



Klimaschutzteilkonzept

Baustein 3 / Feinanalyse der Verbandsgemeinde Römerberg-Dudenhofen



Für die Gebäude:

- Grundschule Hanhofen
- Haus Marientraut Hanhofen
- Grundschule Heiligenstein (Altbau)
- Grundschule Heiligenstein (Mehrzweckhalle mit Anbau)
- Rathaus Römerberg
- Feuerwehr Meckersheim
- Feuerwehrgerätehaus Dudenhofen
- Rathaus Dudenhofen

Erstellt: Dezember 2016

1.	Grundschule Hanhofen	6
1.1	Gebäudedokumentation	7
1.1.1	Allgemeines	7
1.1.2	Bautechnik (wärmeumfassende Gebäudehüllflächen)	8
1.1.3	Anlagentechnik	9
1.1.4	Elektrische Haustechnik	12
1.2	Energiebedarfsberechnung	13
1.2.1	Allgemeine Angaben zum Gebäude	13
1.2.2	Gebäudehülle	14
1.2.3	Anlagentechnik	15
1.2.4	Energiebedarf	16
1.2.5	Bewertung des Gebäudes nach EnEV 2016	17
1.3	Vorschläge für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen	18
1.3.1	Fassadendämmung	18
1.3.2	Fenstersanierung	19
1.3.3	Hydraulischer Abgleich des Heizungssystems	20
1.3.4	Modernisierung der Heizungsanlage	21
1.3.5	Einsatz eines Klein Blockheizkraftwerkes	22
1.3.6	Erneuerung der Beleuchtung mit LED – Technik,	24
1.3.7	Präsenzmelder	25
1.4	Zusammenfassung der Maßnahmen	26
2.	Haus Marientraut.....	27
2.1	Gebäudedokumentation	28
2.1.1	Allgemeines	28
2.1.2	Bautechnik (wärmeumfassende Gebäudehüllflächen)	29
2.1.3	Anlagentechnik	31
2.1.4	Elektrische Haustechnik	34
2.2	Energiebedarfsberechnung	35
2.2.1	Allgemeine Angaben zum Gebäude	35
2.2.2	Gebäudehülle	36
2.2.3	Anlagentechnik	37
2.2.4	Energiebedarf	38
2.2.5	Bewertung des Gebäudes nach EnEV 2016	39
2.3	Vorschläge für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen	40
2.3.1	Fassadendämmung	40
2.3.2	Fenstersanierung	41
2.3.3	RLT-Anlagen / Einsatz von Frequenzumformern	42
2.3.4	Erneuerung der Beleuchtung mit LED – Technik,	43
2.4	Zusammenfassung der Maßnahmen	44

3.	Grundschule Heiligenstein	45
3.1	Gebäudedokumentation	46
3.1.1	Allgemeines	46
3.1.2	Bautechnik (wärmeumfassende Gebäudehüllflächen)	47
3.1.3	Anlagentechnik	49
3.1.4	Elektrische Haustechnik	52
3.2	Energiebedarfsberechnung	53
3.2.1	Allgemeine Angaben zum Gebäude	53
3.2.2	Gebäudehülle	54
3.2.3	Anlagentechnik	55
3.2.4	Energiebedarf	56
3.2.5	Bewertung des Gebäudes nach EnEV 2016	57
3.3	Vorschläge für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen	58
3.3.1	Fassadendämmung	58
3.3.2	Fenstersanierung	59
3.3.3	Dachdämmung	60
3.3.4	Einsatz von LED-Tubes	61
3.4	Zusammenfassung der Maßnahmen	62
4.	Mehrzweckhalle und Anbau der Grundschule Heiligenstein	63
4.1	Gebäudedokumentation	64
4.1.1	Allgemeines	64
4.1.2	Bautechnik (wärmeumfassende Gebäudehüllflächen)	65
4.1.3	Anlagentechnik	67
4.1.4	Elektrische Haustechnik	69
4.2	Energiebedarfsberechnung	71
4.2.1	Allgemeine Angaben zum Gebäude	71
4.2.2	Gebäudehülle	72
4.2.3	Anlagentechnik	73
4.2.4	Energiebedarf	74
4.2.5	Bewertung des Gebäudes nach EnEV 2016	75
4.3	Vorschläge für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen	76
4.3.1	Sanierung der alten Kunststofffenster	76
4.3.2	Fassadendämmung	77
4.3.3	Hydraulischer Abgleich	78
4.3.4	Einsatz von LED-Tubes	79
4.3.5	Erneuerung der Beleuchtung mit LED-Technik, Anwesenheitserfassung und Tageslichtregelung	80
4.4	Zusammenfassung der Maßnahmen	81

5.	Rathaus Römerberg.....	82
5.1	Gebäudedokumentation	83
5.1.1	Allgemeines	83
5.1.2	Bautechnik (wärmeumfassende Gebäudehüllflächen)	84
5.1.3	Anlagentechnik.....	88
5.1.4	Elektrische Haustechnik	92
5.2	Energiebedarfsberechnung	94
5.2.1	Allgemeine Angaben zum Gebäude	94
5.2.2	Gebäudehülle	95
5.2.3	Anlagentechnik.....	96
5.2.4	Energiebedarf	97
5.2.5	Bewertung des Gebäudes nach EnEV 2016	98
5.3	Vorschläge für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen.....	99
5.3.1	Dachdämmung	99
5.3.2	Fassadendämmung.....	100
5.3.3	Fenstersanierung.....	101
5.3.4	Hydraulischer Abgleich	102
5.3.5	Anpassung der Aufheizphasen.....	103
5.3.6	Einsatz von LED-Tubes	104
5.3.7	Erneuerung der Beleuchtung mit LED-Technik, Anwesenheitserfassung und Tageslichtregelung.....	105
5.4	Zusammenfassung der Maßnahmen	106
6.	Feuerwache Mechtersheim	107
6.1	Gebäudedokumentation	108
6.1.1	Allgemeines	108
6.1.2	Bautechnik (wärmeumfassende Gebäudehüllflächen)	109
6.1.3	Anlagentechnik.....	111
6.1.4	Elektrische Haustechnik	114
6.2	Energiebedarfsberechnung	115
6.2.1	Allgemeine Angaben zum Gebäude	115
6.2.2	Gebäudehülle	116
6.2.3	Anlagentechnik.....	117
6.2.4	Energiebedarf	118
6.2.5	Bewertung des Gebäudes nach EnEV 2016	119
6.3	Vorschläge für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen.....	120
6.3.1	Dachdämmung	120
6.3.2	Fassadendämmung.....	121
6.3.3	Fenstersanierung.....	122
6.3.4	Hydraulischer Abgleich	123
6.3.5	Instandsetzen der Regeltechnik / Programmierung der Regelparameter	124
6.4	Zusammenfassung der Maßnahmen	125

7.	Feuerwehr Dudenhofen.....	126
7.1	Gebäuedokumentation	127
7.1.1	Allgemeines	127
7.1.2	Bautechnik (wärmeumfassende Gebäudehüllflächen)	128
7.1.3	Anlagentechnik.....	130
7.1.4	Elektrische Haustechnik	133
7.2	Energiebedarfsberechnung	134
7.2.1	Allgemeine Angaben zum Gebäude	134
7.2.2	Gebäudehülle	135
7.2.3	Anlagentechnik.....	136
7.2.4	Energiebedarf	137
7.2.5	Bewertung des Gebäudes nach EnEV 2016	138
7.3	Vorschläge für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen.....	139
7.3.1	Dachdämmung	139
7.3.2	Fenstersanierung.....	140
7.3.3	Fassadendämmung.....	141
7.3.4	Hydraulischer Abgleich	142
7.3.5	Wärmeverteilung / Reduzierung der Verteilungsverluste.....	143
7.3.6	Anpassung der Aufheizphasen / Regelparameter	144
7.3.7	Erneuerung der Beleuchtung mit LED-Technik, Anwesenheitserfassung und Tageslichtregelung.....	145
7.4	Zusammenfassung der Maßnahmen	146
8.	Rathaus Dudenhofen.....	147
8.1	Gebäuedokumentation	148
8.1.1	Allgemeines	148
8.1.2	Bautechnik (wärmeumfassende Gebäudehüllflächen)	149
8.1.3	Anlagentechnik.....	150
8.1.4	Elektrische Haustechnik	153
8.2	Energiebedarfsberechnung	154
8.2.1	Allgemeine Angaben zum Gebäude	154
8.2.2	Gebäudehülle	155
8.2.3	Anlagentechnik.....	156
8.2.4	Energiebedarf	157
8.2.5	Bewertung des Gebäudes nach EnEV 2016	158
8.3	Vorschläge für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen.....	159
8.3.1	Fassadensanierung	159
8.3.2	Fenstersanierung.....	160
8.3.3	Wärmeverteilung / Reduzierung der Verteilungsverluste.....	161
8.3.4	Einsatz von LED-Tubes.....	162
8.4	Zusammenfassung der Maßnahmen	163

1. Grundschule Hanhofen



Auftraggeber:

Verbandsgemeinde Römerberg-Dudenhofen
Konrad-Adenauer-Platz 6
67373 Dudenhofen

Gebäude:

Nr. 10 - Grundschule Hanhofen
Schulstr. 1 - 3
67374 Hanhofen

1.1 Gebäudedokumentation

1.1.1 Allgemeines

Die Grundschule Hanhofen liegt im Ortsteil Hanhofen in südlicher Ortsrandlage. Zum Gebäudekomplex gehören drei Gebäude; die Grundschule, das Haus Marientraut und der Kindergarten Villa Sonnenburg. Die nachfolgende Betrachtung bezieht sich ausschließlich auf das Gebäude Grundschule.

Das Baujahr der Grundschule ist 1964.

Das Gebäude ist massiv gebaut und teilweise unterkellert. Die Außenwände sind verklankert. Eine Außenwanddämmung ist nicht vorhanden. Im Dachbereich ist eine Eternitverkleidung angebracht.

Die Metallfenster sind in einem schlechten Zustand. Das Baujahr der Fenster ist 1985.

Die Dächer sind gedämmt. Die Dachsanierung erfolgte 1985.

Das Gebäude dient als reines Schulgebäude mit Büros, Nebenbereichen und Klassenräumen. Im Kellergeschoss sind Lageräume vorhanden.

Die Belegzeiten sind hauptsächlich Montag bis Freitag 07:00 bis 17:00 Uhr. Zusätzliche Nutzungszeiten durch Angestellte oder Veranstaltungen außerhalb der Hauptnutzungszeit liegen vor.

Der Zustand des Gebäudes ist mittel. Sanierungsmaßnahmen wurden teilweise ausgeführt. Ein Sanierungsstau liegt im Bereich Fassade und Fenster vor.

Die Beheizung des Gebäudes erfolgt über eine Heizungsanlage mit zwei Gaskesseln.


Der gesamte Zustand der Heizungstechnik ist als mittel einzustufen. Eine Sanierung der Heizungsanlage ist notwendig.

Die Stromversorgung erfolgt über die Niederspannungshauptverteilung.

Die Beleuchtungsanlage wurde in Teilbereichen saniert. In vielen Bereichen steht eine Sanierung an.

1.1.2 Bautechnik (wärmeumfassende Gebäudehüllflächen)


	Grundschule Hanhofen	
	Bauteil	Außenwand gegen Außenluft
	U - Wert	0,9 W/m²K
	Bauart	Massiv, 20 cm
	Hinweis: Die Fassade befindet sich in einem mittleren Zustand. Größere Bauschäden wurden nicht festgestellt.	


	Grundschule Hanhofen	
	Bauteil	Fenster
	U - Wert	4,3 W/m²K
	Bauart	Metallfenster Isolierverglasung
	Baujahr	1985
Hinweis: Die Fenster befinden sich in einem schlechten Zustand. Die Fenster sind undicht und angelaufen.		


	Grundschule Hanhofen	
	Bauteil	Dach
	U - Wert	0,3 W/m²K
	Bauart	Pulldach und Flachdach
	Hinweis: Eine Dachsanierung wurde 1985 durchgeführt.	


1.1.3 Anlagentechnik


1.1.3.1 Heizungstechnik

	Kesselanlage	
	Bauteil	2 Heizkessel
	Bauart	Brennwertkessel
	Fabrikat	Viessmann
	Typ	VSB 17/10
	Baujahr	1996
	Leistung	170/105 kW
	Brennstoff	Erdgas
	Hinweis: Die Kessel befinden sich in einem mittleren Zustand. Eine Sanierung wird empfohlen.	

	Regeltechnik	
	Bauteil	DDC-Regelung
	Bauart	zeit- und witterungsgeführt
	Fabrikat	Siemens
	Typ	PXM 20
	Baujahr	2010
Hinweis: Die Regeltechnik ist in einem guten Zustand.		

	Verteiler	
	Bauteil	Heizungsverteiler mit Heizungsumwälzpumpen
	Bauart	Pumpen mit elektronischer Leistungsregelung
	Fabrikat	Wilo
	Typ	Stratos
	Baujahr	2010
Hinweis: Die Umwälzpumpen wurden erneuert.		

	Heizkörper	
	Bauteil	Heizkörper
	Bauart	Stahlradiatoren
	Baujahr	Unbekannt / unterschiedlich
Hinweis: Der Zustand der Heizkörper ist altersentsprechend.		

	Heizkörperventile	
	Bauteil	Heizkörperventil
	Bauart	Thermostatventil
	Baujahr	2010
	Fabrikat	Danfoss
Hinweis: Bei den Ventilen ist die Möglichkeit einer Voreinstellung vorhanden. Ein hydraulischer Abgleich ist nicht erfolgt.		




1.1.3.2 Trinkwarmwassererwärmung


Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt über dezentrale Elektrogeräte.

1.1.4 Elektrische Haustechnik

1.1.4.1 Beleuchtung

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Anbauleuchte abgehängt
	Leuchtmittel	T5-Leuchtstofflampe
	Brenndauer	Ø 1.300h/a
Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. in den Klassenräumen installiert		

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Anbauleuchte
	Leuchtmittel	T8-Leuchtstofflampe ohne EVG
	Brenndauer	Ø 1.300h/a
Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. im Eingangsbereich installiert		

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Aufbaurasterleuchte
	Leuchtmittel	T8-Leuchtstofflampe ohne EVG
	Brenndauer	Ø 1.300h/a
Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. im Flur installiert		

1.2 Energiebedarfsberechnung

Im Rahmen der Feinanalyse (Baustein 3) wird bei der Energiebedarfsberechnung unabhängig der tatsächlichen Gebäudenutzung ausgegangen. Die Berechnung erfolgt über das computergestützte Rechenprogramm: Energieberater 18599, Version 8.3.1 der Firma Hottgenroth Software.

1.2.1 Allgemeine Angaben zum Gebäude

Beschreibung:

Ort:	67374 Hanhofen	
Gebäudetyp:	Nichtwohngebäude	
Baujahr:	1964	
Beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	3.616,00 m ³
Das beheizte Volumen wurde gemäß EnEV unter Verwendung von Außenmaßen ermittelt		
Nettogrundfläche:	$A_{NGF} =$	1.033,00 m ²
Luftvolumen:	$V_L =$	2.892 m ³

Verbrauchsangaben:

Der Berechnung dieses Berichts wurde das EnEV-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.

1.2.2 Gebäudehülle

In der folgenden Tabelle finden Sie eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit ihren momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die die EnEV bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

	Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K
	DA	Flachdach	1105,00	0,30	0,20
	DA	Pultdach	710,00	0,30	0,20
X	WA	Fassade Nord Eternit	67,00	0,90	0,24
X	WA	Fassade Nord Klinker Beton	118,00	0,90	0,24
X	WA	Fassade Ost Eternit	27,00	0,90	0,24
X	WA	Fassade Ost Klinker Beton	87,00	0,90	0,24
X	WA	Fassade Süd Eternit	30,00	0,90	0,24
X	WA	Fassade Süd Klinker Beton	90,00	0,90	0,24
X	WA	Fassade West Eternit	26,00	0,90	0,24
X	WA	Fassade West Klinker Beton	60,00	0,90	0,24
X	WE	Wand Erdreich	250,00	1,00	0,30
X	FA	Glasbausteine West 1985	8,00	3,80	1,3
X	FA	Metallfenster Nord 1985	110,00	4,30	1,3
X	FA	Metallfenster Ost 1985	23,00	4,30	1,3
X	FA	Metallfenster Süd 1985	146,00	4,30	1,3
X	FA	Metallfenster West 1985	75,00	4,30	1,3
X	BE	Bodenplatte	1104,00	1,00	0,30

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV 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 $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

1.2.3 Anlagentechnik

Heizung:

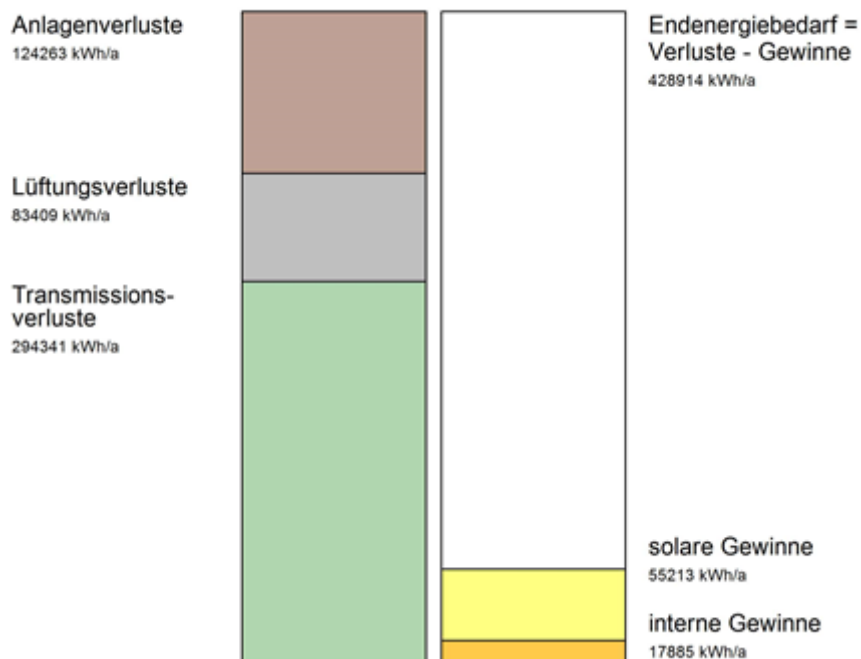
Bereich	Heizwärme-Erzeugung
Erzeugung	- Brennwert-Kessel von 1996 - Nennleistung 170,00 kW Energieträger: Erdgas E - Brennwert-Kessel von 1996 - Nennleistung 105,00 kW Energieträger: Erdgas E
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Leitungen mit einem U-Wert von 0,40 W/(mK) gedämmt Umwälzpumpe geregelt, kein hydraulischer Abgleich

Warmwasser:

Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt elektrisch.

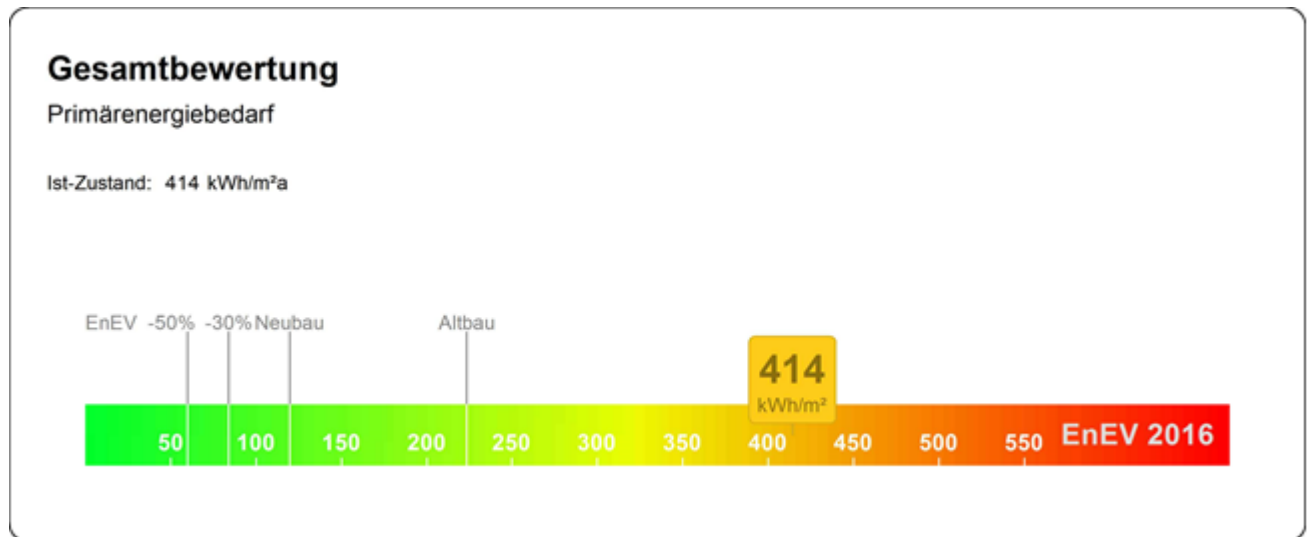
1.2.4 Energiebedarf

Energiebilanz des Gebäudes	jährlich [kWh/a]
Verluste	
Transmissionsverluste	294.341
Lüftungsverluste	83.409
Anlagenverluste	124.263
Gesamt	502.013
Gewinne	
Solare Wärmegewinne	55.213
Interne Wärmegewinne	17.885
Gesamt	73.098
Endenergiebedarf Q_E	
Endenergiebedarf $Q_{WE,E}$ (Wärmeerzeugung)	428.914
Gesamt	428.914
Primärenergiebedarf Q_P	
	427.927



1.2.5 Bewertung des Gebäudes nach EnEV 2016

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 414 kWh/m²a.



