Kompetenz im Ökologischen Bauen

Öko Zentrum NRW

Energieberatungsbericht

für ein energetisches Sanierungskonzept

gemäß der Richtlinie „Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme“ (EBN) vom 13. November 2020.

Beratungsobjekt: EBN 80011308

Altes Rathaus Jülich
Marktplatz 1
52428 Jülich



Beratungsempfänger / Auftraggeber (AG):

Gesellschaft für Infrastrukturvermögen Kreis Düren mbH
Bismarckstr. 16
52351 Düren

Auftragnehmer (AN):

Öko-Zentrum NRW GmbH
Sachsenweg 8
59073 Hamm

Berater / Nr.:

O. Goecke

Oliver Goecke / 158907
Hamm, 13. September 2023

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung 5
2 Vorbemerkungen 16
2.1 Ausgangssituation 16
2.2 Berechnungsgrundlagen 16
2.3 Energiepreise 17
2.4 Betrachtungszeiträume und Lebensdauern 17
2.5 Zinssätze und Energiepreissteigerungen 17
2.6 Emissionen 18
2.7 Berücksichtigung von Klimafolgekosten 20
3 Allgemeine Informationen zur energetischen Sanierung 22
3.1 Kontext der Energieberatung 22
3.2 Definition „Energieberatung“ 22
4 Vorstellung Beratungsobjekt: 23
4.1 Allgemeine Angaben zum Beratungsobjekt 23
4.2 Gebäudebeschreibung 24
4.3 Zonierung des Gebäudes 25
4.4 3-D Ansichten des digitalen Gebäudemodells 29
4.5 Ansichten des Bestandsgebäudes 31
5 Beschreibung der Gebäudehülle – Bestand 34
5.1 Außenwände/ Innenwände zu unbeheizten Räumen 34
5.2 Dächer und obere Geschossdecken 36
5.3 Bodenplatte auf Erdreich / Kellerdecken 36
5.4 Türen 37
5.5 Fenster 38
5.6 Einordnung der thermischen Qualität der Gebäudehülle 39
6 Technische Gebäudeausrüstung 40
6.1 Heizung 40
6.2 Warmwasserbereitung 41
6.3 Lüftungstechnik 41
6.4 Kühlung 42
6.5 Beleuchtung 42
6.6 Sommerlicher Wärmeschutz 43

7 Darstellung der Energiebilanz des Bestands 44
7.1 Zusammenstellung der Zonen, Bauteile, Flächen und U-Werte 44
7.2 Ermittelter Energiebedarf des Beratungsobjektes 46
7.3 Ermittelte THG-Emissionen des Beratungsobjektes 47
7.4 Abgleich mit Verbrauchsdaten 48
7.5 Vergleich Energiebedarf und Energieverbrauch 49
7.6 Bewertung des Gebäudes im IST-Zustand 50
8 Variantenuntersuchung / Ermittlung der Wirtschaftlichkeit 51
8.1 Übersicht der Maßnahmen 54
8.2 Variante 1: Neue Verglasung der Fenster 56
8.3 Variante 2: Austausch der Fenster 60
8.4 Variante 3: Sanierung der Fassade mit Dämmputz 64
8.5 Variante 4: Sanierung der Fassade mit Dämmputz/ WDVS 68
8.6 Variante 5: Dämmen der obersten Geschossdecke 72
8.7 Variante 6: Dämmen der Kellerdecken 75
8.8 Variante 7: Erneuerung der Anlagentechnik 78
8.9 Variante 8: Maßnahmenpaket: Sanierung zum Effizienzgebäude Denkmal 82
8.10 Übersicht der Ergebnisse 88
9 Weitere Empfehlungen 98
9.1 Maßnahme: Hinweise zum Nutzerverhalten 98
9.2 Maßnahme: Verbesserung der Energieeffizienz von EDV-Geräten 99
9.3 Maßnahme: Verbesserung der Energieeffizienz von Beleuchtungsprodukten 99
9.4 Einsatz von dezentralen Lüftern mit Wärmerückgewinnung 99
9.5 Informationen über anwendbare Zuschüsse und Beihilfen 101
9.6 Nachhaltiges Bauen 103
Hinweise zur umfassenden Bestandsanalyse 103
Hinweise zum nachhaltigen Bauen 103
9.7 Informationen zum GEIG (Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz) 104
9.8 Hinweis zur Prüfpflicht von Solarenergie nach GEG §4 Absatz 2 105
10 Unterzeichnung 106
11 Anhang 107
11.1 Relevante Normen, Vorschriften und Literatur 107
11.2 Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen 108

11.3 Verzeichnis der verwendeten Abbildungen.....109
11.4 Verzeichnis der verwendeten Tabellen.....112
11.5 Unterlagen zur Datenaufnahme der Bauteile.....114

1 Zusammenfassung

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um die energetische Beratung für das „Alte Rathaus“ in Jülich. Ziel ist es dabei, den Ist-Zustand des Gebäudes aufzunehmen, zu analysieren und mögliche Effizienzmaßnahmen energetisch und wirtschaftlich zu bewerten.

Bei dem Gebäude handelt es sich um das ehemalige Rathaus der Stadt Jülich, das 1952 im barocken Stil nach Vorbild des 1944 zerstörten Gebäudes errichtet wurde. Der Rat zog 1972 in das „Neue Rathaus“ um. Das Gebäude des Alten Rathauses dient weiterhin Verwaltungszwecken, zwischenzeitlich genutzt durch die Kreisverwaltung Düren. 2019 wurde nördlich des Gebäudes das Kreishaus der Kreisverwaltung Düren als Anbau angeschlossen. Der Anbau ist jedoch kein Bestandteil dieser Untersuchung.

Für das Gebäude „Altes Rathaus“ besteht Denkmalschutz. Daher sind alle vorgeschlagenen Maßnahmen im Falle einer geplanten Ausführung frühzeitig mit der Denkmalschutzbehörde abzustimmen.

Das Gebäude besteht aus einem Hauptgebäude mit südlich, zum Marktplatz ausgerichtetem Eingang und zwei angrenzenden Gebäudeflügeln. Das Hauptgebäude hat im 1. Obergeschoss einen großen Saal. Durch die hohen Decken des Saals hat das Hauptgebäude eine höhere lichte Höhe, sodass dieser Teil des Alten Rathaus Jülich insgesamt um etwa einen Meter höher liegt. Alle Gebäudeteile sind dreigeschossig und vollunterkellert mit unbeheizten Kellerräumen. Der Dachraum ist unbeheizt und wird für Abstellzwecke genutzt. Ein Teil des Dachgeschosses wurde in der Vergangenheit ausgebaut, wird jedoch nicht mehr genutzt und auch eine zukünftige Nutzung ist nicht vorgesehen, sodass das gesamte Dachgeschoss als unbeheizter Dachraum betrachtet wird. Heizflächen, die dort fest eingebaut sind, müssen bei einer energetischen Sanierung der oberen Geschossdecke dauerhaft stillgelegt bzw. ausgebaut werden. Im 1. Obergeschoss des Hauptgebäudes befindet sich ein Sitzungssaal. Die übrigen Räume werden für Büroraum und Nebenräume genutzt. Nördlich am Übergang zum angebauten Kreishaus befindet sich eine Durchfahrt zu einem Innenhof, von dem aus das Alte Rathaus Jülich über den Hintereingang an der nordöstlichen Fassade zugänglich ist.

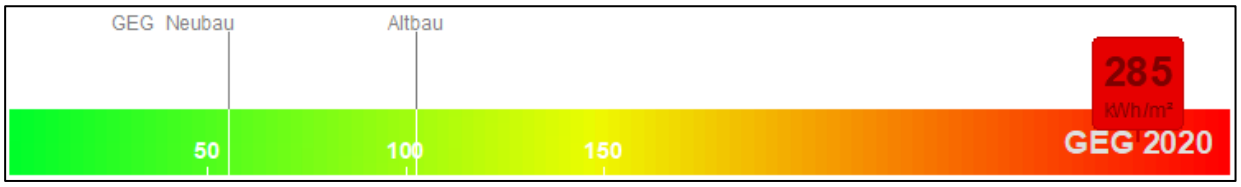
Das gesamte Gebäude wurde in Massivbauweise errichtet und ist mit einem rötlich durchfärbten Putz verputzt. Die Farbe der Fassade ist ebenfalls denkmalgeschützt und ist bei einer Sanierung wieder herzustellen. Das Dach ist mit Schiefer gedeckt. Die denkmalgeschützten Sprossenfenster wurden zur Seite des Marktplatzes und zur Düsseldorfer Straße durch eine innen vorgesetzte Scheibe zu Verbundfenstern ausgebaut. Ansonsten wurden über die Jahre hinweg lediglich wenige Fenster vollständig ausgetauscht, welche reparaturbedürftig waren. Abgesehen davon

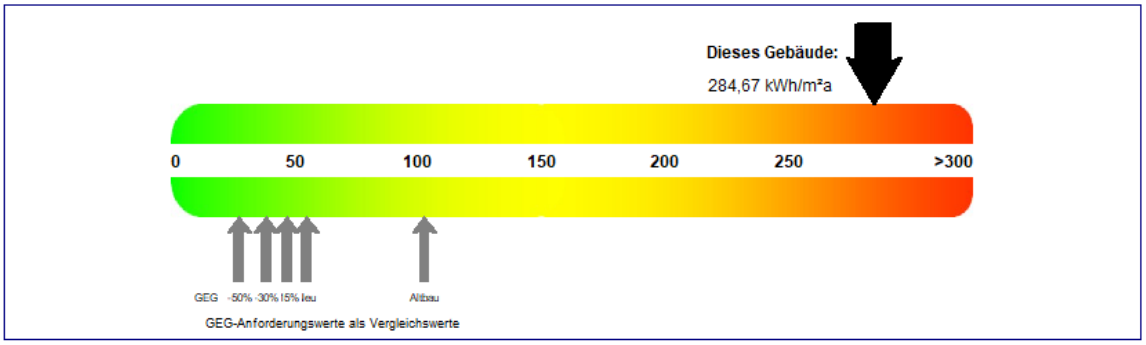
entspricht der energetische Standard der vorhandenen Bauteile dem Jahr ihrer Errichtung. Somit ergeben sich einige Potenziale an der thermischen Gebäudehülle.

Die Wärmeversorgung erfolgt zum Großteil über einen Brennwertkessel. Für die Spitzenlast steht ein Niedertemperaturkessel zur Verfügung. Die Wärmeübergabe in den beheizten Räumen erfolgt über freie Heizflächen (= Heizkörper). Der Niedertemperaturkessel wird zudem zur Spitzenlastdeckung der Wärmepumpe des in der Bilanzierung nicht berücksichtigten Anbaus (2019) Kreishaus Düren berücksichtigt. Warmwasser ist lediglich über eine Zapfstelle in der Teeküche verfügbar und wird über dezentrale Durchlauferhitzer bereitgestellt. Die Beleuchtung erfolgt zum Großteil über Leuchtstoffröhren und Glühbirnen und zu etwa 5 % über Halogenbeleuchtung.

Die energetischen Berechnungen umfassen den gesamten Baukörper und basieren auf einer energetischen Bilanzierung nach DIN V 18599 [5]. Nach der energetischen Bilanzierung des Gebäudes im Bestand (Ist-Zustand) ergeben sich folgende Ergebniswerte (bedarfsorientiert):

- Nutzenergiebedarf von 174,4 kWh/m²a
- Endenergiebedarf von 243,0 kWh/m²a
- Primärenergiebedarf von 284,7 kWh/m²a





	Ist-Wert	mod. Altbau	GEG-Neubau	GEG - 15%	GEG - 30%	GEG - 50%
Jahres-Primärenergiebedarf q_p [kWh/m²a]	284,67	102,70	55,02	46,76	38,51	27,51
Mittlere U-Werte [W/m²K]						
- Opake Außenbauteile	1,700	0,560	0,280	0,238	0,196	0,140
- Transparente Außenbauteile	3,600	2,660	1,500	1,275	1,050	0,750

Gebäudeart:		Nicht-Wohngebäude
Gebäudetyp:		Bestandsgebäude
Energiebezugsfläche	A_{EBF}:	3462 m²
Hüllfläche	A:	3737 m²
Volumen	V_e:	12671 m³

Abbildung 1: Gebäudebewertung mit Standardrandbedingungen

Ein vergleichbares Gebäude, welches die aktuellen Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes an einen modernisierten Altbau erfüllt, verfügt über einen Primärenergiebedarf von etwa 103 kWh/m²a. Der primärenergetische Zustand des bestehenden Gebäudes überschreitet diese Anforderungen um 177 %.

Untersuchte Varianten

Dieses energetische Sanierungskonzept soll einen sinnvollen Weg aufzeigen, wie die Energieeffizienz des Gebäudes verbessert werden kann. Hierbei werden Sanierungsmaßnahmen unter Berücksichtigung bauphysikalischer, anlagentechnischer und bauordnungsrechtlicher Aspekte untersucht und anschließend in einem schrittweisen Sanierungsfahrplan zusammengefasst.

> *Hinweis: Aufgrund des vorliegenden Denkmalschutzes sind alle Maßnahmen frühzeitig vor einer Ausführungsplanung mit der Denkmalschutzbehörde abzustimmen. Eine Abstimmung unsererseits ist nicht erfolgt, für die vorgestellten Varianten wurde eine denkmalschutzrechtliche Genehmigung angenommen und vorausgesetzt.*

Im Folgenden sind die untersuchten Varianten dargestellt:

<u>Variante 1 – neue Verglasung der Fenster:</u>

- Ersatzverglasung der Fenster zur Nord/Ost-Fassade, zweifachverglast, denkmalschutzgerecht → $U_{w,neu}$=2,7 W/m²K
- Ersatzverglasung der Holzverbundfenster zur Süd/West-Fassade (innere Scheibe), zweifachverglast, denkmalschutzgerecht → $U_{w,neu}$=1,94 W/m²K

<u>Variante 2 – Austausch der Fenster</u>

- Fensteraustausch aller Fenster durch denkmalschutzgerechte, maßangefertigte Fensterelemente -> $U_{w,neu}$ =1,4 W/m²K

<u>Variante 3 – Sanierung der Fassade mit Dämmputz</u>

- Sanierung der Fassade mit 8 cm durchgefärbtem Dämmputz
- Unterseitige Dämmung der Durchfahrt in den Innenhof mit 14 cm Dämmung WLG 035 und Putz

<u>Variante 4 – Sanierung der Fassade mit Dämmputz/ WDVS</u>

- Sanierung der Süd/West-Fassade mit 8 cm durchgefärbtem Dämmputz
- Sanierung der Nord/Ost-Fassade (Innenhofbereich) mit 10 cm WDVS
- Unterseitige Dämmung der Durchfahrt in den Innenhof mit 14 cm Dämmung WLG 035 und Putz

<u>Variante 5 – Dämmen der obersten Geschossdecke</u>

- Dämmen der obersten Geschossdecke mit 26 cm Dämmung; 30 % der Fläche werden mit lastverteilendem Plattenbelag abgedeckt

Variante 6 – Dämmen der Kellerdecken

- Unterseitige Dämmung der Kellerdecken mit 14 cm Dämmung WLG035

Variante 7 – Erneuerung der Anlagentechnik

7a – LED-Beleuchtung, L/W-WP, HA

- Austausch des Niedertemperaturkessels durch eine L/W-WP
- Hydraulischer Abgleich des Heizsystems
- Austausch der Beleuchtung durch LED-Ersatzbeleuchtung

7b – LED-Beleuchtung, S/W-WP, HA

- Austausch des Niedertemperaturkessels durch eine S/W-WP
- Hydraulischer Abgleich des Heizsystems
- Austausch der Beleuchtung durch LED-Ersatzbeleuchtung

Variante 8 – Maßnahmenpaket: Sanierung zum Effizienzgebäude Denkmal

- Fensteraustausch aller Fenster durch denkmalschutzgerechte, maßangefertigte Fensterelemente -> $U_{w,neu}$ =1,4 W/m²K
- Maßnahmen zum Sommerlichen Wärmeschutz: Sonnenschutzverglasung, Außenliegende Verschattung durch Zip Screen, dezentrale Lüftungsanlagen in ausgewählten Räumen
- Sanierung der Fassade mit 6 cm durchgefärbtem Dämmputz
- Unterseitige Dämmung der Durchfahrt in den Innenhof mit 14 cm Dämmung WLG 035 und Putz
- Dämmen der obersten Geschossdecke mit 26 cm Dämmung; 30 % der Fläche wird mit lastverteilendem Plattenbelag abgedeckt
- Unterseitige Dämmung der Kellerdecken mit 14 cm Dämmung WLG035
- Austausch des Niedertemperaturkessels durch eine L/W-WP
- Hydraulischer Abgleich des Heizsystems
- Austausch der Beleuchtung durch LED-Ersatzbeleuchtung

Anhand der folgenden Tabelle werden die Endenergieeinsparungen sowie die Energiekosten und Energiekosteneinsparungen durch die Varianten dargestellt. Die Ergebnisse sind dabei mit dem gemessenen Verbrauch des Gebäudes abgeglichen.

Tabelle 1: Übersicht der Energie- und Kosteneinsparungen (verbrauchsabgeglichen)[1]

Variante	Endenergiebedarf (verbrauchsorientiert)	Endenergieeinsparung		Energiekosten zzgl. CO2-Preis-Steigerung	Kosteneinsparung	
	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[€/a]	[€/a]	[%]
Bestand	782.476	-	-	-	-	-
Variante 1	729.563	52.913	7%	187.097	9.000	5%
Variante 2	710.183	72.293	9%	173.660	9.500	5%
Variante 3	631.492	150.985	19%	160.998	22.200	12%
Variante 4	620.216	162.260	21%	159.351	23.900	13%
Variante 5	583.772	198.704	25%	162.641	33.400	17%
Variante 6	739.198	43.278	6%	187.362	7.300	4%
Variante 7a	237.148	545.328	70%	122.049	62.200	34%
Variante 7b	178.295	604.181	77%	92.714	95.600	51%
Variante 8	114.088	668.388	85%	59.326	130.400	69%

[1] Angepasster Bedarf in Bezug auf realen Verbrauch

Die Werte aus der Tabelle werden in den folgenden Grafiken detaillierter gegenübergestellt:

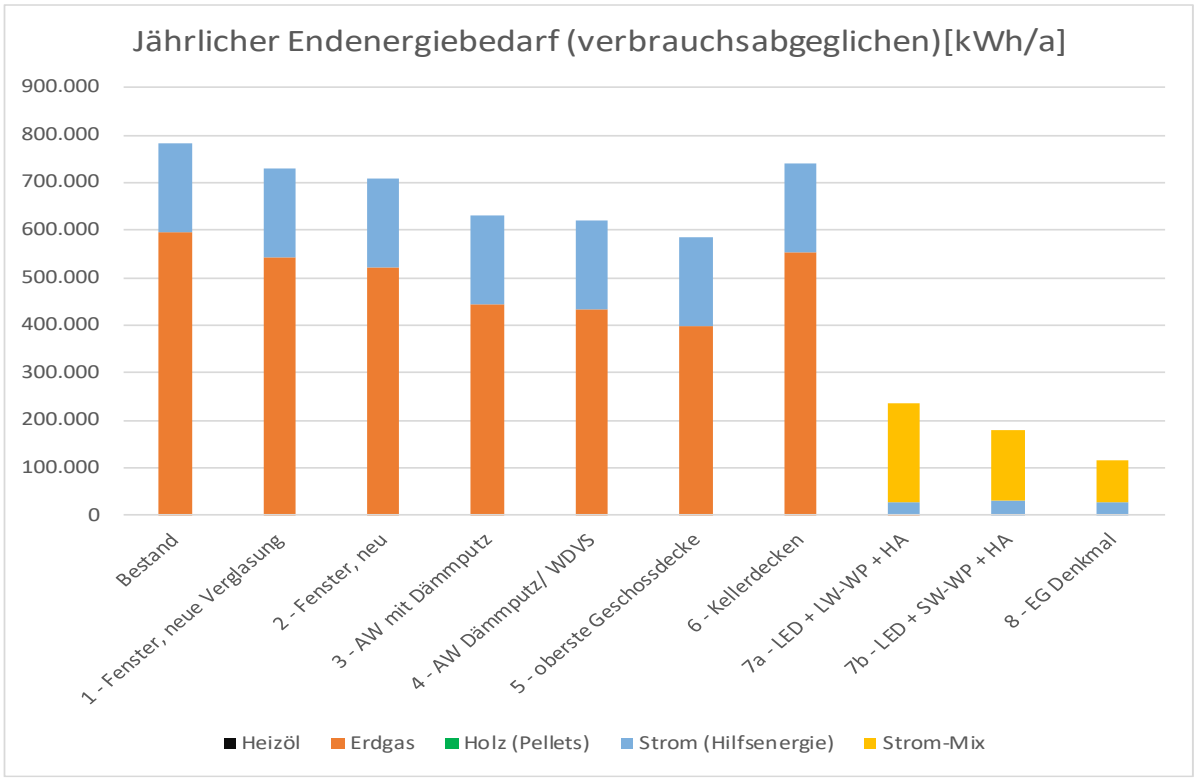


Abbildung 2: Jährlicher Endenergiebedarf im Vergleich (verbrauchsabgeglichen) [kWh/a]

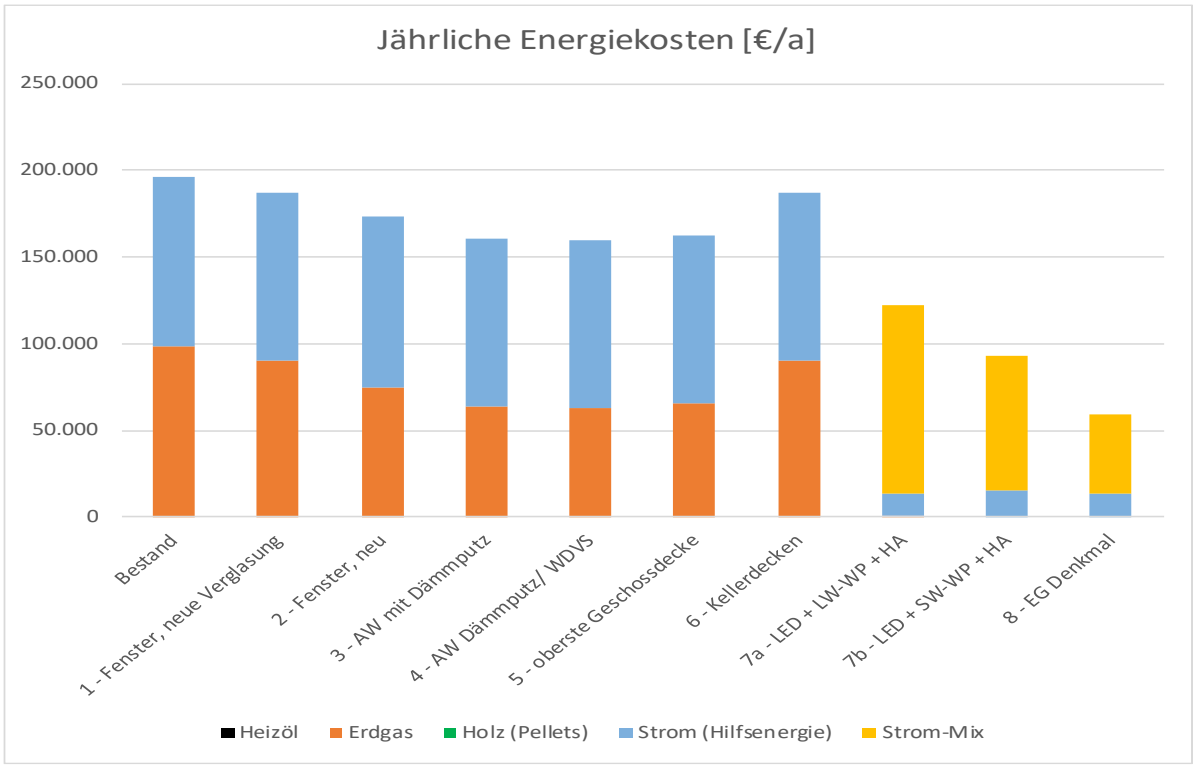


Abbildung 3: Vergleich der Energiekosten Bestand und Sanierungsmaßnahmen

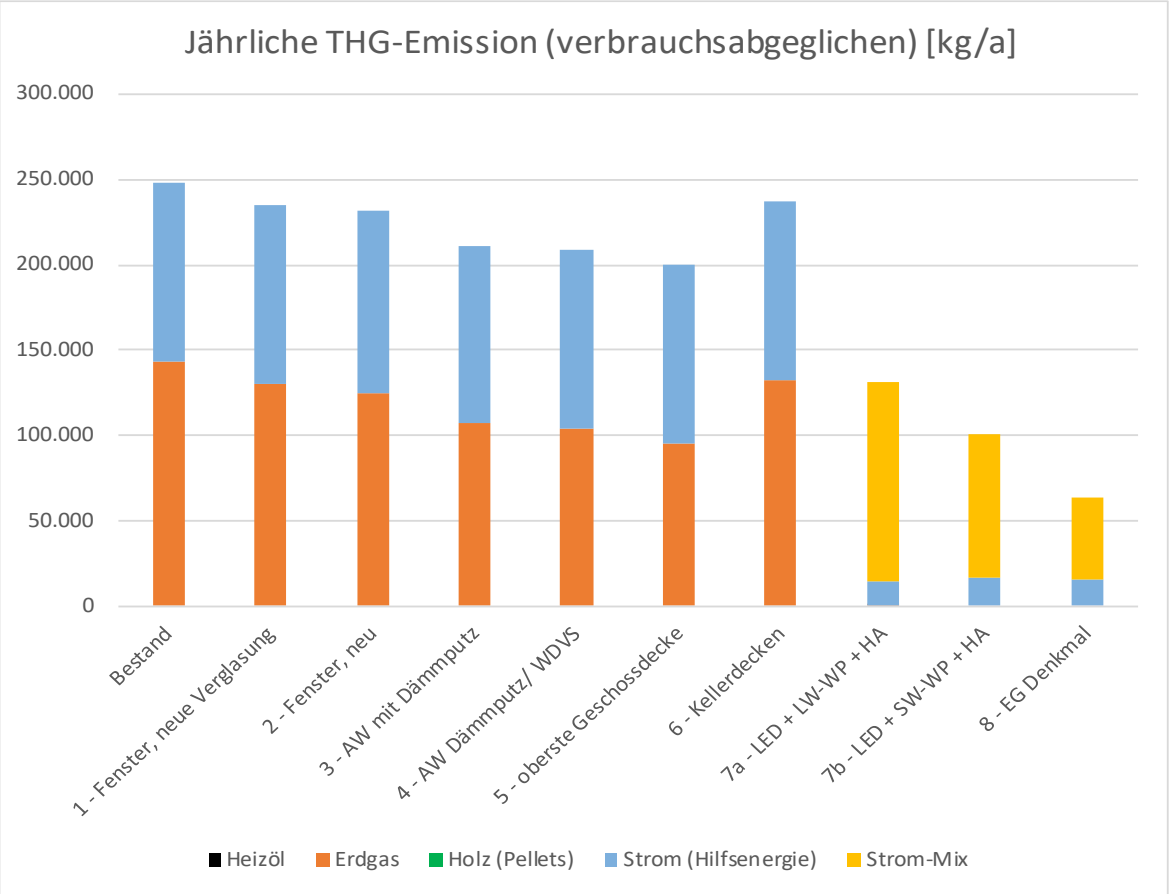


Abbildung 4: Vergleich der jährlichen THG-Emissionen (verbrauchsabgeglichen)

Bewertung und Empfehlung

Auf Grundlage der zuvor dargestellten Ergebnisse wird vor allem eine Umsetzung der Variante 8 „Maßnahmenpaket: Sanierung zum Effizienzgebäude Denkmal“ empfohlen. Da die Putzfassade sowie die Fenster aufgrund des hohen Bauteilalters ohnehin sanierungsbedürftig sind, lohnt sich das energetische Maßnahmenpaket. Die Maßnahmen zur Dämmung der oberen Geschossdecke sowie der Kellerdecken zeigen sich als sehr wirtschaftlich, da die Investitionskosten geringer ausfallen und gleichzeitig sehr hohe Einsparpotenziale vorhanden sind.

Durch Sanierung der Bauteile wird die Heizlast des Gebäudes deutlich herabgesetzt, sodass eine Erneuerung der Anlagentechnik zur Wärmebereitstellung über eine Wärmepumpe empfehlenswert ist. Ein Austausch der alten Leuchtmittel durch LED-Ersatzbeleuchtung ist ebenfalls empfehlenswert.

Als kommunale Gesellschaft kann die Gesellschaft für Infrastrukturvermögen Kreis Düren mbH (GIS) die KFW-Kreditförderungen zu einem Effizienzgebäude Denkmal und den herabgesetzten KfW-Zinssatz beanspruchen. Das KfW-Förderprogramm fördert mit einem Tilgungszuschuss von 5 % für ein Effizienzgebäude Denkmal und einem Zinsvorteil von 1,1 % (Annahme) nutzen.

Alternativ kann ein Direktzuschuss für Einzelmaßnahmen beansprucht werden (BEG-Förderung von 15 %). Für die Luft/Wasser-Wärmepumpe inklusive Zubehör liegt der BEG-Fördersatz mit Heizungstauschbonus bei 35 %. Diese Variante wird hier bevorzugt angesetzt.

Mit Umsetzung der Maßnahmen ist eine Endenergieeinsparung von 85 % möglich. Damit stellt sich die Variante 8 zudem als ökologischste aller Varianten heraus.

Nachstehend werden für die empfohlene Variante 8 - „Maßnahmenpaket: Sanierung zum Effizienzgebäude Denkmal“ die Kosten, die Einsparungen sowie die Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung der aktuellen Förderungen dargestellt:

Tabelle 2: Übersicht der Kosten zur jeweiligen Maßnahme – Variante 8

Kostenrahmen der Variante 8	**Gesamtkosten**	**Energiebedingte Mehrkosten**
Fensteraustausch, Fensterelement Pax Retro, Denkmalschutz -> Uneu=1,4 W/m²K; Natursteinfensterbänke/Zink innen und außen angepasst, Denkmalschutz; Zulage für Beiputz, Laibung, Malerarbeiten	1.185.600 €	608.700 €
Maßnahmen Sommerlicher Wärmeschutz: Mehrkosten Sonnenschutzverglasung, 20% für Verglasung; 80 ST Verschattung außen, Zip Screen	265.108 €	180.958 €
Dämmputz, 6 cm, durchgefärbt	236.940 €	23.694 €
Hauptgesims, profiliert, Abwicklung bis 400 mm; Neuer Dachüberstand, Anschlüsse; Sockel, vorstehend, schräg, glatt, Abwicklung bis 150 mm; Natursteinfensterbänke/Zink, Denkmalschutz; inkl. Zulage für Anpassen Entwässerung und Fassadenanbauteile	124.710 €	9.519 €
Unterseitige Dämmung Durchfahrt, 14 cm MW 035 + Putz	3.450 €	690 €
Mineralwolle-Dämmung, Massivdecke, 260 mm; inkl. 30 % Abdeckung, lastverteilender Plattenbelag, Gipsfaser, 10 mm	66.515 €	66.515 €
Kellerdeckendämmung, Steinwolle WLG035, 14 cm	74.385 €	74.385 €
Anarbeiten Kellerdeckendämmung an Leitungen und Beleuchtung, flankierende Bauteile	20.990 €	20.990 €

100 kW LW-WP inkl. Pufferspeicher, Hocheffizienzpumpe, Verrohrung; inkl. Entsorgung NT-Gaskessel	160.000 €	61.000 €
Hydraulischem Abgleich	43.000 €	4.300 €
LED Ersatzleuchten	207.780 €	20.778 €
Lüftungsanlagen; dezentral Sitzungssaal, Büroräume Süd; 10 Räume	125.000 €	125.000 €
0	0 €	0 €
Architekten- und Ingenieurleistungen	628.370 €	299.132 €
Summe der Kosten netto	3.141.848 €	1.495.661 €
19% MwSt.	596.951 €	284.176 €
Gesamtkosten inkl. Planungskosten und MwSt.	**3.738.800 €**	**1.779.800 €**

Bezüglich der Wirtschaftlichkeit der Maßnahme ergibt sich das folgende Ergebnis:

Tabelle 3: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 8 Einzelmaßnahmen

Kosten	**Variante 8 Einzelmaßnahmen**
Investitionskosten Brutto (Vollkosten)	3.738.800 €
davon energieeffizienzbedingte Mehrkosten	1.779.800 €
Förderung/ Tilgungszuschuss	507.000 €
Energieeffizienzbedingte Mehrkosten nach Abzug Förderung/ Tilgungszuschuss	1.272.900 €
Energieeinsparung (verbrauchsorientiert)	
Endenergiebedarf	114.088 kWh/a
THG-Einsparung durch die Variante	**183.865 kg/a**
	74%
Endenergieeinsparung durch die Variante	**668.388 kWh/a**
	85%
Energiekosteneinsparung	**123.900 €/a**
Energiekosteneinsparung zzgl. CO2-Preis-Steigerung	**130.400 €/a**
Wirtschaftlichkeit	
Dynamische Amortisation[1] der energieeffizienzbedingten Mehrkosten ohne Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	18 a
Dynamische Amortisation der energieeffizienzbedingten Mehrkosten mit Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	12 a
mittlere Lebensdauer der Sanierungsmaßnahmen	37 a

Tabelle 4: Effizienzgebäude-Stufen

BEG-Anforderungen		Gebäudewerte	EH 40	EH 55	EH 70	EH 100	GEG	EH 160
Primärenergiebedarf Qp		**63,9 kWh/m²**	☐ < 29,2	☐ < 40,1	☐ < 51,1	☑ < 72,9	☑ < 102,1	☑ < 116,7
U_m opake Bauteile	GEG:	0,31 W/m²K	☐ < 0,18	☐ < 0,22	☐ < 0,26	☑ < 0,34	☑ < 0,56	
	BEG:	**0,30 W/m²K**						
U_m transparente Bauteile		**1,4 W/m²K**	☐ < 1,0	☐ < 1,2	☑ < 1,4	☑ < 1,8	☑ < 2,7	
U_m Türen/Tore(BEG), Lichtkuppeln, etc.	GEG:	0,00 W/m²K	☐ < 1,6	☐ < 2,0	☐ < 2,4	☑ < 3,0	☑ < 4,3	
	BEG:	**2,9 W/m²K**						

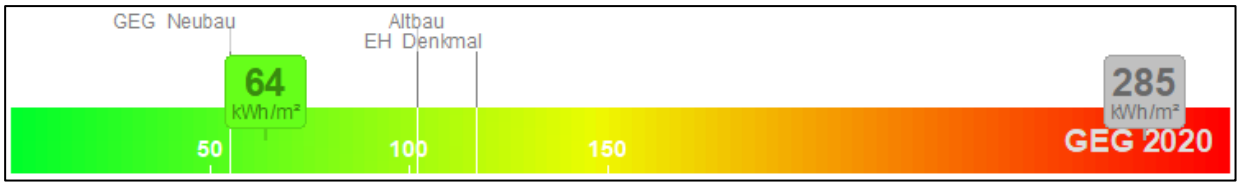


Abbildung 5: Bandtacho der Variante 8 mit Standard-Randbedingungen

Es wird empfohlen, das Förderprogramm für BEG-Einzelmaßnahmen zu wählen mit 15 % Direktzuschuss bzw. 35 % Zuschuss für die Heizungstechnik. Die Entscheidung ist jedoch abhängig von dem hauseigenen Zinssatz des Kreis Düren.

Durch Kombination der vorgestellten Maßnahmen werden in dieser Variante 74 % der Treibhausgasemissionen und 85 % der Endenergie eingespart. Ohne Förderungsmittel ist die Maßnahme aufgrund der hohen Ohnehin-Kosten wegen hohen Bauteilalters über eine mittlere Lebensdauer von 37 Jahren nach 18 Jahren wirtschaftlich, da sich über diesen Zeitraum die energieeffizienzbedingten Mehrkosten amortisieren.

Mit den vorgesehenen Maßnahmen wird ein Effizienzgebäude-Denkmal erreicht. In der Abbildung 5 ist dargestellt, dass die Anforderungen daran erfüllt sind – das Effizienzgebäude-Denkmal ist hier dem EH160 gleichzusetzen.

Folgende Fördervorteile sind möglich:

- Förderung aller Bauteile sowie Beleuchtung und Lüftung als BEG-Einzelmaßnahmen mit 15 % Zuschuss
- Förderung der L/W-WP inkl. Zubehör und Hydraulischem Abgleich als BEG-Einzelmaßnahmen mit 35 % Zuschuss
    - Förderzuschuss Wärmepumpe: 25 %
    - Heizungstauschbonus: 10 %.

Durch Inanspruchnahme der Fördermittel ist die Maßnahme empfehlenswert, da sich die energieeffizienzbedingten Mehrkosten der Sanierungsmaßnahmen nach 12 Jahren amortisieren.

2 Vorbemerkungen

2.1 Ausgangssituation

Die Energieberatung gemäß der Richtlinie „Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme“ (EBN) vom 13. November 2020 [1] ist ein wichtiges Instrument, um in Nichtwohngebäuden Maßnahmenvorschläge zur Energieeinsparung und Energieeffizienz zu erarbeiten.

Der Kreis Düren hat sich dazu entschieden eine geförderte Energieberatung durchführen zu lassen, um ein energetisches Sanierungskonzept für das Alte Rathaus Jülich am Marktplatz 1 in 52428 Jülich erstellen zu lassen.

2.2 Berechnungsgrundlagen

Als Grundlage für die Energieberatung dient eine energetische Bilanzierung des Gebäudes nach der DIN V 18599 [5] mit der Software „Energieberater“ der Firma Hottgenroth. Die Ermittlung der Energiebedarfe erfolgte mit den Standard-Klimabedingungen für Deutschland und Standard-Nutzerprofilen.
Die Flächenberechnungen und die Ermittlung der Bauteilqualitäten basieren auf den zur Verfügung gestellten Planunterlagen sowie auf den bei einem Vor-Ort-Termin erworbenen Kenntnissen. Bei fehlenden Angaben zu Bauteilqualitäten werden die Standardwerte aus der „Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand“ vom 8. Oktober 2020 entsprechend dem Baujahr des Bauteils angesetzt ggf. unter Berücksichtigung von eigenen sinnvollen Ergänzungen.

2.3 Energiepreise

Zur Berechnung der aus den Transmissions- und Anlagenverlusten resultierenden Energiekosten werden entsprechend der aktuellen Verbrauchskosten des Kreis Düren für das Alte Rathaus Jülich die in Tabelle 5 dargestellten Energiepreise angesetzt.

Im Rahmen weiterer Vergleiche mit einer alternativen Versorgung aus Biomasse (Holzpellets), wird ein marktüblicher Bezugspreis angenommen (Stand: Juni 2023).

Tabelle 5: Übersicht verwendeter Energieträger und Verbrauchskosten

Energieträger	**Verbrauchskosten [2]**
Strom	52,0 ct / kWh brutto
Erdgas H	14,41 ct / kWh brutto
Pellets	10,0 ct / kWh brutto

2.4 Betrachtungszeiträume und Lebensdauern

Als Betrachtungszeitraum der Wirtschaftlichkeitsberechnungen wird immer die (Rest-)Lebensdauer des jeweils betrachteten Bauteils oder der Anlagenkomponenten zu Grunde gelegt. Bei Maßnahmenpaketen wird eine mittlere Lebensdauer ermittelt. Als Grundlage für die angenommenen Lebensdauern der Bauteile dienen sowohl die Veröffentlichung "Nutzungsdauern von Bauteilen zur Lebenszyklusanalyse nach BNB" [8] als auch die Veröffentlichung „Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten“ [8]. Für Anlagenkomponenten wird bei der Nutzungsdauer (einschl. Aufwand) ergänzend Bezug genommen auf die Angaben der Richtlinie VDI 2067 Blatt 1 [9].

