



BERATUNGSBERICHT

zur energetischen Betrachtung von Nichtwohngebäuden

FÜR DAS „BAUTEIL F“ DES CUSANUS- GYMNASIUMS IN ERKELENZ

Auftraggeber
Stadt Erkelenz
Johannismarkt 17
41812 Erkelenz

Auftragnehmer
energielenker projects GmbH
Hüttruper Heide 90
48268 Greven
Ansprechpartner: Christof Kattenbeck

Greven, den 17.02.2022



**ERK
EL
ENZ**
Echt. Ehrlich. Einzigartig.

 **energielenker**
Für Klima und Zukunft

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis	2
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
TABELLENVERZEICHNIS	5
1 Einleitung	6
2 Zusammenfassung	7
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG	7
2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ	8
2.3 INVESTITIONSKOSTEN	9
3 Ausgangssituation	10
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES	10
3.2 FOTODOKUMENTATION	11
3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG	12
3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN	14
3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft.....	14
3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE	14
3.5.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und BEG-Förderung	14
3.5.2 Bauteilaufbau im Ist-Zustand.....	15
3.6 WÄRMEBRÜCKEN.....	15
3.7 ANLAGENTECHNIK.....	16
3.7.1 Heizungsanlage.....	16
3.7.2 Warmwasserversorgung.....	16
3.7.3 Beleuchtung	16
3.7.4 Lüftungstechnik.....	16
3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG.....	17
3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes	17
3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand	17
3.8.3 Energiekosten	20
3.8.4 Preissteigerung durch CO ₂ -Steuer	21
3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN	22
4 Sanierungsvarianten	23

4.1	ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN	23
4.2	V1: DACHDÄMMUNG.....	24
4.3	V2: AUßENWANDDÄMMUNG	27
4.4	V3: FENSTERAUSTAUSCH.....	30
4.5	V4: LED-BELEUCHTUNG	33
4.6	V5: PV-ANLAGE	36
4.7	V6: MAßNAHMENKOMBINATION V1 – V3	39
4.8	V7: MAßNAHMENKOMBINATION V1 – V5	42
5	Fazit	45
6	Anhang	46
A.1	GLOSSAR	46

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (rot markiert)	10
Abbildung 2 3D-Ansicht des simulierten Gebäudes	10
Abbildung 3 Gebäudeansicht	11
Abbildung 4 Gebäudeansicht	11
Abbildung 5 Gebäudeansicht	11
Abbildung 6 Gebäudeansicht	11
Abbildung 7 3D-Ansichten des simulierten Gebäudes, zonierte.....	12
Abbildung 8 Legende Zonierung	12
Abbildung 9 Zonierung EG.....	13
Abbildung 10 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger.....	21
Abbildung 11 Primärenergie.....	47

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Gebäudekennwerte	15
Tabelle 2 Energiebedarfskennwerte	17
Tabelle 3 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a	18
Tabelle 4 Energiebilanz des Gebäudes	19
Tabelle 5 Bezugskosten nach Energieträger	20
Tabelle 6 Globale Daten zur Ökonomie	20
Tabelle 7 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1	26
Tabelle 8 Einsparpotenzial, SV 1	26
Tabelle 9 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2	29
Tabelle 10 Einsparpotenzial, SV 2	29
Tabelle 11 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3	32
Tabelle 12 Einsparpotenzial, SV 3	32
Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4	35
Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 4	35
Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV 5	38
Tabelle 16 Fördermöglichkeiten	39
Tabelle 17 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6	41
Tabelle 18 Einsparpotenzial, SV 6	41
Tabelle 19 Fördermöglichkeiten	42
Tabelle 20 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 7	44
Tabelle 21 Einsparpotenzial, SV 7	44

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für das Cusanus-Gymnasium Bauteil F in Erkelenz wurde im Rahmen der Bundesförderung für Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme, Modul 2: Energieberatung DIN V 18599 nach der Richtlinie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie für die Stadt Erkelenz erstellt.

Hierzu erfolgte eine Datenerhebung am Bestandsgebäude vor Ort und nach Plan. Die Bedarfsberechnung wurde in Anlehnung an die DIN 18599 im Mehr-Zonen-Modell vorgenommen.

Auf Basis dieser Analyse der Ist-Situation wurden energetische Sanierungsvarianten unter dem Fokus Ökologie und Ökonomie entwickelt. Die einzelnen Varianten werden dabei hinsichtlich Energiekosteneinsparung, Energieverbrauchs- und Emissionsreduzierung sowie Investition und Wirtschaftlichkeit beschrieben.

Ziel der Sanierungskonzeption sind sinnvolle Einzelmaßnahmen bzw. eine umfassende Sanierung zu einem Effizienzgebäude (EG). Angestrebt wird mindestens der Effizienzgebäude-Standard 100.

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen sowie anhand der verfügbaren Daten erstellt. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung der Durchführenden. Die Kostenangaben sind Schätzwerte, daher ist es empfehlenswert bei geplanten Investitionen immer mehrere Vergleichsangebote einzuholen. Zudem sollten die Verfügbarkeit und die Rahmenbedingungen für eine vorgeschlagene Förderung rechtzeitig mit der Vergabestelle abgestimmt werden.

Die energetischen Berechnungen im vorliegenden Bericht wurden mit dem „Energieberater 18599 3D“ der Hottgenroth Software GmbH & Co. KG¹ durchgeführt. Sofern nicht anders angegeben, wurden die enthaltenen Abbildungen der Berechnungssoftware entnommen.

¹ <https://www.hottgenroth.de>

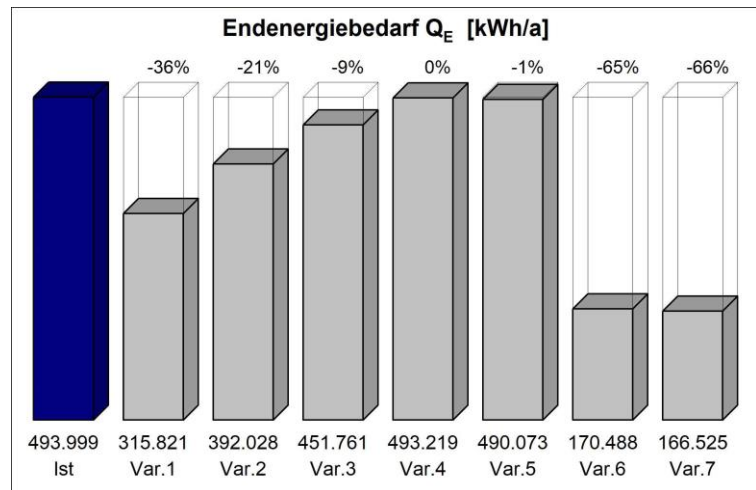
2 ZUSAMMENFASSUNG

2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG

Nachfolgend sind die Einsparungen an Endenergie nach Maßnahmenumsetzung aufgeführt, die durch Modernisierungen am Gebäude und der Anlagentechnik generiert werden können:

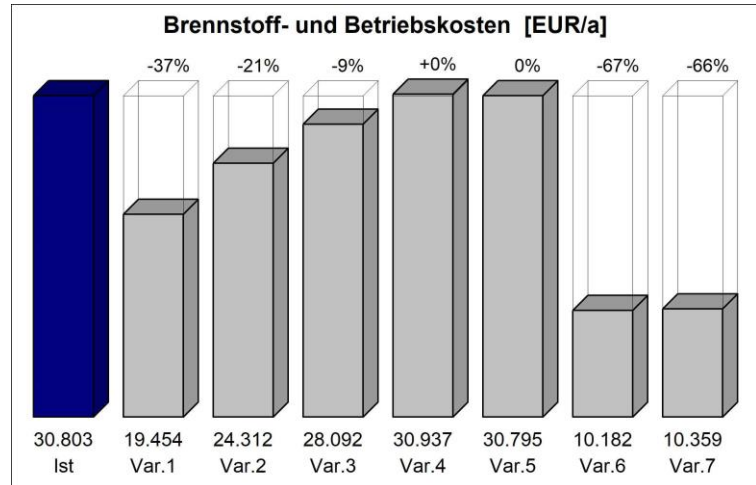
Endenergiebedarf

Ist-Zustand
 V1 - Dachdämmung
 V2 - Außenwanddämmung
 V3 - Fenster- und Türentausch
 V4 - LED-Beleuchtung
 V5 - PV-Anlage
 V6 - V1 – V3
 V7 - V1 – V5



Brennstoffkosten

Ist-Zustand
 V1 - Dachdämmung
 V2 - Außenwanddämmung
 V3 - Fenster- und Türentausch
 V4 - LED-Beleuchtung
 V5 - PV-Anlage
 V6 - V1 – V3
 V7 - V1 – V5



2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ

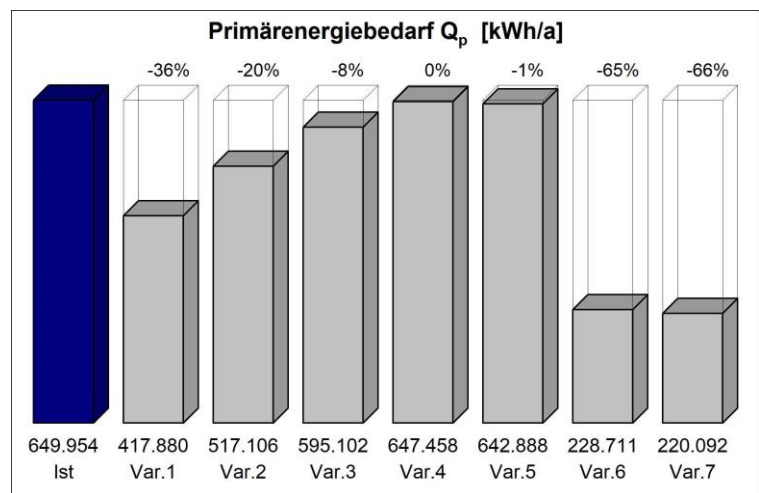
Wie in der Einleitung dieses Berichtes umrissen wird, sollen die geplanten Maßnahmen einen wirksamen Klimaschutzeffekt erreichen. Kennzeichen hierfür sind die Einsparungen an CO₂-Ausstoß und Primärenergie.

Maßnahmen wirken sich dann besonders positiv aus, wenn möglichst viele fossile Energieträger eingespart werden. Dies führt zu einem geringen Primärenergiebedarf und gleichzeitig zu einem geringen CO₂-Ausstoß. Neben der CO₂-Einsparung wird die Umwelt durch weniger NO_x, SO₂ und Staub belastet.

In den folgenden Diagrammen werden die Klimaschutzaspekte der einzelnen Varianten anhand der Einsparung an Primärenergie und CO₂-Emissionen nach Umsetzung der Maßnahmen dargestellt.

