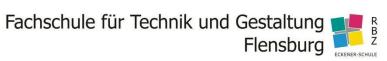
## Energieberatungsbericht (BAFA)

Energetische Analyse und Modernisierungsvorschläge für die Gebäudehülle eines Einfamilienhauses in Kiel Hohenhude



GST22: Martin Leopold, Jan-Christoph Pieper, Matthias Rohde Januar 2023



### Inhaltsverzeichnis

1	Zi	ele di	eses Berichtes	1
	1.1	Zie	l der Energieberatung	1
	1.2	Zie	ele der energetischen Modernisierung	2
2	Zι		menfassung	
	2.1		riantenvergleich	
	2.2	Pri	märenergie- und Endenergiebedarf	7
	2.3	En	ergieverluste im Einzelnen	8
3	lst	t-Zust	and der Gebäudehülle und Anlagentechnik	<u>S</u>
	3.1	Ge	bäudebeschreibung	<u>S</u>
	3.2	Svs	stemgrenzen	10
	3.3	VVā	inde	
	3.	.3.1	Außenwände Keller	
	3.	.3.2	Außenwände Erdgeschoss	13
	3.	.3.3	Abseitenwände Dachgeschoss	14
	3.	.3.4	Innenwände gegen unbeheizte Räume	15
	3.4	Ke	llerboden und Geschossdecken	16
	3.	.4.1	Kellerboden	16
	3.	.4.2	Kellerdecke	17
	3.	.4.3	Erdgeschossdecke	18
	3.	.4.4	Oberste Geschossdecke	19
	3.5	Da	ch	20
	3.6	Fei	nster und Türen	22
	3.7	An	lagentechnik	24
	3.8		ersicht aller U-Werte und Gegenüberstellung	
			zlichen Anforderungen	
		_		
4	W	'ärme	brücken	26
	11	١٨/:	irmohriickonartan	27

	4.2	The	rmografie	28
	4.3	Wäi	rmebrücken am Objekt	29
5	Мо	derni	isierungsmaßnahmen	31
	5.1	Einz	elmaßnahmen	31
	5.1	.1	Kellererweiterung	31
	5.1	.2	Dach / Oberste Geschossdecke	32
	5.1	.3	Außenwände Außendämmung	34
	5.1	.4	Außenwände Innendämmung	36
	5.1	.5	Kellerboden	38
	5.1	.6	Fenster und Türen	39
	5.1	.7	Anlagentechnik	41
	5.2	Ges	amt-Modernisierung	42
	5.2	.1	Sanierung der Gebäudehülle	42
	5.2	.2	Sanierung der Gebäudehülle inklusive der Anlagentechnik	43
	5.3	Kos	ten der Energieberatung	44
ΑŁ	bildu	ngsve	erzeichnis	I
Та	beller	iverz	eichnis	. III
Gl	ossar.			.IV
Qı	uellen	verze	eichnis\	/111
Ar	nhänge	e		. IX

#### 1 Ziele dieses Berichtes

#### 1.1 Ziel der Energieberatung

Ziel der Energieberatung ist es, Vorschläge für eine energetische Sanierung zu erarbeiten, um Heizkosten zu sparen, den Wert der Immobilie zu steigern, die Umwelt zu entlasten und somit die Energieeffizienz zu steigern.

Durch die Erarbeitung eines Sanierungskonzeptes nach Mindestvorgaben der BAFA (Bundesanstalt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle) oder der KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau), können die Kosten für die Sanierung und Beratung gefördert werden. Förderungen der Gebäudesanierung durch die BAFA oder durch die KFW setzen gegenüber dem GEG höhere Sanierungsstandards voraus.

Die Sanierung kann entweder als Gesamtmaßnahme oder in Abschnitten über ein Sanierungsfahrplan erfolgen. Unter bestimmten Voraussetzungen sind dann ggf. zusätzliche Förderungen möglich. <sup>1</sup> Wir entsprechen in diesem Projekt dem Kundenwunsch und empfehlen die Sanierung in einem Zug.

Der konstruktive Aufbau des Gebäudes, wurde mit Hilfe der vorliegenden Zeichnungen vom 06.04.1961 sowie der Gebäudetypologie<sup>2</sup> für Schleswig-Holstein der Baujahre 1958 - 1968 nach einer durchgeführten Gebäudebegehung/Besichtigung ermittelt.

Aus den ermittelten Daten wird der Ist-Zustand des Gebäudes festgestellt und entsprechend daraus das Sanierungskonzept entwickelt.

Zu einer Energieberatung gehören unter anderem:

- Optische Gebäudeuntersuchung
- Aufmaß Erstellung (nur im Zuge der Datenerfassung)
- Prüfung von Bauunterlagen auf Übereinstimmung mit dem Bestand
- Erstellung eines Sanierungskonzeptes

<sup>1</sup> Bundesförderung für effiziente Gebäude - Infoblatt zu den förderfähigen Maßnahmen und Leistungen (Stand

<sup>2</sup> ARGE.eV-(HRSG): Gebäudetypologie Schleswig-Holstein; Leitfaden für wirtschaftliche und energieeffiziente Sanierungen verschiedener Baualtersklassen, Seite 45-52



#### 1.2 Ziele der energetischen Modernisierung

Das Ziel einer energetischen Gesamtsanierung in einen Zug ist es, ein im Rahmen der BEG förderfähiges Effizienzhausniveau zu erreichen. Dies bedeutet, dass alle Angaben des berechneten Primärenergiebedarfs, Endenergiebedarfs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen für den Ist-Zustand sowie für den Zielzustand zu ermitteln sind.

Des Weiteren sollen alle Angaben zu den aktuellen Fördermöglichkeiten des Bundes im Rahmen der BEG (Förderprogramm, Art und Höhe der Förderung in Euro oder Prozent ggf.§35c EstG) dargelegt werden.

Eine Baubegleitung ist für die in Betracht kommenden Bundesfördermittel erforderlich.

Förderprogramme für die Modernisierung werden durch die BAFA und die KfW bearbeitet.

Die BAFA vergibt Zuschüsse für die Modernisierungsmaßnahmen und zur Energieberatung, die KfW bietet zinsgünstige Kredite. Aus nachfolgender Tabelle (siehe Zusammenfassung) sind die möglichen Förderungen im Detail ersichtlich<sup>3</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> https://www.energie-fachberater.de/dokumente/foerderung-sanierung-20230101-uebersicht-energie-fachberater.pdf (Stand 01.01.2023)

Maßnahme	BAFA	KfW	Finanzamt
Wärmepumpe	25 bis 30° % Zuschuss (BEG EM) + 10 % Bonus bei Heizungstausch**	-	20 % Steuerbonus (§ 35c EStG)
Solarthermie	25 % Zuschuss (BEG EM) + 10 % Bonus bei Heizungstausch**	-	20 % Steuerbonus (§ 35c EStG)
Biomasseheizung	10 % Zuschuss (BEG EM) Solarthermie-/Wärmepumpen-Pflicht + 10 % Bonus bei Heizungstausch**	-	20 % Steuerbonus ohne Solarthermie-/WP-Pflich (§ 35c EStG)
Brennstoffzellenheizung	25 % Zuschuss (BEG EM) + 10 % Bonus bei Heizungstausch**	-	20 % Steuerbonus (§ 35c EStG)
nnovative Heiztechnik auf Basis erneuerbarer Energien	25 % Zuschuss (BEG EM) + 10 % Bonus bei Heizungstausch**	•	20 % Steuerbonus (§ 35c EStG)
Errichtung / Erweiterung Gebäudenetz	20 bis 30*** % Zuschuss (BEG EM)	-	20 % Steuerbonus (§ 35c EStG)
Anschluss an Gebäudenetz	25 % Zuschuss (BEG EM) + 10 % Bonus bei Heizungstausch**	-	20 % Steuerbonus (§ 35c EStG)
Anschluss an <b>Värmenetz</b>	30 % Zuschuss (BEG EM) + 10 % Bonus bei Heizungstausch**		20 % Steuerbonus (§ 35c EStG)
Heizungsoptimierung	15 % Zuschuss (BEG EM) + 5 % Bonus mit Sanierungsfahrplan	-	20 % Steuerbonus (§ 35c EStG)
Sebäudehülle Dämmung Dach, Fassade, Keller / Fenster / Haustür / Sonnenschutz	15 % Zuschuss (BEG EM) + 5 % Bonus mit Sanierungsfahrplan		20 % Steuerbonus (§ 35c EStG)
<b>Anlagentechnik</b> .üftung / Smart Home	15 % Zuschuss (BEG EM) + 5 % Bonus mit Sanierungsfahrplan	-	20 % Steuerbonus (§ 35c EStG)
Komplettsanierung zum Effizienzhaus	e	Förderkredit, 5 bis 25 % Tilgungszuschuss je nach Effizienzhaus-Standard (BEG Wohngebäude Kredit 261) + 10 % Bonus für Worst Performance Buildings + 15 % Bonus bei serieller Sanierung	20 % Steuerbonus (§ 35c EStG)
Fachplanung und Baubegleitung	50 % Zuschuss (BEG EM)	Förderkredit, 50 % Tilgungszuschuss (BEG Wohngebäude Kredit 261)	50 % Steuerbonus (§ 35c EStG)
nergieberatung / anierungsfahrplan	80 % Zuschuss (EBW)	-	-
nlagen zur Stromerzeugung Photovoltaik / Wasser / Wind	-	Zinsgünstiger Kredit (Erneuerbare Energien Standard 270)	-
Altersgerechter Umbau Einbruchschutz / Barriereabbau	-	Zinsgünstiger Kredit (Altersgerecht Umbauen 159)	-

energie-fachberater.de

\*Bonus 5 % bei Wärmequelle Wasser, Erdreich, Abwasser oder Einsatz natürlicher Kältemittel
\*\*Bonus 10 % bei Austausch von Öl.; Gas- (> 20 Jahre), Kohle-, Nachtspeicher-Heizung
\*\*\* Gebäudenetz max. 75 % Biomasse = 20 % rörderung, max. 25 % Biomasse = 25 %, ohne Biomasse = 30 %

Details zu den Programmen findet man über den jeweils hinterlegten Link Förderanleitungen pro Maßnahme unter www.energie-fachberater.de/ebooks

Abbildung 1: Förderung Sanierung Wohngebäude ab 01.01.2023

Aufgrund der ermittelten Daten ist eine Sanierung der Gebäudehülle sowie der Haustechnik zu empfehlen. Durch alle Modernisierungsmaßnahmen wäre eine Einsparung von ca. 389 kWh/m²a möglich. Um zukünftig noch unabhängiger von Energieversorgern zu sein, ist eine Anlage zur Stromerzeugung mit Speichermöglichkeit sehr vorteilhaft. Jede Umsetzung einer Modernisierungsmaßnahme muss von einer zugelassen Fachfirma durchgeführt und von einen zugelassen Fachplaner überwacht werden<sup>4</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung\_Wohngebaeude/energieberatung\_wohngebaeude\_node.html (Stand12.02.2023)



#### 2 Zusammenfassung

Bei der Untersuchung der Gebäudehülle wurde festgestellt, dass sich das Einfamilienhaus in einem gepflegten Zustand befindet. Allerdings wurden seit der Fertigstellung des Gebäudes nur minimale Sanierungen durchgeführt. Die berechneten Wärmedurchgangskoeffizienten sagen aus, dass die Gebäudehülle einen Wärmedurchlasskoeffizienten aufweist, der dem ursprünglichen Zustand entspricht. Der Wärmeverlust ist für heutige Zeiten zu groß.

Es wurden Vorschläge erarbeitet um den Energieverbrauch des Gebäudes zu senken. Die Vorschläge gehen über eine Sanierung des Daches, der oberste Geschossdecke, der Außenwände, den Fenster und Türen, den Kellerboden, bis hin zur Anlagentechnik. Für die Modernisierung wurden zwei Varianten berechnet: Innendämmung und Alternativ die Kerndämmung. Alle Modernisierungsmaßnahmen berücksichtigen die vom Kunden gewünschte Erweiterung der Wohnfläche im Souterrain-Geschoss. Bei den Außenwänden wird eine Außendämmung empfohlen, da diese mehr Vorteile gegenüber der Innendämmung hat.

Die untenstehende Grafik zeigt den energetischen Zustand vor und nach der Gesamtsanierung. Hier ist zu erkennen, dass eine enorme Verbesserung der Primärenergiebilanz am Gebäude erreicht werden kann. Der graue Wert zeigt den Ist-Zustand des Gebäudes an, dieser beträgt 485 kWh/m²a. Der gelbe Wert verweist auf den Zustand nach der energetischen Modernisierung und beträgt 96 kWh/m²a. Die Werte beziehen sich auf den Jahres-Primärenergiebedarf pro Jahr und Quadratmeter Energiebezugsfläche.



Abbildung 2: Tachografik Primärenergiebedarf nach Sanierung Gebäudehülle mit Anlagentechnik

Nach den von uns vorgeschlagenen Modernisierungen, wird ein Effizienzhaus 100 erreicht. Durch weitere Maßnahmen wie z.B. eine PV-Anlage mit Batteriespeicher, könnte eine weitere Verbesserung des Primärenergiebedarfes stattfinden. Durch die Gesamtmodernisierung bedarf es eines Lüftungskonzeptes, welches berechnet werden muss.

Zum Schluss weisen wir darauf hin, dass die Feuchtigkeitsschäden im Keller an den Außenwänden umgehend beseitigt werden sollten, damit keine weiteren Schäden entstehen.

#### R B Z

#### 2.1 Variantenvergleich

#### Ist-Zustand

- Var.1 Kellererweiterung
- Var.2 Kellererweiterung+Dach
- Var.3 Kellererweiterung+AWAD
- Var.4 Kellererweiterung+AWID
- Var.5 Kellererweiterung+Fenster
- Var.6 Kellererweiterung+Kellerboden
- Var.7 Anlagentechnik
- Var.8 Komplette Gebäudehülle
- Var.9 Gebäudehülle+Anlagentechnik

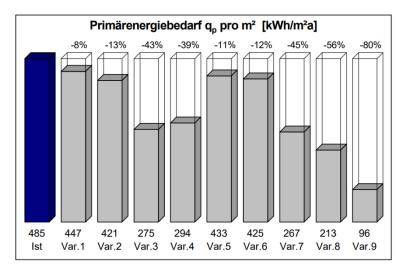


Abbildung 3: Berechnung Primärenergiebedarf der verschiedenen Varianten

Der Primärenergiebedarf hat im Ist-Zustand des Gebäudes einen Wert von 485kWh/m²a. Nach einer Modernisierung der gesamten Gebäudehülle sowie der Anlagentechnik, wäre ein Primärenergiebedarf von nur 96 kWh/m²a möglich.

#### Ist-Zustand

- Var.1 Kellererweiterung
- Var.2 Kellererweiterung+Dach
- Var.3 Kellererweiterung+AWAD
- Var.4 Kellererweiterung+AWID
- Var.5 Kellererweiterung+Fenster
- Var.6 Kellererweiterung+Kellerboden
- Var.7 Anlagentechnik
- Var.8 Komplette Gebäudehülle
- Var.9 Gebäudehülle+Anlagentechnik

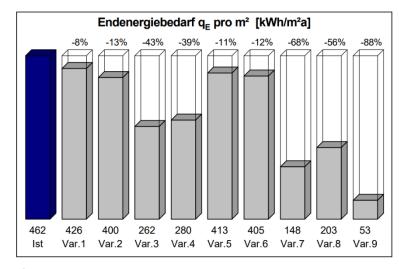


Abbildung 4: Berechnung Endenergiebedarf der verschiedenen Varianten

Der Endenergiebedarf beschreibt die Menge an Energie, die für die Erfüllung der verschiedenen energiebedingten Bedürfnisse eins Gebäudes benötigt wird. Dies beträgt im Ist-Zustand des Gebäudes 462 kWh/m²a. Nach der Modernisierung der Gebäudehülle sowie der Anlagentechnik wird eine Einsparung von 88% erwartet. Somit wird der Endenergiebedarf auf ca. 53kWh/m²a gesenkt.