2.5 Zinssätze und Energiepreissteigerungen

Zur Betrachtung der Amortisationszeit der Maßnahmen wird eine dynamische Betrachtung durchgeführt. Es wird von einem gemittelten Zinssatz für Kapital von 3,0 % ausgegangen – damit wird die mögliche langfristige Veränderung am Kapitalmarkt für Maßnahmen ohne Förderung durch die KfW abgeschätzt. Für Maßnahmen mit Förderung zu einem Effizienzgebäude ergibt sich zum Zeitpunkt der Betrachtung im KfW-Programm für Kommunen ein Zinssatz für Kapital von 1,1 %. Die deutlichen Zinsvergünstigungen der KfW sollen einem Subventionswert

[2] Strom und Wärme/Erdgas, basierend auf Angaben des Auftraggebers. Durchschn. Bezugspreis Pellets mit rund 50 €/MWh bezogen auf den Heizwert und brutto nach C.A.R.M.E.N. e.V; Annahme: 20 Tonnen-Lieferung, Jahresmittelwert 2019

von bis zu 15 % entsprechen. Bei Erreichen der Voraussetzung zur Förderung wurde dieser reduzierte Effektivzinssatz in erster Annahme bei der Ermittlung der Wirtschaftlichkeit berücksichtigt.

Für die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit in diesem Bericht wird die mittlere Energiepreissteigerung von 1,5 % für Erdgas sowie von 0,1 % für Strom angenommen. Die zusätzlichen Einnahmen aus der 2021 eingeführten CO_2-Bepreisung in den Sektoren Gebäude und Verkehr werden über den Klima- und Transformationsfond anstelle der EEG-Umlage genutzt. Da die Veränderung des Strompreises von verschiedenen, volatilen Faktoren abhängig ist, gehen wir in der Wirtschaftlichkeitsbewertung in einer konservativen Abschätzung zunächst von einem gleichbleibenden Strompreis für die nächsten Jahre aus.

> ***Hinweis:*** *Die derzeitige, volatile Preisentwicklung aller Energieträger betrifft auch die Ansätze und Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Sowohl im Hinblick auf kurzfristige, aber noch verstärkt im Hinblick auf langfristige Maßnahmen, kommt es zu großen preislichen Unsicherheiten. Die neu eingeführte Gasumlage (geplant: Oktober 2022-April 2024) findet aufgrund ihrer Befristung keine Berücksichtigung in der Wirtschaftlichkeitsberechnung – ebenso wenig die Senkung der Umsatzsteuer für Gas auf 7% (Oktober 2022-März 2024).*

2.6 Emissionen

Die Gefahr des Klimawandels verstärkt zurzeit die öffentliche Diskussion um einen umweltverträglichen Energieeinsatz. Hauptverantwortlich für die drohende Klimaveränderung ist das Kohlendioxid. Aber auch andere Gase, wie z.B. unverbrannte Kohlenwasserstoffe, tragen dazu bei. Kohlendioxid (CO_2) ist mit etwa 50% am sogenannten Treibhauseffekt beteiligt. CO_2 vermindert die Wärmeabstrahlung der Erde in den Weltraum. Dieser Effekt ist in einem bestimmten Umfang erwünscht, wäre ohne ihn doch ein Leben auf der Erde unmöglich. Wird das Gleichgewicht, das sich in Jahrmillionen eingestellt hat, durch eine Erhöhung des CO_2-Gehalts der Atmosphäre gestört, kommt es zu einer Aufheizung der Erdatmosphäre mit unberechenbaren Folgen für alle Lebensbereiche.

Um die Reduktion der Treibhausgasemissionen möglichst effektiv voranzubringen, sollte insbesondere beim Neubau die Herstellung der Baustoffe mitberücksichtigt werden. Die dafür benötigte Energie wird graue Energie genannt und wird mit Hilfe einer Lebenszyklusanalyse ermittelt. Analog dazu werden ebenfalls die entstehenden THG-Emissionen für die Herstellung der Baumaterialen ermittelt. Durch bessere Energiestandards reduzieren sich Energieverbrauch

und THG-Emissionen in der Gebäudebewirtschaftung, sodass die Betrachtung grauer Energien an Relevanz gewinnt. (Abbildung 6: Qualitative Entwicklung des Primärenergiebedarfs, FIW München 2017) Aus diesem Grund wird aktuell über die Aufnahme grauer Energien und Emissionen in das Gebäudeenergiegesetz diskutiert. [10].

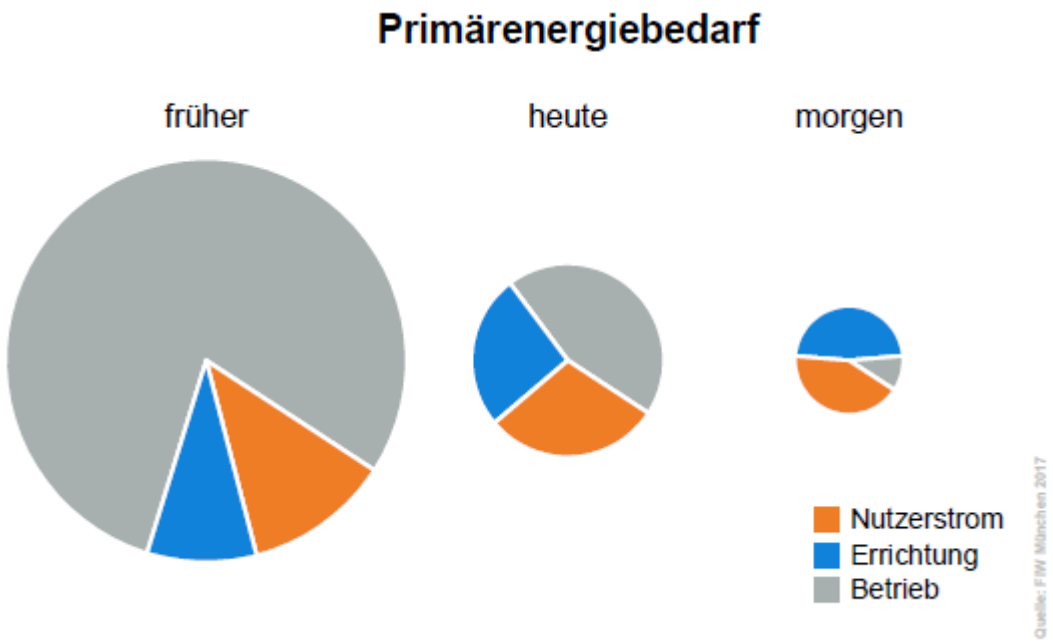


Abbildung 6: Qualitative Entwicklung des Primärenergiebedarfs, FIW München 2017

Die Menge des bei der Verbrennung entstehenden Kohlendioxids hängt von der Kohlenstoffmenge des Brennstoffes pro Energieinhalt ab. Ein Vergleich heute üblicher Energieträger und deren Emissionsfaktoren (CO_2-Äquivalent) ist der folgenden Tabelle 6 zu entnehmen. Die Umweltbelastung durch Kohlendioxid kann durch Energieeinsparung, die Verwendung kohlenstoffärmerer Energieträger und die Verwendung regenerativer Energieträger wie Sonne, Wind, Wasser, Biomasse, etc. reduziert werden.

Tabelle 6: Brennstoffbezogene Emissionsfaktoren[3]

CO_2-Emmissionsfaktoren	
Energieträger	g CO_2-Äquivalent/kWh_{End}
Strom	560
Erdgas	240
Holz-Pellets	20

[3] gem. Anlage 9 GEG

2.7 Berücksichtigung von Klimafolgekosten

Zusätzlich zu der rein monetären Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Maßnahmen zur energetischen Sanierung auf Grundlage der Energiekosteneinsparung, sollten bei der Sanierung des Gebäudes auch der Aspekt des Klimaschutzes sowie die dahingehend langfristigen politischen Ziele und die Vorbildfunktion von öffentlichen Gebäuden berücksichtigt werden.

Etwaige Klimafolgekosten werden bisher bei einer herkömmlichen Amortisationsbetrachtung auf Grundlage der Energiebezugspreise nicht berücksichtigt. Deutschland hat 2021 eine Bepreisung von Treibhausgasemissionen für die Sektoren Verkehr und Wärme eingeführt. Das nationale Emissionshandelssystem (nEHS) umfasst die bisherigen Nicht-ETS-Sektoren, Wärme und Verkehr. Im Bereich Wärme werden die Emissionen der Wärmeerzeugung des Gebäudesektors und der Energie- und Industrieanlagen außerhalb des EU-Emissionshandelssystems miteinbezogen.

Bis zum Jahr 2026 werden Zertifikate zu einem Festpreis an Unternehmen, die die Heiz- und Kraftstoffe in Verkehr bringen, verkauft. Die höheren Preise werden anschließend entlang der Produktionskette weitergegeben. Ab 2026 wird eine maximale Emissionsmenge festgelegt, die von Jahr zu Jahr geringer wird. Es findet eine Auktion auf einer Handelsplattform statt. Zertifikate werden zu einem Mindestpreis von 35 Euro pro Tonne CO_2 und einem Höchstpreis von 60 Euro pro Tonne CO_2 verkauft. Inwieweit ein Mindest- und Höchstpreis ab dem Jahr 2027 erforderlich ist, wird im Jahr 2025 entschieden.

Der wissenschaftliche Mittelwert der Emissionskosten liegt derzeit bei ca. 195 € je Tonne CO_2.[4] Dieser unterliegt jedoch je nach Ort und Zeitpunkt starken Abweichungen. Um für politische Akzeptanz zu sorgen, bietet sich eine stufenweise Erhöhung der Bepreisung von CO_2 wie in anderen Ländern an.

In der Amortisationsbetrachtung wird daher ein Modell zur Prognose der erwarteten Mehrkosten durch die CO_2-Bepreisung angewendet. Für jede Variante wird die passende Wachstumsrate bis zum Jahr 2038 angesetzt. Bis dahin sollte der wissenschaftliche Mittelwert der Emissionskosten erreicht sein (s. Tabelle 7).

[4] UBA-Empfehlung zu den Klimakosten: Umweltbundesamt 2020, Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten – Kostensätze (195 €/t CO2)

Tabelle 7: Klimafolgekosten

Jahr	Abgabesatz (€/t CO_2)
2021	25
2022	30
2023	30*
2024	35
2025	45
2026	55
2027	55-65
2028	?
2038	195

*Hinweis: Die bisher zum 1. Januar 2023 geplante Erhöhung des CO2-Preises um fünf Euro pro Tonne wird um ein Jahr auf den 1. Januar 2024 verschoben. Damit verschieben sich auch die bisher vorgesehenen Folgeschritte 2024 und 2025 entsprechend um ein Jahr.

Die einzelnen Energieträger werden nach ihrer CO_2-Intensität unterschieden, um die differenzierte emissionsspezifische Wirkung zu erfassen. Dafür werden die jeweiligen CO_2-Äquivalente der zu untersuchenden Energieträger als Maßstab genommen (siehe Tabelle 6).

Mieterinnen und Mieter tragen die CO_2-Abgabe für das Heizen nicht mehr allein. Künftig werden die Kostenanteile entsprechend dem Kohlendioxidausstoß des Gebäudes pro Quadratmeter Wohnfläche berechnet - sie orientieren sich damit an der energetischen Qualität des Gebäudes. Je schlechter diese ist, desto höher ist der Anteil der Vermieterseite. In der untersten Stufe bei besonders emissionsreichen Gebäuden tragen Vermieter bis zu 95 Prozent der CO_2-Abgabe. Das Gesetz sieht Ausnahmen für besondere Fallgestaltungen vor, zum Beispiel wenn Denkmalschutzvorgaben eine bessere Dämmung der Wohnungen verhindern.

Bei **Nichtwohngebäuden** gilt zunächst eine hälftige Teilung der Kohlendioxidkosten.

3 Allgemeine Informationen zur energetischen Sanierung

3.1 Kontext der Energieberatung

Das Förderprogramm zur „Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme“ (EBN) soll zur Steigerung der Energieeffizienz im Bereich der Nichtwohngebäude beitragen. Durch das Aufzeigen von Einsparpotenziale kann ein wesentlicher Beitrag zur Energieeffizienz und zum Klimaschutz in den Kommunen geleistet werden. Damit geht eine Steigerung der Energieeffizienz und Senkung des Energieverbrauchs einher. Die aktuelle Förderrichtlinie vom 13. November 2020 ist zum 01. Januar 2021 in Kraft getreten. Im Rahmen der Beratung sollen wirtschaftlich sinnvolle Energieeffizienzpotenziale in Nichtwohngebäuden aufgezeigt werden. Die individuellen Schwerpunkte werden dabei zwischen dem Auftraggeber und dem Berater festgelegt.

Das vorliegende Sanierungskonzept für das Alte Rathaus Jülich soll Maßnahmen zur Bauteilsanierung sowie Alternativen zur Beheizung des Gebäudes untersuchen. Weitere Maßnahmen sollen insbesondere den THG-Ausstoß reduzieren und idealerweise die Energiekosten senken.

3.2 Definition „Energieberatung“

Im Rahmen der Energieberatung soll durch ein energetisches Sanierungskonzept ein sinnvoller Weg aufgezeigt werden, wie für das zu beurteilende Nichtwohngebäude die Energieeffizienz sinnvoll gesteigert werden kann. Dies kann auf den zwei folgenden Wegen erfolgen:

1. Ausarbeitung und Darstellung von objektbezogenen Maßnahmen zum Erlangen eines energetischen Niveaus, das einem förderfähigen Effizienzgebäude entspricht
2. Erstellung eines energetischen Sanierungsfahrplans

Das erweiterte Ziel des energetischen Sanierungskonzepts ist die Bewertung der Effizienzmaßnahmen als Investitionen im Gegensatz zu Instandhaltungsmaßnahmen.

4 Vorstellung Beratungsobjekt:

4.1 Allgemeine Angaben zum Beratungsobjekt

Das Beratungsobjekt das Alte Rathaus Jülich befindet sich in der Stadt Jülich in Nordrhein-Westfalen. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Standort des Gebäudes.

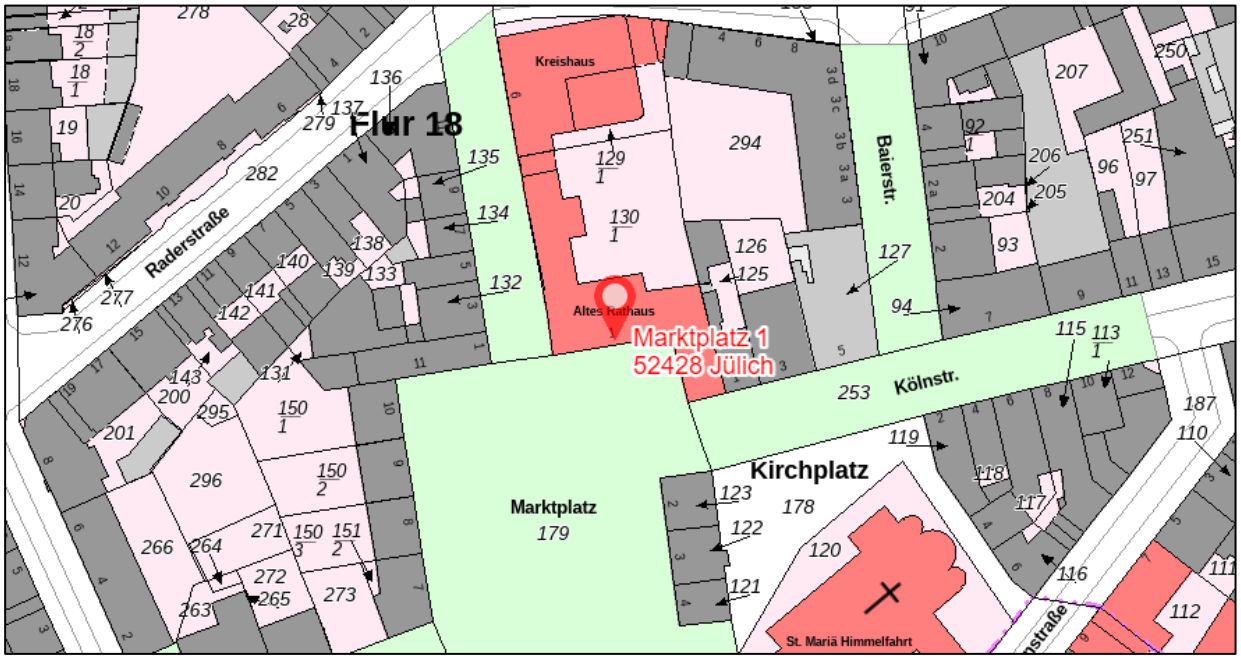


Abbildung 7: Lageplan, Quelle: www.tim-online.nrw.de (GeoBasis-DE / BKG 2020, Geobasis NRW)



Abbildung 8: Luftbild, Quelle: www.tim-online.nrw.de (GeoBasis-DE / BKG 2020, Geobasis NRW)

Tabelle 8: Allgemeine Rahmendaten über das Beratungsobjekt

Gebäude:	Altes Rathaus
Standort/ Anschrift:	Marktplatz 1 52428 Jülich
Art der Nutzung	Verwaltung
Baujahr:	1952
beheizte Fläche des Gebäudes (NGF)	3463 m²
beheiztes Volumen V_e	12671 m³

4.2 Gebäudebeschreibung

Bei dem Gebäude handelt es sich um das ehemalige Rathaus der Stadt Jülich, das 1952 im barocken Stil nach Vorbild des 1944 zerstörten Gebäudes errichtet wurde. Der Rat zog 1972 in das „Neue Rathaus“ um. Das Gebäude des Alten Rathauses dient weiterhin Verwaltungszwecken, zwischenzeitlich genutzt durch die Kreisverwaltung Düren. 2019 wurde nördlich des Gebäudes das Kreishaus der Kreisverwaltung Düren als Anbau angeschlossen. Der Anbau ist jedoch kein Bestandteil dieser Untersuchung.

Für das Gebäude „Altes Rathaus“ besteht Denkmalschutz. Daher sind alle vorgeschlagenen Maßnahmen im Falle einer geplanten Ausführung frühzeitig mit der Denkmalschutzbehörde abzustimmen.

Das Gebäude besteht aus einem Hauptgebäude mit südlich, zum Marktplatz ausgerichtetem Eingang und zwei angrenzenden Gebäudeflügeln. Das Hauptgebäude hat im 1. Obergeschoss einen großen Saal. Durch die hohen Decken des Saals hat das Hauptgebäude eine höhere lichte Höhe, sodass dieser Teil des Alten Rathaus Jülich insgesamt um etwa einen Meter höher liegt. Alle Gebäudeteile sind dreigeschossig und vollunterkellert mit unbeheizten Kellerräumen. Der Dachraum ist unbeheizt und wird für Abstellzwecke genutzt. Ein Teil des Dachgeschosses wurde in der Vergangenheit ausgebaut, wird jedoch nicht mehr genutzt und auch eine zukünftige Nutzung ist nicht vorgesehen, sodass das gesamte Dachgeschoss als unbeheizter Dachraum betrachtet wird. Heizflächen, die dort fest eingebaut sind, müssen bei einer energetischen Sanierung der oberen Geschossdecke dauerhaft stillgelegt bzw. ausgebaut werden. Im 1. Obergeschoss des Hauptgebäudes befindet sich ein Sitzungssaal. Die übrigen Räume werden für Büroraum und Nebenräume genutzt. Nördlich am Übergang zum angebauten Kreishaus

befindet sich eine Durchfahrt zu einem Innenhof, von dem aus das Alte Rathaus Jülich über den Hintereingang an der nordöstlichen Fassade zugänglich ist.

Das gesamte Gebäude wurde in Massivbauweise errichtet und ist mit einem rötlich durchfärbten Putz verputzt. Die Farbe der Fassade ist ebenfalls denkmalgeschützt und ist bei einer Sanierung wieder herzustellen. Das Dach ist mit Schiefer gedeckt. Die denkmalgeschützten Sprossenfenster wurden zur Seite des Marktplatzes und zur Düsseldorfer Straße durch eine innen vorgesetzte Scheibe zu Verbundfenstern ausgebaut. Ansonsten wurden über die Jahre hinweg lediglich wenige Fenster vollständig ausgetauscht, welche reparaturbedürftig waren. Abgesehen davon entspricht der energetische Standard der vorhandenen Bauteile dem Jahr ihrer Errichtung. Somit ergeben sich einige Potenziale an der thermischen Gebäudehülle.

Die Wärmeversorgung erfolgt zum Großteil über einen Brennwertkessel. Für die Spitzenlast steht ein Niedertemperaturkessel zur Verfügung. Die Wärmeübergabe in den beheizten Räumen erfolgt über freie Heizflächen (=Heizkörper). Der Niedertemperaturkessel wird zudem zur Spitzenlastdeckung der Wärmepumpe des in der Bilanzierung nicht berücksichtigten Anbaus aus dem Jahr 2019 berücksichtigt. Warmwasser ist lediglich über eine Zapfstelle in der Teeküche verfügbar und wird über dezentrale Durchlauferhitzer bereitgestellt. Die Beleuchtung erfolgt zu etwa 95 % über Glühbirnen und zu etwa 5 % über Halogenbeleuchtung.

4.3 Zonierung des Gebäudes

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen geschossweise eine Übersicht, mit Zuordnung der beheizten bzw. gekühlten Räume zur gewählten Zonierung nach DIN V 18599 Teil 10 als Grundlage der energetischen Bilanzierung nach DIN V 18599 [5].

Nr.	Bezeichnung
1	Einzelbüro
19	Verkehrsflächen oder unbeheizte Flächen
20	Lager, Technik, Archiv
16	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden
17	Sonstige Aufenthaltsräume

Abbildung 9: Übersicht Farbskala mit Zuordnung der Zonen gemäß DIN V 18599 Teil 10

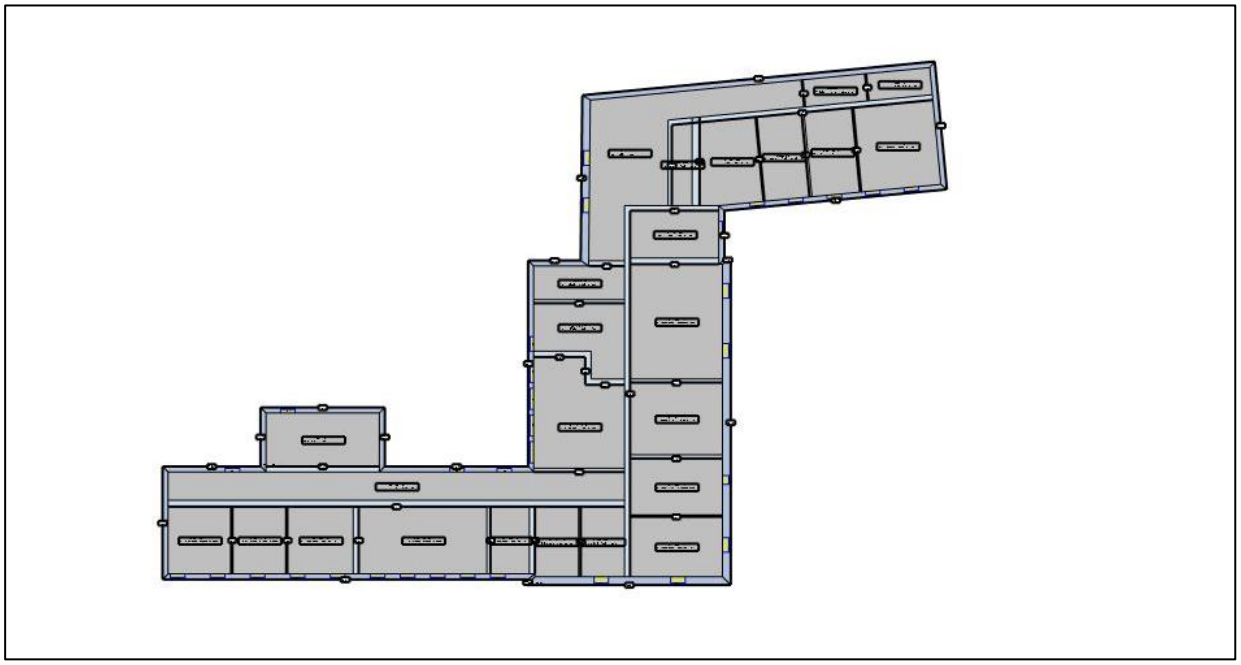


Abbildung 10: Zonierung Untergeschoss

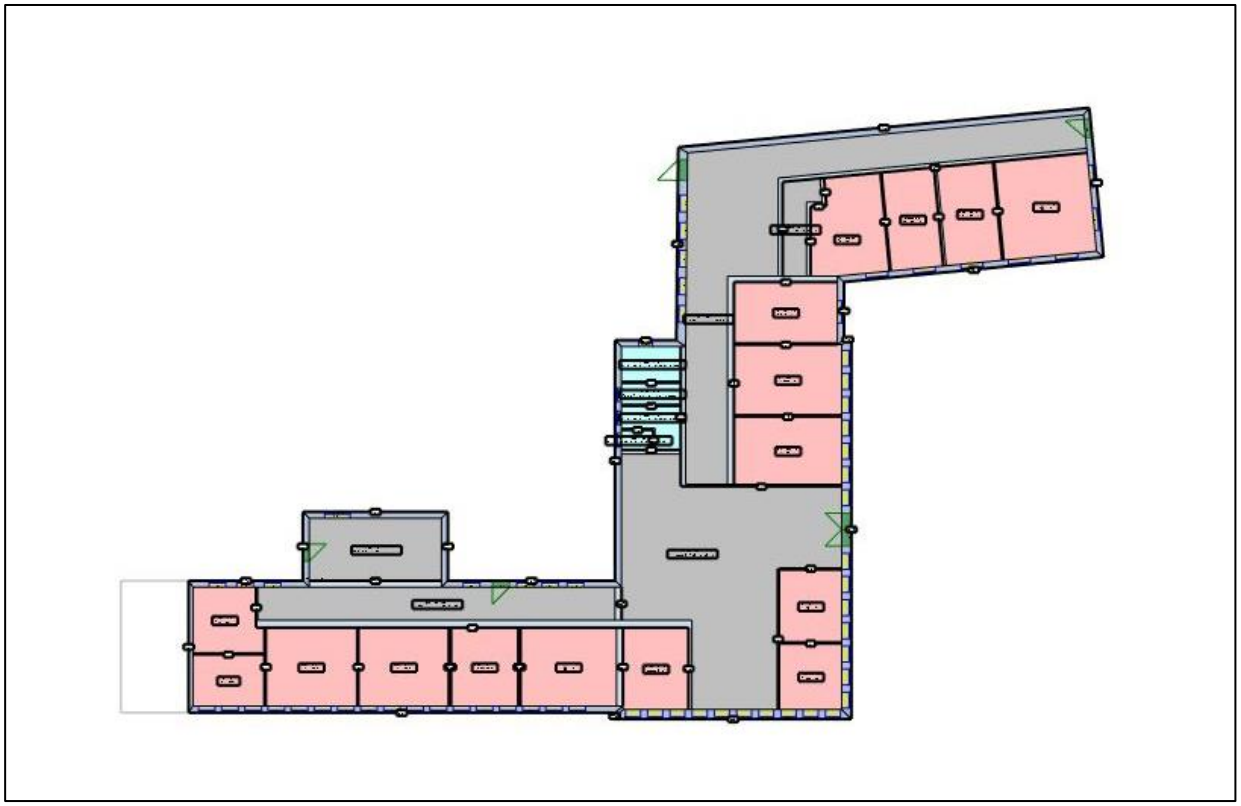


Abbildung 11: Zonierung Erdgeschoss



Abbildung 12: Zonierung Obergeschoss 1

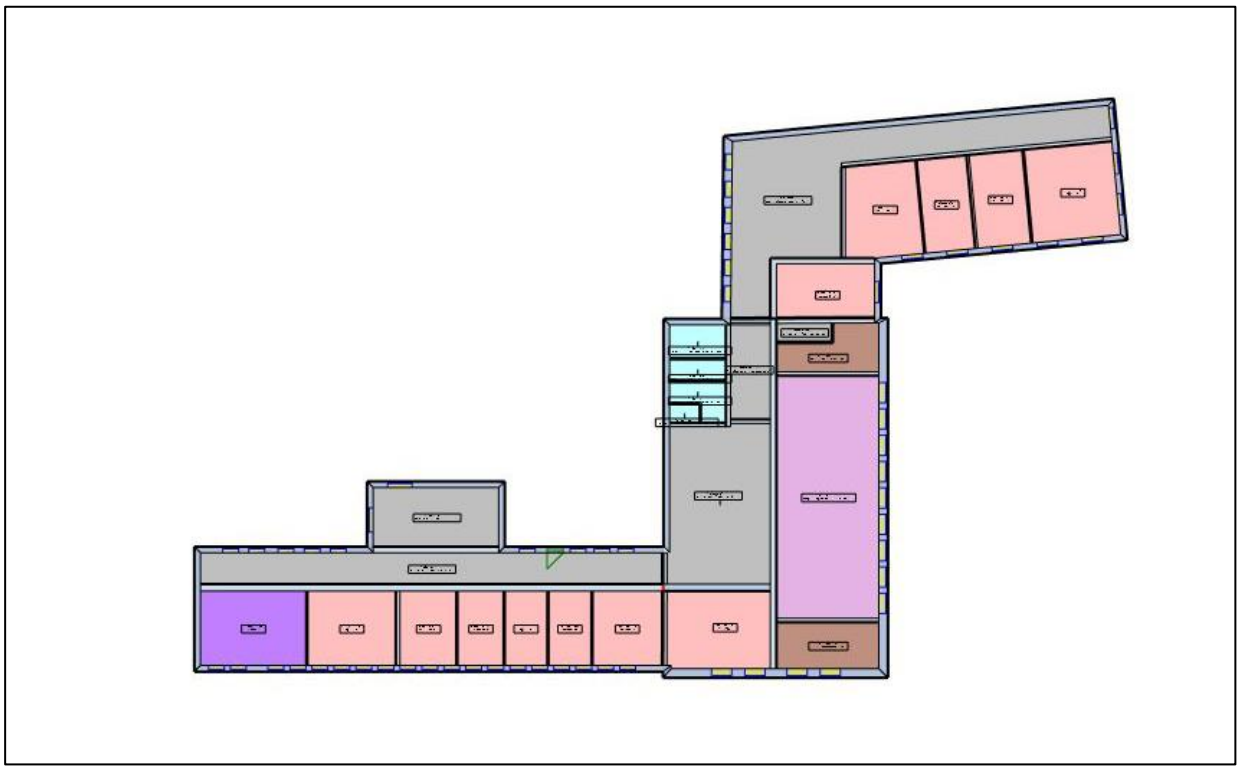


Abbildung 13: Zonierung Obergeschoss 2

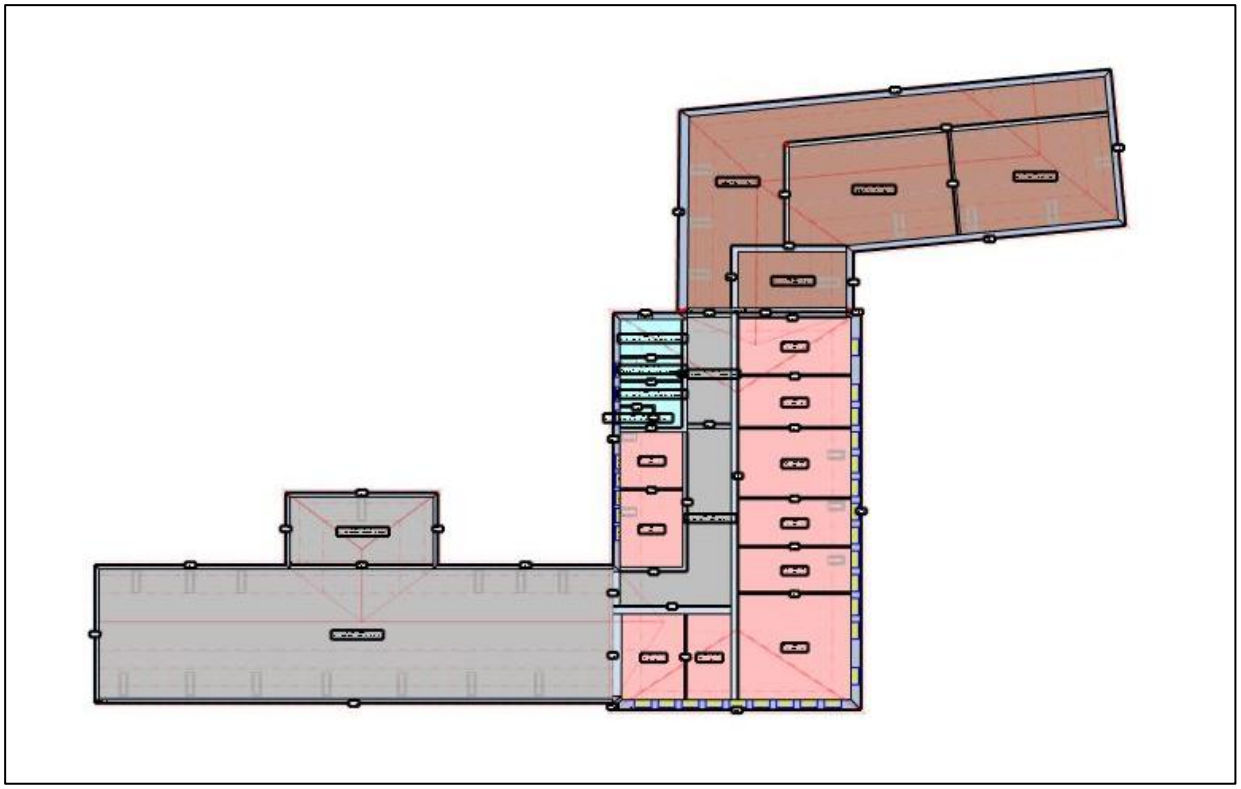


Abbildung 14: Zonierung Dachgeschoss 1

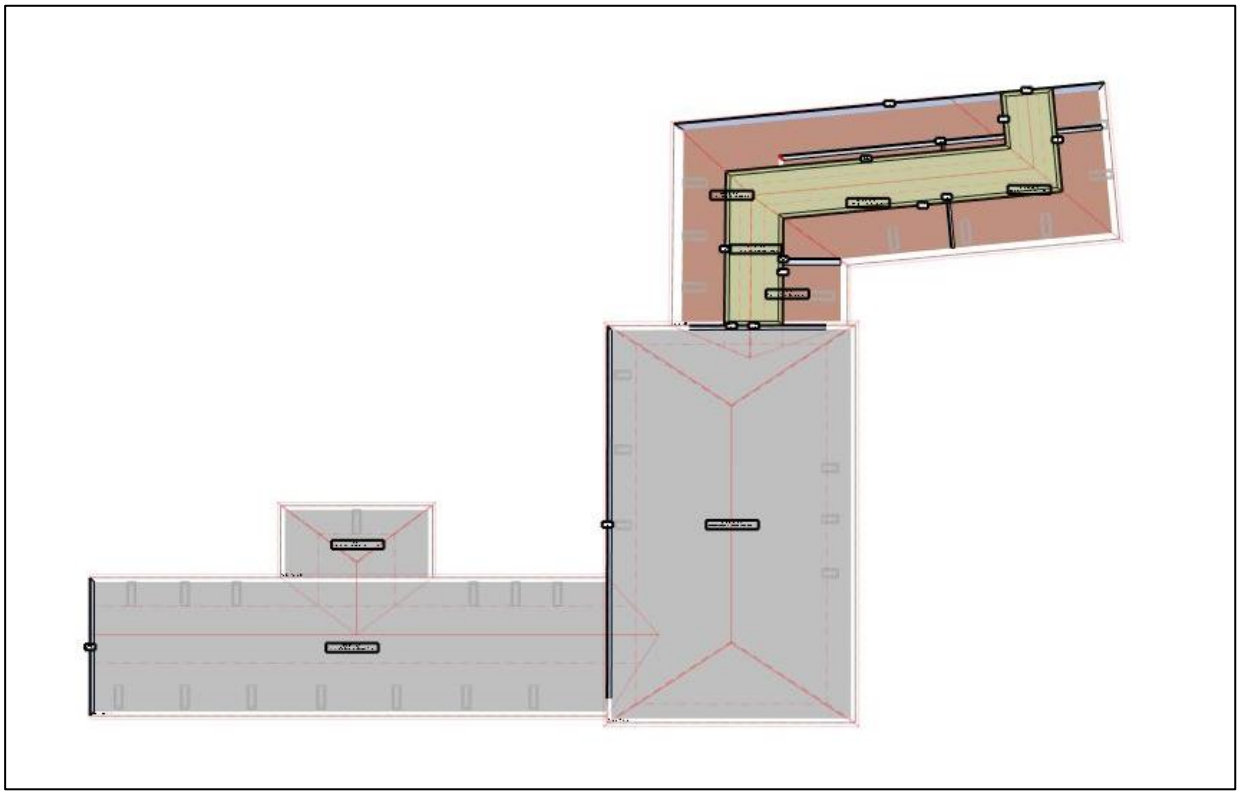


Abbildung 15: Zonierung Dachgeschoss 2 (unbeheizt in allen Gebäudeteilen)

4.4 3-D Ansichten des digitalen Gebäudemodells

Nachfolgend sind die dreidimensionalen Ansichten des digitalen Gebäudemodells aufgeführt. Dieses wurde mit dem Programm Energieberater 3D Plus der Firma ETU Software (Hottgenroth) erstellt und diente als Grundlage für die Energiebilanzierung.

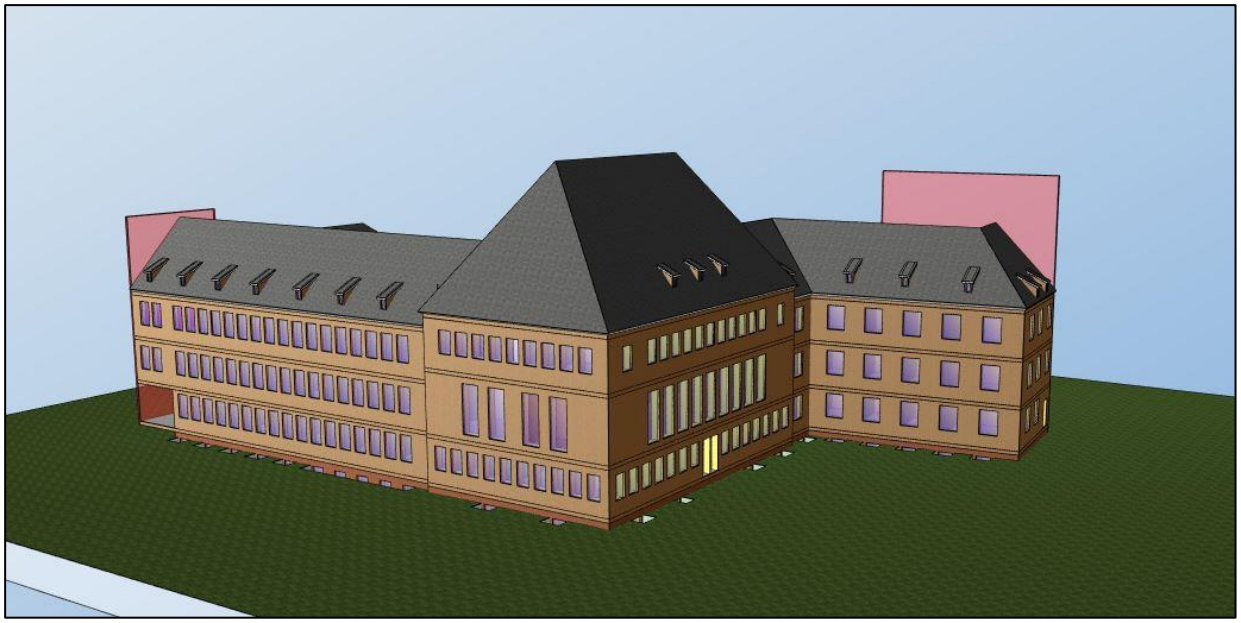


Abbildung 16: Ansicht Südwest

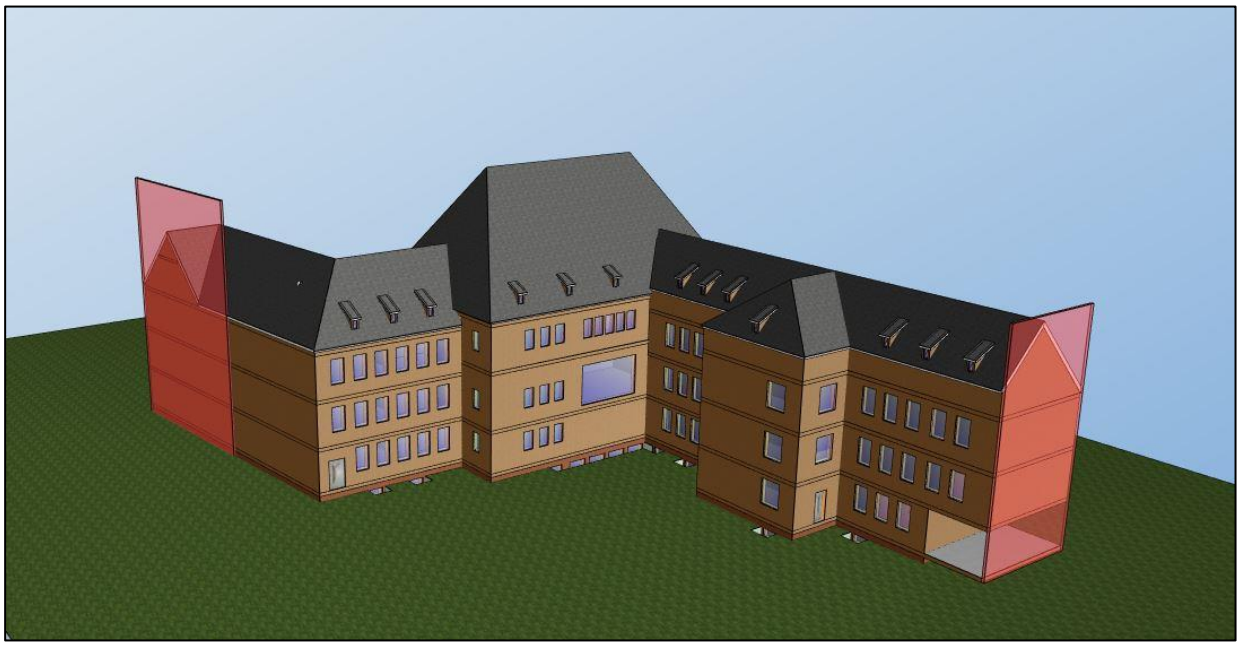


Abbildung 17: Ansicht Nordost



Abbildung 18: Ansicht Süd



Abbildung 19: Ansicht Nord

4.5 Ansichten des Bestandsgebäudes

Nachfolgend werden Fotos der Ansichten des Bestandsgebäudes dargestellt, die während des Vor-Ort Termins erstellt wurden.



