

Energieberatungsbericht

Im Rahmen der Förderung von Energieberatung für Kommunen
des Bundesministeriums für Wirtschaft und Ausführung

für das Nichtwohngebäude

Regionale Schule Niepars „Prof. Gustav Pflugradt“
Gartenstraße 86
18442 Niepars



Auftraggeber: Gemeinde Niepars
Gartenstraße 13 b
18442 Niepars
Deutschland

Energieberater: AEB
Bau Ing. Claus Warnkross
Knieperdamm 2 D
18435 Stralsund
BAFA Beraternummer xxx

Datum: 29.05.2020

Unterschrift



Inhaltsverzeichnis

I.	Abbildungsverzeichnis	IV
II.	Tabellenverzeichnis	IV
1	Vorbemerkungen.....	1
1.1	Ablauf und Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen	1
1.2	Treibhausgase.....	2
1.3	Energieeinsparverordnung EnEV.....	2
2	Zusammenfassende Darstellung	4
2.1	Zustand des Gebäudes	4
2.2	Sanierungsfahrplan.....	5
2.3	Wirtschaftlichkeit	6
2.4	Emissionen.....	8
2.5	Vorteile der energetischen Sanierung.....	9
2.6	Gesetze, Normen und Förderbedingungen.....	10
2.6.1	Bauliche und gesetzliche Nachrüstpflichten	10
3	Aufnahme des Ist-Zustandes	13
3.1	Gebäudebeschreibung	13
3.1.1	Gebäudecharakteristik	13
3.1.2	Modernisierung 1991-1994.....	14
3.1.3	IST-Zustand 2020	16
3.1.4	Fotographische Darstellung aller Gebäudeaußenflächen	17
3.2	Zonierung	19
3.3	Gebäudehülle	22
3.3.1	Dach.....	22
3.3.2	Außenwände	22
3.3.3	Boden.....	22
3.3.4	Fenster und Türen	23
3.3.5	Anbau	24
3.3.6	Wärmebrücken.....	27
3.3.7	Lüftungsverluste.....	28
3.4	Anlagentechnik.....	30
3.4.1	Heizung und Warmwasserbereitung.....	30
3.4.2	Beleuchtung.....	30
3.5	Energiebilanz	31

3.6	Verbrauchsabgleich	34
3.6.1	Nutzerverhalten.....	35
3.7	Thermografie	35
4	Sanierungskonzept	36
4.1	Maßnahme 1 – Dachsanierung	36
4.2	Maßnahme 2 – Fenstersanierung	36
4.3	Maßnahme 3 – Außenwandsanierung	37
4.4	Maßnahme 4 – Heizungserneuerung und Fußbodendämmung	37
4.5	Maßnahme 5 – PV-Anlage	38
4.6	Maßnahme 6 – Lüftungsanlage	38
4.7	Beleuchtung.....	39
4.8	Geringinvestive Maßnahmen	39
4.9	Bewertung der Maßnahmenkombination.....	41
5	Wirtschaftlichkeitsbewertung	44
5.1	Wirtschaftlichkeitsbewertung der Maßnahmenpakete	44
5.2	Wirtschaftlichkeitsbewertung der Gesamtsanierung	46
6	Fördermöglichkeiten	47
6.1	KfW - Kreditanstalt für Wiederaufbau	47
6.1.1	IKK-Programm 218 – Einzelmaßnahmen und Sanierung zum Effizienzhaus.....	47
6.1.2	KfW-Programm 201 – Quartiersversorgung.....	48
6.1.3	KfW-Programm 432 – Quartierskonzept – Zuschuss.....	48
6.1.4	IKK-Programm 233 – Barrierearme Stadt.....	48
6.1.5	KfW-Programm 432 – Brennstoffzelle.....	49
6.1.6	KfW-Programm 230 – Umweltinnovationsprogramm	49
6.2	BAFA - Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle	50
6.2.1	BAFA-Marktanreizprogramm	50
6.2.2	BAFA-Bundesförderung für effiziente Wärmenetze	50
6.2.3	Bundesförderung für effiziente Gebäude – Heizungsoptimierung	51
6.3	Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur	51
6.3.1	Förderung von Klimaschutzmaßnahmen an Bildungsbauten	51
6.3.2	325 Millionen Euro für Schulbauprojekte	51
6.4	Schulbauförderung: Bildungsministerium koordiniert Projekte	51
7	Anhang.....	52
7.1	Glossar	52
7.2	Brennstoffdaten	55
7.3	Digitale Anlagen.....	55

I. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vergleich der Emissionen vor und nach der Sanierung	8
Abbildung 2: Emissionseinsparung durch die einzelnen Maßnahmen	8
Abbildung 3: Südseite.....	17
Abbildung 4: Westseite	17
Abbildung 5: Nordseite.....	18
Abbildung 6: Ostseite	18
Abbildung 7: Farblegende für die Zonierung.....	20
Abbildung 8: Grundriss EG mit der Zonierung	20
Abbildung 9: Grundriss 1.OG mit Zonierung	20
Abbildung 10: Grundriss 2.OG mit Zonierung	21
Abbildung 11: Grundriss 3.OG mit Zonierung	21
Abbildung 12: Wärmebrückensanierung und Oberflächentemperaturen.....	27
Abbildung 13: Energieverluste	32
Abbildung 14: Energiebillanz	33
Abbildung 15: Endenergieverbrauch und Vergleichswert für Wärme	35
Abbildung 16: Endenergieverbrauch und Vergleichswert für Strom	35
Abbildung 17: Nutzenergie.....	41
Abbildung 18: Entwicklung des Endenergiebedarfs.....	41
Abbildung 19: Entwicklung des Primärenergiebedarfs	42
Abbildung 20: Reduzierung der Energiekosten	42
Abbildung 21: Reduzierung des CO ₂ Ausstoßes	43
Abbildung 22: Förderübersicht Wärmeenergiesysteme	50

II. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Sanierungskosten.....	6
Tabelle 2: jährliche Energiekosteneinsparung	6
Tabelle 3: Kennzahlen des Gebäudes.....	16
Tabelle 4: Zonierung des Gebäudes	19
Tabelle 5: Wärmdurchgangskoeffizienten der Gebäudehülle	26
Tabelle 6: Energieverluste	31
Tabelle 7: Energiebillanz.....	32
Tabelle 8: Gegenüberstellung zum Referenzgebäude nach EnEV.....	33
Tabelle 9: Energieverbrauch 2014-2018	34
Tabelle 10: Energieverbrauch - Energiebedarf.....	34
Tabelle 11: Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen.....	44
Tabelle 12: Wirtschaftlichkeit PV-Anlage	45
Tabelle 13: Wirtschaftlichkeit der Gesamtsanierung.....	46
Tabelle 14: KfW-Tilgungszuschuss für Einzelmaßnahmen und Effizienzhäuser.....	47

1 Vorbemerkungen

Die Schule ist heutzutage nicht nur ein Ort, an dem Schülerinnen und Schüler lernen. Durch die Ganztagsangebote verbringen sie dort auch viel Zeit. Kinder und Jugendliche sollen in den Schulen beste Bedingungen vorfinden. Neben gutem Unterricht gehören moderne Schulgebäude dazu. Diese Gebäude und Außenanlagen zu bauen, zu sanieren und zu unterhalten, ist eine gesetzliche Pflicht der Schulträger, also der Kommunen und Landkreise.

Dieser Beratungsbericht zeigt auf der Basis einer möglichst genauen Ist-Analyse Ihres Gebäudes mögliche Sanierungsmaßnahmen auf. Ziel der Maßnahmen ist die Sanierung des Gebäudes auf ein KfW-Effizienzhaus-Niveau. Dies kann als Gesamtsanierung erfolgen. Alternativ wird Ihnen eine Reihe von einzelnen Maßnahmen und Maßnahmenpaketen vorgeschlagen, die zeitlich aufeinander aufbauen und ebenfalls zu einem KfW-Effizienzhaus führen.

Diese Maßnahmen werden in Bezug auf die zu erzielende Energieeinsparung und die damit verbundenen Kosten und Förderungen beurteilt und verglichen. Damit bekommen Sie für Ihr Gebäude eine Entscheidungshilfe zu ökologisch und wirtschaftlich sinnvollen Energiesparmaßnahmen an die Hand.

Ziel einer Modernisierungsplanung muss es sein ein sinnvolles Höchstmaß an Wärmeschutz (Wärmedämmung) zu erreichen und den verbleibenden Energiebedarf zu einem hohen Anteil, besser noch vollständig mit einheimischen regenerativen Energien zu decken.

Durch eine konsequente nachträgliche Wärmedämmung und den Einsatz energieeffizienter Anlagensysteme wird der Bedarf an fossilen Energieträgern wie Heizöl und Erdgas auf ein Minimum reduziert.

Die im Folgenden ermittelten Ergebnisse basieren auf dem Berechnungsverfahren der DIN V 18599 und beziehen sich auf die Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Nichtwohngebäuden (EnEV). Die Berechnungen wurden mit der Software Energieberater 3D Plus der Firma Hottgenroth durchgeführt.

