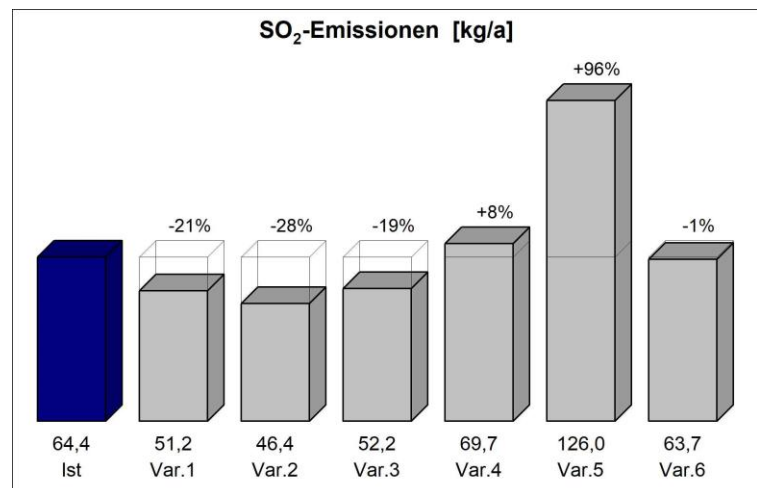

 NO<sub>x</sub>-Emissionen

Ist-Zustand  
 Var.1 - Fenster + Fassade + Türe  
 Var.2 - Dach  
 Var.3 - Lüftung  
 Var.4 - Heizung V1: Wärmepumpe mit FriWa  
 Var.5 - Heizung V2: Pelletheizung mit Solar  
 Var.6 - Untergeschoss



## SO<sub>2</sub>-Emissionen

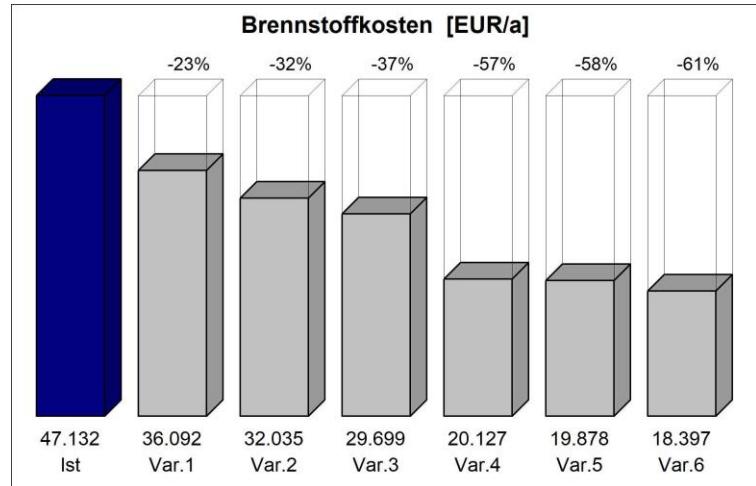
Ist-Zustand  
 Var.1 - Fenster + Fassade + Türe  
 Var.2 - Dach  
 Var.3 - Lüftung  
 Var.4 - Heizung V1: Wärmepumpe mit FriWa  
 Var.5 - Heizung V2: Pelletheizung mit Solar  
 Var.6 - Untergeschoss



## Kosten / Wirtschaftlichkeit

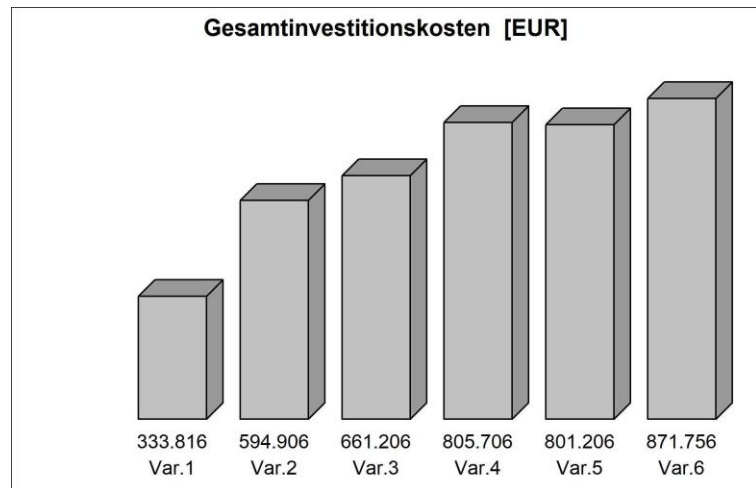
### Brennstoffkosten

- Ist-Zustand
- Var.1 - Fenster + Fassade + Türe
- Var.2 - Dach
- Var.3 - Lüftung
- Var.4 - Heizung V1: Wärmepumpe mit FriWa
- Var.5 - Heizung V2: Pelletheizung mit Solar
- Var.6 - Untergeschoss

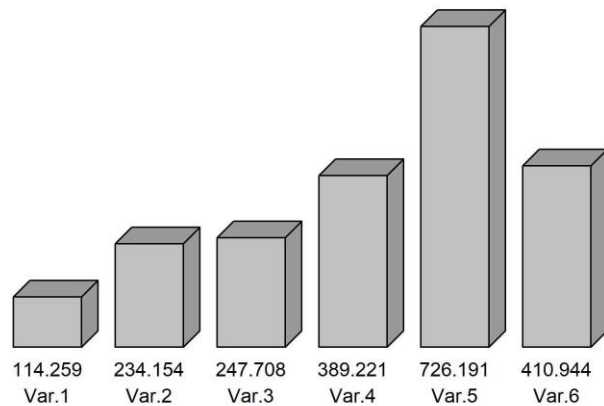


### Gesamtinvestitionskosten

- Var.1 - Fenster + Fassade + Türe
- Var.2 - Dach
- Var.3 - Lüftung
- Var.4 - Heizung V1: Wärmepumpe mit FriWa
- Var.5 - Heizung V2: Pelletheizung mit Solar
- Var.6 - Untergeschoss

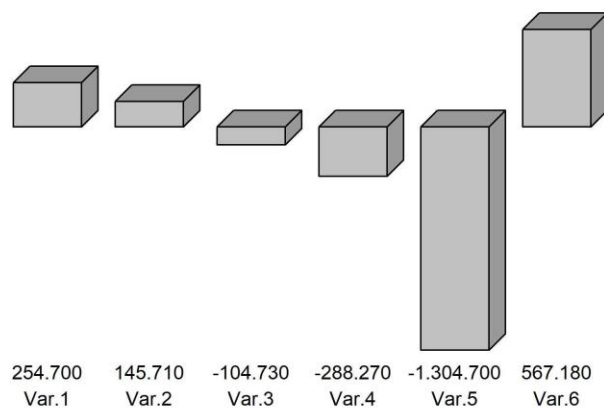


### Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen

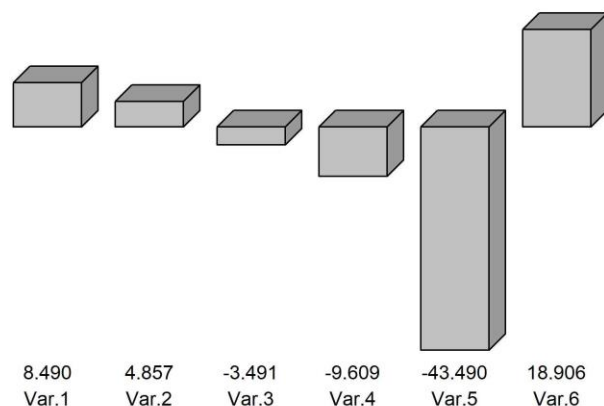
**Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen [EUR]**


Var.1 - Fenster + Fassade + Türe  
 Var.2 - Dach  
 Var.3 - Lüftung  
 Var.4 - Heizung V1: Wärmepumpe mit FriWa  
 Var.5 - Heizung V2: Pelletheizung mit Solar  
 Var.6 - Untergeschoss

### Kosteneinsparung durch die Energiesparmaßnahmen

**Kosteneinsparung in Nutzungsdauer [EUR]**


Var.1 - Fenster + Fassade + Türe  
 Var.2 - Dach  
 Var.3 - Lüftung  
 Var.4 - Heizung V1: Wärmepumpe mit FriWa  
 Var.5 - Heizung V2: Pelletheizung mit Solar  
 Var.6 - Untergeschoss

**Mittlere Kosteneinsparung pro Jahr [EUR/a]**


Var.1 - Fenster + Fassade + Türe  
 Var.2 - Dach  
 Var.3 - Lüftung  
 Var.4 - Heizung V1: Wärmepumpe mit FriWa  
 Var.5 - Heizung V2: Pelletheizung mit Solar  
 Var.6 - Untergeschoss

### 3 Energetisches Sanierungskonzept

Aus der Analyse der einzelnen Bauteile und der Heizungs- und Trinkwasseranlage wurden die im Folgenden dargestellten Energiesparmaßnahmen abgeleitet und unter energetischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten bewertet.

Soll die energetische Sanierung in Schritten vorgenommen werden, führen die Vorschläge insgesamt zum KfW-Effizienzhaus 55. Dabei entsprechen die vorgeschlagenen Maßnahmen jeweils den zum Zeitpunkt der Berichterstellung gültigen Anforderungen des BEG-Förderprogramms „Einzelmaßnahmen für Nichtwohngebäude“. Werden alle Maßnahmen umgesetzt erreicht das Gebäude den Effizienzhausstandard 55.

Für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer Energiesparmaßnahme werden allein die energetisch bedingten Investitionskosten herangezogen. Darin sind weder übliche Bauunterhaltskosten wie Maler- oder Spenglerarbeiten noch allgemeine Kosten einer Sanierung für z.B. Gerüste, Baustelleneinrichtung, Planungshonorare noch diejenigen Kosten ohnehin fälliger Sanierungen enthalten, die nicht zur energetischen Verbesserung beitragen wie Abbruch und Entsorgung oder eine Kaminsanierung. Die vollständige Kostenermittlung ist eine Planungsleistung im Rahmen der Sanierung.

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung erfolgt über eine Kosten-Nutzen-Analyse. Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen. Die Kosten-Nutzen-Analyse dient vor allem als Vergleichsmaßstab der Energiesparmaßnahmen untereinander. Sie beinhaltet keine Prognose der Kostenentwicklungen in der Zukunft.

Als heutige Energiekosten wurden, angesetzt:

	Arbeitspreis Cent/kWh	Arbeitspreis Cent/Einheit	Grundpreis Euro/Jahr	Lagerver- zinsung**
Erdgas E	14,00	145,9	182	
Holzpellets	8,00	39,2		2,5%
Strom	32,00	32,0	50	

Alle Kosten verstehen sich brutto.

\*\* aufgrund der notwendigen Brennstofflagerung liegt zwischen dem Einkauf und dem Verbrauch ein Zeitraum, in dem die Zinsverluste durch die Vorfinanzierung mit dem obigen Zinssatz berücksichtigt werden.

Die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme sollte allerdings nicht allein den Ausschlag zur Entscheidung für oder gegen eine Maßnahme geben. Die untersuchten Energiesparmaßnahmen sind mit vielfachem **Zusatznutzen** verbunden. Genannt seien insbesondere der steigende Wohnkomfort, die Wertsicherung des Gebäudes, geringere Abhängigkeit von zukünftigen Energiepreiserhöhungen sowie Aspekte der Ästhetik und des sozialen Umfeldes. Bei allen Entscheidungen zur Sanierung des Gebäudes sollten immer auch die größere **Behaglichkeit** z. B. durch höhere Wand- und Fußbodentemperaturen oder geringere Zugeneffekte durch die neuen Fenster, Türen, Rollladenkästen und Dämmmaßnahmen im Dachbereich berücksichtigt werden. Da die zukünftigen Energiekostensteigerungen kaum einschätzbar sind, führen Investitionen in

Energiesparmaßnahmen auch zu deutlich höherer **Kostensicherheit**. Die Folgekosten (Energiekosten) von heute nicht getätigten Investitionen in Energieeinsparung sind nicht kalkulierbar.

### 3.1 Beschreibung der einzelnen Sanierungsschritte mit Wirtschaftlichkeitsberechnung

#### Variante 1: Fenstertausch und Fassadedämmung mit tausch der Eingangstüre

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

#### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 1 -

**Fenster:** Tausch der Fenster

**Außenwände:** Dämmung 16 cm WLS 035  
Tausch der Außentüre

#### Bestehende U-Werte und U-Wert-Anforderungen bei Sanierung

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach	0,6	0,24	0,14
Außenwand	0,20	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	1,1	0,30	0,25
Bodenplatte EG	0,3	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,0	0,50	0,35
Fenster Nordseite	0,95	1,3	0,95
Restliche Fenster	0,95	1,3	0,95
Außenwand Ost/West	0,20	0,24	2,0
Außentüre	1,3	1,8	1,3

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

Die Fassade der Turnhalle soll gedämmt werden. Selbst wenn ein Gebäude "nur" neu verputzt wird, ist laut GEG eine Dämmung anzubringen. Hier ist zu empfehlen einen kleinen Mehraufwand zu den gesetzlichen Mindestanforderungen zu erbringen und die Mindestanforderungen nach BEG einzuhalten. Ein Wärmedämmverbundsystem ist bei diesem Gebäude die beste Maßnahme.

Mit aktuellen Annahmen sind folgende Varianten möglich:

V1: Wärmedämmverbundsystem als Polystyrol-Partikelschaum ausführen

V2: Wärmedämmverbundsystem als Holzfaserdämmung ausführen

V3: Wärmedämmverbundsystem als Mineralfaserdämmung ausführen

In diesem Zug bietet es sich an auch die Fenster und die Außentüren zu erneuern. Um die Anschlusspunkte möglichst sauber und wärmebrückenfrei zu gewährleisten.

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten der an Außenluft grenzenden Außenwand: U-Wert = 0,20 W/m<sup>2</sup>K

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten der Außentür: Ud-Wert = 1,30 W/m<sup>2</sup>K

#### **Das bringt es:**

Dämmmaßnahmen bewirken gleichmäßig warme Räume. Dadurch wird die Behaglichkeit erhöht.

Reduzierung des Heizenergieverbrauchs.

#### **Hinweise:**

Sämtliche Wärmebrücken sind nach DIN 4108 Bbl. 2 auszuführen. Durch die Dämmung sind Heizkreise und Regelung erneut an das Gebäude anzupassen. Das Lüftungsverhalten muss angepasst werden, da die Gebäudehülle dichter ist als vor der Sanierung.

Die bestehenden Fenster haben in den nächsten Jahren die übliche Nutzungsdauer erreicht und sollten gegen neue 3-fach verglaste Fenster getauscht werden, da es an den Anschlüssen zur Außenwand Wärmeverluste und Zugerscheinungen gibt. Die Umsetzung dieser Sanierungsmaßnahme bietet sich in einem Zug mit der Fassadendämmung an.

#### **Fensterfalzlüfter**

Da durch die Sanierungsmaßnahme die Gebäudehülle dichter wird, empfiehlt es sich Fensterfalzlüfter im Fensterrahmen zu integrieren, falls keine Lüftungsanlage geplant ist. Die Fensterfalzlüfter garantieren den nutzerunabhängigen Mindestluftwechsel zur Vermeidung von Schimmel- und Feuchtigkeitsproblemen.

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten Fenster: Uw-Wert = 0,95 W/m<sup>2</sup>K

#### **Das bringt es:**

Der Austausch der Fenster bewirkt gleichmäßig warme Räume und verhindern Zugerscheinungen. Dadurch wird die Behaglichkeit erhöht.

Durch den Einbau von Fenstern mit niedrigem g-Wert und / oder zusätzlichem Sonnenschutz verbessert sich der sommerliche Wärmeschutz des Gebäudes.

**Hinweise:**

Beim Austausch der Fenster muss darauf geachtet werden, dass die U-Werte der Wände besser sind als die Uw-Werte der Fenster nach Einbau.

Die Einbauebene der Fenster und der Tür wird an die Außenkante des Mauerwerks verlegt.

Die Abdichtung der Anschlussfuge erfolgt in Anlehnung an die RAL-Richtlinie. Sämtliche Wärmebrücken sind nach DIN 4108 Bbl. 2 auszuführen. Nach der Sanierung sollte das Lüftungsverhalten angepasst oder eine andere Lüftungstechnische Maßnahme ergriffen werden, da der Luftwechselluftaustausch geringer sein wird.

**Fördermittel:**

Mit diesem Zielwert wären nach aktuellen Richtlinien BAFA-Fördergelder möglich. Möglicher Fördersatz: 15 %

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit 50 % gefördert.

**Kostenschätzung**

Gesamtinvestitionskosten: 392.725 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten): 321.951 EUR

Umsetzungszeitraum: 2030

**Lüftungskonzept:**

Bei Durchführung dieser Sanierungsmaßnahme ist die Erstellung eines Lüftungskonzepts erforderlich. Das Ziel des Lüftungskonzepts ist es, einen ausreichenden Mindestluftwechsel zum Feuchtschutz sicherzustellen.



## Anlagentechnik - Variante 1 -

### Heizung:

Bereich	Heizwärme-Erzeugung 1 über Heizungsanlage der Schule
Erzeugung	- Brennwert-Kessel von 2009 Energieträger: Erdgas E - BHKW Energieträger: Erdgas E Der TWW-Kreis 'Warmwasser-Erzeugung 1' wird mitversorgt.
Pufferspeicher	- Speicher 1 von 2004 Speicher-Nenninhalt 1558,58 l Lage: in keiner Zone - im Unbeheizten
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 70/55 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler'
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 35/28 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'Sporthalle' mit 100 % Übergabekomponente: 'Flächenheizung (bauteilintegriert)'
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 65/55 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'Sanitär und Umkleideräume' mit 100 % Übergabekomponente: 'Luftheizung (Lüftungsanlage)' Regelung: 'P-Regler'

Die Heizung ist in einem guten Gesamtzustand. Die Verteilleitungen der Heizung im Keller sind gut gedämmt.

**Warmwasser:**

Bereich	Warmwasser-Erzeugung
Erzeugung	- Brennwert-Kessel aus dem Heizkreis von 2009 - Nennleistung Energieträger: Erdgas E + das Blockheizkraftwerk
Verteilung	- Verteilung 1 (DHWKreis 1) zentral mit Zirkulation' Umwälzpumpe ungerregelt
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden' mit 100 %

**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** keine Maßnahmen

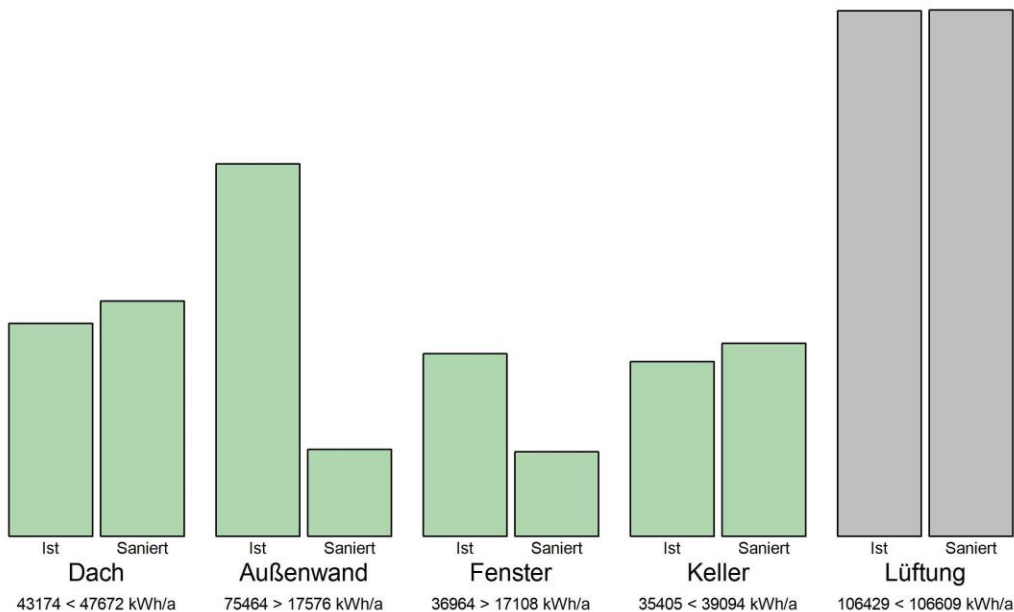
**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage**

keine Maßnahmen

## Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **25 %**.

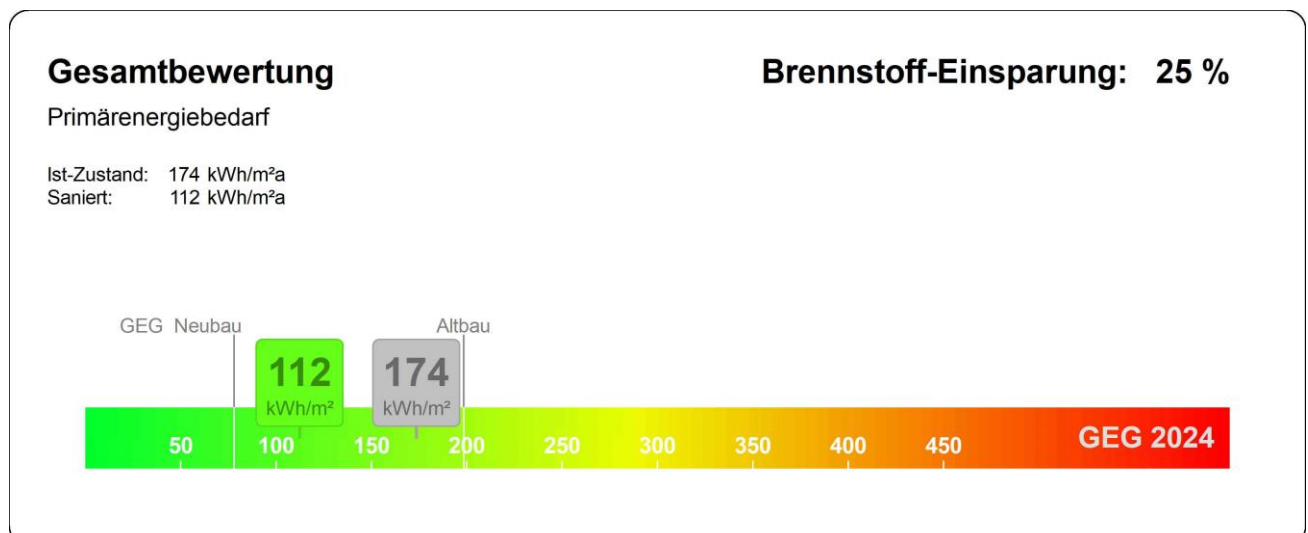
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 346.398 kWh/Jahr reduziert sich auf 260.556 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 85.842 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 18.938 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **112 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	392.725 EUR
Gesamtinvestitionen (abzüglich Förderung)	:	333.816 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	219.557 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>114.259 EUR</b>
--	----------	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	7.862 EUR/Jahr	235.860 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 62.171 EUR/Jahr	+ 1.865.130 EUR
	<u>70.033 EUR/Jahr</u>	<u>2.100.990 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	78.523 EUR/Jahr	2.355.690 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>8.490 EUR/Jahr</b>	<b>254.700 EUR</b>

Die Amortisationsdauer beträgt 20 Jahre.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	47.132 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	36.092 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	7,51 %

## Variante 2: Dachsanierung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 2 -

- Fenster:** Tausch der Fenster
- Außenwände:** Dämmung 16 cm WLS 035  
Tausch der Außentüre
- Dach / oberste Decke:** Dachsanierung

#### Bestehende U-Werte und U-Wert-Anforderungen bei Sanierung

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach	0,14	0,24	0,14
Außenwand	0,20	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	1,1	0,30	0,25
Bodenplatte EG	0,3	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,0	0,50	0,35
Fenster Nordseite	0,95	1,3	0,95
Restliche Fenster	0,95	1,3	0,95
Außenwand Ost/West	0,20	0,24	2,0
Außentüre	1,3	1,8	1,3

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

Erneuerung und Ertüchtigung der Dämmung des Pultdachs. Diese Maßnahme bietet sich an, sobald das Dach seine übliche Nutzungsdauer erreicht hat und erneuert, werden muss.

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten des Dachs: U-Wert = 0,14 W/m<sup>2</sup>K

#### Das bringt es:

- Eine vernünftige Dachdämmung sorgt für deutlich niedrigere Energiekosten, weil der Wärme- und Kälteeintrag über die Dachflächen deutlich reduziert wird.
- Die Wärmedämmung der Dachflächen bedeutet sommerlichen Hitzeschutz und winterlichen Wärmeschutz. Das erhöht den Wohnkomfort im Dachgeschoß deutlich.

**Hinweise:**

Der Dachüberstand kann vergrößert werden, um bei einer Dämmung der Außenwände gut anschließen zu können.

Die Anschlüsse der luftdichten Ebene an die Außenwand sind so zu planen, dass sie auch bei der späteren Außenwanddämmung lückenlos übergehen.

Durch die Dämmung sind Heizkreise und Regelung erneut an das Gebäude anzupassen.

Nach der Sanierung sollte das Lüftungsverhalten angepasst werden, da der Luftwechselluftaustausch geringer sein wird.

Im Zug der Dachsanierung bietet es sich an, eine Photovoltaikanlage auf dem Dach zu installieren.

**Fördermittel:**

Mit diesem Zielwert wären nach aktuellen Richtlinien BAFA-Fördergelder möglich.  
Möglicher Fördersatz: 15 %

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit 50 % gefördert.

Für PV-Anlagen gilt dieser Fördersatz nicht, weil PV-Anlagen rein über die Einspeisevergütung gefördert werden.

Gesamtinvestitionskosten: 307.164 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten): 158.768 EUR

Umsetzungszeitraum: 2035

**Lüftungskonzept:**

Bei Durchführung dieser Sanierungsmaßnahme ist die Erstellung eines Lüftungskonzepts erforderlich. Das Ziel des Lüftungskonzepts ist es, einen ausreichenden Mindestluftwechsel zum Feuchtschutz sicherzustellen.

**Anlagentechnik - Variante 2 -****Heizung:**

Bereich	Heizwärme-Erzeugung 1 über Heizungsanlage der Schule
Erzeugung	- Brennwert-Kessel von 2009 Energieträger: Erdgas E - BHKW Energieträger: Erdgas E Der TWW-Kreis 'Warmwasser-Erzeugung 1' wird mitversorgt.
Pufferspeicher	- Speicher 1 von 2004 Speicher-Nenninhalt 1558,58 l Lage: in keiner Zone - im Unbeheizten
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 70/55 °C

Übergabe	Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel - Übergabe 1 Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler'
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 35/28 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'Sporthalle' mit 100 % Übergabekomponente: 'Flächenheizung (bauteilintegriert)'
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 65/55 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'Sanitär und Umkleieräume' mit 100 % Übergabekomponente: 'Luftheizung (Lüftungsanlage)' Regelung: 'P-Regler'

Die Heizung ist in einem guten Gesamtzustand. Die Verteilleitungen der Heizung im Keller sind gut gedämmt.

#### **Warmwasser:**

Bereich	Warmwasser-Erzeugung
Erzeugung	- Brennwert-Kessel aus dem Heizkreis von 2009 - Nennleistung Energieträger: Erdgas E + das Blockheizkraftwerk
Verteilung	- Verteilung 1 (DHWKkreis 1) zentral mit Zirkulation' Umwälzpumpe ungeregelt
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden' mit 100 %

### **Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** keine Maßnahmen

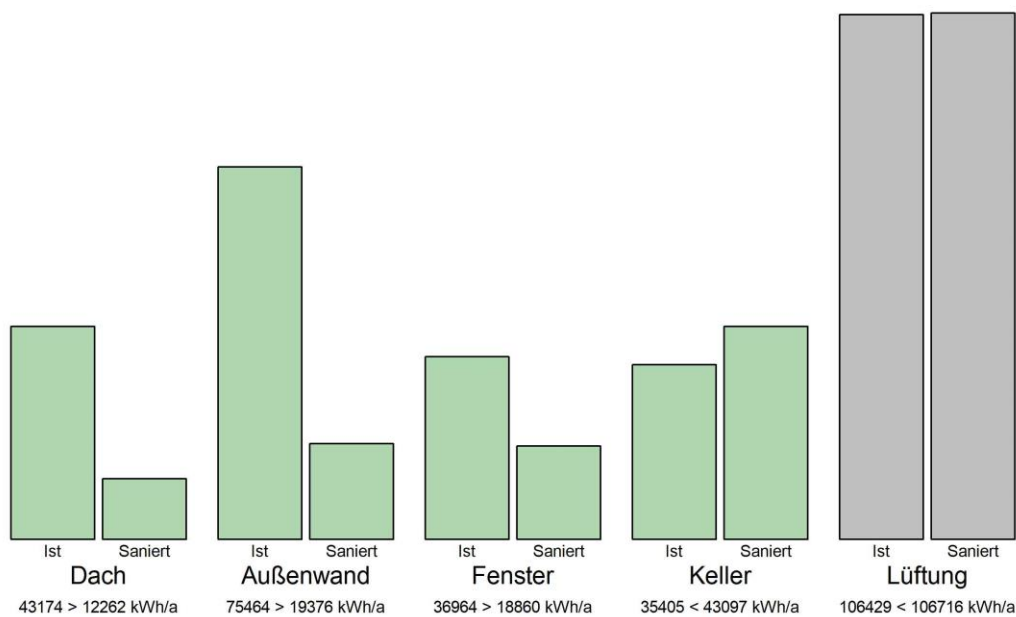
## Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage

keine Maßnahmen

### Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **34 %**.

Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

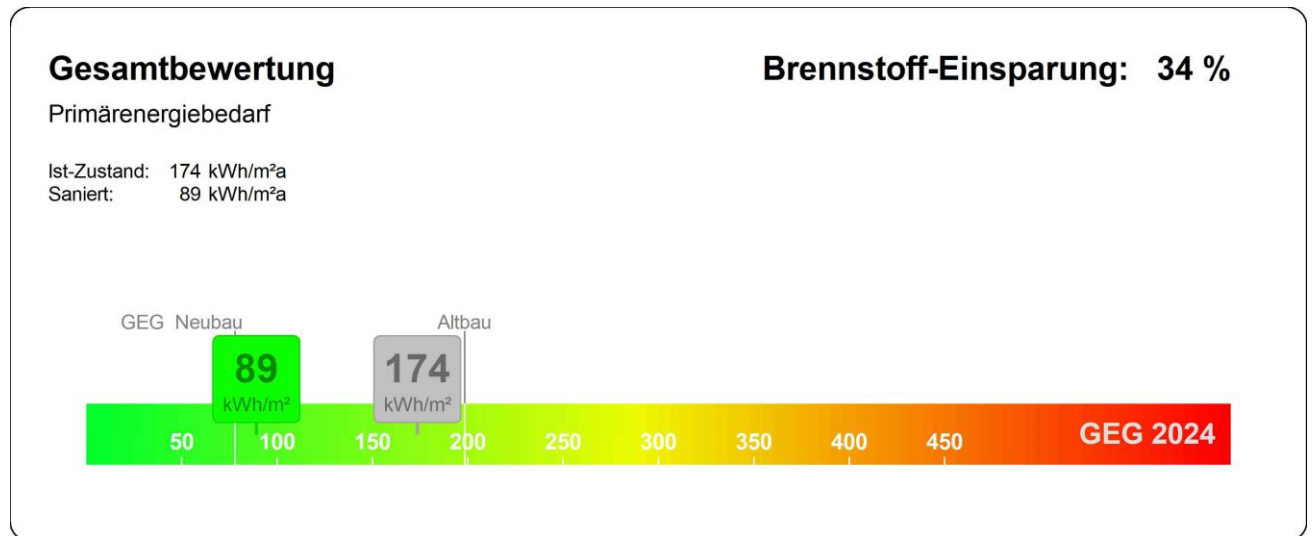


Der derzeitige Endenergiebedarf von 346.398 kWh/Jahr reduziert sich auf 228.922 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 117.476 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 25.897 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.



Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **89 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	699.889 EUR
Gesamtinvestitionen (abzüglich Förderung)	:	594.906 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	360.752 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	:	<b>234.154 EUR</b>
--	---	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	16.111 EUR/Jahr	483.330 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 57.555 EUR/Jahr	+ 1.726.650 EUR
	<u>73.666 EUR/Jahr</u>	<u>2.209.980 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	78.523 EUR/Jahr	2.355.690 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>4.857 EUR/Jahr</b>	<b>145.710 EUR</b>

Die Amortisationsdauer beträgt 22 Jahre.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	47.132 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	32.035 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	6,31 %

## Variante 3: Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 3 -

- Fenster:** Tausch der Fenster
- Außenwände:** Dämmung 16 cm WLS 035  
Tausch der Außentüre
- Dach / oberste Decke:** Dachsanierung

#### Bestehende U-Werte und U-Wert-Anforderungen bei Sanierung

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach	0,14	0,24	0,14
Außenwand	0,20	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	1,1	0,30	0,25
Bodenplatte EG	0,3	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,0	0,50	0,35
Fenster Nordseite	0,95	1,3	0,95
Restliche Fenster	0,95	1,3	0,95
Außenwand Ost/West	0,20	0,24	2,0
Außentüre	1,3	1,8	1,3

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

### Anlagentechnik - Variante 3 -

- Heizung:**
- Bereich Heizwärme-Erzeugung 1 über Heizungsanlage der Schule
- Erzeugung - Brennwert-Kessel von 2009  
Energieträger: Erdgas E
- BHKW  
Energieträger: Erdgas E
- Der TWW-Kreis 'Warmwasser-Erzeugung 1' wird mitversorgt.

Pufferspeicher	- Speicher 1 von 2004 Speicher-Nenninhalt 1558,58 l Lage: in keiner Zone - im Unbeheizten
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 70/55 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler'
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 35/28 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'Sporthalle' mit 100 % Übergabekomponente: 'Flächenheizung (bauteilintegriert)'
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 65/55 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'Sanitär und Umkleideräume' mit 100 % Übergabekomponente: 'Luftheizung (Lüftungsanlage)' Regelung: 'P-Regler'

Die Heizung ist in einem guten Gesamtzustand. Die Verteilleitungen der Heizung im Keller sind gut gedämmt.

#### **Warmwasser:**

Bereich	Warmwasser-Erzeugung
Erzeugung	- Brennwert-Kessel aus dem Heizkreis von 2009 - Nennleistung Energieträger: Erdgas E + das Blockheizkraftwerk
Verteilung	- Verteilung 1 (DHWKkreis 1) zentral mit Zirkulation' Umwälzpumpe ungeregelt
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden' mit 100 %

**Lüftung:** Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung in allen Zonen

Es soll eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung installiert werden, um den Luftwechsel und den Feuchtschutz zu gewährleisten. Hierzu muss ein Lüftungsrohrnetz im gesamten Gebäude installiert werden.

**Das bringt es:**

- Sicherstellung des Mindestluftwechsels
- Minimierung der Lüftungswärmeverluste
- Lüftung zum Feuchteschutz

**Fördermittel:**

Über die BEG-Einzelmaßnahmen werden Lüftungsanlagen mit 15% gefördert

Möglicher Fördersatz: 15 %

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit 50 % gefördert.

Gesamtinvestitionskosten: 78.000 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten): 20.000 EUR

Umsetzungszeitraum: 2035

**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** Lüftungsanlage mit WRG

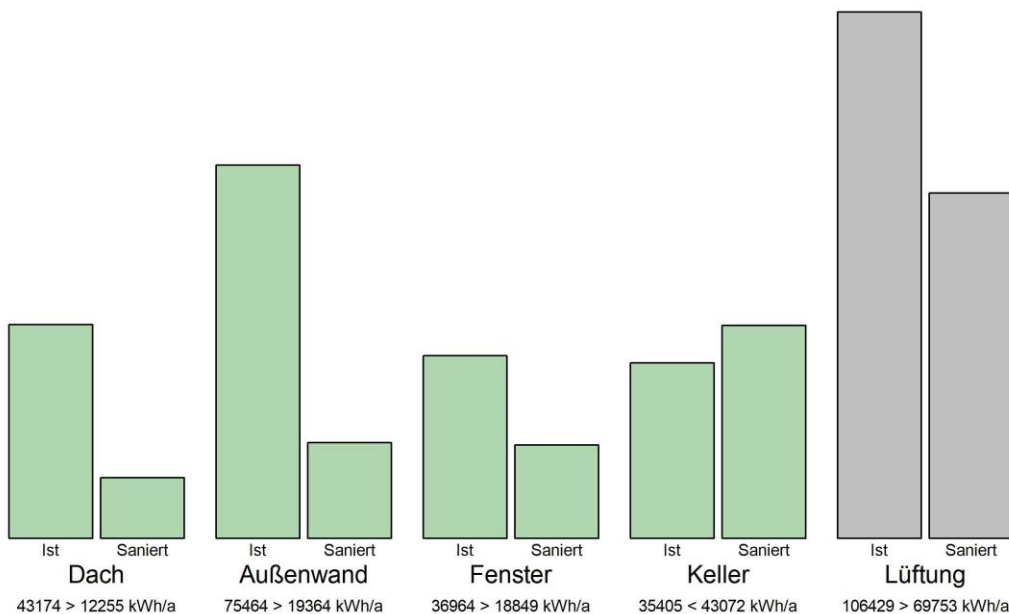
**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage**

keine Maßnahmen

## Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **44 %**.

Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 346.398 kWh/Jahr reduziert sich auf 193.183 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 153.214 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 29.774 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

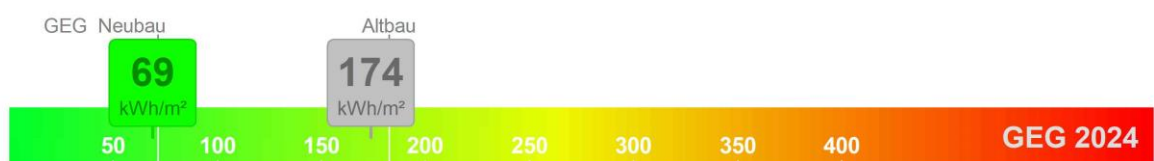
Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **69 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.

### Gesamtbewertung

**Brennstoff-Einsparung: 44 %**

Primärenergiebedarf

Ist-Zustand: 174 kWh/m<sup>2</sup>a  
Saniert: 69 kWh/m<sup>2</sup>a



**Effizienzgebäude-Stufen**

Ergebnis			Anforderungen NWG					
			GEG		BEG-Effizienzhaus			
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH 70	Denkmal
Primärenergiebedarf $Q_{p}$	kWh/m <sup>2</sup> a	68,9	☑ 182,4	130,3	☐ 52,1	☑ 71,7	☑ 91,2	☑ 208,5
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,26	☑ 0,56		☐ 0,18	☐ 0,22	☑ 0,26	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,95	☑ 2,66		☑ 1,00	☑ 1,20	☑ 1,40	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m <sup>2</sup> K	1,3	☑ 4,3		☑ 1,6	☑ 2,0	☑ 2,4	

**EE-Klasse**

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
Wärme- und Kälterückgewinnung	52837	24,4

- ☐ Anforderung EE-Klasse nicht erfüllt (mindestens 65 % Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien).

Summe Deckungsgrad: 24,4%

- ☐ EE-Klasse Zusatzanforderungen

## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	777.889 EUR
Gesamtinvestitionen (abzüglich Förderung)	:	661.206 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	413.498 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>247.708 EUR</b>
--	----------	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	17.044 EUR/Jahr	511.320 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 64.970 EUR/Jahr	+ 1.949.100 EUR
	<u>82.014 EUR/Jahr</u>	<u>2.460.420 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	78.523 EUR/Jahr	2.355.690 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>-3.491 EUR/Jahr</b>	<b>-104.730 EUR</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	47.132 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	29.699 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	4,76 %



## Variante 4: Heizung V1: Wärmepumpe mit Frischwasserstation

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 4 -

- Fenster:** Tausch der Fenster
- Außenwände:** Dämmung 16 cm WLS 035  
Tausch der Außentüre
- Dach / oberste Decke:** Dachsanierung

#### Bestehende U-Werte und U-Wert-Anforderungen bei Sanierung

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach	0,14	0,24	0,14
Außenwand	0,20	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	1,1	0,30	0,25
Bodenplatte EG	0,3	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,0	0,50	0,35
Fenster Nordseite	0,95	1,3	0,95
Restliche Fenster	0,95	1,3	0,95
Außenwand Ost/West	0,20	0,24	2,0
Außentüre	1,3	1,8	1,3

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

### Anlagentechnik - Variante 4 -

#### Heizung:

- Bereich Erzeugung:** Heizwärme-Erzeugung 1  
- Luft-Wasser-Wärmepumpe  
'elektrisch angetrieben'  
Energieträger: Strom-Mix
- Pufferspeicher:** - Speicher  
Speicher-Nenninhalt 1261,68 l

Verteilung	Lage: in keiner Zone - im Unbeheizten - Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 55/45 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler'
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 35/28 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'Sporthalle' mit 100 % Übergabekomponente: 'Flächenheizung (bauteilintegriert)'
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 55/45 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'Sanitär und Umkleideräume' mit 100 % Übergabekomponente: 'Luftheizung (Lüftungsanlage)' Regelung: 'P-Regler'

#### **Warmwasser:**

Bereich Erzeugung	Warmwasser-Erzeugung 1 Frischwasserstation - Nennleistung 90,00 kW Energieträger: Strom-Mix
Verteilung	- Verteilung 1 (DHWKreis 1) dezentral ohne Zirkulation'
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden' mit 100 %

**Photovoltaik:** PV-Anlage 21,84 kWp

## **Heizungstausch (Luft/Wasser-Wärmepumpe mit PV-Anlage)**

### **Heizung/ Warmwassererzeugung**

Dezentralisierung der Heizungsanlage. Die aktuelle Heizung soll gegen eine Luft / Wasser – Wärmepumpe getauscht werden. Installation eines Pufferspeichers mit

Frischwasserstation zur Warmwassererzeugung. Die Übergabe der Wärme erfolgt weiterhin über die bestehenden Heizkörper, ggf. müssen einzelne unterdimensionierte Heizkörper getauscht werden, damit das Heizungssystem effizient mit einer Vorlauftemperatur von max. 55 °C betrieben werden kann. Anschlüsse sowie Regelungstechnik für die Einbindung von einer PV-Anlage vorsehen.

In diesem Zug bietet es sich an, eine Photovoltaikanlage auf dem Dach zu installieren, um den Strombedarf der Wärmepumpe anteilig über die PV-Anlage decken zu können. Dadurch wird der Anteil regenerativer Energien an der Wärmeerzeugung gesteigert.

**Damit in Verbindung stehende Maßnahmen:**

- Hydraulischer Abgleich des Heizkreises
- Dämmung der Rohrleitungen in unbeheizten Bereichen
- Einbau leistungsgeregelter Pumpen

**Das bringt es:**

- Reduzierung des Energieverbrauchs
- Bessere Regelung der Raumtemperatur
- Regenerative Wärmequelle
- Photovoltaikanlagen wandeln Sonnenstrahlung in umweltfreundlichen Strom um

**Hinweise:**

Werden Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle umgesetzt, verringert sich die Gebäudeheizlast und somit auch Größe und Investitionskosten des Wärmeerzeugers.

Wenn der Brauchwasserspeicher ausgetauscht wird, ist ein Pufferspeicher mit Frischwasserstation zum Legionellen Schutz zu installieren.

Photovoltaikanlagen sollten individuell geplant werden. Der Ertrag wird maßgeblich durch die Ausrichtung und Neigung sowie die Art der Kollektoren auf dem Dach bestimmt.

**Fördermittel:**

Mit dieser Anlagentechnik wären nach aktuellen Richtlinien BAFA-Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: 30 % (eventuell gibt es zusätzlich 20 %

Klimageschwindigkeitsbonus + 5 % bei Einsatz eines natürlichen Kältemittels)

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit demselben Fördersatz wie die Heizung gefördert.

Für PV-Anlagen gilt dieser Fördersatz nicht, weil PV-Anlagen rein über die Einspeisevergütung gefördert werden.

**Kostenschätzung:**

Investitionskosten: 185.000 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten) 110.000 EUR

## **Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

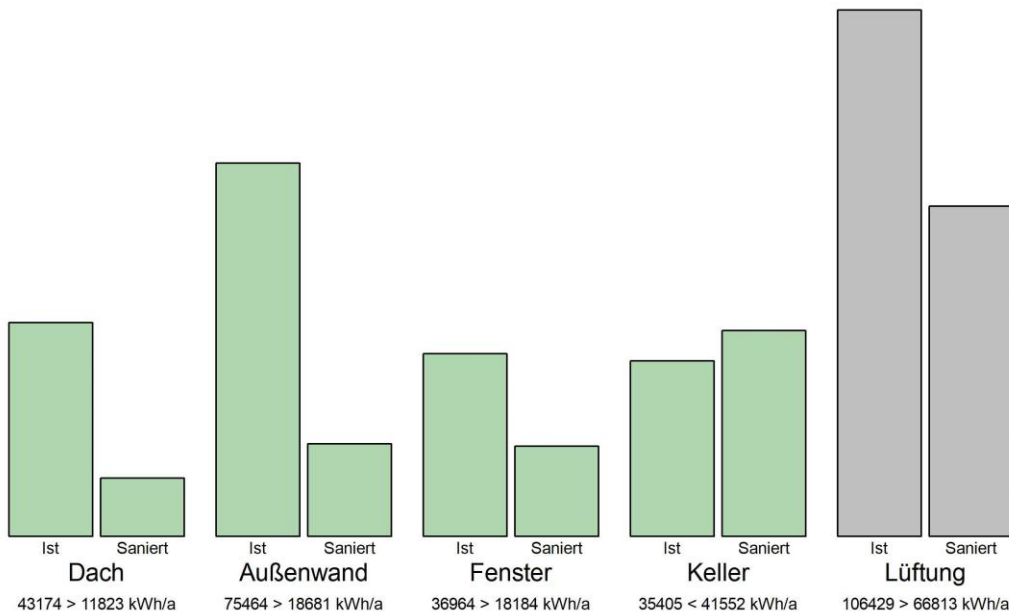
## **Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage**

keine Maßnahmen

## Energieeinsparung - Variante 4 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **82 %**.

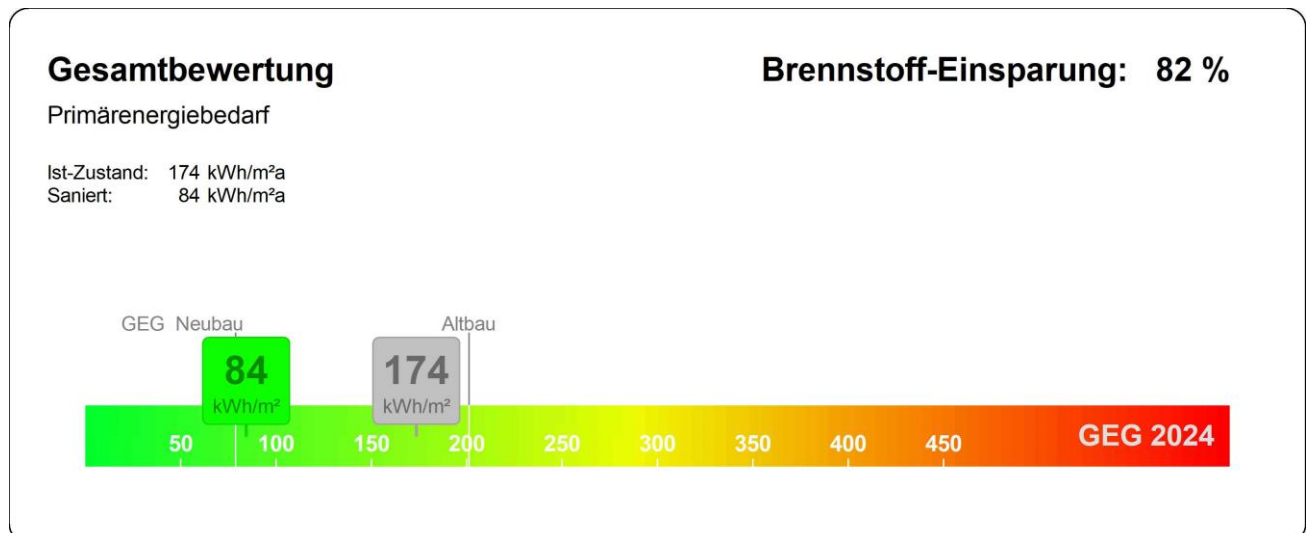
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 346.398 kWh/Jahr reduziert sich auf 62.739 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 283.659 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 45.222 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **84 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



**Effizienzgebäude-Stufen**

Ergebnis			Anforderungen NWG					
			GEG		BEG-Effizienzhaus			
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	Denkmal
Primärenergiebedarf $Q_p$	kWh/m <sup>2</sup> a	84,4	201,0	143,6	57,4	79,0	100,5	229,8
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,26	0,56		0,18	0,22	0,26	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,95	2,66		1,00	1,20	1,40	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m <sup>2</sup> K	1,3	4,3		1,6	2,0	2,4	

**EE-Klasse**

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
PV-Strom	12812	6,8
Wärmepumpen	86074	45,9
Wärme- und Kälterückgewinnung	47376	25,3

Anforderung EE-Klasse erfüllt (mindestens 65 % Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien).

Summe Deckungsgrad: 78,0%

EE-Klasse Zusatzanforderungen

**Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -**

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	962.889 EUR
Gesamtinvestitionen (abzüglich Förderung)	:	805.706 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	416.485 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>389.221 EUR</b>
--	----------	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	26.781 EUR/Jahr	803.430 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 61.351 EUR/Jahr	+ 1.840.530 EUR
	<u>88.132 EUR/Jahr</u>	<u>2.643.960 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	78.523 EUR/Jahr	2.355.690 EUR

<b>Einsparung</b>	<b>-9.609 EUR/Jahr</b>	<b>-288.270 EUR</b>
-------------------	------------------------	---------------------

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	47.132 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	20.127 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	4,38 %

## Variante 5: Heizung V2: Pelletheizung mit Solarthermieanlage

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

- Fenster:** Tausch der Fenster
- Außenwände:** Dämmung 16 cm WLS 035  
Tausch der Außentüre
- Dach / oberste Decke:** Dachsanierung

### Bestehende U-Werte und U-Wert-Anforderungen bei Sanierung

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach	0,14	0,24	0,14
Außenwand	0,20	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	1,1	0,30	0,25
Bodenplatte EG	0,3	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,0	0,50	0,35
Fenster Nordseite	0,95	1,3	0,95
Restliche Fenster	0,95	1,3	0,95
Außenwand Ost/West	0,20	0,24	2,0
Außentüre	1,3	1,8	1,3

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

## Anlagentechnik - Variante 5 -

### Heizung:

- Bereich Erzeugung** Heizwärme-Erzeugung 1  
- Biomasse-Heizkessel - Nennleistung 77,25 kW  
Energieträger: Holzpellets  
- Solare Heizungsunterstützung von 2024  
Energieträger: Sonnen-Energie  
Mitversorgung des TWW-Kreis
- Pufferspeicher** - Speicher 1 von 2025  
Speicher-Nenninhalt 3862,57 l  
Lage: in keiner Zone - im Unbeheizten
- Verteilung** - Verteilung 1 als Zweirohrheizung



	Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 70/55 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler'
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 35/28 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'Sporthalle' mit 100 % Übergabekomponente: 'Flächenheizung (bauteilintegriert)'
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 65/55 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'Sanitär und Umkleieräume' mit 100 % Übergabekomponente: 'Luftheizung (Lüftungsanlage)' Regelung. 'P-Regler'

### **Warmwasser:**

Bereich Erzeugung	Warmwasser-Erzeugung 1 - Biomasse-Heizkessel aus dem Heizkreis - Nennleistung 77,25 kW Energieträger: Holzpellets + die solare Kombianlage "Erzeuger 4" des Heizkreises "Heizwärme-Erzeugung 1"
TWW-Speicher	- Speicher 1 von 2024 Speichertyp 'bivalenter Solarspeicher' Lage: in keiner Zone - im Unbeheizten
Verteilung	- Verteilung 1 (DHWKreis 1) dezentral Übergabe an Zone 'WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden' mit 100 %

## **Heizungstausch Pelletsheizung mit Solarthermieanlage**

### **Heizung und Warmwasser**

Austausch der vorhandenen Heizkessel gegen eine Hybridheizung bestehend aus einem Pelletkessel und einer Solarthermieanlage zur Trinkwarmwasserbereitung und Heizungsunterstützung. Installation eines Pufferspeichers. Die Übergabe der Wärme erfolgt weiterhin über die bestehenden Heizkörper und Übergabesysteme.

**Damit in Verbindung stehende Maßnahmen:**

- Hydraulischer Abgleich des Heizkreises
- Dämmung der Rohrleitungen in unbeheizten Bereichen
- Einbau leistungsgeregelter Pumpen

**Das bringt es:**

- Reduzierung des Energieverbrauchs
- Bessere Regelung der Raumtemperatur
- Regenerative Wärmequelle
- Photovoltaikanlagen wandeln Sonnenstrahlung in umweltfreundlichen Strom um

**Hinweise:**

Werden Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle umgesetzt, verringert sich die Gebäudeheizlast und somit auch Größe und Investitionskosten des Wärmeerzeugers.

Eine hybridfähige Steuerungs- und Regelungstechnik für den künftigen erneuerbaren Anteil des Heizsystems muss installiert werden, sofern in der Steuerung des Heizkessels nicht vorhanden. Wenn der Brauchwasserspeicher ausgetauscht wird, ist ein Pufferspeicher für die künftige Einbindung erneuerbarer Energien zu installieren.

**Fördermittel:**

Mit dieser Anlagentechnik wären nach aktuellen Richtlinien BAFA-Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: 30 % (mögliche Zusatzboni wären: 20%

Klimageschwindigkeitsbonus und ein Emissionsminderungszuschlag von 2.500 €)

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit demselben Fördersatz wie die Heizung gefördert.

**Kostenschätzung**

Investitionskosten: 200.000 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten) 110.000 EUR

**Umsetzungszeitraum:** wenn alte Heizung defekt

**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

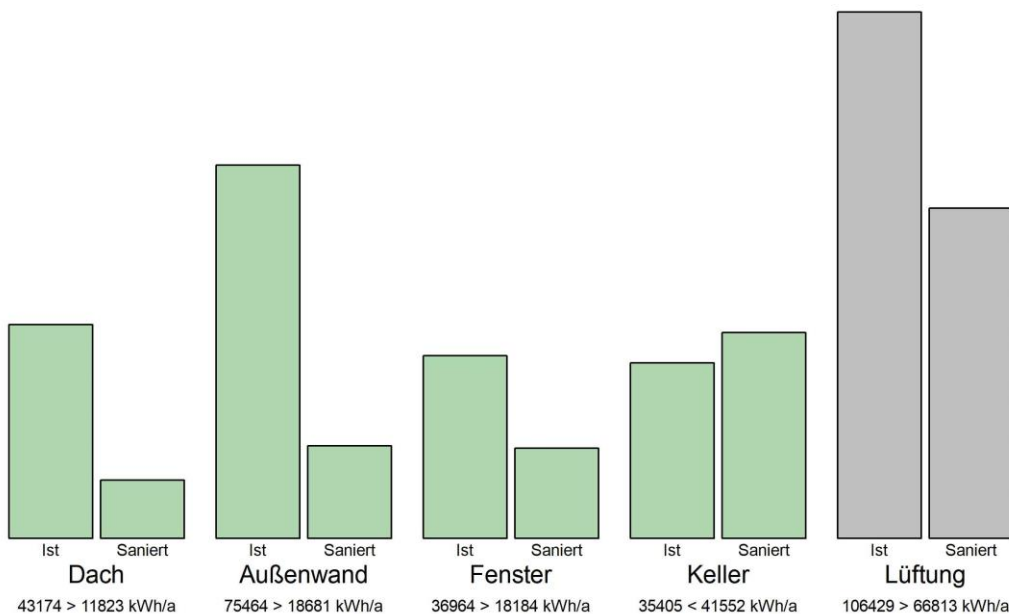
**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage**

keine Maßnahmen

## Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **48 %**.

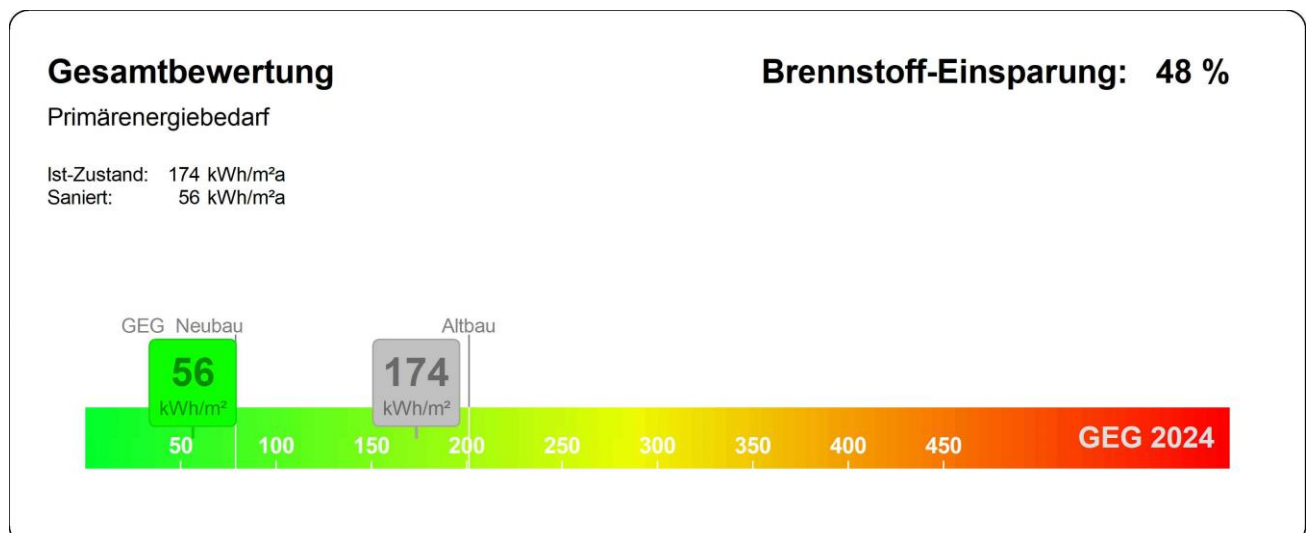
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 346.398 kWh/Jahr reduziert sich auf 180.360 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 166.038 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 62.979 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **56 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



**Effizienzgebäude-Stufen**

Ergebnis			Anforderungen NWG							
			GEG		BEG-Effizienzhaus					
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	Denkmal		
Primärenergiebedarf $Q_p$	kWh/m <sup>2</sup> a	56,3	☑ 201,0	143,6	☑ 57,4	☑ 79,0	☑ 100,5	☑ 229,8		
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,26	☑ 0,56		☐ 0,18	☐ 0,22	☑ 0,26			
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,95	☑ 2,66		☑ 1,00	☑ 1,20	☑ 1,40			
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m <sup>2</sup> K	1,3	☑ 4,3		☑ 1,6	☑ 2,0	☑ 2,4			

**EE-Klasse**

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
Solarthermie	15542	7,7
feste Biomasse	133558	66,6
Wärme- und Kälterückgewinnung	51449	25,7

☑ Anforderung EE-Klasse erfüllt (mindestens 65 % Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien).

Summe Deckungsgrad: 100,0%

☑ EE-Klasse Zusatzanforderungen

## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	977.889 EUR
Gesamtinvestitionen (abzüglich Förderung)	:	801.206 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	75.015 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>726.191 EUR</b>
--	----------	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	49.966 EUR/Jahr	1.498.980 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 72.047 EUR/Jahr	+ 2.161.410 EUR
	<u>122.013 EUR/Jahr</u>	<u>3.660.390 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	78.523 EUR/Jahr	2.355.690 EUR

<b>Einsparung</b>	<b>-43.490 EUR/Jahr</b>	<b>-1.304.700 EUR</b>
-------------------	-------------------------	-----------------------

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	47.132 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	19.878 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	- %

## Variante 6: Untergeschoss

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 6 -

<b>Keller:</b>	Bodenplattendämmung
<b>Fenster:</b>	Tausch der Fenster
<b>Außenwände:</b>	Dämmung 16 cm WLS 035 Kelleraußenwanddämmung Tausch der Außentüre
<b>Dach / oberste Decke:</b>	Dachsanierung

#### Bestehende U-Werte und U-Wert-Anforderungen bei Sanierung

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach	0,14	0,24	0,14
Außenwand	0,20	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	0,25	0,30	0,25
Bodenplatte EG	0,3	0,50	0,25
Bodenplatte UG	0,25	0,50	0,25
Fenster Nordseite	0,95	1,3	0,95
Restliche Fenster	0,95	1,3	0,95
Außenwand Ost/West	0,20	0,24	2,0
Außentüre	1,3	1,8	1,3

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

#### Bodenplatte und Kelleraußenwände

Für die Außenwände, die an Erdreich angrenzen, eignet sich eine Perimeterdämmung von außen oder alternativ ein Innendämmsystem.

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten der Kelleraußenwand (erdberührend): U-Wert = 0,25 W/m<sup>2</sup>K

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten der Kelleraußenwand (luftberührend): U-Wert = 0,20 W/m<sup>2</sup>K

Eine Dämmung der Bodenplatte von oben bietet sich an, wenn eine Erneuerung des Fußbodenbelags ansteht.

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten der Bodenplatte bei Erneuerung des bestehenden Fußbodenaufbaus: U-Wert = 0,25 W/m<sup>2</sup>K

**Das bringt es:**

Die Dämmmaßnahme bewirkt eine Energieeinsparung, da durch die Dämmung verhindert wird, dass das Gebäude von unten auskühlt.

**Hinweise:**

Es muss darauf geachtet werden, dass die Dämmplatten dicht aneinanderstoßen, damit eine einheitliche Dämmschicht ohne Wärmebrücken entsteht. Darüber hinaus müssen die Randbereiche in Bezug auf die entstehenden Wärmebrücken im Detail angeschaut und ggf. Wärmebrücken berechnet und ausgewertet werden.

Bei an Erdreich grenzenden Wänden mit Innendämmung ist eine hygrothermische Bauteilsimulation empfehlenswert.

Dies ist wichtig, um Schäden durch Tauwasserbildungen zu vermeiden.

**Fördermittel:**

Mit diesem Zielwert wären nach aktuellen Richtlinien BAFA - Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: 15 %

Zusätzlich werden die Kosten für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit 50 % gefördert.

Gesamtinvestitionskosten: 83.000 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten): 65.000 EUR

Umsetzungszeitraum: nur bei dringendem Bedarf, da wirtschaftlich und technisch sehr hoher Aufwand

**Lüftungskonzept:**

Bei Durchführung dieser Sanierungsmaßnahme ist die Erstellung eines Lüftungskonzepts erforderlich. Das Ziel des Lüftungskonzepts ist es, einen ausreichenden Mindestluftwechsel zum Feuchtschutz sicherzustellen.



## Anlagentechnik - Variante 6 -

### Heizung:

Bereich Erzeugung	Heizwärme-Erzeugung 1 - Luft-Wasser-Wärmepumpe 'elektrisch angetrieben' Energieträger: Strom-Mix
Pufferspeicher	- Speicher Speicher-Nenninhalt 1261,68 l Lage: in keiner Zone - im Unbeheizten
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 55/45 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler'
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 35/28 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'Sporthalle' mit 100 % Übergabekomponente: 'Flächenheizung (bauteilintegriert)'
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Verteilnetztyp 'Etagenring' in der Gebäudeart 'Gruppe 1' hydraulischer Abgleich Heizkreisauslegung 55/45 °C Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'Sanitär und Umkleieräume' mit 100 % Übergabekomponente: 'Luftheizung (Lüftungsanlage)' Regelung: 'P-Regler'

### Warmwasser:

Bereich Erzeugung	Warmwasser-Erzeugung 1 Frischwasserstation - Nennleistung 90,00 kW Energieträger: Strom-Mix
Verteilung	- Verteilung 1 (DHWKreis 1) dezentral ohne Zirkulation'
Übergabe	- Übergabe 1 Übergabe an Zone 'WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden' mit

100 %

Photovoltaik: PV-Anlage

### **Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

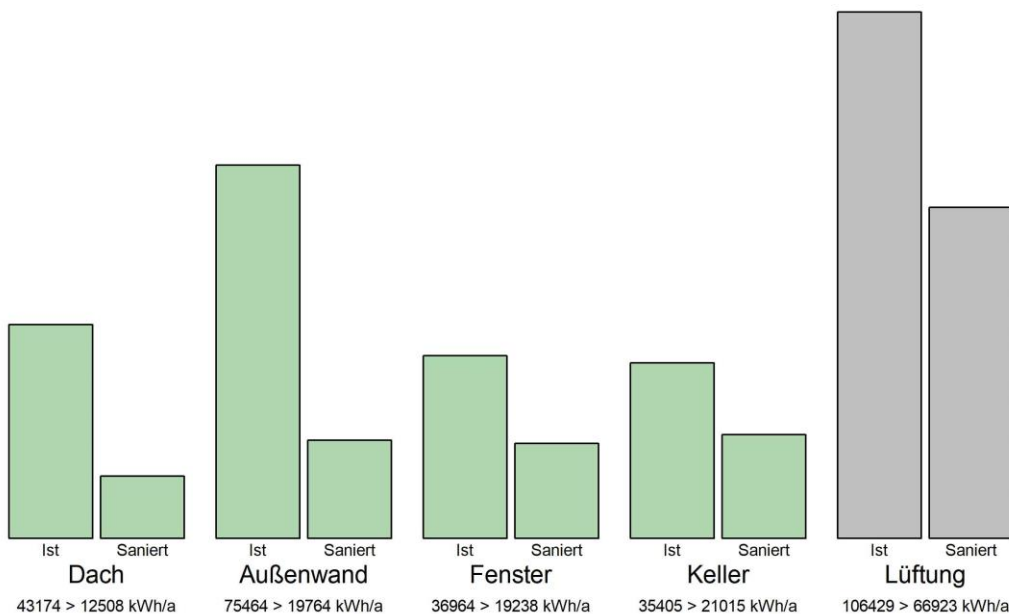
### **Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage**

keine Maßnahmen

## Energieeinsparung - Variante 6 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **83 %**.

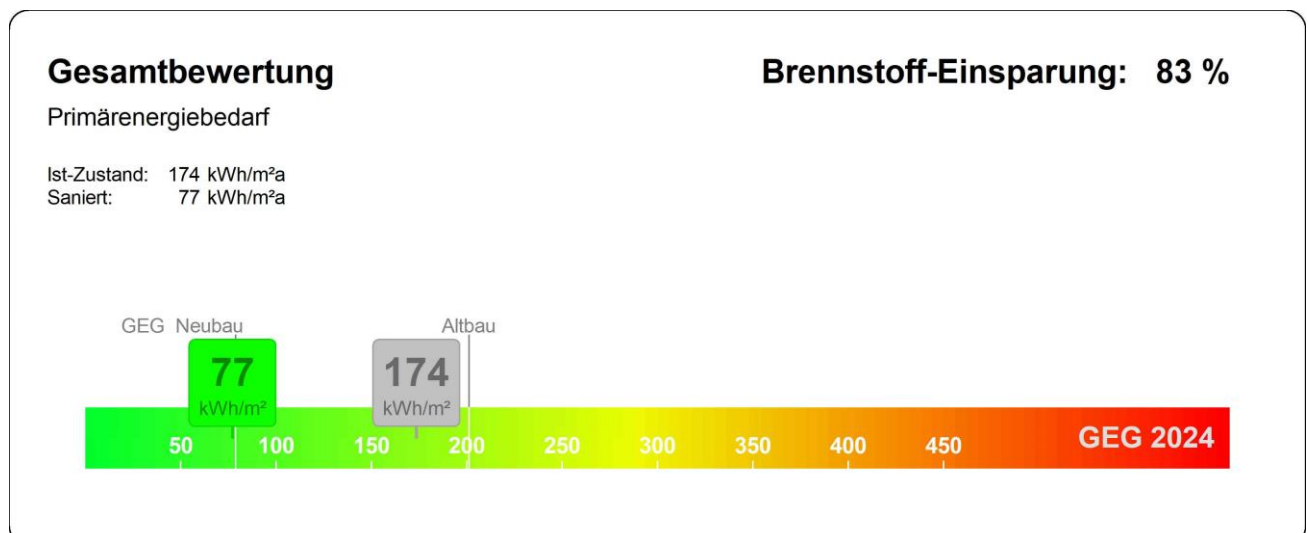
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 346.398 kWh/Jahr reduziert sich auf 57.336 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 289.062 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 48.248 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **77 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



**Effizienzgebäude-Stufen**

Ergebnis			Anforderungen NWG					
			GEG		BEG-Effizienzhaus			
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	Denkmal
Primärenergiebedarf $Q_p$	kWh/m <sup>2</sup> a	77,2	☑ 201,0	143,6	☐ 57,4	☑ 79,0	☑ 100,5	☑ 229,8
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,16	☑ 0,56		☑ 0,18	☑ 0,22	☑ 0,26	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,95	☑ 2,66		☑ 1,00	☑ 1,20	☑ 1,40	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m <sup>2</sup> K	1,3	☑ 4,3		☑ 1,6	☑ 2,0	☑ 2,4	

**EE-Klasse**

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
PV-Strom	12500	7,3
Wärmepumpen	74612	43,8
Wärme- und Kälterückgewinnung	46972	27,6

- ☑ Anforderung EE-Klasse erfüllt (mindestens 65 % Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien).

Summe Deckungsgrad: 78,7%

- ☑ EE-Klasse Zusatzanforderungen

## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	1.045.889 EUR
Gesamtinvestitionen (abzüglich Förderung)	:	871.756 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	460.812 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>410.944 EUR</b>
--	----------	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	28.275 EUR/Jahr	848.250 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 31.342 EUR/Jahr	+ 940.260 EUR
	59.617 EUR/Jahr	1.788.510 EUR
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	78.523 EUR/Jahr	2.355.690 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>18.906 EUR/Jahr</b>	<b>567.180 EUR</b>

Die Amortisationsdauer beträgt 20 Jahre.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	47.132 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	18.397 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	7,30 %

## A.1 Glossar

Im Folgenden werden die einzelnen Fachbegriffe erläutert:

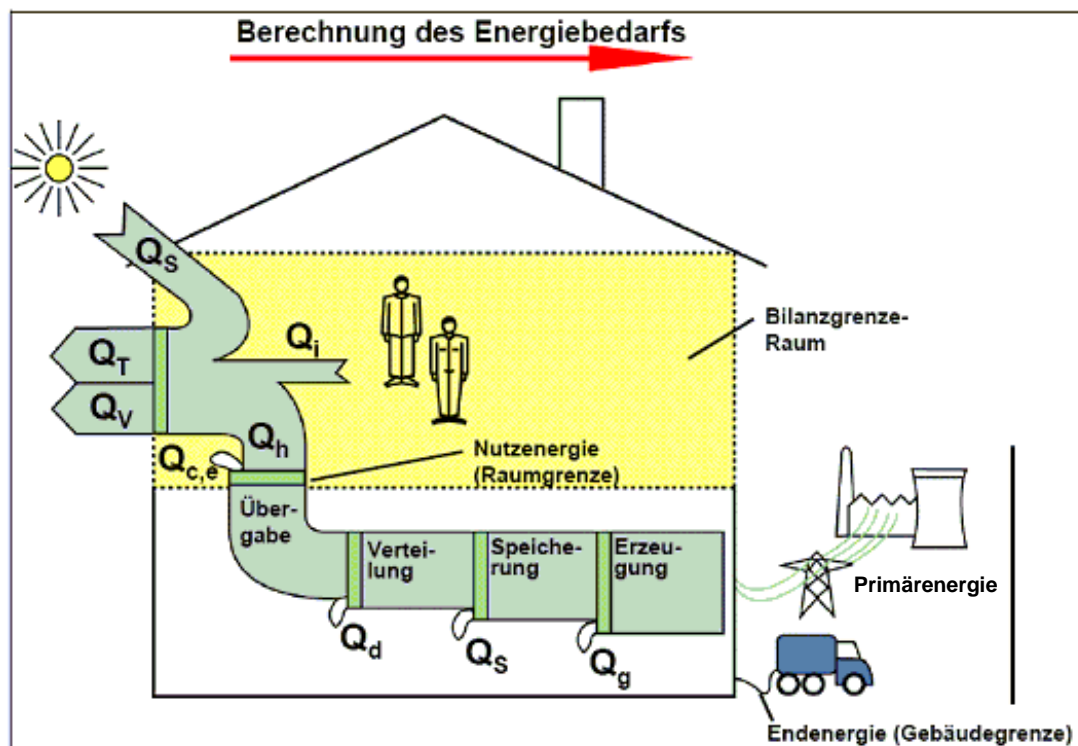
### Energiebedarf

Energiemenge, die unter genormten Bedingungen (z. B. mittlere Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, zu erreichende Innentemperatur, angenommene innere Wärmequellen) für Beheizung, Lüftung und Warmwasserbereitung (nur Wohngebäude) zu erwarten ist. Diese Größe dient der ingenieurmäßigen Auslegung des baulichen Wärmeschutzes von Gebäuden und ihrer technischen Anlagen für Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung und Kühlung sowie dem Vergleich der energetischen Qualität von Gebäuden. Der tatsächliche **Verbrauch** weicht in der Regel wegen der realen Bedingungen vor Ort (z. B. örtliche Klimabedingungen, abweichendes Nutzerverhalten) vom berechneten Bedarf ab.

### Jahres-Primärenergiebedarf

Jährliche Endenergiemenge, die zusätzlich zum Energieinhalt des Brennstoffes und der Hilfsenergien für die Anlagentechnik mit Hilfe der für die jeweiligen Energieträger geltenden Primärenergiefaktoren auch die Energiemenge einbezieht, die für die Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe (vorgelagerte Prozessketten außerhalb des Gebäudes) erforderlich ist.

