



AVERDUNG

ENERGIEBERATUNGSBERICHT & ENERGETISCHES MELDEKONZEPT BILDUNGSZENTRUM (BIZ) IN SALZHAUSEN

Angelehnt an das Förderprogramm „Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme“
(Gemäß der Richtlinie des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
vom 01.06.2023)

Hamburg, 18.03.2025

Version 3

Autor: M. Sc. Max Ostrander



AVERDUNG

Im Auftrag von:

Techniker Krankenkasse
Bramfelder Straße 140
22305 Hamburg

Für das Gebäude:

Bildungszentrum (BIZ)
Hohe Heide 1
21376 Salzhausen

Berater:



AVERDUNG

Averdung Ingenieure & Berater GmbH
Herr Max Ostrander
Planckstraße 13
22765 Hamburg
+49 40 771 8501 – 45
info@averdung.de

BAFA Beraternummer 216022

Hamburg, 18. März 2025

M. Sc. Max Ostrander
Projektingenieur

Software

Dieses Energiekonzept wurde mithilfe der Software Hottgenroth Energieberater Wohnen & Gewerbe 13.0.0.24 (4) erstellt

Allgemeine Hinweise

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen auf Grundlage der verfügbaren Daten erstellt. Irrtümer sind vorbehalten.

Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung des Gebäudeeigentümers. Um den Erfolg zu sichern und Bauschäden aufgrund der bauphysikalischen Problematik im Altbau zu vermeiden, sollten eine sorgfältige fachliche Planung vor Durchführung sowie Überwachung während der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen erfolgen.

Dieser Beratungsbericht beinhaltet keinerlei Planungsleistungen insbesondere im Bereich von energetischen Nachweisen und Fördergeldanträgen, Kostenermittlung, Ausführungsplanung und Bauphysik. Die Berechnungen des vorliegenden Berichts basieren auf den Geometriedaten des unsanierten Gebäudes. Für sämtliche energetischen Nachweise sind grundsätzlich die Geometriedaten der Sanierungsplanung zugrunde zu legen. Die angegebenen Investitionskosten sind grobe Schätzungen. Die genauen Baukosten sollten durch Vergleichsangebote ermittelt werden. Die Annahmen zu Baukonstruktion und Anlagentechnik sind bei Durchführung der Maßnahmen vor Ort zu prüfen.

Die ermittelten Einsparpotentiale dieses Berichts basieren auf dem Energiebedarf des Gebäudes. Die aufgewendeten Energiemengen (Wärme, Strom) wurden nach den Berechnungsvorschriften der DIN 18599 unter Berücksichtigung der Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes ermittelt. Für ganz Deutschland wird hierzu mit einem vereinheitlichten Klima und Nutzerverhalten gerechnet. Alle anderen äußeren Einflüsse auf das Gebäude bleiben unberücksichtigt, um die Vergleichbarkeit mit anderen Gebäuden zu gewährleisten.

Der berechnete Energiebedarf von Bestandsgebäuden weicht in der Regel von gemessenen Energieverbräuchen ab. Dies kann die Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen beeinflussen. Bei geringeren Verbräuchen werden in der Regel geringere Energieeinsparungen erzielt. Bei gleichbleibenden Investitionskosten würden sich längere Amortisationszeiten ergeben. Unter Berücksichtigung von möglichen Änderungen der Gebäudenutzung und des Energieverbrauchs sollten Investitionsentscheidungen jedoch nicht allein auf Grundlage des derzeitigen Energieverbrauchs getroffen werden. Die Bilanzierung des Endenergiebedarfs eines Gebäudes bildet eine neutrale Grundlage für Sanierungsentscheidungen.

Alle Kosten in diesem Beratungsbericht verstehen sind als Brutto-Kosten.

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	5
1.1	Variantenübersicht	5
1.2	Variantenvergleiche	6
2	Bestandsaufnahme.....	8
2.1	Gebäudedaten	10
2.2	Zonierung.....	11
2.3	Energetischer Zustand und Wärmedämmung der Gebäudehülle	15
2.4	Heizwärme und Trinkwarmwasserbereitung.....	17
2.5	Lüftung.....	18
2.6	Beleuchtung.....	19
3	Gebäudeanalyse	20
3.1	Energiebilanz	20
3.2	Vergleich Endenergiebedarf und Energieverbrauch	22
3.3	Wärmeschutztechnische Einstufung nach GEG und BEG.....	23
4	Energetisches Sanierungskonzept.....	24
4.1	Variante 1: Kosten-Nutzen-Optimum.....	26
4.2	Einsparpotenziale	31
4.3	Wirtschaftlichkeit	32
4.4	Variante 2: Dämmung aller Außenwände gegen Luft	34
4.5	Einsparpotenziale	35
4.6	Wirtschaftlichkeit	35
5	Energetisches Meldekonzept.....	36
6	Anhang.....	38
6.1	Bauteilübersicht	38
6.2	Erläuterung von Fachbegriffen	46
6.3	Wärmeschutztechnische Einstufung des Bestandsgebäudes	48
6.4	Allgemeine Hinweise zur energetischen Modernisierung	49
6.5	Berechnungsgrundlagen	50

1 Zusammenfassung

1.1 Variantenübersicht

Die Modernisierungsmaßnahmen orientieren sich, soweit baulich möglich, an den Zielvorgaben der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG), sowohl für die Einzelmaßnahmen als auch zum Erreichen eines Effizienzgebäudes. Die Fördermittel entsprechen dem Stand vom 10.03.2025. und können sich in Art und Umfang in Zukunft ändern.

Tabelle 1: Übersicht Variante 1: Ungedämmte Außenwände, Fenster, PV und Wärmepumpe

Investitionskosten incl. Planung	2.6260.000 €	
Jährliche Endenergieeinsparung	1.326.126 kWh/a	83 %
Jährliche CO ₂ -Reduktion	216 t/a	58 %
	~180 ausgewachsene Buchen ¹	
Amortisationsdauer (ohne Fördermittel)	27 a	
Amortisationsdauer (mit BEG-Fördermitteln)	24 a	
Mögliche BEG-Förderung	371.000 €	

Tabelle 2: Übersicht Variante 2: Alle Außenwände vor 2014, Fenster, PV und Wärmepumpe

Investitionskosten incl. Planung	3.220.000 €	
Jährliche Endenergieeinsparung	1.334.213 kWh/a	83 %
Jährliche CO ₂ -Reduktion	220 t/a	59 %
	~183 ausgewachsene Buchen	
Amortisationsdauer (ohne Fördermittel)	33 a	
Amortisationsdauer (mit BEG-Fördermitteln)	29 a	
Mögliche BEG-Förderung	442.000 €	

Die aufgeführten Varianten können auch gestaffelt erfolgen. Die maximal förderfähigen Investitionskosten reduzieren sich damit jedoch um die zuvor bereits angerechneten Summen.

¹ <https://www.lwf.bayern.de/boden-klima/baumartenwahl/319104/index.php> (12.03.2025)

1.2 Variantenvergleiche

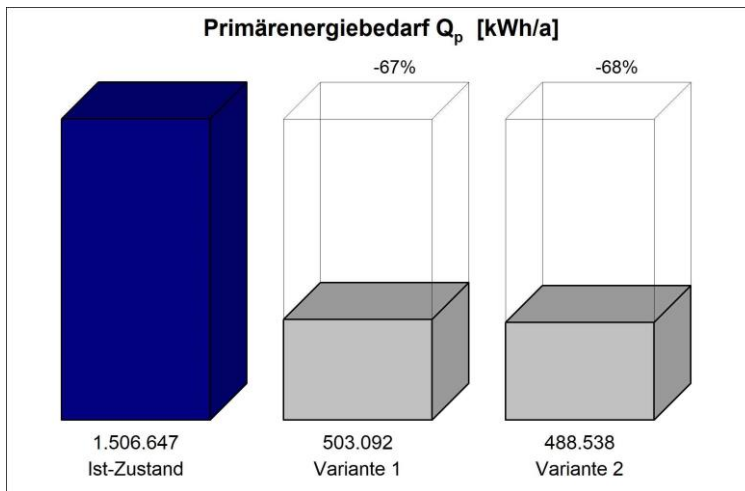


Abbildung 1: Erwartete Reduzierung des Primärenergiebedarfs

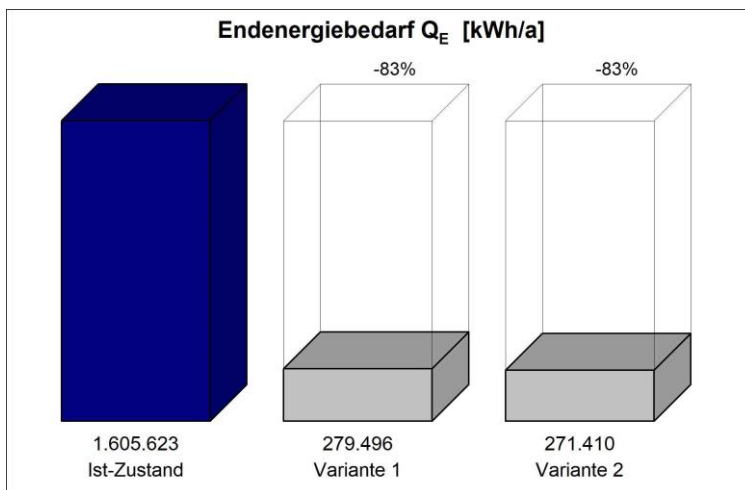


Abbildung 2: Erwartete Reduzierung des Endenergiebedarfs

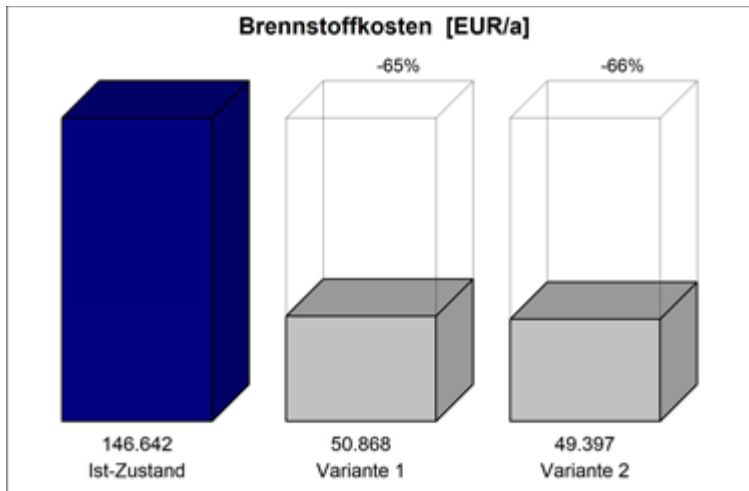


Abbildung 3: Erwartete Reduzierung der Brennstoffkosten

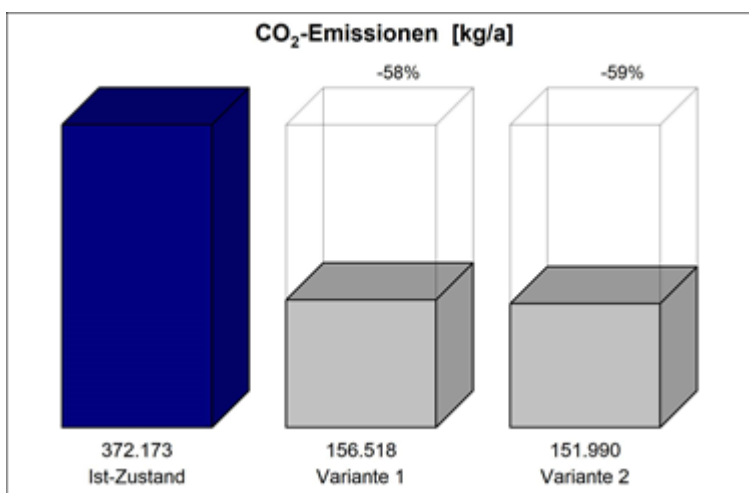


Abbildung 4: Erwartete Reduzierung der CO₂-Emissionen

2 Bestandsaufnahme

Die Bestandsaufnahme (Vor-Ort-Begehung) des BIZ wurde am 11.09.2024 durchgeführt. Aufgenommen wurden alle Bauteile der thermischen Gebäudehülle sowie die Wärme- und Warmwassererzeugung, -verteilung und -übergabe, Beleuchtung und Raumluftechnik.



