



KLIMASCHUTZ-Teilkonzept Baustein3.a

VORHABEN: Teilkonzept-Feinanalyse
der Grundschule „Käthe-Kollwitz“
St. Jakobi-Str. 3-4
39218 Schönebeck (Elbe)

BAUHERR: Stadt Schönebeck (Elbe)
Markt 1, 39218 Schönebeck (Elbe)

AUFSTELLER: Bauplanungs- und Ingenieurbüro GmbH
Kleine Gartenstraße 4, 39245 Gommern

DATUM: 16.02.2017

Inhalt

1. Einleitung.....	3
1.1. Grundlagen der Berechnungen	3
1.2. Verwendete Rechenverfahren und Programme.....	3
2. Vorhandener Zustand.....	3
2.1. Allgemeines	3
2.2. Regelbauteile.....	4
2.2.1. Grenzflächen seitlich (Außenwände).....	4
2.2.2. Grenzflächen nach oben (Geschossdecken)	5
2.2.3. Grenzflächen nach unten	6
2.2.4. Fenster und Türen (transparente Bauteile)	8
2.3. Wärmebrücken	9
2.3.1. Wärmebrücken pauschal ohne weiteren Nachweis	9
2.4. Anlagentechnik	10
2.4.1. Wärmeübergabesysteme in der Schule	11
2.4.2. Wärmeerzeuger	11
2.4.3. Verteilleitungen	11
2.5. Beleuchtung.....	12
2.5.1. Beleuchtung der Gebäudezone.....	12
2.6. Beschreibung und Bewertung der Lüftung	13
2.7. Verbrauchsdaten	13
2.7.1. Erfasste Verbrauchsdaten Wärme und Strom Grundschule	13
2.8. Energiebilanz Grundschule	14
2.8.1. ENEV-ENDERGEBNIS	14
2.8.2. KfW-Ergebnisdaten Energieeffizienzprogramm	15
2.8.3. Endenergie / CO₂ Ausstoß	17
2.8.4. Schadstoffausstoß	17
3. Verbesserungsmaßnahmen	18
3.1. Vorgehensweise der Bewertung	18
3.2. Maßnahme 1	18
3.2.1. Variante 1 Dämmung obere Geschossdecke und Kellerdecke	18
3.3. Maßnahme 2.....	23
3.3.1. Variante 2 Austausch der Fenster und Türen	23
3.4. Maßnahme 3.....	27
3.4.1. Variante 3 Fassadendämmung (Vorhangfassade).....	27
3.5. Maßnahme 4.....	32
3.5.1. Variante 4 Gesamtmaßnahme von 1-3	32
3.6. Maßnahme 5.....	36
3.6.1. Variante 5 Gesamtmaßnahme von 1-3 mit zusätzlicher Erneuerung der Heizungsversorgung	36
4. Zusammenfassung.....	40
4.1. Energie	40
4.2. Kosten.....	41
4.3. Wirtschaftlichkeit.....	41
4.4. Umweltrelevanz	42
4.5. Schadstoffausstoß.....	43
5. Empfehlungen und Kostenübersicht	44
5.1. Empfehlung	44
5.2. Kostentabelle	44

1. Einleitung

1.1. Grundlagen der Berechnungen

Als Grundlagen wurden die Verbrauchsdaten für Strom und Wärme der Stadt Schönebeck (Elbe) sowie ermittelte Gebäude-Daten durch eine Bestandsaufnahme genutzt.

1.2. Verwendete Rechenverfahren und Programme

Rowa-Soft Bauphysikprogramm „EnEV-WärmedampfEnEV DIN 18599 - Energiebilanz.
Software: Excel,

2. Vorhandener Zustand

2.1. Allgemeines



Gebäudedaten

Gebäudetyp	Nichtwohngebäude	
Baujahr	ca. 1880	
Gebäudehüllfläche A	3885,58	m²
Bruttogrundfläche	2.709,00	m²
Nettogrundfläche:	2.167,20	m²
Volumen brutto Ve:	12.010,17	m³
Volumen netto:	9.608,14	m³
Verhältnis A/Ve	0,32	
Fensterfläche:	412,8	m²

Das Objekt befindet sich in der St.-Jakobi-Straße 3 in 39218 Schönebeck / Elbe.

Die Schule wurde um ca. 1850 als klassischer Backsteinbau 3-geschossig mit teilweiser Unterkellerung errichtet. Zur Jahrhundertwende wurde das Gebäude um weitere Klassenräume samt Treppenhause erweitert.

Die Stadt Schönebeck (Elbe) liegt regionalgeographisch im Bundesland Sachsen-Anhalt, im Salzlandkreis. Das Schulgelände besteht aus den Flurstücken 10672, 10100, 10283, 4194/88, 88/1, 88/11 in der Flur: 1, Gemeinde /Gemarkung: Schönebeck (Elbe).

Das Grundstück befindet sich im Eigentum der Stadt Schönebeck.

Die Nutzung erfolgt ebenfalls durch die Stadt Schönebeck in Form der vorhandenen und weiterhin geplanten Grundschule.

Eine Besichtigung zur Bestandsaufnahme erfolgte am 06.09.2016 sowie am 14.09.2016 bei der die

Fassade, die jeweiligen Geschossdecken sowie die Fenster und Türen erfasst wurden. Zur Analyse des Bauteilaufbaus der Geschossdecken wurden zusätzlich Kernbohrungen durchgeführt.

Gesamtheitlich betrachtet besteht ein erheblicher Sanierungsstau an diesem Gebäude.

2.2. Regelbauteile

2.2.1. Grenzflächen seitlich (Außenwände)

Die Außenwände bestehen aus Vollziegelmauerwerk, die Wandstärken betragen im Erdgeschoss bis 1. Obergeschoss 40 bzw. 50 cm. Ab dem 2. Obergeschoss liegt ein 40 cm starkes Mauerwerk vor. Die Innenseiten sind in der Regel mit einem ca. 2cm starken Kalkputz versehen sowie gestrichen bzw. tapeziert. Die Außenfassade wurde als Sichtmauerwerk ausgeführt und enthält verschiedene Zierelemente wie Segmentbögen oberhalb der Fenster und Türöffnungen sowie Simsvorsprünge im Bereich der Etagenübergänge. Entsprechend des Gebäudealters sind Schäden wie, Abplatzungen, Verwitterung der Ziegel sowie stellenweise Rissbildung in der Fassadenfläche als auch im Sockelbereich erkennbar.



Fassade Teilansicht Ost

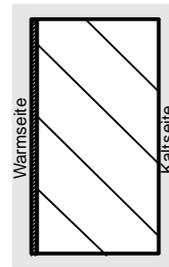


Giebel Ansicht Süd



Schadhaftes Ziegelmauerwerk und Sockelbereich

Die U-Werte der seitlichen Außenhülle betragen zwischen **0,99-1,44 (W/m²k)**



Aufgrund des nicht erfüllten Mindestwärmeschutz und den daraus resultierenden geringen U-Werten der Außenwände, ist eine energetische Sanierung der Fassadenfläche zu empfehlen.

2.2.2. Grenzflächen nach oben (Geschossdecken)

Den oberen Abschluss der thermischen Gebäudehülle bildet die Holzbalkendecke zum belüfteten Dachraum (Kaltdach). Die oberste Geschossdecke ist ungedämmt und als Holzbalkendecke ausgeführt.

Aufbau oberste Geschossdecke

- **von oben nach unten**
 - Teppich/ PVC-Bodenbelag 0,5 cm
 - Holzdielung 2,5 cm
 - Holzbalkenlage mit Einschub 20 cm
 - Holzbeplankung 2,0
 - Kalkputz auf Schilfrohrmatte 2,0

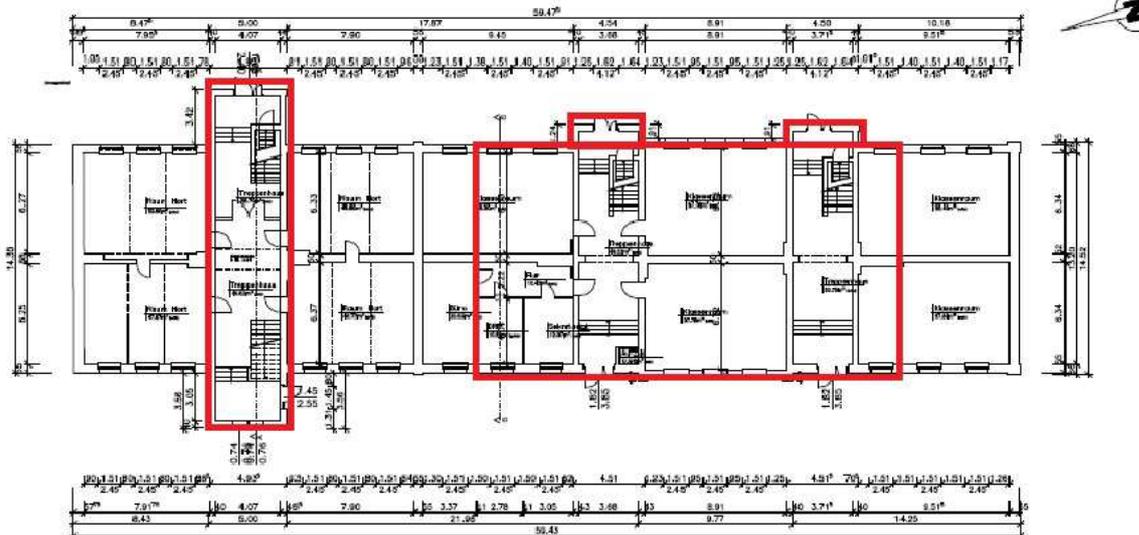
erfasster U-Wert 0,62 (W/m²k)



Es empfiehlt sich oberhalb der Geschossdecke eine Dämmlage aus Mineralwollplatten bzw. Polystyrol-Dämmplatten vollflächig und begehbar auszulegen.

2.2.3. Grenzflächen nach unten

Die untere Abgrenzung der thermischen Hülle bilden die Böden des Hochparterre-Geschosses. Der Aufbau der Fußböden unterteilt sich in einen unterkellerten und nicht unterkellerten Bereich des Gebäudes.



unterkellerte Bereiche rot markiert

In den nicht unterkellerten Bereichen wurden anhand von Kernbohrungen verschiedene Aufbauten festgestellt.

Aufbau Fußboden – Südtrakt (gegen Erdreich)

- von oben nach unten
- PVC, Teppich, Laminat 0,5 cm
- Holzwerkstoffplatte mit Ausgleichsschüttung oder Estrich 7cm
- zementgebundene Holzwerkstoffplatte 3cm
- ggf. bitum. Abdichtungslage 0,5 cm
- Holzdielen 2,5 cm
- Holzbalkenlage 16 cm
- kapillarbrechende Kiesschicht ca.25cm



Aufbau Fußboden – Nordtrakt (gegen Erdreich)

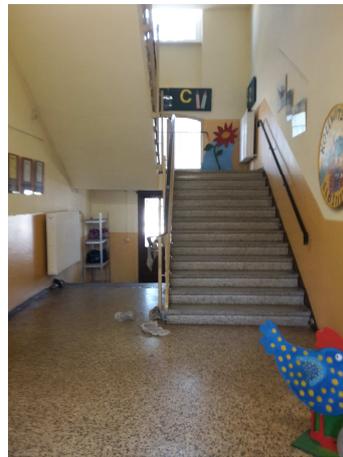
- von oben nach unten
- PVC-Fußbodenbelag 0,5 cm
- Estrich 7,5 cm
- Betonplatte(bewehrt) 10 cm
- kapillarbrechende Kiesschicht ca.25 cm



Der Begehung der Kellerräume ergab dass die Kellergeschossdecke als Kappendecke ausgeführt wurde. Der Aufbau der Geschossdecke stellt sich wie folgt dar.

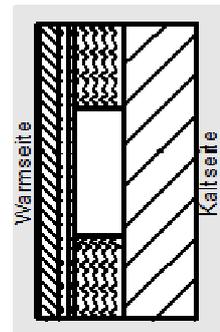
Aufbau Fußboden - Flure/Treppenhaus (unterkellert)

- von oben nach unten
 - Granit/Fliesen/Terrazzo Bodenbelag ca. 5 cm
 - Betonestrich ca. 10 cm
 - Schüttung aus ggf. Koksasche oder Kies 9 cm
 - Kappendecke (Ziegelstein) 12 cm



Aufbau Fußboden - Klassenräume (unterkellert)

- von oben nach unten
 - PVC, Teppich, Laminat 0,5 cm
 - Holzwerkstoffplatte mit Ausgleichsschüttung oder Estrich 7 cm
 - zementgebundene Holzwerkstoffplatte 3 cm
 - ggf. bitum. Abdichtungslage 0,5 cm
 - Holzdielung 2,5 cm
 - Holzbalkenlage 16 cm
 - Schüttung aus ggf. Koksasche oder Kies 16 cm
 - Kappendecke (Ziegelstein)



erfassten U-Werte der unteren Geschossdecken betragen zwischen = 0.76 - 1.97 W/m²K

2.2.4. Fenster und Türen (transparente Bauteile)

Zur seitlichen Abgrenzung der thermischen Hülle gehören die Fenster. Diese bestehen im gesamten Schulbau aus Kunststoffrahmen mit 2-Scheibenisolierverglasung. Das ungefähre Alter der Fenster wird auf 22 Jahre geschätzt.

Aufgrund des geschätzten Bauteilalters und des technisch nicht einwandfreien Zustand der Fenster, ist auch hier eine Sanierung aus energetischer Sicht der Bauteile sinnvoll.

Der Austausch der Fenster wird in Verbindung mit einer Außenwanddämmung empfohlen.



erfasste U-Werte der Fensterelemente betragen ca. 2,9 (W/m²k)

Energetisch relevant sind auch die Holzeingangstüren im Schulgebäude. Die Türen weisen Gebrauchspuren und verzogene Türflügel, sowie teilweise nicht vorhandene umlaufende Dichtungen auf. Hier besteht die Möglichkeit durch einen Tischlereibetrieb die Türen wieder aufzuarbeiten. Allerdings wird empfohlen das im Zuge einer energetischen Sanierung der Fassade und Fenster auch die Außentüren erneuert werden. Die Kosten des Austausches dürften sich nicht wesentlich von einer Aufarbeitung der Türen unterscheiden.

Die Glasfensterelemente der Türen sind in der Vergangenheit teilweise mit einer 2-Scheibenisolierverglasung versehen worden



Die Türen der Klassenräume bestehen zum Teil aus Stahlblechtüren bzw. aus Vollholz oder Holzwerkstoff.

erfasste U-Werte der Holzeingangstüren 3,0 (W/m²k)

2.3. Wärmebrücken

Wärmebrücken sind Punkte, Winkel und Flächen der Gebäudehülle, an denen gegenüber den übrigen Bauteilen erhöhte Transmissionen stattfinden. Man unterscheidet geometrische und konstruktive, lineare und flächenhafte Wärmebrücken.

Bei dem bewerteten Schulgebäude wurden auch Wärmebrücken vorgefunden.

Diese sind überwiegend im Bereich der Heizkörpernischen zuvor beschriebener Außenwände anzutreffen, sowie an Übergängen zu oberen und unteren abschließenden Bauteilen.

Die Wärmebrücken können durch eine Außenwanddämmung größtenteils beseitigt werden.



Wärmebrücken im Bereich Heizungs- und Fensterischen



Wärmebrücken im Bereich Fassade Geschossübergänge

2.3.1. Wärmebrücken pauschal ohne weiteren Nachweis

Bei der Berechnung des Verlustes durch die Wärmebrücken wurde bei jedem verwendeten Bauteil ein Aufschlag auf den U-Wert von $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, berücksichtigt.

