

Energieberatungsbericht kommunale Nichtwohngebäude nach DIN V 18599

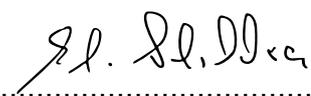


Auftraggeber:
Stadt Bornheim
Rathausstraße 2
53332 Bornheim

Gebäude:
Grundschule Walberberg / Thomas-von-Quentel-Schule
Walburgisstraße 11-13
53332 Bornheim

Erstellt von:
Scholdra PBN
Dipl. Ing. Elisabeth Scholdra
BAFA Beraternummer: 222 115

Erstellt am:
30.06.2020


.....
Unterschrift/Stempel

Inhaltsverzeichnis

1.	Vorbemerkungen.....	4
1.1	Treibhausgase	4
1.2	Energieeinsparverordnung EnEV	5
2.	Allgemein	7
2.1	Allgemeine Angaben zum Gebäude	8
2.2	Kosten/Nutzen-Verhältnis der Maßnahmen	9
2.3	Berechnungsgrundlagen	9
3.	Zusammenfassende Darstellung Ist-Zustand.....	10
3.1	Zonen.....	10
3.2	Gebäudehülle.....	11
3.3	Wärmeschutztechnische Einstufung der Gebäudehülle.....	13
3.4	Fotoaufnahmen Gebäudehülle.....	15
3.5	Anlagentechnik.....	17
4.	Energiebilanz Ist-Zustand.....	19
4.1	Gemessener Energieverbrauch	21
4.2	Bewertung des Gebäudes entsprechend den EnEV-Anforderungen	22
4.3	Energiebilanz differenziert nach Energieanteilen für das Gebäude.....	22
5.	Schwachstellenanalyse	23
6.	Sanierungsfahrplan und Handlungsempfehlungen	24
7.	Beschreibung der einzelnen Sanierungsvarianten mit Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	26
7.1	Variante 1: Einzelmaßnahme - Dämmung Flachdächer	27
7.2	Variante 2: Einzelmaßnahme - Austausch Fenster & Brüstungselemente.....	31
7.3	Variante 3: Einzelmaßnahme - Fassadensanierung	36
7.4	Variante 4: Gesamtsanierung Gebäudehülle	41
7.5	Variante 5: Gesamtsanierung Gebäudehülle, Heizungsanlage, PV-Anlage.....	46
7.6	Variante 6: Einzelmaßnahme - Beleuchtungssanierung	53
8.	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	54
9.	Fotoaufnahmen: Innenansichten & Heizungstechnik	59
10.	Einsatz Erneuerbarer Energien	62
11.	Hinweise auf weitere mit der Sanierung verbundenen Vorteile.....	62
12.	Brennstoffdaten.....	62
13.	Förderprogramme	63
13.1	Energieeffiziente Gebäudesanierung	63
13.2	Brennwerttechnik Erdgas – BAFA.....	64

13.3 Photovoltaikanlagen	65
13.4 Beleuchtung	66
13.5 Förderübersicht: Heizen mit Erneuerbaren Energien 2020.....	67
13.6 Förderrichtlinien und Förderrechner	68
13.7 BAFA-Förderung und KfW-Förderung – Geht beides?	68
14. Gesetze und Normen.....	69
14.1 Nachrüstpflichten nach EnEV.....	69
14.2 Lüftungskonzept nach DIN 1946-6	69
15. Daten	69
16. Glossar	70
17. Anhang.....	73
17.1 Übersicht der verwendeten Normen und Verordnungen.....	73

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Außenansicht Nordost Neubau & Hauptgebäude.....	15
Abbildung 2: Außenansicht Südost Turnhalle & Verwaltungsriegel.....	15
Abbildung 3: Außenansicht Südwest Neubau & Hauptgebäude	16
Abbildung 4: Außenansicht Nordwest Verwaltungsriegel	16
Abbildung 5: Innenansicht - Forum mit Fensterfront im Hauptgebäude	59
Abbildung 6: Innenansicht - Turnhalle.....	59
Abbildung 7: Innenansicht – Ungedämmte Brüstungselemente im Verwaltungsriegel.....	60
Abbildung 8: Innenansicht – Ungedämmte Heizungsrohre durch Beton.....	60
Abbildung 9: Wärmeerzeuger - Buderus Kessel, Erdgas, Mod: GE315, 200 kW, Baujahr 2004.....	61
Abbildung 10: Heizungsverteilung.....	61

1. Vorbemerkungen

Dieser Beratungsbericht soll auf Basis einer möglichst genauen Ist-Analyse Ihres Gebäudes mögliche Sanierungsmaßnahmen aufzeigen. Das Ziel der Maßnahmen ist die Sanierung des Gebäudes unter nachhaltigen Gesichtspunkten. Die vorgeschlagenen Sanierungsvarianten 1-3 und 6 sind jeweils unabhängig voneinander zu betrachten. Die Sanierungsvarianten können einzeln oder auch in einem Zug durchgeführt werden. Alle Maßnahmen werden in Bezug auf die zu erzielende Energieeinsparung und die damit verbundenen Kosten und Förderungen beurteilt und verglichen. Damit erhält der Beratungsempfänger für sein Gebäude eine Entscheidungshilfe zu ökologisch und wirtschaftlich sinnvollen Energiesparmaßnahmen.

Ziel einer Modernisierungsplanung muss es sein, ein gewisses Maß an Wärmeschutz (Wärmedämmung) zu erreichen und den verbleibenden Energiebedarf zu einem hohen Anteil, besser noch vollständig mit einheimischen regenerativen Energien zu decken. Durch eine nachträgliche Wärmedämmung und den Einsatz energieeffizienter Anlagensysteme wird der Bedarf an fossilen Energieträgern wie Heizöl und Erdgas auf ein Minimum reduziert.

Dieser Beratungsbericht soll beim Erkennen von Energieeinsparpotentialen helfen und Lösungen für den Einsatz von regenerativen Energien aufzeigen.

1.1 Treibhausgase

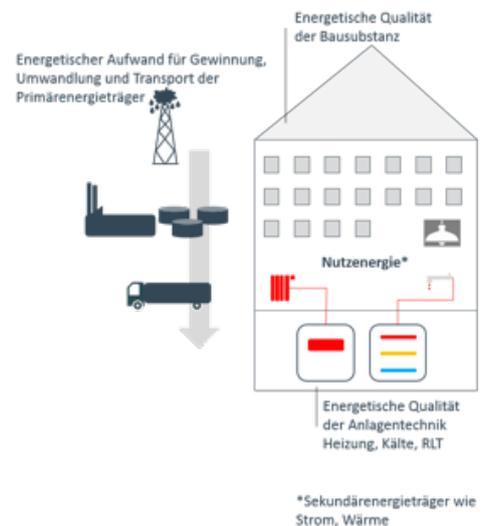
Bei jeder Nutzung von Energieträgern als Brennstoff wird CO₂ freigesetzt. Die dabei entstehende Menge an CO₂ hängt zum einen von der Art, zum anderen von der Menge des verbrannten Brennstoffs ab. So werden z. B. bei der Verwendung von Heizöl je verheiztem Liter Brennstoff etwa 3 kg CO₂ und bei der Erzeugung von Strom in Großkraftwerken für jede beim Endverbraucher entnommene kWh etwa 700 g CO₂ emittiert. Auch regenerative Brennstoffe emittieren bei der Verbrennung CO₂. Dieses entstammt jedoch einem natürlichen Kreislauf und trägt damit nicht zur Klimaerwärmung bei.

1.2 Energieeinsparverordnung EnEV

Im Jahr 2002 wurde die erste Energieeinsparverordnung EnEV in Kraft gesetzt und seither in mehreren Stufen weiterentwickelt. Ein wesentliches Ziel dieser „Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden“ ist es, den Energieverbrauch von Neu- und Altbauten künftig weiter zu reduzieren. Die derzeit gültige Fassung der EnEV von 2016 stellt Anforderungen an den Wärmeschutz, an heizungstechnische Anlagen und Warmwasseranlagen sowie den nicht erneuerbaren Anteil des Primärenergiebedarfs von Gebäuden.

Im Primärenergiebedarf eines Gebäudes wird die komplette Energieprozesskette inklusive Gewinnung und Bereitstellung eines Brennstoffs berücksichtigt. Damit ist der Primärenergiebedarf eines Gebäudes auch ganz wesentlich vom eingesetzten Energieträger abhängig.

Während z. B. der nicht erneuerbare Anteil des Primärenergieinhalts von Holz oder Holzpellets weniger als 1/5 des Primärenergieinhalts von Heizöl oder Erdgas beträgt, liegt der Primärenergieinhalt von Strom deutlich über dem Primärenergiebedarf von Heizöl oder Erdgas.



Hinweis

Dieser Bericht soll den Beratungsempfänger dabei unterstützen, Möglichkeiten für Energiesparmaßnahmen zu erkennen. Die Umsetzung der Energiesparmaßnahmen erspart wertvolle Rohstoffe, hilft der Umwelt durch die Vermeidung von Schadstoffemissionen und dem Beratungsempfänger, Brennstoffkosten zu reduzieren. Der Komfort und der Wert des Gebäudes können sich erhöhen. Energiesparmaßnahmen sind somit eine gute und sichere Anlage für die Zukunft.

Der erstellte Energiebericht, und die darin gemachten Angaben unterliegen dem Datenschutz, und werden nicht an Dritte weitergeben. Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen auf Grundlage der verfügbaren Daten erstellt. Irrtümer sind vorbehalten. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleibt in der Verantwortung der durchführenden Fachfirmen. Die Kostenangaben basieren auf marktüblichen Vergleichspreisen zum Zeitpunkt der Berichterstellung. Im Rahmen dieses Berichts wird keine Kostenschätzung nach DIN 276 vorgenommen. Bei künftigen Investitionen sollten immer mehrere Vergleichsangebote eingeholt werden, um den geeignetsten Anbieter zu ermitteln. Dieser Beratungsbericht beinhaltet keinerlei Planungsleistungen insbesondere nicht im Bereich von energetischen Nachweisen oder Fördergeldanträgen, Kostenermittlungen und Bauphysik. Der Beratungsbericht ist kein Ersatz für eine Ausführungsplanung. Für die Durchführung der empfohlenen Maßnahmen wenden Sie sich bitte an die jeweiligen Fachleute, um eine bauphysikalisch und technisch einwandfreie Konstruktion zu erhalten.

Die Berechnungen des vorliegenden Berichts basieren auf den Geometriedaten des unsanierten Gebäudes. Für sämtliche energetischen Nachweise sind grundsätzlich die Geometriedaten der Sanierungsplanung zugrunde zu legen.

Eine Gewähr für die tatsächliche Erreichung der abgeschätzten Energieeinsparung kann nicht übernommen werden, weil nicht erfasste Randbedingungen wie außergewöhnliches Nutzerverhalten, untypische Bauausführung usw. Einflüsse darstellen, die im Rahmen dieser Orientierungshilfe nicht berücksichtigt werden können. Es empfiehlt sich das Nutzerverhalten und die Betriebszeiten zu überprüfen. Der Beratungsbericht ist urheberrechtlich geschützt und alle Rechte bleiben dem Unterzeichner vorbehalten. Der Beratungsbericht ist nur für den Auftraggeber und nur für den angegebenen Zweck bestimmt. Eine Vervielfältigung oder Verwertung durch Dritte ist nur mit der schriftlichen Genehmigung des Verfassers gestattet.

Eine Rechtsverbindlichkeit folgt aus dieser Stellungnahme nicht. Sofern im Falle entgeltlicher Beratungen Ersatzansprüche behauptet werden, beschränkt sich der Ersatz bei jeder Form der Fahrlässigkeit auf das gezahlte Honorar. Der Beratungsbericht wurde dem Auftraggeber in einem Exemplar überreicht.

2. Allgemein

Für die Grundschule Walberberg / Thomas-von-Quentel-Schule der Stadt Bornheim wurde auf der Grundlage einer Ortsbegehung und den zur Verfügung gestellten Unterlagen eine Energieberatung durchgeführt. Die Ergebnisse sind im nachfolgenden Beratungsbericht auf Basis der Richtlinien des BAFA zur Förderung von Energieberatungsberichten von kommunalen Nichtwohngebäuden nach DIN V 18599 zusammengestellt.

Hierzu wurden aus den bau- und heizungstechnischen Daten die Energieströme des Gebäudes ermittelt. Die Energieströme setzen sich hierbei aus den Transmissionswärmeverlusten (Wärmedurchgang) der Gebäudehülle, insbesondere Fenster, Außenwände, Geschossdecken und Dachflächen, sowie den Lüftungswärmeverlusten und den Verlusten in der Heizungsanlage, sowie denen der Trinkwarmwasserbereitung zusammen.

Nach der Ermittlung des Ist-Zustandes wurden die Schwachstellen analysiert und Maßnahmen (z. B. Dämmung der Dachs) zur Sanierung erarbeitet. Ziel ist der Sanierungsmaßnahmen ist es, in einem wirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Verhältnis die Energieverbräuche der Gebäude zu senken. Dies kann als Gesamtsanierung oder in zeitlicher Reihenfolge einzelner Maßnahmen und Maßnahmenpakete erfolgen.

Gesamtsanierung in einem Zug

Ziel der Sanierung ist es, nachhaltige und energetisch sinnvolle Sanierungsmaßnahmen durchzuführen.

Dabei empfiehlt es sich die Sanierungsmaßnahmen

- baulich optimal aufeinander abzustimmen,
- die Investitionskosten für das Gesamtpaket der empfohlenen Maßnahmen so gering wie möglich zu halten und
- Förderprogramme optimal auszunutzen.

Wir empfehlen deshalb die Durchführung aller Maßnahmen in einem Zug.

Gesamtsanierung in aufeinander abgestimmten Schritten (Maßnahmenfahrplan)

Alternativ kann die Sanierung auch in einzelnen Schritten erfolgen. Dabei ist auf eine sinnvolle zeitliche Abfolge der einzelnen Maßnahmen/Maßnahmenkombinationen zu achten. Dabei sollte der erste Sanierungsschritt entsprechend dem KfW-Förderprogramm „Energieeffizient Sanieren“ und/oder dem Marktanzreizprogramm der BAFA gefördert werden können. Auch hier ist das Ziel der Sanierung nach Durchführung aller Maßnahmen/Maßnahmenpakete das Erreichen eines KfW-Effizienzhaus-Niveaus.

Die Effektivität wird anhand der voraussichtlichen Energieeinsparung (End- und Primärenergie), Wirtschaftlichkeit (Investitionskosten, Fördermittel und Brennstoffkosteneinsparung) und Schadstoffbelastung (Kohlendioxid (CO₂), Stickstoffoxid (NO_x) und Schwefeldioxid (SO₂)) der Maßnahmen beurteilt.

Dieser Bericht soll dabei helfen, wirtschaftlich sinnvolle und umweltentlastende Maßnahmen zur Energieeinsparung durchzuführen.

Die Grundlagen der Berechnungen basieren auf der DIN 18599.

2.1 Allgemeine Angaben zum Gebäude

Ort:	53332 Bornheim		
Bundesland:	Nordrhein-Westfalen		
Gebäudetyp:	Nichtwohngebäude		
Baujahr:	Turnhalle:		1973
	Verwaltungsriegel:		1962
	Hauptgebäude:		1962
	Erweiterung Forum:		2002
	Neubau:		2010
Nutzung:	Grundschule		
Vollgeschosse	Turnhalle:		1
	Verwaltungsriegel:		1
	Hauptgebäude:		3
	Neubau:		2
Beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e =$	8.302	m^3
Gebäudehüllfläche:	$A =$	4.701	m^2
Kompaktheit:	$A/V =$	9,40	m^{-1}
Energiebezugsfläche/Netto- grundfläche:	$A_{NGF} =$	1.945	m^2
Mittlere Raumhöhe:	$H =$	3,42	m
Luftvolumen:	$V_L =$	6.642	m^3
Luftwechsel:	$n =$	6,4	h^{-1}

2.2 Kosten/Nutzen-Verhältnis der Maßnahmen

In der folgenden Tabelle sind die Prognosen der Energiekosten für Heizung und Warmwasser nach Sanierung und die prognostizierten Energiekosteneinsparungen den energetisch bedingten Sanierungskosten gegenübergestellt. Aus dem Verhältnis der energetisch bedingten Investitionskosten zur Energiekosteneinsparung ergibt sich das Kosten/Nutzen-Verhältnis. Je kleiner das Kosten/Nutzen-Verhältnis, desto wirtschaftlicher ist die Maßnahme. Entspricht einer statischen Amortisation ohne Berücksichtigung der marktüblichen Finanzierungskosten und Energiepreissteigerungen und dient dem Vergleich der Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen untereinander.

Ist-Zustand vor Sanierung		28.388 €/a Energiekosten 418.750 kWh/a Endenergiebedarf					
Maßnahmenkombination		Energiekosten nach Sanierung* [€/a]	Energetisch bedingte Investitionskosten [€]	Prognostizierte Einsparungen			Kosten / Nutzen
				Endenergiebedarf [kWh/a]	Energiekosten [€/a]	[%]	
Var.1	Dämmung Flachdächer	24.298	208.725	71.834	4.090	14	51:1
Var.2	Austausch Fenster & Brüstungselemente	24.708	175.827	64.493	3.680	13	48:1
Var.3	Fassadensanierung	26.723	80.684	29.235	1.655	6	49:1
Var.4	Gesamtsanierung Gebäudehülle	19.231	465.236	160.664	9.157	32	51 :1
Var.5	Gesamtsanierung Gebäudehülle, Heizungsanlage, PV-Anlage	18.575	577.774	310.641	9.813	35	59:1
Var.6	Einzelmaßnahme - Beleuchtungssanierung	21.952	16.988	33.520	6.436	23	3:1

* nähere Erläuterungen zu den Energiekosten siehe Kapitel 7

2.3 Berechnungsgrundlagen

Der Warmwasserbedarf der Duschen in der Turnhalle wurde wie folgt abgeschätzt:

- Nutzung: 8 Personen pro Tag
- Warmwasserbedarf: 1,5 kWh/d und Person
- 2 Spitzenzapfungen pro Tag
- Nutzenergiebedarf Warmwasser pro Jahr: 3.000 kWh/a

Die Varianten beziehen sich auf das gesamte Gebäude inklusive OGS-Gebäude.

Es wurde eine Rückwärmzahl von 0,6 für die Lüftungsanlage angenommen.

Es wurden darüber hinaus keine von der DIN 18599 abweichenden Annahmen getroffen.