Abbildung 20: Südansicht Haupteingang



Abbildung 21: Ansicht Süd-West Hauptgebäude und Gebäudeteil Süd-Ost // Natursteinfassade im EG des Gebäudeteils Süd-Ost




Abbildung 22: Ansicht West Hauptgebäude (Düsseldorfer Straße) // Ansicht West Hauptgebäude und Gebäudeteil Nord




Abbildung 23: Ansicht West Gebäudeteil Nord/ Übergang zum Anbau 2019 // Farbe Bestandsputz




Abbildung 24: Ansicht Ost (vom Innenhof) Gebäudeteil Nord/ Übergang zum Anbau 2019 // Ansicht Nord-Ost mit Hintereingang




Abbildung 25: Ansicht Ost (vom Innenhof), Fahrstuhlschacht und Treppenhaus // Ansicht Nord (vom Innenhof)





Abbildung 26: Hintereingang Ostfassade // Zinkfensterbänke // Natursteinfensterbänke (Marktplatz)

5 Beschreibung der Gebäudehülle – Bestand

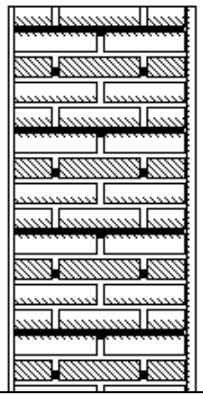
Auf der Grundlage der zur Verfügung gestellten Unterlagen und der bei einer Ortsbegehung am 28.03.2023 gewonnenen Erkenntnisse wurden die verschiedenen Konstruktionen mit den jeweiligen Flächen erfasst.

Insbesondere die vorangegangene, dokumentierte Untersuchung der Außenbauteile der BFT Cognos GmbH vom 26.09.2019 (s. Anhang 11.5 Unterlagen zur Datenaufnahme der Bauteile) wurde zur Erfassung der Daten verwendet und mit den vor Ort gewonnenen Erkenntnisse abgeglichen.

5.1 Außenwände/ Innenwände zu unbeheizten Räumen

Die Außenwände des Gebäudes bestehen aus massivem Mauerwerk unterschiedlicher Stärke, was entsprechend bei den Berechnungen der U-Werte der Außenwände berücksichtigt wird. Anders als aus dem bauordnungsrechtlichen Antrag mit „Backsteinbau“ angegeben wurde mithilfe von Beprobungen der BFT Cognos GmbH ein Ziegelstein verifiziert. Die Außenwände des Hauptgebäudes sowie die erdberührenden Außenwände des Kellergeschosses sind etwas stärker als die Außenwände der anderen Gebäudeteile. Teilweise grenzen durchlaufenden Innenwände durch den Deckenversatz an unbeheizten Raum.

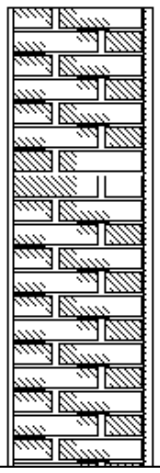
Im Erdgeschoss ist an allen Fassaden ein Natursteinsockel. Zudem ist das gesamte Erdgeschoss des südlichen Gebäudeteils mit Naturstein verkleidet. Dadurch unterscheidet sich der Aufbau der Fassade von den restlichen Außenwänden, die mit rötlich durchfärbtem Putz bekleidet ist, energetisch hat dies jedoch keinen zu berücksichtigenden Einfluss. Sowohl die Farbe der Fassade als auch die Struktur (Gesims, Natursteinsockel, etc.) stehen unter Denkmalschutz.



U-Wert = 1,217

Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	Schichtdicke s(cm)	Wärmeleitzahl λ (W/mk)
1 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	1,50	0,700
2 Vollziegel, Hochlochziegel, Füllziegel (1800 kg/m³)	49,00	0,810
3 Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	2,50	1,000
Gesamtdicke:	53,00	

Abbildung 27: Aufbau der Außenwände des Hauptgebäudes



U-Wert = 1,499

Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	Schichtdicke s(cm)	Wärmeleitzahl λ (W/mk)
1 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	1,50	0,700
2 Vollziegel, Hochlochziegel, Füllziegel (1800 kg/m³)	36,50	0,810
3 Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	2,50	1,000
Gesamtdicke:	40,50	

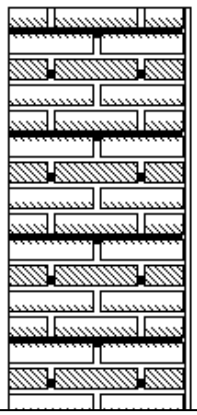
Abbildung 28: Aufbau der Außenwände der Gebäudeteile Nord und Süd



U-Wert = 1,669

Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	Schichtdicke s(cm)	Wärmeleitzahl λ (W/mk)
1 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	1,50	0,700
2 Vollziegel, Hochlochziegel, Füllziegel (1800 kg/m³)	24,00	0,810
3 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	1,50	0,700
Gesamtdicke:	27,00	

Abbildung 29: Aufbau der Innenwände zu unbeheizten Räumen



U-Wert = 1,333

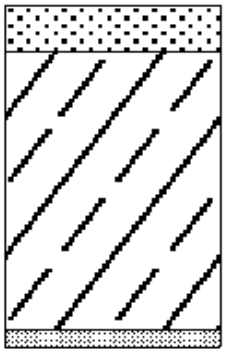
Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	Schichtdicke s(cm)	Wärmeleitzahl λ (W/mk)
1 Vollziegel, Hochlochziegel, Füllziegel (1800 kg/m³)	49,00	0,810
2 Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	1,50	1,000
Gesamtdicke:	50,50	

Abbildung 30: Aufbau der erdberührenden Außenwände

5.2 Dächer und obere Geschossdecken

Bei der Dachkonstruktion handelt es sich um eine ungedämmte Holzkonstruktion mit denkmalgeschützter Schiefereindeckung in barockem Stil. Da die ausgebauten Aufenthaltsräume seit langer Zeit unbenutzt sind und auch in Zukunft nicht mehr genutzt werden sollen, wird der gesamte Dachraum für die Bilanzierung als unbeheizt angesetzt. Eine denkmalgerechte energetische Ertüchtigung der Dachfläche würde einen sehr hohen Aufwand und sehr hohe Kosten mit sich führen. Somit wird die Dachkonstruktion nach Rücksprache mit dem Auftraggeber nicht für einen Sanierungsfall betrachtet. Für den Fall einer Ausführung zu einem Effizienzgebäude sind Heizflächen, die dort fest eingebaut sind, dauerhaft stillzulegen bzw. auszubauen.

Die oberste Geschossdecke ist aus massivem Stahlbeton. Sie stellt im gesamten Gebäude die obere Grenze der Thermischen Gebäudehülle zum unbeheizten Dachraum dar. Bedingt durch die abzutragenden Lasten aus dem Dachstuhl ist die Deckenplatte stärker als die Deckenplatten der anderen Geschosse.

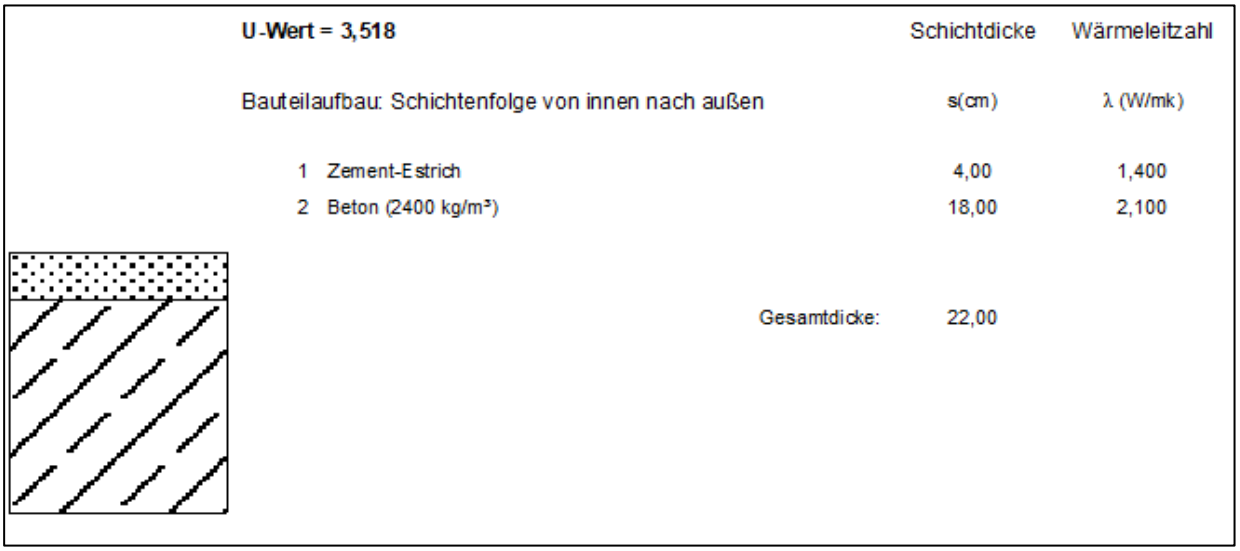


U-Wert = 2,745	Schichtdicke	Wärmeleitzahl
Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	s(cm)	λ (W/mk)
1 Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	1,50	0,700
2 Beton (2400 kg/m³)	24,00	2,100
3 Zement-Estrich	4,00	1,400
Gesamtdicke:	29,50	

Abbildung 31: Aufbau der obersten Geschossdecke zum unbeheizten Dachraum

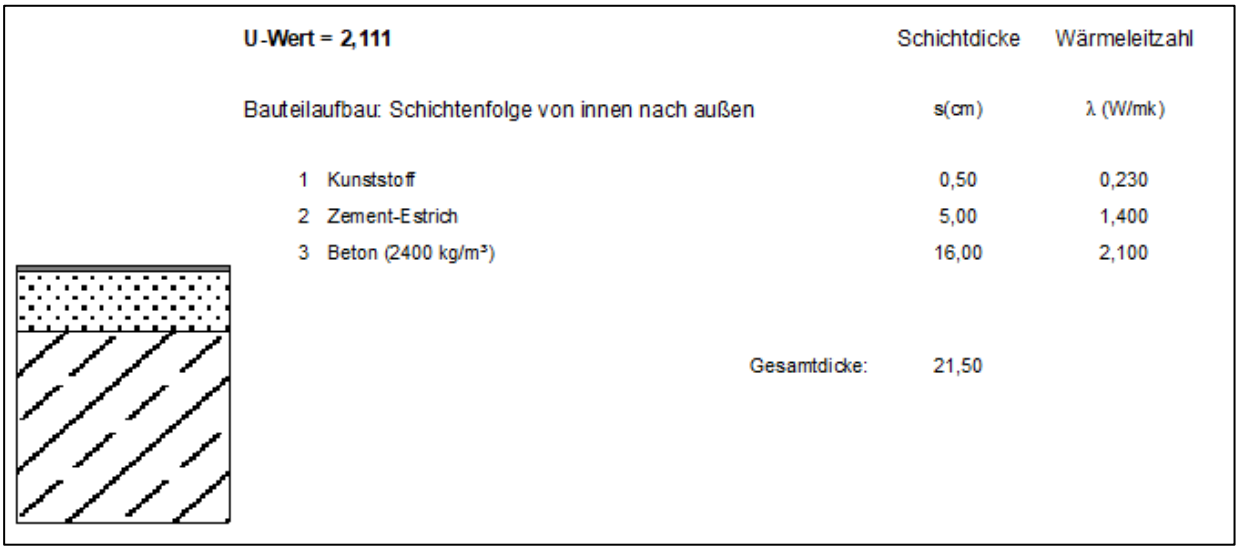
5.3 Bodenplatte auf Erdreich / Kellerdecken

Für den unteren Gebäudeabschluss der unterschiedlichen Gebäudeteile wurde entsprechend der zur Verfügung gestellten Unterlagen eine Stahlbetonplatte mit Estrichbelag angenommen. Für die Decken zwischen den Geschossen wurde gemäß der Planunterlagen zudem ein Kunststoffbelag angesetzt.



U-Wert = 3,518	Schichtdicke	Wärmeleitzahl
Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	s(cm)	λ (W/mk)
1 Zement-Estrich	4,00	1,400
2 Beton (2400 kg/m³)	18,00	2,100
Gesamtdicke:	22,00	

Abbildung 32: Aufbau der Bodenplatte auf Erdreich



U-Wert = 2,111	Schichtdicke	Wärmeleitzahl
Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	s(cm)	λ (W/mk)
1 Kunststoff	0,50	0,230
2 Zement-Estrich	5,00	1,400
3 Beton (2400 kg/m³)	16,00	2,100
Gesamtdicke:	21,50	

Abbildung 33: Aufbau der Kellerdecke

5.4 Türen

Der Haupteingang des Gebäudes ist eine zum Großteil verglaste Metallrahmentür. Die hintere Eingangstür zum Innenhof ist aus Vollholz. Beide Türen werden für eine denkmalgerechte Sanierung nicht betrachtet. Die für die Bilanzierung angesetzten U-Werte liegen bei 2,9 W/(m²K).

Als Übergang zum 2019 errichteten Anbau gibt es 2 verglaste Türen. Da diese jedoch als Übergang zu beheiztem Raum gelten, finden sie keine Berücksichtigung in der Bilanzierung.

5.5 Fenster

Die Fenster zum Innenhof sind einfachverglaste Holzrahmenfenster mit Sprossen aus dem Baujahr des Gebäudes. Durch die Sprossenteilung verleihen sie der Fassade den barocken Stil, der bei einer Sanierung ebenso ausfallen soll.

Die Fenster zum Marktplatz sowie zur Düsseldorfer-Straße wurden durch eine innenliegende Verbundscheibe nachträglich energetisch ertüchtigt.

Beide Fenstertypen wurden über die vorliegenden Unterlagen verifiziert.

Tabelle 9: Übersicht der transparenten Bauteile im IST-Zustand

Konstruktion	U-Wert W/(m²K)	Einbauort	Quelle
Holzrahmenfenster einfachverglast, 1952	5,0 g = 0,8	Außenwände zum Innenhof	Untersuchung der Außenbauteile der BFT Cognos GmbH vom 26.09.2019; Annahme aus im Ortstermin gewonnenen Erkenntnissen
Holzrahmen-Verbundfenster, 1952	2,7 g = 0,8	Außenwände zum Marktplatz sowie zur Düsseldorfer-Straße	Untersuchung der Außenbauteile der BFT Cognos GmbH vom 26.09.2019; Annahme aus im Ortstermin gewonnenen Erkenntnissen

Zwei Fenster im zweiten Obergeschoss zum Innenhof sind zweifachverglast. Sie wurden offenbar aufgrund von Beschädigungen bereits ausgetauscht. Sie fallen jedoch flächenmäßig nicht ins Gewicht und werden energetisch wie die weiteren Fenster betrachtet.

5.6 Einordnung der thermischen Qualität der Gebäudehülle

Um die ermittelten U-Werte der einzelnen Bauteile besser einschätzen zu können, ist es hilfreich, sie im Verhältnis zu aktuellen Anforderungen und zum derzeitigen Stand der Technik zu betrachten. Die folgende Tabelle ermöglicht einen Vergleich der berechneten U-Werte mit den heutigen Mindestanforderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) [7] (Erneuerung von Bauteilen) sowie der Bundesförderung für effiziente Gebäude[5] (BEG-Einzelmaßnahmen):

Tabelle 10: Übersicht U-Werte der opaken Bauteile im IST-Zustand mit Vergleich zu Anforderungen nach GEG und BEG-EM

Konstruktion	**IST**	**GEG[6]**	**Förderung[6]**
opake Bauteile	**W/(m²K)**	**W/(m²K)**	**W/(m²K)**
Außenwände des Hauptgebäudes	**1,22**	0,24	0,20
Außenwände der Gebäudeteile Nord und Süd	**1,50**	0,24	0,20
Kelleraußenwände, erdberührend	**1,33**	0,30	0,25
Innenwände zu unbeheizten Räumen	**1,67**	0,35	0,25
oberste Geschossdecke zum unbeheizten Dachraum	**2,75**	0,24	0,14
Bodenplatte auf Erdreich	**3,52**	0,35	0,25
Kellerdecke	**2,11**	0,35	0,25

*Beim Bauteil „Außenwand“ gelten die Werte nach GEG für eine Außendämmung – an eine Innendämmung werden keine Anforderungen gestellt.

Tabelle 11: Übersicht U-Werte der transparenten Bauteile sowie Außentüren im IST-Zustand mit Vergleich zu Anforderungen nach GEG und BEG-EM

Konstruktion **transparente Bauteile, Türen**	**IST** **W/(m²K)**	**GEG** **W/(m²K)**	**Förderung** **W/(m²K)**
Holzrahmenfenster einfachverglast, 1952	**5,0**	1,3	0,95
Holzrahmen-Verbundfenster, 1952	**2,7**	1,3	0,95
Außentüren	**2,9**	1,8	1,3

[5] Technische Mindestanforderungen der BEG EM, Stand 01/2021

[6] nach GEG, Anlage 7 – Werte für normal beheizte Zonen ≥ 19°C

6 Technische Gebäudeausrüstung

Anhand der folgenden Kapitel wird der Ist-Zustand der technischen Gebäudeausrüstung beschrieben und bewertet.

6.1 Heizung

Die Wärmeversorgung erfolgt über einen Brennwertkessel, der mit Erdgas befeuert wird. Für Spitzenlasten, bzw. bei Ausfall des ersten Kessels zur Versorgung des Alten Rathaus Jülich steht ein Niedertemperaturkessel zur Verfügung. Beide Kessel sind aus dem Jahr 2000.

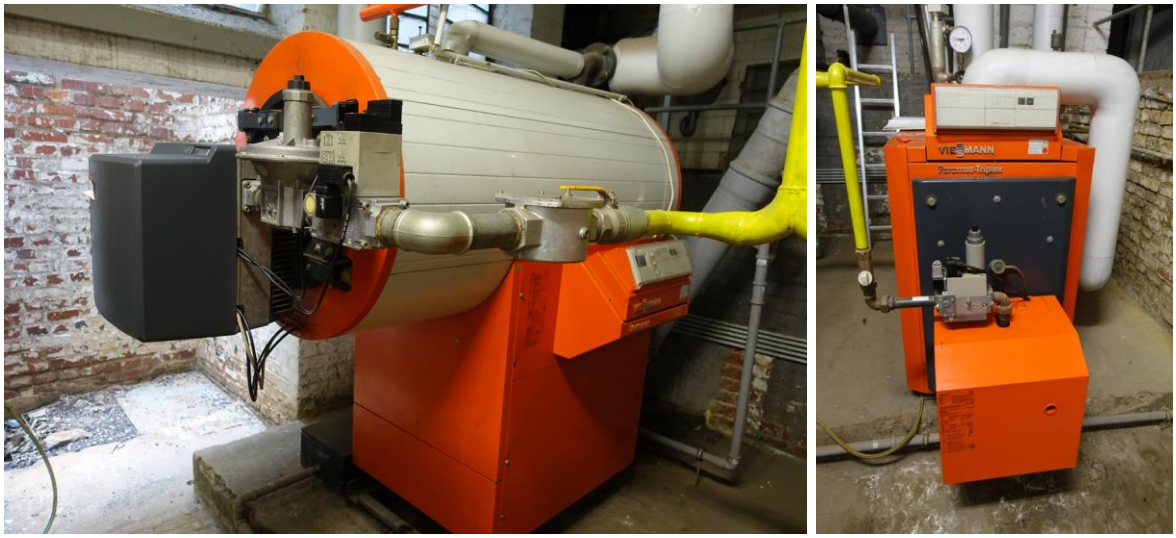


Abbildung 34: Gas-Brennwertheizkessel Vertomat, Viessmann // Niedertemperaturkessel Paromat-Triplex, Viessmann



Abbildung 35: Pumpen und Verteilleitungen

Die Heizungsverteilleitungen bis zum Heizkreisverteiler der Heizkörper sind gedämmt und verlaufen überwiegend in den unbeheizten Bereichen des Kellers bzw. durch Schächte oder das Erdreich. Die für die Verteilung verwendeten Pumpen sind mit den Kesseltypen im Jahr 2000 ausgetauscht worden.

Die Wärmeübergabe an die Raumluft erfolgt über freie Heizflächen (Heizkörper).

Der Niedertemperaturkessel versorgt zudem für das Kreishaus Düren (nördlicher Anbau, 2019) die Spitzenlastabdeckung der dort eingesetzten Wärmepumpe.

Ein hydraulischer Abgleich wurde nicht durchgeführt.

Tabelle 12: Übersicht zur Wärmeerzeugung, Verteilung und Übergabe

Wärmeerzeuger	Gas-Brennwertkessel Vertomat, Viessmann Primärenergiefaktor fp = 1,10 Niedertemperatur-Gaskessel Paromat-Triplex, Viessmann (für Spitzenlasten) Primärenergiefaktor fp = 1,10
Verteilung	Horizontale Verteilleitungen, überwiegend außenliegend; im sichtbaren Bereichen gedämmt. Vertikale Strangleitungen und Anbindeleitungen innerhalb der beheizten Zonen, überwiegend ungedämmt (Annahme)
Wärmeübergabe und Regelung	überwiegend freie Heizkörperflächen mit Thermostatventilen

6.2 Warmwasserbereitung

Es gibt keine zentrale Warmwasserbereitung über die Heizungsanlage. Lediglich in den Teeküchen ist Warmwasser über Durchlauferhitzer verfügbar.

Nach DIN18599-10 Tabelle 6 darf der Warmwasserbedarf vernachlässigt werden, wenn der tägliche Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser weniger als 0,2 kWh je Person und Tag (entspricht etwa 5 l je Person und Tag bei einer Warmwassertemperatur von 45 °C) beträgt. Es ist davon auszugehen, dass dies ist in dem betrachteten Gebäude der Fall ist. Daher wird bei der weiteren Betrachtung die Warmwasserversorgung vernachlässigt.

6.3 Lüftungstechnik

Das Gebäude wird über Fenster manuell und nach Bedarf belüftet.

6.4 Kühlung

Eine Kühlung des Gebäudes ist nicht vorhanden.

6.5 Beleuchtung

Der Großteil des Gebäudes wird über Glühlampen und Leuchtstoffröhren beleuchtet. In einigen Bereichen befinden sich Halogenspots. Diese werden auf 5 % geschätzt.

LED-Beleuchtung ist nicht vorhanden.

Nr	Zone	Beleuchtungsbereich	A	A_w	A_TL	E_m	Lampe	P_el
1	Gruppenbüro	5% Beleuchtung 2	51	10,84		500	Halogenlampe	66,7
		30% Beleuchtung 3	304	65,04		500	Glühlampe	80,0
		65% Beleuchtung 4	659	140,93		500	Leuchtstofflampe - stabförmig, VVG	15,2
2	Verkehrsfläche / unbeheizte Zone	95% Beleuchtung 1	2.130	103,04		100	Glühlampe	22,2
		5% Beleuchtung 2	101	4,89		100	Halogenlampe	18,5
3	WC und Sanitärräume in Nichtwohngel	95% Beleuchtung 1	57	12,77		200	Glühlampe	44,4
		5% Beleuchtung 2	3	0,67		200	Halogenlampe	37,0
4	Besprechung/Sitzungszimmer/Seminar	95% Beleuchtung 1	90	34,20		500	Glühlampe	80,9
		5% Beleuchtung 2	5	1,80		500	Halogenlampe	67,4
5	Lager	95% Beleuchtung 1	28	6,50		100	Glühlampe	32,4
		5% Beleuchtung 2	1	0,34		100	Halogenlampe	27,0
6	Sonstige Aufenthaltsräume	95% Beleuchtung 1	31	7,60		300	Glühlampe	48,5
		5% Beleuchtung 2	2	0,40		300	Halogenlampe	40,5

Abbildung 36: Übersicht installierte Lampenleistung und Beleuchtungskontrolle je Zone - IST-Zustand (A = Fläche des Bereichs; A_w = Fensterfläche; A_TL Tageslichtabdeckung bei Tag; E_m = benötigte Beleuchtungsstärke; P_el = resultierende elektrische Leistung in W/m²)



Abbildung 37: Beleuchtung beispielhaft

6.6 Sommerlicher Wärmeschutz

Das Gebäude ist zum Großteil nicht mit außen- oder innenliegendem Sonnenschutz ausgestattet.

Lediglich der Große Saal im ersten Obergeschoss ist mit innenliegenden dunklen Vorhängen ausgestattet. Diese sind intransparent und haben zur Außenseite eine weiße Oberfläche, sodass sie die Sonnenstrahlen reflektieren und mit einem nach DIN4108-2/2013 geschätzten g-Wert von 0,65 fungieren.

Insgesamt wird der Sommerliche Wärmeschutz als kritisch betrachtet, da viele Büroräume nach Süden große Fensterflächen ohne Sonnenschutz haben. Hier ist davon auszugehen, dass insbesondere im Sommer häufiger Überhitzungen auftreten.

Positiv zu bewerten ist der Effekt der thermisch wirksamen Masse der massiven Außenwände, die vermutlich jedoch eine nicht ausreichende Wirkung erzielt.



Abbildung 38: Vorhänge im Saal zur Verringerung der Sonneneinstrahlung

7 Darstellung der Energiebilanz des Bestands

Auf Basis der in den folgenden Kapiteln beschriebenen Bauteilqualitäten, Flächen und der beim Vor-Ort-Termin festgestellten Eigenschaften der Anlagentechnik wird das Beratungsobjekt einer Berechnung der Energiebilanz nach DIN V 18599 [5] unterzogen, um die energetischen Eigenschaften und Schwachstellen des Gebäudes analysieren zu können.

7.1 Zusammenstellung der Zonen, Bauteile, Flächen und U-Werte

Im Rahmen der energetischen Bilanzierung nach DIN V 18599 [5] wird das Gebäude in Zonen unterteilt. Dabei werden Räume bzw. Raumgruppen zusammengefasst, die sich aus gleichartiger Art der Nutzung (Nutzungsprofile), der Raumkonditionierung sowie weiterer Kriterien ergeben. Im Folgenden werden die zu Grunde gelegten Zonen aufgelistet, deren Zuordnung zu den jeweiligen Räumen bzw. Bereichen Kapitel 4.3 zu entnehmen ist:

Nr	Zone	A_NGF
1	Gruppenbüro	1.013
2	Verkehrsfläche / unbeheizte Zone	2.232
3	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden	60
4	Besprechung/Sitzungszimmer/Seminar	95
5	Lager	30
6	Sonstige Aufenthaltsräume	33

Abbildung 39: Übersicht Zoneneinteilung des Gebäudes inkl. Nutzfläche (A_{NGF}) nach DIN V 18599 sowie Farbcode für Konditionierung (Grün = Lüftung, Rot = Heizung, Blau = Warmwasser, Gelb = Beleuchtung)

Aus Abbildung 39 geht hervor, dass die Zonen „Gruppenbüro“ und „Verkehrsfläche/ unbeheizte Zone“ flächenmäßig die größten Bereiche im Gebäude darstellen. Als unbeheizte Zone gelten auch die Kellerräume sowie die Dachräume. Als Sonstige Aufenthaltsräume wurde die Teeküche bewertet.

Nutzung	Tage	Nutzungsstunden	t_v_op_d	d_op_a
2 - Gruppenbüro (2 bis 6 Arbeitsplätze)	250	11 (10/1)	13	250
19 - Verkehrsfläche / unbeheizte Zone	250	11 (10/1)	13	250
16 - WC, Sanitärraum (in Nichtwohngebäuden)	250	11 (10/1)	13	250
4 - Besprechung, Sitzung, Seminar	250	11 (10/1)	13	250
20 - Lager, Technik, Archiv	250	11 (10/1)	13	250
17 - Sonstige Aufenthaltsräume	250	11 (10/1)	13	250

Abbildung 40: Anteil der Zonen an der beheizten Bezugsfläche

Abbildung 40 stellt die nutzungsspezifischen Eigenschaften dar. Hierin sind die Nutzungstage (Spaltenüberschrift: Tage) und die Nutzungsstunden je Tag aufgeführt. Das Alte Rathaus Jülich wird konditioniert mit 250 Tagen und 11 Stunden/Tag. Die Nutzungsstunden am Tag liegen bei 11 Stunden und einer Stunde in der Nacht. Es folgen die Dauer je Tag (t_v_op_d) in der die

Heizung die Zone voll beheizt und die Tage an denen die Zone grundsätzlich beheizt wird (d_op_a). In den übrigen Zeiten fährt die Heizung in einen Absenkbetrieb oder ist ausgeschaltet (Sommerbetrieb). Die Werte gelten aus den standardisierten Nutzungsprofilen. Diese weichen naturgemäß von den tatsächlichen Bedingungen im Gebäude ab. Um berechneten Energiebedarf dem tatsächlichen Energieverbrauch anzupassen wird ein Verbrauchsabgleich durchgeführt. Eine Gegenüberstellung dieser Werte finden Sie im Kapitel 7.5.

Tabelle 13: Zusammenstellung der wärmeübertragenden Gebäudehüllfläche

Konstruktion **opake Bauteile**	**U-Wert** **W/(m²K)**	**Fläche** **m²**
Außenwände des Hauptgebäudes	**1,22**	444,0
Außenwände der Gebäudeteile Nord und Süd	**1,50**	1.072,5
Innenwände zu unbeheizten Räumen	**1,33**	369,7
oberste Geschossdecke zum unbeheizten Dachraum	**2,75**	981,6
Bodenplatte auf Erdreich	**3,52**	783,0
Kellerdecke	**2,11**	782,6
opake Bauteile	**W/(m²K)**	**m²**
Holzrahmenfenster einfachverglast, 1952	**5,0**	181,9
Holzrahmen-Verbundfenster, 1952	**2,7**	233,8
Außentüren	**2,9**	18,0

Eine energetische Bewertung der Bauteile erfolgte bereits in Kapitel 5.6.

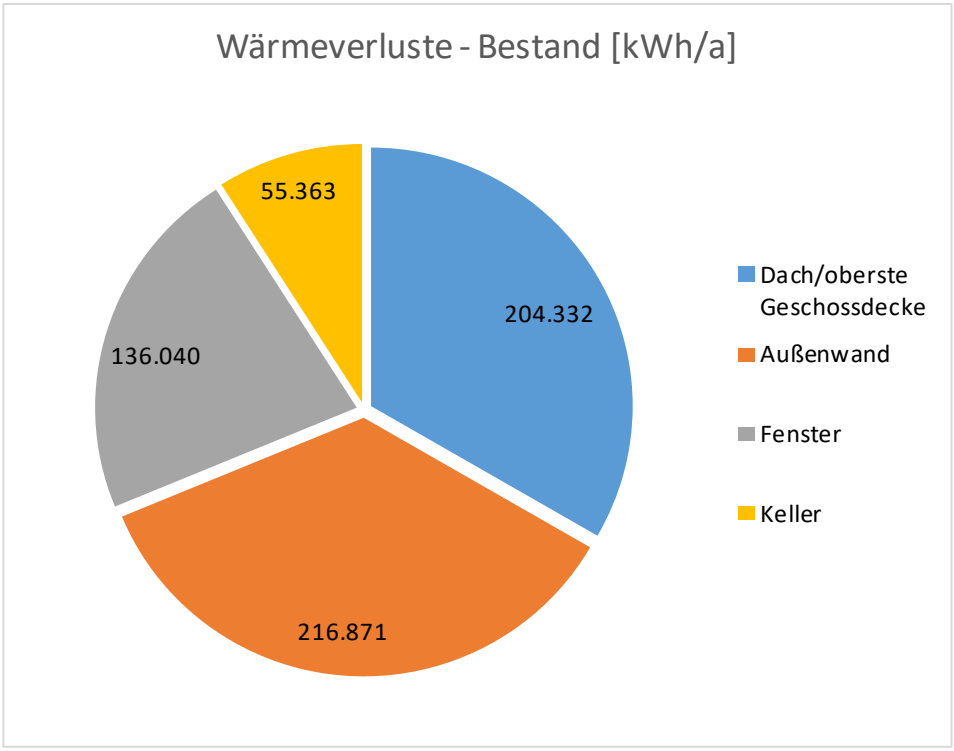


Abbildung 41: Aufteilung der absoluten Transmissionswärmeverluste je Bauteilkategorie im IST-Zustand

Die Darstellung der Transmissionswärmeverluste verdeutlicht, dass die energetische Schwachstelle insbesondere im Bereich der unsanierten Außenwände und Dachflächen bzw. oberen Geschossdecken besteht.

Wärmebrücken wurden mit einem pauschalen Zuschlag von 0,10 W/(m²K) berücksichtigt, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass ein Großteil der vorhandenen Wärmebrücken den im Beiblatt 2 der DIN 4108 enthaltenen Konstruktionsdetails entsprechen bzw. besser sind.

7.2 Ermittelter Energiebedarf des Beratungsobjektes

Im Folgenden werden die Energiebedarfe aufgeführt, die sich auf Grundlage der energetischen Bilanzierung nach DIN V 18599 unter normierten Randbedingungen und Referenzklima ergeben.

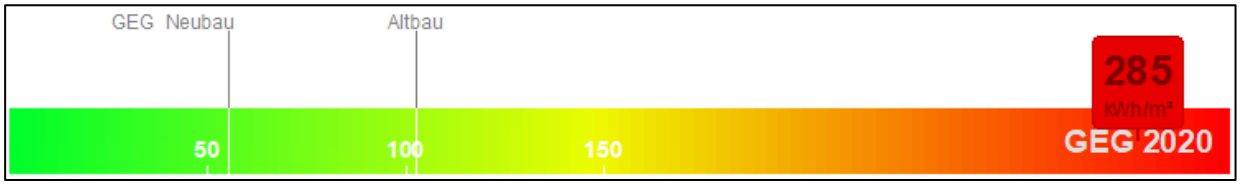


Abbildung 42: Bandtacho Primärenergiebedarf IST-Zustand gemäß Standard-Randbedingungen

Tabelle 14: Übersicht Primärenergiebedarf des Gebäudes im IST-Zustand

Energiebilanz des Gebäudes	**absolut**	**Anteil**	**flächenbezogen**
	[kWh/a]	**[%]**	**[kWh/m²$_{NGF}$a]**
Primärenergiebedarf			
Primärenergiebedarf Heizung	657.108 kWh	67%	190
Primärenergiebedarf Beleuchtung	328.527 kWh	33%	95
Primärenergiebedarf gesamt	985.635 kWh	100%	285

Tabelle 15: Übersicht der Endenergiebedarfe des Gebäudes im IST-Zustand

Energiebilanz des Gebäudes	**absolut**	**Anteil**	**flächenbezogen**
	[kWh/a]	**[%]**	**[kWh/m²$_{NGF}$a]**
Endenergiebedarf			
Endenergiebedarf Heizung	658.959 kWh	78%	190
Endenergiebedarf Beleuchtung	182.515 kWh	22%	53
Endenergiebedarf gesamt	841.474 kWh	100%	243

Aus der Übersicht des Bedarfs wird der theoretische Endenergiebedarf nach Energieträgern aufgelistet, der sich aus der energetischen Bilanzierung nach DIN V 18599 [5] ergibt.

Tabelle 16: Übersicht des Bedarfs aufgeteilt nach Energieträgern, IST-Zustand

Energieträger des Gebäudes	**absolut**	**Anteil**	**flächenbezogen**
	[kWh/a]	**[%]**	**[kWh/m²$_{NGFa}$]**
Energieträger			
Erdgas	653.909 kWh	78%	189
Strom (Hilfsenergie)	187.565 kWh	22%	54
Strom-Mix	0 kWh	0%	0
gesamt	841.474 kWh	100%	243

7.3 Ermittelte THG-Emissionen des Beratungsobjektes

In der nachfolgenden Tabelle wird der jährliche Ausstoß an Treibhausgas-Emissionen aufgelistet, der sich aus den verwendeten Energieträgern ergibt.

Tabelle 17: Übersicht der THG-Emissionen nach Energieträgern – IST-Zustand

THG-Emissionen nach Anteil des jeweiligen Energieträgers	absolut [kg/a]	Anteil [%]	flächenbezogen [kg/m²NGFa]
Energieträger			
Erdgas	156.938 kg/a	60%	45
Strom (Hilfsenergie)	105.036 kg/a	40%	30
Strom-Mix	0 kg/a	0%	0
gesamt	261.975 kg/a	100%	76

7.4 Abgleich mit Verbrauchsdaten

Im Folgenden werden die vorliegenden Verbrauchsdaten dargestellt:

Tabelle 18: Übersicht der witterungsbereinigten Verbrauchsdaten

Energieträger	Jahr	Klimafaktor [-]	Energieverbrauch
Wärme	2019	1,16	**577.525 kWh**
Wärme	2020	1,14	**606.612 kWh**
Wärme	2022	1,22	**600.597 kWh**
Strom	2019	-	**31.415 kWh**
Strom	2020	-	**48.533 kWh**
Strom	2022	-	**45.406 kWh**

Bei den vorgefundenen Stromverbrauchern in den Gebäuden handelt es sich neben Beleuchtungsanlagen und der Hilfsenergie der Anlagentechnik insbesondere um EDV-Nutzung in den Büroräumen. Die EDV-Nutzung wird bei der Bilanzierung nicht berücksichtigt.

7.5 Vergleich Energiebedarf und Energieverbrauch

Der gemessene Energieverbrauch der eingesetzten Energieträger weicht in der Regel, aufgrund von Nutzerverhalten und Betrieb des Gebäudes, von den rechnerisch ermittelten Energiebedarfswerten (Berechnungsergebnisse) ab.

Tabelle 19: Übersicht Energiebedarf und -verbrauch inkl. Umrechnungsfaktor

Wärmeenergie**bedarf** (angepasst) für das Gebäude [kWh/a] Ist-Zustand	Wärmeenergie**verbrauch** für das Gebäude [kWh/a] Ist-Zustand	Umrechnungsfaktor Verbrauch/Bedarf
653.909 kWh	594.911 kWh	0,910

Der berechnete Wärmebedarf liegt 9 % über dem gemessenen Verbrauch. Aus diesem Grund werden bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen alle Ergebnisse der Wärmebedarfsberechnung mit einem Faktor von 0,91 multipliziert. Auf diese Weise werden Energiekosteneinsparungen nicht überbewertet, sondern orientieren sich am Energieverbrauch.