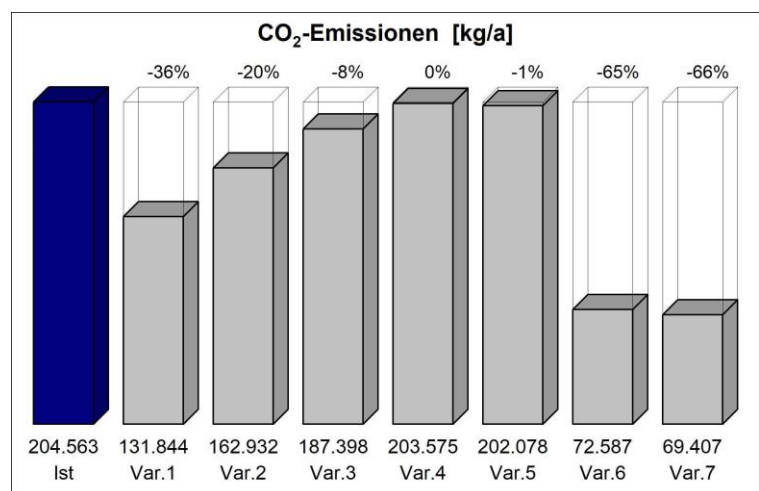
Primärenergiebedarf

Ist-Zustand
V1 - Dachdämmung
V2 - Außenwanddämmung
V3 - Fenster- und Türentausch
V4 - LED-Beleuchtung
V5 - PV-Anlage
V6 - V1 – V3
V7 - V1 – V5



CO₂-Emissionen

Ist-Zustand
V1 - Dachdämmung
V2 - Außenwanddämmung
V3 - Fenster- und Türentausch
V4 - LED-Beleuchtung
V5 - PV-Anlage
V6 - V1 – V3
V7 - V1 – V5

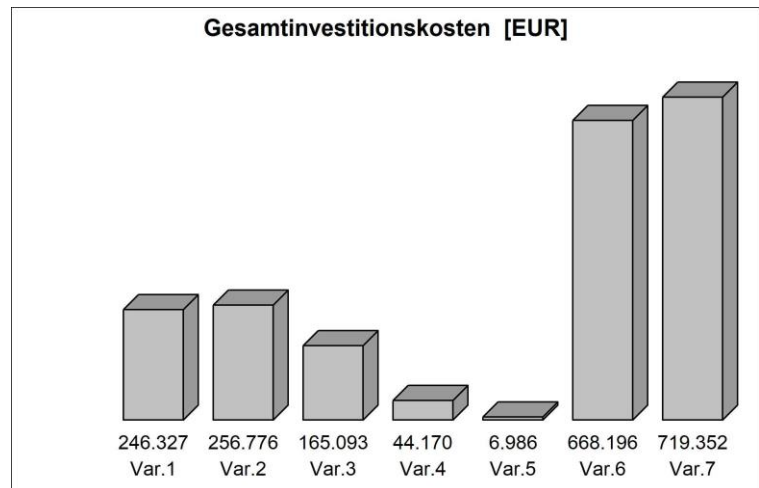


2.3 INVESTITIONSKOSTEN

In der nachfolgenden Abbildung sind die Investitionskosten sowie die mittlere Kosteneinsparung pro Jahr der einzelnen Sanierungsvarianten aufgeführt.

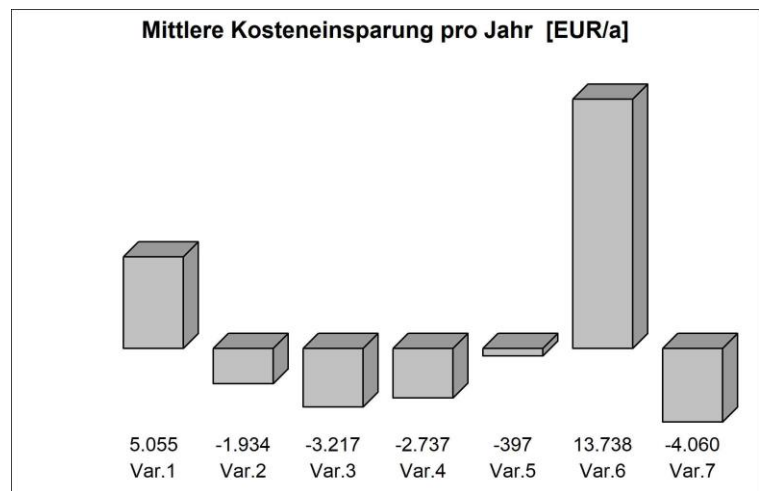
Gesamtinvestitionskosten

Ist-Zustand
 V1 - Dachdämmung
 V2 - Außenwanddämmung
 V3 - Fenster- und Türentausch
 V4 - LED-Beleuchtung
 V5 - PV-Anlage
 V6 - V1 - V3
 V7 - V1 - V5



Kosteneinsparung

Ist-Zustand
 V1 - Dachdämmung
 V2 - Außenwanddämmung
 V3 - Fenster- und Türentausch
 V4 - LED-Beleuchtung
 V5 - PV-Anlage
 V6 - V1 - V3
 V7 - V1 - V5



3 AUSGANGSSITUATION

3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES

Das Gebäude F liegt auf dem Gelände des Cusanus-Gymnasiums im „Schulring 6“ in 41812 Erkelenz. Das Gebäude wurde im Jahr 1963/64 in massiver Bauweise mit Flachdach errichtet und ist nicht unterkellert. Die Gebäudehülle befindet sich noch in dem ursprünglichen Zustand.

Die Wärmeversorgung des Gebäudes findet zentral über die Heizungszentrale des Atriums statt.



Abbildung 1 Lageplan mit dem zu bewertenden Gebäude (rot markiert) ((Quelle: TIM-online 2.0), (<https://www.tim-online.nrw.de>); Land NRW (2021) - Lizenz dl-zero-de/2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0), abgerufen am 08.11.2021)

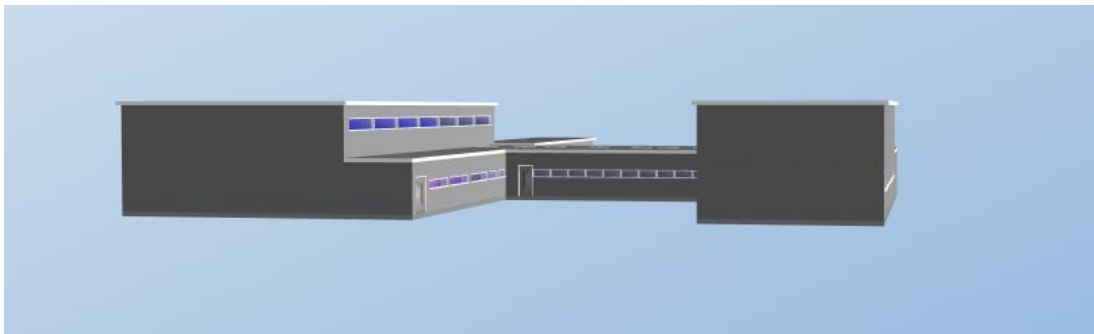


Abbildung 2 3D-Ansicht des simulierten Gebäudes

Name/Bezeichnung	Gebäude C
Gebäudetyp	Nichtwohngebäude
Straße, Hausnr.	Schulring 6
PLZ, Ort	41812 Erkelenz
Baujahre	1963/64
Nettogrundfläche A_{NGF}	1.048 m ²
Geschosshöhe	2,6 – 5,8 m

Anmerkung: Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen. Ist-Zustand entsprechend den Angaben und Planunterlagen der Stadt Erkelenz.

3.2 FOTODOKUMENTATION



Abbildung 3 Gebäudeansicht



Abbildung 4 Gebäudeansicht



Abbildung 5 Gebäudeansicht



Abbildung 6 Gebäudeansicht

3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG

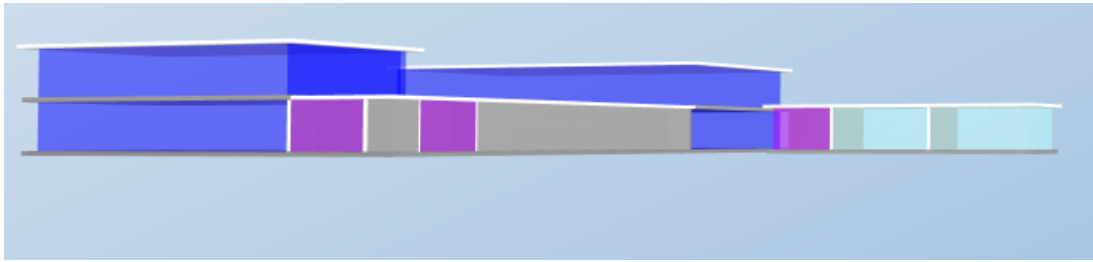


Abbildung 7 3D-Ansichten des simulierten Gebäudes, zониert

Zone	Konditionierung				Größe [m ²]	Anteilige Größe der Zone
	Nutzungs- profil Nr.	Thermische Konditionierung	RLT	Beleuchtung		
Lager	20	beheizt	-	Leuchtstofflampe - stabförmig, KVG	114	11%
Verkehrsfläche	19	beheizt	-	Leuchtstofflampe - kompakt, KVG	105	10%
WC und Sanitär- räume in NWG	16	beheizt	-	Leuchtstoff-lampe - stabförmig, KVG	120	11%
Nebenflächen (ohne Aufenthaltsräume)	18	beheizt	-	Leuchtstofflampe - kompakt, KVG	110	10%
Sporthalle	31	beheizt	-	LED in LED-Leuchten	599	57%
Summe					1.048	100%






Nutzungszonen	
	Lager
	Verkehrsfläche
	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden
	Nebenflächen ohne Aufenthaltsräume
	Sporthalle

Abbildung 8 Legende Zonierung

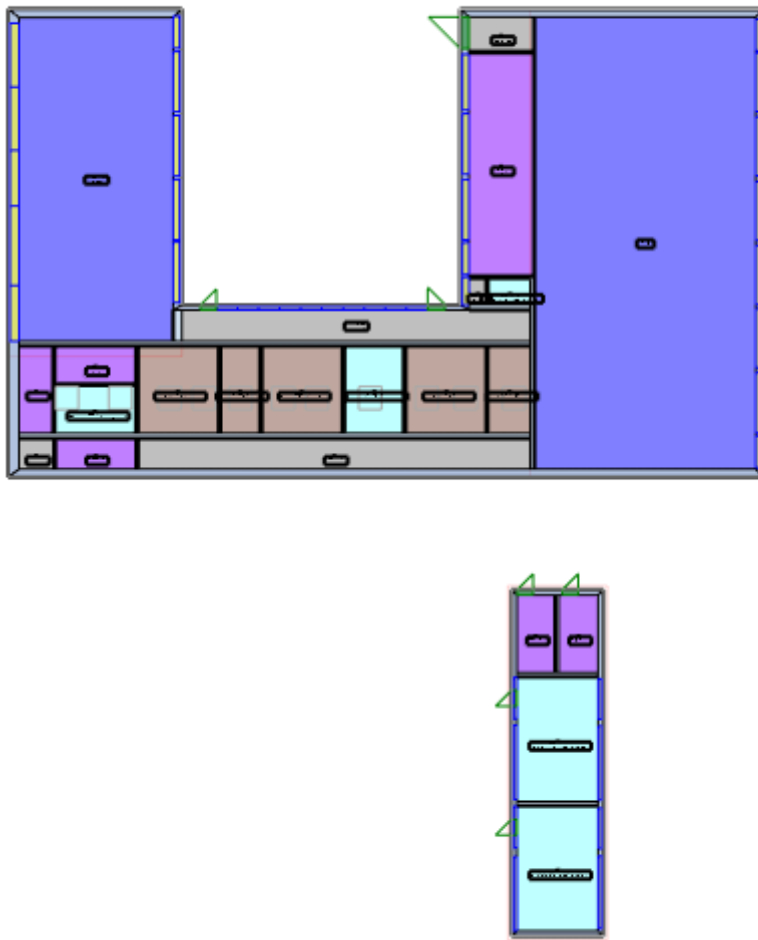


Abbildung 9 Zonierung EG

3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN

3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft

Der Energieverbrauch für das Gebäude F wird nicht extra erfasst.

