

Vor-Ort-Beratungsbericht zur sparsamen und rationellen Energieverwendung in Wohngebäuden



Gebäude: Mühlgasse 1
55278 Köngernheim

Auftraggeber: Herr
Stephan Schmidt
Mühlgasse 1
55278 Köngernheim

Erstellt von: Gebäude-Energieberatung Stephan Schmidt
BAFA-Berater.
www.schmidt-oekosozial.de
Mühlgasse 1
55278 Köngernheim
Tel.: 06737-715612
Fax: 06737-712892
E-Mail: stephan.schmidt-oekosozial@t-online.de

Erstellt am: 10. Januar 2010



Die Ostseite

Die Nordseite.



Die Südseite des Wohnhauses und die südliche Scheunendachfläche auf der die Solaranlage nach der Dachsanierung Platz findet.



Westseite



Der mit Bruchstein gemauerte Teil der Scheune bleibt von außen frei. Darin wird später das Passivhaus entstehen.

An advertisement for building energy consulting services. It features a blue background with a dandelion seed head on the left. The text includes:

Umweltökologisches Sachverständigenbüro

Gebäudeenergieberatung
gesundes, ökologisches Bauen und Modernisieren

Passivhaus Planung

Stephan Schmidt
Vor-Ort-Beratung nach BAFA
Energiebedarfs-Ausweis nach EnEV

Haus
schnecken - profifrauen!

Zertifiziert von der Handwerkskammer

www.schmidt-technik.de
stephan.schmidt-technik@t-online.de
Tel.: 06737-715612

Allgemeine Angaben zum Gebäude

Objekt: Mühlgasse 1
55278 Königernheim

Beschreibung:

Gebäudetyp: freistehendes Einfamilien-Fachwerkhaus
Baujahr: 1767

Beheiztes Volumen V_e : 441 m³

Das beheizte Volumen wurde gemäß EnEV unter Verwendung von Außenmaßen ermittelt.

Nutzfläche A_N nach EnEV: 141 m²

Die Bezugsfläche A_N in m² wird aus dem Volumen des Gebäudes mit einem Faktor von 0,32 ermittelt. Dadurch unterscheidet sich die Bezugsfläche im Allgemeinen von der tatsächlichen Wohnfläche.

Lüftung:

Das Gebäude wird mittels Fensterlüftung belüftet.

Nutzerverhalten:

Für die Berechnung dieses Berichts wurde das EnEV-Standard-Nutzerverhalten zugrundegelegt:

mittlere Innentemperatur: 19,0 °C,
Luftwechselrate: 0,70 h⁻¹,
interne Wärmegewinne: 5155 kWh pro Jahr,
Warmwasser-Wärmebedarf: 1764 kWh pro Jahr.

Verbrauchsangaben:

Der Berechnung dieses Berichts wurde das EnEV-Standard-Nutzerverhalten und die Standard-Klimabedingungen für Deutschland zugrundegelegt. Daher können aus den Ergebnissen keine Rückschlüsse auf die absolute Höhe des Brennstoffverbrauchs gezogen werden.

	berechneter Verbrauch	tatsächlicher Verbrauch
Strom	2.075 kWh	
Strom (Sondertarif)	28.393 kWh	

Ur-Zustand des Gebäudes

Gebäudehülle

In der folgenden Tabelle finden Sie 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 liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

	Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U-Wert Passiv- haus in W/m ² K
X	DA	Dachfläche Treppenhaus	12	0,62	0,30	0,15-0,10
X	OG	Balkendecke mit Lehmschlag und Dielung	74	0,67	0,30	0,15-0,10
X	OG	Wand Treppe-Speicher	13	1,01	0,30	0,15-0,10
X	TA	Haustür	2	3,50	2,90	0,15-0,10
X	TA	Tür	2	3,50	2,90	0,15-0,10
X	WA	Außenwand ost EG hinten	43	1,48	0,35	0,15-0,10
X	WA	Außenwand OG nord	18	1,18	0,35	0,15-0,10
X	WA	Außenwand ost OG	20	0,62	0,35	0,15-0,10
X	WA	Außenwand süd EG	16	0,60	0,35	0,15-0,10
X	WA	Außenwand süd OG	14	0,62	0,35	0,15-0,10
X	WA	Außenwand west EG	17	0,60	0,35	0,15-0,10
X	WA	Außenwand west Küche	10	0,90	0,35	0,15-0,10
X	WA	Außenwand west OG	19	0,62	0,35	0,15-0,10
X	WA	Außenwand west Schlafzimmer	10	0,86	0,35	0,15-0,10
X	FA	bis 1983 - Holzfenster - einfach verglast	13	5,00	1,70	< 0,8
	BA	Fußboden Erdreich	56	1,08		0,15-0,10
X	BK	Gewölbedecke	30	1,10	0,40	0,15-0,10

*) 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. Bei Innendämmung erhöht sich der Maximalwert um 0,10 W/m²K. Bei Kerndämmung eines mehrschaligen Mauerwerks reicht es aus, wenn der Hohlraum vollständig mit Dämmstoff ausgefüllt wird. Wird bei vorhandenen Fenstern nur die Verglasung ersetzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert 1,50 W/m²K.

Anlagentechnik

Heizung:

Erzeugung Dezentrale Wärmeerzeugung
 Elektro-Speicherheizung - Strom (Sondertarif)

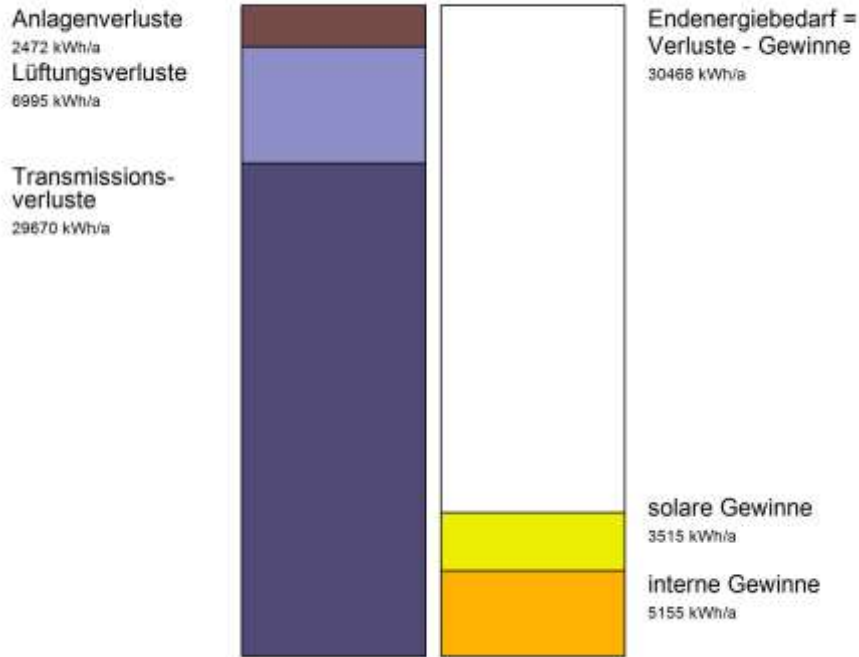
Warmwasser:

Erzeugung Dezentrale Warmwasserbereitung
 Elektro-Kleinspeicher - Strom
 Elektro-Durchlauferhitzer - Strom

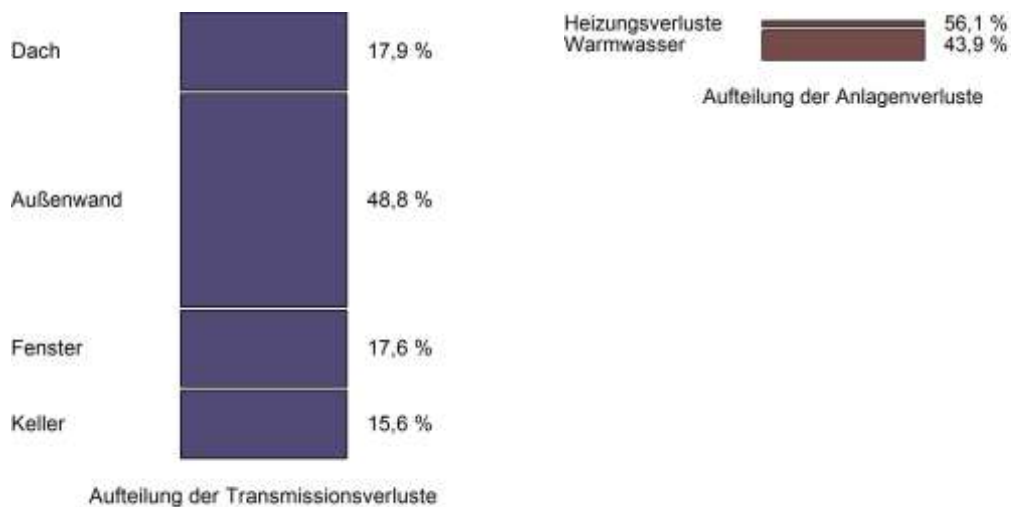
Energiebilanz

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle und bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie für Heizung und Warmwasserbereitung.