Dabei wurden $0,0 \text{ m}^2$ Oberfläche ausgenommen (z.B. Vorhangfassade).

ursprünglicher mittlerer U-Wert $1,010 \text{ W/m}^2\text{K}$ [Abminderungsfaktoren sind berücksichtigt]

neuer mittlere U-Wert $1,110 \text{ W/m}^2\text{K}$

Transmissionsverlust erhöht sich um $9,90 \%$

$Q_{wb} = 32182 \text{ kWh/a}$

2.4. Anlagentechnik

Die Anlage, die das Schulgebäude, als auch die Sporthalle mitversorgt, wird auf ein Alter von rund 22 anhand der verbauten Regeltechnik geschätzt. Der Ort der Übergabestation befindet sich im Kellergeschoss des Grundschulgebäudes.

Die Heizwärmebereitung wird mit insgesamt 470KW Leistung sichergestellt, womit auch Warmwasser für Duschanlagen im Bedarfsfall bereitgestellt werden kann. Es erfolgt eine prozentuale Aufteilung der Heizleistung für die jeweiligen Versorgungsbereiche Schule und Turnhalle nach Fläche zu 77% / 23%.

Eine zentrale Trink-Warmwasserbereitung ist nicht vorhanden.



Verteilung der einzelnen Heizkreise mit Wärmemengenzählern und Effizienzpumpen



2.4.1. Wärmeübergabesysteme in der Schule

Zone: Schulgebäude
Heizkörper, Raumhöhe = 4m zugeordnete Zone: Schulgebäude (Hauptzone) Radiatortype: Heizkörper, Raumhöhe = 4m Regelung : P-Regler 2-K Anordnung : Außenwand Deckungsanteil: 100%
Verteilleitungen Leitung: Heizwasser Art: Verteilung, innenliegend Art: Strang Art: Anbindung Verlegung frei /Installationswand

2.4.2. Wärmeerzeuger

NahFern 1:
Baujahr: 1995
Aufstellort: in einer beheizten Zone mit 20°C
Heizungstype: Nah oder Fernwärme
Energieträger: Nah/Fernwärme Heizwerk fossil
Nennleistung Fernwärme- Hausstation: 362.00 kW
kombinierte Erzeugung: Vorrangbetrieb
Art der Fernwärme: Wasser, niedrige Temperatur
Dämmklasse Primar/Sekundär: Primär5 - Sekundär4
Vorlauftemperatur: 70 °C
Rücklauftemperatur: 55 °C
Regelung innerhalb der Station

2.4.3. Verteilleitungen

Das Rohrleitungsnetz innerhalb des Schulgebäudes ist größtenteils nicht isoliert. In ungenutzten und unbeheizten Gebäudebereichen, wie Dachboden und Keller ist teilweise eine marode Dämmung von weniger als 50 % Isolierstärke vorhanden. Anfang der 90er-Jahre wurden die Thermostatventile nachgerüstet.



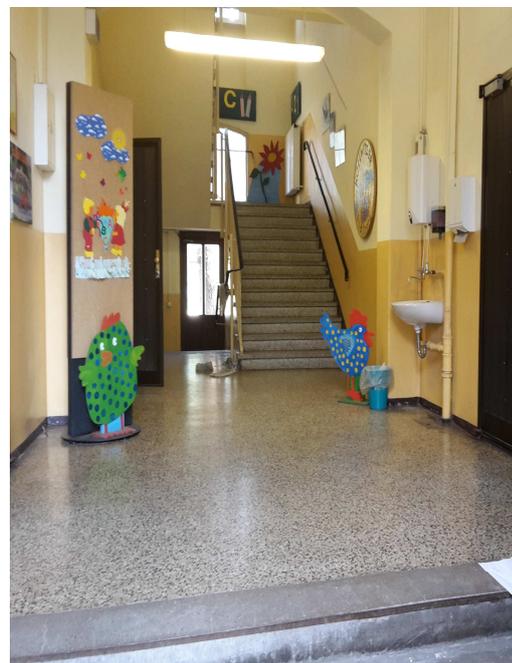
2.5. Beleuchtung

2.5.1. Beleuchtung der Gebäudezone

Beleuchtungsfläche:	2167.2 [m ²]
Zonenanteil:	100.0 [%]
Berechnungsmodus:	Simple2D unter Berücksichtigung des Nutzungsprofils
Brüstungshöhe:	0.80 [m]
Sturzhöhe:	2.80 [m]
Leuchtmittel:	stabförmige Leuchtstofflampe mit verbesserten Vorschaltgerät VVG
Beleuchtungsart:	direkt
Verfahren:	Tabellenverfahren
Präsenzkontrolle:	manuell
Konstantlichtregelung:	nein
Tageslichtkontrollsystem:	manuell



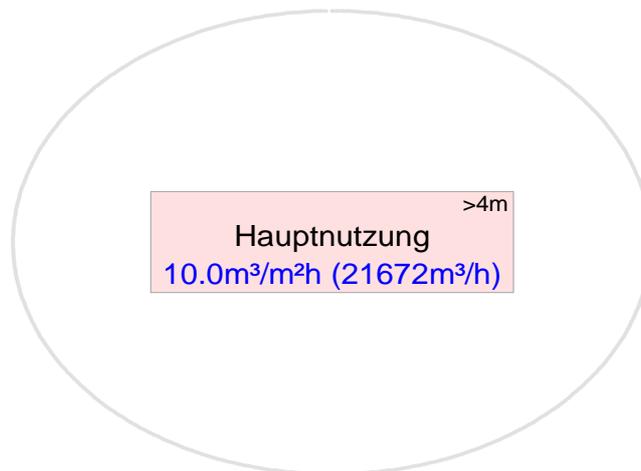
Beleuchtung der Klassenzimmer mit Leuchtstoffröhren



Beleuchtung der Flure mit Leuchtstoffröhren

2.6. Beschreibung und Bewertung der Lüftung

Die Lüftung erfolgt natürlich über Fenster (Kipp- und Stoßlüftung) in dem Betriebsanbau und über die Wärmeluftheizung sowie RLT in den Glasbausteinelementen in der Turnhalle.



>4m = Raumhöhe ist >4m

2.7. Verbrauchsdaten

2.7.1. Erfasste Verbrauchsdaten Wärme und Strom Grundschule

2011		2012		2013	
Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom
kwh		kwh		kwh	
302.037,81	8.001,00	313.318,01	8.834,00	320.513,89	8.434,00
Klimabereinigt	1,13	Klimabereinigt	1,05	Klimabereinigt	1,02

Mittelwert Wärme: 311.956,57kwh

Mittelwert Strom: 8.423,00 kwh

Gesamt Energieverbrauch: 320.379,57 kwh/a

Bedarfswert Endenergie ermittelt: 476.522,00 kwh/a

Die Energieverbräuche gehen aus den übergebenen 2011 bis 2013 Verbrauchsabrechnungen hervor. Da die Verbrauchsabrechnungen der Heizenergie nur gemeinsam für das Schulgebäude und Turnhalle der Käthe-Kollwitz Grundschule Schönebeck (Elbe) erfasst wurden, wird der Verbrauch für beide Gebäude nur anteilig über die Nettogrundfläche angegeben. Die prozentuale Aufteilung liegt bei 77 % des Verbrauches beim Schulgebäude die restlichen 23 % werden der Turnhalle zugeschrieben. Der Stromeinsatz der Grundschule dient überwiegend der Beleuchtung.

2.8. Energiebilanz Grundschule

Die Energiebilanz eines Gebäudes ergibt sich aus den Energiezu- und Energieabflüssen. Die Energiezuflüsse werden durch die inneren Quellen (Abwärme durch Personen und Geräte), die solaren Gewinne (Solarstrahlung durch Fenster) und Umweltgewinne (Erdwärme, selbst erzeugter Strom etc.) sowie die Zuführung in Form von Energieträgern (Strom, Erdgas etc.) in das Gebäude gekennzeichnet. Die Energieabflüsse werden durch die Transmissionen durch die Gebäudehülle, Lüftungsverluste, Bereitstellung von Trinkwarmwasser, Anlagenverluste (Heizung, RLT, Kälte) und die Beleuchtung gekennzeichnet.

2.8.1. ENEV-ENDERGEBNIS

Jahres-Primärenergiebedarf Q''_P :

289,6 [kWh/m²a]

bezogen auf die beheizte Nettogrundfläche

maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf:

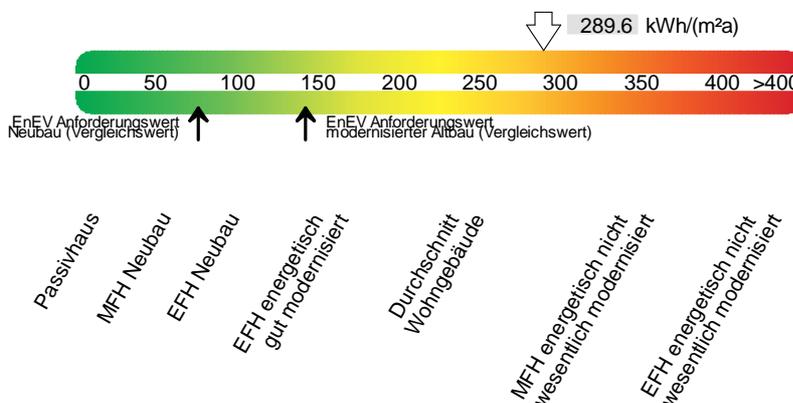
142.7 [kWh/m²a]

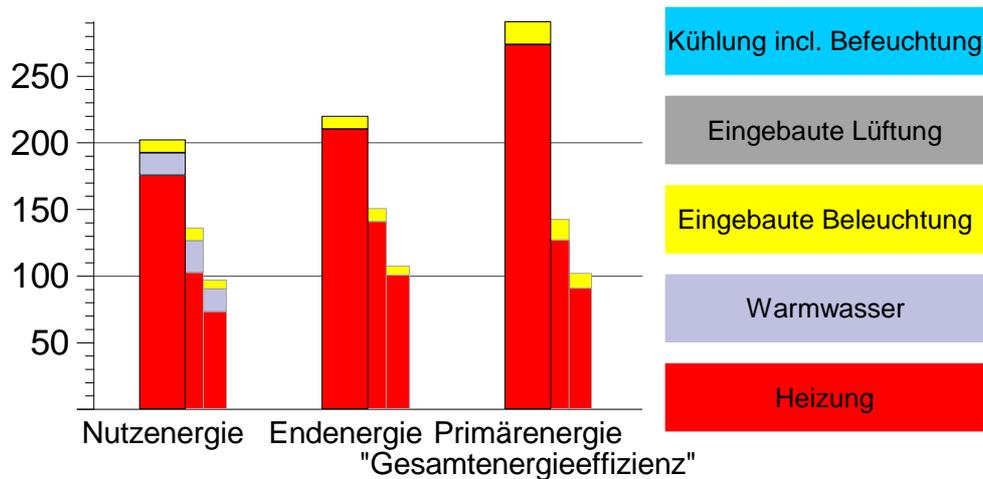
Bauteil		Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten bezogen auf die Mittelwerte der jeweiligen Bauteile	
		Zonen $\geq 19^\circ\text{C}$	Zonen 12 bis $< 19^\circ\text{C}$
1	Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeile 3 und 4 enthalten	Ist $U = 0.88 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ max $U = 0.49 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$!	----- max $U = 0.50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
2	Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeile 3 und 4 enthalten	Ist $U = 2.50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ max $U = 2.66 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ✓	----- max $U = 2.80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
3	Vorhangfassaden	----- max $U = 2.66 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	----- max $U = 3.00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
4	Glasdächer, Lichtbänder Lichtkuppeln	----- max $U = 4.34 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	----- max $U = 3.10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Ist-Zustand

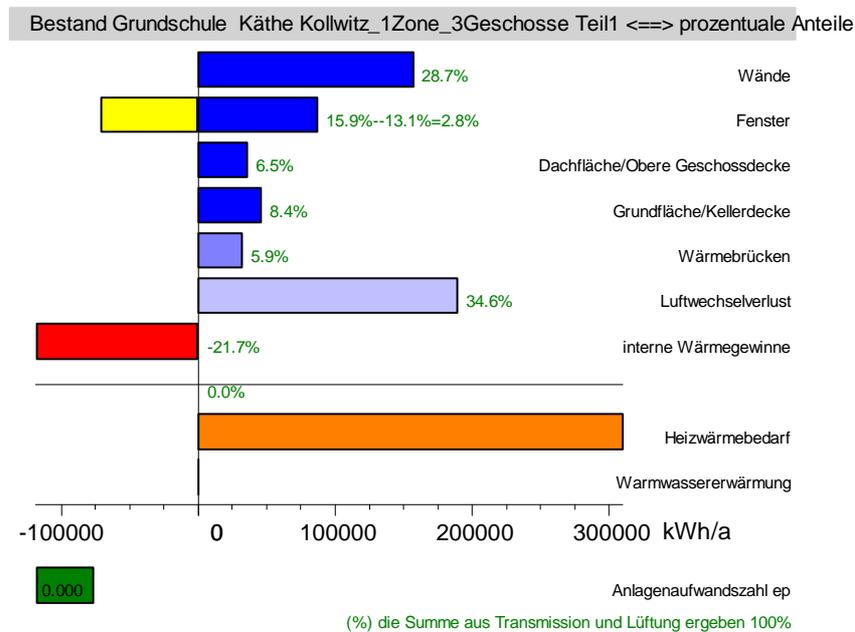
170214BI_SBK_Käthe-Kollwitz_Grundschule_Bestand_Energiebilanznachweis

CO₂-Emissionen 91.1 [kg/(m²*a)]





Im Vordergrund sind die Energieanteile des berechneten Gebäudes zu sehen. Die Balken im Hintergrund sind zum Vergleich die Werte des Referenzgebäudes



Hinweis: Sollte es zu Abweichungen in den Energieflüssen kommen, so liegt das in dem für die DIN V 18599 begründeten Berechnungsverfahren, bei dem Verluste teilweise Gewerke übergreifend zugeordnet werden

2.8.2. KfW-Ergebnisdaten Energieeffizienzprogramm

Der Jahres-Primärenergiebedarf Q_p für das unsanierte Gebäude: 289,6 kWh/(m²a)

Der Jahres-Endenergiebedarf Q_e für das unsanierte Gebäude: 219,5 kWh/m²a

Der H'T Wert des Referenzgebäudes beträgt: 0.386 W/(m²K)

Der H'T Wert des Gebäudes beträgt: 1,094 W/(m²K) (183,65% schlechter als das Ref-Gebäude)

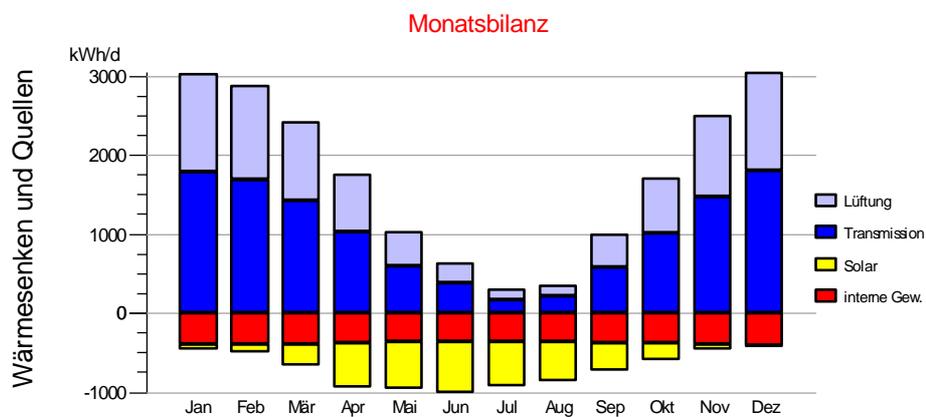
Der CO₂-Ausstoß des Ist Gebäudes beträgt: 148937 kg/a

Die hier angegebenen H'T-Werte sind ausschließlich für die KfW bestimmt und stehen in keinem Zusammenhang mit der aktuellen EnEV!

