

Endbericht Gutachten Grundlagenermittlung: Serielles Modernisieren von Typen Schulbauten

Auftraggeber

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Umwelt, Klima, Energie
u. Agrarwirtschaft
Neuenfelder Str. 19
21109 Hamburg

Ersteller

FRANK Ecozwei GmbH
Fuhlsbüttler Str. 216
22307 Hamburg

Hamburg, 08.09.2021

Inhalt

1 Vorwort	4
2 Ausgangslage	4
2.1 Auswahl des Gebäudetyps	4
2.2 Gymnasium Ohlstedt, Sthamerstraße 55	5
2.3 Allgemeine Bestandsaufnahme	6
2.4 Bestandsaufnahme Bauteile	9
3 Technische IST-Analyse	10
3.1 Technische Objektbeschreibung	10
3.2 Thermische Gebäudehülle	10
4 Energetische Bewertung IST-Zustand	12
4.1 Energiebilanz	13
4.2 Bewertung des Gebäudes	16
4.3 Rebound-Effekt Energieverbrauch	16
4.4 Energiekostenentwicklung	17
4.5 Grundlagen	18
5 Architektonisches Potential	18
6 Serielle Modernisierung	18
6.1 Serielle Modernisierung	18
6.2 Chancen und Risiken „serielle Modernisierung“	18
6.3 Vorplanung	19
6.4 Statik	19
6.5 Bauablauf	19
7 Beschreibung Sanierungsmaßnahmen	22
7.1 Variante 1 – Effizienzhaus 55	22
7.2 Variante 2 – Effizienzhaus 40	25
7.3 Variante 3 - Umbau mit Schließung Innenhof - Effizienzhaus 55	27
7.4 Baustoffe	31
8 Energieeinsparung	33
8.1 Allgemein	33
8.2 Ermittlung der Energiekosteneinsparung	33
8.3 Heizkostenkosteneinsparung im Vergleichszeitraum von 20 Jahren	35
8.4 Stromkosteneinsparung	35
9 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	36
9.1 Allgemein	36
Gutachten Grundlagenermittlung: Serielles Modernisieren von Typen Schulbauten	

9.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	36
9.3 Energiekosteneinsparung	37
9.4 Instandhaltungsrücklage	37
9.5 Nutzungskosten	37
10 Förderungen	38
10.1 Bundesförderung für energieeffiziente Gebäude (BEG)	38
10.1.1 Kommunen – Kredit (264)	39
10.1.2 Kommunen – Zuschuss (464)	41
10.2 Förderübersicht der Varianten	42
11 Kostenschätzung	42
11.1 Kostenschätzung konventionelle Modernisierung	43
11.2 Kostenschätzung serielle Modernisierung	46
12 Zusammenfassung der Ergebnisse / Fazit	48

1 Vorwort

Die Behörde für Umwelt, Klima, Energie u. Agrarwirtschaft (nachfolgend BUKEA genannt) sieht in der seriellen Modernisierung von typisierten Schulbauten großes Potenzial, einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der angestrebten Klimaziele der Freien und Hansestadt Hamburg zu leisten.

Analog zu Schulbauten wird das Thema serielle Modernisierung von der Energiesprong Initiative, welche von der DENA in Deutschland unterstützt wird, weiter vorangetrieben. Diese konzentriert sich dabei im Wesentlichen auf Wohngebäude. Das größte Hemmnis bei Energiesprong stellen aktuell die noch vorhandenen Kostenunterschiede zur herkömmlichen Modernisierung auf den vergleichbaren Energiestandard dar. Dies kann aktuell auch die deutlich schnellere Modernisierungszeit nicht kompensieren.

Da Schulbauten aufgrund ihrer Architektur (A/V-Verhältnis, i.d.R. keine Balkone oder Loggien, einfachere Gebäude Geometrien etc.) bessere Ausgangsbedingungen aufweisen, soll untersucht werden, wie sich die Baukosten bei diesen Gebäudetypen im Verhältnis zu herkömmlichen Modernisierungen entwickeln und welche Auswirkungen dies auf die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung hat. Gleichzeitig sollen mögliche Hemmnisse bei den seriellen Modernisierungen identifiziert werden, um diese Erkenntnisse im weiteren Projektverlauf in der Planung zu berücksichtigen.

2 Ausgangslage

2.1 Auswahl des Gebäudetyps

Ein großer Teil der Hamburger Schulgebäude wurde als Kreuzbau oder Doppel-H-Gebäude errichtet. Das vorliegende Gutachten zum seriellen Sanieren untersucht den Gebäudetyp der Doppel-H-Gebäude. Die Auswahl des Gebäudetyps wurde in Absprache mit der Schulbau Hamburg getroffen. Doppel-H-Gebäude eignen sich aufgrund ihrer langen, geraden Flächen sehr gut für serielle Sanieren. Zudem sprach sich Schulbau Hamburg für die Betrachtung dieses Gebäudetyps aus, da dieser Schultyp ein hohes Sanierungspotenzial aufweist. Während im Hamburger Stadtgebiet bereits viele Schulen mit Kreuz-Gebäuden saniert wurden, bietet die Zahl der sanierungsbedürftigen Doppel-H-Gebäude bei einer seriellen Sanierung höhere Skaleneffekte. In einem nächsten Schritt sollte auch die serielle Sanierung des Typs Kreuzbau beleuchtet werden.

Als Referenzgebäude wurde das Gymnasium Ohlstedt von der Schulbau Hamburg vorgeschlagen. Dieses soll voraussichtlich 2024 saniert werden. Es besteht somit die Chance, dass die Planung, die im Zuge des Gutachtens entwickelt wird, zur Umsetzung kommt.

2.2 Gymnasium Ohlstedt, Sthamerstraße 55

Das Schulgebäude des Gymnasiums Ohlstedt liegt an der Sthamerstraße 55 in 22397 Hamburg-Ohlstedt. Es handelt sich um ein in Massivbauweise errichtetes Gebäude aus dem Jahr ca. 1972

Das Schulgebäude besteht aus dem Haupthaus, das als Doppel-H-Gebäude errichtet wurde und über drei Vollgeschosse verfügt. Das Gebäude schließt mit einem Flachdach ab. Ein Teil des Gebäudes ist voll unterkellert, während ein Teil nur über einen Kriechkeller verfügt. Im vollunterkellerten Bereich befindet sich der unbeheizte Heizungsraum.

Westlich des Hauptgebäudes liegt das Verwaltungsgebäude, in dem sich die Büros der Schulleitung sowie die Aula befinden. Nördlich des Verwaltungsgebäudes befinden sich ein weiteres Gebäude mit weiteren Klassenzimmern und den naturwissenschaftlichen Räumen sowie das Wohnhaus des Hausmeisters. Östlich des Hauptgebäudes befindet sich eine moderne 3-Feld Sporthalle, die über ein BHKW verfügt. Das folgende Luftbild zeigt das Schulgelände und gibt eine Übersicht über die Gebäude.



Abbildung 1: Das Schulgelände
Quelle: Google Maps

2.3 Allgemeine Bestandsaufnahme

Am 12.02.2021 fand eine Ortsbesichtigung mit dem Hausmeister

statt. Dabei

wurden die wesentlichen Bauteile des Objektes in Augenschein genommen. Die uns überlassenen Bestandsunterlagen (Pläne, Baubeschreibungen, etc.) wurden gesichtet und bei der Konzeptentwicklung berücksichtigt.

Das äußere Erscheinungsbild des Objektes macht einen gepflegten Eindruck. Neben Grundrissen des Unter- und Erdgeschosses geben die folgenden Bilder einen Überblick über den aktuellen Zustand des Gebäudes. Unter 2.4 folgt anschließend eine Bestandsaufnahme der einzelnen Bauteile sowie ein Überblick über ihren Zustand.



Abbildung 2: Fassadenansichten
Quelle: FRANK Ecozwei GmbH



Abbildung 3: Detailaufnahmen Fassade
Quelle: FRANK Ecozwei GmbH



Abbildung 4: Aufnahmen Heizungskeller
Quelle: FRANK Ecozwei GmbH

2.4 Bestandsaufnahme Bauteile

Bauart:

Das Gebäude ist in Massivbauweise und mit Stahlbetondecken erstellt worden.

Fassade:

Die Fassade besteht aus Waschbetonplatten mit einer Vorsatzschale und einer 5 cm Dämmung. Die Fassade weist augenscheinlich keine technischen Mängel auf.

Fenster:

Die Kunststofffenster wurden zwischen 2006 und 2009 vollständig erneuert. Es handelt sich um 2-fach verglaste Kunststofffenster.

Eingangstüren:

Die Außentüren sind als pulverbeschichtete Aluminiumtüren ausgestaltet. Die Eingangstüren sind in einem dem Alter entsprechenden Zustand.

Dach:

Bei dem Dach handelt es sich um einen Flachdachaufbau. Es wurde 2019 gemäß EnEV energetisch modernisiert und es wurde eine neue Abdichtung aufgebracht. Da keine Unterlagen zu der Dachsanierung vorliegen, ist davon auszugehen, dass diese nach den zu diesem Zeitpunkt geltenden gesetzlichen Bestimmungen durchgeführt wurde.

Keller:

Der Keller teilt sich auf in einen Vollkeller und Kriechkeller. Bei der Begehung konnte keine aufsteigende Feuchtigkeit an dem Kellermauerwerk festgestellt werden, die einer Behandlung bedarf bzw. wurde sie durch die Sperrschicht geblockt. Es wurden keine sichtbaren Spannungs- oder Setzungsrisse festgestellt. Vereinzelt sind kleine Stellen von Ausblühungen bzw. Abplatzungen sichtbar. Die Kellerdecken sind ungedämmt.

Heizungsanlage:

Die Beheizung erfolgt über eine Gasbrennwert-Heizung aus dem Jahr 2004. Sie verfügt über eine Leistung von 333 kW. Eine weitere Gas-Brennwerttherme steht als Redundanzheizung zur Verfügung. Die Heizungspumpen entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik. Eine ist sogar noch aus den 70er Jahren. Die Verteilleitungen im Keller sind einfach gedämmt. Das Heizungsleitungssystem verfügt über einen getrennten Vor- und Rücklauf der Wärmeversorgungsleitung. Der geringe Warmwasserbedarf in den Sanitärräumen wird über dezentrale Durchlauferhitzer gedeckt.

Zusammenfassung

Das Objekt befindet sich in einem gepflegten Zustand. Es besteht kein nennenswerter Instandhaltungsstau. Energetisch wurde die Dachfläche modernisiert einschließlich einer neuen Abdichtung. Im Bereich der Kellerdecke wurde Handlungsbedarf identifiziert, da hier noch keine Dämmung vorhanden ist. Darüber hinaus entspricht der Dämmungsaufbau der Fassade nicht mehr dem heutigen Stand der Technik.

Eine ausführliche Bestandsaufnahme ist Bestandteil einer umfassenden Untersuchung. Eine serielle Sanierung kann jedoch unabhängig von dem individuellen Objektzustand erfolgen.

3 Technische IST-Analyse

3.1 Technische Objektbeschreibung

Die nachfolgende Tabelle gibt alle wesentlichen Grundparameter wieder, die bei der Eingabe in das EDV-System erzeugt werden. Diese bilden die Grundlage für die weiteren Berechnungen.

Es lagen nicht für alle Bauteile aktuelle Beschreibungen der Bauteilaufbauten vor, daher wurde bei den Bauteilen, die vor Ort nicht geöffnet werden konnten, Annahmen in Anlehnung an den „Katalog regionaltypischer Materialien im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualtersklasse und Ableitung typischer Bauteilaufbauten“ getroffen. Außerdem flossen Annahmen aus den Publikationen „Energiegerechte Sanierung von Korrosionsschäden bei Stahlbetongebäuden“ von Prof. Dr. Erich Cziesielski und „Energiegerechte Bauschadensanierung“ von Bodo Weidlich und Alfred Kerschberger, 1992, ein.

Ort:	Hamburg
Bundesland:	Hamburg
Gebäudetyp:	Schulgebäude
Baujahr:	1972
Lage:	freie Lage
Nutzung:	Schulgebäude
Bauweise	schwere Bauart
Luftdichtheit	ohne Dichtheitsprüfung
Vollgeschosse	3
Wohneinheiten:	-
Personenzahl:	-

3.2 Thermische Gebäudehülle

Die thermische Gebäudehülle umfasst alle Räume, die direkt oder indirekt beheizt werden und sich gegen Außenluft, Erdreich und unbeheizte Zonen abgrenzt. Durch alle Bauteile dieser Räume findet ein Wärmeaustausch zur Außenluft, zu unbeheizten Räumen oder zum Erdreich statt. Diese sind daher für die Energiebilanz wichtig. In den nachfolgenden Abbildungen ist die thermische Gebäudehülle entsprechend abgebildet.