Der rechnerisch bilanzierte Stromverbrauch betrachtet lediglich Hilfsenergien, die für die Konditionierung des Gebäudes erforderlich sind. Hierbei handelt es sich z. B. um Strom für Pumpen und Regelungsanlagen der Heizung, sowie für notwendige Innenbeleuchtung (keine Zierlichter) und für den Betrieb von Lüftungs- oder Kälteanlagen. Der tatsächliche Stromverbrauch beinhaltet hingegen jedweden Strom, der auch durch anderweitige Prozesse im oder am Gebäude verbraucht wird, z.B. EDV-Nutzung. Aus diesem Grund ist der tatsächliche Stromverbrauch meist deutlich höher als der berechnete (Bedarf).

Da der Stromverbrauch nicht nach Verbrauchern aufgeschlüsselt vorliegt, kann hierbei auch kein Abgleich mit dem Bedarf durchgeführt werden. Entsprechend wird bei der Angabe der Energiekosten und der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für den Strombedarf der errechnete Bedarfswert für die Konditionierung des Gebäudes zugrunde gelegt.

7.6 Bewertung des Gebäudes im IST-Zustand

Bis auf die Ertüchtigung der Fenster zur Süd- und Westfassade zu Verbundfenstern befinden sich die Hüllflächen des Gebäudes energetisch im Originalzustand des Baujahres. Die Außenwände, die Kellerdecken und die oberste Geschossdecke gegen unbeheizten Dachraum sind nicht gedämmt. Die Fenster zum Innenhof sind einfachverglast. Dadurch sind über die Fenster, Außenwände und die obere Geschossdecke hohe Wärmeverluste vorhanden.

Baulich betrachtet sind die konstruktiven Bauteile sowie der Dachstuhl in gutem Zustand. Die Putzfassade ist an einigen Stellen rissig und zeigt kleine Abplatzungen. Eine Instandsetzung der Fassade ist in den nächsten Jahren notwendig. Zwei der einfachverglasten Fenster wurden ersetzt, was auf eine Untüchtigkeit hindeutet. Das kann auch weitere Fenster bei genauer Untersuchung betreffen, da die Holzrahmenfenster bereits über 70 Jahre alt sind.

Dass bisher keine Maßnahmen umgesetzt wurden, ist insbesondere an dem vorhandenen Denkmalschutz des gesamten Gebäudes zu begründen. Dass der Denkmalschutz grundsätzlich nicht gegen erneuerungsbedürftige Maßnahmen, wie beispielsweise einen Austausch der Fenster/Verglasung gegen optisch maßangefertigte Objekte ist, zeigen zwei erneuerte Fenster im 2. Obergeschoss des nördlichen Gebäudeteils. Denkbare Maßnahmen sind mit der Denkmalschutzbehörde abzustimmen und vor einer Ausführungsplanung ist eine Genehmigung einzuholen. Eine Dämmung der Hoffassaden mit einem dünnen Wärmedämmverbundsystem scheint denkbar, wäre aber im nächsten Schritt mit der Denkmalschutzbehörde abzustimmen und dort genehmigen zu lassen. Ein Dämmputz ist eine gute Alternative einer energetischen Ertüchtigung mit weniger Auftrag auf die Außenwände. Bei allen Bauteilen besteht ein großes Potenzial zur Energieeinsparung.

Auf der anlagentechnischen Seite gibt es ebenfalls Möglichkeiten, den Energiebedarf deutlich zu senken. Aktuell wird die Wärme über Erdgas bereitgestellt. Erneuerbare Energien zur Bereitstellung der Wärme werden nicht genutzt. Die Beleuchtungssysteme sind zum Großteil veraltet.

Weitere Betrachtungen werden sich daher sowohl auf bauliche als auch auf anlagentechnische Nachbesserungen und alternative Energieversorgungsmöglichkeiten beziehen.

8 Variantenuntersuchung / Ermittlung der Wirtschaftlichkeit

Im Rahmen der Energieberatung wird untersucht durch welche Maßnahmen der Energiebedarf, die Energiekosten und die Emissionen des Gebäudes gesenkt werden können. Dabei werden verschiedene Maßnahmen und Maßnahmenpakete zur Sanierung der Gebäudehülle und Optimierung der Anlagentechnik untersucht.

Einzelne bauliche Maßnahmen, die sich zwar aufgrund eines Optimierungsbedarfs ergeben, aber der Kostenaufwand offensichtlich in keinem Verhältnis zur möglichen Energieeinsparung stehen, wurden nicht weiterverfolgt. Dies betrifft insbesondere eine nachträgliche Dämmung der bereits gedämmten Bauteile.

Alle vorgeschlagenen Maßnahmen werden im Folgenden beschrieben und erläutert. Dabei wird auch auf wichtige bauphysikalische Anforderungen und mögliche Probleme bei der Umsetzung hingewiesen. Trotzdem kann dieser Beratungsbericht eine konkrete Ausführungsplanung nicht ersetzen. Sie sollten sich deshalb auch bei der Planung und Umsetzung der Maßnahmen immer fachkundig beraten lassen.

> *Hinweis I: Bei den angesetzten Kosten ist zu beachten, dass es sich hier um eine grobe Vorermittlung eines Kostenrahmens im Rahmen einer Energieberatung handelt, es sind keine Planungsleistungen erfolgt. Im Vergleich zu einer Kostenschätzung nach DIN 276 im Rahmen einer Sanierungsplanung können aufgrund jetzt nicht absehbarer baulicher Notwendigkeiten deutliche Abweichungen entstehen.*
>
> *Hinweis II: Aufgrund des vorliegenden Denkmalschutzes, sind alle Maßnahmen frühzeitig vor einer Ausführungsplanung mit der Denkmalschutzbehörde abzustimmen. Eine Abstimmung unsererseits ist nicht erfolgt, für die vorgestellten Varianten wurde eine denkmalschutzrechtliche Genehmigung angenommen und vorausgesetzt.*

Die im Folgenden dargestellten Energiebedarfe und Einsparungen zum Wärmebedarf sowie die Angaben zum Gasverbrauch sind, bis auf die Bandtacho-Darstellung des Primärenergiebedarfs entsprechend der Darstellung in einem Energieausweis und die Transmissionswärmeverluste, verbrauchsabgeglichen dargestellt. D.h. die errechneten Bedarfswerte sind mit dem in Kapitel 7.5 dargestellten Faktor verrechnet.

Die im Folgenden darstellten Energiebedarfe und Einsparungen zum Strombedarf beziehen sich lediglich auf den Anteil zur Konditionierung des Gebäudes. Dazu zählen beispielsweise die Hilfsenergie der Heizung sowie die Beleuchtung. Der individuelle Strombedarf für die Nutzung des Gebäudes (z.B. Geräte oder Produktionsprozesse) ist nicht enthalten.

Stattdessen werden in Kapitel 9 Tipps zum Stromsparen gegeben.

Zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen ist es erforderlich zwischen „Sowieso-Kosten“ und energetisch bedingten Kosten zu unterscheiden. Eine Erläuterung der unterschiedlichen Kosten finden Sie im nachfolgenden Schaubild nach Abbildung 43.



Abbildung 43: Kostenverständnis bei energetischen Sanierungen (Bildquelle: www.dena.de)

Für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit der nachfolgenden Energiesparmaßnahmen wurden überwiegend nur die energetisch bedingten Investitionskosten berücksichtigt. Die geschätzten erforderlichen Gesamtinvestitionskosten wurden ermittelt. Eine detaillierte Kostenermittlung ist als Planungsleistung im Rahmen der Sanierungsplanung zu erstellen. Zu beachten ist, dass die Kostenermittlung in dieser Stufe der Planung im Vergleich zur letztendlichen Kostenfeststellung deutliche Abweichungen aufweisen kann (s. Abbildung 44).

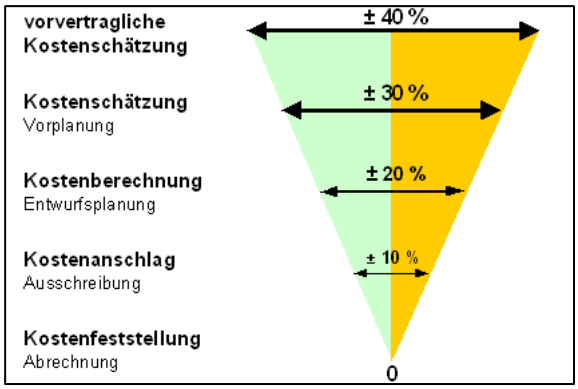


Abbildung 44: Genauigkeit der Kostenermittlung im Bauwesen mit fortschreitender Planungstiefe[7]

Die ermittelten Amortisationszeiten können je nach Finanzierungskonditionen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklung auch deutlich kürzer oder länger ausfallen. Als heutige Energiekosten wurden die Werte der Tabelle 5 im Kapitel 2.3 angesetzt.

Die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenkombinationen sollte nicht allein den Ausschlag zur Entscheidung für oder gegen eine Maßnahme bzw. Kombination geben. Daran angebunden sind vielfach zusätzliche Vorteile, z.B. Komfortsteigerung, geringere Emissionen oder Wertsicherung des Gebäudes.

Die prozentuale Endenergieeinsparung basiert auf den ermittelten Werten nach DIN V 18599 - auf sogenannte Bedarfswerte. Die jeweilige ermittelte Einsparung wird bei dem Energiebedarf zur Gebäudebeheizung auf den tatsächlichen über die letzten Jahre gemittelten Verbrauch bezogen und übertragen. Dadurch ergeben sich jeweils die absolute und angepasste Endenergieeinsparung und die Kosteneinsparung in allen Sanierungsvarianten.

Hinweis zum weiteren Vorgehen: Die energetische Untersuchung mit den Optimierungsvarianten wird auf Basis der DIN V 18599 durchgeführt. Anschließend wird eine Kosten- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erstellt.

[7] Bernd Kochendörfer, Jens H. Liebchen, Markus G. Viering: Bau-Projekt-Management: Grundlagen und Vorgehensweisen. (Leitfaden des Baubetriebs und der Bauwirtschaft). 4. Auflage. Vieweg & Teubner Verlag, 2010, ISBN 978-3-8348-0496-9.

8.1 Übersicht der Maßnahmen

Folgende Maßnahmenkombinationen zur energetischen Verbesserung wurden betrachtet (hier nur prinzipielle Beschreibung).

> *Hinweis: Aufgrund des vorliegenden Denkmalschutzes sind alle Maßnahmen frühzeitig vor einer Ausführungsplanung mit der Denkmalschutzbehörde abzustimmen. Eine Abstimmung unsererseits ist nicht erfolgt, für die vorgestellten Varianten wurde eine denkmalschutzrechtliche Genehmigung angenommen und vorausgesetzt.*

Variante 1 – neue Verglasung der Fenster

- Ersatzverglasung der Fenster zur Nord/Ost-Fassade, zweifachverglast, denkmalschutzgerecht → $U_{w,neu}$=2,7 W/m²K
- Ersatzverglasung der Holzverbundfenster zur Süd/West-Fassade (innere Scheibe), zweifachverglast, denkmalschutzgerecht → $U_{w,neu}$=1,94 W/m²K

Variante 2 – Austausch der Fenster

- Fensteraustausch aller Fenster durch denkmalschutzgerechte, maßangefertigte Fensterelemente -> $U_{w,neu}$ =1,4 W/m²K

Variante 3 – Sanierung der Fassade mit Dämmputz

- Sanierung der Fassade mit 8 cm durchgefärbtem Dämmputz
- Unterseitige Dämmung der Durchfahrt in den Innenhof mit 14 cm Dämmung WLG 035 und Putz

Variante 4 – Sanierung der Fassade mit Dämmputz/ WDVS

- Sanierung der Süd/West-Fassade mit 8 cm durchgefärbtem Dämmputz
- Sanierung der Nord/Ost-Fassade (Innenhofbereich) mit 10 cm WDVS
- Unterseitige Dämmung der Durchfahrt in den Innenhof mit 14 cm Dämmung WLG 035 und Putz

Variante 5 – Dämmen der obersten Geschossdecke

- Dämmen der obersten Geschossdecke mit 26 cm Dämmung; 30 % der Fläche werden mit lastverteilendem Plattenbelag abgedeckt

Variante 6 – Dämmen der Kellerdecken

- Unterseitige Dämmung der Kellerdecken mit 14 cm Dämmung WLG 035

Variante 7 – Erneuerung der Anlagentechnik

7a – LED-Beleuchtung, L/W-WP, HA

- Austausch des Niedertemperaturkessels durch eine L/W-WP
- Hydraulischer Abgleich des Heizsystems
- Austausch der Beleuchtung durch LED-Ersatzbeleuchtung

7b – LED-Beleuchtung, S/W-WP, HA

- Austausch des Niedertemperaturkessels durch eine S/W-WP
- Hydraulischer Abgleich des Heizsystems
- Austausch der Beleuchtung durch LED-Ersatzbeleuchtung

Variante 8 – Maßnahmenpaket: Sanierung zum Effizienzgebäude Denkmal

- Fensteraustausch aller Fenster durch denkmalschutzgerechte, maßangefertigte Fensterelemente -> $U_{w,neu}$ =1,4 W/m²K
- Maßnahmen zum Sommerlichen Wärmeschutz: Sonnenschutzverglasung, Verschattung über Zip Screen, dezentrale Lüftungsanlagen in ausgewählten Räumen
- Sanierung der Fassade mit 6 cm durchgefärbtem Dämmputz
- Unterseitige Dämmung der Durchfahrt in den Innenhof mit 14 cm Dämmung WLG 035 und Putz
- Dämmen der obersten Geschossdecke mit 26 cm Dämmung; 30 % der Fläche wird mit lastverteilendem Plattenbelag abgedeckt
- Unterseitige Dämmung der Kellerdecken mit 14 cm Dämmung WLG 035
- Austausch des Niedertemperaturkessels durch eine L/W-WP
- Hydraulischer Abgleich des Heizsystems
- Austausch der Beleuchtung durch LED-Ersatzbeleuchtung

8.2 Variante 1: Neue Verglasung der Fenster

- Ersatzverglasung der Fenster zur Nord/Ost-Fassade, zweifachverglast, denkmalschutzgerecht → $U_{w,neu}$=2,7 W/m²K
- Ersatzverglasung der Holzverbundfenster zur Süd/West-Fassade (innere Scheibe), zweifachverglast, denkmalschutzgerecht → $U_{w,neu}$=1,94 W/m²K

Ein großer Teil der Transmissionswärmeverluste des Gebäudes entfällt auf die Fenster (s. Abbildung 29). Zur energetischen Ertüchtigung der denkmalgeschützten Sprossenfenster gibt es zwei Möglichkeiten. Es kann die Verglasung innerhalb der Fensterrahmen erneuert (Variante 1) oder es können die gesamten Fenster ausgetauscht (Variante 2) werden. In dieser ersten Variante werden die Auswirkungen eines Austauschs aller Fensterverglasungen untersucht. Ein Austausch der Fensterscheiben ist eine Möglichkeit zur Energieeinsparung, wenn ein Komplett-Austausch der Fenster von der Denkmalschutzbehörde nicht genehmigt wird. Da die Ausführung nicht die Anforderung des GEG erfüllen würde, ist in diesem Fall ein Befreiungsantrag zu stellen.

Bei Holzrahmenfenstern kann von einer mittleren Nutzungsdauer von 40 Jahren ausgegangen werden [8]. Die Bestandsfenster haben ein Bauteilalter von über 70 Jahren. Entsprechend des Alters sind die Fenster vermutlich nicht mehr luftdicht. Die Fenster zum Innenhof haben eine Einfachverglasung und dadurch sehr hohe Wärmedurchgangskoeffizienten. Zum Marktplatz sowie zur Straße wurden die Fenster durch eine innenliegende Verbundscheibe energetisch ertüchtigt. Dennoch haben auch diese Fenster ein hohes Verbesserungspotenzial, da beide Rahmen mit einer Einfach-Verglasung versehen sind. Mit Umsetzung dieser Variante werden in den bestehenden Holzrahmen bei den Verbundfenstern die innere Scheibe und in den anderen Fenstern die vorhandene Einfachverglasung gegen eine dünne Zweischeiben-Wärmeschutz-Verglasung ausgetauscht. Eine Dreischeiben-Verglasung wäre zu dick und schwer für die Bestandsrahmen und wird daher hier ausgeschlossen. In einer Ausführungsplanung kann untersucht werden, ob ein besserer U_w-Wert als hier angenommen erzielt werden kann.

Die Ersatzverglasung der Verbundfenster wird nach den Regeln zur Datenaufnahme der U_g-Wert für zweifach verglaste Fenster derselben Baualtersklasse für die Ertüchtigung mit einer Ersatz-Verglasung (U_g = 1,4 W/m²K) angesetzt. Mit einem U_f=2,5 W/m²K für den Rahmen und einem Glasanteil von 60 % wird ein U_w-Wert von 1,94 W/m²K erreicht.

Für die aktuell einfachverglasten Fenster wird durch einen Austausch der Fensterscheiben mit einem U_f=2,5 W/m²K für den Rahmen und einem Glasanteil von 60 % ein U_w-Wert von 2,70 W/m²K erreicht.

Auf folgende Punkte sollte bei einem Austausch der Fenster geachtet werden:

Beim Einbau gut dichtender Fenster in eine schlecht gedämmte Außenwand kann es zu Feuchte und Schimmelbildung kommen, besonders in kaum beheizten Räumen. Daher sollte auf ein entsprechendes Lüftungsverhalten geachtet werden.

Die Maßnahme hat folgende Auswirkung auf die U-Werte der transparenten und opaken Bauteile:

Tabelle 20: Gegenüberstellung U-Werte aller betroffenen Bauteile Variante 7

Konstruktion	Stück	Kostenansatz [€ / m²]	U-Wert alt W/(m²K)	U-Wert neu W/(m²K)
Einfachverglaste Holzrahmenfenster (Innenhof: Nord- und Ostfassade)	64	1.500	U_W = 5,0 W/(m²K), g = 0,8	U_W = 2,7 W/(m²K), g = 0,50
Verbundfenster, Holzrahmen (nachträglich innen vorgesetzte Scheibe; Marktplatz: Süd- und Westfassade)	132	1.500	U_W = 2,7 W/(m²K), g = 0,8	U_W = 1,94 W/(m²K), g = 0,50

Die nachstehende Abbildung zeigt den Primärenergiebedarf des Gebäudes bei einem Austausch der Verglasung in der Bandtacho-Darstellung eines Energiebedarfsausweises. Dabei wird der Primärenergiebedarf nicht verbrauchsabgeglichen, sondern entsprechend einer Berechnung nach den Berechnungsregeln des GEG dargestellt.

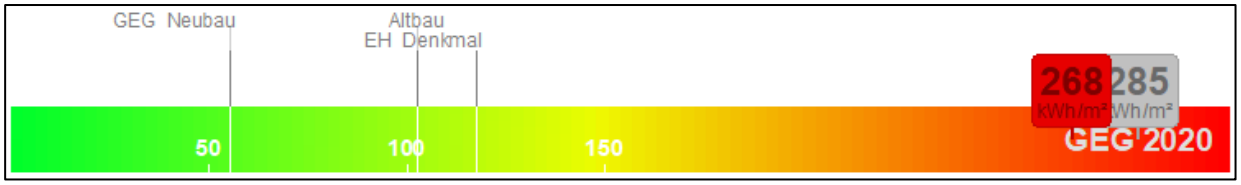


Abbildung 45: Bandtacho Primärenergiebedarf nach GEG-Berechnung - Variante 1

Tabelle 21: Übersicht der Kosten Instandsetzung der Solaranlage – Variante 1

Kostenrahmen der Variante 1	Gesamtkosten	Energiebedingte Mehrkosten
Ersatzverglasung für Holzfenster, zweifachverglast, Denkmalschutz -> Uneu=2,7 W/m²K	180.500 €	18.050 €
Ersatzverglasung für Holzverbundfenster (innere Scheibe), zweifachverglast, Denkmalschutz -> Uneu=1,94 W/m²K	359.500 €	89.875 €
0	0 €	0 €

Architekten- und Ingenieurleistungen	135.000 €	26.981 €
Summe der Kosten netto	675.000 €	134.906 €
19% MwSt.	128.250 €	25.632 €
Gesamtkosten inkl. Planungskosten und MwSt.	**803.300 €**	**160.500 €**

Bezüglich der Wirtschaftlichkeit der Maßnahme ergibt sich das folgende Ergebnis:

Tabelle 22: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 1

Kosten	**Variante 1**
Investitionskosten Brutto (Vollkosten)	803.300 €
davon energieeffizienzbedingte Mehrkosten	160.500 €
Förderung/ Tilgungszuschuss	- €
Energieeffizienzbedingte Mehrkosten nach Abzug Förderung/ Tilgungszuschuss	160.500 €
Energieeinsparung (verbrauchsorientiert)	
Endenergiebedarf	729.563 kWh/a
THG-Einsparung durch die Variante	**12.658 kg/a**
	5%
Endenergieeinsparung durch die Variante	**52.913 kWh/a**
	7%
Energiekosteneinsparung	**7.900 €/a**
Energiekosteneinsparung zzgl. CO2-Preis-Steigerung	**9.000 €/a**
Wirtschaftlichkeit	
Dynamische Amortisation[1] der energieeffizienzbedingten Mehrkosten ohne Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	21 a
mittlere Lebensdauer der Sanierungsmaßnahmen	40 a

Mit einem Austausch der Fensterverglasung durch zweifach verglaste Fenster mit einem U_w-Wert von max. 2,7 bzw. 1,94 W/(m²K) werden 5 % Treibhausgasemissionen und 7 % Endenergie eingespart.

Da mit den erzielten U_w-Werten nicht die förderfähigen Mindestanforderungen eingehalten werden, können keine Fördermittel beansprucht werden.

Bedingt durch das hohe Bauteilalter und den Ertüchtigungsbedarf der Fenster fallen die Energieeffizienzbedingten Mehrkosten gering aus. Ohne Förderung ist die Betrachtung der energieeffizienzbedingten Mehrkosten dieser Variante nach 21 Jahren wirtschaftlich.

Eine Umsetzung dieser Maßnahme ist also als Einzelmaßnahme nur empfehlenswert, wenn ein Komplettaustausch der Fenster inklusive Ertüchtigung der Fensterrahmen durch den bestehenden Denkmalschutz nicht genehmigt wird.

8.3 Variante 2: Austausch der Fenster

- Fensteraustausch aller Fenster durch denkmalschutzgerechte, maßangefertigte Fensterelemente -> $U_{w,neu}$ =1,4 W/m²K

In einem zweiten Schritt werden die Auswirkungen eines Komplett-Austauschs der Fensterelemente untersucht.

Bei den neuen Fensterelementen handelt es sich um denkmalschutzgerechte, maßangefertigte Fenster, die einen U_w-Wert von 1,4 W/m²K erfüllen. Beispielhaft hat eine Schreinerei ein Musterfenster „Pax Retro“ erstellt, das in der Aufteilung als 2-flügliges Fensterelement mit Oberlicht als Kippflügel identisch zu dem Originalfenster ist. Auch der dreifach abgestufte Rahmen sowie die Sprossen sind dem Originalfenster optisch exakt nachgestellt. Mit dem Musterfenster wird der Anforderungswert für eine Förderung von 15 % als BEG-Einzelmaßnahme (Denkmalschutz) erreicht.

> *Hinweis: Eine Abstimmung mit der Denkmalschutzbehörde ist notwendig. Für eine erste Einschätzung der Kosten wurde das vom Bauherrn zur Verfügung gestellte Angebot für den denkmalgerechten Austausch der Fenster zu Grunde gelegt.*



Abbildung 46: Denkmalschutzgerechte Maßanfertigung, dem Originalfenster nachgestellt

Bei dieser Variante müssen höhere Investitionskosten kalkuliert werden als für den Austausch der Verglasung (Variante 1). Da der förderfähige U_w-Wert für denkmalgeschützte Fenster eingehalten wird, kann eine Förderung von 15 % (BEG-Einzelmaßnahmen) beansprucht werden. Ein weiterer maßgeblicher Vorteil ist, dass auch die Holzrahmen, die bereits über 70 Jahre alt sind, ebenfalls erneuert werden und die Luftdichtheit des Gebäudes deutlich verbessert wird.

Mit dem Austausch der Fensterelemente werden die Natursteinfensterbänke sowie Zinkfensterbänke denkmalschutzgerecht angepasst. Zudem sind Zulagen für Beiputzarbeiten, Laibungsdämmung und Malerarbeiten im Innenraum in den Investitionskosten berücksichtigt.

Auf folgende Punkte sollte bei einem Austausch der Fenster geachtet werden:

Beim Einbau gut dichtender Fenster in eine schlecht gedämmte Außenwand kann es zu Feuchte und Schimmelbildung kommen, besonders in kaum beheizten Räumen. Daher sollte auf ein entsprechendes Lüftungsverhalten geachtet werden.

Bei schlecht oder mäßig gedämmten Mauerwerk ist die Fenstererneuerung im Zusammenhang mit einer Außenwanddämmung bzw. Putzsanierung optimal. Wird gleichzeitig mit der Fenstererneuerung eine Außenwanddämmung angebracht, ist es sinnvoll, die neuen Fenster entweder außenbündig mit der massiven Außenwand oder, besser noch, in der Dämmebene anzuordnen. Der Fensterrahmen wird mit 2 bis 4 cm Dämmstoff überdeckt.

Bei neuen Fenstern ist die Lüftung im Hinblick auf einen ausreichenden Mindestluftwechsel zum Feuchteschutz zu untersuchen.

Die Maßnahme hat folgende Auswirkung auf die U-Werte der transparenten und opaken Bauteile:

Tabelle 23: Gegenüberstellung U-Werte aller betroffenen Bauteile Variante 7

Konstruktion	**Fläche [m²]**	**Kostenansatz [€ / m²]**	**U-Wert alt W/(m²K)**	**U-Wert neu W/(m²K)**
Fensteraustausch, Fensterelement Pax Retro, Denkmalschutz (zum Innenhof)	64	4.050	U_W = 5,0 W/(m²K), g = 0,8	U_W = 1,4 W/(m²K), g = 0,50
Fensteraustausch, Fensterelement Pax Retro, Denkmalschutz (Marktplatz: Süd- und Westfassade)	132	4.050	U_W = 2,7 W/(m²K), g = 0,8	U_W = 1,4 W/(m²K), g = 0,50

Die nachstehende Abbildung zeigt den Primärenergiebedarf des Gebäudes nach Austausch der Fenster in der Bandtacho-Darstellung eines Energiebedarfsausweises. Dabei wird der Primärenergiebedarf nicht verbrauchsabgeglichen, sondern entsprechend einer Berechnung nach den Berechnungsregeln des GEG dargestellt.

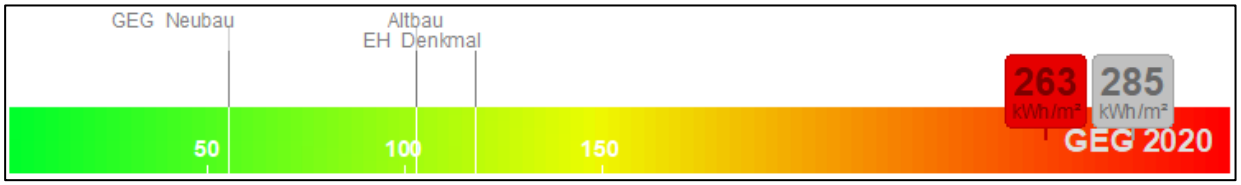


Abbildung 47: Bandtacho Primärenergiebedarf nach GEG-Berechnung - Variante 2

Tabelle 24: Übersicht der Kosten zur jeweiligen Maßnahme – Variante 2

Kostenrahmen der Variante 2	**Gesamtkosten**	**Energiebedingte Mehrkosten**
Fensteraustausch, Fensterelement Pax Retro, Denkmalschutz -> Uneu=1,4 W/m²K; Naturstein-fensterbänke/Zink innen und außen angepasst, Denkmalschutz; Zulage für Beiputz, Laibung, Malerarbeiten	944.350 €	94.435 €
0	0 €	0 €
Architekten- und Ingenieurleistungen	236.088 €	23.609 €
Summe der Kosten netto	1.180.438 €	118.044 €
19% MwSt.	224.283 €	22.428 €
Gesamtkosten inkl. Planungskosten und MwSt.	**1.404.700 €**	**140.500 €**

Bezüglich der Wirtschaftlichkeit der Maßnahme ergibt sich das folgende Ergebnis:

Tabelle 25: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 2

Kosten	**Variante 2**
Investitionskosten Brutto (Vollkosten)	1.404.700 €
davon energieeffizienzbedingte Mehrkosten	140.500 €
Förderung/ Tilgungszuschuss	178.600 €
Energieeffizienzbedingte Mehrkosten nach Abzug Förderung/ Tilgungszuschuss	- 38.100 €
Energieeinsparung (verbrauchsorientiert)	
Endenergiebedarf	710.183 kWh/a
THG-Einsparung durch die Variante	**16.377 kg/a**
	7%
Endenergieeinsparung durch die Variante	**72.293 kWh/a**
	9%
Energiekosteneinsparung	**9.500 €/a**

Energiekosteneinsparung zzgl. CO2-Preis-Steigerung	**9.500 €/a**
Wirtschaftlichkeit	
Dynamische Amortisation[1] der energieeffizienzbedingten Mehrkosten ohne Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	17 a
Dynamische Amortisation der energieeffizienzbedingten Mehrkosten mit Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	sofort wirtschaftlich
mittlere Lebensdauer der Sanierungsmaßnahmen	40 a

Mit Komplett-Austausch der Fenster werden 9 % des Endenergieverbrauchs eingespart.

Ohne Förderungsmittel ist die Betrachtung der energieeffizienzbedingten Mehrkosten dieser Variante nach 17 Jahren wirtschaftlich. Mit Bezug von Fördermitteln für Einzelmaßnahmen zeigt sich die Betrachtung der energieeffizienzbedingten Mehrkosten, die aufgrund des hohen Bauteilalters und somit Erneuerungsbedarfs der Fenster sehr gering sind, sofort wirtschaftlich. Grund dafür ist, dass die Energiebedingten Mehrkosten geringer als die Förderung sind.

Wir empfehlen, sofern die Denkmalschutzbehörde einer Umsetzung dieser Maßnahme zustimmt, zur energetischen und baulichen Verbesserung der Bausubstanz diese Maßnahme durchzuführen. Denkbar ist auch eine teilweise Umsetzung dieser Maßnahme für die Fassaden zum Marktplatz und zur Düsseldorfer Straße. Zum Innenhof wäre in diesem Fall lediglich ein Austausch der Verglasung möglich.

Bei einer Sanierung zu einem Effizienzgebäude (s. Varianten 8) können höhere Fördermittel beansprucht werden und somit kann eine höhere Wirtschaftlichkeit erzielt werden.

8.4 Variante 3: Sanierung der Fassade mit Dämmputz

- Sanierung der Fassade mit 8 cm durchgefärbtem Dämmputz
- Unterseitige Dämmung der Durchfahrt in den Innenhof mit 14 cm Mineralwolle WLG 035 und Putz

In einer dritten Variante wird die Sanierung der Fassade mit einem durchfärbtem Dämmputz betrachtet. Der Putz ist an vielen Stellen erneuerungsbedürftig, da er Risse und Abplatzungen zeigt. Da die Außenwände aktuell ungedämmt sind, geht ein großer Teil der Transmissionswärmeverluste über das Bauteil verloren. Ein Dämmputz ist eine Möglichkeit, trotz Denkmalschutz die Wärmeverluste über die Außenwände zu reduzieren.

In der untersuchten Maßnahme handelt es sich um einen 8 cm starken Putz mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,05 W/mK. Um die Maßnahme realisieren zu können, ist ein neuer Dachüberstand sowie die Erneuerung der Natursteinfensterbänke sowie Zinkfensterbänke nach Denkmalkriterien einkalkuliert.

Für die Ausführung ist zu beachten, dass der Untergrund zu reinigen ist und mit Vorspritzmörtel angeglichen werden muss. Zudem ist eine schräge Dämmabwicklung der Sockel über 15 cm auszuführen. Da der Dämmputz stärker als 4 cm ist, muss er in zwei Lagen verarbeitet werden. Die Ausführung ist bis zu 10 cm Stärke möglich. 8 cm Dämmputz WLG 050 reichen zur Einhaltung des förderfähigen Wärmedurchgangskoeffizienten einer denkmalgeschützten Außenwand. Durch Aufbringen eines Edelkratzputzes mit 4-5 mm Körnung kann ein denkmalgerechter Farbton der Fassade wiederhergestellt werden.

Zur Einhaltung des Denkmalschutzes ist zudem eine Wiederherstellung des umlaufenden, profilierten Hauptgesims notwendig. Die entsprechenden Behandlungen wurden in der Kostenzusammenstellung berücksichtigt.

Im Zuge der Fassadenbehandlung wird eine unterseitige Dämmung der Durchfahrt in den Innenhof mit 14 cm Mineralwolle WLG 035 und Verputz berücksichtigt.

Die Maßnahme hat folgende Auswirkung auf die U-Werte der transparenten und opaken Bauteile:

Tabelle 26: Gegenüberstellung U-Werte aller betroffenen Bauteile Variante 3

Konstruktion	Fläche [m²]	Kostenansatz [€ / m²]	U-Wert alt W/(m²K)	U-Wert neu W/(m²K)

Dämmputz, 8 cm WLG050, durchgefärbt	1436	180	1,18…1,51	0,41…0,45
Hauptgesims profiliert	164 m	180	-	-
Unterseitige Dämmung Durchfahrt, 14 cm MW 035 + Putz	30	120	2,75	0,23

Die nachstehende Abbildung zeigt den Primärenergiebedarf des Gebäudes bei einer Sanierung entsprechend Variante 3 in der Bandtacho-Darstellung eines Energiebedarfsausweises (Primärenergiebedarf nicht verbrauchsabgeglichen).

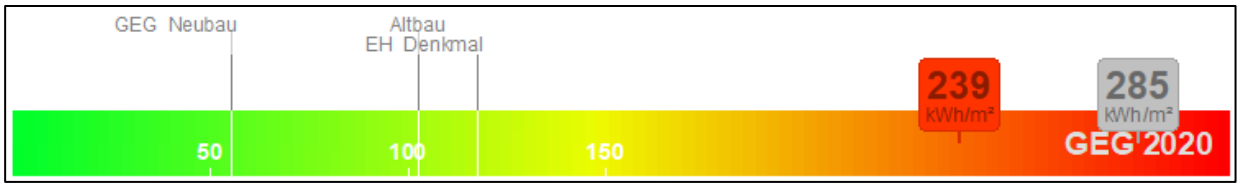


Abbildung 48: Bandtacho Primärenergiebedarf nach GEG-Berechnung - Variante 3

Tabelle 27: Übersicht der Kosten zur jeweiligen Maßnahme – Variante 3

Kostenrahmen der Variante 3	**Gesamtkosten**	**Energiebedingte Mehrkosten**
Dämmputz, 8 cm, durchgefärbt	268.480 €	26.848 €
Hauptgesims, profiliert, Abwicklung bis 400 mm; Neuer Dachüberstand, Anschlüsse; Sockel, vorstehend, schräg, glatt, Abwicklung bis 150 mm; Natursteinfensterbänke/Zink, Denkmalschutz; inkl. Zulage für Anpassen Entwässerung und Fassadenanbauteile	221.490 €	22.149 €
Unterseitige Dämmung Durchfahrt, 14 cm MW 035 + Putz	3.600 €	3.600 €
0	0 €	0 €
Architekten- und Ingenieurleistungen	123.393 €	13.149 €
Summe der Kosten netto	616.963 €	65.746 €
19% MwSt.	117.223 €	12.492 €
Gesamtkosten **inkl. Planungskosten und MwSt.**	734.200 €	78.200 €

Bezüglich der Wirtschaftlichkeit der Maßnahme ergibt sich das folgende Ergebnis:

Tabelle 28: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 3

Kosten	**Variante 3**
Investitionskosten Brutto (Vollkosten)	734.200 €
davon energieeffizienzbedingte Mehrkosten	78.200 €
Förderung/ Tilgungszuschuss	98.100 €
Energieeffizienzbedingte Mehrkosten nach Abzug Förderung/ Tilgungszuschuss	- 19.900 €
Energieeinsparung (verbrauchsorientiert)	
Endenergiebedarf	631.492 kWh/a
THG-Einsparung durch die Variante	**36.416 kg/a**
	15%
Endenergieeinsparung durch die Variante	**150.985 kWh/a**
	19%
Energiekosteneinsparung	**22.200 €/a**
Energiekosteneinsparung zzgl. CO2-Preis-Steigerung	**22.200 €/a**
Wirtschaftlichkeit	
Dynamische Amortisation[1] der energieeffizienzbedingten Mehrkosten ohne Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	4 a
Dynamische Amortisation der energieeffizienzbedingten Mehrkosten mit Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	sofort wirtschaftlich
mittlere Lebensdauer der Sanierungsmaßnahmen	45 a

Durch eine Sanierung der Fassade mit einem Dämmputz werden 19 % der Endenergie eingespart. Die hohe Endenergieeinsparung ist über die große Fassadenfläche zu begründen.

Da der Putz erneuerungsbedürftig ist, fallen die energieeffizienzbedingten Mehrkosten gering aus. Mit einer Dämmputzdicke von 8 cm wird der förderfähige U-Wert für eine denkmalgeschützte Außenwand eingehalten. Dadurch können Fördermittel für Einzelmaßnahmen (15 % Zuschuss) bezogen werden, sodass sich die Maßnahme als wirtschaftlich herausstellt.

Die Umsetzung der Maßnahme ist empfehlenswert. Vorteilhaft ist eine Kombination mit einer Fenstererneuerung, da Gerüstkosten, Laibungsanpassungen und weitere Umfeldarbeiten reduziert werden.

Bei einer Sanierung zu einem Effizienzgebäude (s. Varianten 8) können höhere Fördermittel beansprucht werden und somit kann eine schnellere Amortisation der energieeffizienzbedingten Mehrkosten erzielt werden.

8.5 Variante 4: Sanierung der Fassade mit Dämmputz/ WDVS

- Sanierung der Süd/West-Fassade mit 8 cm durchgefärbtem Dämmputz
- Sanierung der Nord/Ost-Fassade (Innenhofbereich) mit 10 cm WDVS
- Unterseitige Dämmung der Durchfahrt in den Innenhof mit 14 cm Mineralwolle WLG 035 und Putz

Diese Variante ist ähnlich der Variante 3. Auch hier wird die Sanierung der Fassade betrachtet. Auf die Süd-/West-Fassade wird – wie in Variante 3 – ein 8 cm durchgefärbter Dämmputz aufgetragen.

Denkbar ist, dass die Denkmalschutzbehörde einem dünnen Wärmedämmverbundsystem im Innenhofbereich zustimmt. Dieses ist deutlich kostengünstiger und macht zudem größere Energieeinsparungen möglich. Daher wird in dieser Variante auf die Fassade im Innenhofbereich ein 10 cm WDVS WLG035 aufgetragen. Der Dachüberstand im Innenhof ist größer als zur Süd/West-Fassade, sodass er für das WDVS ausreicht.

Wie in Variante 3 wird zudem eine unterseitige Dämmung der Durchfahrt in den Innenhof mit 14 cm Mineralwolle WLG 035 und Verputz berücksichtigt.

> *Hinweis: Alle vorgeschlagenen Maßnahmen sind im Falle einer geplanten Ausführung frühzeitig mit der Denkmalbehörde abzustimmen.*
>
> *Eine Dämmung der Hoffassaden mit einem WDVS scheint denkbar, wäre aber im nächsten Schritt mit der Denkmalschutzbehörde abzustimmen und dort genehmigen zu lassen. In den Kosten sind Mehrkosten für die Ausführung nach Denkmalschutzvorgaben (Fensterbänke, Dachüberstand mit Gesims, Sockelausbildung, …) grob berücksichtigt. Vor weiteren Planungsschritten sollte die Genehmigungsfähigkeit bei der Denkmalschutzbehörde als erstes abgefragt werden. Aus Auflagen der Denkmalschutzbehörde können gegenüber der Anhaltswerte deutliche Mehr- aber auch Minderkosten entstehen. Bei der Wahl der Putzfarbe (der vorhandene Rotton ist recht dunkel) muss auf den Hellbezugswert geachtet werden. Ist dieser zu niedrig, sind weitere Maßnahmen für einen systemgerechten Putzaufbau notwendig.*

Die Maßnahme hat folgende Auswirkung auf die U-Werte der transparenten und opaken Bauteile:

Tabelle 29: Gegenüberstellung U-Werte aller betroffenen Bauteile Variante 3

Konstruktion	Fläche [m²]	Kostenansatz [€ / m²]	U-Wert alt W/(m²K)	U-Wert neu W/(m²K)

Dämmputz, 8 cm WLG050, durchgefärbt	648	180	1,18…1,51	0,41…0,45
WDVS EPS 100, WLG035	788	110	1,18…1,51	0,27…0,28
Hauptgesims profiliert	164 m	180	-	-
Unterseitige Dämmung Durchfahrt, 14 cm MW 035 + Putz	30	120	2,75	0,23

Die nachstehende Abbildung zeigt den Primärenergiebedarf des Gebäudes beim Einsatz der einer Absorptionswärmepumpe in der Bandtacho-Darstellung eines Energiebedarfsausweises.