Der Energieverbrauch wird entscheidend durch das Nutzungsverhalten bestimmt. Die wesentlichen Einflussfaktoren dabei sind:

- ▶ die standortspezifischen Witterungsverhältnisse (Lüftungsverhalten und Raumlufttemperaturen)
- ▶ die tägliche Betriebsdauer der elektrischen Verbraucher
- ▶ die tägliche Betriebsdauer der Heizung
- ▶ interne Wärmequellen (Licht, Elektrogeräte, Personenanzahl, ...)
- ▶ der Warm- und Kaltwasserverbrauch

Die jährlichen klimatischen Bedingungen an einem Standort beeinflussen den Wärmeverbrauch eines Gebäudes. Um die Beurteilung und die Vergleichbarkeit der verschiedenen Wärmeverbräuche mit nutzungsgleichen Gebäuden zu ermöglichen, werden die gebäudespezifischen Wärmeverbräuche mit einem Klimafaktor korrigiert. Hierdurch werden die jährlichen gebäudespezifischen Verbrauchswerte von Wärme auf ein durchschnittliches Klima hochgerechnet.

3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE

Das untersuchte Gebäude weist die in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesenen Werte auf.

Die Flächen der Außenbauteile wurden anhand der vorhandenen Pläne ermittelt. Darüber hinaus basieren die U-Werte auf der Vor-Ort-Aufnahme sowie getroffenen Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten) wurden mittels Literaturangabe² und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

3.5.1 Bauteilliste mit zul. U-Werten nach GEG 2020 und BEG-Förderung

Die Tabelle listet die Bauteile des Gebäudes mit den relevanten Bestandsdaten auf. Für die energetische Bewertung der Konstruktionen sind zum Vergleich die zulässigen Höchstwerte nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) und der Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen (BEG EM) mit angegeben³.

² „U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

³ Die zulässigen U-Werte beziehen sich gemäß GEG Anlage 3 auf die Begrenzung des Wärmedurchgangs beim erstmaligen Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen. Bei Fensterbauteilen handelt es sich um den gemittelten U_w -Wert für Rahmen und Verglasung (Erläuterung siehe Glossar)

Tabelle 1 Gebäudekennwerte

Bauteil	U-Wert [W/(m²K)]		
	Ist-Zustand	GEG ⁴	BEG-Förderung ⁵
Bauteilgruppe: Bodenflächen gegen Erdreich			
Bodenplatte	1,20	0,30	0,25
Bauteilgruppe: Außenwand			
Außenwand	1,40	0,24	0,20
Bauteilgruppe: Dachflächen			
Flachdach	2,10	0,20	0,14
Bauteilgruppe: Fenster			
Fenster	5,00	1,30	0,95
Fenster	4,30	1,30	0,95

3.5.2 Bauteilaufbau im Ist-Zustand

U-Werte für Bauteilaufbauten werden entsprechend des Baualters eingestuft. Sollten konkrete Bauteilbeschreibungen vorliegen, werden diese Berücksichtigung finden.

3.6 WÄRMEBRÜCKEN

Bei einer Wärmebrücke handelt es sich grundsätzlich um ein gestörtes Bauteil und steht somit für einen Sonderfall in der Konstruktion der Gebäudehülle. Bauteilschwächungen oder Materialwechsel können diese Wärmebrückeneffekte begünstigen. Es können aber ebenso geringere Dämmstärken für die Wärmebrückenwirkung verantwortlich sein.

Somit wird die Bewertung der punkt- oder linienbezogenen Wärmeverluste durch Wärmebrücken zu einem bedeutenden Teil in der Bilanzierung und Planung von Bestands- und Neubauten.

⁴ Die Mindestanforderungen an U-Werte nach dem Bauteilverfahren der GEG 2020 gelten nicht, wenn der Primärenergiebedarf des gesamten Gebäudes den Höchstwert für einen entsprechenden Neubau um nicht mehr als 40 % überschreitet.

⁵ Die Mindestanforderungen an U-Werte für BEG-Förderung gelten nicht für die Förderung von Neubau und Sanierung von Effizienzgebäuden gem. BEG-Richtlinie (BEG NWG). Die Anforderungen Stand September 2021 können jederzeit aktualisiert werden.

3.7 ANLAGENTECHNIK

3.7.1 Heizungsanlage

Erzeugung	<i>Nah-/Fernwärme über die Heizzentrale im Cusanus-Gymnasium</i>
	<i>kein hydraulischer Abgleich</i>
	<i>Leitungen gedämmt</i>
	<i>Umwälzpumpe meist geregelt</i>
	<i>Übergabe über Radiatoren bzw. Deckenstrahlplatten in allen Zonen</i>

3.7.2 Warmwasserversorgung

Eine zentrale Warmwasserversorgung über die Heizzentrale findet im Gebäude F des Cusanus-Gymnasiums nur im Bereich der Duschen statt.

3.7.3 Beleuchtung

In dem Gebäude befinden sich überwiegend ein- bzw. mehrflammige Leuchtentypen als Ein- und Anbauleuchte mit einer Leistung P_{Lampe} bis zu 58 W mit konventionellen und elektronischen Vorschaltgeräten [KVG & EVG].

Mit Ermittlung der elektr. Leistung und der jährlichen Nutzungsdauer der bestehenden Beleuchtungsanlage wird der jährliche Energieeinsatz pro Gebäude bzw. Beleuchtungszone bestimmt.

3.7.4 Lüftungstechnik

Eine Lüftung findet in jedem Gebäude zum einen kontrolliert, zum anderen auch unkontrolliert statt. Unkontrollierte Lüftungswärmeverluste erfolgen im Wesentlichen über Fenster- und Türfugen. Aber auch Mauerwerksfugen, Maueranschlüsse, Trockenbaufugen etc. können zu hohen Lüftungswärmeverlusten führen.

Ein Mindestluftwechsel ist hygienisch und bauphysikalisch notwendig. Ebenfalls müssen CO_2 und Feuchtigkeit, die beim Prozess des Ausatmens entstehen, abgeführt werden. Eine Lüftung ist auch nötig, um Schimmelbildung durch erhöhte Feuchtigkeit vorzubeugen und vermehrt aus modernen Baustoffen, Kunststoffen oder Belägen austretende Schadstoffe zu entfernen.

Die Be- und Entlüftung erfolgt in dem Schulgebäude über die vorhandenen Fenster und Türen.

3.8 GEBÄUEBETRACHTUNG

3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

Tabelle 2 Energiebedarfskennwerte

Energiebedarfskennwerte⁶ des bewerteten Gebäudes [kWh/(m²_{NGF}*a)]	
spez. Endenergiebedarf Heizung	459,22
Beleuchtungsstrom	12,32

Anmerkung: Kennwerte auf Basis der durchgeführten Berechnung der ausgewählten / bewerteten Gebäude (Betrachtungsgegenstand).

Wo die ermittelten Energieverbrauchskennzahlen den tatsächlichen Verbrauch an Strom und Wärme der Liegenschaft, auf der sich das untersuchte Gebäude befindet, abbilden und bewertbar machen, erfolgt die ingenieurstechnische Berechnung und Analyse des Gebäudes und die Erarbeitung von Sanierungsmaßnahmen und deren Effekte auf Basis einer theoretischen Berechnung auf Grundlage der DIN 18599.

Da diese sich jedoch u. a. auf eine genormte Nutzung des Gebäudes stützt, sind die errechneten Werte mit den Energieverbräuchen nicht identisch. Trotzdem sind jedoch, aufgrund der Rechenmethodik und der darin enthaltenen Möglichkeiten einer Anpassung, Abweichungen von bis zu 30 % durchaus möglich und bei der Bewertung der Sanierungsmaßnahmen unbedingt zu berücksichtigen.

Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes.

3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand

Um ein Gebäude energetisch zu bewerten, muss der vorhandene Energieverbrauch beurteilt werden. Durch welche Maßnahmen lässt sich wie viel Energie einsparen?

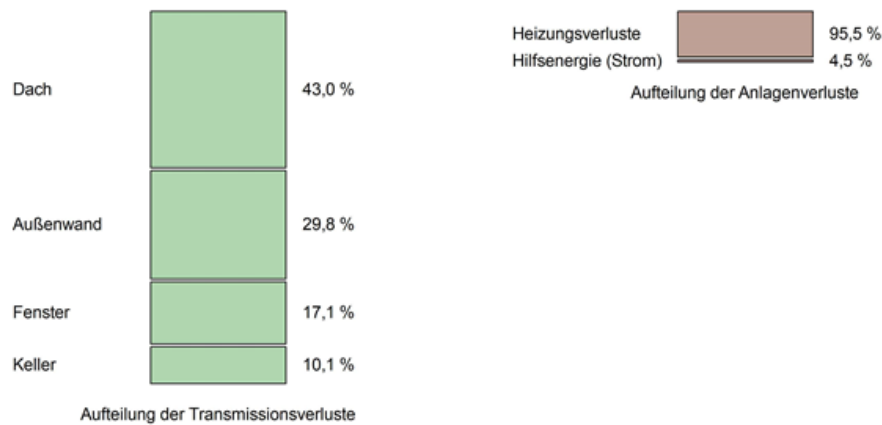
Die Antwort auf diese Fragen gibt eine Energiebilanz. Dazu werden alle Energieströme, die dem Gebäude zu- bzw. abgeführt werden, quantifiziert und anschließend bilanziert.

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.

⁶ siehe unter Erläuterung zu den Energieberichten im Kapitel 4 Glossar und Definition

Tabelle 3 Darstellung der jährlichen Verluste in kWh/a

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Transmissionsverluste		
Dach	189.270	43,0
Außenwand	131.060	29,8
Fenster	75.447	17,1
Keller	44.284	10,1
Gesamt	440.061	100
Lüftungsverluste		
Gesamt	68.056	100
Anlagenverluste		
Heizung	57.668	100,0
Warmwasser	0	0,0
Hilfsenergie	2.603	4,5
Gesamt	57.668	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 Lüftung berücksichtigt. Der Haushaltsstrom wird in dieser Bilanz nicht betrachtet.