Die Primärenergie kann auch als Beurteilungsgröße für ökologische Kriterien, wie z. B. CO<sub>2</sub>-Emission, herangezogen werden, weil damit der gesamte Energieaufwand für die Gebäudeheizung einbezogen wird. Der Jahres-Primärenergiebedarf ist die Hauptanforderung der Energiesparverordnung.



### **Endenergiebedarf**

Endenergiemenge, die den Anlagen für Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung und Kühlung zur Verfügung gestellt werden muss, um die normierte Rauminnentemperatur und die Erwärmung des Warmwassers über das ganze Jahr sicherzustellen. Diese Energiemenge bezieht die für den Betrieb der Anlagentechnik (Pumpen, Regelung, usw.) benötigte Hilfsenergie ein.

Die Endenergie wird an der "Schnittstelle" Gebäudehülle übergeben und stellt somit die Energiemenge dar, die dem Verbraucher (im Allgemeinen der Eigentümer) geliefert und mit ihm abgerechnet wird. Der Endenergiebedarf ist deshalb eine für den Verbraucher besonders wichtige Angabe.

Die Endenergie umfasst die Nutzenergie und die Anlagenverluste.

### **Nutzenergie**

Als Nutzenergie bezeichnet man, vereinfacht ausgedrückt, die Energiemenge, die zur Beheizung eines Gebäudes sowie zur Erstellung des Warmwassers unter Berücksichtigung definierter Vorgaben erforderlich ist. Die Nutzenergie ist die Summe von Transmissionswärmeverlusten, Lüftungswärmeverlusten und Warmwasserbedarf abzüglich der nutzbaren solaren und inneren Wärmegewinne.

### **Transmissionswärmeverluste $Q_T$**

Als Transmissionswärmeverluste bezeichnet man die Wärmeverluste, die durch Wärmeleitung (Transmission) der wärmeabgebenden Gebäudehülle entstehen. Die Größe dieser Verluste ist direkt abhängig von der Dämmwirkung der Bauteile und diese wird durch den U-Wert angegeben.

### **Lüftungswärmeverluste $Q_v$**

Lüftungswärmeverluste entstehen durch Öffnen von Fenstern und Türen, aber auch durch Undichtigkeiten der Gebäudehülle. Die Undichtigkeit kann bei Altbauten insbesondere bei sehr undichten Fenstern, Außentüren und in unsachgemäß ausgebauten Dachräumen zu erheblichen Wärmeverlusten sowie zu bauphysikalischen Schäden führen.

### **Trinkwassererwärmung**

Der Trinkwasserwärmebedarf wird aufgrund der Nutzung (Anzahl der Personen, Temperatur u.ä.) ermittelt.

### **U-Wert (früher k-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. Er wird bestimmt durch die Dicke des Bauteils und den Lambda-Wert (Dämmwert) des Baustoffes.

### **Solare Wärmegewinne $Q_s$**

Das durch die Fenster eines Gebäudes, insbesondere die mit Südausrichtung, einstrahlende Sonnenlicht wird im Innenraum größtenteils in Wärme umgewandelt.

### **Interne Wärmegewinne $Q_i$**

Im Innern der Gebäude entsteht durch Personen, elektrisches Licht, Elektrogeräte usw. Wärme, die ebenfalls bei der Ermittlung des Heizwärmebedarfs in der Energiebilanz angesetzt werden kann.

### **Anlagenverluste**

Die Anlagenverluste umfassen die Verluste bei der Erzeugung  $Q_g$  (Abgasverlust), ggf. Speicherung  $Q_s$  (Abgabe von Wärme durch einen Speicher), Verteilung  $Q_d$  (Leistungsverlust durch ungedämmt bzw. schlecht gedämmte Leitungen) und Abgabe  $Q_c$  (Verluste durch mangelnde Regelung) bei der Wärmeübergabe.

### **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.

### **Gebäudevolumen $V_e$**

Das beheizte Gebäudevolumen ist das an Hand von Außenmaßen ermittelte, von der wärmeübertragenden Umfassungs- oder Hüllfläche eines Gebäudes umschlossene Volumen. Dieses Volumen schließt mindestens alle Räume eines Gebäudes ein, die direkt oder indirekt durch Raumverbund bestimmungsgemäß beheizt werden. Es kann deshalb das gesamte Gebäude oder aber nur die entsprechenden beheizten Bereiche einbeziehen.

### **Wärmeübertragende Umfassungsfläche $A$**

Die Wärmeübertragende Umfassungsfläche, auch Hüllfläche genannt, bildet die Grenze zwischen dem beheizten Innenraum und der Außenluft, nicht beheizten Räumen und dem Erdreich. Sie besteht üblicherweise aus Außenwänden einschließlich Fenster und Türen, Kellerdecke, oberste Geschossdecke oder Dach. Diese Gebäudeteile sollten möglichst gut gedämmt sein, weil über sie die Wärme aus dem Rauminnen nach außen dringt.

### **Kompaktheit $A/V$**

Das Verhältnis der errechneten wärmeübertragenden Umfassungsfläche bezogen auf das beheizte Gebäudevolumen ist eine Aussage zur Kompaktheit des Gebäudes.

### **Gebäudenutzfläche $A_n$**

Die Gebäudenutzfläche beschreibt die im beheizten Gebäudevolumen zur Verfügung stehende nutzbare Fläche. Sie wird aus dem beheizten Gebäudevolumen unter Berücksichtigung einer üblichen Raumhöhe im Wohnungsbau abzüglich der von Innen- und Außenbauteilen beanspruchten Fläche aufgrund einer Vorgabe in der



Energiesparverordnung (Faktor von 0,32) ermittelt. Sie ist in der Regel größer als die Wohnfläche, da z. B. auch indirekt beheizte Flure und Treppenhäuser einbezogen werden.

## A.2 Brennstoffdaten

	Einheit	Heizwert Hi kWh/Einheit	Brennwert Hs kWh/Einheit	Verhältnis Hs/Hi *
Erdgas E	m <sup>3</sup>	10,42	11,57	1,11
Holzpellets	kg	4,90	5,29	1,08
Strom	kWh	1,00		

	Arbeitspreis Cent/kWh	Arbeitspreis Cent/Einheit	Grundpreis Euro/Jahr	Lagerver- zinsung**
Erdgas E	14,00	145,9	182	
Holzpellets	8,00	39,2		2,5%
Strom	32,00	32,0	50	

\*\* aufgrund der notwendigen Brennstofflagerung liegt zwischen dem Einkauf und dem Verbrauch ein Zeitraum, in dem die Zinsverluste durch die Vorfinanzierung mit dem obigen Zinssatz berücksichtigt werden.

	Primär- energie- faktor	CO2- Emissionen g/kWh	SO2- Emissionen g/kWh	NOx- Emissionen g/kWh
Erdgas E	1,1	240	0,157	0,200
Holzpellets	0,2	20	0,680	0,799
Strom	1,8	560	1,111	0,583

## Energieberatungsbericht



Gebäude:                Bahnhofstrasse 16  
                              76461 Muggensturm

Auftraggeber:        Gemeinde Muggensturm  
                              Herr Johannes Kopp  
                              Hauptstrasse 33-35  
                              76461 Muggensturm

Erstellt von:         Netze BW GmbH  
                              Johannes Mertens  
                              Schelmenwasenstraße 15  
                              70567 Stuttgart  
                              EB733318

Erstellt am:         24. April 2024



## Inhaltsverzeichnis

### Inhalt

Vorbemerkungen .....	3
CO <sub>2</sub> -Freisetzung und CO <sub>2</sub> -Bepreisung .....	3
Das Gebäude-Energien-Gesetz GEG .....	4
Allgemeine Hinweise zum Beratungsbericht .....	4
Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) .....	5
Effizienzhäuser: .....	6
Einzelmaßnahmen: .....	7
Übersicht über die Maßnahmen .....	8
Grundlagen .....	8
Übersicht über Verbräuche im IST-Zustand und den Maßnahmenpaketen .....	8
Vorteile der energetischen Sanierung .....	10
Gering investigative und kurzfristig umsetzbare Maßnahmen .....	10
Ist-Zustand von Gebäudehülle und Anlagentechnik .....	11
Allgemeine Angaben zum Gebäude .....	11
Beschreibung des Gebäudezustands .....	11
Zonierung .....	18
Anlagentechnik .....	19
Bedarfs- und Verbrauchsangaben .....	20
Energiebilanz .....	22
Sanierung des Gebäudes .....	24
Variante 1: Heizungsoptimierung .....	24
Variante 2: Fenstersanierung (Altbau) .....	27
Variante 3: Außenwanddämmung Altbau .....	32
Variante 4: Lüftung .....	37
Variante 5: Sparrendach Altbau+ Dachfenster+ Holzständerwände im DG + Flachdach Musikpavillon + PV-Anlage .....	40
Variante 6: Heizung V1: Luft-Wasser Wärmepumpe + Gasbrennwertkessel .....	48
Variante 7: Heizung V2: Luft/Wasser Wärmepumpe + neue Heizkörper .....	54
Variante 8: Heizung V3: Pelletkessel + Solarthermieanlage .....	60
Variante 9: Keller .....	67
A.1 Glossar .....	80
Anhang - Brennstoffdaten .....	84

## Vorbemerkungen

Das Ziel einer Schritt-für-Schritt-Sanierung ist es, den Primärenergiebedarf für das Gebäude so weit wie möglich zu senken, während gleichzeitig die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert werden. Dabei dient das "Bestmöglich-Prinzip" als Leitlinie, um die nationalen klimapolitischen Ziele zur Erreichung eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestands bis 2050 zu unterstützen.

Eine wesentliche Komponente der Modernisierungsplanung besteht darin, einen bestimmten Grad an Wärmeschutz zu erreichen, vorzugsweise durch Wärmedämmung, und einen Großteil oder die gesamte verbleibende Energieversorgung durch lokale regenerative Energiequellen zu decken. Dies zielt darauf ab, den Bedarf an fossilen Brennstoffen wie Heizöl und Erdgas zu minimieren.

Angesichts der langen Nutzungsdauer vieler Gebäudekomponenten von etwa 40 Jahren oder mehr bleibt nur begrenzte Zeit, um einen Gebäudestandard mit niedrigem Energiebedarf zu etablieren, der den klimapolitischen Zielen entspricht. Das "Bestmöglich-Prinzip" bedeutet in diesem Zusammenhang, dass alle möglichen Faktoren zur Senkung des Primärenergiebedarfs in Betracht gezogen und nach Möglichkeit umgesetzt werden sollten.

Dazu können Maßnahmen wie die Verbesserung der Gebäudedämmung, der Einsatz energieeffizienter Heizungs- und Belüftungssysteme, die Nutzung erneuerbarer Energiequellen sowie die Optimierung des Energieverbrauchs durch intelligente Steuerungssysteme gehören. Durch eine schrittweise Umsetzung dieser Maßnahmen kann der Energiebedarf des Gebäudes kontinuierlich gesenkt werden, bis ein möglichst niedriger Standard erreicht ist, der den klimapolitischen Zielen entspricht.

### **CO<sub>2</sub>-Freisetzung und CO<sub>2</sub>-Bepreisung**

Die Nutzung von Energieträgern als Brennstoff führt zur Freisetzung von CO<sub>2</sub>. Die Menge an CO<sub>2</sub>, die dabei entsteht, hängt von der Art und Menge des verbrannten Brennstoffs ab. Zum Beispiel werden bei der Verwendung von Heizöl etwa 3 kg CO<sub>2</sub> pro Liter Brennstoff freigesetzt. Das bedeutet, auch regenerative Brennstoffe erzeugen CO<sub>2</sub> bei der Verbrennung, jedoch stammt dieses aus einem natürlichen Kreislauf und trägt nicht zur Klimaerwärmung bei.

Die Menge an Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), die bei der Verbrennung von Heizöl entsteht, hängt von verschiedenen Faktoren ab, einschließlich des Brennwertes des Heizöls und der Effizienz des Heizsystems. Üblicherweise wird angenommen, dass etwa 2,7 bis 3,2 Tonnen CO<sub>2</sub> bei der Verbrennung von einer Tonne Heizöl entstehen.

Um dies in Kilowattstunden (kWh) umzurechnen, müssen Sie den Energiegehalt des Heizöls berücksichtigen. Ein Liter Heizöl hat einen Energiegehalt von etwa 10 kWh. Eine Tonne Heizöl entspricht somit etwa 10.000 kWh.

Angenommen, 3 Tonnen CO<sub>2</sub> entstehen pro Tonne Heizöl. Das würde bedeuten, dass etwa 3.333 kWh Heizöl einer Tonne CO<sub>2</sub> entsprechen.

Seit dem 1. Januar 2024 liegt der CO<sub>2</sub>-Preis pro Tonne ausgestoßenem CO<sub>2</sub> bei 45 Euro – die Erhöhung war bereits von der Vorgängerregierung Ende 2020 vorgesehen. Angesichts der sich entspannenden Energiepreise sieht die Bundesregierung darin eine vertretbare Lösung. Im kommenden Jahr soll der Preis dann auf 55 Euro steigen. Ab 2027 soll für die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Verkehr und Gebäudewärme ein europäisches Emissionshandelssystem eingeführt werden.

Dies hat zur Folge, dass Voraussichtlich die Preise für fossile Brennstoffe weiter stark ansteigen.

## **Das Gebäude-Energien-Gesetz GEG**

Das GEG setzt Mindestanforderungen an die energetische Qualität von Neubauten und bestehenden Gebäuden, die einer größeren Sanierung unterzogen werden. Diese Anforderungen beziehen sich auf die Dämmung der Gebäudehülle, die Effizienz der Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage sowie den Einsatz erneuerbarer Energien.

Bei einer Sanierung müssen Eigentümerinnen und Eigentümer darauf achten, dass die Maßnahmen den Vorgaben des GEG entsprechen. Zu den Mindestanforderungen gehören:

1. **Wärmedämmung:** Die Außenwände, das Dach, die oberste Geschossdecke und die Fenster müssen so gedämmt werden, dass sie bestimmte U-Werte (Wärmedurchgangskoeffizienten) nicht überschreiten. Diese Werte geben an, wie viel Wärme durch die Bauteile verloren geht.
2. **Heizungsanlagen:** Bei der Erneuerung von Heizungsanlagen müssen diese einen bestimmten Effizienzstandard erfüllen. Alte, ineffiziente Heizkessel müssen unter Umständen ausgetauscht werden, insbesondere wenn sie älter als 30 Jahre sind.
3. **Erneuerbare Energien:** Das GEG schreibt vor, dass bei Neubauten und bei größeren Sanierungen ein Anteil der Wärme- und Kälteversorgung durch erneuerbare Energien gedeckt werden muss. Dies kann beispielsweise durch Solarkollektoren, Biomasseanlagen oder Wärmepumpen erfolgen.
4. **Lüftungstechnik:** Um Schimmelbildung zu vermeiden und eine hohe Luftqualität sicherzustellen, müssen bei einer Sanierung auch die Anforderungen an die Lüftungstechnik beachtet werden. In manchen Fällen kann der Einbau einer kontrollierten Wohnraumlüftung erforderlich sein.
5. **Nachweisführung:** Die Einhaltung der Anforderungen des GEG muss nachgewiesen werden. Dazu gehört in der Regel die Erstellung eines Energieausweises durch eine qualifizierte Fachkraft.

Die Umsetzung der Mindestanforderungen des GEG bei einer Sanierung ist nicht nur gesetzlich vorgeschrieben, sondern kann auch langfristig zu Energieeinsparungen und somit zu geringeren Betriebskosten führen. Zudem gibt es Förderprogramme, die Eigentümerinnen und Eigentümer bei der Finanzierung energetischer Sanierungsmaßnahmen unterstützen können.

## **Allgemeine Hinweise zum Beratungsbericht**

Der Beratungsbericht unterstützt den Empfänger bei der Identifizierung von Energiesparmaßnahmen. Durch ihre Umsetzung können wertvolle Rohstoffe eingespart, Schadstoffemissionen vermieden und Brennstoffkosten reduziert werden. Zudem kann der Komfort und Wert des Gebäudes gesteigert werden.

Das Ziel ist es, wirtschaftlich sinnvolle und umweltentlastende Maßnahmen vorzuschlagen und umzusetzen. Folgende Themenschwerpunkte werden dabei näher betrachtet und sinnvolle Sanierungsschritte für diese erarbeitet.

### **Gebäude-Wärmedämmung**

Eine hochwertige Dämmung der Gebäudehülle, einschließlich Wänden, Dächern, Böden und Fenstern, kann den Wärmeverlust im Winter minimieren und den Bedarf an Kühlung im Sommer verringern.

### **Moderne Heizungssysteme**

Das Ersetzen älterer Heizungs- und Kühlsysteme durch moderne Optionen wie Wärmepumpen, Nahwärmesysteme, Brennwerttechnik oder Solarthermie kann den Energieverbrauch erheblich reduzieren. Dabei sollte der Fokus auf der Nutzung erneuerbarer Energien liegen.

### **Verbesserte Lüftung**

Kontrollierte Belüftung, sei es manuell oder mechanisch, hilft dabei, unerwünschte Wärmeverluste zu verhindern. Der Einbau kontrollierter Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung kann den Energieverbrauch senken und gleichzeitig eine gute Luftqualität gewährleisten.

### **Effiziente Beleuchtung**

Der Austausch konventioneller Beleuchtung (Leuchtstoffröhren, Glühlampen usw.) gegen effiziente LED-Leuchten kann den Stromverbrauch für Beleuchtung erheblich reduzieren.

### **Photovoltaik**

Die Installation von PV-Anlagen zur Erzeugung von Solarstrom kann den Bedarf an konventionellem Strom reduzieren.

### **Energiemanagementsysteme**

Die Integration intelligenter Technologien zur Steuerung und Überwachung des Energieverbrauchs, wie smarte Thermostate, Beleuchtungssteuerung und digitale Messsysteme, fördert das Bewusstsein für Energieverbrauch und steigert die Effizienz der Anlagen und des gesamten Gebäudes.

Die Informationen sind vertraulich und nach bestem Wissen erstellt, wobei die Durchführung und der Erfolg in der Verantwortung der Fachfirmen liegen.

Kostenangaben basieren auf Erfahrungen und Vergleichspreisen. Es wird empfohlen, für Angebote mehrere einzuholen.

Der Bericht beinhaltet keine Planungsleistungen wie energetische Nachweise oder Fördergeldanträge. Fachleute sollten für eine sichere Umsetzung der Maßnahmen hinzugezogen werden.

Die Berechnungen basieren auf den Geometriedaten des Gebäudes vor Sanierung.

Es wird keine Gewähr für die tatsächliche Erreichung der geschätzten Energieeinsparungen übernommen, da nicht erfasste Randbedingungen wie ungewöhnliches Nutzerverhalten oder untypische Bauausführungen Einfluss haben können, die nicht in dieser Orientierungshilfe berücksichtigt werden können. Im GEG werden hierzu klare Randbedingungen nach DIN 18599 festgelegt, die dazu dienen verschiedene Gebäude miteinander vergleichbar zu machen und einem energetischen Niveau einzuordnen. Daher muss stets zwischen tatsächlichem Energieverbrauch und dem errechneten Energiebedarf nach DIN 18599 unterschieden werden. Der Beratungsbericht unterliegt dem Urheberrecht, und alle Rechte bleiben beim Verfasser. Er ist ausschließlich für den Auftraggeber und den angegebenen Zweck bestimmt. Eine Vervielfältigung oder Verwertung durch Dritte ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Verfassers gestattet.

Diese Stellungnahme hat keine Rechtsverbindlichkeit. Im Falle entgeltlicher Beratungen werden Ansprüche bei Fahrlässigkeit auf das gezahlte Honorar beschränkt. Der Beratungsbericht wurde dem Auftraggeber in einem Exemplar übergeben.

## **Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)**

Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) wurde eingeführt, um die energetische Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden in Deutschland zu fördern und somit einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Die BEG ist in ihrer Struktur so konzipiert, dass sie eine leichtere Zugänglichkeit für verschiedene Zielgruppen gewährleistet.

Die BEG ist in vier Hauptförderrichtlinien unterteilt:

Bundesförderung für effiziente Gebäude – Wohngebäude (BEG WG): Diese Richtlinie konzentriert sich auf die Förderung von energetischen Sanierungsmaßnahmen in Wohngebäuden wie Eigentumswohnungen, Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie Wohnheimen.

Bundesförderung für effiziente Gebäude – Nichtwohngebäude (BEG NWG): Hierbei werden energetische Sanierungsmaßnahmen in Nichtwohngebäuden wie Gewerbegebäuden, kommunalen Einrichtungen und Krankenhäusern gefördert.

Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM): Diese Richtlinie konzentriert sich auf die Förderung von Einzelmaßnahmen zur energetischen Sanierung sowohl von Wohn- als auch Nichtwohngebäuden.

Bundesförderung für effiziente Gebäude – Klimafreundlicher Neubau (BEG KFN): Diese Richtlinie wird vom Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) administriert und zielt darauf ab, klimafreundliche Neubauten zu fördern.

Der Grund für die Einführung der BEG liegt darin, den Gebäudebestand in Deutschland energetisch zu verbessern und dadurch den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren. Durch die Förderung von energetischen Sanierungsmaßnahmen wird angestrebt, den Primärenergiebedarf von Gebäuden zu senken und somit einen Beitrag zur Erreichung der nationalen und internationalen Klimaschutzziele zu leisten. Die BEG bietet zinsgünstige Kredite und Tilgungszuschüsse für die Durchführung von energetischen Sanierungsmaßnahmen und soll so Anreize für eine umfassende energetische Modernisierung des Gebäudebestands schaffen.

Dabei bietet die BEG zwei unterschiedliche Sanierungsansätze. Effizienzhäuser und Einzelmaßnahmen sind zwei unterschiedliche Ansätze zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden, sowohl im Wohn- als auch im Nichtwohngebäudebereich. Hier sind die wesentlichen Unterschiede:

### **Effizienzhäuser:**

Effizienzhäuser sind Gebäude, die bereits bei ihrer Konstruktion oder Sanierung einen besonders niedrigen Energiebedarf aufweisen. Sie zeichnen sich durch eine hohe Gesamtenergieeffizienz aus, die durch eine Kombination verschiedener Maßnahmen erreicht wird, einschließlich einer gut gedämmten Gebäudehülle, hochwertiger Fenster und Türen, effizienter Heizungs- und Lüftungssysteme sowie der Nutzung erneuerbarer Energien wie Solar- oder Geothermie. Die Energieeffizienz eines Effizienzhauses wird anhand des Energiebedarfs oder des Primärenergiebedarfs bewertet und durch verschiedene Stufen wie KfW-Effizienzhaus 70, KfW-Effizienzhaus 55, KfW-Effizienzhaus 40 oder KfW-Effizienzhaus 40 Plus gekennzeichnet.

### **Fördersätze für Effizienzhäuser Nichtwohngebäude:**

Die förderfähigen Kosten und damit Ihr maximaler Kredit-betrag für ein Effizienz-gebäude – orientieren sich an der Netto-grundfläche des Gebäudes: Sie erhalten 2.000 Euro pro Quadrat-meter Netto-grundfläche, insgesamt maximal 10 Mio. Euro pro Vorhaben, bei dem ein neue Effizienzgebäude-Stufe erreicht wird.

Je besser die Effizienzgebäude-Stufe Ihrer Immobilie nach Sanierung, desto höher der Tilgung-zuschuss:

<b>Effizienzgebäude</b>	<b>Tilgungszuschuss</b>
Effizienzgebäude 40	20%
Effizienzgebäude 40 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	25%
Effizienzgebäude 55	15%



Effizienzgebäude 55 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	20
Effizienzgebäude 70	10%
Effizienzgebäude 70 Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	15%
Effizienzgebäude Denkmal	5%
Effizienzgebäude Denkmal Erneuerbare-Energien-Klasse oder Nachhaltigkeits-Klasse	10%

## Einzelmaßnahmen:

Einzelmaßnahmen beziehen sich auf spezifische Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden, die unabhängig voneinander durchgeführt werden können. Diese Maßnahmen können beispielsweise die Installation einer neuen Heizungsanlage, den Austausch von Fenstern und Türen, die Dämmung von Dach, Fassade oder Kellerdecke oder den Einbau einer Lüftungsanlage umfassen. Im Gegensatz zu Effizienzhäusern werden bei Einzelmaßnahmen die einzelnen Komponenten des Gebäudes separat betrachtet und optimiert, ohne dass eine Gesamtbetrachtung des Energiebedarfs des gesamten Gebäudes stattfindet.

In beiden Fällen ist das Ziel jedoch die Reduzierung des Energieverbrauchs und die Verbesserung der Energieeffizienz des Gebäudes, jedoch auf unterschiedlichen Ebenen und mit unterschiedlichen Ansätzen.

## Förderübersicht: Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM)

Im Einzelnen gelten die nachfolgend genannten Prozentsätze mit einer Obergrenze von 70 Prozent.

Durchführer	Richtlinien-Nr.	Einzelmaßnahme	Grundfördersatz	iSFP-Bonus	Effizienz-Bonus	Klimageschwindigkeits-Bonus*	Einkommens-Bonus	Fachplanung und Baubegleitung
BAFA	5.1	Einzelmaßnahmen an der Gebäudehülle	15 %	5 %	–	–	–	50 %
BAFA	5.2	Anlagentechnik (außer Heizung)	15 %	5 %	–	–	–	50 %
	5.3	Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)						
KfW	a)	Solarthermische Anlagen	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	– <sup>1</sup>
KfW	b)	Biomasseheizungen <sup>2</sup>	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	– <sup>1</sup>
KfW	c)	Elektrisch angetriebene Wärmepumpen	30 %	–	5 %	max. 20 %	30 %	– <sup>1</sup>
KfW	d)	Brennstoffzellenheizungen	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	– <sup>1</sup>
KfW	e)	Wasserstofffähige Heizungen (Investitionsmehrausgaben)	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	– <sup>1</sup>
KfW	f)	Innovative Heizungstechnik auf Basis erneuerbarer Energien	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	– <sup>1</sup>
BAFA	g)	Errichtung, Umbau, Erweiterung eines Gebäudenetzes <sup>3</sup>	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	50 %
BAFA/KfW	h)	Anschluss an ein Gebäudenetz <sup>3</sup>	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	50 % <sup>1</sup>
KfW	i)	Anschluss an ein Wärmenetz	30 %	–	–	max. 20 %	30 %	– <sup>1</sup>
	5.4	Heizungsoptimierung						
BAFA	a)	Maßnahmen zur Verbesserung der Anlageneffizienz	15 %	5 %	–	–	–	50 %
BAFA	b)	Maßnahmen zur Emissionsminderung von Biomasseheizungen	50 %	–	–	–	–	50 %

<sup>1</sup> Bei Biomasseheizungen wird bei Einhaltung eines Emissionsgrenzwertes für Staub von 2,5 mg/m<sup>3</sup> ein zusätzlicher pauschaler Zuschlag in Höhe von 2.500 Euro gemäß Richtlinien-Nr. 8.4.6 gewährt.

<sup>2</sup> Der Klimageschwindigkeits-Bonus reduziert sich gestaffelt gemäß Richtlinien-Nr. 8.4.4. und wird ausschließlich selbstnutzenden Eigentümern gewährt. Bis 31. Dezember 2028 gilt ein Bonusatz von 20 Prozent.

<sup>3</sup> Beim BAFA nur in Verbindung mit einem Antrag zur Errichtung, Umbau und Erweiterung eines Gebäudenetzes gemäß Richtlinien-Nr. 5.3 g) möglich.

<sup>4</sup> Bei der KfW ist keine Förderung gemäß Richtlinien-Nr. 5.5 möglich. Die Kosten der Fach- und Baubegleitung werden mit den Fördersätzen des Heizungsaustausches als Umfeldmaßnahme gefördert.

Bundesamt für Wirtschaft und Ausführungskontrolle (BAFA)

Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitungen 4.0 International Lizenz (CC BY-ND4.0)

Stand: 1. März 2024

# Übersicht über die Maßnahmen

## Grundlagen

Die Energieberatung wurde für die Albert-Schweizer-Schule in Muggensturm durchgeführt, basierend auf einer Vor-Orts-Begehung und den von der Kommune bereitgestellten Unterlagen. Die Ergebnisse sind gemäß den Bundesrichtlinien zur Förderung der Energieberatung für kommunale Nichtwohngebäude in diesem Bericht zusammengefasst. Dabei wurden die Energieströme des Gebäudes anhand bau- und heizungstechnischer Daten ermittelt, einschließlich Transmissionswärmeverlusten der Gebäudehülle (insbesondere Fenster, Außenwände, Geschossdecken und Dachflächen), Lüftungswärmeverlusten sowie Verlusten in der Heizungsanlage und der Trinkwarmwasserbereitung.

Nach Analyse des Ist-Zustands wurden Schwachstellen identifiziert und Sanierungsmaßnahmen erarbeitet, wie z.B. die Dämmung der Außenwände oder der Tausch der Fenster.

Das Ziel der Sanierungsmaßnahmen ist es, die Energieverbräuche des Gebäudes zu senken, sei es durch eine Gesamtanierung oder schrittweise Umsetzung einzelner Maßnahmen und Maßnahmenpakete.

Die Effektivität der Maßnahmen wird anhand der erwarteten Energieeinsparung (End- und Primärenergie), Wirtschaftlichkeit (Investitionskosten, Fördermittel und Brennstoffkosteneinsparung) sowie der Schadstoffbelastung (Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Stickstoffoxid (NO<sub>x</sub>) und Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)) beurteilt.

## Übersicht über Verbräuche im IST-Zustand und den Maßnahmenpaketen

Die hier aufgeführten Maßnahmenpakete bauen aufeinander auf. Beim Maßnahmenpaket 1 handelt es sich um eine gering investitive Maßnahme. Diese kann unter geringem finanziellem Aufwand durchgeführt werden und erzielt dabei eine relative große Wirkung in Bezug auf Einsparungen im wirtschaftlichen und energetischen Kontext.

Die Maßnahmenpakete 2,3 und 5 beschreiben die Sanierung der thermischen Gebäudehülle. Hier werden konkret Maßnahmen gewählt, die den Wärmeverlust über die Außenbauteile minimieren und die Gebäudehülle auf den Stand der derzeitigen BEG-Anforderungen für Gebäude bringen. Dabei ist Maßnahmenpaket 2 (Fenstersanierung) voraussichtlich die erste Maßnahme, die an der Gebäudehülle anfallen wird. Die Fassade wird wohl in den nächsten Jahren nicht saniert werden müssen, jedoch würde eine Dämmung der Fassade des Altbaus den Energiebedarf deutlich reduzieren.

Maßnahmenpaket 5 wird vorgeschlagen, um dem Wärmeverlust über das Dach des Musikerheims entgegenzuwirken sowie die Bauteilaufbauten des Dachgeschosses der Schule in Bezug auf sommerlichen Hitzeschutz und Wärmeverlust zu optimieren. Da es im Zuge grundlegender Dachsanierungen in Baden-Württemberg Pflicht ist eine PV-Anlage zu installieren, wurde in diesem Zuge auch eine PV-Anlage vorgeschlagen.

In Maßnahmenpaket 4 wird eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung für das Gebäude empfohlen. Diese dient dazu die Lüftungswärmeverluste zu minimieren und Feuchtigkeitsschäden an der Gebäudehülle vorzubeugen. Zusätzlich sorgt eine Lüftungsanlage in den Klassenzimmern für deutlich bessere Luftqualität und hat deutlichen Effekt auf die Konzentrationsfähigkeit der Schüler.

Maßnahmenpaket 6 - 8 stellen den Einbau verschiedener regenerativer Heizungssysteme dar. Und sollen zu der Entscheidungsfindung eines regenerativen Heizungssystems beitragen.

Maßnahmenpaket 9 beschreibt die Kellerdämmung und die Dämmung der Bodenplatte im UG. Beides sind Maßnahmen, die aus technischer und wirtschaftlicher Sicht nur unter

großem Aufwand umsetzbar sind und sollen deshalb exemplarisch der Vollständigkeit halber aufgeführt werden.

<b>IST-Zustand vor Sanierung</b>	43.319 €/a					
	696.159 kWh/a Endenergiebedarf					
<b>Sanierungsmaßnahme</b>	Endenergiebedarf			Energiekosten		
	Nach Sanierung [kWh/a]	Einsparung [kWh/a] [%]		Nach Sanierung [€]	Einsparung [€] [%]	
<b>1) Heizungsoptimierung</b> (hydraulischer Abgleich, Einbau programmierbare Thermostatventile)	641.876	-54.282	-8%	40.240	-3.079	-7%
<b>2) Fenster (Altbau)</b>	558.111	-138.048	-25%	35.511	-7.808	-18%
<b>3) Fassade (Altbau)</b>	488.098	-208.060	-30%	31.536	-11.780	-27%
<b>5) Lüftungsanlage mit WRG</b>	388.844	-307.314	-44%	30.729	-12.591	-29%
<b>6) Dach und Außenwände DG + Flachdach (Musikerheim) + PV-Anlage</b>	350.077	-346.081	-50%	25.394	-17.925	-41%
<b>7) Luft/Wasser Wärmepumpe + Gasbrennwertkessel</b>	184.822	-511.337	-73%	26.226	-17.093	-39%
<b>8) Luft/Wasser Wärmepumpe + neue Heizkörper</b>	132.264	-563.894	-81%	25.445	-17.875	-41%
<b>9) Pellets + Solarthermie</b>	387.147	-309.011	-44%	21.393	-21.926	-51%
<b>8) Kelleraußenwände + Bodenplatte</b>	125.594	-570.565	-82	24.164	-19.155	-44%

**Zusammenfassung der Wirtschaftlichkeitsberechnungen (Bedarfsrechnung nach DIN V 18599, Zeitraum 30 Jahre)**

Maßnahme	Kosten	Förderung	Kosten abzgl. Förderung	Summe kosten abzgl. Förderung	Summe Gesamtkosten	Sowieso Kosten	Summe Sowieso Kosten
Heizungsoptimierung	12.000	1.800	11.200	11.200	12.000	0	0
Fenster	680.000	102.000	578.000	589.200	692.000	535.600	535.600
AW+HAT	326.000	48.900	277.100	866.300	1.019.000	178.000	713.600
Lüftung	160.000	24.000	136.000	1.002.300	1.178.000	20.000	733.600
Dach +DF + PV + Flachdach + AW DG	400.000	60.000	340.000	1.342.300	1.578.000	350.000	1.083.600
GB + WP	220.000	66.000	154.000	1.496.300	1.798.000	160.000	1.243.600
GB + neue Heizkörper	215.000	64.500	150.500	1.492.800	1.793.000	160.000	1.243.600
Pellet + Solarthermie	240.000	72.000	168.000	1.582.300	1.818.000	160.000	1.243.600
Keller	160.000	24.000	136.000	1.628.800	1.978.000	90.000	1.333.600

## Vorteile der energetischen Sanierung

Eine energetische Sanierung bietet eine Vielzahl von Vorteilen, darunter:

**Energieeinsparung:** Durch die Verbesserung der Gebäudedämmung, den Austausch ineffizienter Heizungs- und Lüftungssysteme sowie den Einsatz energieeffizienter Technologien kann der Energieverbrauch deutlich reduziert werden. Dies führt zu niedrigeren Energiekosten für die Bewohner oder Nutzer des Gebäudes.

**Komfortsteigerung:** Eine energetische Sanierung trägt oft auch zur Verbesserung des Raumklimas bei. Bessere Dämmung und moderne Heizungs- und Lüftungssysteme sorgen für eine gleichmäßigere Temperaturverteilung und reduzieren Zugluft, was den Wohnkomfort erhöht.

**Wertsteigerung des Gebäudes:** Eine energetische Sanierung kann den Wert einer Immobilie erhöhen. Energieeffiziente Gebäude gelten als attraktiver für potenzielle Käufer oder Mieter und können daher zu höheren Verkaufs- oder Mietpreisen führen.

**Umweltschutz:** Durch die Reduzierung des Energieverbrauchs und den Einsatz erneuerbarer Energien verringert eine energetische Sanierung auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen und trägt somit zum Klimaschutz bei.

**Gesundheitliche Vorteile:** Eine gute Gebäudedämmung und eine effiziente Belüftung können dazu beitragen, Feuchtigkeitsprobleme und Schimmelbildung zu reduzieren, was wiederum das Risiko von Atemwegserkrankungen verringern kann.

**Langfristige Kosteneinsparungen:** Obwohl eine energetische Sanierung zunächst mit Investitionskosten verbunden ist, können langfristig betrachtet erhebliche Einsparungen erzielt werden. Diese Einsparungen können die Investitionskosten über die Lebensdauer des Gebäudes oft deutlich übersteigen.

Insgesamt bietet eine energetische Sanierung also nicht nur finanzielle Vorteile, sondern trägt auch zu einem verbesserten Wohnkomfort, zum Umweltschutz und zur langfristigen Werterhaltung von Gebäuden bei.