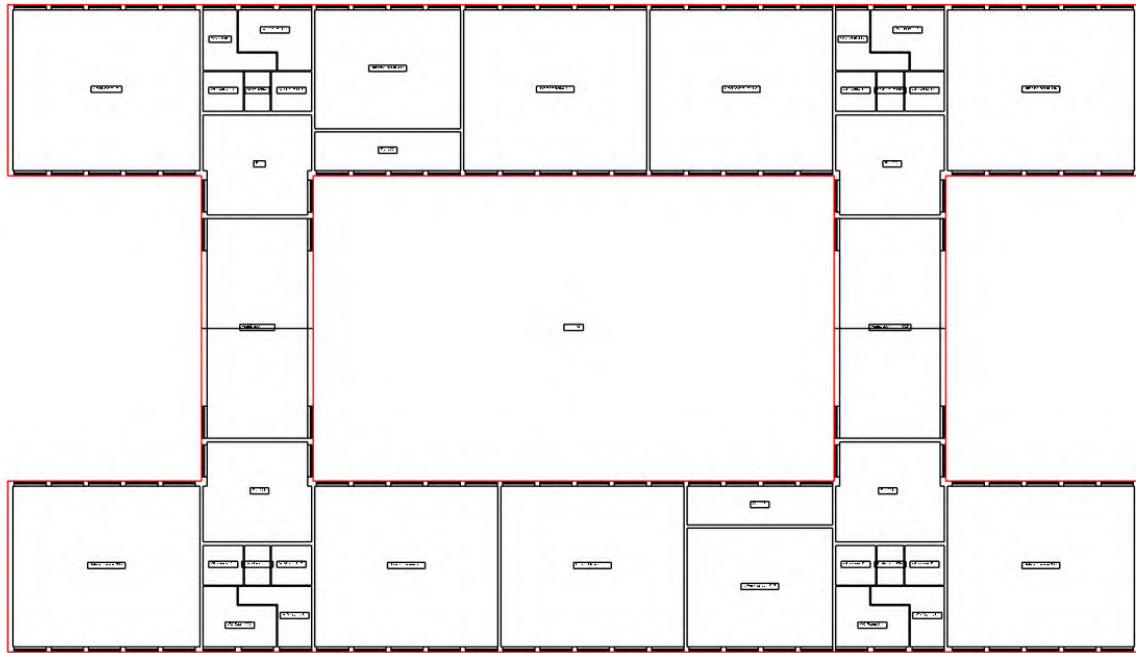


Abbildung 5: Grundriss EG - Thermische Hülle
Quelle: Durch FRANK in Hottgenroth erstellt

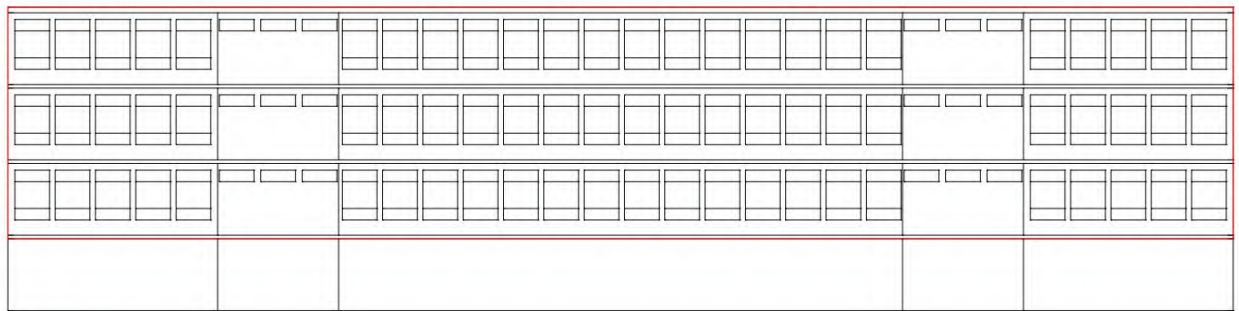


Abbildung 6: Ansicht - Thermische Hülle
Quelle: Durch FRANK in Hottgenroth erstellt

4 Energetische Bewertung IST-Zustand

Das dreigeschossige Schulgebäude wird über ein Treppenhaus mittels Zweispänner erschlossen. Der Keller erstreckt sich über die gesamte Gebäudegrundfläche. Ein Teil des Gebäudes ist vollunterkellert, während ein Teil als Kriechkeller ausgeführt wurde.

In der folgenden Tabelle befindet sich eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit ihren momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die die EnEV bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile sind energetisch schlechter als die Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

	Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert Ist in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
X	DA	Dachfläche	1.064,31	0,63	0,20	0,14
	TA	Eingangstüren (4 Stk.)	10,20	1,90	1,80	1,30
	TA	Türen zum Innenhof (2 Stk.)	6,32	1,90	1,80	1,30
X	WA	Außenwände	1.970,40	0,74	0,24	0,20
X	FA	Fenster	990,33	1,90	1,30	0,95
X	BK	Kellerdecke	1.064,31	1,00	0,30	0,25

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035$ W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m²K.

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

Für das Gebäude ergibt sich eine abgeschätzte Heizlast von 275 kW.

Beschreibung Anlagentechnik

- › Das Gebäude wird über eine Gas-Brennwerttherme beheizt. Eine weitere Gas-Brennwerttherme steht als Redundanzheizung zur Verfügung. Die Verteilungen im KG sind gedämmt. Die Heizungsumwälzpumpen sind nicht leistungsgeregelt. Die Vor- und Rücklauftemperaturen liegen bei 70/55°C.
Die Übergabe in den Klassenräumen erfolgt über Heizflächen, die im Außenwandbereich angeordnet sind. Die Klassenräume haben Rippenheizkörper.
- › Die Warmwasserbereitung erfolgt dezentral über Elektrodurchlauferhitzer in den Sanitärräumen.

Ort	22397 Hamburg		
Bundesland:	Hamburg		
Gebäudetyp:	Schulgebäude		
Baujahr	1972		
Lage:	geschützte Lage innerhalb einer Wohnsiedlung		
Nutzung:	Schulgebäude		
Bauweise	<i>schwere Bauart</i>		
Vollgeschosse	3		
Wohneinheiten:	-		
Personenzahl:	-		
Beheizbare Wohnfläche:	- m ²		
Beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	11.575,00	m ³
Gebäudehüllfläche:	$A =$	5.071,40	m ²
Kompaktheit	$A/V =$	0,44	m ⁻¹
Energiebezugsfläche:	$A_{EBF} =$	2.894,00	m ²
Mittlere Raumhöhe	$H =$	3,20	m
Luftvolumen:	$V_L =$	9.260,00	m ³
Luftwechsel:	$n =$	0,70	h ⁻¹

4.1 Energiebilanz

Für die energetische Gebäudebewertung stellt der vorhandene Energieverbrauch einen wichtigen Indikator dar. Verbraucht die Immobilie viel oder wenig Energie? Durch welche Maßnahmen lässt sich wie viel Energie einsparen?

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

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

Verluste	jährlich [kWh/a]	prozentig
Transmissionsverluste		
Dach	67.104	14,50
Außenwand	144.569	31,30
Fenster	186.885	40,50
Keller	63.426	13,70
Gesamt	461.984	100,00
Lüftungsverluste		
Gesamt	237.416	100,00
Anlagenverluste		
Heizung	167.302	97,00
Warmwasser	-	
Hilfsenergie	5.178	3,00
Gesamt	172.480	100,00

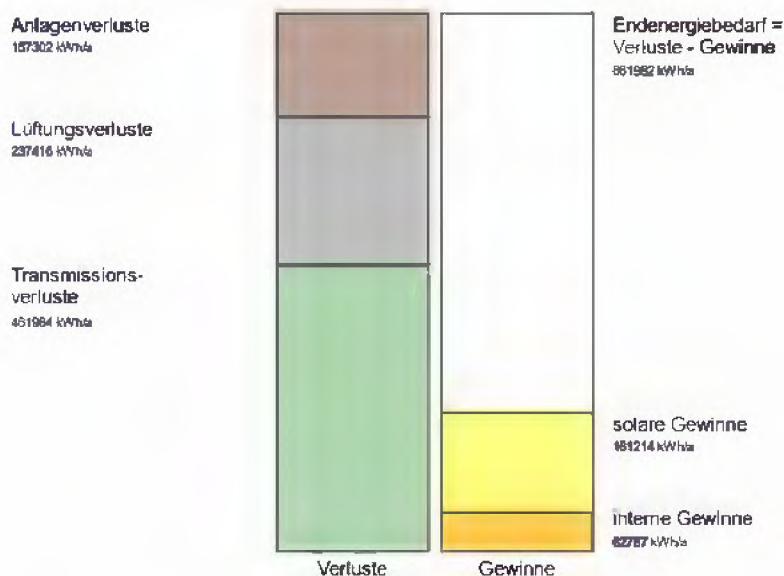


Abbildung 7: Energiebilanz Wärmeverluste und Wärmegewinne
Quelle: Durch FRANK in Hottgenroth erstellt

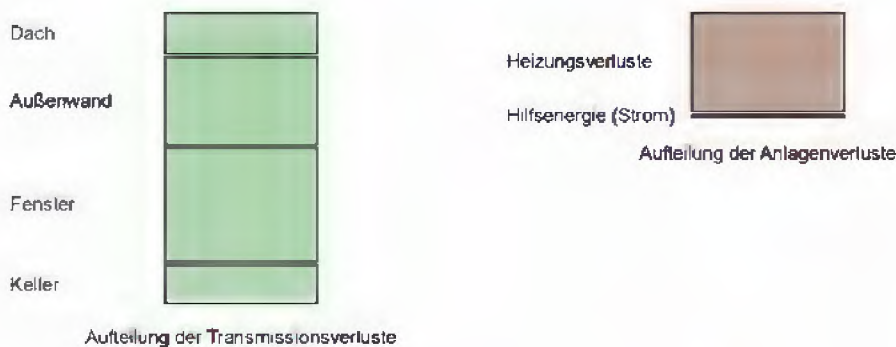


Abbildung 8: Energiebilanz Aufteilung der Transmissions- und Anlagenverluste
Quelle: Durch FRANK in Hottgenroth erstellt

Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich Energie verloren geht bzw. wo die größten Einsparpotenziale im Gebäude liegen. Bei der Energiebilanz werden die Wärmeverluste und Wärmegewinne der Gebäudehülle sowie die Verluste der Anlagen zur Raumheizung, Trinkwarmwasserbereitung und Lüftungstechnik berücksichtigt. Aus der Bilanz ergeben sich dann der Endenergiebedarf Q_E (notwendige Energiemenge, die für die Beheizung, Lüftung und Warmwasserbereitung zu erwarten ist) und der Primärenergiebedarf Q_P Ihres Gebäudes (zusätzliche Einbeziehung der Energiemenge der vorgelagerten Prozesskette außerhalb des Gebäudes [Gewinnung, Umwandlung, Verteilung]).

Der Haushaltsstrom wird in dieser Bilanz nicht betrachtet.

Energiebilanz des Gebäudes	jährlich [kWh/a]	prozentual [%]
Verluste		
Transmissionsverluste	461.984	53,00
Lüftungsverluste	237.416	27,00
Anlagenverluste	167.302	19,00
Gesamt	866.702	100,00
Gewinne		
Solare Wärmegewinne	161.214	72,00
Interne Wärmegewinne	62.787	28,00
Gesamt	224.001	100,00
Endenergiebedarf Q_E		
Endenergiebedarf $Q_{WE,E}$ (Wärmeerzeugung)	640.634	97,00
Endenergiebedarf $Q_{HE,E}$ (Hilfsenergie)	21.348	3,00
Gesamt	661.982	100,00
Primärenergiebedarf Q_P	673.290	100,00

CO₂-Emissionen

Die CO₂-Emissionen betragen im Bestand 154.338 kg/a.

Grundlage für die CO₂-Emissionsberechnung bilden die CO₂-Emissionsfaktoren gemäß Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle¹.

Energieträger	CO ₂ -Emissionsfaktoren (tCO ₂ /MWh)
Heizöl (leicht)	0,266
Heizöl (schwer)	0,288
Flüssiggas	0,239
Erdgas	0,201
Steinkohle	0,335
Braunkohle	0,383
Rohbenzin	0,264
Diesel	0,266
Biomasse Holz	0,027
Pellets	0,036
Biodiesel	0,070
Biogas	0,152

¹ Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2020): Modul 4 – Energiebezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen, S. 9

4.2 Bewertung des Gebäudes

Das Gebäude befindet sich in einem gepflegten Zustand. Teile wie die Fenster- und die Dachflächen wurden bereits entsprechend der heutigen Mindestanforderungen energetisch modernisiert. In der energetischen Klassenbewertung auf Basis des Endenergiebedarfs wird es in die Kategorie G eingeordnet (Klassen A-H) und ist damit knapp schlechter als die Wärmeschutzverordnung von 1982.

Die höchsten Energieverluste verursachen die Transmissionsverluste. Bei den Bauteilen geht am meisten Energie über die Fenster verloren, knapp gefolgt von den Außenwänden.

Die nachfolgende Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 233 kWh/m²a. Der Primärenergiebedarf bildet die Energieeffizienz eines Gebäudes inkl. Erzeugung und Vorkette der Energie ab. Für die Einordnung der Energieeffizienz des Gebäudes ist der Primärenergiebedarf jedoch nicht geeignet. Zur genaueren energetischen Bewertung des Gebäudes ohne Vorkette gibt der Endenergiebedarf Aufschluss, da er den tatsächlich rechnerischen Verbrauch widerspiegelt. Der Primärenergiefaktor drückt das Verhältnis von eingesetzter Primärenergie zu gegebener Endenergie aus. Den Endenergiebedarf gilt es durch mögliche Maßnahmen zu senken und damit auch die Heizkosten zu reduzieren.

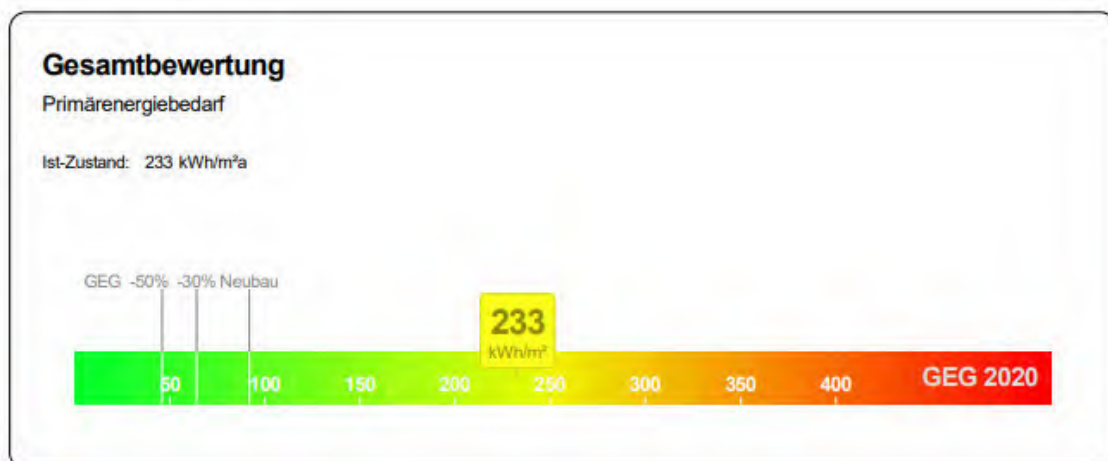


Abbildung 9: Bewertung des Gebäudes
Quelle: Durch FRANK in Hottgenroth erstellt

4.3 Rebound-Effekt Energieverbrauch

Nach einer Modernisierung steigt oft der Komfortanspruch der Nutzer, d.h. es werden höhere Raumtemperaturen eingestellt; zuvor niedrig beheizte Räume werden beheizt oder zum Temperieren wird auch mal das Fenster geöffnet, da sich damit die Frischluftzufuhr kombinieren lässt. Dieser Effekt wird auch als Rebound-Effekt bezeichnet. Daher können die tatsächlichen Energieeinsparungen von den errechneten abweichen.

Aus diesen Gründen sowie dem Nutzerverhalten wird in der weiteren Betrachtung ein Abschlag von 30 % auf die rechnerische Energieeinsparung der einzelnen Varianten vorgenommen. Nur dieser Teil steht dann dem Nutzer als Einsparung der Investition bzw. Mieterhöhung gegenüber.

4.4 Energiekostenentwicklung

In den Wirtschaftlichkeitsberechnungen werden keine Energiekostenentwicklungen betrachtet, da diese vielen nicht beeinflussbaren Faktoren unterliegen, sodass eine seriöse Vorhersage nicht möglich ist.

Es wird aber darauf hingewiesen, dass durch die Gesetzgebung einige Änderungen beschlossen wurden, die sich auf den Energiepreis auswirken werden.