Abbildung 5 Luftbild Süd-West

Das zu betrachtende Gebäude besteht aus 4 Bauabschnitten. Der „Altbau“ im Norden wurde 1968 errichtet und 1975 erweitert. 1991 folgten die Südlichen Anbauten incl. der Häuser gelb, weiß und grau sowie der Säle Berlin, Leipzig und Winsen. 2006 wurden die Dächer aus den Jahren 1968 und 1975 saniert und neu gedämmt. Im Jahr 2014 wurde der Altbau zuletzt an der Ostseite erweitert.

Der gesamte Komplex hat Flachdächer; einzige Ausnahme bilden die beiden Verbindungsgänge zwischen dem Altbau und dem Anbau von 1991 mit Satteldächern. Das Dach über den Sälen Berlin und Leipzig ist extensiv begrünt. Die Außenwände des Altbaus, sowie des Großteiles des Anbaus von 1991 bestehen aus monolithischem ungedämmten Mauerwerk. Die Häuser gelb, grau und weiß sowie der Anbau von 2014 haben ein zweischaliges Mauerwerk mit Dämmung. Da die Fenster sukzessive ausgetauscht werden, finden sich sowohl Fenster aus den jeweiligen Baujahren, bis hin zu moderner 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung beim Speisesaal.

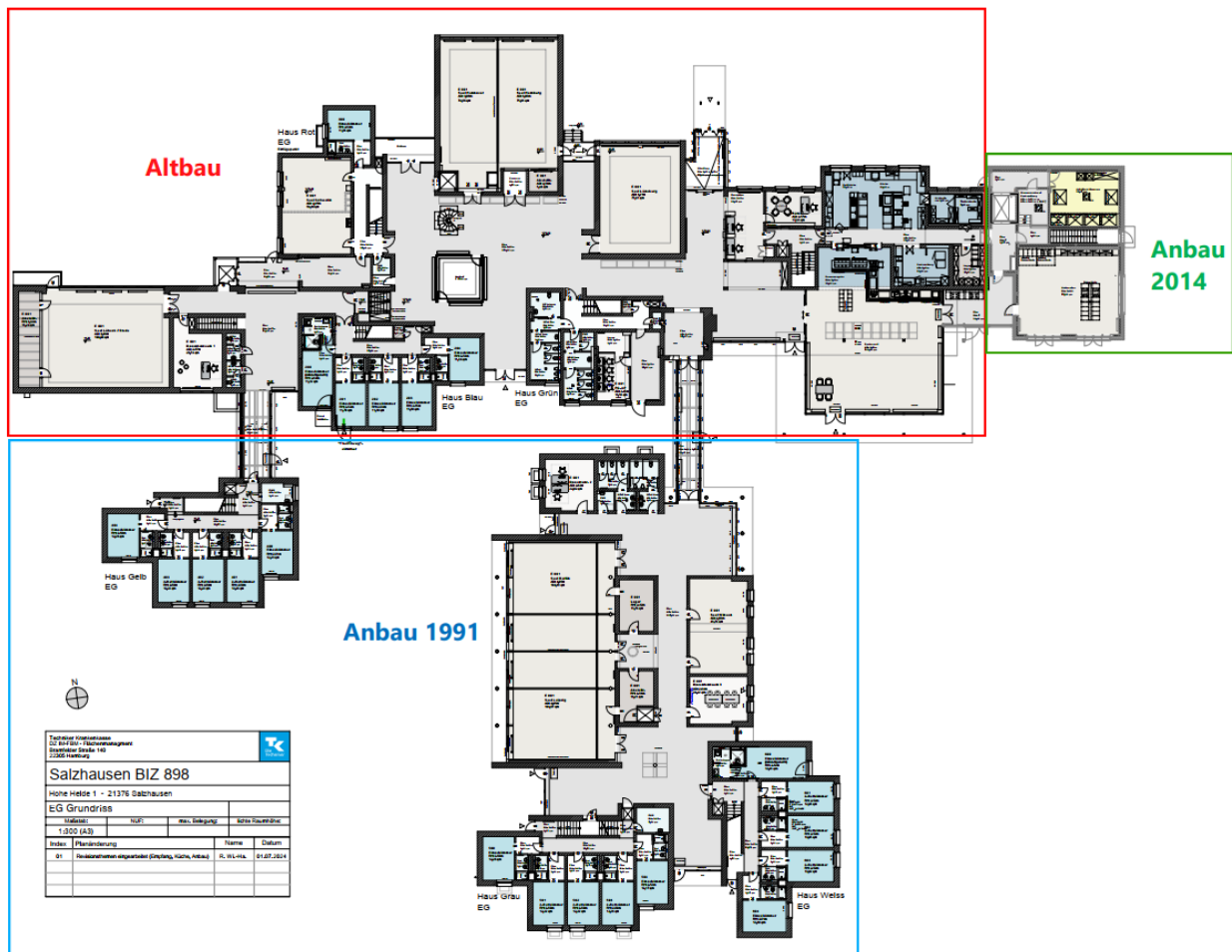


Abbildung 6 Lage Bauabschnitte

2.1 Gebäudedaten

Tabelle 3: Gebäudedaten

Ort:	21376 Salzhausen
Bundesland:	Niedersachsen
Gebäudetyp:	Nichtwohngebäude
Baujahr:	1968
Nutzung:	Besprechung, Hotelzimmer, Kantine
Bauweise:	Mittelschwere Bauart
Vollgeschosse:	4
Gebäudezonen nach DIN 18599:	9
Heizung und Warmwasser	Heizung und Warmwasser über einen zentrale Gas-Kessel und ein Gas-BHKW
Netto-Grundfläche: (Energiebezugsfläche)	$A_{NGF} = 5.588 \text{ m}^2$
Gebäudehüllfläche:	$A_H = 10.564 \text{ m}^2$
Bruttovolumen:	$V_e = 18.464 \text{ m}^3$
Kompaktheit:	$A/V = 0,57 \text{ m}^{-1}$
mittlere lichte Raumhöhe:	$h_R = 2,64 \text{ m}$
Netto-Luftvolumen:	$V_L = 14.771 \text{ m}^3$

2.2 Zonierung

Die Bilanzierung nach DIN 18599 für Nichtwohngebäude sieht eine Einteilung des Gebäudes in Zonen vor. Kriterien für die Einteilung sind Raumtemperaturen, Art der Raumnutzung und gebäudetechnische Konditionierung der Räume.










	Lager, gekühlt
	Hotelzimmer
	Sonstige Aufenthaltsräume
	Verkehrsfläche
	Unbeheizt
	Besprechung, Sitzung, Seminar
	WC, Sanitärräume, Abluft
	Küche, Abluft
	Sonstige Aufenthaltsräume Zu- / Abluft

Abbildung 7 Zonierungslegende

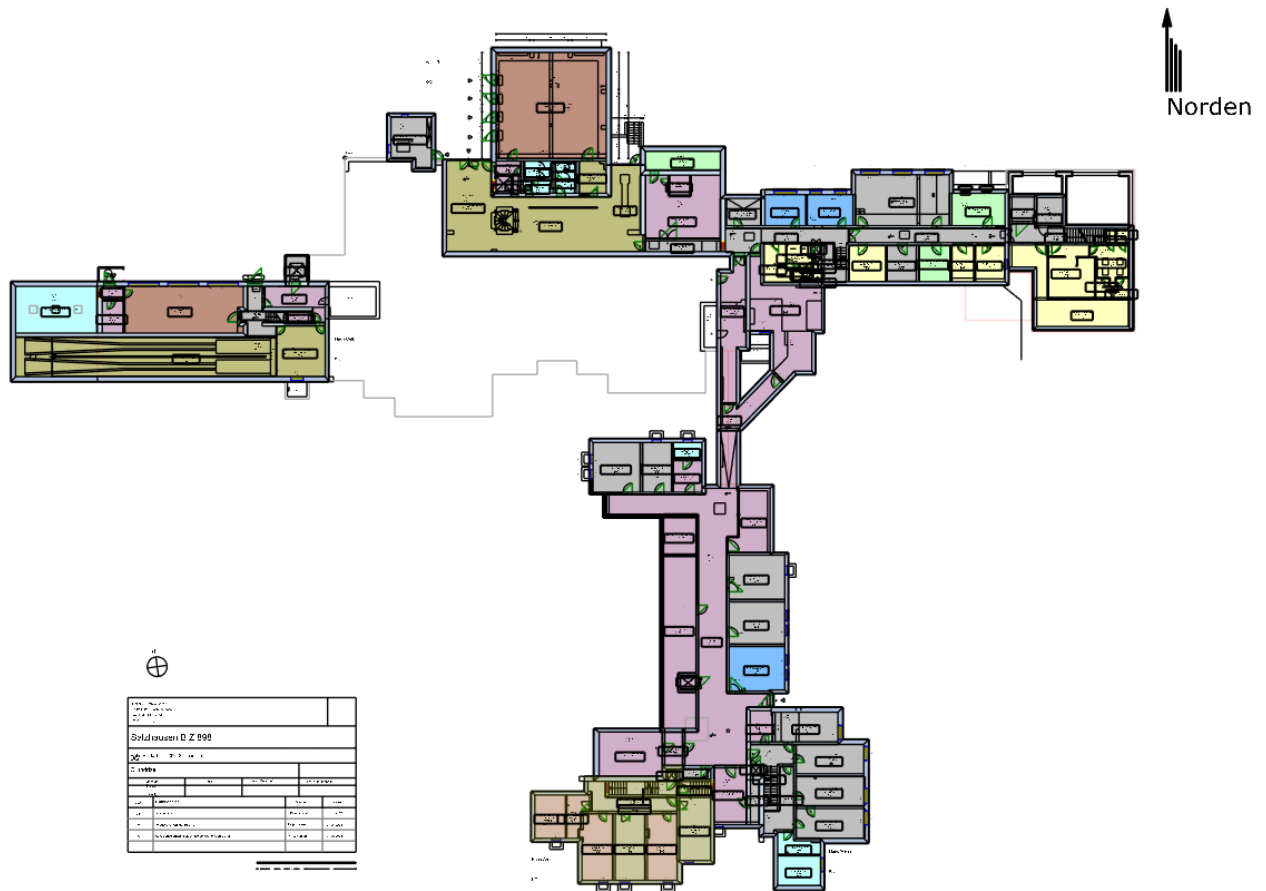


Abbildung 8 Zonierung UG

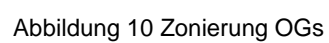
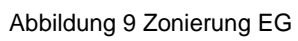




Tabelle 4 Zonenübersicht

Nr.	Zone	Fläche [m²]	Anteil [%]	Hüllfläche [m²]	Konditionierung
1	Hotelzimmer	1675,00	29,97	3360,04	Heizung + Lüftungsanlage + Beleuchtung + TWW
2	Sonstige Aufenthaltsräume	371,00	6,64	916,53	Heizung + Beleuchtung
3	Verkehrsfläche	1974,00	35,33	4171,38	Heizung + Beleuchtung
4	unbeheizt	(1552,00)	-	-	Beleuchtung + keine Heizung und Kühlung *
5	Besprechung, Sitzung...	838,00	15,00	1983,43	Heizung + Beleuchtung
6	WC, Sanitärraum, Abluft	215,00	3,85	579,48	Heizung + Lüftungsanlage + Beleuchtung + TWW
7	Küche, Abluft	92,00	1,65	194,45	Heizung + Lüftungsanlage + Beleuchtung + TWW
8	Lager, gekühlt	72,00	1,29	191,04	Kühlung + Beleuchtung
9	Sonstige Aufenthaltsräume Zu-/Abluft	351,00	6,28	813,49	Heizung + Lüftungsanlage + Beleuchtung
Σ		5588,00	Σ	12209,80	

* Für die Berechnung der Nettogrundfläche nach GEG werden nur beheizte/gekühlte Zonen berücksichtigt.

2.3 Energetischer Zustand und Wärmedämmung der Gebäudehülle

Der bauliche Zustand des Gebäudes ist dem Alter entsprechend gut. Es wurden bei der Begehung keine offensichtlichen Schäden festgestellt. Der Aufbau der Bauteile wurde aus diversen Baubeschreibung übernommen. Bauteilqualitäten von nicht beschriebenen Bauteilen wurden über Bauteiltypologien ermittelt. Eine detaillierte Bauteilübersicht befindet sich in Kapitel 6.1.