## Gering investitive und kurzfristig umsetzbare Maßnahmen

Neben den großen Maßnahmen gibt es auch kleine Maßnahmen, sowie ein angepasstes Nutzerverhalten, die für Energieeinsparungen sorgen können. Dies sind einige Maßnahmen für eine energetische Sanierung, die kurzfristig selbst umgesetzt werden können:

**Absenken der Raumtemperatur:** Durch das Absenken der Raumtemperatur um ein paar Grad kann der Energieverbrauch für die Raumheizung erheblich reduziert werden, ohne den Komfort spürbar zu beeinträchtigen.

**Hydraulischer Abgleich:** Ein hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage stellt sicher, dass alle Heizkörper im Gebäude gleichmäßig mit warmem Wasser versorgt werden. Dies optimiert die Heizleistung und reduziert den Energieverbrauch.

**Einsatz von Präsenzmeldern in der Beleuchtung:** Präsenzmelder können verwendet werden, um die Beleuchtung automatisch auszuschalten, wenn sich niemand im Raum befindet. Dies hilft, den Stromverbrauch für die Beleuchtung zu senken.

**Stoßlüften:** Durch regelmäßiges Stoßlüften wird verbrauchte Luft aus den Räumen abgeführt und frische Luft von außen zugeführt, ohne dass dabei zu viel Wärme verloren

geht. Dies trägt zur Verbesserung der Raumluftqualität bei und reduziert gleichzeitig den Energieverbrauch für die Belüftung.

**Vermeiden von Standby-Verbrauchern:** Elektronische Geräte verbrauchen auch im Standby-Modus oft noch Energie. Durch das vollständige Abschalten von Geräten und den Einsatz von Steckdosenleisten mit Schalter kann Standby-Verbrauch vermieden werden.

**Überprüfung von Betriebszeiten Heizung und Lüftung:** Eine Überprüfung und gegebenenfalls Anpassung der Betriebszeiten von Heizung und Lüftung kann dazu beitragen, den Energieverbrauch zu optimieren und unnötigen Energieverlust zu vermeiden.

**Vermeidung von Wärmebrücken:** Durch das Abdichten von undichten Fenstern und Türen sowie das Isolieren von Wärmebrücken an der Gebäudehülle kann Wärmeverlust minimiert werden, was zu einer verbesserten Energieeffizienz führt.

Diese Maßnahmen sind relativ einfach umzusetzen und können kurzfristig zu einer Reduzierung des Energieverbrauchs und damit zu Einsparungen bei den Energiekosten führen.

## Ist-Zustand von Gebäudehülle und Anlagentechnik

### Allgemeine Angaben zum Gebäude

<b>Objekt:</b>	Bahnhofstrasse 16 76461 Muggensturm
<b>Beschreibung:</b>	
Gebäudetyp:	Nichtwohngebäude/Schulgebäude
Baujahr:	1966
<b>Beheiztes Volumen <math>V_e</math>:</b>	26.598 m <sup>3</sup>
<b>Luftvolumen <math>V</math>:</b>	21.278 m <sup>3</sup>
<b>Nettogrundfläche:</b>	4.810 m <sup>2</sup>

### Beschreibung des Gebäudezustands

Beim Gebäude handelt es sich um ein 1966 erbautes Schulgebäude mit angebauter Ganztageschule. Die Schülerbetreuung der Gemeinde Muggensturm wurde 2009 zusammen mit einer Mensa an das Schulgebäude angebaut.

Die Außenwände der Schule wurden 1986 mit einer Klinkerfassade versehen sowie um ein Musikpavillon mit Flachdach auf der Südseite erweitert. Die Nordseite der Schule wurde 2009 mit einer 16 cm Starken Dämmung gedämmt. Die Wände sowie das Dach der Ganztagesesschule sind in Ständer- bzw. Sparrenbauweise errichtet worden, dabei wurden die Balken jeweils mit Mineralwolle ausgefacht und befinden sich aus energetischer Sicht in einwandfreien Zustand. 2000 wurde auf das Hauptschulgebäude ein neues Dachgeschoss aufgestockt. Die Außenwände wurden in Holzständerbauweise ausgeführt und mit 12 cm Mineralwolle ausgefacht. Das Dach wurde mit 20 cm Zwischensparrendämmung ausgeführt.

Die Oberlichter sind zweifachverglaste Alurahmenfensterelemente und weisen teilweise Undichtigkeiten auf. Allgemein ist der sommerliche Wärmeschutz im DG des Hauptgebäudes eher schlecht, was zu Überhitzung in den Sommermonaten führt. Die Fenster im Hauptgebäude und im Musikpavillon stammen aus dem Jahr 1986 und sind zweifachverglaste Alurahmenfenster. Lediglich im Schwimmbad wurden die Fenster durch dreifachverglaste Fenster ersetzt. Die Fenster im Bereich der Ganztageschule stammen

aus dem Jahr 2009 und sind aus energetischer Sicht in gutem Zustand. Das Türen Eingangselement wurde 2000 eingebaut und befindet sich in gutem Zustand.

Die Räume im Untergeschoss des Hauptgebäudes sind zum Großteil beheizt. Außerdem befindet sich im Keller ein Schulschwimmbaden. Die Geschossdecke, Außenwände und Bodenplatte UG sind in Massivbauweise errichtet worden.

Die Heizungsanlage wurde 2009 installiert. Hierbei handelt es sich um einen Gasbrennwertkessel als Spitzenlastkessel in Kombination mit einem Blockheizkraftwerk. Über die Heizungsanlage wird das Schwimmbad, das komplette Schulgebäude inkl. Ganztageschule sowie die nebenan liegende Turnhalle versorgt. Neben der Wärmebereitstellung ist die Heizungsanlage für die Warmwasserbereitung in den Sanitäreinrichtungen und Duschräumen zuständig.

Das Heizungssystem wurde 2021 hydraulisch abgeglichen. Die Pumpen im Heizungskeller wurden ebenfalls erneuert. Die Heizkörper im Schulgebäude sind dennoch zum Großteil alte Gussheizkörper und nicht Niedertemperatur fähig.

Das Gebäude wird bereits über LED-Leuchten mit Präsenzmelder beleuchtet und weist daher im Beleuchtungsbereich keinen Verbesserungsbedarf auf.

Belüftet wird der Schwimmbadbereich inklusive der Umkleide- und Duschräume, sowie die Mensa und der Küchenbereich. Eine Wärmerückgewinnung ist nicht vorhanden, es handelt sich um eine etwas ältere Zu- und Abluftanlage.

Das Gebäude wird zu folgenden Zeiten genutzt:  
Mo- Fr: 7:45 – 15:30 Uhr



**Süd-Ansicht:** Südseite des Hauptgebäudes mit Übergang und angebauten Musikpavillon



**Nord-Ansicht:** Mit Nebeneingang zum Gebäude und gedämmter Fassade.




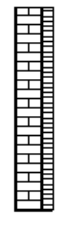

**West-Ansicht:** mit Außenaufzug





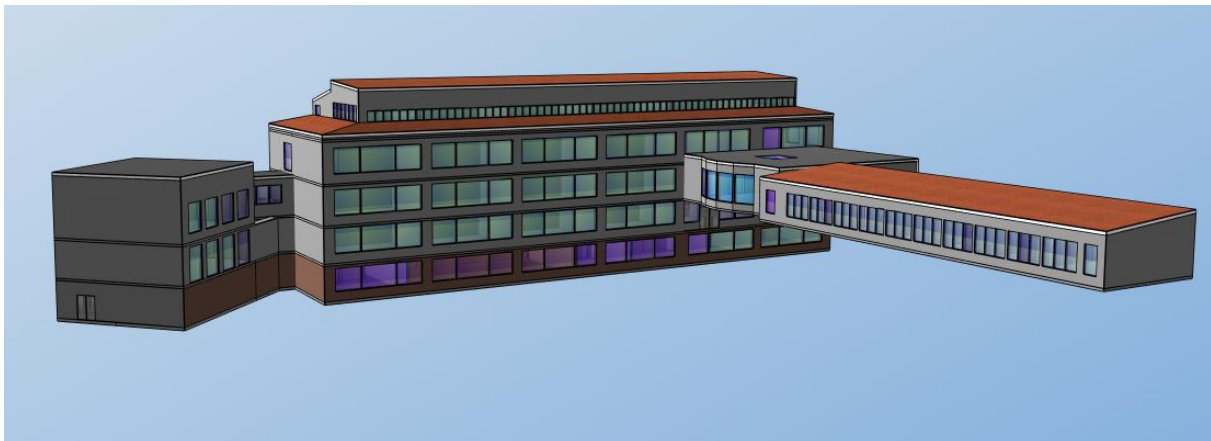
**Ost-Ansicht:** mit angrenzendem Pausenhof und angebauter Ganztageschule

Bauteil	Zustand																																																																																																												
Dach (Hauptgebäude)	<p><i>Dach</i></p> <table border="1" data-bbox="478 257 1460 1108"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="582 280 1268 302"><b>Hauptdach Schule</b></th> <th data-bbox="1284 280 1364 324"><b>U-Wert:</b> W/(m² K)</th> <th data-bbox="1380 280 1452 302"><b>0,229</b></th> </tr> <tr> <th colspan="2" data-bbox="582 369 1268 392">Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen</th> <th data-bbox="1300 347 1348 392"><b>d</b> cm</th> <th data-bbox="1396 347 1444 392"><b>λ</b> W/(m K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" data-bbox="582 392 1268 425"><b>A Konstruktionsholz / Konstruktionsholz (1,8 %)</b></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 425 1268 459">1 OSB-Platten (DIN 12524)</td> <td></td> <td data-bbox="1300 425 1348 459">1,25</td> <td data-bbox="1396 425 1444 459">0,130</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 459 1268 492">2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³) +</td> <td></td> <td data-bbox="1300 459 1348 492">20,00</td> <td data-bbox="1396 459 1444 492">0,130</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 492 1268 526">2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 526 1268 560">3 Unterspannbahn</td> <td></td> <td data-bbox="1300 526 1348 560">0,06</td> <td data-bbox="1396 526 1444 560">0,300</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 560 1268 593">4 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)</td> <td></td> <td data-bbox="1300 560 1348 593">2,50</td> <td data-bbox="1396 560 1444 593">0,130</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 593 1268 627">5 Dachziegelsteine aus Ton nach DIN 12524</td> <td></td> <td data-bbox="1300 593 1348 627">2,50</td> <td data-bbox="1396 593 1444 627">1,000</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="582 627 1268 660"><b>B Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff / Konstruktionsholz (8,9 %)</b></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 660 1268 694">1 OSB-Platten (DIN 12524)</td> <td></td> <td data-bbox="1300 660 1348 694">1,25</td> <td data-bbox="1396 660 1444 694">0,130</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 694 1268 728">2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)</td> <td></td> <td data-bbox="1300 694 1348 728">20,00</td> <td data-bbox="1396 694 1444 728">0,035</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 728 1268 761">3 Unterspannbahn</td> <td></td> <td data-bbox="1300 728 1348 761">0,06</td> <td data-bbox="1396 728 1444 761">0,300</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 761 1268 795">4 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)</td> <td></td> <td data-bbox="1300 761 1348 795">2,50</td> <td data-bbox="1396 761 1444 795">0,130</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 795 1268 828">5 Dachziegelsteine aus Ton nach DIN 12524</td> <td></td> <td data-bbox="1300 795 1348 828">2,50</td> <td data-bbox="1396 795 1444 828">1,000</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="582 828 1268 862"><b>C Konstruktionsholz / schwach belüftete Luftschicht (14,9 %)</b></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 862 1268 896">1 OSB-Platten (DIN 12524)</td> <td></td> <td data-bbox="1300 862 1348 896">1,25</td> <td data-bbox="1396 862 1444 896">0,130</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 896 1268 929">2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)</td> <td></td> <td data-bbox="1300 896 1348 929">20,00</td> <td data-bbox="1396 896 1444 929">0,130</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 929 1268 963">3 Unterspannbahn</td> <td></td> <td data-bbox="1300 929 1348 963">0,06</td> <td data-bbox="1396 929 1444 963">0,300</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 963 1268 996">4 schwach belüftete Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke</td> <td></td> <td data-bbox="1300 963 1348 996">2,50</td> <td data-bbox="1396 963 1444 996">0,313</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 996 1268 1030">5 Dachziegelsteine aus Ton nach DIN 12524</td> <td></td> <td data-bbox="1300 996 1348 1030">2,50</td> <td data-bbox="1396 996 1444 1030">1,000</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="582 1030 1268 1064"><b>D Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff / schwach belüftete Luftschicht (74,4 %)</b></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 1064 1268 1097">1 OSB-Platten (DIN 12524)</td> <td></td> <td data-bbox="1300 1064 1348 1097">1,25</td> <td data-bbox="1396 1064 1444 1097">0,130</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 1097 1268 1131">2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)</td> <td></td> <td data-bbox="1300 1097 1348 1131">20,00</td> <td data-bbox="1396 1097 1444 1131">0,035</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 1131 1268 1164">3 Unterspannbahn</td> <td></td> <td data-bbox="1300 1131 1348 1164">0,06</td> <td data-bbox="1396 1131 1444 1164">0,300</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 1164 1268 1198">4 schwach belüftete Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke</td> <td></td> <td data-bbox="1300 1164 1348 1198">2,50</td> <td data-bbox="1396 1164 1444 1198">0,313</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 1198 1268 1232">5 Dachziegelsteine aus Ton nach DIN 12524</td> <td></td> <td data-bbox="1300 1198 1348 1232">2,50</td> <td data-bbox="1396 1198 1444 1232">1,000</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="470 1153 1452 1209">Das Hauptdach des Schulgebäudes befindet sich in ordentlichem Zustand. Der Sommerliche Wärmeschutz weist jedoch mängel auf.</p>	<b>Hauptdach Schule</b>		<b>U-Wert:</b> W/(m² K)	<b>0,229</b>	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen		<b>d</b> cm	<b>λ</b> W/(m K)	<b>A Konstruktionsholz / Konstruktionsholz (1,8 %)</b>				1 OSB-Platten (DIN 12524)		1,25	0,130	2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³) +		20,00	0,130	2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)				3 Unterspannbahn		0,06	0,300	4 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)		2,50	0,130	5 Dachziegelsteine aus Ton nach DIN 12524		2,50	1,000	<b>B Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff / Konstruktionsholz (8,9 %)</b>				1 OSB-Platten (DIN 12524)		1,25	0,130	2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)		20,00	0,035	3 Unterspannbahn		0,06	0,300	4 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)		2,50	0,130	5 Dachziegelsteine aus Ton nach DIN 12524		2,50	1,000	<b>C Konstruktionsholz / schwach belüftete Luftschicht (14,9 %)</b>				1 OSB-Platten (DIN 12524)		1,25	0,130	2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)		20,00	0,130	3 Unterspannbahn		0,06	0,300	4 schwach belüftete Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke		2,50	0,313	5 Dachziegelsteine aus Ton nach DIN 12524		2,50	1,000	<b>D Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff / schwach belüftete Luftschicht (74,4 %)</b>				1 OSB-Platten (DIN 12524)		1,25	0,130	2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)		20,00	0,035	3 Unterspannbahn		0,06	0,300	4 schwach belüftete Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke		2,50	0,313	5 Dachziegelsteine aus Ton nach DIN 12524		2,50	1,000
<b>Hauptdach Schule</b>		<b>U-Wert:</b> W/(m² K)	<b>0,229</b>																																																																																																										
Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen		<b>d</b> cm	<b>λ</b> W/(m K)																																																																																																										
<b>A Konstruktionsholz / Konstruktionsholz (1,8 %)</b>																																																																																																													
1 OSB-Platten (DIN 12524)		1,25	0,130																																																																																																										
2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³) +		20,00	0,130																																																																																																										
2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)																																																																																																													
3 Unterspannbahn		0,06	0,300																																																																																																										
4 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)		2,50	0,130																																																																																																										
5 Dachziegelsteine aus Ton nach DIN 12524		2,50	1,000																																																																																																										
<b>B Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff / Konstruktionsholz (8,9 %)</b>																																																																																																													
1 OSB-Platten (DIN 12524)		1,25	0,130																																																																																																										
2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)		20,00	0,035																																																																																																										
3 Unterspannbahn		0,06	0,300																																																																																																										
4 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)		2,50	0,130																																																																																																										
5 Dachziegelsteine aus Ton nach DIN 12524		2,50	1,000																																																																																																										
<b>C Konstruktionsholz / schwach belüftete Luftschicht (14,9 %)</b>																																																																																																													
1 OSB-Platten (DIN 12524)		1,25	0,130																																																																																																										
2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)		20,00	0,130																																																																																																										
3 Unterspannbahn		0,06	0,300																																																																																																										
4 schwach belüftete Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke		2,50	0,313																																																																																																										
5 Dachziegelsteine aus Ton nach DIN 12524		2,50	1,000																																																																																																										
<b>D Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff / schwach belüftete Luftschicht (74,4 %)</b>																																																																																																													
1 OSB-Platten (DIN 12524)		1,25	0,130																																																																																																										
2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)		20,00	0,035																																																																																																										
3 Unterspannbahn		0,06	0,300																																																																																																										
4 schwach belüftete Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke		2,50	0,313																																																																																																										
5 Dachziegelsteine aus Ton nach DIN 12524		2,50	1,000																																																																																																										
Dach (Ganztagesschule)	<table border="1" data-bbox="478 1232 1460 1635"> <thead> <tr> <th colspan="2" data-bbox="582 1243 1268 1265"><b>Dach Anbau</b></th> <th data-bbox="1284 1243 1364 1288"><b>U-Wert:</b> W/(m² K)</th> <th data-bbox="1380 1243 1452 1265"><b>0,189</b></th> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="582 1265 1268 1288">Gesamtdicke: 27,26 cm</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2" data-bbox="582 1332 1268 1355">Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen</th> <th data-bbox="1300 1310 1348 1355"><b>d</b> cm</th> <th data-bbox="1396 1310 1444 1355"><b>λ</b> W/(m K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" data-bbox="582 1355 1268 1388"><b>A Konstruktionsholz (16,7 %)</b></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 1388 1268 1422">1 Dampfbremse</td> <td></td> <td data-bbox="1300 1388 1348 1422">0,06</td> <td data-bbox="1396 1388 1444 1422">0,300</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 1422 1268 1456">2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)</td> <td></td> <td data-bbox="1300 1422 1348 1456">25,00</td> <td data-bbox="1396 1422 1444 1456">0,130</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 1456 1268 1489">3 Dachschalung</td> <td></td> <td data-bbox="1300 1456 1348 1489">2,20</td> <td data-bbox="1396 1456 1444 1489">0,130</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="582 1489 1268 1523"><b>B Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (83,3 %)</b></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 1523 1268 1556">1 Dampfbremse</td> <td></td> <td data-bbox="1300 1523 1348 1556">0,06</td> <td data-bbox="1396 1523 1444 1556">0,300</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 1556 1268 1590">2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)</td> <td></td> <td data-bbox="1300 1556 1348 1590">25,00</td> <td data-bbox="1396 1556 1444 1590">0,035</td> </tr> <tr> <td data-bbox="582 1590 1268 1624">3 Dachschalung</td> <td></td> <td data-bbox="1300 1590 1348 1624">2,20</td> <td data-bbox="1396 1590 1444 1624">0,130</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="582 1624 1268 1646"><b>Dach 022-2</b></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td data-bbox="1284 1624 1364 1668"><b>U-Wert:</b> W/(m² K)</td> <td data-bbox="1380 1624 1452 1646"><b>0,950</b></td> </tr> </tbody> </table>	<b>Dach Anbau</b>		<b>U-Wert:</b> W/(m² K)	<b>0,189</b>	Gesamtdicke: 27,26 cm				Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen		<b>d</b> cm	<b>λ</b> W/(m K)	<b>A Konstruktionsholz (16,7 %)</b>				1 Dampfbremse		0,06	0,300	2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)		25,00	0,130	3 Dachschalung		2,20	0,130	<b>B Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (83,3 %)</b>				1 Dampfbremse		0,06	0,300	2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)		25,00	0,035	3 Dachschalung		2,20	0,130	<b>Dach 022-2</b>						<b>U-Wert:</b> W/(m² K)	<b>0,950</b>																																																								
<b>Dach Anbau</b>		<b>U-Wert:</b> W/(m² K)	<b>0,189</b>																																																																																																										
Gesamtdicke: 27,26 cm																																																																																																													
Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen		<b>d</b> cm	<b>λ</b> W/(m K)																																																																																																										
<b>A Konstruktionsholz (16,7 %)</b>																																																																																																													
1 Dampfbremse		0,06	0,300																																																																																																										
2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)		25,00	0,130																																																																																																										
3 Dachschalung		2,20	0,130																																																																																																										
<b>B Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (83,3 %)</b>																																																																																																													
1 Dampfbremse		0,06	0,300																																																																																																										
2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)		25,00	0,035																																																																																																										
3 Dachschalung		2,20	0,130																																																																																																										
<b>Dach 022-2</b>																																																																																																													
		<b>U-Wert:</b> W/(m² K)	<b>0,950</b>																																																																																																										
Flachdach (Musikerheim)	Massive Flachdachkonstruktion																																																																																																												
Kellerdecke	Massive Betonkellerdeckenkonstruktion																																																																																																												



<p>Nord Fassade Hauptgebäude</p>	<p>Wand gegen Außenluft</p>  <p><b>Nord Fassade Schule</b> Gesamtdicke: 49,5 cm</p> <p style="text-align: right;"><b>U-Wert:</b> 0,186 W/(m² K)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;"></th> <th style="width: 15%; text-align: center;">d cm</th> <th style="width: 15%; text-align: center;">λ W/(m K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen</td> </tr> <tr> <td>1 Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk</td> <td style="text-align: center;">1,50</td> <td style="text-align: center;">1,000</td> </tr> <tr> <td>2 Hochlochziegel</td> <td style="text-align: center;">24,00</td> <td style="text-align: center;">0,450</td> </tr> <tr> <td>3 Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 035 - &gt; 30 kg/m³)</td> <td style="text-align: center;">16,00</td> <td style="text-align: center;">0,035</td> </tr> <tr> <td>4 Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker, NM/DM (1800kg/m²)</td> <td style="text-align: center;">8,00</td> <td style="text-align: center;">0,810</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>Sehr guter Zustand</b></p>		d cm	λ W/(m K)	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen			1 Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	1,50	1,000	2 Hochlochziegel	24,00	0,450	3 Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 035 - > 30 kg/m³)	16,00	0,035	4 Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker, NM/DM (1800kg/m²)	8,00	0,810																																																																								
	d cm	λ W/(m K)																																																																																									
Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen																																																																																											
1 Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	1,50	1,000																																																																																									
2 Hochlochziegel	24,00	0,450																																																																																									
3 Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 035 - > 30 kg/m³)	16,00	0,035																																																																																									
4 Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker, NM/DM (1800kg/m²)	8,00	0,810																																																																																									
<p>Fassade Schule und Musikerheim</p>	 <p><b>Fassade Schule</b> Gesamtdicke: 35,5 cm</p> <p style="text-align: right;"><b>U-Wert:</b> 0,788 W/(m² K)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;"></th> <th style="width: 15%; text-align: center;">d cm</th> <th style="width: 15%; text-align: center;">λ W/(m K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen</td> </tr> <tr> <td>1 Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk</td> <td style="text-align: center;">1,50</td> <td style="text-align: center;">1,000</td> </tr> <tr> <td>2 Hohlblöcke Hbl Gruppe 1, LM36 (600 kg/m²)</td> <td style="text-align: center;">24,00</td> <td style="text-align: center;">0,250</td> </tr> <tr> <td>3 Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker, NM/DM (1800kg/m²)</td> <td style="text-align: center;">10,00</td> <td style="text-align: center;">0,810</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>Zustand gut – jedoch könnte der Wärmeverlust über eine Dämmung deutlich reduziert werden</b></p>		d cm	λ W/(m K)	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen			1 Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	1,50	1,000	2 Hohlblöcke Hbl Gruppe 1, LM36 (600 kg/m²)	24,00	0,250	3 Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker, NM/DM (1800kg/m²)	10,00	0,810																																																																											
	d cm	λ W/(m K)																																																																																									
Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen																																																																																											
1 Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	1,50	1,000																																																																																									
2 Hohlblöcke Hbl Gruppe 1, LM36 (600 kg/m²)	24,00	0,250																																																																																									
3 Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker, NM/DM (1800kg/m²)	10,00	0,810																																																																																									
<p>Fassade Ganztagesschule</p>	 <p><b>Holzständerbauweise Ganztagesschule und Mensa</b> Gesamtdicke: 25,05 cm</p> <p style="text-align: right;"><b>U-Wert:</b> 0,186 W/(m² K)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;"></th> <th style="width: 15%; text-align: center;">d cm</th> <th style="width: 15%; text-align: center;">λ W/(m K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>A Konstruktionsholz / Konstruktionsholz (1,1 %)</b></td> </tr> <tr> <td>1 Gipskartonplatten (DIN 18180)</td> <td style="text-align: center;">1,25</td> <td style="text-align: center;">0,250</td> </tr> <tr> <td>2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)</td> <td style="text-align: center;">4,00</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>3 OSB-Platten (DIN 12524)</td> <td style="text-align: center;">1,80</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>4 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)</td> <td style="text-align: center;">16,00</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>5 Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 045)</td> <td style="text-align: center;">1,50</td> <td style="text-align: center;">0,045</td> </tr> <tr> <td>6 Metallwelle</td> <td style="text-align: center;">0,50</td> <td style="text-align: center;">50,000</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>B Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff / Konstruktionsholz (9,6 %)</b></td> </tr> <tr> <td>1 Gipskartonplatten (DIN 18180)</td> <td style="text-align: center;">1,25</td> <td style="text-align: center;">0,250</td> </tr> <tr> <td>2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)</td> <td style="text-align: center;">4,00</td> <td style="text-align: center;">0,035</td> </tr> <tr> <td>3 OSB-Platten (DIN 12524)</td> <td style="text-align: center;">1,80</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>4 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)</td> <td style="text-align: center;">16,00</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>5 Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 045)</td> <td style="text-align: center;">1,50</td> <td style="text-align: center;">0,045</td> </tr> <tr> <td>6 Metallwelle</td> <td style="text-align: center;">0,50</td> <td style="text-align: center;">50,000</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>C Konstruktionsholz / Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (9,6 %)</b></td> </tr> <tr> <td>1 Gipskartonplatten (DIN 18180)</td> <td style="text-align: center;">1,25</td> <td style="text-align: center;">0,250</td> </tr> <tr> <td>2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)</td> <td style="text-align: center;">4,00</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>3 OSB-Platten (DIN 12524)</td> <td style="text-align: center;">1,80</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>4 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)</td> <td style="text-align: center;">16,00</td> <td style="text-align: center;">0,035</td> </tr> <tr> <td>5 Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 045)</td> <td style="text-align: center;">1,50</td> <td style="text-align: center;">0,045</td> </tr> <tr> <td>6 Metallwelle</td> <td style="text-align: center;">0,50</td> <td style="text-align: center;">50,000</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>D Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff / Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (79,7 %)</b></td> </tr> <tr> <td>1 Gipskartonplatten (DIN 18180)</td> <td style="text-align: center;">1,25</td> <td style="text-align: center;">0,250</td> </tr> <tr> <td>2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)</td> <td style="text-align: center;">4,00</td> <td style="text-align: center;">0,035</td> </tr> <tr> <td>3 OSB-Platten (DIN 12524)</td> <td style="text-align: center;">1,80</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>4 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)</td> <td style="text-align: center;">16,00</td> <td style="text-align: center;">0,035</td> </tr> <tr> <td>5 Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 045)</td> <td style="text-align: center;">1,50</td> <td style="text-align: center;">0,045</td> </tr> <tr> <td>6 Metallwelle</td> <td style="text-align: center;">0,50</td> <td style="text-align: center;">50,000</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>Einwandfreier Zustand.</b></p>		d cm	λ W/(m K)	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen			<b>A Konstruktionsholz / Konstruktionsholz (1,1 %)</b>			1 Gipskartonplatten (DIN 18180)	1,25	0,250	2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	4,00	0,130	3 OSB-Platten (DIN 12524)	1,80	0,130	4 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	16,00	0,130	5 Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 045)	1,50	0,045	6 Metallwelle	0,50	50,000	<b>B Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff / Konstruktionsholz (9,6 %)</b>			1 Gipskartonplatten (DIN 18180)	1,25	0,250	2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	4,00	0,035	3 OSB-Platten (DIN 12524)	1,80	0,130	4 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	16,00	0,130	5 Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 045)	1,50	0,045	6 Metallwelle	0,50	50,000	<b>C Konstruktionsholz / Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (9,6 %)</b>			1 Gipskartonplatten (DIN 18180)	1,25	0,250	2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	4,00	0,130	3 OSB-Platten (DIN 12524)	1,80	0,130	4 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	16,00	0,035	5 Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 045)	1,50	0,045	6 Metallwelle	0,50	50,000	<b>D Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff / Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (79,7 %)</b>			1 Gipskartonplatten (DIN 18180)	1,25	0,250	2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	4,00	0,035	3 OSB-Platten (DIN 12524)	1,80	0,130	4 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	16,00	0,035	5 Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 045)	1,50	0,045	6 Metallwelle	0,50	50,000
	d cm	λ W/(m K)																																																																																									
Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen																																																																																											
<b>A Konstruktionsholz / Konstruktionsholz (1,1 %)</b>																																																																																											
1 Gipskartonplatten (DIN 18180)	1,25	0,250																																																																																									
2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	4,00	0,130																																																																																									
3 OSB-Platten (DIN 12524)	1,80	0,130																																																																																									
4 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	16,00	0,130																																																																																									
5 Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 045)	1,50	0,045																																																																																									
6 Metallwelle	0,50	50,000																																																																																									
<b>B Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff / Konstruktionsholz (9,6 %)</b>																																																																																											
1 Gipskartonplatten (DIN 18180)	1,25	0,250																																																																																									
2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	4,00	0,035																																																																																									
3 OSB-Platten (DIN 12524)	1,80	0,130																																																																																									
4 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	16,00	0,130																																																																																									
5 Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 045)	1,50	0,045																																																																																									
6 Metallwelle	0,50	50,000																																																																																									
<b>C Konstruktionsholz / Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (9,6 %)</b>																																																																																											
1 Gipskartonplatten (DIN 18180)	1,25	0,250																																																																																									
2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	4,00	0,130																																																																																									
3 OSB-Platten (DIN 12524)	1,80	0,130																																																																																									
4 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	16,00	0,035																																																																																									
5 Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 045)	1,50	0,045																																																																																									
6 Metallwelle	0,50	50,000																																																																																									
<b>D Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff / Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (79,7 %)</b>																																																																																											
1 Gipskartonplatten (DIN 18180)	1,25	0,250																																																																																									
2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	4,00	0,035																																																																																									
3 OSB-Platten (DIN 12524)	1,80	0,130																																																																																									
4 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	16,00	0,035																																																																																									
5 Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 045)	1,50	0,045																																																																																									
6 Metallwelle	0,50	50,000																																																																																									