So werden die Energieträger nach ihrem CO₂-Gehalt besteuert. Dies wird bei fossilen Energieträgern zu einer Verteuerung der Heizkosten führen. Durch die Klimaziele bis 2050 wird dieser Anteil weiter steigen, sodass dies zumindest in Investitionsentscheidungen mitberücksichtigt werden sollte.

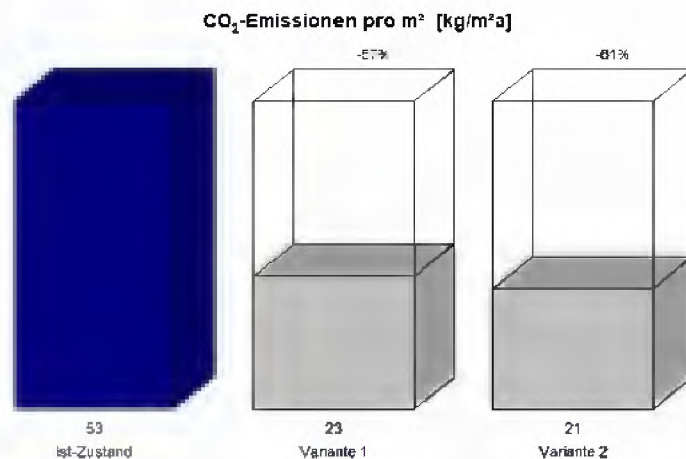


Abbildung 10 : CO₂-Emissionen der einzelnen Varianten

Quelle: Durch FRANK in Hottgenroth erstellt

In der nachstehenden Tabelle ist aufgezeigt, welche Auswirkungen die Entwicklung des CO₂-Preises auf die unterschiedlichen Varianten hat. Dabei sind die ersten beiden Stufen bereits durch die Bundesregierung festgeschrieben. Das Umweltbundesamt geht in einer im November 2018 veröffentlichten Kostenschätzung von Umweltschäden von gut 180 € pro Tonne durch CO₂ aus.² Vor diesem Hintergrund und den immer stärkeren Anstrengungen, die Pariser Klimaziele zu erreichen, wird mit großer Wahrscheinlichkeit auch die CO₂ Bepreisung über 2025 hinaus ansteigen. Da zukünftige Investitionen für die nächsten Jahrzehnte getätigt werden, sollten diese Betrachtungen dennoch nicht außer Acht gelassen werden, da sie Auswirkungen auf die Betriebskosten eines Gebäudes haben.

Bezeichnung	CO ₂ -Preis je Tonne	Ist-Zustand	BEG 55	BEG 40
CO ₂ -Emission		53 kg/m ² a	23 kg/m ² a	21 kg/m ² a
CO ₂ -Preis	25 €/t	1,33 €	0,58 €	0,53 €
	50 €/t	2,65 €	1,15 €	1,05 €
	75 €/t	3,98 €	1,73 €	1,58 €
	100 €/t	5,30 €	2,30 €	2,10 €
	125 €/t	6,63 €	2,88 €	2,63 €

² Umweltbundesamt (2018): Hohe Kosten durch unterlassenen Umweltschutz. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/hohe-kosten-durch-unterlassenen-umweltschutz> (Letzter Aufruf: 01.07.2021)

4.5 Grundlagen

Der tatsächliche Endenergieverbrauch eines Gebäudes ist sehr stark vom Nutzerverhalten abhängig. So haben die Nutzungsdauer, das Lüftungsverhalten, die Raumtemperaturen und die Anzahl bzw. Größe der beheizten Räume einen wesentlichen Einfluss.

Für die Berechnung dieses Berichts wurde das EnEV-Standard-Nutzungsverhalten zugrunde gelegt:

mittlere Innentemperatur:	19,0 °C,
Luftwechselrate:	0,70 h ⁻¹ ,
interne Wärmegewinne:	62.787 kWh pro Jahr

5 Architektonisches Potential

Bei der energetischen Konzeption können architektonisch zwei Wege beschrrieben werden, die auch miteinander zu kombinieren sind:

1. Dämmen des bestehenden Gebäudekörpers
2. Architektonische Anpassung und Optimierung des bestehenden Gebäudekörpers

Der bestehende Gebäudekörper in Form eines doppelten H bietet hier die Möglichkeit, den Freiraum zwischen den Querverbindungen durch eine Überdachung zu verschließen. Dadurch wird ein weiterer Nutzungsraum geschaffen und energetisch verbessert sich das Verhältnis von energieabgebender Gebäudehülle zum beheizten Gebäudevolumen. Die Folge dieser Planung ist eine höhere Energieeffizienz des Gebäudes. In der weiteren Betrachtung wurden beide Varianten untersucht.

Durch die in Längsachse angeordnete Nord-Süd Ausrichtung besteht ebenfalls die Möglichkeit, die Dachflächen für eine Ost-West Ausrichtung von Photovoltaikanlagen optimal zu nutzen. Hier ist im Wesentlichen das Nutzungsprofil des Gebäudes entscheidend. Photovoltaikanlagen mit einer Ost-West Ausrichtung haben keinen so hohen Stromertrag wie Anlagen mit einer Südausrichtung. Was aber für solche Anlagen spricht, ist, dass sie einen kontinuierlicheren Ertrag besitzen und somit mehr Eigenstrom verwendet werden kann. Vor diesem Hintergrund ist gerade das Lastprofil des Gebäudes von besonderer Relevanz.

6 Serielle Modernisierung

Die klassische Art ein Objekt zu modernisieren liegt in der individuellen Überarbeitung der einzelnen Bauteile auf der Baustelle vor Ort. In dieser Ausarbeitung wird jedoch untersucht, wie sich die Planung, die Koordinierung, der Arbeitsablauf und vor allem die Kosten bei einer seriellen Modernisierung auswirken.

6.1 Serielle Modernisierung

Unter „serieller Modernisierung“ wird die in vielen Teilen vorgefertigte Erstellung einzelner Bauteile außerhalb der Baustelle verstanden. So werden ganze Wand- oder Dachelemente in Produktionsstätten maßgenau vorgefertigt, um dann auf der Baustelle zusammengesetzt zu werden.

6.2 Chancen und Risiken „serielle Modernisierung“

Diese Herangehensweise ist in der architektonischen Gestaltung in der Regel limitierter als die individuelle Herstellung von Bauteilen vor Ort, da die Auswahl von Materialien eingeschränkt ist. Aus diesen Gründen ist auch diese Arbeitsweise nicht für jedes Gebäude geeignet. Auch gibt es zur

herkömmlichen Fertigung einen gravierenden Unterschied. Aktuell ist eine serielle Modernisierung in vielen Gewerken teurer als eine herkömmliche Modernisierung.

Eine entscheidende Rolle spielen hierbei kompensierenden Maßnahmen und deren wirtschaftliche Auswirkungen auf das Gesamtkonzept. Mit kompensierenden Maßnahmen sind diejenigen Maßnahmen gemeint, die zu einer Kostenreduktion im Vergleich zu einer konventionellen Ausführung führen. Eine solch kompensierende Maßnahme ist z.B. die Reduzierung der Gerüststandzeit bzw. die Reduzierung der Baustellengemeinkosten durch die Verringerung der Bauzeit.

Risiken:

- › Höhere Baukosten in den 300er u. 400er Kostengruppen gemäß DIN 276 Kosten im Hochbau
- › Eingeschränkt architektonische Gestaltungsmöglichkeit gegenüber der konventionellen Bauausführung

Chancen:

- › Deutlich schnellere Umsetzung der Maßnahme auf der Baustelle
- › Entgegenwirken des Fachkräftemangels durch höhere Produktivität
- › Höhere Genauigkeit und Qualitätsniveau der ausgeführten Leistungen
- › Kostensicherheit durch sehr genaue Vorplanung und Kollisionsprüfung der Planung

6.3 Vorplanung

Dieser Arbeitsweise des seriellen Modernisierens geht ein komplettes Umdenken aller Beteiligten voraus. Die Vorplanung ist deutlich aufwendiger als bei konventioneller Modernisierung. So muss ein digitales Aufmaß mittels eines Punkt-Wolke-Laserscans durchgeführt werden. Dadurch erhält man den digitalen Zwilling des Objekts, um somit die Produktionsplanung der vorzufertigenden Elemente auf Millimeterbasis vornehmen zu können.

6.4 Statik

Die vorliegende Typenstatik zu diesem Gebäudetyp lässt erkennen, dass die Lasten der seriell erstellten Elemente eine Lastabtragung nicht über die Stützen zulässt. Von daher ist hier eine Lastabtragung über die Elemente in die neu zu schaffenden Streifenfundamente sicherzustellen. Für eine genauere Einschätzung ist hier eine statische Stellungnahme und Berechnung zu erstellen.

6.5 Bauablauf

Bei dem Objekt handelt es sich um ein Schulgebäude, welches einer bestimmten Nutzercharakteristik unterliegt. Der Nutzungsbetrieb findet nach Aussage des Hausmeisters während der Schulzeit im Wesentlichen in dem Zeitraum von 7 bis 17 Uhr statt. Die Umsetzung wurde deshalb in vier Schritten geplant und ist angelehnt an die Ferienzeiten der Hansestadt Hamburg. Exemplarisch wurde hier das Jahr 2023 gewählt. Daraus ergeben sich für die Umsetzung folgende Zeitfenster für Arbeiten innerhalb des Gebäudes:

1. Skiferien	04.03.2023 bis 18.03.2023 mit insgesamt	12 Arbeitstagen
2. Osterferien	13.05.2023 bis 20.05.2023 mit insgesamt	6 Arbeitstagen
3. Sommerferien	13.07.2023 bis 23.08.2023 mit insgesamt	36 Arbeitstagen
4. Herbstferien	14.10.2023 bis 28.10.2023 mit insgesamt	13 Arbeitstagen
5. Gesamtanzahl		67 Arbeitstage

Eine Umsetzung in diesen Zeitfenstern wäre mittels einer konventionellen Modernisierung nicht möglich. Hier kann die serielle Vorfertigung mit der zeitlichen Umsetzungsgeschwindigkeit eine der größten Stärken ausspielen. Durch einen solch gestrafften Zeitplan können Kosten für Ausweichcontainer oder die allgemeinen Baustellengemeinkosten deutlich gesenkt werden.



Abbildung 11: Projektplan Entwurf serielle Modernisierung eines Doppel-H-Gebäudes
Quelle: Frank Ecozwei GmbH

7 Beschreibung Sanierungsmaßnahmen

Im Folgenden werden Maßnahmen zur Sanierung vorgeschlagen, welche sinnvoll miteinander zu Gesamtpaketen kombiniert werden

Übersicht der einzelnen Varianten:

KG	Bauteil	Effizienzhaus 55	Effizienzhaus 50	Effizienzhaus 40 (KfW 110)
300	Bauwerk - Baukonstruktion			
	Kellerdeckendämmung	ja 12 cm / WLG 023	ja 16 cm / WLG 023	ja 10 cm / WLG 023
	Bodenplatte Innenhof einschl. Dämmung	nein	nein	ja 12 cm / WLG 023
	Kellerwanddämmung Treppenhaus	nein	nein	nein
	Wärmedämmung Fassade	ja 14 cm / WLG 035	ja 18 cm / WLG 035	ja 10 cm / WLG 035
	Austausch aller Fenster	ja 100%	ja 100%	ja 100%
	Dämmung oberste Geschossdecke	nein	nein	nein
	Dämmung der Dachflächen	ja 16 cm / WLG 023	ja 16 cm / WLG 023	ja 10 cm / WLG 023
	Glasdach im Innenhof	nein	nein	nein
400	Bauwerk - Technische Anlagen			
	Hydraulischer Abgleich	ja	ja	ja
	Dämmung der Heizleitungen im Keller	ja	ja	ja
	PV-Anlage	ja	ja	ja
	Luftsolewärmepumpe	ja	ja	ja
	Blockheizkraftwerk (BHKW)	ja	ja	ja
	Luftdichtheitsmessung	ja	ja	ja
	Wärmebrückenkoeffizient	0,10	0,05	0,05

7.1 Variante 1 – Effizienzhaus 55

In dieser Variante wird die Modernisierung der Gebäudehülle und der Austausch der Heiztechnik betrachtet. Hierzu zählen die Dämmung der Außenwände, der Dachflächen, der Kellerdecke sowie der Austausch der Fenster. Darüber hinaus wird die Gas-Brennwerttherme gegen ein BHKW ausgetauscht. Die Maßnahmen zielen darauf ab, die Anforderungen der KfW des Effizienzhauses 55 zu erfüllen.

Maßnahmen:

Außenwände:

- › Dämmung 14 cm Mineralischer und pflanzlicher Faserdämmstoff, WLG 035
- › Moderne Eingangstür, Ud-Wert 1,3

Dach/oberste Decke:

- › Dämmung 16 cm PUR Hartschaum, WLG 023

Keller:

- › Dämmung 12 cm PUR Hartschaum WLS 023

Fenster:

- › Austausch durch 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung, Uw-Wert 0,90

Heiztechnik:

- › Austausch der Gas-Brennwertheizung gegen ein Blockheizkraftwerk BHKW in Verbindung mit einer Abluftsolenwärmepumpe
- › Austausch der Heizungspumpen
- › Dämmung der Leitungen

Photovoltaik:

- › Installation einer Photovoltaik-Anlage

Bauteil	IST-Zustand U-Wert (W/m ² K)	U-Wert nach Maßnahme (W/m ² K)
Außenwand	0,74	0,19
Moderne Eingangstür	1,90	1,30
Dach/oberste Geschossdecke	0,63	0,12
Keller	1,00	0,16
Fenster	1,90	0,90

Für das Gebäude ergibt sich eine abgeschätzte Heizlast von 125 kW.

Mit diesem Wert werden die Anforderungen der KfW (Effizienzhaus 55) eingehalten.

In dieser Variante reduziert sich der Endenergiebedarf des Gebäudes um 59 %.

