



KLIMASCHUTZ-Teilkonzept Baustein3.b

VORHABEN: Teilkonzept-Feinanalyse
Sporthalle 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: 14.02.2017

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 (Erdgeschoss Halle und Betriebsanbau)	6
2.2.4. Fenster und Türen (transparente Bauteile)	7
2.3. Wärmebrücken	7
2.3.1. Wärmebrücken pauschal mit Nachweis nach DIN 4108, Bbl.2.....	8
2.4. Anlagentechnik	8
2.4.1. Wärmeübergabesysteme in der Turnhalle	10
2.4.2. Wärmeerzeuger	11
2.5. Beleuchtung.....	12
2.5.1. Beleuchtung der Gebäudezone "Sporthalle" und Betriebsanbau	12
2.6. Beschreibung und Bewertung der Lüftung	14
2.7. Verbrauchsdaten	15
2.7.1. Erfasste Verbrauchsdaten Wärme und Strom Sporthalle	15
2.8. Energiebilanz Turnhalle.....	16
2.8.1. ENEV-ENDERGEBNIS.....	16
2.8.2. KfW-Ergebnisdaten Energieeffizienzprogramm	17
2.8.3. Endenergie / CO ₂ Ausstoß	19
2.8.4. Schadstoffausstoß.....	19
3. Verbesserungsmaßnahmen.....	20
3.1. Vorgehensweise der Bewertung.....	20
3.2. Maßnahme 1.....	20
3.2.1. Variante 1 Dämmung obere Geschossdecke.....	20
3.3. Maßnahme 2.....	25
3.3.1. Variante 2 Außendämmung, Wärmedämmverbundsystem mit Austausch Fenster und Türen	25
3.4. Maßnahme 3.....	30
3.4.1. Variante 3 Gesamtmaßnahme von 1+2 mit zusätzlicher Erdwärmepumpe.....	30
3.5. Sonstige Empfehlungen	35
4. Zusammenfassung.....	35
4.1. Energie	35
4.2. Kosten.....	35
4.3. Wirtschaftlichkeit.....	36
4.4. Umweltrelevanz	36
4.5. Schadstoffausstoß.....	37
5. Empfehlungen und Kostenübersicht	37
5.1. Empfehlung.....	37
5.2. Kostentabelle	38

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	1972	
Gebäudehüllfläche A	1554,25	m²
Bruttogrundfläche	670,47	m²
Nettogrundfläche:	536,38	m²
Volumen brutto V_e:	2901,05	m³
Volumen netto:	2320,84	m³
Verhältnis A/V_e	0,54	
Fensterfläche:	209,89	m²

Eine Besichtigung zur Bestandsaufnahme erfolgte am 14.12.2016 bei der die Außenwände, die oberen Geschossdecken sowie die Fenster und Türen sowie die Anlagentechnik erfasst wurden.

Das Objekt befindet sich in der St.-Jakobi-Straße 3-4 in 39218 Schönebeck / Elbe.

Die Sporthalle wurde ca. 1972 als klassische Mehrzwecksporthalle der DDR errichtet. Die Tragkonstruktion bildet eine Stahlrahmenkonstruktion, wobei die seitlichen raumabschließenden Flächen in Stahlbetonbau- und Mauerwerksbauweise ausgeführt wurden. Die Grundfläche der Halle mit Betriebsräumen beträgt 16,43 m x 30,67 m.

Der zweigeschossige Betriebsanbau ist an der Kopfseite der Halle angeordnet. Dieser beinhaltet im Erdgeschoss Umkleide- und Sanitärräume der Jungen sowie den Geräteraum. Im Obergeschoss sind

die Umkleide- und Sanitärräume der Mädchen sowie Räume der Lehrkörper angeordnet. Im Bereich des Dachbodens ist eine Warmluftheizung untergebracht, diese versorgt den Hallenbereich über einen Zuluftschacht mit erwärmter Frischluft. Den Oberen Abschluss des Gebäudes bilden Fachwerkbinder aus Stahl und eine Eindeckung mit Faserzement-Wellplatten. Gesamtheitlich betrachtet besteht ein erheblicher Sanierungsstau an diesem Gebäude.

2.2. Regelbauteile

2.2.1. Grenzflächen seitlich (Außenwände)

Die seitliche Abgrenzung der thermischen Gebäudehülle wird von den Außenwänden, den Türen und Fenstern gebildet.

Die Außenwand des Südgiebels und die Sockelbereiche der Längswände bestehen aus verputztem Vollziegelmauerwerk. Die Wandstärken betragen hier 36,5 cm. Die Innenseiten sind in der Regel mit einem ca. 2 cm starken Kalkputz versehen sowie gestrichen. Aus den Bauunterlagen ersichtlich, wurde der nördlich angebaute Trakt mit Betriebsräumen zum Teil aus Vollziegelmauerwerk und den damals üblichen Gassilikatsteinen in MGII hergestellt. Die Oberflächen sind auch hier in der Regel mit einem ca. 2 cm starken Kalkzementputz verputzt sowie gestrichen, mit Ausnahme der gefliesten Sanitärräume.

Die Längswand an der Westseite besteht ab Oberkante Sockel aus Stahlbetonfertigteilskelett im Raster von ca. 56,5cm x 56,5 cm zwischen den Stahlstützen der Sporthalle. Die östlich gelegene Längswand besteht ab Oberkante Sockel bis einschließlich einer Höhe von 2,70 m aus Gassilikatsteinen. Darüber erfolgt wiederum die Ausfachung mit Stahlbetonfertigteilelementen und Glasbausteinen.



Fassade Ostseite



Fassade Westseite



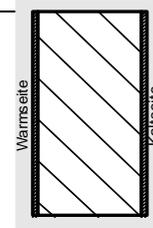
Giebel Südseite



Eingang zur Sporthalle Giebel Nordseite

Die Fassade besitzt entsprechend des Gebäudealters Schäden wie Abplatzungen und Verwitterung des Oberputzes, weiter sind stellenweise Risse in der Fassadenfläche als auch im Sockelbereich erkennbar.

Die U-Werte der seitlichen Außenhülle betragen zwischen **0,95-3,10 (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)

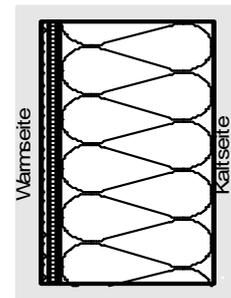
Den oberen Abschluss der thermischen Gebäudehülle bilden zusammen die Geschossdecke im Hallenbereich aus einer verkleideten Stahlträgerkonstruktion und die Geschossdecke im Obergeschoss des Betriebsanbaues als Kappendecke, in dem sich die Sanitär- und Umkleieräume sowie die Räume der Lehrkörper befinden. Über den Decken befindet sich der belüftete Dachraum in dem die Warmluftanlage installiert ist. Die Geschossdecke über den Hallenbereich wurde ca. Ende der 90 Jahre zeitweilig mit einer Mineralwolldämmung von ca. 200 mm energetisch verbessert, hier wird ein Wärmeleitgrad von 0,050 W/m²K für die Dämmung angesetzt.

Als Schwachpunkt ist hier die unsanierte Geschossdecke über den Betriebsräumen anzusehen. Diese befindet sich noch im Originalzustand von 1972.

Aufbau Hallendecke

- von oben nach unten
 - Mineralwolldämmplatten ca. 200 mm (vorgefunden 2016)
 - Bitumenbahn als Trennlage 4 mm
 - Gipskartondeckenplatte bzw. Holzkassettendecke ca. 9,5 mm

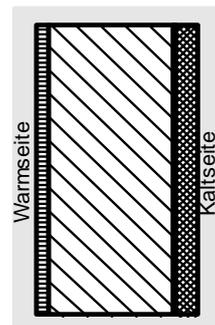
erfasster U-Wert 0,231 (W/m²k)



Aufbau Obergeschossdecke Betriebsanbau

- von oben nach unten
 - HWL-Platte 25mm
 - Estrich ca. 30 mm
 - Bitumenbahn als Trennlage 4 mm
 - Kappendecke bzw. Stahlbetondecke ca. 115 mm
 - Deckenputz ca. 15 mm

erfasster U-Wert 1,4 (W/m²k)



2.2.3. Grenzflächen nach unten (Erdgeschoss Halle und Betriebsanbau)

Die untere Abgrenzung der thermischen Hülle bilden die Bodenplatte des Betriebsanbaus und der Sportboden der Turnhalle. Eine Unterkellerung ist nicht vorhanden.



Estrichboden im Bereich Gerätelager EG

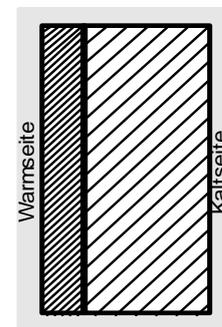


Sportboden der Turnhalle

Aufbau Fußboden -Betriebsanbau

- von oben nach unten
 - Estrich bzw. Bodenbelag Fliese oder Terrazzoplatten ca. 60 mm
 - ggf. bituminöse Sperrschicht ca. 5 mm
 - Unterbeton ca. 100 mm
 - kapillarbrechende Kiesschicht ca. 200 mm

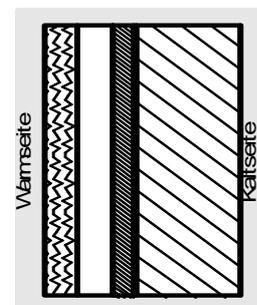
erfasster U-Wert = 3.738 W/m²K



Aufbau Fußboden –Sporthalle (Schwingboden)

- von oben nach unten
 - Sportboden (Schwingboden) ca. 100 mm
 - Luftschicht schwach belüftet 50 mm
 - Schutzschicht aus Estrich ca. 50 mm
 - ggf. bituminöse Sperrschicht ca. 10 mm
 - Unterbeton ca. 120 mm
 - Sauberkeitsschicht Kies ca. 150 mm

erfasster U-Wert = 0.893 W/m²K



2.2.4. Fenster und Türen (transparente Bauteile)

Zur seitlichen Abgrenzung der thermischen Hülle gehören die Fenster. Diese bestehen im Hallenbereich aus in den Stahlbetonskelettelementen eingesetzten Glasbausteinen das Rastermaß beträgt hier ca. 56.6 cm x 56.6 cm. Die Glasbausteine sind in einem schlechten, teilweise sogar zerstörten Zustand. Aufgrund des Zustandes und des hohen Flächenanteils, stellen die Glasbausteine eine größere energetische Schwachstelle dar.