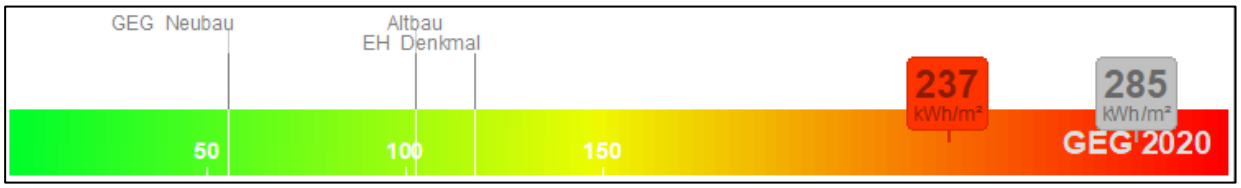


Abbildung 49: Bandtacho Primärenergiebedarf nach GEG-Berechnung - Variante 4

Tabelle 30: Übersicht der Kosten zur jeweiligen Maßnahme – Variante 4

Kostenrahmen der Variante 4	**Gesamtkosten**	**Energiebedingte Mehrkosten**
WDVS EPS 100 (Innenhofbereich)	96.680 €	9.668 €
Dämmputz, 8 cm, durchgefärbt	210.140 €	21.014 €
Hauptgesims, profiliert, Abwicklung bis 400 mm; Neuer Dachüberstand, Anschlüsse; Sockel, vorstehend, schräg, glatt, Abwicklung bis 150 mm; Natursteinfensterbänke/Zink, Denkmalschutz; inkl. Zulage für Anpassen Entwässerung und Fassadenanbauteile	127.990 €	12.799 €
Unterseitige Dämmung Durchfahrt, 14 cm MW 035 + Putz	3.600 €	3.600 €
0	0 €	0 €
Architekten- und Ingenieurleistungen	109.603 €	11.770 €
Summe der Kosten netto	548.013 €	58.851 €

19% MwSt.	104.122 €	11.182 €
Gesamtkosten inkl. Planungskosten und MwSt.	**652.100 €**	**70.000 €**

Bezüglich der Wirtschaftlichkeit der Maßnahme ergibt sich das folgende Ergebnis:

Tabelle 31: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 4

Kosten	**Variante 4**
Investitionskosten Brutto (Vollkosten)	652.100 €
davon energieeffizienzbedingte Mehrkosten	70.000 €
Förderung/ Tilgungszuschuss	88.300 €
Energieeffizienzbedingte Mehrkosten nach Abzug Förderung/ Tilgungszuschuss	- 18.200 €
Energieeinsparung (verbrauchsorientiert)	
Endenergiebedarf	620.216 kWh/a
THG-Einsparung durch die Variante	**39.146 kg/a**
	16%
Endenergieeinsparung durch die Variante	**162.260 kWh/a**
	21%
Energiekosteneinsparung	**23.900 €/a**
Energiekosteneinsparung zzgl. CO2-Preis-Steigerung	**23.900 €/a**
Wirtschaftlichkeit	
Dynamische Amortisation[1] der energieeffizienzbedingten Mehrkosten ohne Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	3 a
Dynamische Amortisation der energieeffizienzbedingten Mehrkosten mit Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	sofort wirtschaftlich
mittlere Lebensdauer der Sanierungsmaßnahmen	43 a

Durch eine Sanierung der Fassade mit teilweise Dämmputz und teilweise Anbringen eines WDVS werden 21 % der Endenergie eingespart. Die hohe Endenergieeinsparung ist über die große Fassadenfläche zu begründen. Durch das WDVS ist ein geringerer Wärmedurchgang an den entsprechenden Stellen möglich als durch Aufbringen eines Dämmputzes.

Da der Putz erneuerungsbedürftig ist, fallen die energieeffizienzbedingten Mehrkosten gering aus. Mit einer Dämmputzdicke von 8 cm oder Anbringen eines WDVS wird der förderfähige U-Wert für eine denkmalgeschützte Außenwand eingehalten. Dadurch können Fördermittel für Einzelmaßnahmen (15 % Zuschuss) bezogen werden, sodass sich die Maßnahme als wirtschaftlich herausstellt.

Die Umsetzung der Maßnahme ist empfehlenswert. Vorteilhaft ist eine Kombination mit einer Fenstererneuerung, da Gerüstkosten, Laibungsanpassungen und weitere Umfeldarbeiten reduziert werden. Wird das Anbringen eines WDVS im Innenhofbereich von der Denkmalschutzbehörde genehmigt, so ist diese Maßnahme der Variante 3 vorzuziehen.

Bei einer Sanierung zu einem Effizienzgebäude (s. Varianten 8) können höhere Fördermittel beansprucht werden und somit kann eine schnellere Amortisation der energieeffizienzbedingten Mehrkosten erzielt werden.

8.6 Variante 5: Dämmen der obersten Geschossdecke

- Dämmen der obersten Geschossdecke mit 26 cm Mineralwolle-Dämmung; 30 % der Fläche werden mit lastverteilendem Plattenbelag abgedeckt

Da die ausgebauten Aufenthaltsräume seit langer Zeit unbenutzt sind und in Zukunft nicht mehr genutzt werden sollen, wird der gesamte Dachraum für die Bilanzierung als unbeheizt angesetzt. Eine denkmalgerechte energetische Ertüchtigung der Dachfläche würde einen sehr hohen Aufwand und sehr hohe Kosten mit sich führen. Somit wird in dieser Variante die obere Geschossdecke mit 26 cm Mineralwolle-Dämmung WLG035 flächig ausgelegt.

> *Hinweis: Für den Fall einer Ausführung zu einem Effizienzgebäude sind Heizflächen, die dort fest eingebaut sind, dauerhaft stillzulegen bzw. auszubauen.*

Da der Dachraum aktuell für Lagerzwecke und zum Begehen des Dachstuhls genutzt wird, werden 30 % der Fläche mit lastverteilendem Plattenbelag aus Gipsfaser abgedeckt.

Die Maßnahme hat folgende Auswirkung auf die U-Werte der transparenten und opaken Bauteile:

Tabelle 32: Gegenüberstellung U-Werte aller betroffenen Bauteile Variante 5

Konstruktion	Fläche [m²]	Kostenansatz [€ / m²]	U-Wert alt W/(m²K)	U-Wert neu W/(m²K)
Mineralwolle-Dämmung, Massivdecke, 260 mm (WLG035)	982	65	2,75	0,13

Die nachstehende Abbildung zeigt den Primärenergiebedarf des Gebäudes bei entsprechendem Einsatz der genannten Technik aus Variante 5 in der Bandtacho-Darstellung. Dabei wird der Primärenergiebedarf nicht verbrauchsabgeglichen, sondern entsprechend einer Berechnung nach den Berechnungsregeln des GEG dargestellt.

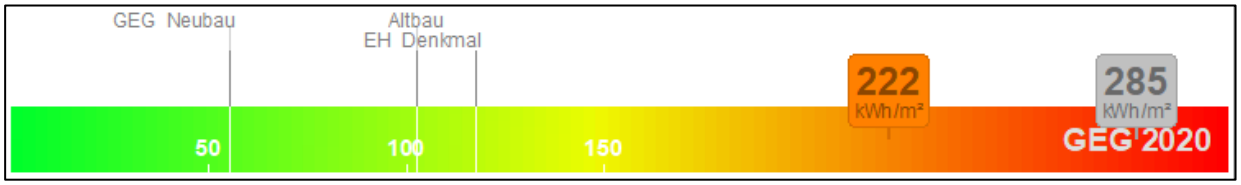


Abbildung 50: Bandtacho Primärenergiebedarf nach GEG-Berechnung - Variante 5

Tabelle 33: Übersicht der Kosten zur jeweiligen Maßnahme – Variante 5

Kostenrahmen der Variante 5	**Gesamtkosten**	**Energiebedingte Mehrkosten**
Mineralwolle-Dämmung, Massivdecke, 260 mm; inkl. 30 % Abdeckung, lastverteilender Platten-belag, Gipsfaser, 10 mm	71.515 €	71.515 €
0	0 €	0 €
Architekten- und Ingenieurleistungen	17.879 €	17.879 €
Summe der Kosten netto	89.394 €	89.394 €
19% MwSt.	16.985 €	16.985 €
Gesamtkosten inkl. Planungskosten und MwSt.	**106.400 €**	**106.400 €**

Bezüglich der Wirtschaftlichkeit der Maßnahme ergibt sich das folgende Ergebnis:

Tabelle 34: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 5

Kosten	**Variante 5**
Investitionskosten Brutto (Vollkosten)	106.400 €
davon energieeffizienzbedingte Mehrkosten	106.400 €
Förderung/ Tilgungszuschuss	22.800 €
Energieeffizienzbedingte Mehrkosten nach Abzug Förderung/ Tilgungszuschuss	83.600 €
Energieeinsparung (verbrauchsorientiert)	
Endenergiebedarf	583.772 kWh/a
THG-Einsparung durch die Variante	**47.970 kg/a**
	19%
Endenergieeinsparung durch die Variante	**198.704 kWh/a**
	25%
Energiekosteneinsparung	**29.200 €/a**
Energiekosteneinsparung zzgl. CO2-Preis-Steigerung	**33.400 €/a**
Wirtschaftlichkeit	
Dynamische Amortisation[1] der energieeffizienzbedingten Mehrkosten ohne Förderung. Zinsen und Energiepreissteige-rung nach Kapitel 2.5.	3 a
Dynamische Amortisation der energieeffizienzbedingten Mehr-kosten mit Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	3 a

mittlere Lebensdauer der Sanierungsmaßnahmen	50 a

Durch eine Dämmung der bisher ungedämmten oberen Geschossdecke werden 25 % der Endenergie eingespart.

Da es sich bei dieser Variante um eine maßgebliche Möglichkeit zur Energieeinsparung handelt, ist die Umsetzung empfohlen. Mit einer Dämmdicke von 26 cm wird der förderfähige U-Wert eingehalten. Dadurch können Fördermittel für Einzelmaßnahmen (15 % Zuschuss) bezogen werden, sodass sich die Maßnahme als wirtschaftlich herausstellt. Bei einer Sanierung zu einem Effizienzgebäude (s. Varianten 8) können höhere Fördermittel beansprucht werden und somit kann eine schnellere Amortisation der energieeffizienzbedingten Mehrkosten erzielt werden.

8.7 Variante 6: Dämmen der Kellerdecken

- Unterseitige Dämmung der Kellerdecken mit 14 cm Steinwolle WLG035

Da der gesamte Keller unbeheizt ist, trägt die Maßnahme der Kellerdeckendämmung zur deutlichen Energieeinsparung bei. Durch die unterseitige Dämmung der Kellerdecke erhöht sich die Oberflächentemperatur des Fußbodens im Erdgeschoss. Dies wiederum führt zu einer angenehmeren Temperaturschichtung im Raum (geringere Temperaturdifferenzen von unten nach oben).

Dazu wird die Kellerdecke unterseitig mit 14 cm Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035 (U_neu=0,22 W/m²K) gedämmt. Zur Erfüllung der erforderlichen Brandschutzmaßnahmen wird die Verwendung von Steinwolle als Dämmstoff berücksichtigt. Die flankierenden Wände werden zur Verringerung von Wärmebrücken bis 40 cm unterhalb der Kellerdecke vertikal gedämmt. Da die unbeheizten Kellerräume nicht zum Aufenthalt genutzt sind, kann auf eine Verkleidung der Oberfläche verzichtet werden. Unterhalb der Kellerdecke werden TGA-Leitungen geführt. Deren Demontage und Wiedereinbau wurde in dieser Betrachtung berücksichtigt.

Die Maßnahme hat folgende Auswirkung auf die U-Werte der transparenten und opaken Bauteile:

Tabelle 35: Gegenüberstellung U-Werte aller betroffenen Bauteile Variante 6

Konstruktion	Fläche [m²]	Kostenansatz [€ / m²]	U-Wert alt W/(m²K)	U-Wert neu W/(m²K)
Dämmen der Kellerdecken (14 cm / WLG035)	783	95	2,11	0,22

Die nachstehende Abbildung zeigt den Primärenergiebedarf des Gebäudes bei einer Sanierung entsprechend dieser Variante in der Bandtacho-Darstellung eines Energiebedarfsausweises. Dabei wird der Primärenergiebedarf nicht verbrauchsabgeglichen, sondern entsprechend einer Berechnung nach den Berechnungsregeln des GEG dargestellt.

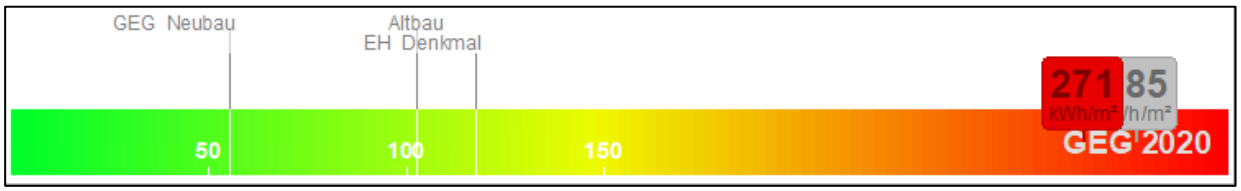


Abbildung 51: Bandtacho Primärenergiebedarf nach GEG-Berechnung - Variante 6

Tabelle 36: Übersicht der Kosten zur jeweiligen Maßnahme – Variante 6

Kostenrahmen der Variante 6	**Gesamtkosten**	**Energiebedingte Mehrkosten**
Kellerdeckendämmung, Steinwolle WLG035, 14 cm	74.385 €	74.385 €
Anarbeiten an Leitungen und Beleuchtung, flankierende Bauteile	20.990 €	20.990 €
0	0 €	0 €
Architekten- und Ingenieurleistungen	23.844 €	23.844 €
Summe der Kosten netto	119.219 €	119.219 €
19% MwSt.	22.652 €	22.652 €
Gesamtkosten inkl. Planungskosten und MwSt.	**141.900 €**	**141.900 €**

Bezüglich der Wirtschaftlichkeit der Maßnahme ergibt sich das folgende Ergebnis:

Tabelle 37: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 6

Kosten	**Variante 6**
Investitionskosten Brutto (Vollkosten)	141.900 €
davon energieeffizienzbedingte Mehrkosten	141.900 €
Förderung/ Tilgungszuschuss	27.000 €
Energieeffizienzbedingte Mehrkosten nach Abzug Förderung/ Tilgungszuschuss	114.800 €
Energieeinsparung (verbrauchsorientiert)	
Endenergiebedarf	739.198 kWh/a
THG-Einsparung durch die Variante	**10.356 kg/a**
	4%
Endenergieeinsparung durch die Variante	**43.278 kWh/a**
	6%
Energiekosteneinsparung	**6.500 €/a**
Energiekosteneinsparung zzgl. CO2-Preis-Steigerung	**7.300 €/a**
Wirtschaftlichkeit	
Dynamische Amortisation[1] der energieeffizienzbedingten Mehrkosten ohne Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	23 a
Dynamische Amortisation der energieeffizienzbedingten Mehrkosten mit Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	18 a
mittlere Lebensdauer der Sanierungsmaßnahmen	50 a

Mit Umsetzung der Dämmung der bisher ungedämmten Kellerdecke werden 4 % der Treibhausgasemissionen und 6 % des Endenergieverbrauchs eingespart.

Die Maßnahme ist ohne Inanspruchnahme von Förderungsmitteln nach 23 Jahren und somit innerhalb der mittleren Lebensdauer wirtschaftlich. Mit Bezug von Fördermitteln für Einzelmaßnahmen (15 % Zuschuss) amortisieren sich die energieeffizienzbedingten Mehrkosten nach 18 Jahren.

Eine Umsetzung dieser Maßnahme ist als Einzelmaßnahme unter Bezug von Fördermitteln empfehlenswert. Bei einer Sanierung zu einem Effizienzgebäude (s. Varianten 8) können höhere Fördermittel beansprucht werden und somit kann eine schnellere Amortisation der energieeffizienzbedingten Mehrkosten erzielt werden.

8.8 Variante 7: Erneuerung der Anlagentechnik

7a – LED-Beleuchtung, L/W-WP, HA

- Austausch des Niedertemperaturkessels durch eine L/W-WP
- Hydraulischer Abgleich des Heizsystems
- Austausch der Beleuchtung durch LED-Ersatzbeleuchtung

7b – LED-Beleuchtung, S/W-WP, HA

- Austausch des Niedertemperaturkessels durch eine S/W-WP
- Hydraulischer Abgleich des Heizsystems
- Austausch der Beleuchtung durch LED-Ersatzbeleuchtung

In dieser Variante wird eine Erneuerung der Anlagentechnik untersucht. Dazu werden LED-Ersatzleuchten eingebaut und ein Hydraulischer Abgleich des Heizsystems durchgeführt.

Der vorhandene Niedertemperaturkessel wird ausgetauscht. Dazu werden die Effekte von zwei Wärmepumpenanlagen miteinander verglichen. Da das Gebäude baulich in dieser Betrachtung nicht saniert wird, ist die Heizlast hoch. Es wird für die Spitzenlastabdeckung – auch des Nachbargebäudes des Kreis Düren – der bestehende Brennwertkessel weiterhin verwendet. Dadurch kann jedoch kein Heizungstauschbonus für die Förderung berücksichtigt werden.

Eine Luft/Wasser-Wärmepumpe bietet den Vorteil geringerer Investitionskosten. Sie hat einen COP-Wert von 2,5…3. Eine Sole/Wasser-Wärmepumpe bezieht als Wärmequelle das Erdreich, wodurch deutlich höhere Investitionskosten für die Bohrungen entstehen bei geringfügig höherer Förderung. Dafür ist sie durch konstantes Temperaturniveau im Erdreich (COP-Wert von 4…4,5) effizienter.

Eine genaue Auslegung der Anlage sollte vor der Umsetzung durch einen Fachplaner erfolgen.

Die nachstehende Abbildung zeigt den Primärenergiebedarf des Gebäudes bei einer Sanierung entsprechend Variante 7 in der Bandtacho-Darstellung eines Energiebedarfsausweises. Dabei wird der Primärenergiebedarf nicht verbrauchsabgeglichen, sondern entsprechend einer Berechnung nach den Berechnungsregeln des GEG dargestellt.

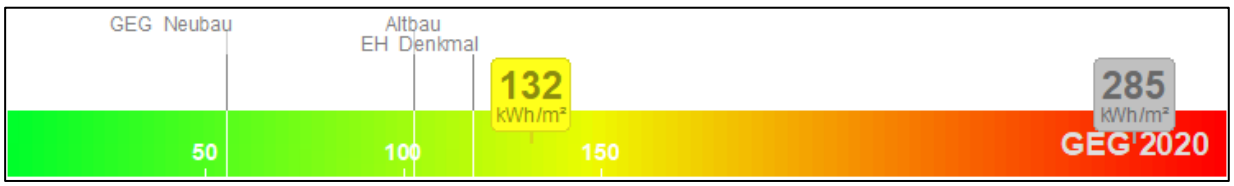


Abbildung 52: Bandtacho Primärenergiebedarf nach GEG-Berechnung - Variante 7a

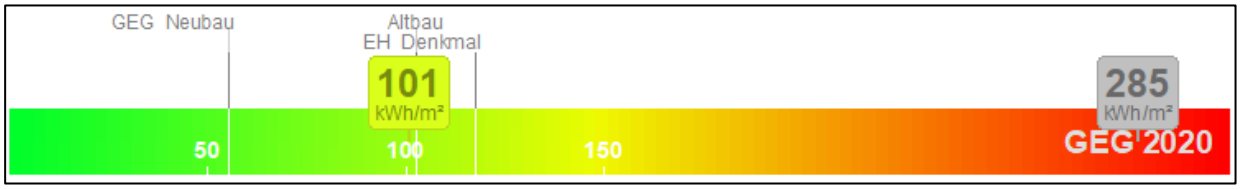


Abbildung 53: Bandtacho Primärenergiebedarf nach GEG-Berechnung - Variante 7b

Folgende Kosten wurden jeweils berücksichtigt:

Tabelle 38: Übersicht der Kosten zur jeweiligen Maßnahme – Variante 7a

Kostenrahmen der Variante 7a	**Gesamtkosten**	**Energiebedingte Mehrkosten**
250 kW LW-WP inkl. Pufferspeicher, Hocheffizienzpumpe, Verrohrung; inkl. Entsorgung NT-Gaskessel	246.000 €	147.000 €
LED Ersatzleuchten	207.780 €	20.778 €
Hydraulischem Abgleich	43.000 €	4.300 €
0	0 €	0 €
Architekten- und Ingenieurleistungen	124.195 €	43.020 €
Summe der Kosten netto	620.975 €	215.098 €
19% MwSt.	117.985 €	40.869 €
Gesamtkosten inkl. Planungskosten und MwSt.	**739.000 €**	**256.000 €**

Tabelle 39: Übersicht der Kosten zur jeweiligen Maßnahme – Variante 7b

Kostenrahmen der Variante 7b	**Gesamtkosten**	**Energiebedingte Mehrkosten**
250 kW SW-WP inkl. Pufferspeicher, Hocheffizienzpumpe, Verrohrung; inkl. Entsorgung NT-Gaskessel	246.000 €	147.000 €
Sondenbohrung, 41STx100m einschl. Zubehör	610.000 €	610.000 €
LED Ersatzleuchten	207.780 €	20.778 €
Hydraulischem Abgleich	43.000 €	4.300 €
Architekten- und Ingenieurleistungen	276.695 €	195.520 €
Summe der Kosten netto	1.383.475 €	977.598 €
19% MwSt.	262.860 €	185.744 €
Gesamtkosten inkl. Planungskosten und MwSt.	**1.646.300 €**	**1.163.300 €**

Bezüglich der Wirtschaftlichkeit der Maßnahme ergibt sich das folgende Ergebnis:

Tabelle 40: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 7a

Kosten	**Variante 7a**
Investitionskosten Brutto (Vollkosten)	739.000 €
davon energieeffizienzbedingte Mehrkosten	256.000 €
Förderung/ Tilgungszuschuss	133.100 €
Energieeffizienzbedingte Mehrkosten nach Abzug Förderung/ Tilgungszuschuss	122.900 €
Energieeinsparung (verbrauchsorientiert)	
Endenergiebedarf	237.148 kWh/a
THG-Einsparung durch die Variante	**116.003 kg/a**
	47%
Endenergieeinsparung durch die Variante	**545.328 kWh/a**
	70%
Energiekosteneinsparung	**61.200 €/a**
Energiekosteneinsparung zzgl. CO2-Preis-Steigerung	**62.200 €/a**
Wirtschaftlichkeit	
Dynamische Amortisation[1] der energieeffizienzbedingten Mehrkosten ohne Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	4 a
Dynamische Amortisation der energieeffizienzbedingten Mehrkosten mit Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	2 a
mittlere Lebensdauer der Sanierungsmaßnahmen	23 a

Tabelle 41: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 7b

Kosten	**Variante 7b**
Investitionskosten Brutto (Vollkosten)	1.646.300 €
davon energieeffizienzbedingte Mehrkosten	1.163.300 €
Förderung/ Tilgungszuschuss	368.000 €
Energieeffizienzbedingte Mehrkosten nach Abzug Förderung/ Tilgungszuschuss	795.300 €
Energieeinsparung (verbrauchsorientiert)	
Endenergiebedarf	178.295 kWh/a
THG-Einsparung durch die Variante	**147.492 kg/a**
	60%
Endenergieeinsparung durch die Variante	**604.181 kWh/a**
	77%

Energiekosteneinsparung	**90.500 €/a**
Energiekosteneinsparung zzgl. CO2-Preis-Steigerung	**95.600 €/a**
Wirtschaftlichkeit	
Dynamische Amortisation[1] der energieeffizienzbedingten Mehrkosten ohne Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	15 a
Dynamische Amortisation der energieeffizienzbedingten Mehrkosten mit Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	10 a
mittlere Lebensdauer der Sanierungsmaßnahmen	38 a

Bei beiden Varianten wird die Beleuchtung durch LED-Ersatzleuchten erneuert. Mit Umsetzung der Luft/Wasser-Wärmepumpe können 70 % Endenergie eingespart werden. Mit Umsetzung der Sole/Wasser-Wärmepumpe sind 77 % Endenergieeinsparung möglich.

Folgende Fördersätze können bezogen werden:

- LED-Ersatzbeleuchtung: 15 %
- Luft/Wasser-Wärmepumpe mit Zubehör und Hydraulischem Abgleich: 25 %
- Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Zubehör und Hydraulischem Abgleich: 30 %.

Mit Bezug der Fördermittel ist die Betrachtung der Energieeffizienten Mehrkosten der Variante 7a nach 2 Jahren wirtschaftlich. Die Betrachtung der Energieeffizienten Mehrkosten der Variante 7b ist nach 10 Jahren wirtschaftlich.

Eine Erneuerung der Anlagentechnik, insbesondere der Variante 7a mit L/W-WP ist lohnend und wird empfohlen. Eine Auslegung der Anlagen ist von einem Fachplaner zu prüfen und auf dieser Grundlage eine Entscheidung zu treffen.

8.9 Variante 8: Maßnahmenpaket: Sanierung zum Effizienzgebäude Denkmal

In einer achten Variante wird das Erreichen eines Effizienzgebäude Denkmal angestrebt. Es werden die Maßnahmen zur Verbesserung der Gebäudehülle unter Berücksichtigung der Fassadensanierung mit Dämmputz sowie Komplett-Austausch der Fenster kombiniert.

Dazu zählen folgende Maßnahmen:

- Fensteraustausch aller Fenster durch denkmalschutzgerechte, maßangefertigte Fensterelemente -> $U_{w,neu}$ =1,4 W/m²K
- Maßnahmen zum Sommerlichen Wärmeschutz: Sonnenschutzverglasung, Verschattung über Zip Screen, dezentrale Lüftungsanlagen in ausgewählten Räumen
- Sanierung der Fassade mit 6 cm durchgefärbtem Dämmputz
- Unterseitige Dämmung der Durchfahrt in den Innenhof mit 14 cm Mineralwolle WLG 035 und Putz
- Dämmen der obersten Geschossdecke mit 26 cm Mineralwolle-Dämmung; 30 % der Fläche wird mit lastverteilendem Plattenbelag abgedeckt
- Unterseitige Dämmung der Kellerdecken mit 14 cm Steinwolle WLG035
- Austausch des Niedertemperaturkessels durch eine L/W-WP
- Hydraulischer Abgleich des Heizsystems
- Austausch der Beleuchtung durch LED-Ersatzbeleuchtung

Die Details und Auswirkungen dieser Maßnahmen wurden ausführlich in den Varianten 2 bis 7 erläutert.

> *Hinweis: In der Einzelmaßnahme (Variante 3 und 4) sind für eine Förderfähigkeit für eine BEG-Einzelmaßnahme 8 cm Dämmputz erforderlich. Für den Effizienzgebäude Denkmal Standard wird ein gemittelter U-Wert der Bauteile ermittelt. Dazu reichen 6 cm Dämmputz mit den anderen angegebenen Sanierungsmaßnahmen aus.*

Mit diesen Sanierungen wird ein Effizienzgebäude Denkmal erreicht. Der vorhandene Gaskessel wird in dieser Variante gegen eine Luft-Wasser-Wärmepumpe inklusive Pufferspeicher und Hocheffizienzpumpe getauscht. Die Spitzenlasten werden über einen Heizstab abgedeckt, da sich die Heizlast durch die gedämmte Gebäudehülle deutlich verringert. Dadurch kann anders als in der Variante 7 zusätzlich ein Heizungstauschbonus gewährt werden.

Zudem wird auf anlagentechnischer Seite die Beleuchtung im gesamten Gebäude mit LED-Leuchten ausgestattet. Bei Erreichen eines Effizienzgebäudes ist der Sommerliche

Wärmeschutz nachzuweisen. Zur Erfüllung des Sommerlichen Wärmeschutzes sind außenliegende Zip Screens zur Süd -und Westfassade vorgesehen, sowie Sonnenschutzverglasung der entsprechenden Fenster. In den kritischen Aufenthaltsräumen zur Südfassade sind zudem dezentrale Lüftungsanlagen erforderlich.

> *Hinweis Fenster: Eine Abstimmung mit der Denkmalschutzbehörde ist notwendig. Für eine erste Einschätzung der Kosten wurde das vom Bauherrn zur Verfügung gestellte Angebot für den denkmalgerechten Austausch der Fenster inkl. Denkmalgerechtem Sonnenschutz zu Grunde gelegt.*
>
> *Hinweis Dämmung und Putz: Alle vorgeschlagenen Maßnahmen sind im Falle einer geplanten Ausführung frühzeitig mit der Denkmalbehörde abzustimmen.*
>
> *Eine Dämmung der Hoffassaden mit einem WDVS scheint denkbar, wäre aber im nächsten Schritt mit der Denkmalschutzbehörde abzustimmen und dort genehmigen zu lassen.*

Die Förderung ist über zwei Wege möglich:

1. Entweder kann der Kreis Düren als Kommune das KfW-Kreditförderprogramm mit einem Tilgungszuschuss von 5 % für ein Effizienzgebäude Denkmal und einem Zinsvorteil von 1,1 % nutzen
2. Oder die Förderung als BEG-Einzelmaßnahme mit dem Direktzuschuss von 15 % für alle Maßnahmen, bzw. 35 % für die Luft/Wasser-Wärmepumpe inklusive Zubehör.

Die Maßnahme hat folgende Auswirkung auf die U-Werte der transparenten und opaken Bauteile:

Tabelle 42: Gegenüberstellung U-Werte aller betroffenen Bauteile Variante 8

Konstruktion	**Fläche [m²]**	**Kostenansatz [€ / m²]**	**U-Wert alt W/(m²K)**	**U-Wert neu W/(m²K)**
Fensteraustausch, Fensterelement Pax Retro, Denkmalschutz (zum Innenhof)	64	4.050	U_W = 5,0 W/(m²K), g = 0,8	U_W = 1,4 W/(m²K), g = 0,50
Fensteraustausch, Fensterelement Pax Retro, Denkmalschutz (Marktplatz: Süd- und Westfassade)	132	4.050	U_W = 2,7 W/(m²K), g = 0,8	U_W = 1,4 W/(m²K), g = 0,50

Dämmputz, 8 cm WLG050, durchgefärbt	1436	180	1,18…1,51	0,41…0,45
Hauptgesims profiliert	164 m	180	-	-
Unterseitige Dämmung Durchfahrt, 14 cm MW 035 + Putz	30	120	2,75	0,23
Mineralwolle-Dämmung, Massivdecke, 260 mm (WLG035)	982	65	2,75	0,13
Dämmen der Kellerdecken (14 cm / WLG035)	783	95	2,11	0,22

Die nachstehende Abbildung zeigt den Primärenergiebedarf des Gebäudes bei einer Sanierung entsprechend Variante 8 in der Bandtacho-Darstellung eines Energiebedarfsausweises. Dabei wird der Primärenergiebedarf nicht verbrauchsabgeglichen, sondern entsprechend einer Berechnung nach den Berechnungsregeln des GEG dargestellt.

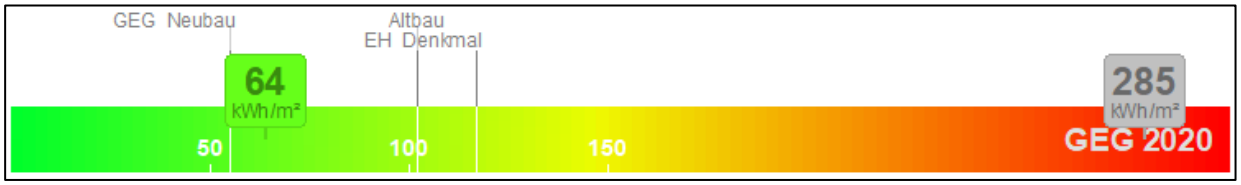


Abbildung 54: Bandtacho Primärenergiebedarf nach GEG-Berechnung - Variante 8

Folgende Kosten wurden in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt:

Tabelle 43: Übersicht der Kosten zur jeweiligen Maßnahme – Variante 8

Kostenrahmen der Variante 8	**Gesamtkosten**	**Energiebedingte Mehrkosten**
Fensteraustausch, Fensterelement Pax Retro, Denkmalschutz -> Uneu=1,4 W/m²K; Natursteinfensterbänke/Zink innen und außen angepasst, Denkmalschutz; Zulage für Beiputz, Laibung, Malerarbeiten	1.185.600 €	608.700 €

Maßnahmen Sommerlicher Wärmeschutz: Mehrkosten Sonnenschutzverglasung, 20% für Verglasung; 80 ST Verschattung außen, Zip Screen	265.108 €	180.958 €
Dämmputz, 6 cm, durchgefärbt	236.940 €	23.694 €
Hauptgesims, profiliert, Abwicklung bis 400 mm; Neuer Dachüberstand, Anschlüsse; Sockel, vorstehend, schräg, glatt, Abwicklung bis 150 mm; Natursteinfensterbänke/Zink, Denkmalschutz; inkl. Zulage für Anpassen Entwässerung und Fassadenanbauteile	124.710 €	9.519 €
Unterseitige Dämmung Durchfahrt, 14 cm MW 035 + Putz	3.450 €	690 €
Mineralwolle-Dämmung, Massivdecke, 260 mm; inkl. 30 % Abdeckung, lastverteilender Plattenbelag, Gipsfaser, 10 mm	66.515 €	66.515 €
Kellerdeckendämmung, Steinwolle WLG035, 14 cm	74.385 €	74.385 €
Anarbeiten Kellerdeckendämmung an Leitungen und Beleuchtung, flankierende Bauteile	20.990 €	20.990 €
100 kW LW-WP inkl. Pufferspeicher, Hocheffizienzpumpe, Verrohrung; inkl. Entsorgung NT-Gaskessel	160.000 €	61.000 €
Hydraulischem Abgleich	43.000 €	4.300 €
LED Ersatzleuchten	207.780 €	20.778 €
Lüftungsanlagen; dezentral Sitzungssaal, Büroräume Süd; 10 Räume	125.000 €	125.000 €
0	0 €	0 €
Architekten- und Ingenieurleistungen	628.370 €	299.132 €
Summe der Kosten netto	3.141.848 €	1.495.661 €
19% MwSt.	596.951 €	284.176 €
Gesamtkosten inkl. Planungskosten und MwSt.	**3.738.800 €**	**1.779.800 €**

Bezüglich der Wirtschaftlichkeit der Maßnahme ergibt sich das folgende Ergebnis:

Tabelle 44: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 8 BEG-Einzelmaßnahmen

Kosten	**Variante 8 Einzelmaßnahmen**
Investitionskosten Brutto (Vollkosten)	3.738.800 €
davon energieeffizienzbedingte Mehrkosten	1.779.800 €
Förderung/ Tilgungszuschuss	507.000 €
Energieeffizienzbedingte Mehrkosten nach Abzug Förderung/ Tilgungszuschuss	1.272.900 €

Energieeinsparung (verbrauchsorientiert)	
Endenergiebedarf	114.088 kWh/a
THG-Einsparung durch die Variante	**183.865 kg/a**
	74%
Endenergieeinsparung durch die Variante	**668.388 kWh/a**
	85%
Energiekosteneinsparung	**123.900 €/a**
Energiekosteneinsparung zzgl. CO2-Preis-Steigerung	**130.400 €/a**
Wirtschaftlichkeit	
Dynamische Amortisation[1] der energieeffizienzbedingten Mehrkosten ohne Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	18 a
Dynamische Amortisation der energieeffizienzbedingten Mehrkosten mit Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	12 a
mittlere Lebensdauer der Sanierungsmaßnahmen	37 a

Tabelle 45: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 8 Kreditförderung

Kosten	**Variante 8 Kredit**
Investitionskosten Brutto (Vollkosten)	3.738.800 €
davon energieeffizienzbedingte Mehrkosten	1.779.800 €
Förderung/ Tilgungszuschuss	242.000 €
Energieeffizienzbedingte Mehrkosten nach Abzug Förderung/ Tilgungszuschuss	1.537.800 €
Energieeinsparung (verbrauchsorientiert)	
Endenergiebedarf	114.088 kWh/a
THG-Einsparung durch die Variante	**183.865 kg/a**
	74%
Endenergieeinsparung durch die Variante	**668.388 kWh/a**
	85%
Energiekosteneinsparung	**123.900 €/a**
Energiekosteneinsparung zzgl. CO2-Preis-Steigerung	**131.800 €/a**
Wirtschaftlichkeit	
Dynamische Amortisation[1] der energieeffizienzbedingten Mehrkosten ohne Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	17 a

Dynamische Amortisation der energieeffizienzbedingten Mehrkosten mit Förderung. Zinsen und Energiepreissteigerung nach Kapitel 2.5.	12 a
mittlere Lebensdauer der Sanierungsmaßnahmen	37 a

Es wird empfohlen, die BEG-Einzelmaßnahmen mit Direktzuschuss zu wählen. Die Entscheidung ist jedoch abhängig von dem hauseigenen Zinssatz des Kreis Düren.

> *Hinweis: bei Inanspruchnahme von BEG-Einzelmaßnahmen-Zuschuss ist es nicht zwingend erforderlich, den sommerlichen Wärmeschutz für ein Effizienzgebäude einzuhalten. Für das Behaglichkeitsgefühl empfehlen wir jedoch eindeutig, die südlichen Aufenthaltsräume mit sommerlichem Wärmeschutz auszustatten.*

Durch Kombination der vorgestellten Maßnahmen werden in dieser Variante 74 % der Treibhausgasemissionen und 85 % der Endenergie eingespart. Ohne Förderungsmittel ist die Maßnahme aufgrund der hohen Ohnehin-Kosten wegen hohen Bauteilalters über eine mittlere Lebensdauer von 37 Jahren nach 18 Jahren wirtschaftlich, da sich über diesen Zeitraum die energieeffizienzbedingten Mehrkosten amortisieren.

Mit den vorgesehenen Maßnahmen wird ein Effizienzgebäude-Denkmal erreicht. In der Abbildung 5 ist dargestellt, dass die Anforderungen daran erfüllt sind – das Effizienzgebäude-Denkmal ist hier dem EH160 gleichzusetzen.

Folgende Fördervorteile sind möglich:

- Förderung aller Bauteile sowie Beleuchtung und Lüftung als BEG-Einzelmaßnahmen mit 15 % Zuschuss
- Förderung der L/W-WP inkl. Zubehör und Hydraulischem Abgleich als BEG-Einzelmaßnahmen mit 35 % Zuschuss
    - Förderzuschuss Wärmepumpe: 25 %
    - Heizungstauschbonus: 10 %.

Durch Inanspruchnahme der Fördermittel ist die Maßnahme empfehlenswert, da sich die energieeffizienzbedingten Mehrkosten der Sanierungsmaßnahmen nach 12 Jahren amortisieren.

8.10 Übersicht der Ergebnisse

Die folgenden Tabellen und Abbildungen stellen eine Übersicht der Energiebedarfswerte aller Varianten im Vergleich dar. Anhand der Ergebnisse wird deutlich, dass signifikante Einsparungspotenziale bei dem Alten Rathaus Jülich vorzufinden sind. Sowohl die thermische Gebäudehülle als auch die Heizungsanlage und Beleuchtung entspricht nicht dem heutigen Stand der Technik und können wesentlich dazu beitragen, den Strom- und Heizwärmebedarf zu senken.

Die folgende Tabelle stellt die primärenergetischen Energiebedarfswerte der Varianten bezogen auf die Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) zusammen. Die GEG-Unterschreitung bezieht sich auf das für Neubauten gültige Anforderungsniveau (Primärenergie 25 % unter Referenzgebäude).