3. Zusammenfassende Darstellung Ist-Zustand

(Pläne mit raumweiser Nutzung, Konditionierung, Zonierung, Beleuchtungsbereiche, geometrische Angaben, etc.) und die wärmeübertragenden Umfassungsflächen (inkl. U-Wert-Tabellen)

3.1 Zonen

Nr.	Zone	Fläche [m ²]	Anteil [%]	Hüllfläche [m ²]	Konditionierung*
1	Verwaltung	177,89	9,15	591,42	Heizung + Beleuchtung
2	Verkehrsfläche	227,23	11,68	330,68	Heizung + Beleuchtung
3	Klassenzimmer	508,28	26,14	1.223,80	Heizung + Beleuchtung
4	Turnhalle	288,00	14,81	880,06	Heizung + Lüftungsanlage + Beleuchtung
5	Abstell- & Lagerräume, Technik	136,46	7,02	277,01	Heizung + Beleuchtung
6	WC, Sanitärraum	101,32	5,21	154,16	Heizung + Beleuchtung
7	Forum & Neubau	473,03	24,32	995,70	Heizung + Beleuchtung
8	Duschen	32,50	1,67	272,74	Heizung + Beleuchtung + TWW
Σ		1.944,71	Σ	4.725,57	

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

3.2 Gebäudehülle

Thermische Hülle

Typ	Bauteil	Orien- tierung	Neigung	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K
DA	Hauptgebäude, Verwaltungsriegel: Flachdach	N	0	465,00	1,30
DA	Neubau: Flachdach	N	0	141,00	0,20
DA	Turnhalle: Flachdach	N	0	567,00	0,80
TA	Hauptgebäude: 2 Außentüren Lehrerzimmer/Sekretariat WSV '98, Kunststoffrahmen	SW	90	6,30	1,80
TA	Hauptgebäude: Außentüre WC Jungen/Mädchen, Kunststoff	SW	90	3,15	1,80
TA	Neubau: Außentüre WSV '10	SW	90	4,73	1,80
TA	Turnhalle: 3 Außentüren, Kunststoff	SO	90	9,45	2,90
WA	Hauptgebäude: Außenwand	NW	90	103,45	1,40
WA	Hauptgebäude: Außenwand	NO	90	317,68	1,40
WA	Hauptgebäude: Außenwand	SO	90	41,72	1,40
WA	Hauptgebäude: Außenwand	SW	90	168,03	1,40
WA	Hauptgebäude: Brüstungselemente '98, Kunststoff	SW	90	130,37	1,80
WA	Hauptgebäude: Brüstungselemente '98, Kunststoff	NO	90	99,28	1,80
WA	Hauptgebäude: Brüstungselemente Treppenhaus '98, Kunststoff	SO	90	10,51	1,80
WA	Hauptgebäude: Brüstungselemente Treppenhaus '98, Kunststoff	NW	90	10,51	1,80
WA	Neubau: Außenwand	SO	90	66,24	0,28
WA	Neubau: Außenwand	NW	90	11,36	0,28
WA	Neubau: Außenwand	NO	90	110,96	0,28
WA	Neubau: Außenwand	SW	90	67,44	0,28
WA	Turnhalle: Außenwand	SW	90	122,63	1,00
WA	Turnhalle: Außenwand	NW	90	116,42	1,00
WA	Turnhalle: Außenwand	SO	90	88,11	1,00
WA	Turnhalle: Außenwand	NO	90	101,16	1,00
WA	Verwaltungsriegel: Außenwand	NW	90	19,54	1,40
WA	Verwaltungsriegel: Außenwand	SO	90	32,86	1,40
WA	Verwaltungsriegel: Brüstungselemente '98, Kunststoff	NW	90	7,40	1,80
FA	Hauptgebäude: Fenster Forum WSV '03	SO	90	3,48	1,50
FA	Hauptgebäude: Fenster Forum WSV '03	NO	90	38,28	1,50
FA	Hauptgebäude: Fenster Treppenhaus WSV '98, Kunststoffrahmen	NW	90	18,06	1,80
FA	Hauptgebäude: Fenster Treppenhaus WSV '98, Kunststoffrahmen	SO	90	18,06	1,80
FA	Hauptgebäude: Fenster WSV '98, Kunststoffrahmen	SW	90	231,03	1,80

Typ	Bauteil	Orientierung	Neigung	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K
FA	Hauptgebäude: Fenster WSV '98, Kunststoffrahmen	NO	90	91,10	1,80
FA	Hauptgebäude: Fensterfront inkl. Außentüren Forum WSV '03	SW	90	55,68	1,50
FA	Hauptgebäude: Oberlichter	NW	90	4,81	1,80
FA	Hauptgebäude: Oberlichter WC Jungen/Mädchen WSV '98, Kunststoffrahmen	SW	90	4,95	1,80
FA	Hauptgebäude: Oberlichter WSV '98, Kunststoffrahmen	NO	90	22,08	1,80
FA	Neubau: Fenster WSV '10, Holz-/Kunststoffrahmen	SW	90	49,93	1,30
FA	Neubau: Fenster WSV '10, Kunststoffrahmen	NO	90	5,44	1,30
FA	Neubau: Fenstertüren WSV '10, Kunststoffrahmen	NO	90	7,71	1,30
FA	Turnhalle: Einfachverglaste Hallenfenster '73, Alurahmen	SO	90	55,60	3,00
FA	Turnhalle: Einfachverglaste Hallenfenster '73, Alurahmen	NW	90	55,60	3,00
FA	Turnhalle: Fenster WSV '85, Kunststoffrahmen	SW	90	1,90	2,10
FA	Turnhalle: Oberlichter WSV '85, Kunststoffrahmen	SO	90	11,96	2,10
FA	Turnhalle: Oberlichter WSV '85, Kunststoffrahmen	NW	90	3,60	2,10
FA	Verwaltungsriegel: Fenster WSV '98, Holzrahmen	NW	90	13,32	1,80
FA	Verwaltungsriegel: Oberlichter WSV '85, Kunststoffrahmen	SO	90	6,66	2,10
FA	Verwaltungsriegel: Oberlichter WSV '98, Holzrahmen	NW	90	6,66	1,80
BE	Hauptgebäude, Verwaltungsriegel: Bodenplatte		0	465,00	0,80
BE	Neubau: Bodenplatte		0	141,00	0,35
BE	Turnhalle: Bodenplatte		0	567,00	0,60

3.3 Wärmeschutztechnische Einstufung der Gebäudehülle

In der folgenden Tabelle finden Sie eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit ihren aktuellen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, die die EnEV bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen 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 _{max} KfW** in W/m ² K
X	DA	Hauptgebäude, Verwaltungsriegel: Flachdach	465,00	1,30	0,20	0,14
	DA	Neubau: Flachdach	141,00	0,20	0,20	0,14
X	DA	Turnhalle: Flachdach	567,00	0,80	0,20	0,14
	TA	Hauptgebäude: 2 Außentüren Lehrerzimmer/Sekretariat WSV '98, Kunststoffrahmen	6,30	1,80	1,8	1,3
	TA	Hauptgebäude: Außentüre WC Jungen/Mädchen, Kunststoff	3,15	1,80	1,8	1,3
	TA	Neubau: Außentüre WSV '10	4,73	1,80	1,8	1,3
X	TA	Turnhalle: 3 Außentüren, Kunststoff	9,45	2,90	1,8	1,3
X	WA	Hauptgebäude: Außenwand	630,88	1,40	0,24	0,20
X	WA	Hauptgebäude: Brüstungselemente '98, Kunststoff	229,65	1,80	1,3	0,95
X	WA	Hauptgebäude: Brüstungselemente Treppenhaus '98, Kunststoff	21,02	1,80	1,3	0,95
	WA	Neubau: Außenwand	256,00	0,28	0,24	0,20
X	WA	Turnhalle: Außenwand	428,32	1,00	0,24	0,20
X	WA	Verwaltungsriegel: Außenwand	52,40	1,40	0,24	0,20
X	WA	Verwaltungsriegel: Brüstungselemente '98, Kunststoff	7,40	1,80	1,3	0,95
	FA	Hauptgebäude: Fenster Forum WSV '03	41,76	1,50	1,3	0,95
X	FA	Hauptgebäude: Fenster Treppenhaus WSV '98, Kunststoffrahmen	36,12	1,80	1,3	0,95
X	FA	Hauptgebäude: Fenster WSV '98, Kunststoffrahmen	322,13	1,80	1,3	0,95
	FA	Hauptgebäude: Fensterfront inkl. Außentüren Forum WSV '03	55,68	1,50	1,3	0,95
X	FA	Hauptgebäude: Oberlichter	4,81	1,80	1,3	0,95
X	FA	Hauptgebäude: Oberlichter WC Jungen/Mädchen WSV '98, Kunststoffrahmen	4,95	1,80	1,3	0,95
X	FA	Hauptgebäude: Oberlichter WSV '98, Kunststoffrahmen	22,08	1,80	1,3	0,95
	FA	Neubau: Fenster WSV '10, Holz- /Kunststoffrahmen	49,93	1,30	1,3	0,95
	FA	Neubau: Fenster WSV '10, Kunststoffrahmen	5,44	1,30	1,3	0,95

	Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
	FA	Neubau: Fenstertüren WSV '10, Kunststoffrahmen	7,71	1,30	1,3	0,95
X	FA	Turnhalle: Einfachverglaste Hallenfenster '73, Alurahmen	111,20	3,00	1,3	0,95
X	FA	Turnhalle: Fenster WSV '85, Kunststoffrahmen	1,90	2,10	1,3	0,95
X	FA	Turnhalle: Oberlichter WSV '85, Kunststoffrahmen	15,56	2,10	1,3	0,95
X	FA	Verwaltungsriegel: Fenster WSV '98, Holzrahmen	13,32	1,80	1,3	0,95
X	FA	Verwaltungsriegel: Oberlichter WSV '85, Kunststoffrahmen	6,66	2,10	1,3	0,95
X	FA	Verwaltungsriegel: Oberlichter WSV '98, Holzrahmen	6,66	1,80	1,3	0,95
X	BE	Hauptgebäude, Verwaltungsriegel: Bodenplatte	465,00	0,80	0,30	0,25
	BE	Neubau: Bodenplatte	141,00	0,35	0,30	0,25
X	BE	Turnhalle: Bodenplatte	567,00	0,60	0,30	0,25

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045 \text{ W/(mK)}$ einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

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

3.4 Fotoaufnahmen Gebäudehülle



Abbildung 1: Außenansicht Nordost Neubau & Hauptgebäude



Abbildung 2: Außenansicht Südost Turnhalle & Verwaltungsriegel



Abbildung 3: Außenansicht Südwest Neubau & Hauptgebäude



Abbildung 4: Außenansicht Nordwest Verwaltungsriegel

3.5 Anlagentechnik

Heizungsanlage

Bereich	Heizwärme-Erzeugung 1
Erzeugung	- Brennwert-Kessel von 2004 - Nennleistung 200,00 kW Energieträger: Erdgas E
Verteilung	- Verteilung 1 (Verteilung 1) als Zweirohrheizung Leitungen zu 20 % mit einem U-Wert von 0,40 W/(mK) gedämmt, zu 80 % mit einem U-Wert von 3,00 W/(mK) ungedämmt Umwälzpumpe geregelt - delta-p variabel, kein hydraulischer Abgleich
Übergabe	- Übergabe 1 (Verteilung 1) Übergabe an Zone 'Verwaltung' mit 100 % Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler' - Übergabe 2 (Verteilung 1) Übergabe an Zone 'Verkehrsfläche ' mit 100 % Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler' - Übergabe 3 (Verteilung 1) Übergabe an Zone 'Klassenzimmer' mit 100 % Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler' - Übergabe 5 (Verteilung 1) Übergabe an Zone 'Abstell- & Lagerräume, Technik' mit 100 % Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler' - Übergabe 6 (Verteilung 1) Übergabe an Zone 'WC, Sanitärraum' mit 100 % Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler' - Übergabe 7 (Verteilung 1) Übergabe an Zone 'Forum & Neubau' mit 100 % Übergabekomponente: 'Flächenheizung (bauteilintegriert)' Regelung: 'Zweipunktregler / P-Regler' - Übergabe 8 (Verteilung 1) Übergabe an Zone 'Duschen' mit 100 % Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler'

Lüftungsanlage

Anlagentyp	Lüftungsanlage - zur vollständigen Belüftung		
Baujahr, Leistung	1973, 380 kW		
Mit Heizung	Ja		
Mit Kühlung	Nein		
Art der mechanischen Lüftungsanlage	KVS - konstanter Volumenstrom		
Wärmerückgewinnung	ohne Feuchterückgewinnung		
Rückwärmzahl	η_t :	60,00	%
Zuluft		6.000	m ³ /h
Nutzung		Mo-Sa	
Durchgehender Betrieb auch an Nichtnutzungstagen		Nein	
Regelung der bedarfsgesteuerten Belüftung		Nein	
Tägliche Betriebsstunden	$t_{v,mech}$:	14,00	h/d

Warmwasserversorgung

Kein TWW-Kreis vorhanden. Das Warmwasser für die Duschen der Turnhalle wird dezentral über einen elektronischen Boiler erzeugt.

Bereich	Warmwasser-Erzeugung 1
Erzeugung	- Elektro-Durchlauferhitzer von 2020 - Nennleistung 4,00 kW Energieträger: Strom-Mix
Verteilung	- Verteilung 1 (DHWKreis 1) dezentral / zentral ohne Zirkulation' Leitungen mit einem U-Wert von 0,25 W/(mK) gedämmt
Übergabe	- Übergabe 1 (DHWKreis 1) Übergabe an Zone 'Duschen' mit 100 %

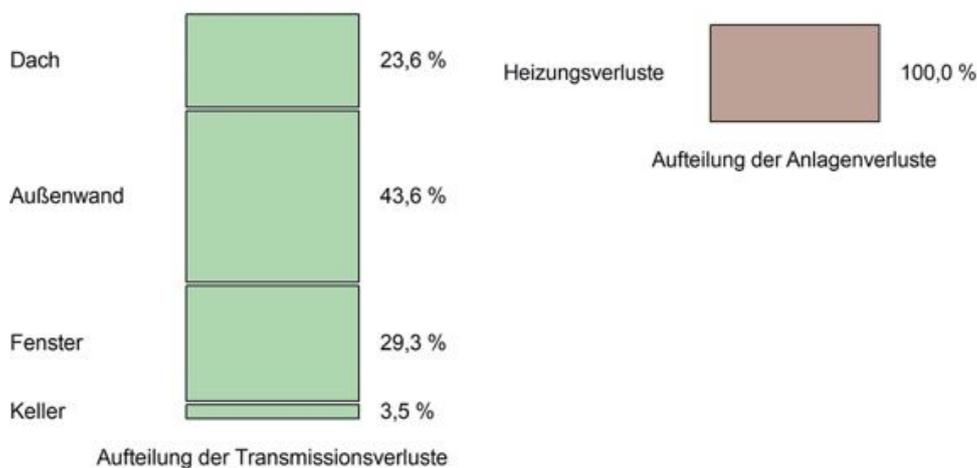
4. Energiebilanz Ist-Zustand

Um ein Gebäude energetisch zu bewerten, muss man den vorhandenen Energieverbrauch beurteilen können. *Verbraucht das Gebäude viel oder wenig? Durch welche Maßnahmen lässt sich wie viel Energie einsparen?*

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

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

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Transmissionsverluste		
Dach	82.019	23,6
Außenwand	151.622	43,6
Fenster	101.970	29,3
Keller	12.245	3,5
Gesamt	347.857	100
Lüftungsverluste		
Gesamt	91.059	100
Anlagenverluste		
Heizung	87.585	100,0
Warmwasser	0	0,0
Gesamt	87.585	100



Die Energiebilanz gibt Aufschluss darüber, in welchen Bereichen hauptsächlich Energie verloren geht bzw. wo die größten Einsparpotentiale in Ihrem Gebäude liegen. Bei der Energiebilanz werden die Wärmeverluste und Wärmegewinne der Gebäudehülle, sowie die Verluste der Anlagen zur Raumheizung, Trinkwarmwasserbereitung und Lüftungstechnik berücksichtigt. Der Haushaltsstrom wird in dieser Bilanz nicht betrachtet.

Energiebilanz des Gebäudes	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Verluste		
Transmissionsverluste	347.857	66,1
Lüftungsverluste	91.059	17,3
Anlagenverluste	87.585	16,6
Gesamt	525.837	100
Gewinne		
Solare Wärmegewinne	91.512	68,2
Interne Wärmegewinne	42.747	31,8
Gesamt	134.259	100
Endenergiebedarf Q_E		
Endenergiebedarf $Q_{WE,E}$ (Wärmeerzeugung)	418.750	
Gesamt	418.750	
Primärenergiebedarf Q_P	442.107	

4.1 Gemessener Energieverbrauch

Der Energieverbrauch ist die Brennstoffmenge, die in den letzten Jahren tatsächlich verbraucht wurde. Sie wird auf Basis der von Ihnen gelieferten Verbrauchsmessungen ermittelt. Im Energieverbrauch schlägt sich damit das individuelle Nutzerverhalten der Nutzer und das tatsächliche Außenklima am Standort des Gebäudes nieder. Die gemessenen Verbrauchswerte weichen daher in der Regel – so auch bei Ihnen – von der Bedarfsrechnung nach EnEV ab.