Die im Betriebsanbau ursprünglich verbauten Kastenfenster aus Holz, sind teilweise im Bereich der Sanitär- und Umkleieräume durch Kunststofffenster mit Isolierglas ersetzt worden. Aufgrund des geschätzten Bauteilalters von ca. 20 Jahren und des technisch nicht einwandfreien Zustand der Fenster, ist auch hier eine Sanierung aus energetischer Sicht der Bauteile sinnvoll und angemessen.

Der Austausch der Fenster in Turnhalle und Anbau wird in Verbindung mit einer Außenwanddämmung empfohlen. Energetisch relevant sind auch die beiden Holztüren im Betriebsanbau. Die Türen weisen Gebrauchspuren und verzogene Türflügel, sowie eine nicht vorhandene umlaufende Dichtung 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.



Zerstörte Fenster und Glasbausteine in Turnhalle, teilweise zerstört und provisorisch verschlossen



Kunststofffenster im Sanitärbereich



Tür-/ Holzfenster Ausgang Westseite

erfasste U-Werte der Fensterelemente liegen zwischen. 2,1- 3,5 (W/m²k)

2.3. Wärmebrücken

Wärmebrücken sind Punkte, Winkel und Flächen der Gebäudehülle, an denen gegenüber den übrigen

Vorhaben: Teilkonzept-Feinanalyse Baustein 3 Sporthalle Grundschule „Käthe-Kollwitz“ Schönebeck (Elbe)

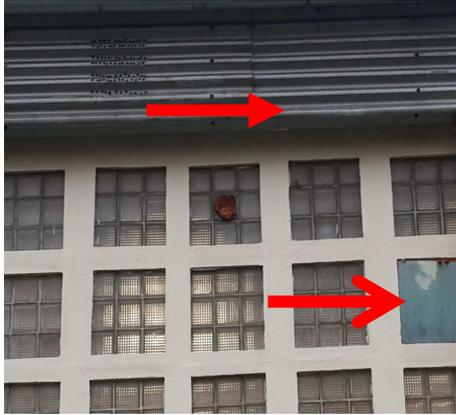
Bauherr: Stadt Schönebeck

Bauteilen erhöhte Transmissionen stattfinden. Man unterscheidet geometrische und konstruktive, lineare und flächenhafte Wärmebrücken.

Bei der bewerteten Sporthalle wurden auch Wärmebrücken vorgefunden.

Diese sind überwiegend an den Stahlbetonbauteilen wie zuvor beschriebener Außenwände anzutreffen, sowie an Übergängen zu oberen und unteren abschließenden Bauteilen.

Die Wärmebrücken können durch eine Außenwanddämmung größtenteils beseitigt werden.



2.3.1. Wärmebrücken pauschal mit Nachweis nach DIN 4108, Bbl.2

Es wurden ausschließlich wärmetechnisch äquivalente Konstruktionen nach DIN 4108, Bbl.2 verwendet. Bei der Berechnung des Verlustes durch die Wärmebrücken wurde bei jedem verwendeten Bauteil ein Aufschlag auf den U-Wert von 0,05 W/m²K, berücksichtigt. Dabei wurden 0.0 m² Oberfläche ausgenommen (z.B.Vorhangfassade).

ursprünglicher mittlerer U-Wert 0.913 W/m²K der Bauteile

[Abminderungsfaktoren sind berücksichtigt]

neuer mittlere U-Wert 0.963 W/m²K der Bauteile

Transmissionsverlust erhöht sich um 5.47 %

$$Q_{wb} = 6437 \text{ kWh/a}$$

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.

Vorhaben: Teilkonzept-Feinanalyse Baustein 3 Sporthalle Grundschule „Käthe-Kollwitz“ Schönebeck (Elbe)

Bauherr: Stadt Schönebeck

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%.



Verteilung der einzelnen Heizkreise mit Wärmemengenzählern und Effizienzpumpen



2.4.1. Wärmeübergabesysteme in der Turnhalle

Zone: Betriebsanbau	Zone: Turnhalle
<p>Heizkörper, Raumhöhe <= 4m 1:</p> <p>zugeordnete Zone: Betriebsanbau</p> <p>Radiatortype: Heizkörper, Raumhöhe <= 4m</p> <p>Regelung : P-Regler 2-K</p> <p>Anordnung : Außenwand</p> <p>Deckungsanteil: 100%</p>	<p>Radiatortype: Warmwasser Hallen-/Warmluftheizung</p> <p>Anordnung des Luftauslasses: seitlich</p> <p>Art der Luftverteilung: mit erhöhtem Induktionsverhältnis</p> <p>Höhe des Raumes: 5.700 m</p>
<p>Verteilleitungen</p> <p>Leitung: Heizwasser</p> <p>Art: Verteilung, innenliegend</p> <p>Art: Strang</p> <p>Leitung: Heizwasser</p> <p>Art: Anbindung Verlegung frei /Installationswand</p>	<p>Verteilleitungen</p> <p>Leitung: Heizwasser</p> <p>Art: Verteilung, innenliegend</p> <p>Art: Strang, Schacht</p> <p>Leitung: Leitung 4, Type: Heizwasser</p> <p>Art: Anbindung, Verlegung getrennte Installationswand/ Schacht</p>
<p>Wasseranschlüsse</p> <p>Zapfstelle :1</p> <p>zugeordnete Zone: Betriebsanbau</p>	<p>Wasseranschlüsse</p> <p>-</p>

2.4.2. Wärmeeerzeuger

Nah-Fernwärme

Baujahr: ca. 1995

Aufstellort: innerhalb der Gebäudehülle (Schule)

Heizungstyp: Nah/Fernwärme

Energieträger: Nah/Fernwärme Heizwerk fossil

Nennleistung Fernwärme Turnhalle:- Hausstation: 108.00 kW (23 %)

Vorlauftemperatur: 70 °C

Rücklauftemperatur: 55 °C

Die folgend in der Sporthalle und Betriebsanbau erkennbaren Verteilleitungen sind eher dürrftig bis gar nicht gedämmt. Die Wärmeübergabe findet in der Turnhalle mittels der Luftheizung und im Betriebsanbau über Heizkörper statt. Die Thermostatventile und Heizkörper sind überwiegend veraltet und sollten erneuert werden.



Verteilleitungen und Heizkörper im Bestand



Heizkörper Sanitärbereich



Schacht Warmluftheizung unter Fensterband

2.5. Beleuchtung

2.5.1. Beleuchtung der Gebäudezone "Sporthalle" und Betriebsanbau

2.5.1.1. Sporthalle

Beleuchtungsfläche:	368.3 [m ²]	Zonenanteil:	100.0 [%]
Berechnungsmodus:	Simple2D Berechnung aus der Geometrie		
Brüstungshöhe:	0.80 [m]		
Sturzhöhe:	5.50 [m]		
Raubbreite:	15,30 [m]		
Raumtiefe:	24,55 [m]		
Raumhöhe:	5,70 [m]		
Höhe der Leuchtebene:	5,70 [m]		
Leuchtmittel:	stabförmige Leuchtstofflampe mit konventionellen Vorschaltgerät KVG		
Beleuchtungsart:	direkt		
Verfahren:	Tabellenverfahren		
Präsenzkontrolle:	manuell		
Konstantlichtregelung:	nein		
Tageslichtkontrollsystem:	manuell		



Leuchtstoffröhren in Turnhalle

2.5.1.2. Betriebsanbau

Beleuchtungsfläche:	168.1 [m ²]
Zonenanteil:	100.0 [%]
Berechnungsmodus:	Simple2D unter Berücksichtigung des Nutzungsprofils
Leuchtmittel:	stabförmige Leuchtstofflampe mit konventionellen Vorschaltgerät KVG
Beleuchtungsart:	direkt
Verfahren:	Tabellenverfahren
Präsenzkontrolle:	manuell
Konstantlichtregelung:	nein
Tageslichtkontrollsystem:	manuell



Leuchtstoffröhren im Sanitärbereich

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.

Lüftungsbereich

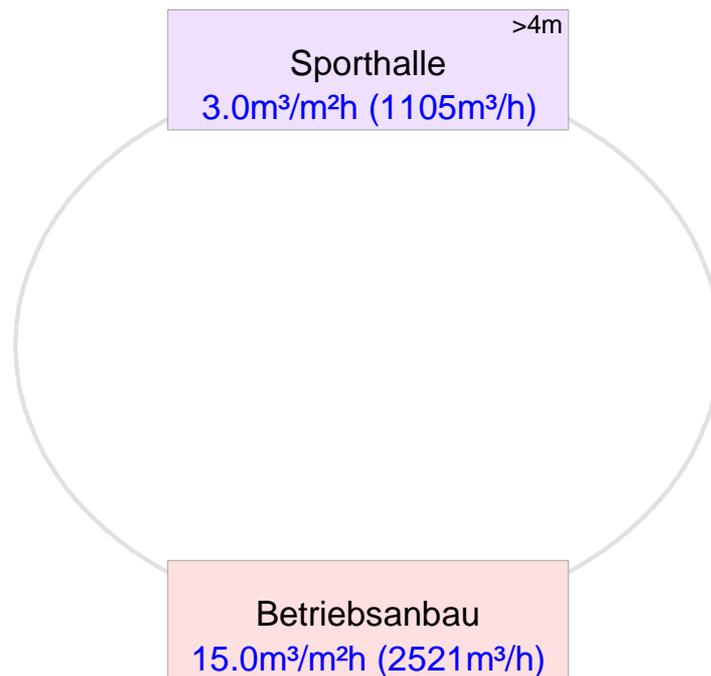
Lüftungsart

versorgte Zonen

Lüftung

die Lüftung erfolgt als freie Lüftung (Fenster) und RLT

Turnhalle / Betriebsanbau



>4m = Raumhöhe ist >4m

2.7. Verbrauchsdaten

2.7.1. Erfasste Verbrauchsdaten Wärme und Strom Sporthalle

2011		2012		2013		2014	
Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom
kwh		kwh		kwh		kwh	
90219,1	12146	93588,5	17645	95737,9	14286	84929,2	-
Klimabereinigt	1,13	Klimabereinigt	1,05	Klimabereinigt	1,02	Klimabereinigt	1,22

Mittelwert Wärme: 93181,83 kwh

Mittelwert Strom: 14692,33 kwh

Gesamt Energieverbrauch: 107873,66 kwh/a

Bedarfswert Endenergie ermittelt: 165463 kwh/a

Die Energieverbräuche gehen aus den übergebenen 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 im Bereich der Turnhalle mit Umkleide und Sanitärräumen dient überwiegend der Beleuchtung und der Luftwärmeheizung.