Tabelle 46: Übersicht primärenergetischer Energiebedarfswerte

Variante	Primärenergie-bedarf nach DIN V 18599	Abweichung von GEG „Neubau-Niveau“
	[kWh/m² NGF]	[%]
Bestand	284,6	372,8%
Variante 1	268,1	345,3%
Variante 2	262,6	336,2%
Variante 3	237,1	293,8%
Variante 4	233,5	287,9%
Variante 5	222,0	268,8%
Variante 6	271,1	350,3%
Variante 7a	133,4	121,7%
Variante 7b	100,8	67,4%
Variante 8	63,9	6,1%

Die Gegenüberstellung zeigt, dass die Anforderungen an den Primärenergiebedarf an einen Neubau von allen Varianten noch überschritten wird. Ein Effizienzgebäude Denkmal weicht noch leicht vom Neubau-Niveau nach GEG ab. Dies hängt vor allem mit den großen Fassadenbereichen zusammen, die bilanziell einen hohen Energieverlust darstellen jedoch nur auf einen denkmalschutzgerechten Standard saniert werden können.

Tabelle 47: Übersicht der Anteile für Endenergiebedarfe (verbrauchsabgeglichen)

Variante	Heizung [kWh/a]	Warmwasser [kWh/a]	Beleuchtung [kWh/a]	Belüftung [kWh/a]	Kühlung [kWh/a]	Erzeugung [kWh/a]	**Summe [kWh/a]**
Bestand	599.961	0	182.515	0	0	0	**782.476**
Variante 1	547.048	0	182.515	0	0	0	**729.563**
Variante 2	524.520	0	185.663	0	0	0	**710.183**
Variante 3	448.977	0	182.515	0	0	0	**631.492**
Variante 4	437.701	0	182.515	0	0	0	**620.216**
Variante 5	401.257	0	182.515	0	0	0	**583.772**
Variante 6	556.683	0	182.515	0	0	0	**739.198**
Variante 7a	214.255	0	20.852	2.041	0	0	**237.148**
Variante 7b	157.443	0	20.852	0	0	0	**178.295**
Variante 8	88.382	0	22.047	3.659	0	0	**114.088**

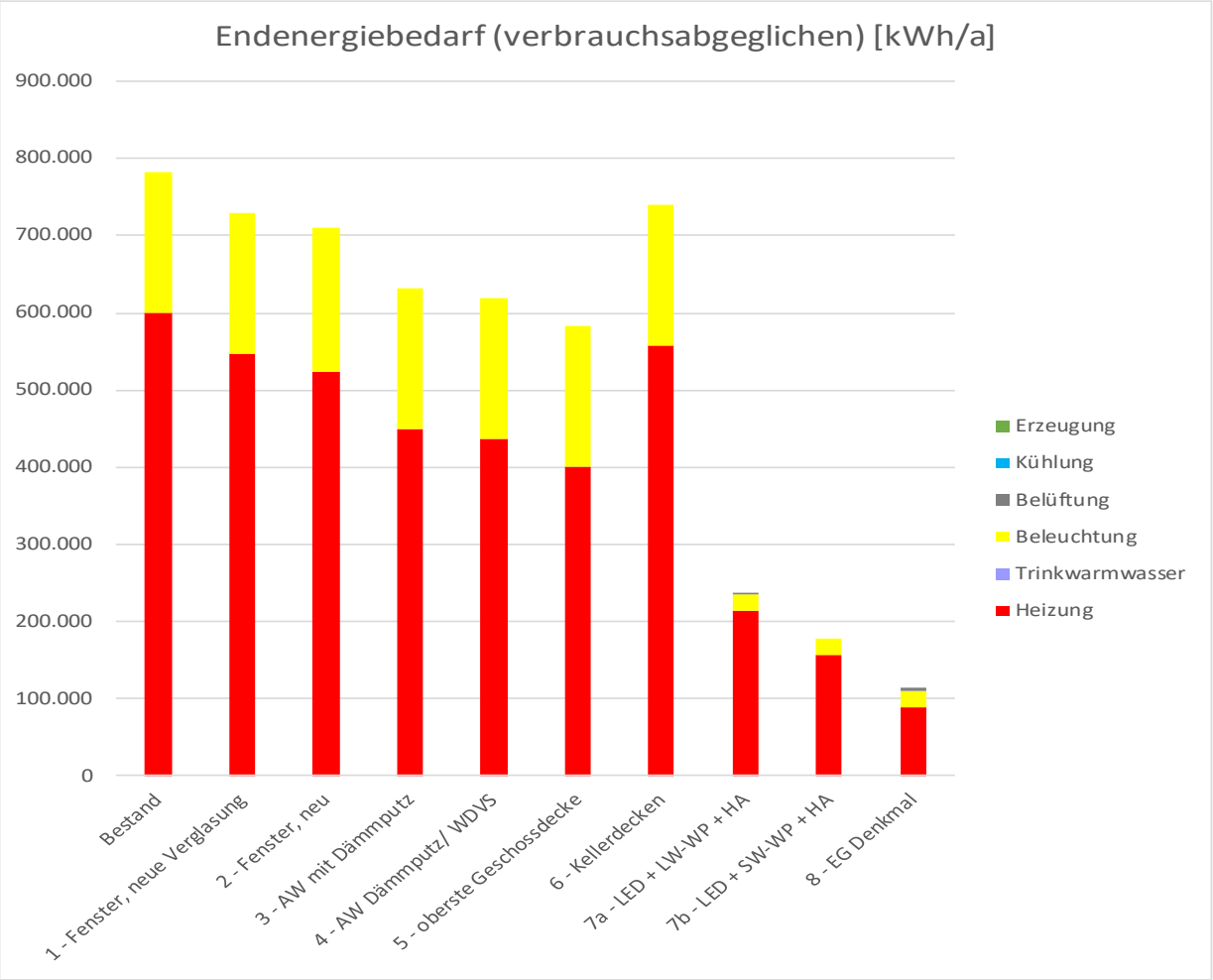


Abbildung 55: Aufteilung des Endenergiebedarfs im Vergleich zwischen Bestand und den Sanierungsvarianten

Tabelle 48: Übersicht der Anteile für Primärenergiebedarf (verbrauchsabgeglichen)

Variante	Heizung [kWh/a]	Warmwasser [kWh/a]	Beleuchtung [kWh/a]	Belüf-tung [kWh/a]	Kühlung [kWh/a]	Erzeugung [kWh/a]	**Summe [kWh/a]**
Bestand	598.642	0	328.527	0	0	0	927.169
Variante 1	546.478	0	328.527	0	0	0	875.005
Variante 2	523.955	0	334.193	0	0	0	858.149
Variante 3	448.708	0	328.527	0	0	0	777.235
Variante 4	437.472	0	328.527	0	0	0	765.999
Variante 5	401.153	0	328.527	0	0	0	729.680
Variante 6	555.998	0	328.527	0	0	0	884.525
Variante 7a	383.218	0	37.534	3.674	0	0	424.425
Variante 7b	284.935	0	37.534	0	0	0	322.469
Variante 8	159.282	0	39.685	6.586	0	0	205.553

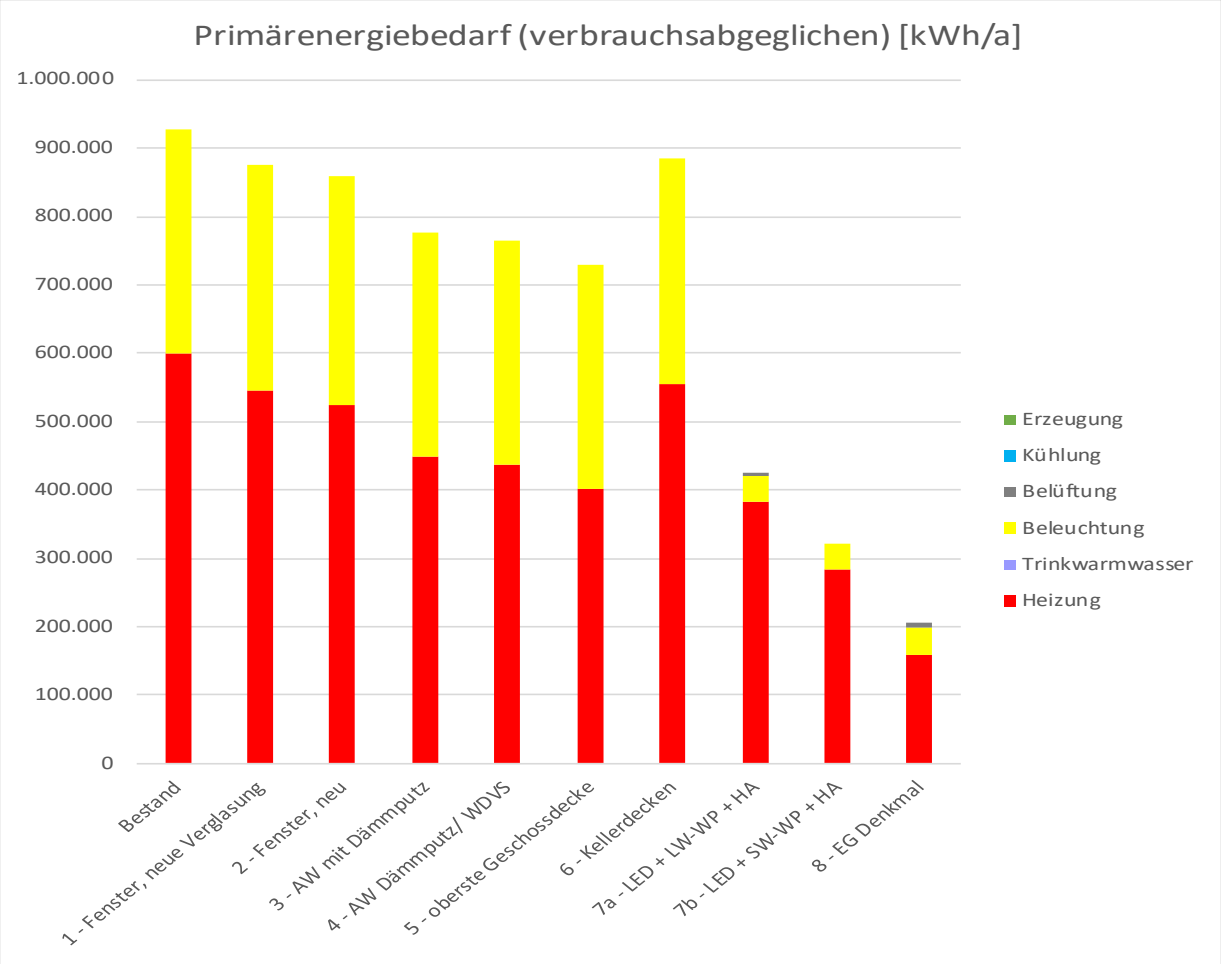


Abbildung 56: Aufteilung des Primärenergiebedarfs im Vergleich zwischen Bestand und den Sanierungs-varianten

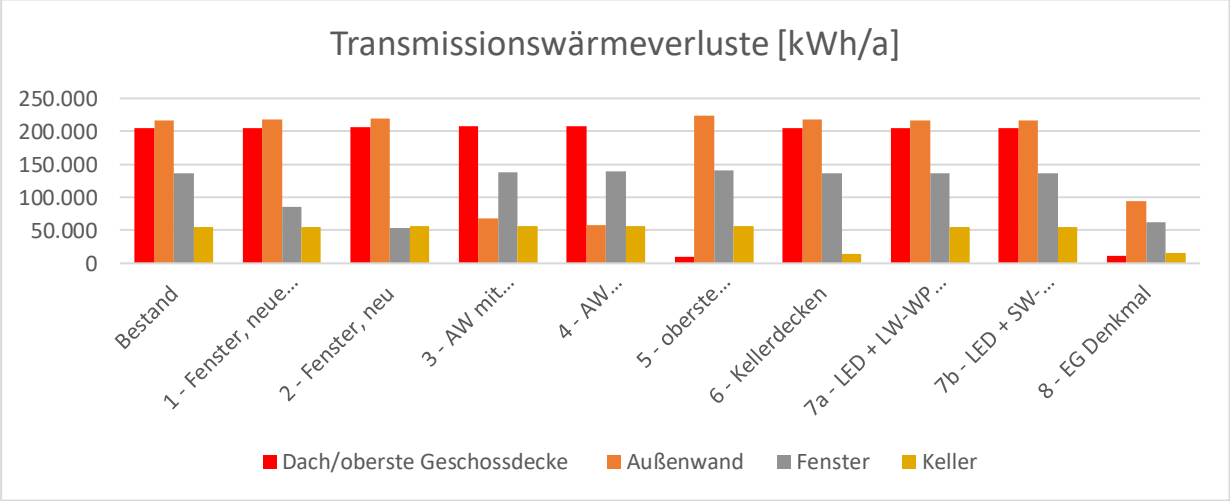


Abbildung 57: Aufteilung des Transmissionswärmeverluste im Vergleich zwischen Bestand und den Sanierungsvarianten

Tabelle 49: Übersicht der gesamten THG-Emissionen (verbrauchsabgeglichen)

Variante	**Summe** [kg/a]	**THG-Einsparung** [kg/a]	[%]
Bestand	247.815	-	-
Variante 1	235.157	12.658	5%
Variante 2	231.438	16.377	7%
Variante 3	211.399	36.416	15%
Variante 4	208.669	39.146	16%
Variante 5	199.845	47.970	19%
Variante 6	237.459	10.356	4%
Variante 7a	131.812	116.003	47%
Variante 7b	100.324	147.492	60%
Variante 8	63.950	183.865	74%

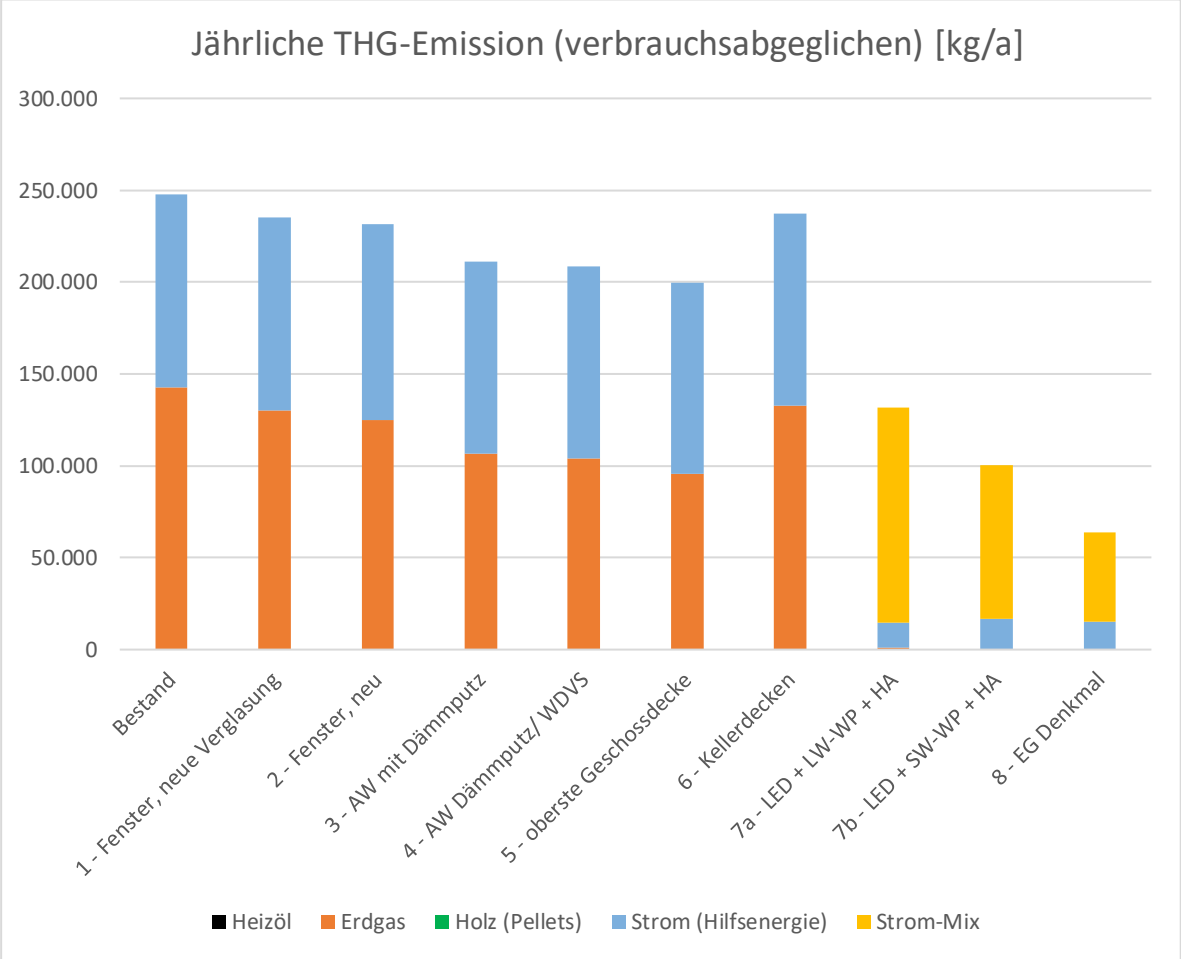


Abbildung 58: Übersicht der Anteile für THG-Emission (verbrauchsabgeglichen)

Tabelle 50: Übersicht der gesamten Energiekosten (verbrauchsabgeglichen)

Variante	**Summe** [€/a]	**Kosteneinsparung** [€/a]	[%]
Bestand	196.089	-	-
Variante 1	187.097	9.000	5%
Variante 2	173.660	9.500	5%
Variante 3	160.998	22.200	12%
Variante 4	159.351	23.900	13%
Variante 5	162.641	33.400	17%
Variante 6	187.362	7.300	4%
Variante 7a	122.049	62.200	34%
Variante 7b	92.714	95.600	51%
Variante 8	59.326	130.400	69%

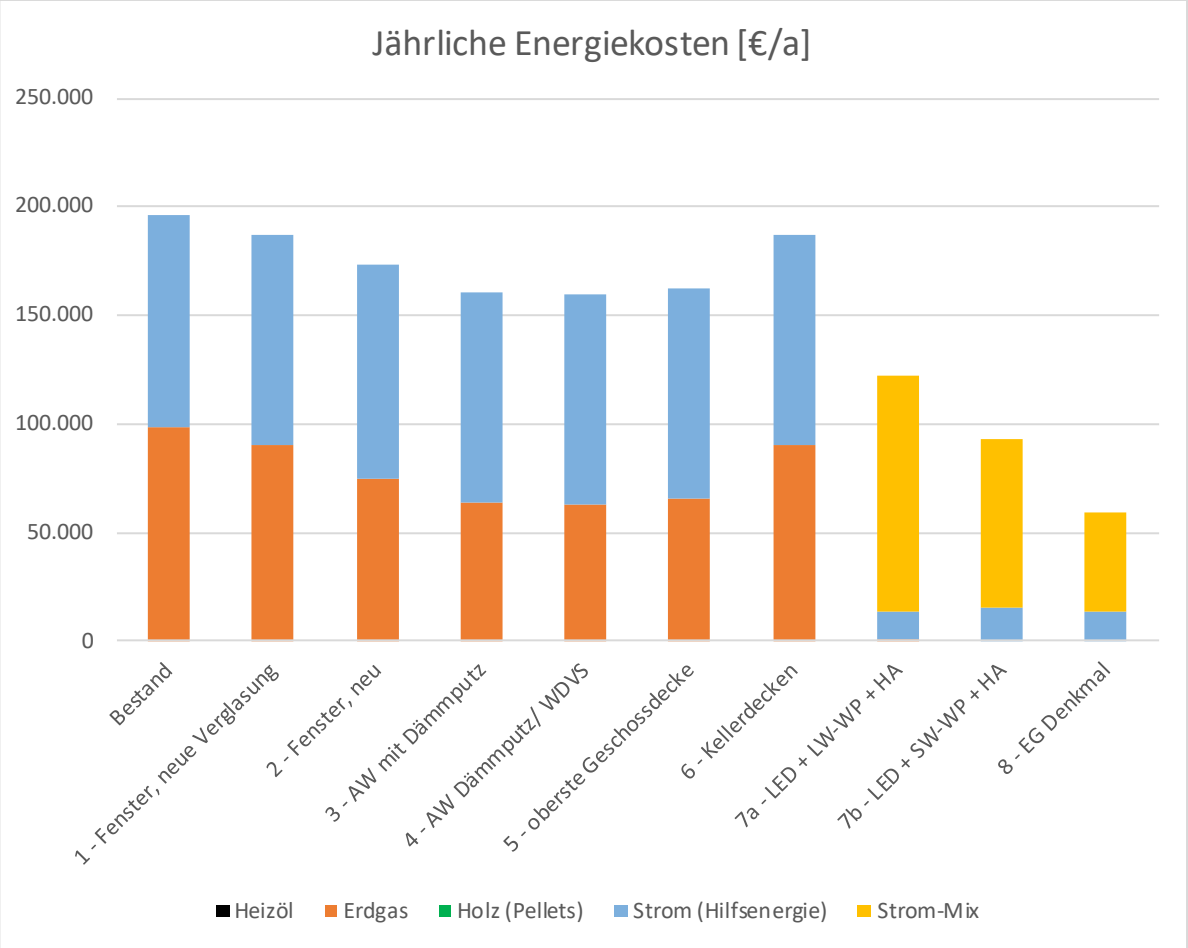


Abbildung 59: Übersicht der Anteile für Energiekosten

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht mit Darstellung des korrigierten Energiebedarfs (verbrauchsorientiert) für Raumheizung, der entsprechenden Heizungskosten sowie der zu erzielenden Einsparungen im Rahmen der vorgeschlagenen Varianten.

Tabelle 51: Variantenübersicht einschl. zugehöriger Kosten und Einsparung (verbrauchsabgeglichen)

Variante	Endenergiebedarf (verbrauchsorientiert)	Endenergieeinsparung		Energiekosten zzgl. CO2-Preis-Steigerung	Kosteneinsparung	
	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[€/a]	[€/a]	[%]
Bestand	782.476	-	-	-	-	-
Variante 1	729.563	52.913	7%	187.097	9.000	5%
Variante 2	710.183	72.293	9%	173.660	9.500	5%
Variante 3	631.492	150.985	19%	160.998	22.200	12%
Variante 4	620.216	162.260	21%	159.351	23.900	13%
Variante 5	583.772	198.704	25%	162.641	33.400	17%
Variante 6	739.198	43.278	6%	187.362	7.300	4%
Variante 7a	237.148	545.328	70%	122.049	62.200	34%
Variante 7b	178.295	604.181	77%	92.714	95.600	51%
Variante 8	114.088	668.388	85%	59.326	130.400	69%

Es zeigt sich, dass hohe Energiekosteneinsparung von bis zu 128.000 Euro möglich sind. Insbesondere die Dämmung der oberen Geschossdecke sowie eine Erneuerung der Anlagentechnik ist an dieser Stelle zu nennen.
Grundsätzlich ist für alle Varianten für die weitere Verfolgung eine vertiefende Planung zu empfehlen. Dabei sollte neben dem Einsatz hocheffizienter Technik und einer intelligenten Steuerung der Konditionierungsbedarf der einzelnen Bereiche angepasst werden. Oft sind durch die Nutzung von Synergieeffekten Kosteneinsparungen möglich.

Die **geschätzten** Investitionskosten, der auf die Investitionskosten entfallende Anteil für die energiebedingten Mehrkosten, sowie die dynamische Amortisationszeit der energiebedingten Mehrkosten durch die Energiekosteneinsparung, sind in der nachstehenden Tabelle dargestellt. **Die Kosten stellen einen groben Kostenrahmen dar, der anhand von Erfahrungswerten ermittelt wurde. Bitte beachten Sie, dass Abweichungen hiervon möglich sind, da zum Zeitpunkt der Konzepterstellung keine detaillierte Planung vorliegt, die eine genauere Einschätzung der Kosten zulassen würde.**

Die energiebedingten Mehrkosten ergeben sich aus dem Restwert der ausgetauschten Bauteile, sofern diese jünger als die mittlere durchschnittliche Nutzungsdauer gemäß BNB [8] oder

VDI 2067 [9] sind, sowie den Mehrkosten für eine Qualität der Bauteile die über den öffentlich-rechtlichen Mindestanforderungen bei einem Austausch ohnehin entstehen.

Tabelle 52: Übersicht der Investitionskosten und Amortisationsdauer

Variante	Energiekos-ten	Investiti-ons-kosten (Vollkos-ten)	Energie-bedingte Mehrkosten	Dynamische Amortisation exkl Förde-rung	Dynamische Amortisation inkl Förderung
	[€/a]	[€]	[€]	[a]	[a]
Bestand	196.089	-	-	-	-
Variante 1	187.097	803.250	160.538	21	21
Variante 2	173.660	1.404.721	140.472	17	sofort wirtschaft-lich
Variante 3	160.998	734.185	78.238	4	sofort wirtschaft-lich
Variante 4	159.351	652.135	70.033	3	sofort wirtschaft-lich
Variante 5	162.641	106.379	106.379	3	3
Variante 6	187.362	141.870	141.870	23	18
Variante 7a	122.049	738.960	255.966	4	2
Variante 7b	92.714	1.646.335	1.163.341	15	10
Variante 8	59.326	3.738.799	1.779.837	18	12

Der Berechnung der dynamischen Amortisationsdauer liegen Zinssatz und Energiepreissteigerung aus Kapitel 2.5 zugrunde.

Die Kosten für Planungsleistungen sind in den o.g. Kosten pauschal berücksichtigt. **Des Weiteren werden für die Wirtschaftlichkeitsberechnung lediglich die energiebedingten Mehrkosten angerechnet.** Der Restbetrag fällt unter die Instandhaltungskosten, welche kontinuierlich gezahlt werden müssen.

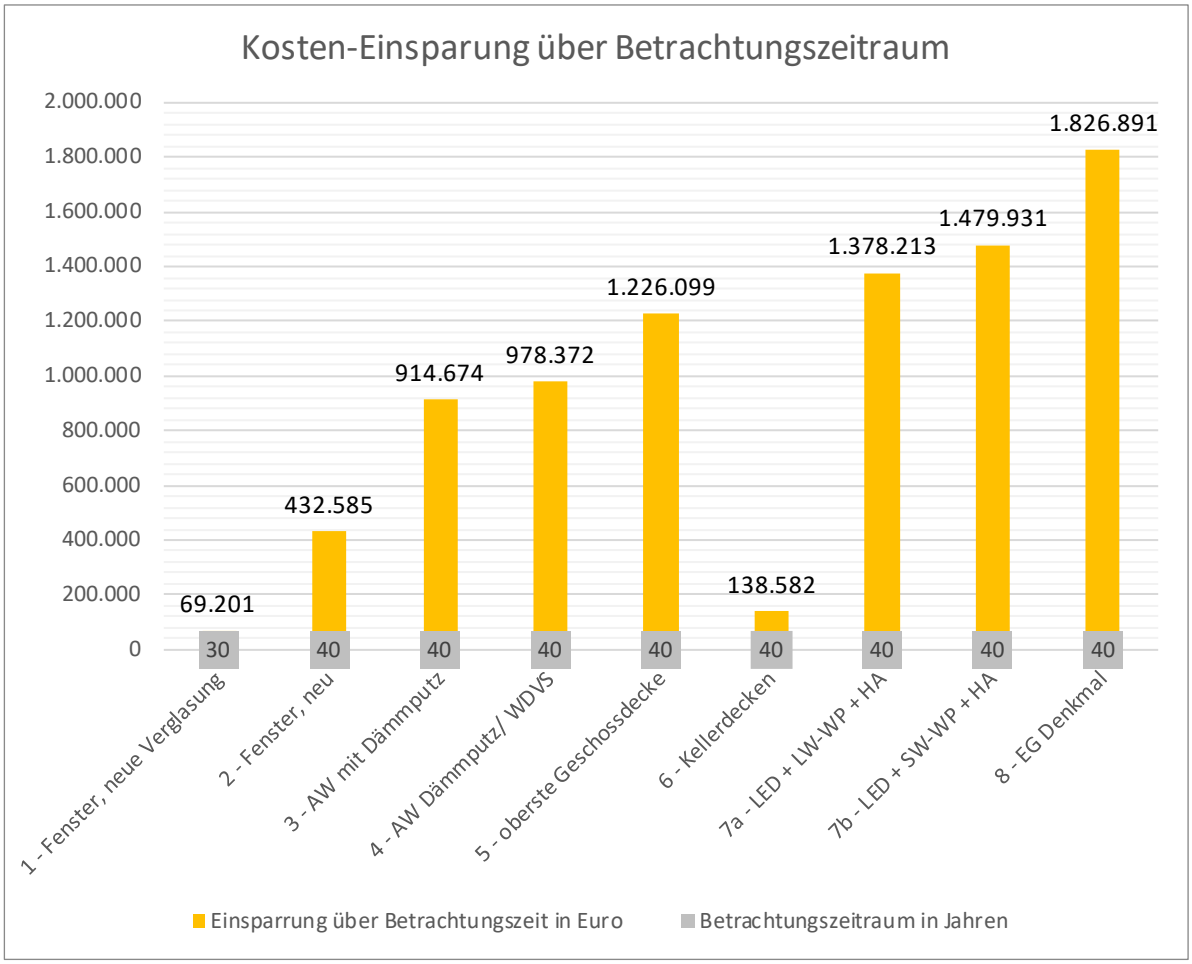


Abbildung 60: Gegenüberstellung der Kosten-Einsparungen nach Abzug der Investition unter Berücksichtigung verschiedener Betrachtungszeiträume sowie im Vergleich mit und ohne Berücksichtigung der CO_2-Bepreisung

Auf Grundlage der zuvor dargestellten Ergebnisse wird vor allem eine Umsetzung der Variante 8 empfohlen. Da die Putzfassade sowie die Fenster aufgrund des hohen Bauteilalters sanierungsbedürftig sind, ist eine energetische Ertüchtigung lohnenswert. Die Maßnahmen zur Dämmung der oberen Geschossdecke sowie der Kellerdecken zeigen sich als sehr wirtschaftlich, da die Investitionskosten geringer sind und gleichzeitig sehr hohe Einsparpotenziale vorhanden sind.

Durch Sanierung der Bauteile wird die Heizlast des Gebäudes deutlich herabgesetzt, sodass eine Erneuerung der Anlagentechnik zur Wärmebereitstellung über eine Wärmepumpe empfehlenswert ist. Ein Austausch der Leuchtmittel durch LED-Ersatzbeleuchtung ist ebenfalls empfehlenswert.

Als Förderung können BEG-Einzelmaßnahmen-Zuschüsse oder die KfW-Kreditförderung für ein Effizienzgebäude Denkmal beansprucht werden.

Mit Umsetzung der Maßnahmen ist eine Endenergieeinsparung von 85 % möglich. Damit stellt sich die Variante 8 zudem als ökologischste aller Varianten heraus.

9 Weitere Empfehlungen

Im Rahmen der Energieberatung werden Energieeffizienzmaßnahmen zur Verbesserung des **Nutzerverhaltens** genannt sowie allgemeine Informationen zu **Fördermöglichkeiten** und weitergehenden Sanierungsmöglichkeiten im Rahmen des **nachhaltigen Bauens** gegeben. Es werden Tipps gegeben, wie durch allgemeine Maßnahmen und den Austausch von Komponenten der Stromverbrauch im Allgemeinen gesenkt werden kann.

9.1 Maßnahme: Hinweise zum Nutzerverhalten

Weiterhin ist zu empfehlen, dass jeder Mitarbeiter sein Nutzerverhalten hinsichtlich Energieeinsparung hinterfragt. Vor allem in den Bereichen Heizen, Beleuchtung, EDV / Multimedia und Küchengeräte kann durch einen energieeffizienten und umweltbewussten Umgang sehr viel Energie und somit auch Geld eingespart werden. Nachfolgend werden einige Nutzungshinweise beschrieben:

Heizen:

- Eine Reduzierung der Raumtemperatur um ein Grand spart ca. 6 % an Heizenergie.

Beleuchtung:

- Schalten Sie das Licht erst an, wenn Sie es wirklich benötigen
- Schalten Sie das Licht aus, wenn Sie den Raum verlassen

EDV / Multimedia:

- Drucken Sie möglichst wenig aus
- Wenn Sie etwas drucken, prüfen Sie, ob das Papier zweiseitig bedruckt werden kann
- Stellen Sie an Ihren PC, falls nicht schon geschehen, den Energiesparmodus ein
- Achten Sie darauf, dass Ihr Bildschirm nach spätestens 15 min. ausgeht (PC verbraucht ca. 30 % und Monitor 70 % Energie)
- Wenn Sie den Arbeitsplatz länger verlassen, schalten Sie den Monitor per Hand aus
- Schalten Sie Zusatzgeräte, wie Drucker, Aktenvernichter erst dann ein, wenn Sie genutzt werden

- Benutzen Sie am Ende eines Arbeitstages immer die Steckdosenleiste, um sicherzustellen das alle Geräte ausgeschaltet sind (Der Stand-by-Betrieb eines PCs samt Monitor kostet bei einem günstigen Stromtarif ca. 5 € im Jahr)

9.2 Maßnahme: Verbesserung der Energieeffizienz von EDV-Geräten

Bei der routinemäßigen Erneuerung von EDV-Komponenten (PC, Monitore, Drucker, etc.) sollten mindestens die Vorgaben des „**Energy Star**"-Labels für energieeffiziente EDV-Technik berücksichtigt werden.
Weitere Informationen zu diesem Thema finden Sie in einem Leitfaden der Deutschen Energieagentur zur Beschaffung energiesparender Bürogeräte:
https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/Leitfaden_Energieeffiziente_Buerogeraete_beschaffen.pdf

9.3 Maßnahme: Verbesserung der Energieeffizienz von Beleuchtungsprodukten

Bei der routinemäßigen Erneuerung der Beleuchtung sollten die vorhandenen Leuchtmittel, bestehend aus stabförmigen Leuchtstofflampen und Glühlampen (partiell), durch moderne und effiziente LED-Technik ersetzt werden. In einigen Bereichen ist dies bereits erfolgt. Von einem grundsätzlichen Austausch wird abgeraten.

Zusätzlich können Bewegungsmelder installiert werden, um zu gewährleisten, dass die Beleuchtung nur dann im Betrieb ist, wenn diese auch benötigt wird. In den Fluren eignen sich Präsenzmelder für die Wandmontage mit einem Erfassungsbereich von 180°.
In den Büroräumen würde sich vor allem ein an der Decke montierter Präsenzmelder lohnen. Diese stellen die Anwesenheit von Personen fest, ohne dass diese sich bewegen müssen. An der Decke montiert kann ein Präsenzmelder meist alle im Raum anwesenden Personen erfassen.

9.4 Einsatz von dezentralen Lüftern mit Wärmerückgewinnung

Je besser ein Gebäude wärmegedämmt wird und je geringer die Verluste bei der Wärmeerzeugung werden, desto stärker fallen die Lüftungswärmeverluste ins Gewicht. Frische Luft ist erforderlich, um die von der Atmung verbrauchte, sauerstoffarme Luft zu ersetzen und Schadstoffe sowie Feuchtigkeit abzutransportieren. Während Gebäude früher auch ohne kontrollierte

Lüftung funktioniert haben, funktioniert dies im sanierten Zustand oft nicht mehr. Dies hängt damit zusammen, dass zuvor in der Regel undichte Fenster eingebaut waren. Dies bewirkte eine Art Zwangslüftung mit entsprechenden Wärmeverlusten.

Um den Feuchteschutz nach der Sanierung zu gewährleisten wird daher eine kontrollierte Raumlüftung mit dezentralen Lüftern und einer Wärmerückgewinnung empfohlen. Diese Technik hat den Vorteil, dass sie einfach und unabhängig von anderen Maßnahmen installiert werden kann. Hierzu ist in einigen Räumen ein Durchbruch durch die Wand, z. B. mittels einer Kernbohrung, erforderlich. In diese Öffnung wird das Lüftungsgerät eingesetzt. Zudem ergeben sich eine Reihe von weiteren Vorteilen, wie beispielsweise Lärmschutz, Reduzierung der Verunreinigungen in der Zuluft (durch entsprechende Filterung) bis hin zur Pollenfreiheit.

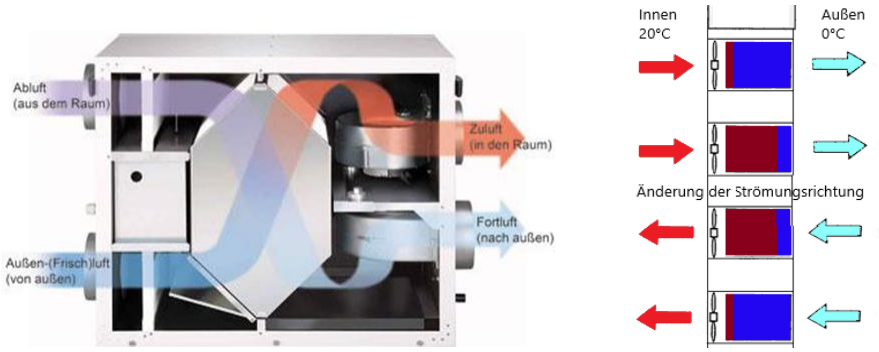


Abbildung 61: Die beiden Prinzipskizzen der beiden Arten von dezentralen Lüftungsgeräten

Es gibt es zwei Arten von dezentralen, wärmerückgewinnenden Lüftungssystemen. Die eine Art hat einen integrierten Kreuzwärmetauscher der gleichzeitiges be- und entlüften ermöglicht. Die Luft strömt durch mehrere kleine und gut wärmeleitende „Röhrchen“ aneinander vorbei Damit wird das Temperaturniveau der Außenluft durch die Wärme der vorbeiströmenden Innenluft angehoben.

Die Alternative sind zwei Lüfter mit keramischen Wärmetauschern, die im Pendelbetrieb arbeiten. Beim Pendelbetrieb wird erst die verbrauchte Luft für ca. 70 Sekunden abgesaugt. Gleichzeitig arbeitet ein weiterer, identischer Lüfter entgegengesetzt und bläst frische Luft in den Raum, um den Luftdruck stabil zu halten. Nach 70 Sekunden wechseln die Lüfter ihre Strömungsrichtung. Der Keramikkern hat eine große Oberfläche mit hoher Wärmespeicherfähigkeit. Der Kern erwärmt sich im Abluftbetrieb und gibt die Wärme im Zuluftbetrieb wieder ab.

Beide Systeme kosten in etwa gleich viel, jedoch besteht bei Systemen mit zwei Lüftern, die Möglichkeit Räume durch Überstromöffnungen zu verbinden und damit eine größere Fläche abzudecken.

9.5 Informationen über anwendbare Zuschüsse und Beihilfen

Zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Nutzung erneuerbarer Energien werden derzeit u.a. die nachfolgend beschriebenen Fördermöglichkeiten angeboten. Diese Auflistung ist nicht abschließend. Da sich Förderprogramme und deren Konditionen häufig ändern, informieren Sie sich bitte immer aktuell mit Hilfe der angegebenen Internetadressen.

Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen

Der Bund fördert Einzelmaßnahmen zur energetischen Verbesserung bestehender Gebäude mit hohen Förderquoten. Gefördert werden Maßnahmen an der Gebäudehülle, der Einbau erneuerbarer Wärmeerzeuger sowie Maßnahmen an der sonstigen Gebäudetechnik und zur Heizungsoptimierung. Die Förderung erfolgt als prozentualer Investitionszuschuss über das BAFA.

Die geförderten Maßnahmen und die jeweiligen Förderquoten sind in der folgenden Abbildung dargestellt:

Einzelmaßnahmen Zuschuss	Zuschuss	iSFP-Bonus	Heizungstausch	Effiziente Wärmepumpe	Max. Fördersatz
Solarthermie	25 %	-	10 %	-	35 %
Biomasse	10 %	-	10 %	-	20 %
Wärmepumpe	25 %	-	10 %	5 %	40 %
Innovative Heizungstechnik	25 %	-	10 %	-	35 %
EE-Hybrid	25 %	-	10 %	5 %	40 %
EE-Hybrid mit Biomasseheizung	20 %	-	10 %	5 %	35 %
Wärmenetzanschluss	25 %	-	10 %	-	35 %
Gebäudenetzanschluss	25 %	-	10 %	-	35 %
Gebäudenetz Errichtung/Erweiterung	25 %	-	-	-	25 %

Gebäudehülle	15 %	5 %	-	-	20 %
Anlagentechnik	15 %	5 %	-	-	20 %
Heizungsoptimierung	15 %	5 %	-	-	20 %

Abbildung 62: Förderübersicht BEG-Einzelmaßnahmen

Weitere Informationen finden Sie unter https://oekozentrum.nrw/beg.