Bei der Berechnung des Energiebedarfs wird von vorgegebenen Nutzerverhalten und einheitlichen Klimabedingungen (Norm-Standort) ausgegangen, um den Energiebedarf unterschiedlicher Gebäude miteinander vergleichen zu können.

Bei den Angaben zum tatsächlichen Energieverbrauch gemäß Baustein 1 fließt natürlich das individuelle Nutzerverhalten und der tatsächliche Standort des Gebäudes (Klima) ein. Das kann zu Abweichungen zwischen dem berechneten Energieverbrauch und dem tatsächlich gemessenen Energieverbrauch führen.

Der gemessene durchschnittliche, witterungsbereinigte Endenergieverbrauch der letzten 3 Heizperioden beträgt 140.488 kWh/a und liegt damit bei 32,8 % des berechneten Energiebedarfs. Der Reduzierfaktor für die nachfolgenden Berechnungen beträgt somit $RF = 0,328$.

1.3 Vorschläge für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen

Nachfolgend werden in Abhängigkeit der vorangegangenen Gebäude- und Schwachstellendokumentation verschiedene Vorschläge für mögliche Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz aufgeführt.

1.3.1 Fassadendämmung

Außenwände:

Wärmedämmverbundsystem 14 cm WLG 035

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
WA	Fassade Nord Eternit - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	67,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade Nord Klinker Beton - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	118,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade Ost Eternit - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	27,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade Ost Klinker Beton - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	87,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade Süd Eternit - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	30,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade Süd Klinker Beton - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	90,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade West Eternit - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	26,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade West Klinker Beton - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	60,00	0,20	0,24	0,20

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 39.544 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 12.970 kWh/a entsprechend 774,31 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 70.700,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.620 kg CO₂/Jahr reduziert.

1.3.2 Fenstersanierung

Alte Metallfenster und Glasbausteine:

Einsatz von Kunststofffenstern mit Wärmeschutzverglasung

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
FA	Glasbausteine West 1985 - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	8,00	1,30	1,3	0,95
FA	Metallfenster Nord 1985 - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	110,00	1,30	1,3	0,95
FA	Metallfenster Ost 1985 - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	23,00	1,30	1,3	0,95
FA	Metallfenster Süd 1985 - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	146,00	1,30	1,3	0,95
FA	Metallfenster West 1985 - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	75,00	1,30	1,3	0,95

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 122.755 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 40.264 kWh/a entsprechend 2.403,74 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 235.300,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 8.133 kg CO₂/Jahr reduziert.

1.3.3 Hydraulischer Abgleich des Heizungssystems

Heizungssystem:

Durch den hydraulischen Abgleich kann der Energieverbrauch gesenkt werden.

Neben den Einsparungen an Antriebsleistungen ist zu beachten, dass bei der Reduzierung des Massenstroms unnötige Auskühlungen des Heizwassermassenstroms und damit ein unnötiger Brennstoffverbrauch vermieden werden kann.

Der hydraulische Abgleich sollte im Gebäude wie folgt durchgeführt werden:

Hydraulischer Abgleich des Heizungssystems durch das Einstellen vorhandener, voreinstellbarer Heizkörperventile. Austausch der alten Heizkörperventile gegen neue, voreinstellbare Heizkörperventile.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 27.550 kWh/a entsprechend 1.644,74 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 4.000,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 5.565 kg CO₂/Jahr reduziert.

1.3.4 Modernisierung der Heizungsanlage

Modernisierung der Heizungsanlage:

Erneuern des Heizkessels. Einsatz eines Brennwertkessels, gasbefeuert. Sanierung des veralteten Heizungsverteilers. Wärmedämmung der Heizungsanlage gemäß Energieeinsparungsverordnung. Sanierung der alten analogen Regeltechnik. Einsatz einer mikroprozessorgesteuerten Regeltechnik.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 18.685 kWh/a entsprechend 1.115,49 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 28.000,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 3.774 kg CO₂/Jahr reduziert.

1.3.5 Einsatz eines Klein Blockheizkraftwerkes

Klein Blockheizkraftwerk:

Mit dem Erneuern des Heizkessels sollte ein Klein Blockheizkraftwerk installiert werden.

Blockheizkraftwerke sind kleine Heizzentralen, in denen die Abwärme von Verbrennungsmotoren zu Heizzwecken genutzt oder als Nutzwärme einem Produktionsprozess zugeführt und die mechanische Energie über Generatoren in elektrische Energie umgewandelt wird.

Der beim Betrieb des Blockheizkraftwerkes erzeugte Strom kann in das örtliche Netz eingespeist werden. Alternativ kann die dezentral erzeugte Elektrizität zur Deckung des eigenen Bedarfes dienen.

Je nach Bauart, Größe, Betriebsweise und Brennstoff werden Verstromungswirkungsgrade von

28 bis 35 %

und thermische Wirkungsgrade von

35 bis 60 %

erreicht.

Die Vorteile des BHKW-Betriebes sind somit offensichtlich. Im Kraftwerksbereich entsteht eine hohe Einsparung an Primärenergie, verbunden mit einer entsprechenden Emissionsminderung.

BHKW-Berechnung 2016 brutto:

elektrische Leistung	9,0	kW
thermische Leistung	21,3	kW
Brennstoffleistung	29,3	kW

Laufzeit	5.300	h/a
Investition netto	<u>48.000,00</u>	€
Wirkungsgrad Kesselanlage	0,97	
Brennstoffkosten Kesselanlage	0,0597	€/kWh
Brennstoffkosten BHKW (steuerermäßigt)	0,053155	€/kWh
Stromkosten Arbeit	0,285	€/kWh
Stromerzeugung BHKW	47.700	kWh/a
Eigenverbrauch ca. 50 %	23.850	kWh/a
Einspeisung ca. 50 %	23.850	kWh/a
Einsparung Strom Eigenverbrauch	6.797,25	€/a
Strom/KWKG-Vergütung-Eigenverbrauch	503,24	€/a
Einsparung Strom Einspeisung	3.999,65	€/a
Gesamteinsparung Strom	11.300,13	€/a
Wärmeerzeugung BHKW	112.890	kWh/a
Einsparung Wärme	7.677,51	€/a
Brennstoffverbrauch BHKW	155.290	kWh/a
Brennstoffkosten BHKW	8.254,44	€/a
Gesamtkosten Wärme	576,93	€/a
Wartungskosten ca.	750,00	€/a
Gesamteinsparung	9.973,20	€/a
Amortisation (statisch)	4,8	Jahre

Die CO₂-Emissionen werden um 18.375 kg CO₂/Jahr reduziert.

1.3.6 Erneuerung der Beleuchtung mit LED – Technik,

Beleuchtungssanierung

Wir empfehlen den Einsatz von neuen Leuchten mit LED-Technik und Anwesenheitserfassung bzw. Tageslichtregelung in folgenden Bereichen:

- Schule/Eingangsbereich, Flur, Kopierraum, Klassenraum (ehemalige Schulküche), Küche und Ausschank

Die Einsparung durch die Installation von neuen Leuchten in der Grundschule mit LED-Technik beträgt:

$2,11 \text{ kW} \cdot 1.300 \text{ h/a} = 2.743 \text{ kWh/a}$, entsprechend

781,76 €/a.

Die Investition beläuft sich auf ca. 13.800,00 €.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.509 kg CO₂/Jahr reduziert.

1.3.7 Präsenzmelder

Die Beleuchtungsanlage in den Klassenräumen ist derzeit größtenteils durchgängig in Betrieb. Eine Abschaltung in den Pausenzeiten bzw. bei ausreichendem Tageslichteinfall wird nicht konsequent praktiziert. Wir empfehlen daher, diese Bereiche mit Präsenzmeldern auszustatten.

Der Einsatz von Präsenzmeldern ist im Bereich Schule - Klassenräume möglich.

Die Einsparung beim Einsatz der Präsenzmelder beträgt dann

$3,18 \text{ kW} \cdot 400 \text{ h/a} = 1.272 \text{ kWh}$, entsprechend

362,52 €/a.

Die Investition beträgt ca. 2.100,00 €.

Die CO₂-Emissionen werden um 700 kg CO₂/Jahr reduziert.

1.4 Zusammenfassung der Maßnahmen

Folgende Maßnahmen tragen zur Reduzierung von Energieverbrauch, Energiekosten und Treibhausgasen bei:

Maßnahme	Jährliche Einsparung			Investition inkl. MwSt
	kWh	€ inkl. MwSt.	CO ₂	
Fassadendämmung	12.970	774,31	2.620	70.700
Fenstersanierung	40.264	2.403,74	8.133	235.300
Hydraulischer Abgleich	27.550	1.644,74	5.565	4.000
Modernisierung der Heizungsanlage	18.685	1.115,49	3.774	28.000
Einsatz eines Klein-BHKW	0	9.973,20	18.375	48.000
Beleuchtungssanierung LED-Technik	2.743	781,76	1.509	13.800
Präsenzmelder	1.272	362,52	700	2.100
Summe	103.484	17.055,76	40.676	401.900

2. Haus Marientraut



Auftraggeber:	Verbandsgemeinde Römerberg-Dudenhofen Konrad-Adenauer-Platz 6 67373 Dudenhofen
Gebäude:	Nr. 10a – Haus Marientraut Schulstr. 3 67374 Hanhofen

2.1 Gebäudedokumentation

2.1.1 Allgemeines

Das Haus Marientraut liegt im Ortsteil Hanhofen in südlicher Ortsrandlage. Es besteht aus zwei Bauteilen, dem Altbau und dem Anbau.

Das Baujahr ist 1964. Das Gebäude wurde 1985 um den Bühnenanbau erweitert.

Das Gebäude ist massiv gebaut und nicht unterkellert. Die Außenwände sind verkleinert. Eine Außenwanddämmung ist nicht vorhanden. Im Dachbereich ist eine Eternitverkleidung angebracht.

Die Metallfenster und Glasbausteine sind in einem schlechten Zustand. Das Baujahr der Fenster ist 1985.

Das Dach ist gedämmt. Eine Dachsanierung wurde 1985 ausgeführt.

Das Gebäude dient als Sport- und Mehrzweckhalle. Vormittags, nachmittags und abends findet Sport durch die Schule, den Kindergarten und Vereine statt. Am Wochenende ist eine unregelmäßige Belegung durch Veranstaltungen.

Die Belegzeiten sind hauptsächlich Montag bis Freitag 07:00 bis 22:00 Uhr und Samstag und Sonntag bei Veranstaltungen.

Der Zustand des Gebäudes ist mittel. Sanierungsmaßnahmen wurden ausgeführt. Ein Sanierungsstau liegt bei den Fenstern und der Fassade vor.

Die Wärmeversorgung des Gebäudes erfolgt über eine Fernleitung aus der Heizungsanlage in der Schule. Die Beheizung erfolgt über eine statische Heizung mit Heizkörpern und eine raumluftechnische Anlage für die Halle.


Der gesamte Zustand der Heizungstechnik ist als mittel einzustufen.

Die Stromversorgung erfolgt über die Niederspannungshauptverteilung.

Die Beleuchtungsanlage ist in vielen Bereichen sanierungsbedürftig.

2.1.2 Bautechnik (wärmeumfassende Gebäudehüllflächen)

	Haus Marientraut	
	Bauteil	Außenwand gegen Außenluft
	U - Wert	0,9 W/m²K
	Bauart	Massiv, 30 cm
	Hinweise: Die Fassade befindet sich in einem mittleren Zustand. Größere Bauschäden wurden nicht festgestellt.	

	Haus Marientraut	
	Bauteil	Fenster
	U - Wert	4,3 W/m²K
	Bauart	Metallfenster
	Baujahr	1985
Hinweis: Die Fenster befinden sich in einem schlechten Zustand. Die Fenster sind undicht und zum Teil mit defekter Verglasung.		

	Haus Marientraut	
	Bauteil	Fenster
	U - Wert	4,5 W/m²K
	Bauart	Glasbausteine
	Hinweis: Die Fenster befinden sich in einem schlechten Zustand.	



Haus Marientraut


Bauteil	Dach
U - Wert	0,3 W/m ² K
Bauart	Flachdach


Hinweis:
Eine Dachsanierung wurde 1985 durchgeführt.


2.1.3 Anlagentechnik

2.1.3.1 Heizungstechnik

Es liegt eine Nahwärmeversorgung aus der Grundschule vor.

	RLT-Anlage	
	Bauteil	Lüftung
	Bauart	Zu-/Abluftanlage
	Fabrikat	Wolf
	Typ	KG 100
	Baujahr	1996
	Leistung el.	1 x 4,0 kW 1 x 5,5 kW
	Heizleistung	68,4 kW
	Volumenstrom	8.000 m³/h
	Hinweis: Die RLT-Anlage befindet sich in einem guten Zustand.	

	Regeltechnik	
	Bauteil	Heizkreisregelung
	Bauart	zeit- und temperaturgeführt
	Fabrikat	Siemens
	Typ	PXM 10
	Baujahr	1996
	Hinweis: Die Regeltechnik ist in einem guten Zustand.	

	Heizkörper	
	Bauteil	Heizkörper
	Bauart	Rippenradiatoren
	Baujahr	1964
	Hinweis: Der Zustand der Heizkörper ist altersentsprechend.	

**Heizkörperventile**


Bauteil	Heizkörperventil
Bauart	Thermostatventil
Baujahr	unbekannt
Fabrikat	Oventrop

Hinweis:

Bei den Ventilen ist die Möglichkeit einer Voreinstellung vorhanden. Ein hydraulischer Abgleich ist nicht erfolgt.


2.1.3.2 Trinkwarmwassererwärmung

Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt über dezentrale Elektrogeräte.

	Trinkwasserspeicher	
	Typ	Elektrospeicher wandhängend
	Fabrikat	Vaillant
	Hinweis: Der Zustand des Speichers ist mittel.	

2.1.4 Elektrische Haustechnik

2.1.4.1 Beleuchtung

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Anbauleuchte
	Leuchtmittel	T8-Leuchtstofflampe ohne EVG
	Brenndauer	Ø 1.300h/a
Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. in den Nebenbereichen, Küche installiert		

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Einbauleuchten
	Leuchtmittel	T8-Leuchtstofflampe ohne EVG
	Brenndauer	Ø 1.300h/a
Hinweise: Diese Art von Leuchten ist z.B. in der Halle installiert		

2.2 Energiebedarfsberechnung

Im Rahmen der Feinanalyse (Baustein 3) wird bei der Energiebedarfsberechnung unabhängig der tatsächlichen Gebäudenutzung ausgegangen. Die Berechnung erfolgt über das computergestützte Rechenprogramm: Energieberater 18599, Version 8.3.1 der Firma Hottgenroth Software.

2.2.1 Allgemeine Angaben zum Gebäude

Beschreibung:

Ort:	67374 Hanhofen	
Gebäudetyp:	Nichtwohngebäude	
Baujahr:	1964	
Beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	2.071 m ³
Das beheizte Volumen wurde gemäß EnEV unter Verwendung von Außenmaßen ermittelt		
Nettogrundfläche:	$A_{NGF} =$	403 m ²
Luftvolumen:	$V_L =$	1.656 m ³

Verbrauchsangaben:

Der Berechnung dieses Berichts wurde das EnEV-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.

2.2.2 Gebäudehülle

In der folgenden Tabelle finden Sie eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit ihren momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die die EnEV bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

	Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K
	DA	Flachdach	460,00	0,30	0,20
X	WA	Fassade Nord Eternit	18,00	0,90	0,24
X	WA	Fassade Nord Klinker Beton	116,00	0,90	0,24
X	WA	Fassade Ost Eternit	12,00	0,90	0,24
X	WA	Fassade Ost Klinker Beton	85,00	0,90	0,24
X	WA	Fassade Süd Eternit	21,00	0,90	0,24
X	WA	Fassade Süd Klinker Beton	80,00	0,90	0,24
X	WA	Fassade West Eternit	15,00	0,90	0,24
X	WA	Fassade West Klinker Beton	70,00	0,90	0,24
X	FA	Glasbausteine 1964 Nord	39,00	4,50	1,3
X	FA	Metallfenster / Türen 1985 Nord	6,00	4,30	1,3
X	FA	Metallfenster / Türen 1985 Ost	14,00	4,30	1,3
X	FA	Metallfenster / Türen 1985 Süd	26,00	4,30	1,3
X	FA	Metallfenster / Türen 1985 West	11,00	4,30	1,3
X	BE	Bodenplatte	460,00	1,00	0,30

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV 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 $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

2.2.3 Anlagentechnik

Heizung:

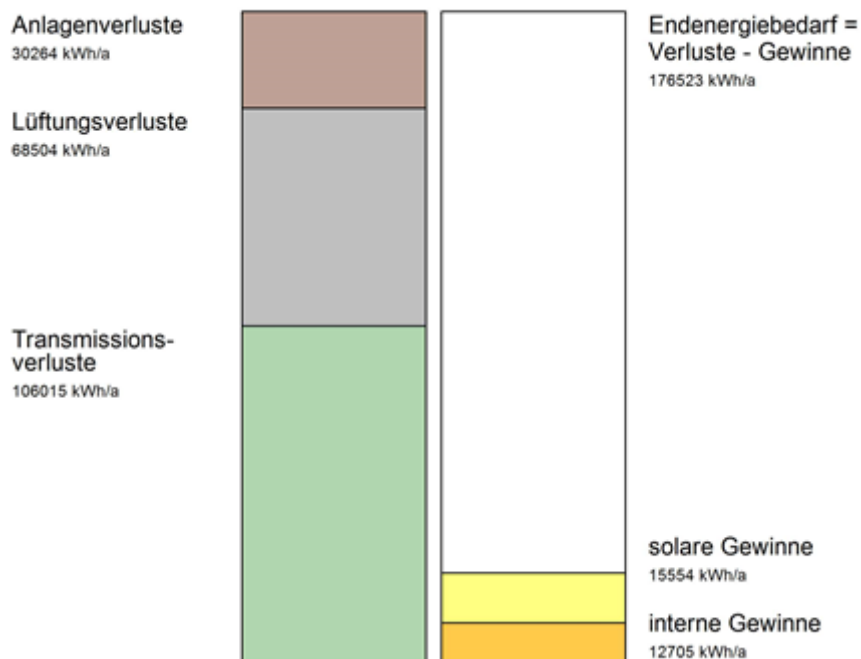
Bereich	Heizwärme-Erzeugung
Erzeugung	- Nah-/Fernwärme aus der Grundschule Energieträger: Heizwerk, fossil
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Leitungen mit einem U-Wert von 0,40 W/(mK) gedämmt Umwälzpumpe geregelt, kein hydraulischer Abgleich

Warmwasser:

Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt elektrisch.

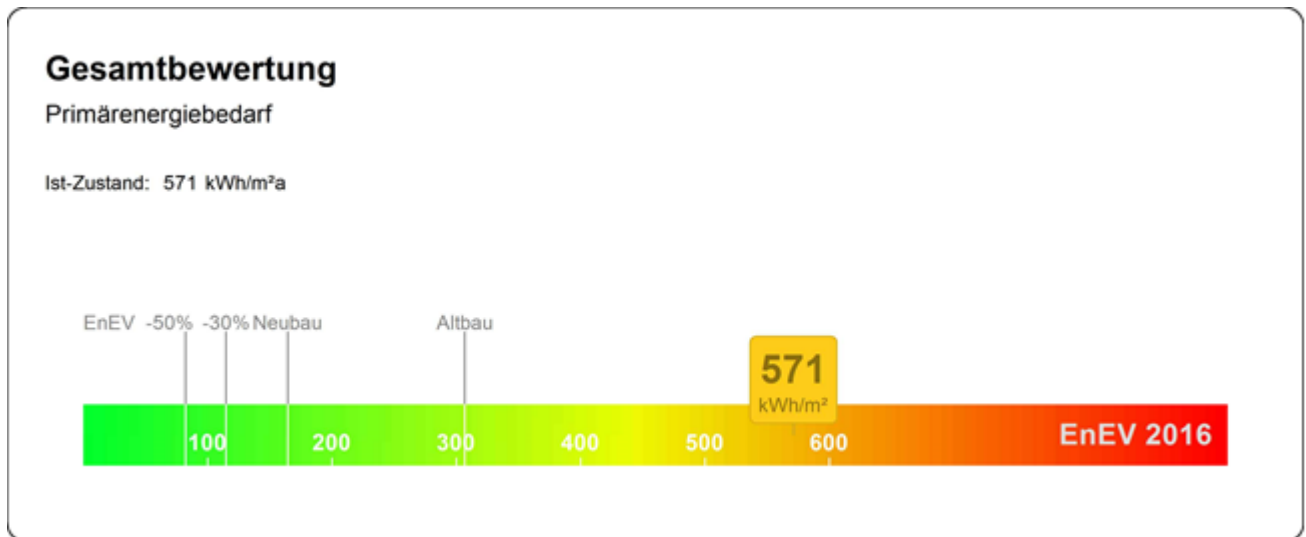
2.2.4 Energiebedarf

Energiebilanz des Gebäudes	jährlich [kWh/a]
Verluste	
Transmissionsverluste	106.015
Lüftungsverluste	68.504
Anlagenverluste	30.264
Gesamt	204.803
Gewinne	
Solare Wärmegewinne	15.554
Interne Wärmegewinne	12.705
Gesamt	28.259
Endenergiebedarf Q_E	
Endenergiebedarf $Q_{WE,E}$ (Wärmeerzeugung)	176.523
Gesamt	176.523
Primärenergiebedarf Q_P	
	230.123



2.2.5 Bewertung des Gebäudes nach EnEV 2016

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 571 kWh/m²a.