Der Erdgasverbrauch betrug in der Abrechnungsperiode 2014 – 2016:

2014	327.718 kWh
2015	350.890 kWh
2016	356.938 kWh
Durchschnittlicher Verbrauch	345.182 kWh/a

Der Stromverbrauch betrug in der Abrechnungsperiode 2014 - 2016:

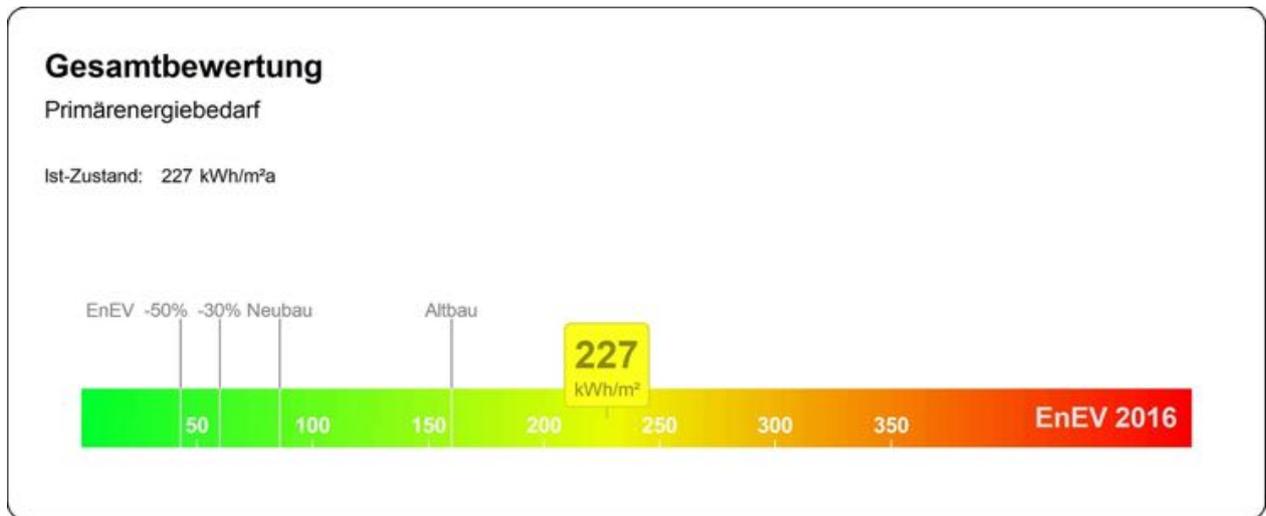
2014	41.866 kWh
2015	41.818 kWh
2016	41.222 kWh
Durchschnittlicher Verbrauch	41.635 kWh/a

Der gemessene durchschnittliche Energieverbrauch in den letzten drei Heizperioden liegt damit bei **386.817 kWh/a**. Die Gründe der Abweichung zum berechneten Endenergiebedarf liegen wie oben beschrieben im Nutzerverhalten und in der Nutzungsdauer.

4.2 Bewertung des Gebäudes entsprechend den EnEV-Anforderungen

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des Jahres-Primärenergiebedarfs pro m² Nettogrundfläche sowie der Wärmedurchgangskoeffizienten (mittleren U-Werte). Der Höchstwert für den Jahres-Primärenergiebedarf bezogen auf die Nettogrundfläche für Nichtwohngebäude ergibt sich aus dem Jahres-Primärenergiebedarf eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung, das hinsichtlich seiner Ausführung bestimmten Anforderungen entspricht, multipliziert mit dem Faktor 0,75. Die Anforderungen sind in der Energieeinsparverordnung - EnEV 2016 - Anlage 2 Tabelle 1 aufgelistet. Der Primärenergiebedarf umfasst Heizung, Lüftung, Kühlung, Beleuchtung und Warmwasserbereitung. Die Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche sind in der EnEV 2016 Anlage 2 Tabelle 2 aufgelistet. Der Höchstwert für den Jahres-Primärenergiebedarf bezogen auf die Nettogrundfläche sowie die Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche für modernisierte Altbauten dürfen die Höchstwerte für das Referenzgebäude um maximal 40 % übersteigen.

Der jährliche Primärenergiebedarf pro m² Nutzfläche beträgt zurzeit **227 kWh/m²a**.



4.3 Energiebilanz differenziert nach Energieanteilen für das Gebäude

Einstufung gemäß Neubaustandard nach EnEV

	Ist-Zustand	EnEV-Neubau-Standard ¹⁾	Verhältnis zum EnEV-Neubau-Standard
Primärenergiebedarf Q_p [kWh/(m²a)]	227,34	85,72	+ 165 %
Opake Bauteile [W/(m²K)]	0,900	0,280	+ 221 %
Transparente Bauteile [W/(m²K)]	1,700	1,500	+ 13 %
Transmissionswärmeverlust H_T [W/(m²K)]	1,015	0,443 ²⁾	+ 129 %

1) Der EnEV-Neubau beschreibt den jeweiligen Neubau-Standard nach EnEV 2016.

2) Transmissionswärmeverlust für das Referenzgebäude nach EnEV 2016 Anlage 1 Tabelle 1.

5. Schwachstellenanalyse

Aufgrund der Gebäudebegehung und der sich daraus ergebenden Analyse der Energie - und Gebäudedaten sind folgende Schwachstellen zu nennen:

1. Dach/Oberste Geschossdecke

Die derzeitigen U-Werte der obersten Geschossdecken des Hauptgebäudes, des Verwaltungsriegels sowie der Turnhalle liegen mit 1,3 W/m²K bis zu 6,5-fach über dem des vorgeschriebenen U-Werts der EnEV von 0,20 W/m²K. Es bietet sich an, die Sanierung der Geschossdecken entsprechend den EnEV-Vorgaben für den Sanierungsfall durchzuführen. Siehe dazu auch die Tabelle auf Seite 13 dieses Berichts.

2. Fenster, Fensterbrüstungselemente

Die austauschwürdigen Fenster der Turnhalle mit Wärmeschutzverglasung aus 1985 mit Kunststoffrahmen, alle einfachverglaste Hallenfenster mit Aluminiumrahmen und alle Fensterbrüstungselemente des Hauptgebäudes und des Verwaltungsriegels aus 1998 mit Kunststoff- bzw. Holzrahmen, haben einen um ca. 40% höheren U-Wert als für den EnEV-Sanierungsfall vorgeschrieben. Der Wert der einfachverglaste Fenster der Turnhalle liegt bei dem mehr als doppelten U-Wert des EnEV-Sanierungsfalls. Siehe dazu auch die Tabelle auf Seite 13 dieses Berichts.

3. Fassadensanierung

Der U-Wert der Turnhalle liegt bei mehr als dem vierfachen U-Wert des EnEV-Wertes für den Sanierungsfall. Der U-Wert des Verwaltungsriegels liegt bei dem etwa sechsfachen Wert gegenüber dem vorgeschriebenen U-Wert im EnEV-Sanierungsfall.

4. Heizungsanlage: Wärmeverteilung und Wärmeübergabe

Die eingebaute Verrohrung der Wärmeverteilung weist erhebliche Mängel auf. Zum Teil sind unterschiedliche Querschnitte und ungedämmte Rohre verbaut. Unter anderem werden teilweise ungedämmte Heizungsrohre durch Stahlbetonbauteile geführt. Es existieren keine Heizkreise entsprechend den Nutzungszeiten. Einzelne Heizkörper sind nicht regulierbar. Zum Teil sind Behördenthermostate eingebaut. Die Heizkörper werden unterschiedlich warm, wobei Raum 02 überheizt wird. Die Thermostate der Fußbodenheizung sind fehlerhaft. Insgesamt läuft die Heizungsanlage, aufgrund der dargestellten Mängel, nicht zufriedenstellend.

5. Beleuchtung

Die Beleuchtung besteht hauptsächlich aus T8-Leuchtstoffröhren mit konventionellen Vorschaltgeräten. Diese Technologie ist veraltet und ineffizient.

6. Lüftung

Fehlende Anleitungen zum kontrollierten händischen Fensterlüften - besonders in den Klassenräumen.

6. Sanierungsfahrplan und Handlungsempfehlungen

Aufgrund der Schwachstellenanalyse wurden nachfolgende Sanierungsvarianten entwickelt. Je nach Verfügung der finanziellen Mittel des Beratungsempfängers, können die Varianten 1 bis 3 und 6 jeweils einzeln bzw. auch zeitlich voneinander getrennt durchgeführt werden. In Variante 4 und 5 werden Maßnahmen zu zwei verschiedenen Gesamtsanierungen zusammengefasst.

Falls nur eine Sanierungsvariante realisiert werden kann, bzw. eine teilweise Sanierung in zeitlichen Abständen durchgeführt wird, wird folgende Reihenfolge empfohlen:

Variante 1: Einzelmaßnahme - Dämmung Flachdächer

Die Flachdächer der Turnhalle und des Hauptgebäudes inklusive Verwaltungsriegel werden entsprechend dem vorgeschriebenen Wert der KfW für den Sanierungsfall saniert.

Die näheren technischen und wirtschaftlichen Details sowie die Energiekenndaten dazu werden unter Kapitel 7.1 dieses Berichts dargestellt. In dieser Sanierungsvariante ist die Konstruktion eines Warmdachs berücksichtigt worden. Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, die Sanierung als Umkehrdach auszuführen.

Variante 2: Einzelmaßnahme - Austausch Fenster und Brüstungselemente

Folgende Fenster inklusive Brüstungselemente werden entsprechend den KfW-Vorgaben ausgetauscht:

- Turnhalle: Alle Fenster mit WSV von '85 mit Kunststoffrahmen
- Turnhalle: Alle einfachverglasteten Hallenfenster von '73 mit Aluminiumrahmen
- Hauptgebäude und Verwaltungsriegel: Alle Fenster mit WSV von '98 mit Kunststoff-/Holzrahmen inkl. Brüstungselemente

Die näheren technischen und wirtschaftlichen Details sowie die Energiekenndaten dazu sind unter Kapitel 7.2 beschrieben.

Hinweis: Es ist zu prüfen, inwieweit die Fensterfassade - Brüstungselement - bei der Sanierung mit einer Hinterlüftung versehen werden kann. Der Aufbau einer solchen Fassade ist aber in jedem Fall mit stark erhöhten Kosten verbunden. Die Hinterlüftung birgt den Vorteil, dass zirkulierende Luft die Bildung von Schimmelpilzen verhindert. Des Weiteren ist zu prüfen, ob bei Durchführung der Sanierungsmaßnahmen zu den Fenstern und der Fassade ein Lüftungskonzept zu erstellen ist.

Variante 3: Einzelmaßnahme - Fassadensanierung

Die Fassade der Turnhalle und des Verwaltungsriegels wird entsprechend den Vorgaben der KfW für den Sanierungsfall saniert. In den energetischen und wirtschaftlichen Berechnungen dazu, wurde ein WDVS-System mit Holzfaserdämmplatten berücksichtigt. Bei energetischen Verbesserungen an der Gebäudehülle ist hinsichtlich der geltenden Regelungen der EnEV zu überprüfen, inwieweit ein Lüftungskonzept zu erstellen ist. Die näheren technischen und wirtschaftlichen Details sowie die Energiekenndaten dazu sind unter Kapitel 7.3 beschrieben. Darüber hinaus wird der Einbau von außenliegenden Sonnenschutzelementen empfohlen.

Variante 4: Gesamtsanierung Gebäudehülle

Maßnahmenpaket aus den Varianten 1 bis 3. Die näheren technischen und wirtschaftlichen Details sowie die Energiekenndaten dazu sind unter Kapitel 7.4 beschrieben. Bei energetischen Verbesserungen an der Gebäudehülle ist hinsichtlich der geltenden Regelungen der EnEV zu überprüfen, inwieweit ein Lüftungskonzept zu erstellen ist.

Variante 5: Gesamtsanierung Gebäudehülle, Heizungsanlage, PV-Anlage

Maßnahmenpaket aus den Varianten 1 bis 3. Darüber hinaus wird eine Heizungsanierung mit bivalenter Luft-Wasser-Wärmepumpe berechnet, die Heizungsverteilung und -übergabe saniert und eine Photovoltaikanlage auf dem Flachdach des Hauptgebäudes installiert. Der erzeugte Strom kann mit einer Eigenverbrauchsquote von ca. 30 - 35% in der Grundschule verbraucht werden. Die Luft-Wasser-Wärmepumpe kann mehrere Heizkreise bedienen.

Aufgrund der in der Schwachstellenanalyse beschriebenen Mängel empfiehlt es sich, die komplette Verrohrung der Heizungsverteilung -Vor- und Rücklauf- zu entfernen und neu aufzubauen.

Zur weiteren Optimierung der Heizungsanlage empfehlen sich folgende zusätzliche Maßnahmen:

- Wegen der fehlenden Einzelraumregelung bzw. Außentemperatursteuerung innerhalb der Heizungsregelung: Einbau voreinstellbarer einheitlicher Thermostatventile mit Zeitschaltuhren, um entsprechend dezentrale Regelungen vornehmen zu können.
- Überprüfung der Heizkreisläufe hinsichtlich ihrer Anpassung an Nutzungszeiten.
- Austausch der bestehenden geregelten Pumpen (3 Stk.) gegen drehzahlgeregelte Hocheffizienzpumpen
- Durchführung hydraulischer Abgleich
- Überprüfung der Exposition zur Himmelsrichtung des Heizungsfühlers an der Außenfassade

Bei energetischen Verbesserungen an der Gebäudehülle mit darauffolgender Sanierung der Heizungsanlage muss zwingend eine Heizlastberechnung nach DIN durchgeführt werden, da sich durch die Verbesserung der Gebäudehülle die Heizlast verringert. Zudem sind in der Regel Heizungsanlagen überdimensioniert, so dass es sich empfiehlt auch bei Heizungsanierungen ohne Verbesserung an der Gebäudehülle, eine solche Heizlastberechnung durchzuführen.

Nur so ist gewährleistet, dass der neue Wärmeerzeuger passend ausgelegt wird. Das spart Kosten bei Investition sowie Energie und Kosten beim Betrieb der Heizungsanlage.

Variante 6: Einzelmaßnahme - Beleuchtungssanierung [Gesamt]

Einbau von LED-Lichtbandsystemen (29 W) anstelle der veralteten und ineffizienten T8-Leuchtstoffröhren (58 W) mit konventionellen Vorschaltgeräten (13 W).

Belüftung

Zur Verbesserung der Luftqualität in den Gruppenräumen empfiehlt sich der Einbau von sogenannten "Miefampeln", die bei Erreichung der Grenzwerte anzeigen, händisch zu lüften.

Energiemanagementsystem

Einführung und Aufbau eines Energiemanagementsystems zur Nutzung aller Einsparpotenziale bei Gas- und Stromverbrauch.

Dokumentation

Zur Erleichterung der Durchführung zukünftiger Sanierungs- und Instandhaltungsmaßnahmen empfiehlt es sich, entsprechende Dokumentationen zu den einzelnen Gewerken zu führen.

7. Beschreibung der einzelnen Sanierungsvarianten mit Wirtschaftlichkeitsberechnung

Aus der Analyse der einzelnen Bauteile und der Heizungs- und Trinkwarmwasseranlage wurden die im Folgenden Kapitel dargestellten Energiesparmaßnahmen abgeleitet und unter energetischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten bewertet. Für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer Energiesparmaßnahme werden allein die energetisch bedingten Investitionskosten, in denen auch die Baunebenkosten enthalten sind, herangezogen. Die vollständige Kostenermittlung ist allerdings eine Planungsleistung im Rahmen der Sanierung. Alle Kostenangaben verstehen sich inklusive Mehrwertsteuer.

Die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme sollte allerdings nicht allein den Ausschlag zur Entscheidung für oder gegen eine Maßnahme geben. Die untersuchten Energiesparmaßnahmen sind mit vielfachem **Zusatznutzen** verbunden. Genannt seien insbesondere der steigende Wohnkomfort, die Wertsicherung des Gebäudes, geringere Abhängigkeit von zukünftigen Energiepreissteigerungen sowie Aspekte der Ästhetik und des sozialen Umfeldes. Bei allen Entscheidungen zur Sanierung des Gebäudes sollten immer auch die größere **Behaglichkeit** z. B. durch höhere Wand- und Fußbodentemperaturen oder geringere Zugeffekte durch die neuen Fenster, Türen, Rollladenkästen und Dämmmaßnahmen im Dachbereich berücksichtigt werden. Da die zukünftigen Energiekostensteigerungen kaum einschätzbar sind, führen Investitionen in Energiesparmaßnahmen auch zu deutlich höherer **Kostensicherheit**. Die Folgekosten (Energiekosten) von heute nicht getätigten Investitionen in Energieeinsparung sind nicht kalkulierbar.

7.1 Variante 1: Einzelmaßnahme - Dämmung Flachdächer

In dieser Variante wird das Flachdach folgender Gebäudeteile als Warmdach gedämmt:

- Turnhalle
- Hauptgebäude
- Verwaltungsriegel

Wie schon in den Handlungsempfehlungen in Kapitel 6 dargestellt, noch einmal der Hinweis auf die Überprüfung der Notwendigkeit zur Erstellung eines Lüftungskonzepts nach EnEV.

Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 1 –

Dach / oberste Decke: Hauptgebäude & Verwaltungsriegel: PIR Dämmung 15 cm WLS 023
Turnhalle: PIR Dämmung 14 cm WLS 023

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
DA	Hauptgebäude, Verwaltungsriegel: Flachdach - PIR Dämmung als Warmdach 15 cm WLS 023	465,00	0,14	0,20	0,14
DA	Turnhalle: Flachdach - PIR Dämmung als Warmdach 14 cm WLS 023	567,00	0,14	0,20	0,14

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045 \text{ W/(mK)}$ einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

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

Anlagentechnik - Variante 1 -

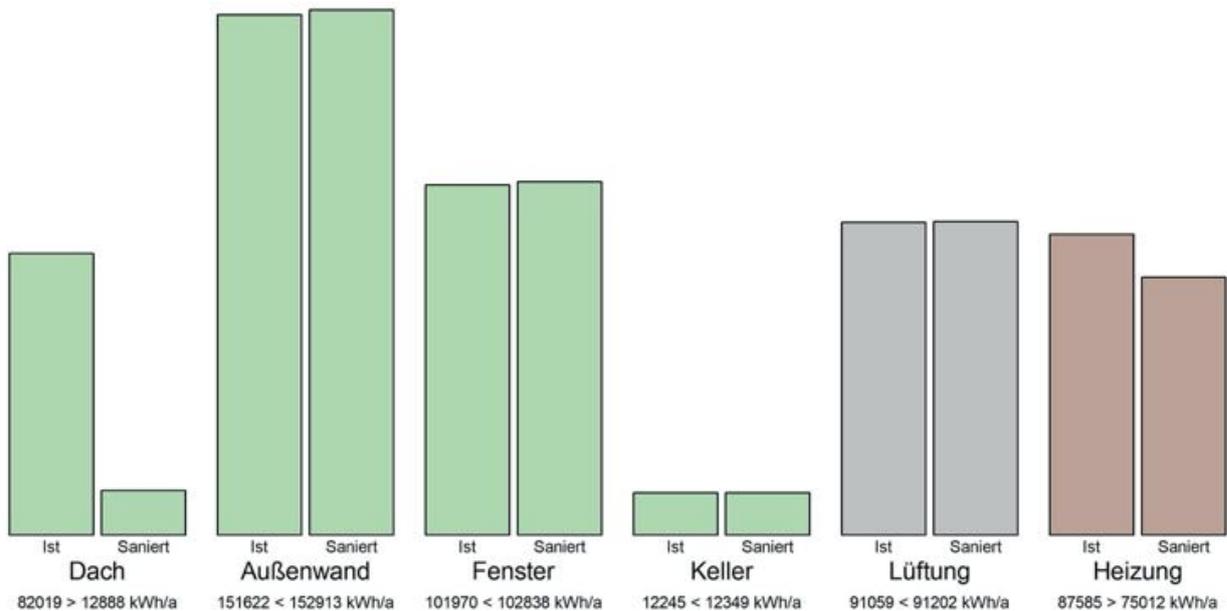
Heizung: keine Änderung der Bestandsanlage.