Fassade DG Hauptgebäude	 <p><b>Holzständerbauweise DG Schule</b> Gesamtdicke: 15,25 cm</p> <p style="text-align: right;"><b>U-Wert:</b> 0,332 W/(m² K)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;"></th> <th style="width: 10%; text-align: center;">d cm</th> <th style="width: 10%; text-align: center;">λ W/(m K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3"><b>Bauteilaufbau:</b> Schichtenfolge von innen nach außen</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>A Konstruktionsholz (16,7 %)</b></td> </tr> <tr> <td>1 Gipskartonplatten (DIN 18180)</td> <td style="text-align: center;">1,25</td> <td style="text-align: center;">0,250</td> </tr> <tr> <td>2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)</td> <td style="text-align: center;">12,00</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>3 Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 045)</td> <td style="text-align: center;">1,50</td> <td style="text-align: center;">0,045</td> </tr> <tr> <td>4 Metallwelle</td> <td style="text-align: center;">0,50</td> <td style="text-align: center;">160,000</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>B Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (83,3 %)</b></td> </tr> <tr> <td>1 Gipskartonplatten (DIN 18180)</td> <td style="text-align: center;">1,25</td> <td style="text-align: center;">0,250</td> </tr> <tr> <td>2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)</td> <td style="text-align: center;">12,00</td> <td style="text-align: center;">0,035</td> </tr> <tr> <td>3 Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 045)</td> <td style="text-align: center;">1,50</td> <td style="text-align: center;">0,045</td> </tr> <tr> <td>4 Metallwelle</td> <td style="text-align: center;">0,50</td> <td style="text-align: center;">160,000</td> </tr> </tbody> </table>		d cm	λ W/(m K)	<b>Bauteilaufbau:</b> Schichtenfolge von innen nach außen			<b>A Konstruktionsholz (16,7 %)</b>			1 Gipskartonplatten (DIN 18180)	1,25	0,250	2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	12,00	0,130	3 Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 045)	1,50	0,045	4 Metallwelle	0,50	160,000	<b>B Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (83,3 %)</b>			1 Gipskartonplatten (DIN 18180)	1,25	0,250	2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	12,00	0,035	3 Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 045)	1,50	0,045	4 Metallwelle	0,50	160,000																																																																														
	d cm	λ W/(m K)																																																																																																																	
<b>Bauteilaufbau:</b> Schichtenfolge von innen nach außen																																																																																																																			
<b>A Konstruktionsholz (16,7 %)</b>																																																																																																																			
1 Gipskartonplatten (DIN 18180)	1,25	0,250																																																																																																																	
2 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	12,00	0,130																																																																																																																	
3 Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 045)	1,50	0,045																																																																																																																	
4 Metallwelle	0,50	160,000																																																																																																																	
<b>B Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (83,3 %)</b>																																																																																																																			
1 Gipskartonplatten (DIN 18180)	1,25	0,250																																																																																																																	
2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	12,00	0,035																																																																																																																	
3 Holzfaserdämmplatten (DIN 68755 - WLG 045)	1,50	0,045																																																																																																																	
4 Metallwelle	0,50	160,000																																																																																																																	
Boden über Luft der Ganztagesschule	 <p><b>Boden über Luft Anbau Mensa/Ganztagesschule</b> Gesamtdicke: 49,2 cm</p> <p style="text-align: right;"><b>U-Wert:</b> 0,133 W/(m² K)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;"></th> <th style="width: 10%; text-align: center;">d cm</th> <th style="width: 10%; text-align: center;">λ W/(m K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3"><b>Bauteilaufbau:</b> Schichtenfolge von innen nach außen</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>A Konstruktionsholz / IPE 450 (1,9 %)</b></td> </tr> <tr> <td>1 Linoleum (DIN 12524)</td> <td style="text-align: center;">1,00</td> <td style="text-align: center;">0,170</td> </tr> <tr> <td>2 Anhydrit-Estrich</td> <td style="text-align: center;">6,50</td> <td style="text-align: center;">1,200</td> </tr> <tr> <td>3 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 040)</td> <td style="text-align: center;">2,00</td> <td style="text-align: center;">0,040</td> </tr> <tr> <td>4 EPS (WLG 040 - &gt; 15 kg/m³)</td> <td style="text-align: center;">2,00</td> <td style="text-align: center;">0,040</td> </tr> <tr> <td>5 OSB-Platten (DIN 12524)</td> <td style="text-align: center;">2,20</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>6 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)</td> <td style="text-align: center;">24,00</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>7 OSB-Platten (DIN 12524)</td> <td style="text-align: center;">1,50</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>8 IPE 450</td> <td style="text-align: center;">10,00</td> <td style="text-align: center;">17,000</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>B Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff / IPE 450 (11,9 %)</b></td> </tr> <tr> <td>1 Linoleum (DIN 12524)</td> <td style="text-align: center;">1,00</td> <td style="text-align: center;">0,170</td> </tr> <tr> <td>2 Anhydrit-Estrich</td> <td style="text-align: center;">6,50</td> <td style="text-align: center;">1,200</td> </tr> <tr> <td>3 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 040)</td> <td style="text-align: center;">2,00</td> <td style="text-align: center;">0,040</td> </tr> <tr> <td>4 EPS (WLG 040 - &gt; 15 kg/m³)</td> <td style="text-align: center;">2,00</td> <td style="text-align: center;">0,040</td> </tr> <tr> <td>5 OSB-Platten (DIN 12524)</td> <td style="text-align: center;">2,20</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>6 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)</td> <td style="text-align: center;">24,00</td> <td style="text-align: center;">0,035</td> </tr> <tr> <td>7 OSB-Platten (DIN 12524)</td> <td style="text-align: center;">1,50</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>8 IPE 450</td> <td style="text-align: center;">10,00</td> <td style="text-align: center;">17,000</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>C Konstruktionsholz / Sauerkrautplatten (11,9 %)</b></td> </tr> <tr> <td>1 Linoleum (DIN 12524)</td> <td style="text-align: center;">1,00</td> <td style="text-align: center;">0,170</td> </tr> <tr> <td>2 Anhydrit-Estrich</td> <td style="text-align: center;">6,50</td> <td style="text-align: center;">1,200</td> </tr> <tr> <td>3 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 040)</td> <td style="text-align: center;">2,00</td> <td style="text-align: center;">0,040</td> </tr> <tr> <td>4 EPS (WLG 040 - &gt; 15 kg/m³)</td> <td style="text-align: center;">2,00</td> <td style="text-align: center;">0,040</td> </tr> <tr> <td>5 OSB-Platten (DIN 12524)</td> <td style="text-align: center;">2,20</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>6 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)</td> <td style="text-align: center;">24,00</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>7 OSB-Platten (DIN 12524)</td> <td style="text-align: center;">1,50</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>8 Sauerkrautplatten (WLG 070)</td> <td style="text-align: center;">10,00</td> <td style="text-align: center;">0,070</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>D Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff / Sauerkrautplatten (74,3 %)</b></td> </tr> <tr> <td>1 Linoleum (DIN 12524)</td> <td style="text-align: center;">1,00</td> <td style="text-align: center;">0,170</td> </tr> <tr> <td>2 Anhydrit-Estrich</td> <td style="text-align: center;">6,50</td> <td style="text-align: center;">1,200</td> </tr> <tr> <td>3 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 040)</td> <td style="text-align: center;">2,00</td> <td style="text-align: center;">0,040</td> </tr> <tr> <td>4 EPS (WLG 040 - &gt; 15 kg/m³)</td> <td style="text-align: center;">2,00</td> <td style="text-align: center;">0,040</td> </tr> <tr> <td>5 OSB-Platten (DIN 12524)</td> <td style="text-align: center;">2,20</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>6 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)</td> <td style="text-align: center;">24,00</td> <td style="text-align: center;">0,035</td> </tr> <tr> <td>7 OSB-Platten (DIN 12524)</td> <td style="text-align: center;">1,50</td> <td style="text-align: center;">0,130</td> </tr> <tr> <td>8 Sauerkrautplatten (WLG 070)</td> <td style="text-align: center;">10,00</td> <td style="text-align: center;">0,070</td> </tr> </tbody> </table> <p>Sehr guter Zustand</p>		d cm	λ W/(m K)	<b>Bauteilaufbau:</b> Schichtenfolge von innen nach außen			<b>A Konstruktionsholz / IPE 450 (1,9 %)</b>			1 Linoleum (DIN 12524)	1,00	0,170	2 Anhydrit-Estrich	6,50	1,200	3 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 040)	2,00	0,040	4 EPS (WLG 040 - > 15 kg/m³)	2,00	0,040	5 OSB-Platten (DIN 12524)	2,20	0,130	6 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	24,00	0,130	7 OSB-Platten (DIN 12524)	1,50	0,130	8 IPE 450	10,00	17,000	<b>B Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff / IPE 450 (11,9 %)</b>			1 Linoleum (DIN 12524)	1,00	0,170	2 Anhydrit-Estrich	6,50	1,200	3 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 040)	2,00	0,040	4 EPS (WLG 040 - > 15 kg/m³)	2,00	0,040	5 OSB-Platten (DIN 12524)	2,20	0,130	6 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	24,00	0,035	7 OSB-Platten (DIN 12524)	1,50	0,130	8 IPE 450	10,00	17,000	<b>C Konstruktionsholz / Sauerkrautplatten (11,9 %)</b>			1 Linoleum (DIN 12524)	1,00	0,170	2 Anhydrit-Estrich	6,50	1,200	3 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 040)	2,00	0,040	4 EPS (WLG 040 - > 15 kg/m³)	2,00	0,040	5 OSB-Platten (DIN 12524)	2,20	0,130	6 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	24,00	0,130	7 OSB-Platten (DIN 12524)	1,50	0,130	8 Sauerkrautplatten (WLG 070)	10,00	0,070	<b>D Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff / Sauerkrautplatten (74,3 %)</b>			1 Linoleum (DIN 12524)	1,00	0,170	2 Anhydrit-Estrich	6,50	1,200	3 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 040)	2,00	0,040	4 EPS (WLG 040 - > 15 kg/m³)	2,00	0,040	5 OSB-Platten (DIN 12524)	2,20	0,130	6 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	24,00	0,035	7 OSB-Platten (DIN 12524)	1,50	0,130	8 Sauerkrautplatten (WLG 070)	10,00	0,070
	d cm	λ W/(m K)																																																																																																																	
<b>Bauteilaufbau:</b> Schichtenfolge von innen nach außen																																																																																																																			
<b>A Konstruktionsholz / IPE 450 (1,9 %)</b>																																																																																																																			
1 Linoleum (DIN 12524)	1,00	0,170																																																																																																																	
2 Anhydrit-Estrich	6,50	1,200																																																																																																																	
3 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 040)	2,00	0,040																																																																																																																	
4 EPS (WLG 040 - > 15 kg/m³)	2,00	0,040																																																																																																																	
5 OSB-Platten (DIN 12524)	2,20	0,130																																																																																																																	
6 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	24,00	0,130																																																																																																																	
7 OSB-Platten (DIN 12524)	1,50	0,130																																																																																																																	
8 IPE 450	10,00	17,000																																																																																																																	
<b>B Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff / IPE 450 (11,9 %)</b>																																																																																																																			
1 Linoleum (DIN 12524)	1,00	0,170																																																																																																																	
2 Anhydrit-Estrich	6,50	1,200																																																																																																																	
3 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 040)	2,00	0,040																																																																																																																	
4 EPS (WLG 040 - > 15 kg/m³)	2,00	0,040																																																																																																																	
5 OSB-Platten (DIN 12524)	2,20	0,130																																																																																																																	
6 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	24,00	0,035																																																																																																																	
7 OSB-Platten (DIN 12524)	1,50	0,130																																																																																																																	
8 IPE 450	10,00	17,000																																																																																																																	
<b>C Konstruktionsholz / Sauerkrautplatten (11,9 %)</b>																																																																																																																			
1 Linoleum (DIN 12524)	1,00	0,170																																																																																																																	
2 Anhydrit-Estrich	6,50	1,200																																																																																																																	
3 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 040)	2,00	0,040																																																																																																																	
4 EPS (WLG 040 - > 15 kg/m³)	2,00	0,040																																																																																																																	
5 OSB-Platten (DIN 12524)	2,20	0,130																																																																																																																	
6 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)	24,00	0,130																																																																																																																	
7 OSB-Platten (DIN 12524)	1,50	0,130																																																																																																																	
8 Sauerkrautplatten (WLG 070)	10,00	0,070																																																																																																																	
<b>D Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff / Sauerkrautplatten (74,3 %)</b>																																																																																																																			
1 Linoleum (DIN 12524)	1,00	0,170																																																																																																																	
2 Anhydrit-Estrich	6,50	1,200																																																																																																																	
3 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 040)	2,00	0,040																																																																																																																	
4 EPS (WLG 040 - > 15 kg/m³)	2,00	0,040																																																																																																																	
5 OSB-Platten (DIN 12524)	2,20	0,130																																																																																																																	
6 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	24,00	0,035																																																																																																																	
7 OSB-Platten (DIN 12524)	1,50	0,130																																																																																																																	
8 Sauerkrautplatten (WLG 070)	10,00	0,070																																																																																																																	
Bodenplatte	Massive Betonbodenplatte – Zustand verbesserungsfähig																																																																																																																		
Fenster (Hauptgebäude und Musikerheim)	Zweifachverglaste Alurahmenfenster aus dem Baujahr 1986 – Zustand aus technischer Sicht okay, aus energetischer Sicht verbesserungswürdig																																																																																																																		
Fenster (Ganztagesschule)	Zweifachverglaste Alurahmenfenster aus dem Jahr 2009 – guter Zustand																																																																																																																		
Fenster (Schwimmbad)	Dreifachverglaste Fenster – sehr guter Zustand																																																																																																																		



CAD -Modell

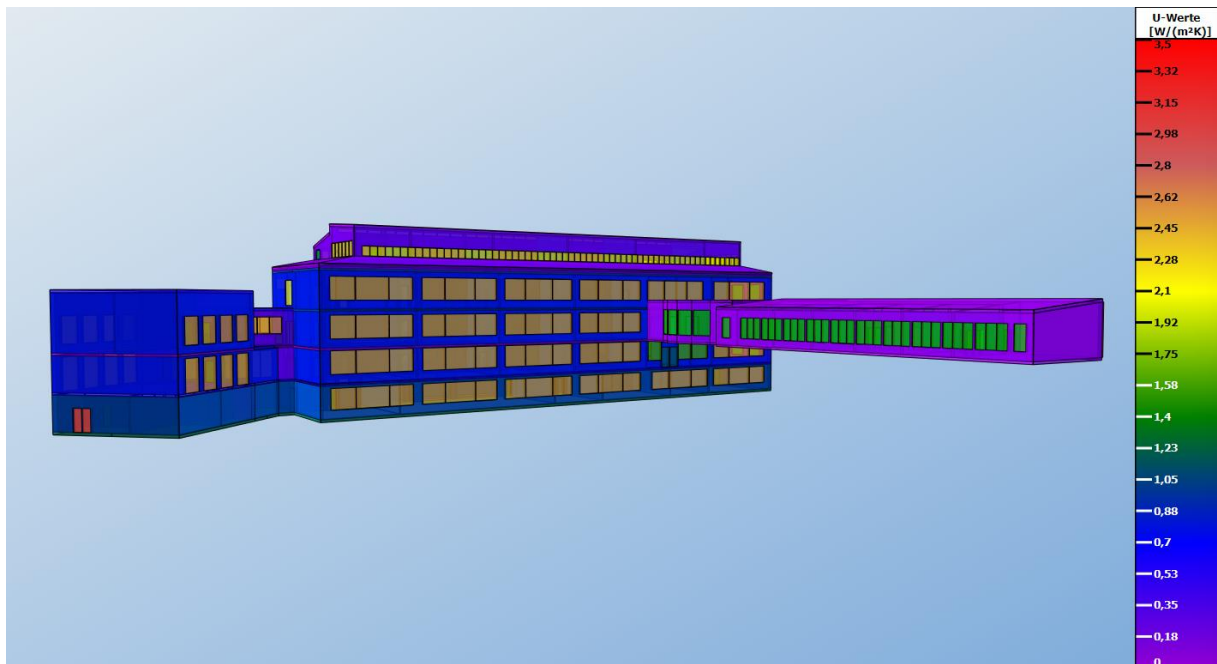
### Bestehende U-Werte und U-Wert-Anforderungen bei Sanierung

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach Hauptgebäude	0,229	0,20	0,14
Dach Musikpavillon	0,6	0,20	0,14
Dach Ganztageschule	0,189	0,20	0,14
Außenwand Hauptgebäude und Musikpavillon	0,788	0,24	0,20
Außenwand DG Hauptgebäude	0,332	0,24	0,20
Außenwand Ganztageschule	0,186	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	1,0	0,30	0,25
Kellerdecke Musikpavillon	0,6	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,2	0,50	0,35
Boden gegen Luft Ganztageschule	0,133	0,50	0,25
Fenster Alu 2-fach BJ 1989	2,5	1,3	0,95
Fenster Alu 2-fach BJ 2009	1,4	1,3	0,95
Außenwand Nord Schulgebäude	0,186	0,24	2,0
Außentüre	1,1	1,8	1,3

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$ ) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045 \text{ W/(mK)}$  einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von  $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

\*\*) Die Anforderungen an U-Werte sind bei der Sanierung der jeweiligen Bauteile für eine Förderungen als Einzelmaßnahme einzuhalten (siehe Technische Mindestanforderungen zum Programm Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen)

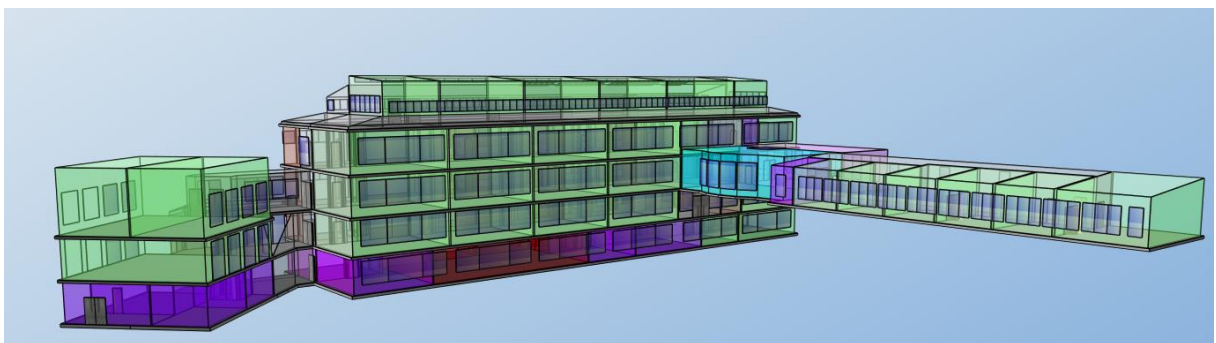
U-Werte sind ein Maß dafür, wie gut ein Bauteil Wärme leitet. Je niedriger der U-Wert, desto besser ist die Wärmedämmung des Bauteils. Ein niedriger U-Wert bedeutet, dass weniger Wärme durch das Bauteil verloren geht, was zu einer insgesamt effizienteren Gebäudehülle führt. Daher ist es wichtig, die U-Werte der Bauteile zu kennen und gegebenenfalls durch eine energetische Sanierung zu verbessern, um den Energieverbrauch und die Heizkosten zu senken.



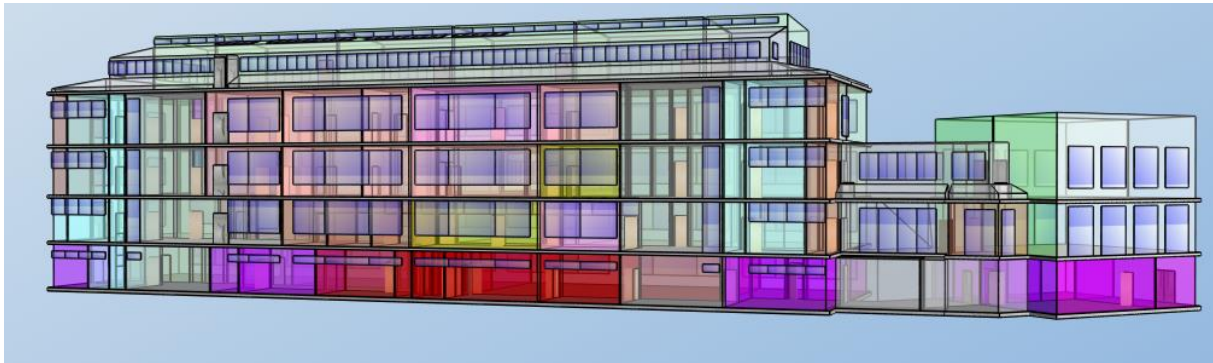
U-Werte Ost-Ansicht

## Zonierung

Die Zonierung von Nichtwohngebäuden gemäß DIN 18599 bezieht sich auf die Einteilung eines Gebäudes in verschiedene Zonen, basierend auf den jeweiligen Nutzungsanforderungen und den thermischen Bedingungen. Diese Zonierung ermöglicht eine differenzierte Betrachtung und Bewertung der energetischen Eigenschaften und Anforderungen verschiedener Bereiche innerhalb des Gebäudes. Durch die Zonierung können gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und des Raumkomforts umgesetzt werden, um den Energieverbrauch zu reduzieren und das Raumklima zu optimieren.



Zonen Ost-Seite



Zonen West-Seite

Nr.	Zone	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Anteil [%]	Konditionierung
1	Büroräume (Sekretariat etc.)	177	3,5%	Heizung + Beleuchtung
2	Klassenzimmer (Unterrichtsräume)	2.007	39%	Heizung + Beleuchtung
3	WC-Räume	335,4	2,6%	Heizung + Beleuchtung + Abluft
4	Verkehrsfläche (beheizt)	1.600	31,8%	Heizung + Beleuchtung
5	Kantine	137	2,7%	Heizung + Beleuchtung + Abluft- und Zuluftanlage
6	Beheizte Lagerräume	301	5,9%	Heizung + Beleuchtung
7	Nebenflächen ohne Aufenthalt	98	1,9%	Heizung + Beleuchtung
8	Lehrschwimmhalle inkl. Duschbereich	285	5,6%	Heizung + Beleuchtung + Warmwasser + Abluft- und Zuluftanlage
9	Besprechungsräume	171	3,4%	Heizung + Beleuchtung
10	Schulbibliothek	58	1,1	Heizung + Beleuchtung

## Anlagentechnik

### Heizung:

Bereich                      Heizwärme-Erzeugung 1  
 Zentralheizung        - NT-Gebälse-Kessel von 2009 - Nennleistung 500,00 kW  
                                   Energieträger: Erdgas E  
                                   - BHKW  
                                   Energieträger: Erdgas E

**Warmwasser:**

Bereich Warmwasser-Erzeugung 1  
 Zentrales TWW Über Brennwertkessel  
 von 2009 - Nennleistung 500,00 kW  
 + das Blockheizkraftwerk



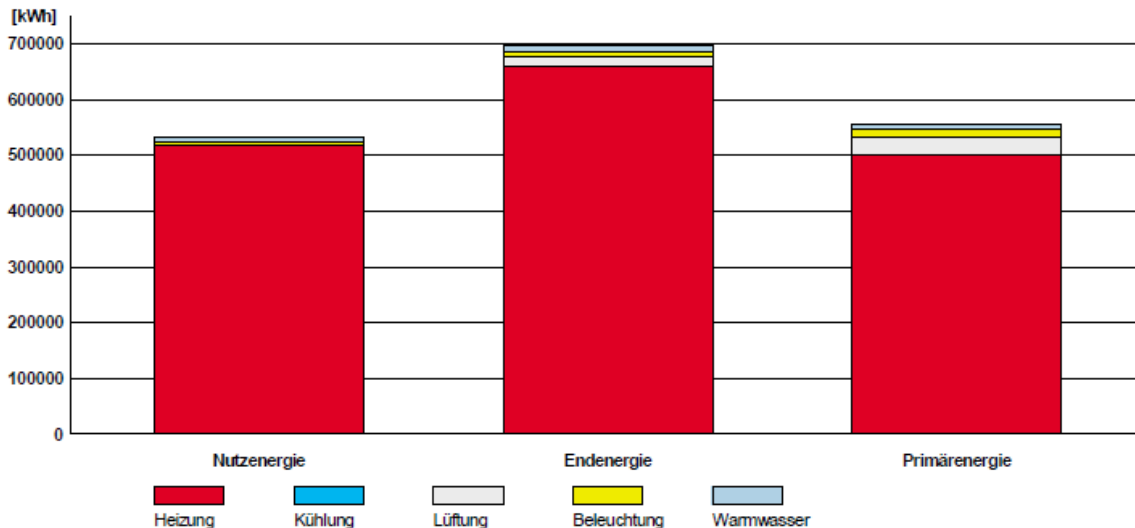
Bauteil	Zustand	Energetische Bewertung
Wärmeerzeuger	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Viessmann VITOCROSSAL 300 BJ. 2009</li> <li>- BHKW – SOKRATHERM GG 50 A</li> </ul>	Okay  gut
Pufferspeicher	4 x Viessmann 500 l Bj, 2009	gut
Heizungsrohre	gedämmt	gut
Heizungspumpen	geregelt	gut
Wärmeübergabe	Stahl-Röhrenradiatoren	schlecht
Raumlufttechnik	Zu- und Abluftanlage	okay

**Bedarfs- und Verbrauchsangaben**

Der Berechnung dieses Berichts wurden das GEG-Standard-Nutzerverhalten und die Standard-Klimabedingungen für Deutschland zugrunde gelegt. Daher können aus den Ergebnissen keine Rückschlüsse auf die absolute Höhe des Brennstoffverbrauchs gezogen werden

**Energiebilanz für das Gebäude:**

in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser
Nutzenergie	533931	519349	0	0	5582	9000
	106,33	103,43	0	0	1,11	1,79
Endenergie	696159	659474	0	16837	8632	11216
	138,64	131,34	0	3,35	1,72	2,23
Primärenergie	555588	501467	0	30306	15537	8278
	110,65	99,87	0	6,04	3,09	1,65



Bei der Berechnung des Energiebedarfs eines Gebäudes gemäß den Vorgaben von Normen wie DIN 18599 oder EnEV (Energieeinsparverordnung) werden standardisierte Annahmen für das Nutzerverhalten und die klimatischen Bedingungen an einem Norm-Standort verwendet. Dies ermöglicht einen Vergleich des Energiebedarfs verschiedener Gebäude unter vergleichbaren Bedingungen.

Allerdings kann es zu Abweichungen zwischen dem berechneten Energiebedarf und dem tatsächlich gemessenen Energieverbrauch kommen, da individuelle Nutzerverhalten und die tatsächlichen klimatischen Bedingungen vor Ort nicht vollständig berücksichtigt werden. Beispielsweise können unterschiedliche Nutzungsmuster, Raumtemperaturen oder Lüftungsgewohnheiten der Nutzer zu variablen Energieverbrauchsmustern führen.

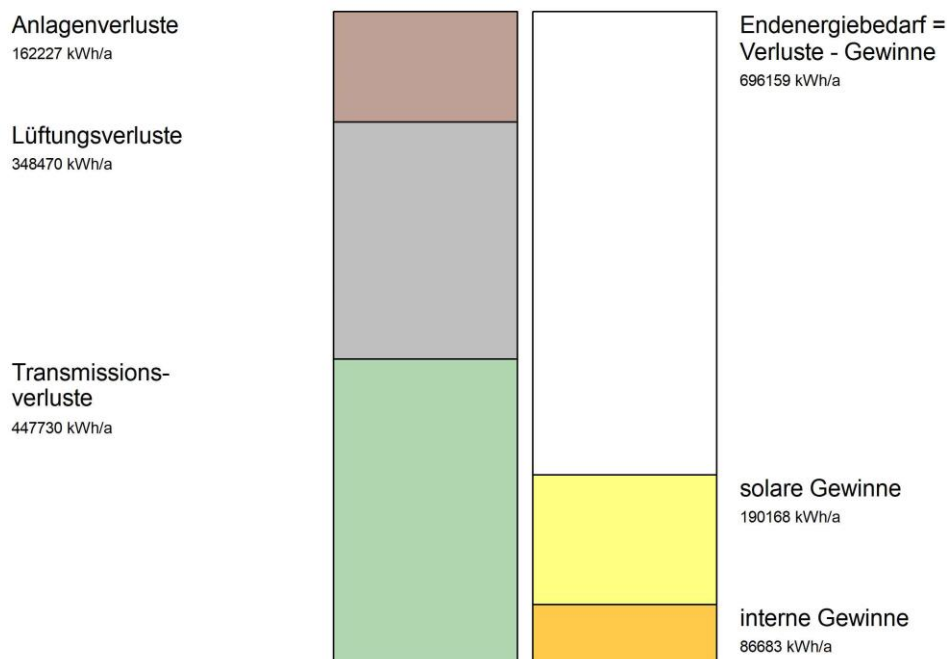
Deshalb ist es wichtig, dass bei der Interpretation von Energieverbrauchsdaten die individuellen Gegebenheiten und Nutzungsbedingungen eines Gebäudes berücksichtigt werden. Dies ermöglicht eine präzisere Analyse und Optimierung des tatsächlichen Energieverbrauchs sowie die Identifizierung von Potenzialen zur Energieeinsparung und Effizienzsteigerung.

Jahr	Energiebedarf [kWh] (DIN 18599)	Energieverbrauch [kWh]	Abweichung [%]
2022	696.159	300.923	-57,8%
2021	696.159	391.131	-44,9%
2020	696.159	415.022	-41,4%

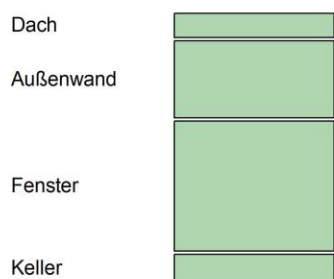
## Energiebilanz

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle, durch den Luftwechsel sowie bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie.

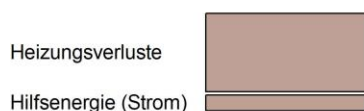
In dem folgenden Diagramm ist die Energiebilanz für die Raumwärme aus Wärmegewinnen und Wärmeverlusten der Gebäudehülle und der Anlagentechnik dargestellt.



Die Aufteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteilgruppen - Dach - Außenwand - Fenster - Keller - und der Anlagenverluste auf die Bereiche - Heizung - Warmwasser - Hilfsenergie (Strom) - können Sie den folgenden Diagrammen entnehmen. Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich die Energie verloren geht, bzw. wo zurzeit die größten Einsparpotenziale in Ihrem Gebäude liegen.



Aufteilung der Transmissionsverluste



Aufteilung der Anlagenverluste



## Bewertung des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m<sup>2</sup> Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 111 kWh/m<sup>2</sup>a.

### Gesamtbewertung

Primärenergiebedarf

Ist-Zustand: 111 kWh/m<sup>2</sup>a



## Sanierung des Gebäudes

### Variante 1: Heizungsoptimierung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

#### **Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 1 -**

keine Maßnahme

#### **Anlagentechnik - Variante 1 -**

##### **Heizung:**

Bereich	Heizwärme-Erzeugung 1
Zentralheizung	- NT-Gebläse-Kessel von 2009 - Nennleistung 500,00 kW Energieträger: Erdgas E - BHKW Energieträger: Erdgas E

##### **Warmwasser:**

Bereich	Warmwasser-Erzeugung 1
Zentrales TWW	Über Brennwertkessel von 2009 - Nennleistung 500,00 kW + das Blockheizkraftwerk

#### **Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** keine Maßnahmen

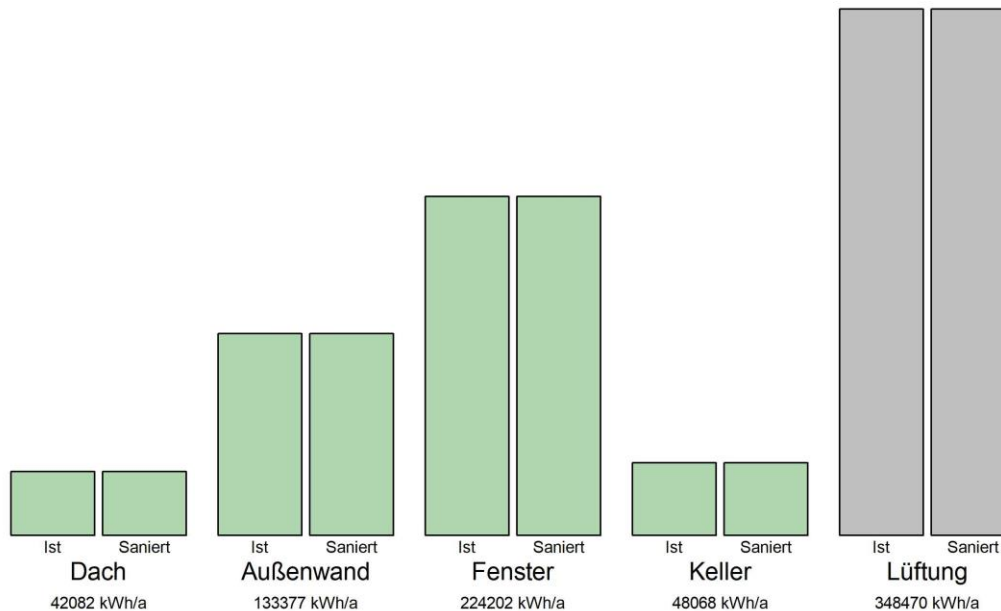
#### **Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage**

- Einbau programmierbarer Heizkörperthermostate

## Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **8 %**.

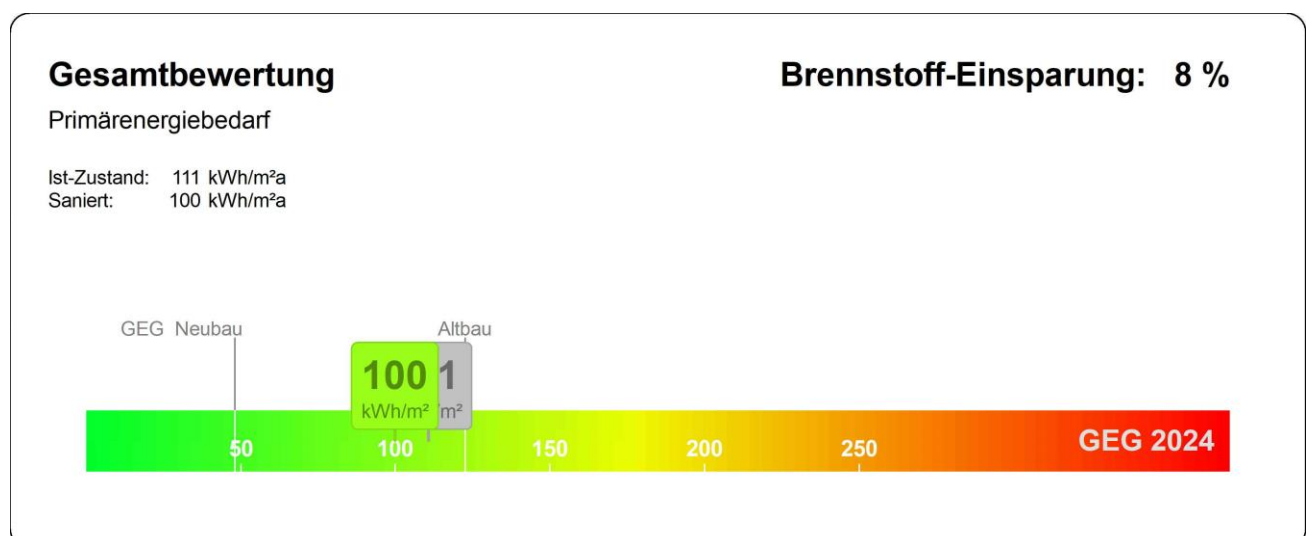
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 696.159 kWh/Jahr reduziert sich auf 641.876 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 54.282 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 11.785 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **100 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	11.200 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	0 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	:	<b>11.200 EUR</b>
--	---	-------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	771 EUR/Jahr	23.130 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 67.683 EUR/Jahr	+ 2.030.490 EUR
	<u>68.454 EUR/Jahr</u>	<u>2.053.620 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	72.171 EUR/Jahr	2.165.130 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>3.717 EUR/Jahr</b>	<b>111.510 EUR</b>

Die Amortisationsdauer beträgt 5 Jahre.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	43.319 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	40.240 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	29,13 %

## Variante 2: Fenstersanierung (Altbau)

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 2 -

Tausch der Fenster im Hauptgebäude und im Musikpavillon gegen dreifachverglaste Fenster.

#### Bestehende U-Werte und U-Wert-Anforderungen bei Sanierung

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach Hauptgebäude	0,229	0,20	0,14
Dach Musikpavillon	0,6	0,20	0,14
Dach Ganztageschule	0,189	0,20	0,14
Außenwand Hauptgebäude und Musikpavillon	0,788	0,24	0,20
Außenwand DG Hauptgebäude	0,332	0,24	0,20
Außenwand Ganztageschule	0,186	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	1,0	0,30	0,25
Kellerdecke Musikpavillon	0,6	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,2	0,50	0,35
Boden gegen Luft Ganztageschule	0,133	0,50	0,25
Fenster Alu 2-fach BJ 1989 → tausch auf dreifachverglaste Fenster	0,95	1,3	0,95
Fenster Alu 2-fach BJ 2009	1,4	1,3	0,95
Außenwand Nord Schulgebäude	0,186	0,24	2,0
Außentüre	1,1	1,8	1,3

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$ ) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045 \text{ W/(mK)}$  einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von  $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

\*\*) Die Anforderungen an U-Werte sind bei der Sanierung der jeweiligen Bauteile für eine Förderungen als Einzelmaßnahme einzuhalten (siehe Technische Mindestanforderungen zum Programm Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen)

Die Alurahmenfenster im Hauptgebäude und im Musikpavillon haben in den nächsten Jahren die übliche Nutzungsdauer erreicht und sollten gegen neue 3-fach verglaste Fenster getauscht werden, da es an den Anschlüssen zur Außenwand Wärmeverluste und Zugerscheinungen gibt. Die Umsetzung dieser Sanierungsmaßnahme bietet sich in einem Zug mit der Fassadendämmung an.

#### Fensterfalzlüfter

Da durch die Sanierungsmaßnahme die Gebäudehülle dichter wird, empfiehlt es sich Fensterfalzlüfter im Fensterrahmen zu integrieren, falls keine Lüftungsanlage geplant ist. Die Fensterfalzlüfter garantieren den nutzerunabhängigen Mindestluftwechsel zur Vermeidung von Schimmel- und Feuchtigkeitsproblemen.

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten Fenster:  $U_w$ -Wert = 0,95 W/m<sup>2</sup>K

Das bringt es:

Der Austausch der Fenster bewirkt gleichmäßig warme Räume und verhindern Zugserscheinungen. Dadurch wird die Behaglichkeit erhöht.

Durch den Einbau von Fenstern mit niedrigem g-Wert und / oder zusätzlichem Sonnenschutz verbessert sich der sommerliche Wärmeschutz des Gebäudes.

#### **Hinweise:**

Beim Austausch der Fenster muss darauf geachtet werden, dass die U-Werte der Wände besser sind als die  $U_w$ -Werte der Fenster nach Einbau.

Die Einbauebene der Fenster und der Tür wird an die Außenkante des Mauerwerks verlegt.

Die Abdichtung der Anschlussfuge erfolgt in Anlehnung an die RAL-Richtlinie. Sämtliche Wärmebrücken sind nach DIN 4108 Bbl. 2 auszuführen.

Nach der Sanierung sollte das Lüftungsverhalten angepasst oder eine andere Lüftungstechnische Maßnahme ergriffen werden, da der Luftwechsellustausch geringer sein wird.

#### **Fördermittel**

Mit diesem Zielwert wären nach aktuellen Richtlinien BAFA-Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: 15 %

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit 50 % gefördert.

#### **Kostenschätzung**

Kosten Fenster:

Gesamtinvestitionskosten: 680.000 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten): 535.000 EUR

Umsetzungszeitraum: sobald bestehende Fenster reparaturbedürftig sind

#### **Lüftungskonzept:**

Bei Durchführung dieser Sanierungsmaßnahme ist die Erstellung eines Lüftungskonzepts erforderlich. Das Ziel des Lüftungskonzepts ist es, einen ausreichenden Mindestluftwechsel zum Feuchtschutz sicherzustellen.

## **Anlagentechnik - Variante 2 -**

#### **Heizung:**

Bereich	Heizwärme-Erzeugung 1
Zentralheizung	- NT-Gebälse-Kessel von 2009 - Nennleistung 500,00 kW Energieträger: Erdgas E - BHKW Energieträger: Erdgas E

#### **Warmwasser:**

Bereich	Warmwasser-Erzeugung 1
Zentrales TWW	Über Brennwertkessel von 2009 - Nennleistung 500,00 kW

## **Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** keine Maßnahmen

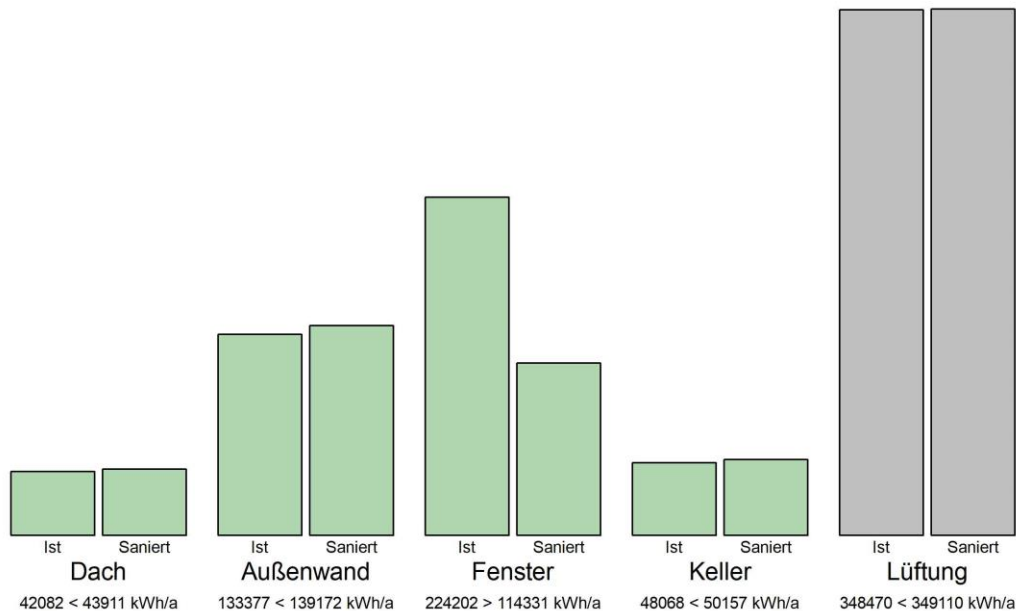
## **Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage**

- Einbau programmierbarer Heizkörperthermostate

## Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **20 %**.