Bei der Berechnung des Energiebedarfs wird von vorgegebenen Nutzerverhalten und einheitlichen Klimabedingungen (Norm-Standort) ausgegangen, um den Energiebedarf unterschiedlicher Gebäude miteinander vergleichen zu können.

Bei den Angaben zum tatsächlichen Energieverbrauch gemäß Baustein 1 fließt natürlich das individuelle Nutzerverhalten und der tatsächliche Standort des Gebäudes (Klima) ein. Das kann zu Abweichungen zwischen dem berechneten Energieverbrauch und dem tatsächlich gemessenen Energieverbrauch führen.

Der gemessene durchschnittliche, witterungsbereinigte Endenergieverbrauch der letzten 3 Heizperioden beträgt 54.808 kWh/a und liegt damit bei 31,0 % des berechneten Energiebedarfs. Der Reduzierfaktor für die nachfolgenden Berechnungen beträgt somit $RF = 0,31$.

2.3 Vorschläge für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen

Nachfolgend werden in Abhängigkeit der vorangegangenen Gebäude- und Schwachstellendokumentation verschiedene Vorschläge für mögliche Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz aufgeführt.

2.3.1 Fassadendämmung

Außenwände:

Wärmedämmverbundsystem 14 cm

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
WA	Fassade Nord Eternit - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	18,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade Nord Klinker Beton - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	116,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade Ost Eternit - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	12,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade Ost Klinker Beton - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	85,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade Süd Eternit - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	21,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade Süd Klinker Beton - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	80,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade West Eternit - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	15,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade West Klinker Beton - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	70,00	0,20	0,24	0,20

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 26.218 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 8.128 kWh/a entsprechend 485,24 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 58.380,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.642 kg CO₂/Jahr reduziert.

2.3.2 Fenstersanierung

Alle Fenster:

Einsatz von Kunststofffenstern mit Wärmeschutzverglasung auch als Ersatz für die Glasbausteine

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
FA	Glasbausteine 1964 Nord - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	39,00	1,30	1,3	0,95
FA	Metallfenster / Türen 1985 Nord - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	6,00	1,30	1,3	0,95
FA	Metallfenster / Türen 1985 Ost - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	14,00	1,30	1,3	0,95
FA	Metallfenster / Türen 1985 Süd - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	26,00	1,30	1,3	0,95
FA	Metallfenster / Türen 1985 West - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	11,00	1,30	1,3	0,95

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 50.604 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 15.687 kWh/a entsprechend 936,51 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 62.400,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 3.169 kg CO₂/Jahr reduziert.

2.3.3 RLT-Anlagen / Einsatz von Frequenzumformern

Bereich: Raumluftechnische Anlage Halle

Ein Frequenzumrichter passt durch eine stufenlose Drehzahlregelung sowohl den Volumenstrom als auch den Druck den jeweiligen Anlagenbedürfnissen an.

Empfehlung:

Einsatz von Frequenzumformern in Verbindung mit Luftqualitätsfühlern zur bedarfsgerechten Steuerung der Ventilatoren in den jeweils vorgegebenen Zeiten.

Die Einsparung beträgt:

<i>Elektrisch</i>	=	5.920	kWh
	=	1.687,20	€
<i>Thermisch</i>	=	5.170	kWh
	=	308,65	€

Die Gesamteinsparung beläuft sich auf

1.995,85 €/a.

Die Gesamtinvestition einschließlich Montage beläuft sich auf ca. 8.500,00 €.

Die CO₂-Emissionen werden um 4.300 kg CO₂/Jahr reduziert.

2.3.4 Erneuerung der Beleuchtung mit LED – Technik,

Beleuchtungssanierung

Wir empfehlen den Einsatz von neuen Leuchten mit LED-Technik und Anwesenheitserfassung bzw. Tageslichtregelung in folgenden Bereichen:

- Haus Marientraut/alle Bereiche inklusive Hallenbeleuchtung

Die Einsparung durch die Installation von neuen Leuchten mit LED-Technik im Haus Marientraut beträgt:

$1,29 \text{ kW} \cdot 1.300 \text{ h/a} = 1.677 \text{ kWh/a}$, entsprechend

477,95 €/a.

Die Investition beläuft sich auf ca. 9.200,00 €.

Die CO₂-Emissionen werden um 922 kg CO₂/Jahr reduziert.

2.4 Zusammenfassung der Maßnahmen

Folgende Maßnahmen tragen zur Reduzierung von Energieverbrauch, Energiekosten und Treibhausgasen bei:

Maßnahme	Jährliche Einsparung			Investition inkl. MwSt
	kWh	€ inkl. MwSt.	CO ₂	
Fassadendämmung	8.128	485,24	1.642	58.380
Fenstersanierung	15.687	936,51	3.169	62.400
Einsatz von Frequenzumformern	11.090	1.995,85	4.300	8.500
Beleuchtungssanierung LED-Technik	1.677	477,95	922	9.200
Summe	36.582	3.895,55	10.033	138.480

3. Grundschule Heiligenstein



Auftraggeber: Verbandsgemeinde Römerberg-Dudenhofen
Konrad-Adenauer-Platz 6
67373 Dudenhofen

Gebäude: Nr. 31 - Grundschule Heiligenstein
Am Rathaus 6
67354 Römerberg

3.1 Gebäudedokumentation

3.1.1 Allgemeines

Die Grundschule Heiligenstein liegt im Ortsteil Römerberg-Heiligenstein in zentraler Lage.

Das Baujahr ist 1927.

Das Gebäude ist massiv gebaut und unterkellert. Die Außenwände sind teilweise verputzt und teilweise mit Natursteinelementen versehen. Eine Außenwanddämmung ist nicht vorhanden.

Die Fenster sind Kunststofffenster mit Wärmeschutzverglasung in einem guten Zustand. Im Kellerbereich sind alte Metallfenster mit Einfachverglasung vorhanden.

Das Dach des Gebäudes zu den Wohnungen ist gering gedämmt. Die oberste Geschossdecke ist ungedämmt.

Das Gebäude dient als Schulgebäude für Grundschulklassen mit Klassen- und Gruppenräumen, Büro, Lehrerzimmer und Nebenbereichen. Im Keller ist die Haustechnik und Lagerbereiche untergebracht.

Die Belegzeiten sind hauptsächlich Montag bis Freitag 08:00 bis 14:00 Uhr. Zusätzliche Nutzungszeiten durch Lehrer oder Veranstaltungen außerhalb der Hauptnutzungszeit liegen vor.

Der Zustand des Gebäudes ist gut. Sanierungsmaßnahmen wurden ausgeführt.

Die Beheizung des Gebäudes sowie des Anbaus und der Mehrzweckhalle erfolgt über eine Heizungsanlage mit einem Gaskessel und einem Blockheizkraftwerk.

Die Heizungsanlage befindet sich im Eigentum der Stadtwerke Speyer. Der Wärmebezug erfolgt über eine Wärmelieferung der Stadtwerke an die Verbandsgemeinde Römerberg-Dudenhofen.

Der gesamte Zustand der Heizungstechnik ist als gut einzustufen. Eine Sanierung der Heizungsanlage ist nicht notwendig.

Die Stromversorgung erfolgt über die Niederspannungshauptverteilung.

Die Beleuchtungsanlage wurde im Jahr 2000 saniert.

3.1.2 Bautechnik (wärmeumfassende Gebäudehüllflächen)

	Grundschule Heiligenstein - Altbau	
	Bauteil	Außenwand gegen Außenluft
	U - Wert	1,19 W/m ² K
	Bauart	Massiv, 50 – 60 cm
<p>Hinweis: Die Fassade befindet sich in einem guten Zustand. Bauschäden und ein Sanierungsstau wurden nicht festgestellt.</p>		

	Grundschule Heiligenstein - Altbau	
	Bauteil	Außenwand gegen Außenluft
	U - Wert	1,19 W/m ² K
	Bauart	Massiv, 50 – 60 cm
<p>Hinweis: Die Fassade befindet sich in einem guten Zustand. Bauschäden und ein Sanierungsstau wurden nicht festgestellt.</p>		

	Grundschule Heiligenstein - Altbau	
	Bauteil	Fenster
	U - Wert	1,3 W/m ² K
	Bauart	Kunststofffenster mit Wärmeschutzverglasung
	Baujahr	2014
<p>Hinweis: Die Fenster befinden sich in einem guten Zustand.</p>		

	Grundschule Heiligenstein - Altbau	
	Bauteil	Fenster
	U - Wert	5,9 W/m ² K
	Bauart	Metallfenster mit Einfachverglasung
	Baujahr	ca. 1960
Hinweis: Die Fenster befinden sich in einem schlechten Zustand.		

	Grundschule Heiligenstein - Altbau	
	Bauteil	Dach über den Wohnungen
	U - Wert	0,8 W/m ² K
	Bauart	Dachschräge gering gedämmt
	Hinweis: Das Dach befindet sich in einem guten Zustand.	


	Grundschule Heiligenstein - Altbau	
	Bauteil	Obere Geschossdecke
	U - Wert	0,8 W/m ² K
	Bauart	Holzbalkendecke
	Hinweis: Die obere Geschossdecke ist ungedämmt.	


3.1.3 Anlagentechnik


3.1.3.1 Heizungstechnik

Die Heizungsanlage befindet sich im Eigentum der Stadtwerke Speyer.

	Kesselanlage	
	Bauteil	2 Heizkessel
	Bauart	Brennwertkessel
	Fabrikat	Junkers
	Typ	KBR 200-3
	Baujahr	2012
	Leistung	200 kW
	Brennstoff	Erdgas
	Hinweis: Der Kessel befindet sich in einem guten Zustand.	


	Regeltechnik	
	Bauteil	Heizungsregelung
	Bauart	zeit- und witterungsgeführt
	Fabrikat	Kieback & Peter
	Typ	DDC BMR 410
	Baujahr	2012
	Hinweis: Die Regeltechnik ist in einem guten Zustand.	

	Verteiler	
	Bauteil	Heizungsverteiler mit Heizungsumwälzpumpen
	Bauart	Pumpen mit elektronischer Leistungsregelung
	Fabrikat	Wilo
	Typ	Stratos
	Baujahr	ca. 2012
	Hinweis: Der Verteiler befindet sich in einem guten Zustand.	

	Blockheizkraftwerk	
	Bauteil	BHKW
	Baujahr	2012
	Fabrikat	EC Power
	El. Leistung	6 – 15 kW
	Th. Leistung	17 – 30 kW
Hinweis: Der Zustand ist gut.		


3.1.3.2 Trinkwarmwassererwärmung


Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt über einen Standspeicher.

	Trinkwarmwasserbereitung	
	Bauteil	Standspeicher
	Fabrikat	Junkers
	Typ	SO 200-1/C2
	Baujahr	2012
Hinweis: Der Zustand ist gut.		

3.1.4 Elektrische Haustechnik

3.1.4.1 Beleuchtung

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Aufbauleuchte
	Leuchtmittel	T8-Leuchtstofflampe ohne EVG
	Brenndauer	Ø 850 h/a
Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. in den Klassenräumen installiert		

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Aufbauleuchten
	Leuchtmittel	T8-Leuchtstofflampe ohne EVG
	Brenndauer	Ø 850h/a
Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. im UG installiert		

3.2 Energiebedarfsberechnung

Im Rahmen der Feinanalyse (Baustein 3) wird bei der Energiebedarfsberechnung unabhängig der tatsächlichen Gebäudenutzung ausgegangen. Die Berechnung erfolgt über das computergestützte Rechenprogramm: Energieberater 18599, Version 8.3.1 der Firma Hottgenroth Software.

3.2.1 Allgemeine Angaben zum Gebäude

Beschreibung:

Ort:	67354 Römerberg-Heiligenstein	
Gebäudetyp:	Nichtwohngebäude	
Baujahr:	1927	
Beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	3.290 m ³
Das beheizte Volumen wurde gemäß EnEV unter Verwendung von Außenmaßen ermittelt		
Nettogrundfläche:	$A_{NGF} =$	940 m ²
Luftvolumen:	$V_L =$	2.632 m ³

Verbrauchsangaben:

Der Berechnung dieses Berichts wurde das EnEV-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.

3.2.2 Gebäudehülle

In der folgenden Tabelle finden Sie eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit ihren momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die die EnEV bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

	Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
X	DA	Dach	340,00	0,80	0,20	0,14
X	WA	Fassade Nord - Ost	148,00	1,19	0,24	0,20
X	WA	Fassade Süd - Ost	112,00	1,19	0,24	0,20
X	WA	Fassade Süd - West	238,00	1,19	0,24	0,20
X	WE	Wand Erdreich	260,00	1,00	0,30	0,25
	FA	Kunststofffenster 1985 - 1988 Nord - West	10,00	1,30	1,3	0,95
	FA	Kunststofffenster 1985 - 1988 Süd - Ost	10,00	1,30	1,3	0,95
	FA	Kunststofffenster 1985 - 1988 Süd - West	3,00	1,30	1,3	0,95
	FA	Kunststofffenster 2014 Nord - Ost	8,00	1,30	1,3	0,95
	FA	Kunststofffenster 2014 Nord - West	25,00	1,30	1,3	0,95
	FA	Kunststofffenster 2014 Süd - Ost	40,00	1,30	1,3	0,95
	FA	Kunststofffenster 2014 Süd - West	7,00	1,30	1,3	0,95
X	FA	Metallfenster einfachverglast Nord - West	11,00	5,90	1,3	0,95
X	FA	Metallfenster einfachverglast Süd - Ost	22,00	5,90	1,3	0,95
X	FA	Metallfenster einfachverglast Süd - West	3,00	5,90	1,3	0,95
X	BE	Bodenplatte	340,00	1,00	0,30	0,25

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV 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 $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

3.2.3 Anlagentechnik

Heizung:

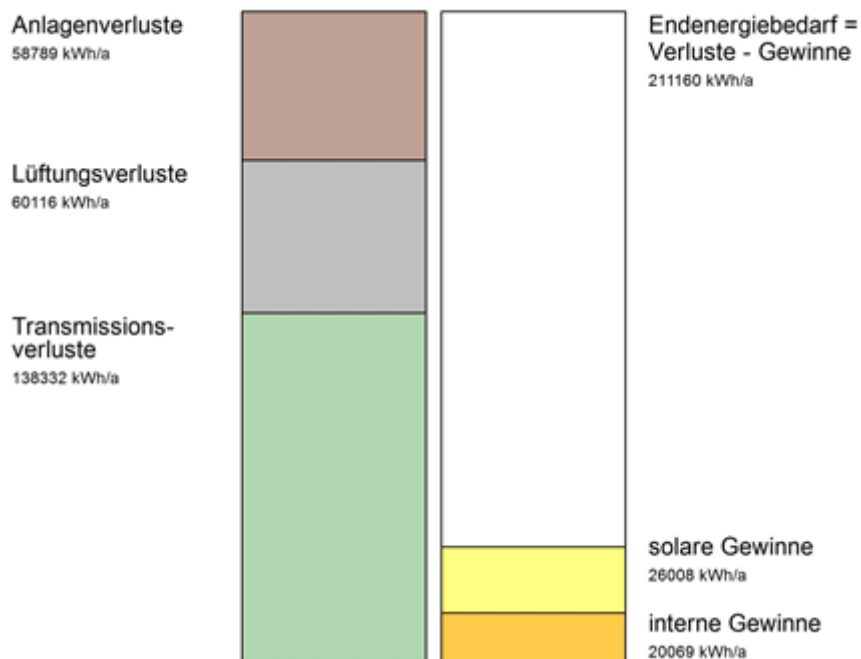
Bereich	Heizwärme-Erzeugung
Erzeugung	- Brennwert-Kessel von 2014 - Nennleistung 200,00 kW Energieträger: Erdgas E - BHKW / Dezentrale KWK Energieträger: Erdgas E
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Leitungen mit einem U-Wert von 0,40 W/(mK) gedämmt Umwälzpumpe geregelt, hydraulischer Abgleich ausgeführt

Warmwasser:

Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt über einen Standspeicher mit 200 Litern Inhalt.

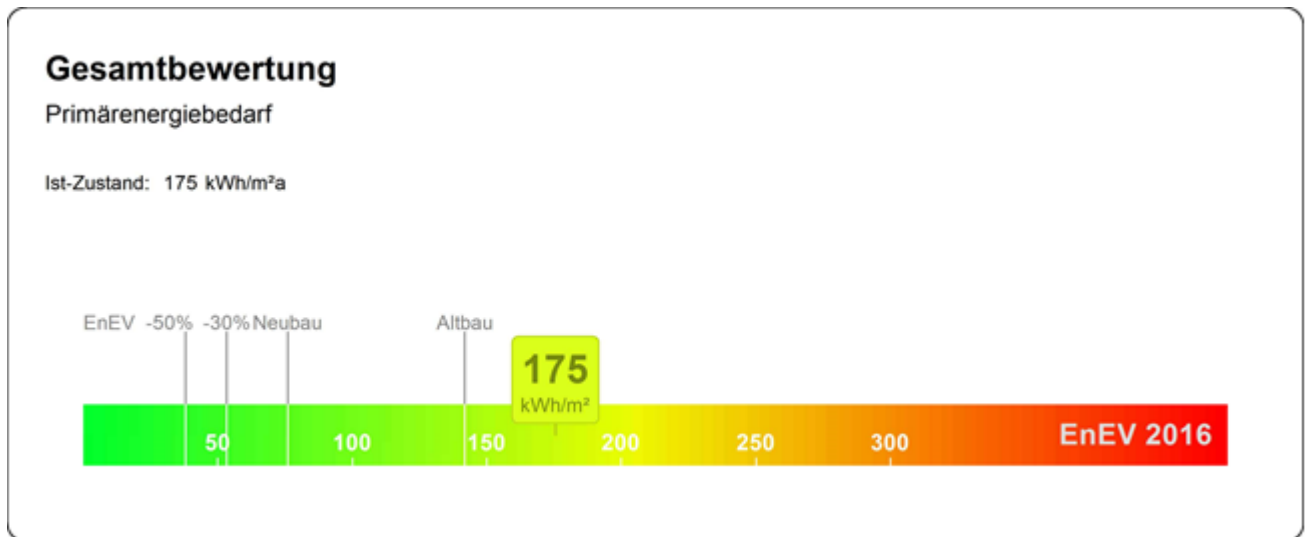
3.2.4 Energiebedarf

Energiebilanz des Gebäudes	jährlich [kWh/a]
Verluste	
Transmissionsverluste	138.332
Lüftungsverluste	60.116
Anlagenverluste	58.789
Gesamt	257.237
Gewinne	
Solare Wärmegewinne	26.008
Interne Wärmegewinne	20.069
Gesamt	46.077
Endenergiebedarf Q_E	
Endenergiebedarf $Q_{WE,E}$ (Wärmeerzeugung)	211.160
Gesamt	211.160
Primärenergiebedarf Q_P	
	164.902



3.2.5 Bewertung des Gebäudes nach EnEV 2016

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 175 kWh/m²a.



Bei der Berechnung des Energiebedarfs wird von vorgegebenen Nutzerverhalten und einheitlichen Klimabedingungen (Norm-Standort) ausgegangen, um den Energiebedarf unterschiedlicher Gebäude miteinander vergleichen zu können.

Bei den Angaben zum tatsächlichen Energieverbrauch gemäß Baustein 1 fließt natürlich das individuelle Nutzerverhalten und der tatsächliche Standort des Gebäudes (Klima) ein. Das kann zu Abweichungen zwischen dem berechneten Energieverbrauch und dem tatsächlich gemessenen Energieverbrauch führen.

Der gemessene durchschnittliche, witterungsbereinigte Endenergieverbrauch der letzten 3 Heizperioden beträgt 99.640 kWh/a und liegt damit bei 47,2 % des berechneten Energiebedarfs. Der Reduzierfaktor für die nachfolgenden Berechnungen beträgt somit $RF = 0,472$.

3.3 Vorschläge für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen

Nachfolgend werden in Abhängigkeit der vorangegangenen Gebäude- und Schwachstellendokumentation verschiedene Vorschläge für mögliche Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz aufgeführt.

3.3.1 Fassadendämmung

Fassade:

Innendämmung 6 cm auf Gründerzeitfassade WLG 035

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
WA	Fassade Nord - Ost - Innendämmung 6cm, auf Gründerzeitfassade 1870-1920	148,00	0,39	0,24	0,20
WA	Fassade Süd - Ost - Innendämmung 6cm, auf Gründerzeitfassade 1870-1920	112,00	0,39	0,24	0,20
WA	Fassade Süd - West - Innendämmung 6cm, auf Gründerzeitfassade 1870-1920	238,00	0,39	0,24	0,20

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 40.655 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 19.189 kWh/a entsprechend 1.017,02 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 59.760,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 3.876 kg CO₂/Jahr reduziert.

3.3.2 Fenstersanierung

Bereich UG:

Austausch der alten einfachverglasten Metallfenster

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
FA	Metallfenster einfachverglast Nord - West - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	11,00	1,30	1,3	0,95
FA	Metallfenster einfachverglast Süd - Ost - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	22,00	1,30	1,3	0,95
FA	Metallfenster einfachverglast Süd - West - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	3,00	1,30	1,3	0,95

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 17.484 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 8.252 kWh/a entsprechend 437,36 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 23.400,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.667 kg CO₂/Jahr reduziert.

3.3.3 Dachdämmung

Oberste Geschossdecke:

Wärmedämmung von oben, begehbar

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
DA	Dach - Wärmedämmung von oben, begehbar, 14cm	340,00	0,19	0,20	0,14

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 21.384 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 10.093 kWh/a entsprechend 534,93 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 24.000,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.093 kg CO₂/Jahr reduziert.