Zonenübersicht

Zonenname	Profil	NGF m ²	Anteil %	Vol m ³	netto Vol. m ³
Hauptnutzung	>8 Klassenzimmer (Schulen)	2167.2	100.0	12010.2	9608.1

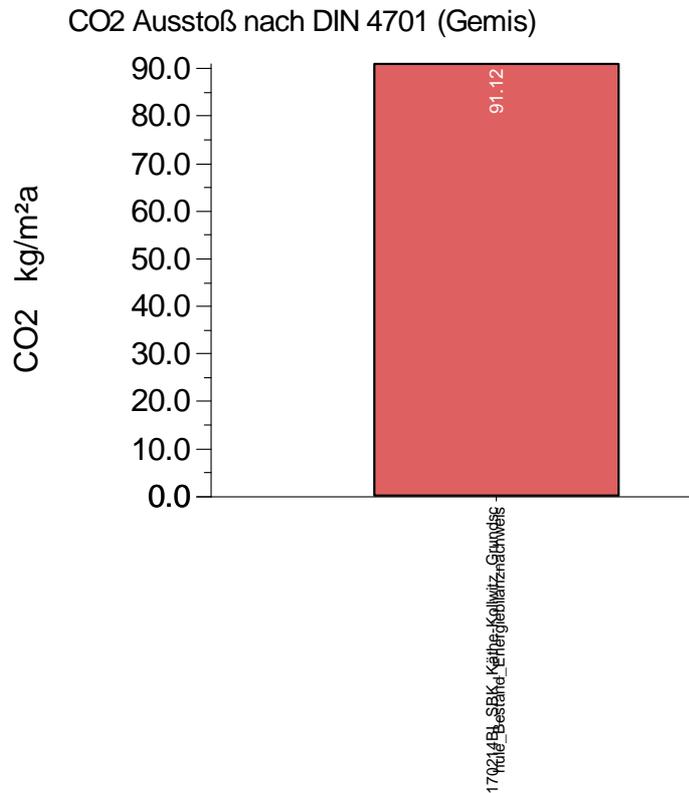
Gewinne und Verluste



Darstellung der Wärme- Gewinne und Verluste im Bestand

	Wärme-Gewinne (kwh/a)	Wärme-Verluste (kwh/a)
Transmission	0	22833,2
Lüftung	0	11395,7
Solar	8034,00	150,6
Intern	4669,7	0

2.8.3. Endenergie / CO₂ Ausstoß



				bezogen auf die		
				absolut		
				Nutzfläche 2167.2 m ²		
Endenergie		CO ₂	Bedarf	CO ₂	Bedarf	CO ₂
		kg/kWh	kWh/a	kg/a	kWh/m²a	kg/m²a
1	Strom-Mix	0.617	18251	11261	0.00	5.20
2	Nah/Fernw.Heizwerk.fossil	0.407	457509	186206	0.00	85.92
Summe			475761	197467	0.00	91.12

Als Berechnungsgrundlage des CO₂ Ausstoßes wurden GEMIS 4.13 Werte (www.gemis.de) verwendet

2.8.4. Schadstoffausstoß

Energieträger	NO _x	NO _x	CO	SO ₂	Staub
	kg/m²a	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a
Strom-Mix	0.005	11.52	3.72	7.03	0.99
Nah/Fernw.Heizwerk.fossil	0.115	250.26	253.46	251.63	5.49
SUMME	0.121	261.77	257.18	258.66	6.48

3. Verbesserungsmaßnahmen

3.1. Vorgehensweise der Bewertung

Die Analyse des Gebäudes zeigt ein erhebliches Einsparpotenzial für den Energiebedarf. Eine Sanierung kann wesentlich zur Verbesserung des Gebäudestandards (energetisch, marktspezifisch) und zur Verringerung des Energieverbrauchs beitragen. Die Berechnung des Energiebedarfs nach Sanierung erfolgt mit angepassten Randbedingungen. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurde von einer Energiepreiserhöhung von 4,00 % bis 7 % sowie einem Zinssatz von 3,5 % ausgegangen.

3.2. Maßnahme 1

3.2.1. Variante 1 Dämmung obere Geschossdecke und Kellerdecke

Beschreibung

Diese Maßnahme stellt eine einfache und in kurzer Zeit ausführbare Variante zur Energieeffizienten Verbesserung dar.

Im Bereich der oberen Geschossdecke erfolgt das Auslegen von Polystyrolhartschaum-Dämmplatten mit einer Dämmstärke von 20 cm auf die vorhandene Geschossdecke des Schulgebäudes.

Als Material kommen im vorliegenden Fall feuchtigkeitsunempfindliche Hartschaum-Dämmplatten mit Stufenfalzen oder mehrlagig versetzt in Frage. Um einen Tauwasserausfall im Bereich der Dämmlage zu vermeiden wird unterhalb der Dämmung eine Dampfsperre vorgesehen. Zusätzlich wird die Dämmlage mit Holzwerkstoffplatten versehen um im Wartungsfall des Dachraumes die Begehbarkeit zu gewährleisten.

Zur energetischen Verbesserung der Kellerdecke, kann unterhalb dieser Dämmung in Form von Dämmplatten (mechanisch befestigt) oder bei ungleichmäßigen und stark mit Versorgungsleitungen versehenen Kellerdecken alternativ eine Dämmung mittels Sprühsystem erfolgen.

Wichtig in beiden Fällen ist im Übergangsbereich Wand zu Decke, das Vorsehen eines Dämmstreifen von mindesten 50 cm um einen Verlust durch entstehende Wärmebrücken zu vermeiden bzw. zu minimieren

Bei einer nachträglichen Kellerdeckendämmung darf ein U- Wert von 0,3 W/ (m²K) laut der geltenden Energieeinsparverordnung jedoch nicht überschritten werden

Dämmung obere Geschossdecke:

Die vorläufige Kostenschätzung mit 65 €/ m², ist seitens der Stadtverwaltung Schönebeck (Elbe) durch Einholung von Angeboten genauer zu ermitteln.

U-Wert neu: 0,136 W/m²K < U-Wert alt: 0,621 W/m²K. **Dies ergibt eine Verbesserung um rund 79%. geforderter Wert nach EnEV Anhang 3 beträgt 0.24 W/m²K.**

Dämmung Kellerdecke :

Die vorläufige Kostenschätzung mit 75 €/ m², ist seitens der Stadtverwaltung Schönebeck (Elbe) durch Einholung von Angeboten genauer zu ermitteln.

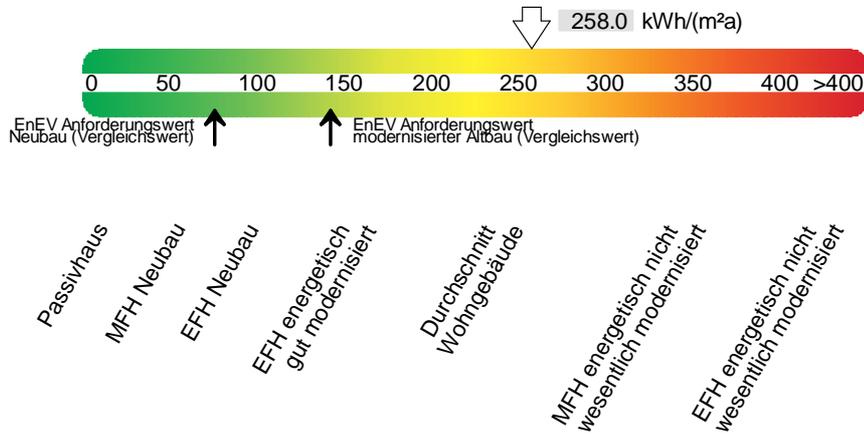
U-Wert neu: 0,278 W/m²K < U-Wert alt: 1,358 W/m²K. **Dies ergibt eine Verbesserung um rund 80%. geforderter Wert nach EnEV Anhang 3 beträgt 0.30 W/m²K.**

Die Gesamtkosten dieser Maßnahme werden auf ca. **85.519,00 €** veranschlagt. Es wird Aufgrund der Lage (Witterungsgeschützter begehbare Bereich) von einer **lebenslangen Nutzungsdauer** ausgegangen.

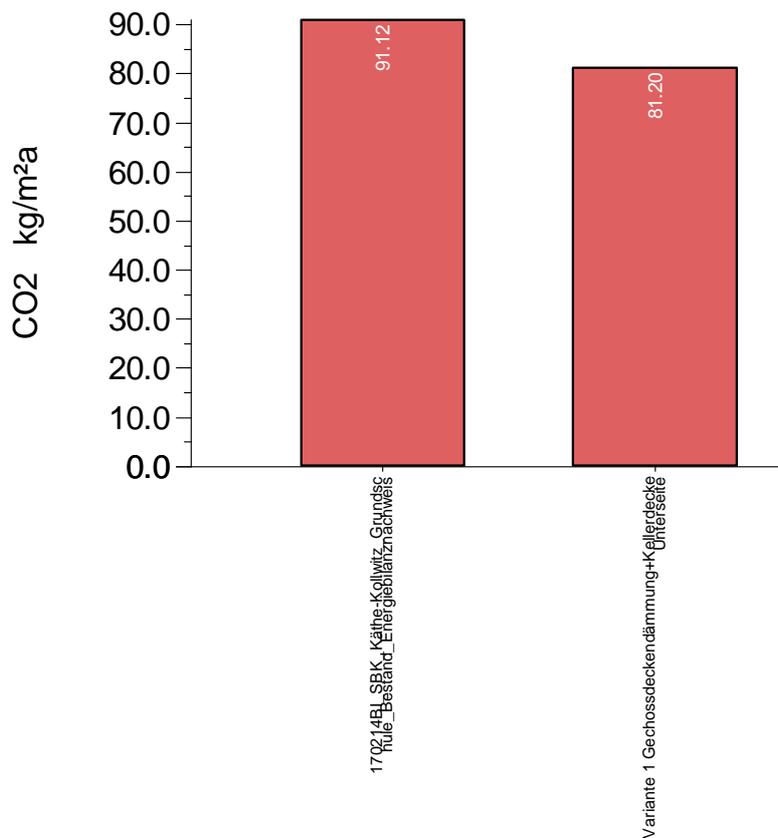
Diese Maßnahme wird in der/den folgende/n Variante/n verwendet: 1= Dämmung obere Geschossdecke + Kellerdecke, 4-5= Gesamtpaket aus 1 bis 3+EWP

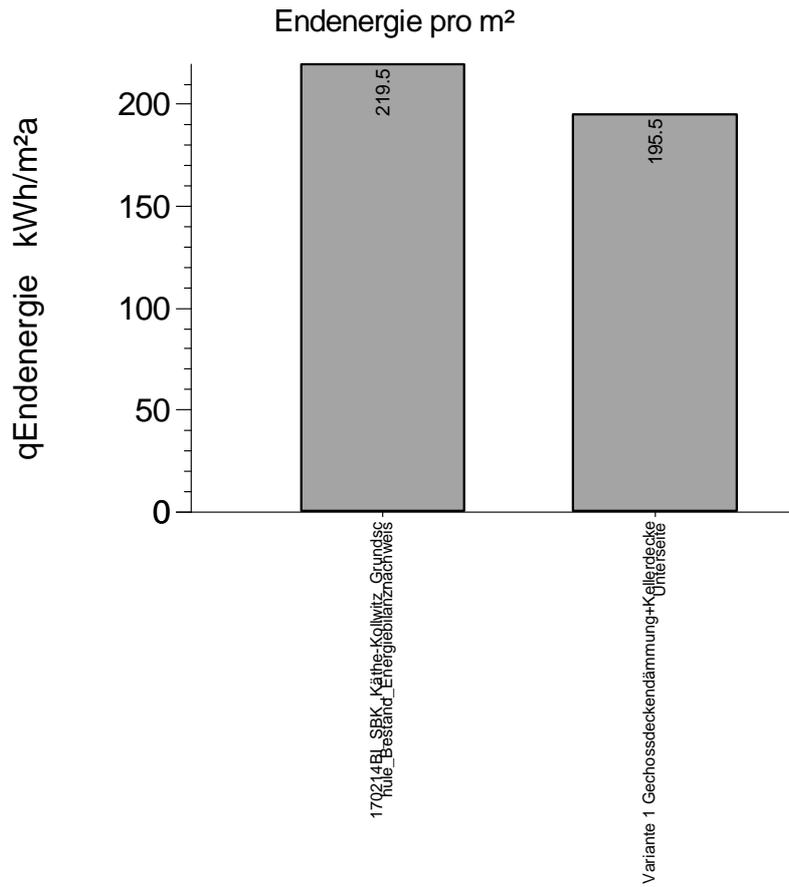
Sanierungsvariante
Variante 1 Gechosdeckendämmung+Kellerdecke Unterseite

CO2-Emmissionen **81.2** [kg/(m²*a)]