#### Ist-Zustand

- Var.1 Kellererweiterung
- Var.2 Kellererweiterung+Dach
- Var.3 Kellererweiterung+AWAD
- Var.4 Kellererweiterung+AWID
- Var.5 Kellererweiterung+Fenster
- Var.6 Kellererweiterung+Kellerboden
- Var.7 Anlagentechnik
- Var.8 Komplette Gebäudehülle
- Var.9 Gebäudehülle+Anlagentechnik

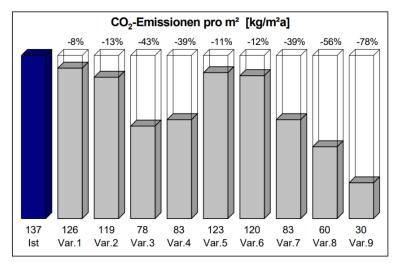


Abbildung 5: Berechnung des CO<sub>2</sub> Ausstoßes der verschiedenen Varianten

Die Grafik zeigt, dass bei einer Gesamtmodernisierung 78% der CO<sub>2</sub> Emissionen eingespart werden können.

#### 2.2 Primärenergie- und Endenergiebedarf

Die Primärenergie beinhaltet die gesamte Energie, die erforderlich ist, um den Endenergiebedarf eines Gebäudes zu decken. Der Endenergiebedarf für ein Gebäude wird unter Standardbedingungen berechnet und in der Einheit kWh/ m²a angegeben. Je geringer der Wert, umso besser ist die Energieeffizienz eines Gebäudes.

Berücksichtigt wird nach DIN 18599 "Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung" die vom Energieversorger gelieferte oder durch erneuerbare Energieträger erzeugte Energie für Heizungs- und Warmwasserbereitung bereit gestellt werden. Eingerechnet in die Primärenergie werden dabei nicht nur die direkt eingespeisten Energiemengen, sondern auch die für deren Herstellung nötige Energie sowie die entstehenden energetischen Verluste. Aus diesem Grund ist die Primärenergie in der Regel deutlich größer als der Endenergiebedarf. Im Zusammenhang mit dem Klimaschutz schreibt der Gesetzgeber deshalb im GEG auch einen maximalen Primärenergiebedarf statt eines Endenergiebedarfs vor. Durch den Einsatz regenerativer Energien kann der Primärenergiebedarf bei gleichbleibendem Endenergiebedarf deutlich verringert werden<sup>5</sup>.

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> https://www.hausbauberater.de/fachbegriffe/endenergiebedarf



#### 2.3 Energieverluste im Einzelnen

Die beiden unten aufgeführten Flussdiagramm zeigen wie hoch der Energieverlust im Einzelnen ist. Umso breiter ein Pfeil ist, umso höher ist der Energieverlust in diesem Bereich.

Die obere Grafik zeigt die Energieverluste im Ist-Zustand des Gebäudes und die untere Grafik die Energieverluste nach der Gesamtsanierung.

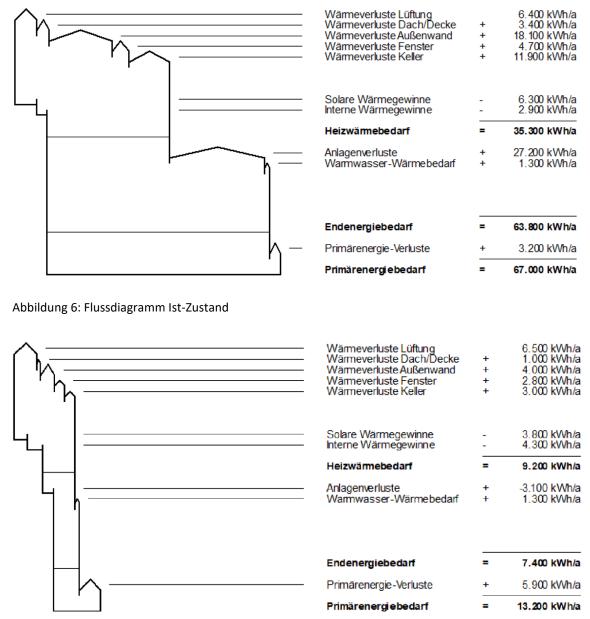


Abbildung 7: Flussdiagramm nach der Gesamtmodernisierung



#### 3 Ist-Zustand der Gebäudehülle und Anlagentechnik

#### 3.1 Gebäudebeschreibung

Das Einfamilienhaus in 24247 Rodenbek, Lang't Dörp 29 wurde 1962 errichtet. Das Wohngebäude ist ein eingeschossiger rechteckiger Klinkerbau in Hanglage mit Souterrain-Kellergeschoss. Ein Teil des Kellers sowie die durchgehende Treppe mit Fluren im Erd- und Dachgeschoss sind unbeheizt. Die Beheizung des Hauses und Warmwassererzeugung erfolgt über eine zentrale Öl-Heizung mit Warmwasserspeicher. Die Datenaufnahme hat am 27.09.2022 zerstörungsfrei stattgefunden, daher wurde zusätzlich als Referenz für fehlende Daten, die Gebäudetypologie "Schleswig – Holstein von 1958 – 1968" herangezogen<sup>6</sup>.



Abbildung 8: Gebäudeansicht Ost



Abbildung 10: Gebäudeansicht Nord



Abbildung 9: Gebäudeansicht West



Abbildung 11: Gebäudeansicht Süd

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> ARGE.eV-(HRSG): Gebäudetypologie Schleswig-Holstein; Leitfaden für wirtschaftliche und energieeffiziente Sanierungen verschiedener Baualtersklassen, Seite 45-52



#### 3.2 Systemgrenzen

Die Systemgrenzen und das Bruttovolumen werden nach DIN V18599-1:2011-12 Abs. 8.1 ermittelt und ergeben ein beheiztes Volumen von 431,4 m³.

Die Gebäudenutzfläche im Ist-Zustand beträgt 138,1m².

In allen Geschossen sind unbeheizte Flächen, somit befinden sich die Systemgrenzen nicht generell an den Außenwänden. Das Badezimmer im Kellergeschoss wurde nachträglich eingebaut.

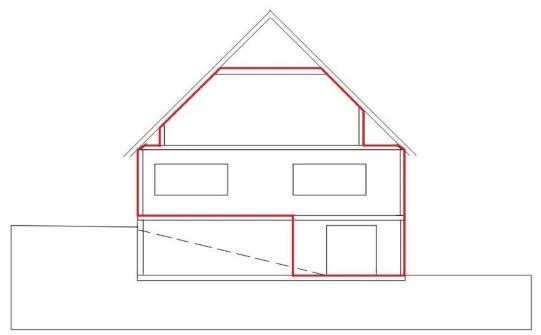


Abbildung 12: Schemaschnitt Systemgrenzen

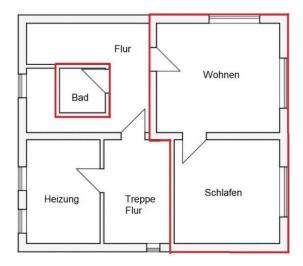


Abbildung 13: Kellergeschoss Systemgrenzen



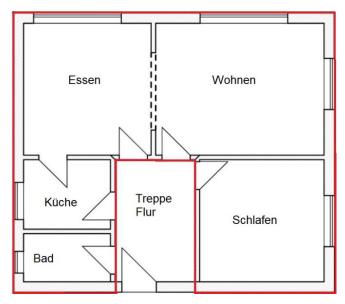


Abbildung 15: Erdgeschoss Systemgrenzen

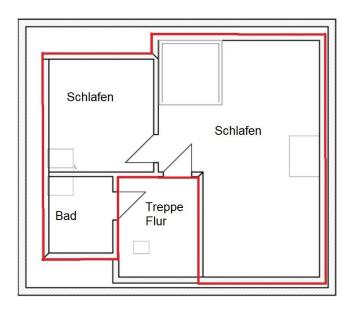


Abbildung 14: Dachgeschoss Systemgrenzen



#### 3.3 Wände

#### 3.3.1 Außenwände Keller



Abbildung 16: Außenwand Keller (innen)



Abbildung 17: Außenwand Keller

Die Außenwände des Kellers sind in einer massiven Bauweise errichtet worden.

Gemäß vorliegender Zeichnung und Baubeschreibung sind sie 31,5 cm stark und bestehen aus 30 cm Beton sowie Außenputz von 1,5 cm.

	Nr.	Baustoff				Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass- widerstand
						cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Beton mittl	lere Rohdic	hte (DIN 12524 - 2200 kg/	m³)	30,00	1,650	2200,0	0,18
	2	Putzmörte	l aus Kalk,	Kalkzement und hydraulisc	hem Kalk	1,50	1,000	1800,0	0,02
		Anforder	ung nach l	DIN 4108 Teil 2 ist nicht	erfüllt!		R <sub>zul.</sub> = 1,	20	R = 0,20
		Bauteilfläd	che	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-	wirksa	me Wärme-		$R_{si} = 0.13$
					wärmeverlust	speic	herfähigkeit		$R_{se} = 0,00$
1 2	3	1,24 m²	7,5 %	687,0 kg/m²	95,58 W/K	10cm-R 3cm-R		0 Wh/K 0 Wh/K	U - Wert 3,06 W/m²K

Tabelle 1: U-Werte Außenwand Keller

Der geforderte Wärmedurchgangswiederstand (R-Wert) ist nach Anforderung der DIN 4108-2 nicht erfüllt. Die GEG Anlage Nr.7 sieht für bestehende Gebäude einen Referenzwert von 0,30 W/m²K vor, dieser wurde somit nicht erfüllt.



#### 3.3.2 Außenwände Erdgeschoss



Abbildung 18: Wohnraum Erdgeschoss



Abbildung 19: Außenwand Erdgeschoss

Bei der Erdgeschosswand handelt es sich um ein zweischaliges Mauerwerk mit Hinterlüftung. Die Außenwand ist 33,5 cm stark und besteht aus einem Innenputz, Kalksandstein, Luftschicht und dem Klinker. Die Heizkörper sind in Nischen eingebaut. Im EG sind Rollläden montiert.

	Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass- widerstand
			cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Putzmörtel aus Kalkgips, Gips, Anhydrit und Kalkanhydrit	1,50	0,700	1400,0	0,02
	2	Kalksandstein, NM/DM (1400 kg/m³)	17,50	0,700	1400,0	0,25
	3	ruhende Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke	3,00		1,3	0,18
	4	Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker, NM/DM (1800kg/m³)	11,50	0,810	1800,0	0,14
		Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist nicht erfüllt!		R <sub>zul.</sub> = 1,	20	R = 0,59
		Bauteilfläche spezif. Bauteilmasse spezif. Transmissions-	wirksa	me Wärme-	•	$R_{si} = 0.13$
		wärmeverlust	speic	herfähigkeit		R <sub>se</sub> = 0,04
1 2 3 4	8	4,15 m² 20,3 % 473,0 kg/m² 110,23 W/K	10cm-R 3cm-R		0 Wh/K 0 Wh/K	U - Wert 1,31 W/m²K

Tabelle 2: U-Werte Außenwand Erdgeschoss

Der geforderte Wärmedurchgangswiederstand (R-Wert) ist nach Anforderung der DIN 4108-2 nicht erfüllt. Die GEG Anlage Nr.7 sieht für bestehende Gebäude einen Höchstwert von 0,24 W/m²K vor und wurde somit nicht erfüllt.



#### 3.3.3 Abseitenwände Dachgeschoss



Abbildung 20: Abseitenwand innen

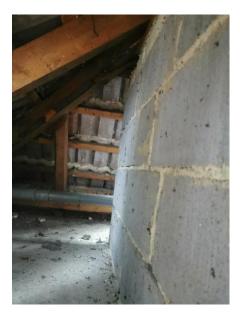


Abbildung 21: Abseitenwand außen

Die Abseitenwände bestehen aus 17,5 cm starken Porenbetonstein und sind beplankt mit einer 1,6cm dicken Holzvertäfelung.

	Nr.	Baustoff				Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass- widerstand
						cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Konstruktio	onsholz (D	IN 12524 - 500 kg/m³)		1,60	0,130	500,0	0,12
	2	Porenbeto	n-Bauplatte	en (Ppl) normale Fugendick	ke (400 kg/m³)	17,50	0,200	400,0	0,88
		Anforderu	ıng nach l	DIN 4108 Teil 2 ist nicht	erfüllt!		R <sub>zul.</sub> = 1,	75	R = 1,00
		Bauteilfläc	he	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-		me Wärme-		R <sub>si</sub> = 0,13
					wärmeverlust	speic	herfähigkeit		R <sub>se</sub> = 0,13
1 2	20	0,91 m²	5,0 %	78,0 kg/m²	16,62 W/K	10cm-R 3cm-R	•	0 Wh/K 0 Wh/K	U - Wert 0,79 W/m²K

Tabelle 3: U-Wert Abseitenwand

Der geforderte Wärmedurchgangswiederstand (R-Wert) ist nach Anforderung der DIN 4108-2 nicht erfüllt. Die GEG Anlage Nr.7 sieht für bestehende Gebäude einen Höchstwert von 0,24 W/m²K vor und wurde somit nicht erfüllt.



#### 3.3.4 Innenwände gegen unbeheizte Räume



Abbildung 23: Innenwand Wohnraum EG



Abbildung 22: Innenwand Keller

Die Innenwände bestehen aus 11,5 cm Kalksandstein mit beidseitigen Innenputz. Tragende Innenwände sind 24 cm stark.

		Nr.	Baustoff				Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass- widerstand
	70 70 70 70 70 70 70 70 70 70 70 70 70 7						cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
		1	Putzmörtel	aus Kalkg	ips, Gips, Anhydrit und Kall	kanhydrit	1,50	0,700	1400,0	0,02
		2	Kalksands	tein, NM/DI	M (1400 kg/m³)		11,50	0,700	1400,0	0,16
		3	Putzmörtel	l aus Kalkg	ips, Gips, Anhydrit und Kal	kanhydrit	1,50	0,700	1400,0	0,02
			Anforderu	ıng nach l	DIN 4108 Teil 2 ist nicht	erfüllt!		R <sub>zul.</sub> = 1,	20	R = 0,21
			Bauteilfläc	he	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-	wirksa	me Wärme-	,	$R_{si} = 0.13$
1111						wärmeverlust	speic	herfähigkeit		R <sub>se</sub> = 0,13
1 2	2 3	3	3,28 m²	8,0 %	203,0 kg/m²	71,24 W/K	10cm-R 3cm-R		0 Wh/K 0 Wh/K	U - Wert 2,14 W/m²K

Tabelle 4: U-Werte Innenwand Erdgeschoss

	Nr.	Baustoff			Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass- widerstand
					cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Putzmörtel aus Kalk	gips, Gips, Anhydrit und Kall	kanhydrit	1,50	0,700	1400,0	0,02
2002   2003	2	Kalksandstein, NM/	OM (1400 kg/m³)		24,00	0,700	1400,0	0,34
	3	Putzmörtel aus Kalk	gips, Gips, Anhydrit und Kall	kanhydrit	1,50	0,700	1400,0	0,02
		Anforderung nach	DIN 4108 Teil 2 ist nicht	erfüllt!		R <sub>zul.</sub> = 1	,20	R = 0,39
		Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-	wirksa	me Wärme		$R_{si} = 0,13$
				wärmeverlust	speic	herfähigkeit		$R_{se} = 0,13$
1 2 3	1	0,29 m <sup>2</sup> 2,5 %	378,0 kg/m²	15,93 W/K	10cm-R 3cm-R	•	240 Wh/K 800 Wh/K	U - Wert 1,55 W/m²K

Tabelle 5: U-Werte Innenwand Kellergeschoss

Beide Wandarten erfüllen nicht den geforderten Wärmedurchgangswiederstand (R-Wert) nach den Anforderungen der DIN 4108-2. Des Weiteren fordert die GEG Anlage 7 für bestehende Gebäude ein Höchstwert von 0,24 W/m²K und ist somit nicht erfüllt.