Warmwasser: Kein TWW-Kreis vorhanden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **17 %**.

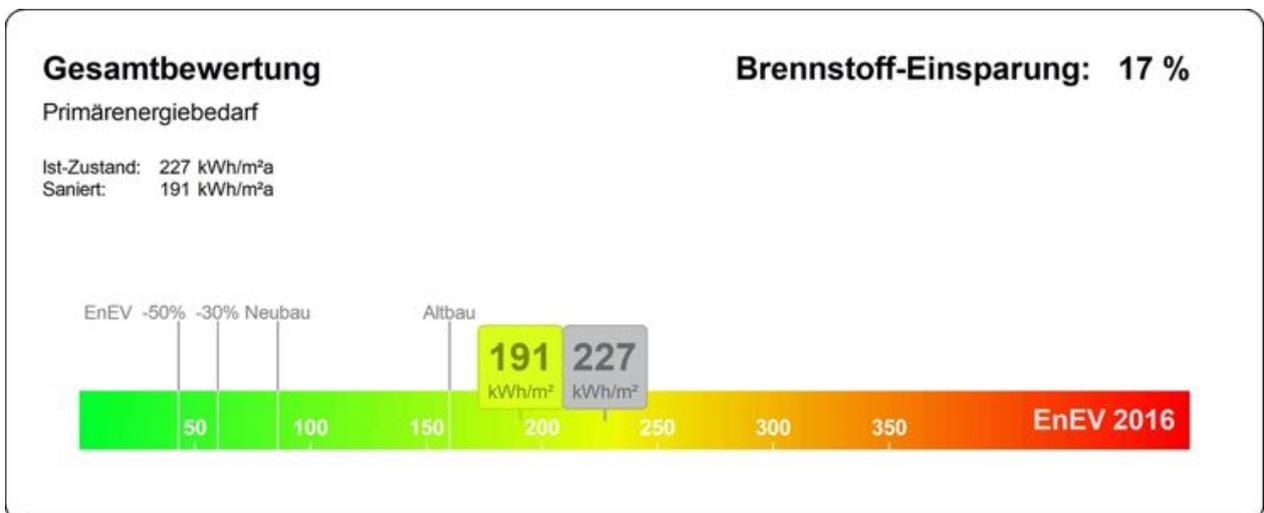
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 418.750 kWh/Jahr reduziert sich auf 346.917 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 71.834 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 15.913 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 **191 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestition	:	208.725 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)		0 EUR

Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	:	208.725 EUR
--	---	--------------------

In den Berechnung sind Abdichtungsbahnen aus Elastomerbahnen (oberhalb) der Dämmung berücksichtigt. Laut BBSR wird von einem Ersatz dieser Abdichtungsbahnen von 1x in 50 Jahren ausgegangen.

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 50,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	12.328 EUR/Jahr	616.400 EUR
Rechnerische Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 50.873 EUR/Jahr	+ 2.543.650 EUR
	<hr/>	<hr/>
	63.201 EUR/Jahr	3.160.050 EUR
Rechnerische Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	59.437 EUR/Jahr	2.971.850 EUR
Einsparung	-3.764 EUR/Jahr	-188.200 EUR

Durch die zu geringe Endenergieeinsparung der Maßnahme bezogen auf das gesamte Gebäude ergibt sich keine Amortisation innerhalb des betrachteten Zeitraums.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	50,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	28.388 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	24.298 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	3,92 %

Fördermittel - Variante 1 -

Folgende Förderprogramme könne für die Variante in Anspruch genommen werden:

- BMU: Kommunalrichtlinie 2019 - weitere investive Maßnahmen (2.16)
- KfW: Energieeffizient Sanieren - Baubegleitung (Pr.-Nr. 431)
- KfW: Energieeffizient Sanieren - Ergänzungskredit (Pr.-Nr. 167)
- KfW: Energieeffizient Sanieren - Kredit (Pr.-Nr. 151, 152)
- KfW: IKK - Energieeffizient Bauen und Sanieren (Pr.-Nr. 217/218)
- KfW: IKK - Investitionskredit Kommunen (Pr.-Nr. 208)
- KfW: IKU - Energieeffizient Bauen und Sanieren (Pr.-Nr. 219/220)
- KfW: IKU - Kommunale und soziale Unternehmen (Pr.-Nr. 148)
- KfW: Klimaschutzoffensive für den Mittelstand (Pr.-Nr. 293)
- NRW.BANK.Moderne Schule
- progres.nrw - Programmbereich Innovation

7.2 Variante 2: Einzelmaßnahme - Austausch Fenster & Brüstungselemente

In dieser Variante werden folgende veraltete Fenster (inkl. Brüstungselemente) gegen neue Fenster mit Wärmeschutzverglasung und einem U_w -Wert von $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ getauscht:

- Turnhalle: Alle Fenster mit WSV von '85 mit Kunststoffrahmen
- Turnhalle: Alle einfachverglasten Hallenfenster von '73 mit Aluminiumrahmen
- Hauptgebäude und Verwaltungsriegel: Alle Fenster mit WSV von '98 mit Kunststoff-/Holzrahmen inkl. Brüstungselemente

Wie schon in den Handlungsempfehlungen in Kapitel 6 dargestellt, noch einmal der Hinweis auf die Überprüfung der Notwendigkeit zur Erstellung eines Lüftungskonzepts nach EnEV.

Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 2 –

Fenster: 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit U_w -Wert $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Brüstungselemente: Fensterfassadenelemente mit U -Wert $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

Typ	Bauteil	Fläche in m^2	U-Wert in $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	$U_{\text{max}}^{\text{EnEV}^*}$ in $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$	U_{max} KfW** in $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
FA	Hauptgebäude: Brüstungselemente '98, Kunststoff - Fensterfassade	229,65	0,95	1,3	0,95
FA	Hauptgebäude: Brüstungselemente Treppenhaus '98, Kunststoff - Fensterfassadenelemente	21,02	0,95	1,3	0,95
FA	Verwaltungsriegel: Brüstungselemente '98, Kunststoff - Fensterfassadenelemente	7,40	0,95	1,3	0,95
FA	Hauptgebäude: Fenster Treppenhaus WSV '98, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	36,12	0,95	1,3	0,95
FA	Hauptgebäude: Fenster WSV '98, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	322,13	0,95	1,3	0,95
FA	Hauptgebäude: Oberlichter - 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	4,81	0,95	1,3	0,95
FA	Hauptgebäude: Oberlichter WC Jungen/Mädchen WSV '98, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	4,95	0,95	1,3	0,95
FA	Hauptgebäude: Oberlichter WSV '98, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	22,08	0,95	1,3	0,95
FA	Turnhalle: Einfachverglaste Hallenfenster '73, Alurahmen - 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	111,20	0,95	1,3	0,95

FA	Turnhalle: Fenster WSV '85, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	1,90	0,95	1,3	0,95
FA	Turnhalle: Oberlichter WSV '85, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	15,56	0,95	1,3	0,95
FA	Verwaltungsriegel: Fenster WSV '98, Holzrahmen - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	13,32	0,95	1,3	0,95
FA	Verwaltungsriegel: Oberlichter WSV '85, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	6,66	0,95	1,3	0,95
FA	Verwaltungsriegel: Oberlichter WSV '98, Holzrahmen - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	6,66	0,95	1,3	0,95

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045 \text{ W/(mK)}$ einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

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

Anlagentechnik - Variante 2 -

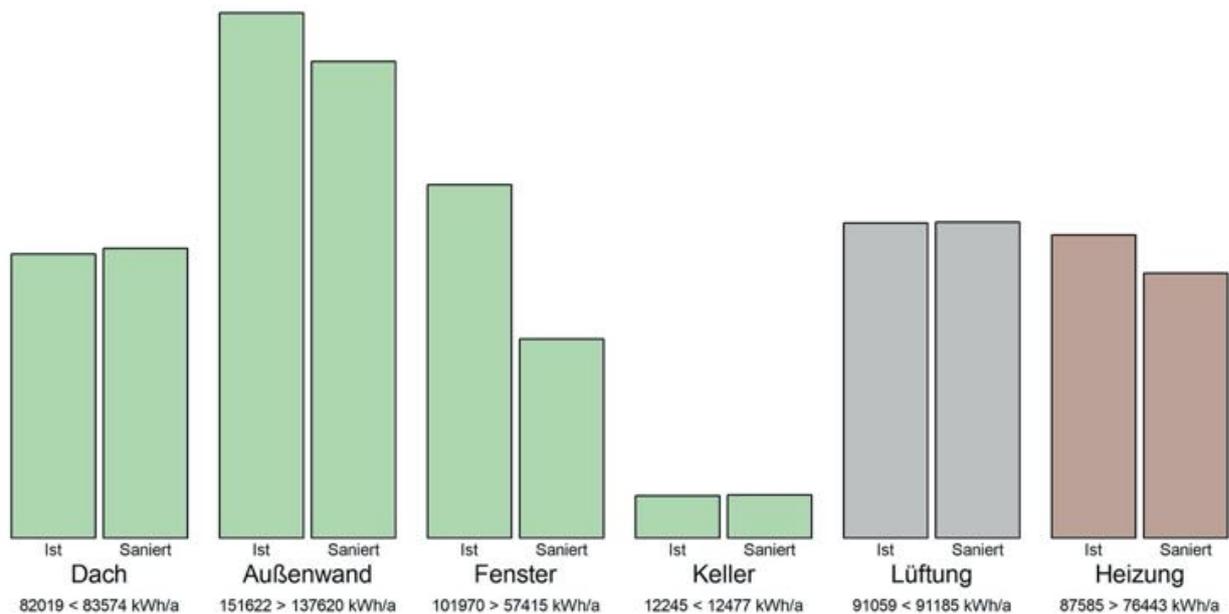
Heizung: keine Änderung der Bestandsanlage.

Warmwasser: Kein TWW-Kreis vorhanden.

Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **15 %**.

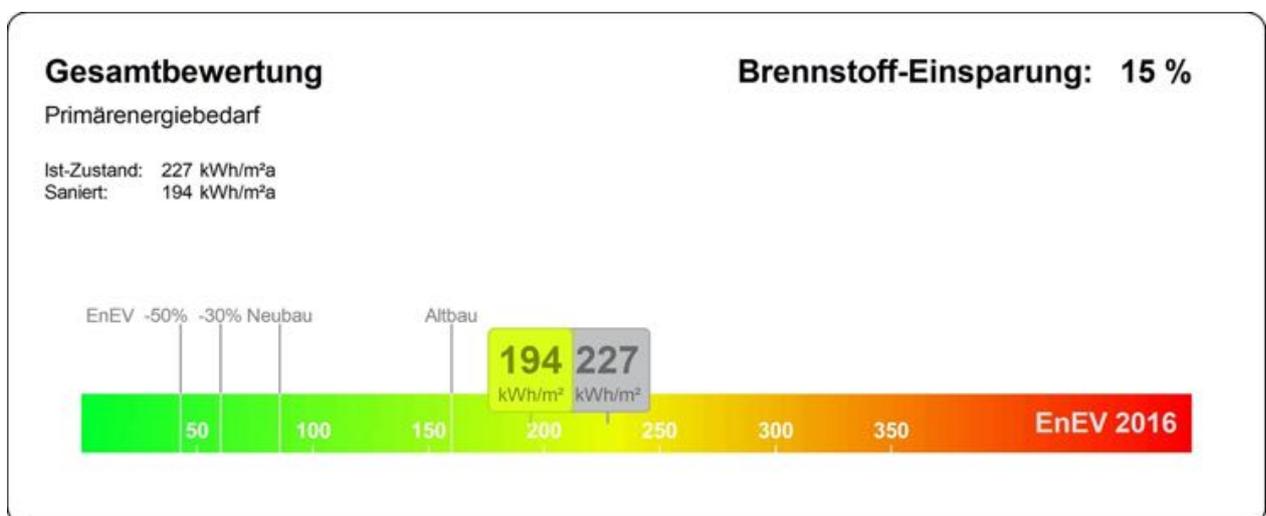
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 418.750 kWh/Jahr reduziert sich auf 354.257 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 64.493 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 14.311 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 **194 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 –

Die nachfolgenden Kosten sind exklusive:

- Demontage: Stundenpreise belaufen sich auf 20 -100 €
- Gerüstarbeiten
- Sonnenschutz

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestition	:	506.128 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	330.301 EUR

Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	:	175.827 EUR
--	---	--------------------

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

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	12.098 EUR/Jahr	362.940 EUR
Rechnerische Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 41.164 EUR/Jahr	+ 1.234.920 EUR
	<hr/>	<hr/>
	53.262 EUR/Jahr	1.597.860 EUR
Rechnerische Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	47.295 EUR/Jahr	1.418.850 EUR
Einsparung	-5.967 EUR/Jahr	-179.010 EUR

Durch die zu geringe Endenergieeinsparung der Maßnahme bezogen auf das gesamte Gebäude ergibt sich keine Amortisation innerhalb des betrachteten Zeitraums.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	28.388 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	24.708 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	1,12 %

Fördermittel - Variante 2 -

Folgende Förderprogramme könne für die Variante in Anspruch genommen werden:

- BMU: Kommunalrichtlinie 2019 - weitere investive Maßnahmen (2.16)
- KfW: Energieeffizient Sanieren - Baubegleitung (Pr.-Nr. 431)
- KfW: Energieeffizient Sanieren - Ergänzungskredit (Pr.-Nr. 167)
- KfW: Energieeffizient Sanieren - Kredit (Pr.-Nr. 151, 152)
- KfW: IKK - Energieeffizient Bauen und Sanieren (Pr.-Nr. 217/218)
- KfW: IKK - Investitionskredit Kommunen (Pr.-Nr. 208)
- KfW: IKU - Energieeffizient Bauen und Sanieren (Pr.-Nr. 219/220)
- KfW: IKU - Kommunale und soziale Unternehmen (Pr.-Nr. 148)
- KfW: Klimaschutzoffensive für den Mittelstand (Pr.-Nr. 293)
- NRW.BANK.Moderne Schule
- progres.nrw - Programmbereich Innovation

7.3 Variante 3: Einzelmaßnahme - Fassadensanierung

In dieser Variante wird jeweils die Fassade folgender Gebäudeteile mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) aus Holzfaserdämmplatten gedämmt:

- Turnhalle
- Verwaltungsriegel

Wie schon in den Handlungsempfehlungen in Kapitel 6 dargestellt, noch einmal der Hinweis auf die Überprüfung der Notwendigkeit zur Erstellung eines Lüftungskonzepts nach EnEV.

Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 3 –

Außenwände: Turnhalle: WDVS aus Holzfaserdämmplatten, 15 cm WLS 038
Verwaltungsriegel: WDVS aus Holzfaserdämmplatten, 16 cm WLS 038

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
WA	Turnhalle: Außenwand - WDVS aus Holzfaserdämmplatten, 15 cm WLS 038	428,32	0,20	0,24	0,20
WA	Verwaltungsriegel: Außenwand - WDVS aus Holzfaserdämmplatten, 16 cm WLS 038	52,40	0,20	0,24	0,20

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045 \text{ W/(mK)}$ einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

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

Anlagentechnik - Variante 3 -

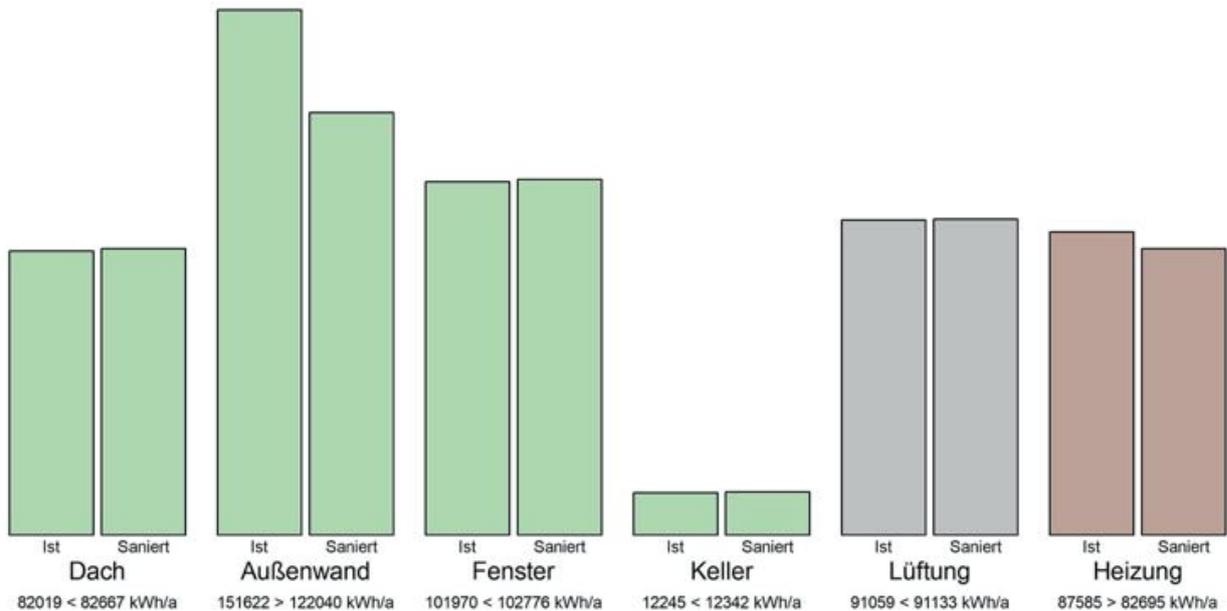
Heizung: keine Änderung der Bestandsanlage.

Warmwasser: Kein TWW-Kreis vorhanden.

Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **7 %**.