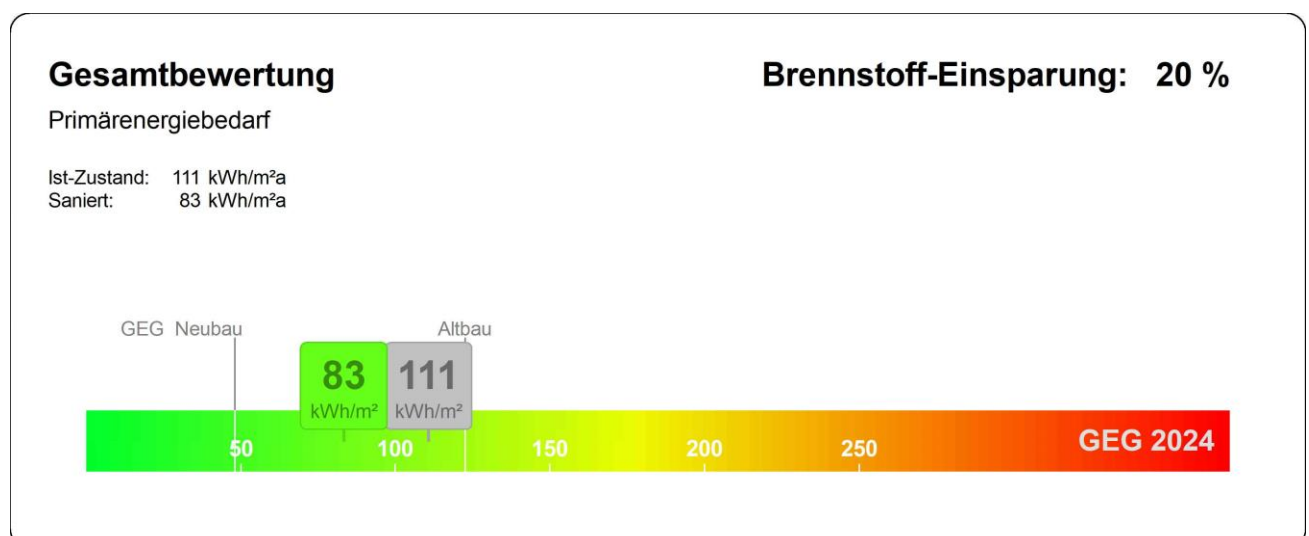
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 696.159 kWh/Jahr reduziert sich auf 558.111 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 138.048 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 29.912 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **83 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.





## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	680.000 EUR
Gesamtinvestitionen (abzüglich Förderung)	:	578.000 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	401.938 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>176.062 EUR</b>
--	----------	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	12.114 EUR/Jahr	363.420 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 66.615 EUR/Jahr	+ 1.998.450 EUR
	<u>78.729 EUR/Jahr</u>	<u>2.361.870 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	72.171 EUR/Jahr	2.165.130 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>-6.558 EUR/Jahr</b>	<b>-196.740 EUR</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	43.319 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	35.511 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	4,23 %

## Variante 3: Außenwanddämmung Altbau

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 3 -

**Außenwände im  
Hauptgebäude und  
Musikpavillon:**

Dämmung 14 cm WLS 035

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach Hauptgebäude	0,229	0,20	0,14
Dach Musikpavillon	0,6	0,20	0,14
Dach Ganztageschule	0,189	0,20	0,14
Außenwand Hauptgebäude und Musikpavillon	0,20	0,24	0,20
Außenwand DG Hauptgebäude	0,332	0,24	0,20
Außenwand Ganztageschule	0,186	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	1,0	0,30	0,25
Kellerdecke Musikpavillon	0,6	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,2	0,50	0,35
Boden gegen Luft Ganztageschule	0,133	0,50	0,25
Fenster Alu 2-fach BJ 1989 → tausch auf dreifachverglaste Fenster	0,95	1,3	0,95
Fenster Alu 2-fach BJ 2009	1,4	1,3	0,95
Außenwand Nord Schulgebäude	0,186	0,24	2,0
Außentüre	1,1	1,8	1,3

#### U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

#### Beschreibung:

Mit aktuellen Annahmen sind folgende Varianten möglich:

V1: Wärmedämmverbundsystem als Polystyrol-Partikelschaum ausführen

V2: Wärmedämmverbundsystem als Holzfaserdämmung ausführen

V3: Wärmedämmverbundsystem als Mineralfaserdämmung ausführen

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten der an Außenluft grenzenden Außenwand: U-Wert = 0,20 W/m<sup>2</sup>K

**Das bringt es:**

Dämmmaßnahmen bewirken gleichmäßig warme Räume. Dadurch wird die Behaglichkeit erhöht.

Reduzierung des Heizenergieverbrauchs.

**Hinweise:**

Sämtliche Wärmebrücken sind nach DIN 4108 Bbl. 2 auszuführen. Durch die Dämmung sind Heizkreise und Regelung erneut an das Gebäude anzupassen. Das Lüftungsverhalten muss angepasst werden, da die Gebäudehülle dichter ist als vor der Sanierung.

**Fördermittel:**

Mit diesem Zielwert wären nach aktuellen Richtlinien BAFA-Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: 15 %

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit 50 % gefördert.

**Kostenschätzung**Kosten Außenwand:

Investitionskosten: 326.000 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten) 178.000 EUR

Umsetzungszeitraum: Bietet sich in Kombination mit dem Fenstertausch an

Lüftungskonzept:

Bei Durchführung dieser Sanierungsmaßnahme ist die Erstellung eines Lüftungskonzepts erforderlich. Das Ziel des Lüftungskonzepts ist es, einen ausreichenden Mindestluftwechsel zum Feuchtschutz sicherzustellen.

**Anlagentechnik - Variante 3 -****Heizung:**

Bereich	Heizwärme-Erzeugung 1
Zentralheizung	- NT-Gebälse-Kessel von 2009 - Nennleistung 500,00 kW Energieträger: Erdgas E - BHKW Energieträger: Erdgas E

**Warmwasser:**

Bereich	Warmwasser-Erzeugung 1
Zentrales TWW	Über Brennwertkessel von 2009 - Nennleistung 500,00 kW + das Blockheizkraftwerk

**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** keine Maßnahmen

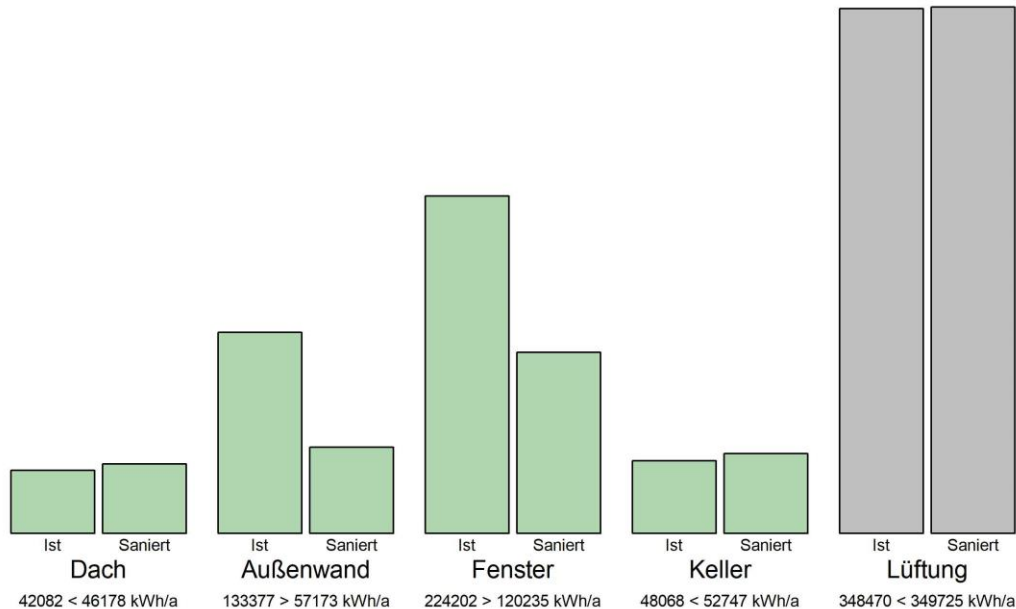
### **Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage**

- Einbau programmierbarer Heizkörperthermostate

## Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **30 %**.

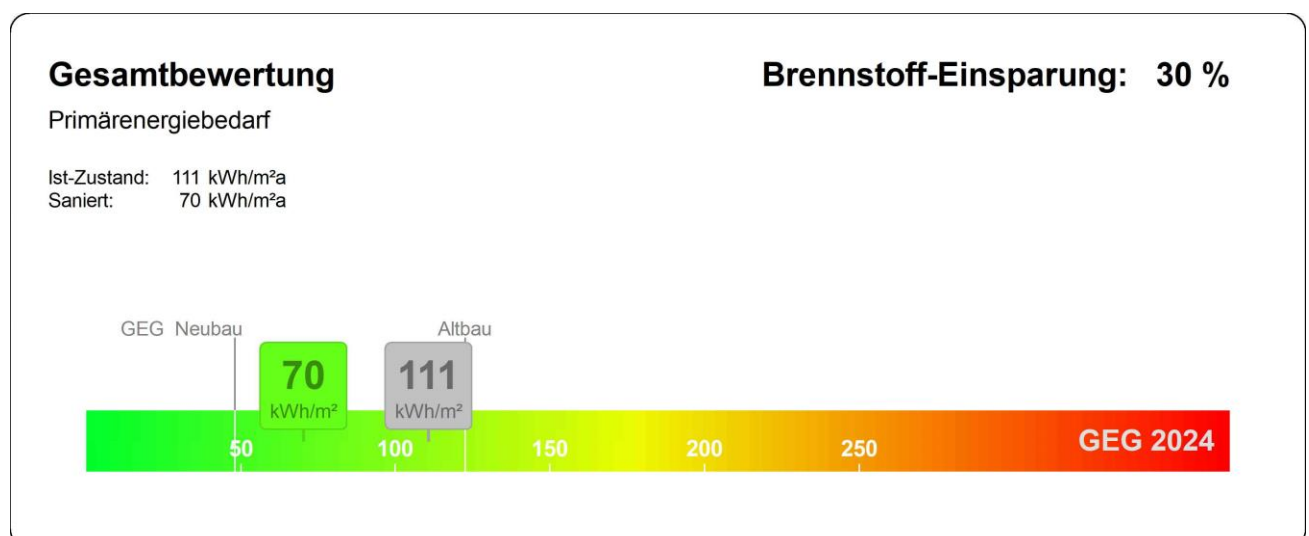
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 696.159 kWh/Jahr reduziert sich auf 488.098 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 208.060 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 45.121 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **70 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	1.018.000 EUR
Gesamtinvestitionen (abzüglich Förderung)	:	866.300 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	505.635 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>360.665 EUR</b>
--	----------	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	24.816 EUR/Jahr	744.480 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 59.323 EUR/Jahr	+ 1.779.690 EUR
	<u>84.139 EUR/Jahr</u>	<u>2.524.170 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	72.171 EUR/Jahr	2.165.130 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>-11.968 EUR/Jahr</b>	<b>-359.040 EUR</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	43.319 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	31.536 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	4,13 %

## Variante 4: Lüftung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 4 -

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach Hauptgebäude	0,229	0,20	0,14
Dach Musikpavillon	0,6	0,20	0,14
Dach Ganztageschule	0,189	0,20	0,14
Außenwand Hauptgebäude und Musikpavillon	0,20	0,24	0,20
Außenwand DG Hauptgebäude	0,332	0,24	0,20
Außenwand Ganztageschule	0,186	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	1,0	0,30	0,25
Kellerdecke Musikpavillon	0,6	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,2	0,50	0,35
Boden gegen Luft Ganztageschule	0,133	0,50	0,25
Fenster Alu 2-fach BJ 1989 → tausch auf dreifachverglaste Fenster	0,95	1,3	0,95
Fenster Alu 2-fach BJ 2009	1,4	1,3	0,95
Außenwand Nord Schulgebäude	0,186	0,24	2,0
Außentüre	1,1	1,8	1,3

#### U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

- \*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.
- \*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

### Anlagentechnik - Variante 4 -

#### Heizung:

- |                |   |
|----------------|---|
| Bereich        | Heizwärme-Erzeugung 1                                 |
| Zentralheizung | - NT-Gebläse-Kessel von 2009 - Nennleistung 500,00 kW |
|                | Energieträger: Erdgas E                               |
|                | - BHKW  |
|                | Energieträger: Erdgas E                               |

**Warmwasser:**

Bereich Warmwasser-Erzeugung 1  
Zentrales TWW Über Brennwertkessel  
von 2009 - Nennleistung 500,00 kW  
+ das Blockheizkraftwerk

**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Da das Gebäude durch Dämmmaßnahmen immer dichter wird, verringert sich die natürliche Infiltration über Leckage an der Gebäudehülle, dadurch sollten Maßnahmen zum Feuchteschutz ergriffen werden. Im Zuge der Dämmmaßnahmen, bietet es sich an eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung zu installieren, um den Mindestluftwechsel zum Feuchteschutz nutzerunabhängig zu gewährleisten. Durch die Wärmerückgewinnung können zusätzlich die Lüftungswärmeverluste deutlich reduziert werden.

Zusätzlich wird durch die konstante Frischluftzufuhr das Raumklima deutlich verbessert. Ebenfalls wird der Eintrag von Pollen, Sporen und Hausstaub deutlich reduziert. Durch das Lüften wird außerdem die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Luft gesenkt, was sich sehr positiv auf die Konzentration der Schüler auswirkt.

Gesamtinvestitionskosten: 160.000 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten): 20.000 EUR

Umsetzungszeitraum: am besten in Kombination mit Fassadendämmung und Fenstertausch

**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage**

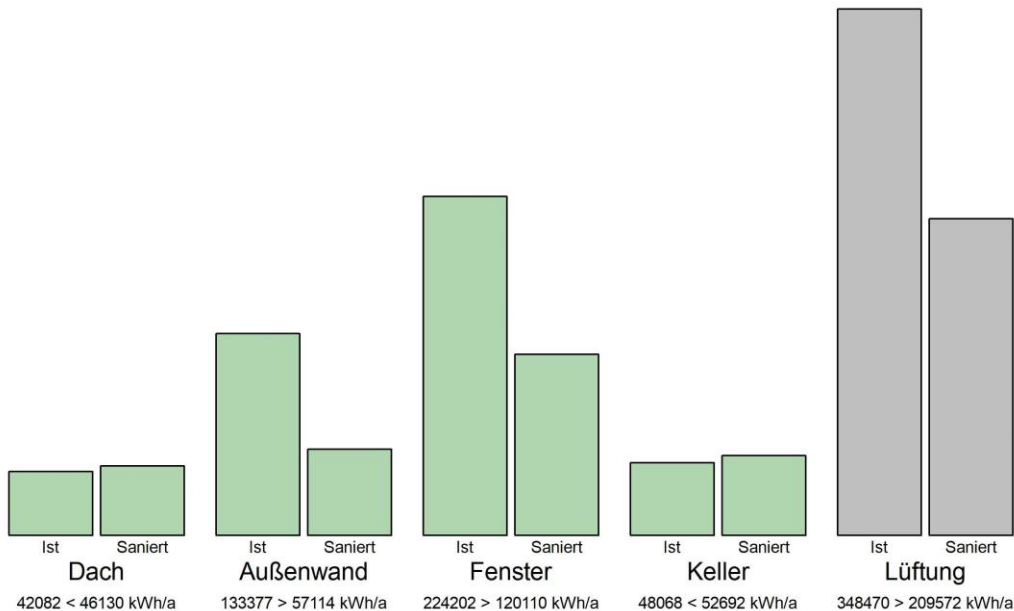
- Einbau programmierbarer Heizkörperthermostate



## Energieeinsparung - Variante 4 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **44 %**.

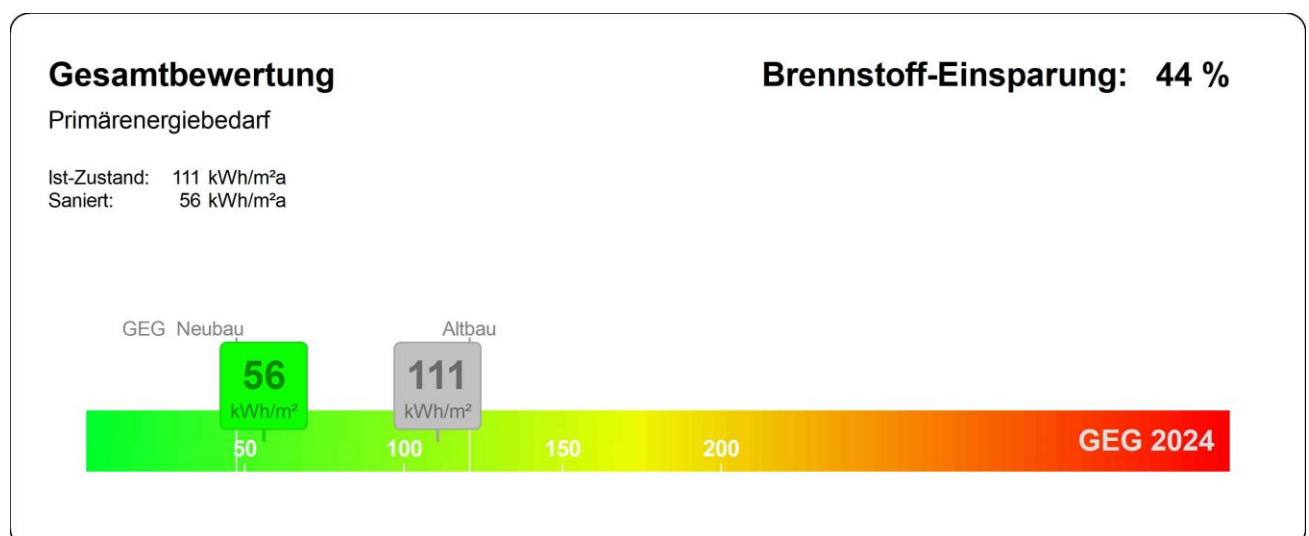
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 696159 kWh/Jahr reduziert sich auf 388.844 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 307.314 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 54.443 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **56 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	1.178.000 EUR
Gesamtinvestitionen (abzüglich Förderung)	:	1.002.300 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	500.285 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>502.015 EUR</b>
--	----------	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	34.541 EUR/Jahr	1.036.230 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 51.195 EUR/Jahr	+ 1.535.850 EUR
	<u>85.736 EUR/Jahr</u>	<u>2.572.080 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	72.171 EUR/Jahr	2.165.130 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>-13.965 EUR/Jahr</b>	<b>-406.950 EUR</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	43.319 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	31.729 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	4,23 %

## Variante 5: Sparrendach Altbau+ Dachfenster+ Holzständerwände im DG + Flachdach Musikpavillon + PV-Anlage

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

## Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 5 -

**Außenwände:** 12 cm Mineralfaserdämmstoff (WLG 035), + Dämmung 14 cm WLS 035

**Dach / oberste Decke:** *Sparrendach:* 25 cm Mineralfaserdämmstoff (WLG 035) + 8 cm Holzfaserdämmplatten (WLG 040),  
*Flachdach:* Dämmung 12 cm WLS 021

**Fenster:** Dachfenstertausch

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach Hauptgebäude	0,14	0,20	0,14
Dach Musikpavillon	0,14	0,20	0,14
Dach Ganztageschule	0,189	0,20	0,14
Außenwand Hauptgebäude und Musikpavillon	0,20	0,24	0,20
Außenwand DG Hauptgebäude	0,20	0,24	0,20
Außenwand Ganztageschule	0,186	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	1,0	0,30	0,25
Kellerdecke Musikpavillon	0,6	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,2	0,50	0,35
Boden gegen Luft Ganztageschule	0,133	0,50	0,25
Fenster Alu 2-fach BJ 1989 → tausch auf dreifachverglaste Fenster	0,95	1,3	0,95
Fenster Alu 2-fach BJ 2009	1,4	1,3	0,95
Außenwand Nord Schulgebäude	0,186	0,24	2,0
Außentüre	1,1	1,8	1,3

### U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

### Beschreibung:

Im Zuge dieses Sanierungsschritts soll das Dachgeschoss im Altbau saniert werden, sowie das Dach des Musikpavillons. Das Dachgeschoss im Hauptgebäude weist gerade im Sommer Schwachstellen im sommerlichen Wärmeschutz auf. Daher bietet es sich an Konstruktionen mit Holzfaser als Aufdachdämmung und an den Holzständerwänden als Putzträgerplatte zu wählen. Die Erneuerung und Ertüchtigung der Dämmung des Flachdachs vom Musikpavillon sollte am besten mit einem druckfesten Material wie einer PU-Dämmung durchgeführt werden. Diese

Maßnahme bietet sich an, sobald das Dach seine übliche Nutzungsdauer erreicht hat und erneuert, werden muss.

*Im Zug der Dachsanierung bietet es sich an, eine Photovoltaikanlage auf dem Dach zu installieren.*

Mit aktuellen Annahmen sind folgende Varianten für das Dach möglich:

V1: Zwischensparren- und Aufsparrendämmung aus Holzfaser

V2: Zwischensparrendämmung aus Mineralfaser und Aufsparrendämmung aus Holzfaser

Für die Flachdachdämmung eignet sich vor allem die Verlegung druckfester Polystyrol-, Polyurethanhartschaum- oder Mineraldämmplatten.

Für die Holzständerwände bietet es sich an die Holzständer mit Mineralfaser auszufachen und Außen als Trägerplatte Holzfaser anzubringen.

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten des Dachs: U-Wert = 0,14 W/m<sup>2</sup>K

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten der Holzständeraußenwände: U-Wert = 0,20 W/m<sup>2</sup>K

Im Diesem Zuge sollen auch die Dachfenster erneuert werden.

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten der Dachfenster: Uw-Wert = 1,0 W/m<sup>2</sup>K

#### **Das bringt es:**

Der Austausch der Dachfenster bewirkt gleichmäßig warme Räume und verhindern Zugscheinungen. Dadurch wird die Behaglichkeit erhöht.

Durch den Einbau von Fenstern mit niedrigem g-Wert und / oder zusätzlichem Sonnenschutz verbessert sich der sommerliche Wärmeschutz des Gebäudes.

#### **Das bringt es:**

-Eine vernünftige Dachdämmung sorgt für deutlich niedrigere Energiekosten, weil der Wärme- und Kälteeintrag über die Dachflächen deutlich reduziert wird.

-Die Wärmedämmung der Dachflächen bedeutet sommerlichen Hitzeschutz und winterlichen Wärmeschutz. Das erhöht den Komfort im Dachgeschoß deutlich.

-Photovoltaikanlagen wandeln Sonnenstrahlung in umweltfreundlichen Strom um

#### **Hinweise:**

Die Anschlüsse der luftdichten Ebene an die Außenwand sind so zu planen, dass sie auch bei der späteren Außenwanddämmung lückenlos übergehen.

Durch die Dämmung sind Heizkreise und Regelung erneut an das Gebäude anzupassen.

Nach der Sanierung sollte das Lüftungsverhalten angepasst werden, da der Luftwechselfaustausch geringer sein wird.

Photovoltaikanlagen sollten individuell geplant werden. Der Ertrag wird maßgeblich durch die Ausrichtung und Neigung sowie die Art der Kollektoren auf dem Dach bestimmt.

**Fördermittel:**

Mit diesem Zielwert wären nach aktuellen Richtlinien BAFA-Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: 15 %

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit 50 % gefördert.

Für PV-Anlagen gilt dieser Fördersatz nicht, weil PV-Anlagen rein über die Einspeisevergütung gefördert werden.

Gesamtinvestitionskosten: 400.000 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten): 350.000 EUR

Umsetzungszeitraum: Sobald das Dach sanierungsbedürftig ist

**Lüftungskonzept:**

Bei Durchführung dieser Sanierungsmaßnahme ist die Erstellung eines Lüftungskonzepts erforderlich. Das Ziel des Lüftungskonzepts ist es, einen ausreichenden Mindestluftwechsel zum Feuchtschutz sicherzustellen.

**Anlagentechnik - Variante 5 -****Heizung:**

Bereich	Heizwärme-Erzeugung 1
Zentralheizung	- NT-Gebälse-Kessel von 2009 - Nennleistung 500,00 kW Energieträger: Erdgas E
	- BHKW Energieträger: Erdgas E

**Warmwasser:**

Bereich	Warmwasser-Erzeugung 1
Zentrales TWW	Über Brennwertkessel von 2009 - Nennleistung 500,00 kW + das Blockheizkraftwerk

**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

## **Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage**

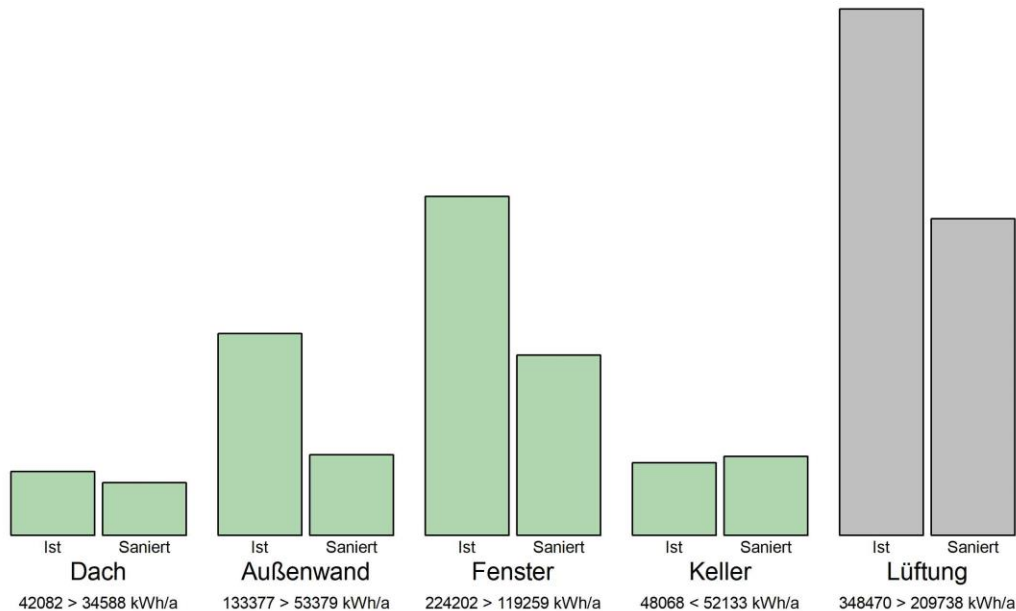
- Einbau programmierbarer Heizkörperthermostate

**Photovoltaik:** PV-Anlage – 36 kWp mit je 18 kWp auf der Ost- bzw. der Westseite

## Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **50 %**.

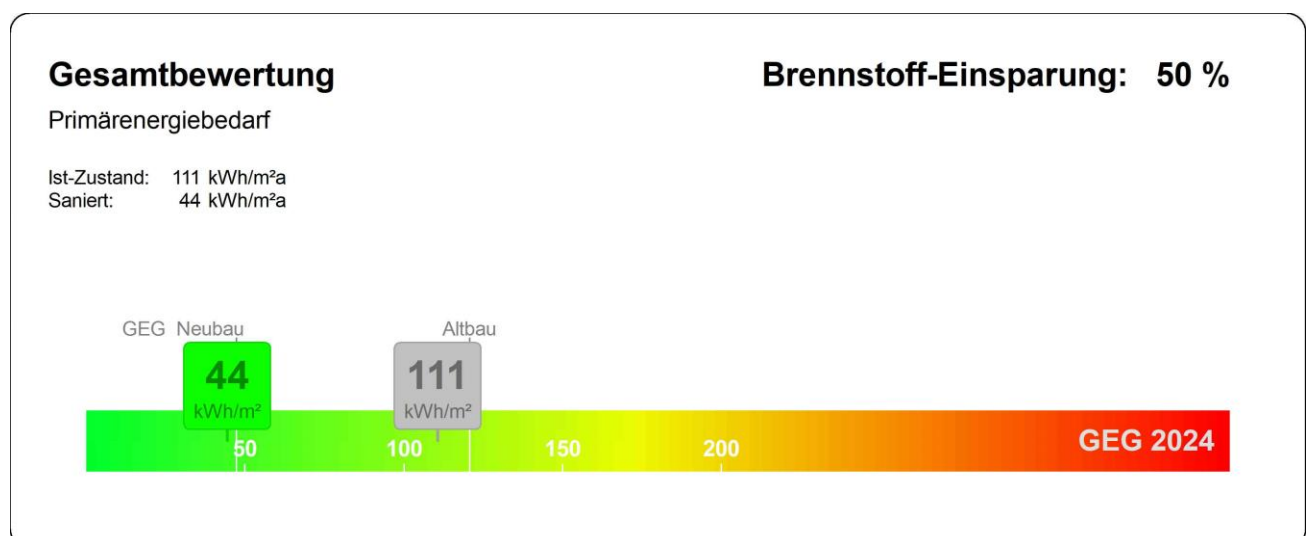
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 696.159 kWh/Jahr reduziert sich auf 350.077 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 346.081 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 70.807 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **44 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



**Nach Umsetzung aller aufgeführten Maßnahmen wird folgende Effizienzhausstufe erreicht:**

### Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG					
			GEG		BEG-Effizienzhaus			
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	<b>EH70</b>	Denkmal
Primärenergiebedarf $Q_p$	kWh/m <sup>2</sup> a	44,5	✓ 120,6	86,2	□ 34,5	✓ 47,4	✓ 60,3	✓ 137,8
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,26	✓ 0,56		□ 0,18	□ 0,22	✓ 0,26	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,98	✓ 2,66		✓ 1,00	✓ 1,20	✓ 1,40	
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m <sup>2</sup> K	1,1	✓ 4,3		✓ 1,6	✓ 2,0	✓ 2,4	

### EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
Wärme- und Kälterückgewinnung	148500	33,7

□ Anforderung EE-Klasse nicht erfüllt (mindestens 65 % Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien).

Summe Deckungsgrad: 33,7%

✓ EE-Klasse Zusatzanforderungen

### Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung zum Ausgangszustand

	Einheit	Unsanier	Saniert	Einsparung	Einsparung in %
Endenergiebedarf	kWh/a	696159	350077	346081	50
Primärenergiebedarf	kWh/a	555588	223216	332372	60
Treibhausgasemissionen	kg/a	159919	89112	70807	44

### Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung zum Neubauniveau

	Einheit	Neubau-Anforderungswert *	Ist-Wert	Einsparung	Einsparung in %
Endenergiebedarf	kWh/a	188838	350077	-161239	-85
Primärenergiebedarf	kWh/a	237928	223216	14712	6
Treibhausgasemissionen	kg/a	59130	89112	-29982	-51

\* Alle Werte beziehen sich auf den 0,55-fachen Wert für das Referenzgebäude nach GEG.



## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	.1083.000 EUR
Gesamtinvestitionen (abzüglich Förderung)	:	1.342.300 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	238.685 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>603.330 EUR</b>
--	----------	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	41.512 EUR/Jahr	1.245.360 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 45.548 EUR/Jahr	+ 1.366.440 EUR
	<u>87.060 EUR/Jahr</u>	<u>2.611.800 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	72.171 EUR/Jahr	2.165.130 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>-14.889 EUR/Jahr</b>	<b>-446.670 EUR</b>

Die Amortisationsdauer beträgt 20 Jahre.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	43.319 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	25.394 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	8,19 %

## Variante 6: Heizung V1: Luft-Wasser Wärmepumpe + Gasbrennwertkessel

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 6 -

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach Hauptgebäude	0,14	0,20	0,14
Dach Musikpavillon	0,14	0,20	0,14
Dach Ganztageschule	0,189	0,20	0,14
Außenwand Hauptgebäude und Musikpavillon	0,20	0,24	0,20
Außenwand DG Hauptgebäude	0,20	0,24	0,20
Außenwand Ganztageschule	0,186	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	1,0	0,30	0,25
Kellerdecke Musikpavillon	0,6	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,2	0,50	0,35
Boden gegen Luft Ganztageschule	0,133	0,50	0,25
Fenster Alu 2-fach BJ 1989 → tausch auf dreifachverglaste Fenster	0,95	1,3	0,95
Fenster Alu 2-fach BJ 2009	1,4	1,3	0,95
Außenwand Nord Schulgebäude	0,186	0,24	2,0
Außentüre	1,1	1,8	1,3

#### U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

### Anlagentechnik - Variante 6 -

#### Heizung:

Bereich	Heizwärme-Erzeugung 1
Zentralheizung	- Brennwertkessel von 2025 - Spitzenlastkessel Energieträger: Erdgas E - Luft-Wasser-Wärmepumpe von 2024 - Grundlastversorgung Energieträger: Strom-Mix

**Warmwasser:**

Bereich                      Über Heizungsanlage Wärmepumpe + Spitzenlast Kessel Gasbrennwert  
Zentrales TWW

Photovoltaik: PV-Anlage

**Heizung**

Austausch des vorhandenen Gasheizkessels (2009) gegen eine Hybridheizung bestehend aus einem effizienteren Gasbrennwertkessel und einer Luft / Wasser - Wärmepumpe.

Installation eines Pufferspeichers.

Die Übergabe der Wärme erfolgt weiterhin über die bestehenden Heizkörper betrieben. Der Gasbrennwertkessel dient hier zur Spitzenlastabdeckung, wenn an kalten Tagen hohe Vorlauftemperaturen benötigt werden.

Anschlüsse sowie Regelungstechnik für die Einbindung der PV-Anlage vorsehen. Dadurch wird der Anteil regenerativer Energien an der Wärmeerzeugung gesteigert.

**Warmwasser**

Austausch des vorhandenen Gasheizkessels (BJ 2009) gegen eine Hybridheizung bestehend aus einem effizienteren Gasbrennwertkessel und einer Luft / Wasser - Wärmepumpe. Die Warmwasseraufbereitung erfolgt zentral über die Gashybridheizung. Der Gasbrennwertkessel soll hier auch wieder die Lastspitzen abdecken und die hohen Temperaturen zum Legionellen Schutz liefern.

Dämmung der Rohrleitungen in unbeheizten Bereichen.

Wenn der Brauchwasserspeicher ausgetauscht wird, ist ein Pufferspeicher für die künftige Einbindung erneuerbarer Energien zu installieren.

**Damit in Verbindung stehende Maßnahmen:**

- Hydraulischer Abgleich des Heizkreises
- Dämmung der Rohrleitungen in unbeheizten Bereichen

**Das bringt es:**

- Reduzierung des Energieverbrauchs
- Bessere Regelung der Raumtemperatur
- Regenerative Wärmequelle
- Photovoltaikanlagen wandeln Sonnenstrahlung in umweltfreundlichen Strom um

**Hinweise:**

Werden Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle umgesetzt, verringert sich die Gebäudeheizlast und somit auch Größe und Investitionskosten des Wärmeerzeugers.

Eine hybridfähige Steuerungs- und Regelungstechnik für den künftigen erneuerbaren Anteil des Heizsystems muss installiert werden, sofern in der Steuerung des Heizkessels nicht vorhanden. Wenn der Brauchwasserspeicher ausgetauscht wird, ist ein Pufferspeicher für die künftige Einbindung erneuerbarer Energien zu installieren.

Photovoltaikanlagen sollten individuell geplant werden. Der Ertrag wird maßgeblich durch die Ausrichtung und Neigung sowie die Art der Kollektoren auf dem Dach bestimmt.

**Fördermittel:**

Mit dieser Anlagentechnik wären nach aktuellen Richtlinien BAFA-Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: 30% Grundförderung (mit möglichen Boni bis zu 70% Förderung)

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit demselben Fördersatz wie die Heizung gefördert.