#### 3.4 Kellerboden und Geschossdecken

#### 3.4.1 Kellerboden



Abbildung 24: Kellerboden

Der Kellerboden besteht vermutlich aus einem mehrschichtigen Aufbau aus Beton, Bitumenbahn, Zement-Estrich und keramischem Belag.

	Nr.	Baustoff			Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass- widerstand
					cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Keramische Beläge			1,00	1,300	2300,0	0,01
	2	Zement-Estrich			6,00	1,400	2000,0	0,04
	3	nackte Bitumenbahn	(DIN 52129)		0,30	0,170	1200,0	0,02
	4	Beton mittlere Rohdi	chte (DIN 12524 - 2000 kg	/m³)	20,00	1,350	2000,0	0,15
		Anforderung nach	DIN 4108 Teil 2 ist nicht	erfüllt!		$R_{zul.} = 0$	,90	R = 0,22
		Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-	wirksa	me Wärme		$R_{si} = 0,17$
				wärmeverlust	speicl	herfähigkeit		R <sub>se</sub> = 0,00
123 4	4	7,83 m <sup>2</sup> 11,5 %	546,6 kg/m²	123,80 W/K	10cm-R 3cm-R	-9	788 Wh/K 640 Wh/K	U - Wert 2,59 W/m²K

Tabelle 6: U-Werte Kellerboden

Der geforderte Wärmedurchgangswiederstand (R-Wert) ist nach Anforderung der DIN 4108-2 nicht erfüllt. Die GEG Anlage Nr.7 sieht für bestehende Gebäude einen Höchstwert von 0,3 W/m²K vor und wurde somit nicht erfüllt.



#### 3.4.2 Kellerdecke



Abbildung 25: Kellerdecke

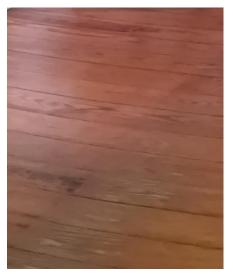


Abbildung 26: Dielenboden Erdgeschoss

Die Kellerdecke besteht laut Baubeschreibung aus Beton, Holzfaserdämmplatten, ruhender Luftschicht und aus Dielenboden.

	Nr.	Baustoff				Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass- widerstand
						cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Konstruktio	nsholz (D	IN 12524 - 700 kg/m³)		2,50	0,180	700,0	0,14
	2	ruhende Lu	ıftschicht (l	horizontal) bis 300mm Dick	e	2,40		1,3	0,16
	3	Holzfaserda	ämmplatte	n (DIN 68755 - WLG 050)		1,50	0,050	150,0	0,30
	4	Beton mittle	ere Rohdic	hte (DIN 12524 - 2000 kg/	m³)	16,00	1,350	2000,0	0,12
		Anforderu	ng nach l	DIN 4108 Teil 2 ist nicht	erfüllt!		R <sub>zul.</sub> = 0	,90	R = 0,72
		Bauteilfläc	he	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-	wirksa	me Wärme	-	R <sub>si</sub> = 0,10
					wärmeverlust	speic	herfähigkeit		R <sub>se</sub> = 0,10
12 4	2	0,31 m²	4,9 %	339,8 kg/m²	22,13 W/K	10cm-R 3cm-R	•	496 Wh/K 256 Wh/K	U - Wert 1,09 W/m²K

Tabelle 7: U-Werte Kellerdecke/Erdgeschossboden

Der geforderte Wärmedurchgangswiederstand (R-Wert) ist nach Anforderung der DIN 4108-2 nicht erfüllt. Die GEG Anlage Nr.7 sieht für bestehende Gebäude einen Höchstwert von 0,50 W/m<sup>2</sup>K vor und wurde somit nicht erfüllt.



#### 3.4.3 Erdgeschossdecke



Abbildung 27: Erdgeschossdecke



Abbildung 28: Obergeschossboden in der Abseite

Die Erdgeschossdecke bzw. der Obergeschossboden besteht aus einer 22 cm starken Betonschicht. Dieser hat im Obergeschoss unterschiedliche Bodenbeläge. Die Erdgeschossdecke bildet nur im Bereich der Abseite die Systemgrenze des Erdgeschosses gegen unbeheizte Bereiche.

	Nr.	Baustoff				Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass- widerstand
						cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Beton mittl	ere Rohdic	hte (DIN 12524 - 2000 kg/	m³)	22,00	1,350	2000,0	0,16
		Anforder	ıng nach l	DIN 4108 Teil 2 ist nicht	erfüllt!		R <sub>zul.</sub> = 0,	90	R = 0,16
		Bauteilfläd	che	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-	wirksa	me Wärme-		R <sub>si</sub> = 0,10
					wärmeverlust	speicl	herfähigkeit		R <sub>se</sub> = 0,10
	2	0,78 m²	5,0 %	440,0 kg/m²	57,25 W/K	10cm-R 3cm-R	•	0 Wh/K 0 Wh/K	U - Wert 2,76 W/m²K

Tabelle 8: U-Werte Erdgeschossdecke/Obergeschossboden

Der geforderte Wärmedurchgangswiederstand (R-Wert) ist nach Anforderung der DIN 4108-2 nicht erfüllt. Die GEG Anlage Nr.7 sieht für bestehende Gebäude einen Höchstwert von 0,24 W/m²K vor und wurde somit nicht erfüllt.



#### 3.4.4 Oberste Geschossdecke



Abbildung 29: Oberste Geschossdecke von unten

Die oberste Geschossdecke besteht aus einer Holzvertäfelung welche, an den Kehlbalken angebracht wurde. Zwischen den Balken befindet sich vermutlich Holzfaser.

	Nr.	Baustoff			Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass- widerstand
					cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	Dä	mmung = 0,86 ( 86,0	00% )		•			
	1	Konstruktionsholz (	DIN 12524 - 500 kg/m³)		1,60	0,130	500,0	0,12
A	2	Holzwolle-Leichtbau	iplatten (DIN 1101 - d > 25	mm - WLG 070)	3,00	0,070	410,0	0,43
	3	Mineral. und pflanzl.	Faserdämmstoff (WLG 04	15)	5,00	0,045	60,0	1,11
								R = 1,66
	Spa	arren = 0,14 ( 14,009	<b>%</b> )					
	1	Holzverkleidung			1,60	0,130	500,0	0,12
	2	Holzwolle-Leichtbau	ıplatten (DIN 1101 - d > 25	mm - WLG 070)	3,00	0,070	410,0	0,43
В	3	Sparren			16,00	0,130	500,0	1,23
12 3		•						R = 1,78
		Anforderung nach	DIN 4108 Teil 2 ist erfül	lt!		$R_{m, zul.} = 1,$	,0	$R_{\rm m} = 1,47$
		Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-	wirksa	me Wärme-		$R_{si} = 0,10$
				wärmeverlust	speic	herfähigkeit		$R_{se} = 0,10$
	1	9,50 m <sup>2</sup> 6,0 %	34,1 kg/m <sup>2</sup>	11,68 W/K	10cm-R 3cm-R		69 Wh/K 69 Wh/K	U - Wert 0,60 W/m²K

Tabelle 9: U-Werte Oberste Geschossdecke

Der geforderte Wärmedurchgangswiederstand (R-Wert) ist nach Anforderung der DIN 4108-2 erfüllt. Die GEG Anlage Nr.7 sieht für bestehende Gebäude einen Höchstwert von 0,24 W/m²K vor und wurde somit nicht erfüllt.



#### **3.5** Dach



Abbildung 30: Dach Außenansicht



Abbildung 31: Dach Innenansicht



Abbildung 32: Gaube Innenansicht



Abbildung 33: Gaube Außenansicht

Das Dach ist eine Walmdachkonstruktion mit unterschiedlichen Neigungswinkeln.

Auf der Südseite besitzt das Dach eine Gaube mit Fenster. Da die Datenaufnahme zerstörungsfrei aufgenommen wurde, wird davon ausgegangen, dass die Gaube dieselbe Dämmung aufweist wie die Dachflächen. Diese besteht wie in der Obersten Geschossdecke aus einer Holzvertäfelung und Dämmung zwischen den Sparren.

	Nr. Baustoff			Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass- widerstand	
					cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	Dämmung = 0,86 ( 86,00% )							
	1	Konstruktionsholz (D	OIN 12524 - 500 kg/m³)		1,60	0,130	500,0	0,12
A	2	2 Holzwolle-Leichtbauplatten (DIN 1101 - d > 25 mm - WLG 070)			3,00	0,070	410,0	0,43
	3	3 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 045)			5,00	0,045	60,0	1,11
		₹.						R = 1,66
	Sparren = 0,14 ( 14,00% )							
	1 Holzverkleidung 1,60 0,13					0,130	500,0	0,12
	2 Holzwolle-Leichtbauplatten (DIN 1101 - d > 25 mm - WLG 070)				3,00	0,070	410,0	0,43
В	3	Sparren			16,00	0,130	500,0	1,23
12 3		•				R = 1,78		
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!				R <sub>m, zul.</sub> = 1,0			R <sub>m</sub> = 1,47
		Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-	wirksa	me Wärme-		R <sub>si</sub> = 0,10
	wärmeverlust				speicherfähigkeit			R <sub>se</sub> = 0,04
	1	7,28 m <sup>2</sup> 5,3 %	34,1 kg/m²	10,74 W/K	10cm-R 3cm-R		61 Wh/K 61 Wh/K	U - Wert 0,62 W/m²K

Tabelle 10: U-Werte Dach

Der geforderte Wärmedurchgangswiederstand (R-Wert) ist nach Anforderung der DIN 4108-2 erfüllt. Die GEG Anlage Nr.7 sieht für bestehende Gebäude einen Höchstwert von 0,24 W/m²K vor und wurde somit nicht erfüllt.



#### 3.6 Fenster und Türen

Das Gebäude hat insgesamt 16 Fenster und 3 Türen, wobei die Fenster im EG einen soliden Eindruck machen.

- OG: Holz-Dachflächenfenster, Gaubenfenster und Dachausstiegfenster
- EG: Kunststofffenster mit 2-Fach-IV
- KG: Holzfenster 2-Fach-WSV, weitere Kellerfenster sowie Glassteine die sich aber derzeit im unbeheizten Bereich befinden.

Sämtliche Fenster und Türen sind nicht mehr auf dem aktuellen energetischen Standard.



Abbildung 34: Dachfenster Wohnraum

ᄗ	Randverbund:	Aluminium	I <sub>g</sub> = 4,60 m Fläche	Ψ <sub>g</sub> = 0,04 W/m K <b>U-Wert</b>
	Rahmen:	Holzrahmen, neu	$A_f = 0,50 \text{ m}^2$	U <sub>f</sub> = 1,50 W/m <sup>2</sup> K
	Verglasung:	2-Scheiben-Isolierverglasung	$A_g = 1,32 \text{ m}^2$	$U_g = 2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tabelle 11: U-Wert für ein Dachfenster Wohnraum OG

Die GEG Anlage Nr.7 fordert für bestehende Gebäude einen Höchstwert von 1,3 W/m²K und ist somit nicht erfüllt.





Abbildung 35: Fenster Wohnraum EG

	Ø=-Ø	Verglasung:	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	$A_g = 2,77 \text{ m}^2$	U <sub>g</sub> = 1,20 W/m <sup>2</sup> K
		Rahmen:	Kunststoffrahmen, 3 Kammern	$A_f = 0.87 \text{ m}^2$	U <sub>f</sub> = 2,80 W/m <sup>2</sup> K
		Randverbund:	Aluminium	I <sub>g</sub> = 11,64 m	Ψ <sub>g</sub> = 0,06 W/m K
				Fläche	U-Wert
				A <sub>w</sub> = 3,64 m <sup>2</sup>	U <sub>w</sub> = 1,77 W/m <sup>2</sup> K

Tabelle 12: U-Wert für ein exemplarisches Fenster Wohnraum EG

Die GEG Anlage Nr.7 fordert für bestehende Gebäude ein Höchstwert von 1,3 W/m²K und ist somit nicht erfüllt.



Abbildung 36: (Kellereingang) Terrassentür KG

	Verglasung:	2-Scheiben-Isolierverglasung	$A_g = 2,82 \text{ m}^2$	$U_g = 2,80 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Rahmen:	Holzrahmen, neu	$A_f = 0.79 \text{ m}^2$	$U_f = 1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
P1	Randverbund:	Aluminium	I <sub>g</sub> = 10,08 m	$\Psi_{\rm g}$ = 0,04 W/m K
l ä			Fläche	U-Wert
8			A <sub>w</sub> = 3,61 m <sup>2</sup>	U <sub>w</sub> = 2,63 W/m <sup>2</sup> K

Tabelle 13: U-Werte Terrassentür KG

Die GEG Anlage Nr.7 fordert für bestehende Gebäude ein Höchstwert von 1,3 W/m²K und ist somit nicht erfüllt.



#### 3.7 Anlagentechnik

Das Gebäude wird über eine zentrale Öl-Heizung mit einem Niedertemperaturkessel beheizt. Die Wärmeleistung der Heizung beträgt 21 kW. An der Heizung ist eine geregelte Umwälzpumpe angeschlossen. Diese hat eine Nennleistung von min.25 W bis max. 40 W. Die Warmwasseraufbereitung findet über einen angeschlossenen Warmwasserspeicher statt. Die Rohrleitungssysteme im Keller sind teilweise gedämmt, vermutlich mit einer Glasfaserdämmung mit Gipsschale. Von den vergangenen 4 Jahren liegen Heizölrechnungen vor. Demnach verbraucht der Nutzer durchschnittlich 2000 L Heizöl im Jahr. Das Gebäude wird seit Jahren nur noch zeitweise als Zweitwohnsitz genutzt. Teilweise nur mit 2 Personen, teilweise bei Familienfesten mit 7-8 Personen, aber nur wenige Wochen im Jahr.



Abbildung 37: Zentrale Öl-Heizung



Abbildung 38: Beispiel einer ungedämmten Rohrleitung im Keller



Abbildung 39: Geregelte Umwälzpumpe



# 3.8 Übersicht aller U-Werte und Gegenüberstellung mit gesetzlichen Anforderungen

Bauteil	Bestand <sup>7</sup>	Ziel Zustand <sup>8</sup>	GEG <sup>9</sup>	KFW/BEG <sup>10</sup>
	U-Wert	U-Wert	U-Wert	U-Wert
	(W/m²K)	(W/m²K)	(W/m²K)	(W/m²K)
Dach	0,68	0,14	0,24	0,14
Oberste Geschossdecke	0,65	0,14	0,24	0,14
Decke Erdgeschoss gegen unbeheizte Abseite	2,76	0,14	0,24	0,25
Erdgeschoss Boden gegen unbeheizt	1,09		0,50	0,25
Boden Keller	2,59	0,47	0,50	0,25
Außenwand Erdgeschoss	1,31	0,18	0,24	0,20
Außenwand Keller gegen Erdreich	3,06	0,16	0,30	0,25
Außenwand Obergeschoss	0,80	0,18	0,24	0,20
Innenwand gegen unbeheizt 11,5cm	2,14		0,24	0,25
Dachflächenfenster groß	2,54	0,96	1,40	1,00
Dachflächenfenster klein	2,38	1,11	1,40	1,00
Fenster Gaube	1,99	0,94	1,30	0,95
Fenster Wohn- und Schlafzimmer	1,83	0,89	1,30	0,95
Fenster Wohnzimmer	1,77	0,87	1,30	0,95
Fenster WC	2,18	0,97	1,30	0,95
Fenster Keller	1,68	0,90	1,30	0,95
Terrassentür	1,73	0,81	1,30	0,95
Tür Keller	2,63	0,84	1,80	1,30

Tabelle 14: Übersicht und Gegenüberstellung aller U-Werte mit gesetzlichen Anforderungen

Bei den U-Werten der Außenwände, Fenster und dem Kellerboden ist festzustellen, dass bei einer Sanierung nach gesetzlichen Vorgaben, ein sehr effektives Ergebnis zu erwarten ist.