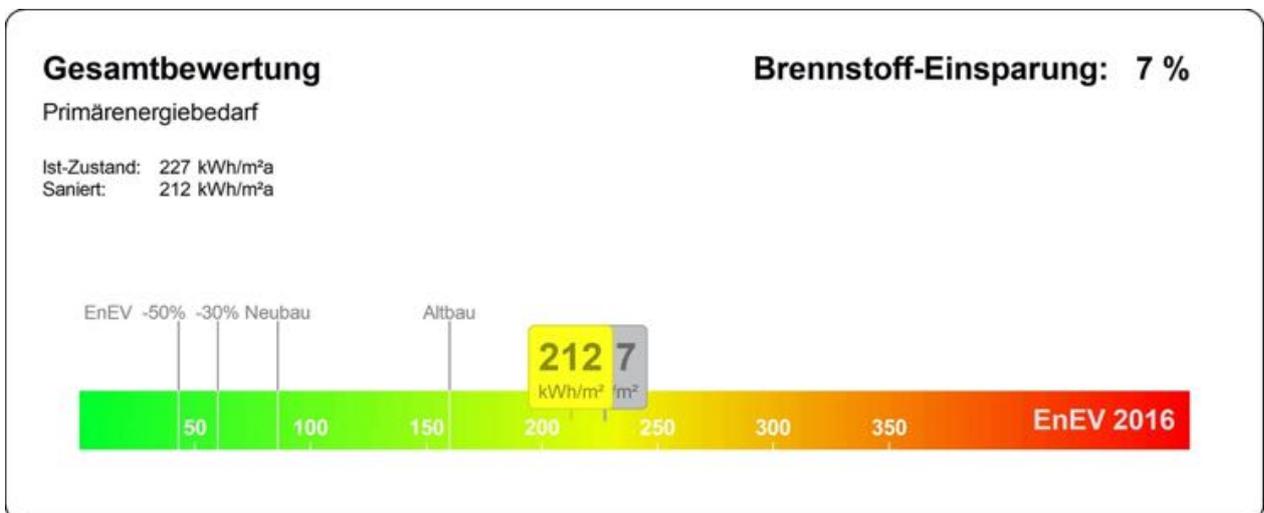
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 418.750 kWh/Jahr reduziert sich auf 389.515 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 29.235 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 6.477 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 **212 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestition	:	80.684 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	0 EUR

Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	:	80.684 EUR
--	---	-------------------

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

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	5.551 EUR/Jahr	166.530 EUR
Rechnerische Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 44.522 EUR/Jahr	+ 1.335.660 EUR
	50.073 EUR/Jahr	1.502.190 EUR
Rechnerische Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	47.295 EUR/Jahr	1.418.850 EUR
Einsparung	-2.778 EUR/Jahr	-83.340 EUR

Durch die zu geringe Endenergieeinsparung der Maßnahme bezogen auf das gesamte Gebäude ergibt sich keine Amortisation innerhalb des betrachteten Zeitraums.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	28.388 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	26.723 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	1,03 %

Fördermittel - Variante 3 -

Folgende Förderprogramme könne für die Variante in Anspruch genommen werden:

- BMU: Kommunalrichtlinie 2019 - weitere investive Maßnahmen (2.16)
- KfW: Energieeffizient Sanieren - Baubegleitung (Pr.-Nr. 431)
- KfW: Energieeffizient Sanieren - Ergänzungskredit (Pr.-Nr. 167)
- KfW: Energieeffizient Sanieren - Kredit (Pr.-Nr. 151, 152)
- KfW: IKK - Energieeffizient Bauen und Sanieren (Pr.-Nr. 217/218)
- KfW: IKK - Investitionskredit Kommunen (Pr.-Nr. 208)
- KfW: IKU - Energieeffizient Bauen und Sanieren (Pr.-Nr. 219/220)
- KfW: IKU - Kommunale und soziale Unternehmen (Pr.-Nr. 148)
- KfW: Klimaschutzoffensive für den Mittelstand (Pr.-Nr. 293)
- NRW.BANK.Moderne Schule
- progres.nrw - Programmbereich Innovation

7.4 Variante 4: Gesamtanierung Gebäudehülle

In dieser Variante werden die Einzelmaßnahmen aus den Varianten 1 bis 3 als Gesamtanierung der Gebäudehülle gerechnet.

Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 4 -

Dach / oberste Decke: Hauptgebäude & Verwaltungsriegel: PIR Dämmung 15 cm WLS 023
Turnhalle: PIR Dämmung 14 cm WLS 023

Fenster: 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit U_w -Wert 0,95 W/(m²K)

Brüstungselemente: Fensterfassadenelemente mit U-Wert 0,95 W/(m²K)

Außenwände: Turnhalle: WDVS aus Holzfaserdämmplatten, 15 cm WLS 038
Verwaltungsriegel: WDVS aus Holzfaserdämmplatten, 16 cm WLS 038

Wie schon in den Handlungsempfehlungen in Kapitel 6 dargestellt, noch einmal der Hinweis auf die Überprüfung der Notwendigkeit zur Erstellung eines Lüftungskonzepts nach EnEV.

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U_{max}^{EnEV*} in W/m ² K	$U_{max}^{KfW^{**}}$ in W/m ² K
DA	Hauptgebäude, Verwaltungsriegel: Flachdach - PIR Dämmung als Warmdach 15 cm WLS 023	465,00	0,14	0,20	0,14
DA	Turnhalle: Flachdach - PIR Dämmung als Warmdach 14 cm WLS 023	567,00	0,14	0,20	0,14
FA	Hauptgebäude: Brüstungselemente '98, Kunststoff - Fensterfassade	229,65	0,95	1,3	0,95
FA	Hauptgebäude: Brüstungselemente Treppenhaus '98, Kunststoff - Fensterfassadenelemente	21,02	0,95	1,3	0,95
FA	Verwaltungsriegel: Brüstungselemente '98, Kunststoff - Fensterfassadenelemente	7,40	0,95	1,3	0,95
FA	Hauptgebäude: Fenster Treppenhaus WSV '98, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	36,12	0,95	1,3	0,95
FA	Hauptgebäude: Fenster WSV '98, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	322,13	0,95	1,3	0,95
FA	Hauptgebäude: Oberlichter - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	4,81	0,95	1,3	0,95
FA	Hauptgebäude: Oberlichter WC Jungen/Mädchen WSV '98, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	4,95	0,95	1,3	0,95

FA	Hauptgebäude: Oberlichter WSV '98, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	22,08	0,95	1,3	0,95
FA	Turnhalle: Einfachverglaste Hallenfenster '73, Alurahmen - 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	111,20	0,95	1,3	0,95
FA	Turnhalle: Fenster WSV '85, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	1,90	0,95	1,3	0,95
FA	Turnhalle: Oberlichter WSV '85, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	15,56	0,95	1,3	0,95
FA	Verwaltungsriegel: Fenster WSV '98, Holzrahmen - 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	13,32	0,95	1,3	0,95
FA	Verwaltungsriegel: Oberlichter WSV '85, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	6,66	0,95	1,3	0,95
FA	Verwaltungsriegel: Oberlichter WSV '98, Holzrahmen - 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	6,66	0,95	1,3	0,95
WA	Turnhalle: Außenwand - WDVS aus Holzfaserdämmplatten, 15 cm WLS 038	428,32	0,20	0,24	0,20
WA	Verwaltungsriegel: Außenwand - WDVS aus Holzfaserdämmplatten, 16 cm WLS 038	52,40	0,20	0,24	0,20

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045 \text{ W/(mK)}$ einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

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

Anlagentechnik - Variante 4 -

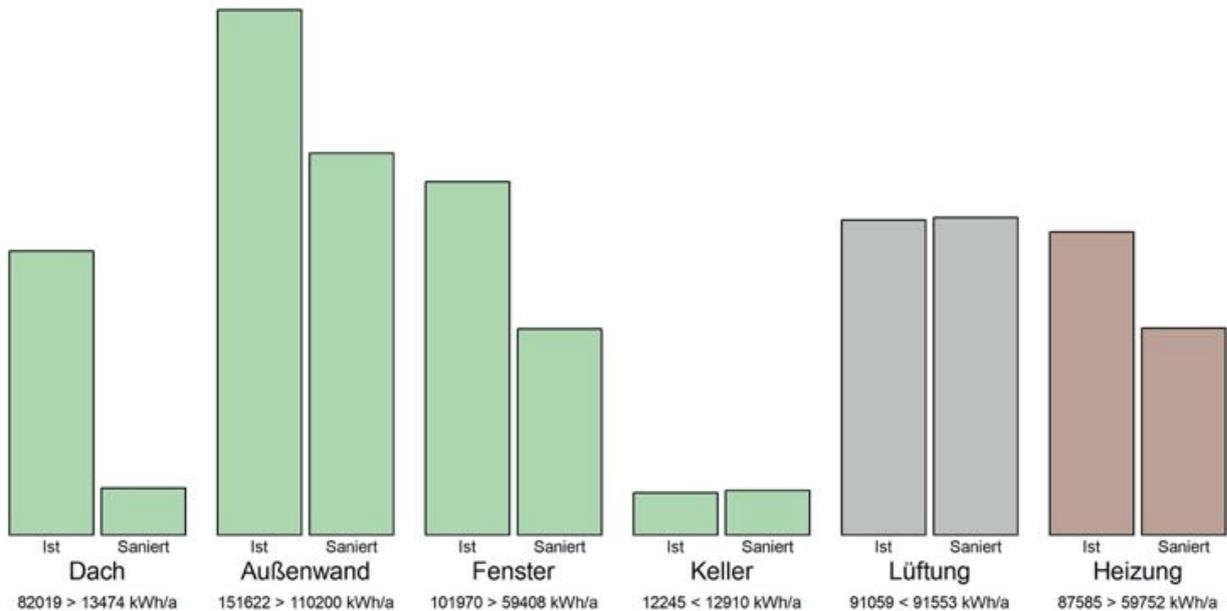
Heizung: keine Änderung der Bestandsanlage.

Warmwasser: Kein TWW-Kreis vorhanden.

Energieeinsparung - Variante 4 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **38 %**.

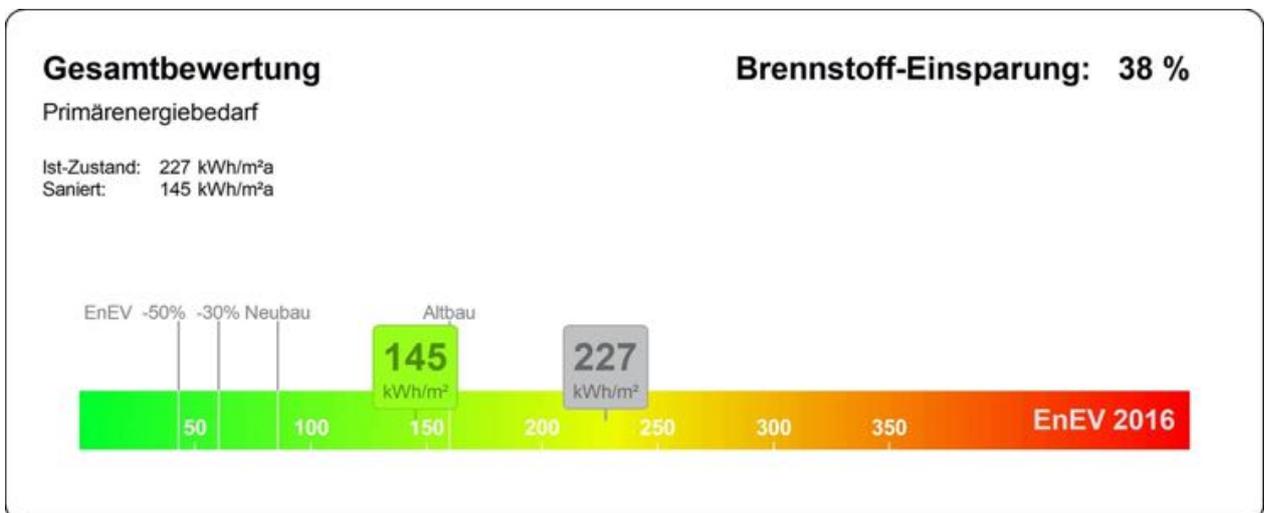
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 418.750 kWh/Jahr reduziert sich auf 258.086 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 160.664 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 35.620 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 **145 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -

Die Kosten des Austauschs der Fenster & Brüstungselemente sind exklusive:

- Demontage: Stundenpreise belaufen sich auf 20 -100 €
- Gerüstarbeiten
- Sonnenschutz

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestition	:	795.537 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	330.301 EUR

Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	:	465.236 EUR
--	---	--------------------

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 50,0 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	34.493 EUR/Jahr	1.724.650 EUR
Rechnerische Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 40.264 EUR/Jahr	+ 2.013.200 EUR
	74.757 EUR/Jahr	3.737.850 EUR
Rechnerische Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	59.437 EUR/Jahr	2.971.850 EUR
Einsparung	-15.320 EUR/Jahr	-766.000 EUR

Durch die zu geringe Endenergieeinsparung der Maßnahme bezogen auf das gesamte Gebäude ergibt sich keine Amortisation innerhalb des betrachteten Zeitraums.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	50,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	28.388 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	19.231 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	2,15 %

Fördermittel - Variante 4 -

Folgende Förderprogramme könne für die Variante in Anspruch genommen werden:

- BMU: Kommunalrichtlinie 2019 - weitere investive Maßnahmen (2.16)
- KfW: Energieeffizient Sanieren - Baubegleitung (Pr.-Nr. 431)
- KfW: Energieeffizient Sanieren - Ergänzungskredit (Pr.-Nr. 167)
- KfW: Energieeffizient Sanieren - Kredit (Pr.-Nr. 151, 152)
- KfW: IKK - Energieeffizient Bauen und Sanieren (Pr.-Nr. 217/218)
- KfW: IKK - Investitionskredit Kommunen (Pr.-Nr. 208)
- KfW: IKU - Energieeffizient Bauen und Sanieren (Pr.-Nr. 219/220)
- KfW: IKU - Kommunale und soziale Unternehmen (Pr.-Nr. 148)
- KfW: Klimaschutzoffensive für den Mittelstand (Pr.-Nr. 293)
- NRW.BANK.Moderne Schule
- progres.nrw - Programmbereich Innovation

7.5 Variante 5: Gesamtanierung Gebäudehülle, Heizungsanlage, PV-Anlage

In dieser Variante wird die Gesamtanierung der Gebäudehülle aus Variante 4 mit der Sanierung der Heizungsanlage und der Installation einer Photovoltaikanlage kombiniert. Die durch die Sanierung der Gebäudehülle verringerte Heizlast dient als Grundlage zur Berechnung der Heizungsanlage.

Die in dieser Variante dargestellte Heizungssanierung umfasst die Installation einer bivalenten Luft-Wasser-Wärmepumpe (88,3 kW) mit dem Bestandskessel als Spitzenheizlastkessel. Darüber hinaus wird ein Pufferspeicher mit einem Volumen von 2.000L verbaut. Die Abdeckung der Wärmepumpe beträgt 82,8 %. Die Luft-Wasser-Wärmepumpe kann mehrere Heizkreise bedienen.

Die Kosten für einen neuen Brennwertkessel (128 kW) mit verringerter Heizlast nach der Umsetzung von Variante 1 bis 3 betragen 24.000 €. Die Endenergieeinsparung liegt bei ca. 5 %.

Die Kosten für einen neuen Spitzenheizlastkessel mit Brennwerttechnik (90 kW), der mit der neuen Wärmepumpe im bivalenten Betrieb nach Umsetzung von Variante 1 bis 3 läuft, betragen 18.000 €.

Darüber hinaus wird die Verrohrung von Vor- und Rücklauf der Heizungsanlage komplett erneuert. Aus den weiter unten genannten Gründen wird in der Berechnung von einem Durchschnittswerts des Querschnitts der Heizungsrohre von 28 mm ausgegangen. Die Standardlängen der Heizungsleitungen wurden überschlägig aus der Gebäudegeometrie ermittelt. Dies ersetzt daher - wie schon in Kapitel 1.2 erwähnt - keine Fachplanung.

Die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs ist ebenfalls bei dieser Variante berücksichtigt worden.

Auf dem Flachdach des Hauptgebäudes wird eine Photovoltaikanlage in Ost-West-Ausrichtung installiert. Die Modulneigung beträgt 10°, die installierte Leistung beträgt 22,5 kW_p auf einer Fläche von circa 180 m². Der über die Photovoltaikanlage erzeugte Strom wird sowohl selbst verbraucht als auch in das Stromnetz eingespeist. Vor der Installation ist die Gebäudestatik zu prüfen.

Der Ertrag der Photovoltaik beträgt 18.076 kWh/a, der nach EnEV §5 anrechenbare Strom liegt mit circa 96 % des erzeugten Stroms bei 17.385 kWh/a.

Wie schon in den Handlungsempfehlungen in Kapitel 6 dargestellt, noch einmal der Hinweis auf die Überprüfung der Notwendigkeit zur Erstellung eines Lüftungskonzepts nach EnEV und der Durchführung einer Heizlastberechnung.

Modernisierung der Gebäudehülle - Variante 5 -

Dach / oberste Decke: Hauptgebäude & Verwaltungsriegel: PIR Dämmung 15 cm WLS 023
Turnhalle: PIR Dämmung 14 cm WLS 023

Fenster: 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit U_w-Wert 0,95 W/(m²K)

Brüstungselemente: Fensterfassadenelemente mit U-Wert 0,95 W/(m²K)

Außenwände: Turnhalle: WDVS aus Holzfaserdämmplatten, 15 cm WLS 038
Verwaltungsriegel: WDVS aus Holzfaserdämmplatten, 16 cm WLS 038

U-Wert-Übersicht der einzelnen Bauteile im modernisierten Zustand

Typ	Bauteil	Fläche in m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} EnEV* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
DA	Hauptgebäude, Verwaltungsriegel: Flachdach - PIR Dämmung als Warmdach 15 cm WLS 023	465,00	0,14	0,20	0,14
DA	Turnhalle: Flachdach - PIR Dämmung als Warmdach 14 cm WLS 023	567,00	0,14	0,20	0,14
FA	Hauptgebäude: Brüstungselemente '98, Kunststoff - Fensterfassade	229,65	0,95	1,3	0,95
FA	Hauptgebäude: Brüstungselemente Treppenhaus '98, Kunststoff - Fensterfassadenelemente	21,02	0,95	1,3	0,95
FA	Verwaltungsriegel: Brüstungselemente '98, Kunststoff - Fensterfassadenelemente	7,40	0,95	1,3	0,95
FA	Hauptgebäude: Fenster Treppenhaus WSV '98, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	36,12	0,95	1,3	0,95
FA	Hauptgebäude: Fenster WSV '98, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	322,13	0,95	1,3	0,95
FA	Hauptgebäude: Oberlichter - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	4,81	0,95	1,3	0,95
FA	Hauptgebäude: Oberlichter WC Jungen/Mädchen WSV '98, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	4,95	0,95	1,3	0,95
FA	Hauptgebäude: Oberlichter WSV '98, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	22,08	0,95	1,3	0,95
FA	Turnhalle: Einfachverglaste Hallenfenster '73, Alurahmen - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	111,20	0,95	1,3	0,95
FA	Turnhalle: Fenster WSV '85, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	1,90	0,95	1,3	0,95
FA	Turnhalle: Oberlichter WSV '85, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	15,56	0,95	1,3	0,95
FA	Verwaltungsriegel: Fenster WSV '98, Holzrahmen - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	13,32	0,95	1,3	0,95
FA	Verwaltungsriegel: Oberlichter WSV '85, Kunststoffrahmen - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	6,66	0,95	1,3	0,95
FA	Verwaltungsriegel: Oberlichter WSV '98, Holzrahmen - 3-Scheiben- Wärmeschutzverglasung	6,66	0,95	1,3	0,95

WA	Turnhalle: Außenwand - WDVS aus Holzfaserdämmplatten, 15 cm WLS 038	428,32	0,20	0,24	0,20
WA	Verwaltungsriegel: Außenwand - WDVS aus Holzfaserdämmplatten, 16 cm WLS 038	52,40	0,20	0,24	0,20

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der von der EnEV vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045 \text{ W/(mK)}$ einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.