3.3.4 Einsatz von LED-Tubes

Wir empfehlen, die vorhandenen Leuchtstofflampen und Starter in den nachfolgend aufgeführten Bereichen zu demontieren bzw. durch LED-Tubes zu ersetzen.

Die Leistungsangaben beziehen sich auf die Gesamtleistungsaufnahme der Komponente Leuchtmittel und Vorschaltgerät.

Bereiche: Schule – Altbau/Klassenräume, Flure, Treppen, Hausmeisterraum

IST-ZUSTAND

107 Leuchten à 4 Lampen à 23 W = 9,84 kW

SOLL-ZUSTAND

107 Leuchten à 4 Lampen à 10 W = 4,28 kW

Die Einsparung errechnet sich wie folgt:

$$\begin{aligned}
 (9,84 \text{ kW} - 4,28 \text{ kW}) \cdot \varnothing 850 \text{ h/a} &= 4.726 \text{ kWh/a} \\
 &= \underline{1.370,54 \text{ €/a}}
 \end{aligned}$$

Die Investition beträgt inklusive Montage ca. 7.500,00 €.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.599 kg CO₂/Jahr reduziert.

3.4 Zusammenfassung der Maßnahmen

Folgende Maßnahmen tragen zur Reduzierung von Energieverbrauch, Energiekosten und Treibhausgasen bei:

Maßnahme	Jährliche Einsparung			Investition inkl. MwSt
	kWh	€ inkl. MwSt.	CO ₂	
Fassadendämmung	19.189	1.017,02	3.876	59.760
Fenstersanierung	8.252	437,36	1.667	23.400
Dachdämmung	10.093	534,93	2.093	24.000
Einsatz von LED-Tubes	4.726	1.370,54	2.599	7.500
Summe	42.260	3.359,85	10.235	114.660

4. Mehrzweckhalle und Anbau der Grundschule Heiligenstein



Auftraggeber: Verbandsgemeinde Römerberg-Dudenhofen
Konrad-Adenauer-Platz 6
67373 Dudenhofen

Gebäude: Nr. 40 – Mehrzweckhalle und Anbau der
Grundschule Heiligenstein
Am Rathaus 6
67354 Römerberg

4.1 Gebäudedokumentation

4.1.1 Allgemeines

Die Mehrzweckhalle liegt im Ortsteil Römerberg-Heiligenstein in zentraler Lage.

Das Baujahr ist 1965. Der Anbau wurde 1999 erstellt.

Die Gebäude sind massiv gebaut und nicht unterkellert. Die Außenwände sind verputzt. Teilweise sind Sichtmauerwerk und Klinker vorhanden. Eine Außenwanddämmung ist nicht vorhanden.

Die Fenster sind bis auf die alten Kunststofffenster in einem sehr guten Zustand.

Das Dach der Gebäude ist gedämmt. Das Flachdach der Mehrzweckhalle wurde mit einem Walmdach überdacht.

Die Gebäude dienen als Unterrichtsgebäude mit Klassenräumen, als Sportgebäude mit Sporthalle und Sanitär- und Umkleidebereichen.

Die Belegzeiten sind hauptsächlich Montag bis Freitag 08:00 bis 22:00 Uhr sowie am Wochenende. Zusätzliche Nutzungszeiten außerhalb der Hauptnutzungszeit liegen vor.

Der Zustand des Gebäudes ist gut. Sanierungsmaßnahmen wurden ausgeführt.

Die Beheizung der Gebäude erfolgt über eine Heizungsanlage in der Grundschule.


Die Stromversorgung erfolgt über die Niederspannungshauptverteilung.

Die Beleuchtungsanlage ist in vielen Bereichen veraltet.


4.1.2 Bautechnik (wärmeumfassende Gebäudehüllflächen)


	Mehrzweckhalle	
	Bauteil	Außenwand gegen Außenluft
	U - Wert	1,0 W/m ² K
	Bauart	Massiv, 30 cm
<p>Hinweis: Die Fassade befindet sich in einem guten bis mittleren Zustand. Größere Bauschäden oder ein Sanierungsstau wurden nicht festgestellt.</p>		

	Mehrzweckhalle	
	Bauteil	Fenster
	U - Wert	1,4 W/m ² K
	Bauart	Kunststofffenster
<p>Baujahr</p> <p>2014</p> <p>Hinweis: Die Fenster befinden sich in einem sehr guten Zustand.</p>		

	Mehrzweckhalle	
	Bauteil	Fenster
	U - Wert	3,0 W/m ² K
	Bauart	alte Kunststofffenster
<p>Baujahr</p> <p>1988</p> <p>Hinweis: Die Fenster befinden sich in einem mittleren Zustand.</p>		

	Mehrzweckhalle	
	Bauteil	Dach
	U - Wert	0,2 W/m²K
	Bauart	Flachdach gedämmt mit Walmdach überdacht
	Hinweis: Das Dach befindet sich in einem guten Zustand.	


	Anbau	
	Bauteil	Außenwand gegen Außenluft
	U - Wert	0,35 W/m²K
	Bauart	Massiv, 40 cm
	Hinweis: Die Fassade befindet sich in einem guten Zustand. Bauschäden oder ein Sanierungsstau wurden nicht festgestellt.	


	Anbau	
	Bauteil	Fenster
	U - Wert	1,8 W/m²K
	Bauart	Glaselemente
	Baujahr	1999
Hinweis: Die Fenster befinden sich in einem guten Zustand.		


4.1.3 Anlagentechnik

4.1.3.1 Heizungstechnik

Die Wärmeversorgung erfolgt aus der Heizungszentrale in der Grundschule.

	Heizkörper	
	Bauart	Heizplatten
	Baujahr	unbekannt
	Hinweis: Die Heizkörper befinden sich in einem guten bis mittleren Zustand.	

	Heizkörper	
	Bauart	Konvektoren
	Baujahr	1965
	Hinweis: Der Zustand der Konvektoren ist schlecht.	

	Heizkörperventil	
	Bauart	Thermostatventil
	Fabrikat	Danfoss
	Typ	RAW
Hinweis: Teilweise ist die Möglichkeit einer Voreinstellung vorhanden. Ein hydraulischer Abgleich wurde nicht durchgeführt.		

4.1.3.2 Trinkwarmwassererwärmung


Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt über die zentrale Anlage in der Grundschule.

4.1.4 Elektrische Haustechnik

4.1.4.1 Beleuchtung

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Einbaurasterleuchte
	Leuchtmittel	T8-Leuchtstofflampe ohne EVG
	Brenndauer	Ø 850 h/a
Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. in der Halle installiert		

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Anbauleuchten
	Leuchtmittel	T8-Leuchtstofflampe ohne EVG
	Brenndauer	Ø 850h/a
Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. in den Umkleiden installiert		

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Aufbaurasterleuchten
	Leuchtmittel	T8-Leuchtstofflampe ohne EVG
	Brenndauer	Ø 850h/a
Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. in den Klassen installiert		

4.2 Energiebedarfsberechnung

Im Rahmen der Feinanalyse (Baustein 3) wird bei der Energiebedarfsberechnung unabhängig der tatsächlichen Gebäudenutzung ausgegangen. Die Berechnung erfolgt über das computergestützte Rechenprogramm: Energieberater 18599, Version 8.3.1 der Firma Hottgenroth Software.

4.2.1 Allgemeine Angaben zum Gebäude

Beschreibung:

Ort:	67354 Römerberg-Heiligenstein	
Gebäudetyp:	Nichtwohngebäude	
Baujahr:	1964, Anbau 1999	
Beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	2.295 m ³
Das beheizte Volumen wurde gemäß EnEV unter Verwendung von Außenmaßen ermittelt		
Nettogrundfläche:	$A_{NGF} =$	570 m ²
Luftvolumen:	$V_L =$	1.836 m ³

Verbrauchsangaben:

Der Berechnung dieses Berichts wurde das EnEV-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.

4.2.2 Gebäudehülle

In der folgenden Tabelle finden Sie eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit ihren momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die die EnEV bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

	Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K
	DA	Flachdach Anbau	190,00	0,20	0,20
	OG	Oberste Geschossdecke Zwischenbau und Turnhalle	395,00	0,20	0,24
	WA	Fassade Anbau, Nord - West	22,00	0,35	0,24
	WA	Fassade Anbau, Süd - Ost	24,00	0,35	0,24
	WA	Fassade Anbau, Süd - West	8,00	0,35	0,24
X	WA	Fassade Zwischenbau, Turnhalle Nord - Ost	157,00	1,00	0,24
X	WA	Fassade Zwischenbau, Turnhalle Nord - West	50,00	1,00	0,24
X	WA	Fassade Zwischenbau, Turnhalle Süd - Ost	62,00	1,00	0,24
X	WA	Fassade Zwischenbau, Turnhalle Süd - West	118,00	1,00	0,24
X	WA	Glasfassade Anbau, Nord - West	9,00	1,60	0,24
X	WA	Glasfassade Anbau, Süd - Ost	20,00	1,60	0,24
X	WA	Glasfassade Anbau, Süd - West	27,00	1,60	0,24
X	FA	Kunststofffenster 1988 Nord - West	60,00	3,00	1,3
X	FA	Kunststofffenster 1988 Süd - Ost	10,00	3,00	1,3
	FA	Kunststofffenster 2014 Wärmeschutzverglasung	40,00	1,30	1,3
X	FA	Metall- und Kunststofffenster 1999 Nord - Ost	18,00	1,90	1,3
X	FA	Metall- und Kunststofffenster 1999 Süd - Ost	13,00	1,90	1,3
X	FA	Metall- und Kunststofffenster 1999 Süd - West	47,00	1,90	1,3
X	BE	Bodenplatte	410,00	1,00	0,30

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV 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 $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

4.2.3 Anlagentechnik

Heizung:

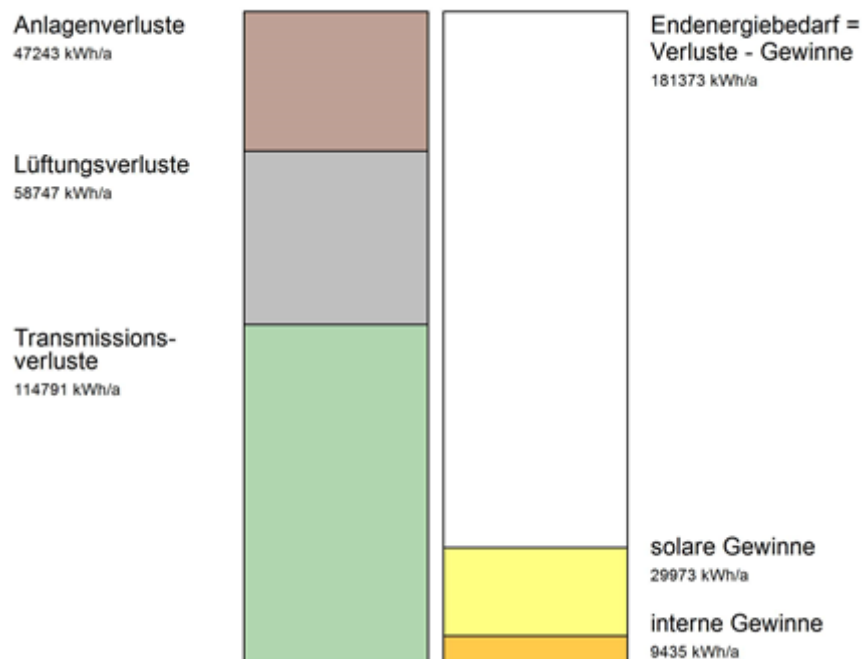
Bereich	Heizwärme-Erzeugung
Erzeugung	- Nah-/Fernwärme aus Heizwerk Grundschule Energieträger: Heizwerk, fossil
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Leitungen mit einem U-Wert von 0,40 W/(mK) gedämmt Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel, kein hydraulischer Abgleich

Warmwasser:

Fernversorgung aus Heizwerk Grundschule.

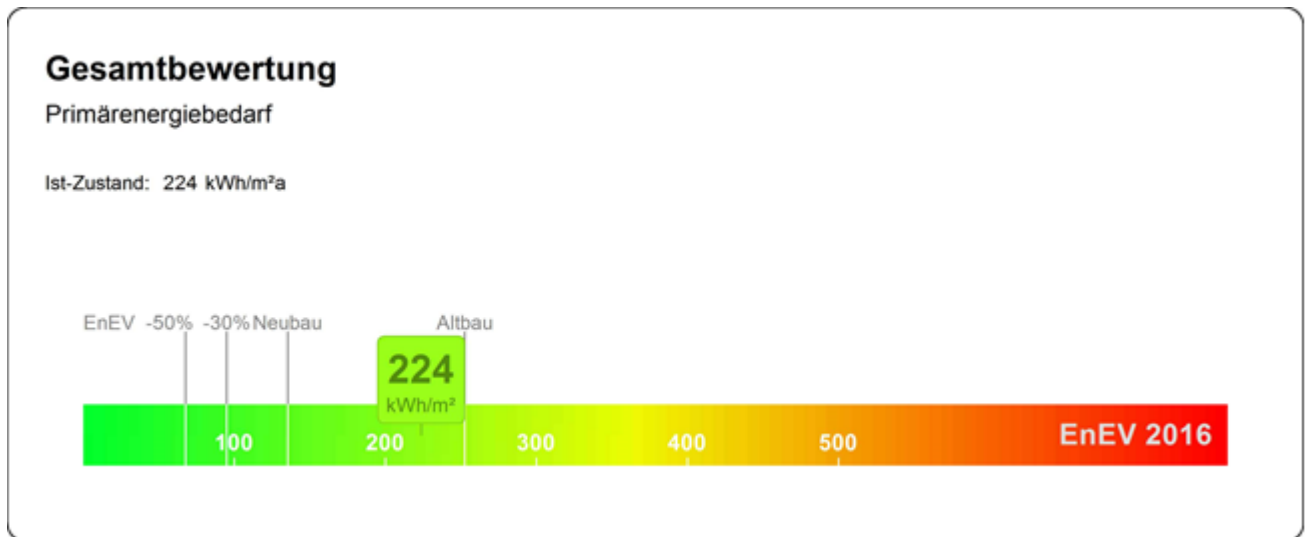
4.2.4 Energiebedarf

Energiebilanz des Gebäudes	jährlich [kWh/a]
Verluste	
Transmissionsverluste	114.791
Lüftungsverluste	58.747
Anlagenverluste	47.243
Gesamt	220.781
Gewinne	
Solare Wärmegewinne	29.973
Interne Wärmegewinne	9.435
Gesamt	39.408
Endenergiebedarf Q_E	
Endenergiebedarf $Q_{WE,E}$ (Wärmeerzeugung)	181.373
Gesamt	181.373
Primärenergiebedarf Q_P	
	127.432



4.2.5 Bewertung des Gebäudes nach EnEV 2016

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 224 kWh/m²a.



Bei der Berechnung des Energiebedarfs wird von vorgegebenen Nutzerverhalten und einheitlichen Klimabedingungen (Norm-Standort) ausgegangen, um den Energiebedarf unterschiedlicher Gebäude miteinander vergleichen zu können.

Bei den Angaben zum tatsächlichen Energieverbrauch gemäß Baustein 1 fließt natürlich das individuelle Nutzerverhalten und der tatsächliche Standort des Gebäudes (Klima) ein. Das kann zu Abweichungen zwischen dem berechneten Energieverbrauch und dem tatsächlich gemessenen Energieverbrauch führen.

Der gemessene durchschnittliche, witterungsbereinigte Endenergieverbrauch der letzten 3 Heizperioden beträgt 62.700 kWh/a und liegt damit bei 34,6 % des berechneten Energiebedarfs. Der Reduzierfaktor für die nachfolgenden Berechnungen beträgt somit $RF = 0,346$.

4.3 Vorschläge für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen

Nachfolgend werden in Abhängigkeit der vorangegangenen Gebäude- und Schwachstellendokumentation verschiedene Vorschläge für mögliche Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz aufgeführt.

4.3.1 Sanierung der alten Kunststofffenster

Mehrzweckhalle:

Sanierung der alten Kunststofffenster, Baujahr 1988

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
FA	Kunststofffenster 1988 Nord - West - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoff- rahmen	60,00	1,30	1,3	0,95

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 10.476 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 3.625 kWh/a entsprechend 192,13 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 39.000,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 732 kg CO₂/Jahr reduziert.

4.3.2 Fassadendämmung

Mehrzweckhalle:

Wärmedämmverbundsystem 14 cm WLG 035

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
WA	Fassade Zwischenbau, Turnhalle Nord - Ost - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	157,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade Zwischenbau, Turnhalle Nord - West - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	50,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade Zwischenbau, Turnhalle Süd - Ost - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	62,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade Zwischenbau, Turnhalle Süd - West - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	118,00	0,20	0,24	0,20

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 30.921 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 10.699 kWh/a entsprechend 567,05 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 54.180,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.161 kg CO₂/Jahr reduziert.

4.3.3 Hydraulischer Abgleich

Der hydraulische Abgleich in Alt- und Neuanlagen wird häufig mit Hilfe stark überdimensionierter Umwälzpumpen ersetzt, wodurch die Anlagenvolumenströme in der Regel 200 bis 400 % über dem Auslegungsmassenstrom angesiedelt sind.

Neben einer Anzahl anderer Größen bestimmt vor allem der Heizwasserdurchfluss die Wärmeabgabe eines Heizkörpers. Das bedeutet, bei entsprechend hohem Durchfluss tritt eine Überhitzung des Raumes auf, die schlimmstenfalls durch die sogenannte „Fensterregelung“ kompensiert wird.

Nach **VOB/C – DIN 18380 Absatz 3.1.1** ist für jede Heizungsanlage ein hydraulischer Abgleich vorzunehmen.

Durch den hydraulischen Abgleich kann der Energieverbrauch gesenkt werden. Neben den Einsparungen an Antriebsleistungen ist zu beachten, dass bei der Reduzierung des Massenstroms unnötige Auskühlungen des Heizwassermassenstroms und damit ein enormer, unnötiger Brennstoffverbrauch vermieden werden kann.

Der hydraulische Abgleich sollte im Gebäude wie folgt durchgeführt werden:

- Einregulieren der Volumenströme an den Heizkörpern in Teilbereichen über die vorhandenen voreinstellbaren Ventile.
- Einsatz von neuen voreinstellbaren Thermostatventilen mit Einregulierung dieser nach Vorgabe im Großteil der Bereiche

Die zu erzielende Einsparung beträgt:

<i>thermisch</i>	:	9.170	kWh/a
	=	<u>486,01</u>	<u>€/a</u>
Investition	:	ca. 450,00	€

Die CO₂-Emissionen werden um 1.852 kg CO₂/Jahr reduziert.

4.3.4 Einsatz von LED-Tubes

Wir empfehlen, die vorhandenen Leuchtstofflampen und Starter in den nachfolgend aufgeführten Bereichen zu demontieren bzw. durch LED-Tubes zu ersetzen.

Die Leistungsangaben beziehen sich auf die Gesamtleistungsaufnahme der Komponente Leuchtmittel und Vorschaltgerät.

*Bereiche: Schule – Anbau/Klassenräume, Lehrerzimmer, Küche
Turnhalle/Hallenbeleuchtung*

IST-ZUSTAND

22 Leuchten	à	2 Lampen	à	71 W	=	3,12 kW
23 Leuchten	à	2 Lampen	à	71 W	=	3,27 kW

SOLL-ZUSTAND

22 Leuchten	à	2 Lampen	à	25 W	=	1,10 kW
23 Leuchten	à	2 Lampen	à	20 W	=	0,92 kW

Die Einsparung errechnet sich wie folgt:

$$\begin{aligned}
 (6,39 \text{ kW} - 2,02 \text{ kW}) \cdot \varnothing 850 \text{ h/a} &= 3.715 \text{ kWh/a} \\
 &= \underline{1.077,21 \text{ €/a}}
 \end{aligned}$$

Die Investition beträgt inklusive Montage ca. 3.500,00 €.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.043 kg CO₂/Jahr reduziert.

4.3.5 Erneuerung der Beleuchtung mit LED-Technik, Anwesenheitserfassung und Tageslichtregelung

Wir empfehlen den Einsatz von neuen Leuchten mit LED-Technik und Anwesenheitserfassung bzw. Tageslichtregelung in folgenden Bereichen:

- Turnhalle/Umkleideräume, Flur, Lehrerumkleide, Toiletten, Geräteraum

Die Einsparung durch die Installation von neuen Leuchten mit LED-Technik beträgt:

$1,20 \text{ kW} \cdot 1.000 \text{ h/a} = 1.200 \text{ kWh/a}$, entsprechend

348,00 €/a.

Die Investition beläuft sich auf ca. 5.700,00 €.

Die CO₂-Emissionen werden um 660 kg CO₂/Jahr reduziert.

4.4 Zusammenfassung der Maßnahmen

Folgende Maßnahmen tragen zur Reduzierung von Energieverbrauch, Energiekosten und Treibhausgasen bei:

Maßnahme	Jährliche Einsparung			Investition inkl. MwSt
	kWh	€ inkl. MwSt.	CO ₂	
Sanierung der alten Kunststofffenster	3.625	192,13	732	39.000
Fassadendämmung	10.699	567,05	2.161	54.180
Hydraulischer Abgleich	9.170	486,01	1.852	450
Einsatz von LED-Tubes	3.715	1.077,21	2.043	3.500
Erneuerung der Beleuchtung mit LED-Technik	1.200	348,00	660	5.700
Summe	28.409	2.670,4	7.448	102.830

5. Rathaus Römerberg



Auftraggeber:

Verbandsgemeinde Römerberg-Dudenhofen
Konrad-Adenauer-Platz 6
67373 Dudenhofen

Gebäude:

Nr. 32 – Rathaus Römerberg
Am Rathaus 4
67354 Römerberg

5.1 Gebäudedokumentation

5.1.1 Allgemeines

Das Rathaus liegt im Ortsteil Römerberg-Heiligenstein in zentraler Lage. Es besteht aus drei Bauteilen, dem Altbau, dem ehemaligen Feuerwehrgerätehaus und dem Erweiterungsbau.