Tabelle 4 Energiebilanz des Gebäudes

Energiebilanz des Gebäudes	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Verluste		
Transmissionsverluste	440.061	77,4
Lüftungsverluste	68.056	12,0
Anlagenverluste (inkl. Warmwasser-Wärmebedarf)	60.271	10,6
Gesamt	568.388	100
Gewinne		
Solare Warmegewinne	62.515	73,8
Interne Warmegewinne	22.179	26,2
Gesamt	84.695	100
Endenergiebedarf QE		
Endenergiebedarf QWE,E(Wärmeerzeugung)	491.396	
Endenergiebedarf QHE,E(Hilfsenergie)	2.603	
Gesamt	493.999	
Primärenergiebedarf QP	649.954	

Anlagenverluste
57668 kWh/a

Lüftungsverluste
68056 kWh/a

**Transmissions-
verluste**
440061 kWh/a



**Endenergiebedarf =
Verluste - Gewinne**
493999 kWh/a

solare Gewinne
62515 kWh/a

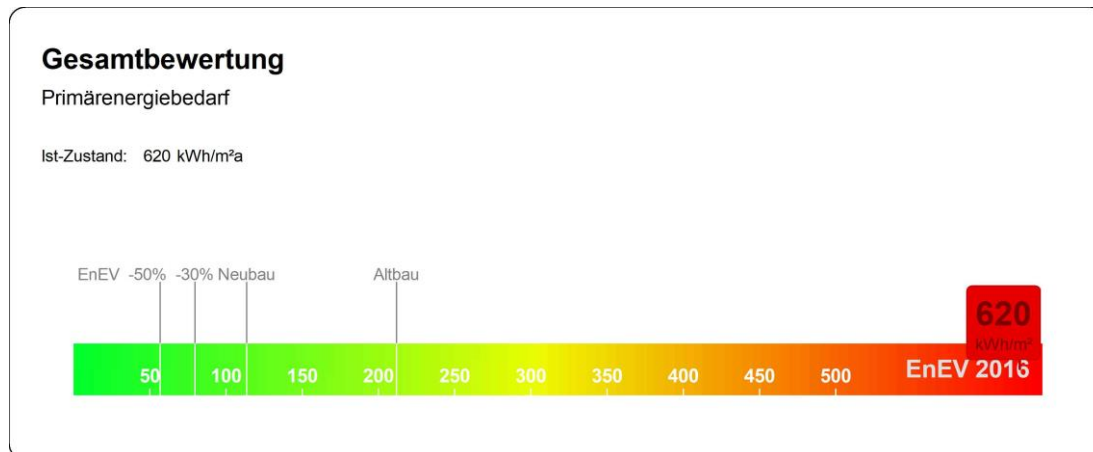
interne Gewinne
22179 kWh/a



Transmissionswärmeverluste sowie Anlagenverluste können mithilfe einer energetischen Sanierung des Gebäudes deutlich reduziert werden. Lüftungsverluste werden bei einer energetischen Sanierung ebenfalls minimiert, dennoch werden diese immer noch in einem nicht unerheblichen Anteil vorhanden sein. Abhilfe kann hier eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung schaffen. Der kontrollierte mechanische Luftwechsel minimiert die Lüftungsverluste.

Bewertung des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 620 kWh/m²a.



3.8.3 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt.

Tabelle 5 Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	CO ₂ [g/Einheit]
Erdgas	kWh	0,06	240
Strom-Mix	kWh	0,19	560

Anmerkung: Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben und beruhen auf Angaben der Stadt Erkelenz.

Tabelle 6 Globale Daten zur Ökonomie

kalkulatorischer Zinssatz [%]	1,5
jährliche Preissteigerung [%]	2,0
Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt	nein

Anmerkung: Zinssatz wurde aus Erfahrungswerten angenommen.

3.8.4 Preissteigerung durch CO₂-Steuer

Die CO₂-Steuer soll den Umstieg von fossilen Kraft- und Brennstoffen hin zu erneuerbaren Technologien fördern. Die sogenannte CO₂ -Steuer verteuert Benzin, Diesel, Heizöl und Erdgas dabei so, dass sich die Kosten in Zukunft stärker am tatsächlichen CO₂-Gehalt ausrichten. Sie soll die Bevölkerung zu einem bewussteren Umgang mit fossilen Energieträgern bewegen und Anreize schaffen, um auf moderne und klimafreundliche Technologien umzurüsten.

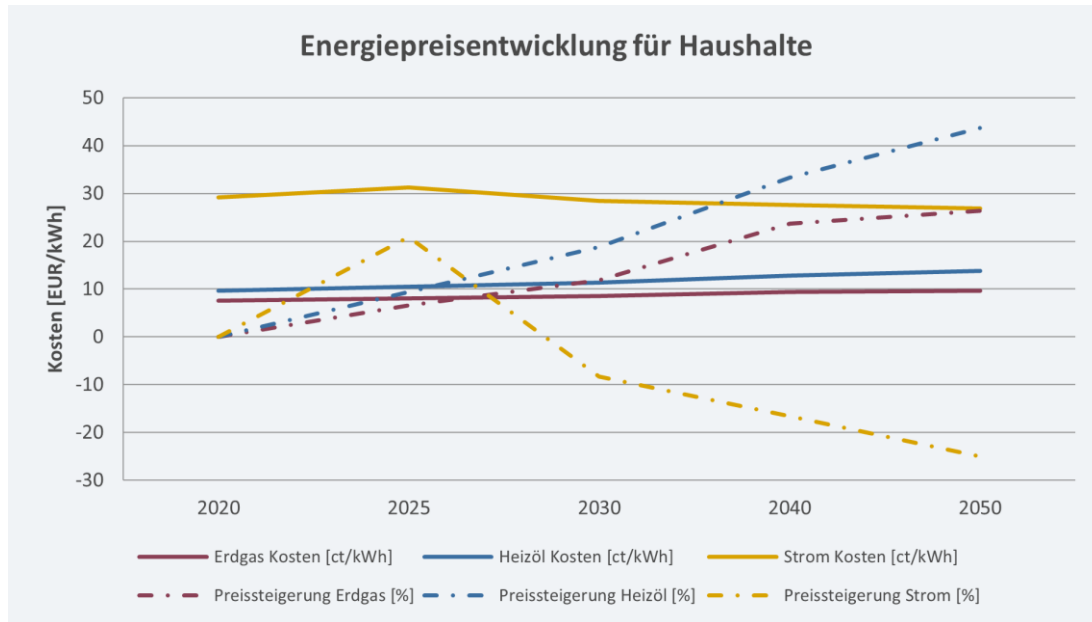
Mit dem Klimapaket hat die Bundesregierung inzwischen beschlossen, wie sich die CO₂ Preise in Zukunft verändern. So kostet eine Tonne des klimaschädlichen Gases im Jahr 2021 25 Euro. In den folgenden Jahren steigen die Abgaben dann schrittweise, bis diese 2025 einen Wert von 55 Euro pro Tonne erreichen. Ab 2026 steigen die Preise (in Abhängigkeit der jährlichen CO₂-Emissionen) voraussichtlich weiter an.

Die nachfolgende Abbildung zeigt einen prognostizierten Anstieg der Energiekosten verschiedener Energieträger um bis zu 20 % bis 2030. Die Stromkosten für Verbraucher sinken laut der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (jetzt Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) in Auftrag gegebenen Studie zur „Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose“ ab ca. 2025.

Basierend auf die zukünftige Preisentwicklung der fossilen Energieträger wurden folgende Preissteigerungen in den Sanierungsvarianten hinterlegt:

▶ kalkulatorischer Zinssatz	1,50 %
▶ jährliche Preissteigerung - hier Inflation	2,00 %
▶ jährliche Preissteigerung Erdgas	3,50 %
▶ jährliche Preissteigerung Pellets	1,50 %
▶ jährliche Preissteigerung Strom	2,50 %

*Abbildung 10 Prognostizierte Preissteigerung verschiedener Energieträger
(In Anlehnung an: BMWi 2013, Prognos/EWI/GWS 2014)*



3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN

Für die Ermittlung der Sanierungskosten wurden zum einen die Richtpreise der Hersteller und zum anderen die Preise aus Referenzprojekten hinterlegt. Demnach sollte die Gemeinde vor Projektbeginn mehrere Vergleichsangebote einholen. Zudem sollte die Stadt Erkelenz mit der Vergabestelle die Verfügbarkeit und die Rahmenbedingungen für eine vorgeschlagene Förderung rechtzeitig abstimmen.

Die Kosten für Nebenleistungen (wie z. B. Planungsleistungen) wurden pauschal mit 15 % beaufschlagt und sind in den Investitionskosten der Sanierungsvarianten enthalten. In den Investitionskosten sind auch die Kosten für Nebenarbeiten enthalten.

Beispiel:

Malerarbeiten bei dem Austausch von alten Leuchtmitteln oder Anpassung des Flachdaches an ein neues Wärmedämmverbundsystem.

4 SANIERUNGSVARIANTEN

4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN

Nachfolgend wird die Zusammenstellung der Sanierungsvarianten dargestellt (SV):

Empfohlene Sanierungsvarianten:

Var.1 - Dachdämmung

Var.2 - Außenwanddämmung

Var.3 - Fenster- und Türentausch

Var.4 - LED-Beleuchtung

Var.5 - PV-Anlage

Var.6 – V1 – V3

Var. 7 – V1 – V5

Anmerkung:

In allen Sanierungsvarianten wird versucht eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Ein Effizienzgebäude-Standard kann mit einer gemeinsamen Umsetzung der Sanierungsvarianten nicht erreicht werden (vgl. Var. 6, Kap. 4.7).

4.2 V1: DACHDÄMMUNG

Die Dachflächen befinden sich noch im Zustand des Baualters und werden in dieser Sanierungsvariante entsprechend den Anforderungen des Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) gedämmt. Es wird ein U-Wert von $\leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ gefordert. Um eine BEG-Förderung zu erhalten, wird ein U-Wert der sanierten Dachflächen von $\leq 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ gefordert. In der Simulation wurde ein U-Wert von $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ angenommen

Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie beantragt werden.

BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

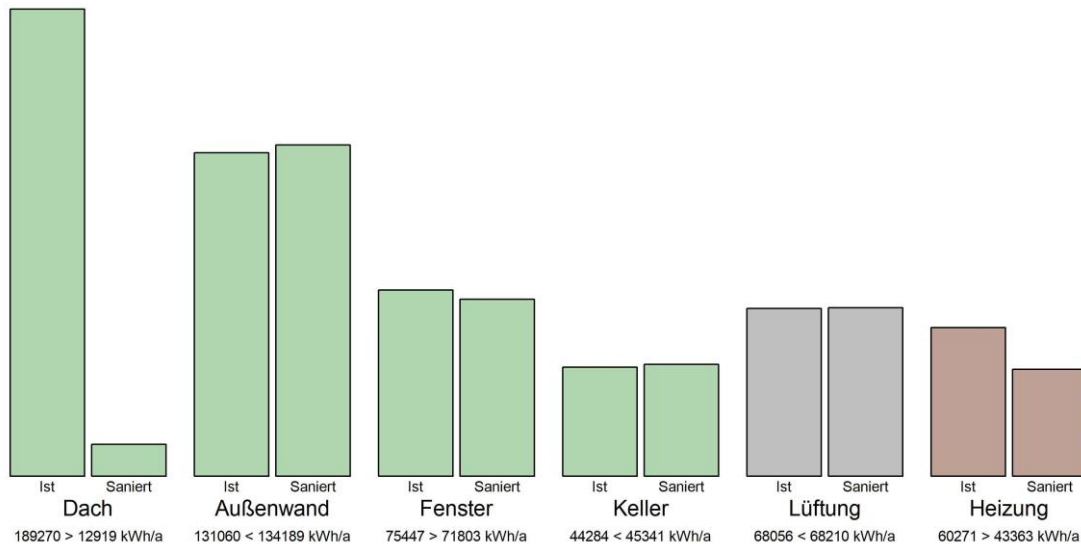
Info	Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen (z. B. Türen, Fenster, Dämmung Außenwände o. Dach).
Förderquote	20 %
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
Förderbetrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m^2 NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu 49.265 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **36 %**.