	IST	nach Maßnahme
Endenergiebedarf Q_E in kWh/m ² a	229	94
Primärenergiebedarf Q_P in kWh/m ² a	233	42
CO ₂ -Emissionen kg/m ²	53	23

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

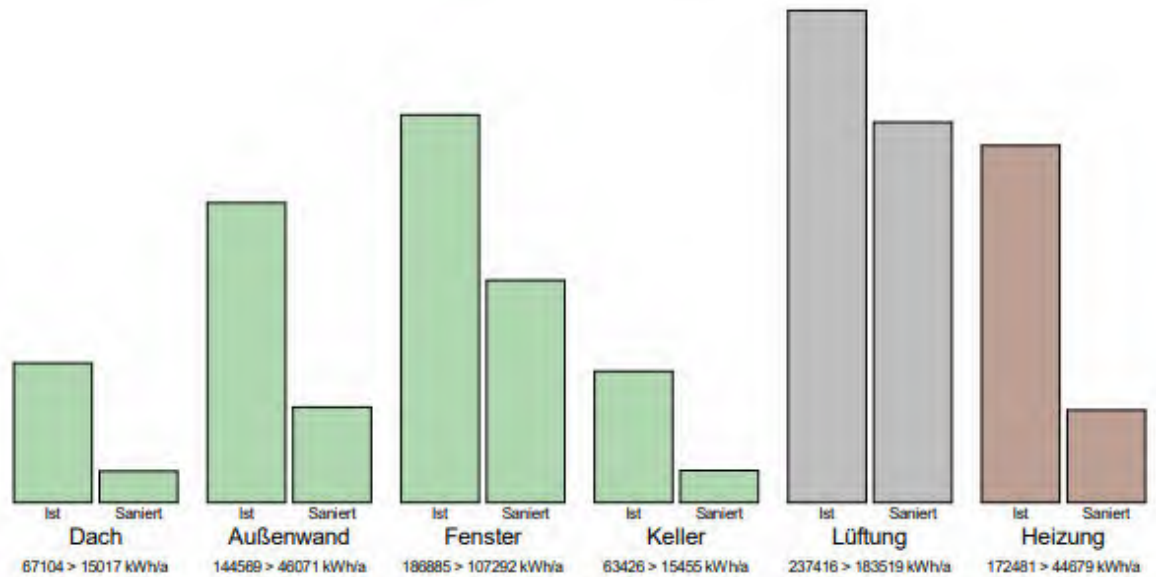


Abb. 12: Einfluss der Maßnahmen auf die Wärmeverluste
Quelle: Durch FRANK in Hottgenroth erstellt

Der derzeitige Endenergiebedarf von 661.982 kWh/Jahr reduziert sich auf 271.488 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 390.494 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 87.761 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen. Zum Vergleich, ein PKW emittiert bei einer jährlichen KM-Leistung von 15.000 KM ungefähr 3.281 kg CO₂. Die Einsparung entspräche somit dem CO₂-Ausstoß von ca. 27 PKW.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 42 kWh/m² pro Jahr, was einer Einsparung von 82 % entspricht. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

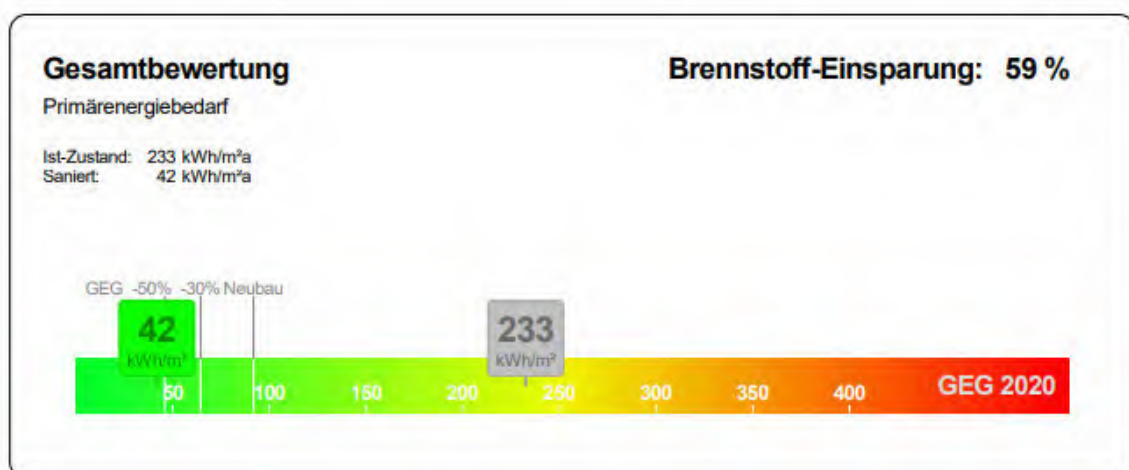


Abb. 12: Gesamtbewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand
Quelle: Durch FRANK in Hottgenroth erstellt

7.2 Variante 2 – Effizienzhaus 40

In dieser Variante wird die Modernisierung der Gebäudehülle und der Austausch der Heiztechnik betrachtet. Hierzu zählt die Dämmung der Außenwände, der Dachflächen, der Kellerdecke sowie der Austausch der Fenster. Darüber hinaus wird die Gas-Brennwerttherme gegen ein BHKW ausgetauscht. Die Maßnahmen zielen darauf ab, die Anforderungen der KfW des Effizienzhauses 40 zu erfüllen.

Maßnahmen:

Außenwände:

- › Dämmung 18 cm Mineralischer und pflanzlicher Faserdämmstoff, WLG 035
- › Moderne Eingangstür, Ud-Wert 1,3

Dach/oberste Decke:

- › Dämmung 16 cm PUR Hartschaum, WLG 023

Keller:

- › Dämmung 16 cm PUR Hartschaum WLS 023

Fenster:

- › Austausch durch 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung, Uw-Wert 0,90

Heiztechnik:

- › Austausch der Gas-Brennwertheizung gegen ein Blockheizkraftwerk BHKW in Verbindung mit einer Abluftsolenwärmepumpe
- › Austausch der Heizungspumpen
- › Dämmung der Leitungen

Photovoltaik:

- › Installation einer Photovoltaik-Anlage

Bauteil	IST-Zustand U-Wert (W/m ² K)	U-Wert nach Maßnahme (W/m ² K)
Außenwand	0,74	0,15
Moderne Eingangstür	1,90	1,30
Dach/oberste Geschossdecke	0,63	0,12
Keller	1,00	0,13
Fenster	1,90	0,90

Für das Gebäude ergibt sich eine abgeschätzte Heizlast von 111 kW

Mit diesem Wert werden die Anforderung der KfW (Effizienzhaus 40) eingehalten.

In dieser Variante reduziert sich der Endenergiebedarf des Gebäudes um 63 %.

	IST	Nach Maßnahme
Endenergiebedarf Q_E in kWh/m ² a	229	84
Primärenergiebedarf Q_P in kWh/m ² a	233	37
CO ₂ -Emissionen kg/m ²	53	21

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

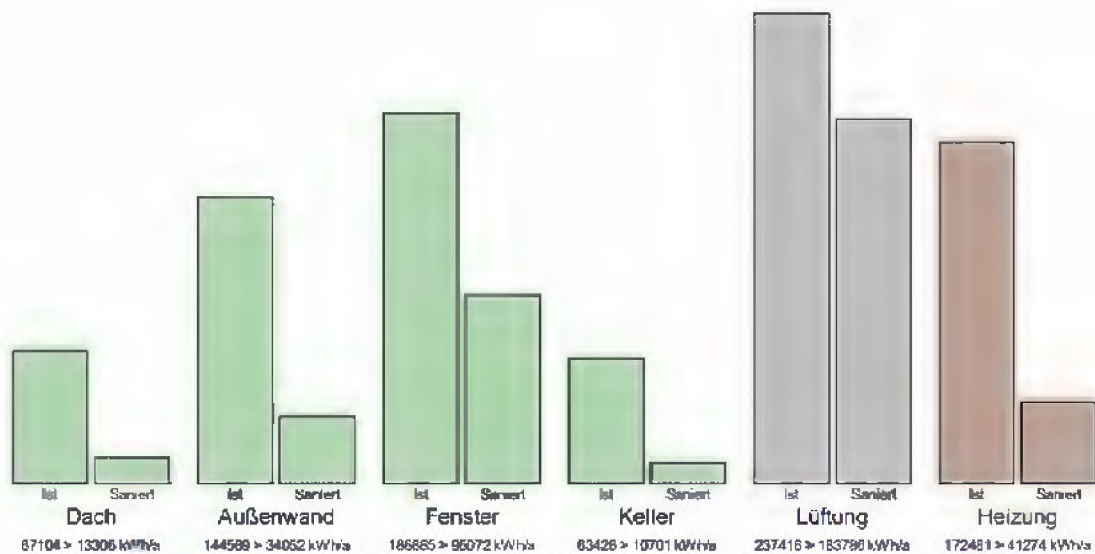


Abbildung 13: Einfluss der Maßnahmen auf die Wärmeverluste
Quelle: Durch FRANK in Hottenroth erstellt

Der derzeitige Endenergiebedarf von 661.982 kWh/Jahr reduziert sich auf 243.634 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 418.348 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 93.885 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen. Zum Vergleich, ein PKW emittiert bei einer jährlichen KM-Leistung von 15.000 KM ungefähr 3.281 kg CO₂. Die Einsparung entspräche somit dem CO₂-Ausstoß von ca. 29 PKW.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 37 kWh/m² pro Jahr, was einer Einsparung von 84 % entspricht. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand

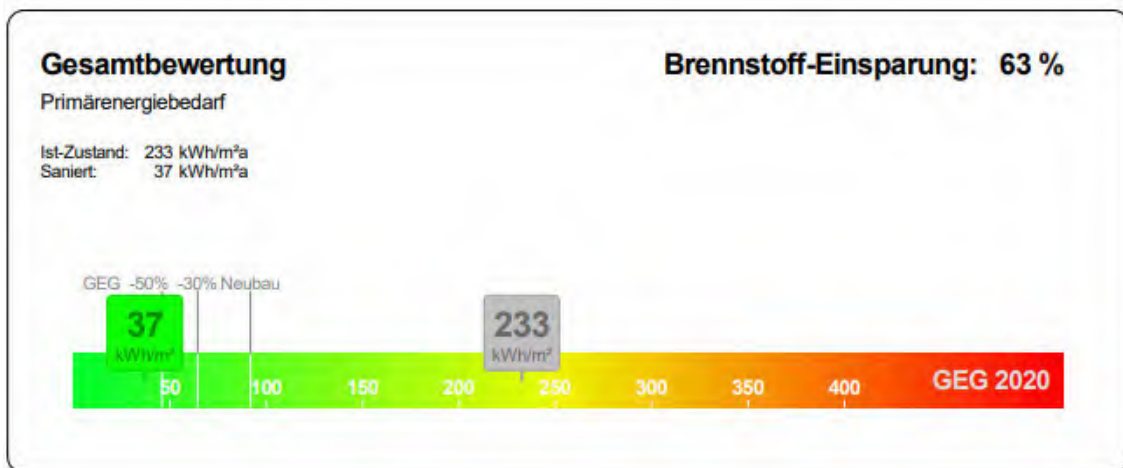


Abbildung 14: Gesamtbewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand
Quelle: Durch FRANK in Hottgenroth erstellt

7.3 Variante 3 - Umbau mit Schließung Innenhof - Effizienzhaus 55

In dieser Variante wird der Innenhof geschlossen und der thermischen Gebäudehülle zugeordnet. Die Grundüberlegung besteht darin, den Innenraum nutzbar zu machen und sich den hohen Aufwand der Außendämmung im Innenhofbereich zu sparen.

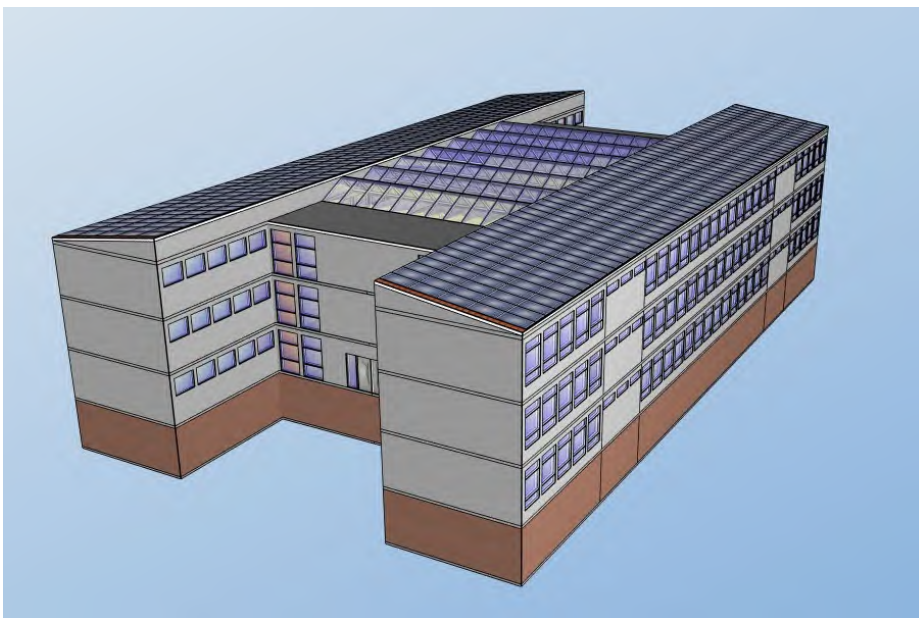


Abbildung 15: Ansicht 1 – Doppel-H-Gebäude nach Umbau
Quelle: Durch FRANK in Hottgenroth erstellt

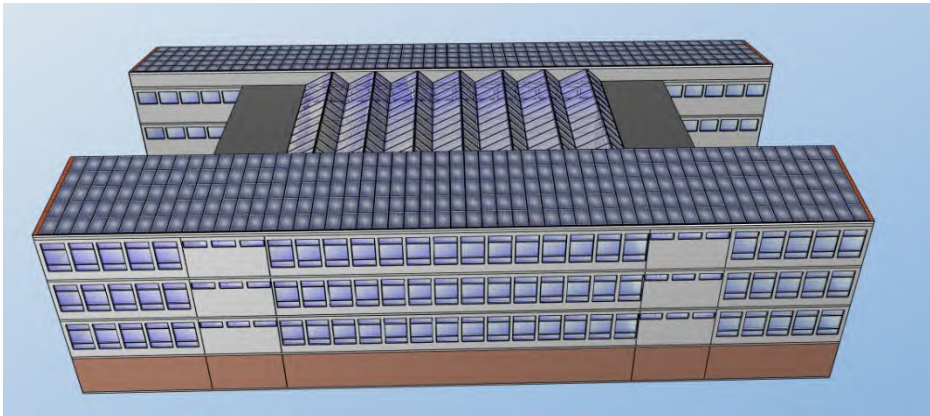


Abbildung 16: Ansicht 2 – Doppel-H-Gebäude nach Umbau
Quelle: Durch FRANK in Hottgenroth erstellt

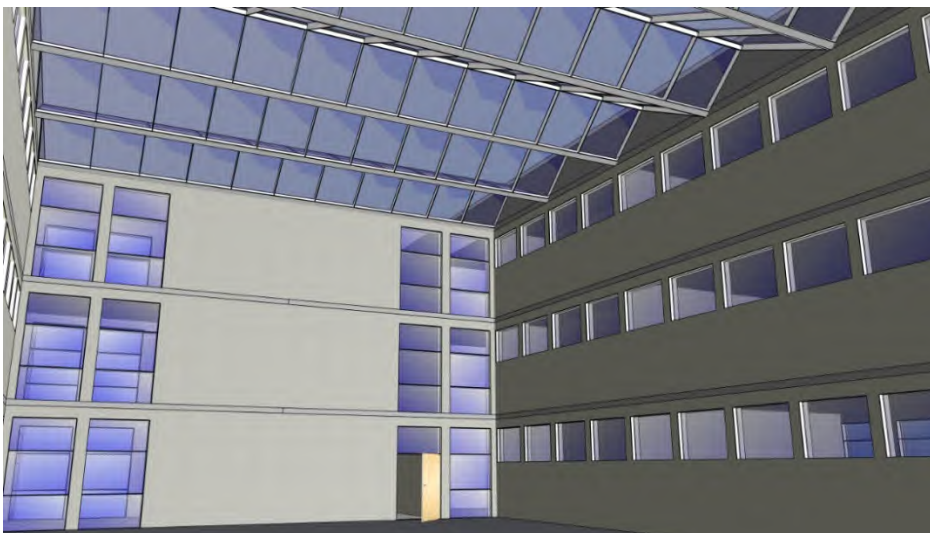


Abbildung 17: Ansicht aus Innenhof – Doppel-H-Gebäude nach Umbau
Quelle: Durch FRANK in Hottgenroth erstellt

Ansonsten werden, wie in den Varianten zuvor, die Modernisierung der Gebäudehülle und der Austausch der Heiztechnik betrachtet. Hierzu zählt die Dämmung der Außenwände, der Dachflächen, der Kellerdecke sowie der Austausch der Fenster. Darüber hinaus wird die Gas-Brennwerttherme gegen eine Sole-Wasser Wärmepumpe ausgetauscht. Die Maßnahmen zielen darauf ab, die Anforderungen der KfW des Effizienzhauses 55 zu erfüllen.