Tabelle 5: U-Werte IST-Zustand

Nr.	Typ	Bauteil	Fläche [m²]	U-Wert [W/(m²K)]	U _{max.} GEG [W/(m²K)]	U _{max.} BEG [W/(m²K)]
01	DA	Dach 1968 Haupteingang	19	1,400	0,20	0,14
02	DA	Dach 1968, saniert 2006	1.808	0,153	0,20	0,14
03	DA	Dach 1968 vor Saal Lübeck, saniert 2006	74	0,190	0,20	0,14
04	DA	Dach 1968 über Kriechkeller Lichthof & Heizungskeller	37,16	1,200	0,20	0,14
05	DA	Dach 1991 Verbindungsgänge	55	0,500	0,20	0,14
06	DA	Dach 1991 Wohngebäude	517	0,238	0,20	0,14
07	DA	Dach 1991 Erdgeschoss	417	0,347	0,20	0,14
08	DA	Dach 1991 Saal Berlin	235	0,349	0,20	0,14
09	DA	Dach 2014	219	0,136	0,20	0,14
10	OG	Oberste Geschossdecke 1968 Haus rot, blau und grün	480	2,100	0,24	0,14
11	OG	Decke unter Kühlraum	14,4	1,000	0,24	0,14
12	WA	Außenwand 1968 & 1991 36,5 cm	1.692	2,109	0,24	0,20
13	WA	Außenwand 1968 50 cm	634	1,705	0,24	0,20
14	WA	Außenwand 1991 Wohngebäude	1.337	0,391	0,24	0,20
15	WA	Außenwand 2014	137	0,224	0,24	0,20
16	WE	Wand gegen Erdreich 1968 & 1991 36,5 cm	590	2,109	0,30	0,25
17	WE	Wand gegen Erdreich 1968 50 cm	432	1,705	0,30	0,25
18	WE	Wand gegen Erdreich 2014 EG	34	0,224	0,30	0,25
19	WE	Wand gegen Erdreich 2014 KG	82	0,269	0,30	0,25
20	WK	Wand gegen unbeheizt 1968 Trockenbau	14	1,563	0,30	0,25
21	WK	Wand gegen unbeheizt 1968 & 1991 36,5 cm	102	2,109	0,30	0,25
22	WK	Wand gegen unbeheizt 1968 50 cm	96	1,705	0,30	0,25
23	FA	Einzelfenster, 1 Scheibe ungedämmt	11	5,900	1,30	0,95
24	FA	Bis 1994 Holz 2-Scheiben-Isolierverglasung	12	2,700	1,30	0,95
25	FA	Bis 1994 Kunststoff – Isolierverglasung	230	3,000	1,30	0,95
26	FA	Ab 1995 Kunststoff – Mehrscheibenisolierverglasung	36	1,900	1,30	0,95
27	FA	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	336	1,700	1,30	0,95
28	FA	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	238	1,300	1,30	0,95
29	FA	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	101	0,900	1,30	0,95



30	TA	Tür - im Wesentlichen aus Holz, Holzwerkstoffen oder Kunststoffen	24	2,900	1,80	1,00
31	TA	Leichtmetallrahmentür	24	2,700	1,80	1,00
32	TA	Stahl-Sicherheitstür	13	0,772	1,80	1,30
33	TA	Tür - im Wesentlichen aus Metall	4	4,000	1,80	1,30
34	BK	Boden gegen Unbeheizt 1968	636	1,000	0,30	0,25
35	BK	Boden gegen Unbeheizt 1991	285	0,600	0,30	0,25
36	BK	Boden gegen Unbeheizt 1991 Wohngebäude	90	0,621	0,30	0,25
37	BE	Boden gegen Erdreich 1968	1.937	1,200	0,30	0,25
38	BE	Boden gegen Erdreich 1991	893	3,218	0,30	0,25
39	BE	Boden gegen Erdreich 1991 Wohngebäude	207	0,621	0,30	0,25
40	BE	Boden gegen Erdreich 1991 Saal Berlin	227	0,448	0,30	0,25
41	BE	Boden gegen Erdreich 2014	220	0,505	0,30	0,25

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite.

Die farbliche Bauteilbewertung im Vergleich zum GEG ist wie folgt gestaffelt:

blau	Anforderungen deutlich übererfüllt
grün	Anforderungen genau erfüllt
gelb	Anforderungen nicht oder knapp nicht erfüllt (< 200 % des Referenzwertes)
rotbraun	Anforderungen nicht erfüllt (200 % - 400 % des Referenzwertes)
rot	Anforderungen nicht erfüllt (> 400 % des Referenzwertes)

2.4 Heizwärme und Trinkwarmwasserbereitung

Das Wärmeerzeugungssystem welches sowohl Heizwärme als auch Trinkwarmwasser bereitstellt besteht aus einem Gas-Brennwertkesseln (Hersteller: Viessmann, Modell: Vitocrossal 200, BJ: 2002) mit einer Nennleistung von 370 kW und einem Gas-BHKW mit 46,7 kW thermischer Leistung (Hersteller: Kraftwerk, Modell: Mephisto G20+, BJ: 2012). Es ist ein Pufferspeicher mit 1.000 l Fassungsvermögen installiert.

Das Zentral bereitgestellte Warmwasser hat zwei Speicher mit je 1.000 l Fassungsvermögen und ist mit einer Zirkulation ausgestattet.

Die Verteilung der Heizung wurde nachträglich gedämmt.

Die Wärmeübergabe erfolgt über Heizkörper.



Abbildung 10 Zentrale Wärmeversorgung

2.5 Lüftung

Der Gebäudekomplex hat eine Vielzahl von Lüftungsanlagen, welche im Rahmen dieses Berichtes 4 Zonen zugeordnet wurden.

Die Zone „Hotelzimmer“ der Häuser rot, blau, grün, gelb, grau und weiß, welcher auch die Personalumkleiden im KG zugeordnet werden, werden von Zentralen Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung versorgt.

Die Zone „Küche“ ist mit einer Lüftungsanlage ausgestattet, die vermutlich über eine Wärmerückgewinnung verfügt, es liegen jedoch keine Unterlagen hierüber vor.

Die Zone „WC, Sanitärraum, Abluft“, welcher auch einzelne Funktionsräume mit Ablufanlagen, wie der Fitness-Raum, zugeordnet sind, verfügt über keine Wärmerückgewinnung.

Die Zone „Sonstige Aufenthaltsräume Zu- / Abluft“ umfasst, die Bar, die Kegelbahn sowie den Heidesalon. Hier befinden sich Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft, Heizregistern, jedoch ohne Wärmerückgewinnung.



Abbildung 11 Lüftungsgeräte der Bar

2.6 Beleuchtung

Die Beleuchtung wurde in der Vergangenheit sukzessive erneuert, sodass aktuell fast ausschließlich Leuchten mit LEDs installiert sind.



Abbildung 12: LED-Beleuchtung in einem Seminarraum

3 Gebäudeanalyse

3.1 Energiebilanz

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle, durch den Luftwechsel sowie bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie. In dem folgenden Diagramm ist die Energiebilanz für die Raumwärme aus Wärmegewinnen und Wärmeverlusten der Gebäudehülle und der Anlagentechnik dargestellt.

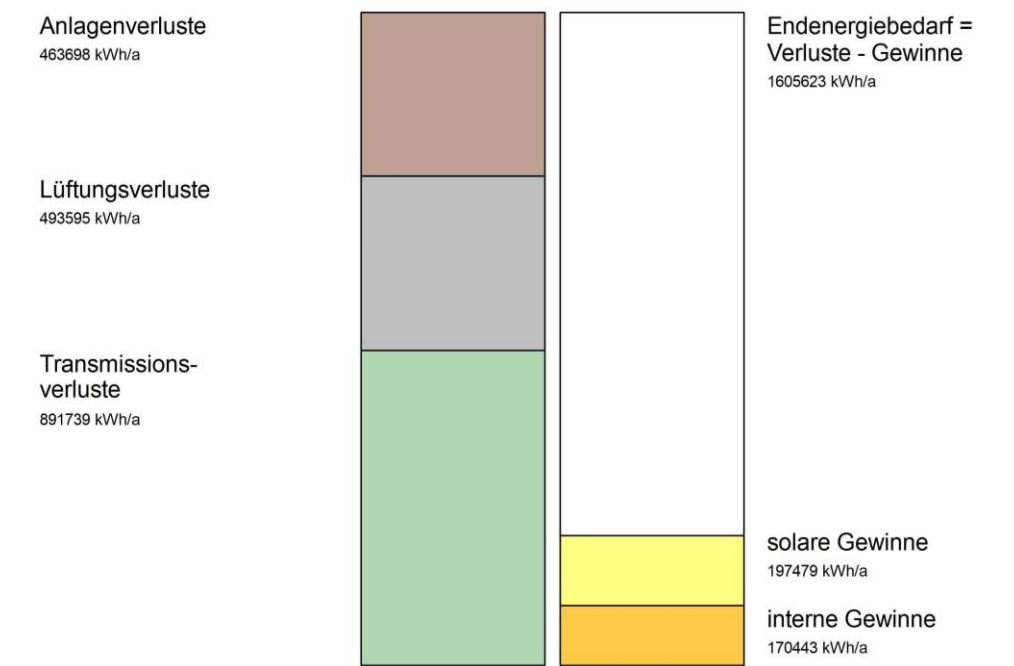


Abbildung 13: Gesamtenergiebilanz, Bestand

Die Aufteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteilgruppen - Dach – Außenwand – Fenster – Keller zeigt, dass die mit Abstand größten Wärmeverluste über die Außenwände entstehen.

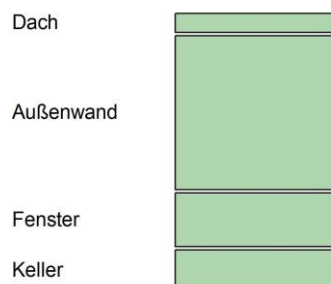


Abbildung 14: Aufteilung der Transmissionswärmeverluste im Bestand

Der Energiebedarf teilt sich wie in der folgenden Tabelle dargestellt auf die verschiedenen Konditionierungsarten auf.

Nutzenergie beschreibt die Energie, die Endnutzern für ihre Bedürfnisse zur Verfügung steht. Formen der Nutzenergie sind Wärme, Kälte oder Licht. Endenergie beschreibt die Energieformen, welche an das Gebäude übergeben werden. Hierzu zählen z. B. Strom und Öl. Primärenergie umfasst die Endenergie und die Energie, die für die Gewinnung und Transport aufgewendet werden muss. Die Differenzen zwischen Nutz- und Endenergie kommen durch Verluste bei der Umwandlung, Verteilung und Übergabe zustande.

	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	1141924 204,35	1042825 186,62	0 0,00	0 0,00	16349 2,93	82750 14,81
Endenergie	1605623 287,33	1390198 248,78	0 0,00	44762 8,01	23218 4,15	147445 26,39
Primärenergie	1506647 269,62	1252175 224,08	0 0,00	80571 14,42	41793 7,48	132108 23,64

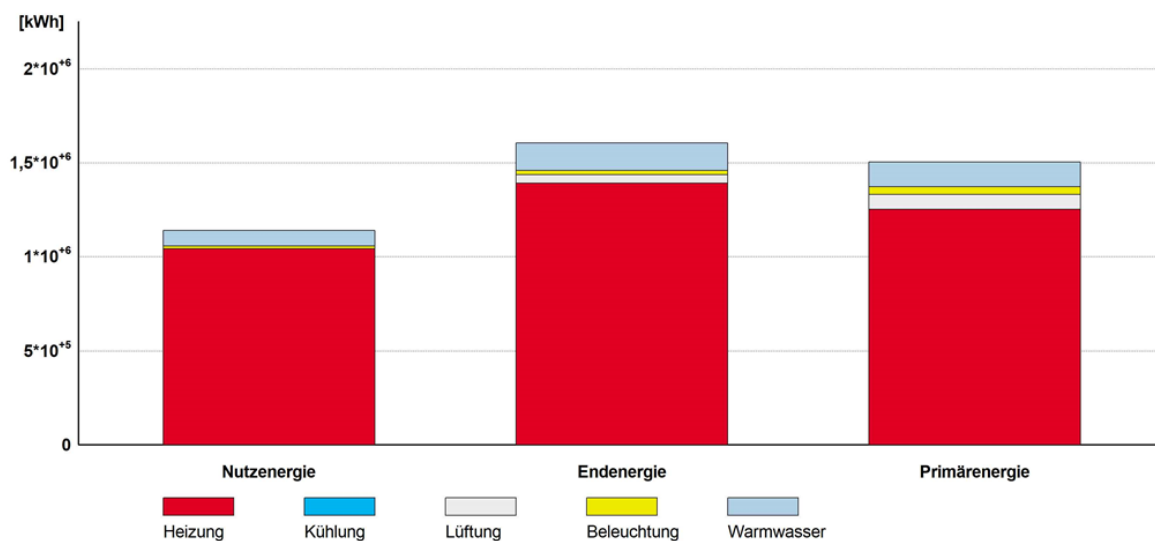


Abbildung 15: Jahres-Energiebilanz, Bestand

3.2 Vergleich Endenergiebedarf und Energieverbrauch

Energieverbrauch nach Energieträgern:

Im Bestand werden die beiden Energieträger Strom und Öl genutzt. Die Verbräuche der letzten drei Jahre sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Die Verbräuche umfassen am betrachteten Gebäude die Energieversorgung des Bürogebäudes und der Lager-, bzw. Produktionshalle.