In dem folgenden Diagramm ist die Energiebilanz aus Wärmegewinnen und Wärmeverlusten der Gebäudehülle und der Anlagentechnik dargestellt.

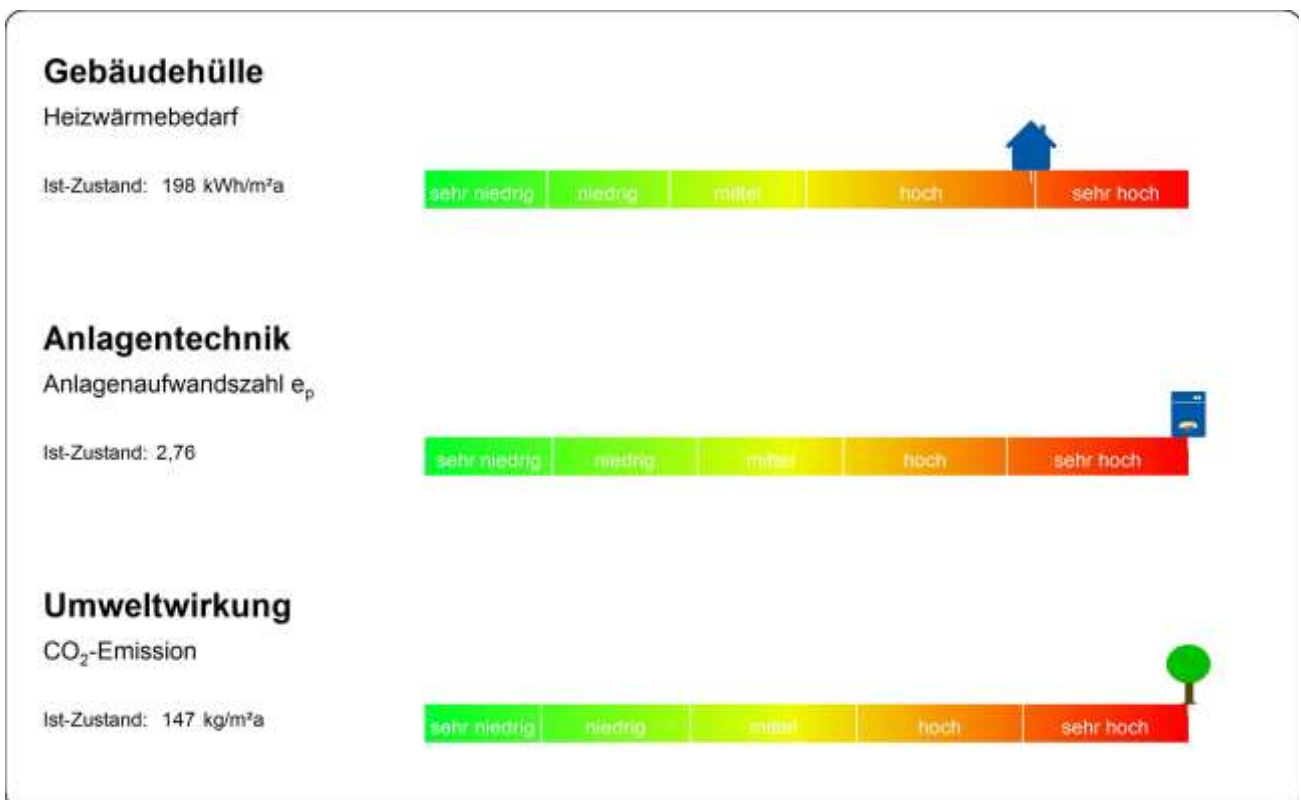
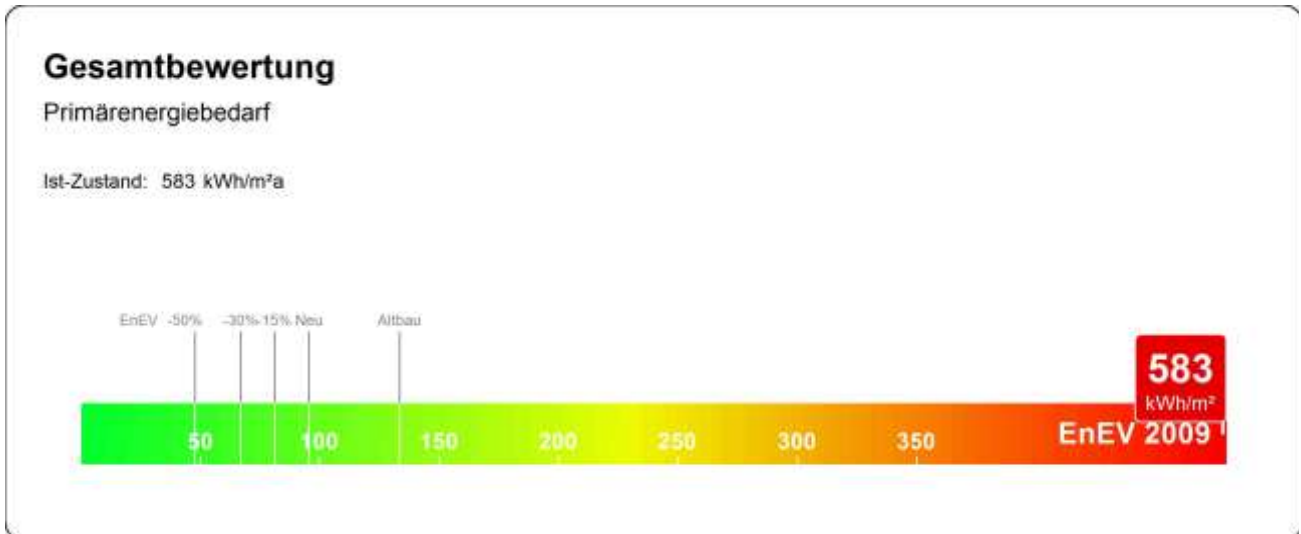


Die Aufteilung der Transmissionsverluste auf die Bauteilgruppen – Dach – Außenwand – Fenster – Keller – und der Anlagenverluste auf die Bereiche – Heizung – Warmwasser – Hilfsenergie (Strom) – können Sie den folgenden Diagrammen entnehmen. Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich die Energie verloren geht, bzw. wo zurzeit die größten Einsparpotenziale in Ihrem Gebäude liegen.



Bewertung des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 583 kWh/m²a.



Variante 1 : Dämmung der Außenwände innen, neue Fenster, Obergeschoßdecke gedämmt

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 1 -

Außenwände: Innendämmung mit 2cm Schilfrohr $\phi 040$ und Lehmputz
 Innendämmung mit 2cm Schilfrohr $\phi 040$ und Lehmputz und Außendämmung auf der Schlafzimmerwand Nord
 Vollholztür mit 30..40% Lichtfläche U-Wert 2,3W/m²K

Dach / oberste Decke: Die Dämmung der Obergeschoßdecke mit Polystyrol $\phi 035$ wurde bis zum Bauabschnitt F (Ausbau des Dachgeschoßes, Auf- und Zwischensparren-Dämmung) mit OSB-Platten abgedeckt, diese können dann an anderer Stelle wieder verwendet werden.