Das Baujahr ist 1979. Die Erweiterung erfolgte 1986.

Die Gebäude sind massiv gebaut und teilweise unterkellert. Die Außenwände sind verputzt. Eine Außenwanddämmung ist am ehemaligen Feuerwehrgerätehaus vorhanden. Der Altbau und der Erweiterungsbau sind ungedämmt.

Die alten Kunststofffenster mit Isolierverglasung sind in einem schlechten Zustand. Das Baujahr der Fenster ist 1937. Die Fenster sind undicht. Die Holzfenster Baujahr 1986 sind in einem mittleren Zustand. Die neueren Metall- und Kunststofffenster Baujahr 2014 sind gut. Im Kellerbereich sind alte einfachverglaste Fenster vorhanden. Der Zustand ist schlecht.

Das Dach oder die oberste Geschossdecke sind im ehemaligen Feuerwehrgerätehaus und im Erweiterungsbau gedämmt. Das Dach des Altbaus ist nicht isoliert.

Die Gebäude dienen als reine Verwaltungsgebäude mit Büroräumen und Sitzungssaal.

Die Belegzeiten sind Montag bis Freitag 07:00 bis 18:00 Uhr. Zusätzliche Nutzungszeiten außerhalb der Hauptnutzungszeit bei Sitzungen und Veranstaltungen liegen vor.

Der Zustand des Gebäudes ist mittel. Sanierungsmaßnahmen wurden teilweise ausgeführt. Ein Sanierungsstau liegt in den Dachbereichen und bei den Fenstern vor. Im Keller sind Feuchteschäden sichtbar. Die Ursache ist unklar.

Die Beheizung der Gebäude erfolgt über eine Heizungsanlage mit einem Gaskessel.


Der gesamte Zustand der Heizungstechnik ist als mittel einzustufen. Eine Sanierung der Heizungsanlage ist nicht notwendig.

Die Stromversorgung erfolgt über die Niederspannungshauptverteilung.


Die Beleuchtungsanlage steht teilweise zur Sanierung an.


5.1.2 Bautechnik (wärmeumfassende Gebäudehüllflächen)


	Altbau	
	Bauteil	Außenwand gegen Außenluft
	U - Wert	1,2 W/m ² K
	Bauart	Massiv, 38 - 49 cm
<p>Hinweis: Die Fassade befindet sich in einem mittleren Zustand. Größere Bauschäden oder ein Sanierungsstau wurden nicht festgestellt. Im Kellerbereich liegen jedoch Feuchtschäden vor. Die Ursache ist unklar.</p>		


	Altbau	
	Bauteil	Außenwand gegen Erdreich
	U - Wert	0,8 W/m ² K
	Bauart	Massiv, 24 cm
<p>Hinweis: Bauschäden durch Feuchtigkeit. Die Ursache ist unklar.</p>		


	Altbau	
	Bauteil	Fenster
	U - Wert	3,5 W/m ² K
	Bauart	alte Kunststofffenster Isolierverglasung
	Baujahr	1979
<p>Hinweis: Die Fenster befinden sich in einem schlechten Zustand. Die Fenster sind undicht.</p>		

	Altbau	
	Bauteil	Fenster
	U - Wert	5,0 W/m ² K
	Bauart	alte Holzfenster Einfachverglasung
	Baujahr	ca. 1950
Hinweis: Die Fenster befinden sich in einem schlechten Zustand.		


	Altbau	
	Bauteil	obere Geschossdecke
	U - Wert	1,0 W/m ² K
	Bauart	Balkendecke
	Hinweis: Die oberste Geschossdecke ist ungedämmt.	

	Ehemalige Feuerwehr	
	Bauteil	Außenwand gegen Außenluft
	U - Wert	0,35 W/m ² K
	Bauart	Massiv, 36 cm
	Hinweis: Die Fassade befindet sich in einem guten Zustand. Bauschäden oder ein Sanierungsstau wurden nicht festgestellt.	

	Ehemalige Feuerwehr	
	Bauteil	Fenster
	U - Wert	1,9 W/m ² K
	Bauart	Metallfenster Isolierverglasung
	Baujahr	2000
Hinweis: Die Fenster befinden sich in einem guten Zustand.		

	Ehemalige Feuerwehr	
	Bauteil	obere Geschosdecke
	U - Wert	0,3 W/m ² K
	Bauart	Balkendecke
	Hinweis: Die oberste Geschosdecke ist gedämmt.	

	Erweiterung	
	Bauteil	Außenwand gegen Außenluft
	U - Wert	0,5 W/m ² K
	Bauart	Massiv, 35 cm
	Hinweis: Die Fassade befindet sich in einem guten Zustand. Bauschäden oder ein Sanierungsstau wurden nicht festgestellt.	


	Erweiterung	
	Bauteil	Fenster
	U - Wert	2,7 W/m ² K
	Bauart	Holzfenster mit Isolierverglasung
	Baujahr	1986
Hinweis: Die Fenster befinden sich in einem mittleren Zustand.		


	Erweiterung	
	Bauteil	Dach
	U - Wert	0,4 W/m ² K
	Bauart	Balkendecke, Holzlatten
	Hinweis: Das Dach ist gedämmt.	

5.1.3 Anlagentechnik

5.1.3.1 Heizungstechnik

	Kesselanlage	
	Bauteil	Heizkessel
	Bauart	Brennwertkessel
	Fabrikat	Viessmann
	Typ	Vitorond 200
	Baujahr	2005
	Leistung	100 kW
	Brennstoff	Erdgas
	Hinweis:	
	Der Kessel befindet sich in einem guten Zustand. Eine Sanierung muss derzeit nicht erfolgen.	

	Regeltechnik	
	Bauteil	Kesselregelung
	Bauart	zeit- und witterungsgeführt
	Fabrikat	Viessmann
	Typ	Vitotronic 300
	Baujahr	2005
	Hinweis:	
Die Regeltechnik ist in einem guten Zustand.		

	Verteiler	
	Bauteil	Heizungsverteiler mit Heizungsumwälzpumpe
	Bauart	Pumpe mit elektronischer Leistungsregelung
	Fabrikat	Wilo
	Typ	Stratos Pico 230
	Hinweis:	
Die Umwälzpumpen wurden erneuert.		

	Heizkörper	
	Bauteil	Heizkörper
	Bauart	Heizplatten
	Baujahr	unbekannt
Hinweis: Die Heizkörper befinden sich in einem mittleren Zustand.		

	Heizkörper	
	Bauteil	Heizkörper
	Bauart	Röhrenradiatoren
Hinweis: Der Zustand der Radiatoren ist gut.		

**Heizkörperventil**

Bauteil	Heizkörperventil
Bauart	Thermostatventil
Fabrikat	unbekannt

Hinweis:

Die Ventile befinden sich einem mittleren bis guten Zustand. Teilweise ist die Möglichkeit einer Voreinstellung vorhanden. Ein hydraulischer Abgleich wurde nicht durchgeführt.


5.1.3.2 Trinkwarmwassererwärmung


Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt über die dezentrale Elektrogeräte.

	Trinkwarmwassererwärmung	
	Bauteil	Trinkwarmwassererwärmung
	Bauart	Durchlauferhitzer
	Fabrikat	Stiebel Eltron
Hinweis: Der Trinkwarmwassererwärmer befindet sich einem guten Zustand..		

5.1.4 Elektrische Haustechnik

5.1.4.1 Beleuchtung

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Einbauleuchten
	Leuchtmittel	T8-Leuchtstofflampe ohne EVG
<p>Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. im OG - Büro installiert</p>		

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Einbauleuchten
	Leuchtmittel	T8-Leuchtstofflampe ohne EVG
<p>Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. im Erweiterungsbau installiert</p>		

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Aufbauleuchten
	Leuchtmittel	T8-Leuchtstofflampe ohne EVG
Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. im Flur UG installiert		

5.2 Energiebedarfsberechnung

Im Rahmen der Feinanalyse (Baustein 3) wird bei der Energiebedarfsberechnung unabhängig der tatsächlichen Gebäudenutzung ausgegangen. Die Berechnung erfolgt über das computergestützte Rechenprogramm: Energieberater 18599, Version 8.3.1 der Firma Hottgenroth Software.

5.2.1 Allgemeine Angaben zum Gebäude

Beschreibung:

Ort:	67354 Römerberg-Heiligenstein	
Gebäudetyp:	Nichtwohngebäude	
Baujahr:	1937, Erweiterungsbau 1986	
Beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	3.182 m ³
Das beheizte Volumen wurde gemäß EnEV unter Verwendung von Außenmaßen ermittelt		
Nettogrundfläche:	$A_{NGF} =$	909 m ²
Luftvolumen:	$V_L =$	2.545 m ³

Verbrauchsangaben:

Der Berechnung dieses Berichts wurde das EnEV-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.

5.2.2 Gebäudehülle

In der folgenden Tabelle finden Sie eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit ihren momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die die EnEV bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

	Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K
	DA	Satteldach Erweiterung 1986	125,00	0,40	0,24
X	OG	Oberste Geschoßdecke Altbau	200,00	1,00	0,24
	OG	Oberste Geschoßdecke ehemaliges Feuerwehrrhaus	88,00	0,30	0,24
X	WA	Fassade Altbau Nord - Ost	128,00	1,20	0,24
X	WA	Fassade Altbau Nord - West	10,00	1,20	0,24
X	WA	Fassade Altbau Süd - Ost	72,00	1,20	0,24
X	WA	Fassade Altbau Süd - West	88,00	1,20	0,24
	WA	Fassade ehemaliges Feuerwehrgebäude Nord - Ost	41,00	0,35	0,24
	WA	Fassade ehemaliges Feuerwehrgebäude Nord - West	63,00	0,35	0,24
	WA	Fassade ehemaliges Feuerwehrgebäude Süd - West	55,00	0,35	0,24
X	WA	Fassade Erweiterung 1988 Nord - West	41,00	0,50	0,24
X	WA	Fassade Erweiterung 1988 Süd - Ost	30,00	0,50	0,24
X	WA	Fassade Erweiterung 1988 Süd - West	48,00	0,50	0,24
X	FA	Fenster Holz 1986 Süd - Ost	14,00	2,70	1,3
X	FA	Fenster Holz 1986 Süd - West	2,00	2,70	1,3
X	FA	Fenster Holz einfachverglast Nord - Ost	7,00	5,00	1,3
X	FA	Fenster Holz einfachverglast Süd - Ost	3,00	5,00	1,3
X	FA	Fenster Holz einfachverglast Süd - West	5,00	5,00	1,3
X	FA	Fenster Kunststoff 1979 Nord - Ost	38,00	3,50	1,3
X	FA	Fenster Kunststoff 1979 Süd - Ost	11,00	3,50	1,3
X	FA	Fenster Kunststoff 1979 Süd - West	16,00	3,50	1,3
X	FA	Fenster Metall 2000 Nord - Ost	16,00	1,90	1,3
X	FA	Fenster Metall 2000 Süd - West	10,00	1,90	1,3
X	FA	Glasbausteine Nord - Ost	3,00	3,50	1,3
	FA	Neue Fenster Metall und Kunststoff Nord - Ost	5,00	1,30	1,3
	FA	Neue Fenster Metall und Kunststoff Süd - West	8,00	1,30	1,3
X	BE	Bodenplatte	420,00	1,00	0,30
X	BE	Wand Erdreich	240,00	0,80	0,30

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV 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 $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

5.2.3 Anlagentechnik

Heizung:

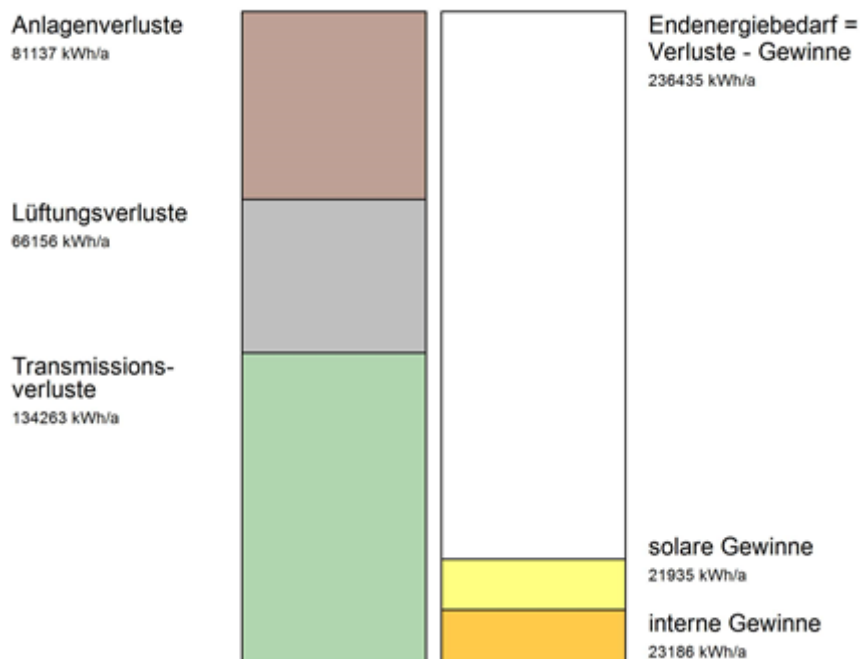
Bereich	Heizwärme-Erzeugung
Erzeugung	- NT-Gebläse-Kessel von 2005 - Nennleistung 100,00 kW Energieträger: Erdgas E
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Leitungen mit einem U-Wert von 0,40 W/(mK) gedämmt Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel, kein hydraulischer Abgleich

Warmwasser:

Trinkwarmwassererwärmung über dezentrale Elektrogeräte.

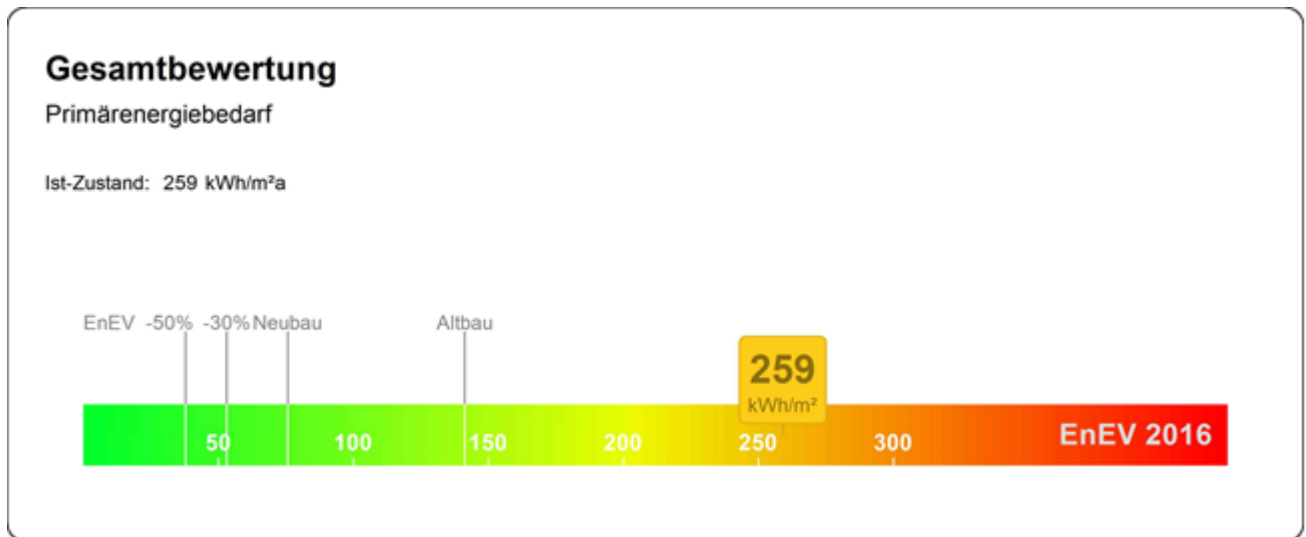
5.2.4 Energiebedarf

Energiebilanz des Gebäudes	jährlich [kWh/a]
Verluste	
Transmissionsverluste	134.263
Lüftungsverluste	66.156
Anlagenverluste	81.137
Gesamt	281.556
Gewinne	
Solare Wärmegewinne	21.935
Interne Wärmegewinne	23.186
Gesamt	45.121
Endenergiebedarf Q_E	
Endenergiebedarf $Q_{WE,E}$ (Wärmeerzeugung)	236.435
Gesamt	236.435
Primärenergiebedarf Q_P	
	235.376



5.2.5 Bewertung des Gebäudes nach EnEV 2016

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 259 kWh/m²a.



Bei der Berechnung des Energiebedarfs wird von vorgegebenen Nutzerverhalten und einheitlichen Klimabedingungen (Norm-Standort) ausgegangen, um den Energiebedarf unterschiedlicher Gebäude miteinander vergleichen zu können.

Bei den Angaben zum tatsächlichen Energieverbrauch gemäß Baustein 1 fließt natürlich das individuelle Nutzerverhalten und der tatsächliche Standort des Gebäudes (Klima) ein. Das kann zu Abweichungen zwischen dem berechneten Energieverbrauch und dem tatsächlich gemessenen Energieverbrauch führen.

Der gemessene durchschnittliche, witterungsbereinigte Endenergieverbrauch der letzten 3 Heizperioden beträgt 72.783 kWh/a und liegt damit bei 30,8 % des berechneten Energiebedarfs. Der Reduzierfaktor für die nachfolgenden Berechnungen beträgt somit $RF = 0,308$.

5.3 Vorschläge für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen

Nachfolgend werden in Abhängigkeit der vorangegangenen Gebäude- und Schwachstellendokumentation verschiedene Vorschläge für mögliche Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz aufgeführt.

5.3.1 Dachdämmung

Altbau:

Dämmen der obersten Geschossdecke von oben begehbar mit WLG 035

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
OG	Oberste Geschoßdecke Altbau - Wärmedämmung von oben, begehbar, 16cm	200,00	0,18	0,24	0,14

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 16.315 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 5.025 kWh/a entsprechend 301,50 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 22.000,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.015 kg CO₂/Jahr reduziert.

5.3.2 Fassadendämmung

Altbau:

Innendämmung 6 cm WLG 035

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
WA	Fassade Altbau Nord - Ost - Innendämmung 6cm, auf Gründerzeitfassade 1870-1920	128,00	0,39	0,24	0,20
WA	Fassade Altbau Nord - West - Innendämmung 6cm, auf Gründerzeitfassade 1870-1920	10,00	0,39	0,24	0,20
WA	Fassade Altbau Süd - Ost - Innendämmung 6cm, auf Gründerzeitfassade 1870-1920	72,00	0,39	0,24	0,20
WA	Fassade Altbau Süd - West - Innendämmung 6cm, auf Gründerzeitfassade 1870-1920	88,00	0,39	0,24	0,20

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 28.725 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 8.847 kWh/a entsprechend 530,84 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 32.780,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.787 kg CO₂/Jahr reduziert.

5.3.3 Fenstersanierung

Sanierung der alten Kunststofffenster Baujahr 1979, Holzfenster Baujahr 1986, Glasbausteine und einfachverglasten Fenster

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
FA	Fenster Holz einfachverglast Nord - Ost - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoff- rahmen	7,00	1,30	1,3	0,95
FA	Fenster Holz einfachverglast Süd - Ost - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoff- rahmen	3,00	1,30	1,3	0,95
FA	Fenster Holz einfachverglast Süd - West - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoff- rahmen	5,00	1,30	1,3	0,95
FA	Fenster Kunststoff 1979 Nord - Ost - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoff- rahmen	38,00	1,30	1,3	0,95
FA	Fenster Kunststoff 1979 Süd - Ost - Wär- meschutzverglasung mit Kunststoffrah- men	11,00	1,30	1,3	0,95
FA	Fenster Kunststoff 1979 Süd - West - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoff- rahmen	16,00	1,30	1,3	0,95
FA	Glasbausteine Nord - Ost - Wärmeschutz- verglasung mit Kunststoffrahmen	3,00	1,30	1,3	0,95

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 43.768 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 13.480 kWh/a entsprechend 808,83 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 53.900,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.723 kg CO₂/Jahr reduziert.

5.3.4 Hydraulischer Abgleich

Der hydraulische Abgleich in Alt- und Neuanlagen wird häufig mit Hilfe stark überdimensionierter Umwälzpumpen ersetzt, wodurch die Anlagenvolumenströme in der Regel 200 bis 400 % über dem Auslegungsmassenstrom angesiedelt sind.

Neben einer Anzahl anderer Größen bestimmt vor allem der Heizwasserdurchfluss die Wärmeabgabe eines Heizkörpers. Das bedeutet, bei entsprechend hohem Durchfluss tritt eine Überhitzung des Raumes auf, die schlimmstenfalls durch die sogenannte „Fensterregelung“ kompensiert wird.

Nach **VOB/C – DIN 18380 Absatz 3.1.1** ist für jede Heizungsanlage ein hydraulischer Abgleich vorzunehmen.

Durch den hydraulischen Abgleich kann der Energieverbrauch gesenkt werden. Neben den Einsparungen an Antriebsleistungen ist zu beachten, dass bei der Reduzierung des Massenstroms unnötige Auskühlungen des Heizwassermassenstroms und damit ein enormer, unnötiger Brennstoffverbrauch vermieden werden kann.