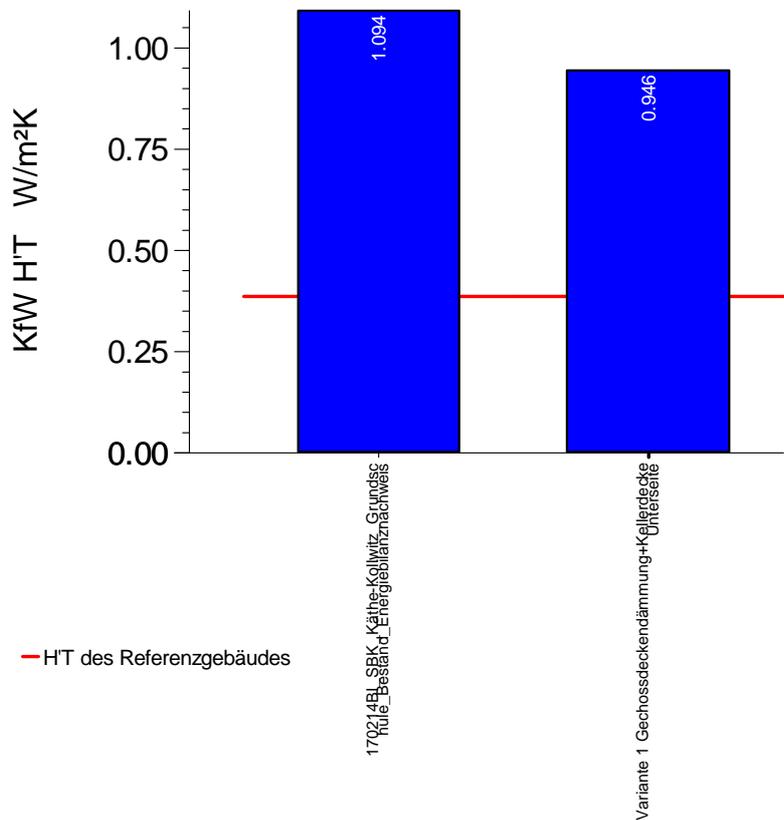


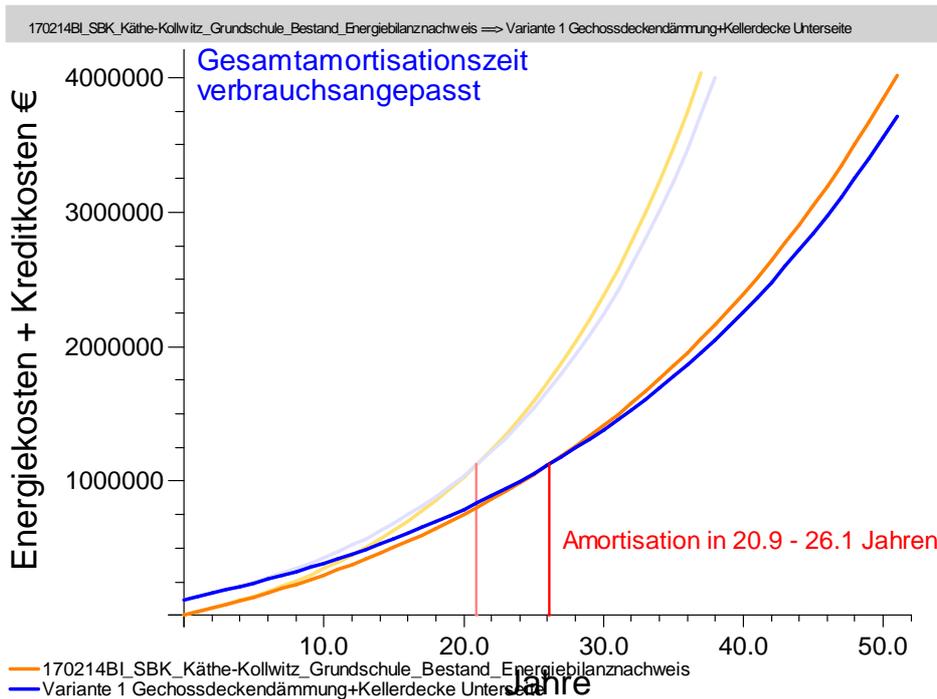
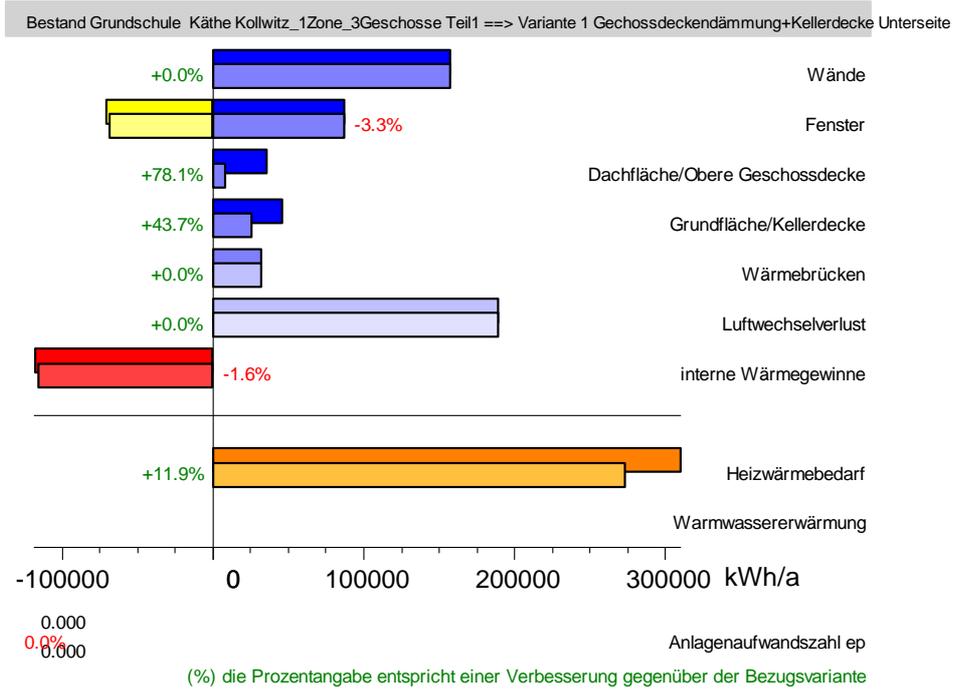
CO2 Ausstoß nach DIN 4701 (Gemis)





Qualität der Gebäudehülle (H'T und H'T Referenzgebäude)





Gesamtübersicht Kennwerte Variante 1

Variante		Variante 1
Q"p	kWh/m²a	258
Q"p max	kWh/m²a	142,7
gew.U-mittel ist	W/m²K	0,877
gew.U-mittel max	W/m²K	0,703
KfW H'T	W/m²K	0,946
KfW H'T Ref	W/m²K	0,386
CO2	kg/m²a	81,2
NOx	kg/m²a	0,108
Nettogrundfl.	m²	2167,2
QEndenergie	kWh/a	423698
qEndenergie	kWh/m²a	195,5
Energiekosten	€/a	22495
Kreditkosten	€	119287
Gesamtamortisation	Jahre	26,1
Amortisation Maßnahme	Jahre	26,1
Q"p Ref	kWh/m²a	101,9
H'T Ref	W/m²K	0

Diese Maßnahme erweist sich auf Grundlage der einfachen Ausführungsleistung als wirtschaftliche Maßnahme, sie amortisiert sich bei einer angenommenen Energiepreissteigerung von 4 % nach 24,7 Jahren und reduziert die Energiekosten um **2.677,00 €/a**. Weiter wird eine Einsparung von 10,8 % **Co2 p. kg/m²a** also **9,92 kg/m²a** bei Durchführung dieser Maßnahme erreicht werden.

3.3. Maßnahme 2

3.3.1. Variante 2 Austausch der Fenster und Türen

Die vorhandenen Fenster und Türen besitzen ein hohes Alter und weisen teilweise Schäden auf. Sie sollten durch neue Fenster mit höherer Qualität ersetzt werden. Laut EnEV 2009 wird hier ein Wärmedurchgangskoeffizient $< 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ gefordert (siehe EnEV 2009, Anlage 3, Tabelle 1). Bei Ausführung muss auf Luftdichtigkeit der Rahmenanschlüsse zur Außenwand geachtet werden. Ohne Verbesserung des Außenwand-Wärmedämmstandards besteht die Gefahr des Kondensatniederschlags an den Innenflächen der Außenwand und unter Umständen (z.B. ungünstige Lüftungsbedingungen) Schimmelbildung und Bauschäden.

Über Fenster evtl. einzubauende Rollladenkästen gelten als Schwachstellen, wenn sie nicht wärmegeklämmt ausgeführt werden.

Für den Austausch der Fenster ist ein Lüftungskonzept durch ein Fachplanungsbüro für das Gebäude zu erstellen.

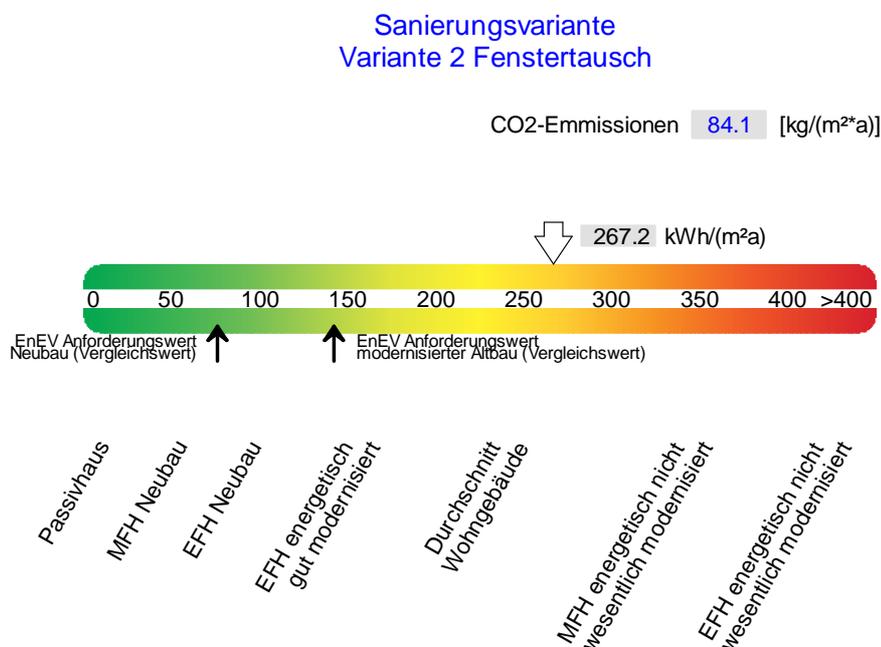
neue Fenster: $0,90 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ geforderter Wert nach EnEV Anhang 3 beträgt $1,3 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
neue Türen: $1,2 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, geforderter Wert nach EnEV Anhang 3 beträgt $1,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

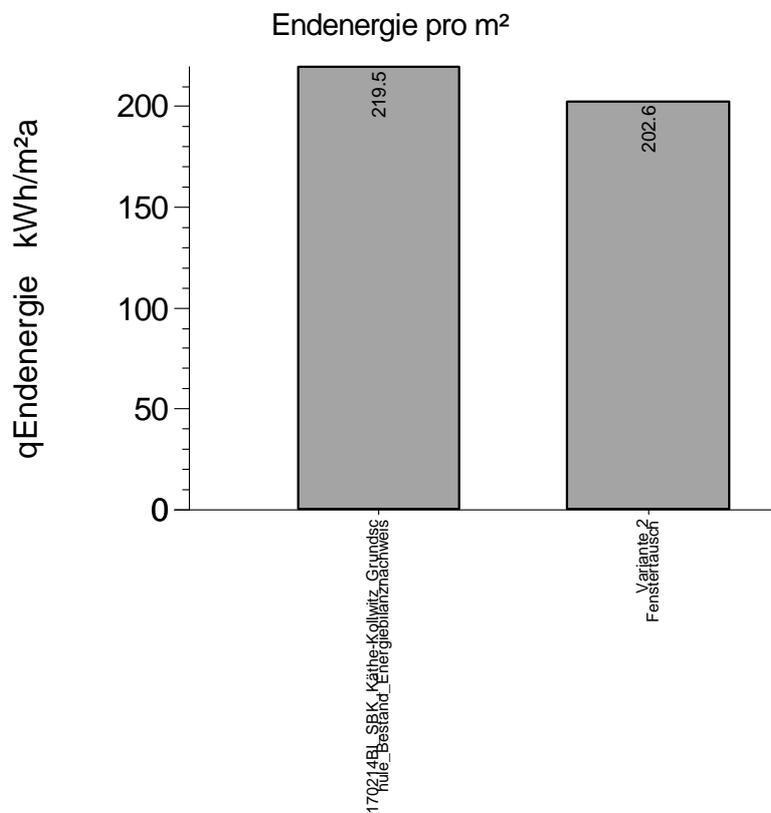
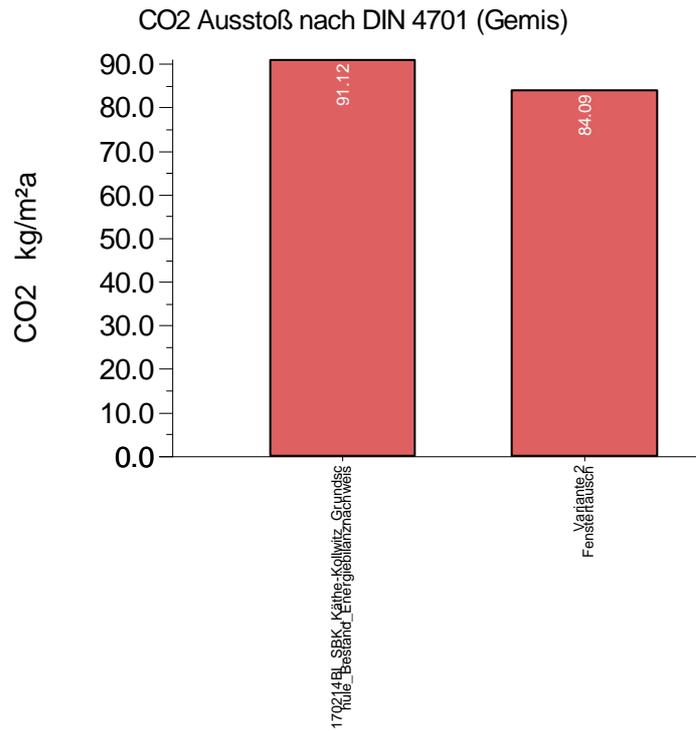
Es ergeben sich Kosten mit $380,00 \text{ €/m}^2$ für die Fensterelemente, $420,00 \text{ €/m}^2$ für die Türelemente

Die Gesamtkosten dieser Maßnahme werden auf ca. **158.259,00 €** veranschlagt.

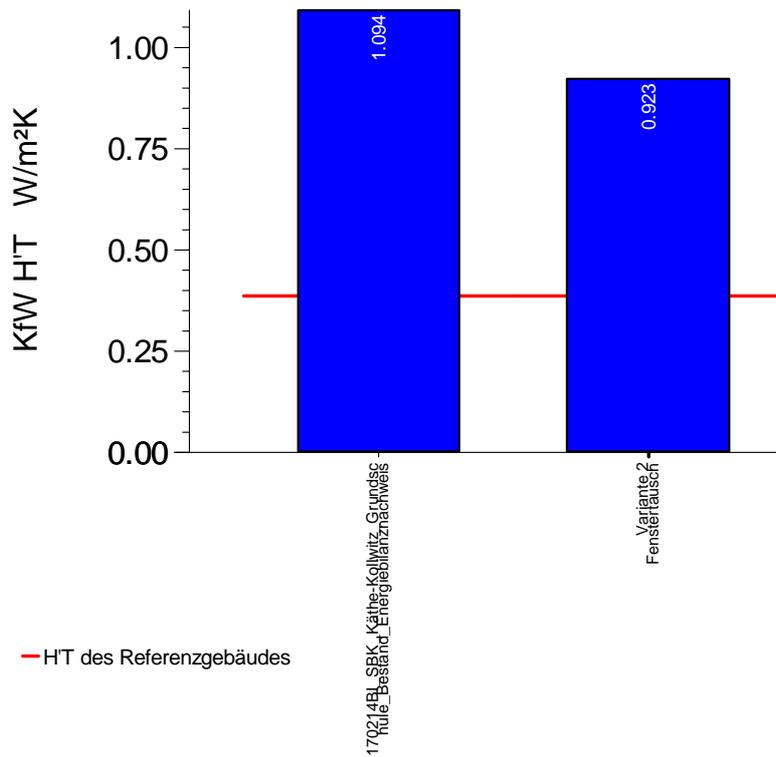
Es wird von einer Nutzungsdauer von 45 Jahren für Aluminiumfenster und -Türen ausgegangen.