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

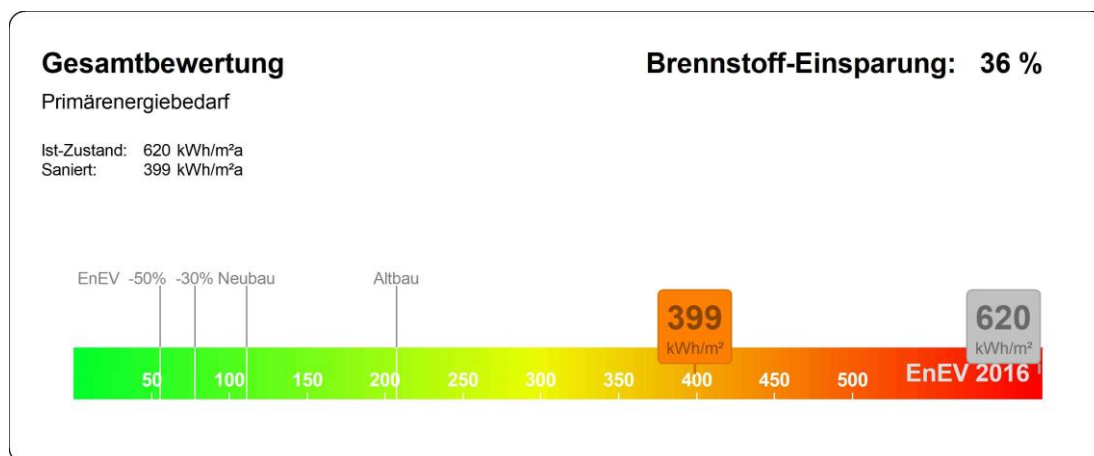


Der derzeitige Endenergiebedarf von 493.999 kWh/Jahr reduziert sich auf 315.821 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 178.178 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 72.719 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 **399 kWh/m²** pro Jahr.

Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 7 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	246.327 EUR
Mögliche Fördermittel	49.265 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	246.327 EUR

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

Tabelle 8 Einsparpotenzial, SV 1

	<i>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</i>	<i>Gesamtkosten [EUR]</i>
Kapitalkosten	10.257	307.710
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	26.249	787.470
Summe	36.506	1.095.180
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	41.561	1.246.830
Einsparung	5.055	151.650

Die Amortisationsdauer beträgt 21 Jahre.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	30.803	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	19.454	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	2,00	%
Interner Zinsfuß	4,27	%

4.3 V2: AUßENWANDDÄMMUNG

Die Außenwände des Gebäudes C befinden sich im Zustand des Baualters und werden in dieser Sanierungsvariante entsprechend der Anforderung des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2020) nachträglich durch eine Außendämmung gedämmt. Der zurzeit gültige U-Wert für Wandflächen beträgt $\leq 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$. In der Förderrichtlinie zur BEG wird ein U-Wert der nachträglich gedämmten Außenwände von $\leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ gefordert. In der Simulation wird ein U-Wert von $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ angenommen. Auf die wärmebrückenfreie Einbindung der Fenster ist zu achten. Die Umsetzbarkeit der Maßnahme sollte vor der Durchführung durch einen erfahrenen Bauphysiker geprüft und begleitet werden.

Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie beantragt werden.

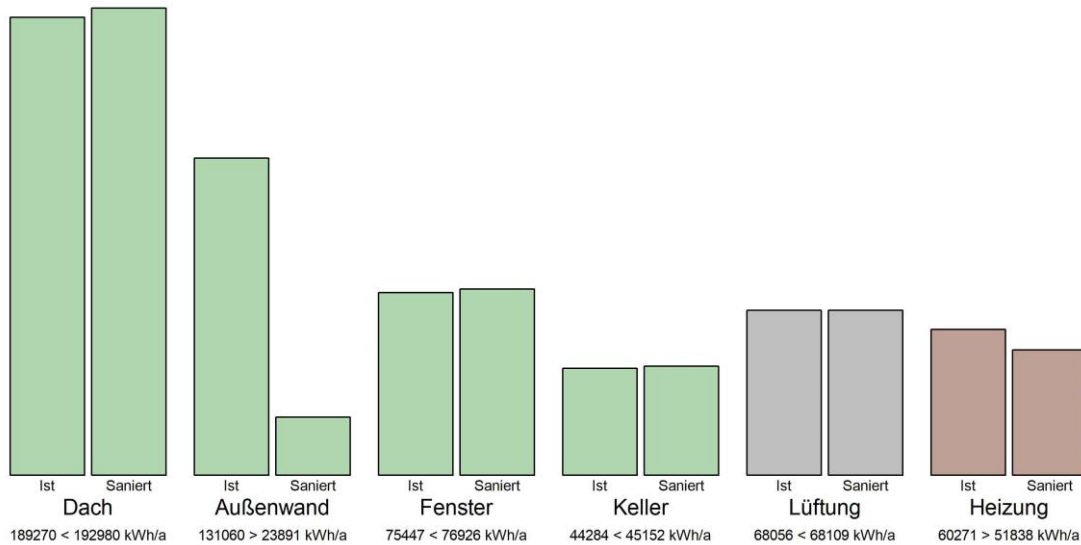
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

Info	Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen (z. B. Türen, Fenster, Dämmung Außenwände o. Dach).
Förderquote	20 %
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
Förderbetrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m^2 NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu 51.355 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **21 %**.

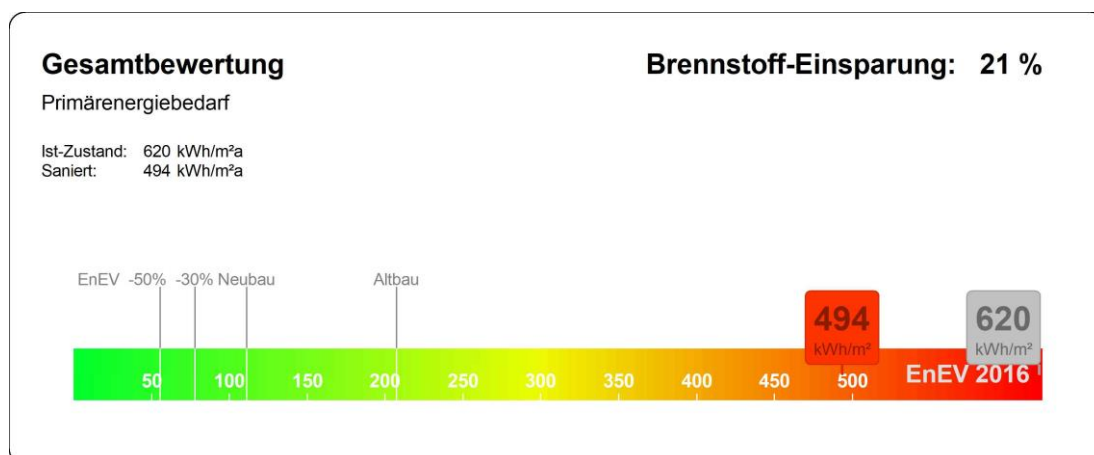


Der derzeitige Endenergiebedarf von 493.999 kWh/Jahr reduziert sich auf 392.028 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 101.970 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 41.631 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 **494 kWh/m²** pro Jahr.

Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 9 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	256.776 EUR
Mögliche Fördermittel	51.355 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	256.776 EUR

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

Tabelle 10 Einsparpotenzial, SV 2

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	10.692	320.760
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	32.803	984.090
Summe	43.495	1.304.850
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	41.561	1.246.830
Einsparung	-1.934	-58.020

Die Variante amortisiert sich im Betrachtungszeitraum nicht.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	30.803	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	24.312	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	2,00	%
Interner Zinsfuß	0,27	%

4.4 V3: FENSTERAUSTAUSCH

Die Fenster entsprechen noch dem Baualter und werden, in dieser Sanierungsvariante ausgetauscht. Der aktuelle U_w -Wert für Fenster beträgt $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$. Um die BEG Förderung zu beantragen, ist ein U_w -Wert von $\leq 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ für Fenster anzusetzen. Für die Berechnung wird eine 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit einem U_w -Wert von $0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ angenommen.

Achtung: Um Schimmelbildung im Bereich der Fensterlaibung zu vermeiden, ist darauf zu achten, dass der U-Wert der einzelnen Fenster nicht besser ist als das jeweilige Mauerwerk.

Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie beantragt werden.

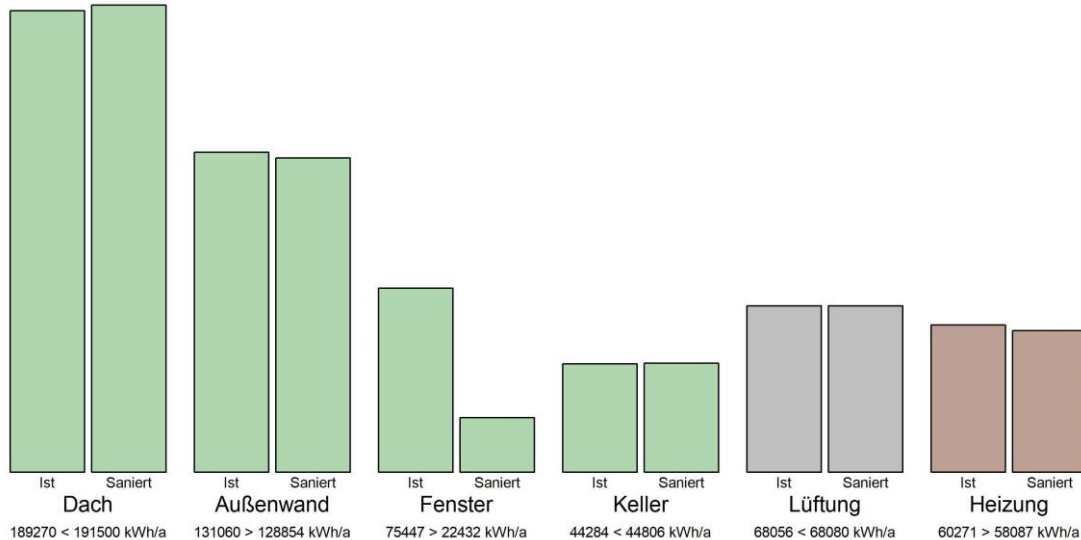
BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

Info	Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen (z. B. Türen, Fenster, Dämmung Außenwände o. Dach).
Förderquote	20 %
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
Förderbetrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m^2 NGF (max. 15 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu 33.019 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 3 -

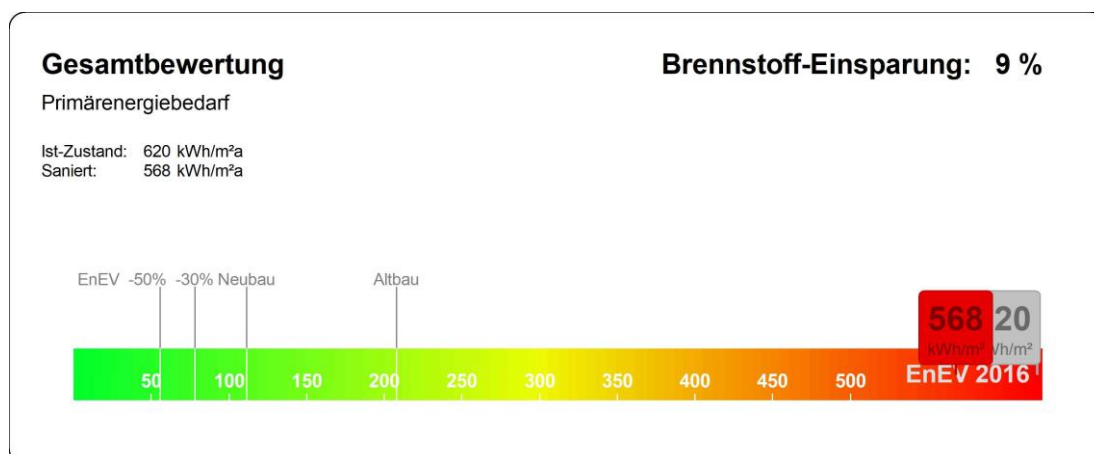
Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **9 %**. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 493.999 kWh/Jahr reduziert sich auf 451.761 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 42.238 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 17.165 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 **568 kWh/m²** pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 11 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	165.093 EUR
Mögliche Fördermittel	33.019 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	165.093 EUR

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

Tabelle 12 Einsparpotenzial, SV 3

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	6.874	206.220
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	37.904	1.137.120
Summe	44.778	1.343.340
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	41.561	1.246.830
Einsparung	-3.217	-96.510

Die Variante amortisiert sich im Betrachtungszeitraum nicht.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	30.803	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	28.092	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	2,00	%
Interner Zinsfuß	-	%

4.5 V4: LED-BELEUCHTUNG

In dieser Sanierungsvariante wird die vorhandene Beleuchtung in allen Zonen, außer der Lagerräume und der Sporthalle (Gymnastikhalle wird umgerüstet), durch hocheffiziente LED-Beleuchtung ersetzt.

Durch die Umstellung der Beleuchtungstechnik können der Bedarf an elektrischer Energie und damit auch die CO₂-Emissionen, welche durch die Beleuchtung verursacht werden, gesenkt werden.

Die Wärmeentwicklung von LED-Lampen fällt z. B. im Vergleich zur alten Glühlampe deutlich geringer aus. Bei einer LED-Beleuchtung werden etwa 40 % der eingesetzten Energie in sichtbares Licht umgewandelt und nur 60 % in Wärme. Aus diesem Grund steigt der Wärmebedarf des Gebäudes minimal an.

Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme können Fördermittel über die Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld (sog. „Kommunalrichtlinie“) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit beantragt werden. Um Fördermittel durch dieses Förderprogramm beantragen zu können, müssen durch den Austausch der Beleuchtung mind. 50 % der Treibhausgasemissionen eingespart werden. Die weiteren Mindestanforderungen der Förderrichtlinie sind zu beachten.

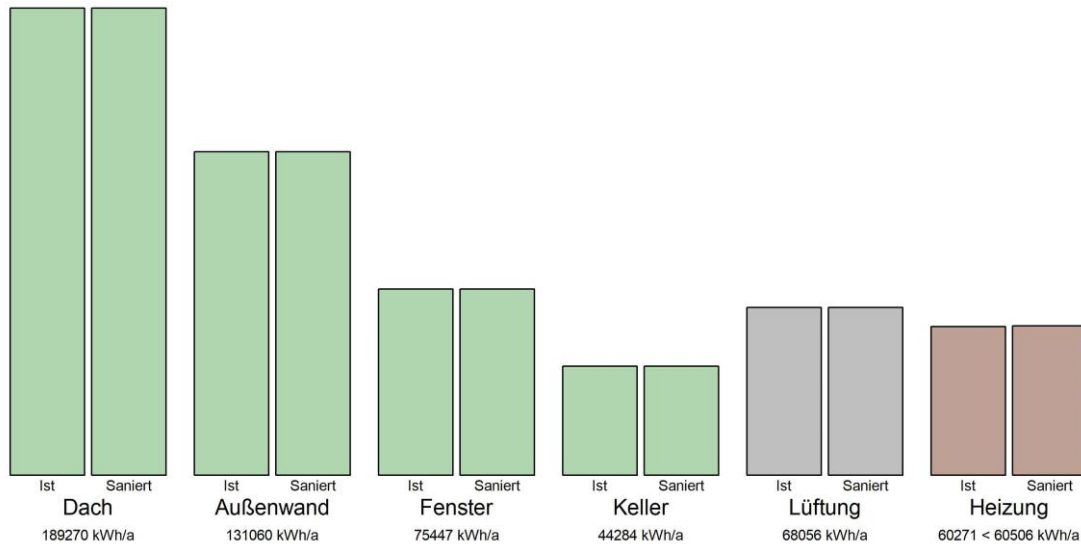
Sanierung von Innen- und Hallenbeleuchtung

Info	Gefördert wird die energieeffiziente Sanierung von Innen- und Hallenbeleuchtung
Bezuschusste Ausgaben	<ul style="list-style-type: none"> das komplette Leuchtensystem bestehend aus Leuchte, Leuchtmittel, Reflektor/Optik und Abdeckung, Steuer- und Regelungstechnik, die Anschaffung, Installation, Errichtung und Inbetriebnahme der förderfähigen Anlagenkomponenten samt erforderlichen Installationsmaterial, die Deinstallation und fachgerechten Entsorgung der zu ersetzenden Anlagekomponenten
Förderquote	<ul style="list-style-type: none"> 25 % der förderfähigen Gesamtausgaben Finanzschwache Kommunen und Antragstellende aus Braunkohlegebieten 40 %
Fristen	Kommunalrichtlinie gilt von 01.01.2022 bis zum 31.12.2027

Über das Förderprogramm der Kommunalrichtlinie kann ein Zuschuss von bis zu 17.668 € (40 % aufgrund Braunkohlegebiet) beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 4 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen **reduziert** sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes anschaulich **geringfügig**. Dies liegt daran, dass der Heizwärmebedarf aufgrund der geringeren Wärmeabgabe der LED-Beleuchtung steigt. Trotz der Zunahme des Wärmebedarfs wird dennoch Energie eingespart. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

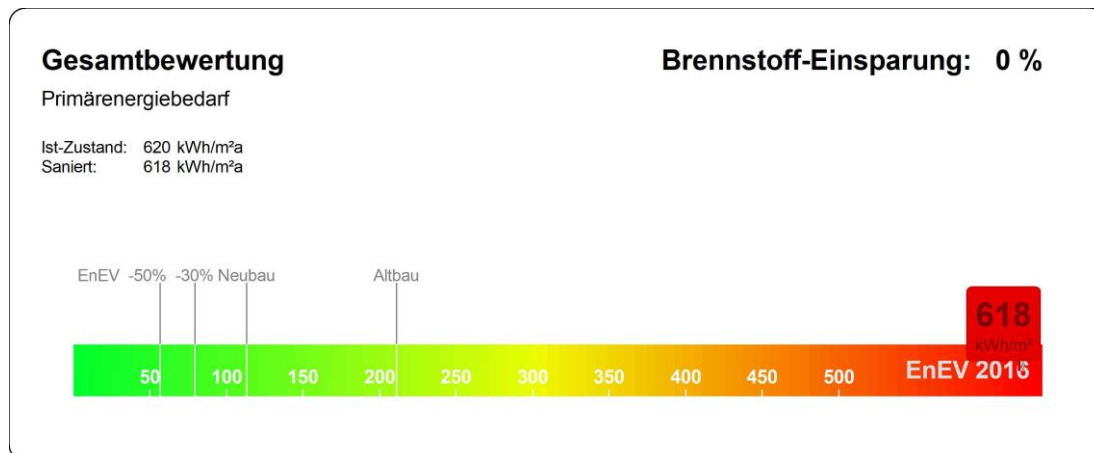


Der derzeitige Endenergiebedarf von 493.999 kWh/Jahr reduziert sich auf 493.219 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 779 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 988 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 **618 kWh/m²** pro Jahr.

Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4

Gesamtinvestitionen	44.170 EUR
Mögliche Fördermittel	17.668 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	44.170 EUR

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 20 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 4

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	2.573	51.460
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	37.962	759.240
Summe	40.535	810.700
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	37.798	755.960
Einsparung	-2.737	-54.740

Die Variante amortisiert sich im Betrachtungszeitraum nicht.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	20	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	30.803	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	30.937	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	2,00	%
Interner Zinsfuß	-	%

4.6 V5: PV-ANLAGE

Für eine PV-Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde im Rahmen der Gebäudesimulation die Turn- und Gymnastikhalle auf das PV-Dachflächenpotenzial untersucht. Aufgrund der Dachgröße und des Stromverbrauchs wurde eine PV-Anlage mit einer Generatorgröße von 10,8 kWp simuliert. Die PV-Module werden mit einer Süd-Ausrichtung auf der Dachfläche angebracht. Die Wirtschaftlichkeit einer PV-Anlage hängt im Wesentlichen vom Strombezugspreis, dem Anteil der Eigenstromnutzung und der Höhe der Einspeisevergütung ab.

Voraussetzung ist, dass das Dach zusätzliche Dachlasten aufnehmen kann (Prüfung durch Statiker erforderlich). Es ist vorteilhaft im Rahmen einer Dachsanierung die PV-Module auf das Dach anzubringen.