Es ist zu beachten, dass der Stromverbrauch den kompletten Strom, der im Gebäude von den Nutzern verbraucht ist, beinhaltet. Der Strombedarf hingegen beschreibt nur die Menge, welche für die Heizung und Beleuchtung benötigt wird.

Tabelle 6 Gegenüberstellung Energieverbrauch und -bedarf

	Gas [kWh]	Strom Netzbezug [kWh]	Strom aus BHKW [kWh]
Verbrauch 2021	1.118.481	94.561	131.186
Verbrauch 2022	1.009.394	209.167	129.718
Verbrauch 2023	1.020.163	161.977	129.907
Verbrauch gemittelt	1.049.346	285.505	
Bedarf	1.259.767	72.752	

Differenz Verbrauch und Bedarf:

Der Mehrverbrauch beim Strom ist durch den gebäudeunabhängigen Verbrauch durch die Nutzer zu erklären. Hier ist insbesondere die Küche sowie die EDV zu nennen, welche einen hohen Stromverbrauch aufweisen, welcher von der DIN 18599 nicht erfasst wird.

Der Gasbedarf liegt um ca. 20 % über dem gemessenen Verbrauch. Die in der Norm hinterlegten Nutzungsprofile der einzelnen Zonen sind jeweils mit einem Wärmebedarf pro m² versehen. Dieser Durchschnitt bezieht sich auf alle Nutzungen ihrer Art in Deutschland und wird in diesem Gebäude leicht unterschritten. Grund hierfür ist die, dass z. B. die Nutzungszone „Hotelzimmer“ von der realen Nutzung abweicht.

3.3 Wärmeschutztechnische Einstufung nach GEG und BEG

Die Einstufung nach GEG und BEG zeigt, dass die großen Einsparpotenziale gleichermaßen bei der Gebäudetechnik als auch allen Außenbauteilen bestehen. Für einen Effizienzgebäude-Standard sind somit Verbesserungen bei allen Bauteilgruppen und der Gebäudetechnik nötig.

Tabelle 7: GEG und BEG-Anforderungen

BEG-Anforderungen	Gebäudewerte	EH 40	EH 55	EH 70	EH 100	GEG	EH 160	WPB
Primärenergiebedarf Q _p	269,6 kWh/m²	□ < 59,3	□ < 81,5	□ < 103,8	□ < 148,3	□ < 207,6	□ < 237,2	☑ < 620,0
U _m opake Bauteile	GEG: 0,83 W/m²K BEG: 0,82 W/m²K	□ < 0,18	□ < 0,22	□ < 0,26	□ < 0,34	□ < 0,56		
U _m transparente Bauteile	1,9 W/m²K	□ < 1,0	□ < 1,2	□ < 1,4	□ < 1,8	☑ < 2,7		
U _m Türen/Tore(BEG), Lichtkuppeln, etc.	GEG: 0,00 W/m²K BEG: 2,5 W/m²K	□ < 1,6	□ < 2,0	□ < 2,4	☑ < 3,0	☑ < 4,3		

4 Energetisches Sanierungskonzept

Wirtschaftlichkeit

Für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer Energiesparmaßnahme wurden die Gesamtinvestitionskosten + 27 % Planungshonorare zugrunde gelegt.

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

Tabelle 8: Brennstoffdaten*

	Arbeitspreis Cent/kWh
Erdgas	9,66
Strom	18,24

*Alle Preise verstehen sich brutto, incl. 19% Mehrwertsteuer

Die Preise aus Tabelle 8 werden für alle folgenden Maßnahmen zugrunde gelegt.

Die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme sollte allerdings nicht allein den Ausschlag zur Entscheidung für oder gegen eine Maßnahme geben. Bei allen Entscheidungen zur Sanierung des Gebäudes sollten immer auch die größere Behaglichkeit z. B. durch höhere Wand- und Fußbodentemperaturen oder geringere Zugeffekte berücksichtigt werden. Da die zukünftigen Energiekostensteigerungen und CO₂-Abgaben kaum abschätzbar sind, führen Investitionen in Energiesparmaßnahmen auch zu deutlich höherer Kostensicherheit. Die Folgekosten von heute nicht getätigten Investitionen in Energieeinsparung sind nicht kalkulierbar.

Grundlegende Empfehlungen

Luftdichte Ausführung

Bei allen Maßnahmen an der Gebäudehülle wird eine luftdichte Ausführung empfohlen. Die Luftdichtigkeit beschreibt wie viel Außenluft durch die Gebäudehülle ins Innere des Gebäudes strömen kann. Das geschieht meist durch Fugen und Ritzen in der Gebäudehülle. Vor allem durch alte Fenster und Türen kann viel Luft von außen nach innen gelangen, was sich häufig als Zugluft oder an kalten Füßen bemerkbar macht. Gerade in der Heizperiode führen undichte Gebäudehüllen zu Wärmeverlusten, da die ständig eindringende kalte Luft wieder aufgewärmt werden muss. Durch Sanierungen der Gebäudehülle, sowie Fenster und Türen kann eine hohe Luftdichtigkeit erreicht werden, wodurch sich Heizenergie einsparen und die Behaglichkeit steigern lässt.



Abbildung 16: Blower-Door Test (Quelle: <https://blog.pro-clima.com/de/2012/07/blower-door-skateboard/>)

Es wird empfohlen vor und nach Umsetzung der Maßnahmen an der Gebäudehülle ein Blower-Door-Messung inklusive Leckageortung durchzuführen, um eine Verbesserung der Luftdichtheit sicherzustellen.

Reduzierte Wärmebrücken

Neben den Wärmeverlusten über Bauteile, welche sich in deren U-Werten widerspiegelt, finden große Verluste über sogenannte Wärmebrücken statt. Unterschieden wird hier in materialbedingte und geometrisch bedingte Wärmebrücken. Bei allen Maßnahmen an der Gebäudehülle ist also darauf zu achten, dass der Einfluss von Wärmebrücken reduziert wird. Hierzu ist eine Ausführung auf die Einhaltung DIN 4108 Beiblatt 2 zu achten.

4.1 Variante 1: Kosten-Nutzen-Optimum

Das Ziel der TK ist es, bis 2030 treibhausgasneutral zu sein. Um dies beim Bildungszentrum Salzhausen zu erreichen, ist in erster Linie eine Umstellung der Energieträger von Erdgas auf erneuerbare Energien notwendig. Da vor Ort keine Fernwärme liegt, gibt es nur die Möglichkeit dies über eine Wärmepumpenlösung zu realisieren. Ein Effizienter und Kostengünstiger betrieb einer Wärmepumpe ist jedoch nur möglich, wenn die Vorlauftemperaturen im Gebäude abgesenkt werden. Dies wird über die Verbesserung der Thermischen Hülle, einen Hydraulischen Abgleich und punktuell über die Vergrößerung von Heizflächen ermöglicht. Um die Betriebskosten der Wärmepumpe weiter zu reduzieren, sollen parallel möglichst große PV-Flächen auf den Flachdächern installiert werden.

Die Aufstellung einer Windkraftanlage am Standort Salzhausen ist hingegen nicht möglich, da er außerhalb der vom Landkreis ausgewiesenen Flächen liegt. ([Steuerung der Windenergie im Landkreis Harburg | Landkreis Harburg](#))

Es wird folgender Zeitlicher Ablauf empfohlen:

2025/26	Planung der Maßnahmen an der Gebäudehülle Fachplanung Photovoltaik
2026	Installation Photovoltaik
2026/27	Dämmung der Außenwände des Altbaus und der ungedämmten Außenwände des Anbaus von 1991 Austausch der schlechtesten Fenster
2027	Fachplanung Heizungstausch
2028/29	Installation einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe Hydraulischer Abgleich und Austausch Heizkörper

1. Dämmung der Außenwände des Altbaus und der ungedämmten Außenwände des Anbaus von 1991

Die Außenwände bilden eine große Kontaktfläche der Gebäudehülle zur Außenluft, über die dementsprechend viel Heizenergie verloren geht. Durch eine Dämmung können diese Wärmeverluste minimiert werden. Zudem trägt eine Dämmung der Fassade dazu bei, den Einfluss vorhandener Wärmebrücken zu reduzieren. Als Wärmedämmverbundsystem wird der Dämmstoff auf die Außenwände geklebt, festgedübelt und anschließend abgedichtet und verputzt. Alternativ kann bei einer vorgehängten Fassade auf dem Dämmstoff eine belüftete Tragekonstruktion angebracht werden.

Auf diese Weise kann anfallende Feuchtigkeit schnell trocken.

Die Vorhangfassade hat den Vorteil, dass die Materialien am Ende ihrer Nutzungsdauer einfacher getrennt und recycelt werden können, gleichzeitig ist diese Konstruktion allerdings auch teurer.

Es wird empfohlen alle Wände gegen Außenluft des Altbaus (1969 und 1974) sowie alle monolithischen Wände gegen Außenluft des Anbaus von 1991 zu dämmen. Beim Anbau von 1991 sind dies alle Wände die nicht zu den Häusern gelb, grau und weiß gehören. Durch diese Maßnahme werden die Verluste über die Wände gegen Außenluft um 81 % reduziert.