Diese Maßnahme wird in der/den folgende/n Variante/n verwendet:
2= Tür- und Fensteraustausch, 4= Gesamtpaket aus 1 bis 3

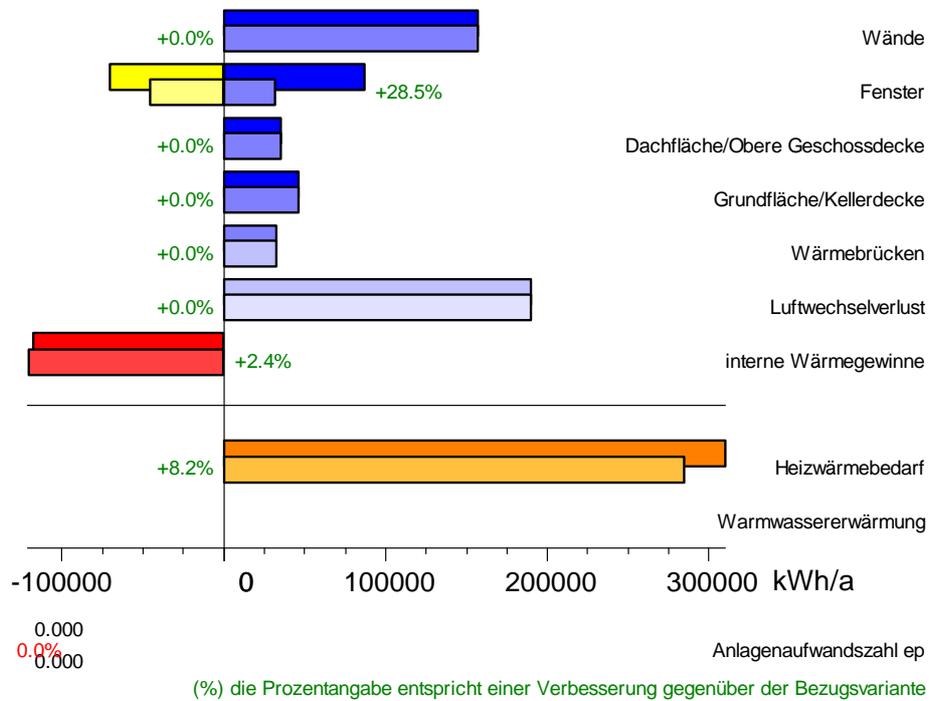


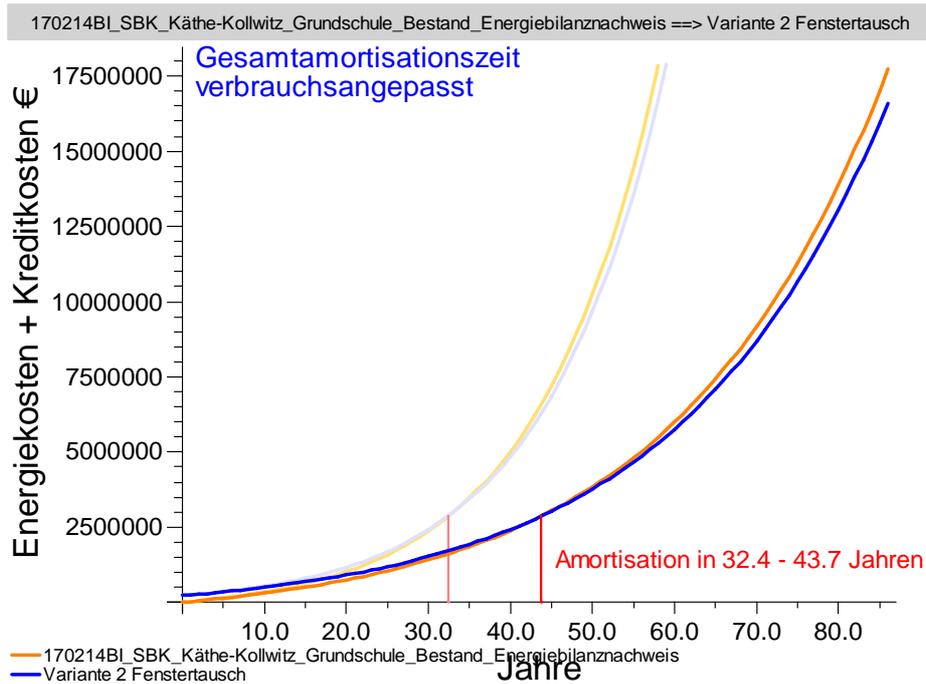


Qualität der Gebäudehülle (H'T und H'T Referenzgebäude)



Bestand Grundschule Käthe Kollwitz_1Zone_3Geschosse Teil1 ==> Variante 2 Tür-/ Fenstertausch





Gesamtübersicht Kennwerte Variante 2

Variante		Variante 2
Q"p	kWh/m ² a	267,2
Q"p max	kWh/m ² a	142,7
gew.U-mittel ist	W/m ² K	0,885
gew.U-mittel max	W/m ² K	0,703
KfW H'T	W/m ² K	0,923
KfW H'T Ref	W/m ² K	0,386
CO ₂	kg/m ² a	84,09
NO _x	kg/m ² a	0,111
Nettogrundfl.	m ²	2167,2
QEndenergie	kWh/a	439017
qEndenergie	kWh/m ² a	202,6
Energiekosten	€/a	23256
Kreditkosten	€	218199
Gesamtamortisation	Jahre	43,7
Amortisation Maßnahme	Jahre	43,7
Q"p Ref	kWh/m ² a	101,9
H'T Ref	W/m ² K	0

Diese Maßnahme amortisiert sich nach erst 43,7 Jahren bei einer angenommenen Energiepreissteigerung von 4 % und reduziert die Energiekosten um ca. 1.916,00 €/a. Weiter kann bei Durchführung dieser Maßnahme eine Einsparung von rund ca. 8 % Co₂ p. kg/m²a ein also 7,04 kg/m²a erreicht werden

3.4. Maßnahme 3

3.4.1. Variante 3 Fassadendämmung (Vorhangfassade)

In dieser Variante wird die Dämmung der Fassade mittels Vorhangfassade betrachtet. Auf die Außenwände des Gebäudes wird ein waagrechtes Trägerwerk aus Holz, Aluminium oder einer Kombination beider Materialien geschraubt. Der Raum dazwischen dient der Dämmschicht. In diesem Fall mit einer Stärke von 20 cm.

Auf die tragende (waagrechte) Konstruktion wird nunmehr senkrecht eine Konterlattung aufgeschraubt. Der entstandene Zwischenraum dient der Luftzirkulation und somit dem Abtransport von Bau- als auch Nutzungsfeuchtigkeit. Zur Luftzirkulation sorgt ein im Sockel und Traufbereich vorgesehener Lüftungspalt von mindestens 50cm²/ m. Dieser erfolgt auch in den Bereichen von Fenster- und Türstürzen.

Das Dämmsystem ist auch in die Laibungen der Fenster und Außentüren "hineinzuziehen" und zur Reduzierung der Wärmebrücke im Sockelbereich nach unten über Bodenplatte/EG Boden zu verlängern. Als unterer Abschluss sollten keine Metallprofile verwendet werden, da diese erhebliche lineare Wärmebrücken bilden. Unabhängig vom Dämmmaterial werden die Innen- Oberflächentemperaturen der gedämmten Bauteile angehoben.

Die Behaglichkeit wird dadurch verbessert, Kondensatniederchlag und die Bildung von Schimmelpilzen auf den wärmebrückenfrei gedämmten Bauteilen ist nahezu ausgeschlossen.

Als Witterungsschutz wird eine Fassadenbekleidung aus zum Teil Eternit bzw. Holzverschalung sowie im Traufbereich aus Titanzinkblechplatten als oberen Abschluss der Fassade zu vorgeschlagen.

Des Weiteren müssen verwendete Bauteile den Anforderungen der Wärmeleitfähigkeit, Verhalten gegen Feuchtigkeit, Druck- und Zugfestigkeit sowie dem Brandverhalten entsprechen.

Vorhangfassade: ca.0,15 W/m²K geforderter Wert nach EnEV beträgt 0,28 W/m²K

Es ergeben sich Kosten mit 269,00 €/ m² für eine Ausführung der Vorhangfassade.

Die Gesamtkosten dieser Maßnahme werden auf ca. 471.114,00 € veranschlagt.

Es wird von einer Nutzungsdauer von mindestens 30 Jahren bei fachgerechter Ausführung des Fassadensystemes ausgegangen.

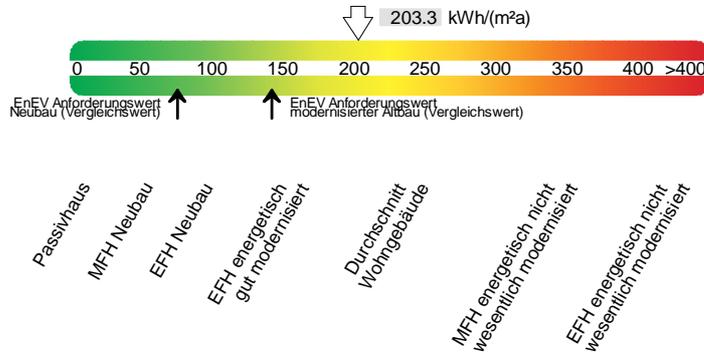
Diese Maßnahme wird in der/den folgende/n Variante/n verwendet:

3= Fassadendämmung (Vorhangfassade), 4= Gesamtpaket aus 1 bis 3

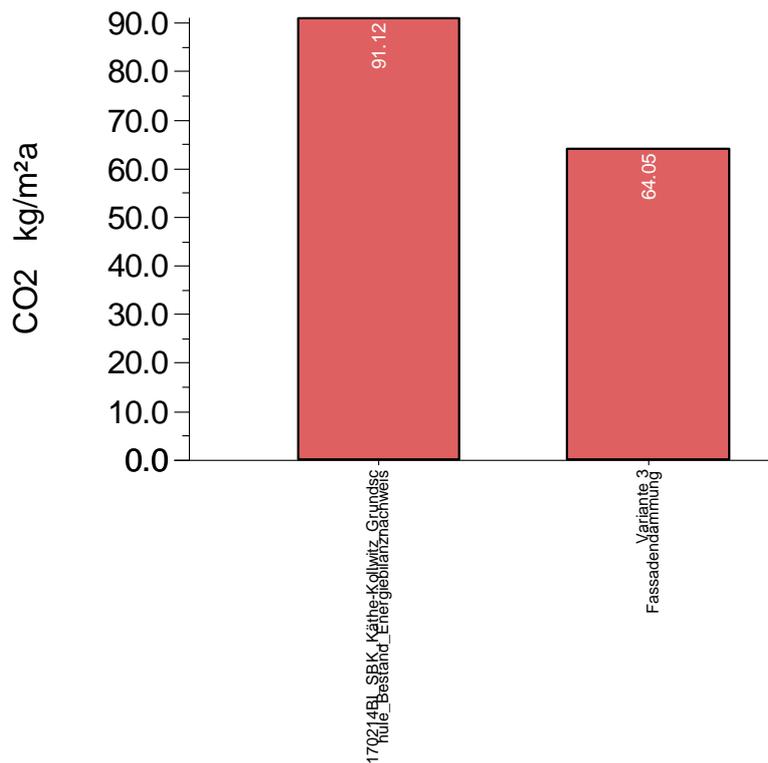
5= Gesamtpaket aus 1 bis 3+ Erneuerung der Fernwärmetechnik

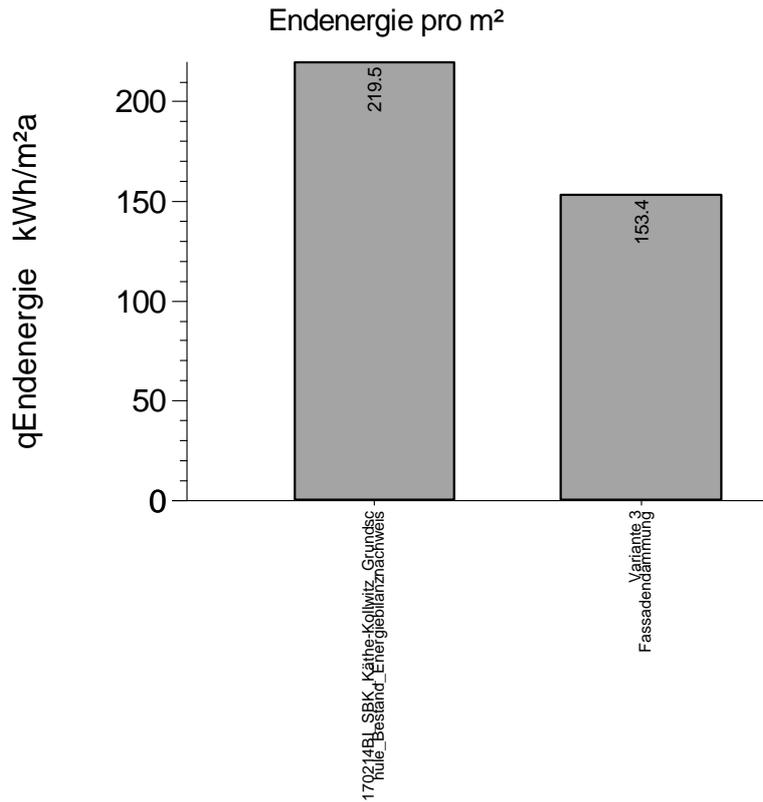
Sanierungsvariante
 Variante 3 Fassadendämmung

CO2-Emissionen 64.1 [kg/(m²*a)]