Maßnahmen:

Außenwände:

- › Dämmung 18 cm Mineralischer und pflanzlicher Faserdämmstoff, WLG 035
- › Moderne Eingangstür, Ud-Wert 1,1

Dach/oberste Decke:

- › Dämmung 16 cm PUR Hartschaum, WLG 023

Keller:

- › Dämmung 18 cm Mineralischer und pflanzlicher Faserdämmstoff WLG 035

Fenster:

- › Austausch durch 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung, U_w-Wert 0,90

Sohle Innenhof:

- › 15 cm Beton armiert mit 1 % Stahl (DIN 12524)
- › 14 cm XPS-Dämmung WLG 030

Sheddachkonstruktion u. Innenhof:

- › Sheddachkonstruktion U-Wert 1,3

Heiztechnik:

- › Austausch der Gas-Brennwertheizung gegen ein Blockheizkraftwerk BHKW in Verbindung mit einer Abluftsolenwärmepumpe
- › Austausch der Heizungspumpen
- › Dämmung der Leitungen

Photovoltaik:

- › Installation einer Photovoltaik-Anlage

Bauteil	IST-Zustand (W/m ² K)	U-Wert	U-Wert nach Maßnahme (W/m ² K)
Außenwand		0,74	0,17
Moderne Eingangstür		1,90	1,10
Dach/oberste Geschossdecke		0,63	0,12
Keller		1,00	0,16
Fenster		1,90	0,90
Sohle Innenhof		-	0,20
Sheddachkonstruktion		-	1,30

Für das Gebäude ergibt sich eine abgeschätzte Heizlast von 130 kW

Mit diesem Wert werden die Anforderungen der KfW (Effizienzhaus 55) eingehalten.

In dieser Variante reduziert sich der Endenergiebedarf des Gebäudes um **89 %**.

	IST	Nach Maßnahme
Endenergiebedarf Q _E in kWh/m ² a	229	26
Primärenergiebedarf Q _P in kWh/m ² a	233	25
CO ₂ -Emissionen kg/m ²	53	17

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

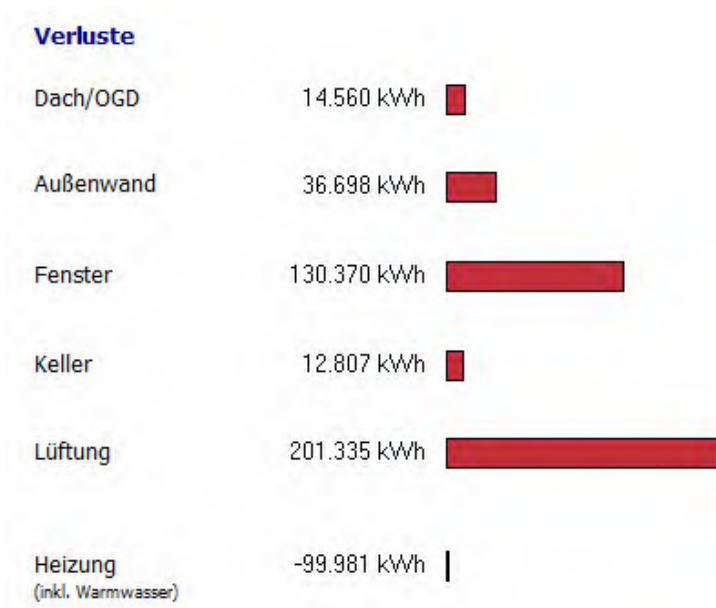


Abbildung 18: Wärmeverluste
Quelle: Durch FRANK in Hottgenroth erstellt

Der derzeitige Endenergiebedarf von 661.982 kWh/Jahr reduziert sich auf 128.228 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 533.754 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 73.169 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen. Zum Vergleich, ein PKW emittiert bei einer jährlichen KM-Leistung von 15.000 KM ungefähr 3.281 kg CO₂. Die Einsparung entspräche somit dem CO₂-Ausstoß von ca. 23 PKW.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen sinkt der Primärenergiebedarf Ihres Gebäudes auf 25 kWh/m² pro Jahr, was einer Einsparung von 89 % entspricht. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.

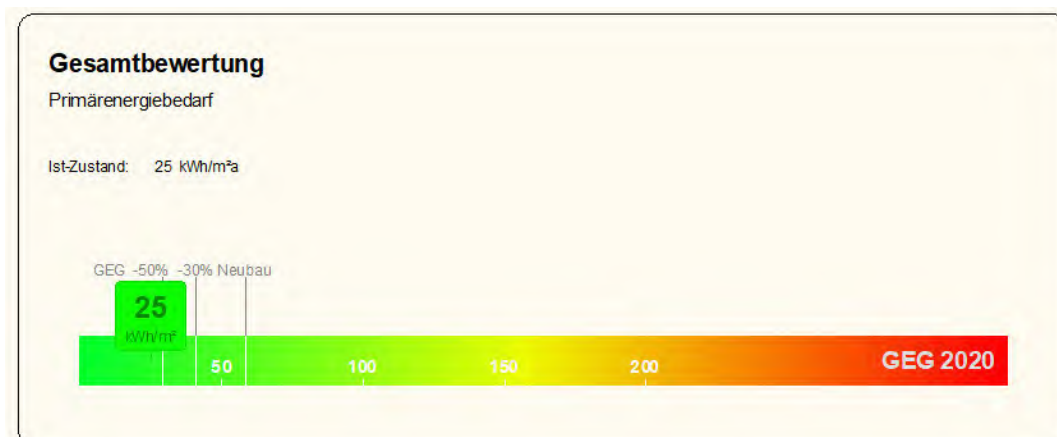


Abbildung 19: Gesamtbewertung für das modernisierte Gebäude
Quelle: Durch FRANK in Hottgenroth erstellt

7.4 Baustoffe

Im Folgenden werden die zu verwendenden Baustoffe aufgelistet und in ihren Eigenschaften beschrieben.

Polyurethan-Hartschaum

Polyurethan-Hartschaum (PUR-Hartschaum) gehört zu den Kunststoffschäum-Dämmstoffen. Zu den wichtigsten Dämmstoffeigenschaften zählt die sehr geringe Wärmeleitfähigkeit und damit die hohe Dämmleistung. Die Wärmeleitfähigkeit liegt zwischen 0,023 W/(mK) und 0,029 W/(mK).³ Ein weiterer Vorteil des Dämmstoffs ist seine Unempfindlichkeit gegenüber Feuchtigkeit. PUR-Hartschaum nimmt aufgrund seiner geschlossenen Zellstruktur keine Feuchtigkeit aus der Luft auf und ist nicht kapillaraktiv, was bedeutet, dass die Platten kein Wasser aufsaugen. Damit ist der Dämmstoff sehr schimmelresistent. Weiterhin ist PUR-Hartschaum sehr preiswert (10-20 €/m²), witterungsresistent und kennzeichnet sich durch sein geringes Eigengewicht.⁴ Nicht zuletzt zeichnet sich der Dämmstoff durch seine Langlebigkeit aus: Die Gebrauchsdauer von PUR-Hartschaum beträgt mindestens 50 Jahre.⁵ PUR-Hartschaum benötigt eine große Energiemenge im Produktionsprozess. Auch wenn die Dämmleistung deutlich höher ist, ergibt sich ein leicht höherer Energieaufwand pro Quadratmeter Dämmfläche.⁴ Erst bei der Betrachtung der Lebensdauer und der Wiederverwertung (Recyclingfähigkeit) erhält der Baustoff eine vergleichbare Bilanz zu anderen ökologischen Baustoffen.

Aufgrund seiner Unempfindlichkeit gegenüber Wasser ist der Baustoff im Bereich der Kellerdeckendämmung geplant, da es sich im überwiegenden Teil des Gebäudes um einen Kriechkeller handelt, der eine gewisse Grundfeuchte mitbringt. Auch im Bereich der Dachdämmung ist dieser Baustoff als Verbundwerkstoff mit Aluminiumtrapezblechen vorgesehen. Durch das geringe Eigengewicht, die gute Lastabtragung sowie größere Spannweiten lässt sich durch die serielle Bauweise die Bauzeit reduzieren. Eine herkömmliche Dachaufbauweise bei dem Objekt ist aus statischen Gründen nicht ohne größere Ertüchtigungen möglich, welche dann wiederum Emissionen auslösen und Ressourcen verbrauchen würden.

Mineralischer Faserdämmstoff

Mineralfaserdämmstoffe verfügen über sehr gute Dämmeigenschaften und gehören zu den am häufigsten verwendeten Materialien für den Wärme-, Brand- und Schallschutz. Sie sind leicht zu verarbeiten, wasserabweisend, nicht brennbar und alterungsbeständig. Mineralfaserdämmstoffe sind sowohl als festgespresste Platten als auch weich und formbar erhältlich. Ihre Wärmeleitfähigkeit liegt zwischen 0,035 und 0,040 W/(mK). Zu den Mineralwolle- oder Mineralfaser-Dämmstoffen zählen Glas- und Steinwolle. Glaswolle besteht aus Altglas, Sand, Kalk und Soda. Steinwolle wird aus den Gesteinsarten Basalt, Diabas oder Dolomit hergestellt. Die heutigen Mineralwollämmstoffe sind aus umwelt- und gesundheitsrelevanter Sicht positiv zu bewerten. Sie sind frei von Krebsverdacht und ökologisch vorteilhaft: Steinwolle lässt sich bei sortenreiner Verarbeitung bis zu 100 % recyceln. Einige Dämmstoffhersteller bieten inzwischen einen Rücknahmeservice an, um Mineralwollreste von Baustellen abzuholen und für die Wiederverarbeitung ins Werk

³ IVPV Industrieverband Polyurethan-Hartschaum (2021): Die Eigenschaften von PU-Dämmstoffen: dämmstark, funktionstüchtig und dauerhaft. Online: <https://daemmt-besser.de/pu-daemmstoffe/eigenschaften> (Letzter Aufruf: 09.07.2021)

⁴ Energieheld (o.J.): PUR & PIR – Dämmung mit Hartschaumplatten. Online: <https://www.energieheld.de/daemmung/daemmstoffe/pur-pir#vorteile-nachteile> (Letzter Aufruf: 09.07.2021)

⁵ BaustoffWissen (2016): Dämmstoffe: Eigenschaften von Polyurethan-Hartschaum. Online: <https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/daemmstoffe/polyurethan-hartschaum-pur-pir-daemmstoff-eigenschaften-aufsparrendaemmung-wdvs-brandriegel/> (Letzter Aufruf: 09.07.2021)

zurückzuführen.⁶ In diesem Projekt ist der Baustoff für die Fassade in Kombination mit dem Holztafelbau vorgesehen.

Beton

Beton ist ein vielfältig einsetzbarer Baustoff. Die Wärmeleitfähigkeit von Beton liegt je nach Ausführung zwischen 1,5 und 2,3 W/m²K. Wird Beton mit Stahl armiert, liegt die Wärmeleitfähigkeit deutlich höher.⁷ Beton zeichnet sich durch seine hohe Widerstandsfähigkeit gegenüber Feuer aus. Selbst bei Temperaturen von bis zu 1.000°C bleibt er weitgehend fest und bietet optimalen Brandschutz. Eine weitere positive Eigenschaft liegt in der guten Schallisolierung. Unter nachhaltigen Gesichtspunkten ist Beton negativ zu bewerten. Die für Beton relevante Herstellung von Zement kostet nicht nur große Mengen an Energie, sondern verursacht auch enorme CO₂-Emissionen. Hinzu kommt die durch die Betonproduktion verursachte Verknappung von Bausand.⁸ Für dieses Projekt ist der Baustoff als umlaufendes Streifenfundament eingeplant, um die Lasten der Vorhangsfassade ins Erdreich ableiten zu können. Die aktuelle statische Grundkonstruktion lässt eine Lastabtragung nicht zu.

XPS-Dämmung

Extrudiertes Polystyrol-Hartschaum, kurz XPS, ist auch unter dem Markennamen Styrodur bekannt und als Dämmung in Form von Platten erhältlich. XPS wird vor allem an Orten mit hoher Feuchtigkeitsbelastung eingesetzt. Der Dämmstoff zeichnet sich nicht nur durch Feuchtigkeitsbeständigkeit, sondern auch durch extreme Festigkeit und Formbeständigkeit aus. Die Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffes (0,035 - 0,045 W/m²K) ist als gut einzustufen.⁹ ¹⁰ In diesem Projekt ist der Dämmstoff aufgrund der guten Eigenschaften hinsichtlich Feuchtigkeitsbeständigkeit und hoher Formbeständigkeit im Sockelbereich eingeplant. Er wird vor dem aktuellen Streifenfundament und dem neu zu schaffenden Streifenfundament für die Vorsatzschale eingebaut.