Keller: Estrich mit 12cm Dämmung
 Estrich mit 8cm Dämmung auf dem Gewölbekeller.

Fenster: Die einfach verglasten Holzfenster aus den 70ern wurden gegen Holzsprossenfenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung U-Wert 2/1,2/0,8 W/m²K getauscht. Die Rahmen wurden mit Komprimierten Dichtband in die Sandstein-Gewandung eingepasst und in der Wand mit Schrauben befestigt. Der Anschluß vom Fenster zur Innenseite der Wand ist lückenlos mit Schilfrohr gedämmt um Bildung von Tauwasser aufgrund der Oberflächentemperaturen vorzubeugen.

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

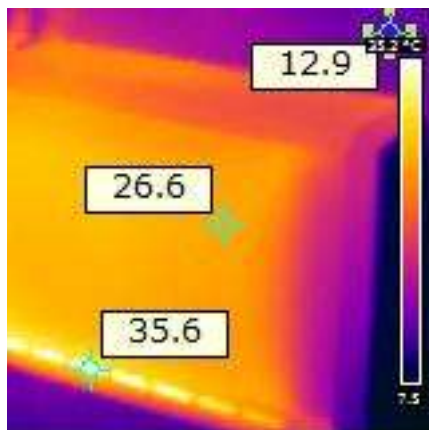
Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U-Wert Passiv- haus in W/m ² K
OG	Balkendecke mit Lehmschlag und Dielung - Dämmung OSB-Platte	74	0,25	0,30	0,15-0,10
TA	Haustür - Vollholztür mit 30..40% Lichtfläche 2,3	2	2,30	2,90	0,15-0,10
WA	Außenwand ost EG hinten - Schilfrohr Lehmputz	43	0,79	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand OG nord - Schilfrohr Lehmputz und Außendämmung	18	0,27	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand ost OG - Schilfrohr Lehmputz	20	0,45	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand süd EG - Schilfrohr Lehmputz	16	0,44	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand süd OG - Schilfrohr Lehmputz	14	0,45	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand west EG - Schilfrohr Lehmputz	17	0,44	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand west Küche - Schilfrohr Lehmputz	10	0,59	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand west OG - Schilfrohr Lehmputz	19	0,45	0,35	0,15-0,10

WA	Außenwand west Schlafzimmer - Schilfrohr Lehmputz	10	0,57	0,35	0,15-0,10
FA	Holz-Sprossenfenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 2/1,2/0,8	13	1,20	1,70	< 0,8
BA	Fußboden Erdreich - Estrich mit 12cm Dämmung	56	0,25		0,15-0,10
BK	Gewölbedecke - Estrich mit Dämmung	30	0,47	0,40	0,15-0,10

*) 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. Bei Innendämmung erhöht sich der Maximalwert um 0,10 W/m²K. Bei Kerndämmung eines mehrschaligen Mauerwerks reicht es aus, wenn der Hohlraum vollständig mit Dämmstoff ausgefüllt wird. Wird bei vorhandenen Fenstern nur die Verglasung ersetzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert 1,50 W/m²K.

Modernisierung der Anlagentechnik - Variante 1 -

keine Maßnahme, die alte Nachtspeicherheizung wird in dieser Variante belassen um die Ergebnisse der Gebäude-Modernisierung darzustellen.



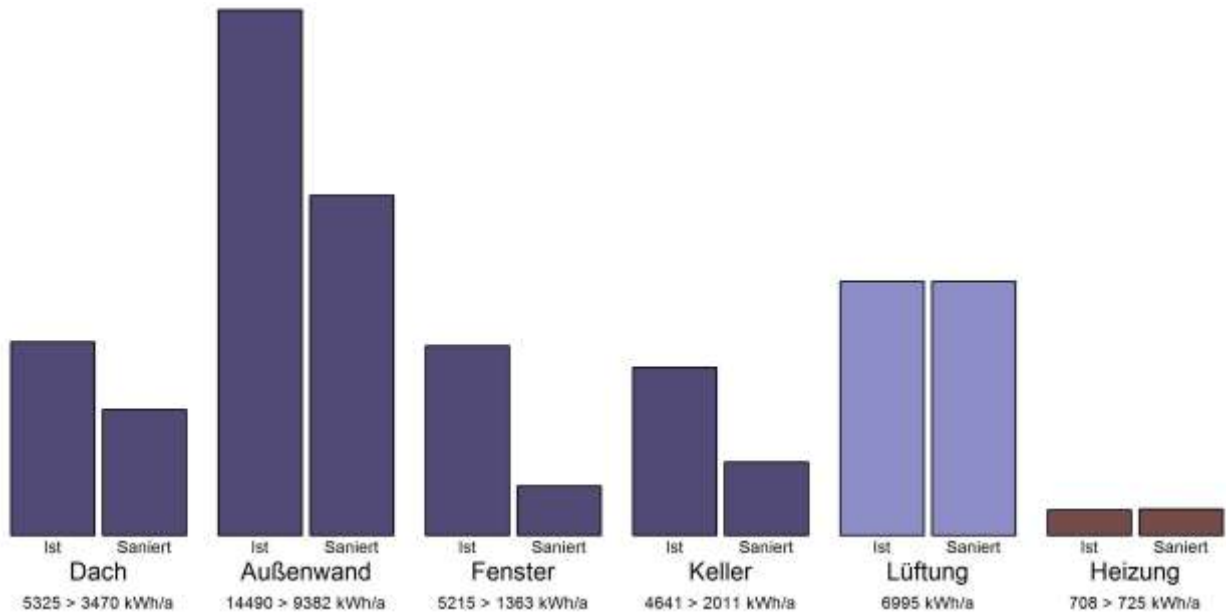
Die Verluste eines Nachtspeicherofens sind auf dem Thermogramm sichtbar. Verluste über das Gehäuse gehen auch ohne Bedarf ständig über die Außenwand verloren.



Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **40 %**.

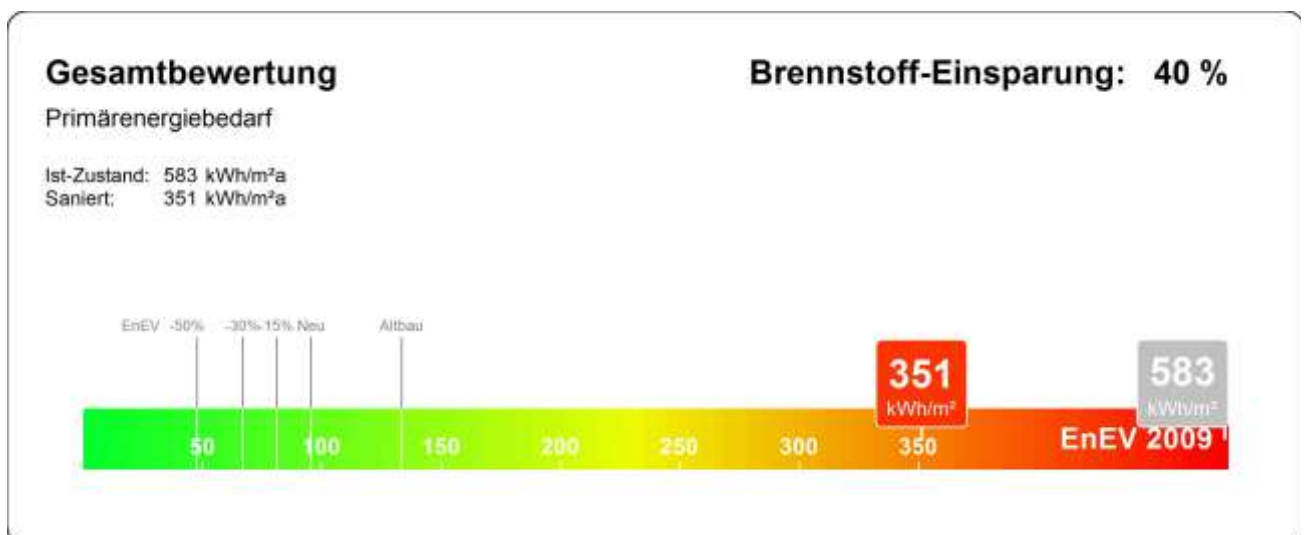
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 30468 kWh/Jahr reduziert sich auf 18356 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 12111 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 8272 kg/a kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **351 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionskosten	:	32.551 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)	:	18.108 EUR

Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen	:	14.443 EUR
--------------------------------------------------	---	-------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Kosten bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtkosten:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	994 EUR/Jahr	29.820 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 4.383 EUR/Jahr	+ 131.490 EUR
	<u>5.377 EUR/Jahr</u>	<u>161.310 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	7.027 EUR/Jahr	210.810 EUR
Einsparung	1.650 EUR/Jahr	49.500 EUR

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	4.218 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	2.631 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %

Variante 2 : Wärmepumpe, Außenwände innen, neue Fenster und Obergeschoßdecke gedämmt.