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

Anlagentechnik - Variante 5 -**Heizung:** Bivalente Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Bestandskessel als Spitzenheizlastkessel

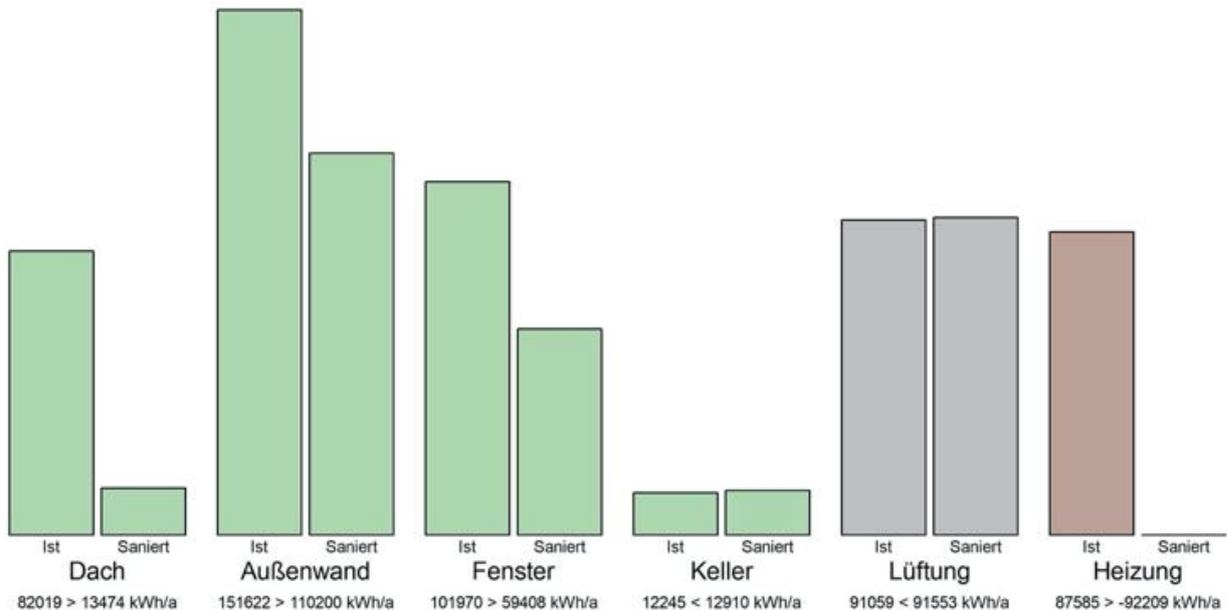
Bereich	Heizwärme-Erzeugung 1
Erzeugung	- Brennwert-Kessel von 2004 - Nennleistung 200,00 kW Energieträger: Erdgas E - Luft-Wasser-Wärmepumpe von 2021 mit einer Betriebsart 'elektrisch angetrieben' Energieträger: Strom-Mix
Pufferspeicher	- Pufferspeicher (Heizwärme-Erzeugung 1) von 2021 Speicher-Nenninhalt 2000,00 l
Verteilung	- Verteilung 1 (Verteilung 1) als Zweirohrheizung Leitungen mit einem U-Wert von 0,25 W/(mK) gedämmt Umwälzpumpe drehzahl geregelt - delta-p variabel, hydraulischer Abgleich
Übergabe	- Übergabe 1 (Verteilung 1) Übergabe an Zone 'Verwaltung' mit 100 % Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler' - Übergabe 2 (Verteilung 1) Übergabe an Zone 'Verkehrsfläche ' mit 100 % Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler' - Übergabe 3 (Verteilung 1) Übergabe an Zone 'Klassenzimmer' mit 100 % Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler' - Übergabe 5 (Verteilung 1) Übergabe an Zone 'Abstell- & Lagerräume, Technik' mit 100 % Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler' - Übergabe 6 (Verteilung 1) Übergabe an Zone 'WC, Sanitärraum' mit 100 % Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler' - Übergabe 7 (Verteilung 1) Übergabe an Zone 'Forum & Neubau' mit 100 % Übergabekomponente: 'Flächenheizung (bauteilintegriert)' Regelung: 'Zweipunktregler / P-Regler' - Übergabe 8 (Verteilung 1) Übergabe an Zone 'Duschen' mit 100 % Übergabekomponente: 'Heizkörper (freie Heizflächen)' Regelung: 'P-Regler'

Warmwasser: Kein TWW-Kreis vorhanden.

Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **74 %**.

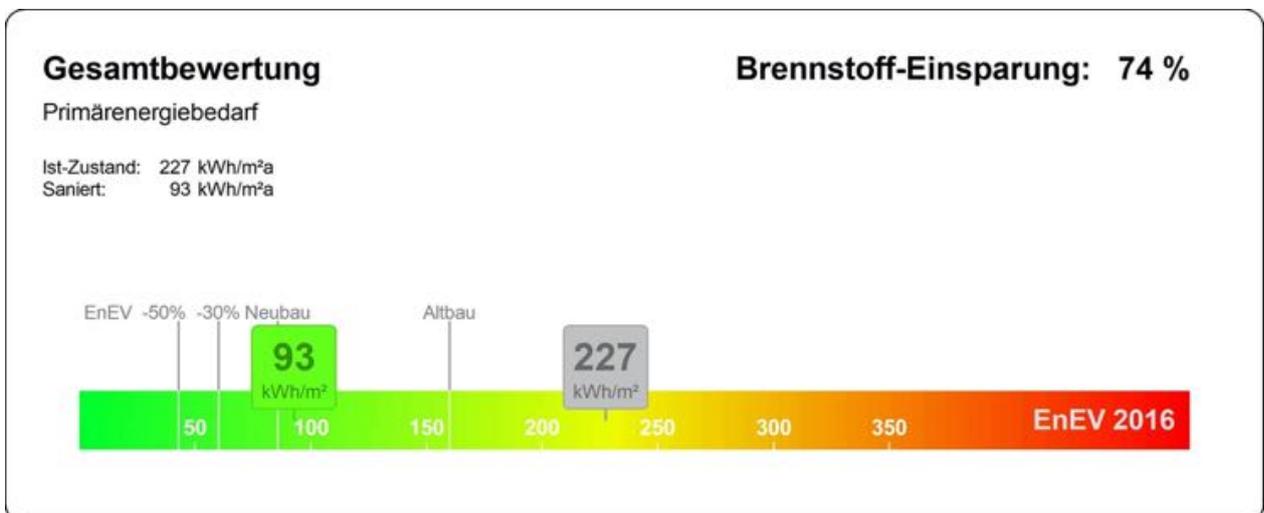
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 418.750 kWh/Jahr reduziert sich auf 108.110 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 310.641 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 44.826 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 **93 kWh/m²** pro Jahr.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 –

Die Kosten der Sanierung der Heizungsverteilung & -übergabe sind exklusive Demontage, die Stundenpreise belaufen sich auf 20 -100 €.

Die Kosten des Austauschs der Fenster & Brüstungselemente sind exklusive:

- Demontage: Stundenpreise belaufen sich auf 20 -100 €
- Gerüstarbeiten
- Sonnenschutz

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestition	:	1.061.468 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	483.694 EUR

Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	:	577.774 EUR
--	---	--------------------

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

	mittl. jährl. Kosten	Gesamtkosten
Kapitalkosten	45.565 EUR/Jahr	1.366.950 EUR
Rechnerische Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	+ 30.945 EUR/Jahr	+ 928.350 EUR
	<hr/>	<hr/>
	76.510 EUR/Jahr	2.295.300 EUR
Rechnerische Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	47.295 EUR/Jahr	1.418.850 EUR
Einsparung	-29.215 EUR/Jahr	-876.450 EUR

Durch die zu geringe Endenergieeinsparung der Maßnahme bezogen auf das gesamte Gebäude ergibt sich keine Amortisation innerhalb des betrachteten Zeitraums.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30,0 Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	28.388 EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	18.575 EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	5,50 %
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50 %
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00 %
Interner Zinsfuß	- %

Fördermittel - Variante 5 -

Folgende Förderprogramme könne für die Variante in Anspruch genommen werden:

- BMU: Kommunalrichtlinie 2019 - weitere investive Maßnahmen (2.16)
- KfW: Energieeffizient Sanieren - Baubegleitung (Pr.-Nr. 431)
- KfW: Energieeffizient Sanieren - Ergänzungskredit (Pr.-Nr. 167)
- KfW: Energieeffizient Sanieren - Kredit (Pr.-Nr. 151, 152)
- KfW: IKK - Energieeffizient Bauen und Sanieren (Pr.-Nr. 217/218)
- KfW: IKK - Investitionskredit Kommunen (Pr.-Nr. 208)
- KfW: IKU - Energieeffizient Bauen und Sanieren (Pr.-Nr. 219/220)
- KfW: IKU - Kommunale und soziale Unternehmen (Pr.-Nr. 148)
- KfW: Klimaschutzoffensive für den Mittelstand (Pr.-Nr. 293)
- NRW.BANK.Moderne Schule
- progres.nrw - Programmbereich Innovation
- Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG): Photovoltaik
- KfW: Energieeffizient Bauen (Programm-Nr. 153)
- Landwirtschaftliche Rentenbank: Energie vom Land
- BAFA: Heizen mit Erneuerbaren Energien - Marktanreizprogramm Wärmepumpen
- BAFA: Heizen mit Erneuerbaren Energien - Marktanreizprogramm Hybridheizung und Austauschprämie

7.6 Variante 6: Einzelmaßnahme - Beleuchtungssanierung

Alle T8-Leuchtstoffröhren mit konventionellem Vorschaltgerät sind veraltet und ineffizient. Sie werden durch LED-Lichtbandsysteme mit halber Systemleistung (29 W) ersetzt.

Die Variante der Beleuchtungssanierung lässt sich in dem nach DIN 18599 vorgeschriebenen Berechnungsverfahren nicht ausreichend darstellen. Aus diesem Grund entfällt die Ausgabe der Ergebnisse in den Diagrammen in Kapitel 8.

Bei der Begehung wurden folgende T8-Leuchtstoffröhren (58 W) mit KVG (13 W) aufgenommen:

- Klassenräume: 72 Leuchten, 2-flammig
- Turnhalle: 30 Leuchten, 4-flammig
- Flure: 45 Leuchten, 1-flammig

Energieeinsparung - Variante 6 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um ca. **8 %**.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 418.750 kWh/Jahr reduziert sich auf 385.230 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 33.520 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 21.218 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Gesamtinvestition	:	16.988 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	:	0 EUR

Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	:	16.988 EUR
Einsparung Brennstoffkosten	:	6.436 EUR/Jahr

In dieser Variante wurde eine statische Wirtschaftlichkeitsberechnung ohne Berücksichtigung der marktüblichen Finanzierungskosten und Energiepreissteigerungen durchgeführt.

Die Amortisationsdauer beträgt demnach circa 3 Jahre.

Fördermittel - Variante 6 -

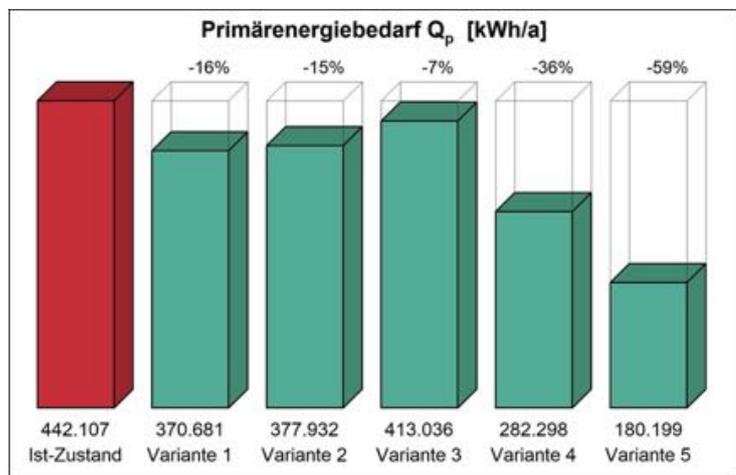
Folgende Förderprogramme könne für die Variante in Anspruch genommen werden:

- BMU: Kommunalrichtlinie 2019 -Beleuchtungssanierungen (2.8 + 2.9)
- IKK - Barrierearme Stadt – Kredit
- KfW: IKK - Energieeffizient Bauen und Sanieren (Pr.-Nr. 217/218)
- KfW: IKU - Barrierearme Stadt - Kredit (Pr.-Nr. 234)
- KfW: IKU - Energieeffizient Bauen und Sanieren (Pr.-Nr. 219/220)

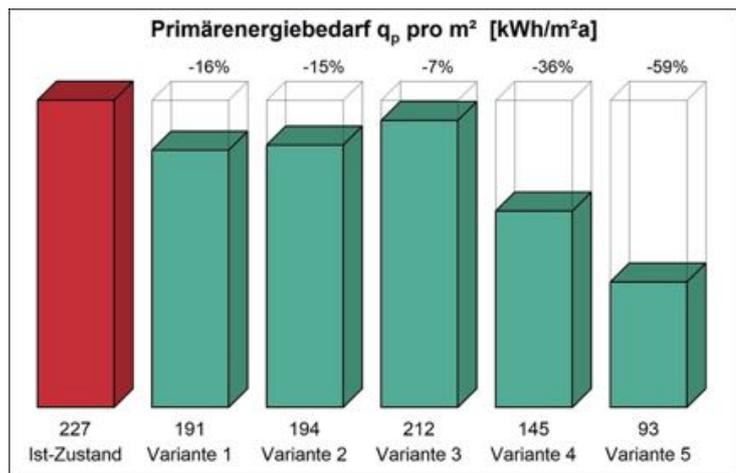
8. Zusammenfassung der Ergebnisse

Primärenergiebedarf

- Ist-Zustand
- Var.1 - Dämmung Flachdächer
- Var.2 - Austausch Fenster & Brüstungsel.
- Var.3 - Fassadensanierung
- Var.4 - Gesamtanierung Gebäudehülle
- Var.5 - Gesamtanierung Gebäudehülle, Heizungsanlage, PV-Anlage

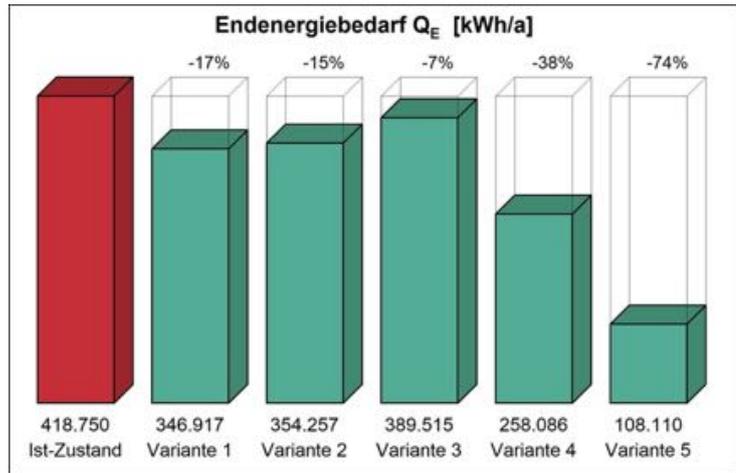


- Ist-Zustand
- Var.1 - Dämmung Flachdächer
- Var.2 - Austausch Fenster & Brüstungsel.
- Var.3 - Fassadensanierung
- Var.4 - Gesamtanierung Gebäudehülle
- Var.5 - Gesamtanierung Gebäudehülle, Heizungsanlage, PV-Anlage

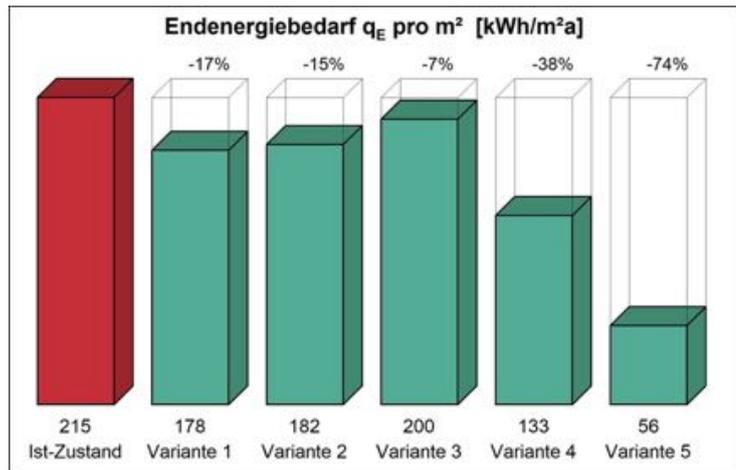


Endenergiebedarf

- Ist-Zustand
- Var.1 - Dämmung Flachdächer
- Var.2 - Austausch Fenster & Brüstungsel.
- Var.3 - Fassadensanierung
- Var.4 - Gesamtsanierung Gebäudehülle
- Var.5 - Gesamtsanierung Gebäudehülle,
Heizungsanlage, PV-Anlage