1.1 Ablauf und Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen

- Die Akteure sind sich bewusst, dass sie durch entsprechende Maßnahmen Potenzial haben, ihre Energieeffizienz zu verbessern.
- Die Akteure beschaffen sich die notwendigen Informationen (intern und extern), die eine mögliche Umsetzung der Energieeffizienzmaßnahmen unterstützen. Die Informationsverarbeitung hat die spätere Entscheidungsfindung zum Ziel.
- Die Entscheidung zur Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen wird getroffen.
- Die Energieeffizienzmaßnahmen werden umgesetzt.
- Die umgesetzte Maßnahme wird in die betrieblichen Abläufe eingebunden (z.B. Mitarbeiterschulungen etc.)

1.2 Treibhausgase

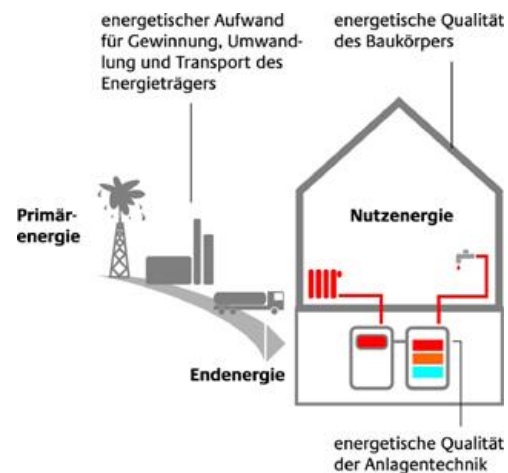
Bei jeder Nutzung von Energieträgern als Brennstoff wird CO₂ freigesetzt. Die dabei entstehende Menge an CO₂ hängt zum einen von der Art, zum anderen von der Menge des verbrannten Brennstoffs ab. So werden z. B. bei der Verwendung von Heizöl je verheiztem Liter Brennstoff etwa 3 kg CO₂ und bei der Erzeugung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

1.3 Energieeinsparverordnung EnEV

Im Jahr 2002 wurde die erste Energieeinsparverordnung EnEV in Kraft gesetzt und seither in mehreren Stufen weiterentwickelt. Ein wesentliches Ziel dieser „Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden“ ist es, den Energieverbrauch von Neu- und Altbauten künftig weiter zu reduzieren. Die derzeit gültige Fassung der EnEV von 2013 stellt Anforderungen an den Wärmeschutz, an heizungstechnische Anlagen und Warmwasseranlagen sowie den nicht erneuerbaren Anteil des Primärenergiebedarfs von Gebäuden.

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

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



Hinweise

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

- Der erstellte Energiebericht, und die darin gemachten Angaben unterliegen dem Datenschutz, und werden nicht an Dritte weitergeben
- Dieser Beratungsbericht wurde nach bestem Wissen auf Grundlage der verfügbaren Daten erstellt. Irrtümer sind vorbehalten. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleibt in der Verantwortung der durchführenden Fachfirmen. Die Kostenangaben basieren auf marktüblichen Vergleichspreisen zum Zeitpunkt der Berichterstellung. Bei künftigen Investitionen sollten immer mehrere Vergleichsangebote eingeholt werden, um den geeignetsten Anbieter zu ermitteln.
- Die Berechnungen des vorliegenden Berichts basieren auf den Geometriedaten des unsanierten Gebäudes. Für sämtliche energetischen Nachweise sind grundsätzlich die Geometriedaten der Sanierungsplanung zugrunde zu legen.
- Eine Gewähr für die tatsächliche Erreichung der abgeschätzten Energieeinsparung kann nicht übernommen werden, weil nicht erfasste Randbedingungen wie außergewöhnliches Nutzerverhalten, untypische Bauausführung usw. Einflüsse darstellen, die im Rahmen dieser Orientierungshilfe nicht berücksichtigt werden können.
- Der Beratungsbericht ist urheberrechtlich geschützt und alle Rechte bleiben dem Unterzeichner vorbehalten. Der Beratungsbericht ist nur für den Auftraggeber und nur für den angegebenen Zweck bestimmt.
- Eine Vervielfältigung oder Verwertung durch Dritte ist nur mit der schriftlichen Genehmigung des Verfassers gestattet.
- Eine Rechtsverbindlichkeit folgt aus dieser Stellungnahme nicht. Sofern im Falle entgeltlicher Beratungen Ersatzansprüche behauptet werden, beschränkt sich der Ersatz bei jeder Form der Fahrlässigkeit auf das gezahlte Honorar.
- Der Beratungsbericht wurde dem Auftraggeber in einem Exemplar überreicht.

2 Zusammenfassende Darstellung

Für das Schulgebäude der Gemeinde Niepars wurde, auf der Grundlage mehrerer Ortsbegehungen und den unterschiedlichsten Unterlagen des Architekten Axel Bauer sowie der Fa. Ottensmeier aus Martensdorf, eine Energieberatung durchgeführt.