⁶ Baunetz Wissen (o.J.): Dämmstoffe: Mineralwolle. Online:

<https://www.baunetzwissen.de/daemmstoffe/fachwissen/daemmstoffe/mineralwolle-152218> (Letzter Aufruf: 12.07.2021)

⁷ Hausjournal (2021): Wärmeleitfähigkeit von Beton. Online: <https://www.hausjournal.net/beton-waermeleitfaehigkeit> (Letzter Aufruf: 12.07.2021)

⁸ Allplan (2017): Das sind die Vor- und Nachteile von Bauen mit Beton. Online: <https://blog.allplan.com/de/leben-in-beton> (Letzter Aufruf: 12.07.2021)

⁹ RENEWA GmbH (o.J.): XPS-Dämmung mit Hartschaum aus Polystyrol. Online:

<https://www.energieheld.de/daemmung/daemmstoffe/xps> (Letzter Aufruf: 12.07.2021)

¹⁰ Bosch Thermothechnik GmbH (2021): Extrudierter Polystyrol-Hartschaum (XPS) – Dämmstoff für die Außendämmung. Online: <https://www.effizienzhaus-online.de/polystyrol-hartschaum-xps/> (Letzter Aufruf: 12.07.2021)

8 Energieeinsparung

8.1 Allgemein

Die Umsetzung einer energetisch ganzheitlichen Modernisierung führt ab dem Zeitpunkt der Durchführung zu einer kontinuierlichen Energieeinsparung gegenüber einer Instandsetzung bzw. schrittweisen Modernisierung über Jahre.

Bei jeder der zuvor erarbeiteten Varianten werden sich Energieeinsparungen ergeben, die eine Reduzierung der Energiekosten bewirken. Wie stark diese ausfällt, liegt maßgeblich an dem Nutzerverhalten. Gleichzeitig ist die Energiekostenentwicklung nicht genau vorhersehbar. Es dürfte aber Konsens sein, dass gerade die Energiekosten fossiler Brennstoffe eine deutlich höhere Preissteigerung durch die CO₂-Bepreisung erfahren werden als regenerative Energieerzeuger.

8.2 Ermittlung der Energiekosteneinsparung

Aufgrund dieser Variablen ist eine genaue Aussage der Energiekosteneinsparung schwer möglich, weshalb wir bei dieser Ausarbeitung lediglich ein vereinfachtes Modell gewählt haben. Dies umfasst die rechnerischen Einsparungen reduziert um einen pauschalen Abzug von 30 % der errechneten Energieeinsparung infolge des Nutzerverhaltens (Rebound-Effekt). Diese Energieeinsparung wird dann im gleichen Verhältnis zu den uns vorliegenden Bestandskosten gesetzt. So erhält man eine Kenngröße für die potenzielle Energiekosteneinsparung. Diese Energieeinsparung wird dann auf den Zeitraum von 20 Jahren hochgerechnet, um eine Indikation von möglichen Energiekosteneinsparungen zu erhalten.

Effizienzhaus 55	Bestand		BEG 55 EE		BEG 55 EE Glas		BEG 40 EE	
	Absolut	pro m ²	Absolut	pro m ²	Absolut	pro m ²	Absolut	pro m ²
Primärenergie	673.290 [kWh/a]	233 [kWh/m ² a]	120.504 [kWh/a]	42 [kWh/m ² a]	121.942 [kWh/a]	25 [kWh/m ² a]	107.097 [kWh/a]	37 [kWh/m ² a]
Endenergiebedarf	661.982 [kWh/a]	94 [kWh/m ² a]	271.488 [kWh/a]	94 [kWh/m ² a]	128.228 [kWh/a]	26 [kWh/m ² a]	243.634 [kWh/a]	84 [kWh/m ² a]
Brennstoffkosten angepasst auf durchschnittliche Werte Schulbau	35.388 €		16.235 €	-59%	6.855 €	-81%	13.024 €	-63%
Brennstoffkosten inkl. Reboundeffekt		30%	21.981 €	-38%	15.415 €	-56%	19.733 €	-44%
Simulation der Brennstoffkosten einer Teilmodernisierungsstrategie inkl. Reboundeffekt								
Teilmodernisierung 1 im ersten Jahr			26.541 €	-25%	23.002 €	-35%	26.541 €	-25%
			29.195 €	-18%	26.718 €	-25%	29.195 €	-18%
Teilmodernisierung 2 im siebten Jahr			18.937 €	-46%	13.048 €	-63%	17.448 €	-51%
			23.872 €	-33%	19.750 €	-44%	22.830 €	-35%
Teilmodernisierung 3 im vierzehnten Jahr			16.235 €	-59%	9.788 €	-72%	13.024 €	-63%
			21.981 €	-38%	17.468 €	-51%	19.733 €	-44%

8.3 Heizkostenkosteneinsparung im Vergleichszeitraum von 20 Jahren

In der nachfolgenden Tabelle werden die Energieeinsparungen in einem ersten Schritt zu dem Ist-Zustand pro Jahr verglichen. Diese Betrachtung gibt die zu erwartenden Heizkosteneinsparungen unter Berücksichtigung des Rebound-Effektes wieder. Der Rebound-Effekt ist mit 30 % der rechnerischen Einsparung angenommen worden. Auch wurde unterstellt, dass die Heizkosten über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren konstant bleiben. Ziel dieser Auswertung ist es, dem Leser ein Gefühl zu vermitteln, wie sich die Modernisierung oder Teilmodernisierung untereinander ausgleicht.

Eine genauere Aussage zur Kosteneinsparung kann nicht getroffen werden. Die Einbeziehung von z.B. Preisanpassungen würde nur eine Scheingenaugkeit vorgeben, da eine Reihe von Parametern nicht vorhersehbar ist. So gibt es neben den üblichen Marktunsicherheiten im Einkauf der Energieträger (Gas, Strom etc.) auch politische Entscheidungen, die sich in die ein oder andere Richtung verschieben können. Durch die Erfüllung des EE-Standards (Erneuerbare Energien) wird ein großer Teil des Markteinkaufes gedämpft, was im Falle einer Senkung oder Erhöhung nicht voll durchschlagen würde und somit das tatsächliche Ergebnis geringer verändert.

In einem zweiten Schritt werden noch die Kosten zwischen einer Modernisierung in einem Zug sowie einer Teilmodernisierung in drei Schritten verglichen. Auch wenn sich bei der schrittweisen Modernisierung über den Betrachtungszeitraum nochmals deutliche Einsparungen ergeben, sind diese geringer als die Einsparungen der Modernisierung in einem Zug. Die hohen Einsparungen sind unter Beachtung der Vollkosten also zentrales Argument für die Modernisierung in einem Zug.

Heizkosteneinsparungen einschl. Reboundeffekt	BEG 55 EE	BEG 55 EE Glas	BEG 40 EE
pro Jahr bzw. durchschnittlich	19.153 €	28.533 €	22.364 €
Zeitraum von 20 Jahren	383.057 €	570.662 €	447.278 €
BEG Einzelmaßnahmen in 3 Schritten durchgeführt im Zeitraum von 14 J.	198.211 €	269.006 €	218.994 €
Differenz zu BEG Einzelmaßnahmen in 20 Jahren	184.846 €	301.657 €	228.284 €

8.4 Stromkosteneinsparung

Die aktuellen Stromkosten wurden uns mit 19,3 Cent Netto je kWh für das Jahr 2020 vom Energiemanagement der Schulbau Hamburg übermittelt. Bei dem geringen Stromkostenniveau wird mit keinem Einsparpotential auf Stromseite gerechnet, da der durch eine PV-Anlage produzierte Strom kalkulatorisch auch bei 19-20 Cent liegt. Bei einer PV-Anlage mit Stromspeicher würde er sogar leicht über dem Preis liegen.

9 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

9.1 Allgemein

Da es sich bei dem Objekt um ein öffentliches Gebäude der Freien und Hansestadt Hamburg handelt, wird unterstellt, dass eine Kreditaufnahme bei Fördermittelgebern für energetische Maßnahmen nicht vorgenommen wird. Aus diesem Grunde erfolgt die wirtschaftliche Auswertung rein über die Zuschussvariante BEG 464 Kommunen und den Zuschuss Baubegleitung der KfW.

9.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Es gibt eine Reihe von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, welche in der Regel durch die Sicht des Eigentümers geprägt werden. Der Eigentümer, die Freie und Hansestadt Hamburg, verfolgt bei dem untersuchten Objekt keine klassische Renditebetrachtung, da es sich um ein Objekt der Daseinsvorsorge handelt. Bei solchen Immobilien liegt der Fokus auf den Investitionskosten sowie den Unterhaltungskosten.

Bei der Betrachtung der Investitionskosten muss folgende Unterscheidung beachtet werden: Durch den hohen Anteil an Förderung ist der Begriff „Investitionskosten“ neu zu bewerten. Zwar sind die Gesamtinvestitionskosten zunächst aufzuwenden, doch erhält man den Zuschuss aus dem gewählten Förderprogramm drei Monate nach Fertigstellung und Bestätigung durch den Energieberater. Somit sollte der Fördermittelzuschuss als eine Art Zwischenfinanzierung betrachtet werden.

Auf Basis dieser Bewertung sollte der Begriff „Investitionskosten“ neu verstanden werden. Im Kern lautet die Frage beim Entscheidungsprozess „Was muss für die Modernisierungsmaßnahme bezahlt werden?“. Diese scheinbar kleine Unterscheidung erlangt durch den hohen Förderanteil eine **sehr große Bedeutung**. Aus diesem Grunde werden die Maßnahmen in ihrer wirtschaftlichen Betrachtung nur auf den zu bezahlenden Betrag reduziert und verglichen.

Um eine qualitative Aussage in Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit einer „seriellen Modernisierung“ vornehmen zu können, wird diese mit einer „konventionellen Modernisierung“ verglichen.

Wirtschaftliches Ergebnis "konventionelle Modernisierung" Doppel H Gebäude				
Pos.	Bezeichnung	BEG 55 EE	BEG 40 EE	BEG 55 EE Glas
1	Investitions-/ Modernisierungskosten	5.697.461 €	6.188.115 €	6.696.566 €
2	<i>Investitions- Modernisierungskosten je m² Nutzfläche</i>	<i>1.645 €/m²</i>	<i>1.786 €/m²</i>	<i>1.933 €/m²</i>
3	Fördermittel	2.272.747 €	2.828.368 €	2.774.326 €
4	<i>BEG 464 Kommune Zuschuss</i>	<i>2.252.747 €</i>	<i>2.808.368 €</i>	<i>2.754.326 €</i>
5	<i>KfW Baubegleitung</i>	<i>20.000 €</i>	<i>20.000 €</i>	<i>20.000 €</i>
6	<i>BEG 464 anrechenbarer Betrag</i>	<i>5.006.104 €</i>	<i>5.616.736 €</i>	<i>6.120.725 €</i>
7	zu zahlender Eigenanteil	3.444.714 €	3.379.747 €	3.942.240 €
8	<i>zu zahlender Eigenanteil je m² Nutzfläche</i>	<i>994 €/m²</i>	<i>976 €/m²</i>	<i>1.138 €/m²</i>

Wirtschaftliches Ergebnis "serielle Modernisierung" Doppel H Gebäude

Pos.	Bezeichnung	BEG 55 EE	BEG 40 EE	BEG 55 EE Glas
1	Investitions-/ Modernisierungskosten	5.523.461 €	6.092.559 €	6.641.853 €
2	<i>Investitions- Modernisierungskosten je m² Nutzfläche</i>	<i>1.595 €/m²</i>	<i>1.759 €/m²</i>	<i>1.917 €/m²</i>
3	Fördermittel	2.194.447 €	2.780.590 €	2.749.705 €
4	<i>BEG 464 Kommune Zuschuss</i>	<i>2.174.447 €</i>	<i>2.760.590 €</i>	<i>2.729.705 €</i>
5	<i>KfW Baubegleitung</i>	<i>20.000 €</i>	<i>20.000 €</i>	<i>20.000 €</i>
6	<i>BEG 464 anrechenbarer Betrag</i>	<i>4.832.105 €</i>	<i>5.521.180 €</i>	<i>6.066.012 €</i>
7	zu zahlender Eigenanteil	3.329.014 €	3.311.969 €	3.892.148 €
8	<i>zu zahlender Eigenanteil je m² Nutzfläche</i>	<i>961 €/m²</i>	<i>956 €/m²</i>	<i>1.124 €/m²</i>

Beim Vergleich der Varianten „serielle Modernisierung“ und „konventionelle Modernisierung“ ist festzustellen, dass sich die serielle Modernisierung bezogen auf die Kosten wirtschaftlicher für das Doppel-H-Gebäude darstellt. Das mag im ersten Moment überraschend erscheinen, da die serielle Modernisierung aktuell in vielen Projekten höhere Kosten aufweist. In der Betrachtung der Gesamtmaßnahme wird in der Kostenschätzung (vgl. Pkt. 10.1 u. 10.2) deutlich, dass die Fassade sowie die fassadenrelevanten Punkte in der seriellen Ausführung teurer sind. Diese sind im Vergleich jedoch geringer als die Positionen zeitrelevant sind. Durch diesen zeitrelevanten Anteil kann eine „serielle Modernisierung“ an dem Doppel-H-Gebäude kostenneutral bzw. sogar leicht günstiger hergestellt werden.

9.3 Energiekosteneinsparung

Wie unter Punkt 8 Energieeinsparung bereits beschrieben, kommt ein vereinfachtes Verfahren in dieser Ausarbeitung zur Anwendung. Dies resultiert aus der Erkenntnis, dass es eine Reihe von Variablen in dieser Berechnung gibt, die im Vorfeld nicht aufgelöst werden können.

Dieses Energiekosteneinsparmodell soll lediglich den Leser die Komplexität dieses Punktes vor Augen führen und für die weitere Entscheidungsfindung eine erweiterte Grundlage bilden.

9.4 Instandhaltungsrücklage

Durch eine serielle Modernisierung mit dem hohen energetischen Niveau werden alle wesentlichen Bauteile der Gebäudehülle baulich angefasst bzw. erneuert. Die tragenden Bauteile werden somit besser gegenüber den wechselnden Witterungseinflüssen geschützt und haben dadurch einen geringeren Materialverschleiß. Damit einhergehend verlängert sich die Nutzungsdauer und gleichzeitig sinkt der Instandhaltungsbedarf für diese Bauteile.

9.5 Nutzungskosten

Die Planung der energetischen Modernisierung ist bewusst technisch so einfach wie möglich geplant, sodass mit keinen höheren Nutzungskosten durch Wartung oder sonstige Aufwendungen zu rechnen ist. Bei der Variante mit verschlossenem Innenraum werden die Nutzungskosten durch die Reinigung der Glasdacheinhausung etwas ansteigen. Bei der Betrachtung des zusätzlichen Nutzungsraums als werthaltige Fläche werden die Nutzungskosten über das erweiterte Angebot insgesamt zu keiner Erhöhung der Nutzungskosten je Quadratmeter Nutzfläche führen.