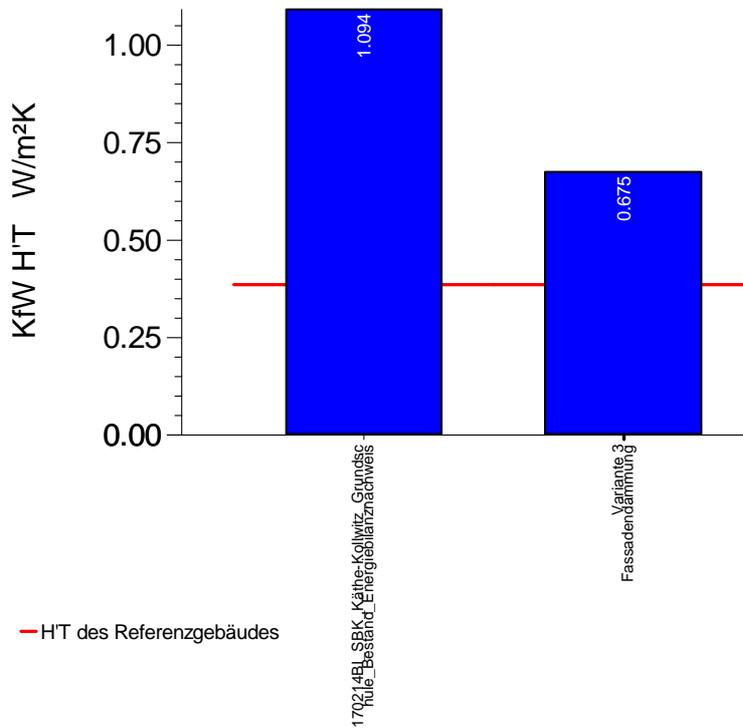


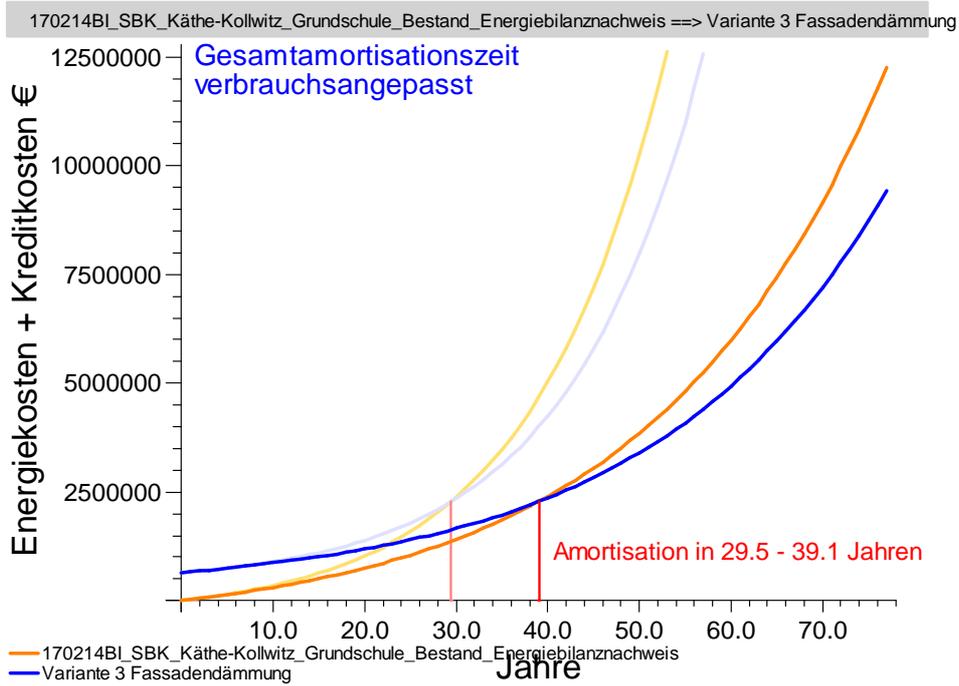
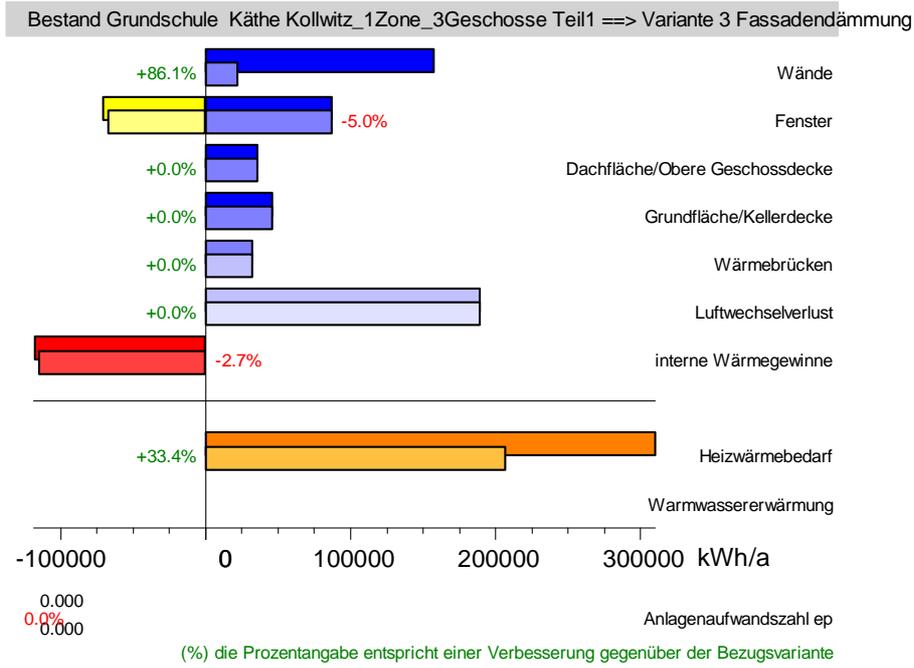
CO2 Ausstoß nach DIN 4701 (Gemis)





Qualität der Gebäudehülle (H'T und H'T Referenzgebäude)





Amortisationszeitraum bei einer Energiepreissteigerung von 4% bis 7%

Gesamtübersicht Kennwerte Variante 3

Variante		Variante 3
Q"p	kWh/m ² a	203,3
Q"p max	kWh/m ² a	142,7
gew.U-mittel ist	W/m ² K	0,619
gew.U-mittel max	W/m ² K	0,703
KfW H'T	W/m ² K	0,675
KfW H'T Ref	W/m ² K	0,386
CO ₂	kg/m ² a	64,05
NO _x	kg/m ² a	0,085
Nettogrundfl.	m ²	2167,2
QEndenergie	kWh/a	332496
qEndenergie	kWh/m ² a	153,4
Energiekosten	€/a	18012
Kreditkosten	€	649542
Gesamtamortisation	Jahre	39,1
Amortisation Maßnahme	Jahre	39,1
Q"p Ref	kWh/m ² a	101,9
H'T Ref	W/m ² K	0

Diese Einzelvariante amortisiert sich nach 39,1 Jahren bei einer angenommenen Energiepreissteigerung von 4 % und reduziert die Energiekosten um ca. 7.160,00 - €/a. Weiter kann bei Durchführung dieser Maßnahme eine Einsparung von rund ca. 30 % Co₂ p. kg/m²a ein, also 27,07 kg/m²a erreicht werden.

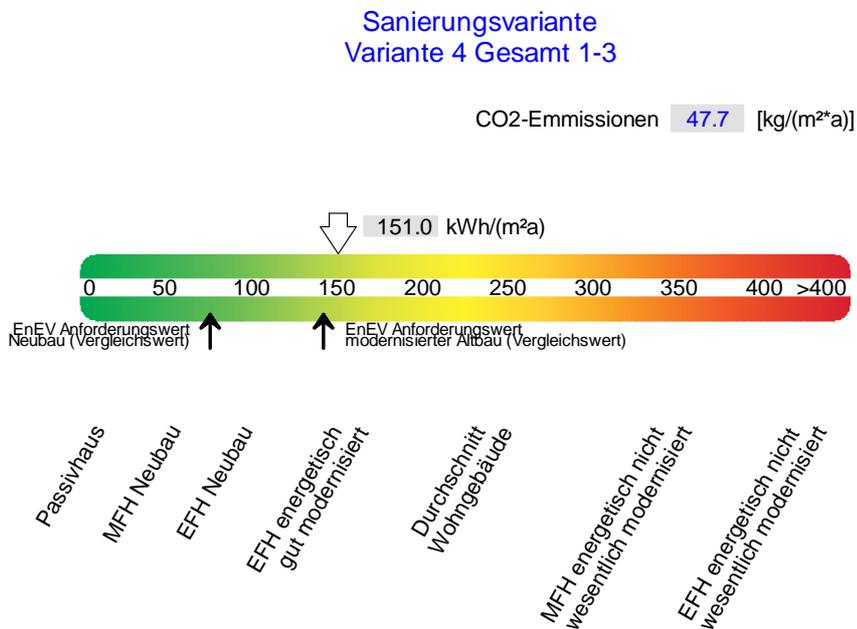
3.5. Maßnahme 4

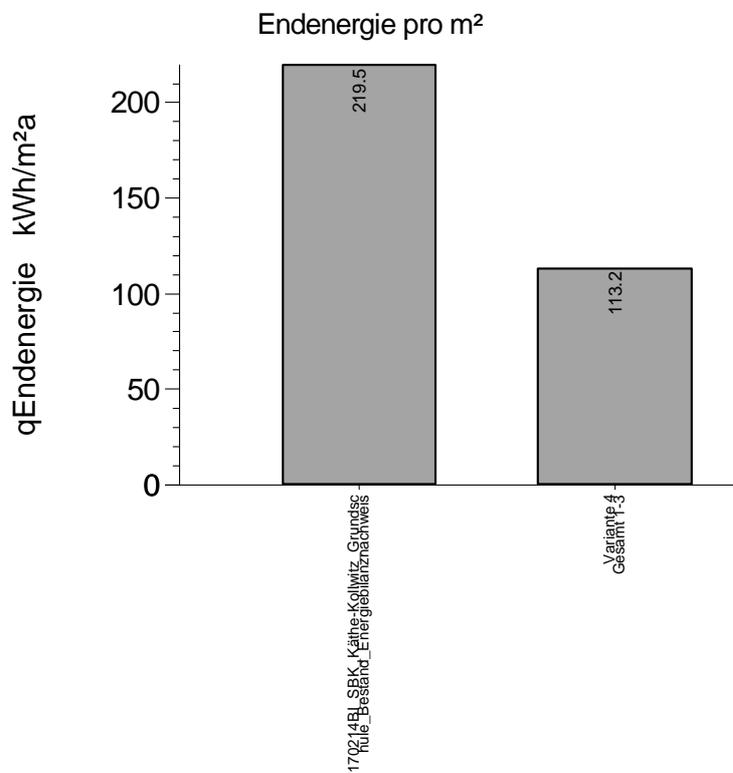
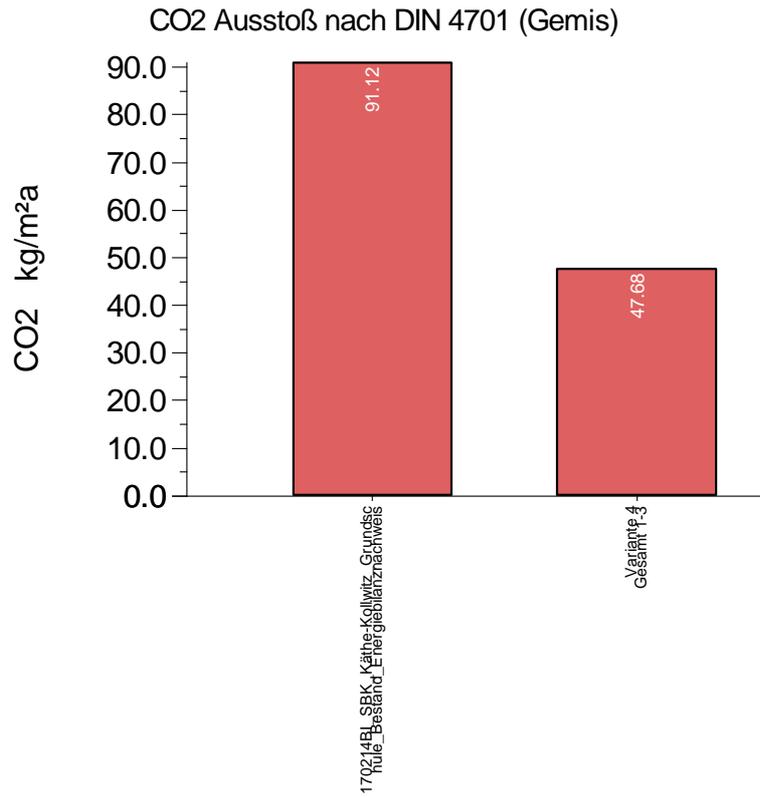
3.5.1. Variante 4 Gesamtmaßnahme von 1-3

Diese Variante fasst die voran bewerteten Maßnahmen 1 bis 3 zusammen

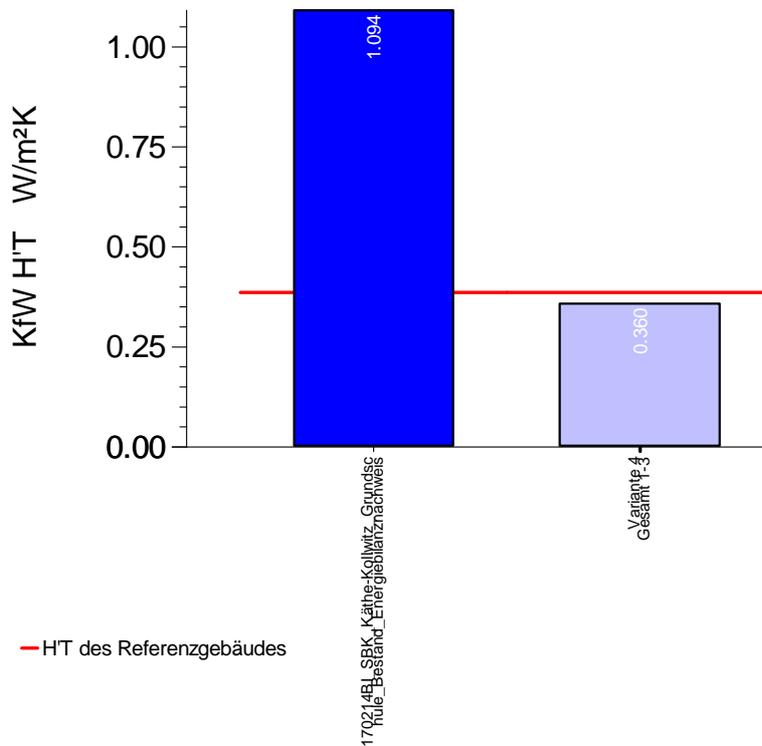
- Variante 1 Dämmung der oberen und unteren thermischen Gebäudeabschlüsse
- Variante 2 Austausch der im Bestand vorhandenen Tür-/ Fensterbauteile
- Variante 3 Dämmung der seitlichen Gebäudeabschlüsse

Die Gesamtkosten dieser Gesamtmaßnahme werden auf ca. 715.892,00,-€ veranschlagt, das entspricht **330,36 €/m² bezogen auf die Nettogrundfläche von 2.167,00 m².**

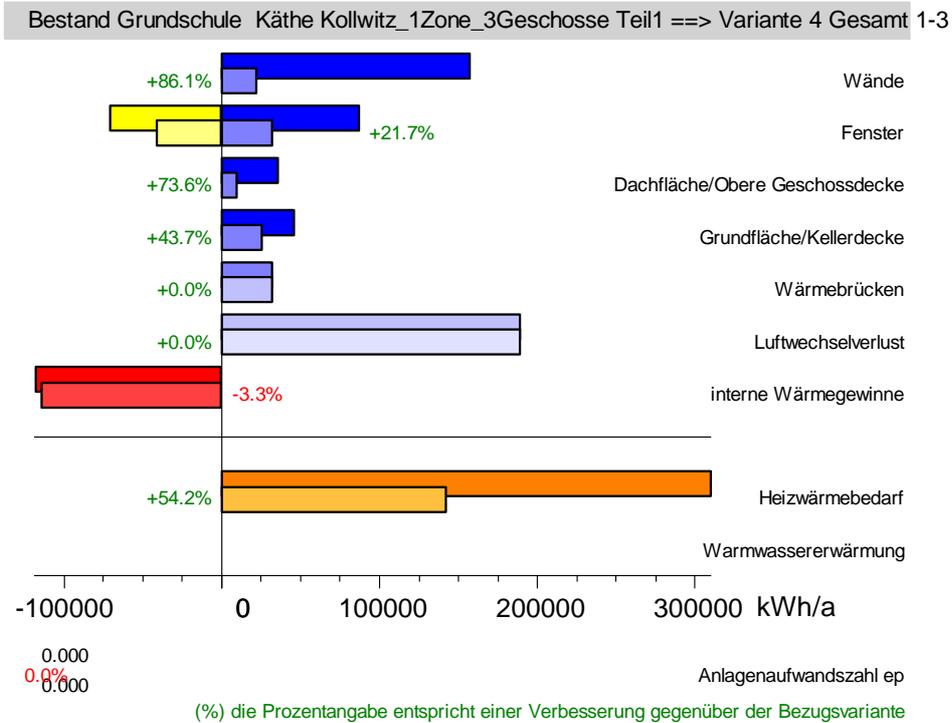


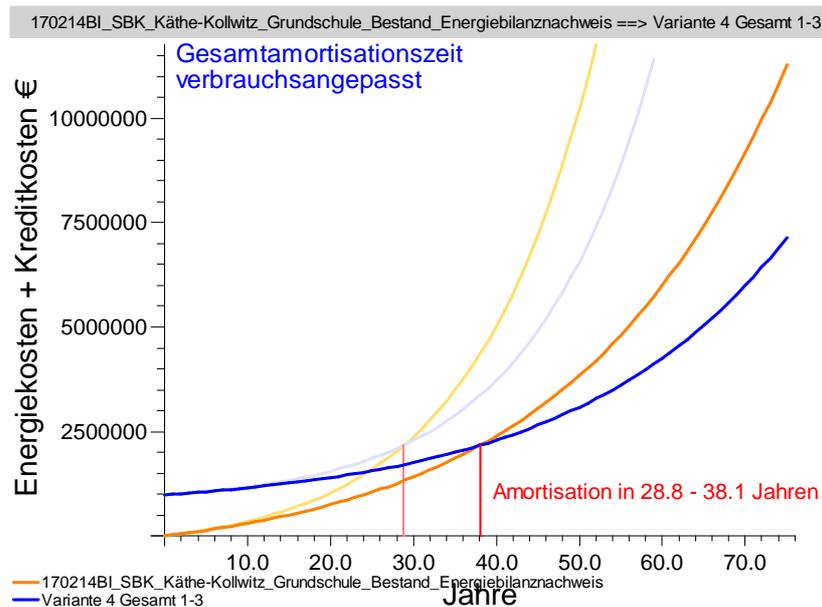


Qualität der Gebäudehülle (H'T und H'T Referenzgebäude)