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Berechnung aus Hottgenroth (02.11.2022)

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> Berechnung aus Hottgenroth (09.02.2023)

<sup>&</sup>lt;sup>9</sup> Gebäudeenergiegesetz – GEG (Stand 08.08.2020)

<sup>&</sup>lt;sup>10</sup>Technische Mindestanforderungen zum Programm "Bundesförderung für effiziente Gebäude" – Einzel-Maßnahmen Punkt 1.1 (Stand 14.01.2023)

#### 4 Wärmebrücken

Als Wärmebrücken werden Bauteilbereiche bezeichnet, durch die ein größerer Wärmestrom hindurchgeht, als durch die angrenzenden Flächen. Durch den größeren Wärmeverlust und den dadurch resultierenden niedrigeren Oberflächentemperaturen kann es zur Bildung von Tauwasser (Kondenswasser) an der Bauteiloberfläche kommen. Das daraus entstehende Schadensbild kann z.B. Schimmel, Pilze, Sporen etc. sein. Außerdem kann es an solchen Stellen verstärkt zur Rissgefahr durch erhöhte thermische Spannungen (Winter kalte Oberfläche; Sommer warme bis heiße Oberfläche) kommen.

#### Beispiele für Wärmebrücken:

- auskragende Balkone oder Träger
- Rollladenkästen
- Fensterrahmen und Fensterstürze
- Heizkörperbefestigungen im Mauerwerk
- Heizkörpernische
- Deckenanschlüsse
- Außenecken am Gebäude
- Lücken in der Dämmung (Risse, schlecht verlegte Platten mit offenen Fugen...)
- Anker von Wärmedämmverbundsystemen oder vorgehängten Fassaden<sup>11</sup>

-

<sup>&</sup>lt;sup>11</sup> Volland, Johannes; Pils, Michael; Skora, Timo: Wärmebrücken erkennen – optimieren – berechnen – vermeiden, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, 1. Auflage S.14

#### 4.1 Wärmebrückenarten

Man unterscheidet drei verschiedene Arten von Wärmebrücken:

Materialbedingte Wärmebrücken entstehen durch die verwendeten Materialien. Da jedes Material unterschiedlich gut Wärme leitet, entstehen besonders bei Baustoffen mit hoher Wärmeleitfähigkeit Wärmebrücken. Wo zwei oder mehr Bauteile aufeinandertreffen oder ein Bauteil punktuell ein anderes berührt / durchstößt, können Wärmebrücken entstehen. Das sind z.B.:

- Ecken von auskragenden Bauteilen
- Anschluss Dach/ Außenwände
- Anschluss Außenwände/ Bodenplatte

Geometrische Wärmebrücken ergeben sich, wenn die Innenoberfläche ungleich der Außenoberfläche ist. Allgemein gilt: Je kompakter ein Gebäude gebaut ist, also je kleiner das Verhältnis Außenoberfläche zu Innenoberfläche ist, umso geringer sind die Energieverluste. Diese Wärmebrücken treten an Raumkanten auf, also dort, wo die inneren und die äußeren Bauteilflächen unterschiedlich groß sind. Das sind z. B.:

- Gebäudedecken, Auskragungen wie Balkonplatten
- Rück- und Vorsprünge in der Gebäudehülle
- Außenecken

**Konstruktive Wärmebrücken** sind Wärmebrücken, die durch konstruktive Zwänge entstehen. Solche Wärmebrücken entstehen z. B. bei

- Stahlbetonstürze im Mauerwerk
- Fachwerkkonstruktionen
- Ringanker
- Deckenauflager<sup>12</sup>

<sup>&</sup>lt;sup>12</sup> Volland, Johannes; Pils, Michael; Skora, Timo: Wärmebrücken erkennen – optimieren – berechnen – vermeiden, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, 1. Auflage S.14

#### 4.2 Thermografie

Energetische Sanierungsmaßnahmen am Gebäude sollen dazu führen, dass möglichst wenig Wärme unkontrolliert aus dem Gebäude an die Umwelt verloren geht. Für die fehlerfreie Planung, Durchführung und Wirkungskontrolle wie z. B. der Vermeidung und der Entdeckung von Wärmebrücken braucht es ein entsprechendes Verfahren, die die Wärme sichtbar macht. Ein solches Verfahren ist u.a. die Thermografie.<sup>13</sup>

Bei der Thermografie werden die Oberflächentemperaturen des Messobjektes kontaktaktlos gemessen und optisch dargestellt. So bleibt das Messobjekt unverändert und unbeschädigt in seiner Beschaffenheit.

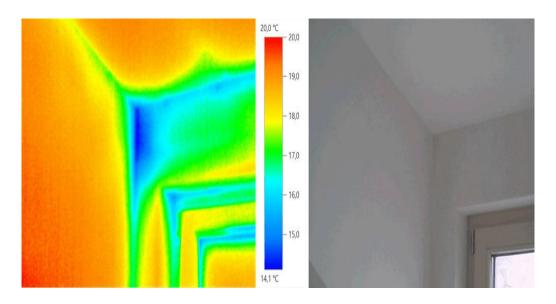


Abbildung 40: Thermografie mit Temperaturskala bei einer von Innen gesehenen Außenwand<sup>14</sup>

Anhand dieses Beispiels ist gut zu erkennen, dass die Oberflächentemperatur in den Raumecken einer Außenwand (hier blau dargestellt, mit 15 Grad Celsius), deutlich kälter ausfällt, als die Oberflächentemperatur der Wände (bis zu 19 Grad Celsius). Durch das Aufeinandertreffen von zweidimensionalen Wärmebrücken, entsteht ein dreidimensionales Temperaturfeld. Solche metrischen Wärmebrücken sind in den Raumecken zu oberen Geschossdecken zu finden. An diesen Stellen treten deutlich niedrigere Temperaturen auf als in den Raumecken am Fußboden, wo nur zwei Flächen zusammentreffen bzw. an den Wandoberflächen.

<sup>&</sup>lt;sup>13</sup> Bläsi, Walter: Bauphysik, Verlag Europa-Lehrmittel Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 2016, 11.Auflage S.281

<sup>&</sup>lt;sup>14</sup> https://www.ziegel-technik.at/waermebruecken

#### 4.3 Wärmebrücken am Objekt

Bei der Besichtigung des Objektes und der anschließenden Berechnung des IST-Zustandes der Gebäudehülle sind folgende Wärmebrücken in den einzelnen Stockwerken aufgefallen, die nachfolgend dokumentiert wurden.

#### **Kellergeschoss:**



Abbildung 41: Glasbausteine im Kel-

Die im Kellergeschoss erkennbaren Wärmebrücken sind die verbauten Glasbausteine. Diese Wärmebrücken werden als materielle Wärmebrücken bezeichnet. Die verbauten Glasbausteine haben gegenüber einem Fenster mit 2-fach oder 3-fach Verglasung (Wärmeschutzverglasung) mit Kunststoffrahmen einen hohen U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) und lassen einen sehr großen Wärmestrom nach draußen durch.

#### **Erdgeschoss:**



Abbildung 42: Heizkörpernische im Erdgeschoss

Die im Erdgeschoss erkennbaren Wärmebrücken sind die Heizkörpernischen in der Außenwand der Gebäudehülle. Diese Wärmebrücken werden als konstruktive Wärmebrücken bezeichnet, weil hier das Mauerwerk um bis zu 10 cm für die Heizkörper ausgespart wurde. Die dünneren Außenwände haben einen höheren U-Wert und lassen gegenüber den anderen Außenwänden ohne Nischen die Wärme schneller durch. Im Zuge einer energetischen Sanierung sollten die Nischen gedämmt und zugemauert werden sowie die Heizkörper ausgetauscht werden.

## R B Z

#### Dachgeschoss:



Abbildung 44: Dachüberstand / Traufe



Abbildung 43: Abseite

Die im Dachgeschoss erkennbaren Wärmebrücken sind die ungedämmten Sparrendurchdringungen (Traufe). Im Zuge einer Dachsanierung würden diese Wärmebrücken durch entsprechende Dämmung oder durch eine baulich andere Konstruktion (Gesimsunterschlag) entfallen.

#### Dachgeschoss:



Abbildung 45: Dachdurchgangsfenster Außenansicht



Abbildung 46: Dachdurchgangsfenster Ansicht Flur OG

Eine weitere, im Dachgeschoss erkennbare Wärmebrücke, ist das Dachausstiegsfenster mit 1-fach Verglasung im Treppenhaus. Im Zuge einer Dachsanierung würde diese Wärmebrücke durch ein entsprechend gedämmtes modernes Dachflächenfenster, mit Wärmeschutzverglasung, ausgetauscht werden oder durch eine baulich andere Konstruktion entfallen.



#### 5 Modernisierungsmaßnahmen

Im folgenden Abschnitt werden Sanierungsvorschlägen aufgezeigt. Im ersten Teil werden die Einzelmaßnahmen aller Bauteile betrachtet, danach ein Maßnahmenpaket zur Gesamt-Modernisierung. Durch die Modernisierung wird nicht nur der Primärenergiebedarf wesentlich verringert, sondern auch der CO<sub>2</sub> Ausstoß erheblich reduziert.

#### 5.1 Einzelmaßnahmen

#### **5.1.1** Kellererweiterung

Durch die Modernisierung und dem Umbau des Kellergeschosses, werden die unbeheizten Räume zu beheizten Räumen. Somit werden sie in der Systemgrenze mit einbezogen.

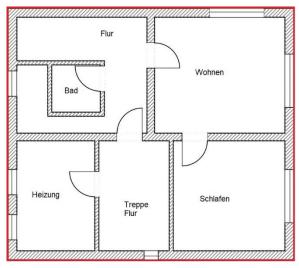


Abbildung 47: Systemgrenzenerweiterung Kellergeschoss

Durch diese Vergrößerung der Systemgrenzen und den zusätzlich beheizten Räumen, verringert sich unser Primärenergiebedarf von 485 kWh/m²a auf 447kWh/m².



Abbildung 48: Tachografik Primärenergiebedarf Kellererweiterung

Diese Vergrößerung der beheizten Wohnfläche kommt auch den Nachfolgenden Berechnungen zugute, da weniger unbeheizter Raum angenommen wird.



#### 5.1.2 Dach / Oberste Geschossdecke

A B	Nr.	Nr. Baustoff			Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass- widerstand
c					cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Gipskartonplatten (D	DIN 18180)		1,25	0,250	900,0	0,05
		Gefach - Stützen-/Balkenbrei	ite: 10,0 cm; Zwischenraum (Füllung): 3	1,7 cm; um 90° gedreht				
	2	Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)		2,30	0,130	500,0	0,18	
		ruhende Luftschicht (horizontal) bis 300mm Dicke				1,3	0,16	
	3	Polyethylenfolie 0,15	mm (DIN 12524)		0,015	0,330	960,0	0,00
		Gefach - Stützen-/Balkenbrei	ite: 8,0 cm; Zwischenraum (Füllung): 86,	0 cm				
	4	Sparren			16,00	0,130	500,0	1,23
		Mineral. und pflanzl.	Faserdämmstoff (WLG 035	5)		0,035	60,0	4,57
	5	Holzfaserdämmplatte	en (DIN 68755 - WLG 035)		10,00	0,035	290,0	2,86
		Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Abschnitte (siehe Skizze)						$R_{\lambda,A} = 4,32$
13 4 5	8							$R_{\lambda,B} = 4,30$
								$R_{\lambda,C} = 7,66$
								$R_{\lambda,D} = 7,64$
		Anforderung nach	DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt	!		R <sub>m,zul.</sub> = 1,	0	R <sub>m</sub> = 6,98
	<u> </u>	Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-	wirksa	me Wärme-		$R_{si} = 0.10$
				wärmeverlust	speic	herfähigkeit		R <sub>se</sub> = 0,10
	1	9,50 m <sup>2</sup> 6,0 %	58,8 kg/m <sup>2</sup>	2,72 W/K	10cm-R 3cm-R		110 Wh/K 79 Wh/K	U - Wert 0,14 W/m²K

Tabelle 15: U-Werte Sanierungsvorschlag Dach/Oberste Geschossdecke

Als Einzelmaßnahme für das Dach und die Geschossdecke empfehlen wir einen gesamten Neuaufbau. Dieser beinhaltet Holzfaserdämmplatten mit einer Stärke von 10cm von außen über
den Sparren, die Zwischenräume der 16 cm hohen Sparren werden mit mineral oder pflanzlichen Faserdämmstoff ausgefüllt. Nach der Dämmung wird eine Polyethylenfolie mit einer
Stärke von 0,015 cm luftdicht angebracht. Um die Folie zu schützen und die Gipskartonplatten
zu montieren, wird ein ca. 2,3 cm starkes Konstruktionsholz montiert. Zwischen den Konstruktionshölzern ergibt sich eine horizontale ruhende Luftschicht. Es ist zu beachten, dass die Folie
luftdicht an allen angrenzenden Bauteilen wie z. B. Wänden und Dachflächenfenster installiert
wird. Bei einer unsachgemäßen Installation der Folie kann es zu Tauwasserausfall und somit
zu Feuchtigkeitsschäden kommen. Nach GEG darf der Wärmedurchgangskoeffizient nicht
über einen Wert von 0,24 W/m²K liegen. Nach unseren Modernisierungsvorschlag liegt der
Wert bei 0,14 W/m²K. Nach dem Neuaufbau wird 5% des Primärenergiebedarfes gegenüber
dem IST-Zustand gespart.



Abbildung 49: Tachografik Primärenergiebedarf nach Sanierung Dach/Oberste Geschossdecke Der Primärenergiebedarf des Gebäudes liegt nach der Modernisierung bei 421 kWh/m²a. Der IST Wert liegt bei 485 kWh/m²a.

#### **Hinweis:**

#### Paragraph 47 GEG -Nachrüsten eines bestehenden Gebäudes-

#### Absatz 1

Eigentümer eines Wohngebäudes die nach ihrer Zweckbestimmung jährlich mindestens 4 Monate auf Innentemperatur von mindestens 19 Grad Celsius beheizt werden, müssen dafür sorgen, dass die oberste Geschossdecke, die nicht den Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2: 2013-02 genügen, so gedämmt sind, dass der Wärmedurchgangskoeffizient der obersten Geschossdecke 0,24 Watt pro Quadratmeter und Kelvin nicht Überschreitet. Die Pflicht entfällt, wenn das darüber liegende Dach entsprechend gedämmt ist oder den Anforderungen an den Mindestwärmeschutz nach DIN4108-2: 2013-02 genügt<sup>15</sup>.

Der Mindestwärmeschutz nach DIN4108-2: 2013-02 schreibt vor, dass ein R-Wert von 1,2 m²K/W nicht überschritten werden darf. Das Dach sowie die oberste Geschossdecke erfüllen diese Anforderung und müssen somit nicht verpflichtend Saniert werden um die GEG Auflagen zu erfüllen.

Sollte sich der Kunde gegen eine Sanierung entscheiden, empfehlen wir trotz der passenden Werte eine Nachdämmung der obersten Geschossdecke, da bei der Datenerfassung eine nicht lückenlose Dämmung festgestellt werden konnte.

.

<sup>&</sup>lt;sup>15</sup> §47 GEG -Nachrüstung eines bestehenden Gebäudes- Absatz 1



### 5.1.3 Außenwände Außendämmung

#### **Kellergeschoss**

Die Kelleraußenwände sind durch nicht ausreichende Absperrung gegen Wasser teilweise sehr in Mitleidenschaft gezogen worden. Der Aufbau der vorhandenen Wand zeigt It. Baubeschreibung eine 30 cm starke Betonschicht, die mit 1,5 cm Putzmörtel versehen ist. Aus diesem Aufbau ergibt sich ein U-Wert von 3,06 W/m²K. Um den vorgegebenen U-Wert nach GEG von 0,30 W/m²K zu erreichen und das Problem der Feuchte zu beheben, wird vorschlagen, diese Wand durch eine Bitumenschicht von 0,5 cm vor Feuchte zu schützen und mit 18 cm starken Polystyrol PS – Extruderschaum (wasserabweisend) zu dämmen. Durch diese Maßnahmen sind die Außenwände des Kellers gegen Feuchtigkeit von außen geschützt und es wird ein erheblich besserer U-Wert von 0,16 W/m²K erreicht.