10 Förderungen

Nachfolgend werden Förderungen für die Sanierung von kommunalen Gebäuden dargestellt. Die KfW erklärt die Hintergründe der Förderprogramme mit folgenden Zeilen: „Ziel dieser Richtlinie ist es, Investitionen in Gesamtmaßnahmen anzureizen, mit denen die Energieeffizienz und der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte in Nichtwohngebäuden in Deutschland gesteigert und die CO₂-Emissionen des Gebäudesektors in Deutschland gesenkt werden. [...] Die Förderrichtlinie trägt dazu bei, die Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich bis 2030 auf 70 Mio. t CO₂-Äquivalente zu mindern und somit sowohl die nationalen als auch die europäischen Energie- und Klimaziele bis 2030 zu erreichen.“¹¹

10.1 Bundesförderung für energieeffiziente Gebäude (BEG)

Mit der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) wird die energetische Gebäudeförderung des Bundes neu aufgesetzt. Die BEG ist zum Jahresbeginn 2021 gestartet und ersetzt die bestehenden Programme zur Förderung von Energieeffizienz und Erneuerbaren Energien im Gebäudebereich. Sie ist in eine Grundstruktur mit den drei Teilprogrammen Wohngebäude (WG), Nichtwohngebäude (NWG) und Einzelmaßnahmen (EM) aufgeteilt. Die Teilprogramme BEG WG und BEG NWG vereinen sämtliche Förderangebote für Gesamtmaßnahmen bei Wohn- und Nichtwohngebäuden. Als Gesamtmaßnahme sind alle Vorhaben zu verstehen, die im Ergebnis zu einem energetischen Zustand des Gebäudes auf Effizienzhausniveau führen, sei es im Wege einer Sanierung oder als Neubau.¹¹ Darüber hinaus gibt es sowohl für Wohngebäude als auch für Nichtwohngebäude einen Förderkredit sowie einen Förderzuschuss für Kommunen. Gefördert werden kommunale Gebietskörperschaften sowie Gemeinde- und Zweckverbände.¹²

Bei Sanierungen von Bestandsgebäuden auf Effizienzgebäude-Stufe sind folgende Kosten förderfähig:

- › Wärmedämmung von Wänden, Geschossdecken und Dachflächen
- › Erneuerung, Ersatz oder erstmaliger Einbau von Fenstern und Außentüren
- › Erneuerung der Heizungsanlage im Gebäude
- › Einbau und Erneuerung einer Lüftungsanlage
- › Einbau und die Installation von Geräten zur Mess-, Steuer- und Regelungstechnik
- › Errichtung eines Wärmespeichers im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit dem Gebäude¹³

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) hat die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) sowie das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) mit der Durchführung des Förderprogramms beauftragt. In den Teilprogrammen BEG WG und BEG NWG liegen die Zuständigkeiten für die Durchführung der Kreditvariante seit dem Programmstart am 01.07.2021 bei der KfW. Die Zuständigkeit für die Durchführung der Zuschussvariante liegt vom Programmstart am 01.07.2021 bis 31.12.2022 zunächst ausschließlich bei der KfW, ab dem 01.01.2023 liegt die Zuständigkeit für die Durchführung der Zuschussvariante beim BAFA.

¹¹ Vgl. KfW (2021): Die neue Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) ersetzt die bisherigen Förderungen. Online verfügbar unter: <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Bundesfoerderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude/> (letzter Aufruf: 01.07.2021)

¹² Vgl. KfW (2021): Kommunen – Zuschuss. Online verfügbar unter: [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/F%C3%B6rderprodukte/Bundesfoerderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude-Kommunen-Zuschuss-\(464\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/F%C3%B6rderprodukte/Bundesfoerderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude-Kommunen-Zuschuss-(464)/) (letzter Aufruf: 01.07.2021)

¹³ Vgl. KfW (2021): Merkblatt BEG Kommunen – Zuschuss. Online verfügbar unter: [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsfoerderung\)/PDF-Dokumente/6000004852_M_464.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsfoerderung)/PDF-Dokumente/6000004852_M_464.pdf) (Letzter Aufruf: 01.07.2021)

10.1.1 Kommunen – Kredit (264)

Mit dem Kredit 264 fördert die KfW sowohl Wohngebäude als auch Nichtwohngebäude. Gefördert werden der Bau und Kauf eines neuen Effizienzgebäudes, die Komplettsanierung zum Effizienzgebäude, einzelne energetische Maßnahmen bei bestehenden Immobilien sowie die Umwidmung von Wohn- in Nichtwohngebäude.

Sanierung zum Effizienzgebäude (NWG)

Gefördert wird die energetische Sanierung von Bestandsgebäuden, die nach Abschluss der Sanierungsmaßnahme den energetischen Standard eines Effizienzgebäudes erreichen. Zum Zeitpunkt der Antragstellung muss der Bauantrag bzw. die Bauanzeige des Bestandsgebäudes mindestens fünf Jahre zurückliegen.

Gefördert werden folgende Standards:

- Effizienzgebäude Denkmal, Denkmal EE oder Denkmal NH
- Effizienzgebäude 100, 100 EE oder 100 NH
- Effizienzgebäude 70, 70 EE oder 70 NH
- Effizienzgebäude 55, 55 EE oder 55 NH
- Effizienzgebäude 40, 40 EE oder 40 NH

Eine „Effizienzgebäude EE“-Klasse wird dann erreicht, wenn erneuerbare Energien einen Anteil von mindestens 55 % des Energiebedarfs erbringen, der für die Wärme- und Kälteversorgung erforderlich ist.

Eine „Effizienzgebäude NH“-Klasse wird dann erreicht, wenn für ein Effizienzgebäude ein Nachhaltigkeitszertifikat ausgestellt wird, das die Übereinstimmung der Maßnahme mit den Anforderungen des Qualitätssiegels „Nachhaltiges Gebäude“ bestätigt.

Es ist nicht möglich, die EE-Klasse und die NH-Klasse zu kombinieren.

Sanierung mit Einzelmaßnahmen (NWG)

Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, deren Bauantrag bzw. Bauanzeige zum Zeitpunkt der Antragstellung mindestens fünf Jahre zurückliegt. Die Sanierung von Einzelmaßnahmen ist ausschließlich bei der Kreditvariante, nicht aber bei der Zuschussvariante möglich.

a. Gebäudehülle

- › Dämmung der Gebäudehülle (von Außenwänden, Dachflächen, Geschosdecken und Bodenflächen) sowie Erneuerung/Aufbereitung von Vorhangfassaden
- › Austausch von Fenstern, Außentüren und -toren
- › Sommerlicher Wärmeschutz durch Ersatz oder erstmaligen Einbau von außenliegenden Sonnenschutzeinrichtungen mit optimierter Tageslichtversorgung

b. Anlagentechnik (außer Heizung)

- › Einbau, Austausch oder Optimierung raumluftechnischer Anlagen inklusive Wärme-/Kälterückgewinnung
- › Einbau von Mess-, Steuer- und Regelungstechnik zur Realisierung eines Gebäudeautomatisierungsgrades mindestens der Klasse B nach DIN V 18599-11
- › Kältetechnik zur Raumkühlung
- › Einbau energieeffizienter Beleuchtungssysteme

c. Anlagen zur Wärmeerzeugung (Heizungstechnik)

- › Gas-Brennwertheizungen („Renewable Ready“)
- › Gas-Hybridheizungen
- › Solarkollektoranlagen
- › Biomasseheizungen
- › Wärmepumpen
- › Innovative Heizungstechnik auf Basis erneuerbarer Energien
- › Erneuerbare Energien-Hybridheizungen (EE-Hybride)
- › Gebäudenetz und Anschluss an ein Gebäudenetz oder Wärmenetz

Zur jeweiligen Anlage können Maßnahmen zur Visualisierung des Ertrags Erneuerbarer Energien mitgefördert werden.

Austauschprämie für Ölheizungen: Wenn eine Heizungsanlage, die mit dem Brennstoff Öl betrieben wird, gegen eine Biomasse-Anlage, Wärmepumpe, Hybridanlage, innovative Heizungstechnik auf Basis erneuerbarer Energien oder gegen eine Wärmeübergabestation eines Netzes ausgetauscht wird, wird ein Bonus auf den gewährten prozentualen Fördersatz der zu errichtenden Anlage gewährt.

d. Heizungsoptimierung

Es werden sämtliche Maßnahmen zur Optimierung des Heizungsverteilsystems in Bestandsgebäuden gefördert, mit denen die Energieeffizienz des Systems erhöht wird.

Fachplanung und Baubegleitung

Gefördert werden energetische Fachplanungs- und Baubegleitungsleistungen im Zusammenhang mit dem Neubau und der Sanierung von Effizienzgebäuden/Effizienzhäusern sowie der Sanierung mit Einzelmaßnahmen.

Nachhaltigkeitszertifizierung

Für ein Effizienzgebäude/Effizienzhaus mit NH-Klasse werden Nachhaltigkeitszertifizierungen und die damit in Zusammenhang stehenden Beratungs- und Planungsleistungen einer geförderten Maßnahme gefördert, sofern diese von einer akkreditierten Zertifizierungsstelle ausgestellt worden sind. Das Zertifikat bestätigt die Übereinstimmung der Maßnahme mit den Anforderungen des Qualitätssiegels „Nachhaltiges Gebäude“. ¹⁴

Sanierung von bestehenden Immobilien zum Effizienzhaus – Kredithöhe und Tilgungszuschuss

Die förderfähigen Kosten und damit der maximale Kreditbetrag für ein Effizienzgebäude orientieren sich an der Nettogrundfläche des Gebäudes. Gefördert werden 2.000 € pro Quadratmeter Nettogrundfläche, insgesamt maximal 30 Mio. € pro Vorhaben, bei dem eine neue Effizienzgebäude-Stufe erreicht wird. Je besser die Effizienzgebäude-Stufe der Immobilie nach der Sanierung, desto höher der Tilgungszuschuss.

Die Baubegleitung wird mit einem zusätzlichen Kreditbetrag und Tilgungszuschuss gefördert. Der Kreditbetrag kann um bis zu 10 € pro Quadratmeter Nettogrundfläche und bis zu 40.000 € pro

¹⁴ Vgl. KfW (2021): Merkblatt BEG Kommunen – Kredit. Online verfügbar unter: [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000004850_M_264.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000004850_M_264.pdf) (Letzter Aufruf: 01.07.2021)

Vorhaben, bei dem eine neue Effizienzgebäude-Stufe erreicht wird, aufgestockt werden. Der Tilgungszuschuss beträgt 50 %, also bis zu 20.000 €. ¹⁵

10.1.2 Kommunen – Zuschuss (464)

Mit dem Zuschuss 464 fördert die KfW sowohl Wohngebäude als auch Nichtwohngebäude. Gefördert werden die Sanierung, der Neubau oder der Kauf eines neuen bzw. frisch sanierten Effizienzgebäudes.

Sanierung zum Effizienzgebäude (NWG)

Gefördert wird die energetische Sanierung von Bestandsgebäuden, die nach Abschluss der Sanierungsmaßnahme den energetischen Standard eines Effizienzgebäudes erreichen. Zum Zeitpunkt der Antragstellung muss der Bauantrag bzw. die Bauanzeige des Bestandsgebäudes mindestens fünf Jahre zurückliegen.

Gefördert werden folgende Standards:

- > Effizienzgebäude Denkmal, Denkmal EE oder Denkmal NH
- > Effizienzgebäude 100, 100 EE oder 100 NH
- > Effizienzgebäude 70, 70 EE oder 70 NH
- > Effizienzgebäude 55, 55 EE oder 55 NH
- > Effizienzgebäude 40, 40 EE oder 40 NH

Fachplanung und Baubegleitung

Gefördert werden energetische Fachplanungs- und Baubegleitungsleistungen im Zusammenhang mit dem Neubau und der Sanierung von Effizienzgebäuden/Effizienzhäusern sowie der Sanierung mit Einzelmaßnahmen.

Nachhaltigkeitszertifizierung

Für ein Effizienzgebäude/Effizienzhaus mit NH-Klasse werden Nachhaltigkeitszertifizierungen und die damit in Zusammenhang stehenden Beratungs- und Planungsleistungen einer geförderten Maßnahme gefördert, sofern diese von einer akkreditierten Zertifizierungsstelle ausgestellt worden sind. Das Zertifikat bestätigt die Übereinstimmung der Maßnahme mit den Anforderungen des Qualitätssiegels „Nachhaltiges Gebäude“. ¹³

Sanierung von bestehenden Immobilien zum Effizienzgebäude – Zuschuss

Die förderfähigen Kosten für ein Effizienzgebäude orientieren sich an der Nettogrundfläche des Gebäudes. Gefördert werden 2.000 € pro Quadratmeter Nettogrundfläche, insgesamt maximal 30 Mio. € pro Vorhaben, bei dem eine neue Effizienzgebäude-Stufe erreicht wird. Je besser die Effizienzgebäude-Stufe der Immobilie nach der Sanierung, desto höher der Zuschuss. Die Höchstgrenze für den Zuschuss liegt bei 15 Mio. €.

Die Baubegleitung wird bis zu einem Rechnungsbetrag von 10 € pro Quadratmeter Nettogrundfläche gefördert und bis maximal 40.000 € pro Vorhaben, bei dem eine neue Effizienzgebäude-Stufe erreicht wird. Davon werden 50 %, also bis zu 20.000 € mit einem zusätzlichen Zuschuss gefördert. ¹²

¹⁵ Vgl. KfW (2021): Kommunen – Kredit. Online: [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/F%C3%B6rderprodukte/Bundesf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude-Kommunen-Kredit-\(264\)](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/F%C3%B6rderprodukte/Bundesf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-effiziente-Geb%C3%A4ude-Kommunen-Kredit-(264)) (Letzter Aufruf: 12.07.2021)

Die Nachhaltigkeitszertifizierung wird mit einem zusätzlichen Zuschuss gefördert, wenn eine Effizienzgebäude-Stufe mit Nachhaltigkeits-Klasse erreicht wird. Es gelten die gleichen Höchstbeträge wie bei der Baubegleitung, der Zuschuss beträgt ebenfalls 50 %.¹²

10.2 Förderübersicht der Varianten

Pos.	Bezeichnung	BEG 55	BEG 40
	BEG Kommunen – Kredit 264	ja	ja
	BEG Kommunen – Zuschuss 464	ja	ja
	BEG Kredit 264 Zinssatz	Orientiert sich an der Kapitalmarktentwicklung	Orientiert sich an der Kapitalmarktentwicklung
	Förderhöchstbetrag	2.000 € pro m ² Nettogrundfläche, max. 30 Mio. € pro Vorhaben	2.000 € pro m ² Nettogrundfläche, max. 30 Mio. € pro Vorhaben
	BEG – Tilgungszuschuss / Zuschuss	40 % (bis zu 12 Mio. €)	45 % (bis zu 13,5 Mio. €)
	Zuschuss Baubegleitung	ja	ja
	Zuschuss Baubegleitung	50 % (max. 20.000 €)	50 % (max. 20.000 €)
	Zuschuss Nachhaltigkeitszertifizierung	ja	ja
	Zuschuss Nachhaltigkeitszertifizierung	5 %	5 %
	Zuschuss Erneuerbare Energien	ja	ja
	Zuschuss Erneuerbare Energien	5 %	5 %

11 Kostenschätzung

Die Kostenschätzung basiert auf der DIN 276 Kosten im Hochbau. Dieses normierte Verfahren ermöglicht eine strukturierte Kostenschätzung der einzelnen Bauteile. Die Baukosten sind Bruttokosten einschl. 19 % Mehrwertsteuer.