Der hydraulische Abgleich sollte im Gebäude wie folgt durchgeführt werden:

- Einregulieren der Volumenströme an den Heizkörpern in Teilbereichen über die vorhandenen voreinstellbaren Ventile.
- Einsatz von neuen voreinstellbaren Thermostatventilen mit Einregulierung dieser nach Vorgabe in Teilbereichen

Die zu erzielende Einsparung beträgt:

<i>thermisch</i>	:	6.385	kWh/a
	=	<u>383,10</u>	<u>€/a</u>
Investition	:	ca. 2.000,00	€

Die CO₂-Emissionen werden um 1.289 kg CO₂/Jahr reduziert.

5.3.5 Anpassung der Aufheizphasen

Die Untersuchung vor Ort führte zu folgendem Energieeinsparpotenzial:

Regelkreise	:	<i>Nr. 2 und 3</i>	
Regeltechnik	:	zeit- und temperaturabhängige Heizkreis- und Kesselregelung, Fabrikat Viessmann, Typ Vitotronic 300	
Heizphasen	:	jeweils Mo. bis So. 06.00 – 22.00 Uhr	
Empfehlung	:	Anpassung der Aufheizphasen und Temperatursollwerte an die tatsächliche Belegung.	
Einsparung	:	ca.	8.680 kWh/a
	=		<u>520,80 €/a</u>
Investition	:	ca.	250,00 €

Die CO₂-Emissionen werden um 1.752 kg CO₂/Jahr reduziert.

5.3.6 Einsatz von LED-Tubes

Wir empfehlen, die vorhandenen Leuchtstofflampen und Starter in den nachfolgend aufgeführten Bereichen zu demontieren bzw. durch LED-Tubes zu ersetzen.

Die Leistungsangaben beziehen sich auf die Gesamtleistungsaufnahme der Komponente Leuchtmittel und Vorschaltgerät.

*Bereiche: Flur – Erdgeschoss/indirekte Beleuchtung
Bürgerbüro/indirekte Beleuchtung
OG – Kopierraum, OG – Büro Nr. 86*

IST-ZUSTAND

42 Leuchten	à	1 Lampe	à	71 W	=	2,98 kW
26 Leuchten	à	1 Lampe	à	46 W	=	1,20 kW
				Summe	=	4,18 kW

SOLL-ZUSTAND

42 Leuchten	à	1 Lampe	à	20 W	=	0,84 kW
26 Leuchten	à	1 Lampe	à	16 W	=	0,42 kW
				Summe	=	1,26 kW

Die Einsparung errechnet sich wie folgt:

$$(4,18 \text{ kW} - 1,26 \text{ kW}) \cdot \varnothing 1.200 \text{ h/a} = 3.504 \text{ kWh/a}$$

$$= \underline{\underline{1.016,16 \text{ €/a}}}$$

Die Investition beträgt inklusive Montage ca. 2.040,00 €.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.927 kg CO₂/Jahr reduziert.

5.3.7 Erneuerung der Beleuchtung mit LED-Technik, Anwesenheitserfassung und Tageslichtregelung

Wir empfehlen den Einsatz von neuen Leuchten mit LED-Technik und Anwesenheitserfassung bzw. Tageslichtregelung in folgenden Bereichen:

- Flur
- Toiletten
- Kopierraum
- Büros
- UG/Flur

Die Einsparung durch die Installation von neuen Leuchten mit LED-Technik beträgt:

$1,18 \text{ kW} \cdot 1.200 \text{ h/a} = 1.416 \text{ kWh/a}$, entsprechend

410,64 €/a.

Die Investition beläuft sich auf ca. 5.000,00 €.

Die CO₂-Emissionen werden um 779 kg CO₂/Jahr reduziert.

5.4 Zusammenfassung der Maßnahmen

Folgende Maßnahmen tragen zur Reduzierung von Energieverbrauch, Energiekosten und Treibhausgasen bei:

Maßnahme	Jährliche Einsparung			Investition inkl. MwSt
	kWh	€ inkl. MwSt.	CO ₂	
Dachdämmung	5.025	301,50	1.015	22.000
Fassadendämmung Altbau	8.847	530,84	1.787	32.780
Fenstersanierung	13.480	808,83	2.723	53.900
Hydraulischer Abgleich	6.385	383,10	1.289	2.000
Anpassen der Aufheizphasen	8.680	520,80	1.752	250
Einsatz von LED-Tubes	3.504	1.016,16	1.927	2.040
Erneuerung der Beleuchtung mit LED-Technik	1.416	410,64	779	5.000
Summe	47.337	3.971,87	11.272	117.970

6. Feuerwache Mechttersheim



Auftraggeber:	Verbandsgemeinde Römerberg-Dudenhofen Konrad-Adenauer-Platz 6 67373 Dudenhofen
Gebäude:	Nr. 38 – Feuerwache Mechttersheim Mechttersheimer Str. 39 67354 Römerberg

6.1 Gebäudedokumentation

6.1.1 Allgemeines

Die Feuerwache liegt im Ortsteil Mechtersheim in südlicher Lage. Die Feuerwache besteht aus einem Bauteil.

Das Baujahr ist 1890. 1971 erfolgte eine Sanierung des Gebäudes und der Umbau zur Feuerwache.

Das Gebäude ist zum Teil massiv gebaut und teilweise in Leichtbauweise erstellt. Es ist nicht unterkellert. Die massiven Außenwände sind verputzt. Eine Außenwanddämmung ist nicht vorhanden.

Die Holzfenster Baujahr 1971 sind in einem schlechten Zustand.

Das Dach ist ungedämmt.

Das Gebäude dient als reines Feuerwehrgebäude mit Fahrzeughalle, Schulungs- und Aufenthaltsraum.

Die Belegzeiten sind unterschiedlich, hauptsächlich abends. Zusätzliche Nutzungszeiten durch Einsätze oder Veranstaltungen liegen vor.

Der Zustand des Gebäudes ist mittel.


Die Beheizung des Gebäudes erfolgt über eine Heizungsanlage im benachbarten Jugendtreff mit einem Gaskessel. Es handelt sich somit um eine Nahwärmeversorgung.


Der gesamte Zustand der Heizungstechnik ist als mittel einzustufen. Eine Sanierung der Heizungsanlage ist derzeit nicht notwendig.

Die Stromversorgung erfolgt über die Niederspannungshauptverteilung.


Die Beleuchtungsanlage wurde in Teilbereichen saniert.

6.1.2 Bautechnik (wärmeumfassende Gebäudehüllflächen)

	Feuerwehr Mechtersheim	
	Bauteil	Außenwand gegen Außenluft
	U - Wert	0,9 W/m ² K
	Bauart	Massivbauweise
	Hinweis: Fassade Massivbauweise verputzt. Die Fassade befindet sich in einem mittleren Zustand.	

	Feuerwehr Mechtersheim	
	Bauteil	Fenster
	U - Wert	4,0 W/m ² K
	Bauart	Holzfenster Isolierverglasung
	Baujahr	1994
Hinweis: Die Fenster befinden sich in einem schlechten Zustand. Erhebliche Undichtigkeiten liegen vor.		


	Feuerwehr Mechtersheim	
	Bauteil	Dach
	U - Wert	0,25 W/m ² K
	Hinweis: Das Dach befindet sich in einem mittleren bis schlechten Zustand. Der Dachboden ist ungedämmt.	


	Dach	
	Bauteil	obere Geschossdecke
	U - Wert	1,3 W/m²K
	Bauart	Holz balkendecke
Hinweis: Die oberste Geschossdecke ist ungedämmt.		


6.1.3 Anlagentechnik

6.1.3.1 Heizungstechnik

Die Wärmeversorgung erfolgt in Form von Nahwärme aus dem Jugendtreffgebäude.


	Verteiler	
	Bauteil	Heizungsverteiler mit Heizungsumwälzpumpen
	Bauart	Pumpen mit elektronischer Leistungsregelung
	Fabrikat	Wilo
	Typ	Stratos
Hinweis: Die Umwälzpumpen wurden erneuert. Die restlichen Armaturen am Verteiler sollten mittelfristig ebenfalls saniert werden. Der Abgang Feuerwehr ist unregelt.		

	Heizkörper	
	Bauteil	Heizkörper
	Bauart	Stahlradiatoren
	Baujahr	1971
	Hinweis: Der Zustand der Heizkörper ist altersentsprechend mittel bis schlecht.	

	Heizkörperventil	
	Bauteil	Heizkörperventil
	Bauart	Thermostatventil
	Fabrikat	Danfoss
	Baujahr	unbekannt
Hinweis: Die Ventile befinden sich einem guten Zustand. Ein hydraulischer Abgleich wurde nicht durchgeführt.		


6.1.3.2 Trinkwarmwassererwärmung


Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt zentral.

	Trinkwarmwassererwärmung	
	Bauteil	Trinkwarmwasserspeicher
	Bauart	Wandspeicher
	Fabrikat	Stiebel Eltron
	Inhalt	2 x 100 Liter
	Baujahr	unbekannt
<p>Hinweis: Die Trinkwasserspeicher befinden sich in einem guten Zustand..</p>		

6.1.4 Elektrische Haustechnik

6.1.4.1 Beleuchtung

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Einbaurasterleuchten
	Leuchtmittel	T8-Leuchtstofflampe ohne EVG
	Brenndauer	Ø 500 h/a
	Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. im Schulungsraum installiert	

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Einbaurasterleuchten
	Leuchtmittel	T8-Leuchtstofflampe ohne EVG
	Brenndauer	Ø 500 h/a
	Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. im Büro installiert	

6.2 Energiebedarfsberechnung

Im Rahmen der Feinanalyse (Baustein 3) wird bei der Energiebedarfsberechnung unabhängig der tatsächlichen Gebäudenutzung ausgegangen. Die Berechnung erfolgt über das computergestützte Rechenprogramm: Energieberater 18599, Version 8.3.1 der Firma Hottgenroth Software.

6.2.1 Allgemeine Angaben zum Gebäude

Beschreibung:

Ort:	67354 Römerberg-Mechtersheim	
Gebäudetyp:	Nichtwohngebäude	
Baujahr:	1890, 1971 Umbau zum Feuerwehrgebäude	
Beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	2.034 m ³
Das beheizte Volumen wurde gemäß EnEV unter Verwendung von Außenmaßen ermittelt		
Nettogrundfläche:	$A_{NGF} =$	581 m ²
Luftvolumen:	$V_L =$	1.627 m ³

Verbrauchsangaben:

Der Berechnung dieses Berichts wurde das EnEV-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.

6.2.2 Gebäudehülle

In der folgenden Tabelle finden Sie eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit ihren momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die die EnEV bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

	Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
X	DA	Dach	335,00	1,00	0,20	0,14
X	WA	Fassade Nord	106,00	0,90	0,24	0,20
X	WA	Fassade Ost	168,00	0,90	0,24	0,20
X	WA	Fassade Süd	106,00	0,90	0,24	0,20
X	WA	Fassade West	140,00	0,90	0,24	0,20
X	FA	Holzfenster 1971 Nord	5,00	4,00	1,3	0,95
X	FA	Holzfenster 1971 Ost	11,00	4,00	1,3	0,95
X	FA	Holzfenster 1971 Süd	5,00	4,00	1,3	0,95
X	FA	Holzfenster 1971 West	20,00	4,00	1,3	0,95
X	FA	Holzfenster einfachverglast Ost	4,00	5,00	1,3	0,95
X	FA	Holzfenster einfachverglast West	4,00	5,00	1,3	0,95
X	FA	Tore Ost	3,00	3,50	1,3	0,95
X	FA	Tore West	3,00	3,50	1,3	0,95
X	BE	Bodenplatte	335,00	1,00	0,30	0,25

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV 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 $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

6.2.3 Anlagentechnik

Heizung:

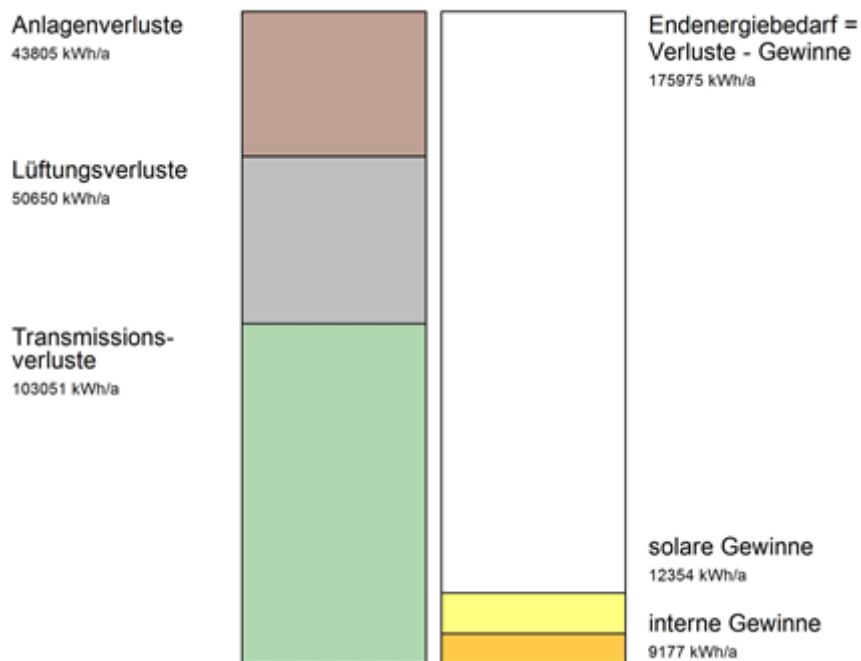
Bereich	Heizwärme-Erzeugung
Erzeugung	- Nah-/Fernwärme Energieträger: Heizwerk, fossil
Verteilung	- Verteilung 1 (Verteilung 1) als Zweirohrheizung Leitungen mit einem U-Wert von 0,40 W/(mK) gedämmt Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel, kein hydraulischer Abgleich

Warmwasser:

Trinkwarmwassererwärmung über Elektrospeicher.

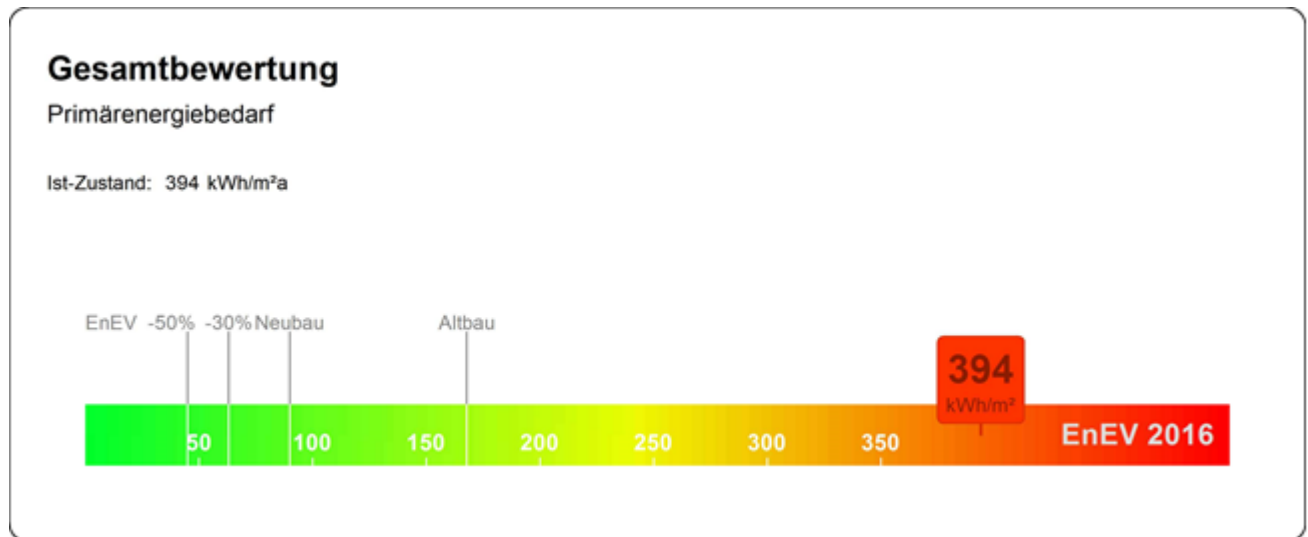
6.2.4 Energiebedarf

Energiebilanz des Gebäudes	jährlich [kWh/a]
Verluste	
Transmissionsverluste	103.051
Lüftungsverluste	50.650
Anlagenverluste	43.805
Gesamt	197.506
Gewinne	
Solare Wärmegewinne	12.354
Interne Wärmegewinne	9.177
Gesamt	21.531
Endenergiebedarf Q_E	
Endenergiebedarf $Q_{WE,E}$ (Wärmeerzeugung)	175.975
Gesamt	175.975
Primärenergiebedarf Q_P	
	228.924



6.2.5 Bewertung des Gebäudes nach EnEV 2016

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 394 kWh/m²a.



Bei der Berechnung des Energiebedarfs wird von vorgegebenen Nutzerverhalten und einheitlichen Klimabedingungen (Norm-Standort) ausgegangen, um den Energiebedarf unterschiedlicher Gebäude miteinander vergleichen zu können.

Bei den Angaben zum tatsächlichen Energieverbrauch gemäß Baustein 1 fließt natürlich das individuelle Nutzerverhalten und der tatsächliche Standort des Gebäudes (Klima) ein. Das kann zu Abweichungen zwischen dem berechneten Energieverbrauch und dem tatsächlich gemessenen Energieverbrauch führen.

Der gemessene durchschnittliche, witterungsbereinigte Endenergieverbrauch der letzten 3 Heizperioden beträgt 85.387 kWh/a und liegt damit bei 48,5 % des berechneten Energiebedarfs. Der Reduzierfaktor für die nachfolgenden Berechnungen beträgt somit $RF = 0,485$.

6.3 Vorschläge für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen

Nachfolgend werden in Abhängigkeit der vorangegangenen Gebäude- und Schwachstellendokumentation verschiedene Vorschläge für mögliche Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz aufgeführt.

6.3.1 Dachdämmung

Oberste Geschossdecke:

Dämmen der obersten Geschossdecke, begehbar mit WLG 035

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
DA	Dach - Dämmung obere Geschoßdecke, begehbar. WLG 035	335,00	0,18	0,20	0,14

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 26.953 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 13.072 kWh/a entsprechend 784,32 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 36.850,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.641 kg CO₂/Jahr reduziert.

6.3.2 Fassadendämmung

Innendämmung 6 cm WLG 035

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
WA	Fassade Nord - Innendämmung 6cm, auf Gründerzeitfassade 1870-1920	106,00	0,35	0,24	0,20
WA	Fassade Ost - Innendämmung 6cm, auf Gründerzeitfassade 1870-1920	168,00	0,35	0,24	0,20
WA	Fassade Süd - Innendämmung 6cm, auf Gründerzeitfassade 1870-1920	106,00	0,35	0,24	0,20
WA	Fassade West - Innendämmung 6cm, auf Gründerzeitfassade 1870-1920	140,00	0,35	0,24	0,20

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 25.125 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 12.110 kWh/a entsprechend 726,60 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 57.200,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.446 kg CO₂/Jahr reduziert.

6.3.3 Fenstersanierung

Erneuern der alten Fenster, Fenster mit Wärmeschutzverglasung

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
FA	Holzfenster 1971 Nord - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	5,00	1,30	1,3	0,95
FA	Holzfenster 1971 Ost - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	11,00	1,30	1,3	0,95
FA	Holzfenster 1971 Süd - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	5,00	1,30	1,3	0,95
FA	Holzfenster 1971 West - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	20,00	1,30	1,3	0,95
FA	Holzfenster einfachverglast Ost - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	4,00	1,30	1,3	0,95
FA	Holzfenster einfachverglast West - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	4,00	1,30	1,3	0,95

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 35.004 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 16.871 kWh/a entsprechend 1.012,26 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 31.850,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 3.408 kg CO₂/Jahr reduziert.

6.3.4 Hydraulischer Abgleich

Der hydraulische Abgleich in Alt- und Neuanlagen wird häufig mit Hilfe stark überdimensionierter Umwälzpumpen ersetzt, wodurch die Anlagenvolumenströme in der Regel 200 bis 400 % über dem Auslegungsmassenstrom angesiedelt sind.

Neben einer Anzahl anderer Größen bestimmt vor allem der Heizwasserdurchfluss die Wärmeabgabe eines Heizkörpers. Das bedeutet, bei entsprechend hohem Durchfluss tritt eine Überhitzung des Raumes auf, die schlimmstenfalls durch die sogenannte „Fensterregelung“ kompensiert wird.

Nach **VOB/C – DIN 18380 Absatz 3.1.1** ist für jede Heizungsanlage ein hydraulischer Abgleich vorzunehmen.

Durch den hydraulischen Abgleich kann der Energieverbrauch gesenkt werden. Neben den Einsparungen an Antriebsleistungen ist zu beachten, dass bei der Reduzierung des Massenstroms unnötige Auskühlungen des Heizwassermassenstroms und damit ein enormer, unnötiger Brennstoffverbrauch vermieden werden kann.

Der hydraulische Abgleich sollte im Gebäude wie folgt durchgeführt werden:

- Einregulieren der Volumenströme an den Heizkörpern über die vorhandenen voreinstellbaren Ventile.

Die zu erzielende Einsparung beträgt:

<i>thermisch</i>	:	6.405	kWh/a
	=	<u>384,30</u>	<u>€/a</u>
Investition	:	ca.	300,00 €

Die CO₂-Emissionen werden um 1.294 kg CO₂/Jahr reduziert.