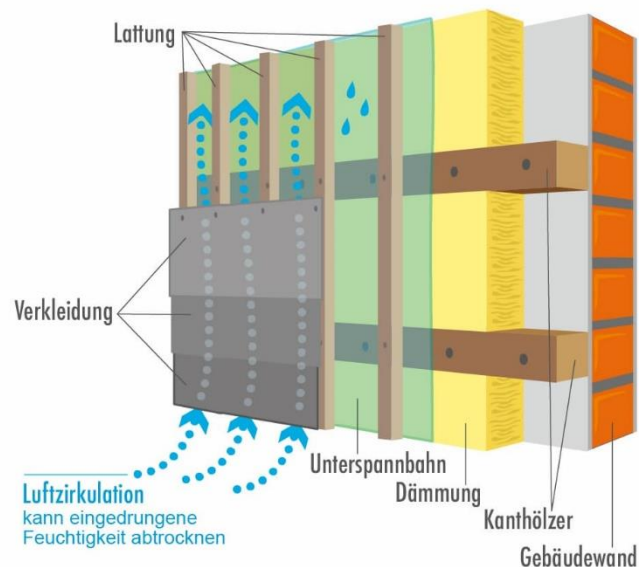
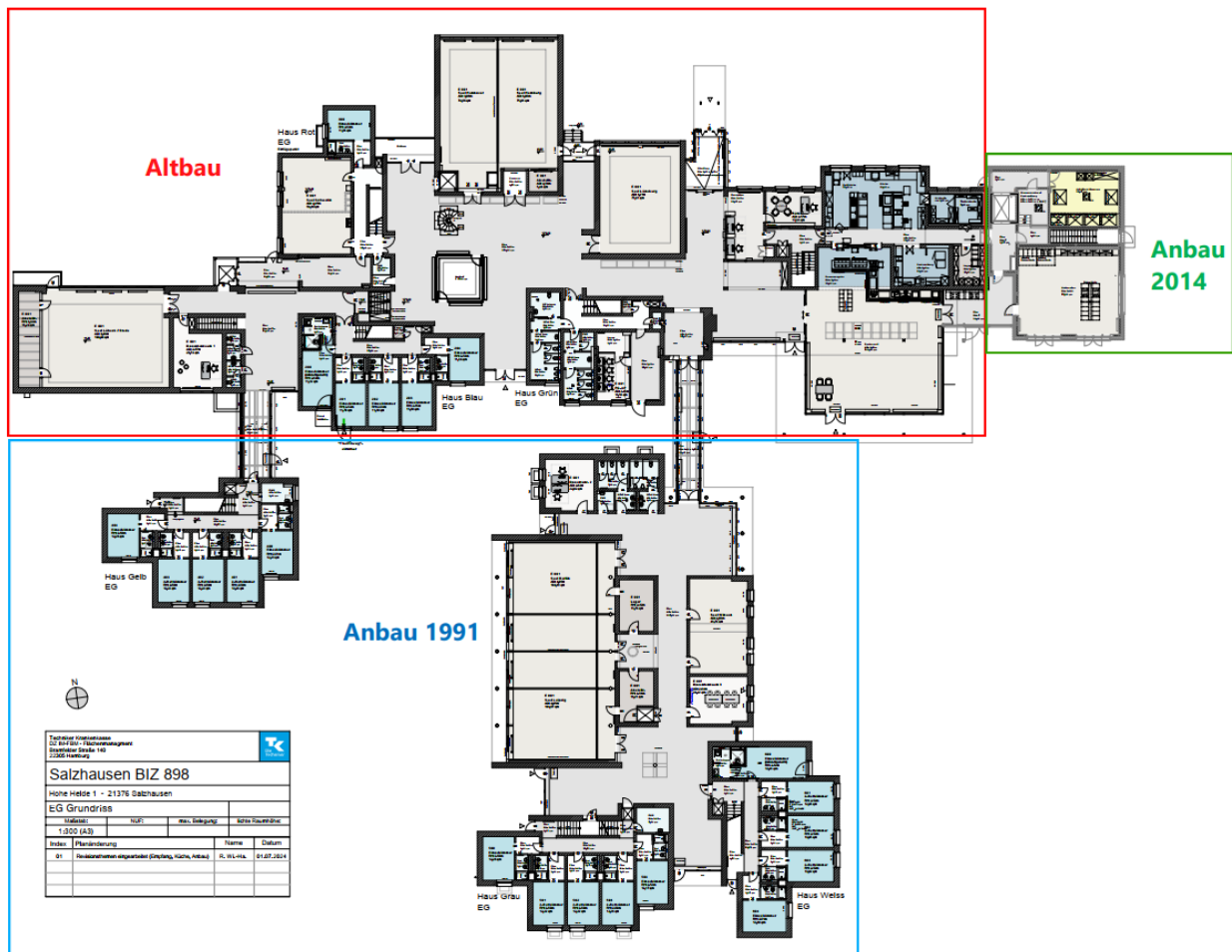


Abbildung 17:
Schematischer Aufbau einer Dämmung mit Vorhangfassade (Quelle: <https://www.sanier.de/wp-content/uploads/images/hinterlueftete-fassade-grafik-us.jpg>)



Für die Sanierung dieses Gebäudes wird eine **Dämmstoffstärke von 16** mit einer Wärmeleitfähigkeit von $0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ empfohlen. Bei Nutzung eines Dämmstoffes mit einer niedrigeren Wärmeleitfähigkeit kann die Dicke der Dämmstoffschicht reduziert werden.

Tabelle 9: U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile „Dämmung der Fassade“

Nr.	Typ	Bauteil	Fläche [m ²]	U-Wert [W/(m ² K)]	U _{max.} GEG [W/(m ² K)]	U _{max.} BEG [W/(m ² K)]
12	WA	Außenwand 1968 & 1991 36,5 cm	1.692	0,20	0,24	0,20
13	WA	Außenwand 1968 50 cm	634	0,19	0,24	0,20

2. Austausch der schlechtesten Fenster

Die bestehenden Fenster, tragen mit ihren unzureichenden Dämmeigenschaften ebenfalls einen signifikanten Anteil an den Transmissionswärmeverlusten. Zudem weisen die Fenster im Bestand typischerweise Undichtigkeiten auf, welche zu Lüftungswärmeverlusten und einer Reduzierung der Behaglichkeit in ihrer Nähe führen. Der Austausch der Bestandsfenster durch moderne dreifachverglaste Fenster sowie der Türen durch Leichtmetallrahmentüren (mit

Verglasung) reduziert sowohl die Wärmeverluste als auch die Undichtigkeiten. Werden die Fenster gleichzeitig mit der Fassadendämmung oder im Anschluss vorgenommen, empfiehlt es sich, die Fenster nach außen an die Dämmebene zu versetzen, um die Wärmebrücken an den Übergängen zwischen Fenster und Außenwand zu verringern.

Es wird der Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung empfohlen. Ausgenommen von der Empfehlung zum Austausch sind die Fenster, welche bereits ausgetauscht wurden und eine Wärmeschutzverglasung besitzen, da hier nur eine geringe Verbesserung bei hohen Investitionskosten möglich ist. Zudem ist es aus bauphysikalischer Sicht wichtig, darauf zu achten, dass die Eingebauten Fenster nicht besser als die Umgebenen Opaken Bauteile sind, um Feuchteschäden zu verhindern. Durch diese Maßnahme werden die Verluste über die Fenster um 43 % reduziert.

Tabelle 10: U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile „Fenster, Türen und Tore“

Nr.	Typ	Bauteil	Fläche [m ²]	U-Wert [W/(m ² K)]	U _{max.} GEG [W/(m ² K)]	U _{max.} BEG [W/(m ² K)]
23	FA	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	11	0,90	1,30	0,95
24	FA	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	12	0,90	1,30	0,95
25	FA	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	230	0,90	1,30	0,95
26	FA	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	36	0,90	1,30	0,95

3. Installation einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe

Durch den Einsatz elektrischer Wärmepumpen ist es möglich Umweltwärmequellen auf einem niedrigen Temperaturniveau zu nutzen und mit Hilfe von Strom auf ein höheres Temperaturniveau anzuheben. Wasser-Wasser-Wärmepumpen nutzen dabei das Grundwasser als Umweltwärmequelle, heben die Temperatur an und übertragen diese an das Heizwasser. So kann, je nach Effizienz, Wärme im Verhältnis von ca. 3:1 (Umweltenergie: elektrische Energie) erzeugt werden. Die Wärmeabgabe einer Wärmepumpe erhöht sich zusätzlich zur nutzbaren Umweltwärme noch um die eingesetzte elektrische Energie, da diese in Wärme umgewandelt wird. Für einen effizienten Betrieb einer Wärmepumpe ist eine möglichst geringe Vorlauftemperatur im Heizsystem ausschlaggebend. Aus diesem Grund ist es sinnvoll im Zuge der Installation auch alle anderen Sanierungsmaßnahmen durchzuführen, um die Vorlauftemperatur im Heizungsnetz maximal absenken zu können. Es empfiehlt sich die Kombination mit Eigenstromnutzung aus Photovoltaik, da so die Betriebskosten und Emissionen der Wärmepumpen deutlich gesenkt werden können.

Im Konkreten Fall vor Ort, ist als erster Schritt zu prüfen, ob das Grundwasser, welches aktuell bereits über einen Brunnen als Trinkwasser entnommen wird auch als Wärmequelle geeignet ist. Zudem muss ein geeigneter Aufstellort für die Wärmepumpe gefunden werden, da der Heizungskeller nicht groß genug ist. Die Wärmepumpe benötigt eine Aufstellfläche von ca. 50 m², was sowohl auf der Wiese als auch auf einem Dach, z. B. Speisesaal, möglich ist, wenn die statischen Voraussetzung gegeben sind. Um Schallemissionen zu senken, kann die Wärmepumpe mit einer Schallschutzhaube versehen werden.

4. Hydraulischer Abgleich und Austausch Heizkörper

Der hydraulische Abgleich sorgt dafür, dass alle Heizflächen jederzeit mit den jeweils benötigten Volumenströmen des Heizmediums versorgt werden. Das Heizmedium sucht sich immer den Weg des geringsten Widerstandes. Das führt dazu, dass in einem nicht abgeglichenen Heizungssystem die Heizflächen, die nah an der Heizungspumpe liegen, mit mehr Heizwasser versorgt werden. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass weiter entfernte Heizflächen meist unterversorgt werden. Dies hat zur Folge, dass sich die unterversorgten Heizflächen und die entsprechenden Räume nicht richtig oder nur langsam erwärmen. Damit diese Räume trotzdem ihre angegeben Solltemperatur erreichen, wird die Vorlauftemperatur vom Heizungssystem angehoben. Dadurch steigen der Energieverbrauch und die übertersorgten Heizflächen werden noch heißer.

Über voreinstellbare Thermostatventile an den Heizflächen lassen sich die Strömungswiderstände angleichen, sodass alle Heizflächen gleichmäßig versorgt werden, was eine maximale Absenkung der Systemtemperaturen ermöglicht. Dadurch kann der Wärmeerzeuger energiesparender betrieben werden. Zudem sinkt durch die angepassten Volumenströme und die geringeren Druckdifferenzen auch der benötigte Pumpenstrom.

Im Rahmen der Fachplanung ist zudem eine Raumweise Heizlastberechnung notwendig, um zu prüfen, welche Heizflächen vergrößert werden müssen, um die Wärmepumpe mit möglichst niedrige Vorlauftemperaturen nutzen zu können.

5. Installation Photovoltaik

Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) sind Solarstromanlagen, in denen ein Teil der Sonnenstrahlung in elektrische Energie umgewandelt wird. Diese können als Freiflächen- oder Aufdachanlagen errichtet werden und ermöglichen die Erzeugung von erneuerbarem Strom direkt am Standort.

Wird eine PV-Anlage auf einer Liegenschaft geplant und errichtet, so kann die Erzeugung von sauberem Solarstrom ein Teil des Stromverbrauchs abdecken und somit die CO₂-Emissionen des Gebäudes senken. Das Verhältnis zwischen genutztem Solarstrom und allgemeinem Stromverbrauch wird solarer Deckungsgrad genannt. Den Teil des Solarstroms, der in der Photovoltaik-Anlage erzeugt und in der Liegenschaft selbst genutzt wird, nennt man Eigenverbrauch. Der Solarstrom, der nicht unmittelbar in der Liegenschaft verbraucht wird, wird in das Stromnetz eingespeist. Je höher der Stromverbrauch der Liegenschaft tagsüber ist, desto höher ist der Eigenverbrauchsanteil am selbst erzeugten Solarstrom. Aufgrund der aktuellen Bedingungen für die Vergütung von Solarstrom, zielt die wirtschaftliche Auslegung einer Aufdachanlage aktuell auf eine Optimierung des Eigenverbrauchsanteils.

Dies ergibt bei einer Ostwestausrichtung mit 10° Neigungswinkel auf den Flachdächern eine Anlagengröße von ca. 98 kWp. Die Dimensionierung wird noch einmal konkretisiert, sobald die Lastreserven der Dächer durch das Statik-Büro ermittelt wurden.

4.2 Einsparpotenziale

Tabelle 11: Gesamteinsparungen „Variante 1“ bezogen auf Energiebedarf

Bezugsgröße	Wert	Veränderung	
Primärenergiebedarf	503.092 kWh/a	- 1.003.555 kWh/a	- 68 %
Endenergiebedarf	279.496 kWh/a	- 1.326.127 kWh/a	- 83 %
CO ₂ -Emission	157 t/a	- 216 t/a	- 58 %
Brennstoffkosten	50.868 €/a	- 95.774 €/a	- 65 %

4.3 Wirtschaftlichkeit

Tabelle 12: Wirtschaftlichkeit „Variante 1“

Betrachtung	Variante 1
Gesamtinvestition	2.626.000 €
Investitionskosten	2.067.000 €
Planungskosten (27 %)	559.000 €
- Erhaltungsaufwand (Invest.)	873.000 €
> energetisch bedingter Investitionsaufwand	1.194.000 €
 Amortisationsdauer (ohne Fördermittel)	27 Jahre
Amortisationsdauer (mit BEG-Fördermittel)	24 Jahre
Mögliche BEG-Förderung	371.800 €
Mittlerer Fördersatz	18 %

Tabelle 13: Förderfähigkeit nach BEG Einzelmaßnahmen „Variante 1“

Maßnahme	Investitionskosten	Fördersatz BEG
Dämmung der Außenwände	814.000 €	15 %
Austausch der Fenster	288.000 €	15 %
Installation Wärmepumpe	791.000 €	26 %
Installation Photovoltaik	174.000 €	-

Der Fördersatz für die Installation von Wärmepumpen mittels BEG liegt bei 35 %. Die Förderung ist jedoch auf 30.000 € + 80 €/m² gedeckelt, was zu einem tatsächlichen Fördersatz von nur 26 % führt.