Bundesförderung für effiziente Gebäude - Sanierung zum Effizienzgebäude

Der Bund fördert systemische Sanierungen von Nichtwohngebäuden auf ein Effizienzgebäude-Niveau mit hohen Förderquoten. Gefördert werden alle energetischen Sanierungsmaßnahmen, die zum Erreichen des jeweiligen energetischen Niveaus erforderlich sind. Bei einer überwiegenden Versorgung aus erneuerbaren Energien (mind. 65 %) oder einer Nachhaltigkeitszertifizierung erhöht sich die Förderquote.

Die Förderung erfolgt über die KfW als prozentualer Investitionszuschuss oder als Kredit mit Tilgungszuschuss.

Die geförderten Effizienzgebäude-Stufen und die jeweiligen Förderquoten sind in der folgenden Abbildung dargestellt:

Förderstufen Sanierung Kredit	Standardförderung		Boni			Max. Fördersatz
	Tilgungs-zuschuss	Zinsvorteil max.	EE-Klasse	NH-Klasse	WPB-Bonus	
EH/EG Denkmal	5 %	15 %	5 %	5 %		25 %
EH 85 (nur WG)	5 %	15 %	5 %	-		25 %
EH/EG 70	10 %	15 %	5 %	5 %		30 %
EH/EG 55	15 %	15 %	5 %	5 %	5 %	40%
EH/EG 40	20 %	15 %	5 %	5 %	5 %	45 %

Abbildung 63: Förderübersicht BEG-Nichtwohngebäude - Sanierung zum Effizienzgebäude

Weitere Informationen finden Sie unter https://oekozentrum.nrw/beg.

9.6 Nachhaltiges Bauen

Der vorliegende Energieberatungsbericht sollte als Teil einer umfassenden Bestandsanalyse und Untersuchung von Varianten gesehen werden. Darüber hinaus kann er ein wichtiger Baustein für das nachhaltige Bauen darstellen. Durch eine Verwendung von Baustoffen, die klimaschutzoptimiert sind, lässt sich der benötigte Rohstoffverbrauch um etwa die Hälfte senkten. Hier hat die Holzrahmenbauweise im Vergleich zu Gebäuden in Massivbauweise Vorteile. Die dafür erforderlichen Mehrkosten machen einen geringen Teil des Investitionsvolumen aus [10].

Hinweise zur umfassenden Bestandsanalyse

Die Qualität der Bestandsanalyse ist beim Bauen im Bestand von entscheidender Bedeutung für die grundlegende Bauentscheidung und den darauf aufbauenden Planungs- und Bauprozess. Durch die Bestandsanalyse während der Projektvorbereitung können Planungsunsicherheiten sowie die damit einhergehenden Kostenrisiken (z. B. durch eventuelle Schadstoffbelastungen, ungeklärte Feuchteverhältnisse oder unbekannte Konstruktionsteile) wesentlich verringert werden. Eine hochwertige Bestandsanalyse bildet eine optimale Grundlage für eine nachhaltige Projektumsetzung auch im Hinblick auf den Lebenszyklus des Gebäudes.

Aufbauend auf einer umfassenden Bestandsanalyse sollte in der Projektvorbereitung („Leistungsphase 0“) eine Bedarfsaufstellung mit Qualitätszielen erfolgen, in der auch die energetisch relevanten Anforderungen (z. B. Lüftungsraten, Klassifikation des thermischen Komforts, Mess- und Monitoringkonzept) präzisiert werden, die der Energieberatungsbericht nur pauschalisierend berücksichtigen kann. Hierfür empfehlen wir, die Instrumente des Nachhaltigen Bauens aus dem Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) einzusetzen. Damit können die Interessen von Bauherren, Betreibern und Nutzern strukturiert erfasst und dabei auch politische Rahmenbedingungen wie Klimaschutz, Ressourceneffizienz, Klimafolgenanpassung sowie baukulturelle Aspekte einbezogen werden.

Hinweise zum nachhaltigen Bauen

Neben den im Energieberatungsbericht beschriebenen Maßnahmen können im Rahmen des Nachhaltigen Bauens – ausgehend von der zuvor beschriebenen Projektvorbereitung – weitere Aspekte betrachtet werden. Dies sind beispielsweise die Vermeidung von Schadstoffen bei der Baustoffauswahl, die Berücksichtigung von Reinigungsaufwand und Lebensdauer der Bauteile oder die Verbesserung der Raumakustik.

Zu Projektbeginn werden dazu mit allen Planungsbeteiligten die Ziele für die einzelnen Nachhaltigkeitsaspekte festgelegt. Während der Planung kann durch Konzepte und Variantenuntersuchungen eine möglichst optimale Lösung für das Gebäude ermittelt werden. Bis zur Fertigstellung wird die Erreichung der Ziele regelmäßig überprüft und nachgewiesen. Dafür kann das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) eingesetzt werden.

Vorteile für Bauherren durch das nachhaltige Bauen sind beispielsweise:

Definition, Abstimmung und laufende Überprüfung differenzierter Planungsziele, Qualitätssicherung des Planungsprozesses, Vermeidung von Risiken, Planung unter Betrachtung des gesamten Lebenszyklus des Gebäudes (Minimierung der Gesamtkosten und der Umweltauswirkungen), Dokumentation der erreichten Nutzungs- und Bauqualität.

9.7 Informationen zum GEIG (Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz)

Das Gesetz soll, so das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), den Ausbau der Leitungs- und Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität im Gebäudebereich beschleunigen, ohne sich negativ auf die Bezahlbarkeit des Bauens und Wohnens auszuwirken. Mit dem Gesetz werden für **Wohn- und Nichtwohngebäude** im Rahmen des Neubaus und größerer Renovierungsarbeiten u. a. folgende Maßnahmen verpflichtend:

- Neubau Wohngebäude (mit mehr als fünf Stellplätzen):
  Jeder Stellplatz muss mit Schutzrohren für Elektrokabel ausgestatten werden.
- Neubau Nichtwohngebäude (mit mehr als sechs Stellplätzen):
  Jeder dritte Stellplatz muss mit Schutzrohren für Elektrokabel ausgestattet werden. Zusätzlich muss mindestens ein Ladepunkt errichtet werden.
- Größere Renovierung Wohngebäude (mit mehr als zehn Stellplätzen):
  Jeder Stellplatz muss mit Schutzrohren für Elektrokabel ausgestattet werden.
- **Größere Renovierung Nichtwohngebäude (mit mehr als zehn Stellplätzen):**
  ***Jeder fünfte Stellplatz* muss mit Schutzrohren für Elektrokabel ausgestattet werden. Zusätzlich muss mindestens ein Ladepunkt errichtet werden.**

Ab dem **1. Januar 2025** muss jedes Nichtwohngebäude mit mehr als zwanzig Stellplätzen mit mindestens einem Ladepunkt ausgestattet werden. Zusätzlich wurde eine Quartierslösung aufgenommen und es wird die Möglichkeit geschaffen, die Ladepunkt-Verpflichtungen bei Nichtwohngebäuden gebündelt an einem oder mehreren Standorten zu erfüllen.

Auch Ausnahmeregelungen sind vorgesehen, diese betreffen u. a.:

- Nichtwohngebäude, die sich im Eigentum von kleinen und mittelständischen Unternehmen befinden und vorwiegend selbst genutzt werden
- Kosten für die Bereitstellung der geforderten Lade- und Leitungsinfrastruktur, die sieben Prozent der Gesamtkosten einer größeren Renovierung überschreiten

9.8 Hinweis zur Prüfpflicht von Solarenergie nach GEG §4 Absatz 2

Die neue Prüfpflicht für Solarenergie aus §4 Absatz 2 gibt vor, dass bei jedem Neubau und jeder grundlegenden Renovierung (z.B. Austausch des Wärmeerzeugers und/oder Sanierung von >20% der Gebäudehülle innerhalb von 2 Jahren) eines öffentlichen Gebäudes geprüft werden muss, ob und in welchem Umfang PV oder Solarthermie genutzt werden können.

10 Unterzeichnung

Bitte beachten Sie, dass dieser Bericht keine Ausführungsplanung darstellt. Für die Planung und Umsetzung der Maßnahmen sollten Fachplaner konsultiert werden.

Dieser Bericht darf nur mit schriftlicher Genehmigung des Öko-Zentrum NRW als Ganzes oder auch nur in Teilen veröffentlicht werden.

Der Bericht umfasst 106 Seiten zuzüglich Anlagen.

Hamm, 13. September 2023

O. Goecke	A. Röttger
.....	.....
i.A. Oliver Goecke	Anna-Lena Röttger
Dipl.-Ing. Architekt	M. Sc. Bauingenieurwesen

11 Anhang

11.1 Relevante Normen, Vorschriften und Literatur

Die relevanten Normen, Vorschriften sowie betreffende Literatur, auf denen die Energieberatung aufbaut, sind in Tabelle 55 aufgeführt.

Tabelle 53: Relevante Normen und Vorschriften

	Nr./ Standard / Rechtsquelle / Vorschrift
[1]	Richtlinie „Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme“ (EBN) vom 13. November 2020
[2]	Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand; BMWi[8], Stand 07.04.2015
[3]	U-Werte alter Bauteile. Arbeitsunterlagen zur Rationalisierung wärmeschutztechnischer Berechnungen bei der Modernisierung; Institut für Bauforschung e.V. Hannover
[4]	Leitfaden Energetische Gebäudebilanzierung nach DIN V 18599, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 1. Auflage, Stand 11-2011
[5]	DIN V 18599 - Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung, Teil 1 bis 10, Ausgabe 2018
[6]	Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand, BMWi[14], Stand 07.04.2015
[7]	Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG), Anlage 7 (zu § 48) Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten von Außenbauteilen bei Änderung an bestehenden Gebäuden, Stand 08.08.2020
[8]	Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem nachhaltiges Bauen (BNB), Stand 24.02.2017; BBSR
[9]	VDI-Richtlinie 2067 Blatt 1, Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung. Verein Deutscher Ingenieure, Ausgabe September 2012
[10]	„Die graue Energie: Der entscheidende Hebel für den Klimaschutz beim Bauen“ – Bauwende e.V. Mai 2020

[8] BMWi: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

11.2 Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen

CO_2	Kohlenstoffdioxid
THG	Treibhausgase
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
kWh/a	Kilowattstunden je Jahr
$kW_{th.}$	Kilowatt thermisch
$kW_{el.}$	Kilowatt elektrisch
K	Kelvin
H	Stunde
m^3	Gebäudevolumen
°C	Temperatur
U	Wärmedurchgangskoeffizient
BHKW	Blockheizkraftwerk
$kWh_{th.}$	Jährlich erzeugte thermische Energie
$kWh_{el.}$	Jährlich erzeugte elektrische Energie
Amortisation	Zeit, in welcher die eingesetzte Investition wieder zurückgeflossen ist. Eine Maßnahme/ Maßnahmenpaket hat sich amortisiert, wenn die Zeit kleiner als die Nutzungsdauer/ Lebensdauer der sanierten bzw. erneuerten Bauteile ist.
Vollkosten	Als Vollkosten werden alle Kosten von Sanierungsmaßnahmen an energetisch relevanten Bauteilen und Anlagenbereichen bezeichnet.
Energiebedingte Mehrkosten	Die energiebedingten Mehrkosten umfassen nur die Kosten, die zusätzlich zur reinen Instandhaltungsmaßnahme entstehen. Dazu gehören zum Beispiel die Kosten für die Wärmedämmung inklusive deren Befestigung, nicht aber die Kosten, die ohnehin entstanden wären, also beispielsweise die Einrüstung des Gebäudes oder ein neuer Anstrich.

11.3 Verzeichnis der verwendeten Abbildungen

Abbildung 1: Gebäudebewertung mit Standardrandbedingungen 7
Abbildung 2: Jährlicher Endenergiebedarf im Vergleich (verbrauchsabgeglichen) [kWh/a] 11
Abbildung 3: Vergleich der Energiekosten Bestand und Sanierungsmaßnahmen 11
Abbildung 4: Vergleich der jährlichen THG-Emissionen (verbrauchsabgeglichen)..... 12
Abbildung 5: Bandtacho der Variante 8 mit Standard-Randbedingungen..... 15
Abbildung 6: Qualitative Entwicklung des Primärenergiebedarfs, FIW München 2017..... 19
Abbildung 7: Lageplan, Quelle: www.tim-online.nrw.de (GeoBasis-DE / BKG 2020, Geobasis NRW)..... 23
Abbildung 8: Luftbild, Quelle: www.tim-online.nrw.de (GeoBasis-DE / BKG 2020, Geobasis NRW)..... 23
Abbildung 9: Übersicht Farbskala mit Zuordnung der Zonen gemäß DIN V 18599 Teil 10..... 25
Abbildung 10: Zonierung Untergeschoss 26
Abbildung 11: Zonierung Erdgeschoss 26
Abbildung 12: Zonierung Obergeschoss 1 27
Abbildung 13: Zonierung Obergeschoss 2 27
Abbildung 14: Zonierung Dachgeschoss 1..... 28
Abbildung 15: Zonierung Dachgeschoss 2 (unbeheizt in allen Gebäudeteilen) 28
Abbildung 16: Ansicht Südwest 29
Abbildung 17: Ansicht Nordost 29
Abbildung 18: Ansicht Süd 30
Abbildung 19: Ansicht Nord..... 30
Abbildung 20: Südansicht Haupteingang 31
Abbildung 21: Ansicht Süd-West Hauptgebäude und Gebäudeteil Süd-Ost // Natursteinfassade im EG des Gebäudeteils Süd-Ost..... 31
Abbildung 22: Ansicht West Hauptgebäude (Düsseldorfer Straße) // Ansicht West Hauptgebäude und Gebäudeteil Nord 32
Abbildung 23: Ansicht West Gebäudeteil Nord/ Übergang zum Anbau 2019 // Farbe Bestandsputz 32

Abbildung 24: Ansicht Ost (vom Innenhof) Gebäudeteil Nord/ Übergang zum Anbau 2019 // Ansicht Nord-Ost mit Hintereingang 32
Abbildung 25: Ansicht Ost (vom Innenhof), Fahrstuhlschacht und Treppenhaus // Ansicht Nord (vom Innenhof) 33
Abbildung 26: Hintereingang Ostfassade // Zinkfensterbänke // Natursteinfensterbänke (Marktplatz) 33
Abbildung 27: Aufbau der Außenwände des Hauptgebäudes 34
Abbildung 28: Aufbau der Außenwände der Gebäudeteile Nord und Süd 35
Abbildung 29: Aufbau der Innenwände zu unbeheizten Räumen 35
Abbildung 30: Aufbau der erdberührenden Außenwände 35
Abbildung 31: Aufbau der obersten Geschossdecke zum unbeheizten Dachraum 36
Abbildung 32: Aufbau der Bodenplatte auf Erdreich 37
Abbildung 33: Aufbau der Kellerdecke 37
Abbildung 34: Gas-Brennwertheizkessel Vertomat, Viessmann // Niedertemperaturkessel Paromat-Triplex, Viessmann 40
Abbildung 35: Pumpen und Verteilleitungen 40
Abbildung 36: Übersicht installierte Lampenleistung und Beleuchtungskontrolle je Zone - IST-Zustand (A = Fläche des Bereichs; A_w = Fensterfläche; A_TL Tageslichtabdeckung bei Tag; E_m = benötigte Beleuchtungsstärke; P_el = resultierende elektrische Leistung in W/m²) 42
Abbildung 37: Beleuchtung beispielhaft 42
Abbildung 38: Vorhänge im Saal zur Verringerung der Sonneneinstrahlung 43
Abbildung 39: Übersicht Zoneneinteilung des Gebäudes inkl. Nutzfläche (A_{NGF}) nach DIN V 18599 sowie Farbcode für Konditionierung (Grün = Lüftung, Rot = Heizung, Blau = Warmwasser, Gelb = Beleuchtung) 44
Abbildung 40: Anteil der Zonen an der beheizten Bezugsfläche 44
Abbildung 41: Aufteilung der absoluten Transmissionswärmeverluste je Bauteilkategorie im IST-Zustand 46
Abbildung 42: Bandtacho Primärenergiebedarf IST-Zustand gemäß Standard-Randbedingungen 46
Abbildung 43: Kostenverständnis bei energetischen Sanierungen (Bildquelle: www.dena.de) 52
Abbildung 44: Genauigkeit der Kostenermittlung im Bauwesen mit fortschreitender Planungstiefe 53

Abbildung 45: Bandtacho Primärenergiebedarf nach GEG-Berechnung - Variante 1 57
Abbildung 46: Denkmalschutzgerechte Maßanfertigung, dem Originalfenster nachgestellt ... 60
Abbildung 47: Bandtacho Primärenergiebedarf nach GEG-Berechnung - Variante 2 62
Abbildung 48: Bandtacho Primärenergiebedarf nach GEG-Berechnung - Variante 3 65
Abbildung 49: Bandtacho Primärenergiebedarf nach GEG-Berechnung - Variante 4 69
Abbildung 50: Bandtacho Primärenergiebedarf nach GEG-Berechnung - Variante 5 72
Abbildung 51: Bandtacho Primärenergiebedarf nach GEG-Berechnung - Variante 6 75
Abbildung 52: Bandtacho Primärenergiebedarf nach GEG-Berechnung - Variante 7a 78
Abbildung 53: Bandtacho Primärenergiebedarf nach GEG-Berechnung - Variante 7b 79
Abbildung 54: Bandtacho Primärenergiebedarf nach GEG-Berechnung - Variante 8 84
Abbildung 55: Aufteilung des Endenergiebedarfs im Vergleich zwischen Bestand und den Sanierungsvarianten..... 89
Abbildung 56: Aufteilung des Primärenergiebedarfs im Vergleich zwischen Bestand und den Sanierungsvarianten..... 90
Abbildung 57: Aufteilung des Transmissionswärmeverluste im Vergleich zwischen Bestand und den Sanierungsvarianten 91
Abbildung 58: Übersicht der Anteile für THG-Emission (verbrauchsabgeglichen) 92
Abbildung 59: Übersicht der Anteile für Energiekosten 93
Abbildung 60: Gegenüberstellung der Kosten-Einsparungen nach Abzug der Investition unter Berücksichtigung verschiedener Betrachtungszeiträume sowie im Vergleich mit und ohne Berücksichtigung der CO_2-Bepreisung..... 96
Abbildung 61: Die beiden Prinzipskizzen der beiden Arten von dezentralen Lüftungsgeräten 100
Abbildung 62: Förderübersicht BEG-Einzelmaßnahmen.....102
Abbildung 63: Förderübersicht BEG-Nichtwohngebäude - Sanierung zum Effizienzgebäude 102

11.4 Verzeichnis der verwendeten Tabellen

Tabelle 1: Übersicht der Energie- und Kosteneinsparungen (verbrauchsabgeglichen) 10
Tabelle 2: Übersicht der Kosten zur jeweiligen Maßnahme – Variante 8 13
Tabelle 3: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 8 Einzelmaßnahmen .. 14
Tabelle 4: Effizienzgebäude-Stufen 15
Tabelle 5: Übersicht verwendeter Energieträger und Verbrauchskosten 17
Tabelle 6: Brennstoffbezogene Emissionsfaktoren 19
Tabelle 7: Klimafolgekosten 21
Tabelle 8: Allgemeine Rahmendaten über das Beratungsobjekt 24
Tabelle 9: Übersicht der transparenten Bauteile im IST-Zustand 38
Tabelle 10: Übersicht U-Werte der opaken Bauteile im IST-Zustand mit Vergleich zu Anforderungen nach GEG und BEG-EM 39
Tabelle 11: Übersicht U-Werte der transparenten Bauteile sowie Außentüren im IST-Zustand mit Vergleich zu Anforderungen nach GEG und BEG-EM 39
Tabelle 12: Übersicht zur Wärmeerzeugung, Verteilung und Übergabe 41
Tabelle 13: Zusammenstellung der wärmeübertragenden Gebäudehüllfläche 45
Tabelle 14: Übersicht Primärenergiebedarf des Gebäudes im IST-Zustand 47
Tabelle 15: Übersicht der Endenergiebedarfe des Gebäudes im IST-Zustand 47
Tabelle 16: Übersicht des Bedarfs aufgeteilt nach Energieträgern, IST-Zustand 47
Tabelle 17: Übersicht der THG-Emissionen nach Energieträgern – IST-Zustand 47
Tabelle 18: Übersicht der witterungsbereinigten Verbrauchsdaten 48
Tabelle 19: Übersicht Energiebedarf und -verbrauch inkl. Umrechnungsfaktor 49
Tabelle 20: Gegenüberstellung U-Werte aller betroffenen Bauteile Variante 7 57
Tabelle 21: Übersicht der Kosten Instandsetzung der Solaranlage – Variante 1 57
Tabelle 22: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 1 58
Tabelle 23: Gegenüberstellung U-Werte aller betroffenen Bauteile Variante 7 61
Tabelle 24: Übersicht der Kosten zur jeweiligen Maßnahme – Variante 2 62
Tabelle 25: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 2 62
Tabelle 26: Gegenüberstellung U-Werte aller betroffenen Bauteile Variante 3 64
Tabelle 27: Übersicht der Kosten zur jeweiligen Maßnahme – Variante 3 65

Tabelle 28: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 3 66
Tabelle 29: Gegenüberstellung U-Werte aller betroffenen Bauteile Variante 3..... 68
Tabelle 30: Übersicht der Kosten zur jeweiligen Maßnahme – Variante 4..... 69
Tabelle 31: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 4 70
Tabelle 32: Gegenüberstellung U-Werte aller betroffenen Bauteile Variante 5..... 72
Tabelle 33: Übersicht der Kosten zur jeweiligen Maßnahme – Variante 5..... 73
Tabelle 34: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 5 73
Tabelle 35: Gegenüberstellung U-Werte aller betroffenen Bauteile Variante 6..... 75
Tabelle 36: Übersicht der Kosten zur jeweiligen Maßnahme – Variante 6..... 76
Tabelle 37: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 6 76
Tabelle 38: Übersicht der Kosten zur jeweiligen Maßnahme – Variante 7a..... 79
Tabelle 39: Übersicht der Kosten zur jeweiligen Maßnahme – Variante 7b..... 79
Tabelle 40: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 7a 80
Tabelle 41: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 7b 80
Tabelle 42: Gegenüberstellung U-Werte aller betroffenen Bauteile Variante 8..... 83
Tabelle 43: Übersicht der Kosten zur jeweiligen Maßnahme – Variante 8..... 84
Tabelle 44: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 8 BEG-Einzelmaßnahmen..... 85
Tabelle 45: Kenngrößen der Wirtschaftlichkeitsberechnung – Variante 8 Kreditförderung..... 86
Tabelle 46: Übersicht primärenergetischer Energiebedarfswerte 88
Tabelle 47: Übersicht der Anteile für Endenergiebedarfe (verbrauchsabgeglichen)..... 89
Tabelle 48: Übersicht der Anteile für Primärenergiebedarf (verbrauchsabgeglichen)..... 89
Tabelle 49: Übersicht der gesamten THG-Emissionen (verbrauchsabgeglichen) 91
Tabelle 50: Übersicht der gesamten Energiekosten (verbrauchsabgeglichen) 92
Tabelle 51: Variantenübersicht einschl. zugehöriger Kosten und Einsparung (verbrauchsabgeglichen)..... 94
Tabelle 52: Übersicht der Investitionskosten und Amortisationsdauer 95
Tabelle 53: Relevante Normen und Vorschriften 107

11.5 Unterlagen zur Datenaufnahme der Bauteile

Auf der Grundlage der zur Verfügung gestellten Unterlagen und der bei einer Ortsbegehung am 28.03.2023 gewonnen Erkenntnisse wurden die verschiedenen Konstruktionen mit den jeweiligen Flächen erfasst.

Insbesondere die bereits erfolgte, dokumentierte Untersuchung der Außenbauteile der BFT Cognos GmbH vom 26.09.2019 wurde zur Erfassung der Daten verwendet und mit den vor Ort gewonnen Erkenntnisse abgeglichen.

Das Dokument ist auf den folgenden Seiten angefügt.

Bericht zur energetischen Untersuchung der Außen-bauteile

Aachen, 26.09.2019 Proj.-Nr. 4006166 **Index 0**

Sanierung Altes Rathaus Jülich

Marktplatz 1

52428 Jülich

Auftraggeber:

GIS Gesellschaft für Infrastrukturvermögen
Kreis Düren mbH
Bismarckstraße 16
52428 Jülich

Planung:

Architekturbüro Mario Albrecht
Karl-Hein-Beckurts-Straße 13
52428 Jülich
Tel.: (0 24 61) 30 10 230
Fax: (0 24 61) 30 10 232

Verfasser:

BFT Cognos GmbH
Im Süsterfeld 1
52072 Aachen
Tel.: (02 41) 4 13 58-0
Fax: (02 41) 4 13 58-5 55

Dieser Bericht umfasst 12 Seiten und 2 Anlagen.

Er darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Eine Veröffentlichung - auch auszugsweise - bedarf in jedem Einzelfall der schriftlichen Genehmigung. Die Ergebnisse dürfen nicht auf andere Bauwerke übertragen werden.

Inhaltsverzeichnis

1. Gegenstand und Objektbeschreibung 3

2. Untersuchung energetischer Ist-Zustand Bestandsbauteile 5

2.1. Örtliche Bestandsaufnahme 5

2.2. Ist-Zustand: Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) 6

3. Untersuchung energetische Ertüchtigung von Bauteilen 8

3.1. Bauteile und Maßnahmen 8

3.2. Energieeinsparung 11

1. Gegenstand und Objektbeschreibung

Die GIS (Gesellschaft für Infrastrukturvermögen Kreis Düren mbH) plant eine umfassende Sanierung des „Alten Rathauses“ in Jülich. Das Gebäude steht unter Denkmalschutz und wird heute als Verwaltungsgebäude des Kreises Düren genutzt. Im Rahmen der Sanierung sollen im gesamten Gebäude unter anderem die Bodenbeläge und Sanitärräume erneuert sowie Sanitär- und Elektro-Installationen ertüchtigt werden. Des Weiteren sollen nach Untersuchung und Bewertung Maßnahmen für die Verbesserung des energetischen Ist-Zustands des Gebäudes realisiert werden.

In diesem Zusammenhang wurde das Sachverständigenbüro BFT Cognos GmbH beauftragt, u.a. als Grundlage für weiterführende Fachplanungen den energetischen Ist-Zustand der relevanten Bauteile der Gebäudehülle aufzunehmen und zu bewerten. Ferner soll überprüft werden, ob und wenn ja, welche Außenbauteile des Bestandsgebäudes unter Berücksichtigung der technischen und denkmalpflegerischen Randbedingungen energetisch ertüchtigt werden können und welche Energieeinsparung durch die jeweilige Maßnahme schätzungsweise zu erwarten ist. Das Ergebnis der Untersuchungen wird mit dem vorliegenden Dokument zusammengefasst und dokumentiert.

Das 3-geschossige, unterkellerte Bestandsgebäude wurde 1952 in Massivbauweise errichtet. Es gliedert sich in ein mittig angeordnetes Hauptgebäude mit dem öffentlichen Eingang im Erdgeschoss sowie einen südlichen, zum Marktplatz orientierten, und einen nördlichen, an der Düsseldorfer Straße liegenden Gebäudeflügel.

Der größte Teil des Dachgeschosses ist weder ausgebaut noch beheizt und dient Abstellzwecken. Einige in der Vergangenheit im Nordflügel ursprünglich ausgebaute Räume sollen in Zukunft nicht mehr zu Aufenthaltszwecken genutzt bzw. beheizt werden. Weitere ausgebaute Räume befinden sich im Südflügel. Diese Räume sollen in der Zukunft weiterhin zu Aufenthaltszwecken genutzt und beheizt werden. Im Kellergeschoss sind Technik- und Archivräume sowie Räume für Nebennutzungen untergebracht. Die Räume sind unbeheizt, dazu ist keine Änderung geplant.

Für die Untersuchung lagen ein Raumbuch der Strauss Fischer GbR, Krefeld, einer Bestandsaufnahme vom 15.06.2015, ein umfangreiches Konvolut von Unterlagen und Plänen aus der Bauakte sowie eine Bestandsaufnahme zu den Fenstern des Gebäudes, des Architekturbüros Albrecht, Jülich, vor, bestehend aus einer zeichnerischen Übersicht über die verschiedenen Fenstertypen, eine tabellarische Zusammenfassung sowie Ansichten des Gebäudes mit der räumlichen Zuordnung der verschiedenen Fenstertypen.

Des Weiteren wurden mir vom Architekturbüro Albrecht, folgende Pläne zur Verfügung gestellt:

Zeichnungen im Maßstab 1:100	**Zeichnungs-Nr.**	**Datum / Stand**
Kellergeschoss	E.1.01A	30.08.2019
Erdgeschoss	E.1.02A	30.08.2019
1. Obergeschoss	E.1.03A	30.08.2019
2. Obergeschoss	E.1.04A	30.08.2019
Dachgeschoss	E1.11A	28.08.2019
Ansichten Markt Süd und West	E.1.05B / E.1.06B	16.09.2019
Ansicht Düsseldorfer Straße West	E.1.07B	16.09.2019
Ansichten Hof Ost und Nord	E.1.08B / E.1.09B / E.1.10B	16.09.2019

2. Untersuchung energetischer Ist-Zustand Bestandsbauteile

2.1. Örtliche Bestandsaufnahme

Für die Berechnungen von Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werten) zu den opaken Bauteilen der Wärme übertragenden Gebäudehüllfläche wurde am 13.09.2019 zum Zweck der Grundlagenermittlung durch Herrn Zink, BFT Cognos GmbH, eine Ortsbegehung durchgeführt. Dabei wurden soweit möglich und zugänglich die Dicken und Schichtaufbauten der relevanten Bauteile des Gebäudes aufgenommen bzw. gemessen. Bauteile, deren Schichtaufbauten aufgrund Unzugänglichkeit nicht erkundet werden konnten, sowie die Fenster als transparente Bauteile werden in dem folgenden Gliederungspunkt 2.2. „Ist-Zustand: Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte)“ behandelt.

Als ergänzende Informationsquellen wurden die Pläne und Bestandsaufnahmen des Architekturbüros Albrecht, die Bauakte (s.o.) sowie der Ergebnisbericht zu den Beprobungen der BFT Planung GmbH vom 11. und 25.07.2019 – hier insbesondere: Bohrkerne Fußböden – hinzugezogen. Für die Verifizierung der Angabe „Backsteinbau“ aus dem Erläuterungsbericht vom 27.12.1950 zum bauordnungsrechtlichen Antrag wurde im Flur 3, 1. OG eine kleinflächige Öffnung des Innenwandputzes erstellt: Die Außenwände des Gebäudes bestehen augenscheinlich aus Ziegelmauerwerk, was entsprechend bei den Berechnungen der U-Werte der Außenwände berücksichtigt wird.

Aus der Bestandsaufnahme vor Ort sowie den vorgenannten Datenquellen ergeben sich folgende Aufbauten für die opaken Bauteile der Gebäudehüllfläche:

Tabelle 1

Kurzbez.	Bauteil, Lage	Bauteilschichten
AW1	Außenwand EG – 2. OG	Ziegelmauerwerk, Innen- u. Außenputz, Gesamtdicke ca. 38 cm
AW2	Außenwand EG – 2. OG	Ziegelmauerwerk, Innen- u. Außenputz, Gesamtdicke ca. 55 cm
AW3	Außenwand KG erdberührt	Ziegelmauerwerk, Gesamtdicke ca. 51 cm
BP1	Bodenplatte KG	Stahlbeton ca. 18 cm, Zementestrich ca. 4 cm
DE1	Kellerdecke	Stahlbeton ca. 16 cm, Estrich ca. 5 cm, Belag Kunststoff u.a.
DE2	Oberste Geschossdecke	Stahlbeton ca. 24 cm, Estrich ca. 4 cm

2.2. Ist-Zustand: Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte)

Auf der Grundlage der örtlichen Untersuchung sowie der genannten zusätzlichen Datenquellen wurden die U-Werte für die entsprechenden Bauteile berechnet. Die Ergebnisse sind in einem Bauteilkatalog zusammengefasst (Bauteilaufbauten 1-6), der als Anlage beigefügt ist, und werden in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Für das Bauteil „DA1 geneigte Dachfläche“ im Südflügel konnte der vorhandene Aufbau vor Ort nicht eindeutig geklärt werden. Daher wird in diesem Fall für den Bauteil-U-Wert auf die „Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand“ der Bundesministerien für Wirtschaft und Energie / für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit vom 07.04.2015 zurückgegriffen und darin in der Tabelle 2 dem Bauteil „Dach – Holzkonstruktion“ sowie der „Baualtersklasse 1949 – 1957“ zugeordnet (siehe nachfolgende Tabelle).

Die Fenster stammen aus der Errichtungszeit des Gebäudes. Bei knapp der Hälfte der Fenster des Gebäudes handelt es sich um einfach-verglaste Holzfenster (FE1), bei den übrigen im Wesentlichen um sog. „Verbundfenster“ (FE2) – ebenfalls aus Holz, jedoch mit doppelten Flügelrahmen, die jeweils mit einer Einfach-Verglasung versehen sind. Für die Fenster werden ebenfalls die Referenzwerte aus der v.g. Tabelle der Regeln zur Datenaufnahme angegeben, da eine U-Wert-Berechnung aufgrund fehlender Daten zu den Materialien aus der Errichtungszeit des Gebäudes fehlen. Insbesondere die U-Werte für die Verbundfenster decken sich mit den Angaben von Literaturangaben.

Tabelle 2

Kurzbez.	Bauteil, Lage	U-Wert [W/m²K]
AW1	Außenwand EG – 2. OG	1,57
AW2	Außenwand EG – 2. OG	1,18
AW3	Außenwand KG erdberührt	1,29
BP1	Bodenplatte KG	3,52
DE1	Kellerdecke	2,11
DE2	Oberste Geschossdecke	2,67
DA1	Dachfläche DG Südflügel	1,40*
FE1	Holzfenster 1-fach-verglast	5,00*
FE2	Holz-Verbundfenster	2,70*

* Quelle: Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand

Hinweis: Im Rahmen der Bestandsaufnahme wurden der Vollständigkeit halber auch die U-Werte der Kellerbauteile (Außenwand AW3 und Bodenplatte BP1) ermittelt, auch wenn diesen im Rahmen von energetischen Untersuchungen keine Bedeutung zukommt, da alle Räume im Kellergeschoss unbeheizt sind und auch bleiben sollen.

Ferner ist festzuhalten, dass weder in der Kellerdecke, noch in der Obergeschossdecke Dämmschichten vorgefunden wurden, wodurch die U-Werte der Bestandsbauteile ungünstige Werte aufweisen und im derzeitigen Zustand nicht unerhebliche Wärmeverluste stattfinden werden. Hinzu kommt die Tatsache, dass mit der Bestandskonstruktion der Kellerdecke – und damit vermutlich auch für die weiteren Decken im Gebäude – sehr ungünstige Bedingungen für den internen Schallschutz vorliegen.

3. Untersuchung energetische Ertüchtigung von Bauteilen

3.1. Bauteile und Maßnahmen

Bei der Auswahl von Bauteilen der Wärme übertragenden Gebäudehüllfläche, die mit vertretbarem Aufwand für eine energetische Ertüchtigung infrage kommen, scheiden die Außenwände aus. Grund dafür ist zum einen, dass einer Dämmung von außen denkmalpflegerische Anforderungen entgegenstehen. Zum anderen kommt eine Innendämmung der Außenwände aus Gründen des damit einhergehenden Platzverlustes sowie den erheblichen organisatorischen und finanziellen Aufwendungen bei einer Umsetzung bei laufendem Betrieb nicht infrage.

Dem gegenüber sind sowohl die Kellerdecke als auch die oberste Geschossdecke aus fachtechnischer Sicht grundsätzlich geeignet, um nachträglich Dämmschichten anzubringen. Insbesondere da die örtliche Untersuchung ergeben hat, dass in beiden Bestandsbauteilen – bauart- und baualtersbedingt – offenbar keinerlei Dämmschichten verbaut wurden.
Die nachträgliche Dämmung sollte aus bauphysikalischer Sicht auf der „kalten Seite“ – also bei der Kellerdecke von unten und bei der Obergeschossdecke von oben – erfolgen. Für die Kellerdecke ist dabei zu berücksichtigen, dass auf einigen Teilflächen zahlreiche Leitungen bzw. Leitungstrassen vorhanden sind. Hier sollte überprüft werden, ob für die Dämmmaßnahmen ggf. De- und Re-Montage von Leitungen erforderlich bzw. möglich ist. Bei dem Einbau von Dämmung auf der Obergeschossdecke erhöht sich die Oberkante des Fußbodens, was im Hinblick auf Durchgangshöhen von vorhandenen Türen im Dachgeschoss und an Übergängen zu Treppen bzw. Treppenhäusern zu beachten ist.

Für die Ausführung kommen Produkte verschiedener Hersteller infrage, die bei Bedarf mit fertigen Oberflächen verfügbar sind (Kellerdeckendämmung mit Vlieskaschierung als Sichtoberfläche bzw. OG-Deckendämmung mit aufkaschiertem begehbarem Belag). Bei den Produkten wird i.d.R. Steinwolle der Wärmeleitgruppe 035 in der Qualität A1 – nichtbrennbar als Dämmmaterial eingesetzt.

Bei den geneigten Dachflächen im Dachgeschoss des Südflügels ist der Einbau einer nachträglichen Dämmung aus fachtechnischer Sicht schwieriger zu realisieren, da diese Flächen auf der Innenseite aufgrund der Nutzung und Beheizung der Räume verkleidet und vermutlich auch gedämmt sind. Darüber hinaus existieren hier an mehreren Stellen Spuren von in der Vergangenheit eingedrungener Feuchtigkeit von außen, deren Ursache bisher noch nicht eindeutig geklärt ist. Sollte in

der Folge geplant werden, die innere Verkleidung zu ersetzen kann in diesem Zusammenhang grundsätzlich eine Dämmung nach heutigen Maßstäben eingebracht werden. Daher wird für dieses Bauteil auch ein U-Wert angegeben, der mit einer nachträglichen Dämmung zu erzielen ist.

Für die Fenster spielen neben dem energetischen Aspekt der Energieeinsparung weitere Faktoren wie beispielsweise Denkmalschutz, sommerlicher Wärmeschutz oder technische Machbarkeit eine wesentliche Rolle. Hierzu erfolgen separat weitere Untersuchungen und Abstimmungen. Da eine endgültige Vorgehensweise derzeit noch nicht feststeht, kommen für die Fenster grundsätzlich mehrere Varianten in Betracht. Zum einen ist möglich, die vorhandenen Fenster gegen neue, denkmalgerechte Fenster auszutauschen. Zum anderen kommt aus technischer Sicht auch eine energetische Ertüchtigung der Bestandsfenster durch den Einbau einer dünnen Zweischeiben-Wärmeschutz-Verglasung in die bestehenden Rahmen bzw. Flügel der Fenster in Frage. Dabei würden in den Verbundfenstern (FE2) die inneren Scheiben und in den Fenstern mit Einscheiben-Verglasung (FE1) die Scheiben komplett ersetzt.

Ferner ist darauf hinzuweisen, dass bei einer Ausführung von Maßnahmen zur energetischen Ertüchtigung von Bauteilen der Wärme übertragenden Bauteile der Gebäudehülle zunächst Anforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) zu beachten sind: Mit derartigen Maßnahmen sind die maximal zulässigen U-Werte der Anlage 3 EnEV einzuhalten. Da das Objekt jedoch unter Denkmalschutz steht, sind grundsätzlich Ausnahmen hiervon gem. § 24, Abs. 1 EnEV möglich. Vor diesem Hintergrund werden die maximal zulässigen U-Werte gemäß Anlage 3 EnEV für die jeweiligen Bauteile dennoch orientierend in der weiter unten folgenden Tabelle aufgeführt.

In der Tabelle werden die U-Werte der Bauteile des Bestandsgebäudes denen gegenübergestellt, die mit einer energetischen Ertüchtigung für das jeweilige Bauteil realisiert werden können.

Dabei werden die U-Werte für die Ertüchtigung der Kellerdecke und der Obergeschossdecke auf der Grundlage der bereits berechneten U-Werte für die beiden Bestandsbauteile bei der Montage einer zusätzlichen Dämmung berechnet. Die Angaben dazu befinden sich als Bauteilaufbauten Nr. 7 und 8 in dem Bauteilkatalog (Anlage 1). Für die Dämmung der Dachfläche des Südflügels wird die Dämmung entsprechend den Regeln zur Datenaufnahme dem pauschalen U-Wert der Bauteilfläche aus der Tabelle 2 hinzugerechnet (siehe Anlage 2.1).