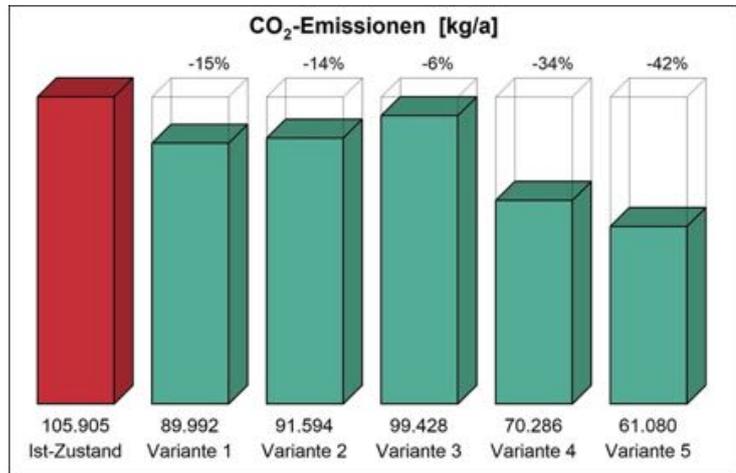
- Ist-Zustand
- Var.1 - Dämmung Flachdächer
- Var.2 - Austausch Fenster & Brüstungsel.
- Var.3 - Fassadensanierung
- Var.4 - Gesamtsanierung Gebäudehülle
- Var.5 - Gesamtsanierung Gebäudehülle,
Heizungsanlage, PV-Anlage



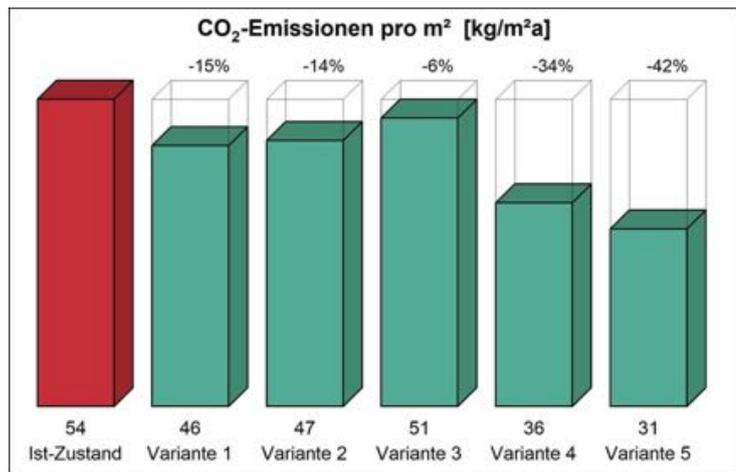
Schadstoff-Emissionen

CO₂-Emissionen

- Ist-Zustand
- Var.1 - Dämmung Flachdächer
- Var.2 - Austausch Fenster & Brüstungsel.
- Var.3 - Fassadensanierung
- Var.4 - Gesamtanierung Gebäudehülle
- Var.5 - Gesamtanierung Gebäudehülle,
Heizungsanlage, PV-Anlage

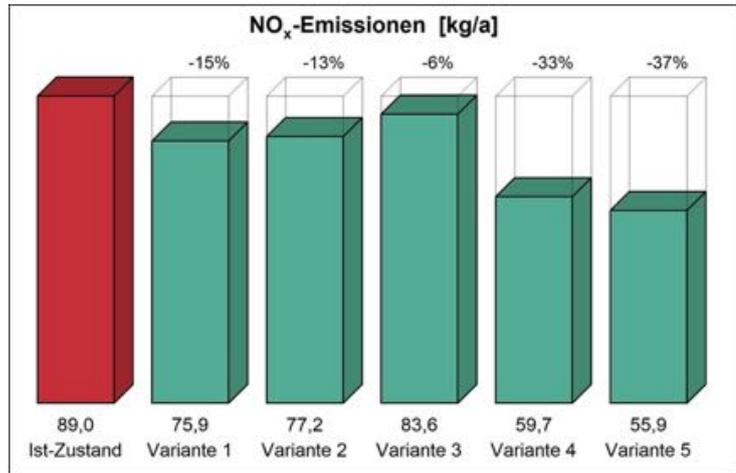


- Ist-Zustand
- Var.1 - Dämmung Flachdächer
- Var.2 - Austausch Fenster & Brüstungsel.
- Var.3 - Fassadensanierung
- Var.4 - Gesamtanierung Gebäudehülle
- Var.5 - Gesamtanierung Gebäudehülle,
Heizungsanlage, PV-Anlage



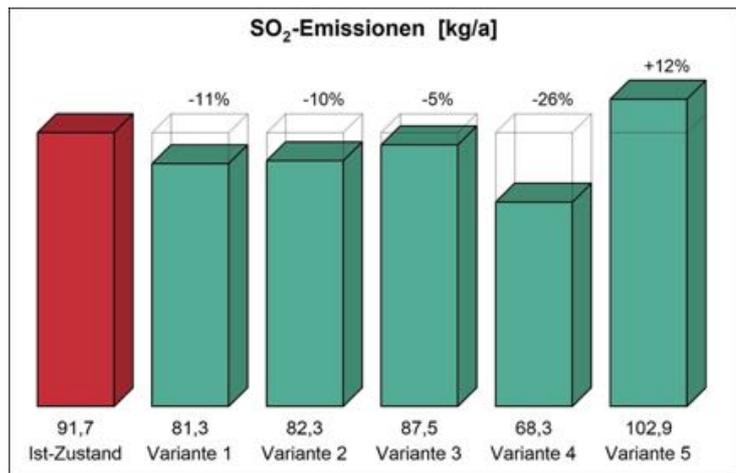
NO_x-Emissionen

- Ist-Zustand
- Var.1 - Dämmung Flachdächer
- Var.2 - Austausch Fenster & Brüstungsel.
- Var.3 - Fassadensanierung
- Var.4 - Gesamtsanierung Gebäudehülle
- Var.5 - Gesamtsanierung Gebäudehülle,
Heizungsanlage, PV-Anlage



SO₂-Emissionen

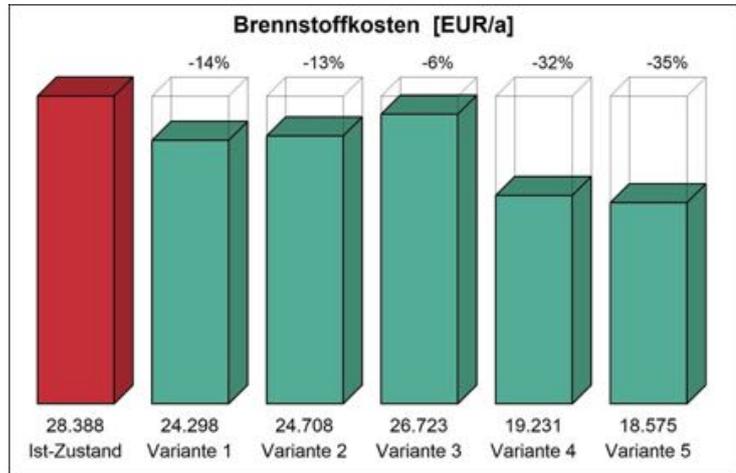
- Ist-Zustand
- Var.1 - Dämmung Flachdächer
- Var.2 - Austausch Fenster & Brüstungsel.
- Var.3 - Fassadensanierung
- Var.4 - Gesamtsanierung Gebäudehülle
- Var.5 - Gesamtsanierung Gebäudehülle,
Heizungsanlage, PV-Anlage



Kosten / Wirtschaftlichkeit

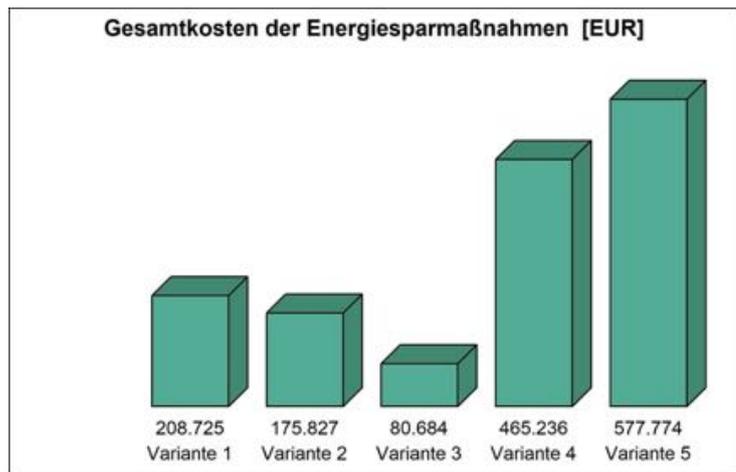
Brennstoffkosten

- Ist-Zustand
- Var.1 - Dämmung Flachdächer
- Var.2 - Austausch Fenster & Brüstungsel.
- Var.3 - Fassadensanierung
- Var.4 - Gesamtanierung Gebäudehülle
- Var.5 - Gesamtanierung Gebäudehülle, Heizungsanlage, PV-Anlage



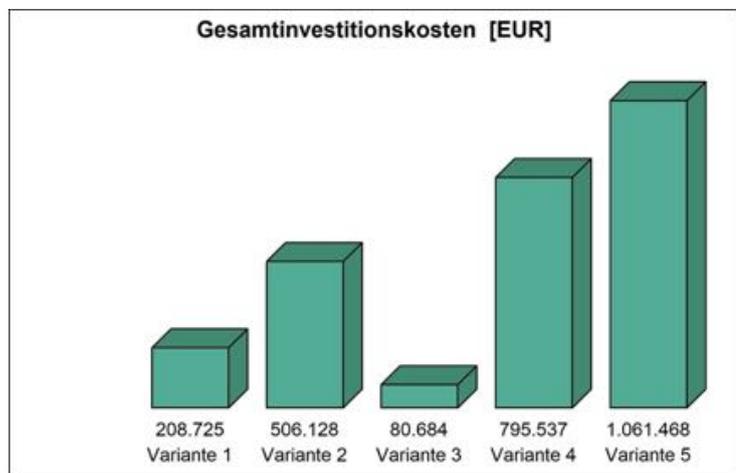
Energetisch bedingte Investitionskosten

- Ist-Zustand
- Var.1 - Dämmung Flachdächer
- Var.2 - Austausch Fenster & Brüstungsel.
- Var.3 - Fassadensanierung
- Var.4 - Gesamtanierung Gebäudehülle
- Var.5 - Gesamtanierung Gebäudehülle, Heizungsanlage, PV-Anlage



Gesamtinvestitionskosten

- Ist-Zustand
- Var.1 - Dämmung Flachdächer
- Var.2 - Austausch Fenster & Brüstungsel.
- Var.3 - Fassadensanierung
- Var.4 - Gesamtanierung Gebäudehülle
- Var.5 - Gesamtanierung Gebäudehülle, Heizungsanlage, PV-Anlage



9. Fotoaufnahmen: Innenansichten & Heizungstechnik



Abbildung 5: Innenansicht - Forum mit Fensterfront im Hauptgebäude



Abbildung 6: Innenansicht - Turnhalle



Abbildung 7: Innenansicht – Ungedämmte Brüstungselemente im Verwaltungsriegel



Abbildung 8: Innenansicht – Ungedämmte Heizungsrohre durch Beton



Abbildung 9: Wärmeezeuger - Buderus Kessel, Erdgas, Mod: GE315, 200 kW, Baujahr 2004



Abbildung 10: Heizungsverteilung

10. Einsatz Erneuerbarer Energien

In Variante 4 wird die Installation einer bivalenten Luftwasserwärmepumpe mit Spitzenheizlastkessel mit Brennwerttechnik berechnet, in Variante 5 die Installation einer Photovoltaikanlage - der Einsatz Erneuerbarer Energien ist damit berücksichtigt.

11. Hinweise auf weitere mit der Sanierung verbundenen Vorteile

Neben den ausgewiesenen Einsparpotentialen der einzelnen Maßnahmen ergeben sich weitere Vorteile:

Die in Variante 1 und 3 beschriebenen Dämmmaßnahmen wirken sich vorteilhaft auf den sommerlichen Wärmeschutz aus. Das gleiche gilt für den in Variante 2 beschriebenen Austausch der Fenster und Brüstungselemente.

12. Brennstoffdaten

	Einheit	Heizwert Hi kWh/Einheit	Brennwert Hs kWh/Einheit	Verhältnis Hs/Hi
Erdgas E	m ³	10,42	11,57	1,11
Flüssiggas	kg	12,80	13,95	1,090
Heizöl EL	L	10,08	10,68	1,060
Holzpellets	kg	4,90	5,29	1,080
Holzhackschnitzel	Scbm	850,00	918,00	1,080
Strom-Mix	kWh	1,00	-	-

	Primär- energiefaktor	CO ₂ -Emissionen g/kWh	SO ₂ -Emissionen g/kWh	NO _x -Emissionen g/kWh
Erdgas E	1,10	244	0,157	0,200
Flüssiggas	1,10	263	0,110	0,260
Heizöl EL	1,10	302	0,455	0,227
Holzpellets	0,20	41	0,680	0,799
Holzhackschnitzel	0,20	35	0,240	0,530
Strom-Mix	1,80	633	1,111	0,583

	Einheit	Arbeitspreis Cent/kWh	Arbeitspreis Euro/Einheit	Grundpreis Euro/Jahr	Lager- verzinsung**
Erdgas E	m ³	6,26	0,652	182	-
Flüssiggas	kg	8,84*	1,132	0	2,5 %
Heizöl EL	L	5,92*	0,597	0	2,5 %
Holzpellets	kg	4,2*	0,206	0	2,5 %
Holzhackschnitzel	Scbm	3,3*	28,050	0	2,5 %
Strom-Mix	kWh	19,2	0,192	50	-

Alle Kosten verstehen sich brutto.

* Bezogen auf den Heizwert

** aufgrund der notwendigen Brennstofflagerung liegt zwischen dem Einkauf und dem Verbrauch ein Zeitraum, in dem die Zinsverluste durch die Vorfinanzierung mit dem obigen Zinssatz berücksichtigt werden.

13. Förderprogramme

13.1 Energieeffiziente Gebäudesanierung

BAFA - Heizungsoptimierung durch hocheffiziente Pumpen und hydraulischem Abgleich

Antragstelle: BAFA

Fördergeber: Bund

Gefördert werden:

- Ersatz von Heizungs-Umwälzpumpen und Warmwasser-Zirkulationspumpen
- Kosten für den fachgerechten Einbau und direkt mit der Maßnahme verbundenen Materialkosten
- Heizungsoptimierung durch einen hydraulischen Abgleich bei bestehenden Heizsystemen
- in Verbindung mit dem hydraulischen Abgleich können zusätzliche Investitionen und Optimierungsmaßnahmen an bestehenden Anlagen gefördert werden

Zuschusshöhe: bis zu 30 % der förderfähigen Nettoinvestitionskosten. Maximaler Betrag von 25.000€ je Standort

BMU - Kommunalrichtlinie 2019 - weiter investive Maßnahmen (2.16)

Antragstelle: Projektträger Jülich

Fördergeber: Bund

Gefördert werden Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in Gebäuden. Die Mindestzuwendung beträgt 5.000 €, die Förderhöhe bis zu 40% der Gesamtkosten.

IKK - Energieeffizient Sanieren - Sanieren - Kredit

Antragstelle: KfW

Fördergeber: Bund

Durch den Kredit werden Sanierungsmaßnahmen verschiedener Einzelmaßnahmen der kommunalen und sozialen Infrastruktur gefördert. 100 % der förderfähigen Investitionskosten können finanziert werden. Tilgungszuschuss zwischen 5% (max. 50€/m² und 275 €/m², abhängig vom erreichten energetischen KfW-Standard.

IKK - Investitionskredit Kommunen

Antragstelle: KfW

Fördergeber: Bund

Förderung von Investition der Kommunen für die kommunale und soziale Infrastruktur. Bis 150 Mio. €.

NRW.Bank - Moderne Schule

Antragstelle: NRW.Bank

Fördergeber: Land NRW

Förderdarlehen für den Bau und die Modernisierung von Schulen inkl. energetischer Maßnahmen. Höhe des Förderdarlehens kann bei Kreditbeträgen über 2 Mio. € max. 50% der förderfähigen Investitionskosten, bei geringeren Kreditbeträgen bis zu 100% der förderfähigen Investitionskosten. Kredithöchstbetrag bei 150 Mio. € pro Jahr und Antragssteller.

13.2 Brennwerttechnik Erdgas – BAFA

BAFA - Heizen mit Erneuerbaren Energien - Marktanreizprogramm Hybridheizung und Austauschprämie

Antragstelle: BAFA

Fördergeber: Bund

Förderung von Hybridheizungen im Bestand, die mehrere Anlagen kombinieren und mit Inbetriebnahme Wärme aus erneuerbarer Energie nutzen. Die Förderung für Gas-Hybridheizungen beträgt bis zu 30 % der förderfähigen Kosten

IKU - Energieeffizient Bauen und Sanieren (Pr.-Nr. 219/220)

Antragstelle: KfW

Fördergeber: Bund

Finanzierung des Neubaus, Ersterwerbs und Sanierung von Nichtwohngebäuden der kommunalen und sozialen Infrastruktur einschließlich Umsetzung von Einzelmaßnahmen und / oder Kombination von Einzelmaßnahmen.

Es können 100% der förderfähigen Investitionskosten finanziert werden. Darüber hinaus kann man eine Tilgungszuschuss erhalten. Dieser liegt zwischen 5,0 % (max. 50 €/m²) und 27% (275 €/m²) und ist abhängig vom erreichten energetischen KfW-Standard der Maßnahme.

BAFA - Heizen mit Erneuerbaren Energien 2020 - Marktanreizprogramm Wärmepumpen

Antragstelle: BAFA

Fördergeber: Bund

In bestehenden Gebäuden werden Gas-Hybrid-Wärmerzeuger bis zu 30% der förderfähigen Investitionskosten bezuschusst.

BAFA - Zusatzbonus zum Marktanreizprogramm: Heizungspaket nach dem Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE)

Antragstelle: BAFA

Fördergeber: Bund

Maßnahmen im Gebäudebestand werden unter bestimmten Bedingungen zusätzlich gefördert.

Verschiedene KfW-Kreditprogramme wie z.B. Energieeffizient Sanieren

Antragstelle: Banken und Sparkassen

Fördergeber: Bund

13.3 Photovoltaikanlagen**Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)**

Antragstelle: Stromnetzbetreiber

Fördergeber: Bund

Betreiber von Photovoltaikanlagen bis 750 kWp installierter Leistung erhalten für den erzeugten und ins Netz eingespeisten Strom eine Vergütung je kWh über 20 Jahre. Höhe der Vergütungssätze bestimmt sich nach Anlagengröße, Anlagenart und Inbetriebnahme.