Diese Variante zeigt die Modernisierung des Wohnhauses

Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 2 -

- Außenwände:** Schilfrohr mit Lehmputz und Wandflächenheizung auf der Innenseite der Außenwände.
 Innendämmung mit Schilfrohr, Lehmputz und Außendämmung auf der Scheunenwand zum Schlafzimmer, auf der Nordseite.
 Der Gebäudesockel aus porösem Bruchsteinmauerwerk wurde auf der Innenseite mit einem diffusionsoffenen Kalkputz verputzt und mit der restlichen Wand durchgehend gedämmt. Auf der Außenseite sind die Wände mit Kalkzementputz verputzt und gestrichen, der Bruchsteinsockel ist unverputzt.
 Die neue Haustür aus Vollholz mit 30..40% Lichtfläche hat einen U-Wert von 2,3 W/m²K.
- Dach / oberste Decke:** Die Dämmung der Obergeschoß wurde bis zum Bauabschnitt F (Ausbau des Dachgeschoßes und Auf- und Zwischensparren-Dämmung) mit OSB-Platten abgedeckt, diese können dann an anderer Stelle wieder verwendet werden.
- Keller:** Fußbodenaufbau im Erdgeschoß
 Estrich mit Flächenheizung auf 12cm Dämmung zum Untergrund aus Split und Beton-Sauberkeitsschicht.
 Auf der Gewölbedecke ist der Estrich mit Flächenheizung auf 8cm Dämmung aufgebaut.
 In der unteren Dämmschicht der Trittschalldämmung sind Lüftungs,- und Heizungsrohre sowie Elektroinstallation, Audio,-Daten,-und Netzwerkleitungen verlegt.
- Fenster:** Die einfach verglasten Holzfenster aus den 70ern wurden gegen Holzspaltenfenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 2/1,2/0,8 getauscht. Die Rahmen wurden mit Komprimierten Dichtband in die Sandstein-Gewandung eingepasst und in der Wand mit Schrauben befestigt. Der Anschluß vom Fenster zur Innenseite der Wand ist lückenlos mit Schilfrohr gedämmt um Bildung von Tauwasser aufgrund der Oberflächentemperaturen vorzubeugen.

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m²	U-Wert in W/m²K	U _{max} EnEV* in W/m²K	U-Wert Passiv- haus in W/m²K
OG	Balkendecke mit Lehmschlag und Dielung - Dämmung OSB-Platte	74	0,25	0,30	0,15-0,10
TA	Haustür - Vollholztür mit 30..40% Lichtfläche 2,3	2	2,30	2,90	0,15-0,10
WA	Außenwand ost EG hinten - Schilfrohr Lehmputz	43	0,79	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand OG nord - Schilfrohr Lehmputz und Außendämmung	18	0,27	0,35	0,15-0,10

WA	Außenwand ost OG - Schilfrohr Lehmputz	20	0,45	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand süd EG - Schilfrohr Lehmputz	16	0,44	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand süd OG - Schilfrohr Lehmputz	14	0,45	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand west EG - Schilfrohr Lehmputz	17	0,44	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand west Küche - Schilfrohr Lehmputz	10	0,59	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand west OG - Schilfrohr Lehmputz	19	0,45	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand west Schlafzimmer - Schilfrohr Lehmputz	10	0,57	0,35	0,15-0,10
FA	Holz-Sprossenfenster mit- 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 2/1,2/0,8	13	1,20	1,70	< 0,8
FA	Holz-Sprossenfenster mit- 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 2/1,2/0,8	13	1,20	1,70	< 0,8
BA	Fußboden Erdreich - Estrich mit 12cm Dämmung	56	0,25		0,15-0,10
BK	Gewölbedecke - Estrich mit Dämmung	30	0,47	0,40	0,15-0,10

*) 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. Bei Innendämmung erhöht sich der Maximalwert um 0,10 W/m²K. Bei Kerndämmung eines mehrschaligen Mauerwerks reicht es aus, wenn der Hohlraum vollständig mit Dämmstoff ausgefüllt wird. Wird bei vorhandenen Fenstern nur die Verglasung ersetzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert 1,50 W/m²K.

Modernisierung der Anlagentechnik - Variante 2 -

Heizung: Zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung Stiebel Eltron LWA 160 Luftverteilung über Flachkanal Westaflex in der Trittschalldämmung unter dem Estrich und in den Strohlehmgefachen der Holzbalkendecke des Obergeschoßes. Decke und Lüftungskanal wurden mit Polystyrol-Dämmplatten abgedeckt.

Die Lüftungsanlage wird von einer separaten Digitalsteuerung automatisiert, diese ermöglicht einen 3stufigen Zeit,- Raumluft,- Außentemperatur,- abhängigen Sommer / Winter-Betrieb. Nach Bedarf kann per Taster in den Bädern und in der Küche eine Timerfunktion gewählt werden.

Zentralheizung mit Luft-Wasser-Wärmepumpe (Strom (Sondertarif)) Stiebel Eltron WPL 13 kombiniert mit Kombi-Pufferspeicher zur Anbindung von Feststoff-Kessel und thermischer Solaranlage. Die Anlage wird von der Solarregelung SOM SBK geregelt, somit ist die Voraussetzung für Bauabschnitt E geschaffen (Ausbau des Scheunendaches und Montage der thermischen Solaranlage auf der neu errichteten Gaube). Die SOM SBK übernimmt ebenfalls die Raumtemperatur,- und Heizkreisregelung für den Wohnbereich.

Die Wärme wird ausschließlich mit Heizflächen in Außenwänden und Fußboden an den Raum abgegeben. Die Dimensionierung der Heizkreise wurde auf eine Oberflächentemperatur von maximal 26 °C und eine Heizkreistemperatur von max. 33 °C ausgelegt.

Erzeugung Zentrale Wärmeerzeugung

Luft-Wasser-Wärmepumpe - Strom (Sondertarif)

Speicherung Pufferspeicher - 128 Liter, Dämmung nach EnEV

Verteilung Auslegungstemperaturen 35/28°C

Dämmung der Leitungen: nach EnEV im beheizten, doppelte EnEV im unbeheizten Bereich.