Die Ergebnisse sind in dem nachfolgenden Beratungsbericht auf Basis der Richtlinien des Bundes zur Förderung der Kommunalen Energieberatung zusammengestellt. Hierzu wurden aus den bau- und heizungstechnischen Daten die Energieströme des Gebäudes ermittelt. Die Energieströme setzen sich hierbei aus den Transmissionswärmeverlusten (Wärmedurchgang) der Gebäudehülle, insbesondere Fenster, Außenwände, Geschossdecken und Dachflächen, den Lüftungswärmeverlusten und den Verlusten in der Heizungsanlage, sowie denen der Trinkwarmwasserbereitung zusammen.

Nach der Ermittlung des Ist-Zustandes wurden die Schwachstellen analysiert, Maßnahmen zur Sanierung erarbeitet und anschließend eine Wirtschaftlichkeitsbewertung erstellt. Die Durchführung und der Erfolg einzelner Maßnahmen bleibt in der Verantwortung der durchführenden Fachfirmen. Die Kostenangaben sind Erfahrungswerte. Bei künftigen Investitionen sollten immer mehrere Vergleichsangebote eingeholt werden.

2.1 Zustand des Gebäudes

Dach und Fenster: Zustand von 1994

Sockel: Ungedämmte Ausführung originaler Zustand aus der Entstehungszeit

Außenwände

Giebelseiten: Vorhangfassade mit Klinkerplatten und Mineralfaserdämmung, gesamte Aufbauhöhe 10 cm mit ca. 6cm Dämmung, starker Algenbewuchs

Brüstungen Nord-, Ost- und Westseite : Vorhangfassade mit Kunststoff Verkleidung in Putzoptik mit max. 8 cm Dämmung und starker Verschmutzung

Brüstungen Südseite: WDVS mit max. 8cm Dämmung

Außenwand Treppenträume: Fenster Glas Fassadensystem und Außenwände mit 2 bis 6 cm WDVS

2.2 Sanierungsfahrplan

Es ist auf eine sinnvolle zeitliche Abfolge der einzelnen Maßnahmen/Maßnahmenkombinationen und der Gebäudeteile zu achten. Nur so ist eine kostengünstige und effiziente Sanierung möglich. Aus unserer Sicht gibt es nur einen sinnvollen Weg.

Maßnahmenpaket 1 Dachsanierung

- Demontage der kompletten Eindeckung
- neuer Dachaufbau mit neuer Dämmstärke
- Dacheindeckung Kunststoffbahn

Maßnahmenpaket 2 Fenstersanierung

- neue Fenster mit Fensterpfalzlüftern
- Sonnenschutzrollos

Maßnahmenpaket 3 Außenwandsanierung

- Wände sanieren bzw. renovieren
- Neues Außendämmsystem für alle Außenseiten der Außenwände

Maßnahmenpaket 4 Heizungserneuerung und Fußbodendämmung

- Fußbodenaufbau mit Fußbodenheizung (optional Wände-Deckenheizung)
- Heizverteilung, Elektro, Wasser
- Erweiterung der vorh. Heizungsanlage mit einer Wärmepumpe
- Einbau hybridfähige Steuerung und Regelungstechnik
- Demontage der alten Verteilung

Maßnahmenpaket 5 Photovoltaik

- Photovoltaikanlage
- Errichtung Batteriespeicher Optional

Maßnahmenpaket 6 Lüftung

- Fensterpfalzlüfter im Zusammenhang mit der Fenstererneuerung
- Dezentrale Lüftungsgeräte für die Klassenräume und Aufenthaltsräume
- gesteuerte Abluft Sanitärräume

Die Maßnahmenpakete 1-3 reduzieren erheblich die Transmissionswärmeverluste durch die Gebäudehülle. Die Maßnahmenpakete 4 & 5 erhöhen den Anteil regenerativer Energie im Gebäude. Das Maßnahmenpaket 6 erhöht den Nutzerkomfort und passt diesen auf die Anforderungen an moderne Schulgebäude an.

2.3 Wirtschaftlichkeit

Sanierungskosten

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die in der Berechnung angesetzten Kosten. Dabei handelt es sich um Erfahrungswerte. Die Kosten für die Sanierungsmaßnahmen sind durch eine Angebotseinholung zu ermitteln. Dabei kann es bedingt durch die aktuelle Boom-Situation in der Baubranche zu höheren Kosten kommen. Auch kann keine Aussage über zukünftige Kosten aus den Angaben abgeleitet werden.