2.8. Energiebilanz Turnhalle

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 :

408.9 [kWh/m²a]

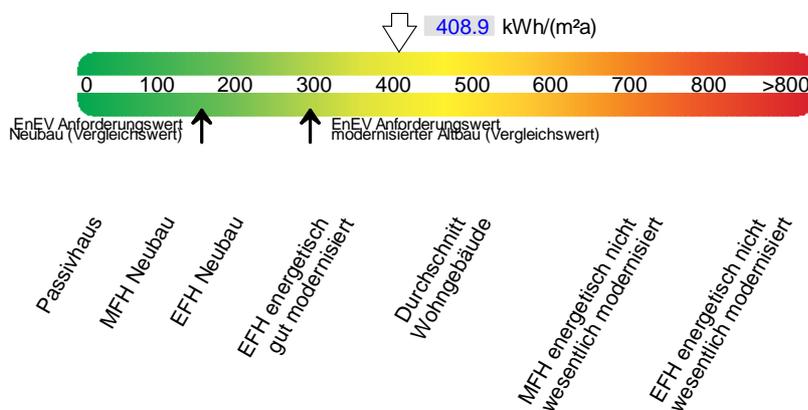
bezogen auf die beheizte Nettogrundfläche
 maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf:

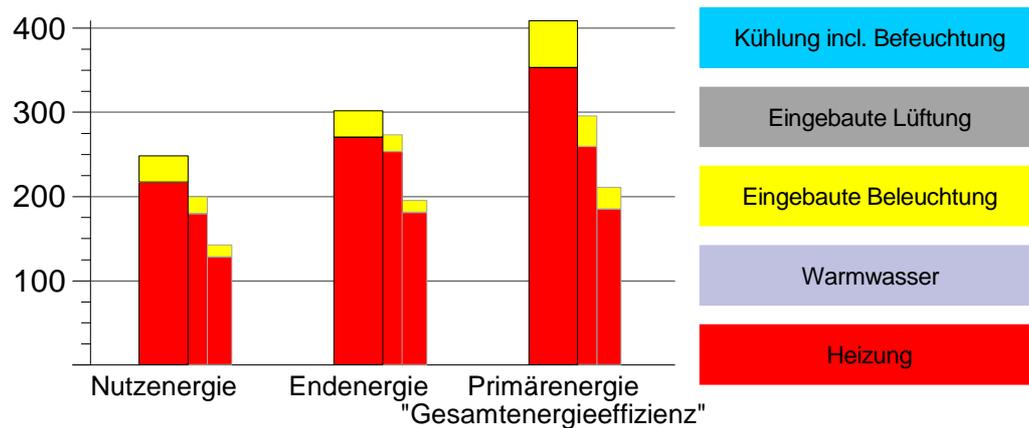
301.6 [kWh/m²a]

Bauteil		Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten bezogen auf die Mittelwerte der jeweiligen Bauteile	
		Zonen >= 19°C	Zonen 12 bis < 19°C
1	Opake Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeile 3 und 4 enthalten	Ist U = 1.28 W/(m ² K) max U = 0.49 W/(m ² K)	Ist U = 0.66 W/(m ² K) max U = 0.70 W/(m ² K)
2	Transparente Außenbauteile, soweit nicht in Bauteilen der Zeile 3 und 4 enthalten	Ist U = 2.82 W/(m ² K) max U = 2.66 W/(m ² K)	Ist U = 3.50 W/(m ² K) max U = 3.92 W/(m ² K)
3	Vorhangfassaden	----- max U = 2.66 W/(m ² K)	----- max U = 4.20 W/(m ² K)
4	Glasdächer, Lichtbänder Lichtkuppeln	----- max U = 4.34 W/(m ² K)	----- max U = 4.34 W/(m ² K)

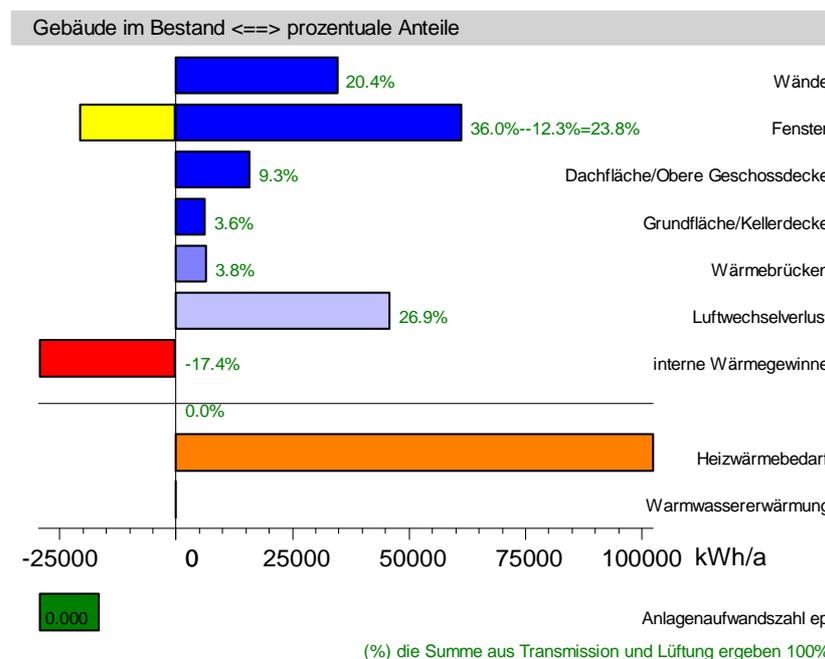
Ist-Zustand Gebäude im Bestand

CO₂-Emissionen 129.8 [kg/(m²a)]





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: 408,9 kWh/(m²a) (93,48% schlechter als das Ref-Gebäude)

Der Jahres-Endenergiebedarf Q_e für das unsanierte Gebäude: 301,6 kWh/m²a

Der H'T Wert des Referenzgebäudes beträgt: 0.515 W/(m²K)

Der H'T Wert des Gebäudes beträgt: 0.946 W/(m²K) (83.76% schlechter als das Ref-Gebäude)

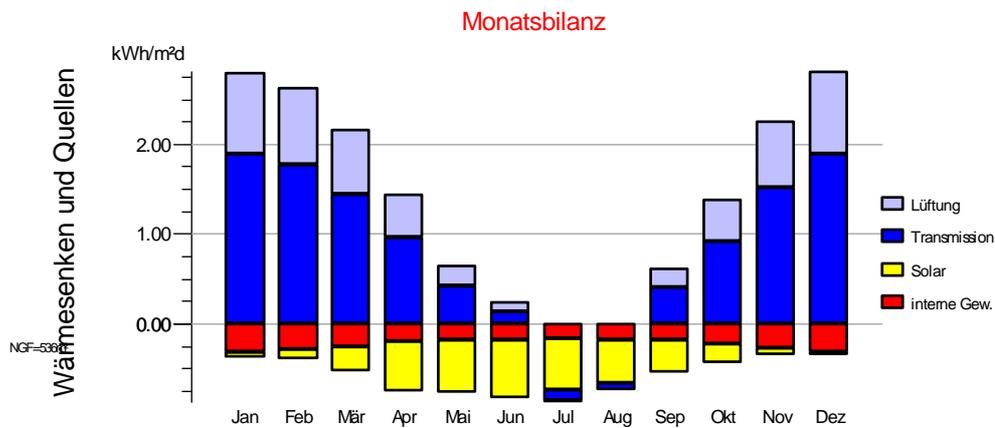
Der CO₂-Ausstoß des Ist Gebäudes beträgt: 53776 kg/a

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
Sporthalle	Sporthalle	368.3	68.7	2375.8	1900.6
Betriebsanbau	WC und Sanitärräume in Nicht- wohngebäuden	168.1	31.3	525.3	420.2

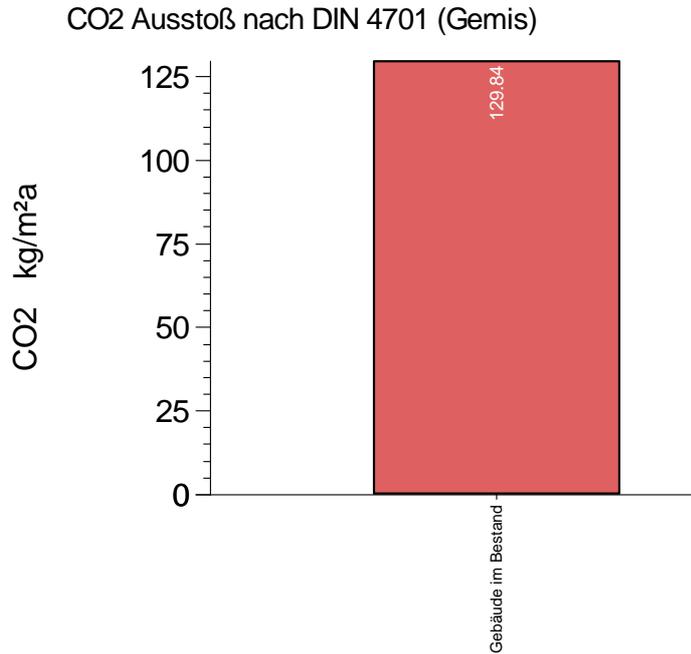
Gewinne und Verluste



Darstellung der Wärme- Gewinne und Verluste im Bestand

	Wärme-Gewinne (kwh/a)	Wärme-Verluste (kwh/a)
Transmission	161,4	6145,6
Lüftung	66,5	3299,3
Solar	2166,2	29
Intern	1486,5	0

2.8.3. Endenergie / CO₂ Ausstoß



		absolut		bezogen auf die Nutzfläche 536.4 m ²	
Endenergie		CO ₂	Bedarf	CO ₂	Bedarf
		kg/kWh	kWh/a	kg/a	kWh/m²a
1	Strom-Mix	0.617	18114	11176	0.00
2	Nah/Fernw.Heizwerk.fossil	0.407	143649	58465	0.00
Summe			161763	69662	0.00
					129.87

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	0.021	11.46	3.70	6.99	0.98
Nah/Fernw.Heizwerk.fossil	0.147	78.60	79.60	79.03	1.72
SUMME	0.168	92.03	83,3	86,00	2,70

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 Energiepreissteigerung von 4,00 % bis 7 % sowie einem Zinssatz von 3,5 % ausgegangen.

3.2. Maßnahme 1

3.2.1. Variante 1 Dämmung obere Geschossdecke

Beschreibung

Diese Maßnahme stellt die einfachste und in kurzer Zeit ausführbarste aller Varianten dar. Es erfolgt das Auslegen von Hartschaum-Dämmplatten mit einer Dämmstärke von 20 cm auf die vorhandene Geschossdecke des Betriebsanbaus. Als Material kommen im vorliegenden Fall feuchtigkeitsunempfindliche Hartschaum-Dämmplatten mit Stufenfalzen oder mehrlagig versetzt in Frage. Da sich bei der Gebäudebewertung vor Ort gezeigt hat das die Turnhallendecke eine Dämmlage von ca. 20 cm besitzt, mit einem angenommenen Wärmeleitfähigkeits-Wert von 0,050 W/m K ist eine wirtschaftliche energetische Aufwertung der Decke in diesem Bereich nicht gegeben.

Die vorläufige Kostenschätzung mit 125 €/ m², ist seitens der Stadtverwaltung Schönebeck (Elbe) durch Einholung von Angeboten genauer zu ermitteln.

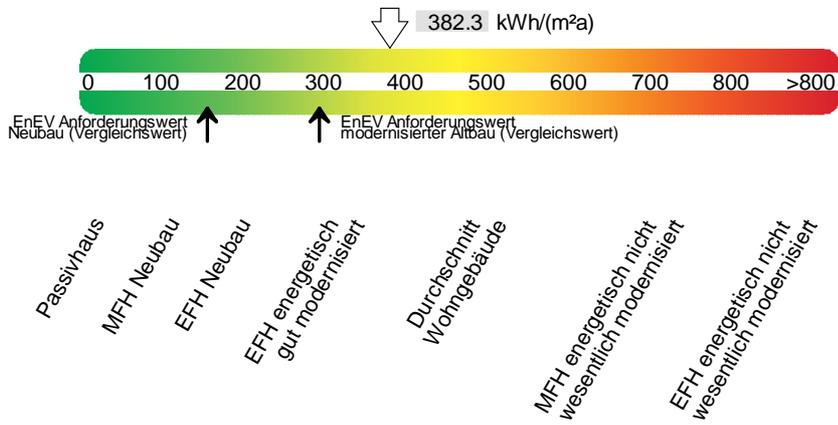
Dämmung obere Geschossdecke Betriebsanbau:
U-Wert neu: 0,156 W/m²K < U-Wert alt: 1.436W/m²K **geforderter Wert nach EnEV Anhang 3 beträgt 0.24 W/m²K. Dies ergibt eine Verbesserung um rund 85%.**

Die Kosten dieser Maßnahme werden auf ca. **12.569,00 €** veranschlagt. Es wird Aufgrund der Lage (Witterungsgeschützter begehbare Bereich) von einer **lebenslangen Nutzungsdauer** ausgegangen.

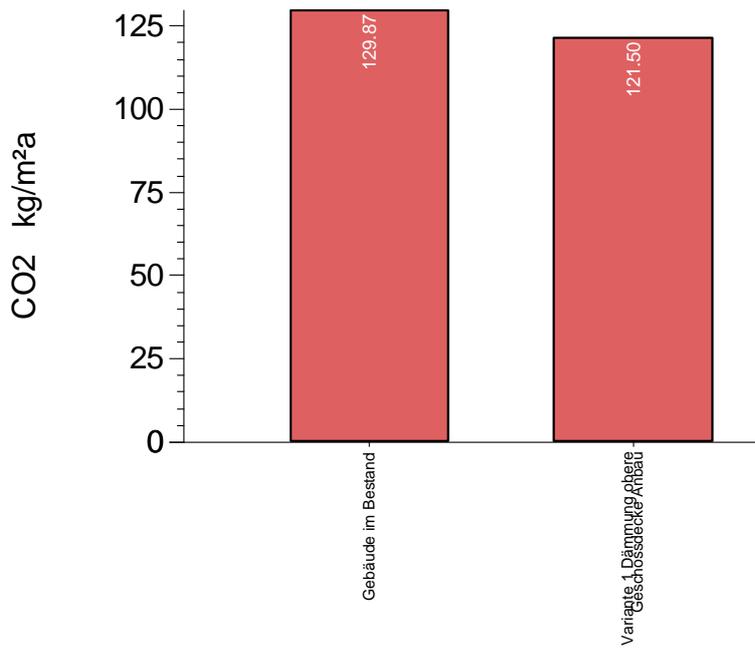
Diese Maßnahme wird in der/den folgende/n Variante/n verwendet: 1= Dämmung obere Geschossdecke Betriebsanbau, 3= Gesamtpaket aus 1 bis 3

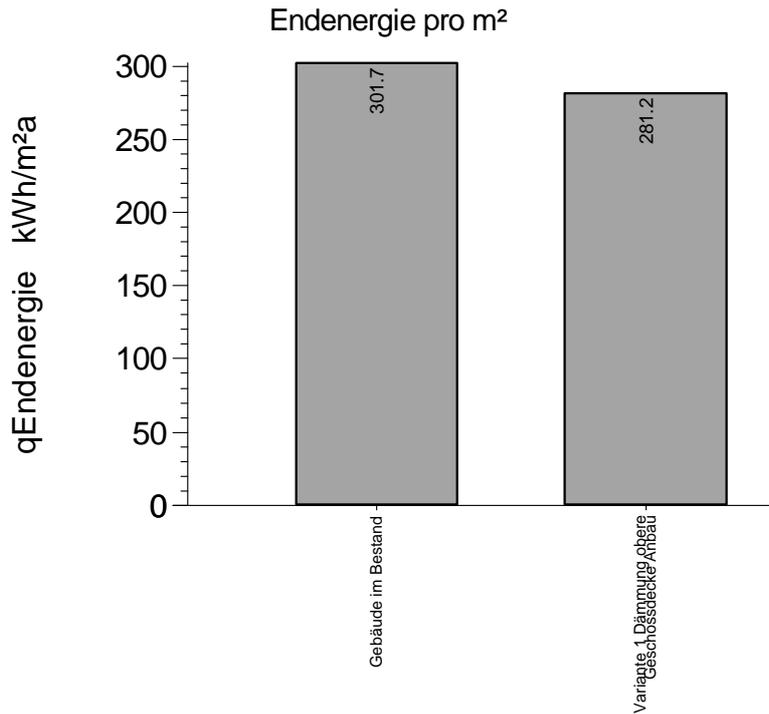
Sanierungsvariante
 Variante 1 Dämmung obere Geschosdecke Anbau

CO2-Emissionen 121.5 [kg/(m²*a)]

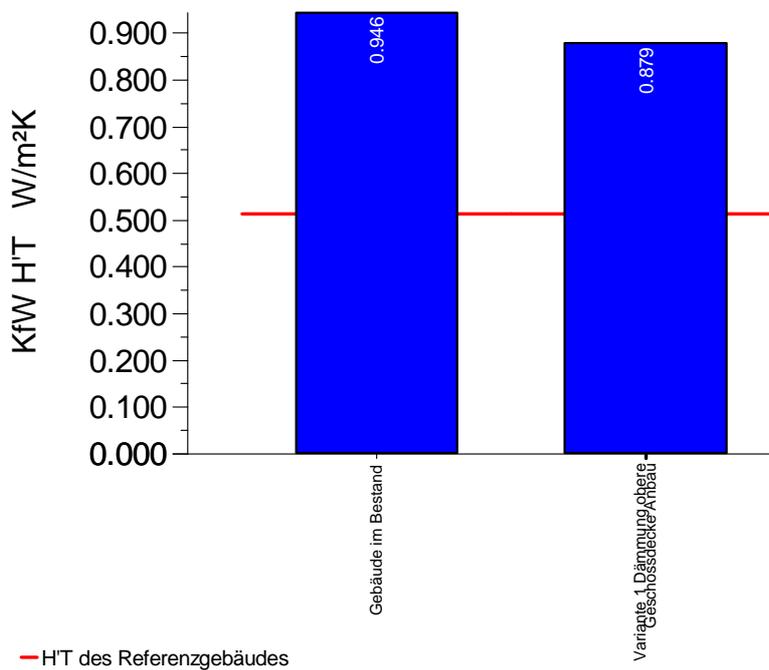


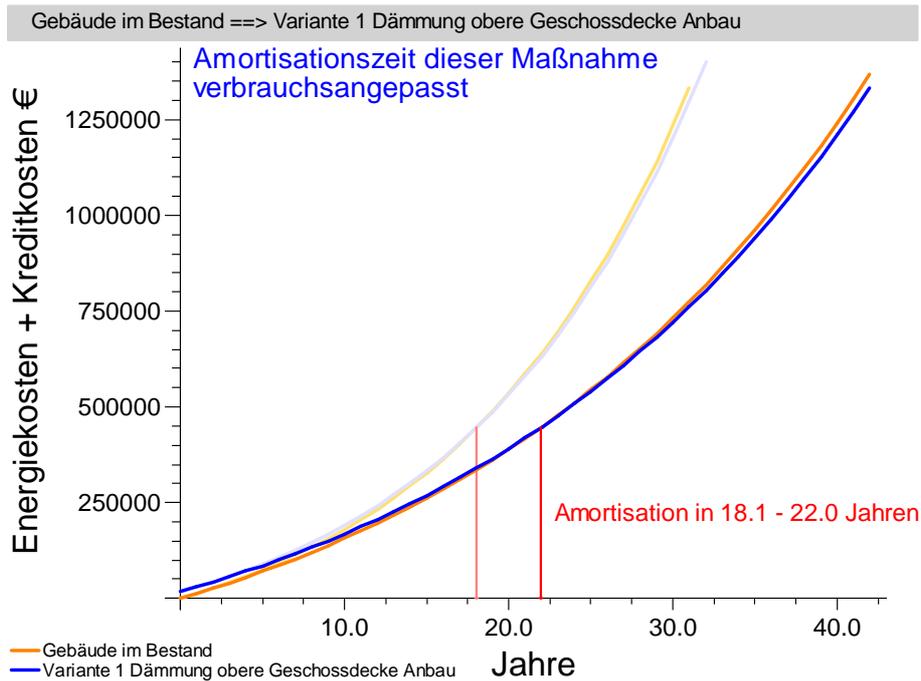
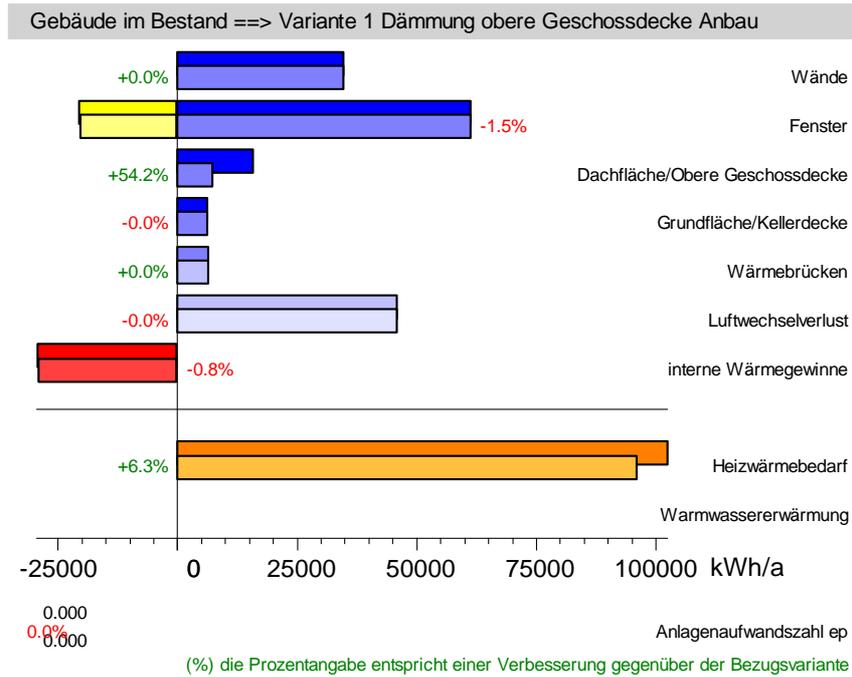
CO2 Ausstoß nach DIN 4701 (Gemis)





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





Amortisationszeitraum bei einer Energiepreissteigerung von 4% bis 7%

Gesamtübersicht Kennwerte Variante 1

Variante		Variante 1
Q"p	kWh/m ² a	382,3
Q"p max	kWh/m ² a	295,7
gew.U-mittel ist	W/m ² K	1,047
gew.U-mittel max	W/m ² K	1,094
KfW H'T	W/m ² K	0,879
KfW H'T Ref	W/m ² K	0,515
frei	[]	0
CO2	kg/m ² a	121,5
frei	[]	0
NOx	kg/m ² a	0,157
Nettogrundfl.	m ²	536,38
QEndenergie	kWh/a	150805
qEndenergie	kWh/m ² a	281,2
Energiekosten	€/a	12550
Kreditkosten	€	17330
Gesamtamortisation	Jahre	22
Amortisation Maßnahme	Jahre	22
Q"p Ref	kWh/m ² a	211,2
H'T Ref	W/m ² K	0

Diese Maßnahme erweist sich auf Grundlage der einfachen Ausführungsleistung als wirtschaftliche Maßnahme, sie amortisiert sich bei einer angenommenen Energiepreissteigerung von 4 % nach 22 Jahren und reduziert die Energiekosten um **507,00 €/a**. Weiter wird eine Einsparung von **6,44 % Co2 p. kg/m²a** also **8,37 kg/m²a** bei Durchführung dieser Maßnahme erreicht werden.

3.3. Maßnahme 2

3.3.1. Variante 2 Außendämmung, Wärmedämmverbundsystem mit Austausch Fenster und Türen

Beschreibung der Maßnahme

Die erste Schicht eines Verbundsystems bildet der Wärmedämmstoff. Er wird auf dem Außenmauerwerk oder auf den Außenputz, dessen Zustand und Tragfähigkeit überprüft werden muss, verklebt und ggf. mit Dübeln zusätzlich verankert. Darüber wird ein Armierungsputz aufgezogen und Glasfasergewebe eingelegt. Als Endbeschichtung wird Fassadenputz aufgebracht. Der Dämmstoff kann aus Hartschaum, Holzweichfaserplatten oder Mineralfaserplatten bestehen. Er muss den Anforderungen der Wärmeleitfähigkeit, Verhalten gegen Feuchtigkeit, Druck- und Zugfestigkeit sowie dem Brandverhalten genügen.

Die Dämmung 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, Kondensatniederschlag und die Bildung von Schimmelpilzen auf den wärmebrückenfrei gedämmten Bauteilen nahezu ausgeschlossen.

Um eine „funktionierende“ Gebäudehülle herzustellen werden in dieser Variante die vorhandenen Fenster und Türelemente zeitgleich mit erneuert.

In dieser Variante wurden dazu jeweils die Glasbausteinflächen der Halle durch eine Fensteranlage von 24 m x 1,5 m ersetzt.

Die vorhandenen Fenster und Glasbausteinflächen besitzen ein hohes Alter und weisen größtenteils Schäden auf. Sie sollten durch neue Fenster mit hoher 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 wärmedämmend sind.

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

neue Fenster: $1,00 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ 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 650 €/m^2 für die Fensterelemente, 985 €/m^2 für die Türelemente sowie 135 €/m^2 für ein Wärmeverbundsystem.

Die Gesamtkosten dieser Maßnahme werden auf ca. 125.125,00 € veranschlagt.

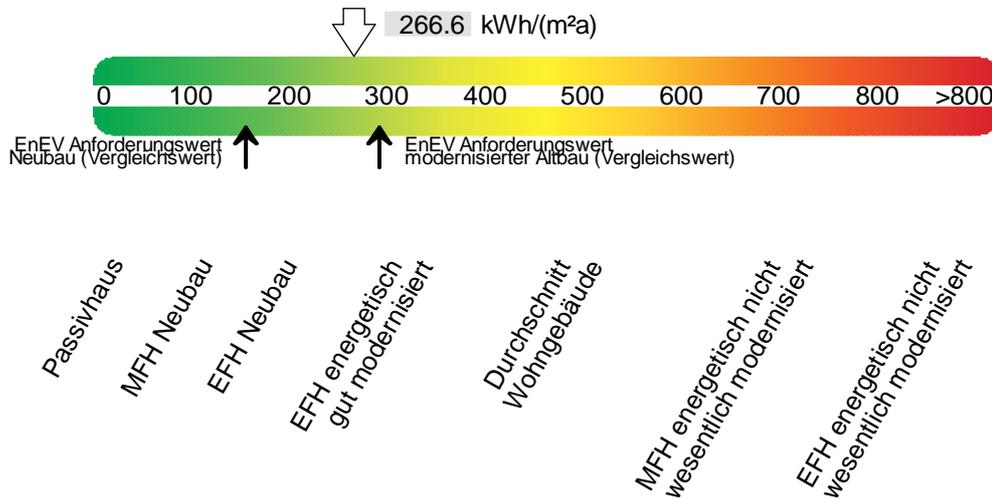
Es wird von einer Nutzungsdauer von 45 Jahren für Aluminiumfenster und -Türen, sowie von 40 Jahren für das Wärmedämmverbundsystem ausgegangen.

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

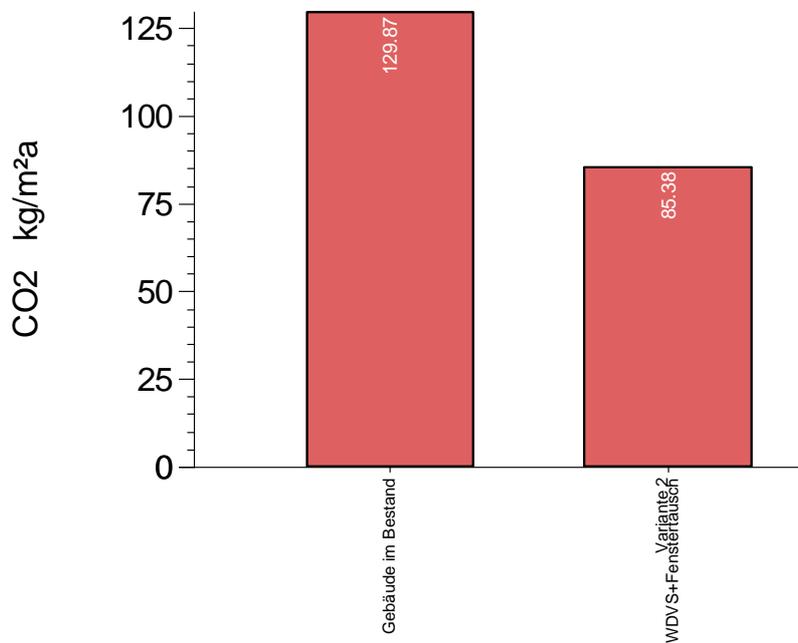
2= WDVS +Tür- und Fensteraustausch, 3= Gesamtpaket aus 1 bis 2+WP+Böden

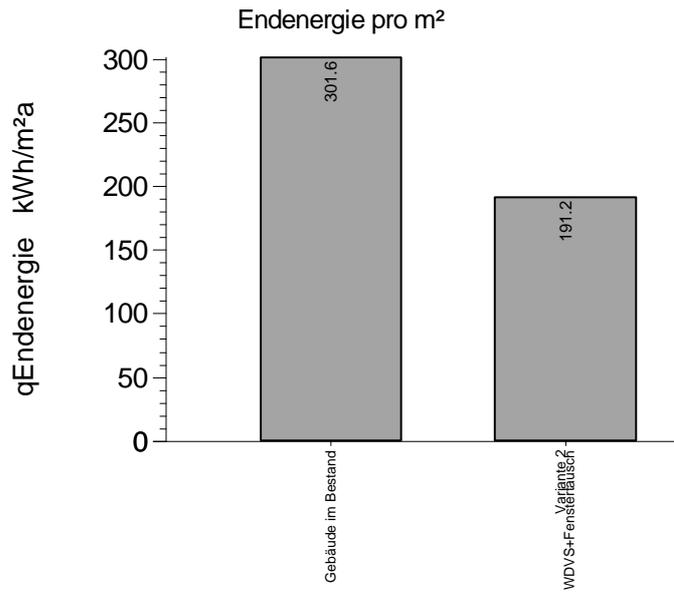
Sanierungsvariante Variante 2 WDV+S+Fenstertausch

CO₂-Emissionen **85.4** [kg/(m²*a)]