Transmission





Amortisationszeitraum bei einer Energiepreissteigerung von 4% bis 7%

Gesamtübersicht Kennwerte Variante 4

Variante		Variante 4
Q"p	kWh/m ² a	151
Q"p max	kWh/m ² a	142,7
gew.U-mittel ist	W/m ² K	0,302
gew.U-mittel max	W/m ² K	0,703
KfW H'T	W/m ² K	0,36
KfW H'T Ref	W/m ² K	0,386
CO ₂	kg/m ² a	47,68
NO _x	kg/m ² a	0,063
Nettogrundfl.	m ²	2167,2
QEndenergie	kWh/a	245355
qEndenergie	kWh/m ² a	113,2
Energiekosten	€/a	13736
Kreditkosten	€	987027
Gesamtamortisation	Jahre	38,1
Amortisation Maßnahme	Jahre	38,1
Q"p Ref	kWh/m ² a	101,9
H'T Ref	W/m ² K	0

Diese Maßnahme amortisiert sich nach 38 Jahren bei einer angenommenen Energiepreissteigerung von 4 % und reduziert die Energiekosten um ca. 11.436,00,- €/a. Weiter kann bei Durchführung dieser Maßnahme eine Einsparung von rund 48 % Co₂ p. kg/m²a ein also 43,44 kg/m²a erreicht werden

3.6. Maßnahme 5

3.6.1. Variante 5 Gesamtmaßnahme von 1-3 mit zusätzlicher Erneuerung der Heizungsversorgung

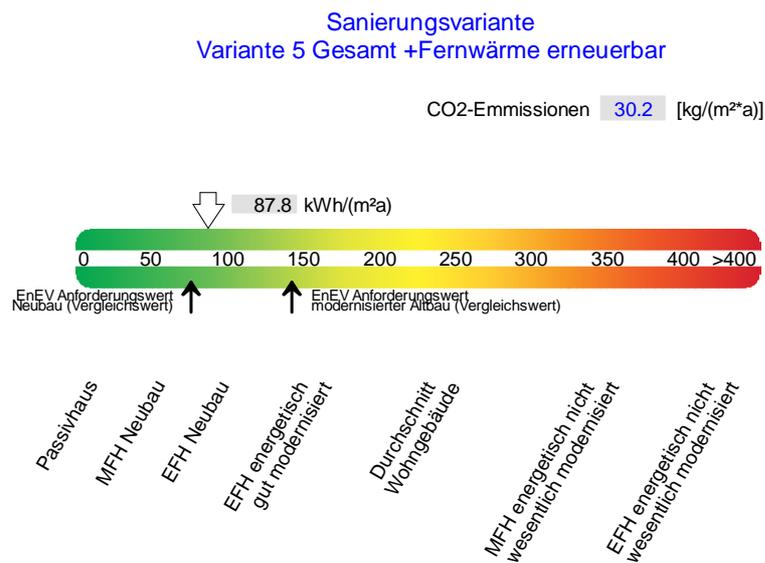
Diese Variante fasst die voran bewerteten Maßnahmen 1 bis 3 zusammen. Zusätzlich wird hier die Erneuerung der Heizwärmeversorgung bewertet.

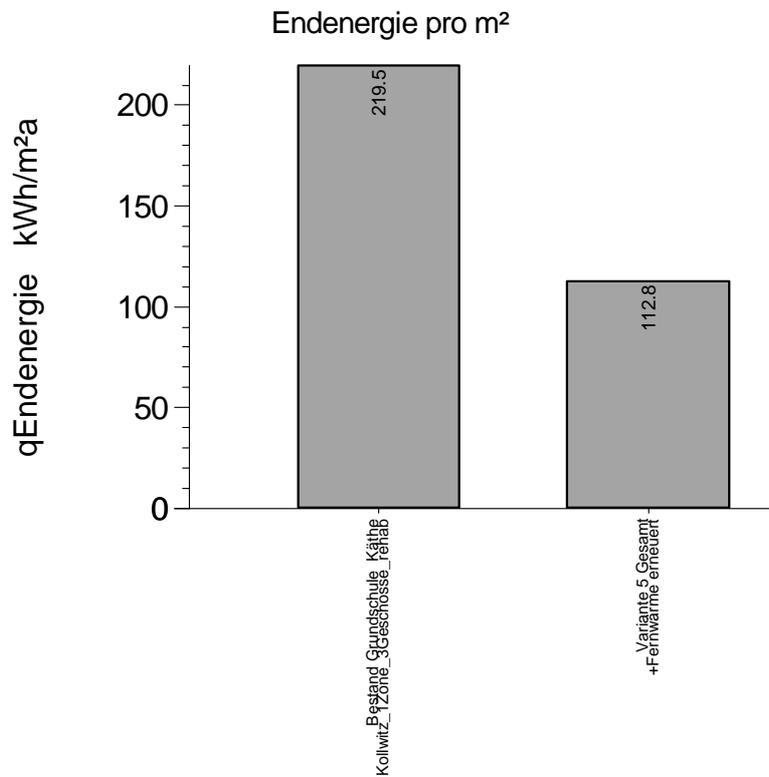
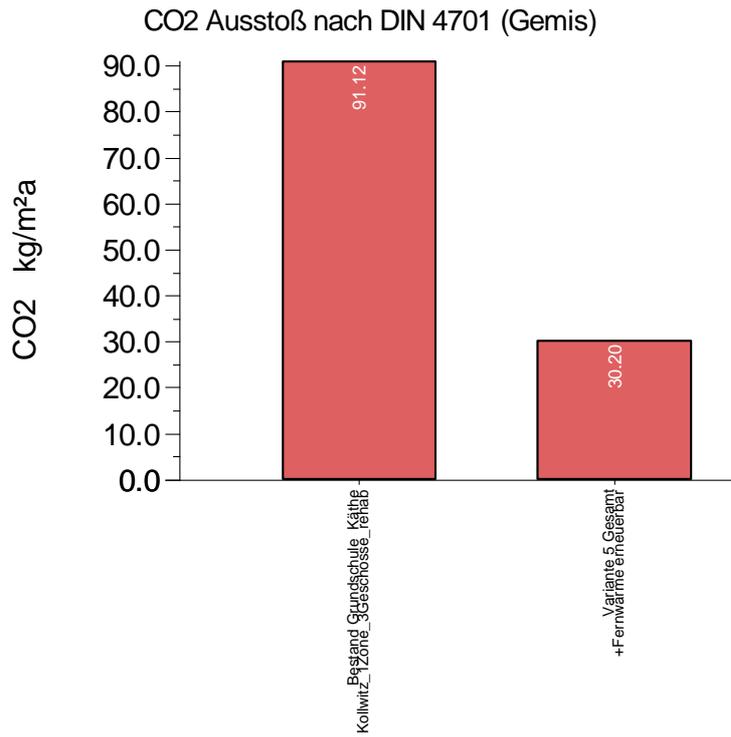
Eine Variantenuntersuchung zum effizientesten Heizwärmesystem wurde durch das Büro Bilfinger Bauperformance GmbH mit Sitz in Magdeburg für die Grundschule Käthe Kollwitz Schönebeck durchgeführt.

Im Ergebnis konnte festgestellt werden das bei einer Verwendung einer Fernwärmestation zwar die jährlichen Betriebskosten im Vergleich zu einer Luftwasser-Wärmepumpe geschätzt um 15 % höher liege. Allerdings hebt sich dies durch die höheren Investitionskosten der Luft-Wasser-WP auf einen Nutzungszeitraum von 20 Jahren wieder auf.

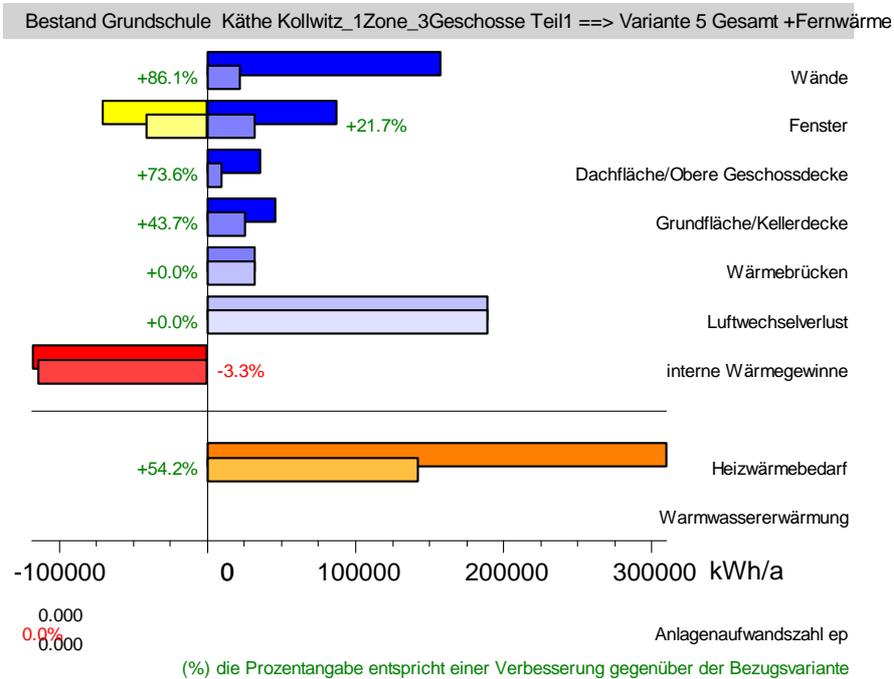
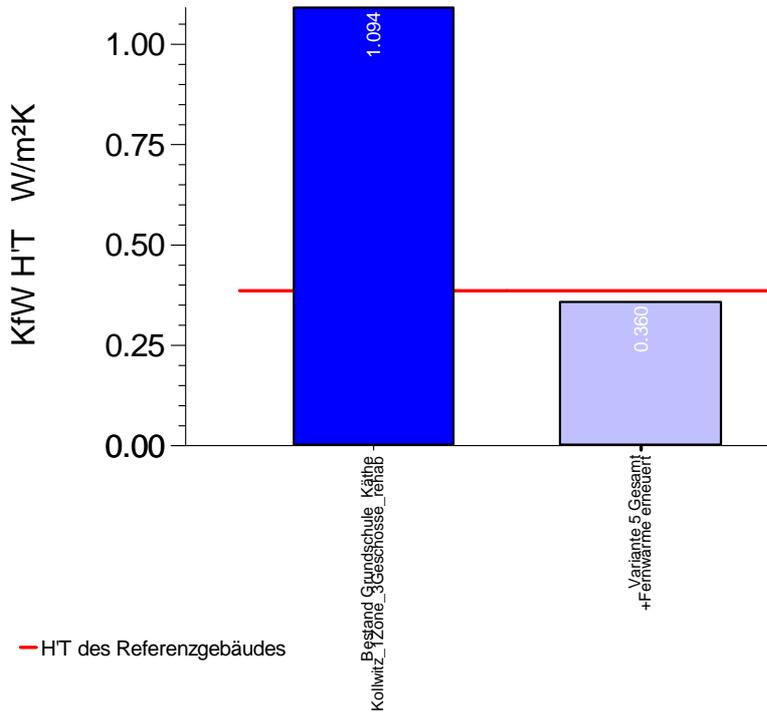
Im Ergebnis wird resultierend daraus diese Variante mit Fernwärme als Wärmeerzeuger bewertet.

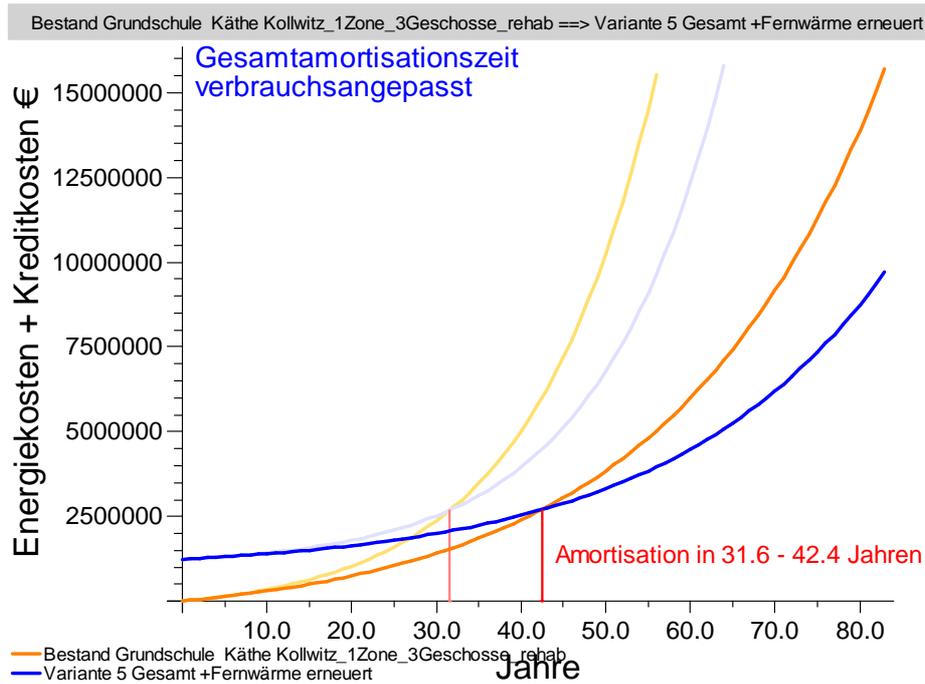
Die Gesamtkosten dieser Gesamtmaßnahme werden auf ca. 897.217,00-€ veranschlagt, das entspricht 414,04 €/m² bezogen auf die Nettogrundfläche von 2.167,00 m².