IKK - Investitionskredit Kommunen

Antragstelle: KfW

Fördergeber: Bund

Mit dem IKK werden Investitionen der Kommunen in die kommunale und soziale Infrastruktur gefördert.

Landwirtschaftliche Rentenbank: Energie vom Land

Antragstelle: Banken und Sparkassen

Fördergeber: Bund

Gefördert wird die langfristige Finanzierung von Investitionen in die Erzeugung, Speicherung und Verteilung erneuerbarer Energien.

13.4 Beleuchtung

BMU: Kommunalrichtlinie 2019 -Beleuchtungssanierungen (2.8 + 2.9)

Antragstelle: Projektträger Jülich

Fördergeber: Bund

Einbau hocheffizienter Beleuchtungstechnik bei Sanierung von Außen- und Straßenbeleuchtungsanlagen, Lichtsignalanlagen sowie Innen- und Hallenbeleuchtungsanlagen.

IKK - Barrierearme Stadt - Kredit

Antragstelle: KfW

Fördergeber: Bund

Investitionen von Kommunen zur barrierefreien/-armen Umgestaltung sowie der alters- und familiengerechte Umbau der kommunalen und sozialen Infrastruktur. Kein Höchstbetrag für Förderkredit.

Insgesamt 10 Förderbereiche unter anderen zu:

- Wege zu Gebäuden und Sportplätzen
- Gebäudezugänge und Servicesystem
- vertikale Erschließung
- Bodenbelege und Bedienelemente in Innenräumen

Sieh dazu auch **IKK - Energieeffizient Sanieren - Sanieren – Kredit** unter Kapitel 13.1

13.5 Förderübersicht: Heizen mit Erneuerbaren Energien 2020

In Neubauten werden Solarkollektoranlagen mit 30% der förderfähigen Kosten und Biomasse- sowie Wärmepumpenanlagen mit 35% der förderfähigen Kosten gefördert, sofern sie die entsprechenden technischen Mindestanforderungen erfüllen.

In bestehenden Gebäuden, d. h. solchen, in denen zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits seit mehr als 2 Jahren ein Heizungs- bzw. Kühlsystem in Betrieb genommen war, das ersetzt oder unterstützt werden soll, werden gefördert:

Art der Heizungsanlage	Gebäudebestand		Neubau
	Fördersatz ¹	Fördersatz mit Austausch Ölheizung ¹	Fördersatz ¹
Solarthermieanlage ²	30 %	30 %	30 %
Biomasseanlage oder Wärmepumpenanlage	35 %	45 %	35 %
Erneuerbare Energien Hybridheizung (EE-Hybride) ³	35 %	45 %	35 %
Nachrüstung eines Sekundärbauteils für die Biomasseanlage zur Partikelabscheidung oder Brennwertnutzung ⁴	35 %		35 %
Gas-Hybridheizung	mit erneuerbarer Wärmeerzeugung	30 % ⁶	40 % ⁶
	mit späterer Einbindung der erneuerbaren Wärmeerzeugung (Renewable Ready) ⁵	20 % ⁷	

¹ Die Fördersätze verstehen sich als Förderhöchstgrenze und beziehen sich auf die förderfähigen Kosten für die beantragte Maßnahme.

² Da die Solarthermieanlage nie allein die gesamte Heizlast eines Gebäudes tragen kann, wird hier keine Austauschprämie gewährt.

³ Kombination einer Solarthermieanlage-, Biomasse- und/oder Wärmepumpenanlage.

⁴ Im Neubau als Errichtung einer Biomasseanlage inkl. Sekundärbauteil.

⁵ Renewable Ready: Installiert wird eine Gasbrennwertheizung mit Speicher und Steuerungs- und Regelungstechnik für die spätere Einbindung eines erneuerbaren Wärmeerzeugers.

⁶ Gilt für die gesamte förderfähige Anlage, inkl. erneuerbarer Wärmeerzeuger.

⁷ Gilt für die gesamte förderfähige Anlage, ohne den später zu errichtenden erneuerbaren Wärmeerzeuger.

Bei einer Austauschpflicht gemäß Energieeinsparverordnung (EnEV) § 10 kann keine Förderung gewährt werden.

13.6 Förderrichtlinien und Förderrechner

Die Förderung erfolgt nach den Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt. Diese Förderrichtlinien, eine Übersicht zu den einzelnen Fördersegmenten sowie die Antragsformulare finden Sie unter der Rubrik Energie auf der Seite: <https://www.bafa.de/>

Das Förder.Navi der EnergieAgentur.NRW ermittelt alle wichtigen Förderungen im Bereich Erneuerbare Energien, Heizung und Gebäudesanierung: <https://foerdernavi.energieagentur.nrw/>

13.7 BAFA-Förderung und KfW-Förderung – Geht beides?

In bestimmten Kombinationen sind BAFA-Förderungen und KfW-Förderung möglich und ist vor Antragsstellung zu prüfen.

Wir unterstützen Sie gerne dabei und bei Ihrer Antragsstellung.

Nähere Informationen unter:

KfW Bankengruppe

Palmengartenstraße 5-9

60325 Frankfurt am Main

Internet: www.kfw.de/

Tel.: 01801 335577*

* (39 Cent/Minute aus dem Festnetz der Deutschen Telekom, Mobilfunk maximal 42 Cent/Minute)

Nähere Informationen unter:

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)

Referat 511

Frankfurter Straße 29–35

65760 Eschborn

Telefon: +49 6196 908-575

Telefax: +49 6196 908-800

Internet: www.bafa.de/

Bei der Übersicht der Fördermittel kann auf Grund der sich mitunter kurzfristig ergebenen Änderungen keine Gewähr auf Vollständigkeit übernommen werden.

14. Gesetze und Normen

Für das Gebäude sind die folgenden gesetzlichen Anforderungen und Normen zu beachten.

14.1 Nachrüstpflichten nach EnEV

Gemäß EnEV 2016 § 10 Satz 1 - 5 sind folgende Nachrüstpflichten zu beachten.

Anlagen

Eigentümer von Gebäuden dürfen Heizkessel, die mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen betrieben werden und vor dem 1. Oktober 1978 eingebaut oder aufgestellt worden sind, nicht mehr betreiben. Erfolgte der Einbau vor dem 1. Januar 1985, dürfen diese Heizkessel ab 2015 nicht mehr betrieben werden. Nach dem 1. Januar 1985 eingebaute Kessel dürfen nach Ablauf von 30 Jahren nicht mehr betrieben werden. (Ausnahmen NT-Kessel, Brennwert-Kessel, besonders kleine Nennleistung - kleiner 4 kW oder große Anlagen - Nennleistung größer 400 kW). Ungedämmte, zugängliche Wärmeverteiler- und Warmwasserleitungen, die sich in unbeheizten Räumen befinden, sind zu dämmen.

Oberste Geschossdecken

Eigentümer von Wohn- und Nichtwohngebäuden müssen dafür sorgen, dass zugängliche Decken beheizter Räume zum unbeheizten Dachraum (Oberste Geschossdecken) so gedämmt sind, dass der Wärmedurchgangskoeffizient der obersten Geschossdecke einen U-Wert von $U=0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ nicht überschreitet.

Die Pflicht gilt als erfüllt, wenn anstelle der Geschossdecke das darüber liegende, bisher ungedämmte Dach entsprechend gedämmt wird.

Die Anforderung an die Dämmung muss nach dem 31. Dezember 2015 erfüllt sein.

14.2 Lüftungskonzept nach DIN 1946-6

Die Modernisierung eines Gebäudes ist i.d.R. mit einer besseren Wärmedämmung und dem Einbau neuer Fenster verbunden. Das führt zu einer höheren Luftdichtheit des Gebäudes und so kann der Mindestluftwechsel nicht mehr durch Infiltration durch die Gebäudehülle gewährleistet werden. Ein häufiges manuelles Lüften wäre notwendig, um die nötige Frischluftzufuhr sicherzustellen.

Auf Grundlage der DIN 1946-6 muss bei Neubau und Sanierung deshalb ein Lüftungskonzept erstellt werden.

15. Daten

Von der Kommune wurden alle angefragten Daten zur Verfügung gestellt, der Bezugszeitraum ist das Geschäftsjahr 2020.

Bergheim, 07.07.20



Ort, Datum

Berater
(Unterschrift)

16. Glossar

Im Folgenden werden die einzelnen Fachbegriffe erläutert:

Energiebedarf

Energiemenge, die unter genormten Bedingungen (z. B. mittlere Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, zu erreichende Innentemperatur, angenommene innere Wärmequellen) für Beheizung, Lüftung und Warmwasserbereitung (nur Wohngebäude) zu erwarten ist. Diese Größe dient der ingenieurmäßigen Auslegung des baulichen Wärmeschutzes von Gebäuden und ihrer technischen Anlagen für Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung und Kühlung sowie dem Vergleich der energetischen Qualität von Gebäuden. Der tatsächliche **Verbrauch** weicht in der Regel wegen der realen Bedingungen vor Ort (z. B. örtliche Klimabedingungen, abweichendes Nutzerverhalten) vom berechneten Bedarf ab.

Jahres-Primärenergiebedarf

Jährliche Endenergiemenge, die zusätzlich zum Energieinhalt des Brennstoffes und der Hilfsenergien für die Anlagentechnik mit Hilfe der für die jeweiligen Energieträger geltenden Primärenergiefaktoren auch die Energiemenge einbezieht, die für die Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe (vorgelagerte Prozessketten außerhalb des Gebäudes) erforderlich ist.

Die Primärenergie kann auch als Beurteilungsgröße für ökologische Kriterien, wie z. B. CO₂-Emission, herangezogen werden, weil damit der gesamte Energieaufwand für die Gebäudeheizung einbezogen wird. Der Jahres-Primärenergiebedarf ist die Hauptanforderung der Energiesparverordnung.

Endenergiebedarf

Endenergiemenge, die den Anlagen für Heizung, Lüftung, Warmwasserbereitung und Kühlung zur Verfügung gestellt werden muss, um die normierte Rauminnentemperatur und die Erwärmung des Warmwassers über das ganze Jahr sicherzustellen. Diese Energiemenge bezieht die für den Betrieb der Anlagentechnik (Pumpen, Regelung, usw.) benötigte Hilfsenergie ein.

Die Endenergie wird an der "Schnittstelle" Gebäudehülle übergeben und stellt somit die Energiemenge dar, die dem Verbraucher (im Allgemeine der Eigentümer) geliefert und mit ihm abgerechnet wird. Der Endenergiebedarf ist deshalb eine für den Verbraucher besonders wichtige Angabe.

Die Endenergie umfasst die Nutzenergie und die Anlagenverluste.

Nutzenergie

Als Nutzenergie bezeichnet man, vereinfacht ausgedrückt, die Energiemenge, die zur Beheizung eines Gebäudes sowie zur Erstellung des Warmwassers unter Berücksichtigung definierter Vorgaben erforderlich ist. Die Nutzenergie ist die Summe von Transmissionswärmeverlusten, Lüftungswärmeverlusten und Warmwasserbedarf abzüglich der nutzbaren solaren und inneren Wärmegewinne.

Transmissionswärmeverluste Q_T

Als Transmissionswärmeverluste bezeichnet man die Wärmeverluste, die durch Wärmeleitung (Transmission) der wärmeabgebenden Gebäudehülle entstehen. Die Größe dieser Verluste ist direkt abhängig von der Dämmwirkung der Bauteile und diese wird durch den U-Wert angegeben.

Lüftungswärmeverluste Q_V

Lüftungswärmeverluste entstehen durch Öffnen von Fenstern und Türen, aber auch durch Undichtigkeiten der Gebäudehülle. Die Undichtigkeit kann bei Altbauten insbesondere bei sehr undichten Fenstern, Außentüren und in unsachgemäß ausgebauten Dachräumen zu erheblichen Wärmeverlusten sowie zu bauphysikalischen Schäden führen.

Trinkwassererwärmung

Der Trinkwasserwärmebedarf wird aufgrund der Nutzung (Anzahl der Personen, Temperatur u.ä.) ermittelt.

U-Wert (früher k-Wert)

Wärmedurchgangskoeffizient, Größe für die Transmission durch ein Bauteil. Er beziffert die Wärmemenge (in kWh), die bei einem Grad Temperaturunterschied durch einen Quadratmeter des Bauteils entweicht. Folglich sollte ein U-Wert möglichst gering sein. Er wird bestimmt durch die Dicke des Bauteils und den Lambda-Wert (Dämmwert) des Baustoffes.

Solare Wärmegewinne Q_S

Das durch die Fenster eines Gebäudes, insbesondere die mit Südausrichtung, einstrahlende Sonnenlicht wird im Innenraum größtenteils in Wärme umgewandelt.

Interne Wärmegewinne Q_i

Im Innern der Gebäude entsteht durch Personen, elektrisches Licht, Elektrogeräte usw. Wärme, die ebenfalls bei der Ermittlung des Heizwärmebedarfs in der Energiebilanz angesetzt werden kann.

Anlagenverluste

Die Anlagenverluste umfassen die Verluste bei der Erzeugung Q_g (Abgasverlust), ggf. Speicherung Q_s (Abgabe von Wärme durch einen Speicher), Verteilung Q_d (Leistungsverlust durch ungedämmt bzw. schlecht gedämmte Leitungen) und Abgabe Q_c (Verluste durch mangelnde Regelung) bei der Wärmeübergabe.

Wärmebrücken

Als Wärmebrücken werden örtlich begrenzte Stellen bezeichnet, die im Vergleich zu den angrenzenden Bauteilbereichen eine höhere Wärmestromdichte aufweisen. Daraus ergeben sich zusätzliche Wärmeverluste sowie eine reduzierte Oberflächentemperatur des Bauteils in dem betreffenden Bereich. Wird die Oberflächentemperatur durch eine vorhandene Wärmebrücke abgesenkt, kann es an dieser Stelle bei Unterschreitung der Taupunkttemperatur der Raumluft, zu Kondensatbildung auf der Bauteiloberfläche mit den bekannten Folgeerscheinungen, wie z. B. Schimmelpilzbefall kommen. Typische Wärmebrücken sind z. B. Balkonplatten, Attiken, Betonstützen im Bereich eines Luftgeschosses, Fensteranschlüsse an Laibungen.

Gebäudevolumen V_e

Das beheizte Gebäudevolumen ist, das an Hand von Außenmaßen ermittelte, von der wärmeübertragenden Umfassungs- oder Hüllfläche eines Gebäudes umschlossene, Volumen. Dieses Volumen schließt mindestens alle Räume eines Gebäudes ein, die direkt oder indirekt durch Raumverbund bestimmungsgemäß beheizt werden. Es kann deshalb das gesamte Gebäude oder aber nur die entsprechenden beheizten Bereiche einbeziehen.

Wärmeübertragende Umfassungsfläche A

Die Wärmeübertragende Umfassungsfläche, auch Hüllfläche genannt, bildet die Grenze zwischen dem beheizten Innenraum und der Außenluft, nicht beheizten Räumen und dem Erdreich. Sie besteht üblicherweise aus Außenwänden einschließlich Fenster und Türen, Kellerdecke, oberste Geschossdecke oder Dach. Diese Gebäudeteile sollten möglichst gut gedämmt sein, weil über sie die Wärme aus dem Rauminnen nach außen dringt.

Kompaktheit A/V

Das Verhältnis der errechneten wärmeübertragenden Umfassungsfläche bezogen auf das beheizte Gebäudevolumen ist eine Aussage zur Kompaktheit des Gebäudes.

Gebäudenutzfläche A_N

Die Gebäudenutzfläche beschreibt die im beheizten Gebäudevolumen zur Verfügung stehende nutzbare Fläche. Sie wird aus dem beheizten Gebäudevolumen unter Berücksichtigung einer üblichen Raumhöhe im Wohnungsbau abzüglich der von Innen- und Außenbauteilen beanspruchten Fläche aufgrund einer Vorgabe in der Energiesparverordnung (Faktor von 0,32) ermittelt. Sie ist in der Regel größer als die Wohnfläche, da z. B. auch indirekt beheizte Flure und Treppenhäuser einbezogen werden.

17. Anhang

17.1 Übersicht der verwendeten Normen und Verordnungen

Datum	Bezeichnung
2013-11	Energieeinsparverordnung EnEV
2005-02	DIN 277 Teil 1 - Grundflächen und Rauminhalte im Hochbau Teil 1 - Begriffe, Ermittlungsgrundlagen
2003-06	DIN EN 832 - Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden
2013-02	DIN 4108 Teil 2 - Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
2001-07	DIN 4108 Teil 3 - Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz, Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise
2004-07	DIN V 4108 Teil 4 - Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte
2006-03	DIN V 4108 Bbl 2 - Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Wärmebrücken, Planungs- und Ausführungsbeispiele
2008-04	DIN EN ISO 6946 - Bauteile Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient Berechnungsverfahren
2006-12	DIN EN ISO 10077-1 - Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten Teil 1: Vereinfachtes Verfahren
2000-07	DIN EN 12524 - Baustoffe und -produkte Eigenschaften Tabellierte Bemessungswerte
1998-12	DIN EN ISO 13370 - Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden Wärmeübertragung über das Erdreich
2011-12	DIN V 18599 Teil 1 - Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger
2013-05	DIN V 18599 Teil 1 - Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger Berichtigung 1 zur DIN V 18599-1: 2011-12
2011-12	DIN V 18599 Teil 2 - Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen
2011-12	DIN V 18599 Teil 3 - Nutzenergiebedarf für die energetische Luftaufbereitung
2011-12	DIN V 18599 Teil 4 - Nutz- und Endenergiebedarf für Beleuchtung
2011-12	DIN V 18599 Teil 5 - Endenergiebedarf von Heizsystemen
2013-05	DIN V 18599 Teil 5 - Endenergiebedarf von Heizsystemen Berichtigung 1 zur DIN V 18599-5: 2011-12
2011-12	DIN V 18599 Teil 6 - Endenergiebedarf von Lüftungsanlagen, Luftheizungsanlagen und Kühlsystemen für den Wohnungsbau
2011-12	DIN V 18599 Teil 7 - Endenergiebedarf von Raumluftechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau
2011-12	DIN V 18599 Teil 8 - Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen
2013-05	DIN V 18599 Teil 8 - Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen Berichtigung 1 zur DIN V 18599-8: 2011-12
2011-12	DIN V 18599 Teil 9 - End- und Primärenergiebedarf von stromproduzierenden Anlagen
2013-05	DIN V 18599 Teil 9 - End- und Primärenergiebedarf von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen Berichtigung 1 zur DIN V 18599-9: 2011-12
2011-12	DIN V 18599 Teil 10 - Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten