



BERATUNGSBERICHT
zur energetischen Betrachtung
von Nichtwohngebäuden

**FÜR DIE
„BAUTECHNIKHALLEN“ DER BERUFS-
BILDENDEN SCHULE TECHNIK IN
CLOPPENBURG**

Auftraggeber
Landkreis Cloppenburg
Eschstraße 29
49661 Cloppenburg

Greven, den 20. Dezember 2022

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



ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
TABELLENVERZEICHNIS	6
1 Einleitung	7
2 Zusammenfassung	8
2.1 ENDENERGIE- UND KOSTENEINSPARUNG.....	8
2.2 GESAMTEFFIZIENZ UND KLIMASCHUTZ	11
2.3 INVESTITIONSKOSTEN	13
2.4 ZUSAMMENFASSUNG SANIERUNGSVARIANTEN.....	14
3 Ausgangssituation.....	15
3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES.....	15
3.2 FOTODOKUMENTATION	16
3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG	18
3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN	20
3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft.....	20
3.4.2 Energieverbrauchskennwerte.....	22
3.5 WÄRMETECHNISCHE EINSTUFUNG DER GEBÄUDEHÜLLE	23
3.6 WÄRMEBRÜCKEN.....	24
3.7 ANLAGENTECHNIK.....	25
3.7.1 Heizungsanlage.....	25
3.7.2 Warmwasserversorgung.....	25
3.7.3 Beleuchtung	25
3.7.4 Lüftungstechnik.....	25
3.7.5 Photovoltaik-Anlage	25
3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG.....	26
3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes	26
3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand	27
3.8.3 Energiekosten	30
3.8.4 Preissteigerung durch CO ₂ -Steuer	30
3.9 PREISERMITTLUNG FÜR DIE SANIERUNGSKOSTEN	31
4 Sanierungsvarianten.....	32
4.1 ÜBERSICHT SANIERUNGSVARIANTEN	32

4.2	SV 1: SOLE-WASSER-WÄRMEPUMPE	32
4.3	SV 2: LED-BELEUCHTUNG	37
4.4	SV 3: AUSTAUSCH DER SEKTIONALTORE.....	40
4.5	SV 4: FENSTER- UND AUßENTÜRENTAUSCH	44
4.6	SV 5: MAßNAHMENKOMBINATION	48
4.7	EFFIZIENZGEBÄUDEBETRACHTUNG.....	52
5	Fazit	53
6	Anhang.....	54
A.1	GLOSSAR	54

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Luftbild.....	16
Abbildung 2 Außenansicht, Nordwestfassade.....	16
Abbildung 3 Außenansicht, Nordwestfassade.....	16
Abbildung 4 Außenansicht Südostfassade	16
Abbildung 5 Außenansicht Südwestfassade	16
Abbildung 6 Außenansicht Nordostfassade.....	16
Abbildung 7 Deckenstrahler.....	16
Abbildung 8 Baulabor.....	17
Abbildung 9 Bauhallen/Werkstatt.....	17
Abbildung 10 Oberlichter in Bauhallen	17
Abbildung 11 Technikraum.....	17
Abbildung 12 Gas-Brennwertkessel	17
Abbildung 13 Heizungspumpe.....	17
Abbildung 14 3D-Ansicht der BBS Bautechnikhallen (Simulation).....	18
Abbildung 15 3D-Ansicht der BBS Bautechnikhallen, zониert (Simulation).....	18
Abbildung 16 Nutzungszonen nach DIN V 18599	19
Abbildung 17 Grundriss Erdgeschoss, zониert	20
Abbildung 18 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung.....	22
Abbildung 19 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte	24
Abbildung 20 Aufteilung der Transmissions-, Lüftungs- und Anlagenverluste.....	29
Abbildung 21 Energiebilanz des Gebäudes	21
Abbildung 22 Gesamtbewertung des Gebäudes.....	30
Abbildung 23 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Gebäudes	30
Abbildung 24 Heizungsanlage.....	33
Abbildung 25 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 1	36
Abbildung 26 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1	36
Abbildung 27 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2	40
Abbildung 28 Sektionaltore in Bauhallen.....	41
Abbildung 29 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3	42
Abbildung 30 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2	43
Abbildung 31 Zweifach verglaste Fensterfassade von Bauhallen	45
Abbildung 32 Zweifach verglaste Fensterfassade von Eingangshalle und Oberlichter	45
Abbildung 33 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 4	46

Abbildung 34 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4	47
Abbildung 35 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 5	50
Abbildung 36 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5	51
Abbildung 37 Primärenergie.....	56

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Allgemeine Daten.....	17
Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung.....	20
Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch	212
Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte.....	23
Tabelle 5 Gebäudekennwerte	25
Tabelle 6 Energiebedarfskennwerte nach DIN V 18599.....	27
Tabelle 7 Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung	27
Tabelle 8 Darstellung der jährlichen Verluste.....	28
Tabelle 9 Bezugskosten nach Energieträger	31
Tabelle 10 Bezugskosten nach Energieträger (Stand: 17.08.2022).....	31
Tabelle 11 Globale Daten zur Ökonomie.....	31
Tabelle 12 Kostenannahmen Heizungstausch.....	34
Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1	37
Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 1	37
Tabelle 15 Kostenannahmen Beleuchtungstausch	38
Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2	40
Tabelle 17 Einsparpotenzial, SV 2	40
Tabelle 18 Kostenannahmen Heizungstausch.....	41
Tabelle 19 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3	43
Tabelle 20 Einsparpotenzial, SV 3	44
Tabelle 21 Kostenannahmen Fenster- und Außentürentausch	45
Tabelle 22 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4	47
Tabelle 23 Einsparpotenzial, SV 4	48
Tabelle 24 Fördermittel nach BEG EM für NWG, Gesamtübersicht.....	49
Tabelle 25 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5	51
Tabelle 26 Einsparpotenzial, SV 5	52
Tabelle 27 Parameter für Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	52

1 EINLEITUNG

Der vorliegende Energieberatungsbericht für die Bautechnikhallen der berufsbildenden Schule Technik des Landkreis Cloppenburg 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 den Landkreis Cloppenburg erstellt.

Hierzu erfolgte eine Datenerhebung am Bestandsgebäude vor Ort und nach Plan. Die Bedarfsberechnung wurde in Anlehnung an die DIN V 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). Die Kreisverwaltung Cloppenburg strebt an, bis zum Jahr 2035 treibhausgasneutral zu werden.

Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen sowie anhand der verfügbaren Daten erstellt. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleiben in der Verantwortung der Durchführungsbeteiligten. 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 „ETU-Planer“ der Version 4.2.1.22(22) 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.

Ist-Zustand

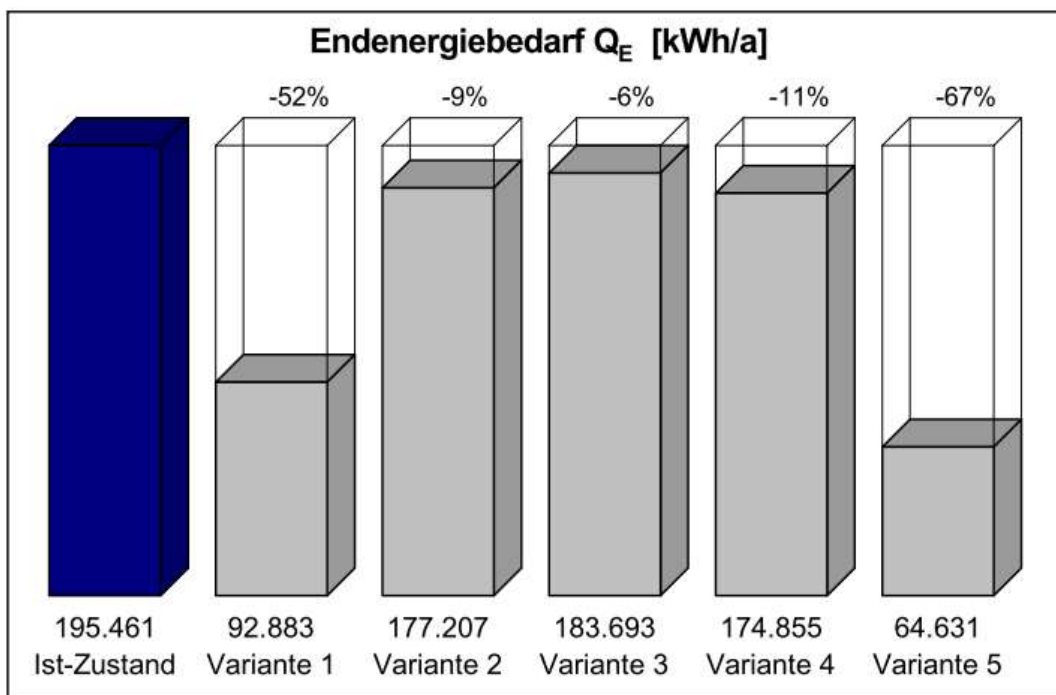
Var.1 – Sole-Wasser-Wärmepumpe

Var.2 – LED-Beleuchtung

Var.3 – Austausch der Sektionaltore

Var.4 – Fenster- und Außentürentausch

Var.5 – Maßnahmenkombination



Wie in Kap. 3.8.3 beschrieben wird, werden die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen unter zwei verschiedenen Annahmen durchgeführt. Die entsprechenden Brennstoffkosten sind für beide Annahmen nachfolgend dargestellt.

Ist-Zustand

Var.1 – Sole-Wasser-Wärmepumpe

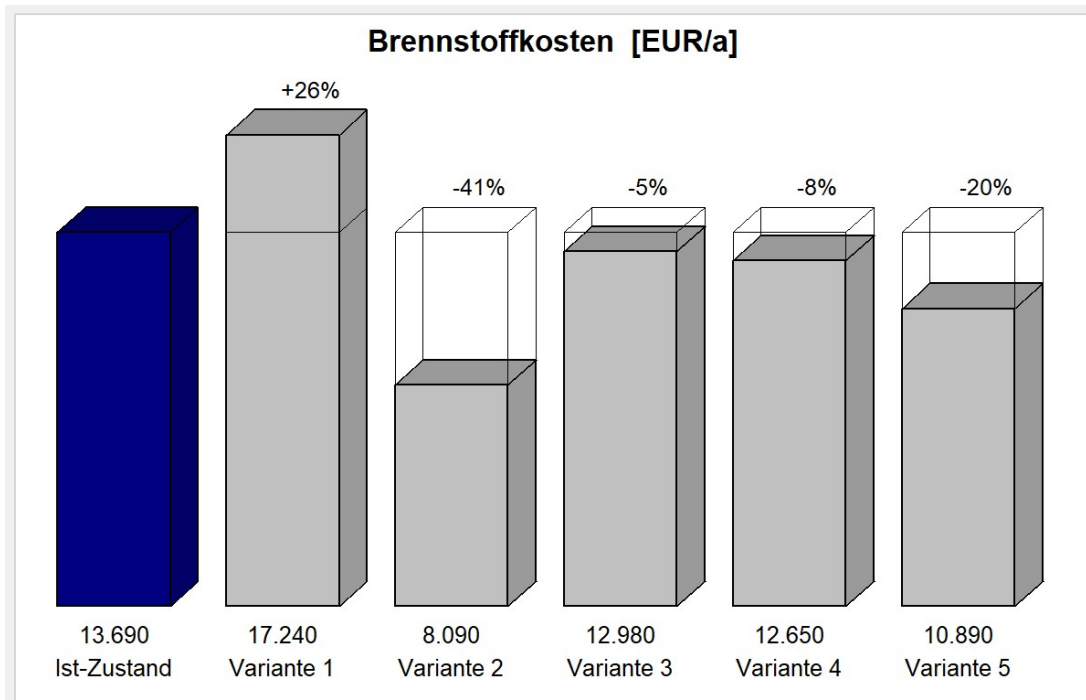
Var.2 – LED-Beleuchtung

Var.3 – Austausch der Sektionaltore

Var.4 – Fenster- und Außentürentausch

Var.5 – Maßnahmenkombination

Brennstoffkosten nach alten Preisen:



Ist-Zustand

Var.1 – Sole-Wasser-Wärmepumpe

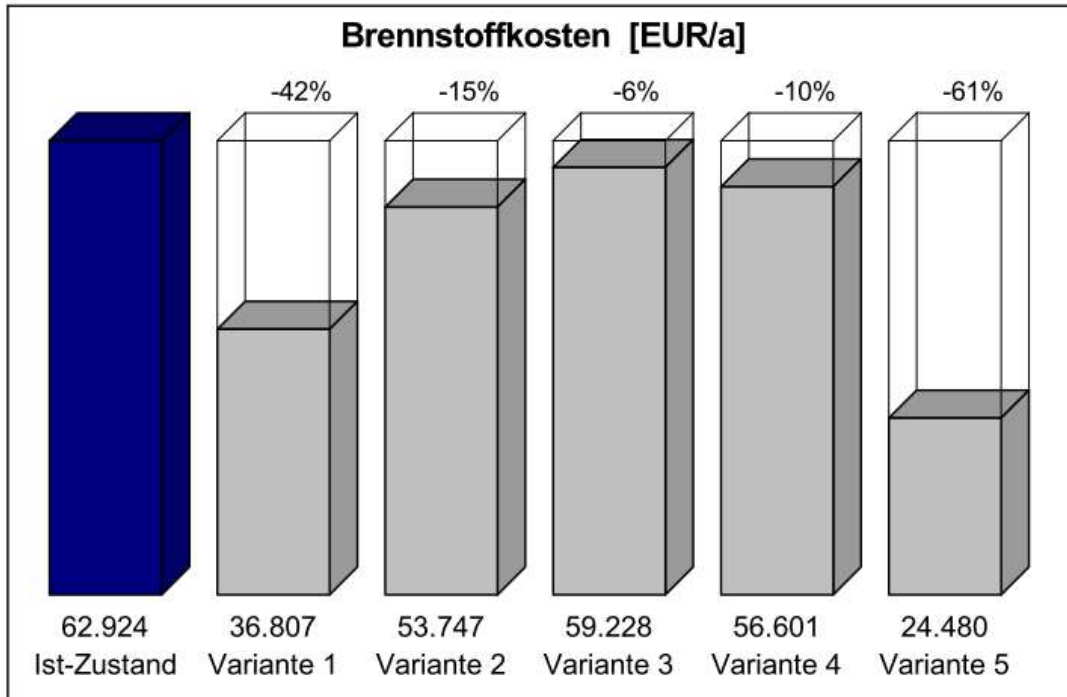
Var.2 – LED-Beleuchtung

Var.3 – Austausch der Sektionaltore

Var.4 – Fenster- und Außentürentausch

Var.5 – Maßnahmenkombination

Brennstoffkosten nach neuen Preisen:



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.

Ist-Zustand

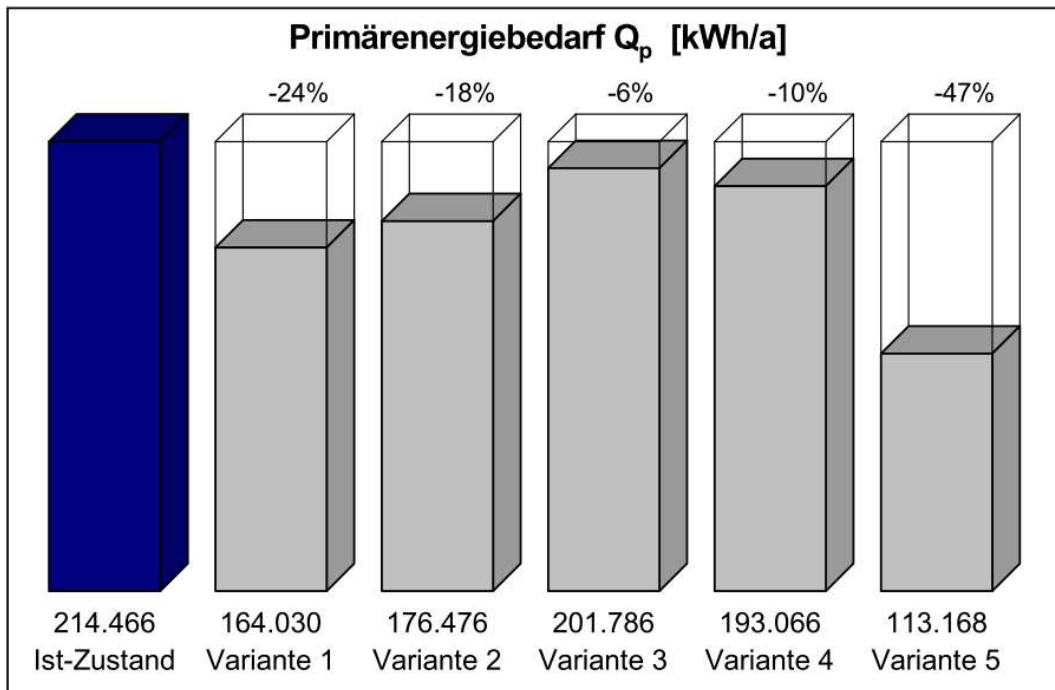
Var.1 – Sole-Wasser-Wärmepumpe

Var.2 – LED-Beleuchtung

Var.3 – Austausch der Sektionaltore

Var.4 – Fenster- und Außentürentausch

Var.5 – Maßnahmenkombination



Die CO₂-Emissionen werden mithilfe der Emissionsfaktoren aus dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) Anlage 9 bzw. den vom Landkreis Cloppenburg angegebenen Emissionsfaktoren berechnet. Die Emissionsfaktoren werden dabei mit dem heizwertbezogenen Endenergiebedarf multipliziert. Der berechnete, auf den Brennwert (bei fossilen Energieträgern) bezogene Endenergiebedarf muss hierfür zunächst auf den Heizwert umgerechnet werden.

Ist-Zustand

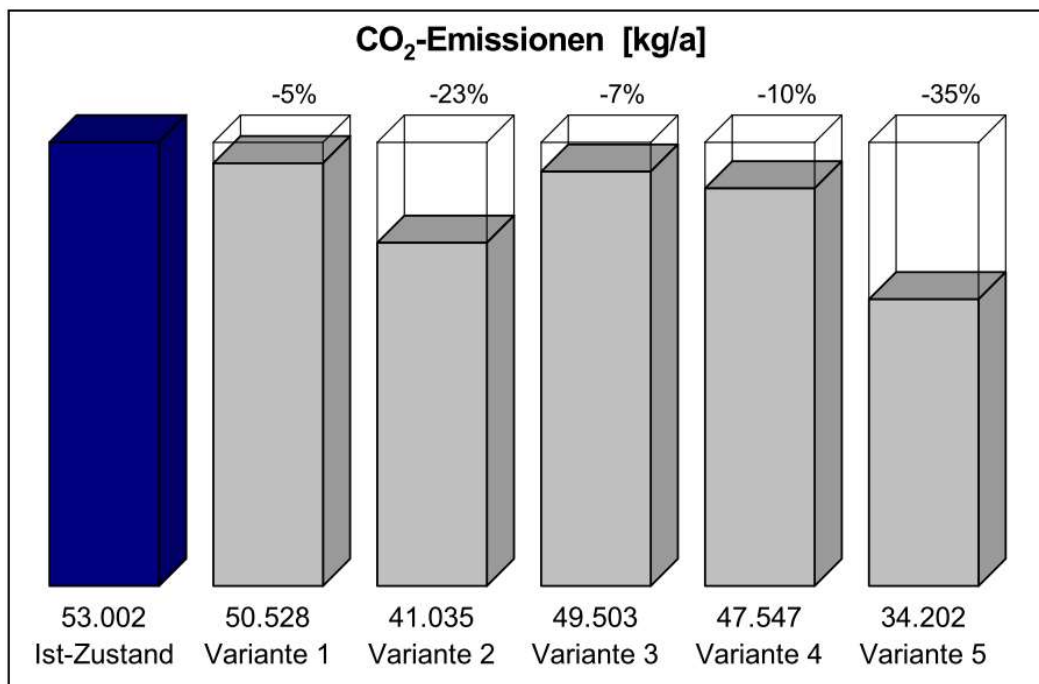
Var.1 – Sole-Wasser-Wärmepumpe

Var.2 – LED-Beleuchtung

Var.3 – Austausch der Sektionaltore

Var.4 – Fenster- und Außentürentausch

Var.5 – Maßnahmenkombination



2.3 INVESTITIONSKOSTEN

In der nachfolgenden Abbildung sind die Investitionskosten der einzelnen Sanierungsvarianten aufgeführt. In den Kapiteln der jeweiligen Sanierungsvarianten werden die betrachteten Leistungen und Kosten genauer aufgeführt.

Ist-Zustand

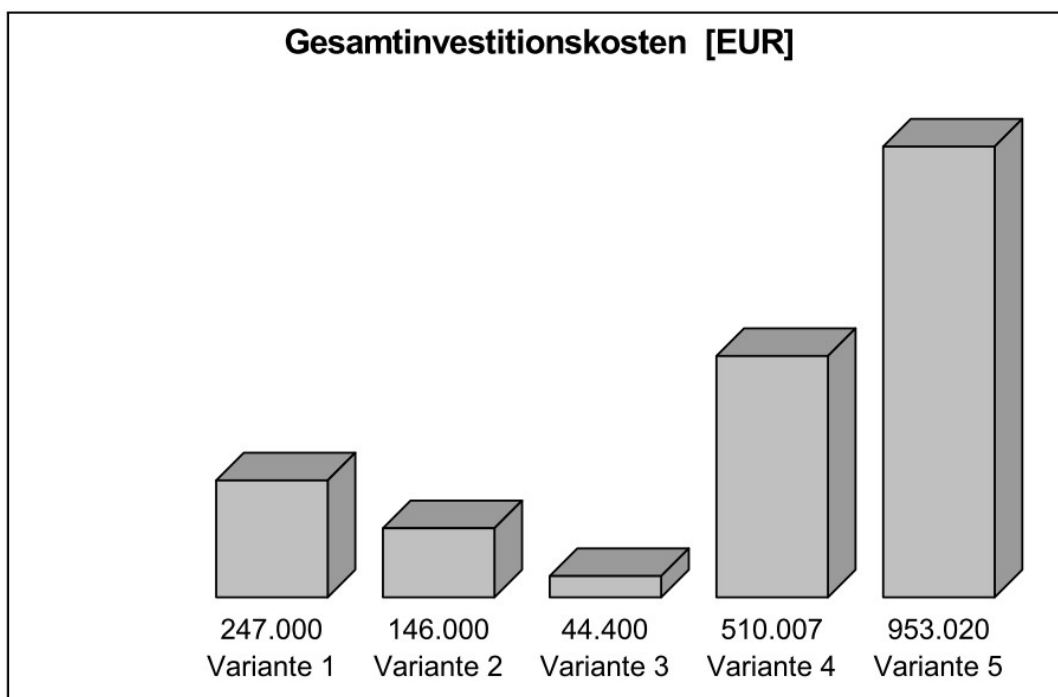
Var.1 – Sole-Wasser-Wärmepumpe

Var.2 – LED-Beleuchtung

Var.3 – Austausch der Sektionaltore

Var.4 – Fenster- und Außentürentausch

Var.5 – Maßnahmenkombination



2.4 ZUSAMMENFASSUNG SANIERUNGSVARIANTEN

Wie in Kapitel 2.1 und in Kapitel 3.8.3 beschrieben wird, werden die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen unter zwei verschiedenen Annahmen durchgeführt. Die folgende Tabelle bezieht sich auf die neuen Brennstoffpreise.

	Investitions- kosten [€]	Amortisati- onszeit [a]	Energiekos- ten [€]	Endenergie- bedarf [kWh/a]	Primärener- giebedarf [kWh/a]	CO ₂ -Emissio- nen [kg CO ₂ /a]	Energiekos- tenersparnis [€]	Endenergie- einsparung [kWh/a]	Primärener- gieeinspa- rung [kWh/a]	CO ₂ -Vermei- dung [kg CO ₂ /a]
Ist-Zustand			62.924	195.461	214.466	53.002				
Sole-Wasser- Wärme- pumpe	247.000	10	36.807	92.883	164.030	50.528	26.117	102.578	50.436	2.474
LED-Be- leuchtung	146.000	18	53.747	177.207	174.485	41.035	9.177	18.254	39.981	11.967
Austausch der Sektio- naltore	44.400	23	59.228	183.693	204.954	49.503	3.696	11.768	9.512	3.499
Fenster- und Außentüren- tausch	510.007	25	56.601	174.855	196.234	47.547	6.323	20.606	18.232	5.455
Maßnah- menkombi- nation	953.020	29	24.480	64.631	116.336	35.202	38.444	130.830	98.130	17.800

3 AUSGANGSSITUATION

3.1 BESCHREIBUNG DES GEBÄUDES



Abbildung 1: Luftbild des zu bewertenden Gebäudes (rot markiert), Quelle: Microsoft Bing/Maps

Die Bautechnikhallen der BBS Technik liegen am Lankumer Feldweg 31, 49661 Cloppenburg (vgl. Abbildung 1). Das eingeschossige Schul- und Werkstattgebäude wurde im Jahr 2009 errichtet. Das Gebäude wurde als Massivbau errichtet und besitzt keinen Keller. Die Außenfassade besteht überwiegend aus roten Klinkern und ist dem Baujahr entsprechend gedämmt. Die Bauhallen (Werkstätten) weisen große Fensterflächen mit elektronisch steuerbaren Toren auf. Das Baulabor und die Bauhallen verfügen über flach geneigte Pultdächer, welche den mittleren Erschließungskern umschließen und ebenfalls dem Baujahr entsprechend gedämmt sind. Vor den Bauhallen befinden sich befestigte Flächen als Bauhöfe bzw. Flächen für Arbeiten im Außenbereich.

Es sind größtenteils stabförmige Leuchtstofflampen mit konventionellen Vorschaltgeräten vorhanden.

Das Gebäude wird über einen Gas-Brennwertkessel mit Wärme versorgt. Dieser weist eine maximale Leistung von etwa 180 kW auf. Die Leitungen sind entsprechend der zum Bauzeitpunkt gültigen EnEV gedämmt. Zur Warmwasserversorgung dient ein Warmwasserspeicher mit einem Volumen von 500 Litern. Die Trinkwassererwärmung erfolgt über die Heizungsanlage.

Auf dem Dach ist bereits eine PV-Anlage mit etwa 21 kWp und einer Fläche von 150 m² montiert.

Tabelle 1 Allgemeine Daten

Name/Bezeichnung	1.1.14 BBS Technik, Bautechnikhallen_H	
Gebäudetyp	Nichtwohngebäude	
Straße, Hausnr.	Lankumer Feldweg 31	
PLZ, Ort	49661 Cloppenburg	
Baujahr	2009	
Nutzung	Berufsbildende Schule (Technik)	
Beheiztes Gebäudevolumen V		11634,7 m ³
Nettogrundfläche A _{NGF}		2113,0 m ²
Thermische Hüllfläche		6004,2 m ²
Mittlere Geschosshöhe	5,5 m (Bauhallen) 3,0 m (Gebäudemittelteil)	

Anmerkung: Flächen- und Volumenangaben beziehen sich lediglich auf thermisch konditionierte Zonen. Ist-Zustand entsprechend den Angaben und Planunterlagen des Landkreises Cloppenburg.

3.2 FOTODOKUMENTATION

Die folgenden Abbildungen (Abbildung 2 bis 13) geben einen Eindruck von dem betrachteten Schul- und Werkstattgebäude.



Abbildung 2 Außenansicht Nordwestfassade Baulabor



Abbildung 3 Außenansicht, Nordwestfassade Bauhallen



Abbildung 4 Außenansicht Südostfassade Bauhallen



Abbildung 5 Außenansicht Südwestfassade



Abbildung 6 Außenansicht Nordostfassade Bauhallen



Abbildung 7 Deckenstrahler in Bauhallen



Abbildung 8 Baulabor

Abbildung 9 Bauhallen/Werkstätten

Abbildung 10 Oberlichter in Bauhallen



Abbildung 11 Technikraum

Abbildung 12 Gas-Brennwertkessel

Abbildung 13 Heizungspumpe und Warmwasserspeicher

3.3 ZONIERUNG UND KONDITIONIERUNG

Die folgende Abbildung 14 zeigt das simulierte Gebäude in einer 3D-Ansicht. In Abbildung ist zudem die Zonierung des Gebäudes sichtbar, welche für die Erstellung der Energiebilanz nach DIN V 18599 gewählt wurde.

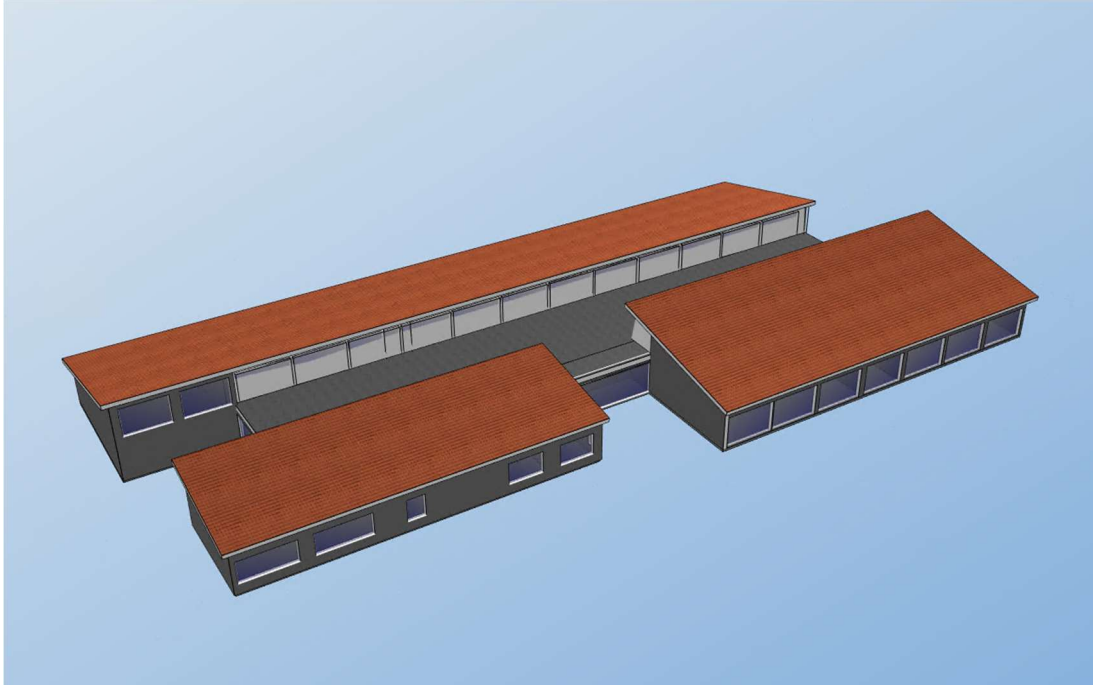


Abbildung 14 3D-Ansicht der BBS Technik Bautechnikhallen (Simulation)

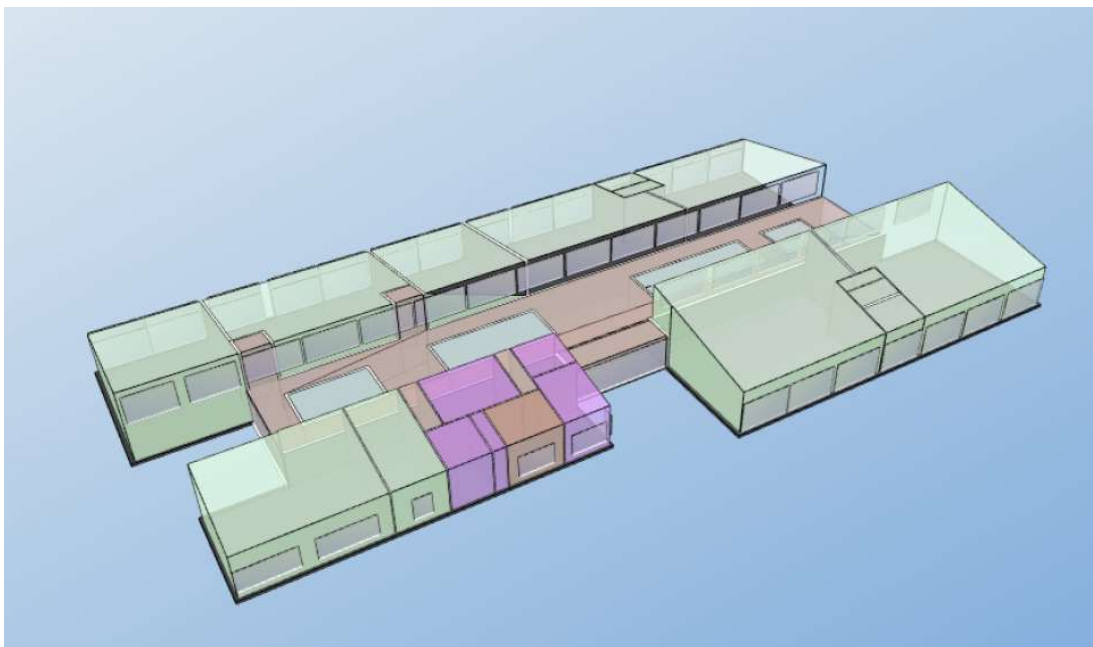


Abbildung 15 3D-Ansicht der BBS Technik Bautechnikhallen, zoniert (Simulation)

Die gewählten Nutzungsprofile sowie die Art der Konditionierung und die Größe der einzelnen Zonen können der *Tabelle 2* und der *Abbildung 15* entnommen werden.

Tabelle 2 Zonierung und Konditionierung

Zone	Konditionierung			Größe [m ²]	Anteilige Größe der Zone [%]
	Nutzungsprofil Nr.	Thermische Konditionierung	Beleuchtung		
Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)	8	beheizt	Leuchtstofflampen, KVG	139	6,6
Bauhallen	8	beheizt	Leuchtstofflampen, KVG	1328	62,9
WC und Sanitärräume in NWG	16	beheizt	Leuchtstofflampen, KVG, LED	134	6,3
Lager, Technik	20	unbeheizt	Leuchtstofflampen, KVG, LED	85	4,0
Sonstige Aufenthaltsräume	17	beheizt	Leuchtstofflampen, KVG, LED	19	0,9
Nebenflächen ohne Aufenthaltsräume	18	beheizt	Leuchtstofflampen, KVG	408	19,3
Summe				2.113	100

Die Zonierung im Grundriss sowie die Legende, der die Farbgebung der Zonen zu entnehmen ist, sind in den *Abbildungen 16 bis 17* dargestellt.

Zonen nach DIN V 18599	
■	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden
■	Klassenzimmer (Schule). Gruppenraum (Kindergarten)
■	Bauhallen
■	Lager
■	Sonstige Aufenthaltsräume
■	Nebenflächen ohne Aufenthaltsräume

Abbildung 16 Nutzungszonen nach DIN V 18599

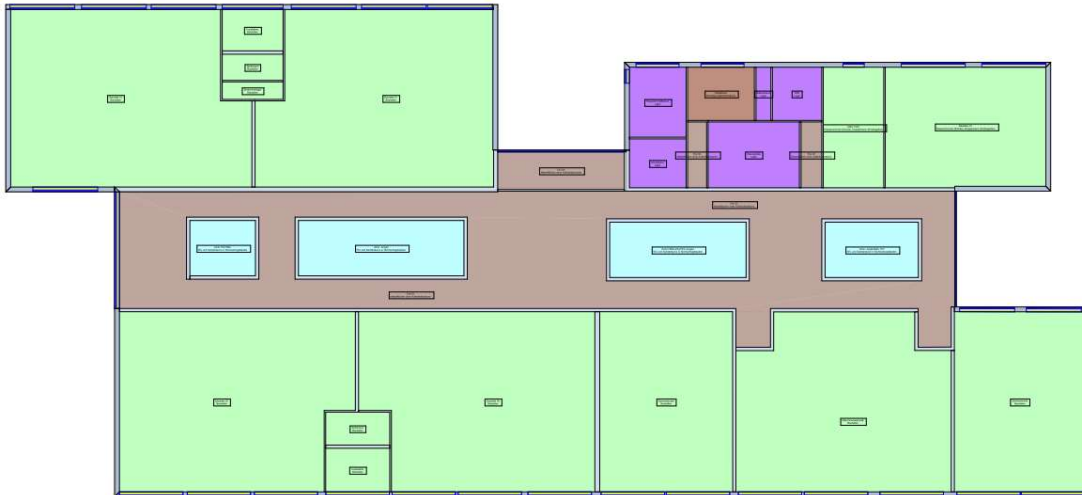


Abbildung 17 Grundriss Erdgeschoss, zoniert

3.4 TATSÄCHLICHER VERBRAUCH UND EMISSIONEN

3.4.1 Energieverbräuche der Liegenschaft

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.

In der nachfolgenden

Tabelle 3 sind die Verbrauchsdaten von Strom, Gas (witterungsbereinigt) und Wasser der Jahre 2014 bis 2018 für die gesamte Liegenschaft dargestellt. Informationen zu den Verbräuchen für die Jahre 2019 bis 2022 lagen zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Berichtes nicht vor.

Tabelle 3 Energieverbrauch der Liegenschaft nach Energieart einschließlich Wasserverbrauch

Jahr	2014	2015	2016	2017	2018	Mittelwert
Heizung (Gas) [kWh/a]	163.019	155.842	146.118	143.032	140.200	149.642
Strom [kWh/a]	16.894	14.458	14.802	13.432	14.190	14.755
Gesamtenergieverbrauch [kWh/a]	179.913	170.300	160.920	156.464	154.390	164.397
Wasser [m ³ /a]	108	139	115	146	132	128

Die Entwicklung des Energieverbrauchs der Liegenschaft über den zu Verfügung stehenden Zeitraum von 2014 bis 2018 ist in Abbildung 18 grafisch dargestellt.

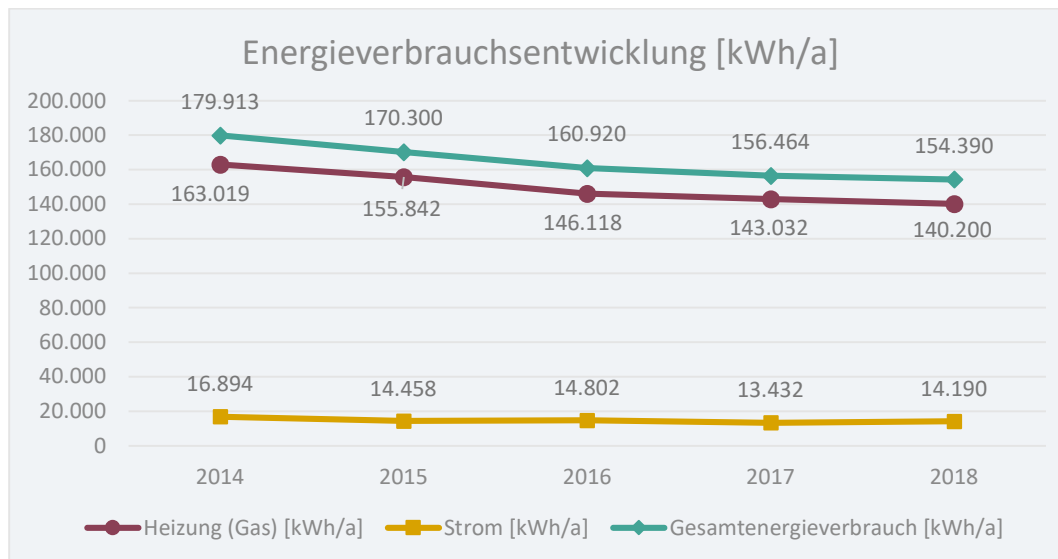


Abbildung 18 Grafische Darstellung der Energieverbrauchsentwicklung

Der Gasverbrauch ist zwischen 2014 und 2018 deutlich, von etwa 163.000 kWh auf ca. 143.000 kWh, d. h. um ca. 23.000 kWh gesunken.

3.4.2 Energieverbrauchskennwerte

Energieverbrauchswerte ohne Bezug auf die Rahmenbedingungen, wie z. B. die Zeiteinheit, die Raumfläche oder die äußeren Witterungsverhältnisse sind wenig aussagekräftig. Die gemessenen Verbrauchswerte müssen daher nach einheitlichen Gesichtspunkten auf entsprechende Bezugswerte umgerechnet werden. Der Bezugswert ist die Nettogrundfläche der Schul- und Arbeitsräume mit 2113 m². Die so ermittelten Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser werden nachfolgend abgebildet.²

Tabelle 4 Energieverbrauchskennwerte

Energieträger	Energieverbrauchskennwerte [kWh/m ² NGFa] bzw. [dm ³ /m ² NGFa]		
	Zielwert	Ist-Kennwert	Grenzwert
Strom	9	7	26
Wärme	47	66	81
Wasser	64	63	167

Anmerkung: Kennwerte auf Basis der realen Verbrauchs- und Flächenangaben bezogen auf die Liegenschaft / Gebäude des Landkreises Cloppenburg.

² Ziel- und Grenzwerte sind ermittelte Kennwerte der ages Gesellschaft für Energieplanung und Systemanalyse mbH, Münster (Werte von 2005)
 Zielwert: Unterer Quartilmittelwert (arithmetisches Mittel der unteren 25 % aller Verbrauchsdaten (Gebäuden mit niedrigstem Energieverbrauch)
 Grenzwert: Arithmetisches Mittel (Summe aller Einzelwerte geteilt durch die Summe aller Flächen)

Als Orientierung zur Einstufung von Verbrauchswerten in den verschiedenen Medienbereichen (Strom, Wärme, Wasser) werden zunächst statistische Erhebungen über Energieverbräuche und Energiekosten herangezogen. Die nachfolgende Abbildung stellt die Bildung der Energieverbrauchskennwerte für Strom, Wärme und Wasser dar.