	Nr. Baustoff				Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass- widerstand
					cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Beton mittlere Rohdie	chte (DIN 12524 - 2200 kg/	m³)	30,00	1,650	2200,0	0,18
	2	Putzmörtel aus Kalk,	Kalkzement und hydraulisc	hem Kalk	1,50	1,000	1800,0	0,02
	3	Bitumen als Stoff (D	IN 12524)		0,50	0,170	1050,0	0,03
	4	Polystyrol PS -Extruc	derschaum (WLG 030)		18,00	0,030	25,0	6,00
		Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!			R <sub>zul.</sub> = 1,	20	R = 6,23	
		Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-	wirksa	me Wärme-		$R_{si} = 0.13$
				wärmeverlust	speicl	herfähigkeit		$R_{se} = 0.04$
1 2 4		4,35 m <sup>2</sup> 1,3 %	696,8 kg/m²	0,68 W/K	10cm-R 3cm-R		266 Wh/K 80 Wh/K	U - Wert 0,16 W/m²K

Tabelle 16: U-Wert Sanierung Außendämmung KG

#### **Erdgeschoss**

Da die Optik der Fassade nach Kundenwunsch beibehalten werden soll, wird vorgeschlagen den Vollklinker zu entfernen und eine 15 cm Polystyrol PS – Extruderschaumdämmung anzubringen. Der vorher entfernte und gereinigte Vollklinker, wird dann als Fassade wieder davorgesetzt. Damit bleibt das vorhandene Erscheinungsbild des Gebäudes erhalten. Mit diesen Maßnahmen wird ein U-Wert 0,18 W/m²K erreicht.

Nr. Baustoff					Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass- widerstand
					cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Putzmörtel aus Kalkgip	s, Gips, Anhydrit und Kall	kanhydrit	1,50	0,700	1400,0	0,02
	2	Kalksandstein, NM/DM (1400 kg/m³)		17,50	0,700	1400,0	0,25	
	3	Polystyrol PS -Extruderschaum (WLG 030)		15,00	0,030	25,0	5,00	
	4	Vollklinker, Hochlochkli	inker, Keramikklinker, NM	/DM (1800kg/m³)	11,50	0,810	1800,0	0,14
		Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!				R <sub>zul.</sub> = 1,	20	R = 5,41
		Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-	wirksa	me Wärme-		$R_{si} = 0.13$
				wärmeverlust	speicl	nerfähigkeit		$R_{se} = 0.04$
1 2 3 4	8	1,62 m <sup>2</sup> 25,2 %	476,8 kg/m <sup>2</sup>	14,62 W/K	10cm-R 3cm-R		174 Wh/K 952 Wh/K	U - Wert 0,18 W/m²K

Tabelle 17: U-Wert Sanierung Außendämmung EG

Bei der vorgeschlagenen Sanierung der Außendämmung im KG und EG, kommt es zu einer Einsparung beim Primärenergiebedarf von 43%



Abbildung 50: Tachografik Primärenergiebedarf nach Sanierung der AW mit Außendämmung

Der Primärenergiebedarf des Gebäudes liegt nach der Modernisierung bei 275 kWh/m². Der IST Wert liegt bei 485 kWh/m²a.

Nachteil: Durch den stärkeren Wandaufbau, der sich durch diese Maßnahme auf 45,5 cm erhöht, kommt es zu einer Reduzierung des Lichteinfalls.

Vorteile: Durch die Montage der Dämmung von außen, gibt es im Innenraum keine Baumaßnahmen und keine Verringerung der Wohnfläche. Die Wärmebrücken können durch diese Variante reduziert werden und die Gefahr von Bauschäden wie z. B. Schimmelbildung im Innenraum werden minimiert.



### 5.1.4 Außenwände Innendämmung

#### **Erdgeschoss/Kellergeschoss**

Um das Erscheinungsbild des Gebäudes zu erhalten, wurde auch die Variante der Innendämmung untersucht. Vorgeschlagen wird eine Innendämmung mit 8cm starken Holzfaserdämmplatten, 0,015 cm starken Polyethylenfolie, einer durch das Konstruktionsholz vorgegebenen 2,3 cm starken Luftschicht, einer 1 cm starken OSB-Platte und einer 1,25 cm starken Gipskartonplatte durchzuführen. Dieser Aufbau ergibt einen U-Wert von 0,39 W/m²K. Um einen besseren U-Wert zu erreichen, müssten Holzfaserdämmplatten mit der Stärke von 12cm verbaut werden, damit wäre aber Tauwasserausfall zu erwarten und in deren Folge Schimmel. Des Weiteren müssen die Fensterleibungen gedämmt werden. Bei den Innenwand- und Deckenanschlüssen muss ein ca. 50 cm breiter Dämmstreifen der gleichen Stärke angebracht werden, um Wärmebrücken zu verringern. Außerdem entstehen durch dieses Dämmverfahren viel mehr Wärmebrücken sowie Raumverlust in den Innenräumen.

^	Nr.	Nr. Baustoff			Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass- widerstand
B					cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
c	1	Gipskartonplatten (D	IN 18180)		1,25	0,250	900,0	0,05
	2	OSB-Platten (DIN 12	524)		1,00	0,130	650,0	0,08
		Gefach - Stützen-/ Balkenbreite	e: 5,0 cm; Zwischenraum (Füllung): 50,0	) cm				
	3	Konstruktionsholz (D	IN 12524 - 500 kg/m³)		2,30	0,130	500,0	0,18
		ruhende Luftschicht (l	norizontal) bis 300mm Dick	е			1,3	0,18
D//// D	4	Polyethylenfolie 0,15	mm (DIN 12524)		0,015	0,330	960,0	0,00
		Gefach - Stützen- / Balkenbreite: 10,0 cm; Zwischenraum (Füllung): 50,0 cm; um 90° gedreht		,0 cm; um 90° gedreht				
	5	Konstruktionsholz (D	IN 12524 - 500 kg/m³)		8,00	0,130	500,0	0,62
		Holzfaserdämmplatte	n (DIN 68755 - WLG 035)			0,035	290,0	2,29
	6	Beton mittlere Rohdic	hte (DIN 12524 - 2200 kg/r	n³)	30,00	1,650	2200,0	0,18
13 5 6 7	7	Putzmörtel aus Kalk,	Kalkzement und hydrauliscl	nem Kalk	1,50	1,000	1800,0	0,02
	8	Bitumen als Stoff (DI	N 12524)		0,50	0,170	1050,0	0,03
		Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Abschnitte (siehe Skizze)					$R_{\lambda,A} = 1,15$ $R_{\lambda,B} = 2,82$ $R_{\lambda,C} = 1,15$ $R_{\lambda,D} = 2,82$	
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!			R <sub>m.zul.</sub> = 1,0			R <sub>m</sub> = 2,43	
		Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-	wirksa	me Wärme-		R <sub>si</sub> = 0,13
				wärmeverlust	speicl	herfähigkeit		R <sub>se</sub> = 0,00
		4,35 m <sup>2</sup> 1,3 %	736,8 kg/m²	1,70 W/K	10cm-R 3cm-R		36 Wh/K 28 Wh/K	U - Wert 0,39 W/m²K

Tabelle 18: U-Wert Sanierung Innendämmung KG

Die Konstruktion der Innendämmung wird in allen Geschossen gleich ausgeführt.

Bei der vorgeschlagenen Sanierung der Innendämmung im EG und KG, kommt es zu einer Einsparung beim Primärenergiebedarf von 39%.

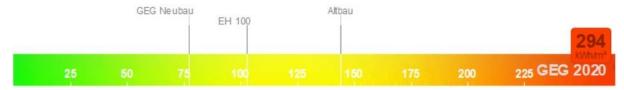


Abbildung 51: Tachografik Primärenergiebedarf nach Sanierung der Außenwände mit Innendämmung

Der Primärenergiebedarf des Gebäudes liegt nach der Modernisierung bei 294 kWh/m²a. Der IST Wert liegt bei 485 kWh/m²a.

Da die Innendämmung mit einem Wert von 294 kWh/m²a über dem der Außendämmung von 275kWh/m²a liegt und mehr Nachteile hat, empfehlen wir eine Modernisierung der Außenwände.



#### 5.1.5 Kellerboden

Laut Kundenwunsch soll der Keller zukünftig als Wohnraum dienen, daher ist es ratsam den Kellerboden / Bodenplatte zusätzlich zu dämmen. Dieser hat im IST-Zustand einen Wärmedurchgangskoeffizienten von 2,59 W/m²K. Nach GEG muss ein Wert von 0,50 W/m²K erreicht werden. Um Raumhöhe für den Modernisierungsvorschlag zu gewinnen, muss der Keramikaufbau bis auf den vorhandenen Estrich entfernt werden. Auf diesen wird eine 5 cm starke Polystyrol Extruderschaumdämmung verlegt. Um den Tauwasserausfall zu verhindern, wird eine 0,015 cm starke Polyethylenfolie aufgebracht und mit einer 2,5 cm starken Estrichtrockenplatte überdeckt. Diese gilt als neue Schicht zum Aufbau für den Bodenbelag. Sollte der Kunde ein besseres Ergebnis erzielen wollen und die Deckenhöhe weniger beeinträchtigen, muss zusätzlich der alte Estrich entfernt werden und ein anderer Aufbau berechnet werden.

	Nı	r. Baustoff			Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlass- widerstand
	19				cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Gipskartonplatten (I	DIN 18180)		2,50	0,250	900,0	0,10
	2	Polyethylenfolie 0,15	mm (DIN 12524)		0,015	0,330	960,0	0,00
	3	Polystyrol PS -Extru	derschaum (WLG 030)		5,00	0,030	25,0	1,67
	4	Zement-Estrich			6,00	1,400	2000,0	0,04
	5	nackte Bitumenbahr	(DIN 52129)		0,30	0,170	1200,0	0,02
	6	Beton mittlere Rohdi	chte (DIN 12524 - 2000 kg/	/m³)	20,00	1,350	2000,0	0,15
		Anforderung nach	DIN 4108 Teil 2 ist erfüll	t!		R <sub>zul.</sub> = 0,	90	R = 1,98
		Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissions-	wirksa	me Wärme-		$R_{si} = 0,17$
				wärmeverlust	speicl	herfähigkeit		R <sub>se</sub> = 0,00
13 45 6	•	47,83 m <sup>2</sup> 14,8 %	547,5 kg/m <sup>2</sup>	22,29 W/K	10cm-R 3cm-R		302 Wh/K 302 Wh/K	U - Wert 0,47 W/m²K

Tabelle 19: U-Wert Sanierungsvorschlag Kellerboden

Bei der vorgeschlagenen Sanierung des Kellerbodens, kann eine Einsparung von 12% des Primärenergiebedarfs gegenüber dem Ist-Zustand erlangt werden.



Abbildung 52: Tachografik Primärenergiebedarf nach Sanierung Kellerboden

Der Primärenergiebedarf des Gebäudes liegt nach der Modernisierung des Kellerbodens bei 425 kWh/m²a. Der IST Wert liegt bei 485 kWh/m²a.

#### 5.1.6 Fenster und Türen

Der energetische Zustand der Fenster entspricht ihren jeweiligen Alter. Anhand einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sollte untersucht werden, welche Fenster erneuert werden sollten, um einen besseren energetischen Standard zu erreichen. Einige Fenster befinden sich in unbeheizten Räumen und müssen bei einer zukünftigen Wohnnutzung in jedem Falle erneuert werden.

Um Kosten zu sparen, könnte ein Austausch der Fenstergläser ohne Rahmen erfolgen. Es muss vorher überprüft werden, ob eine verbesserte Verglasung mit den Fensterrahmen kompatibel ist.

Ĵ= <b>-</b> []			Fläche A <sub>w</sub> = 1,44 m <sup>2</sup>	U-Wert U <sub>w</sub> = 0,94 W/m <sup>2</sup> K
₽'n	Randverbund:	Aluminium	I <sub>g</sub> = 5,52 m	$\Psi_{\rm g}$ = 0,07 W/m K
	Rahmen:	Kunststoffrahmen, 3 Kammern	$A_f = 0,50 \text{ m}^2$	$U_f = 0.80 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Verglasung:	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	$A_g = 0.94 \text{ m}^2$	$U_g = 0.60 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tabelle 20: U-Wert Saniertes Gaubenfenster

Das Gaubenfenster hat im IST Zustand einen Wärmedurchgangskoeffizient von 1,99 W/m²K.

Um einen besseren energetischen Standard im Bereich der Eingänge zu bekommen, sollten beide Eingangstüren sowie die Terrassentür erneuert werden. Die Eingangstür im Keller hat einen Wärmedurchgangkoeffizienten im IST-Zustand von 2,63 W/m²K. Nach Austausch, einen Wert von 0,84 W/m²K.

	Verglasung:	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	$A_g = 2,82 \text{ m}^2$	$U_g = 0.60 \text{ W/m}^2\text{K}$
	Rahmen:	Kunststoffrahmen, 3 Kammern	$A_f = 0.79 \text{ m}^2$	$U_f = 0.80 \text{ W/m}^2\text{K}$
[21	Randverbund:	Aluminium	I <sub>g</sub> = 10,08 m	Ψ <sub>g</sub> = 0,07 W/m K
1 9			Fläche	U-Wert
Ö			A <sub>w</sub> = 3,61 m <sup>2</sup>	$U_{\rm w} = 0.84  \text{W/m}^2 \text{K}$

Tabelle 21: U-Wert Sanierter Kellereingang

Auch bei der Berechnung der Türen wurde die Eingangstür nicht mit einberechnet, da sich diese im unbeheizten Flur befindet.



Abbildung 53: Tachografik Primärenergiebedarf nach Sanierung Fenster und Türen

Über die Modernisierung der Fenster und Türen erreichen wir eine Einsparung des Primärenergiebedarfs von ca. 11%. Mit dieser Modernisierungsmaßnahme verringern wir den Primärenergiebedarf von 485 kWh/m²a auf 433 kWh/m²a.

# 5.1.7 Anlagentechnik

Um nicht nur bei der Gebäudehülle auf dem aktuellen energetischen Standard zu sein, empfehlen wir zusätzlich die Sanierung der Anlagentechnik. Der Kunde wünscht eine Anlage, die unabhängig von fossilen Brennstoffen ist. In unserer Berechnung haben wir uns für eine Luft-Wasser-Wärmepumpe entschieden. Die Warmwasserbereitung soll über einen Warmwasserspeicher mit Solarunterstützung laufen. Hierbei muss die Anlage nach Modernisierung der Gebäudehülle, passend nach weiteren Berechnungen, ausgelegt werden. Auch sollte beachtet werden, dass sämtliche neuen Leitungen normgerecht gedämmt werden. Vor der Neuberechnung der Anlagentechnik, hat das Gebäude einen Primärenergiebedarf von 485 kWh/m²a. Mit der Neuberechnung der neuen Anlage, kommen wir auf einen Bedarf von 267 kWh/m²a. Dies entspricht einer Primär-Energieeinsparung von ca. 45%.



Abbildung 54: Tachografik Sanierung Anlagentechnik

Da der Kunde unabhängiger von Energieversorgern sein möchte, empfehlen wir noch zusätzlich eine Photovoltaikanlage mit Batteriespeicher. Dies hätte nicht nur den Vorteil sich unabhängiger von den Energieversorgern zu machen, man würde im selben Zuge die Wärmepumpe effizienter betreiben und der Primärenergiebedarf würde gleichzeitig weiter sinken.

### 5.2 Gesamt-Modernisierung

Folgende zwei Maßnahmepakete werden empfohlen.

### 5.2.1 Sanierung der Gebäudehülle

Dieses Maßnahmenpaket besteht ausfolgenden aufgeführten Maßnahmen.

- Sanierung des Daches sowie der oberste Geschossdecke
- Außendämmung der Außenwände im Erd- sowie Kellergeschoss
- Erneuerung aller Fenster und Türen
- Dämmung des Kellerbodens
- Erweiterung der Wohnfläche im KG

Durch dieses Maßnahmenpaket würde sich der Primärenergiebedarf um 56% verringern.



Abbildung 55: Tachografik Sanierung Gebäudehülle

Der Primärenergiebedarf sinkt somit von 485 kWh/m²a auf 213 kWh/m²a.

### 5.2.2 Sanierung der Gebäudehülle inklusive der Anlagentechnik

Dieses Maßnahmenpaket besteht ausfolgenden aufgeführten Maßnahmen.

- Sanierung des Daches sowie der oberste Geschossdecke
- Außendämmung der Außenwände im Erd- sowie Kellergeschoss
- Erneuerung aller Fenster und Türen
- Dämmung des Kellerbodens
- Erweiterung der Wohnfläche im KG
- Erneuerung der Anlagentechnik mit einer Luft-Wasser Wärmepumpe inclusive
   Solarunterstützung
- Evtl. Photovoltaik mit Batteriespeicher (nicht in der Berechnung enthalten)

Durch dieses Maßnahmenpaket würde sich der Primärenergiebedarf um 80% verringern.



Abbildung 56: Tachografik Sanierung Gebäudehülle inklusive Anlagentechnik

Daraus resultierend eine Verringerung des Primärenergiebedarfes von 485 kWh/m²a auf 96 kWh/m²a.

### 5.3 Kosten der Energieberatung

Die Kosten für die Energieberatung setzen sich maßgeblich aus der erforderlichen Bearbeitungszeit für die vorgenannten Einzelaufgaben und für die Erstellung des Energieberatungsberichtes und die dafür notwendigen Nebenkosten wie z.B. Auslagen für Fahrkosten usw. zusammen<sup>16</sup>.

Für die Energieberatung würden wir folgende Kosten in Rechnung stellen:

Stundenlohn Energieberater	100 € / h	
Ansatz für die Bearbeitungszeit	32 h	
Bearbeitungskosten	32 h*100 € /h	3.200,00 €
Fahrkosten	0,50 € /km	
Entfernung Objekt	85 km	
Fahrten zum Objekt	4 * 85 km * 0,50 €	170,00 €
Büropauschale		200,00 €
Gesamtkosten netto		3.570,00€
Mehrwertsteuer 19%		678,00 €
Gesamtkosten brutto		<u>4.248,30 €</u>
Max. mögliche Förderung für eine		-1.300,00 €
Energieberatung eines Ein- oder		
Zweifamilienhauses		
Gesamtkosten		<u>2.948,30 €</u>

<sup>&</sup>lt;sup>16</sup> Fördermöglichkeit Energieberatung

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Forderung Samerung Wonngebaude ab 01.01.2023	3
Abbildung 2: Tachografik Primärenergiebedarf Sanierung Gebäudehülle mit Anlagento	echnik 4
Abbildung 3: Berechnung Primärenergiebedarf der verschiedenen Varianten	5
Abbildung 4: Berechnung Endenergiebedarf der verschiedenen Varianten	5
Abbildung 5: Berechnung des CO <sub>2</sub> Ausstoßes der verschiedenen Varianten	6
Abbildung 6: Flussdiagramm Ist-Zustand	8
Abbildung 7: Flussdiagramm nach der Gesamtmodernisierung	8
Abbildung 8: Gebäudeansicht Ost	9
Abbildung 9: Gebäudeansicht West	9
Abbildung 10: Gebäudeansicht Nord	9
Abbildung 11: Gebäudeansicht Süd	9
Abbildung 12: Schemaschnitt Systemgrenzen	10
Abbildung 13: Kellergeschoss Systemgrenzen	10
Abbildung 14: Dachgeschoss Systemgrenzen	11
Abbildung 15: Erdgeschoss Systemgrenzen	11
Abbildung 16: Außenwand Keller (innen)	12
Abbildung 17: Außenwand Keller	12
Abbildung 18: Wohnraum Erdgeschoss	13
Abbildung 19: Außenwand Erdgeschoss	13
Abbildung 20: Abseitenwand innen	14
Abbildung 21: Abseitenwand außen	14
Abbildung 22: Innenwand Keller	
Abbildung 23: Innenwand Wohnraum EG	15
Abbildung 24: Kellerboden	
Abbildung 25: Kellerdecke	17
Abbildung 26: Dielenboden Erdgeschoss	17
Abbildung 27: Erdgeschossdecke	18
Abbildung 28: Obergeschossboden in der Abseite	18
Abbildung 29: Oberste Geschossdecke von unten	19
Abbildung 30: Dach Außenansicht	
Abbildung 31: Dach Innenansicht	20
Abbildung 32: Gaube Innenansicht	20
Abbildung 33: Gaube Außenansicht	
Abbildung 34: Dachfenster Wohnraum OG	22
Abbildung 35: Fenster Wohnraum EG	23
Abbildung 36: (Kellereingang) Terrassentür KG	23
Abbildung 37: Zentrale Öl-Heizung	
Abbildung 38: Beispiel einer ungedämmten Rohrleitung im Keller	
Abbildung 39: Geregelte Umwälzpumpe	24
Abbildung 40: Thermografie mit Temperaturskala bei einer von Innen gesehenen	
Außenwand	28

### Abbildungsverzeichnis

Abbildung 41: Glasbausteine im Keller	29
Abbildung 42: Heizkörpernische im Erdgeschoss	29
Abbildung 43: Abseite	30
Abbildung 44: Dachüberstand / Traufe	30
Abbildung 45: Dachdurchgangsfenster Außenansicht	30
Abbildung 46: Dachdurchgangsfenster Ansicht Flur OG	30
Abbildung 47: Systemgrenzenerweiterung Kellergeschoss	31
Abbildung 48: Tachografik Kellererweiterung	31
Abbildung 49: Tachografik Primärenergiebedarf nach Sanierung Dach/Oberste	
Geschossdecke	32
Abbildung 50: Tachografik Primärenergiebedarf nach Sanierung der AW mit Außendämm	ıung
	35
Abbildung 51: Tachografik Primärenergiebedarf nach Sanierung der Außenwände mit	
Innendämmung	37
Abbildung 52: Tachografik Primärenergiebedarf nach Sanierung Kellerboden	38
Abbildung 53: Tachografik Primärenergiebedarf nach Sanierung Fenster und Türen	40
Abbildung 54: Tachografik Sanierung Anlagentechnik	41
Abbildung 55: Tachografik Sanierung Gebäudehülle	42
Abbildung 56: Tachografik Sanierung Gebäudehülle inklusive Anlagentechnik	43

### Tabellenverzeichnis

### **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: U-Werte Außenwand Keller	12
Tabelle 2: U-Werte Außenwand Erdgeschoss	13
Tabelle 3: U-Wert Abseitenwand	14
Tabelle 4: U-Werte Innenwand Erdgeschoss	15
Tabelle 5: U-Werte Innenwand Kellergeschoss	15
Tabelle 6: U-Werte Kellerboden	16
Tabelle 7: U-Werte Kellerdecke/Erdgeschossboden	17
Tabelle 8: U-Werte Erdgeschossdecke/Obergeschossboden	18
Tabelle 9: U-Werte Oberste Geschossdecke	19
Tabelle 10: U-Werte Dach	21
Tabelle 11: U-Wert für ein Dachfenster Wohnraum OG	22
Tabelle 12: U-Wert für ein exemplarisches Fenster Wohnraum EG EG	23
Tabelle 13: U-Werte Terrassentür KG	23
Tabelle 14: Übersicht und Gegenüberstellung aller U-Werte mit gesetzlichen Anforde	erungen
	25
Tabelle 15: U-Werte Sanierungsvorschlag Dach/Oberste Geschossdecke	
Tabelle 16: U-Wert Sanierung Außendämmung KG	34
Tabelle 17: U-Wert Sanierung Außendämmung EG	35
Tabelle 18: U-Wert Sanierung Innendämmung KG	36
Tabelle 20: U-Wert Sanierungsvorschlag Kellerboden	38
Tabelle 21: U-Wert Saniertes Gaubenfenster	39
Tahelle 22: II-Wert Sanierter Kellereingang	40

Glossar

### Glossar

BAFA	_Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle:
	Es ist eine Bundesoberbehörde im Geschäftsbe-
	reich des Bundesministeriums für Wirtschaft und
	Energie. Die BAFA ist für die Durchführung von
	Förderprogrammen im Bereich der Energieeffizi-
	enz und erneuerbaren Energien verantwortlich.
	Es bietet Förderprogramme für Unternehmen
	und Privatpersonen sowie auch die Förderung der
	Energieberatung.
BEG	_Die Bundesförderung für Effizienzgebäude, ist ein
	Förderangebot des Bundes für Sanierungs- und
	Modernisierungsmaßnahmen am Haus.
DG	_Dachgeschoss
EG	_Erdgeschoss
Endenergiebedarf	_Der Endenergiebedarf (kWh/m²a) beschreibt die
Endenergiebedarf	_Der Endenergiebedarf (kWh/m²a) beschreibt die Menge an Energie, die für die Erfüllung der ver-
Endenergiebedarf	_
Endenergiebedarf	Menge an Energie, die für die Erfüllung der ver-
Endenergiebedarf	Menge an Energie, die für die Erfüllung der verschiedenen energiebedingten Bedürfnisse eines
Endenergiebedarf	Menge an Energie, die für die Erfüllung der verschiedenen energiebedingten Bedürfnisse eines Gebäudes benötigt wird. Dieser Bedarf setzt sich
Endenergiebedarf	Menge an Energie, die für die Erfüllung der verschiedenen energiebedingten Bedürfnisse eines Gebäudes benötigt wird. Dieser Bedarf setzt sich zusammen aus Heizenergiebedarf, Anlagenver-
Endenergiebedarf	Menge an Energie, die für die Erfüllung der verschiedenen energiebedingten Bedürfnisse eines Gebäudes benötigt wird. Dieser Bedarf setzt sich zusammen aus Heizenergiebedarf, Anlagenverluste und Verluste die durch die Verteilung im Ge-
Endenergiebedarf	Menge an Energie, die für die Erfüllung der verschiedenen energiebedingten Bedürfnisse eines Gebäudes benötigt wird. Dieser Bedarf setzt sich zusammen aus Heizenergiebedarf, Anlagenverluste und Verluste die durch die Verteilung im Gebäude entstehen (Verteilungsverluste). Ein niedri-
Energieeffizienz	Menge an Energie, die für die Erfüllung der verschiedenen energiebedingten Bedürfnisse eines Gebäudes benötigt wird. Dieser Bedarf setzt sich zusammen aus Heizenergiebedarf, Anlagenverluste und Verluste die durch die Verteilung im Gebäude entstehen (Verteilungsverluste). Ein niedriger Endenergiebedarf deutet darauf hin, dass das
	Menge an Energie, die für die Erfüllung der verschiedenen energiebedingten Bedürfnisse eines Gebäudes benötigt wird. Dieser Bedarf setzt sich zusammen aus Heizenergiebedarf, Anlagenverluste und Verluste die durch die Verteilung im Gebäude entstehen (Verteilungsverluste). Ein niedriger Endenergiebedarf deutet darauf hin, dass das Gebäude oder die Anlage energiesparend sind.
	Menge an Energie, die für die Erfüllung der verschiedenen energiebedingten Bedürfnisse eines Gebäudes benötigt wird. Dieser Bedarf setzt sich zusammen aus Heizenergiebedarf, Anlagenverluste und Verluste die durch die Verteilung im Gebäude entstehen (Verteilungsverluste). Ein niedriger Endenergiebedarf deutet darauf hin, dass das Gebäude oder die Anlage energiesparend sind.  Energieeffizienz bezieht sich auf die Fähigkeit von
	Menge an Energie, die für die Erfüllung der verschiedenen energiebedingten Bedürfnisse eines Gebäudes benötigt wird. Dieser Bedarf setzt sich zusammen aus Heizenergiebedarf, Anlagenverluste und Verluste die durch die Verteilung im Gebäude entstehen (Verteilungsverluste). Ein niedriger Endenergiebedarf deutet darauf hin, dass das Gebäude oder die Anlage energiesparend sind.  Energieeffizienz bezieht sich auf die Fähigkeit von Technologien, Geräten und Prozessen, Energie zu
	Menge an Energie, die für die Erfüllung der verschiedenen energiebedingten Bedürfnisse eines Gebäudes benötigt wird. Dieser Bedarf setzt sich zusammen aus Heizenergiebedarf, Anlagenverluste und Verluste die durch die Verteilung im Gebäude entstehen (Verteilungsverluste). Ein niedriger Endenergiebedarf deutet darauf hin, dass das Gebäude oder die Anlage energiesparend sind.  Energieeffizienz bezieht sich auf die Fähigkeit von Technologien, Geräten und Prozessen, Energie zu nutzen, um eine bestimmte Leistung zu erbringen,

Glossar

Gebäudetypologie Gebäudetypologie bezieht sich auf die Klassifizierung von Gebäuden nach ihren architektonischen und baulichen Merkmalen. GEG Gebäudeenergiegesetz: Es ist ein Gesetz in Deutschland, das die Energieeffizienz von Gebäuden regelt. Es wurde 2020 eingeführt und hat das Ziel, den Energieverbrauch von Gebäuden zu reduzieren und den Einsatz erneuerbarer Energien zu fördern. Das GEG definiert die Mindestanforderung für die Wärmedämmung von Gebäuden und der Anlagentechnik in bestehenden Gebäuden und Neubauten. Es legt auch Regeln für die Durchführung von Energieausweisen fest. **KfW** Kreditanstalt für Wiederaufbau: Es ist eine staatliche Förderbank, die im Rahmen ihrer Geschäftsaktivitäten sowohl Unternehmen als auch Privatpersonen unterstützt. Die KfW bietet eine Vielzahl von Förder- und Finanzierungsprogrammen für verschiedene Bereiche wie Wohnungsbau, Energieeffizienz und Klimaschutz an. Diese Programme sollen dazu beitragen, die Umweltbelastung zu reduzieren und die soziale und wirtschaftliche Entwicklung zu fördern. Die KfW ermöglicht es Förderkredite zu günstigen Konditionen für Privatpersonen zu erhalten. KG Kellergeschoss Primärenergiebedarf Der Primärenergiebedarf (kWh/m²a) beschreibt die Menge an Energie, die benötigt wird, um die Endenergie herzustellen. Der Primärenergiebedarf setzt sich aus dem Endenergiebedarf, Erkun-

Förderung,

dung,

**Prozess** 

und

Transport

Glossar

zusammen. Ein niedriger Primärenergiebedarf bedeutet eine geringere Umweltbelastung, sowie eine geringere Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen.

#### Sanierungsfahrplan

Dieser Plan beschreibt die notwendigen Schritte einer Sanierung sowie die Kosten und den geplanten Zeitplan für die Umsetzung dieser Maßnahmen. Er wird in der Regel für eine Laufzeit von 15 Jahren angelegt.

#### Sanierung in einem Zug

\_Sanierung in einem Zug (auch als "Sanierung in einem Durchgang" oder "komplette Sanierung" bezeichnet) bezieht sich auf einen Prozess der Modernisierung eines Gebäudes, bei dem alle erforderlichen Arbeiten in einem einzigen Zeitraum durchgeführt werden, anstatt über einen längeren Zeitraum in Phasen.

#### **Tauwasserausfall**

Tauwasserausfall (umgangssprachlich: Kondenswasserbildung) bezeichnet die Kondensation von Feuchtigkeit an kühlen Oberflächen. Dabei sinkt die Temperatur der an ein kaltes Bauteil angrenzenden Luftschicht. Bei sinkender Temperatur nimmt das Feuchtehaltevermögen von Luft ab.