6.3.5 Instandsetzen der Regeltechnik / Programmierung der Regelparameter

Die Untersuchung vor Ort führte zu folgendem Energieeinsparpotenzial:

Regelkreise	:	Feuerwehr OG
Regeltechnik	:	zeit- und temperaturabhängige Heizkreisregler, Fabrikat Buderus, Typ Logamatic
Ist-Zustand	:	Zurzeit erfolgt keine individuelle zeit- und temperaturabhängige Regelung dieses Heizkreises, da der Dreiwegemischer über keinen elektrischen Stellantrieb verfügt.
Empfehlung	:	Installation eines elektrischen Stellantriebes, Anschluss an die vorhandenen Regelmodule sowie bedarfsgerechte Programmierung der Regelparameter
Einsparung	:	9.735 kWh/a
	=	<u>584,10 €/a</u>
Investition	:	ca. 1.200,00 €

Die CO₂-Emissionen werden um 1.967 kg CO₂/Jahr reduziert.

6.4 Zusammenfassung der Maßnahmen

Folgende Maßnahmen tragen zur Reduzierung von Energieverbrauch, Energiekosten und Treibhausgasen bei:

Maßnahme	Jährliche Einsparung			Investition inkl. MwSt
	kWh	€ inkl. MwSt.	CO ₂	
Dachdämmung	13.072	784,32	2.641	36.850
Fassadendämmung	12.110	726,60	2.446	57.200
Fenstersanierung	16.871	1.012,26	3.408	31.850
Hydraulischer Abgleich	6.405	384,30	1.294	300
Instandsetzen der Regel- technik	9.735	584,10	1.967	1.200
Summe	58.193	3.491,58	11.756	127.400

7. Feuerwehr Dudenhofen



Auftraggeber: Verbandsgemeinde Römerberg-Dudenhofen
Konrad-Adenauer-Platz 6
67373 Dudenhofen

Gebäude: Nr. 4 – Feuerwehr Dudenhofen
Albrecht-Dürer-Str. 7
67373 Dudenhofen

7.1 Gebäudedokumentation

7.1.1 Allgemeines

Die Feuerwehr liegt im Ortsteil Dudenhofen am westlichen Rand der Gemeinde in freier Lage. Die Feuerwehr besteht aus drei Bauteilen, dem Schulungsgabäude, dem Feuerwehrgerätehaus Altbau und dem Feuerwehrgerätehaus Neubau.

Das Baujahr ist 1972. Die Erweiterung des Feuerwehrgerätehauses erfolgte 1991.

Die Gebäude sind massiv gebaut und nicht unterkellert. Die Außenwände sind als Sichtmauerwerk ausgeführt oder verputzt. Eine Außenwanddämmung ist nicht vorhanden.

Die Metallfenster sind bis auf wenige alte Fenster in einem guten Zustand. Das Baujahr der guten Fenster reicht von 1978 bis 1991.

Das Dach des Feuerwehrgerätehauses ist gedämmt. Das Dach des Anbaus ist ungedämmt.

Die Gebäude dienen als Feuerwehrgebäude mit Schulungsräumen, Lagerräumen, Werkstatt, Garage und Aufenthaltsbereich.

Die Belegzeiten sind unterschiedlich, hauptsächlich Montag bis Freitag in den Abendstunden. Zusätzliche Nutzungszeiten außerhalb der Hauptnutzungszeit liegen vor.

Der Zustand des Gebäudes ist gut. Sanierungsmaßnahmen wurden ausgeführt. Ein Sanierungsstau liegt lediglich im Dachbereich des Anbaus, bei einigen Fenstern und einem Tor der Fahrzeughalle vor.

Die Beheizung der Gebäude erfolgt über eine Heizungsanlage mit einem Gaskessel.


Der gesamte Zustand der Heizungstechnik ist als gut bis mittel einzustufen. Eine Sanierung der Heizungsanlage ist nicht notwendig.


Die Stromversorgung erfolgt über die Niederspannungshauptverteilung.

Bei der Beleuchtungsanlage steht in Teilbereichen eine Sanierung an.

7.1.2 Bautechnik (wärmeumfassende Gebäudehüllflächen)

	Feuerwehr Dudenhofen	
	Bauteil	Außenwand gegen Außenluft
	U - Wert	0,5/1,0/1,2 W/m²K
	Bauart	Massiv, 24 – 36 cm
Hinweis: Die Fassade befindet sich in einem guten Zustand.		

	Feuerwehr Dudenhofen	
	Bauteil	Fenster
	U - Wert	3,2 W/m²K
	Bauart	Metallfenster Isolierverglasung
Baujahr	1991	
Hinweis: Die Fenster befinden sich in einem guten Zustand.		


	Feuerwehr Dudenhofen	
	Bauteil	Fenster
	U - Wert	4,3 W/m²K
	Bauart	Metallfenster Isolierverglasung
Baujahr	1978	
Hinweis: Die Fenster befinden sich in einem schlechten Zustand.		


**Fahrzeughalle**


Bauteil	Tore Fahrzeughalle
U - Wert	3,2 W/m ² K
Baujahr	1991
Hinweis: Die Tore befinden sich in einem guten Zustand.	


7.1.3 Anlagentechnik


7.1.3.1 Heizungstechnik

	Kesselanlage	
	Bauteil	Heizkessel
	Bauart	Brennwertkessel
	Fabrikat	Buderus
	Typ	Logano plus GB 312
	Baujahr	unbekannt
	Leistung	120 kW
	Brennstoff	Erdgas
	Hinweis: Der Kessel befindet sich in einem guten Zustand.	

	Regeltechnik	
	Bauteil	Kessel- und Heizkreisregelung
	Bauart	zeit- und witterungsgeführt
	Fabrikat	Buderus
	Typ	Logamatik
Hinweis: Die Regeltechnik ist in einem guten Zustand.		

	Verteiler	
	Bauteil	Heizungsverteiler mit Heizungsumwälzpumpen
	Bauart	Pumpen mit elektronischer Leistungsregelung
	Fabrikat	Wilo
	Typ	Stratos
	Baujahr	2011
<p>Hinweis: Die Umwälzpumpen wurden erneuert. Die restlichen Armaturen am Verteiler sollten ebenfalls saniert werden.</p>		

	Heizkörper	
	Bauteil	Heizkörper
	Bauart	Stahlradiatoren
	Baujahr	1979
<p>Hinweis: Der Zustand der Heizkörper ist gut bis schlecht.</p>		

	Heizkörperventil	
	Bauteil	Heizkörperventil
	Bauart	Thermostatventil
	Fabrikat	unbekannt
	Baujahr	diverse
<p>Hinweis: Der Zustand der Heizkörperventile ist gut bis schlecht. Ein hydraulischer Abgleich wurde nicht durchgeführt.</p>		


7.1.3.2 Trinkwarmwassererwärmung


Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt zentral.

	Trinkwarmwassererwärmung	
	Bauteil	Trinkwarmwasserspeicher
	Bauart	Standspeicher
	Fabrikat	Capito
	Typ	M-PD-450
	Inhalt	450 Liter
Hinweis: Der Zustand der Trinkwassererwärmung ist gut.		

7.1.4 Elektrische Haustechnik

7.1.4.1 Beleuchtung

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Aufbaurasterleuchten
	Leuchtmittel	T8-Leuchtstofflampe ohne EVG
	Brenndauer	Ø 750 h/a
Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. im Schulungsgebäude installiert		

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Aufbauleuchten
	Leuchtmittel	T8-Leuchtstofflampe ohne EVG
	Brenndauer	Ø 750 h/a
Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. im Feuerwehrgerätehaus installiert		

7.2 Energiebedarfsberechnung

Im Rahmen der Feinanalyse (Baustein 3) wird bei der Energiebedarfsberechnung unabhängig der tatsächlichen Gebäudenutzung ausgegangen. Die Berechnung erfolgt über das computergestützte Rechenprogramm: Energieberater 18599, Version 8.3.1 der Firma Hottgenroth Software.

7.2.1 Allgemeine Angaben zum Gebäude

Beschreibung:

Ort:	67373 Dudenhofen	
Gebäudetyp:	Nichtwohngebäude	
Baujahr:	1972, Erweiterung 1991	
Beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	4.508 m ³
Das beheizte Volumen wurde gemäß EnEV unter Verwendung von Außenmaßen ermittelt		
Nettogrundfläche:	$A_{NGF} =$	957 m ²
Luftvolumen:	$V_L =$	3.606 m ³

Verbrauchsangaben:

Der Berechnung dieses Berichts wurde das EnEV-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.

7.2.2 Gebäudehülle

In der folgenden Tabelle finden Sie eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit ihren momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die die EnEV bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

	Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K
	DA	Dach	1220,00	0,30	0,20
X	OG	Oberste Geschossdecke über Anbau	85,00	1,00	0,24
X	WA	Fassade 1978 Fahrzeughalle Nord	50,00	1,20	0,24
X	WA	Fassade 1978 Fahrzeughalle Ost	63,00	1,20	0,24
X	WA	Fassade 1978 Süd	6,00	1,00	0,24
X	WA	Fassade 1978 West	48,00	1,00	0,24
X	WA	Fassade 1991 Nord	27,00	0,50	0,24
X	WA	Fassade 1991 Ost	40,00	0,50	0,24
X	WA	Fassade 1991 Süd	137,00	0,50	0,24
X	WA	Fassade 1991 West	52,00	0,50	0,24
X	FA	Fahrzeughtore 1991	19,00	3,20	1,3
X	FA	Fahrzeughtore alt	19,00	4,50	1,3
X	FA	Fahrzeughtore neu	18,00	2,00	1,3
X	FA	Metallfenster 1978 Ost	6,00	4,30	1,3
X	FA	Metallfenster 1991 Nord	25,00	3,20	1,3
X	FA	Metallfenster 1991 Ost	10,00	3,20	1,3
X	FA	Metallfenster 1991 Süd	24,00	3,20	1,3
X	FA	Metallfenster 1991 West	4,00	3,20	1,3
X	BE	Bodenplatte	860,00	0,60	0,30

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV 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 $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

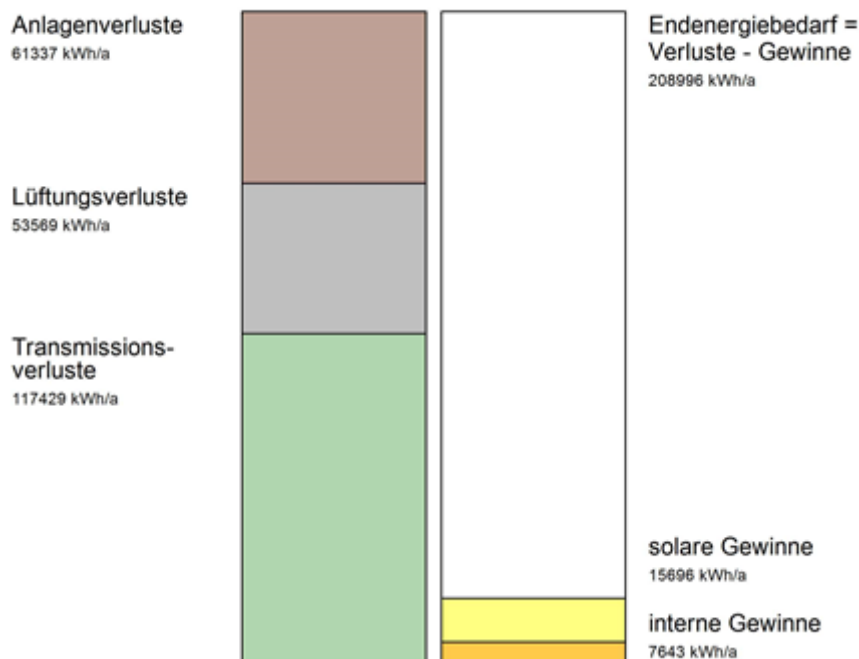
7.2.3 Anlagentechnik

Heizung:

Bereich	Heizwärme-Erzeugung
Erzeugung	- Brennwert-Kessel - Nennleistung 120,00 kW Energieträger: Erdgas E
Verteilung	- Verteilung 1 als Zweirohrheizung Leitungen mit einem U-Wert von 0,40 W/(mK) gedämmt Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel, kein hydraulischer Abgleich

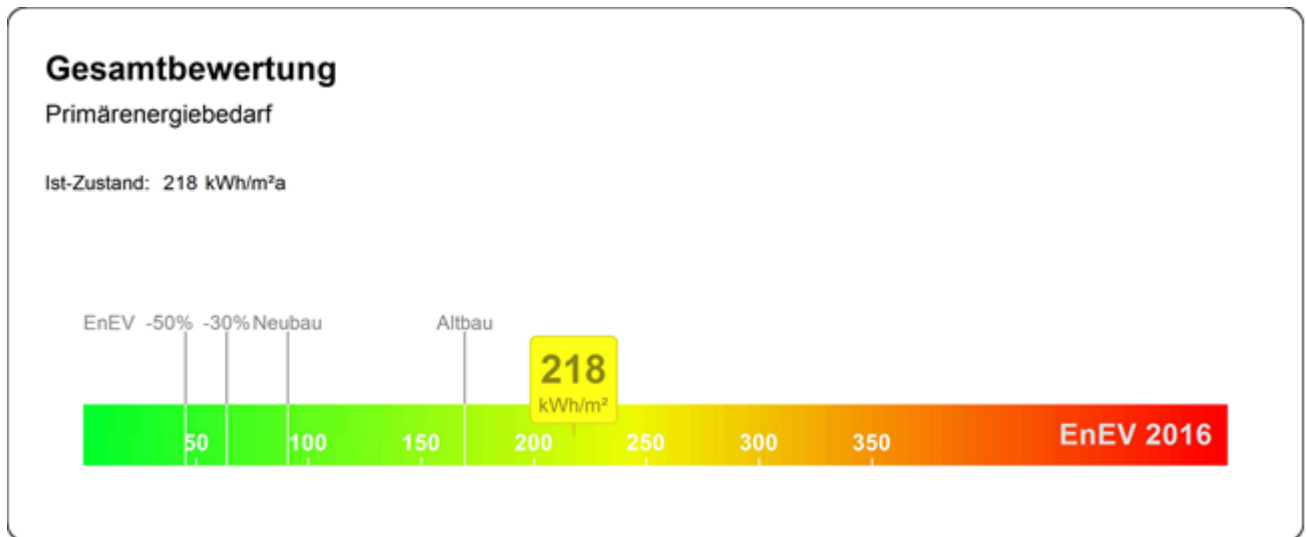
7.2.4 Energiebedarf

Energiebilanz des Gebäudes	jährlich [kWh/a]
Verluste	
Transmissionsverluste	117.429
Lüftungsverluste	53.569
Anlagenverluste	61.337
Gesamt	232.335
Gewinne	
Solare Wärmegewinne	15.696
Interne Wärmegewinne	7.643
Gesamt	23.339
Endenergiebedarf Q_E	
Endenergiebedarf $Q_{WE,E}$ (Wärmeerzeugung)	208.996
Gesamt	208.996
Primärenergiebedarf Q_P	
	208.317



7.2.5 Bewertung des Gebäudes nach EnEV 2016

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 218 kWh/m²a.



Bei der Berechnung des Energiebedarfs wird von vorgegebenen Nutzerverhalten und einheitlichen Klimabedingungen (Norm-Standort) ausgegangen, um den Energiebedarf unterschiedlicher Gebäude miteinander vergleichen zu können.

Bei den Angaben zum tatsächlichen Energieverbrauch gemäß Baustein 1 fließt natürlich das individuelle Nutzerverhalten und der tatsächliche Standort des Gebäudes (Klima) ein. Das kann zu Abweichungen zwischen dem berechneten Energieverbrauch und dem tatsächlich gemessenen Energieverbrauch führen.

Der gemessene durchschnittliche, witterungsbereinigte Endenergieverbrauch der letzten 3 Heizperioden beträgt 117.932 kWh/a und liegt damit bei 56,4 % des berechneten Energiebedarfs. Der Reduzierfaktor für die nachfolgenden Berechnungen beträgt somit $RF = 0,564$.

7.3 Vorschläge für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen

Nachfolgend werden in Abhängigkeit der vorangegangenen Gebäude- und Schwachstellendokumentation verschiedene Vorschläge für mögliche Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz aufgeführt.

7.3.1 Dachdämmung

Oberste Geschossdecke Anbau:

Wärmedämmung von oben, begehbar mit WLG 035

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
OG	Oberste Geschossdecke über Anbau - Wärmedämmung von oben, begehbar, 16cm	85,00	0,18	0,24	0,14

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 6.531 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 3.683 kWh/a entsprechend 212,91 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 9.350,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 744 kg CO₂/Jahr reduziert.

7.3.2 Fenstersanierung

Sanierung alte Metallfenster 1978 und altes Tor Fahrzeughalle

Fenster mit Wärmeschutzverglasung, neues Sektionaltor

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
FA	Fahrzeugetore alt - Neues Sektionaltor	19,00	1,80	1,3	0,95
FA	Metallfenster 1978 Ost - Wärmeschutzverglasung mit Kunststoffrahmen	6,00	1,30	1,3	0,95

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 4.906 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 2.767 kWh/a entsprechend 159,93 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 16.250,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 559 kg CO₂/Jahr reduziert.

7.3.3 Fassadendämmung

Fassade Schulungsgebäude 1978

Wärmedämmverbundsystem 14 cm WLG 035

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
WA	Fassade 1978 Süd - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	6,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade 1978 West - Wärmedämmverbundsystem, 14cm	48,00	0,20	0,24	0,20

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 4.115 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 2.321 kWh/a entsprechend 134,15 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 7.560,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 469 kg CO₂/Jahr reduziert.

7.3.4 Hydraulischer Abgleich

Der hydraulische Abgleich sollte im Gebäude wie folgt durchgeführt werden:

- Einregulieren der Volumenströme an den Heizkörpern im Bereich Schulungsraum über die vorhandenen voreinstellbaren Ventile.
- Einsatz von neuen voreinstellbaren Thermostatventilen mit Einregulierung dieser nach Vorgabe in den sonstigen Bereichen

Die zu erzielende Einsparung beträgt:

<i>thermisch</i>	:	7.110	kWh/a
	=	<u>410,96</u>	€/a
Investition	:	ca. 1.500,00	€

Die CO₂-Emissionen werden um 1.437 kg CO₂/Jahr reduziert.

7.3.5 Wärmeverteilung / Reduzierung der Verteilungsverluste

Ein Teil der Rohrleitungen sowie die Absperrventile im Heizraum sind nicht isoliert. Es handelt sich dabei um ca. 10 m Leitungen/ca. 16 Absperrventile ohne Dämmung.

Wir empfehlen, die vorgenannten Anlagenteile gemäß den EnEV-Vorgaben zu dämmen.

Die Einsparung durch die Wärmedämmung beträgt:

$$\begin{aligned} E &= \text{ca. } 3.885 \text{ kWh/a} \\ &= \underline{224,55 \text{ €/a}} \end{aligned}$$

Die Investition beträgt ca. 1.400,00 €.

Die CO₂-Emissionen werden um 785 kg CO₂/Jahr reduziert.

7.3.6 Anpassung der Aufheizphasen / Regelparameter

Die Untersuchung vor Ort führte zu folgendem Energieeinsparpotenzial:

Regelkreise	:	Heizkreis 2, Heizkreis 3, Heizkreis 4
Regeltechnik	:	zeit- und temperaturabhängige Heizkreis- und Kesselregelung, Fabrikat Buderus, Typ Logamatic
Heizzeiten	:	Heizkreis 2, Heizkreis 3: Mo. bis Do. 16.00 – 22.00 Uhr Fr. 16.00 – 23.00 Uhr Sa. 06.30 – 22.00 Uhr So. 07.00 – 14.00 Uhr Heizkreis 4: Mo. bis Fr. 07.00 – 12.00 Uhr, 16.00 – 22.00 Uhr Sa. 07.00 – 22.00 Uhr So. 08.00 – 14.00 Uhr
Temperatursollwerte	:	Aufheizen: Heizkreis 2: 21 °C, Heizkreis 3: 18 °C Heizkreis 4: 21 °C Absenken: Heizkreis 2: 20 °C, Heizkreis 3: 15 °C Heizkreis 4: 17 °C
Empfehlung	:	Anpassung der Aufheizphasen und Temperatursollwerte an die tatsächliche Belegung/den tatsächlichen Bedarf. Reduzieren der Absenkttemperatur von 20 auf 17 °C am Heizkreis 2.
Einsparung	:	9.520 kWh/a
	=	<u>550,26 €/a</u>
Investition	:	ca. 400,00 €

Die CO₂-Emissionen werden um 1.924 kg CO₂/Jahr reduziert.

7.3.7 Erneuerung der Beleuchtung mit LED-Technik, Anwesenheitserfassung und Tageslichtregelung

Im Großteil der Bereiche sind veraltete Leuchten installiert. Es handelt sich dabei um freistrahkende Leuchten bzw. alte Einbau-/Anbauleuchten mit Opal-/Prismatik-/Rasterabdeckung, die unwirtschaftlich und sanierungsbedürftig sind.

Wir empfehlen den Einsatz von neuen Leuchten mit LED-Technik und Anwesenheitserfassung bzw. Tageslichtregelung in folgenden Bereichen:

- Fahrzeughalle
- Waschhalle
- Toilette
- Stiefelreinigung
- Besprechungsraum
- Einsatzzentrale
- Damen-Umkleide
- Werkstätte
- Gemeinschaftsraum OG
- Jugendfeuerwehr

Die Einsparung durch die Installation von neuen Leuchten mit LED-Technik beträgt:

$3,03 \text{ kW} \cdot 750 \text{ h/a} = 2.273 \text{ kWh/a}$, entsprechend

662,35 €/a.

Die Investition beläuft sich auf ca. 10.000,00 €.