Maßnahmenpakete	Investition [€]	Sowiesokosten [€]	Energetische Mehrkosten [€]
1. Dach	180.000,00	164.200,00	15.800,00
2. Fenster	1.106.100,00	1.106.100,00	0,00
3. Außenwand	630.600,00	548.400,00	82.200,00
4. Heizungserneuerung + Fußbodendämmung	696.200,00	572.100,00	124.100,00
5. PV	38.600,00	0,00	38.600,00
6. Lüftungsanlage	142.800,00	0,00	142.800,00
Gesamt	2.794.300,00	2.390.800,00	403.500,00

Tabelle 1: Sanierungskosten

Energiekosteneinsparung

Den Kosten für die Sanierung stehen Einsparungen bei den Energiekosten gegenüber. Mit einer Sanierung zum Effizienzhaus 70 ergibt sich eine Kosteneinsparung von ca. 21.000 € brutto jährlich. Mit der Durchführung der Sanierung lassen sich die Kosten kontinuierlich reduzieren.

Energiekosten vor Sanierung [€/a]	40.000	
Sanierungsmaßnahme	Einsparung	
	[%]	[€/a]
1. Dach	2	800
2. Fenster	17	6800
3. Außenwand	6	2400
4. Heizungserneuerung + Fußbodendämmung	26	10400
5. PV	11	4400
6. Lüftungsanlage	-9	-3600
Gesamteinsparung	53	21200

Tabelle 2: jährliche Energiekosteneinsparung

Für die Sanierung zum Effizienzhaus 70 stehen den energetischen Mehrkosten von ca. 403 000 € Kosteneinsparungen von ca. 21.200 €/a gegenüber. Somit ergibt sich eine Amortisationszeit von ca. 19 Jahren. Werden Fördermittel für die Sanierung in Anspruch genommen, dann kann die Amortisationszeit noch deutlich geringer ausfallen. Die KfW zahlt für die Sanierung zu einem KfW- 70 Effizienzhaus (Programm 218 bauen und sanieren) welches durch die Gesamtsanierung erreicht wird einen Tilgungszuschuss von 27,5 % auf die Gesamtinvestition. Hier sind die Investitionskosten für die Wärmepumpe und die PV-Anlage vorher abzuziehen da diese über andere Förderprogramme bezuschusst werden. Durch die abgeschätzten Investitionskosten würde sich so ein Tilgungszuschuss von ca. 740 000 € ergeben. Der maximale Tilgungszuschuss für die Schule liegt bei ca. 950 000 €. Zusätzlich werden 25 000 für die Wärmepumpe aus dem BAFA-Anreizprogramm bezuschusst.

Betrachtet man die energetischen Mehrkosten unter dem Aspekt der Lebensdauer, so wurde die Schule jetzt ca. 50 Jahre genutzt. Nach der Komplett Sanierung kann die Schule mindestens wieder so lange genutzt werden.

Anlagentechnik wie Wärmeerzeuger und Lüftungsgeräte haben eine Lebensdauer von max. 15 Jahren.

Anmerkung

Aufgaben der Schulträger:

„Die Schulträgerschaft umfasst insbesondere die Aufgaben, die Schulgebäude und -anlagen zu errichten, zu unterhalten und zu verwalten, das Verwaltungs- und Hilfspersonal der Schule zu stellen und den Sachbedarf des Schulbetriebs zu decken.“

Schulgesetz für das Land Mecklenburg-Vorpommern (Schulgesetz – SchulG M-V§ 102)

2.4 Emissionen

Das folgende Diagramm zeigt die Emissionen im Ist-Zustand und wie diese durch die Sanierungsmaßnahmen reduziert werden können. Bei der Durchführung aller Maßnahmen können bis zu 59 % der aktuellen jährlichen Emissionen vermieden werden.

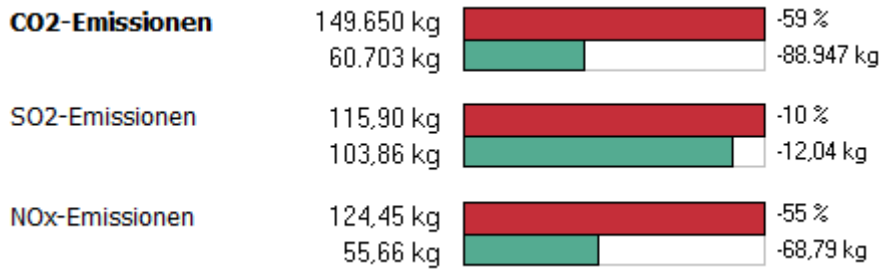


Abbildung 1: Vergleich der Emissionen vor und nach der Sanierung

Wie sich die Sanierung der einzelnen Schritte auf die CO₂-Emissionen des Gebäudes auswirkt, ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Dabei zeigt sich, dass durch die Sanierung von Dach, Fenstern und der Außenwände 26 % der Emissionen eingespart werden können. Weitere Reduktionen der Emissionen sind durch die Erneuerung der Anlagentechnik möglich.

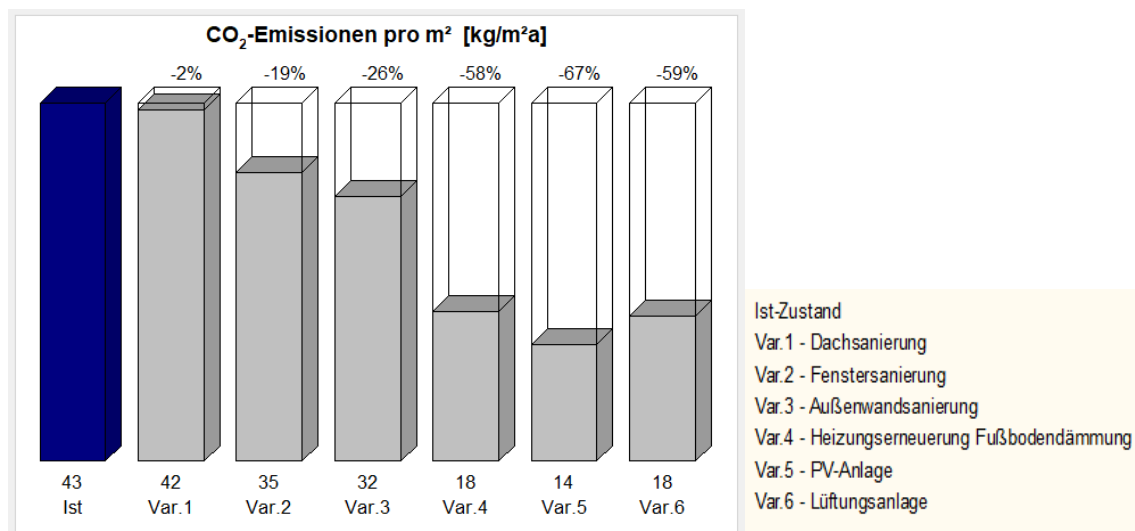


Abbildung 2: Emissionseinsparung durch die einzelnen Maßnahmen

2.5 Vorteile der energetischen Sanierung

Im Folgenden sind die Vorteile einer energetischen Sanierung zusammengefasst.

- Energiekosteneinsparung
- Langfristige Absicherung durch überschaubare Heizkosten
- Kostensicherheit durch geringere Abhängigkeit von Energiepreisschwankungen
- Steigerung des Nutzerkomforts und höhere Behaglichkeit durch Vermeidung von Zugerscheinungen, höhere Oberflächentemperaturen, bessere Temperaturverteilung im Raum, Vermeidung von Fußkälte und verbesserter sommerlicher Wärmeschutz
- Verbesserter Schallschutz durch neue Fenster und Wärmedämmung
- Geringere Gefahr von Schimmelpilzbildung durch höhere Oberflächentemperaturen
- Wertsicherung des Gebäudes durch Umwandlung von Energiekosten in Investitionen
- Ästhetische Aufwertung des Gebäudes
- Imageaufwertung und Beitrag zur Verbesserung des sozialen Umfeldes
- Gutes ökologisches Gewissen durch umweltfreundliches Gebäude
- Vorbildfunktion der Gemeinde bezüglich der Sanierung von Gebäuden

Die thermische Behaglichkeit eines Raumes hängt von seiner Temperatur, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit (Luftzug) ab.

In allen europäischen Ländern gibt es Richtlinien für eine Mindestraumtemperatur in Klassenzimmern, die per Gesetz oder in Normen festgelegt sind. Diese Mindestanforderungen variieren von Land zu Land und je nach Jahreszeit, liegen jedoch in einer Spanne von 17 °C bis 20 °C. Eine Vorgabe für die maximale Raumlufttemperatur in Klassenzimmern ist weitaus seltener anzutreffen. Diese liegt dann zwischen 22 °C und 29 °C. Das Temperaturempfinden hängt nicht nur von der Raumtemperatur, sondern auch von der Temperatur der Wände, Decken und Fußböden ab.

Mit steigender Temperatur und Luftfeuchtigkeit ist ein wachsendes Unbehagen zu verspüren und dass sich Lernleistung und -ergebnis infolge abnehmender Konzentrationsdauer verschlechtern. Hohe Raumtemperaturen sind auch mit Kopfschmerzen sowie Augen-, Nasen-, Ohren- und Rachenbeschwerden verbunden.

Eine hohe Luftfeuchtigkeit wiederum konnte mit vermehrtem Auftreten von Schimmelpilzen in Verbindung gebracht werden, was seinerseits bestimmte Symptome verursachen oder verschlimmern kann.

Der verbesserte Wärmeschutz der Gebäudehülle, d.h. Wände, Fenster, Boden, Decke bzw. Dach führt zu einer Erhöhung der inneren Oberflächentemperaturen der Wände etc. Die energetische Sanierung steigert damit die thermische Behaglichkeit der Nutzer deutlich, so dass neben einer Reduzierung der laufenden Energiekosten durch den erhöhten Komfort zusätzlich eine deutliche Steigerung des Wohlbefindens entsteht.

Die durchgeführten Sanierungsmaßnahmen führen neben der verbesserten Energiebilanz des Gebäudes zu einer Lebensdauerverlängerung der Immobilie.

2.6 Gesetze, Normen und Förderbedingungen

Die folgenden Gesetze und Normen sind bei der energetischen Sanierung von Schulen zu beachten.

- GEG noch nicht in Kraft (2020)
- Energieeinsparverordnung – EnEV 2014
- Energieeinsparungsgesetz – EnEG
- Erneuerbare - Energien - Wärme – Gesetz EEWärmeG Teil 2, §3 Absatz2
- Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR)
- DIN EN 13779-2007 – Lüftung von Nichtwohngebäuden
- DIN EN 12464 – Planung künstliche Beleuchtung

Bei der Inanspruchnahme von KfW- Mitteln sind die Förderbedingungen zu berücksichtigen.

- Merkblatt bzw. Anlage zum Merkblatt – Technische Mindestanforderungen
Anforderungen an ein KfW – Effizienzgebäude

Bei der Inanspruchnahme von Bafa- Mitteln gelten ebenfalls Anforderungen an die umzusetzenden Maßnahmen.

- Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien
- Technische Mindestanforderungen/ Liste der Wärmepumpen

2.6.1 Bauliche und gesetzliche Nachrüstpflichten

Nutzung erneuerbarer Energien

Die öffentliche Hand muss den Wärme- und Kälteenergiebedarf von bereits errichteten öffentlichen Gebäuden, die sich in ihrem Eigentum befinden und grundlegend renoviert werden, durch die anteilige Nutzung von Erneuerbaren Energien decken.

Wärmeerzeuger

Eigentümer von Gebäuden dürfen Heizkessel, die mit flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen betrieben werden und vor dem 1. Oktober 1978 eingebaut oder aufgestellt worden sind, nicht mehr betreiben. (Ausnahmen NT-Kessel, Brennwert-Kessel, besonders kleine oder große Anlagen).

Ungedämmte, zugängliche Wärmeverteiler- und Warmwasserleitungen, die sich in unbeheizten Räumen befinden, sind zu dämmen.

Gebäudehülle

Eigentümer von Nichtwohngebäuden müssen dafür sorgen, dass bisher ungedämmte, nicht begehbare, aber zugängliche oberste Geschossdecken beheizter Räume so gedämmt sind, dass der Wärmedurchgangskoeffizient der Geschossdecke einen U-Wert von $U=0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ nicht überschreitet. Die Pflicht gilt als erfüllt, wenn anstelle der Geschossdecke das darüber liegende, bisher ungedämmte Dach entsprechend gedämmt wird. Für begehbare, bisher ungedämmte oberste Geschossdecken beheizter Räume besteht die Dämmpflicht ab dem 1. Januar 2012.

Austausch Fenster

Bei Gebäudesanierungen gilt: ein Austausch muss unbedingt im Rahmen eines baulichen Gesamtkonzepts durchgeführt werden, welches Dämmmaßnahmen in der Fassade in die Überlegungen mit einbezieht. Dies gilt vor allem dann, wenn die bestehenden Außenwände eine relativ schlechte Dämmwirkung haben und zu befürchten ist, dass mit dem Einbau neuer Fenster die Gefahr der Tauwasserbildung auf den Wandflächen bzw. in Wandecken oder Laibungen, mit Folge von Schimmelbildung, entsteht.

Lüftung

Stehen in Bestandsgebäuden keine oder keine sofortigen Investitionsmittel für eine mechanisch betriebene Lüftung zur Verfügung, muss zunächst weiterhin ein Luftaustausch mittels Fensterlüftung erfolgen. Dieser soll dann gezielt und sachgerecht erfolgen, um eine größtmögliche Annäherung an die Luftqualitätsvorgaben für CO₂ zu erreichen. Grundlage dafür ist eine fundierte Information, wann eine Fensterlüftung erfolgen muss. Dies sollte durch eine gezielte Aufklärung erfolgen; auch CO₂ Sensoren/ Lüftungsampeln können hilfreiche Informationen liefern.