Zur Förderung von PV-Anlagen steht derzeit nur die Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen aus dem „Programm für Rationelle Energieverwendung, Regenerative Energien und Energiesparen“ (progres.nrw) – Programmbereich Klimaschutztechnik (Förderrichtlinie progres.nrw - Klimaschutztechnik) des Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie zur Verfügung. Hier ist die Förderung einer PV-Anlage zur Erzeugung von Energie für den Eigenverbrauch nur in Zusammenhang mit der Installation eines Batteriespeichers möglich. Beratungsleistungen zum PV-Ausbau (z. B. Machbarkeitsstudien und statische Voruntersuchungen) durch externe Berater sind ebenfalls förderfähig.

progres.nrw - Beratungsleistungen zum Photovoltaikausbau

Info	Gefördert werden Machbarkeitsstudien, Wirtschaftlichkeitsanalysen, Vorplanungsstudien und Voruntersuchungen der Statik und Standsicherheit zur Vorbereitung von investiven Maßnahmen zur Errichtung oder Erweiterung von Photovoltaikanlagen auf gewerblich genutzten Freiflächen oder Gebäuden, privaten Hochschulen, Forschungseinrichtungen und kommunalen Gebäuden.
Förderquote	Max. 90 % Max. 100 % (Finanzschwache Kommunen)
Fördersumme	Förderung der zuwendungsfähigen Ausgaben bis zu einer Förderhöchstgrenze von 40 000 €

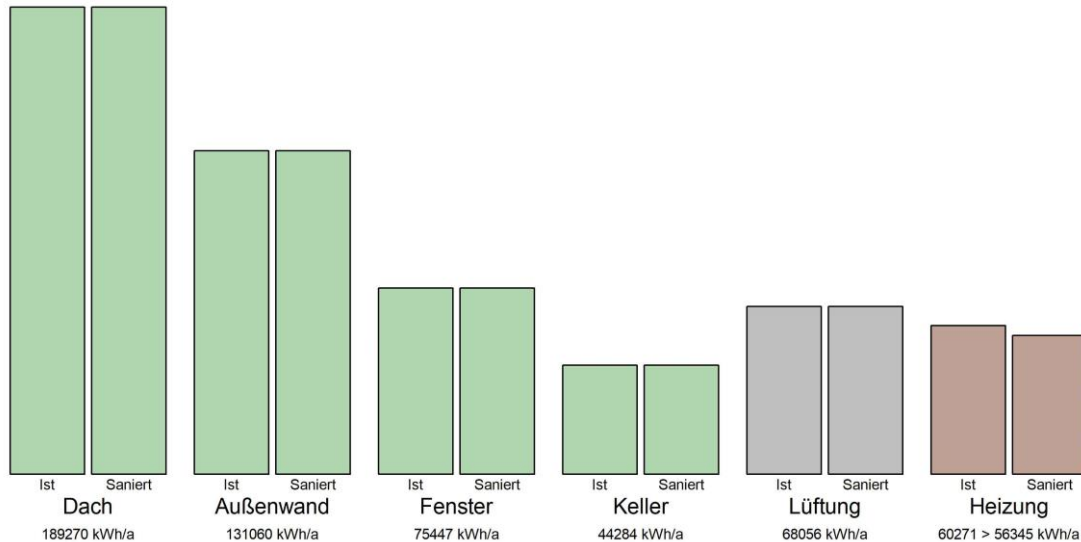
progres.nrw - Photovoltaik-Dachanlagen auf kommunalen Gebäuden zusammen mit einem Batteriespeicher

Info	Gefördert werden Systeme aus Photovoltaik-Dachanlagen und Batteriespeichern, die auf kommunalen Gebäuden elektrische Energie für den Eigenverbrauch erzeugen (Eigenbedarf). Die Gebäude dürfen nicht für wirtschaftliche Tätigkeiten im Sinne des europäischen Beihilferechts genutzt werden.
Förderquote	Max. 90 %
Fördersumme	Förderhöchstgrenze von 350 000 €

Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes **geringfügig**.

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

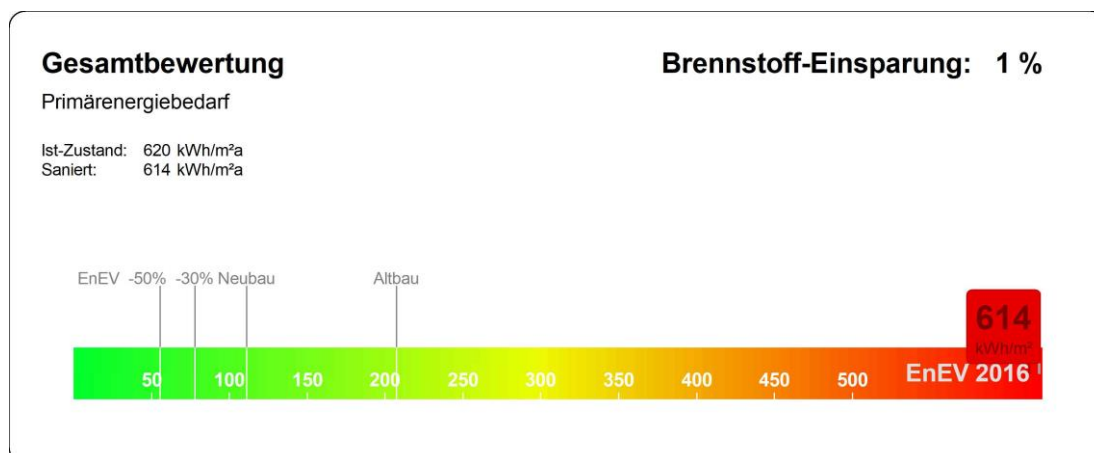


Der derzeitige Endenergiebedarf von 493.999 kWh/Jahr reduziert sich auf 490.073 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 3.926 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 2.485 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 **614 kWh/m²** pro Jahr.

Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von 6.986 €.

Daraus ergeben sich die folgenden über die Nutzungsdauer von 20 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben bzw. die folgenden im Nutzungszeitraum anfallenden Gesamtausgaben:

Tabelle 15 Einsparpotenzial, SV 5

	<i>mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]</i>	<i>Gesamtkosten [EUR]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	407	8.140
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	37.788	755.760
<i>Summe</i>	38.195	763.900
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	37.798	755.960
<i>Einsparung</i>	-397	-7.940

Die Variante amortisiert sich im Betrachtungszeitraum nicht.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

<i>Betrachtungszeitraum</i>	20	<i>Jahre</i>
<i>aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand</i>	30.803	<i>EUR/Jahr</i>
<i>aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand</i>	30.795	<i>EUR/Jahr</i>
<i>Kalkulationszinssatz</i>	1,50	%
<i>Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen</i>	3,50	%
<i>Teuerungsrate für Brennstoff</i>	2,00	%
<i>Interner Zinsfuß</i>	-	%

4.7 V6: MAßNAHMENKOMBINATION V1 – V3

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

V1 - Dachdämmung

V2 - Außenwanddämmung

V3 - Fensteraustausch

kombiniert. Ein Effizienzgebäude-Standard kann auch bei der gemeinsamen Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen nicht erreicht werden. Dennoch könnte durch die kombinierte Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen ein hohes Maß an Primärenergie und CO₂-Emissionen eingespart werden.

Für die beschriebenen Sanierungsvarianten können jeweils als Einzelmaßnahme Fördermittel aus der BEG EM bzw. über die sog. „Kommunalrichtlinie“ beantragt werden.

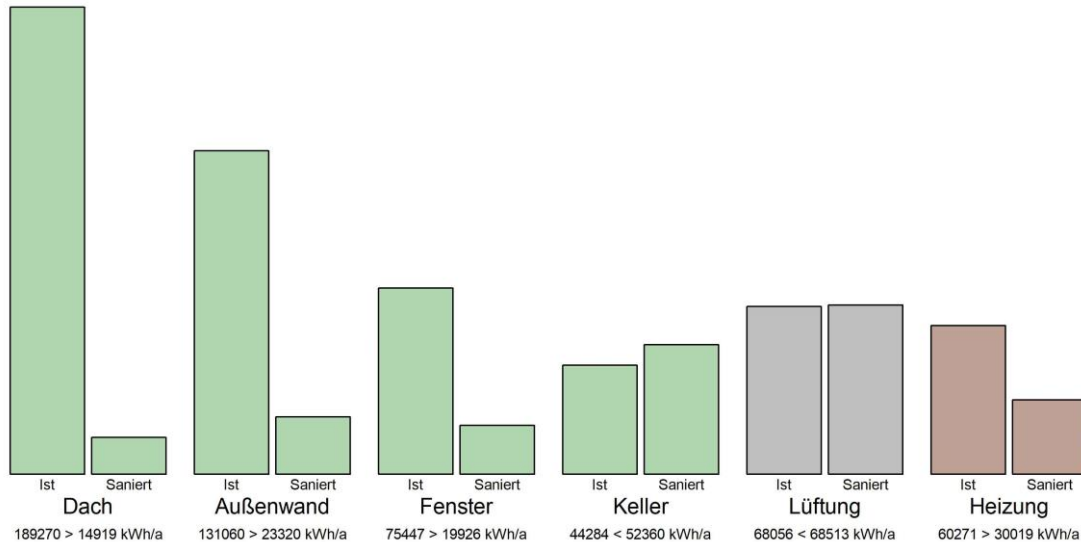
Tabelle 16 Fördermöglichkeiten

	<i>Sanierungsmaßnahme</i>	<i>Gesamtinves- titionskosten</i>	<i>Förderpro- gramm</i>	<i>Förder- quote</i>	<i>Mögliche För- dermittel</i>
Var. 1	Dachdämmung	246.327	BEG EM	20 %	49.265
Var. 2	Außenwanddämmung	256.776	BEG EM	20 %	51.355
Var. 3	Fensteraustausch	165.093	BEG EM	20 %	33.019
Summe		668.196			133.639

Energieeinsparung - Variante 6 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **65 %**.

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

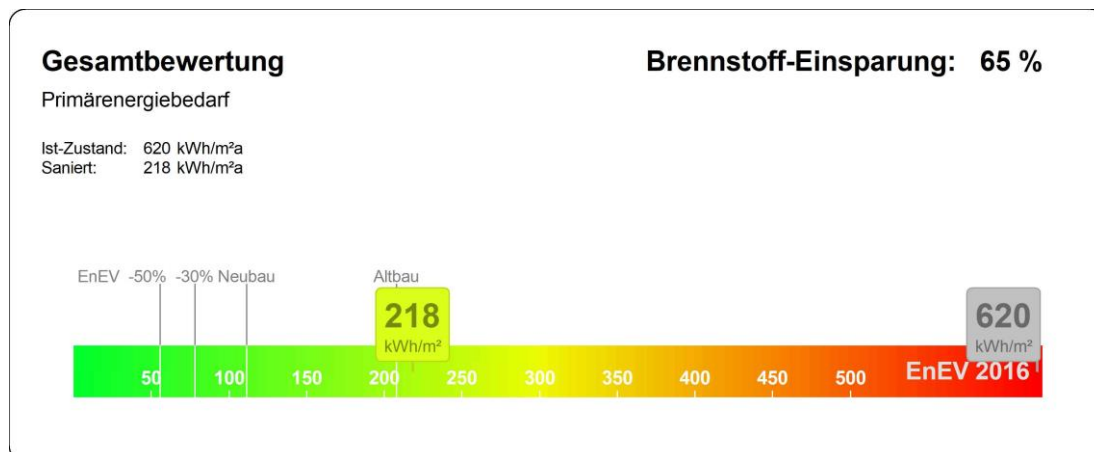


Der derzeitige Endenergiebedarf von 493.999 kWh/Jahr reduziert sich auf 170.488 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 323.511 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 131.976 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 **218 kWh/m²** pro Jahr.

Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 6 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 17 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 6

Gesamtinvestitionen	668.196 EUR
Mögliche Fördermittel	133.639 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	668.196 EUR

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

Tabelle 18 Einsparpotenzial, SV 6

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	27.823	834.690
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	0	0
Summe	27.823	834.690
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	41.561	1.246.830
Einsparung	13.738	412.140

Die Variante amortisiert sich im Betrachtungszeitraum nicht.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	30.803	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	0	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	2,00	%
Interner Zinsfuß	4,28	%

4.8 V7: MAßNAHMENKOMBINATION V1 – V5

In dieser Variante werden alle Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

V1 - Dachdämmung

V2 - Außenwanddämmung

V3 - Fensteraustausch

V4 - LED-Beleuchtung

V5 – PV-Anlage

kombiniert. Ein Effizienzgebäude-Standard kann auch bei der gemeinsamen Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen nicht erreicht werden. Dennoch könnte durch die kombinierte Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen ein hohes Maß an Primärenergie und CO₂-Emissionen eingespart werden.

Für die beschriebenen Sanierungsvarianten können jeweils als Einzelmaßnahme Fördermittel aus der BEG EM bzw. über die sog. „Kommunalrichtlinie“ beantragt werden.

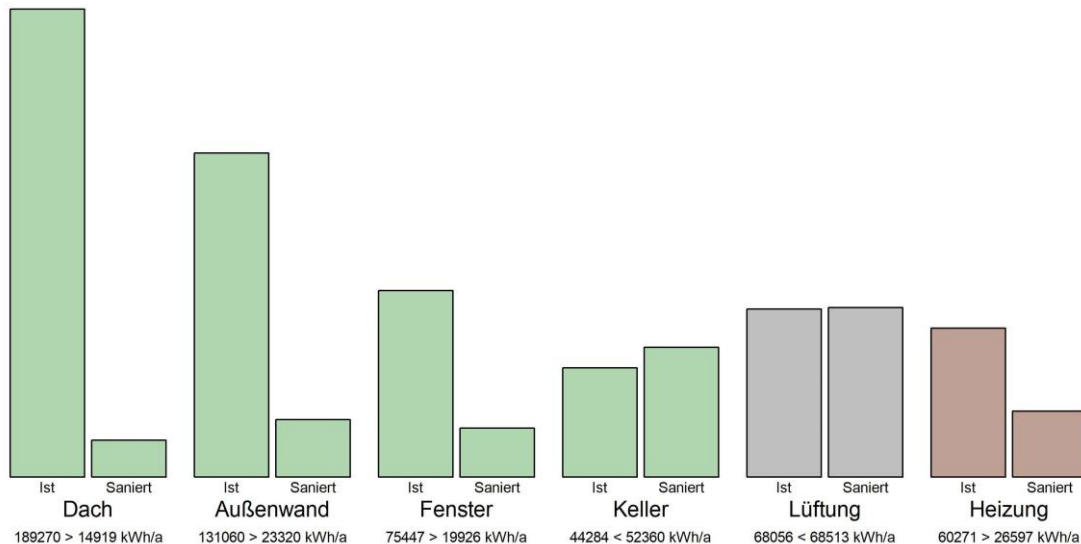
Tabelle 19 Fördermöglichkeiten

	<i>Sanierungsmaßnahme</i>	<i>Gesamtinves- titionskosten</i>	<i>Förderpro- gramm</i>	<i>Förder- quote</i>	<i>Mögliche För- dermittel</i>
Var. 1	Dachdämmung	246.327	BEG EM	20%	49.265
Var. 2	Außenwanddämmung	256.776	BEG EM	20%	51.355
Var. 3	Fensteraustausch	165.093	BEG EM	20%	33.019
Var. 4	LED-Beleuchtung	44.170	Kommunal- richtlinie	40%	17.668
Var. 5	PV-Anlage	6.986			
Summe		719.352			151.307

Energieeinsparung - Variante 7 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um **66 %**.

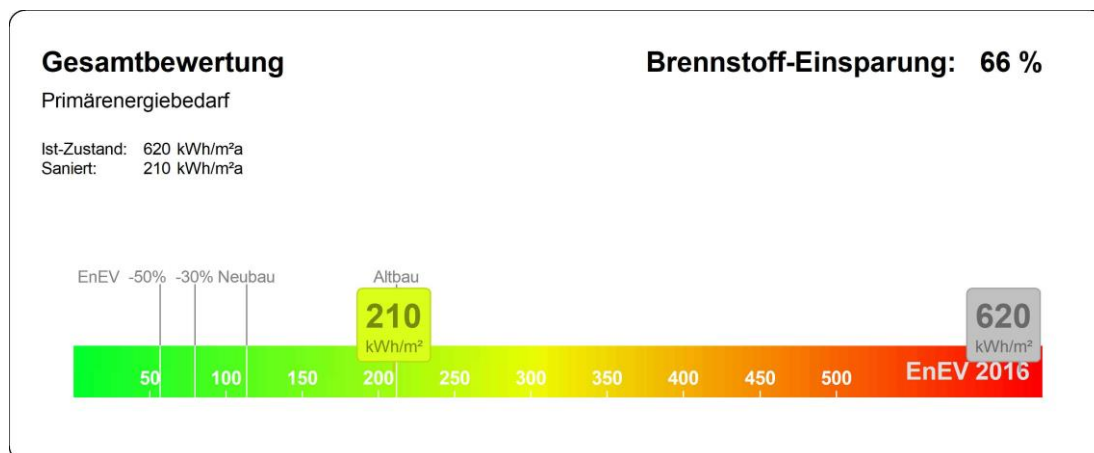
Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.



Der derzeitige Endenergiebedarf von 493.999 kWh/Jahr reduziert sich auf 166.525 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 327.474 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 135.156 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 **210 kWh/m²** pro Jahr. Der Primärenergiebedarf berücksichtigt auch die vorgelagerte Prozesskette für die Gewinnung, die Umwandlung und den Transport der eingesetzten Energieträger. Es ergibt sich die folgende Bewertung für das modernisierte Gebäude im Vergleich zum Ist-Zustand.



Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 7 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 20 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 7

Gesamtinvestitionen	719.352 EUR
Mögliche Fördermittel	151.307 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	719.352 EUR

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

Tabelle 21 Einsparpotenzial, SV 7

	mittlere jährl. Kosten [EUR/Jahr]	Gesamtkosten [EUR]
Kapitalkosten	31.644	949.320
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	13.977	419.310
Summe	45.621	1.368.630
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	41.561	1.246.830
Einsparung	-4.060	-121.800

Die Variante amortisiert sich im Betrachtungszeitraum nicht.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt:

Betrachtungszeitraum	20 bis 30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	30.803	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	10.359	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	1,50	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	2,00	%
Interner Zinsfuß	0,65	%

5 FAZIT

Die Stadt Erkelenz plant die energetische Sanierung des Bauteils F des Cusanus-Gymnasiums.

Im vorliegenden Beratungsbericht wurde zunächst eine Bestandsaufnahme des Gebäudes durchgeführt und der Ist-Zustand in Bezug auf die Gebäudehülle und die vorhandene Anlagentechnik simuliert sowie die aktuellen Energieverbräuche dargestellt.

Anschließend wurden, auf Grundlage der Ist-Analyse, verschiedene Sanierungsvarianten in Form der Einzelmaßnahmen SV 1 bis SV 5 vorgeschlagen. Die rechnerisch höchste, jährliche Einsparung an Endenergie (ca. 36 % im Vergleich zum Ist-Zustand) bzw. CO₂-Emissionen (ca. 36 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch die Dämmung der Dachflächen.

Durch eine Kombination der vorgeschlagenen Einzelmaßnahmen in der Maßnahmenkombination wären Einsparungen an Endenergie von ca. 66 % bzw. CO₂-Emissionen von ca. 66 % möglich. Ein Effizienzgebäude-Standard kann durch die Sanierung nicht erreicht werden, da das Bauteil F über die Heizungsanlage eines benachbarten Gebäudes versorgt wird. Diese befindet sich zwar auf dem aktuellen Stand der Technik, wird jedoch mit dem fossilen Energieträger Erdgas betrieben.

Hinsichtlich der gesteckten Klimaschutzziele wird die Umsetzung der Sanierungsvariante 7: Maßnahmenkombination empfohlen, da hierdurch die höchsten Energie- und CO₂-Einsparungen möglich sind. Die Umsetzung der gewählten Maßnahme(n) sollte durch einen erfahrenen Fachplaner begleitet werden.

Um die vollständige Fördersumme für Einzel- oder Gesamtsanierungen auszuschöpfen, sollten Fördermittel rechtzeitig beantragt und auf die Möglichkeit der Kombination mit weiteren Maßnahmen geprüft werden.

6 ANHANG

A.1 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 mithilfe 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 Allgemeinen der Eigentümer) geliefert und mit ihm

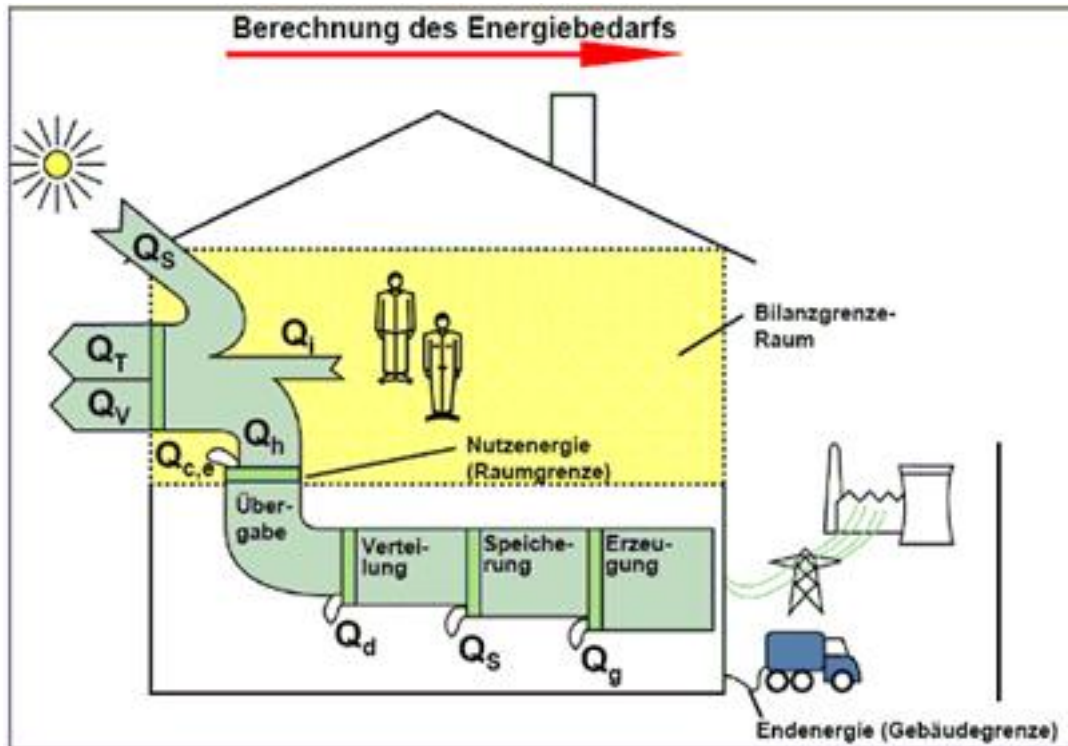


Abbildung 11 Primärenergie

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 (Leitungsverlust 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 anhand 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 Erd-

reich. 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 wird.