Hinzu kommen Planungskosten ca. 27 %. Hiervon werden 50% (max. 10.000 €) je Maßnahme an der Gebäudehülle gefördert.

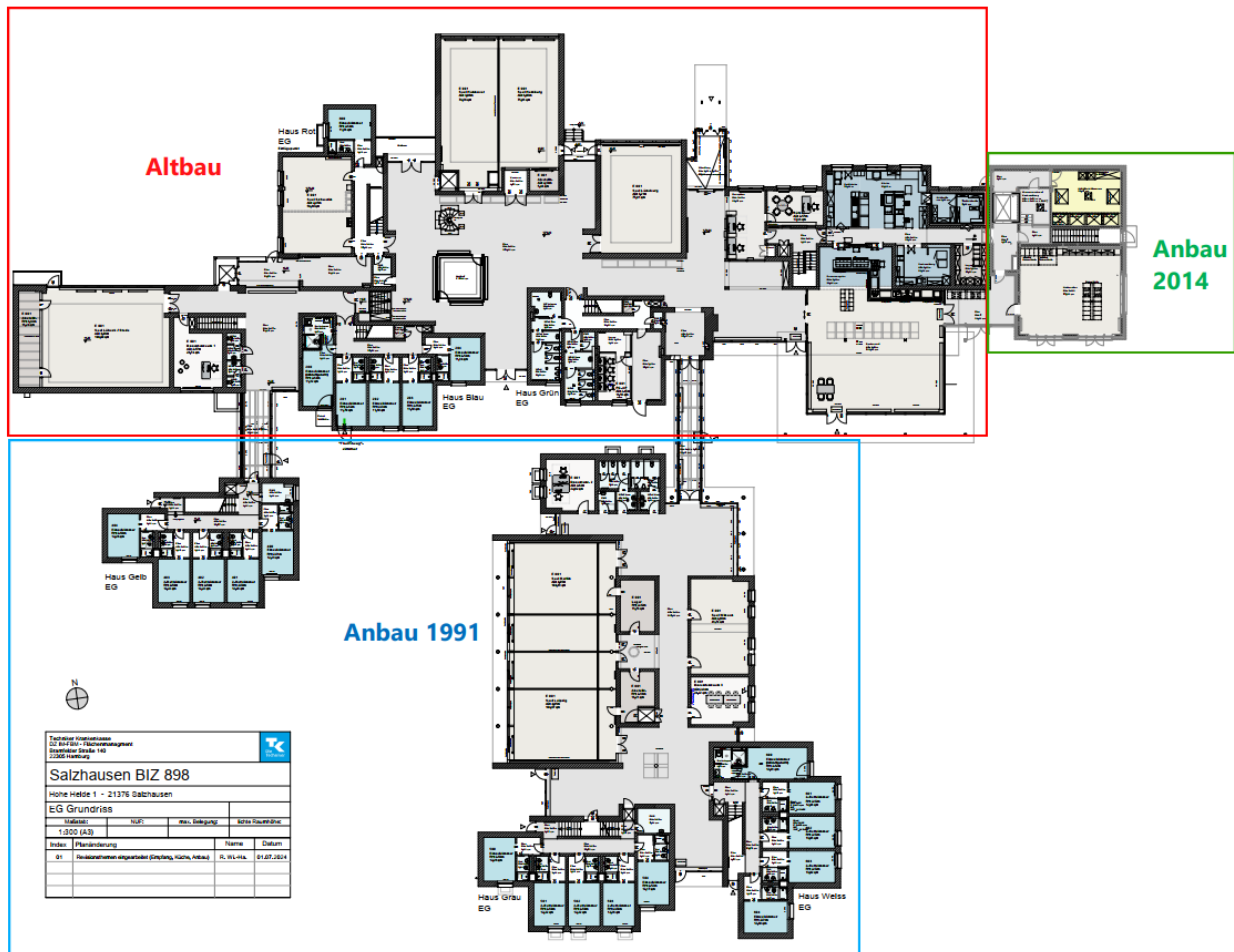
Die Einstufung nach GEG- und BEG-Standards zeigt, dass der Primärenergiebedarf sowie die U-Werte für Fenster und Türen durch die Optimierungsmaßnahmen deutlich gesenkt werden können. Bei dem U-Wert für Opake Bauteile sind jedoch noch Verbesserungen notwendig, um einen förderfähigen Effizienzgebäudestandard zu erreichen.

BEG-Anforderungen	Gebäudewerte	EH 40	EH 55	EH 70	EH 100	GEG	EH 160
Primärenergiebedarf Q _p	94,8 kWh/m²	☐ < 61,4	☐ < 84,5	☑ < 107,5	☑ < 153,6	☑ < 215,0	☑ < 245,8
U _m opake Bauteile	GEG: 0,49 W/m²K BEG: 0,47 W/m²K	☐ < 0,18	☐ < 0,22	☐ < 0,26	☐ < 0,34	☑ < 0,56	
U _m transparente Bauteile	1,3 W/m²K	☐ < 1,0	☐ < 1,2	☑ < 1,4	☑ < 1,8	☑ < 2,7	
U _m Türen/Tore(BEG), Lichtkuppeln, etc.	GEG: 0,00 W/m²K BEG: 2,5 W/m²K	☐ < 1,6	☐ < 2,0	☐ < 2,4	☑ < 3,0	☑ < 4,3	

Abbildung 18 GEG und BEG-Anforderungen „Variante 1“

4.4 Variante 2: Dämmung aller Außenwände gegen Luft

Dieses Variante beinhaltet alle Maßnahmen aus der Variante 1 sowie die Dämmung der Häuser gelb, grau und weiß, um ein einheitliches Erscheinungsbild zu erreichen. Durch diese Maßnahme werden die Verluste über die Wände gegen Außenluft um weitere 6 % auf 87 % reduziert.



Für die Sanierung dieses Gebäudes wird eine Dämmstoffstärke von 16 mit einer Wärmeleitfähigkeit von $0,035 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ empfohlen. Bei Nutzung eines Dämmstoffes mit einer niedrigeren Wärmeleitfähigkeit kann die Dicke der Dämmstoffschicht reduziert werden.

Tabelle 14: U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile „Dämmung der Fassade“

Nr.	Typ	Bauteil	Fläche [m²]	U-Wert [W/(m²K)]	U _{max.} GEG [W/(m²K)]	U _{max.} BEG [W/(m²K)]
14	WA	Außenwand 1991 Wohngebäude	1.337	0,14	0,24	0,20

4.5 Einsparpotenziale

Tabelle 15: Gesamteinsparungen „Variante 2“ bezogen auf Energiebedarf

Bezugsgröße	Wert	Veränderung	
Primärenergiebedarf	488.538 kWh/a	- 1.018.109 kWh/a	- 67 %
Endenergiebedarf	271.410 kWh/a	- 1.334.213 kWh/a	- 83 %
CO ₂ -Emission	152 t/a	- 220 t/a	- 59 %
Brennstoffkosten	49.397 €/a	- 97.245 €/a	- 66 %

4.6 Wirtschaftlichkeit

Tabelle 16: Wirtschaftlichkeit „Variante 2“

Betrachtung	Variante 2
Gesamtkosten	3.220.000 €
Investitionskosten	2.535.000 €
Planungskosten (27 %)	685.000 €
- Erhaltungsaufwand (Invest.)	873.000 €
> energetisch bedingter Investitionsaufwand	1.662.000 €
Amortisationsdauer (ohne Fördermittel)	33 Jahre
Amortisationsdauer (mit BEG-Fördermittel)	29 Jahre
Mögliche BEG-Förderung	442.000 €
Mittlerer Fördersatz	17 %

Tabelle 17: Förderfähigkeit nach BEG Einzelmaßnahmen „Variante 2“

Maßnahme	Investitionskosten	Fördersatz
Dämmung Außenwände Haus gelb, grau und weiß	468.000 €	15 %

Hinzu kommen Planungskosten ca. 27 %. Hiervon werden 50% (max. 20.000 €) je Maßnahme gefördert.

Die Einstufung nach GEG- und BEG-Standards zeigt, der U-Wert für opake Bauteile sich leicht verbessert hat, jedoch noch weiter abgesenkt werden müsste, um einen förderfähigen Effizienzgebäudestandart zu erreichen.

BEG-Anforderungen	Gebäudewerte	EH 40	EH 55	EH 70	EH 100	GEG	EH 160
Primärenergiebedarf Q _p	92,2 kWh/m²	☐ < 61,4	☐ < 84,5	☑ < 107,5	☑ < 153,6	☑ < 215,0	☑ < 245,8
U _m opake Bauteile	GEG: 0,46 W/m²K BEG: 0,44 W/m²K	☐ < 0,18	☐ < 0,22	☐ < 0,26	☐ < 0,34	☑ < 0,56	
U _m transparente Bauteile	1,3 W/m²K	☐ < 1,0	☐ < 1,2	☑ < 1,4	☑ < 1,8	☑ < 2,7	
U _m Türen/Tore(BEG), Lichtkuppeln, etc.	GEG: 0,00 W/m²K BEG: 2,5 W/m²K	☐ < 1,6	☐ < 2,0	☐ < 2,4	☑ < 3,0	☑ < 4,3	

Abbildung 19 GEG und BEG-Anforderungen „Variante 2“

5 Energetisches Meldekonzent

Die TK Salzhausen verfügt über diverse technische Anlagen zur Versorgung der Liegenschaft. Dazu zählen die Heizzentrale mit Trinkwarmwasserbereitung sowie diverse Lüftungsanlagen. Die Heizzentrale wird mithilfe von Siemens PX Reglern automatisiert. Die Lüftungsanlagen des Herstellers Wolf werden mit integrierten Reglern („KLM“) geregelt.

Die Liegenschaft verfügt über eine Managementebene, welche unabhängig von der TK-Zentrale zur Einsicht in die technischen Anlagen fungiert. Die Managementebene ist über Kommunikationsprotokolle (BACnet-IP) mit den Siemens-Geräten angebunden. Zur Überwachung der Lüftungsanlagen werden durch die Siemens-Geräte lediglich Störmeldungen empfangen. Weitere Meldungen oder Betriebszustände sind nicht bekannt. Ebenso sind keine Zähler an die Automation angebunden.

Konzeptionell wird empfohlen die Managementebene auf alle technischen Anlagenteile zu erweitern und deren Informationstiefe zu steigern. Dies kann mithilfe von Kommunikationsprotokollen wie BACnet-IP gewährleistet werden. Sie können aus den Anlagen Informationen wie Temperaturen oder Volumenströme übertragen. Diese Informationen können dann auf der Managementebene grafisch angezeigt, und kritische Störmeldungen an das Facilitymanagement gesendet werden. Die Weiterleitung der Störmeldungen führt dabei zur erheblich früheren Erkennung und Beseitigung von Störungen. Der erhöhte Informationsgehalt hilft bei der Erfassung beispielsweise von unnötig hohen Anlagenleistungen sowie falsch eingestellten Reglern. Damit

können im Zuge des Energiemanagements gemäß ISO 50.0001 stetige Verbesserungen der Energieeffizienz erreicht werden.

Zur Ermöglichung dieser Kommunikation werden Datenkabel zwischen der Managementebene und den Lüftungsreglern benötigt. Ebenfalls müssen den Reglern Schnittstellenmodule hinzugefügt, und die Managementebene parametrieren werden.

Durch die fehlende Einbindung der Zähler wird für ein Energiemanagement ein regelmäßiges händisches ablesen der Zähler notwendig. Dies kann mithilfe von digitalen Zählern mit Busschnittstelle vom Facilitymanagement ausgelesen und idealerweise vollständig automatisiert werden.