Die CO₂-Emissionen werden um 1.250 kg CO₂/Jahr reduziert.

7.4 Zusammenfassung der Maßnahmen

Folgende Maßnahmen tragen zur Reduzierung von Energieverbrauch, Energiekosten und Treibhausgasen bei:

Maßnahme	Jährliche Einsparung			Investition inkl. MwSt
	kWh	€ inkl. MwSt.	CO ₂	
Dachdämmung Anbau	3.683	212,91	744	9.350
Fenstersanierung	2.767	159,93	559	16.250
Fassadendämmung	2.321	134,15	469	7.560
Hydraulischer Abgleich	7.110	410,96	1.437	1.500
Reduzierung der Verteilungsverluste	3.885	224,55	785	1.400
Anpassung der Aufheizphasen/Regelparameter	9.520	550,26	1.924	400
Erneuerung der Beleuchtung mit LED-Technik	2.273	662,35	1.250	10.000
Summe	31.559	2355,11	7.168	46.460

8. Rathaus Dudenhofen



Auftraggeber: Verbandsgemeinde Römerberg-Dudenhofen
Konrad-Adenauer-Platz 6
67373 Dudenhofen

Gebäude: Nr. 7 – Rathaus Dudenhofen
Konrad-Adenauer-Platz 6
67373 Dudenhofen

8.1 Gebäudedokumentation

8.1.1 Allgemeines

Das Rathaus Dudenhofen liegt im Ortsteil Dudenhofen in zentraler Lage. Es besteht aus einem Bauteil.

Das Baujahr ist 1979. Das Foyer wurde 2002 angebaut.

Das Gebäude ist massiv gebaut und unterkellert. Die Außenwände sind mit vorgehängter Beton- oder Blechfassade ausgeführt. Eine Außenwanddämmung ist nicht vorhanden.

Die Fenster sind bis auf die Metallfenster von 1988 in einem guten Zustand. Das Baujahr der guten Fenster reicht von 2006 bis 2008.

Das Dach des Rathauses ist gedämmt. Das ehemalige Flachdach wurde mit einem Satteldach überdacht.

Das Gebäude dient als reines Verwaltungsgebäude mit Büros, Nebenbereichen und Sitzungssaal. Im Kellergeschoss sind Lagerräume und Technikbereiche vorhanden.

Die Belegzeiten sind hauptsächlich Montag bis Freitag 07:00 bis 17:00 Uhr. Zusätzliche Nutzungszeiten durch Angestellte und Sitzungen außerhalb der Hauptnutzungszeit liegen vor.

Der Zustand des Gebäudes ist gut. Sanierungsmaßnahmen wurden ausgeführt. Ein Sanierungsstau liegt nicht vor.


Die Beheizung des Gebäudes erfolgt über eine Heizungsanlage mit einem Gaskessel und einem Klein-Blockheizkraftwerk. Über die Heizungsanlage wird auch das benachbarte Bürgerhaus mit Wärme versorgt. Dieser Bericht bezieht sich jedoch nur auf das Rathaus.


Der gesamte Zustand der Heizungstechnik ist als gut einzustufen. Eine Sanierung der Heizungsanlage erfolgte 2011.

Die Stromversorgung erfolgt über die Niederspannungshauptverteilung.

Die Beleuchtungsanlage wurde saniert.

8.1.2 Bautechnik (wärmeumfassende Gebäudehüllflächen)


	Rathaus	
	Bauteil	Außenwand gegen Außenluft
	U - Wert	1,1 W/m ² K
	Bauart	Betonelemente
<p>Hinweis: Die Fassade befindet sich in einem guten Zustand. Bauschäden oder ein Sanierungsstau wurden nicht festgestellt. Im OG ist eine Blechverkleidung vorhanden.</p>		


	Rathaus	
	Bauteil	Fenster
	U - Wert	1,5 - 3,2 W/m ² K
	Bauart	Metallfenster mit Isolierverglasung
	Baujahr	1988 - 2008
<p>Hinweis: Die neuen Fenster befinden sich in einem guten Zustand. Die alten Fenster sind in einem schlechten Zustand, Undichtigkeiten liegen vor.</p>		

	Rathaus	
	Bauteil	Dach
	U - Wert	0,3 W/m ² K
	Bauart	Satteldach über Flachdach
<p>Hinweis: Eine Wärmedämmung ist vorhanden. Der Zustand ist gut.</p>		

8.1.3 Anlagentechnik

8.1.3.1 Heizungstechnik

	Kesselanlage	
	Bauteil	Heizkessel
	Bauart	Brennwertkessel
	Fabrikat	Buderus
	Typ	Logano GB 312
	Baujahr	2011
	Leistung	160 kW
	Brennstoff	Erdgas
	Hinweis: Der Kessel befindet sich in einem guten Zustand.	

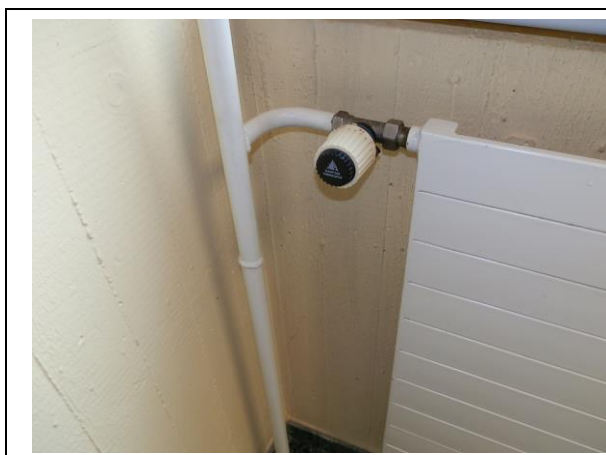
	Klein-BHKW-Anlage	
	Bauteil	BHKW
	Fabrikat	Senertec
	Typ	HKA-GS1
	Baujahr	2011
	Leistung	12,5 kW
	Brennstoff	Erdgas
	Hinweis: Das BHKW befindet sich in einem guten Zustand.	




Regeltechnik	
Bauteil	Kessel- und Heizkreisregelung
Bauart	zeit- und witterungsgeführt
Fabrikat	Buderus
Typ	Logamatic
Baujahr	2011
Hinweis: Die Regeltechnik ist in einem guten Zustand.	



Verteiler	
Bauteil	Heizungsverteiler mit Heizungsumwälzpumpen
Bauart	Pumpen mit elektronischer Leistungsregelung
Fabrikat	Wilo
Typ	Stratos
Baujahr	2011
Hinweis: Die Umwälzpumpen und der Verteiler wurden 2011 erneuert.	



Heizkörper	
Bauteil	Heizkörper
Bauart	Heizplatten
Baujahr	unbekannt/unterschiedlich
Hinweis: Der Zustand der Heizkörper ist altersentsprechend.	

	Heizkörperventil	
	Bauteil	Heizkörperventil
	Bauart	Thermostatventil
	Fabrikat	unbekannt
	Baujahr	diverse
<p>Hinweis: Bei einigen Ventilen ist die Möglichkeit einer Voreinstellung vorhanden. Ein hydraulischer Abgleich wurde nicht durchgeführt. Es ist ein Einrohrsystem installiert.</p>		


8.1.3.2 Trinkwarmwassererwärmung


Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt über dezentrale Elektrogeräte.

8.1.4 Elektrische Haustechnik

8.1.4.1 Beleuchtung

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Anbauleuchten
	Leuchtmittel	T5-Leuchtstofflampe mit EVG
	Brenndauer	Ø 1.500 h/a
Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. im Sekretariat installiert		

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Aufbaurasterleuchten
	Leuchtmittel	T8-Leuchtstofflampe
	Brenndauer	Ø 1.500 h/a
Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. in den Büros installiert		

	Beleuchtungsanlage	
	Bauteil	Langfeldleuchten
	Bauart	Lichtrohrsystem
	Leuchtmittel	T8-Leuchtstofflampe
	Brenndauer	Ø 1.500 h/a
Hinweis: Diese Art von Leuchten ist z.B. im DG installiert		

8.2 Energiebedarfsberechnung

Im Rahmen der Feinanalyse (Baustein 3) wird bei der Energiebedarfsberechnung unabhängig der tatsächlichen Gebäudenutzung ausgegangen. Die Berechnung erfolgt über das computergestützte Rechenprogramm: Energieberater 18599, Version 8.3.1 der Firma Hottgenroth Software.

8.2.1 Allgemeine Angaben zum Gebäude

Beschreibung:

Ort:	67373 Dudenhofen
Gebäudetyp:	Nichtwohngebäude
Baujahr:	1972, Erweiterung Foyer 2002
Beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e = 6.230 \text{ m}^3$
Das beheizte Volumen wurde gemäß EnEV unter Verwendung von Außenmaßen ermittelt	
Nettogrundfläche:	$A_{NGF} = 1.780 \text{ m}^2$
Luftvolumen:	$V_L = 4.984 \text{ m}^3$

Verbrauchsangaben:

Der Berechnung dieses Berichts wurde das EnEV-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.

8.2.2 Gebäudehülle

In der folgenden Tabelle finden Sie eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit ihren momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die die EnEV bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

	Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K
	DA	Flachdach	90,00	0,30	0,20
	DA	Satteldach	330,00	0,30	0,20
X	WA	Fassade Altbau Nord	153,00	1,10	0,24
X	WA	Fassade Altbau Ost	89,00	1,10	0,24
X	WA	Fassade Altbau Süd	78,00	1,10	0,24
X	WA	Fassade Altbau West	90,00	1,10	0,24
	WA	Fassade Neubau	54,00	0,35	0,24
X	WE	Wand erdberührend	145,00	1,10	0,30
X	FA	Metallfenster 1988 Nord	13,00	3,20	1,3
X	FA	Metallfenster 1988 Ost	14,00	3,20	1,3
X	FA	Metallfenster 1988 Süd	14,00	3,20	1,3
X	FA	Metallfenster 1988 West	13,00	3,20	1,3
	FA	Metallfenster 2006 - 2008 Nord	55,00	1,50	1,3
	FA	Metallfenster 2006 - 2008 Ost	55,00	1,50	1,3
	FA	Metallfenster 2006 - 2008 Süd	100,00	1,50	1,3
	FA	Metallfenster 2006 - 2008 West	55,00	1,50	1,3
X	BE	Bodenplatte	395,00	1,00	0,30

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV 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 $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{mK})$) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045 \text{ W}/(\text{mK})$ einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von $1,30 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$.

8.2.3 Anlagentechnik

Heizung:

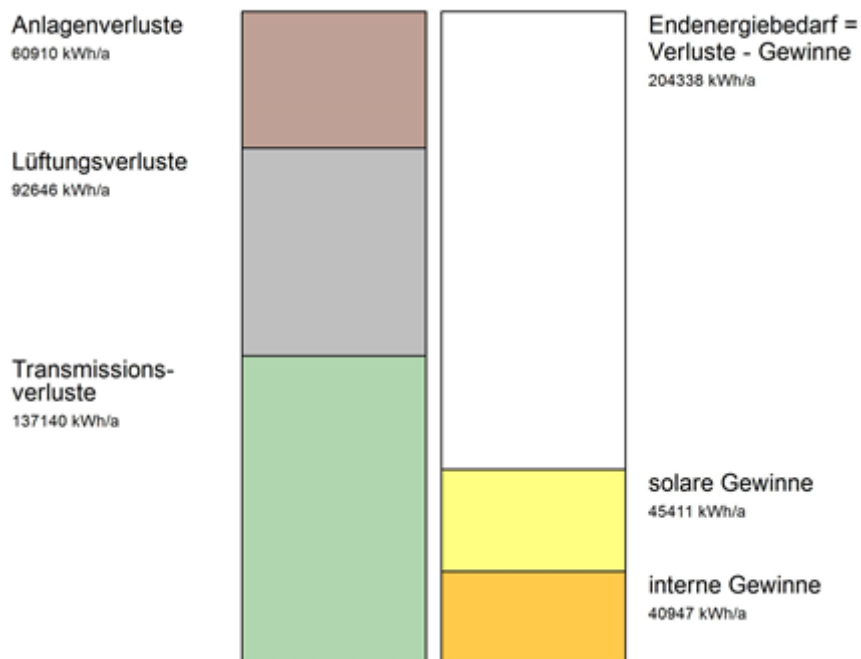
Bereich	Heizwärme-Erzeugung
Erzeugung	- Brennwert-Kessel von 2011 - Nennleistung 160,00 kW Energieträger: Erdgas E - BHKW / Dezentrale KWK Energieträger: Erdgas E
Verteilung	- Verteilung 1 als Einrohrheizung Leitungen mit einem U-Wert von 0,40 W/(mK) gedämmt Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel, kein hydraulischer Abgleich

Warmwasser:

Die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt elektrisch.

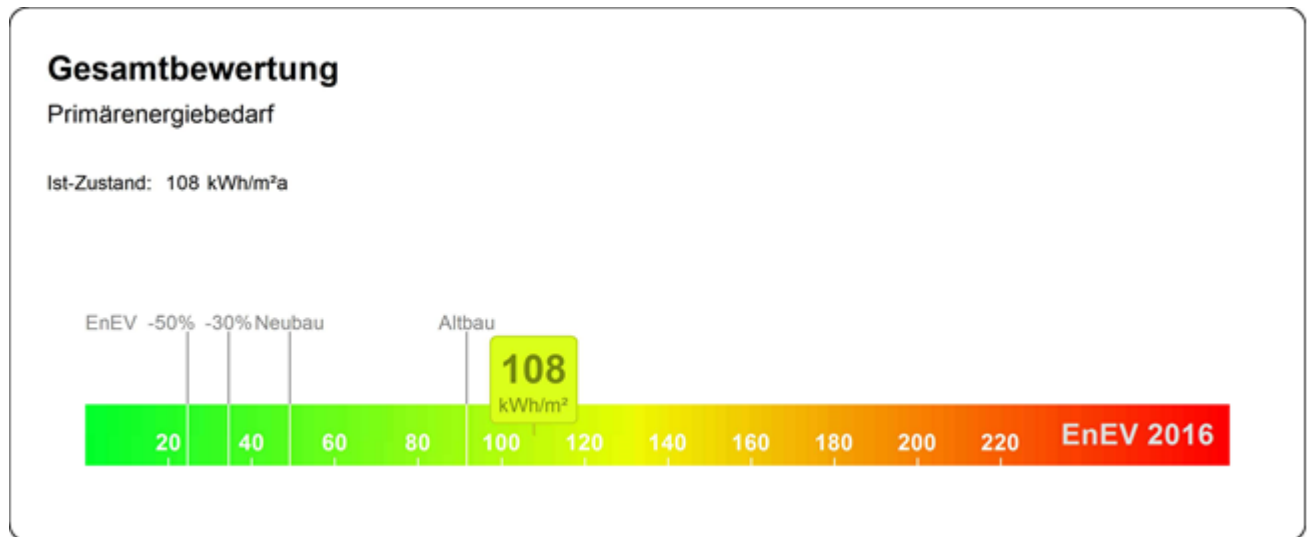
8.2.4 Energiebedarf

Energiebilanz des Gebäudes	jährlich [kWh/a]
Verluste	
Transmissionsverluste	137.140
Lüftungsverluste	92.646
Anlagenverluste	60.910
Gesamt	290.696
Gewinne	
Solare Wärmegewinne	45.411
Interne Wärmegewinne	40.947
Gesamt	86.358
Endenergiebedarf Q_E	
Endenergiebedarf $Q_{WE,E}$ (Wärmeerzeugung)	204.338
Gesamt	204.338
Primärenergiebedarf Q_P	
	191.778



8.2.5 Bewertung des Gebäudes nach EnEV 2016

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 108 kWh/m²a.



Bei der Berechnung des Energiebedarfs wird von vorgegebenen Nutzerverhalten und einheitlichen Klimabedingungen (Norm-Standort) ausgegangen, um den Energiebedarf unterschiedlicher Gebäude miteinander vergleichen zu können.

Bei den Angaben zum tatsächlichen Energieverbrauch gemäß Baustein 1 fließt natürlich das individuelle Nutzerverhalten und der tatsächliche Standort des Gebäudes (Klima) ein. Das kann zu Abweichungen zwischen dem berechneten Energieverbrauch und dem tatsächlich gemessenen Energieverbrauch führen.

Der gemessene durchschnittliche, witterungsbereinigte Endenergieverbrauch der letzten 3 Heizperioden beträgt 194.020 kWh/a und liegt damit bei 95,0 % des berechneten Energiebedarfs. Der Reduzierfaktor für die nachfolgenden Berechnungen beträgt somit $RF = 0,95$.

8.3 Vorschläge für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen

Nachfolgend werden in Abhängigkeit der vorangegangenen Gebäude- und Schwachstellendokumentation verschiedene Vorschläge für mögliche Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz aufgeführt.

8.3.1 Fassadensanierung

Fassade mit Vorhangfassade:

Wärmedämmung von oben, begehbar mit WLG 035

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
WA	Fassade Altbau Nord - 14cm MiWo 040 + Vorhangfassade	153,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade Altbau Ost - 14cm MiWo 040 + Vorhangfassade	89,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade Altbau Süd - 14cm MiWo 040 + Vorhangfassade	78,00	0,20	0,24	0,20
WA	Fassade Altbau West - 14cm MiWo 040 + Vorhangfassade	90,00	0,20	0,24	0,20

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 48.681 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 46.247 kWh/a entsprechend 2.682,32 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 145.000,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 9.342 kg CO₂/Jahr reduziert.

8.3.2 Fenstersanierung

Metallfenster 1988

Neue Fenster mit Wärmeschutzverglasung

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
FA	Metallfenster 1988 Nord - Austausch gegen wärmeschutzverglaste Fenster, vorh. erneuerungsbedürftig	13,00	1,30	1,3	0,95
FA	Metallfenster 1988 Ost - Austausch gegen wärmeschutzverglaste Fenster, vorh. erneuerungsbedürftig	14,00	1,30	1,3	0,95
FA	Metallfenster 1988 Süd - Austausch gegen wärmeschutzverglaste Fenster, vorh. erneuerungsbedürftig	14,00	1,30	1,3	0,95
FA	Metallfenster 1988 West - Austausch gegen wärmeschutzverglaste Fenster, vorh. erneuerungsbedürftig	13,00	1,30	1,3	0,95

Es ergibt sich somit eine Einsparung von 21.227 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Modifiziert auf den aktuellen Verbrauch beträgt die Einsparung 20.166 kWh/a entsprechend 1.169,61 €/a.

Die Investition liegt bei ca. 35.100,00 € inklusive MwSt.

Die CO₂-Emissionen werden um 4.074 kg CO₂/Jahr reduziert.

8.3.3 Wärmeverteilung / Reduzierung der Verteilungsverluste

Die Absperrventile im Heizraum KG sind nicht isoliert. Es handelt sich dabei um ca. 24 Ventile ohne Dämmung.

Wir empfehlen, die vorgenannten Anlagenteile gemäß den EnEV-Vorgaben zu dämmen.

Die Einsparung durch die Wärmedämmung beträgt:

$$\begin{aligned} E &= 4.450 \text{ kWh/a} \\ &= \underline{258,10 \text{ €/a}} \end{aligned}$$

Die Investition beträgt ca. 1.600,00 €.

Die CO₂-Emissionen werden um 899 kg CO₂/Jahr reduziert.

8.3.4 Einsatz von LED-Tubes

Wir empfehlen, die vorhandenen Leuchtstofflampen und ggfs. Starter in den nachfolgend aufgeführten Bereichen zu demontieren bzw. durch LED-Tubes zu ersetzen.

Die Leistungsangaben beziehen sich auf die Gesamtleistungsaufnahme der Komponente Leuchtmittel und Vorschaltgerät.

Bereiche: Hintereingang, Treppen, Flure Hauptgebäude, Büroräume, Küche EG

IST-ZUSTAND

24 Leuchten	à	2 Lampen	à	71 W	=	3,41 kW
6 Leuchten	à	1 Lampe	à	71 W	=	0,43 kW
38 Leuchten	à	1 Lampe	à	55 W	=	2,09 kW
3 Leuchten	à	4 Lampen	à	18 W	=	0,22 kW
				Summe	=	6,14 kW

SOLL-ZUSTAND

24 Leuchten	à	2 Lampen	à	23 W	=	1,10 kW
6 Leuchten	à	1 Lampe	à	23 W	=	0,14 kW
38 Leuchten	à	1 Lampe	à	25 W	=	0,95 kW
3 Leuchten	à	4 Lampen	à	10,5 W	=	0,13 kW
				Summe	=	2,32 kW

Die Einsparung errechnet sich wie folgt:

$$\begin{aligned}
 (6,14 \text{ kW} - 2,32 \text{ kW}) \cdot \varnothing 1.500 \text{ h/a} &= 5.730 \text{ kWh/a} \\
 &= \underline{1.432,50 \text{ €/a}}
 \end{aligned}$$

Die Investition beträgt inklusive Montage ca. 3.000,00 €.

Die CO₂-Emissionen werden um 3.151 kg CO₂/Jahr reduziert.

8.4 Zusammenfassung der Maßnahmen

Folgende Maßnahmen tragen zur Reduzierung von Energieverbrauch, Energiekosten und Treibhausgasen bei:

Maßnahme	Jährliche Einsparung			Investition inkl. MwSt
	kWh	€ inkl. MwSt.	CO ₂	
Fassadensanierung	46.247	2.682,32	9.342	145.000
Fenstersanierung	20.166	1.169,61	4.074	35.100
Reduzierung der Verteilungsverluste	4.450	258,10	899	1.600
Einsatz von LED-Tubes	5.730	1.432,50	3.151	3.000
Summe	76.593	5.542,53	17.466	184.700