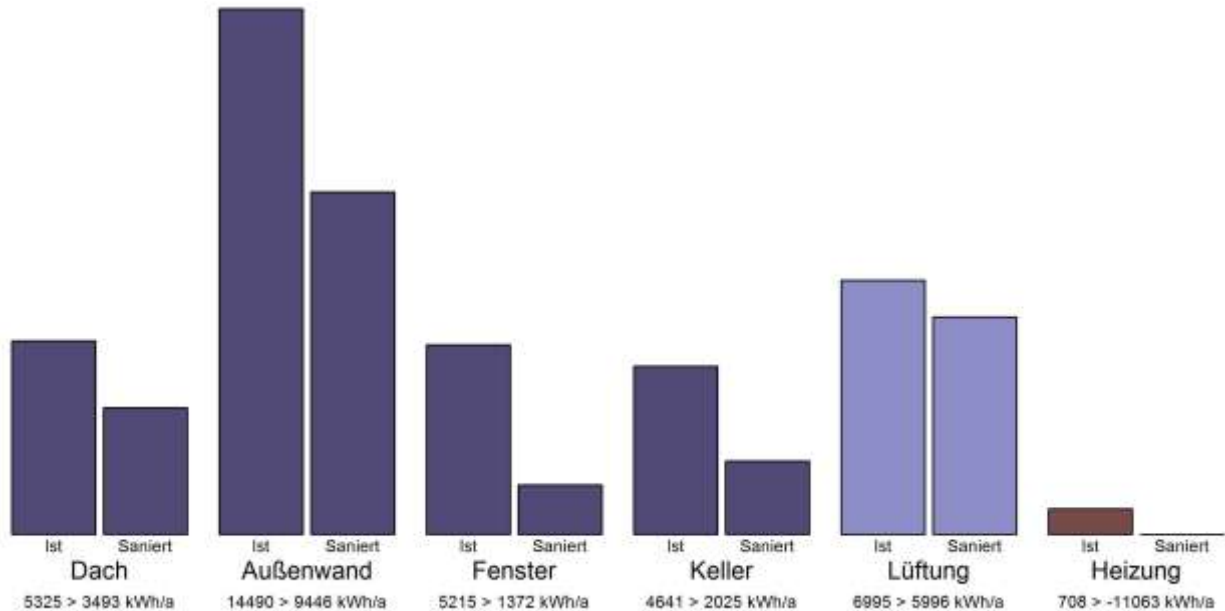
- optimierter Betrieb (optimale Heizkurve, hydraul. Abgleich)
Umwälzpumpe leistungsgeregelt
- Übergabe Wandflächenheizung im OG und Wand- und Fußbodenheizung im EG
elektronische Regeleinrichtung
- Lüftungsanlage zentrale Lüftungsanlage
mit Abluft/Zuluft-Wärmeübertrager (Wärmerückgewinnung)
- Warmwasser:** Zentrale Warmwasserbereitung über Heizungsanlage mit zeit-,
Intervall-gesteuerter Zirkulationspumpe, Energieeffizienzklasse A. Die
Rohrdämmung wurde im Bodenaufbau doppelte EnEV und im
Innenwandbereich auf EnEV-Standard ausgeführt.
- Erzeugung Zentrale Warmwasserbereitung
Warmwassererzeugung über die Heizungsanlage
- Speicherung Indirekt beheizter Speicher - 190 Liter, Dämmung nach EnEV
- Verteilung Verteilung mit Zirkulation
Dämmung der Leitungen: nach EnEV, im unbeheizten Bereich doppelte EnEV



Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **81 %**.

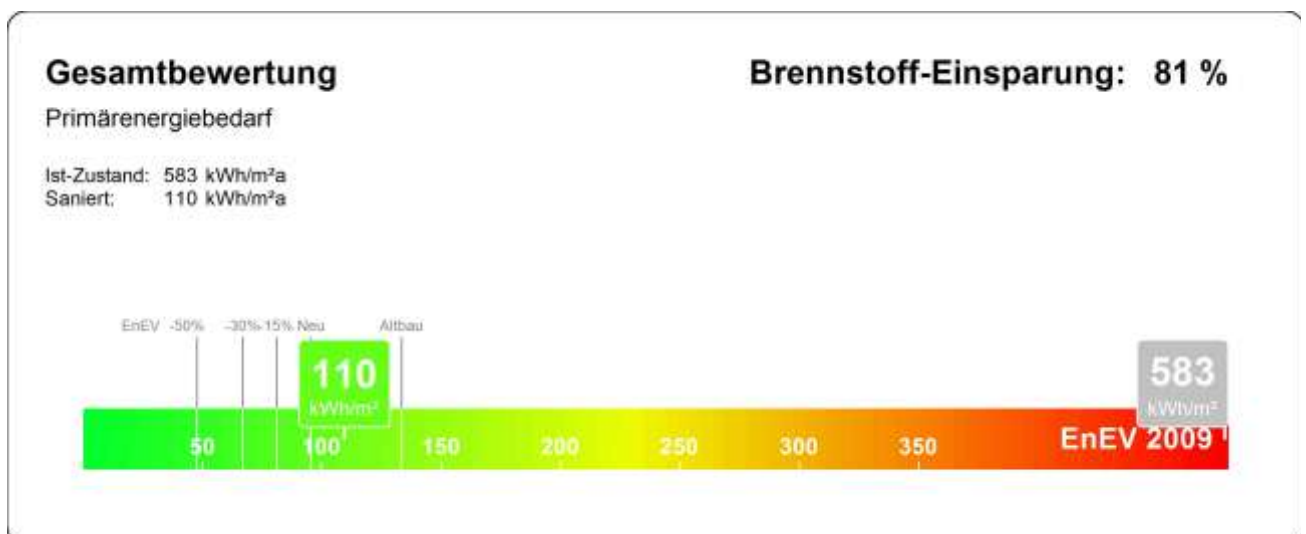
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 30468 kWh/Jahr reduziert sich auf 5726 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 24741 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 16898 kg/a kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **110 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionskosten	:	52.287 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)	:	27.970 EUR

Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen	:	24.317 EUR
--------------------------------------------------	----------	-------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Kosten bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtkosten:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	2.179 EUR/Jahr	65.370 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 1.474 EUR/Jahr	+ 44.220 EUR
	<u>3.653 EUR/Jahr</u>	<u>109.590 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	7.027 EUR/Jahr	210.810 EUR
Einsparung	3.374 EUR/Jahr	101.220 EUR

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	4.218 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	863 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %

Fazit

Die Gebäudemodernisierung für die Reduzierung des Heizwärmebedarfs und die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung zur Minimierung der Lüftungswärmeverluste sind Voraussetzung und Grundlage für den Einsatz der Wärmepumpe in diesem Gebäude.

Die Flächenheizung mit niedriger Heizkreistemperatur verbessert letztlich die Anlagen-Aufwandszahl der Wärmepumpe und damit einen 100%igen Deckungsanteil ohne elektrische Nacherwärmung.

Variante 3 : Außenwände innen, neue Fenster Wärmepumpe und Solaranlage

Diese Variante zeigt das Einsparpotential der Solaranlage für Heizungsunterstützung und Warmwasser. Bauabschnitt E

Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 3 -

Außenwände: Schilfrohr Lehmputz
Schilfrohr Lehmputz Außendämmung
Vollholztür mit 30..40% Lichtfläche 2,3

Dach / oberste Decke: Dämmung aus Polystyrol 035 mit OSB-Platten abgedeckt

Keller: Estrich mit 12cm Dämmung
Estrich mit Dämmung

Fenster: Holz-Sprossenfenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 2/1,2/0,8

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U-Wert Passiv- haus in W/m ² K
OG	Balkendecke mit Lehmschlag und Dielung - Dämmung OSB-Platte	74	0,25	0,30	0,15-0,10
TA	Haustür - Vollholztür mit 30..40% Lichtfläche 2,3	2	2,30	2,90	0,15-0,10
WA	Außenwand ost EG hinten - Schilfrohr Lehmputz	43	0,79	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand OG nord - Schilfrohr Lehmputz Außendämmung	18	0,27	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand ost OG - Schilfrohr Lehmputz	20	0,45	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand süd EG - Schilfrohr Lehmputz	16	0,44	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand süd OG - Schilfrohr Lehmputz	14	0,45	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand west EG - Schilfrohr Lehmputz	17	0,44	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand west Küche - Schilfrohr Lehmputz	10	0,59	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand west OG - Schilfrohr Lehmputz	19	0,45	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand west Schlafzimmer - Schilfrohr Lehmputz	10	0,57	0,35	0,15-0,10
FA	Holz-Sprossenfenster mit - 2-Scheiben- Wärmeschutzverglasung 2/1,2/0,8	13	1,20	1,70	< 0,8
BA	Fußboden Erdreich - Estrich mit 12cm Dämmung	56	0,25		0,15-0,10
BK	Gewölbedecke - Estrich mit Dämmung	30	0,47	0,40	0,15-0,10

- *) 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. Bei Innendämmung erhöht sich der Maximalwert um 0,10 W/m²K. Bei Kerndämmung eines mehrschaligen Mauerwerks reicht es aus, wenn der Hohlraum vollständig mit Dämmstoff ausgefüllt wird. Wird bei vorhandenen Fenstern nur die Verglasung ersetzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert 1,50 W/m²K.

Modernisierung der Anlagentechnik - Variante 3 -

Heizung:

Erzeugung	Zentrale Wärmeerzeugung, 2 Wärmeerzeuger Wärmeerzeuger 1 - 90% Deckungsanteil Luft-Wasser-Wärmepumpe - Strom (Sondertarif) Wärmeerzeuger 2 - 10% Deckungsanteil Solare Heizungsunterstützung - Sonnen-Energie
Speicherung	Pufferspeicher - 128 Liter, Dämmung nach EnEV
Verteilung	Auslegungstemperaturen 35/28°C Dämmung der Leitungen: doppelte EnEV optimierter Betrieb (optimale Heizkurve, hydraul. Abgleich) Umwälzpumpe leistungsgeregelt
Übergabe	Flächenheizung (z.B. Fußbodenheizung) elektronische Regeleinrichtung
Lüftungsanlage	zentrale Lüftungsanlage mit Abluft/Zuluft-Wärmeübertrager (Wärmerückgewinnung)

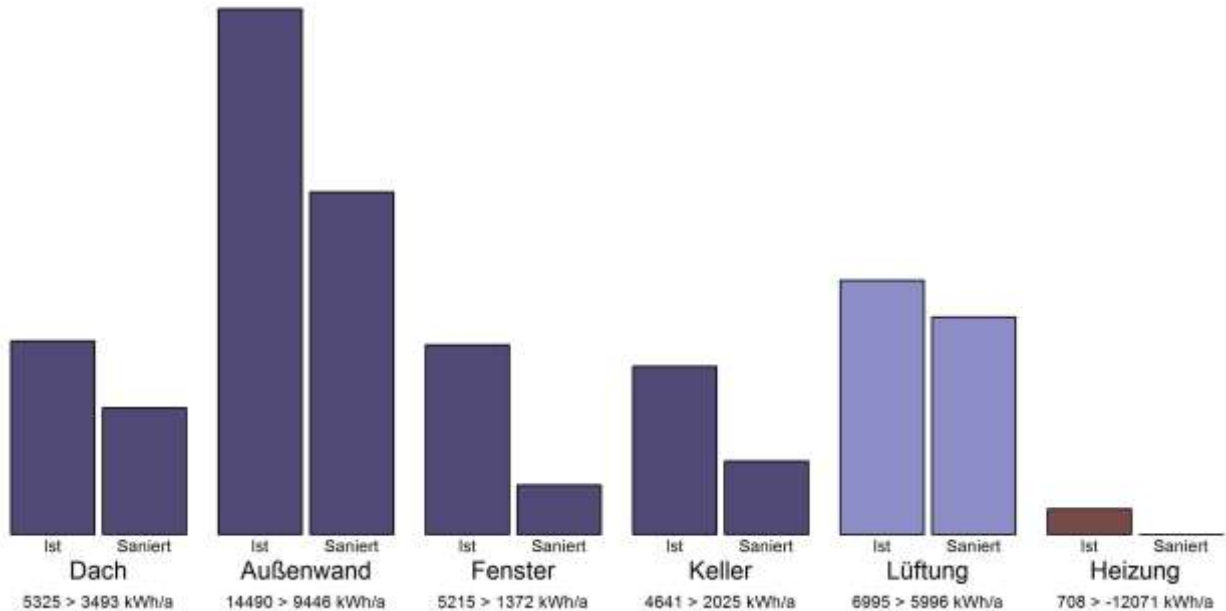
Warmwasser:

Erzeugung	Zentrale Warmwasserbereitung, 2 Wärmeerzeuger Wärmeerzeuger 1 - 71% Deckungsanteil Solaranlage - Sonnen-Energie Wärmeerzeuger 2 - 29% Deckungsanteil Warmwassererzeugung über die Heizungsanlage
Speicherung	bivalenter Solarspeicher - 360 Liter, Dämmung nach EnEV
Verteilung	Verteilung mit Zirkulation Dämmung der Leitungen: doppelte EnEV

Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **85 %**.

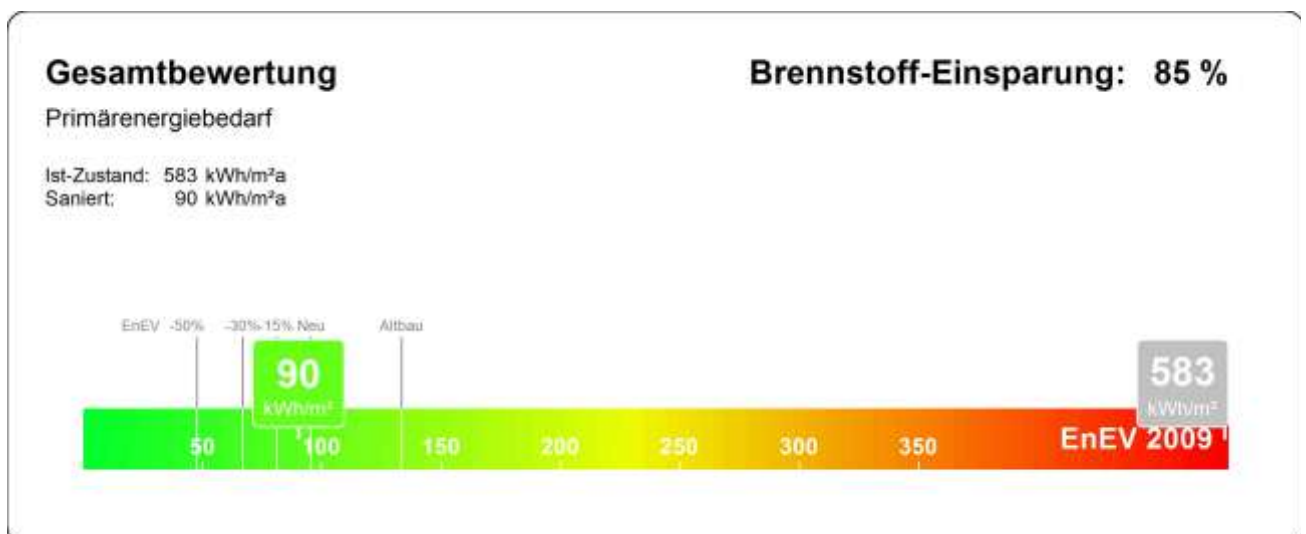
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 30468 kWh/Jahr reduziert sich auf 4719 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 25748 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 17586 kg/a kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **90 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionskosten	:	54.798 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)	:	28.241 EUR

Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen	:	26.557 EUR
--------------------------------------------------	---	-------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Kosten bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtkosten:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	2.519 EUR/Jahr	75.570 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 1.224 EUR/Jahr	+ 36.720 EUR
	<u>3.743 EUR/Jahr</u>	<u>112.290 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	7.027 EUR/Jahr	210.810 EUR
Einsparung	3.284 EUR/Jahr	98.520 EUR

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	4.218 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	735 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %

Variante 4 : Büro, WP, Außenwände innen, neue Fenster, OG-Decke gedämmt

Diese Variante zeigt Wohnhaus und Büroraum in der Scheune, derzeitiger Gebäudezustand

Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 4 -

- Außenwände:** Schilfrohr Lehmputz
Schilfrohr Lehmputz und Außendämmung
Vollholztür mit 30..40% Lichtfläche 2,3
- Dach / oberste Decke:** Dämmung OSB-Platte Wohnhaus
Dämmung OSB-Platte Decke Büro
- Keller:** Estrich mit 12cm Dämmung
Estrich mit Dämmung
- Fenster:** Holz-Sprossenfenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung 2/1,2/0,8

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U-Wert Passiv- haus in W/m ² K
OG	Balkendecke mit Lehmschlag und Dielung - Dämmung OSB-Platte	74	0,25	0,30	0,15-0,10
OG	Decke Büro - Dämmung und OSB-Platte	49	0,27	0,30	0,15-0,10
TA	Haustür - Vollholztür mit 30..40% Lichtfläche 2,3	2	2,30	2,90	0,15-0,10
WA	Außenwand ost EG Küche - Schilfrohr Lehmputz	43	0,79	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand OG nord - Schilfrohr Lehmputz und Außendämmung	18	0,27	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand ost OG - Schilfrohr Lehmputz	20	0,45	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand süd EG - Schilfrohr Lehmputz	16	0,44	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand süd OG - Schilfrohr Lehmputz	14	0,45	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand west EG - Schilfrohr Lehmputz	17	0,44	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand west Küche - Schilfrohr Lehmputz	10	0,59	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand west OG - Schilfrohr Lehmputz	19	0,45	0,35	0,15-0,10
WA	Außenwand west Schlafzimmer - Schilfrohr Lehmputz	10	0,57	0,35	0,15-0,10
FA	Holz-Sprossenfenster mit- 2-Scheiben- Wärmeschutzverglasung 2/1,2/0,8	13	1,20	1,70	< 0,8
BA	Fußboden Erdreich - Estrich mit 12cm Dämmung	56	0,25		0,15-0,10
BK	Gewölbedecke - Estrich mit Dämmung	30	0,47	0,40	0,15-0,10
BK	Kellerdecke Büro	49	0,64	0,40	0,15-0,10

*) 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. Bei Innendämmung erhöht sich der Maximalwert um 0,10 W/m²K. Bei Kerndämmung eines mehrschaligen Mauerwerks reicht es aus, wenn der Hohlraum vollständig mit Dämmstoff ausgefüllt wird. Wird bei vorhandenen Fenstern nur die Verglasung ersetzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert 1,50 W/m²K.

Modernisierung der Anlagentechnik - Variante 4 -

Heizung: zentrale Lüftungsanlage
Zentralheizung mit Luft-Wasser-Wärmepumpe (Strom (Sondertarif))

Erzeugung Zentrale Wärmeerzeugung
Luft-Wasser-Wärmepumpe - Strom (Sondertarif)
STIEBEL ELTRON - WPL 13 E

Speicherung Pufferspeicher - 154 Liter, Dämmung nach EnEV
Verteilung Auslegungstemperaturen 35/28°C
Dämmung der Leitungen: doppelte EnEV
optimierter Betrieb (optimale Heizkurve, hydraul. Abgleich)
Umwälzpumpe leistungsgeregt

Übergabe Flächenheizung (z.B. Fußbodenheizung)
elektronische Regeleinrichtung

Lüftungsanlage zentrale Lüftungsanlage
mit Abluft/Zuluft-Wärmeübertrager (Wärmerückgewinnung)
STIEBEL ELTRON - LWZ 161

Warmwasser:

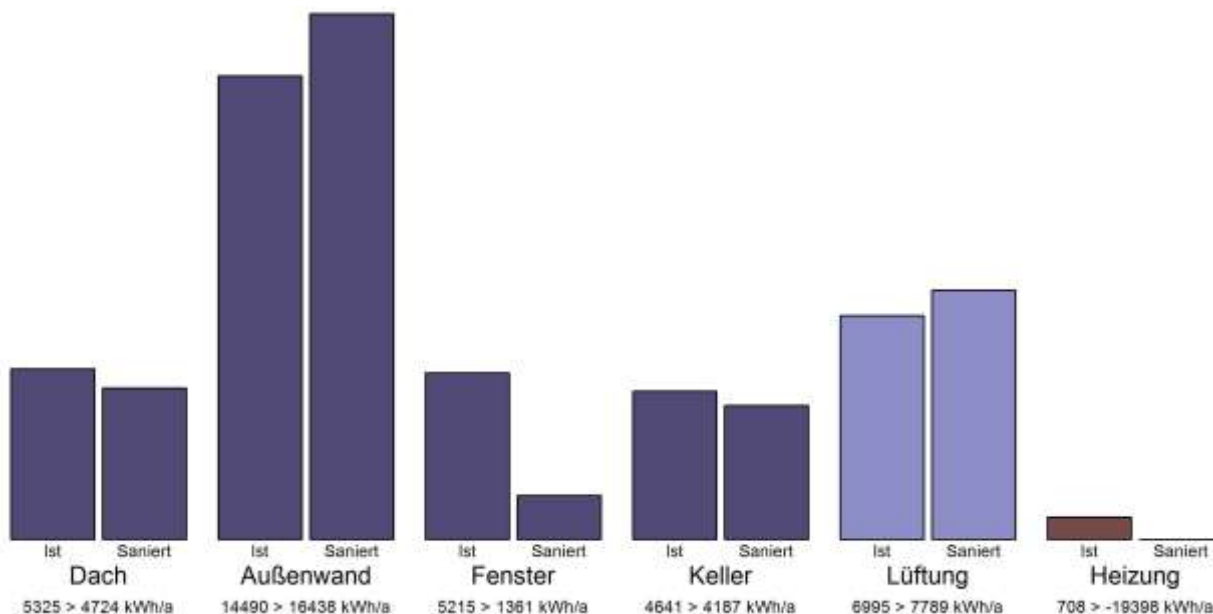
Erzeugung Zentrale Warmwasserbereitung
Warmwassererzeugung über die Heizungsanlage

Speicherung Indirekt beheizter Speicher - 230 Liter, Dämmung nach EnEV
Verteilung Verteilung mit Zirkulation
Dämmung der Leitungen: nach EnEV

Energieeinsparung - Variante 4 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **73 %**.

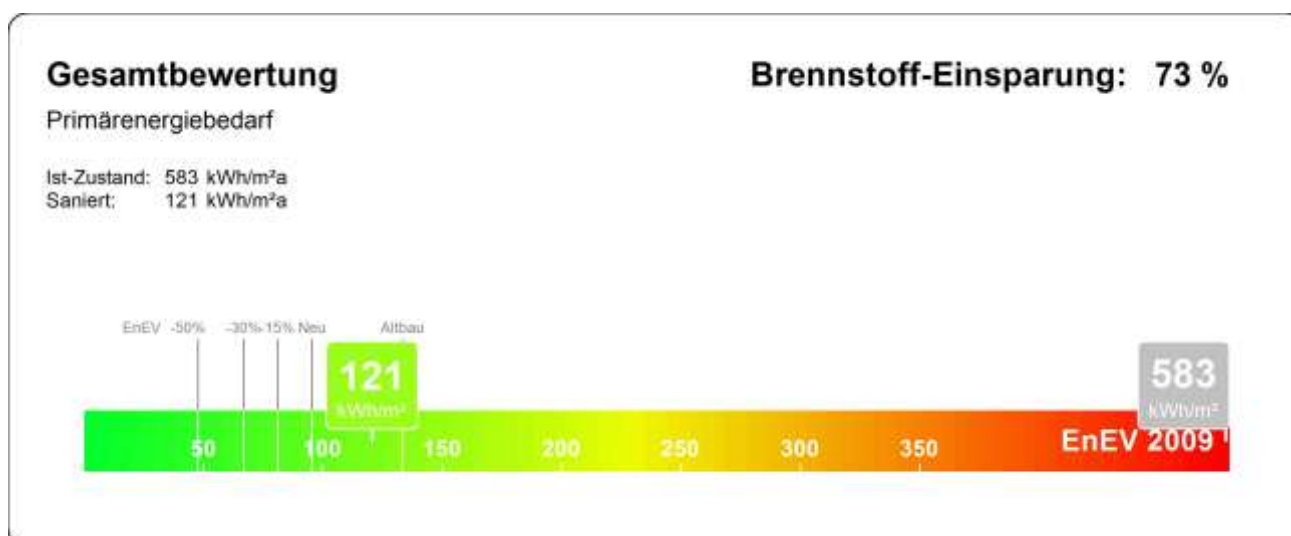
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 30468 kWh/Jahr reduziert sich auf 8199 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 22269 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 15209 kg/a kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes auf **121 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestitionskosten	:	53.782 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Kosten (Erhaltungsaufwand)	:	28.925 EUR

Gesamtkosten für die Energiesparmaßnahmen	:	24.857 EUR
--------------------------------------------------	---	-------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 30,0 Jahren gemittelten jährlichen Kosten bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtkosten:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	2.232 EUR/Jahr	66.960 EUR
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 1.992 EUR/Jahr	+ 59.760 EUR
	<u>4.224 EUR/Jahr</u>	<u>126.720 EUR</u>
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	7.027 EUR/Jahr	210.810 EUR
Einsparung	2.803 EUR/Jahr	84.090 EUR

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	4.218 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	1.195 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %

Zusammenfassung der Ergebnisse

Primärenergiebedarf

Primärenergiebedarf Q_p :

	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	82262			
Var.1 - Außenwände innen, Fenster OG-Decke	49562		32700	39,8%
Var.2 - WP, Außenwände innen, Fenster OG_D.	15461		66801	81,2%
Var.3 - WP und Solar	12742		69520	84,5%
Var.4 - Büro WP Außenw. innen Fenster OG-De	22137		60125	73,1%

Primärenergiebedarf q_p pro m^2 :

	kWh/m ² a		Einsparung	
Ist-Zustand	583			
Var.1 - Außenwände innen, Fenster OG-Decke	351		232	39,8%
Var.2 - WP, Außenwände innen, Fenster OG_D.	110		473	81,2%
Var.3 - WP und Solar	90		493	84,5%
Var.4 - Büro WP Außenw. innen Fenster OG-De	121		462	79,3%

Endenergiebedarf

Endenergiebedarf Q_E :

	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	30468			
Var.1 - Außenwände innen, Fenster OG-Decke	18356		12111	39,8%
Var.2 - WP, Außenwände innen, Fenster OG_D.	5726		24741	81,2%
Var.3 - WP und Solar	4719		25748	84,5%
Var.4 - Büro WP Außenw. innen Fenster OG-De	8199		22269	73,1%

Endenergiebedarf q_E pro m^2 :

	kWh/m ² a		Einsparung	
Ist-Zustand	216			
Var.1 - Außenwände innen, Fenster OG-Decke	130		86	39,8%
Var.2 - WP, Außenwände innen, Fenster OG_D.	41		175	81,2%
Var.3 - WP und Solar	33		183	84,5%
Var.4 - Büro WP Außenw. innen Fenster OG-De	45		171	79,3%

Heizwärmebedarf

Heizwärmebedarf Q_h :

	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	27996			
Var.1 - Außenwände innen, Fenster OG-Decke	15867		12128	43,3%
Var.2 - WP, Außenwände innen, Fenster OG_D.	15026		12969	46,3%
Var.3 - WP und Solar	15026		12969	46,3%
Var.4 - Büro WP Außenw. innen Fenster OG-De	25306		2690	9,6%

Heizwärmebedarf q_h pro m^2 :

	kWh/m ² a		Einsparung	
Ist-Zustand	198			
Var.1 - Außenwände innen, Fenster OG-Decke	112		86	43,3%
Var.2 - WP, Außenwände innen, Fenster OG_D.	107		92	46,3%
Var.3 - WP und Solar	107		92	46,3%
Var.4 - Büro WP Außenw. innen Fenster OG-De	138		60	30,4%

Anlagentechnische Verluste

Anlagentechnische Verluste Q_t :

	kWh/a	Einsparung	
Ist-Zustand	708		
Var.1 - Außenwände innen, Fenster OG-Decke	725	-17	-2,4%
Var.2 - WP, Außenwände innen, Fenster OG_D.	-11063	11772	1661,7%
Var.3 - WP und Solar	-12071	12779	1803,9%
Var.4 - Büro WP Außenw. innen Fenster OG-De	-19398	20106	2838,2%

Anlagentechnische Verluste q_t pro m^2 :

	kWh/m ² a	Einsparung	
Ist-Zustand	5		
Var.1 - Außenwände innen, Fenster OG-Decke	5	0	-2,4%
Var.2 - WP, Außenwände innen, Fenster OG_D.	-78	83	1661,7%
Var.3 - WP und Solar	-86	91	1803,9%
Var.4 - Büro WP Außenw. innen Fenster OG-De	-106	111	2207,8%

Anlagenaufwandszahl

Anlagenaufwandszahl e_p :

Ist-Zustand	2,76
Var.1 - Außenwände innen, Fenster OG-Decke	2,81
Var.2 - WP, Außenwände innen, Fenster OG_D.	0,92
Var.3 - WP und Solar	0,76
Var.4 - Büro WP Außenw. innen Fenster OG-De	0,80

Schadstoff-Emissionen

CO₂-Emissionen

CO₂-Emissionen:

	kg/a	Einsparung	
Ist-Zustand	20809		
Var.1 - Außenwände innen, Fenster OG-Decke	12537	8272	39,8%
Var.2 - WP, Außenwände innen, Fenster OG_D.	3911	16898	81,2%
Var.3 - WP und Solar	3223	17586	84,5%
Var.4 - Büro WP Außenw. innen Fenster OG-De	5600	15209	73,1%

CO₂-Emissionen pro m^2 :

	kg/m ² a	Einsparung	
Ist-Zustand	147		
Var.1 - Außenwände innen, Fenster OG-Decke	89	59	39,8%
Var.2 - WP, Außenwände innen, Fenster OG_D.	28	120	81,2%
Var.3 - WP und Solar	23	125	84,5%
Var.4 - Büro WP Außenw. innen Fenster OG-De	31	117	79,3%

NO_x-Emissionen

NO_x-Emissionen:

	kg/a	Einsparung	
Ist-Zustand	17,8		
Var.1 - Außenwände innen, Fenster OG-Decke	10,7	7,1	39,8%
Var.2 - WP, Außenwände innen, Fenster OG_D.	3,3	14,4	81,2%
Var.3 - WP und Solar	2,8	15,0	84,5%
Var.4 - Büro WP Außenw. innen Fenster OG-De	4,8	13,0	73,1%

SO₂-Emissionen

SO₂-Emissionen:

	kg/a	Einsparung	
Ist-Zustand	33,8		
Var.1 - Außenwände innen, Fenster OG-Decke	20,4	13,5	39,8%
Var.2 - WP, Außenwände innen, Fenster OG_D.	6,4	27,5	81,2%
Var.3 - WP und Solar	5,2	28,6	84,5%
Var.4 - Büro WP Außenw. innen Fenster OG-De	9,1	24,7	73,1%

Kosten / Wirtschaftlichkeit

Brennstoffkosten

Brennstoffkosten:	EUR/a	Einsparung
Ist-Zustand	4218	
Var.1 - Außenwände innen, Fenster OG-Decke	2631	1587 37,6%
Var.2 - WP, Außenwände innen, Fenster OG_D.	863	3355 79,5%
Var.3 - WP und Solar	735	3483 82,6%
Var.4 - Büro WP Außenw. innen Fenster OG-De	1195	3023 71,7%

Gesamtinvestitionskosten

Gesamtinvestitionskosten:	EUR
Var.1 - Außenwände innen, Fenster OG-Decke	32551
Var.2 - WP, Außenwände innen, Fenster OG_D.	52287
Var.3 - WP und Solar	54798
Var.4 - Büro WP Außenw. innen Fenster OG-De	53782

Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen

Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen (ohne sowieso anfallende Kosten, Erhaltungsaufwand)

	EUR
Var.1 - Außenwände innen, Fenster OG-Decke	14443
Var.2 - WP, Außenwände innen, Fenster OG_D.	24317
Var.3 - WP und Solar	26557
Var.4 - Büro WP Außenw. innen Fenster OG-De	24857

Kosteneinsparung durch die Energiesparmaßnahmen

Gesamtkosteneinsparung in der Nutzungsdauer der Maßnahmen:

	EUR
Var.1 - Außenwände innen, Fenster OG-Decke	49500
Var.2 - WP, Außenwände innen, Fenster OG_D.	101220
Var.3 - WP und Solar	98520
Var.4 - Büro WP Außenw. innen Fenster OG-De	84090

Mittlere Kosteneinsparung pro Jahr:

	EUR/a
Var.1 - Außenwände innen, Fenster OG-Decke	1650
Var.2 - WP, Außenwände innen, Fenster OG_D.	3374
Var.3 - WP und Solar	3284
Var.4 - Büro WP Außenw. innen Fenster OG-De	2803