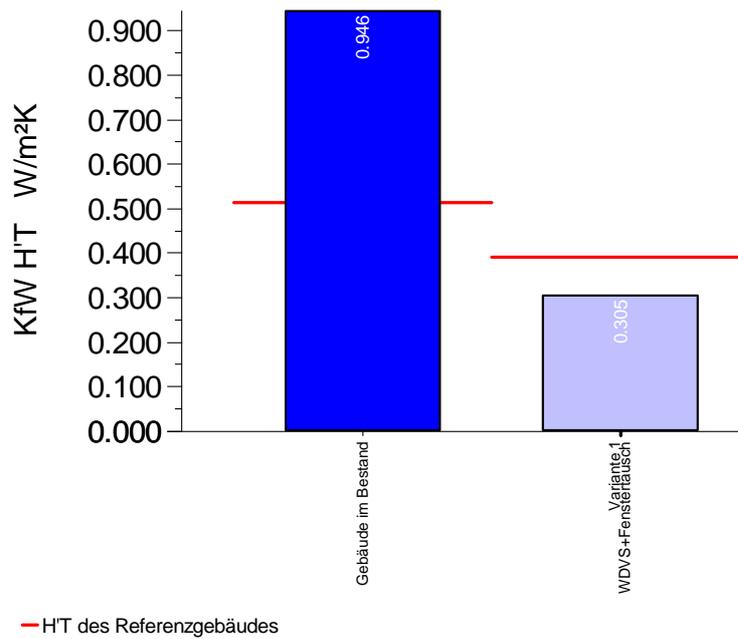


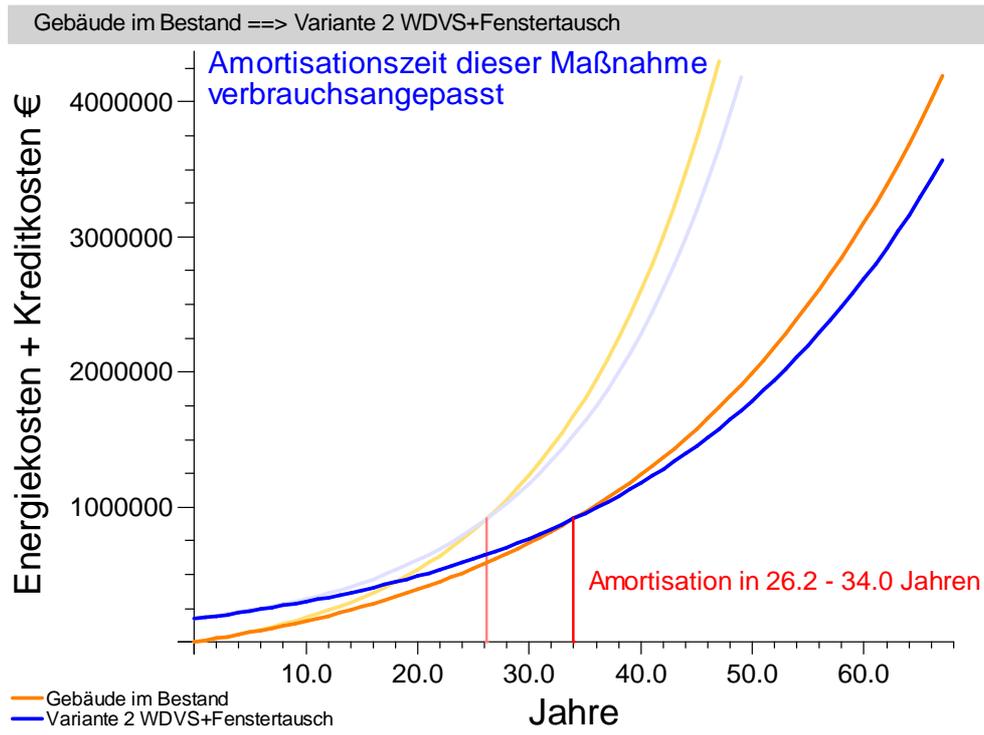
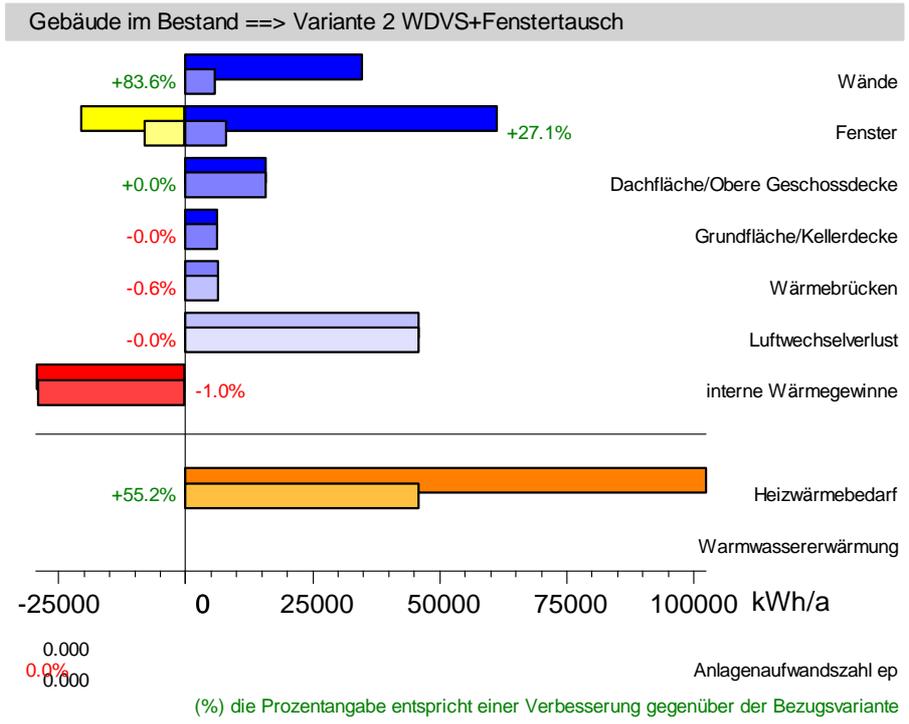
CO₂ Ausstoß nach DIN 4701 (Gemis)





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





Amortisationszeitraum bei einer Energiepreissteigerung von 4% bis 7%

Gesamtübersicht Kennwerte Variante 2

Variante		Variante 2
Q"p	kWh/m ² a	266,6
Q"p max	kWh/m ² a	292,9
gew.U-mittel ist	W/m ² K	0,489
gew.U-mittel max	W/m ² K	0,836
KfW H'T	W/m ² K	0,305
KfW H'T Ref	W/m ² K	0,391
CO2	kg/m ² a	85,38
NOx	kg/m ² a	0,108
Nettogrundfl.	m ²	536,38
QEndenergie	kWh/a	102571
qEndenergie	kWh/m ² a	191,2
Energiekosten	€/a	10591
Kreditkosten	€	172515
Gesamtamortisation	Jahre	34
Amortisation Maßnahme	Jahre	34
Q"p Ref	kWh/m ² a	209,2
H'T Ref	W/m ² K	0

Diese Maßnahme amortisiert sich nach 34,0 Jahren bei einer angenommenen Energiepreissteigerung von 4 % und reduziert die Energiekosten um ca. **2.466,00- €/a**. Weiter kann bei Durchführung dieser Maßnahme eine Einsparung von rund **34 % Co2 p. kg/m²a** ein also **44,49 kg/m²a** erreicht werden.

3.4. Maßnahme 3

3.4.1. Variante 3 Gesamtmaßnahme von 1+2 mit zusätzlicher Erdwärmepumpe

Diese Variante fasst die voran bewerteten Maßnahmen 1 und 2 zusammen und enthält zusätzlich die Umrüstung der vorhandenen Heizanlage auf eine Versorgung durch eine Erdwärmepumpe. Diese Variante ist die umfassendste Maßnahme, da sie einen erheblichen Eingriff in die innere Gebäudestruktur beinhaltet.

Die Erdwärmepumpe ist nach einer erfolgten umfassenden Sanierung der Gebäudehülle, eine sinnvolle Investition zur weiteren Senkung der Energiekosten sowie der Ökobilanz durch Geothermie. Zur Realisierung müssen Erdbohrungen im Umfeld der Turnhalle erfolgen um die Erdsonden effizient im Erdreich verbauen zu können. Außerdem wird es erforderlich, vorhandene Heizflächen (hier Luftwärmehaube-Halle, Heizkörper im Betriebsanbau) auf das neue System umzustellen, was einen erheblichen Kostenanteil neben den Erdbohrungen ausmacht. Dies würde im Fall der Turnhalle bedeuten dass zur effizienten Nutzung der Anlage eine Flächenheizung im Gebäude verbaut werden sollte. Da über die niedrigen Systemtemperaturen von 35°/28° eine größere Abstrahlfläche benötigt wird. Dazu werden vorhanden Bodenaufbauten zurückgebaut und entsprechend der EnEV zusätzlich mit einer Dämmlage versehen um mögliche Energieverluste über das Erdreich so gering wie möglich zu halten. Darauf erfolgen dann der Aufbau der Flächenheizung im Nasssystem und der neue Bodenbelag.

Vorteile Wärmepumpe

Effiziente Strom-Heizung, Idealfall: 4 kWh Wärme aus 1 kWh Strom
Mit Fußboden- und Wandheizungen gute Energiebilanz
Staatliche Förderung
Zuschüsse und Sonderstrom-Tarife von Energieversorgern
Kombinierbar mit Ökostrom, Photovoltaik und Solarkollektoren für Warmwasser
Sehr geringer Wartungsaufwand

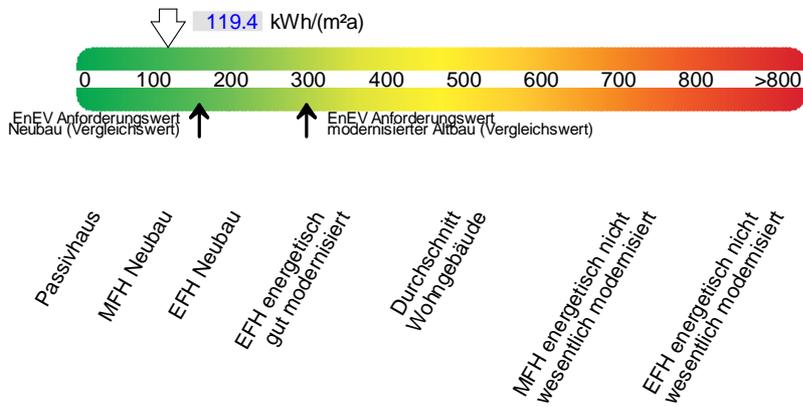
Nachteile

- Hohe Anforderungen ans Heizsystem:
- Optimaler Wirkungsgrad nur bei Vorlauftemperaturen von bis zu 35°C (Fußboden- und Wandheizung oder Niedrigtemperaturheizkörper)
- Wegen Sperrzeiten der Stromversorger muss Heizung speicherfähig sein: ggf. Pufferspeicher nötig
- Wärmequellen-Temperatur nur bei Grundwasser konstant: schwankende Betriebskosten
- Wirtschaftlichkeit und Ökobilanz abhängig vom Strom-Mix
- Abhängigkeit von örtlichen Gegebenheiten wie Bodenqualität

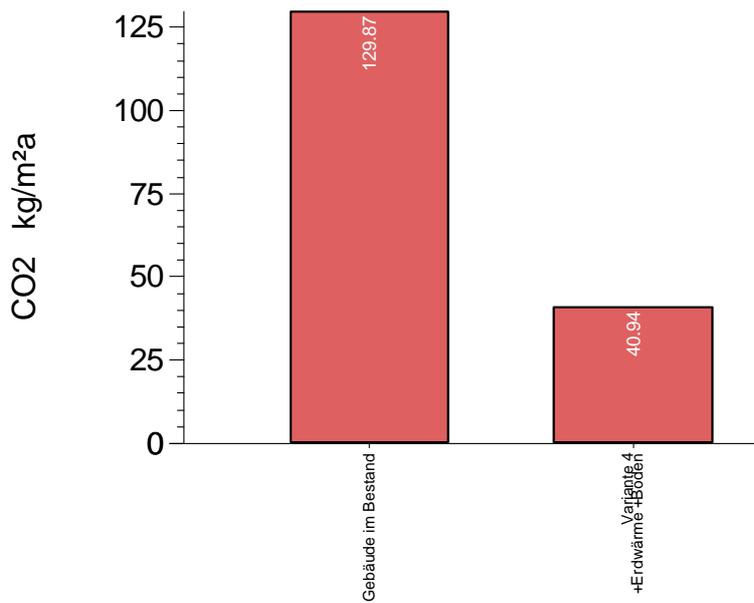
Die Gesamtkosten dieser Gesamtmaßnahme werden auf ca. **429.762.-€** veranschlagt, das entspricht **801,23 €/m²** bezogen auf die Nettogrundfläche.

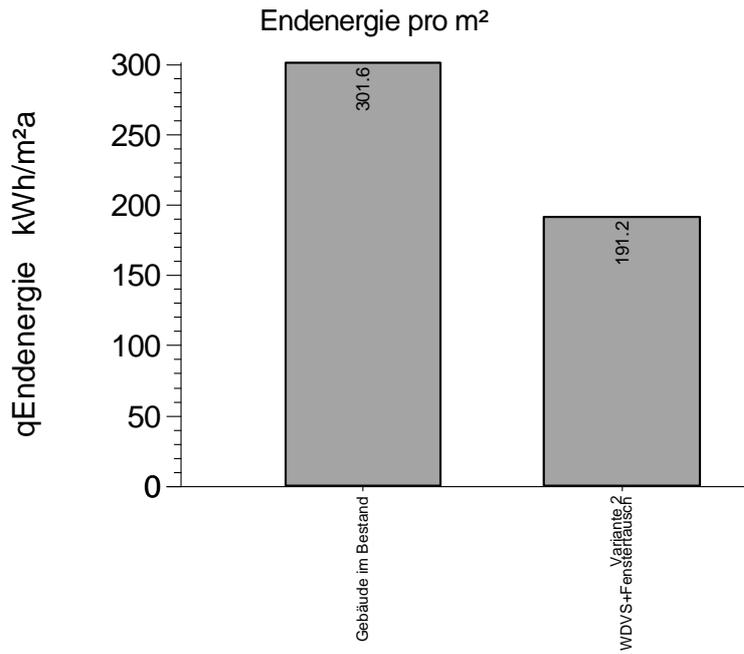
Sanierungsvariante
 Variante 3 +Erdwärme +Böden

CO2-Emissionen 40.9 [kg/(m²*a)]

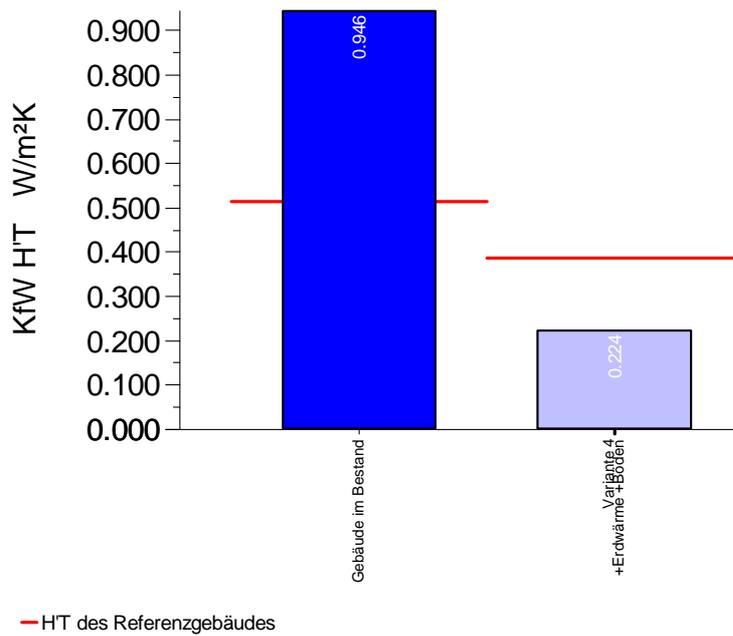


CO2 Ausstoß nach DIN 4701 (Gemis)

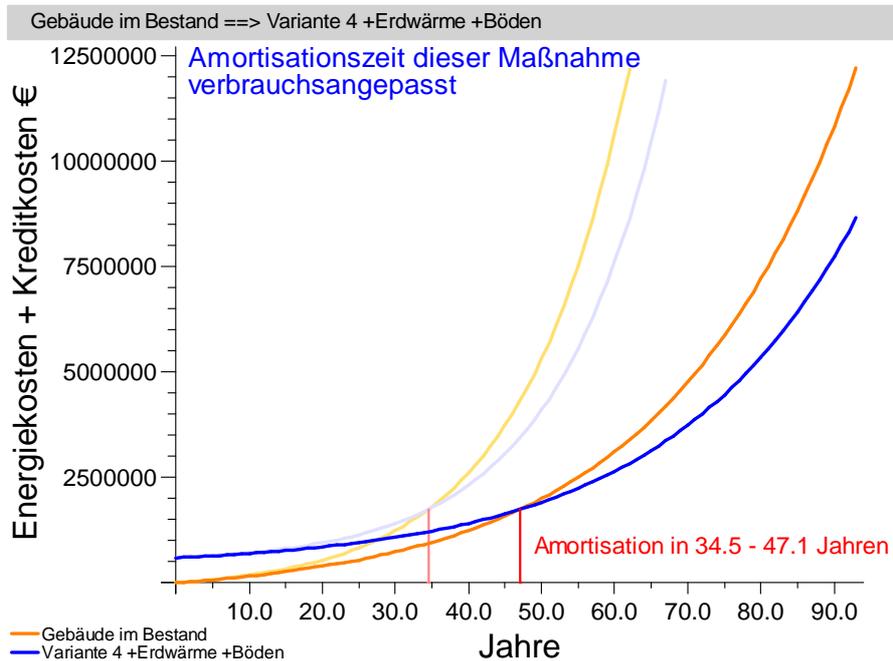
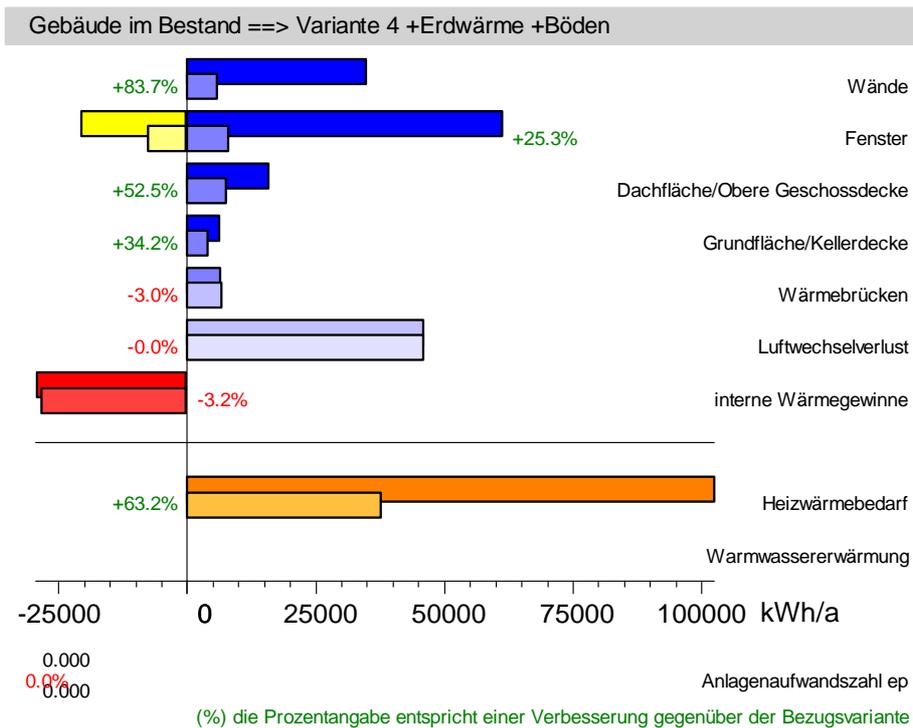




Qualität der Gebäudehülle (H'T und H'T Referenzgebäude)



Transmission



Gesamtübersicht Kennwerte Variante 3

Variante		Variante 3
Q"p	kWh/m ² a	119,4
Q"p max	kWh/m ² a	298,4
gew.U-mittel ist	W/m ² K	0,211
gew.U-mittel max	W/m ² K	0,832
KfW H'T	W/m ² K	0,224
KfW H'T Ref	W/m ² K	0,388
CO ₂	kg/m ² a	40,94
NO _x	kg/m ² a	0,042
Nettogrundfl.	m ²	536,38
QEndenergie	kWh/a	35589
qEndenergie	kWh/m ² a	66,4
Energiekosten	€/a	8621
Kreditkosten	€	592529
Gesamtamortisation	Jahre	47,1
Amortisation Maßnahme	Jahre	47,1

Diese Maßnahme amortisiert sich nach 47,1 Jahren bei einer angenommenen Energiepreissteigerung von 4 % und reduziert die Energiekosten um ca. **4.440,- €/a**. Weiter kann bei Durchführung dieser Maßnahme eine Einsparung von rund **68,5 % Co₂ p. kg/m²a** ein also **88,93 kg/m²a** erreicht werden.