Um dies zu erreichen, müssen die Zähler in Abhängigkeit der Fabrikate entweder getauscht oder mit Schnittstellenmodulen ausgestattet werden. Daraufhin können diese über das M-Bus-Protokoll und einem Schnittstellenmodul an das Management angebunden werden.

Bei Umsetzung des Konzeptes können final alle managementaufgaben im Bezug auf die technische Ausrüstung an einem zentralen Ort erledigt werden.

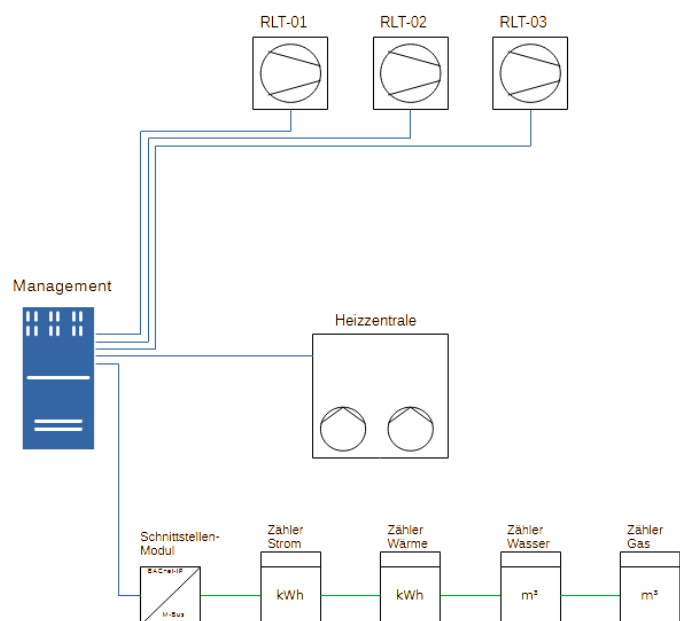








Abbildung 20 Schema Meldekonzept

6 Anhang

6.1 Bauteilübersicht

Kennung	Bauteil		
Dach			
	Dach 1991 Wohngebäude	U-Wert: 0,238	
	Gesamtdicke: 30 cm	W/(m² K)	
	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	d cm	λ W/(m K)
	1 Beton armiert mit 2% Stahl (DIN 12524)	14,00	2,500
	2 Polystyrol PS -Extruderschaum (WLG 040)	8,00	0,040
3 Polystyrol PS -Extruderschaum (WLG 040)	8,00	0,040	
	Dach 1968	U-Wert: 0,153	
	Gesamtdicke: 24 cm	W/(m² K)	
	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	d cm	λ W/(m K)
	1 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m³)	2,00	0,180
	2 Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 035 - > 20 kg/m³)	6,00	0,035
3 Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 035 - > 20 kg/m³)	16,00	0,035	
	Dach 2014	U-Wert: 0,136	
	Gesamtdicke: 49 cm	W/(m² K)	
	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	d cm	λ W/(m K)
	1 Beton armiert mit 2% Stahl (DIN 12524)	24,00	2,500

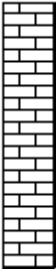
Kennung	Bauteil		
	2 Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 035 - > 20 kg/m³)	25,00	0,035
EnEV 2015	1958-1968 – Holzkonstruktion über Haupteingang	U-Wert:	1,400
		W/(m² K)	
	Dach vor Saal Lübeck	U-Wert:	0,190
	Gesamtdicke: 19,5 cm	W/(m² K)	
		d	λ
	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	cm	W/(m K)
	1 Konstruktionsholz (DIN 12524 - 700 kg/m³)	2,00	0,180
	2 Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 035 - > 20 kg/m³)	10,00	0,035
	3 Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 035 - > 20 kg/m³)	7,50	0,035
	Dach 1991 Erdgeschoss	U-Wert:	0,347
	Gesamtdicke: 30 cm	W/(m² K)	
		d	λ
	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	cm	W/(m K)
	1 Beton armiert mit 2% Stahl (DIN 12524)	18,00	2,500
	2 Schaumglas (DIN 13167 - WLG 045)	12,00	0,045
EnEV 2015	1984-1994 – Holzkonstruktion Verbindungsgänge zwischen Altbau und Anbau	U-Wert:	0,500
	1992	W/(m² K)	
	Dach 1991 Saal Berlin	U-Wert:	0,349
	Gesamtdicke: 26 cm	W/(m² K)	

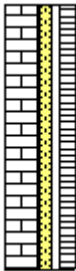
Kennung	Bauteil	d	λ
		cm	W/(m K)
	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen		
	1 Beton armiert mit 2% Stahl (DIN 12524)	14,00	2,500
	2 Schaumglas (DIN 13167 - WLG 045)	12,00	0,045

Obere Geschossdecke (zum unbeheizten Dach)

EnEV 2015	1958-1968 - Massive Decke Haus rot, blau und grün	U-Wert: 2,100
		W/(m² K)

Wand gegen Außenluft

	Außenwand 1968_365	U-Wert: 2,109	
	Gesamtdicke: 36,5 cm	W/(m² K)	
	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	d cm	λ W/(m K)
	1 Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker, NM/DM (2200kg/m³)	36,50	1,200

	Außenwand 1991_Wohngebäude	U-Wert: 0,391	
	Gesamtdicke: 49 cm	W/(m² K)	
	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	d cm	λ W/(m K)
	1 Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker, NM/DM (2200kg/m³)	24,00	1,200
	2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 040)	8,00	0,040
3 schwach belüftete Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke	5,50	0,611	

Kennung	Bauteil		
	4 Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker, NM/DM (2200kg/m³)	11,50	1,200
	Außenwand 1968_500	U-Wert:	1,705
	Gesamtdicke: 50 cm	W/(m² K)	
	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	d cm	λ W/(m K)
	1 Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker, NM/DM (2200kg/m³)	50,00	1,200
	Außenwand 2014	U-Wert:	0,224
	Gesamtdicke: 50,5 cm	W/(m² K)	
	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	d cm	λ W/(m K)
	1 Kalksandstein, NM/DM (1600 kg/m³)	24,00	0,790
	2 Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)	13,00	0,035
	3 ruhende Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke	2,00	0,114
	4 Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker, NM/DM (2200kg/m³)	11,50	1,200
	Außenwand 1991 ungedämmt	U-Wert:	2,109
	Gesamtdicke: 36,5 cm	W/(m² K)	
	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	d cm	λ W/(m K)
	1 Vollklinker, Hochlochklinker, Keramikklinker, NM/DM (2200kg/m³)	36,50	1,200
	Außenwand gegen Erdreich_2014	U-Wert:	0,269
	Gesamtdicke: 42 cm	W/(m² K)	
		d	λ


Kennung	Bauteil		
	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	cm	W/(m K)
	1 Beton armiert mit 2% Stahl (DIN 12524)	30,00	2,500
	2 Phenolharz PF -Hartschaum (WLG 035)	12,00	0,035

Wand gegen Keller/unbeheizten Raum

	GK Leichtbauwand	U-Wert:	1,563
	Gesamtdicke: 15 cm	W/(m² K)	
		d	λ
	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	cm	W/(m K)
	1 Gipskartonplatten (DIN 12524)	2,50	0,250
	2 ruhende Luftschicht (vertikal) bis 300mm Dicke	10,00	0,556
	3 Gipskartonplatten (DIN 12524)	2,50	0,250


Fenster (nach außen)

EnEV 2015	bis 1994 - Kunststofffenster - Isolierverglasung	U-Wert:	3,000
		W/(m² K)	
1.8.8	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	U-Wert:	1,300
		W/(m² K)	
1.4.6	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	U-Wert:	1,700
		W/(m² K)	



Tür (nach außen)


d	λ
cm	W/(m K)




Kennung	Bauteil		
	1 Stahl nach EN 12524	0,40	50,000
	2 Mineralische und pfl. Faserdämmstoffe DIN 18165 Teil 1 Wlf-Gr. 040	4,50	0,040
	3 Stahl nach EN 12524	0,40	50,000
EnEV 2015	Tür - im Wesentlichen aus Metall	U-Wert:	4,000
		W/(m² K)	

Boden gegen Keller/unbeheizten Raum

EnEV 2015	1984-1994 - Kellerdecke Stahlbeton massiv	U-Wert:	0,600
		W/(m² K)	
EnEV 2015	1958-1968 - Kellerdecke Stahlbeton massiv	U-Wert:	1,000
		W/(m² K)	

Boden gegen Erdreich

	BE_1991_Wohngebäude	U-Wert:	0,621
	Gesamtdicke: 28 cm	W/(m² K)	
		d	λ
	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	cm	W/(m K)
	1 Zement-Estrich	6,00	1,400
	2 Phenolharz PF -Hartschaum (WLG 045)	6,00	0,045
	3 Beton armiert mit 2% Stahl (DIN 12524)	16,00	2,500
EnEV 2015	1958-1968 - Boden gegen Erdreich, Stahlbeton massiv	U-Wert:	1,200

Kennung	Bauteil	W/(m² K)	
		W/(m² K)	
	BE_2014	U-Wert:	0,505
	Gesamtdicke: 30 cm	W/(m² K)	
	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	d cm	λ W/(m K)
	1 Beton armiert mit 2% Stahl (DIN 12524)	24,00	2,500
	2 Phenolharz PF -Hartschaum (WLG 035)	6,00	0,035
	BE_1991	U-Wert:	3,218
	Gesamtdicke: 28,5 cm	W/(m² K)	
	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	d cm	λ W/(m K)
	1 Zement-Estrich	8,50	1,400
	2 Beton armiert mit 2% Stahl (DIN 12524)	20,00	2,500
	BE_1991_Saal Berlin	U-Wert:	0,448
	Gesamtdicke: 24 cm	W/(m² K)	
	Bauteilaufbau: Schichtenfolge von innen nach außen	d cm	λ W/(m K)
	1 Beton armiert mit 2% Stahl (DIN 12524)	16,00	2,500
	2 Polystyrol PS -Extruderschaum (WLG 040)	8,00	0,040

6.2 Erläuterung von Fachbegriffen

Nutzenergie, Endenergie und Primärenergie

Die **Nutzenergie** ist der Energiebedarf, der direkt an den Übergabestellen der Gebäudenutzung bilanziert wird. Bezogen auf die Gebäudebeheizung ist es also die jährliche Wärmemenge, die von allen Heizkörpern an die Räume abgegeben wird, bezogen auf die Warmwasserbereitstellung ist es der Wärmeinhalt der jährlich gezapften Wassermengen an allen Auslaufstellen eines Gebäudes.

Der **Endenergiebedarf** ist der Energieinhalt aller jährlich zum Betrieb des Gebäudes aufgewendeten Energieträger (z. B. Erdgas, Strom, Fernwärme, etc.). Er beinhaltet die Nutzenergie sowie aller Anlagenverluste die zur Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung entstehen.

Der **Primärenergiebedarf** beinhaltet zusätzlich zum Endenergiebedarf alle prozesstechnischen Energieaufwendungen, die von der Erschließung der Energie- bzw. Rohstoffquelle bis zum Transport des nutzbaren Energieträgers zum Gebäude erforderlich sind.

Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)

Die Wärmeverluste eines beheizten Gebäudes über die äußere Hüllfläche (Transmissionswärmeverluste) werden aus der Summe der Wärmeverluste aller einzelnen Außenbauteile (Dach, Außenwände, Fenster, etc.) berechnet. Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) mit der Maßeinheit $W/(m^2K)$ ist ein Maß für den Wärmeverluststrom, der je m^2 Bauteilfläche bei einer vorgegebenen Temperaturdifferenz zwischen dem beheizten Gebäudeinneren und der äußeren Umgebung oder unbeheizten Raumbereichen auf der Bauteilaußenseite auftritt. Ein hoher U-Wert ist mit hohen Wärmeverlusten bzw. einem geringen Wärmeschutz der Gebäudehülle gleichzusetzen.

Bei Fensterbauteilen ist zwischen den verschiedenen U-Werten für die Verglasungs- und Rahmenbauteile zu unterscheiden (U_g und U_f). Der resultierende U-Wert für das gesamte Fenster wird mit U_w angegeben.