#### Wärmedurchgangskoeffizient

Der U-Wert (Unit of Heat Transfer) (W/m²K) beschreibt die Menge an Wärmeenergie, die pro Zeit und Flächeneinheit durch ein Bauteil (z.B. Fenster, Tür, Wand) hindurchströmt. Der Wert (W/m²K) gibt Auskunft darüber, wie gut ein Bauteil gedämmt ist. Je niedriger der U-Wert, desto besser ist die Wärmedämmung.

Wärmedurchgangswiderstand	_Der R- Wert (m²K/W) ist ein Maß für die Fähigkeit
	eines Baumaterials, Wärmeenergie zu dämmen.
	Der R-Wert gibt an, wie viel Wärmeenergie durch
	eine bestimmte Dicke des Materials pro Zeit und
	Temperaturdifferenz hindurchströmt. Ein höherer
	R-Wert bedeutet, dass ein Material eine bessere
	Wärmedämmung hat.
Wärmeleitfähigkeit	_Der Lambdawert λ (W/mK) ist auch bekannt als
	Wärmeleitfähigkeit. Es beschreibt die Fähigkeit ei-
	nes Materials, Wärmeenergie zu leiten. Je niedri-
	ger der Lambdawert, desto geringer ist die Wär-
	meleitfähigkeit des Materials und desto besser ist
	es als Wärmedämmstoff geeignet.
2-Fach-IV	_2-Fach Isolierverglasung
2-Fach-WSV	2-Fach Wärmeschutzverglasung

# Flensburg

### Quellenverzeichnis

- Technische Mindestanforderungen zum Programm "Bundesförderung für effiziente Gebäude" – Einzelmaßnahmen Punkt 1.1 https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/WvQ8k3f3hl7npi5nNo9?0 (Abgerufen am 14.01.2023)
- ARGE.eV-(HRSG): Gebäudetypologie Schleswig-Holstein Leitfaden für wirtschaftliche und energieeffiziente Sanierungen verschiedener Baualtersklasse, Seite 45-52 (Stand Juni 2012)
- Berechnung aus Hottgenroth (Erstellt am 02.11.2022)
- Gebäudeenergiegesetz https://www.gesetze-im-internet.de/geg/GEG.pdf (Abgerufen am 14.01.2023)
- KfW Merkblatt https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000003612 M 151 152 430 Anlage TMA 2018 04.PDF (Abgerufen am 14.01.2023)
- Förderung der Energieberatung https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung Wohngebaeude/Beratene/beratene node.html#:~:text=Der%20Zuschuss%20f%C3%BCr%20eine%20gef%C3%B6rderte,Wohnh%C3%A4user%20mit%20mindestens%20drei%20Wohneinheiten. (Abgerufen am 14.01.2023)
- Volland Johannes, Pils Michael, Skora Timo: Wärmebrücken erkennen optimieren – berechnen – vermeiden, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, 1. Auflage S.14
- Bläsi, Walter: Bauphysik, Verlag Europa-Lehrmittel Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 2016, 11. Auflage S. 281
- https://www.ziegel-technik.at/waermebruecken (Abgerufen am 23.01.2023)
- https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung Wohngebaeude/energieberatung wohngebaeude node.html (Abgerufen am 23.01.2023)
- https://www.hausbauberater.de/fachbegriffe/endenergiebedarf (Abgerufen am 12.02.2023)

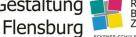
Anlagen

### Anhänge

- 1. Aufgabe Fach Naturwissenschaft: Wärmetransport
- 2. Aufgabe Fach Englisch: Energy analysis and modernisation proposals for the building envelope of a single-family house
- 3. Lastenheft
- 4. Pflichtenheft

Name: Martin Leopold, Matthias Rohde, Jan Christoph Pieper

Fach: Naturwissenschaft Dozent: Herr Brian Fischer Datum: 13.01.2023



### Naturwissenschaftliche Aufgabe für das Projekt Westensee

### Aufgabenstellung:

- 1. Erläuterung der Unterschiedlichen Möglichkeiten des Wärmetransport.
- 2. Analyse der Wärmetransportarten anhand der Erdgeschosswände.
- 3. Beurteilung der Materialeigenschaften der verbauten 3 DF Steine welche den Wärmetransport besonders begünstigt.
- 4. Erläutern Sie die unterschiedlichen Wärmetransportarten bei einer Sanierung der Außenwände im Erdgeschoss.

### Wärmetransportarten

Wärmetransport kann auf drei unterschiedlichen Arten stattfinden.

- Wärmeleitung: Hier wird die Wärme von Molekül zu Molekül, bei Feststoffen, durch Stöße übertragen. Die Moleküle verbleiben dabei an ihrer Stelle. Die Übertragung findet immer in Richtung des Temperaturgefälles statt.
- Wärmeströmung / Konvektion: Bei dieser Transportart, wird die Wärmeenergie durch gasförmige oder flüssige Stoffe mitgeführt. Im Gegensatz zur Wärmeleitung bleiben die Moleküle nicht an ihrem Ort. Bei der Wärmeströmung oder Konvektion bewegen sich die Moleküle an die die Wärmeenergie gebunden ist.
- Wärmestrahlung: Wärmeenergie von Wärmestrahlung kann durch luftgefüllte als auch durch luftleere Räume übertragen werden. Trifft die Strahlung auf einen Gegenstand, wird diese teils absorbiert und teils reflektiert.

### Analyse der Wärmetransportarten

Der Aufbau der Wände im Erdgeschoss setzt sich wie folgt zusammen: 1,5 cm Putz, 17,5cm 3DF Stein, 3cm Luftschicht, 11,5cm Verblendstein. In dieser Wand kommt es zu mehreren Wärmetransportarten. Von Innen nach Außen, haben wir in den Feststoffen eine Wärmeleitung. Von dem Feststoff geht die Wärmeenergie über Wärmestrahlung in die Luftschicht. In der Luftschicht kommt es zur Konvektion und von der Luftschicht wieder in den Feststoff zur Wärmeleitung.

### Beurteilung Materialeigenschaften 3DF Stein

Im Mauerwerk ist ein 3DF Stein von 17,5cm verbaut.

Dieser Stein besitzt eine hohe Rohdichte und hat somit eine hohe Wärmeleitfähigkeit, welche den Wärmetransport begünstigt. Über die unvorteilhafte Wärmeleitfähigkeit des Materials, wird die Wärmeenergie schneller von innen nach außen über die Moleküle übertragen.

### Fachschule für Technik und Gestaltung

Name: Martin Leopold, Matthias Rohde, Jan Christoph Pieper

Fach: Naturwissenschaft Dozent: Herr Brian Fischer Datum: 13.01.2023



### Wärmetransportarten nach Sanierung

Bei unseren Sanierungsvorschlag würden wir folgenden Wandaufbau favorisieren. 1,5cm Putz, 17,5 cm 3DF Stein, 15cm Holzfaserdämmplatten, 11,5cm Verblendstein. Mit diesen Wandaufbau hätten wir eine Verbesserung des U-Wertes von 1,31 W/m²K auf 0,205 W/m²K.

Bei dieser Variante kommt es zu folgende Wärmetransportarten von innen nach außen

Im Putz,3DF Stein sowie den Holzfaserdämmplatten kommt es zu einer Wärmeleitung.

Von den Holzfaserdämmplatten zum Verbländer haben wir eine Wärmestrahlung und Konvektion, im Verbländer haben wir wieder eine Wärmeleitung. Der Verbländer gibt dann seine Wärme über Wärmestrahlung an die Außenluft ab.

Da Holzfaserdämmplatten eine geringe Rohdichte sowie eine schlechte Wärmeleitfähigkeit haben, sind sie ein sehr gutes Dämmmaterial.

Name: Martin Leopold, Matthias Rohde, Jan Christoph Pieper

Fach: Englisch

Dozent: Herr Simon Jürgens

Datum: 09.11.2022

## Energy analysis and modernisation proposals for the building envelope of a single-family house

The aim of this project is to analyze a building that has hardly been modernized, to assess the energy-saving potential and to show the client a choice of renovation options. Since this is the students' first project, the systems engineering is still left out and the analysis is purely about the building hull.

The energy analysis is about what energy standard can be achieved with a modernization and what subsidies are available for this.

This requires a number of steps.

First of all, the actual state is determined, which includes the following points:

1. On-site meeting with the customer, with clarification of a refurbishment roadmap or a refurbishment in one go, as well as further questions.

During this conversation we go into the wishes of the customer and ask him if he has any ideas about modernization his house.

Furthermore, the students ask him questions that they have worked out in class beforehand.

2. The survey of the building with all the data and the measurement.

In this point, the students go through the documents provided by the client. If data is missing from the documents, the students take various measurements of the house. Examples are the dimensions of the windows, the length, width and height of a room and the slope of the roof. Furthermore, they take pictures of the house to be modernized, which are used for possible conclusions, applications or documentation.

3. The input of the building parts into a program, for the calculation of the U-values.

The Hottgenroth program helps the students to enter and evaluate the data. Using this program, the students construct a 3D model and describe the individual components and specify the materials used for the component. The program then calculates the U-value from this data. The U-value indicates the amount of heat that passes through a square meter of a component per unit of

time at a temperature difference of one Kelvin. It thus serves as a unit of measurement to indicate the heat loss of a building component.

4.Description of existing constructions including illustration of the construction as well as pictures.

In this step, all components are documented and their construction described. Let us take a story wall as an example.

In the documentation the construction of the wall is described and pictures from the on-site visit are used as well as a layered construction in cross-section and the calculated data from the program.

# Fachschule für Technik und Gestaltung Flensburg

Name: Martin Leopold, Matthias Rohde, Jan Christoph Pieper

Fach: Englisch

Dozent: Herr Simon Jürgens

Datum: 09.11.2022

#### 5. Obvious thermal bridges should be documented and analyzed.

Thermal bridges are areas in building components that conduct heat better and transport heat to the outside faster than the adjacent components.

The students should identify and document these thermal bridges in order to take them into account in the modernization concept.

After determining the current state, modernization proposals are to be made on the basis of the data obtained.

These modernization measures should meet the minimum requirements of the BAFA. Finally, the students provide the client with documentation on the energy analysis of his single-family house, as well as the corresponding modernization proposals. This is then done in a presentation.

#### Vocabulary:

to assess = zu bewerten
hull = Hülle
subsidies = Subvention
clarification =Klärung
further = weiter
Beforehand = Zuvor
Evaluate =Auswerten
thus serves = dient also
Obvious = offensichtlich
conduct heat = Wärmeübertragung
proposals =Vorschläge

Fachschule für Technik und Gestaltung

# Projekt 1

Version 0.4



# Historie der Dokumentversionen

Version	Datum	Autor	Änderungsgrund / Bemerkungen
0.1	05.10.2022	Matthias Rohde	Ersterstellung
0.2	06.10.2022	Matthias Rohde	Überarbeitet
0.3	28.10.2022	Matthias Rohde	Überarbeitet
0.4	17.01.2023	Matthias Rohde	Überarbeitet

### Inhaltsverzeichnis

Historie der Do	kumentversionen	2
	nis	
· ·		
•	meines	
1.1.1	Zweck und Ziel dieses Dokuments	
1.1.2	Projektbezug	
1.1.3	Abkürzungen	3
1.1.4	Ablage, Gültigkeit und Bezüge zu anderen Dokumenten	
1.2 Verte	iler und Freigabe	3
1.2.1	Verteiler für dieses Lastenheft	3
1.3 Revie	w Vermerke und Meeting-Protokolle	4
1.3.1	Erstes Review	4
2 Konzept u	nd Rahmenbedingungen	5
2.1 Ziele	des Kunden (fachlich)	5
2.2 Ziele	des Kunden bzgl. Kosten und Zeit	5
2.3 Benu	tzer / Zielgruppe	5
2.4 Syste	mvoraussetzungen	5
2.5 Weite	ere Ressourcen	5
3 Detaillierte	ere Beschreibung der Anforderungen	6
3.1 Anfor	derung Kunde	6
3.1.1	Beschreibung	6
3.1.2	Wechselwirkungen	6
3.1.3	Risiken	6
3.1.4	Vergleich mit bestehenden Lösungen	6
3.1.5	Grobschätzung des Aufwands	6
3.2 Anfor	derung FsTuG	
3.2.1	Beschreibung	7
3.2.2	Wechselwirkungen	
3.2.3	Risiken	
3.2.4	Vergleich mit bestehenden Lösungen	7
3.2.5	Grobschätzung des Aufwands	
3.3 Anfor	derung GEG	
3.3.1	Beschreibung	
3.3.2	Wechselwirkung	
3.3.3	Risiken	
3.3.4	Vergleich mit bestehenden Lösungen	
3.3.5	Grobschätzung des Aufwands	
	Genehmigung	
		_

# 1 Einleitung

### 1.1 Allgemeines

### 1.1.1 Zweck und Ziel dieses Dokuments

Dieses Lastenheft beschreibt die auszuführenden Arbeiten und die geforderten Leistungen in den einzelnen Projektabschnitten.

### 1.1.2 Projektbezug

Projektauftrag

### 1.1.3 Abkürzungen

Bezeichnung	Abkürzung	Bezeichnung	Abkürzung
Matthias Rohde	MR	Fachschule für Technik und Gestaltung	FsTuG
Martin Leopold	ML	Gebäudesystemtechnik	GST
Jan- Christoph Pieper	JP		
Susanne Krosse	SK		
Projektteam	PT		

### 1.1.4 Ablage, Gültigkeit und Bezüge zu anderen Dokumenten

Nextcloud/ GST-22/ P1

### 1.2 Verteiler und Freigabe

#### 1.2.1 Verteiler für dieses Lastenheft

Rolle / Rollen	Name	Telefon	E-Mail	Bemerkungen
Projektleiter	Matthias Rohde		rohdematthias87@yahoo.com	
Stellvertreter	Martin Leopold		martinleopold1987@googlemail.com	
Teilnehmer	Jan- Christoph Pieper		jan-christoph.pieper@web.de	
Auftraggeber 1	Susanne Krosse		susanne.krosse@esfl.de	
Auftraggeber 2	Arndt Menzel		arntmenzel@aol.com	
Mentor	Christian Herwig		christian.herwig@esfl.de	

### 1.3 Review Vermerke und Meeting-Protokolle

#### 1.3.1 Erstes Review

Vor Ort Termin und Bestandsaufnahme am 27.09.2022

### Ist-Zustand von der Gebäudehülle und Anlagentechnik

Das Einfamilienhaus in 24247 Rodenbek, Lang 't Dörp 29 wurde 1962 errichtet.

Das Wohngebäude ist ein eingeschossiger rechteckiger Klinkerbau in Hanglage mit Souterrain Kellergeschoss.

Ein Teil des Kellers sowie die durchgehende Treppe mit Fluren im Erd- und Dachgeschoss sind unbeheizt.

Die Beheizung des Hauses und Warmwassererzeugung erfolgt über eine Zentrale Öl-Heizung mit Warmwasserspeicher.

Die Datenaufnahme hat am 27.09.2022 zerstörungsfrei stattgefunden, daher wurde zusätzlich als Referenz für fehlende Daten, die Gebäudetypologie "Schleswig – Holstein von 1958 – 1968" herangezogen.

### 2 Konzept und Rahmenbedingungen

### 2.1 Ziele des Kunden (fachlich)

Herr Menzel:

Der Auftraggeber möchte konzeptionelle Vorschläge für die Komplettsanierung seines gesamten Gebäudes in einem Zug. Eine Teilsanierung kommt für Herrn Menzel nicht in Frage.

Außerdem ist der Kundenwunsch, die Optik der Fassade möglichst bestehen zu lassen.

Auftraggeber (FsTuG):

Die Studierenden sollen vom Auftraggeber mit diesem Projekt Teamarbeit, Projektmanagement und das energetische Sanieren von Gebäuden lernen.

### 2.2 Ziele des Kunden bzgl. Kosten und Zeit

Es soll in den nächsten zwei Jahren eine Gesamtsanierung, in einem Zug, durchgeführt werden.

Das Budget der Investition des Kunden beträgt ca. 200.000€.