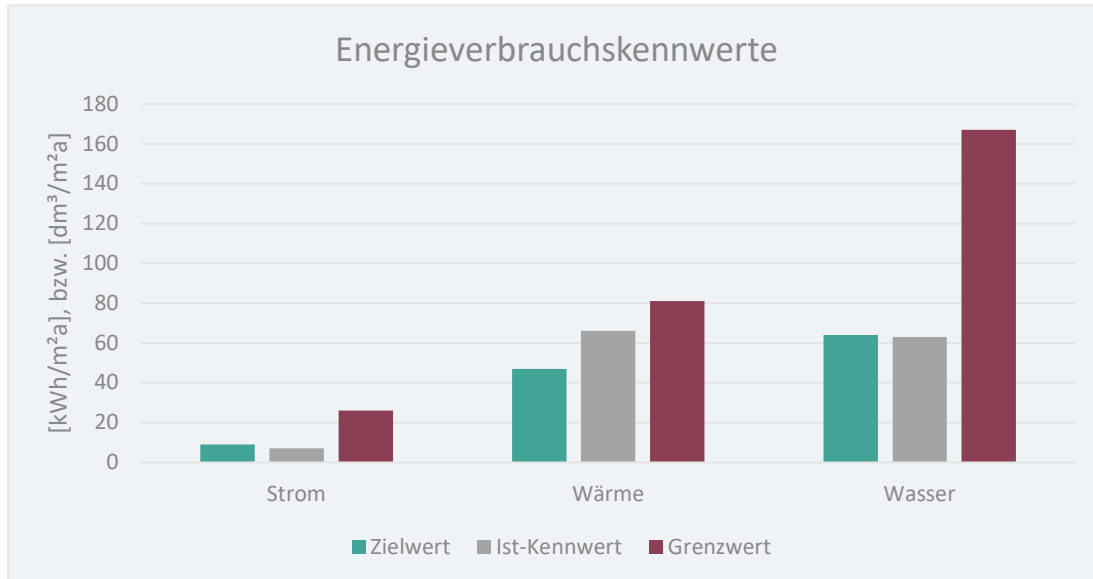


Abbildung 19 Grafische Darstellung der Energieverbrauchskennwerte

Die Energieverbrauchskennwerte für Strom und Wasser liegen unterhalb der jeweiligen Ziel- und Grenzwerte. Der Kennwert für Wärme liegt zwischen dem Zielwert und dem Grenzwert. Eine Erneuerung der Heizungsanlage könnte den Kennwert des Wärmebedarfs in Richtung des Zielwertes senken.

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 getroffener Annahmen von vorhandenen Informationen bzw. Angaben zu den Bauteilen. Alle in den Unterlagen nicht aufgeführten Konstruktionen (Schichtaufbauten) wurden mittels Literaturangabe³ und / oder nach eigenen Erfahrungswerten angenommen.

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 angegeben⁴.

³„U-Werte alter Bauteile“, der von der Deutschen Energie Agentur (Dena) herausgegebenen Typologie

⁴ 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 5: Gebäudekennwerte

Bauteil	U-Wert [$W/(m^2K)$]		
	Ist-Zustand	GEG ⁵	BEG-Förderung ⁶
Bauteilgruppe: Bodenflächen gegen unbeheizt			
Bodenplatte gegen Erdreich	0,31	0,30	0,25
Bauteilgruppe: Außenwand			
Außenwände	0,33	0,24	0,20
Brüstung oberhalb des Flachdaches	0,36		
Bauteilgruppe: Dachflächen, Decken gegen unbeheizte Räume			
Geneigtes Pultdach	0,21	0,20	0,14
Flachdach	0,23		
Bauteilgruppe: Fenster			
Glasfassaden NordOst/NordWest/SüdWest	1,60		
Glasfassaden SüdOst	1,90	1,30	0,95
Oberlichter Bauhallen	1,60		
Lichtkuppel	1,60	1,40	1,00
Bauteilgruppe: Außentüren			
Windfang	2,10	1,80	1,30
Sektionaltore	2,20		

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.

Bei der Planung und Ausführung von baulichen Maßnahmen an der Gebäudehülle sollte daher besonders auf die Beseitigung bestehender Wärmebrücken und die Vermeidung neuer Wärmebrücken geachtet werden. Zur Identifizierung von bestehenden Wärmebrücken könnte eine Prüfung mittels einer Wärmebildkamera durchgeführt werden.

⁵ 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.

⁶ 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 Dezember 2021 mit Änderung vom 21. Juli 2022 und vom 21. September 2022 können jederzeit aktualisiert werden.

3.7 ANLAGENTECHNIK

3.7.1 Heizungsanlage

Erzeugung	<i>VIESSMANN VITOCROSSAL 200 Brennwertkessel Baujahr: 2009 Nennleistung: 180 kW Energieträger: Erdgas Verteilung als Zweirohrheizung Hydraulischer Abgleich Leitungen gedämmt (Verteilleitungen) Umwälzpumpe geregelt Übergabe an alle Zonen über Heizkörper (Plattenheizkörper) außer Bauhallen (Deckenstrahler)</i>
Speicher	<i>500 l Warmwasserspeicher</i>

3.7.2 Warmwasserversorgung

Die Warmwasserversorgung erfolgt zentral über den Wärmeerzeuger. Der 500 l Warmwasserspeicher versorgt die Sanitärräume mit warmen Trinkwasser.

3.7.3 Beleuchtung

Die Beleuchtung der Räume in den BBS Bautechnikhallen erfolgt über Leuchtstoffröhren mit konventionellen Vorschaltgeräten (KVG). In einigen Räumen (u. a. Technikräumen und Aufenthaltsraum) ist bereits LED-Beleuchtung vorhanden. 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 CO₂ und Feuchtigkeit, die beim Prozess des Ausatmens entstehen, abgeführt werden. Zwischen den Bauhallen sind optional Lüftungszentralen für eventuell später nachzurüstende mechanische Belüftungsanlagen geplant.

3.7.5 Photovoltaik-Anlage

Auf dem Südost-Teil des Pultdaches ist bereits eine Photovoltaik-Anlage zur Stromerzeugung mit einer Leistung von ca. 21 kWp installiert. Das entspricht einer Fläche von ca. 156 m².

3.8 GEBÄUDEBETRACHTUNG

3.8.1 Bedarfskennwerte des untersuchten Gebäudes

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 ingenieurtechnische Berechnung und Analyse des Gebäudes und die Erarbeitung von Sanierungsmaßnahmen und deren Effekte auf Basis einer theoretischen Berechnung auf Grundlage der DIN V 18599.

Tabelle 6: Energiebedarfskennwerte nach DIN V 18599

<i>Endenergiebedarfskennwerte⁷ des bewerteten Gebäudes [kWh/(m²_{NGF}*a)]</i>	
<i>spez. Endenergiebedarf Heizung</i>	128,6
<i>Beleuchtungsstrom</i>	1,5

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

Da diese sich jedoch u. a. auf eine genormte Nutzung des Gebäudes stützt, sind die errechneten Werte mit den Energieverbräuchen nicht identisch. Es erfolgt eine Anpassung der Berechnung u. a. durch die Änderung von Raumtemperaturen, Nutzungszeiten und des Lüftungsverhaltens, die dazu führt, dass eine Annäherung an die tatsächlichen Verbräuche möglich wird. 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.

Tabelle 7: Energiebedarfskennwerte mit angepasster Nutzung

<i>Endenergiebedarfskennwerte⁷ des bewerteten Gebäudes [kWh/(m²_{NGF}*a)]</i>	
<i>spez. Endenergiebedarf Heizung</i>	93,0
<i>Beleuchtungsstrom</i>	1,5

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

⁷ siehe unter Erläuterung zu den Energieberichten im Kapitel 4 Glossar und Definition

Alle nachfolgenden Berechnungen und Aussagen basieren auf der an die tatsächliche Nutzung angepasste Bedarfsberechnung des untersuchten Gebäudes.

3.8.2 Energiebilanz Ist-Zustand

Um ein Gebäude energetisch zu bewerten, muss der vorhandene Energieverbrauch beurteilt werden. 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.

Tabelle 8 Darstellung der jährlichen Verluste

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Transmissionsverluste		
Dach	29.886	25,1
Außenwand	15.422	13,0
Fenster	53.285	44,8
Keller/Erdreich	20.358	17,1
Gesamt	118.951	100,0
Lüftungsverluste		
Gesamt	100.077	100,0
Anlagenverluste		
Gesamt	50.698	100,0

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.

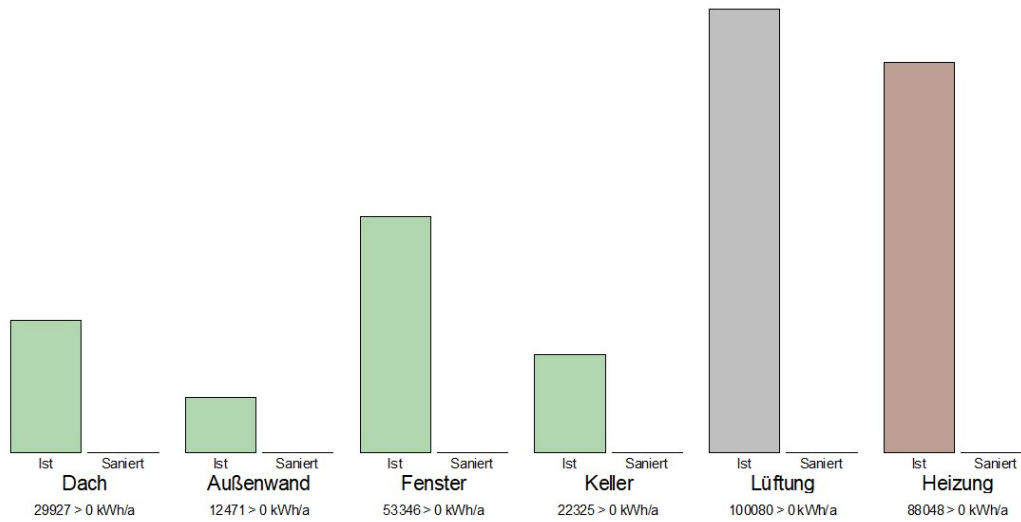


Abbildung 20 Aufteilung der Transmissions-, Lüftungs- und Anlagenverluste

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 und Trinkwarmwasserbereitung berücksichtigt. Der Energiebedarf der Trinkwarmwasserbereitung ist im Folgenden in dem Heizenergiebedarf enthalten. Der Haushaltsstrom wird in dieser Bilanz nicht betrachtet.

Energiebilanz für das Gebäude:

in kWh/a in kWh/m²a	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Warmwasser	PV
Nutzenergie	136986	132719	0	0	3068	1200	0
	64,85	62,83	0	0	1,45	0,57	0
Endenergie	195461	157761	0	0	28311	9388	0
	92,53	74,68	0	0	13,40	4,44	0
Primärenergie	214466	157349	0	0	50961	9315	-3159
	101,53	74,49	0	0	24,12	4,41	-1,50

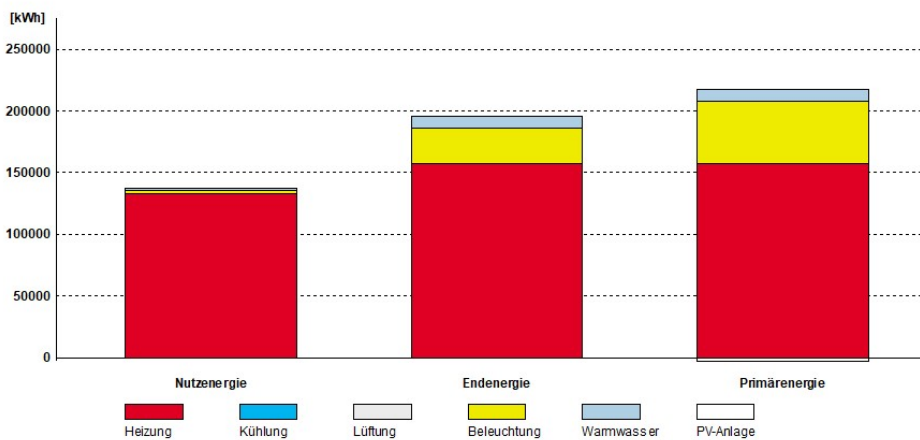


Abbildung 21 Energiebilanz des Gebäudes

Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des jährlichen Primärenergiebedarfs pro m² Nutzfläche – zurzeit beträgt dieser 102 kWh/m²a.

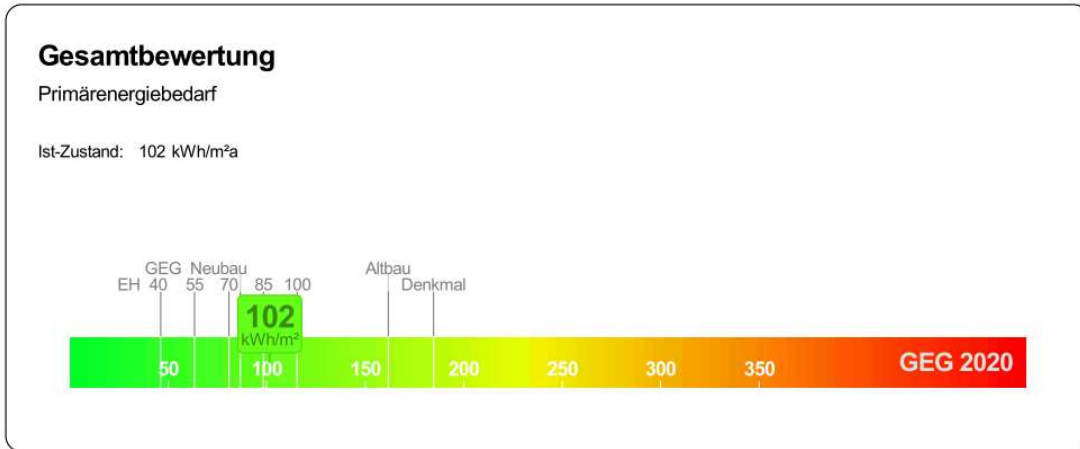


Abbildung 22 Gesamtbewertung des Gebäudes

Der energetische Ist-Zustand der Bautechnikhallen der BBS Technik ist dem Baujahr entsprechend gut und entspricht fast den GEG-Vorgaben für Neubauten. Die nachfolgende Abbildung zeigt die berechneten Werte für den Primärenergiebedarf Q_p [kWh/m²a], den mittleren U-Wert opaker Bauteile [W/m²K] und den mittleren U-Wert transparenter Bauteile [W/m²K]. Die berechneten Werte sind entscheidend bei der Erreichung eines Effizienzhausstandards.

Da die in dieser Berechnung dargestellten Ergebnisse aufgrund der Anpassung an den Endenergieverbrauch (vgl. Kap. 3.8.1) von der DIN abweichen, muss für eine Betrachtung im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) zum Nachweis eines EG-Standards die Berechnung wieder an die Norm angepasst werden. Das bedeutet, dass eine Anpassung der Berechnung u. a. der Raumtemperaturen, Nutzungszeiten und des Lüftungsverhaltens durchgeführt werden muss. Daher ist der Primärenergiebedarf in dieser Ansicht deutlich höher als in der vorherigen.

Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100 *	Denkmal
Primärenergiebedarf Q_p	kWh/m ² a	90,3	✓ 170,1	121,5	□ 48,6	□ 66,8	□ 85,0	✓ 121,5	✓ 194,4
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,20	✓ 0,56		□ 0,18	✓ 0,22	✓ 0,26	✓ 0,34	
Mittlerer U-Wert opake Baut. < 19°C	W/m ² K	0,22	✓ 0,84		✓ 0,24	✓ 0,28	✓ 0,32	✓ 0,40	
Mittlerer U-Wert transp. Baut. < 19°C	W/m ² K	1,7	✓ 4,9		□ 1,3	□ 1,5	✓ 1,7	✓ 2,2	

Abbildung 23 Effizienzgebäude-Stufen im Ist-Zustand des Gebäudes

Aus Abbildung 23 wird ersichtlich, dass das Gebäude im Ist-Zustand den Effizienzgebäude-Standard EH100 erfüllt.

3.8.3 Energiekosten

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen wurden die nachfolgenden (brutto) Energiemischpreise (Zusammensetzung aus Grund- und Verbrauchspreis) je Energieträger angesetzt. Die Werte in Tabelle 9 stammen aus aktuellen Abrechnungen des Landkreises Cloppenburg.

Tabelle 9 Bezugskosten nach Energieträger

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	CO ₂ [g/Einheit]
Erdgas	kWh	0,039	247
Strom-Mix	kWh	0,238	544

Anmerkung: Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben und beruhen auf Angaben des Landkreises Cloppenburg.

Die in den Abrechnungen enthaltenen Energiekosten sind deutlich niedriger als aktuelle, ortsübliche Tarife. Daher wurden ergänzend die in Tabelle 10 dargestellten Werte aus aktuellen Tarifen festgelegt. In den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen wird mit beiden Werten gerechnet.

Tabelle 10 Bezugskosten nach Energieträger (Stand: 17.08.2022)

Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	CO ₂ [g/Einheit]
Erdgas	kWh	0,298	247
Strom-Mix	kWh	0,450	544

Anmerkung: Alle Kostenangaben sind Brutto-Angaben. Der Strompreis beruht auf Angaben des Landkreises Cloppenburg. Der Erdgaspreis beruht auf aktuellen Angeboten verschiedener Anbieter, da die lokale EWE AG aktuell keine neuen Verträge anbietet (Stand 17.08.2022).

Tabelle 11 Globale Daten zur Ökonomie

kalkulatorischer Zinssatz [%]	3,0
jährliche Preissteigerung [%]	4,0
Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt	nein

Anmerkung: Der Zinssatz wurde in Absprache mit dem Landkreis Cloppenburg festgelegt.

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.

Des Weiteren ist im Herbst 2022 eine Gas-Umlage in Kraft getreten, die die Preise für eine Kilowattstunde Gas zunächst um 2,4 Cent erhöht und in der näheren Zukunft angepasst wird.

Diese beiden Faktoren sorgen dafür, dass Gas in der Zukunft ein immer unattraktiverer Energieträger wird, und Gebäude vermehrt durch andere Energieträger beheizt werden sollten.

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 der Landkreis vor Projektbeginn mehrere Vergleichsangebote einholen. Zudem sollte der Landkreis Cloppenburg mit der Vergabestelle die Verfügbarkeit und die Rahmenbedingungen für eine vorgeschlagene Förderung rechtzeitig abstimmen.

In den Investitionskosten sind auch die Kosten für kleinere 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 – Sole-Wasser-Wärmepumpe

Var. 2 – LED-Beleuchtung

Var. 3 – Austausch der Sektionaltore

Var. 4 – Fenster- und Außentürentausch

Var. 5 – Maßnahmenkombination

Anmerkung:

In allen Sanierungsvarianten wird versucht eine möglichst hohe und wirtschaftlich vertretbare Energieeinsparung zu erzielen. Durch die Umsetzung aller vorgeschlagenen Sanierungsmaßnahmen kann der Effizienzgebäude-Standard 70 EE erreicht werden (vgl. Kap. 4.6).

4.2 SV 1: SOLE-WASSER-WÄRMEPUMPE

Die Bautechnikhallen der BBS Technik werden über eine Gasheizung mit einem Gas-Brennwertkessel (Viessmann Vitocrossal 200) aus dem Jahr 2009 mit einer Leistung von etwa 180 kW mit Wärme versorgt (vgl. Abbildung).



Die vorhandene Heizungsanlage wird durch eine Wärmepumpe ersetzt. Aufgrund hoher Effizienz wird der Einsatz einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Tiefensonden empfohlen. Diese nutzt die Energie aus dem Erdreich, um das Gebäude CO₂-sparend zu beheizen. Sie entzieht dem Erdreich thermische Energie und überträgt diese als Nutzwärme in das Gebäude.

Die Dimensionierung (Anzahl und Tiefe) der Sonden hängt maßgeblich von der Leistung der Wärmepumpe und den Randbedingungen des Standorts ab. Nach der Themenkarte „Geothermie“ des NIBIS® Kartenserver (2021) sind für die Nutzung von Sonden im Bereich der Bautechnikhallen keine Einschränkungen bekannt (abgerufen am 05.12.2022). Das

vorliegende Grundstück der BBS Bautechnikhallen liegt außerhalb von Wasserschutzgebieten (<https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Umweltkarten/Themenkarte„Hydrologie“>, abgerufen am 05.12.2022). Die einzelnen Sonden sollten mindestens einen Abstand von 6 m zueinander haben, um eine gegenseitige thermische Beeinflussung der Sonden zu vermeiden.

Für die Dimensionierung einer Sole-Wasser-Wärmepumpe und die Umsetzung dieser Maßnahme ist ein Fachplanungsbüro hinzuzuziehen. Darüber hinaus wird empfohlen, einen Thermal Response Test (TRT) durchzuführen, mit dem die erforderlichen Untergrundparameter zur Dimensionierung einer Erdwärmeanlage ermittelt werden können.

Als Alternative zur Nutzung von Tiefensonden, kann ein Eisspeicher zur Ausführung kommen. Ein Eisspeicher besteht aus einer wassergefüllten Zisterne, die vollständig unterirdisch eingebaut wird. Die Zisterne selbst besteht meist aus Beton und ist nicht isoliert. Die Wärmepumpe entzieht dem Wasser in der Zisterne die enthaltene Wärme bis es vollständig gefroren ist. Die Regeneration (Auftauen) des Speichers erfolgt im Wesentlichen über das umgebende Erdreich. Aber auch andere (Ab-)Wärmequellen können hierfür genutzt werden.

In der Simulation dieser Sanierungsmaßnahme wurde eine Wärmepumpe mit einer Leistung von ca. 100 kW vorgesehen. Alternativ können auch mehrere Wärmepumpen mit einer niedrigeren Leistung eingesetzt werden. Die Vorlauftemperatur wurde mit 55°C angenommen. Hierdurch können bis zu 90 % der benötigten Wärme durch die Wärmepumpe bereitgestellt werden. Der am Standort angenommenen Wärmeentzugsleistung des Bodens (ca. 55 W/m, für wassergesättigten Sand) wurde ermittelt, dass überschlägig 18 Sonden mit einer Tiefe von 100 m erforderlich wären.

Wärmepumpen laufen effizienter, je niedriger die Vorlauftemperatur der Heizungsanlage eingestellt wird. In dem Gebäude sind überwiegend Deckenstrahler und Flächenheizkörper verbaut. Alternativ wäre auch der Einbau einer Deckenheizung in einer abgehängten Decke möglich. Hier würden dann Vorlauftemperaturen zwischen 26°C und 38°C ausreichen. Die Kosten für eine Deckenheizung können auf bis zu 200 - 300 €/m² geschätzt werden. Zudem könnte der Einbau einer Deckenheizung mit dem Einbau von LED-Beleuchtung verbunden werden (Variante 4).

Da die Wärmepumpe einen erhöhten Strombedarf hat, kann diese Maßnahme sinnvoll mit der bestehenden PV-Anlage über eine intelligente Regelung zwischen der Stromerzeugung der PV-Anlage und Wärmeerzeugung der Wärmepumpe kombiniert werden.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet. Nicht enthalten sind etwaige Kosten für die Erweiterung des Technikraums oder der Schaffung einer Unterbringung in einem extra zu errichtenden Heizungsanbau, falls erforderlich. Durch die Bohrungen der Tiefensonden können, abhängig von der Wahl des Standorts, zusätzliche Kosten für die Wiederherstellung des Geländes entstehen, die ebenfalls nicht in den angegebenen Kosten enthalten sind.

Tabelle 12 Kostenannahmen Heizungstausch

Kostenannahmen Heizungstausch			
	Preisermittlung	Bezugsgröße	Summe [€]
Sole-Wasser-Wärmepumpe	$(520 * \text{Leistung} + 8850) * 1,25$	100,00 kW	76.000
Tiefensonden	$(75 * \text{Länge} + 630) * 1,25$	1820 m	171.000
Summe			246.000

Anmerkung: Die Preise für die Wärmepumpe und die Tiefensonden beruhen auf den Kostenrichtwerten für Anlagen des Landes Hessen, gültig ab dem 25.05.2021. Um aktuelle Preissteigerungen abzubilden, wurden die Werte pauschal um 25% erhöht.

Folgende Leistungen sind in den Preisen enthalten:

Maßnahme	Enthaltene Leistung
Sole-Wasser-Wärmepumpe	Wärmeerzeuger, Lieferung, Montage, Hilfsaggregate, thermische und elektrische Einbindung, Speicher, Inbetriebnahme, Demontage und Entsorgung, hydraulischen Abgleich*, Anpassung der Heizkurven, Messung des Stromverbrauchs und der erzeugten Wärmemenge, Lohnkosten.
Tiefensonden	Lieferung und Montage der Erdsonden, Durchführung der Bohrarbeiten, Hilfsaggregate, Anschluss an die Wärmepumpe, Inbetriebnahme, Lohnkosten.

*Hinweis: Bei dem hydraulischen Abgleich der Sole-Wasser-Wärmepumpe sind lediglich die erforderlichen Messungen, Berechnungen und Einstellungen enthalten. Sollten neue Regelventile oder Pumpen notwendig sein, sind diese separat zu kalkulieren.

Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie beantragt werden. Um diese in Anspruch nehmen zu können, sind die technischen Mindestanforderungen zum Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ – Einzelmaßnahmen einzuhalten.

BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen

Info	Gefördert werden der Einbau von effizienten Wärmeerzeugern, von Anlagen zur Heizungsunterstützung und der Anschluss an ein Gebäude- oder Wärmenetz.
Förderquote	Bis zu 30 % 25 % Wärmepumpe + 5 %, da die Wärmepumpe die Wärmequelle Erdreich oder Grundwasser nutzt
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
Förderbeitrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m ² NGF (max. 5 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss über 30 % von 73.800 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 1 -

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 52 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

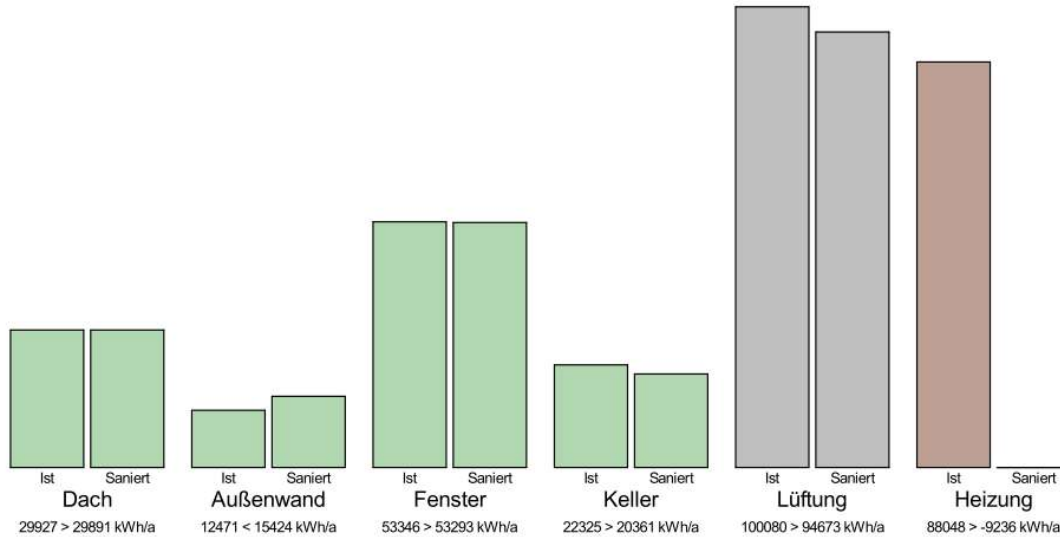


Abbildung 25 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 1

Der derzeitige Endenergiebedarf von 195.461 kWh/Jahr reduziert sich auf 93.178 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 102.283 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 249 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 78 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.

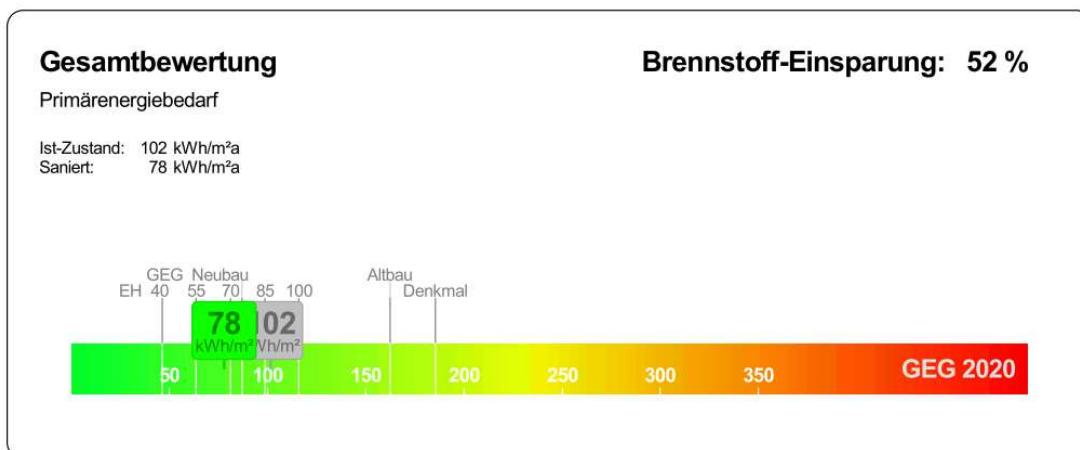


Abbildung 26 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 1

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 1 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 13 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 1

Gesamtinvestitionen	247.000 EUR
Mögliche Fördermittel	73.800 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen	173.200 EUR

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 14 über die Nutzungsdauer von 20 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 14 Einsparpotenzial, SV 1

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	16.717	16.717
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	17.240	36.807
Summe	33.957	53524
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	13.690	62924
Einsparung	-20.267	9.400
Amortisationszeit	-	10 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der alten, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 20 Jahren vollständig zu decken. Geht man von den aktuell realistischeren neuen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 10 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels des Landkreises treibhausgasneutral zu werden, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

4.3 SV 2: LED-BELEUCHTUNG

In dieser Sanierungsvariante werden die in den Bautechnikhallen der BBS Technik überwiegend vorhandenen Leuchtstoffröhren 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. Glühlampen erzeugen aus der eingespeisten Energie nur etwa 5 % Licht, die restlichen 95 % werden in Wärme umgewandelt. Bei aktuellen LED-Lampen 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.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten aufgelistet.

Tabelle 15 Kostenannahmen Beleuchtungstausch

Zone	Preis [€/m²]	Fläche [m²]	Summe [€]
Bauhallen	75	1327,63	100.000
WC-, Sanitär und Umkleideräume	90	134,00	12.000
Klassenzimmer	80	139,31	11.000
Lager+Verkehrsflächen	45	511,10	23.000
Gesamtausgaben			146.000

Anmerkung: Die Preise beruhen auf Licht-Berechnungen von Beispielräumen der BBS-Bautechnikhallen und Herstellerangaben für Leuchten. Folgende Leistungen sind in den Preisen enthalten: Lieferung und Montage sowie elektrischer Anschluss der Leuchten sowie gegebenenfalls der Präsenzmelder und Tageslichtsensoren. Nicht eingeschlossen ist eine Lieferung und Verlegung gegebenenfalls notwendigen neuer Kabel.

Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie beantragt werden. Um diese in Anspruch nehmen zu können, sind die technischen Mindestanforderungen zum Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ – Einzelmaßnahmen einzuhalten.

BEG EM - Anlagentechnik (außer Heizung)	
Info	Gefördert wird der Einbau von Anlagentechnik in Bestandsgebäuden zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes, wie beispielsweise einer energieeffizienten raumlufttechnischen Anlage oder der Einbau effizienter Beleuchtungssysteme
Förderquote	15 %
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
Förderbeitrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m ² NGF (max. 5 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu 21.900 € beantragt werden.

Alternativ kann für die beschriebene Sanierungsvariante Fördermittel über die Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld (sog. „Kommunalrichtlinie“) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit beantragt werden.

Kommunalrichtlinie - Beleuchtungssanierung (4.2.3)

Info	Gefördert wird innerhalb der Kommunalrichtlinie in den investiven Förderungsschwerpunkten 4.2.3 "Hocheffiziente Innen- und Hallenbeleuchtung" der Einbau hocheffizienter Beleuchtungstechnik einschließlich der Steuer- und Regelungstechnik bei der Sanierung bei Innen- und Hallenbeleuchtungsanlagen.
Förderanteil	25 % für Antragsberechtigte 40 % für Finanzschwache Kommunen* Mindestzuwendung 5.000 €
Fristen	Kommunalrichtlinie gilt von 01.01.2022 bis zum 31.12.2024 bzw. 31.12.2027.

* Antragsberechtigte aus Braunkohlerevieren gemäß § 2 Strukturstärkungsgesetz Kohleregionen vom 8. August 2020, das heißt das Lausitzer Revier, das Mitteldeutsche Revier und das Rheinische Revier, sind finanzschwachen Kommunen gleichgestellt.

Über das Förderprogramm der Kommunalrichtlinie kann ein Zuschuss von bis zu 36.500 € (unter Berücksichtigung einer Förderquote von 25 %) beantragt werden.

Eine Kumulation der beiden Förderprogramme ist nicht möglich.

Energieeinsparung - Variante 2 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um etwa 9 %.

Der derzeitige Endenergiebedarf von 195.461 kWh/Jahr reduziert sich auf 177.207 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 18.254 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 11.966 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahme dieser Variante sinkt der Primärenergiebedarf des Gebäudes von 102 kWh/m² auf 84 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.

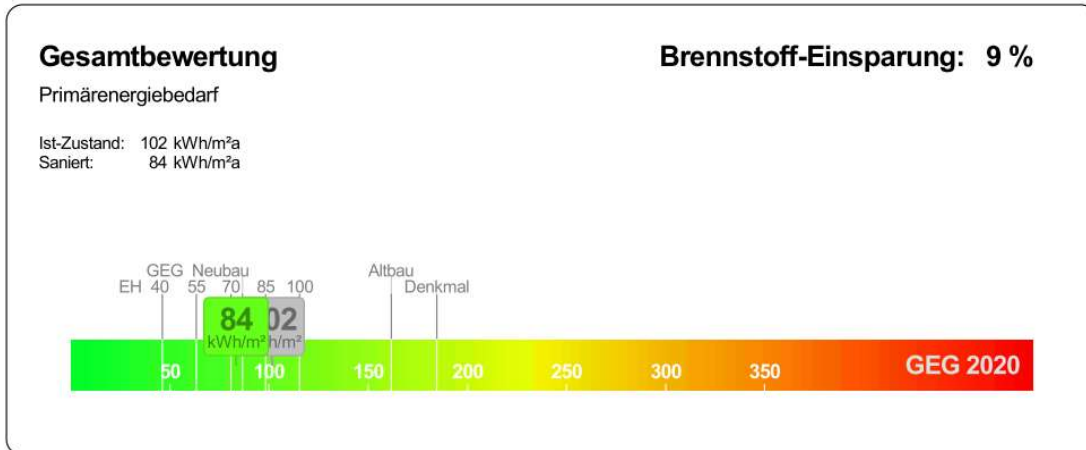


Abbildung 27 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 2

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 2 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 16 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 2

Gesamtinvestitionen	146.000 EUR
Mögliche Fördermittel - BEG EM (15 %)	21.900 EUR
Mögliche Fördermittel - Kommunalrichtlinie (25 %)	36.500 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen (15 % Förderung)	124.100 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen (25 % Förderung)	109.500 EUR

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle über die Nutzungsdauer von 20 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 17 Einsparpotenzial, SV 2

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	9.881	9.881
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	8.090	53.747
Summe	17.971	63.628
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	13.690	62.924
Einsparung	-4.281	704
Amortisationszeit	-	18 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der alten, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 20 Jahren vollständig zu decken. Geht man von den aktuell realistischeren neuen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 18 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels des Landkreises treibhausgasneutral zu werden, sollte diese Maßnahme trotzdem durchgeführt werden.

4.4 SV 3: AUSTAUSCH DER SEKTIONALTORE

Bei den Sektionaltoren der Bautechnikhallen der BBS Technik handelt es sich um händisch verstellbare Rolltore. Die Tore weisen den höchsten U-Wert aller Bauteile der Gebäudehülle auf. Sie bestehen aus einem Stahl Alu-Verbund mit innenliegender Wärmedämmung und weisen große Fensterflächen aus Isolierglas auf.



In dieser Sanierungsvariante wird empfohlen, die schlechter isolierten Sektionaltore mit dem Baujahr 2009 gegen neue, besser isolierte Tore auszutauschen. Um die BEG-Förderung zu beantragen, ist ein U_w-Wert von ≤ 2,00 W/m²K für Tore anzusetzen, jedoch wird empfohlen Tore mit einem U_w-Wert von etwa 1,15 einzusetzen. Der Austausch der Tore bietet sich vor allem an, falls diese Mängel und Schäden durch Verschleiß aufweisen.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten

Abbildung 28 Sektionaltore in Bauhallen

für die Sanierungsarbeiten und die enthaltenen Leistungen aufgelistet.

Tabelle 18 Kostenannahmen Tausch der Sektionaltore

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Austausch Sektionaltore	400	137,5	55000
Gesamtausgaben			55000

Anmerkung: Die Preise stammen von der f:data GmbH (Baupreislexikon vom 01.09.2022) und beziehen sich auf die Regelleistung laut den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV). Für die Tore teilen sich die Investitionskosten folgendermaßen auf: Abbau der alten Tore, Entsorgung durch LKW, Lieferung, Einbau und Montage neuer Tore einschließlich Abdichtung und Lohnkosten

Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie beantragt werden. Um diese in Anspruch nehmen zu können, sind die technischen Mindestanforderungen zum Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ – Einzelmaßnahmen einzuhalten.

BEG EM - Gebäudehülle Einzelmaßnahmen	
Info	Gefördert werden Einzelmaßnahmen an Bestandsgebäuden, die zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes an der Gebäudehülle beitragen (z. B. Tore, Türen, Fenster, Dämmung Außenwände o. Dach).
Förderquote	15 %
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
Förderbeitrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m ² NGF (max. 5 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von bis zu 8.250 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 3 -

Nach Umsetzung der in dieser Variante vorgeschlagenen Maßnahmen reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um etwa 6 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

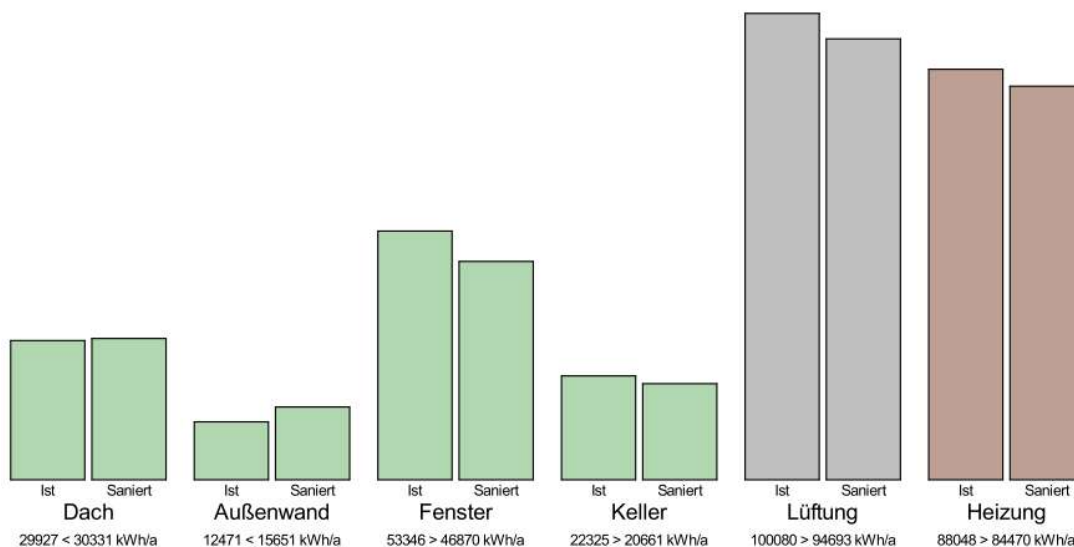


Abbildung 29 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 3

Der derzeitige Endenergiebedarf von 195.461 kWh/Jahr reduziert sich auf 183.693 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 11.768 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 3498 kg CO₂/Jahr reduziert. Dies wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft, unser Klima zu schützen.

Durch die Modernisierungsmaßnahmen dieser Variante reduziert sich der Primärenergiebedarf des Gebäudes aufgrund von geringer Abweichung auf 96 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.

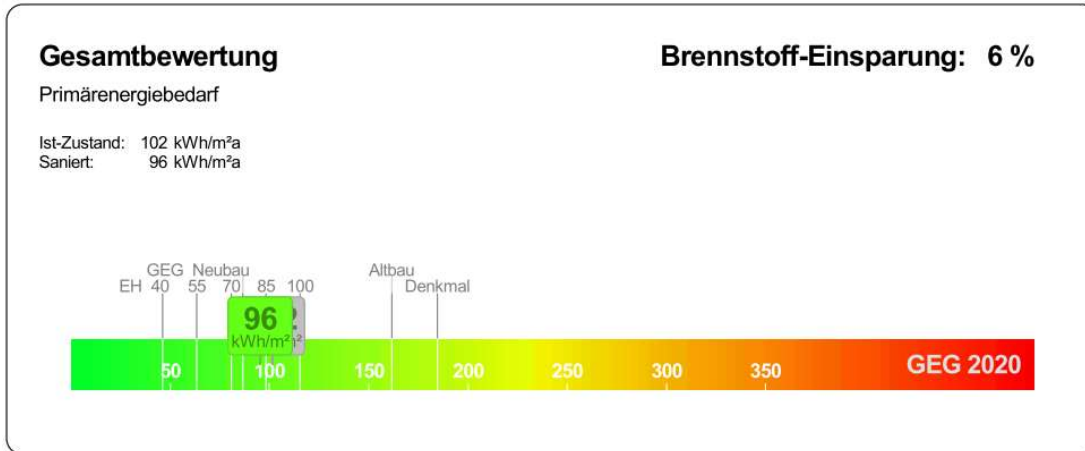


Abbildung 30 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 3

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 3 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 19 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 3

Gesamtinvestitionen	55.000 EUR
Mögliche Fördermittel	8.250 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen (mit Förderung)	46.750 EUR

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 18 über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben. Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend verbessern. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 20 Einsparpotenzial, SV 3

	<i>mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	2.581	2.581
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	12.980	59.228
<i>Summe</i>	15.561	61.809
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	13.690	62.924
<i>Einsparung</i>	-1.871	8.491
<i>Amortisationszeit</i>		23 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der alten, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von den aktuell realistischeren neuen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme nach 23 Jahren Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels des Landkreises treibhausgasneutral zu werden, sollte diese Maßnahme durchgeführt werden.

4.5 SV 4: FENSTER- UND AUßENTÜRENTAUSCH

Bei den Fenstern der Bautechnikhallen der BBS Technik handelt es sich um Aluminiumfenster mit Isolierverglasung aus dem Baujahr des Gebäudes (2009). Bei den Außentüren handelt es sich ebenfalls um Türen mit Aluminiumrahmen und einer zweifach-Verglasung. Die Lichtkuppeln im Eingangsbereich und den Umkleiden entsprechen noch den BEG EM Vorgaben für Nichtwohngebäude.



Abbildung 31 Zweifach verglaste Fensterfassade von Bauhallen



Abbildung 32 Zweifach verglaste Fensterfassade von Eingangshalle und Oberlichter

In dieser Sanierungsvariante wird empfohlen, die Fenster und Außentüren in Zukunft entsprechend den dann geltenden Anforderungen an effiziente Gebäude, auszutauschen. Über die Fenster verliert das Gebäude auf Grund der großen Flächen die höchste Wärmemenge, weshalb diese Maßnahme empfohlen wird. Aktuell sind die Fenster dem Alter entsprechend noch in einem sehr guten Zustand. Um die BEG-Förderung zu beantragen, ist aktuell ein U_w -Wert von $\leq 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ für Fenster und ein U-Wert von $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ für Türen anzusetzen. Die alten Fenster werden dann durch neue 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit einem U_w -Wert von $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ ersetzt. Die Fensterfläche (inklusive Glasfassade und Oberlichter) entspricht etwa 450 m^2 .

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.

Nachfolgend sind die angenommenen Kosten für die Sanierungsarbeiten und die enthaltenen Leistungen aufgelistet.

Tabelle 21 Kostenannahmen Fenster- Außentürentausch

	Preis [€/m ²]	Fläche [m ²]	Summe [€]
Einzelfenster Rückbau	28,39		
Alu-Fenster inkl. Einbau	1171,51		
Einzelfenster gesamt	1200	383,11	459.732
Außentüren Rückbau	37,47		
Tür nach Energiestandards inkl. Einbau	2068,43		
Außentüren	2.150	25,16	54.094
Gesamtausgaben			513.912

Anmerkung: Die Preise stammen von der f:data GmbH (Baupreislexikon vom 01.09.2022) und beziehen sich auf die Regelleistung laut den Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV). Für Fenster teilen sich die Investitionskosten folgendermaßen auf: Abbruch alter Fenster einschließlich Abdichtung, Entsorgung durch LKW, Lieferung, Einbau und Montage neuer Fenster einschließlich Abdichtung, Lohnkosten und Baustelleneinrichtung

Für die beschriebene Sanierungsvariante als Einzelmaßnahme kann die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG EM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie beantragt werden. Um diese in Anspruch nehmen zu können, sind die technischen Mindestanforderungen zum Programm „Bundesförderung für effiziente Gebäude“ – Einzelmaßnahmen einzuhalten.

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	15 %
Förderhöhe	Mindestinvestition 2.000 € (Brutto)
Förderbeitrag	Nichtwohngebäude: Max. 1.000 € pro m ² NGF (max. 5 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG könnte ein Zuschuss von bis zu 77.087 € beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 4 -

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 11 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

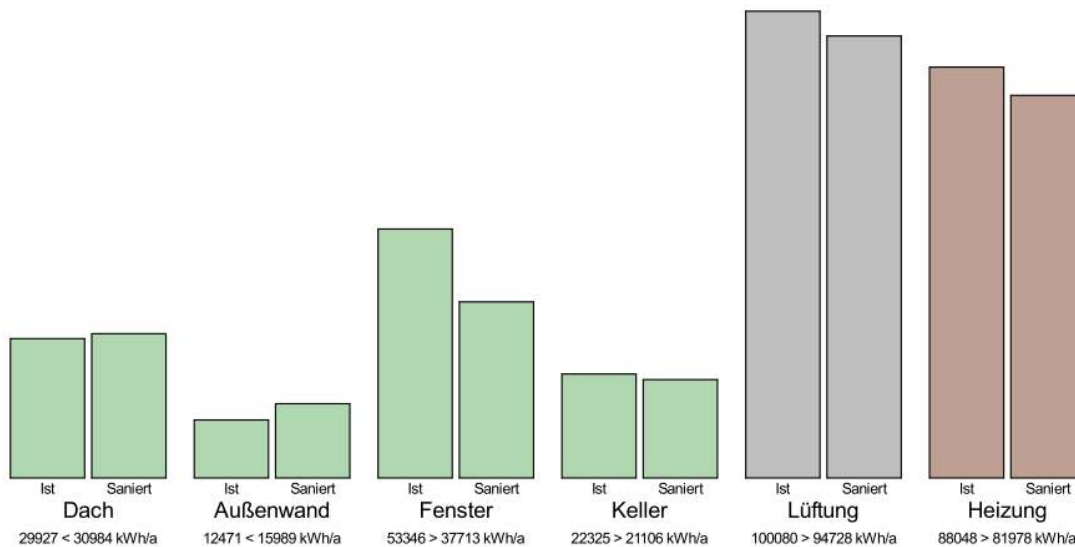


Abbildung 33 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 4

Der derzeitige Endenergiebedarf von 195.46 kWh/Jahr reduziert sich auf 174.855 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 20.606 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 5454 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 91 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.

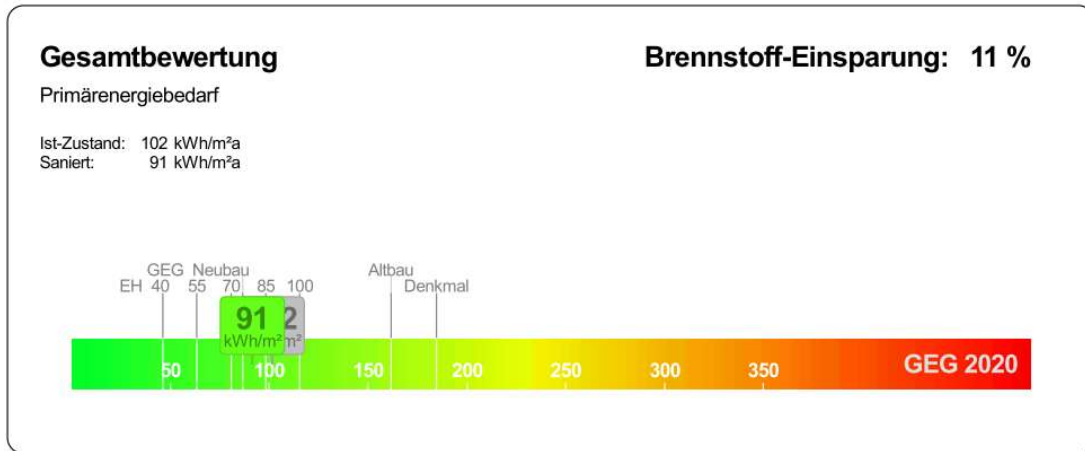


Abbildung 34 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 4

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 4 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 22 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 4

Gesamtinvestitionen	513.912 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	256.000 EUR
Mögliche Fördermittel	77.087 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen (mit Förderung)	180.825 EUR

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle 23 über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben. Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend verbessern. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 23 Einsparpotenzial, SV 4

	<i>mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]</i>	<i>mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]</i>
<i>Kapitalkosten</i>	4.077	4.077
<i>Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)</i>	12.650	56.601
<i>Summe</i>	16.727	60.678
<i>Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen</i>	13.690	62.924
<i>Einsparung</i>	-3.037	2.182
<i>Amortisationszeit</i>	-	25 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der alten, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von den aktuell realistischeren neuen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahme erst nach 25 Jahren.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels des Landkreises treibhausgasneutral zu werden, sollte diese Maßnahme durchgeführt werden.

4.6 SV 5: MAßNAHMENKOMBINATION

In dieser Variante werden alle vier Maßnahmen der Modernisierungsvarianten

Var. 1 – Sole-Wasser-Wärmepumpe

Var. 2 – LED-Beleuchtung

Var. 3 – Austausch der Sektionaltore

Var. 4 – Fenster und Außentürentausch

kombiniert. Hierdurch könnte ein hohes Maß an Energie und CO₂-Emissionen eingespart werden.

Da sich der energetische Zustand des Gebäudes bei der Ausführung aller vorgeschlagenen Maßnahmen verbessert, verringert sich auch der Energiebedarf deutlich. Hieran angepasst wurde in der Maßnahmenkombination für die Heizungsanlage eine Leistung von ca. 80 kW angenommen. Die Länge der Tiefensonden reduziert sich dementsprechend, sodass ca. 15 Sonden mit einer Tiefe von 100 m erforderlich wären. Außerdem kann durch die vorgeschlagenen Maßnahmen der Effizienzgebäude-Standard 70 EE (Erneuerbaren-Energie-Klasse) erreicht werden.

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

Tabelle 24 Fördermittel nach BEG EM für NWG, Gesamtübersicht

<i>Fördermöglichkeiten</i>				
<i>Sanierungsmaßnahme</i>	<i>Förderprogramm</i>	<i>Investitionskosten [€]</i>	<i>Förderquote [%]</i>	<i>Mögliche Fördermittel [€]</i>
<i>Var. 1 Sole-Wasser-Wärmepumpe</i>	<i>BEG EM</i>	<i>247.000</i>	<i>30</i>	<i>73.800</i>
<i>Var. 2 LED-Beleuchtung</i>	<i>BEG EM</i>	<i>146.000</i>	<i>25</i>	<i>36.500</i>
<i>Var. 3 Austausch der Sektionaltore</i>	<i>BEG EM</i>	<i>55.000</i>	<i>15</i>	<i>8.250</i>
<i>Var. 4 Fenster- und Außentürentausch</i>	<i>BEG EM</i>	<i>513.912</i>	<i>15</i>	<i>77.087</i>
<i>Summe</i>		<i>961.912</i>		<i>195.637</i>

Alternativ können Kommunen beim Erreichen eines Effizienzgebäude-Standard 70 EE (Erneuerbaren-Energie-Klasse) einen Zuschuss über die Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Nichtwohngebäude (BEG NWG) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz beantragen.

BEG Nichtwohngebäude – Neubau und Sanierung

Info	Neubau und Komplettsanierungen von NWG zum Effizienzhaus auf Grundlage des GEG. Kommunen werden mit einem direkt ausgezahlten Zuschuss gefördert.
Förderhöhe Sanierung	Zuschuss für Kommunen
70	25 %
70 EE	30 %
Förderkreditbetrag	Max 2.000 € pro m ² NGF (max. 10 Mio. €)

Über das Förderprogramm der BEG kann ein Zuschuss von bis zu 288.574 € (Zuschuss von 30 %) beantragt werden.

Energieeinsparung - Variante 5 -

Nach Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf Ihres Gebäudes um 64 %. Den Einfluss auf die Wärmeverluste über die einzelnen Bauteile und die Heizungsanlage zeigt das folgende Diagramm.

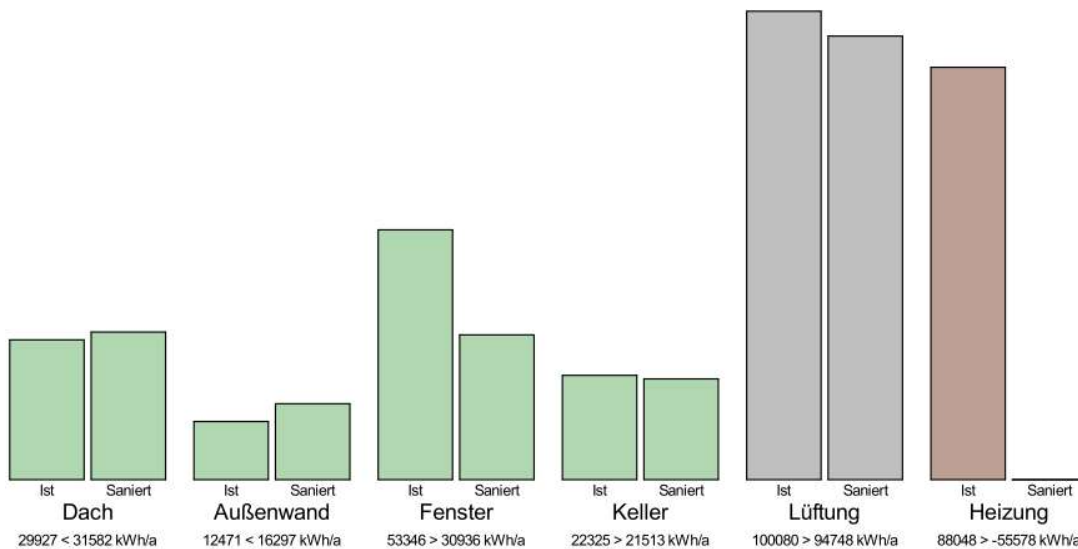


Abbildung 35 Einfluss der Sanierungsmaßnahme auf die Wärmeverluste [kWh/a], SV 5

Der derzeitige Endenergiebedarf von 195.461 kWh/Jahr reduziert sich auf 64.631 kWh/Jahr. Es ergibt sich somit eine Einsparung von 130.829 kWh/Jahr, bei gleichem Nutzverhalten und gleichen Klimabedingungen.

Die CO₂-Emissionen werden um 18.800 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 54 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.

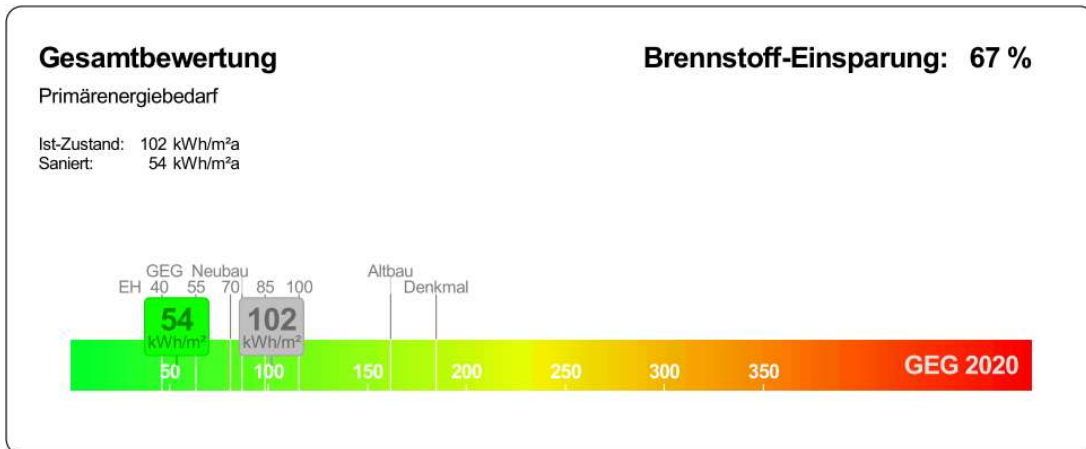


Abbildung 36 Gesamtbewertung Primärenergiebedarf, SV 5

Wirtschaftlichkeit der Energiesparmaßnahmen - Variante 5 -

Die vorgeschlagenen Maßnahmen haben ein Gesamtvolumen von:

Tabelle 25 Gesamtausgaben für die Energieeinsparmaßnahmen, SV 5

Gesamtinvestitionen	961.912 EUR
Darin enthaltene ohnehin anfallende Ausgaben (Erhaltungsaufwand)	256.000 EUR
Mögliche Fördermittel	288.574 EUR
Gesamtausgaben für die Energiesparmaßnahmen (mit Förderung)	417.338 EUR

Daraus ergeben sich die in der folgenden Tabelle über die Nutzungsdauer von 30 Jahren gemittelten jährlichen Ausgaben. Für die nachfolgende Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die Fördermittel nicht mitberücksichtigt. Bei einer Bewilligung der Fördermittel würden die jährlichen Kapitalkosten sinken und sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend verbessern. Wie in Kapitel 3.8.3 beschrieben, wurde die Wirtschaftlichkeitsberechnung sowohl mit den Energiekosten aus den Abrechnungsunterlagen des Landkreises Cloppenburg (alte Preise) als auch mit erhöhten Energiekosten (neue Preise) durchgeführt.

Tabelle 26 Einsparpotenzial, SV 5

	mittlere jährl. Kosten „alte Preise“ [EUR/Jahr]	mittlere jährl. Kosten „neue Preise“ [EUR/Jahr]
Kapitalkosten	33.256	33.256
Brennstoffkosten (ggf. inkl. sonstiger Kosten)	10.890	24.480
Summe	44.146	57.736
Brennstoffkosten ohne Energiesparmaßnahmen	13.690	62.924
Einsparung	-30.456	73.753
Amortisationszeit	-	29 Jahre

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die eingesparten Brennstoffkosten unter Annahme der alten, günstigen Preise voraussichtlich nicht reichen werden, um die Investitionskosten innerhalb der angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren vollständig zu decken. Geht man von den aktuell realistischeren neuen Preisen aus, amortisiert sich die Maßnahmen auch erst nach 29 Jahren, da der Energieverbrauch im IST-Zustand bereits recht gering ist.

Sollten die möglichen Fördermittel bewilligt werden, verbessert sich die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme entsprechend. Aufgrund des eingesparten CO₂ und des gesteckten Ziels des Landkreises treibhausgasneutral zu werden, sollte diese Maßnahmen trotz der langen Amortisationszeit durchgeführt werden.

Der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden die folgenden Parameter zugrunde gelegt (gilt auch für Varianten 1 bis 4:

Tabelle 27 Parameter für Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

	Alte Preise	Neue Preise	
Betrachtungszeitraum	30	30	Jahre
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im Ist-Zustand	13.690	62.924	EUR/Jahr
aktuelle jährliche Brennstoffkosten im sanierten Zustand	10.890	24.480	EUR/Jahr
Kalkulationszinssatz	3,00	3,00	%
Teuerungsrate Anlage bzw. Sanierungsmaßnahmen	3,50	3,50	%
Teuerungsrate für Brennstoff	4,00	4,00	%
Interner Zinsfuß	-	13,10	%

4.7 EFFIZIENZGEBÄUDEBETRACHTUNG

In diesem Kapitel wird die Effizienzgebäudebetrachtung dargestellt. Zudem werden die für die Berechnung vorgenommen Anpassungen (Raumtemperaturen, Nutzungszeiten, Lüftungsverhalten) an den Energieverbrauch rückgängig gemacht und wieder an die Vorgaben der DIN V 18599 angeglichen. Dadurch erhöht sich der Primärenergiebedarf des Gebäudes.

Bei der gemeinsamen Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen kann der Effizienzgebäude-Standard 70 EE erreicht werden (Anforderungen an EE-Klasse sind min. 55 % Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien). Dieser Standard wird, wie die nachfolgende Abbildung zeigt, bei der Umsetzung aller Maßnahmen erreicht. Dies ermöglicht eine Förderquote von 30%.

GEG- und BEG-Anforderungen

Bundesförderung für effiziente Gebäude - Nichtwohngebäude - Bestand

Nutzung	Nichtwohngebäude
Beheiztes Gebäudevolumen V_e	12713,5 m ³
Hüllfläche A	5897,8 m ²
Nettogrundfläche A_{NGF}	2112,4 m ²
Fensterfläche	523,8 m ²
Außentürfläche	0,0 m ²
Bauart des Gebäudes	nicht leichte Bauart
Gebäudetyp	freistehend

Effizienzgebäude-Stufen

Ergebnis			Anforderungen NWG						
			GEG		BEG-Effizienzhaus				
	Einheit	Ist-Wert	Bestand	REF (100%)	EH40	EH55	EH70	EH100 *	Denkmal
Primärenergiebedarf Q_p	kWh/m ² a	71,0	<input checked="" type="checkbox"/> 168,7	120,5	<input type="checkbox"/> 48,2	<input type="checkbox"/> 66,3	<input checked="" type="checkbox"/> 84,3	<input checked="" type="checkbox"/> 120,5	<input checked="" type="checkbox"/> 192,8
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	W/m ² K	0,22	<input checked="" type="checkbox"/> 0,56		<input type="checkbox"/> 0,18	<input checked="" type="checkbox"/> 0,22	<input checked="" type="checkbox"/> 0,26	<input checked="" type="checkbox"/> 0,34	
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	W/m ² K	0,96	<input checked="" type="checkbox"/> 2,66		<input checked="" type="checkbox"/> 1,00	<input checked="" type="checkbox"/> 1,20	<input checked="" type="checkbox"/> 1,40	<input checked="" type="checkbox"/> 1,80	

EE-Klasse

Bereitstellung durch erneuerbare Energien	Energie [kWh/a]	Deckungsgrad [%]
PV-Strom	8071	3,7
Wärmepumpen	128321	58,9

Anforderung EE-Klasse erfüllt (mindestens 55 % Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien).

Summe Deckungsgrad: 62,6%

5 FAZIT

Der Landkreis Cloppenburg plant die energetische Sanierung der Bautechnikhallen der BBS Technik. Für den vorliegenden Beratungsbericht wurde zunächst eine Bestandsaufnahme des Gebäudes durchgeführt und der Ist-Zustand in Bezug auf die Gebäudehülle und die vorhandene Anlagentechnik aufgenommen, sowie die aktuellen Energieverbräuche dargestellt.

Anschließend wurden, auf Grundlage der Ist-Analyse, verschiedene Sanierungsvarianten in Form der Einzelmaßnahmen SV 1 bis SV 4 ausgearbeitet. Die rechnerisch höchste, jährliche Einsparung an Endenergie (ca. 52 % im Vergleich zum Ist-Zustand) ergibt sich demnach durch den Austausch der alten Heizungsanlage gegen eine Sole-Wasser-Wärmepumpe. Durch die Umsetzung dieser Sanierungsvariante könnten die CO₂-Emissionen gesenkt werden. Eine zusätzlich Senkung der CO₂-Emissionen kann durch eine CO₂-freie Stromerzeugung für den Antriebsstrom der Wärmepumpe erreicht werden.

Baulich bietet die Sanierung der Fenster (SV 4) das größte Potential. Hierdurch könnte 10 % der Endenergie eingespart werden, wodurch der CO₂-Ausstoß pro Jahr um mehr als 5 Tonnen sinken würde.

Durch eine Kombination aller Einzelmaßnahmen wären Einsparungen an Endenergie von 67 % bzw. an CO₂-Emissionen von ca. 35 % (fast 18 Tonnen pro Jahr) im Vergleich zum Ist-Zustand möglich.

Hinsichtlich der gesteckten Klimaschutzziele des Landkreis Cloppenburg, bis 2035 treibhausgasneutral zu werden, wird die Umsetzung der Maßnahmenkombination empfohlen. Durch den gesenkten Endenergiebedarf der restlichen Maßnahmen kann die eingesetzte Wärmepumpe effizienter arbeiten. Sollte sich dazu entschlossen werden, nur einzelne Maßnahmen durchzuführen, bietet sich vor allem die anlagentechnischen Maßnahmen an, da sich die Gebäudehülle aufgrund des mittleren Alters des Gebäudes noch in einem annehmbaren Zustand befindet.

Wie die Berechnungen gezeigt haben, können die zu erwartenden CO₂-Emissionen auch bei einer Umsetzung der Maßnahmenkombination nicht gänzlich vermieden werden und liegen bei knapp 7 Tonnen pro Jahr. Allerdings wird sich der deutsche Strommix im Laufe der nächsten Jahre voraussichtlich deutlich verbessern und die anzusetzenden CO₂-Emissionen pro kWh Strom werden weiter sinken. Damit das Ziel der Treibhausgasneutralität tatsächlich erreicht wird, sind für die zunächst verbleibenden Emissionen Kompensationsmaßnahmen zu ergreifen. Diese könnten z. B. der Bau und Betrieb eigener regenerativer Energieerzeugungsanlagen wie Windenergieanlagen oder Freiflächen PV-Anlagen sein. Auch eine Beteiligung an solchen Anlagen könnte zur bilanziellen Treibhausgasneutralität führen.

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 Energie-sparverordnung.

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 abgerechnet wird. Der Endenergiebedarf ist deshalb eine für den Verbraucher besonders wichtige Angabe. Die Endenergie umfasst die Nutzenergie und die Anlagenverluste.

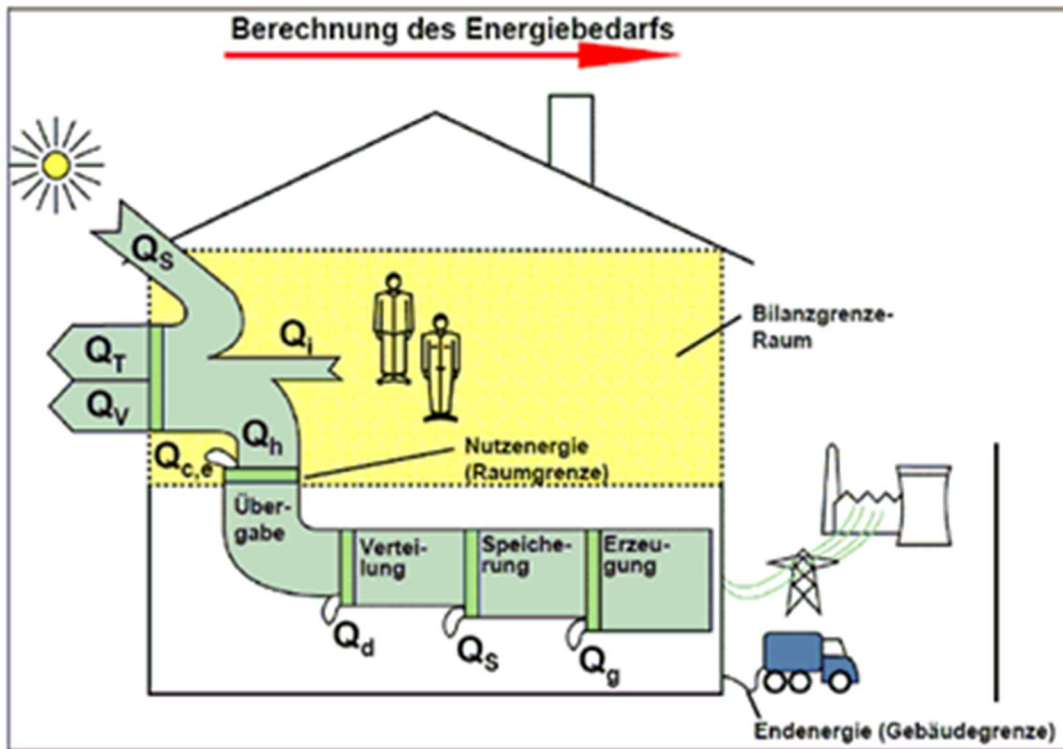


Abbildung 37 Primärenergie

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 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 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.