Wärmeleitfähigkeit

Die Wärmeleitfähigkeit gemessen in $W/(mK)$ gibt an, wie gut Wärme durch ein Material fließen kann. Je geringer die Wärmeleitfähigkeit eines Dämmstoffes ist, desto höher ist der erzielbare Wärmewiderstand bzw. die Dämmwirkung des Dämmstoffes.

Temperaturspreizung Heizkreis (VL/RL)

Die Temperaturspreizung eines Heizkreises ist die Differenz zwischen der Vorlauf-(VL) und der Rücklauftemperatur (RL). Der Vorlauf ist hierbei der Austritt des erhitzten Mediums (Heizwasser) aus den Wärmeerzeugern und die Temperatur, mit dem das Heizwasser an die Heizwärmeverbraucher geleitet wird (Heizkörper, Flächenheizungen, Luftheizregister, etc., durch z. B. Mischventile lässt sich die Vorlauftemperatur eines Heizkreises gegenüber dem Wärmeerzeugeraustritt noch reduzieren). Der Rücklauf ist der Austritt aus den jeweiligen Wärmeverbrauchern nach Abgabe der nutzbaren Heizwärme und die Temperatur, mit der das Heizmedium dem Wärmeerzeuger zur erneuten Energieaufnahme zurückgeführt wird. Die Wahl der Temperaturspreizung ist abhängig von der Art der Wärmeverbraucher und hat Auswirkungen auf die notwendigen Umwälzmengen in den Heizkreisläufen. Geringe Vor- und Rücklauftemperaturen verringern die Wärmeverluste des Leitungssystems und begünstigen bei den meisten Wärmeerzeugern eine energiesparende Wärmebereitstellung.

Amortisation

Die Amortisationsdauer beschreibt die Zeitspanne, in der die Deckung einer anfänglichen Investition durch nachfolgende Einzahlungen oder Einsparungen von laufenden Kosten erreicht wird. Bezogen auf die Amortisation von energetischen Maßnahmen an Gebäuden werden zur Deckung der Investition ausschließlich Einsparungen an Energiekosten betrachtet. Eine Ausnahme stellen Fördermittel in Form von Zuschüssen oder Kredittilgungen dar, die zur Verkürzung der Amortisationsdauer beitragen können.

6.3 Wärmeschutztechnische Einstufung des Bestandsgebäudes

In der Tabelle „U-Werte IST-Zustand“ sind alle erfassten Bauteilflächen des Bestandsgebäudes geordnet nach Bauteiltyp aufgelistet. Die Abkürzungen der Bauteiltypen stehen im Einzelnen für:

DA:	D achfläche gegen A ußenluft
OG:	o berste G eschossdecke gegen unbeheizten Dachraum
TA:	T ür gegen A ußenluft
HK:	H eizkörper-Nische (Außenwand mit geringerem Aufbau)
WA:	(Außen-)wände gegen A ußenluft
WA:	(Außen-)wände gegen A ußenluft
WE:	(Außen-)wände gegen E rdreich
WK:	W ände gegen unbeheizte (k alte) unbeheizte Bereiche (z. B. Kellerräume)
FA:	F enster gegen A ußenluft
BA:	B oden gegen A ußenluft
BE:	B oden gegen E rdreich
BK:	B oden gegen unbeheizte (k alte) unbeheizte Bereiche (z. B. Kellerräume)

Zu den Einzel-Bauteilen des Bestands-Gebäudes sind die erfassten Bauteilflächen und Bemessungs-U-Werte aufgelistet. Zum Vergleich sind ebenfalls die einzuhaltenden maximalen U-Werte gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG) und der technischen Anforderungen zur Einzelmaßnahmen-Förderung des BEG aufgeführt. Bei den maximalen U-Werten nach GEG handelt es sich um die einzuhaltenden gesetzlichen Mindestanforderungen, wenn Änderungen an den Bestands-Bauteilen vorgenommen werden (Ausnahmen für Sonderbauteile oder begrenzte Bauräume für Dämmschichten sind im Einzelfall zu betrachten).

Die maximalen U-Werte der KfW-Förderung gelten für die Beantragung der Einzelmaßnahmenförderung. Falls die Beantragung von KfW-Fördermitteln nicht beabsichtigt ist oder durch eine gesamtheitliche Sanierung des Gebäudes ein Effizienzgebäude-Standard der KfW erreicht werden kann, sind diese Anforderungswerte nicht bindend, können aber als Vergleichsmaßstab für die Wärmeschutzgüte der geplanten Sanierungsmaßnahmen dienen.

Bestands-Einzelbauteile deren U-Werte die Anforderungswerte der GEG um 100 % oder mehr überschreiten sind in der Tabelle mit einem Kreuz in der linken Spalte markiert. Sanierungsmaßnahmen an diesen Bauteilen führen potenziell zu einer deutlichen Verringerung des Gebäudewärmebedarfs und sind damit tendenziell wirtschaftlich.

Innenbauteile zwischen Gebäudezonen, die eine Temperaturdifferenz von mindestens 4 Kelvin aufweisen, sind trotz ihrer Berücksichtigung in der Energiebedarfsrechnung nicht enthalten, da für diese Bauteiltypen keine Anforderungswerte nach GEG gelten.

6.4 Allgemeine Hinweise zur energetischen Modernisierung

Der gemessene Energieverbrauch weicht in der Regel von diesen Berechnungsergebnissen ab, was insbesondere Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen hat. Bei geringerem Energieverbrauch werden in der Regel auch geringere Energieeinsparungen erzielt. Bei gleichbleibenden Investitionskosten bedeutet, dass längere Amortisationszeiten. Die Reihenfolge der Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen untereinander ändert sich dabei jedoch nicht. Die ermittelten prozentualen Energieeinsparungen können zudem in der Regel grob auf die tatsächlichen Verbräuche übertragen und skaliert werden.

Da sich die Nutzer und damit der Energieverbrauch während der Lebensdauer der Maßnahmen verändern können, sollten Investitionsentscheidungen nicht allein auf Grundlage des derzeitigen Energieverbrauchs getroffen werden. Das Nutzerverhalten der GEG geht von einer durchschnittlichen und gleichbleibenden Personenbelegung und somit durchschnittlichem Nutzerverhalten bei vollständiger Beheizung des Gebäudes gemäß der angerechneten mittleren Zonen-Temperaturen aus.

Vorteile

- Energiekosteneinsparung
- Verbesserter Schallschutz durch neue Fenster und Wärmedämmung
- Geringere Gefahr von Schimmelpilzbildung durch höhere Oberflächentemperaturen
- Steigerung des Komforts und höhere Behaglichkeit durch Vermeidung von Zugerscheinungen, höhere Oberflächentemperaturen, bessere Temperaturverteilung im Raum, Vermeidung von Fußkälte in den Büroräumen
- Wertsicherung des Gebäudes durch Umwandlung von Energiekosten in Investitionen

Nachteile

Nach einer Sanierung zeigt sich häufig, dass die Komfortanforderungen der Nutzer steigen, z. B. durch höhere Raumtemperaturen oder Beheizung zuvor gering beheizter Räume. Auch aus diesen Gründen werden prognostizierte Energieeinsparungen in der Praxis nicht immer erreicht.



6.5 Berechnungsgrundlagen

Diese Energieberatung basiert auf dem Energiebedarf des Gebäudes. Dazu wurden Wärme- und Energiemengen rechnerisch nach den Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes (GEG), ermittelt. Diese beinhalten ein für ganz Deutschland einheitliches Klima und Nutzerverhalten im Gebäude. Dadurch werden alle äußeren Einflüsse auf das Gebäude ausgeblendet und so die Vergleichbarkeit mit anderen Gebäuden und mit Förderprogrammen gewährleistet.

Übersicht der verwendeten Normen und Verordnungen

_ Gebäudeenergiegesetz GEG

DIN 277	Teil 1	- Grundflächen und Rauminhalte im Hochbau Teil 1 - Begriffe, Ermittlungsgrundlagen
DIN EN 832		- Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden
DIN 4108	Teil 2	- Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
DIN 4108	Teil 3	- Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise
DIN V 4108	Teil 4	- Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte
DIN V 4108 Bbl 2		- Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Wärmebrücken, Planungs- und Ausführungsbeispiele
DIN EN ISO 6946		- Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren
DIN EN ISO 10077-1		- Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Teil 1 : Vereinfachtes Verfahren
DIN EN 12524		- Baustoffe und -produkte - Eigenschaften Eigenschaften - Tabellierte Bemessungswerte Tabellierte Bemessungswerte
DIN EN ISO 13370		- Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden Wärmeübertragung über das Erdreich
DIN V 18599 Teil 1		- Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger
DIN V 18599 Teil 2		- Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen
DIN V 18599 Teil 3		- Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung
DIN V 18599 Teil 4		- Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung
DIN V 18599 Teil 5		- Endenergiebedarf von Heizsystemen
DIN V 18599 Teil 6		- Endenergiebedarf von Lüftungsanlagen, Luftheizungsanlagen und Kühlsystemen für den Wohnungsbau
DIN V 18599 Teil 7		- Endenergiebedarf von Raumluftechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau
DIN V 18599 Teil 8		- Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen
DIN V 18599 Teil 9		- End- und Primärenergiebedarf von stromproduzierenden Anlagen
DIN V 18599 Teil 10		- Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Variante 1: Ungedämmte Außenwände, Fenster, PV und Wärmepumpe...	5
Tabelle 2: Übersicht Variante 2: Alle Außenwände vor 2014, Fenster, PV und Wärmepumpe....	5
Tabelle 3: Gebäudedaten	10
Tabelle 4 Zonenübersicht	14
Tabelle 5: U-Werte IST-Zustand.....	15
Tabelle 6 Gegenüberstellung Energieverbrauch und -bedarf.....	22
Tabelle 7: GEG und BEG-Anforderungen.....	23
Tabelle 8: Brennstoffdaten*	24
Tabelle 9: U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile „Dämmung der Fassade“	28
Tabelle 10: U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile „Fenster, Türen und Tore“	29
Tabelle 11: Gesamteinsparungen „Variante 1“ bezogen auf Energiebedarf.....	31
Tabelle 12: Wirtschaftlichkeit „Variante 1“	32
Tabelle 13: Förderfähigkeit nach BEG Einzelmaßnahmen „Variante 1“	32
Tabelle 14: U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile „Dämmung der Fassade“	34
Tabelle 15: Gesamteinsparungen „Variante 2“ bezogen auf Energiebedarf.....	35
Tabelle 16: Wirtschaftlichkeit „Variante 2“	35
Tabelle 17: Förderfähigkeit nach BEG Einzelmaßnahmen „Variante 2“	35

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Erwartete Reduzierung des Primärenergiebedarfs.....	6
Abbildung 2: Erwartete Reduzierung des Endenergiebedarfs.....	6
Abbildung 3: Erwartete Reduzierung der Brennstoffkosten.....	7
Abbildung 4: Erwartete Reduzierung der CO ₂ -Emissionen	7
Abbildung 5 Luftbild Süd-West	8
Abbildung 6 Lage Bauabschnitte	9
Abbildung 7 Zonierungslegende	11
Abbildung 8 Zonierung UG	12
Abbildung 9 Zonierung EG	13
Abbildung 10 Zonierung OGs	13
Abbildung 11 Lüftungsgeräte der Bar	18
Abbildung 12: LED-Beleuchtung in einem Seminarraum	19
Abbildung 13: Gesamtenergiebilanz, Bestand	20
Abbildung 14: Aufteilung der Transmissionswärmeverluste im Bestand	20
Abbildung 15: Jahres-Energiebilanz, Bestand	21
Abbildung 16: Blower-Door Test (Quelle: https://blog.proclima.com/de/2012/07/blower-door-skateboard/)	25
Abbildung 17: Schematischer Aufbau einer Dämmung mit Vorhangfassade (Quelle: https://www.sanier.de/wp-content/uploads/images/hinterlueftete-fassade-grafik-us.jpg)	27
Abbildung 18 GEG und BEG-Anforderungen „Variante 1“	33
Abbildung 19 GEG und BEG-Anforderungen „Variante 2“	36
Abbildung 20 Schema Meldekonzept	37



KONTAKT

Max Ostrander

Averdung Ingenieure & Berater GmbH
Planckstraße 13
22765 Hamburg

Tel.: +49 40 771 85 01 -45
info@averdung.de
www.averdung.de