### 2.3 Benutzer / Zielgruppe

Die Studierenden arbeiten sich auf Basis der bestehenden Kenntnisse in neue Themen (Lebenszyklusbetrachtung, Ökobilanzen, Klimaziele) ein. Diese Ergebnisse werden der FsTuG und dem Auftraggeber Herrn Arndt Menzel präsentiert. Diese Ergebnisse können genutzt werden, um evtl. weitere Modernisierungsmaßnahmen am Gebäude durchzuführen.

### 2.4 Systemvoraussetzungen

### 2.5 Weitere Ressourcen

- Baupläne (Stand 04/1961, Maßstab 1/100)
- Baubeschreibungen (03/1961)
- Rechnungen Heizöl (2019-2022)
- Durchschnittlicher Heizölverbrauch (2017-2021)

### 3 Detailliertere Beschreibung der Anforderungen

Hier werden einmal die Anforderungen von dem Auftraggeber 1 und der FsTuG geschildert und beschrieben

### 3.1 Anforderung Kunde

Nr. / ID	P1	Nichttechnischer Titel		Anforderung Herr Menzel		
Quelle	Vor Ort Termi Kundengesprä	*	Verweise		Priorität	Hoch

### 3.1.1 Beschreibung

Die gestellten Anforderungen des Kunden umfassen eine energetische Berechnung, Dokumentation und Vorschläge zur energetischen Sanierung seines Gebäudes.

#### 3.1.2 Wechselwirkungen

Fachlich gutes und sicheres Auftreten gegenüber dem Kunden

#### 3.1.3 Risiken

#### 3.1.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen

#### 3.1.5 Grobschätzung des Aufwands

- Die Fertigstellung und Übergabe/ Präsentation erfolgt 4 KW 2023
- Die Kosten für die Modernisierung belaufen sich auf ca. 210€/m² Bruttogeschossfläche,

Gesamtkosten bei 280m² Bruttogeschossfläche sind 58.800€ (Quelle: Statistisches Bundesamt)

- Die Kosten für die Energieberatung belaufen sich ca. auf 3.570€

### 3.2 Anforderung FsTuG

Nr. / ID	P1	Nichttechnischer Titel		Anforderung FsTuG		
Quelle	Projektaufgab	e P1	Verweise		Priorität	Hoch

#### 3.2.1 Beschreibung

Die gestellten Anforderungen der FsTuG umfassen eine energetische Berechnung und Dokumentation eines freistehenden Einfamilienhauses.

#### 3.2.2 Wechselwirkungen

- Fachwissen soll durch das Projekt erarbeitet und vertieft werden.
- Verantwortung für eigene Entscheidungen übernehmen.
- Präsentation und sicheres Auftreten vor Kunden soll trainiert werden.
- Die Teamarbeit und die damit auftretenden Probleme sollen erkannt und gelöst werden.

#### 3.2.3 Risiken

### 3.2.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen

### 3.2.5 Grobschätzung des Aufwands

- Die Fertigstellung und Übergabe/ Präsentation erfolgt 4 KW 2023

### 3.3 Anforderung GEG

Nr. / ID	P1	Nichttechnischer Titel		Anforderung BAFA		
Quelle	Projektaufgab	e P1	Verweise		Priorität	Hoch

#### 3.3.1 Beschreibung

Das GEG setzt die Mindestanforderung für eine energetische Sanierung vom Bestand voraus. Um eine Förderung der BAFA/KFW erhalten zu können, müssen die Anforderungen der BAFA/KFW eingehalten werden.

#### 3.3.2 Wechselwirkung

Es müssen die gesetzlichen Mindestanforderungen nach GEG erfüllt werden.

#### 3.3.3 Risiken

### 3.3.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen

### 3.3.5 Grobschätzung des Aufwands

Die Fertigstellung und Übergabe/ Präsentation erfolgt 4 KW 2023

# 4 Freigabe / Genehmigung

Die Genehmigung erfolgt durch den Auftraggeber Frau Dr. ing. Susanne Krosse. Dieses Dokument wird vom Projektleiter des Projektteams der GST 22 bestätigt.

Datum:	
Unterschrift Auftraggeber:	
Unterschrift Projektleiter:	

Fachschule für Technik und Gestaltung

# Projekt 1

Version 0.3



# Historie der Dokumentversionen

Version	Datum	Autor	Änderungsgrund / Bemerkungen
0.1	05.10.2022	Matthias Rohde	Ersterstellung
0.2	02.11.2022	Matthias Rohde	Überarbeitet
0.3	17.01.2023	Matthias Rohde	Überarbeitet

# Inhaltsverzeichnis

ш	istorie dei Dok	dinentive sionen	_
In	haltsverzeichr	nis	2
1	Einleitung .		3
	1.1 Allgen	neines	
	1.1.1	Zweck und Ziel dieses Dokuments	3
	1.1.2	Projektbezug	3
	1.1.3	Abkürzungen	3
	1.1.4	Ablage, Gültigkeit und Bezüge zu anderen Dokumenten	3
	1.2 Vertei	ler und Freigabe	3
	1.2.1	Verteiler für dieses Lastenheft	3
	1.3 Review	w Vermerke und Meeting-Protokolle	4
	1.3.1	Erstes Review	4
2	Lösungsko	nzept und Rahmenbedingungen	5
	2.1 Ziele ı	und Nutzen des Anwenders	5
	2.2 Anford	derung	5
	2.3 Übers	icht Meilensteine	5
3	Detaillierte	re Beschreibung der Anforderungen	6
	3.1 Anford	derung Kunde	6
	3.1.1	Beschreibung	6
	3.1.2	Wechselwirkungen	6
	3.1.3	Risiken	6
	3.1.4	Vergleich mit bestehenden Lösungen	6
	3.1.5	Grobschätzung des Aufwands	6
	3.2 Anford	derung FsTuG	7
	3.2.1	Beschreibung	7
	3.2.2	Wechselwirkungen	7
	3.2.3	Risiken	7
	3.2.4	Vergleich mit bestehenden Lösungen	8
	3.2.5	Grobschätzung des Aufwands	
	3.3 Anford	derung BAFA	
	3.3.1	Beschreibung	8
	3.3.2	Wechselwirkung	8
	3.3.3	Risiken	8
	3.3.4	Vergleich mit bestehenden Lösungen	8
	3.3.5	Grobschätzung des Aufwands	
4	Kostenaufs	tellung	
5		Genehmigung	

### 1 Einleitung

### 1.1 Allgemeines

#### 1.1.1 Zweck und Ziel dieses Dokuments

Dieses Pflichtenheft beschreibt, wie die im Lastenheft beschlossene Ziele umgesetzt werden sollen. Ziel ist es, dem Kunden, vertreten durch Herrn Menzel eine energetische Berechnung der Gebäudehülle seines Gebäudes zu erstellen.

### 1.1.2 Projektbezug

Lastenheft

### 1.1.3 Abkürzungen

Bezeichnung	Abkürzung	Bezeichnung	Abkürzung
Matthias Rohde	MR	Fachschule für Technik und Gestaltung	FsTuG
Martin Leopold	ML	Gebäudesystemtechnik	GST
Jan- Christoph Pieper	JP		
Susanne Krosse	SK		
Projektteam	PT		

### 1.1.4 Ablage, Gültigkeit und Bezüge zu anderen Dokumenten

Nextcloud/ GST-22/ P1

## 1.2 Verteiler und Freigabe

#### 1.2.1 Verteiler für dieses Lastenheft

Rolle / Rollen	Name	Telefon	E-Mail	Bemerkungen
Projektleiter	Matthias Rohde		rohdematthias87@yahoo.com	
Stellvertreter	Martin Leopold		martinleopold1987@googlemail.com	
Teilnehmer	Jan- Christoph Pieper		jan-christoph.pieper@web.de	
Auftraggeber 1	Susanne Krosse		susanne.krosse@esfl.de	
Auftraggeber 2	Arndt Menzel		arntmenzel@aol.com	
Mentor	Christian Herwig		christian.herwig@esfl.de	

### 1.3 Review Vermerke und Meeting-Protokolle

#### 1.3.1 Erstes Review

Vor Ort Termin und Bestandsaufnahme am 27.09.2022

### Ist-Zustand von der Gebäudehülle und Anlagentechnik

Das Einfamilienhaus in 24247 Rodenbek, Lang 't Dörp 29 wurde 1962 errichtet.

Das Wohngebäude ist ein eingeschossiger rechteckiger Klinkerbau in Hanglage mit Souterrain Kellergeschoss.

Ein Teil des Kellers sowie die durchgehende Treppe mit Fluren im Erd- und Dachgeschoss sind unbeheizt.

Die Beheizung des Hauses und Warmwassererzeugung erfolgt über eine Zentrale Öl-Heizung mit Warmwasserspeicher.

Die Datenaufnahme hat am 27.09.2022 zerstörungsfrei stattgefunden, daher wurde zusätzlich als Referenz für fehlende Daten, die Gebäudetypologie "Schleswig – Holstein von 1958 – 1968" herangezogen.<sup>1</sup>

Seite 4 von 9

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> HRSG: Gebäudetypologie Schleswig-Holstein Leitfaden für wirtschaftliche und energieeffiziente Sanierungen verschiedener Baualtersklassen, Seite 45

# 2 Lösungskonzept und Rahmenbedingungen

### 2.1 Ziele und Nutzen des Anwenders

Siehe Lastenheft

### 2.2 Anforderung

Siehe Lastenheft

### 2.3 Übersicht Meilensteine

Projektstart/Planung				
Ziele bestimmen	04.10.2022			
Projektmanagement				
Lasten-/ Pflichtenheft erstellen	05.10.2022			
Hottgenroth				
Programm kennenlernen	05.10.2022			
Fertigstellen der Ergebnisse in ein Dokument	27.10.2022			
Ist- Zustand				
Fertigstellen der Ergebnisse in ein Dokument	03.11.2022			
Englisch				
Fertigstellen der Ergebnisse in ein Dokument	4 KW 2023			
Naturwissenschaften				
Fertigstellen der Ergebnisse in ein Dokument	4 KW 2023			
Projektabschluss				
Fertigstellung des Berichts aus den Dokumenten	4 KW 2023			
Projektabschluss und Präsentation der Ergebnisse	4 KW 2023			

### 3 Detailliertere Beschreibung der Anforderungen

Hier werden einmal die Anforderungen von dem Auftraggeber und der FsTuG geschildert und beschrieben

### 3.1 Anforderung Kunde

Nr. / ID	P1	Nichttechnischer Titel		Titel Anforderung Herr Menzel		
Quelle	Vor Ort Termi Kundengesprä	*	Verweise		Priorität	Hoch

### 3.1.1 Beschreibung

Die gestellten Anforderungen des Kunden umfassen eine energetische Berechnung, Dokumentation und Vorschläge zur energetischen Sanierung seines Gebäudes.

#### 3.1.2 Wechselwirkungen

Fachlich gutes und sicheres Auftreten gegenüber dem Kunden

#### 3.1.3 Risiken

Risiken	Gegenmaßnahmen	Gefährdungsgrad
Datenverlust	Sicherung der Daten in einer Cloud und auf einer Festplatte	Gering
Pandemie	Einhaltung der Geltenden Pandemiebestimmung	Mittel
Nicht sorgfältig bearbeitet	Durch gegenseitige Kontrolle	Mittel
Falsche Szenarien	Durch gegenseitige Kontrolle	Gering
Zuständigkeiten/Terminabgabe	Terminierung und Koordination durch den Teamleiter	Hoch

### 3.1.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen

#### 3.1.5 Grobschätzung des Aufwands

- Die Fertigstellung und Übergabe/ Präsentation erfolgt 4 KW 2023

### 3.2 Anforderung FsTuG

Nr. / ID	P1	Nichttechn	ischer Titel	Anforderung FsTuG		
Quelle	Projektaufgab	e P1	Verweise		Priorität	Hoch

### 3.2.1 Beschreibung

Die gestellten Anforderungen der FsTuG umfassen eine energetische Berechnung und Dokumentation eines freistehenden Einfamilienhauses.

### 3.2.2 Wechselwirkungen

- Fachwissen soll durch das Projekt erarbeitet und vertieft werden.
- Verantwortung für eigene Entscheidungen übernehmen.
- Präsentation und sicheres Auftreten vor Kunden soll trainiert werden.
- Die Teamarbeit und die damit auftretenden Probleme sollen erkannt und gelöst werden.

#### 3.2.3 Risiken

Risiken	Gegenmaßnahmen	Gefährdungsgrad
Fehlende Datensätze	Abschätzung durch Recherche	Mittel
Ausfall von Personal	Mitarbeit von anderen Teammitglieder und bestimmen von Stellvertreter	
Technische Problem	Mögliche Technischen Ausfall Hoch auszugleichen durch andere Teammitglieder	
Datenverlust	Sicherung der Daten in einer Cloud und auf einer Festplatte	Gering
Pandemie	Einhaltung der Geltenden Pandemiebestimmung	Mittel
Nicht sorgfältig bearbeitet	Durch gegenseitige Kontrolle	Mittel
Falsche Szenarien	Durch gegenseitige Kontrolle	Gering
Ärger im Team	Problemlösung im Team bzw. durch den Teamleiter/Lehrkraft	Gering
Zuständigkeiten/Terminabgabe	Terminierung und Koordination durch den Teamleiter	Hoch
Qualitätskontrolle	4-Augen-Prinzip	Sehr Hoch

### 3.2.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen

### 3.2.5 Grobschätzung des Aufwands

- Die Fertigstellung und Übergabe/ Präsentation erfolgt 4 KW 2023

# 3.3 Anforderung GEG

Nr. / ID	P1	Nichttechn	ischer Titel	Anforderung BAFA		
Quelle	Projektaufgab	e P1	Verweise		Priorität	Hoch

### 3.3.1 Beschreibung

Das GEG setzt die Mindestanforderung für eine energetische Sanierung vom Bestand voraus. Um eine Förderung der BAFA/KFW erhalten zu können, müssen die Anforderungen der BAFA/KFW eingehalten werden.

### 3.3.2 Wechselwirkung

Es müssen die gesetzlichen Mindestanforderungen nach GEG erfüllt werden.

#### 3.3.3 Risiken

Risiken	Gegenmaßnahmen	Gefährdungsgrad
Fehlende Unterlagen	4-Augen-Prinzip, gegenseitige Kontrolle	Hoch
Mindestanforderung	Abschätzung durch Recherche	Sehr Hoch
Bearbeitungszeit	Rechtzeitige Antragstellung	Mittel
Änderung GEG	Aktuelle Recherche	Mittel

### 3.3.4 Vergleich mit bestehenden Lösungen

#### 3.3.5 Grobschätzung des Aufwands

Die Fertigstellung und Übergabe/ Präsentation erfolgt 4 KW 2023

# 4 Kostenaufstellung

- Die Kosten für die Modernisierung belaufen sich auf ca. 210€/m² Bruttogeschossfläche (Quelle: Statistisches Bundesamt)
- Gesamtkosten bei 280m² Bruttogeschossfläche sind 58.800€. Dies ist eine Schätzung und kann von der tatsächlichen Sanierungssumme abweichen.
- Die Kosten für die Energieberatung belaufen sich ca. auf 3.570€. Diese Summe würde mit einer Förderung der BAFA unterstützt werden. Da es sich um ein Schulprojekt handelt, werden keine Kosten in Rechnung gestellt.

# 5 Freigabe / Genehmigung

Die Genehmigung erfolgt durch den Auftraggeber Frau Dr. ing. Susanne Krosse. Dieses Dokument wird vom Projektleiter des Projektteams der GST 22 bestätigt.

Datum:	
Unterschrift Auftraggeber:	
Unterschrift Projektleiter:	

Der Bericht enthält nicht alle Inhalte eines BAFA-Beratungsberichtes, da einige Inhalte erst in den folgenden Halbjahren der Aufstiegsfortbildung unterrichtet werden.



Fachschule für Technik und Gestaltung Gebäudesystemtechnik

Schützenkuhle 20-24 24937 Flensburg Tel. 0461 . 85 25 34

Kontakt: Dr. Susanne Krosse susanne.krosse@esfl.de