Kostenschätzung

Kosten Heizung:

Investitionskosten: 220.000 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten) 160.000 EUR

Umsetzungszeitraum: Sobald die bestehende Heizung ausgetauscht werden muss

**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage**

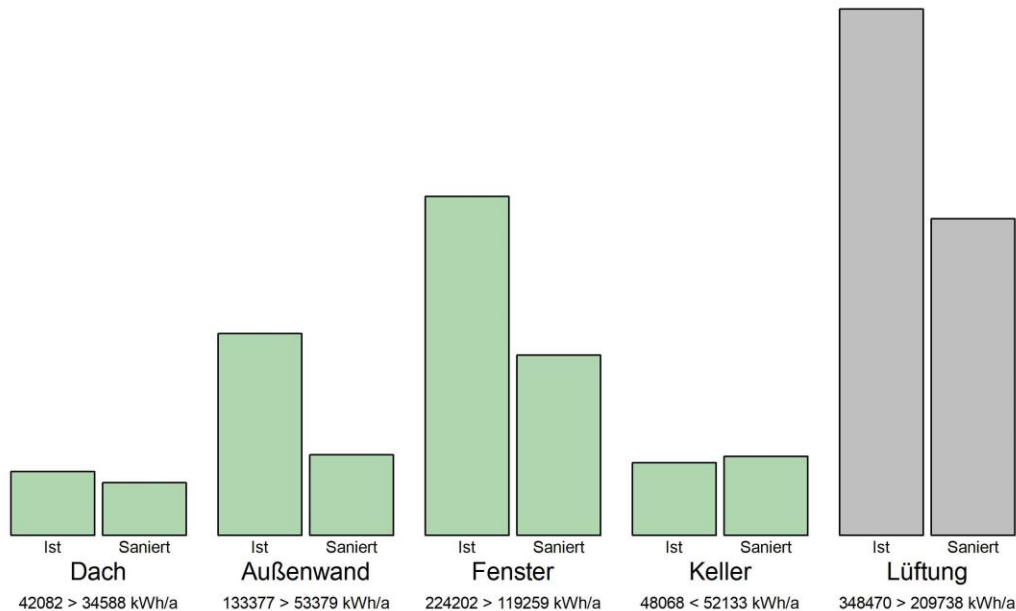
- Einbau programmierbarer Heizkörperthermostate

**Photovoltaik:** PV-Anlage – 36 kWp mit je 18 kWp auf der Ost- bzw. der Westseite

## Energieeinsparung - Variante 6 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **73 %**.

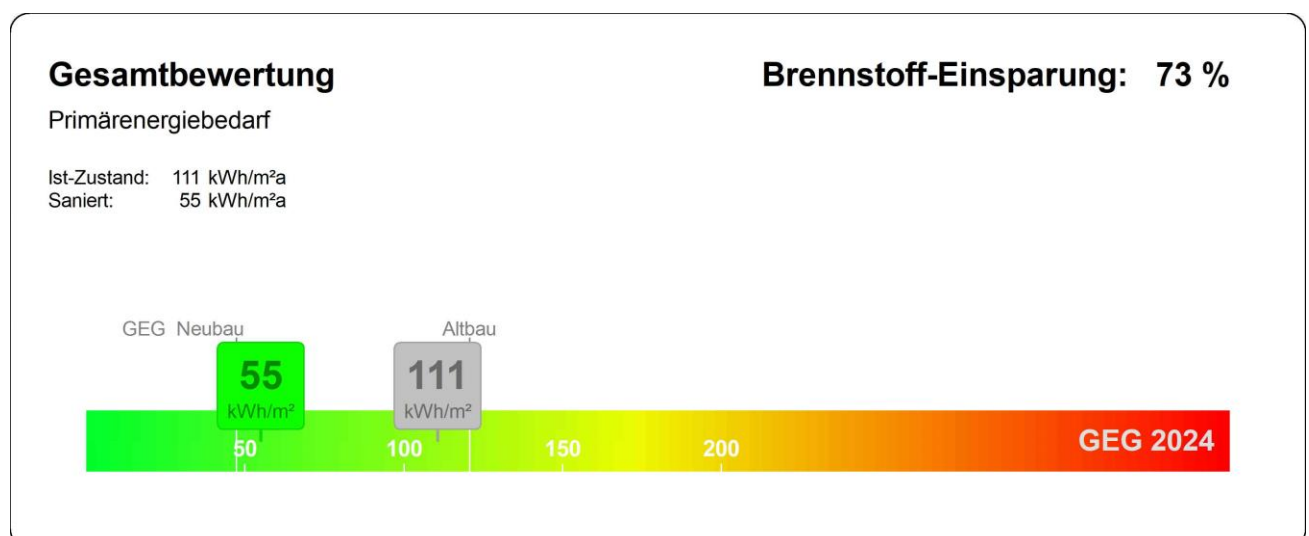
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 696.159 kWh/Jahr reduziert sich auf 184.822 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 511.337 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 80.477 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **55 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



### Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	Denkmal	
Primärenergiebedarf $Q_p$	kWh/m <sup>2</sup> a	55,0	✓ 120,6	86,2	□ 34,5	□ 47,4	✓ 60,3	✓ 137,8	
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,26	✓ 0,56		□ 0,18	□ 0,22	✓ 0,26		
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,98	✓ 2,66		✓ 1,00	✓ 1,20	✓ 1,40		
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m <sup>2</sup> K	1,1	✓ 4,3		✓ 1,6	✓ 2,0	✓ 2,4		

### EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
PV-Strom	9390	2,1
Wärmepumpen	155730	35,4
Wärme- und Kälterückgewinnung	148731	33,9

✓ Anforderung EE-Klasse erfüllt (mindestens 65 % Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien).

Summe Deckungsgrad: 71,4%

✓ EE-Klasse Zusatzanforderungen

### Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung zum Ausgangszustand

	Einheit	Unsanier	Saniert	Einsparung	Einsparung in %
Endenergiebedarf	kWh/a	696159	184822	511337	73
Primärenergiebedarf	kWh/a	555588	276063	279526	50
Treibhausgasemissionen	kg/a	159919	79441	80477	50

### Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung zum Neubauniveau

	Einheit	Neubau-Anforderungswert *	Ist-Wert	Einsparung	Einsparung in %
Endenergiebedarf	kWh/a	188838	184822	4016	2
Primärenergiebedarf	kWh/a	237928	276063	-38135	-16
Treibhausgasemissionen	kg/a	59130	79441	-20312	-34

\* Alle Werte beziehen sich auf den 0,55-fachen Wert für das Referenzgebäude nach GEG.

## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	1.798.000 EUR
Gesamtinvestitionen (abzüglich Förderung)	:	1.496.300 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	1.243.600 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>563.048 EUR</b>
--	----------	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	38.741 EUR/Jahr	1.162.230 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 47.803 EUR/Jahr	+ 1.434.090 EUR
	<u>86.544 EUR/Jahr</u>	<u>2.596.320 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	72.171 EUR/Jahr	2.165.130 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>-14.373 EUR/Jahr</b>	<b>-431.190 EUR</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	43.319 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	26.226 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	4,44 %

## Variante 7: Heizung V2: Luft/Wasser Wärmepumpe + neue Heizkörper

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 7 -

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach Hauptgebäude	0,14	0,20	0,14
Dach Musikpavillon	0,14	0,20	0,14
Dach Ganztageschule	0,189	0,20	0,14
Außenwand Hauptgebäude und Musikpavillon	0,20	0,24	0,20
Außenwand DG Hauptgebäude	0,20	0,24	0,20
Außenwand Ganztageschule	0,186	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	1,0	0,30	0,25
Kellerdecke Musikpavillon	0,6	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,2	0,50	0,35
Boden gegen Luft Ganztageschule	0,133	0,50	0,25
Fenster Alu 2-fach BJ 1989 → tausch auf dreifachverglaste Fenster	0,95	1,3	0,95
Fenster Alu 2-fach BJ 2009	1,4	1,3	0,95
Außenwand Nord Schulgebäude	0,186	0,24	2,0
Außentüre	1,1	1,8	1,3

#### U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

### Anlagentechnik - Variante 7 -

#### Heizung:

Bereich Zentralheizung      Heizwärme-Erzeugung 1  
 - Luft-Wasser-Wärmepumpe  
 Energieträger: Strom-Mix  
 Die Wärmepumpe versorgt den TWW-Bereich mit.

#### Warmwasser:



Bereich	Warmwasser-Erzeugung
Erzeugung	- Die Versorgung des Trinkwarmwasserbereiches " erfolgt über: + die Wärmepumpe

Photovoltaik: PV-Anlage

### **Heizung**

Austausch des vorhandenen Gasheizkessels (BJ 2009) gegen eine Luft / Wasser - Wärmepumpe. Installation eines Pufferspeichers. Die Übergabe der Wärme erfolgt weiterhin über die bestehenden Heizkörper, in den Räumen, wo es möglich ist, in allen anderen Räumen müssen unterdimensionierte Heizkörper getauscht werden, damit das Heizungssystem effizient mit einer Vorlauftemperatur von max. 50 °C betrieben werden kann.

Anschlüsse sowie Regelungstechnik für die Einbindung von einer PV-Anlage vorsehen.

In diesem Zug bietet es sich an, eine Photovoltaikanlage auf dem Dach zu installieren, um den Strombedarf der Wärmepumpe anteilig über die PV-Anlage decken zu können. Dadurch wird der Anteil regenerativer Energien an der Wärmeerzeugung gesteigert.

### **Warmwasser**

Austausch des vorhandenen Gasheizkessels (BJ 2009) gegen eine gegen eine Luft / Wasser - Wärmepumpe. Die Warmwasseraufbereitung erfolgt zentral über die Wärmepumpe und sollt daher zum Legionellen Schutz in Kombination mit einer Frischwasserstation betrieben werden.

Dämmung der Rohrleitungen in unbeheizten Bereichen.

### **Damit in Verbindung stehende Maßnahmen:**

- Hydraulischer Abgleich des Heizkreises
- Dämmung der Rohrleitungen in unbeheizten Bereichen
- Austausch ineffizienter Heizkörper

### **Das bringt es:**

- Reduzierung des Energieverbrauchs
- Bessere Regelung der Raumtemperatur
- Regenerative Wärmequelle
- Photovoltaikanlagen wandeln Sonnenstrahlung in umweltfreundlichen Strom um

### **Hinweise:**

Werden Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle umgesetzt, verringert sich die Gebäudeheizlast und somit auch Größe und Investitionskosten des Wärmeerzeugers.

Eine hybridfähige Steuerungs- und Regelungstechnik für den künftigen erneuerbaren Anteil des Heizsystems muss installiert werden, sofern in der Steuerung des Heizkessels nicht vorhanden.

Photovoltaikanlagen sollten individuell geplant werden. Der Ertrag wird maßgeblich durch die Ausrichtung und Neigung sowie die Art der Kollektoren auf dem Dach bestimmt.

**Fördermittel:**

Mit dieser Anlagentechnik wären nach aktuellen Richtlinien BAFA-Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: 30% Grundförderung (mit möglichen Boni bis zu 70% Förderung)

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit demselben Fördersatz wie die Heizung gefördert.

**Kostenschätzung**

Investitionskosten: 215.000 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten) 160.000 EUR

Umsetzungszeitraum: wenn alte Heizung sanierungsbedürftig ist

**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage**

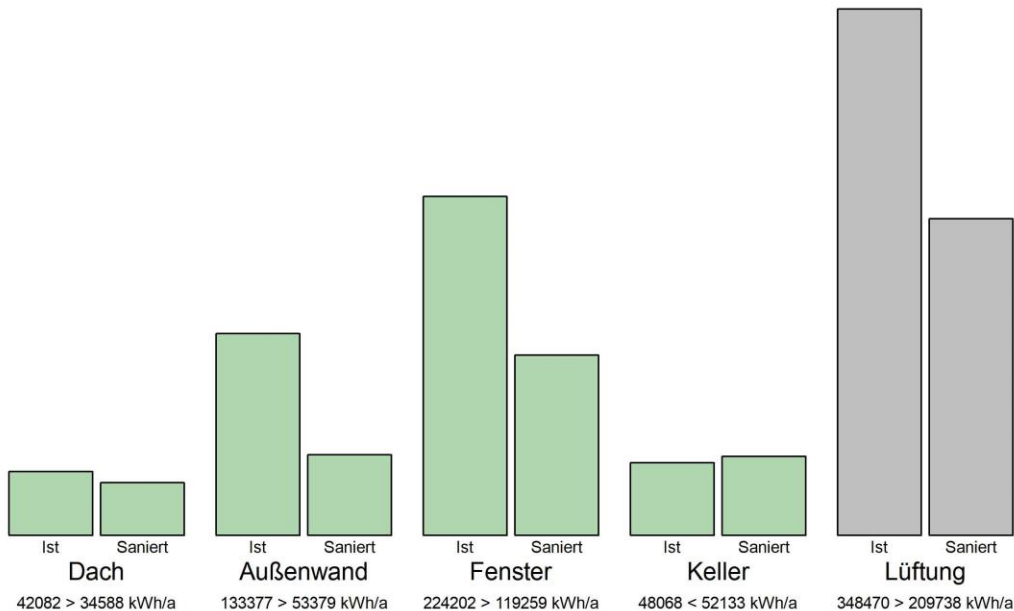
- Einbau programmierbarer Heizkörperthermostate
- Neue Heizkörper
- Reduzierung der Systemtemperaturen auf 50°C

**Photovoltaik:** PV-Anlage – 36 kWp mit je 18 kWp auf der Ost- bzw. der Westseite

## Energieeinsparung - Variante 7 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **81 %**.

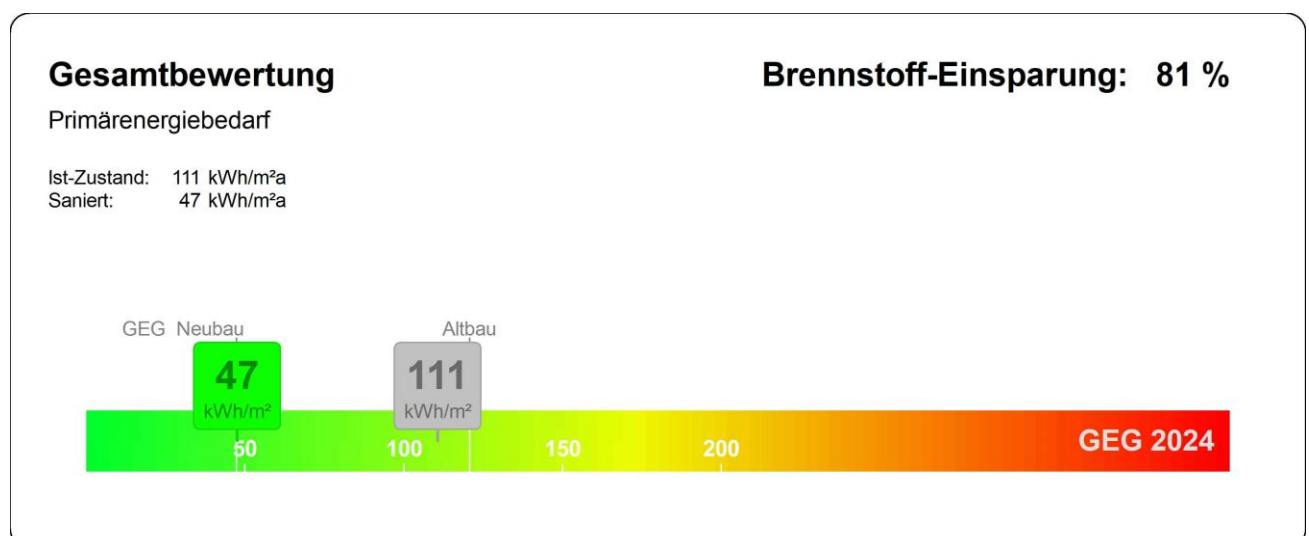
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 696159 kWh/Jahr reduziert sich auf 132264 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 563894 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 85851 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **47 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



### Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	Denkmal	
Primärenergiebedarf $Q_p$	kWh/m <sup>2</sup> a	47,4	✓ 120,6	86,2	□ 34,5	□ 47,4	✓ 60,3	✓ 137,8	
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,26	✓ 0,56		□ 0,18	□ 0,22	✓ 0,26		
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,98	✓ 2,66		✓ 1,00	✓ 1,20	✓ 1,40		
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m <sup>2</sup> K	1,1	✓ 4,3		✓ 1,6	✓ 2,0	✓ 2,4		

### EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
PV-Strom	10341	2,4
Wärmepumpen	197871	45,0
Wärme- und Kälterückgewinnung	148977	33,9

✓ Anforderung EE-Klasse erfüllt (mindestens 65 % Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien).

Summe Deckungsgrad: 81,2%

✓ EE-Klasse Zusatzanforderungen

### Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung zum Ausgangszustand

	Einheit	Unsanziert	Saniert	Einsparung	Einsparung in %
Endenergiebedarf	kWh/a	696159	132264	563894	81
Primärenergiebedarf	kWh/a	555588	238076	317512	57
Treibhausgasemissionen	kg/a	159919	74068	85851	54

### Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung zum Neubauniveau

	Einheit	Neubau-Anforderungswert *	Ist-Wert	Einsparung	Einsparung in %
Endenergiebedarf	kWh/a	188838	132264	56573	30
Primärenergiebedarf	kWh/a	237928	238076	-148	0
Treibhausgasemissionen	kg/a	59130	74068	-14938	-25

\* Alle Werte beziehen sich auf den 0,55-fachen Wert für das Referenzgebäude nach GEG.

## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 7 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	1.492.800 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	942.258 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>550.542 EUR</b>
--	----------	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	37.880 EUR/Jahr	1.136.400 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 42.392 EUR/Jahr	+ 1.271.760 EUR
	<u>80.272 EUR/Jahr</u>	<u>2.408.160 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	72.171 EUR/Jahr	2.165.130 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>-8.101 EUR/Jahr</b>	<b>-243.030 EUR</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	43.319 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	25.445 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	4,92 %

## Variante 8: Heizung V3: Pelletkessel + Solarthermieanlage

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 8 -

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach Hauptgebäude	0,14	0,20	0,14
Dach Musikpavillon	0,14	0,20	0,14
Dach Ganztageschule	0,189	0,20	0,14
Außenwand Hauptgebäude und Musikpavillon	0,20	0,24	0,20
Außenwand DG Hauptgebäude	0,20	0,24	0,20
Außenwand Ganztageschule	0,186	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	1,0	0,30	0,25
Kellerdecke Musikpavillon	0,6	0,50	0,35
Bodenplatte UG	1,2	0,50	0,35
Boden gegen Luft Ganztageschule	0,133	0,50	0,25
Fenster Alu 2-fach BJ 1989 → tausch auf dreifachverglaste Fenster	0,95	1,3	0,95
Fenster Alu 2-fach BJ 2009	1,4	1,3	0,95
Außenwand Nord Schulgebäude	0,186	0,24	2,0
Außentüre	1,1	1,8	1,3

#### U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

- \*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.
- \*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

### Anlagentechnik - Variante 8 -

#### Heizung:

Bereich	Heizwärme-Erzeugung 1
Zentralheizung	- Pelletkessel - Nennleistung 218,25 kW Energieträger: Holzpellets Der Kessel versorgt den TWW-Bereich mit. - Solare Heizungsunterstützung Energieträger: Sonnen-Energie

**Warmwasser:**

Bereich	Warmwasser-Erzeugung 1
Zentrales TWW	- Pelletkessel - Nennleistung 218,25 kW Energieträger: Holzpellets Energieträger: Holzpellets + die solare Trinkwarmwasserbereitung

**Heizung**

Austausch des vorhandenen Gasheizkessels (BJ 2009) gegen eine Hybridheizung bestehend aus einem Pelletkessel und einer Solarthermieanlage zur Heizungsunterstützung und Trinkwarmwasserbereitung.

Installation eines Pufferspeichers. Die Übergabe der Wärme erfolgt weiterhin über die bestehenden Heizkörper.

Die Solarthermieanlage eignet sich gerade in den Sonnenmonaten zur kostengünstigen Beheizung des Schwimmbeckens.

**Warmwasser**

Austausch des vorhandenen Gasheizkessels (BJ 2009) gegen eine Hybridheizung bestehend aus einem Pelletkessel und einer Solarthermieanlage zur Heizungsunterstützung und Trinkwarmwasserbereitung.

**Damit in Verbindung stehende Maßnahmen:**

- Hydraulischer Abgleich des Heizkreises
- Dämmung der Rohrleitungen in unbeheizten Bereichen

**Das bringt es:**

- Reduzierung des Energieverbrauchs
- Bessere Regelung der Raumtemperatur
- Regenerative Wärmequelle
- Photovoltaikanlagen wandeln Sonnenstrahlung in umweltfreundlichen Strom um

**Hinweise:**

Werden Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle umgesetzt, verringert sich die Gebäudeheizlast und somit auch Größe und Investitionskosten des Wärmeerzeugers.

Solarthermieanlagen sollten individuell geplant werden. Der Ertrag wird maßgeblich durch die Ausrichtung und Neigung sowie die Art der Kollektoren auf dem Dach bestimmt.

**Fördermittel:**

Mit dieser Anlagentechnik wären nach aktuellen Richtlinien BAFA-Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: Mit dieser Anlagentechnik wären nach aktuellen Richtlinien BAFA-Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: 30% Grundförderung (mit möglichen Boni bis zu 70% Förderung)

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit demselben Fördersatz wie die Heizung gefördert.

**Kostenschätzung**

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten) 160.000 EUR

Gesamtinvestitionskosten: 240.000 EUR

Umsetzungszeitraum: wenn bestehende Heizungsanlage getauscht werden muss



## Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

## Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage

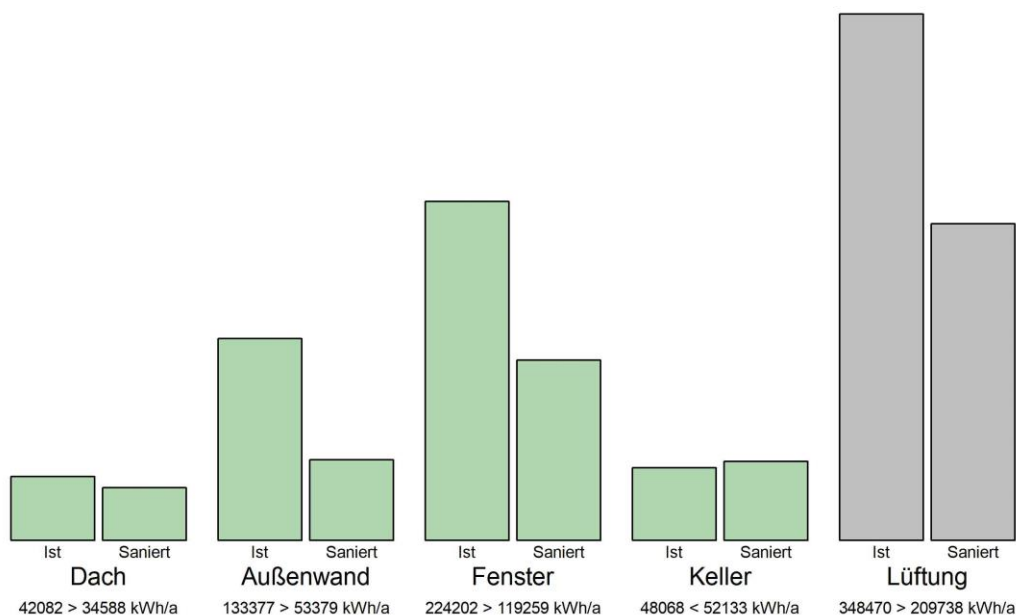
- Einbau programmierbarer Heizkörperthermostate

**Photovoltaik:** PV-Anlage – 36 kWp mit je 18 kWp auf der Ost- bzw. der Westseite

## Energieeinsparung - Variante 8 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **44 %**.

Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 696.159 kWh/Jahr reduziert sich auf 387.147 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 309.011 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 130.981 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **27 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.

## Gesamtbewertung

**Brennstoff-Einsparung: 44 %**

Primärenergiebedarf

Ist-Zustand: 111 kWh/m<sup>2</sup>a  
Saniert: 27 kWh/m<sup>2</sup>a



### Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	Denkmal	
Primärenergiebedarf Q <sub>p</sub>	kWh/m <sup>2</sup> a	27,2	✓ 120,6	86,2	✓ 34,5	✓ 47,4	✓ 60,3	✓ 137,8	
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,26	✓ 0,56		□ 0,18	□ 0,22	✓ 0,26		
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,98	✓ 2,66		✓ 1,00	✓ 1,20	✓ 1,40		
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m <sup>2</sup> K	1,1	✓ 4,3		✓ 1,6	✓ 2,0	✓ 2,4		

### EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
Solarthermie	19075	3,8
feste Biomasse	299267	58,9
Wärme- und Kälterückgewinnung	189669	37,3

- ✓ Anforderung EE-Klasse erfüllt (mindestens 65 % Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien).

Summe Deckungsgrad: 100,0%

- ✓ EE-Klasse Zusatzanforderungen

### Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung zum Ausgangszustand

	Einheit	Unsanirt	Saniert	Einsparung	Einsparung in %
Endenergiebedarf	kWh/a	696159	387147	309011	44
Primärenergiebedarf	kWh/a	555588	136612	418976	75
Treibhausgasemissionen	kg/a	159919	28938	130981	82

### Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung zum Neubauniveau

	Einheit	Neubau- Anforderungswert *	Ist-Wert	Einsparung	Einsparung in %
Endenergiebedarf	kWh/a	188838	387147	-198309	-105
Primärenergiebedarf	kWh/a	237928	136612	101316	43
Treibhausgasemissionen	kg/a	59130	28938	30192	51

\* Alle Werte beziehen sich auf den 0,55-fachen Wert für das Referenzgebäude nach GEG.

## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 8 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	1.818.000 EUR
Gesamtinvestitionen (abzüglich Förderung)	:	1.582.300 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	933.252 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>649.048 EUR</b>
--	----------	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	44.658 EUR/Jahr	1.339.740 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 35.641 EUR/Jahr	+ 1.069.230 EUR
	<u>80.299 EUR/Jahr</u>	<u>2.408.970 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	72.171 EUR/Jahr	2.165.130 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>-8.128 EUR/Jahr</b>	<b>-243.840 EUR</b>

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	43.319 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	21.393 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	4,95 %

## Variante 9: Keller

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

### Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 9 -

**Kelleraußenwände:** Dämmung 12 cm WLS 035  
Dämmung 14 cm WLS 035

**Keller:** Kellerdeckendämmung 10 cm WLS 035  
Bodenplattendämmung 8 cm WLS 022

#### **Beschreibung:**

Dämmung der Bodenplatte in den beheizten Unterrichtsräumen im Untergeschoss und Dämmung der Kellerdecke im Musikpavillon.

Selbst wenn der Keller nur als Lager genutzt wird, ist eine Dämmung der Kellerdecke über den unbeheizten Kellerräumen und eine Dämmung der Bodenplatte in den beheizten Kellerbereichen empfehlenswert.

Die Kellerdeckendämmung ist im Vergleich zu anderen Maßnahmen günstig und unkompliziert.

Eine Dämmung der Bodenplatte bzw. der Kellerdecke von oben bietet sich an, wenn eine Erneuerung des Fußbodenbelags ansteht.

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten der Kellerdecke:  $U\text{-Wert} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten der Bodenplatte bei Erneuerung des bestehenden Fußbodenaufbaus:  $U\text{-Wert} = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### **Das bringt es:**

Dämmmaßnahmen bewirken gleichmäßig warme Räume. Dadurch wird die Behaglichkeit erhöht.

Eine vernünftige Bodenplatten- bzw. Kellerdeckendämmung sorgt für einen wärmeren Fußboden und niedrigere Energiekosten.

Energieeinsparung, da durch die Dämmung verhindert wird, dass das Haus von unten auskühlt bzw. der Fußboden auf einer Grundtemperatur bleibt und somit schneller wieder Strahlungswärme in den Raum abgeben kann.

Das Dämmen des beheizten Bereichs zu den unbeheizten Kellerräumen bewirkt eine Reduzierung des Wärmeverlustes zwischen dem beheizten und dem unbeheizten Bereich.

#### **Hinweise:**

Es muss darauf geachtet werden, dass die Dämmplatten dicht aneinanderstoßen, damit eine einheitliche Dämmschicht ohne Wärmebrücken entsteht. Darüber hinaus müssen die Randbereiche in Bezug auf die entstehenden Wärmebrücken im Detail angeschaut und ggf. Wärmebrücken berechnet und ausgewertet werden. Dies ist wichtig, um Tauwasserbildungen zu vermeiden.

**Fördermittel:**

Mit diesem Zielwert wären nach aktuellen Richtlinien BAFA - Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: 15 %

Zusätzlich werden die für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit 50 % gefördert.

**Keller – Außen- und Innenwand**

Dämmung der Kelleraußenwände im beheizten Kellerbereich und der Kellerinnenwände zwischen dem beheizten und dem unbeheizten Kellerbereich.

Mit aktuellen Annahmen sind für die Kellerinnenwände folgende Dämmvarianten möglich:

V1: Wärmedämmung mit Polystyrol-Partikelschaum

V2: Wärmedämmung mit Holzfaserdämmung

V3: Wärmedämmung mit Mineralfaserdämmung

Für die Außenwände, die an Erdreich angrenzen, eignet sich eine Perimeterdämmung von außen oder alternativ ein Innendämmsystem.

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten der Kelleraußenwand (erdberührend): U-Wert = 0,25 W/m<sup>2</sup>K

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten der Kelleraußenwand (luftberührend): U-Wert = 0,20 W/m<sup>2</sup>K

Ziel für den Wärmedurchgangskoeffizienten der Kellerinnenwand: U-Wert = 0,25 W/m<sup>2</sup>K

**Das bringt es:**

Die Dämmmaßnahme bewirkt eine Energieeinsparung, da durch die Dämmung verhindert wird, dass das Gebäude von unten auskühlt.

**Hinweise:**

Es muss darauf geachtet werden, dass die Dämmplatten dicht aneinanderstoßen, damit eine einheitliche Dämmschicht ohne Wärmebrücken entsteht. Darüber hinaus müssen die Randbereiche in Bezug auf die entstehenden Wärmebrücken im Detail angeschaut und ggf. Wärmebrücken berechnet und ausgewertet werden.

Bei an Erdreich grenzenden Wänden mit Innendämmung ist eine hygrothermische Bauteilsimulation empfehlenswert.

Dies ist wichtig, um Schäden durch Tauwasserbildungen zu vermeiden.

**Fördermittel:**

Mit diesem Zielwert wären nach aktuellen Richtlinien BAFA - Fördergelder möglich.

Möglicher Fördersatz: 15 %

Zusätzlich werden die Kosten für die mit der Maßnahme in Verbindung stehenden Kosten für die Baubegleitung und Fachplanung mit 50 % gefördert.

Gesamtinvestitionskosten: 160.000 EUR

Instandhaltungskosten (Sowieso-Kosten): 90 EUR

Umsetzungszeitraum: Bei Bodenerneuerung oder Abdichtung der Kelleraußenwände

### Lüftungskonzept:

Bei Durchführung dieser Sanierungsmaßnahme ist die Erstellung eines Lüftungskonzepts erforderlich. Das Ziel des Lüftungskonzepts ist es, einen ausreichenden Mindestluftwechsel zum Feuchtschutz sicherzustellen.

### U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

Bauteil	U-Wert in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> GEG* in W/m <sup>2</sup> K	U <sub>max</sub> KfW** in W/m <sup>2</sup> K
Dach Hauptgebäude	0,14	0,20	0,14
Dach Musikpavillon	0,14	0,20	0,14
Dach Ganztageschule	0,189	0,20	0,14
Außenwand Hauptgebäude und Musikpavillon	0,20	0,24	0,20
Außenwand DG Hauptgebäude	0,20	0,24	0,20
Außenwand Ganztageschule	0,186	0,24	0,20
Kelleraußenwand gegen Erdreich	0,25	0,30	0,25
Kellerdecke Musikpavillon	0,25	0,50	0,35
Bodenplatte UG	0,35	0,50	0,35
Boden gegen Luft Ganztageschule	0,133	0,50	0,25
Fenster Alu 2-fach BJ 1989 → tausch auf dreifachverglaste Fenster	0,95	1,3	0,95
Fenster Alu 2-fach BJ 2009	1,4	1,3	0,95
Außenwand Nord Schulgebäude	0,186	0,24	2,0
Außentüre	1,1	1,8	1,3

\*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,035$  W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda = 0,045$  W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m<sup>2</sup>K.

\*\*) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

## Anlagentechnik - Variante 9 -

### Heizung:

Bereich Zentralheizung      Heizwärme-Erzeugung 1  
 - Luft-Wasser-Wärmepumpe  
 Energieträger: Strom-Mix  
 Die Wärmepumpe versorgt den TWW-Bereich mit.

**Warmwasser:**

Bereich Warmwasser-Erzeugung  
Erzeugung - Die Versorgung des Trinkwarmwasserbereiches " erfolgt über:  
+ die Wärmepumpe

Photovoltaik: PV-Anlage

**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung der Wärmebrücken und unkontrollierter Lüftungswärmeverluste**

**Wärmebrücken:** keine Maßnahmen

**Lüftungswärmeverluste:** Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

**Maßnahmen zur Beseitigung und Minderung von Schwachstellen der vorhandenen Heizungsanlage**

- Einbau programmierbarer Heizkörperthermostate
- Neue Heizkörper
- Reduzierung der Systemtemperaturen auf 50°C

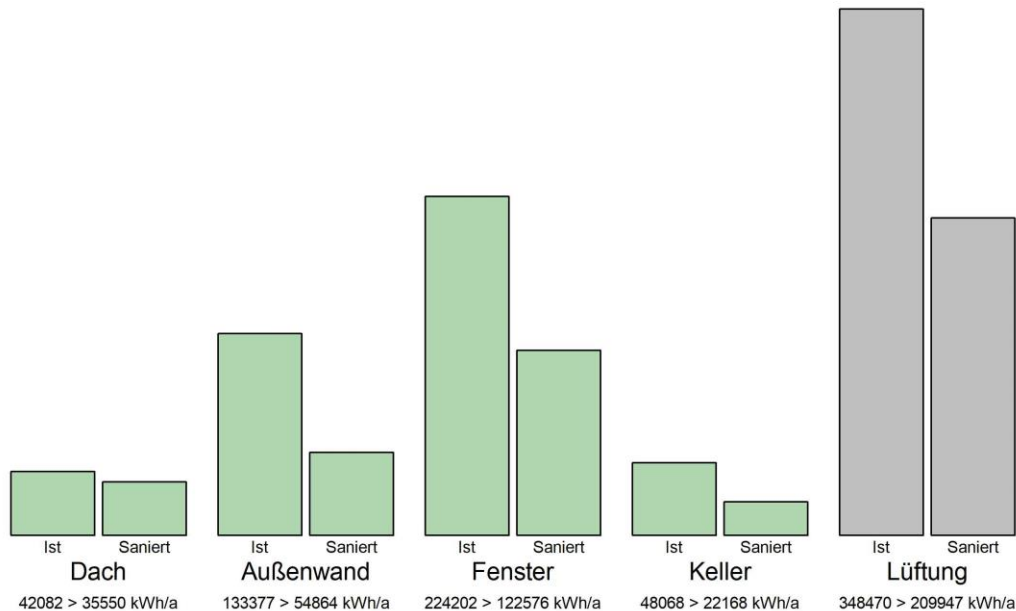
**Photovoltaik:** PV-Anlage – 36 kWp mit je 18 kWp auf der Ost- bzw. der Westseite



## Energieeinsparung - Variante 9 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **82 %**.

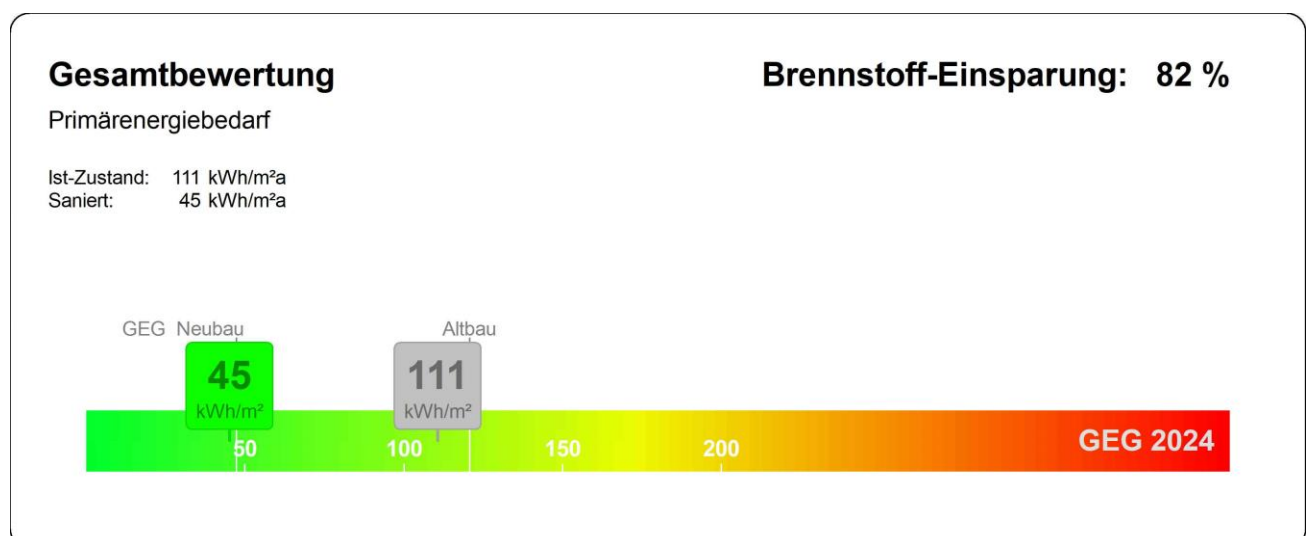
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 696.159 kWh/Jahr reduziert sich auf 125.594 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 570.565 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden um 89.586 kg CO<sub>2</sub>/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **45 kWh/m<sup>2</sup>** pro Jahr.



### Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	Denkmal	
Primärenergiebedarf $Q_p$	kWh/m <sup>2</sup> a	45,0	✓ 120,6	86,2	□ 34,5	✓ 47,4	✓ 60,3	✓ 137,8	
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,17	✓ 0,56		✓ 0,18	✓ 0,22	✓ 0,26		
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m <sup>2</sup> K	0,98	✓ 2,66		✓ 1,00	✓ 1,20	✓ 1,40		
Mittlerer U-Wert Lichtkuppeln, etc.	W/m <sup>2</sup> K	1,1	✓ 4,3		✓ 1,6	✓ 2,0	✓ 2,4		

### EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
PV-Strom	9502	2,3
Wärmepumpen	184266	44,1
Wärme- und Kälterückgewinnung	147735	35,3

- ✓ Anforderung EE-Klasse erfüllt (mindestens 65 % Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien).

Summe Deckungsgrad: 81,7%

- ✓ EE-Klasse Zusatzanforderungen

### Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung zum Ausgangszustand

	Einheit	Unsanirt	Saniert	Einsparung	Einsparung in %
Endenergiebedarf	kWh/a	696159	125594	570565	82
Primärenergiebedarf	kWh/a	555588	226069	329519	59
Treibhausgasemissionen	kg/a	159919	70332	89586	56

### Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung zum Neubauniveau

	Einheit	Neubau-Anforderungswert *	Ist-Wert	Einsparung	Einsparung in %
Endenergiebedarf	kWh/a	188838	125594	63244	33
Primärenergiebedarf	kWh/a	237928	226069	11859	5
Treibhausgasemissionen	kg/a	59130	70332	-11203	-19

\* Alle Werte beziehen sich auf den 0,55-fachen Wert für das Referenzgebäude nach GEG.

## Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 9 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionen	:	1.978.000 EUR
Gesamtinvestitionen	:	1.628.800 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	1.062.329 EUR

<b>Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen</b>	<b>:</b>	<b>566.471 EUR</b>
--	----------	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	38.976 EUR/Jahr	1.169.280 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 40.258 EUR/Jahr	+ 1.207.740 EUR
	<u>79.234 EUR/Jahr</u>	<u>2.377.020 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	72.171 EUR/Jahr	2.165.130 EUR
<b>Einsparung</b>	<b>-7.063 EUR/Jahr</b>	<b>-211.890 EUR</b>

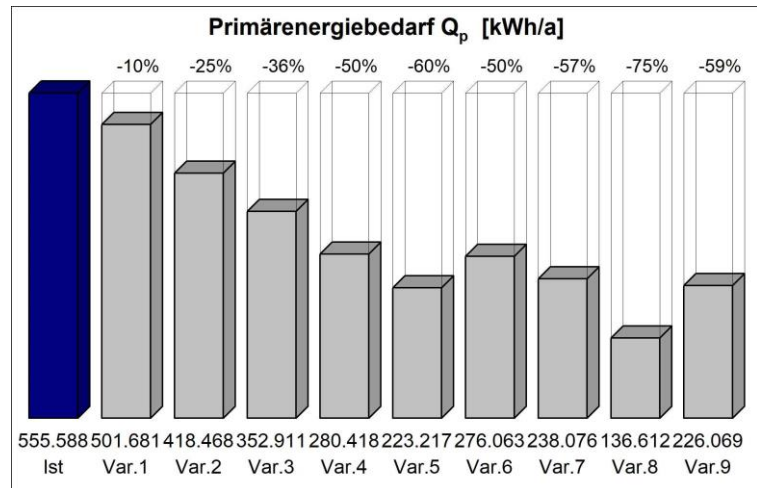
Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	43.319 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	24.164 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	5,04 %

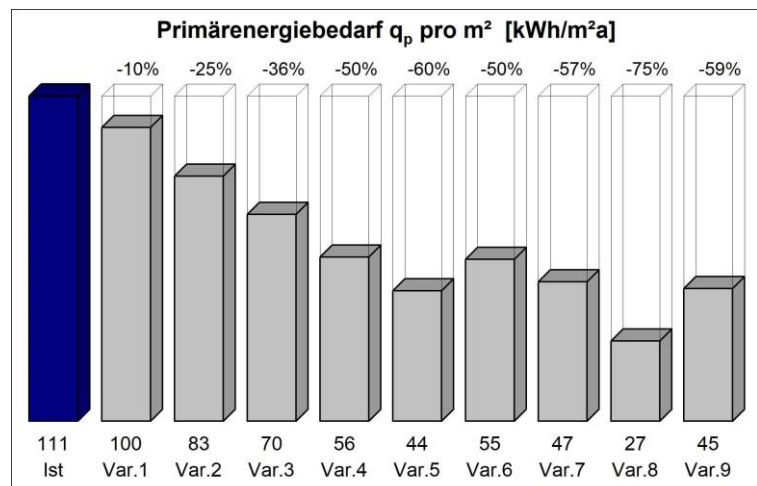
## Zusammenfassung der Ergebnisse

### Primärenergiebedarf

- Ist-Zustand
- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Fenstersanierung (Altbau)
- Var.3 - Außenwanddämmung Altbau
- Var.4 - Lüftung
- Var.5 - Dach Altbau+ DF+ DG AW + PV
- Var.6 - Heizung V1: GB + LuWa WP
- Var.7 - Heizung V2: LuWa WP+Neue Heizkörper
- Var.8 - Heizung V3: Pellets + Solarthermie
- Var.9 - Keller

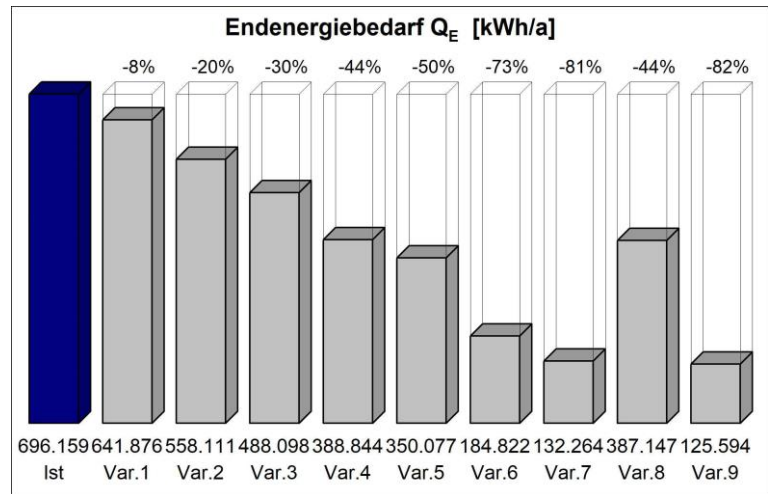


- Ist-Zustand
- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Fenstersanierung (Altbau)
- Var.3 - Außenwanddämmung Altbau
- Var.4 - Lüftung
- Var.5 - Dach Altbau+ DF+ DG AW + PV
- Var.6 - Heizung V1: GB + LuWa WP
- Var.7 - Heizung V2: LuWa WP+Neue Heizkörper
- Var.8 - Heizung V3: Pellets + Solarthermie
- Var.9 - Keller

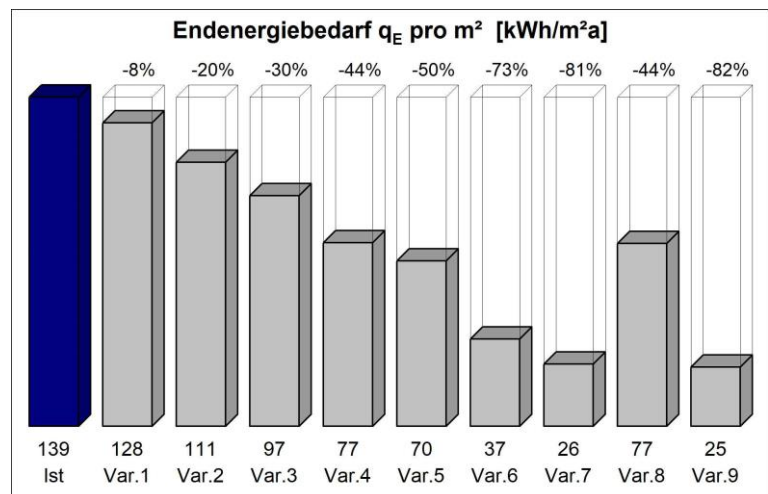


## Endenergiebedarf

- Ist-Zustand
- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Fenstersanierung (Altbau)
- Var.3 - Außenwanddämmung Altbau
- Var.4 - Lüftung
- Var.5 - Dach Altbau+ DF+ DG AW + PV
- Var.6 - Heizung V1: GB + LuWa WP
- Var.7 - Heizung V2: LuWa WP+Neue Heizkörper
- Var.8 - Heizung V3: Pellets + Solarthermie
- Var.9 - Keller

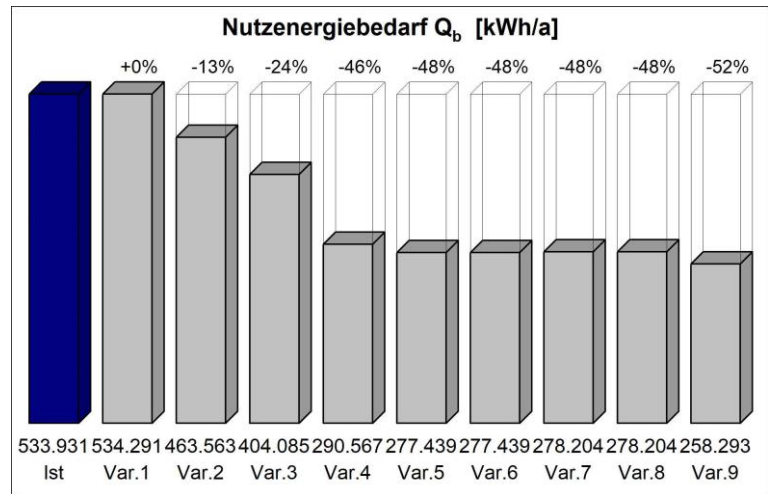


- Ist-Zustand
- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Fenstersanierung (Altbau)
- Var.3 - Außenwanddämmung Altbau
- Var.4 - Lüftung
- Var.5 - Dach Altbau+ DF+ DG AW + PV
- Var.6 - Heizung V1: GB + LuWa WP
- Var.7 - Heizung V2: LuWa WP+Neue Heizkörper
- Var.8 - Heizung V3: Pellets + Solarthermie
- Var.9 - Keller

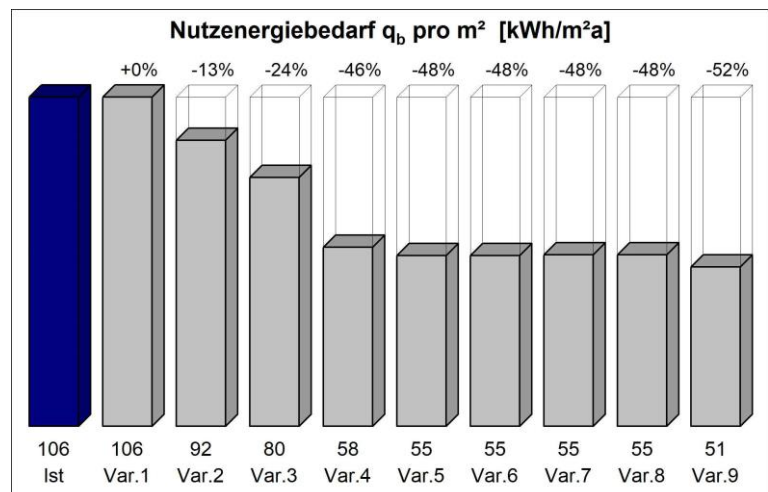


## Nutzenergiebedarf

Ist-Zustand  
 Var.1 - Heizungsoptimierung  
 Var.2 - Fenstersanierung (Altbau)  
 Var.3 - Außenwanddämmung Altbau  
 Var.4 - Lüftung  
 Var.5 - Dach Altbau+ DF+ DG AW + PV  
 Var.6 - Heizung V1: GB + LuWa WP  
 Var.7 - Heizung V2: LuWa WP+Neue Heizkörper  
 Var.8 - Heizung V3: Pellets + Solarthermie  
 Var.9 - Keller

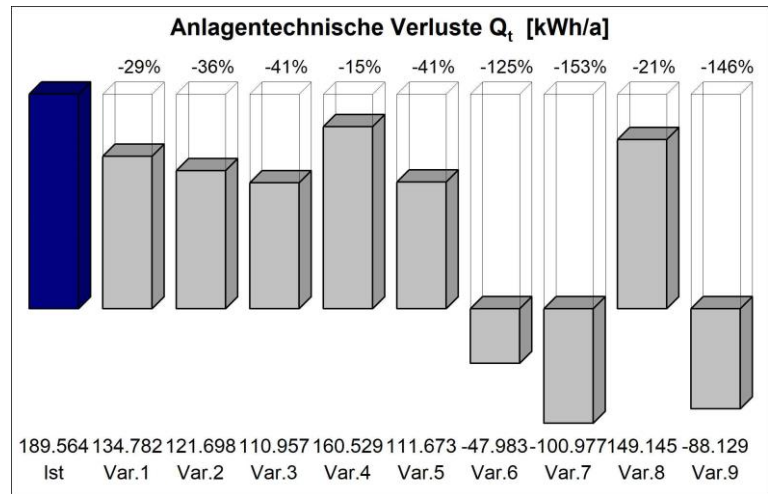


Ist-Zustand  
 Var.1 - Heizungsoptimierung  
 Var.2 - Fenstersanierung (Altbau)  
 Var.3 - Außenwanddämmung Altbau  
 Var.4 - Lüftung  
 Var.5 - Dach Altbau+ DF+ DG AW + PV  
 Var.6 - Heizung V1: GB + LuWa WP  
 Var.7 - Heizung V2: LuWa WP+Neue Heizkörper  
 Var.8 - Heizung V3: Pellets + Solarthermie  
 Var.9 - Keller

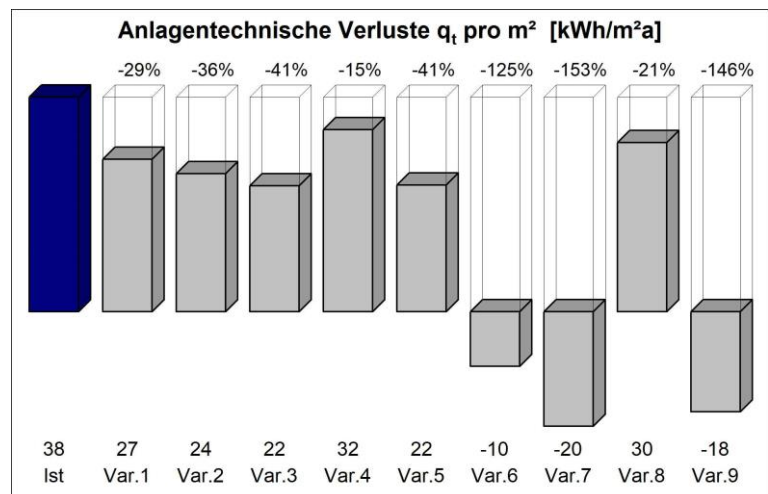


**Anlagentechnische Verluste**

- Ist-Zustand
- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Fenstersanierung (Altbau)
- Var.3 - Außenwanddämmung Altbau
- Var.4 - Lüftung
- Var.5 - Dach Altbau+ DF+ DG AW + PV
- Var.6 - Heizung V1: GB + LuWa WP
- Var.7 - Heizung V2: LuWa WP+Neue Heizkörper
- Var.8 - Heizung V3: Pellets + Solarthermie
- Var.9 - Keller

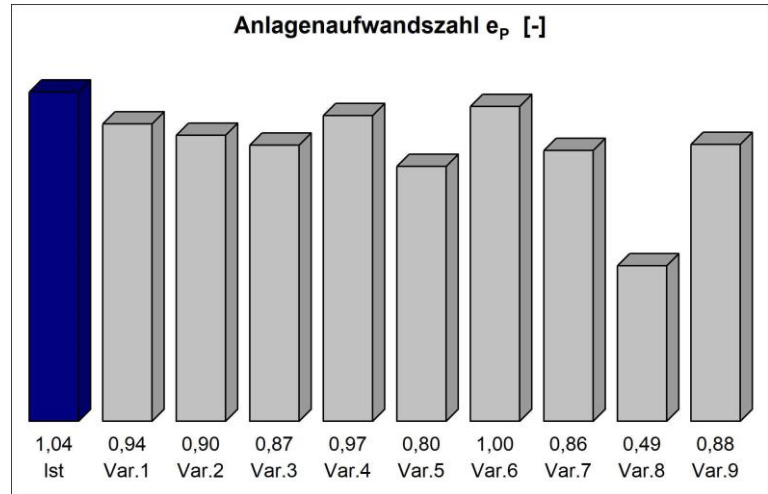


- Ist-Zustand
- Var.1 - Heizungsoptimierung
- Var.2 - Fenstersanierung (Altbau)
- Var.3 - Außenwanddämmung Altbau
- Var.4 - Lüftung
- Var.5 - Dach Altbau+ DF+ DG AW + PV
- Var.6 - Heizung V1: GB + LuWa WP
- Var.7 - Heizung V2: LuWa WP+Neue Heizkörper
- Var.8 - Heizung V3: Pellets + Solarthermie
- Var.9 - Keller



## Anlagenaufwandszahl

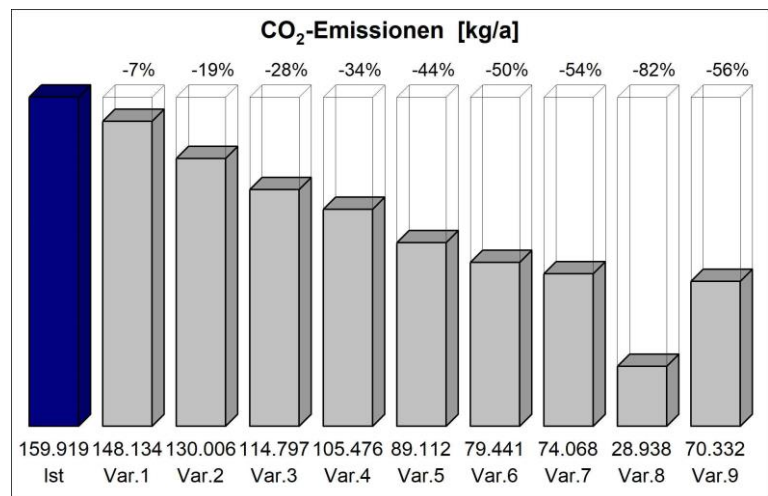
Ist-Zustand  
 Var.1 - Heizungsoptimierung  
 Var.2 - Fenstersanierung (Altbau)  
 Var.3 - Außenwanddämmung Altbau  
 Var.4 - Lüftung  
 Var.5 - Dach Altbau+ DF+ DG AW + PV  
 Var.6 - Heizung V1: GB + LuWa WP  
 Var.7 - Heizung V2: LuWa WP+Neue Heizkörper  
 Var.8 - Heizung V3: Pellets + Solarthermie  
 Var.9 - Keller



## Schadstoff-Emissionen

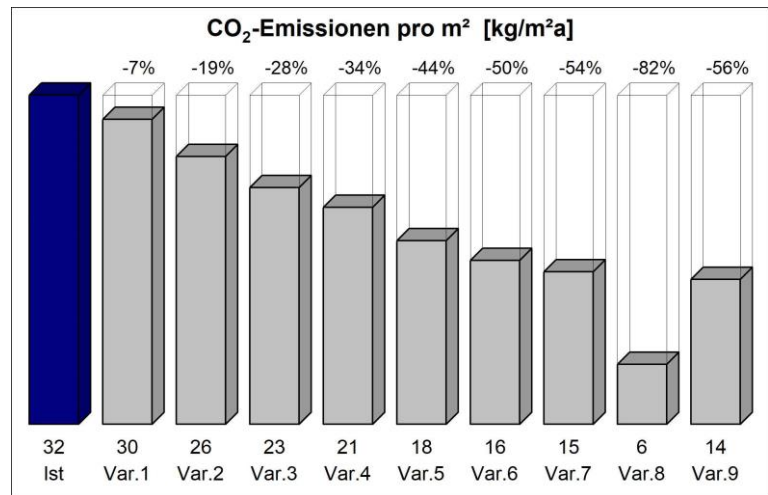
### CO<sub>2</sub>-Emissionen

Ist-Zustand  
 Var.1 - Heizungsoptimierung  
 Var.2 - Fenstersanierung (Altbau)  
 Var.3 - Außenwanddämmung Altbau  
 Var.4 - Lüftung  
 Var.5 - Dach Altbau+ DF+ DG AW + PV  
 Var.6 - Heizung V1: GB + LuWa WP  
 Var.7 - Heizung V2: LuWa WP+Neue Heizkörper  
 Var.8 - Heizung V3: Pellets + Solarthermie  
 Var.9 - Keller



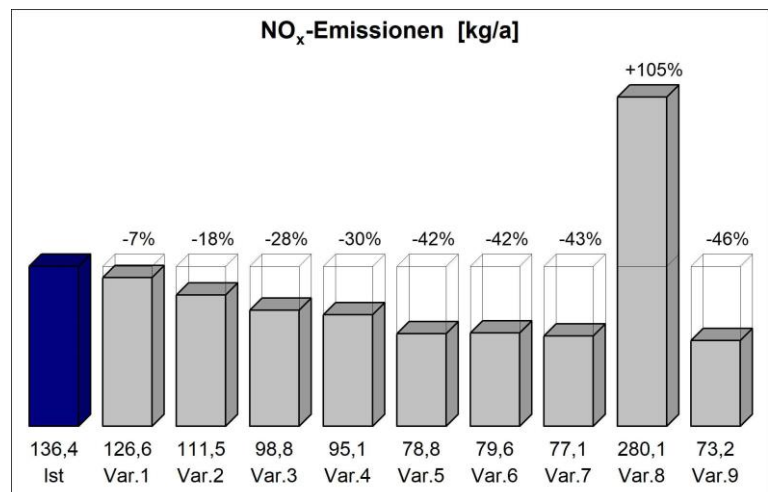


Ist-Zustand  
 Var.1 - Heizungsoptimierung  
 Var.2 - Fenstersanierung (Altbau)  
 Var.3 - Außenwanddämmung Altbau  
 Var.4 - Lüftung  
 Var.5 - Dach Altbau+ DF+ DG AW + PV  
 Var.6 - Heizung V1: GB + LuWa WP  
 Var.7 - Heizung V2: LuWa WP+Neue Heizkörper  
 Var.8 - Heizung V3: Pellets + Solarthermie  
 Var.9 - Keller



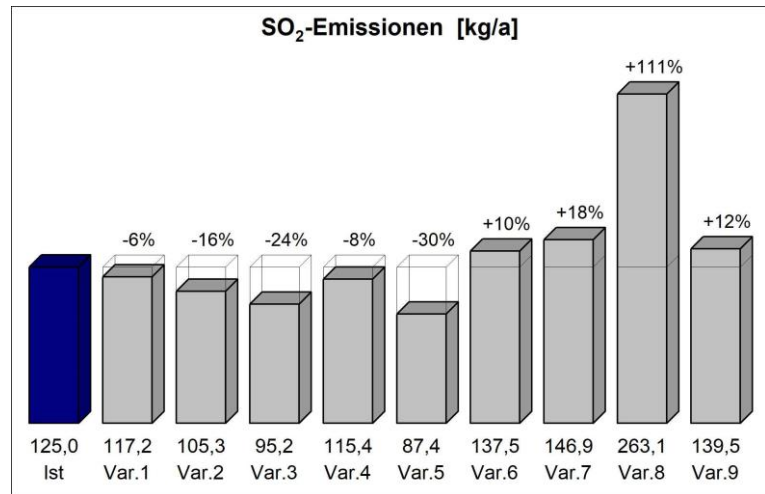
## NO<sub>x</sub>-Emissionen

Ist-Zustand  
 Var.1 - Heizungsoptimierung  
 Var.2 - Fenstersanierung (Altbau)  
 Var.3 - Außenwanddämmung Altbau  
 Var.4 - Lüftung  
 Var.5 - Dach Altbau+ DF+ DG AW + PV  
 Var.6 - Heizung V1: GB + LuWa WP  
 Var.7 - Heizung V2: LuWa WP+Neue Heizkörper  
 Var.8 - Heizung V3: Pellets + Solarthermie  
 Var.9 - Keller



## SO<sub>2</sub>-Emissionen

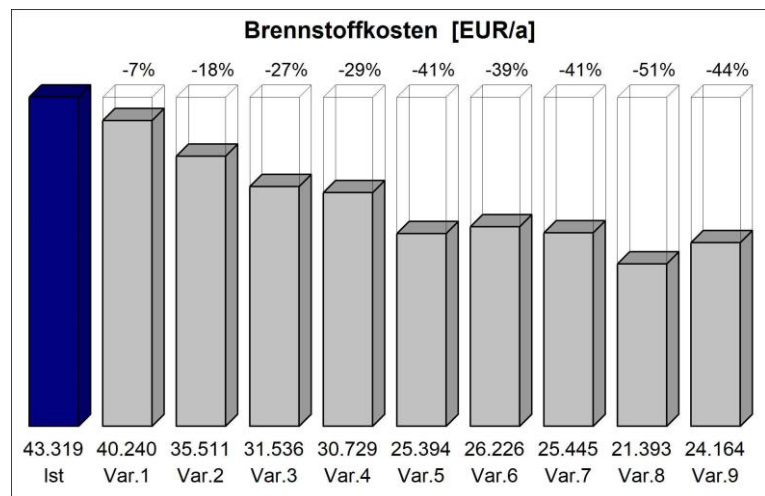
Ist-Zustand  
 Var.1 - Heizungsoptimierung  
 Var.2 - Fenstersanierung (Altbau)  
 Var.3 - Außenwanddämmung Altbau  
 Var.4 - Lüftung  
 Var.5 - Dach Altbau+ DF+ DG AW + PV  
 Var.6 - Heizung V1: GB + LuWa WP  
 Var.7 - Heizung V2: LuWa WP+Neue Heizkörper  
 Var.8 - Heizung V3: Pellets + Solarthermie  
 Var.9 - Keller



## Kosten / Wirtschaftlichkeit

### Brennstoffkosten

Ist-Zustand  
 Var.1 - Heizungsoptimierung  
 Var.2 - Fenstersanierung (Altbau)  
 Var.3 - Außenwanddämmung Altbau  
 Var.4 - Lüftung  
 Var.5 - Dach Altbau+ DF+ DG AW + PV  
 Var.6 - Heizung V1: GB + LuWa WP  
 Var.7 - Heizung V2: LuWa WP+Neue Heizkörper  
 Var.8 - Heizung V3: Pellets + Solarthermie  
 Var.9 - Keller



## A.1 Glossar

Im Folgenden werden die einzelnen Fachbegriffe erläutert:

### Energiebedarf

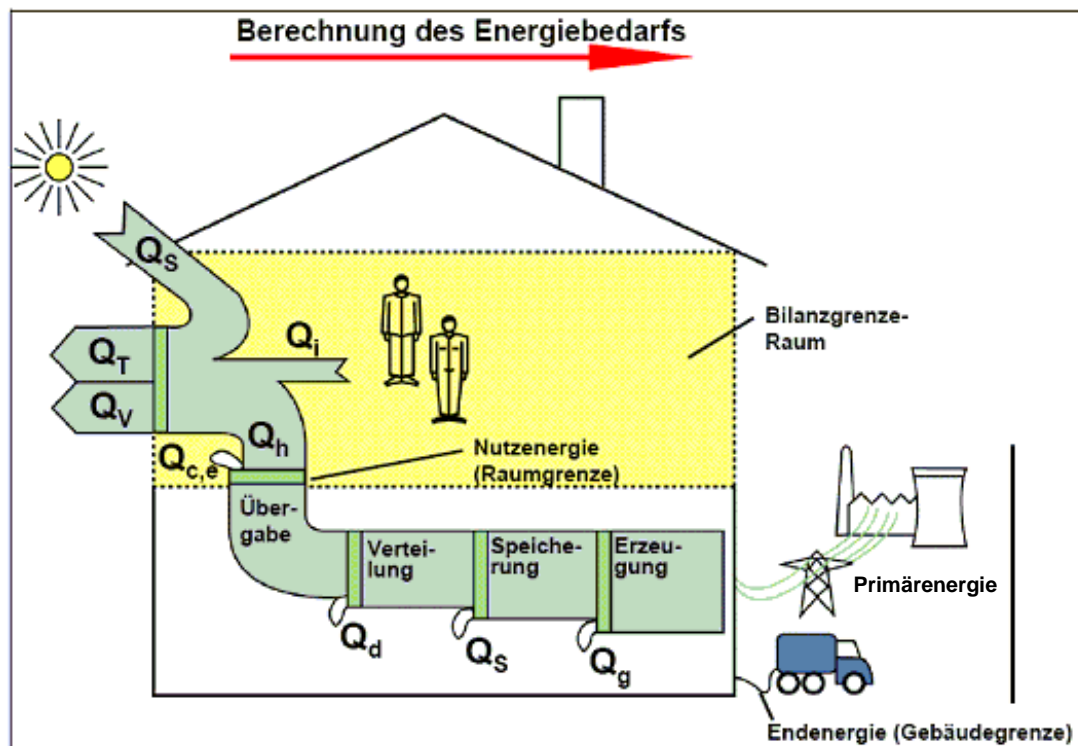
Energiemenge, die unter genormten Bedingungen (z. B. mittlere Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, zu erreichende Innentemperatur, angenommene innere Wärmequellen) für Beheizung, Lüftung und Warmwasserbereitung (nur

Wohngebäude) zu erwarten ist. Diese Größe dient der ingenieurmäßigen Auslegung des baulichen Wärmeschutzes von Gebäuden und ihrer technischen Anlagen für Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung und Kühlung sowie dem Vergleich der energetischen Qualität von Gebäuden. Der tatsächliche **Verbrauch** weicht in der Regel wegen der realen Bedingungen vor Ort (z. B. örtliche Klimabedingungen, abweichendes Nutzerverhalten) vom berechneten Bedarf ab.

### Jahres-Primärenergiebedarf

Jährliche Endenergiemenge, die zusätzlich zum Energieinhalt des Brennstoffes und der Hilfsenergien für die Anlagentechnik mit Hilfe der für die jeweiligen Energieträger geltenden Primärenergiefaktoren auch die Energiemenge einbezieht, die für die Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe (vorgelagerte Prozessketten außerhalb des Gebäudes) erforderlich ist.

Die Primärenergie kann auch als Beurteilungsgröße für ökologische Kriterien, wie z. B. CO<sub>2</sub>-Emission, herangezogen werden, weil damit der gesamte Energieaufwand für die Gebäudeheizung einbezogen wird. Der Jahres-Primärenergiebedarf ist die Hauptanforderung der Energiesparverordnung.



### Endenergiebedarf

Endenergiemenge, die den Anlagen für Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung und Kühlung zur Verfügung gestellt werden muss, um die normierte Rauminnentemperatur und die Erwärmung des Warmwassers über das ganze Jahr sicherzustellen. Diese Energiemenge bezieht die für den Betrieb der Anlagentechnik (Pumpen, Regelung, usw.) benötigte Hilfsenergie ein.

Die Endenergie wird an der "Schnittstelle" Gebäudehülle übergeben und stellt somit die Energiemenge dar, die dem Verbraucher (im Allgemeinen der Eigentümer)

geliefert und mit ihm abgerechnet wird. Der Endenergiebedarf ist deshalb eine für den Verbraucher besonders wichtige Angabe.

Die Endenergie umfasst die Nutzenergie und die Anlagenverluste.

### **Nutzenergie**

Als Nutzenergie bezeichnet man, vereinfacht ausgedrückt, die Energiemenge, die zur Beheizung eines Gebäudes sowie zur Erstellung des Warmwassers unter Berücksichtigung definierter Vorgaben erforderlich ist. Die Nutzenergie ist die Summe von Transmissionswärmeverlusten, Lüftungswärmeverlusten und Warmwasserbedarf abzüglich der nutzbaren solaren und inneren Wärmegewinne.

### **Transmissionswärmeverluste $Q_T$**

Als Transmissionswärmeverluste bezeichnet man die Wärmeverluste, die durch Wärmeleitung (Transmission) der wärmeabgebenden Gebäudehülle entstehen. Die Größe dieser Verluste ist direkt abhängig von der Dämmwirkung der Bauteile und diese wird durch den U-Wert angegeben.

### **Lüftungswärmeverluste $Q_v$**

Lüftungswärmeverluste entstehen durch Öffnen von Fenstern und Türen, aber auch durch Undichtigkeiten der Gebäudehülle. Die Undichtigkeit kann bei Altbauten insbesondere bei sehr undichten Fenstern, Außentüren und in unsachgemäß ausgebauten Dachräumen zu erheblichen Wärmeverlusten sowie zu bauphysikalischen Schäden führen.

### **Trinkwassererwärmung**

Der Trinkwasserwärmebedarf wird aufgrund der Nutzung (Anzahl der Personen, Temperatur u.ä.) ermittelt.

### **U-Wert (früher k-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. Er wird bestimmt durch die Dicke des Bauteils und den Lambda-Wert (Dämmwert) des Baustoffes.

### **Solare Wärmegewinne $Q_s$**

Das durch die Fenster eines Gebäudes, insbesondere die mit Südausrichtung, einstrahlende Sonnenlicht wird im Innenraum größtenteils in Wärme umgewandelt.

### **Interne Wärmegewinne $Q_i$**

Im Innern der Gebäude entsteht durch Personen, elektrisches Licht, Elektrogeräte usw. Wärme, die ebenfalls bei der Ermittlung des Heizwärmebedarfs in der Energiebilanz angesetzt werden kann.

### **Anlagenverluste**

Die Anlagenverluste umfassen die Verluste bei der Erzeugung  $Q_g$  (Abgasverlust), ggf. Speicherung  $Q_s$  (Abgabe von Wärme durch einen Speicher), Verteilung  $Q_d$

(Leitungsverlust durch ungedämmt bzw. schlecht gedämmte Leitungen) und Abgabe  $Q_c$  (Verluste durch mangelnde Regelung) bei der Wärmeübergabe.

### **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.

### **Gebäudevolumen $V_e$**

Das beheizte Gebäudevolumen ist das anhand von Außenmaßen ermittelte, von der wärmeübertragenden Umfassungs- oder Hüllfläche eines Gebäudes umschlossene Volumen. Dieses Volumen schließt mindestens alle Räume eines Gebäudes ein, die direkt oder indirekt durch Raumverbund bestimmungsgemäß beheizt werden. Es kann deshalb das gesamte Gebäude oder aber nur die entsprechenden beheizten Bereiche einbeziehen.

### **Wärmeübertragende Umfassungsfläche $A$**

Die Wärmeübertragende Umfassungsfläche, auch Hüllfläche genannt, bildet die Grenze zwischen dem beheizten Innenraum und der Außenluft, nicht beheizten Räumen und dem Erdreich. Sie besteht üblicherweise aus Außenwänden einschließlich Fenster und Türen, Kellerdecke, oberste Geschossdecke oder Dach. Diese Gebäudeteile sollten möglichst gut gedämmt sein, weil über sie die Wärme aus dem Rauminnen nach außen dringt.

### **Kompaktheit $A/V$**

Das Verhältnis der errechneten wärmeübertragenden Umfassungsfläche bezogen auf das beheizte Gebäudevolumen ist eine Aussage zur Kompaktheit des Gebäudes.

### **Gebäudenutzfläche $A_n$**

Die Gebäudenutzfläche beschreibt die im beheizten Gebäudevolumen zur Verfügung stehende nutzbare Fläche. Sie wird aus dem beheizten Gebäudevolumen unter Berücksichtigung einer üblichen Raumhöhe im Wohnungsbau abzüglich der von Innen- und Außenbauteilen beanspruchten Fläche aufgrund einer Vorgabe in der Energiesparverordnung (Faktor von 0,32) ermittelt. Sie ist in der Regel größer als die Wohnfläche, da z. B. auch indirekt beheizte Flure und Treppenhäuser einbezogen werden.

## Anhang - Brennstoffdaten

	Einheit	Heizwert Hi kWh/Einheit	Brennwert Hs kWh/Einheit	Verhältnis Hs/Hi *
Erdgas E	m <sup>3</sup>	10,42	11,57	1,11
Holzpellets	kg	4,90	5,29	1,08
Strom	kWh	1,00		

\* Bitte beachten: In der EnEV-Berechnung für den Wohnungsbau nach DIN 4108-6 / DIN 4701-10 sind die Endenergiewerte auf den Heizwert bezogen - in der Berechnung nach DIN 18599 hingegen auf den Brennwert. Standardwerte für das Verhältnis Hs/Hi aus DIN 18599-1 Anhang B.

	Arbeitspreis Cent/kWh	Arbeitspreis Cent/Einheit	Grundpreis Euro/Jahr	Lagerver- zinsung**
Erdgas E	6,26	65,2	182	
Holzpellets	4,20	20,6		2,5%
Strom	19,20	19,2	50	

\*\* aufgrund der notwendigen Brennstofflagerung liegt zwischen dem Einkauf und dem Verbrauch ein Zeitraum, in dem die Zinsverluste durch die Vorfinanzierung mit dem obigen Zinssatz berücksichtigt werden.

	Primär- energie- faktor	CO2- Emissionen g/kWh	SO2- Emissionen g/kWh	NOx- Emissionen g/kWh
Erdgas E	1,1	240	0,157	0,200
Holzpellets	0,2	20	0,680	0,799
Strom	1,8	560	1,111	0,583