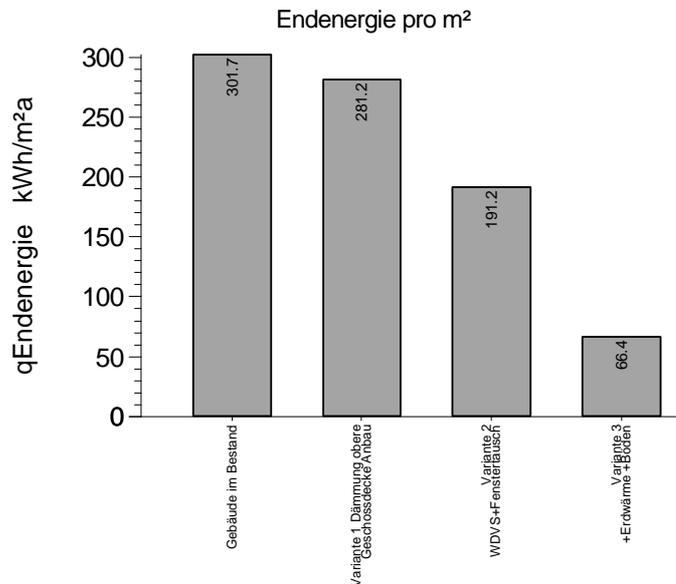
3.5. Sonstige Empfehlungen

über die Bilanz hinaus Empfehlungen zu Lüftung, Stromverbrauch, kleine Maßnahmen

4. Zusammenfassung

4.1. Energie

- alle Endenergien incl. Bestandsgebäude



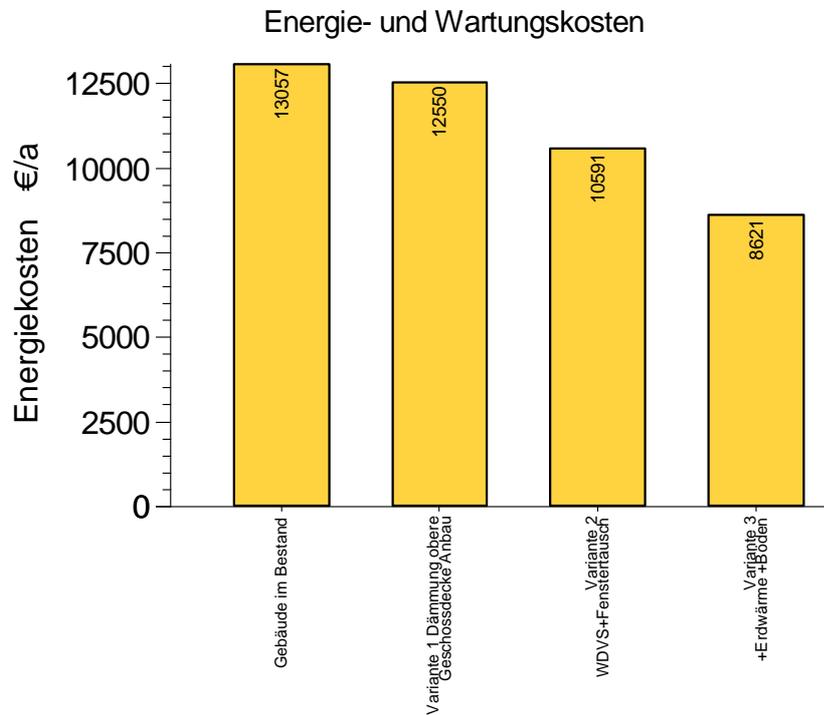
4.2. Kosten

- alle Investitionskosten incl. Bestandsgebäude

	Gesamt Investition	Netto Investition	jährliche Energiekosten	jährliche Energiekosteneinsparung	Amortisationszeit
Variante	€	€	€	€	Jahre
Bestandsgebäude	0	0	14.921	0	0
1 =Dämmung Decke OG	12.569,00	12.569,00	14.268,00	653,00	22
2= WDVS+Fenster	125.125,00	125.125,00	11.668,00	3253,00	34
3= Gesamt 1-2+WP und Böden	429.762,00	429.762,00	8.617,00	6304,00	47,1

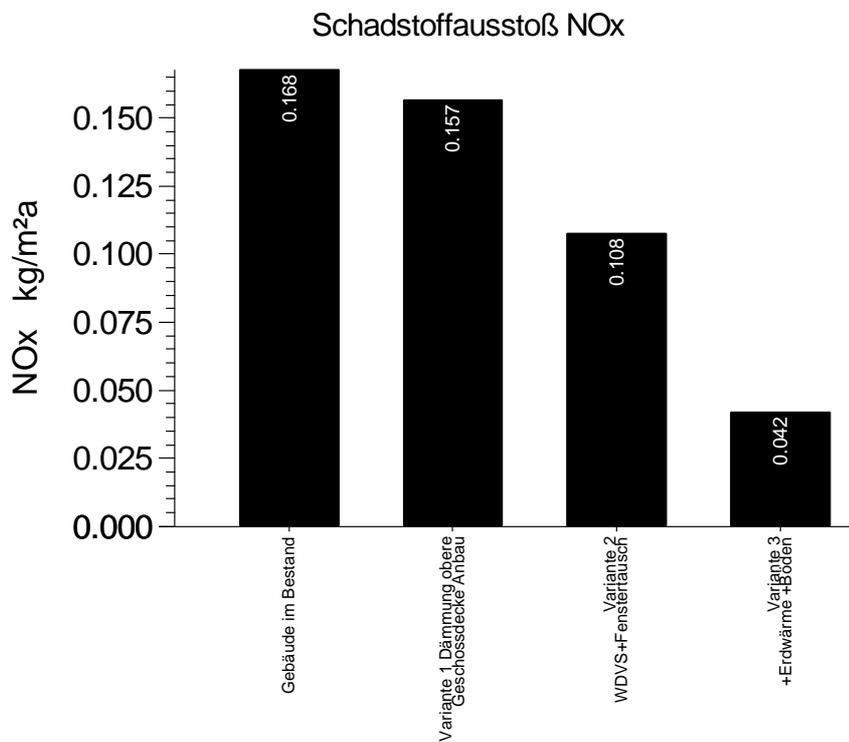
4.3. Wirtschaftlichkeit

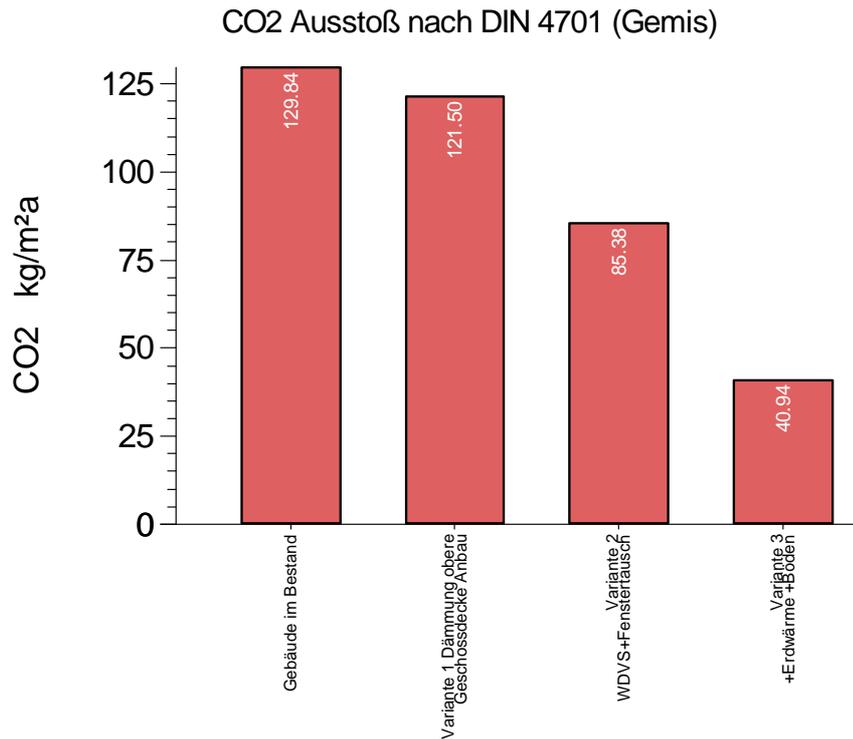
- alle Jahreskosten incl. Bestandsgebäude



4.4. Umweltrelevanz

- alle Emissionen incl. Bestandsgebäude in einem Diagramm





4.5. Schadstoffausstoß

Energieträger	NOx	CO	SO ₂	Staub
Strom-Mix/Nah/Fernw.Heizwerk.fossil				
	kg/a	kg/a	kg/a	kg/a
Bestandsgebäude	90.01	83.28	85.98	2.70
Variante 1	84.01	77.22	79.96	2.57
Variante 2	57.73	50.08	53.23	2.04
Variante 3	22.46	7.26	13.70	1.92

5. Empfehlungen und Kostenübersicht

5.1. Empfehlung

Die bewerteten Varianten 1 bis 3 sind so gewählt das sie aufeinander folgend ausgeführt werden sollten. Auf Grundlage der Ergebnisse für Variante 3 ist ein tatsächlicher wirtschaftlicher Vorteil nicht klar auszuweisen da hier die Amortisationszeit von 47 Jahren über die Nutzungsdauer der Erdwärmepumpe hinausgeht. Die mögliche Nutzungsdauer der Erdwärmepumpe kann bei fachgerechter Wartung gut 25 Jahre betragen, genaue Zeitangaben sind nicht belegbar.

5.2. Kostentabelle

Bauteil	Bezug	qm	Kosten	Gesamt € ernerg.Anteil
AW Ost-Sockel-Halle+20 Dä 035	pro m ²	12.1	135.00 €	1638 €
AW Ost- Halle+20Dä 035	pro m ²	54.5	135.00 €	7351 €
AW Ost- Halle+20Dä 035 mit Fe	pro m ²	43.0	135.00 €	5799 €
AW Ost-Anbau+20Dä 035	pro m ²	30.0	135.00 €	4050 €
AW Nord -Anbau+20Dä 035	pro m ²	38.3	135.00 €	5168 €
AW Nord -Sockel-Anbau+20Dä035	pro m ²	4.3	135.00 €	583 €
AW Nord -Anbau	pro m ²	32.1	135.00 €	4328 €
AW West -Anbau+20Dä035	pro m ²	25.1	135.00 €	3387 €
AW West-Sockel+20Dä 035	pro m ²	15.4	135.00 €	2084 €
AW West mit Fenster-Halle+20D	pro m ²	97.4	135.00 €	13149 €
AW Süd -Halle+20Dä 035	pro m ²	98.0	135.00 €	13223 €
AW Nord -Anbau-Trennwand+20Dä	pro m ²	11.2	135.00 €	1511 €
Decke über Hallenbereich	pro m ²	416.5	0.00 €	0 €
Decke über Anbau	pro m ²	106.4	125.00 €	13296 €
Fußboden EG-Anbau+DÄ	pro m ²	106.4	175.00 €	18614 €
Schwingboden -Hoppe EG-Halle	pro m ²	416.5	175.00 €	72895 €
Zwischensumme				167074 €
Fenster				
Isop.S.Neutr Kr 0,6 2x10/Krypton Be.2/5	pro m ²	86.5	650.00 €	56197 €
Haustür mit Fenster 1,2	pro m ²	6.6	985.00 €	6522 €
Zwischensumme				62719 €
Anlagentechnik				
Heizung komplett	absolut		171079.00 €	171079 €
Solaranlage	absolut		0.00 €	0 €
Lüftungsanlage zusätzlich	absolut		28890.00 €	28890 €
Zwischensumme				199969 €
Zwischensumme				0 €
Ergebnis				
Gesamtsumme				429.762,00 €

Aufgestellt 14.02.2017

Dipl. Ing. M. Hentze

i.A. B.Eng Sebastian Schmalreck