Qualität der Gebäudehülle (H'T und H'T Referenzgebäude)



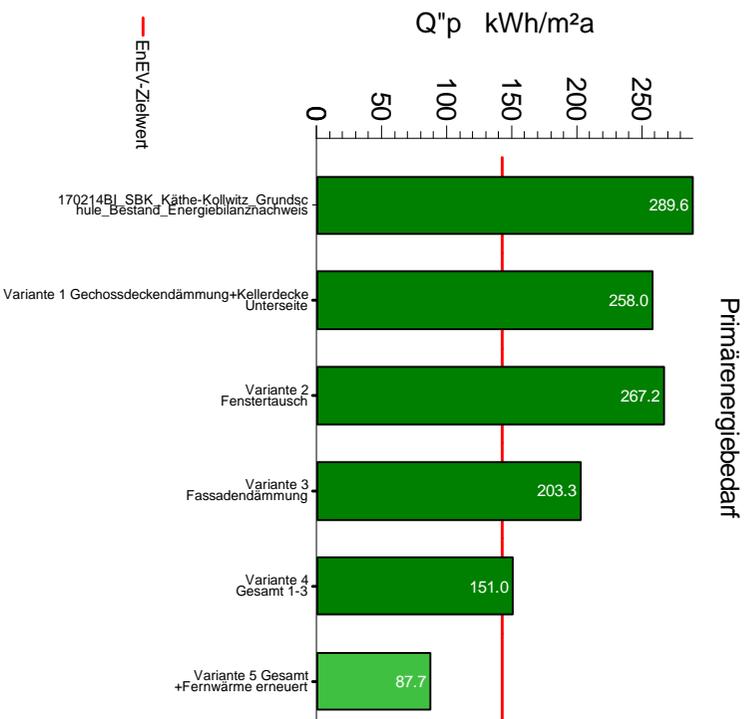


Variante		Variante 5
Q"p	kWh/m ² a	87,8
Q"p max	kWh/m ² a	142,7
gew.U-mittel ist	W/m ² K	0,302
gew.U-mittel max	W/m ² K	0,703
KfW H'T	W/m ² K	0,36
KfW H'T Ref	W/m ² K	0,386
CO2	kg/m ² a	30,20
NOx	kg/m ² a	0,040
Nettogrundfl.	m ²	2167,2
QEndenergie	kWh/a	244501
qEndenergie	kWh/m ² a	112,8
Energiekosten	€/a	13608
Kreditkosten	€	1237026
Gesamtamortisation	Jahre	42,4
Amortisation Maßnahme	Jahre	42,4
Q"p Ref	kWh/m ² a	101,9
H'T Ref	W/m ² K	0

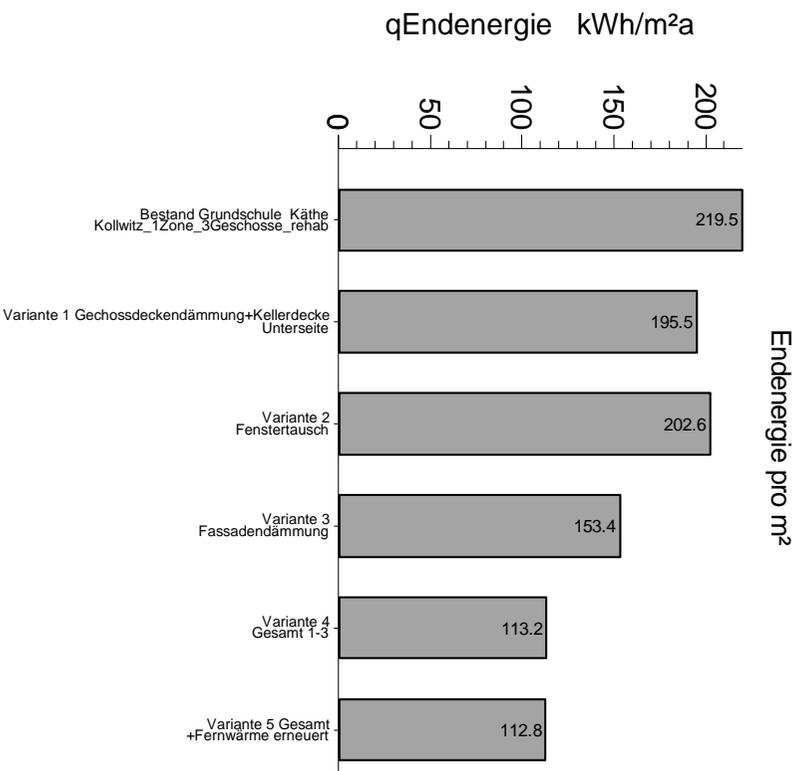
Diese Maßnahme amortisiert sich nach 42,4 Jahren bei einer angenommenen Energiepreissteigerung von 4 % und reduziert die Energiekosten um ca. 11.564,00,- €/a. Weiter kann bei Durchführung dieser Maßnahme eine Einsparung von rund 66 % Co2 p. kg/m²a ein also 60,9 kg/m²a erreicht werden.

4. Zusammenfassung

4.1. Energie



- Alle Endenergien incl. Bestandsgebäude



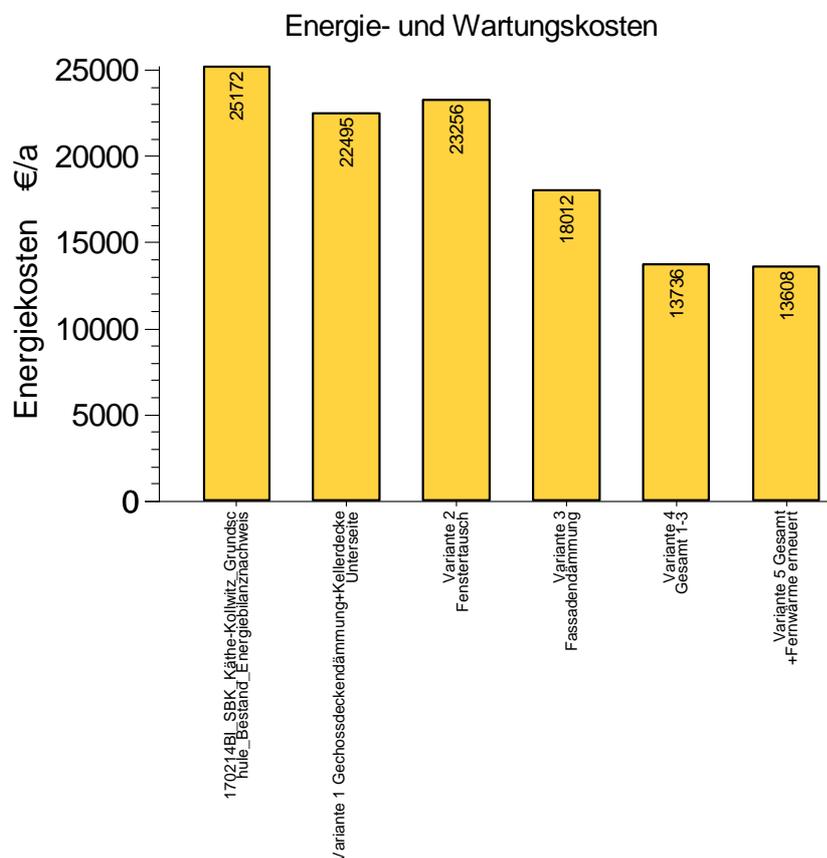
4.2. Kosten

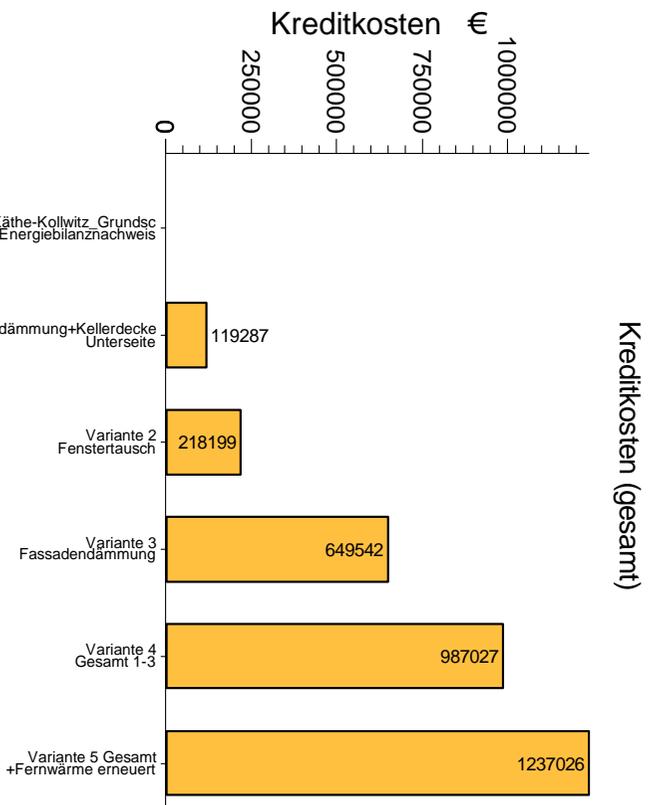
- alle Investitionskosten incl. Bestandsgebäude

Variante	Gesamt Investition €	Netto Investition €	jährliche Energiekosten €	jährliche Energiekosten Einsparung €	Amortisationszeit Jahre
Bestandsgebäude	0	0	25.172,00	0	0
1 =Dämmung oberste Decke und Keller	86.519,00	86.519,00	22.495,00	2.677,00	24,7
2= Austausch Türen und Fenster	158.259,00	158.259,00	23.256,00	1.916,00	41,2
3= Vorhangfassade	471.114,00	471.114,00	18.012,00	7.160,00	38,3
4= Gesamtpaket aus 1-3	715.892,00	715.892,00	13.736,00	11.436,00	37,6
5= Gesamtpaket 4+ Fernwärme	897.217,00	897.217,00	13.608,00	11.564,00	42,4

4.3. Wirtschaftlichkeit

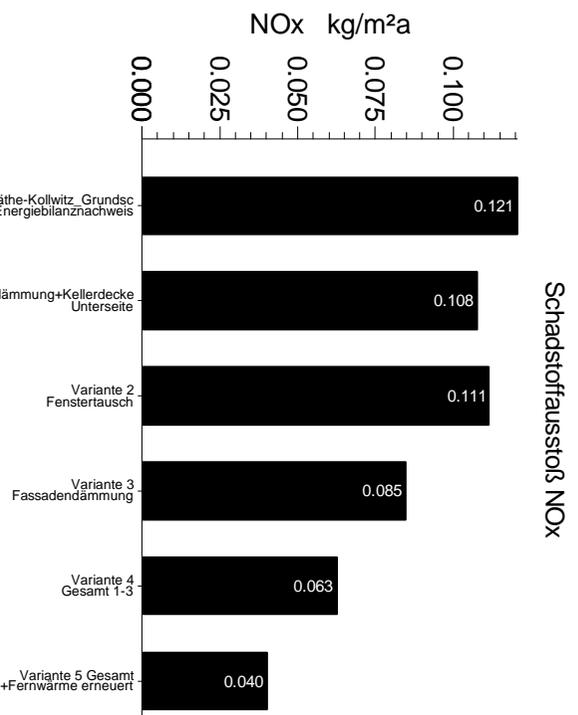
- alle Jahreskosten incl. Bestandsgebäude

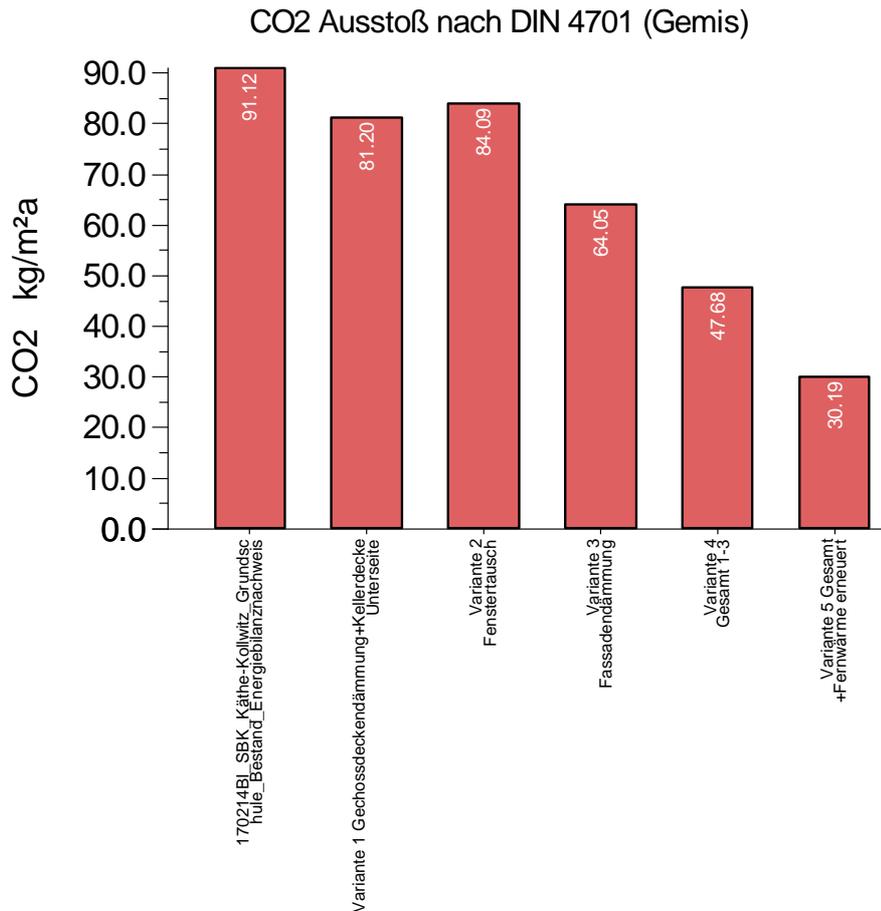




4.4. Umweltrelevanz

- alle Emissionen incl. Bestandsgebäude in einem Diagramm





4.5. Schadstoffausstoß

Energieträger	NOx	CO	SO ₂	Staub
Strom-Mix/Nah/Fernw.Heizwerk./KWK	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a
Bestandsgebäude	261.77	257.18	258.66	6.48
Variante 1	233.17	228.86	230.27	5.79
Variante 2	241.56	237.30	238.67	5.98
Variante 3	233.17	228.86	230.27	5.79
Variante 4	135.60	130.12	132.21	3.64
Variante 5	86,78	-	-	-

5. Empfehlungen und Kostenübersicht

5.1. Empfehlung-Ablauf Sanierung

Die bewerteten Varianten 1 bis 3 sind so gewählt das sie aufeinander folgend ausgeführt werden sollten. Auf Grundlage der Ergebnisse für Variante 5 mit Einsatz der erneuerten Fernwärmanlage, ist ein tatsächlicher wirtschaftlicher Vorteil nicht klar auszuweisen da hier der Armortisationszeitraum von 42,4 Jahren teilweise über die Nutzungsdauer der einzelnen Bauteilgruppen hinausgeht.

Klar erkennbar ist das durch diese Maßnahme der größte energetische Vorteil entsteht, wodurch die ökologische Bilanz stark verbessert werden kann.

5.2. Kostentabelle

5.2.1. Kostenaufstellung Variante 5

Bauteil	Bezug	qm	energ. Kosten	Gesamt € ernerg. Anteil
40-Ziegel AußWa.+20DÄ 035	pro m ²	227.5	269.00 €	61.191,00 €
55-Ziegel AußWa.+20DÄ 035	pro m ²	1366.2	269.00 €	367.517,00 €
36,5-Ziegel AußWa. bis 1968	pro m ²	157.6	269.00 €	42.406,00 €
23cm-Holzbalken Decke	pro m ²	861.1	65.00 €	55.969,00 €
Fußboden gegen Erdreich	pro m ²	136.0	0.00 €	0 €
18cm-Beton Fußbo. ü. Erdreich	pro m ²	317.0	0.00 €	0 €
Kappendecke Keller+10DÄ 035	pro m ²	407.3	75.00 €	30.550,00 €
Zwischensumme				557.633,00 €
Fenster				
Dreifachverglasung U _g =0,6;g=48%	pro m ²	378.0	380.00 €	143.652,00 €
Haustür mit Fenster 1,2	pro m ²	34.8	420.00 €	14.607,00 €
Zwischensumme				158.259,00 €
Anlagentechnik				
Heizung	absolut		181325.00 €	181.325,00 €
Zwischensumme				181.325,00 €
Ergebnis				
Gesamtsumme				897.217,00 €

Aufgestellt 16.02.2017
 Dipl. Ing. M. Hentze

i.A. B.Eng Sebastian Schmalreck