Nachfolgend wird die Kostenschätzung für eine konventionelle und eine serielle Modernisierung dargestellt. Zur Ermittlung der Kosten dienen die Abwicklungs- und Produktionsabläufe der jeweiligen Variante mit Ihren Besonderheiten.

11.1 Kostenschätzung konventionelle Modernisierung

Kostenschätzung nach DIN 276 - konventionelle Modernisierung				
KG	Kostengruppen	BEG 55	BEG 40	BEG 55 Glasdach
		Brutto	Brutto	Brutto
	Gesamtkosten Brutto	5.697.461 €	6.188.115 €	6.696.566 €
	Gesamtkosten je m² Nutzfläche Brutto	1.645 €/m²	1.786 €/m²	1.933 €/m²
300	Bauwerk- Baukonstruktion	3.308.797 €	3.826.132 €	4 220.521 €
330	Außenwände			
331	Tragende Außenwände			
	<i>konventionell Fassadenmodernisierung</i>			- €
	<i>konventionell Fassadenmodernisierung Glasdachvariante</i>	- €	- €	
	<i>Fundamente herstellen Glasdachvariante</i>	- €	- €	
334	Außentüren u. -fenster			
	<i>Fenster- Türen außen Dämmebene</i>			- €
	<i>Fenster- Türen außen Dämmebene Variante Glasdach</i>	- €	- €	
	<i>Eingangstüren einschl. Vordächer Glasdach</i>	- €	- €	
340	Innenwände			
345	Innenwandbekleidungen			
	<i>Vorwandmodul (Fensterlaibungen) anarbeiten</i>			
	<i>Malerarbeiten</i>			
	<i>Verkleidung Innenwände Innenhof (Brandschutz)</i>	- €	- €	
350	Decken			
353	Deckenbekleidung			
	<i>Kellerdeckendämmung</i>			
	<i>Erdgeschosssohle Innenhof einschl. Dämmung</i>	- €	- €	
	<i>Erdgeschosssohle fertiger Fußbodenbelag</i>	- €	- €	
360	Dächer			
361	Dachkonstruktion	- €	- €	
	<i>Glasdachunterkonstruktion</i>	- €	- €	
363	Dachbeläge			
	<i>Dachkonstruktion statisch ertüchtigen</i>			
	<i>Dachkonstruktion Pultdach herstellen</i>			
	<i>Erneuerung der Dachhaut</i>			
390	Bauwerk- Baukonstruktion, sonstiges			
391	Baustelleneinrichtung			
	<i>Baustelleneinrichtung (Zäune, WC, Baubüro)</i>			
	<i>Baustrom</i>			
392	Gerüste			
	<i>Standgerüst einschl. Vorhaltung (Gerüstklasse 3)</i>			
	<i>Verlängerung</i>			
393	Sicherungsmaßnahmen	- €	- €	- €
394	Abbruchmaßnahmen			
	<i>Innenhof</i>	- €	- €	
	<i>Rodungen</i>			
399	Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktion, sonstiges			
	<i>Baureinigung (allgemeine Sauberkeit auf der Baustelle)</i>			
	<i>Schulcontainer als Ausweichmöglichkeit stellen</i>			

Kostenschätzung nach DIN 276 - konventionelle Modernisierung				
		BEG 55	BEG 40	BEG 55 Glasdach
KG	Kostengruppen	Brutto	Brutto	Brutto
	Gesamtkosten Brutto	5.697.461 €	6.188.115 €	6.696.566 €
	Gesamtkosten je m² Nutzfläche Brutto	1.645 €/m²	1.786 €/m²	1.933 €/m²
400	Bauwerk- Technische Anlagen			
420	Wärmeversorgungsanlagen			
421	Wärmeerzeugungsanlagen			
	<i>Investitionskostenanteil BHKW</i>			
	<i>Investitionskostenanteil Wärmepumpe</i>			
422	Wärmeverteilnetze			
	<i>Verteilleitungen Dämmen</i>			
	<i>Soleileitung Wärmepumpe</i>			
423	Raumheizfläche			
	<i>Hydraulischer Abgleich</i>			
430	Lufotechnische Anlagen			
431	Lüftungsanlagen			
	<i>Abluftwärmetauscher</i>			
439	Lufotechnische Anlagen, sonstiges			
	<i>Luftdichtheitsmessung</i>			
440	Starkstromanlagen			
443	Niederspannungsschaltanlagen			
	<i>Anpassen der Schaltschränke für die Aufnahme von Photovoltaikanlagen</i>			
445	Beleuchtungsanlagen			
	<i>Beleuchtung der öffentlichen Bereiche Flure/Treppenhaus (LED)</i>			
460	Förderanlagen			
461	Aufzugsanlagen			
	<i>Aufzuganlage herstellen (12.500 € je Haltestelle)</i>			
469	Förderanlagen, sonstiges			
	<i>Fahrschacht aus Stahlglaskonstruktion</i>			
	<i>Gründungsarbeiten Aufzug</i>			
490	Sonstige Maßnahmen für technische Anlagen			
491	Baustelleneinrichtung			
	<i>Baustelleneinrichtung TGA</i>			
500	Außenanlagen			
512	Bodenarbeiten			
	<i>Herrichten nach den Maßnahmen</i>			
590	Sonstige Maßnahmen für Außenanlagen			
591	Baustelleneinrichtung			
	<i>Allgemein</i>			

Kostenschätzung nach DIN 276 - konventionelle Modernisierung				
KG	Kostengruppen	BEG 55	BEG 40	BEG 55 Glasdach
		Brutto	Brutto	Brutto
	Gesamtkosten Brutto	5.697.461 €	6.188.115 €	6.696.566 €
	Gesamtkosten je m² Nutzfläche Brutto	1.645 €/m²	1.786 €/m²	1.933 €/m²
700	Baunebenkosten			
730	Architekten- u. Ingenieurleistungen			
731	Gebäudeplanung <i>Architektenhonorar</i>			
734	Planung Ingenieurbauwerke u. Verkehrsanlagen <i>Fachplanung Aufzüge</i>			
735	Tragwerksplanung <i>Statische Berechnungen Vorthangfassade</i> <i>Statische Berechnungen Aufzüge</i> <i>Statische Berechnungen Glasdach</i>			
736	Planung Technische Ausrüstung <i>TGA-Honorare</i>			
740	Gutachten u. Beratung			
741	Themische Bauphysik <i>Bauphysikalische Berechnungen</i>			
744	Vermessung <i>neu Einmessen</i>			
746	Brandschutz <i>Brandschutzplanung</i>			
747	Sicherheits- u. Gesundheitsschutz <i>SiGeKo</i>			
749	Gutachten u. Beratung, sonstiges <i>Statische Stellungnahme</i> <i>energetische Konzept</i>			
770	Allgemeine Baunebenkosten			
771	Prüfungen, Genehmigungen, Abnahmen <i>Baugenehmigung</i>			
778	Versicherungen <i>Bauversicherung</i>			
790	Sonstige Baunebenkosten			
799	Sonstige Baunebenkosten <i>Sonstige Baunebenkosten</i>			

11.2 Kostenschätzung serielle Modernisierung

Kostenschätzung nach DIN 276 - serielle Modernisierung				
KG	Kostengruppen	BEG 55	BEG 40	BEG 55 Glasdach
		Brutto	Brutto	Brutto
	Gesamtkosten Brutto	5.523.461 €	6.092.559 €	6.641.853 €
	Gesamtkosten je m² Nutzfläche Brutto	1.595 €/m²	1.759 €/m²	1.917 €/m²
300	Bauwerk- Baukonstruktion			
330	Außenwände			
331	Tragende Außenwände			
	<i>serielle Fassadenelement</i>			
	<i>serielle Fassadenelemente Glasdachvariante</i>			
	<i>Fundamente herstellen Vorhangfassade</i>			
	<i>Fundamente herstellen Vorhangfassade Glasv.</i>			
	<i>Fundamente herstellen Glasdachvariante</i>			
334	Außentüren u -fenster			
	<i>Fenster- Türen außen</i>			
	<i>Fenster- Türen außen Glasdach</i>			
	<i>Eingangstüren einschl. Vordächer</i>			
	<i>Glasdach</i>			
340	Innenwände			
345	Innenwandbekleidungen			
	<i>Vorwandmodul (Fensterabungen) anarbeiten</i>			
	<i>Malerarbeiten</i>			
	<i>Verkleidung Innenwände Innenhof (Brandschutz)</i>			
350	Decken			
353	Deckenbekleidung			
	<i>Kellerdeckendämmung</i>			
	<i>Erdgeschosssohle Innenhof einschl. Dämmung</i>			
	<i>Erdgeschosssohle fertiger Fußbodenbelag</i>			
360	Dächer			
361	Dachkonstruktion			
	<i>Glasdachunterkonstruktion</i>			
363	Dachbeläge			
	<i>Dachkonstruktion statisch ertüchtigen</i>			
	<i>Dachkonstruktion Pultdach herstellen</i>			
	<i>Erneuerung der Dachhaut</i>			
390	Bauwerk- Baukonstruktion, sonstiges			
391	Baustelleneinrichtung			
	<i>Baustelleneinrichtung (Zäune, WC, Baubüro</i>			
	<i>Baustrom</i>			
392	Gerüste			
	<i>Standgerüst einschl. Vorhaltung (Gerüstklasse 3)</i>			
	<i>Verlängerung</i>			
394	Abbruchmaßnahmen			
	<i>Innenhof</i>			
	<i>Rodungen</i>			
	<i>Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktion,</i>			
399	sonstiges			
	<i>Baureinigung (allgemeine Sauberkeit auf der</i>			
	<i>Baustelle</i>			
	<i>Schulcontainer als Ausweichmöglichkeit stellen</i>			

Kostenschätzung nach DIN 276 - serielle Modernisierung				
		BEG 55	BEG 40	BEG 55 Glasdach
KG	Kostengruppen	Brutto	Brutto	Brutto
	Gesamtkosten Brutto	5.523.461 €	6.092.559 €	6.641.853 €
	Gesamtkosten je m² Nutzfläche Brutto	1.595 €/m²	1.759 €/m²	1.917 €/m²
400	Bauwerk- Technische Anlagen			
420	Wärmeversorgungsanlagen			
421	Wärmeerzeugungsanlagen			
	<i>Investitionskostenanteil BHKW</i>			
	<i>Investitionskostenanteil Wärmepumpe</i>			
422	Wärmeverteilnetze			
	<i>Verteilleitungen Dämmen</i>			
	<i>Soleleitung Wärmepumpe</i>			
423	Raumheizfläche			
	<i>Hydraulischer Abgleich</i>			
430	Lufttechnische Anlagen			
431	Lüftungsanlagen			
	<i>Abluftwärmetauscher</i>			
439	Lufttechnische Anlagen, sonstiges			
	<i>Luftdichtheitsmessung</i>			
440	Starkstromanlagen			
443	Niederspannungsschaltanlagen			
	<i>Anpassen der Schaltschränke für die Aufnahme von Photovoltaikanlagen</i>			
445	Beleuchtungsanlagen			
	<i>Beleuchtung der öffentlichen Bereiche Flure/Treppenhaus (LED)</i>			
460	Förderanlagen			
461	Aufzugsanlagen			
	<i>Aufzuganlage herstellen (12.500 € je Haltestelle)</i>			
469	Förderanlagen, sonstiges			
	<i>Fahrschacht aus Stahlglaskonstruktion</i>			
	<i>Gründungsarbeiten Aufzug</i>			
490	Sonstige Maßnahmen für technische Anlagen			
491	Baustelleneinrichtung			
	<i>Baustelleneinrichtung TGA</i>			
500	Außenanlagen			
512	Bodenarbeiten			
	<i>Herrichten nach den Maßnahmen</i>			
590	Sonstige Maßnahmen für Außenanlagen			
591	Baustelleneinrichtung			
	<i>Allgemein</i>			

Kostenschätzung nach DIN 276 - serielle Modernisierung				
KG	Kostengruppen	BEG 55	BEG 40	BEG 55 Glasdach
		Brutto	Brutto	Brutto
	Gesamtkosten Brutto	5.523.461 €	6.092.559 €	6.641.853 €
	Gesamtkosten je m² Nutzfläche Brutto	1.595 €/m²	1.759 €/m²	1.917 €/m²
700	Baunebenkosten			
730	Architekten- u. Ingenieurleistungen			
731	Gebäudeplanung <i>Architektenhonorar</i>			
734	Planung Ingenieurbauwerke u. Verkehrsanlagen <i>Fachplanung Aufzüge</i>			
735	Tragwerksplanung <i>Statische Berechnungen Vorhangfassade</i> <i>Statische Berechnungen Aufzüge</i> <i>Statische Berechnungen Glasdach</i>			
736	Planung Technische Ausrüstung <i>TGA-Honorare</i>			
740	Gutachten u. Beratung			
741	Themische Bauphysik <i>Bauphysikalische Berechnungen</i>			
744	Vermessung <i>neu Einmessen</i>			
746	Brandschutz <i>Brandschutzplanung</i>			
747	Sicherheits- u. Gesundheitsschutz <i>SiGeKo</i>			
749	Gutachten u. Beratung, sonstiges <i>Statische Stellungnahme</i> <i>energetische Konzept</i>			
770	Allgemeine Baunebenkosten			
771	Prüfungen, Genehmigungen, Abnahmen <i>Baueingabe</i>			
778	Versicherungen <i>Bauversicherung</i>			
790	Sonstige Baunebenkosten			
799	Sonstige Baunebenkosten <i>Sonstige Baunebenkosten</i>			

12 Zusammenfassung der Ergebnisse / Fazit

Die Modernisierung eines Doppel-H-Gebäudes mittels einer seriellen Modernisierung bietet die Chance, ein hohes energetisches Potenzial in kurzer Zeit umzusetzen und dabei den Schulbetrieb nicht nennenswert einzuschränken. Aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten steht die serielle Modernisierung gegenüber einer konventionellen Ausführung besser dar.

Durch die hohe Förderung von hochwertigen Effizienzhäusern wird die Maßnahme am Ende sogar günstiger werden als Einzelmaßnahmen, die mit deutlich geringeren Konditionen gefördert werden. Die Betrachtung der Klimaschutzpolitischen Ziele der Bundesregierung und der Hansestadt Hamburg, insbesondere des Klimaschutzgesetzes mit den einhergehenden Abgaben wie CO₂-Bepreisung und CO₂-Vorgaben, zeigt, dass sich die Wirtschaftlichkeit und die Ökobilanz über die Nutzungszeit sogar noch weiter verbessern werden.