Für den Komplett-Austausch der der Fenster wird ein U-Wert von 1,30 W/m²K für neu angefertigte, denkmalgerechte Verbundfenster, bestehend aus Rahmen, innerer Zweischeiben- und äußerer Einfachverglasung, angesetzt. Dieser U-Wert ist nach ausführlicher Rücksprache mit einem führenden Hersteller derartiger Fenster (PaX AG, Ingelheim) realistisch zu erzielen.

Für die energetische Ertüchtigung Fenster mit Einscheiben-Verglasung (FE1) wird auf Basis der Angaben in den Regeln zur Datenaufnahme der U-Wert für 2-fach verglaste Fenster derselben Baualtersklasse für die Ertüchtigung mit einer Ersatz-Verglasung (U_g = 1,4 W/m²K) angesetzt. Für die Ertüchtigung der Verbundfenster FE2 wird als Referenz für das Fenster „Typ D“ über die in den Regeln zur Datenaufnahme angegebenen U-Werte mit dem U_g-Wert der Ersatz-Verglasung (U_g = 1,4 W/m²K) eine überschlägliche Berechnung für den U-Wert nach einer energetische Ertüchtigung durchgeführt (siehe Anlage 2.2.1 und 2.2.2).

Aus den vorstehend beschriebenen Maßnahmen zur energetischen Ertüchtigung resultieren folgende Verbesserungen der U-Werte:

Tabelle 3

Kurz-bez.	Bauteil	U-Wert [W/m²K] Bestand	Maßnahme	U-Wert [W/m²K] verbessert	U-Wert [W/m²K] EnEV
DE1	Kellerecke	2,11	10 cm Dämmung	0,30	0,30
DE2	Oberste Geschossdecke	2,67	14 cm Dämmung	0,23	0,24
DA1	Dachfläche Südflügel	1,40*	12 cm Dämmung	0,24	0,24
FE1	Fenster 1-fach-verglast	5,00*	Fenstertausch	1,30	1,30
FE2	Verbundfenster	2,70*	Fenstertausch	1,30	1,30
FE1	Fenster 1-fach-verglast	5,00*	Scheibentausch	2,70*	1,30
FE2	Verbundfenster	2,70*	Scheibentausch, innen	1,94	1,30

* Quelle: Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand

Eine Abstimmung der vorgenannten, infrage kommenden Maßnahmen mit der Denkmalbehörde fand bisher noch nicht statt.

3.2. Energieeinsparung

Für eine Abschätzung des Energieeinsparpotenzials, welches mit den vorstehend erläuterten, energetischen Ertüchtigungen von Bauteilen möglich ist, wird wie folgt vorgegangen:

Für die Bewertung werden die U-Werte des jeweiligen Bauteils im ursprünglichen bzw. ertüchtigen Zustand hinzugezogen. Für die Berücksichtigung der Tatsache, dass die Keller- und die OG-Decke keine Außenbauteile darstellen, sondern lediglich gegen unbeheizte Räume grenzen, wird gem. DIN 4108-6 Tabelle D.2 ein Temperaturkorrekturfaktor F_x für diese beiden Bauteile eingerechnet. Ferner findet der sog. „Gradtagszahlfaktor“ (F_{GT}) Eingang in die Berechnung, mit dem sich auf der Grundlage langjähriger, standortbezogener Außentemperaturdaten über den Jahresverlauf der Heizwärmebedarf eines Gebäudes oder seiner Bauteilflächen während der Heizperiode vereinfacht für ein Jahr berechnen lässt.

Klimadaten deutscher Stationen

Datenquelle: Klimadaten Deutscher Stationen, Deutscher Wetterdienst, Offenbach - www.dwd.de

IWU

Postleitzahl | **Wetterst** Aachen | **Jahr** 2018 | **Start** Mai

PLZ ist nicht korrekt, Station: Aachen verwendet

Klimazone 7 nach DIN V 4108-6:2003

Innentemperatur 20,0 °C | Ausgabegröße Gradtagzahl

Heizgrenztemperatur 15 zur Berechnung der Gradtagzahl nach VDI 3807

	2018/2019				langjähriges Mittel *			
	Gradtagzahl		Außen-	Außentemp.	Gradtagzahl		Außen-	Außentemp.
	G20/15	Heiztage	temperatur	an Heiztagen	G20/15	Heiztage	temperatur	an Heiztagen
Monat	[Kd]	[d]	[°C]	[°C]	[Kd]	[d]	[°C]	[°C]
Mai 2018					180	20	13,4	11,2
Juni 2018					94	13	16,1	12,6
Juli 2018					41	7	18,1	13,6
August 2018					37	6	17,8	13,6
September 2018					133	17	14,5	12,4
Oktober 2018					274	27	10,7	9,8
November 2018					405	30	6,5	6,4
Dezember 2018					504	31	3,7	3,7
Januar 2019					529	31	2,9	2,9
Februar 2019					471	28	3,3	3,3
März 2019					430	31	6,1	6,0
April 2019					318	27	9,1	8,3
Jahr					3415	268	10,2	7,2

* 41 Jahre bis 2018 (evtl. mit Lücken)

Dieser Faktor beträgt für den Standort Jülich mit den Wetterdaten für die Station Aachen des Deutschen Wetterdienstes DWD unter Berücksichtigung einer Einheiten-Bereinigung (W zu kW und Stunden zu Tagen): 3.415 x 0,024 = **81,96**

Ferner sind die jeweiligen Flächen der Bauteile weitere Größen der Berechnung (Angaben zu den Quellen der Bauteilflächen: siehe Anlage 2.3). Auf der Grundlage dieser Daten erfolgt die Berechnung der geschätzten Energieeinsparung pro Jahr für die Flächen der vorgenannten Bauteile wie folgt:

Tabelle 4

	Bauteil	U-Wert Bestand [W/m²K] 1	U-Wert ertüchtigt [W/m²K] 2	Korr. Faktor F_x 3	Gradtags-zahlfator F_{GT} 4	Bauteil-fläche [m²] 5	Energie-einsparung [kWh/a] = (1-2) x3x4x5
DE1	Kellerdecke	2,11	0,30	0,60	81,96	625,74	55.696
DE2	Obergeschossdecke	2,67	0,23	0,80	81,96	463,43	74.142
DA1	Dachfläche Südflügel	1,40	0,24	-	81,96	312,50	29.711
FE1	Einfachfenster neu	5,00	1,30	-	81,96	185,26	56.180
FE2	Verbundfenster neu	2,70	1,30	-	81,96	227,20	26.070
FE1	Einfachfenster geä.	5,00	2,70	-	81,96	185,26	34.923
FE2	Verbundfenster geä.	2,70	1,95	-	81,96	227,20	13.966

Bei den berechneten und in der Tabelle wiedergegebenen Energieeinsparungen handelt sich ausdrücklich um Angaben, die einer ersten Orientierung dienen sollen, beispielsweise um eine Auswahl oder Priorisierung von Maßnahmen zu unterstützen. Die tatsächlich zu erzielenden Einsparungen können von diesen Angaben abweichen.

Für Rückfragen stehen wir gerne zur Verfügung

BFT Cognos GmbH
Sachverständige - Berater - Gutachter

.....

Dipl.-Ing. Architekt Eckhard Zink
(staatl. anerkannter Sachverständiger
für Schall- und Wärmeschutz)

.....

i.A. Dipl.-Ing. Michael Kurzinsky

Bauteilkatalog

Bauvorhaben:
Altes Rathaus Jülich: Außenbauteile – Bestand und Ertüchtigung
4006166

Projektnummer 4006166

Aussteller:	BFT Cognos GmbH Eckhard Zink, Dipl.-Ing. Architekt Im Süsterfeld 1 52072 Aachen	Ausgestellt am 19.09.2019
Telefon:	0241 - 41358-0	
Fax:	0241 - 41358-555	
E-Mail:	post@bft-cognos.de	

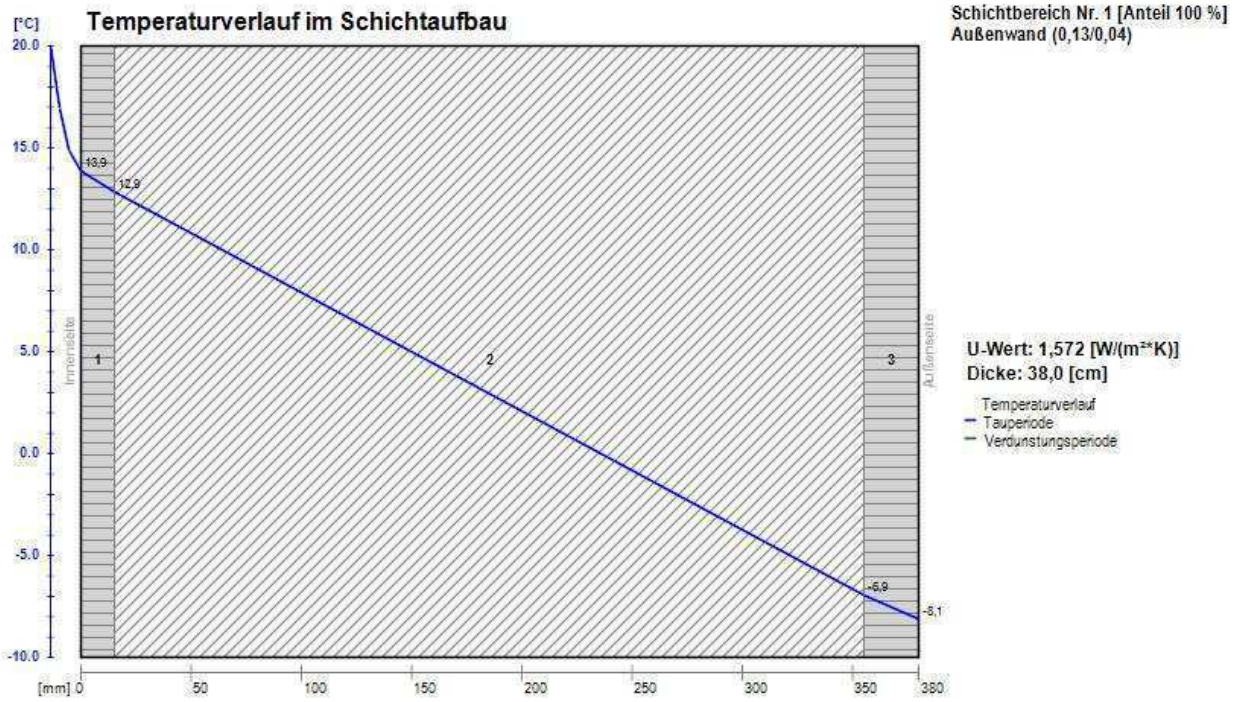
Inhaltsverzeichnis:

Deckblatt	
Inhaltsverzeichnis	1
Bauteile Detailliert	2
DIN Normen	10

Projektnummer: 4006166

Details der Bauteile:

Bauteilaufbau Nr. 1	
Bezeichnung:	AW1 Außenwand Bestand: MW, d= ca. 38 cm
U-Wert:	1,57 W/(m²K)
Bauteilaufbau Nr. 1 - Schichtbereich 1 (Anteil 100 %)	



Bauteiltabelle

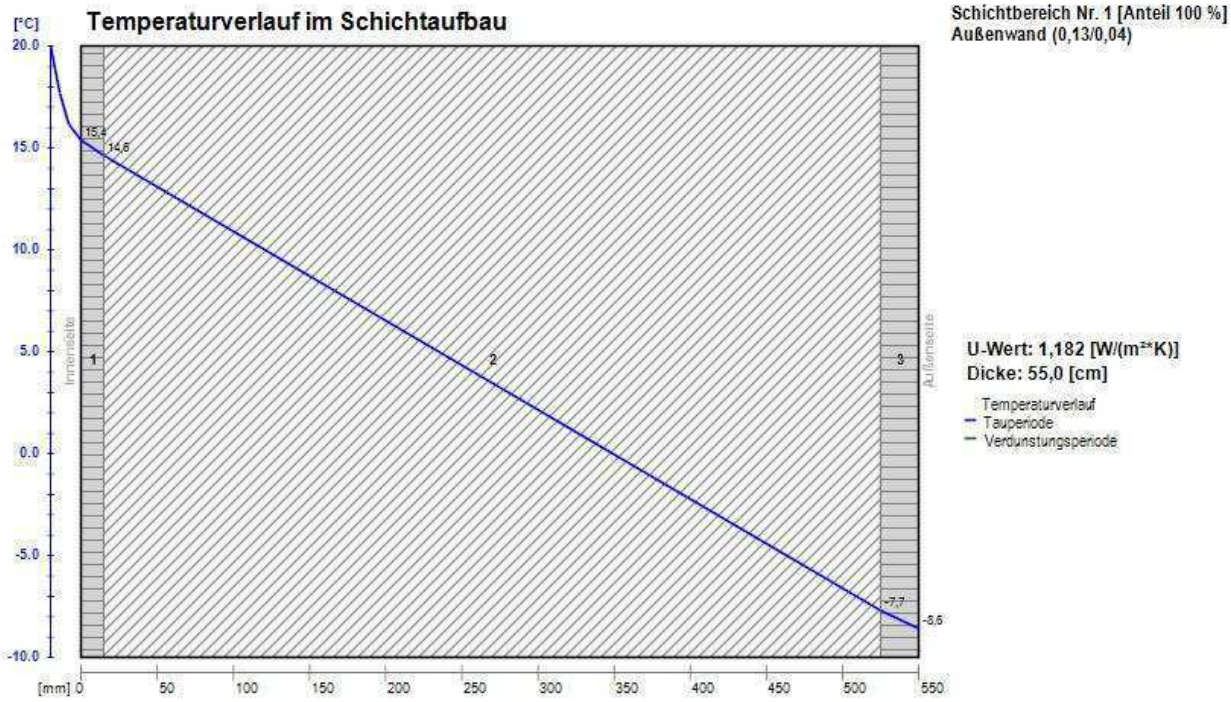
Bezeichnung	Dicke [m]	Lambda [W/(mK)]	Dichte [kg/m³]	μ	R [m²K/W]
Innenseite					0,130
1.) Putzmörtel aus Kalkgips, Gips	0,01500	0,7000	1.400	10/10	0,021
2.) Vollziegel, Hochlochziegel - 1800	0,34000	0,8100	1.800	5/10	0,420
3.) Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	0,02500	1,0000	1.800	15/35	0,025
Außenseite					0,040
					0,636

Projektnummer: 4006166

Details der Bauteile:

Bauteilaufbau Nr. 2	
Bezeichnung:	AW2 Außenwand Bestand: MW, d= ca. 55 cm
U-Wert:	1,18 W/(m²K)

Bauteilaufbau Nr. 2 - Schichtbereich 1 (Anteil 100 %)



Bauteiltabelle

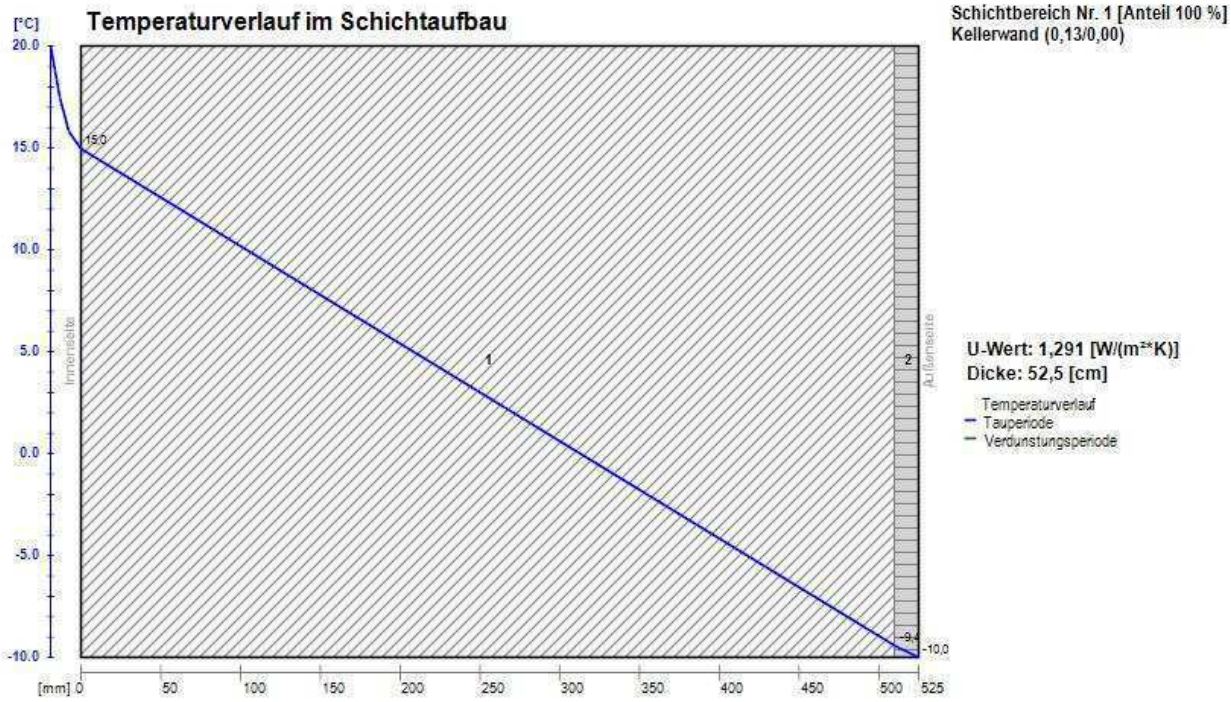
Bezeichnung	Dicke [m]	Lambda [W/(mK)]	Dichte [kg/m³]	μ	R [m²K/W]
Innenseite					0,130
1.) Putzmörtel aus Kalkgips, Gips	0,01500	0,7000	1.400	10/10	0,021
2.) Vollziegel, Hochlochziegel - 1800	0,51000	0,8100	1.800	5/10	0,630
3.) Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	0,02500	1,0000	1.800	15/35	0,025
Außenseite					0,040
					0,846

Projektnummer: 4006166

Details der Bauteile:

Bauteilaufbau Nr. 3	
Bezeichnung:	AW3 Außenwand Bestand KG: MW, d= ca. 51 cm, erdberührt
U-Wert:	1,29 W/(m²K)

Bauteilaufbau Nr. 3 - Schichtbereich 1 (Anteil 100 %)



Bauteiltabelle

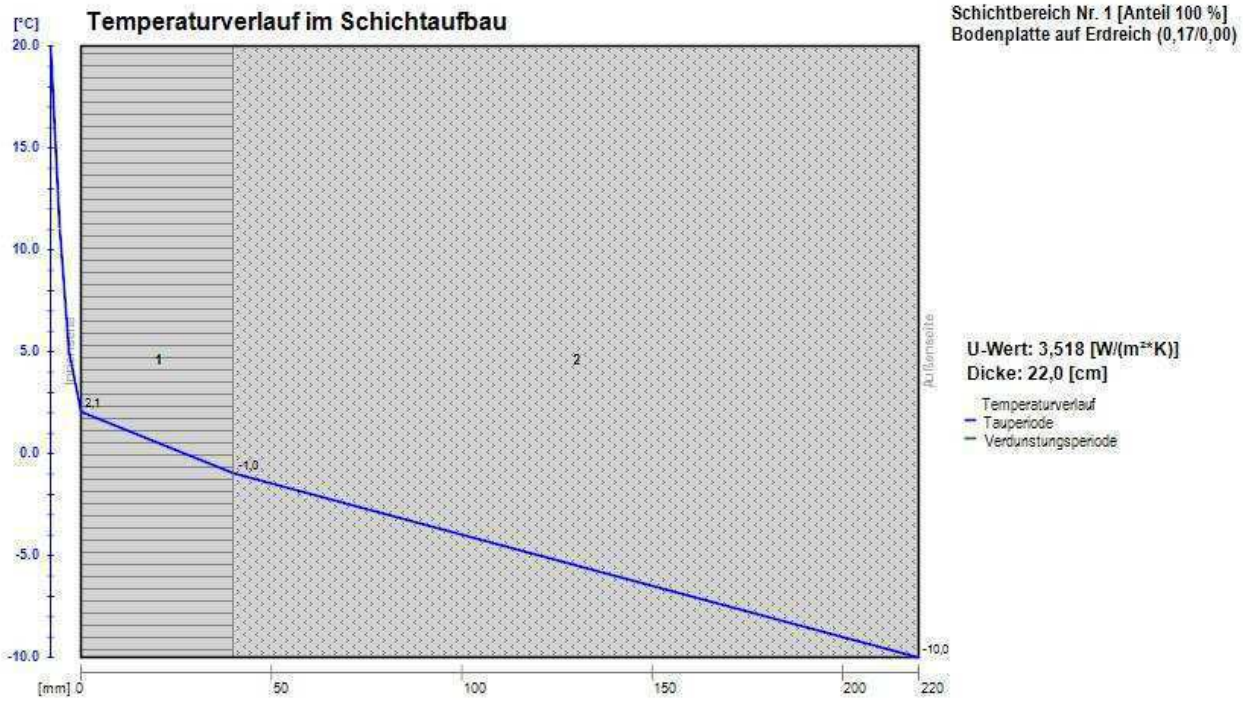
Bezeichnung	Dicke [m]	Lambda [W/(mK)]	Dichte [kg/m³]	μ	R [m²K/W]
Innenseite					0,130
1.) Vollziegel, Hochlochziegel - 1800	0,51000	0,8100	1.800	5/10	0,630
2.) Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	0,01500	1,0000	1.800	15/35	0,015
Außenseite					0,000
					0,775

Projektnummer: 4006166

Details der Bauteile:

Bauteilaufbau Nr. 4	
Bezeichnung:	BP1 Bodenplatte Bestand: 18 cm Stb., Verbundestrich
U-Wert:	3,52 W/(m²K)

Bauteilaufbau Nr. 4 - Schichtbereich 1 (Anteil 100 %)



Bauteiltabelle

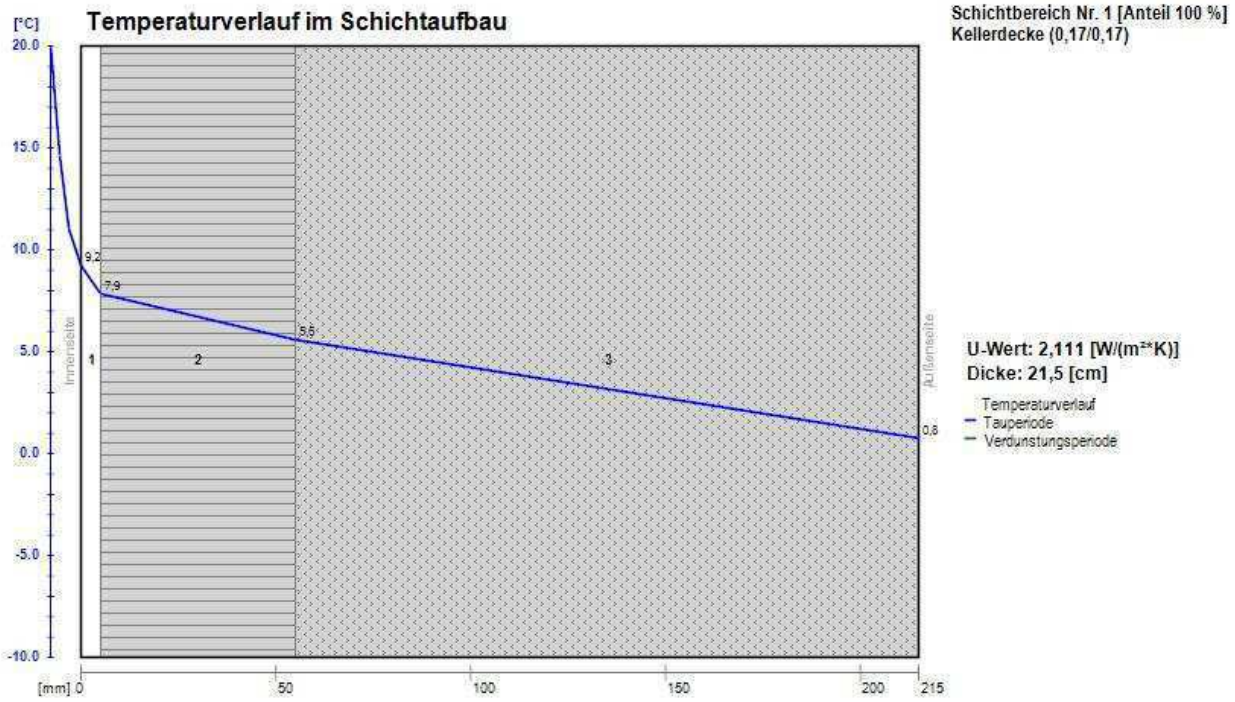
Bezeichnung	Dicke [m]	Lambda [W/(mK)]	Dichte [kg/m³]	μ	R [m²K/W]
Innenseite					0,170
1.) Zement-Estrich	0,04000	1,4000	2.000	15/35	0,029
2.) Normalbeton (2400)	0,18000	2,1000	2.400	70/150	0,086
Außenseite					0,000
					0,284

Projektnummer: 4006166

Details der Bauteile:

Bauteilaufbau Nr. 5	
Bezeichnung:	DE1 Kellerdecke Bestand: Stb., Estrich
U-Wert:	2,11 W/(m²K)

Bauteilaufbau Nr. 5 - Schichtbereich 1 (Anteil 100 %)



Bauteiltabelle

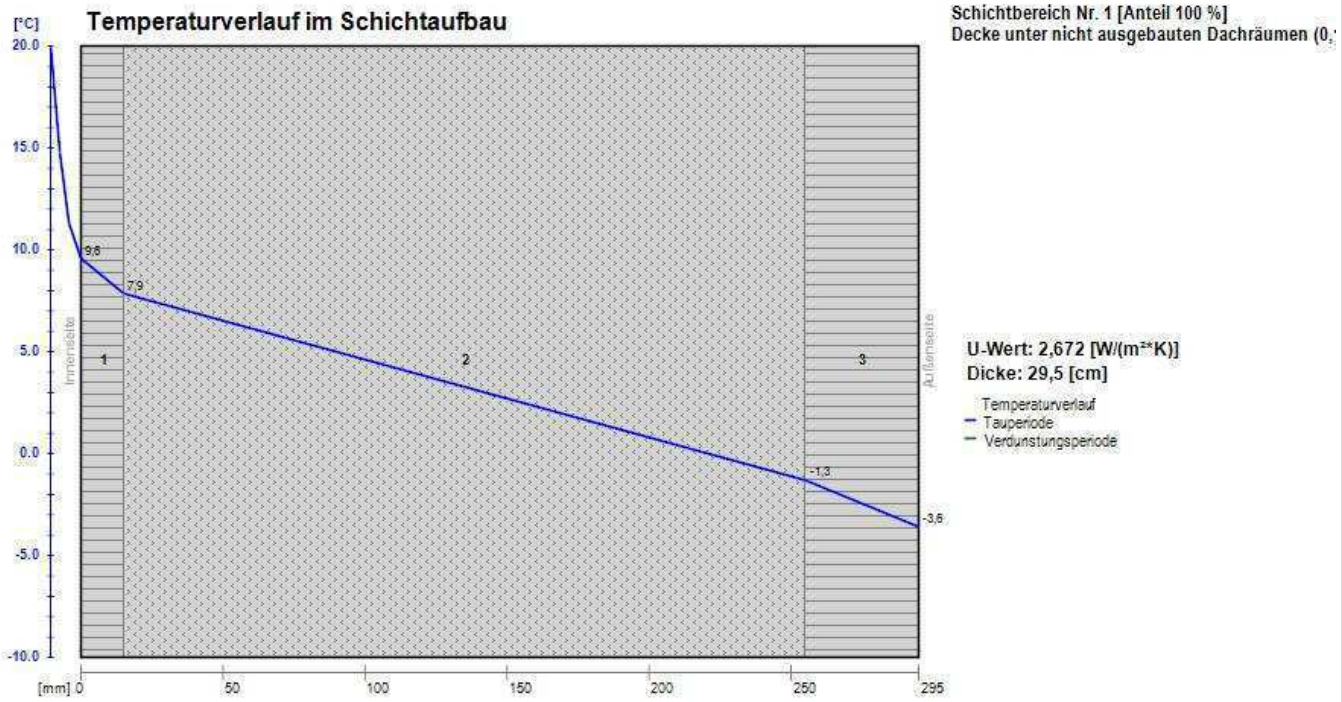
Bezeichnung	Dicke [m]	Lambda [W/(mK)]	Dichte [kg/m³]	μ	R [m²K/W]
Innenseite					0,170
1.) Kunststoffbeläge (auch PVC)	0,00500	0,2300	1.500	0/0	0,022
2.) Zement-Estrich	0,05000	1,4000	2.000	15/35	0,036
3.) Normalbeton (2400)	0,16000	2,1000	2.400	70/150	0,076
Außenseite					0,170
					0,474

Projektnummer: 4006166

Details der Bauteile:

Bauteilaufbau Nr. 6	
Bezeichnung:	DE2 OG-Decke Bestand: Stb., Estrich
U-Wert:	2,67 W/(m²K)

Bauteilaufbau Nr. 6 - Schichtbereich 1 (Anteil 100 %)



Bauteiltabelle

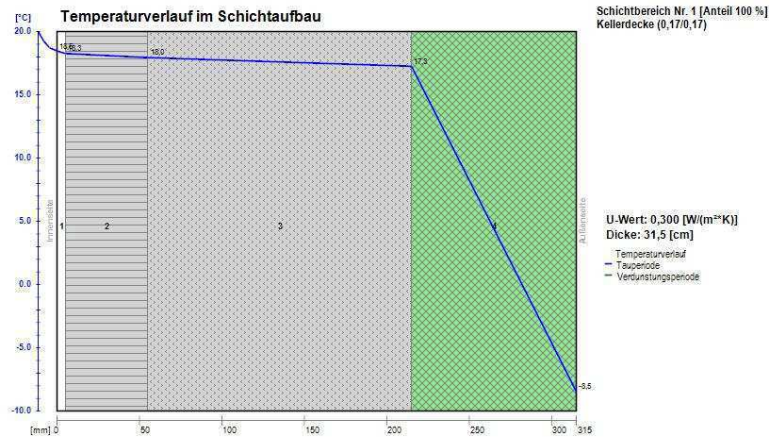
Bezeichnung	Dicke [m]	Lambda [W/(mK)]	Dichte [kg/m³]	μ	R [m²K/W]
Innenseite					0,130
1.) Putzmörtel aus Kalkgips, Gips	0,01500	0,7000	1.400	10/10	0,021
2.) Normalbeton (2400)	0,24000	2,1000	2.400	70/150	0,114
3.) Zement-Estrich	0,04000	1,4000	2.000	15/35	0,029
Außenseite					0,080
					0,374

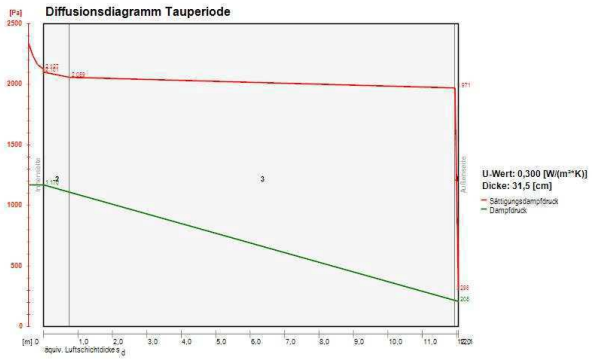
Projektnummer: 4006166

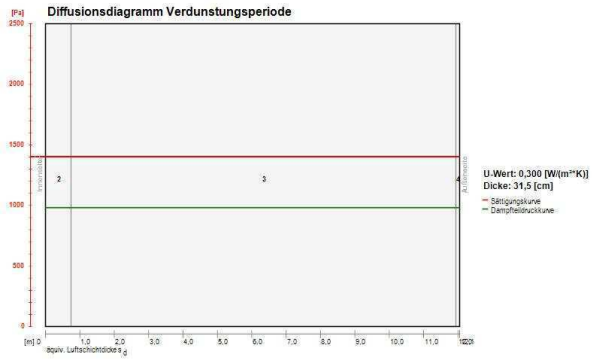
Details der Bauteile:

Bauteilaufbau Nr. 7	
Bezeichnung:	DE1A Kellerdecke ertüchtigt: Stb., Estrich, 10 cm Dämmung unters.
U-Wert:	0,30 W/(m²K)

Bauteilaufbau Nr. 7 - Schichtbereich 1 (Anteil 100 %)







Bauteiltabelle

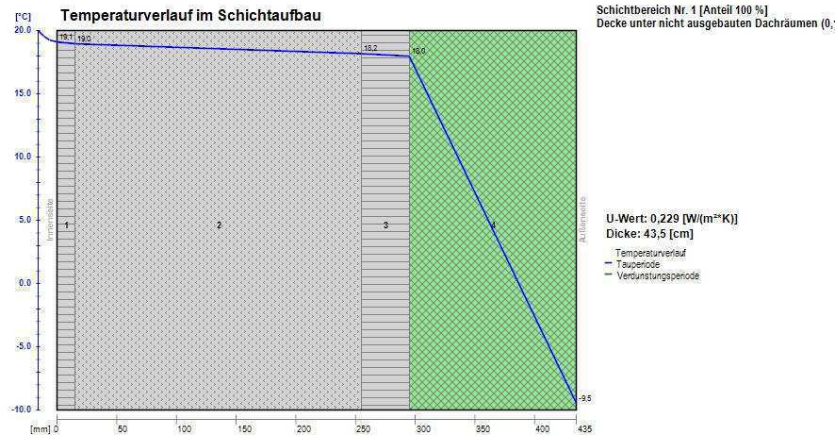
Bezeichnung	Dicke [m]	Lambda [W/(mK)]	Dichte [kg/m³]	μ	R [m²K/W]
Innenseite					0,170
1.) Kunststoffbeläge (auch PVC)	0,00500	0,2300	1.500	0/0	0,022
2.) Zement-Estrich	0,05000	1,4000	2.000	15/35	0,036
3.) Normalbeton (2400)	0,16000	2,1000	2.400	70/150	0,076
4.) Mineralwolle MW, DIN EN 13162 (035)	0,10000	0,0350	125	1/1	2,857
Außenseite					0,170
					3,331

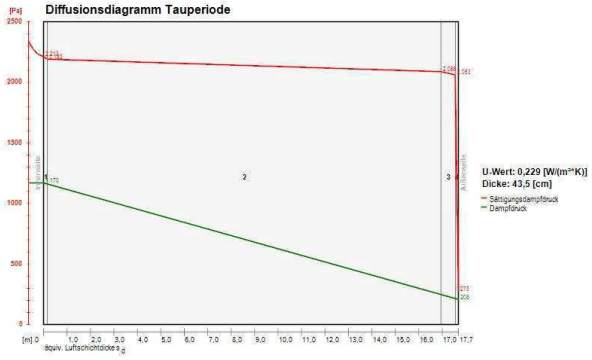
Projektnummer: 4006166

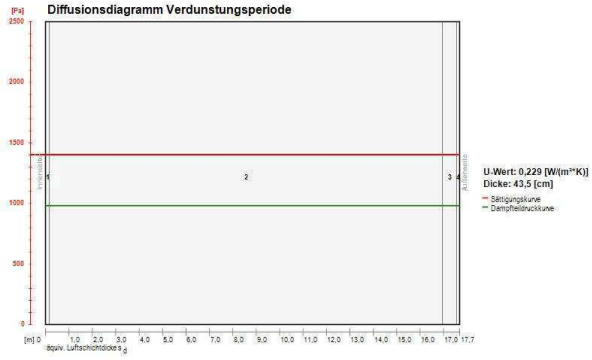
Details der Bauteile:

Bauteilaufbau Nr. 8	
Bezeichnung:	DE2A OG-Decke Bestand: Stb., Estrich, 14 cm Dämmung obers.
U-Wert:	0,23 W/(m²K)

Bauteilaufbau Nr. 8 - Schichtbereich 1 (Anteil 100 %)







Bauteiltabelle

Bezeichnung	Dicke [m]	Lambda [W/(mK)]	Dichte [kg/m³]	μ	R [m²K/W]
Innenseite					0,130
1.) Putzmörtel aus Kalkgips, Gips	0,01500	0,7000	1.400	10/10	0,021
2.) Normalbeton (2400)	0,24000	2,1000	2.400	70/150	0,114
3.) Zement-Estrich	0,04000	1,4000	2.000	15/35	0,029
4.) Mineralwolle MW, DIN EN 13162 (035)	0,14000	0,0350	125	1/1	4,000
Außenseite					0,080
					4,374

Projektnummer: 4006166

Übersicht der DIN Normen/Verordnungen

Ausgabedatum	Bezeichnung
2013-10	Energieeinsparverordnung 2014 (EnEV 2014)
2011-12	DIN V 18599 Teil 1 - Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger.
2011-12	DIN V 18599 Teil 2 - Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen.
2011-12	DIN V 18599 Teil 3 - Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung.
2011-12	DIN V 18599 Teil 4 - Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung.
2011-12	DIN V 18599 Teil 5 - Endenergiebedarf von Heizsysteme.
2011-12	DIN V 18599 Teil 6 - Endenergiebedarf von Wohnungslüftungsanlagen und Luftheizungsanlagen für den Wohnbau.
2011-12	DIN V 18599 Teil 7 - Endenergiebedarf von Raumlufttechnik- und Klimakältesystemen.
2011-12	DIN V 18599 Teil 8 - Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen.
2011-12	DIN V 18599 Teil 9 - End- und Primärenergiebedarf von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen.
2011-12	DIN V 18599 Teil 10 - Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten.
2011-12	DIN V 18599 Teil 11 - Gebäudeautomation.
2008-04	DIN EN ISO 6946 - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient.
2006-12	DIN EN ISO 10077-1 - Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Anschlüssen.
2008-09	DIN EN ISO 13790 - Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Berechnung des Heizenergiebedarfs.
2008-04	DIN EN ISO 13789 - Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient.
2013-02	DIN 4108-2 - Mindestanforderungen an den Wärmeschutz.

Projektnummer: 4006166

Anlage 2: Berechnungen

2.1 Berechnung verbesserter U-Wert Bauteil DA1

Rechengang: U-Wert neu = 1/((1/U-Wert Bestand)+(Dämmstärke/Wärmeleitfähigkeit))

U-Wert Bestand [W/m²K]	Dämmstärke [m]	Wärmeleit-fähigkeit [W/mK]	U-Wert neu [W/m²K]
1,4	0,12	0,035	0,24

2.2.1 Berechnung U-Wert Rahmen Bauteil FE2 (Referenzfenster Typ D)

Da in den Regeln zur Datenaufnahme U-Werte nur für das gesamte Fenster und das Glas angegeben werden, muss zunächst der U-Wert für den Rahmen zurückgerechnet werden:

Fläche Fenster ges. [m²]	Fläche Rahmen [m²]	Fläche Glas [m²]	U-Wert Fenster ges. [W/m²K] Angabe	U-Wert Glas [W/m²K] Angabe	U-Wert Rahmen [W/m²K] **Berechnung**
1,805	0,881	0,924	2,70	2,90	**2,51**

2.2.2 Berechnung U-Wert verbessertes Bauteil FE2 (Refernzfenster Typ D)

Mit dem berechneten Rahmen-U-Wert und der Angabe für das ausgetauschte innere Glas wird der U-Wert für das ertüchtigte gesamte Fenster berechnet:

Fläche Fenster ges. [m²]	Fläche Rahmen [m²]	Fläche Glas [m²]	U-Wert Fenster ges. [W/m²K] **Berechnung**	U-Wert Glas [W/m²K] Angabe	U-Wert Rahmen [W/m²K] Angabe/s.o.
1,805	0,881	0,924	**1,94**	1,40	2,51

2.3 Zusammenstellung bzw. Berechnung Bauteilflächen für Berechnungen zur Energieeinsparung

	Bauteil	**Quelle**	**Fläche [m²]**
DE1	Kellerdecke	Bestandsplan KG	625,74
DE2	OG-Decke	Bestandsplan 2. OG	463,43
DA1	Dachfläche	Grundr./Schnitt Bestand: 2 x 6,25 m x 25,0	312,50
FE1	Fenster	Fensterliste	185,26
FE2	Verbundfen.	Fensterliste	227,20