Eine Lüftung über Fenster allein reicht zum Erreichen einer guten Innenraumluftqualität während des Unterrichts in Schulgebäuden nicht aus. Eine Konzeption bestehend aus Grundlüftung über mechanische Lüftungsanlagen und Zusatzlüftungsmöglichkeit über Fenster in den Pausen (hybride Lüftung) wird vom Arbeitskreis Lüftung dringend am Bundesumweltamt empfohlen.

Der Arbeitskreis Lüftung am Bundesumweltamt geht davon aus, dass die eingangs genannten Schutzziele des Ausschusses für Innenraumrichtwerte und der Arbeitsstättenverordnung eingehalten werden, wenn der arithmetische Mittelwert von 1.000ppm CO₂ über die Dauer einer Unterrichtseinheit (in Schulen üblicherweise 45 Minuten, ohne Pausen) nicht überschritten wird.

Die Qualität der Innenraumluft in Bildungseinrichtungen ist ein wichtiger Faktor zur Sicherstellung des Gesundheitsschutzes für Lernende und Lehrende sowie aller weiteren Nutzer, die sich einen großen Teil des Tages in Räumen von Bildungseinrichtungen aufhalten. Gleichzeitig sind die Anforderungen energiesparenden und nachhaltigen Bauens zu erfüllen. Zur Sicherstellung einer gesundheitlichen Unbedenklichkeit der Innenraumluft in sanierten und neu gebauten Schulen ist neben der Verwendung emissionsarmer Bauprodukte und Einrichtungsgegenstände ein ausreichender Luftwechsel zur Abfuhr belasteter und Zufuhr frischer Luft zwingend erforderlich.

Dezentrale Lüftungsanlage

Dezentrale Lüftungsanlagen sollten so ausgelegt werden, dass sie aus Gründen des Schallschutzes und der Energieeffizienz bei 80% ihrer Nennleistung betrieben werden. Die Lüftungsregelung soll möglichst einfach und bedarfsgerecht sein. Bei Einzelgeräten (dezentrale Geräte) können Zeit-, Präsenz- oder auch CO₂-Regelungen realisiert werden. Das Gleiche gilt für zentrale Anlagen, bei denen die Funktionalität sowie der Aufwand für Investitions- und Betriebskosten dieser Regelparameter in der Planung unbedingt berücksichtigt werden müssen. Lüftungsanlagen sollten zusätzlich zur Wärme- auch mit Feuchterückgewinnung geplant werden, um zu niedriger Luftfeuchte in der kalten Jahreszeit zu vermeiden. Der Einsatz von Luftfiltern ist bei mechanischen Lüftungsanlagen zwingend erforderlich und richtet sich bzgl. der Qualität nach den Anforderungen im Innenraum und den Außenluftbedingungen, es sind die Mindestvorgaben der entsprechenden Lüftungsnormen zu beachten

Beleuchtung

An die Ausleuchtung von Unterrichtsräumen werden hohe Anforderungen gestellt. Ausreichendes Tageslicht, eine farblich angenehme künstliche Beleuchtung, gleichmäßige Lichtverteilung, die Vermeidung von Blendungen (sowohl von künstlichen Lichtquellen als auch von der Sonneneinstrahlung) und eine kontrastreiche Farbgestaltung sind anzustreben.

Für die verschiedensten Bereiche wie Unterrichts- und Fachräume, Wandtafeln, Flure, Lehrerzimmer etc. sind die Beleuchtungsstärken, die mindestens eingehalten werden müssen, in der Arbeitsstättenrichtlinie (ASR) geregelt.

Zu einem guten Lernumfeld in der Schule gehört eine unterstützende, möglichst natürliche Beleuchtung. Vielfach haben die Unterrichtsräume große Fenster, die tagsüber an hellen Tagen für eine ausreichende Ausleuchtung der Räume sorgen. Bei Verdunklung bei zu starker Sonneneinstrahlung und an trüben oder dunklen Tagen wird zusätzlich Kunstlicht benötigt. Dabei ist nicht nur eine ausreichende Helligkeit wichtig, sondern auch die Lichtqualität ist ein wichtiger Faktor (Farbwiedergabe, Flimmerfreiheit, Blendung etc.)

Lichtmanagement

Präsenzsteuerung: Erfassung von Anwesenden, um Licht nur bei Bedarf einschalten zu lassen.

Präsenzmelder werden im Bereich Gebäudesteuerung vielfältig eingesetzt, u.a. auch zur Steuerung von Heizen und Lüften. Häufig kommen Passiv- Infrarot- Melder zum Einsatz.

Tageslicht abhängige Steuerung: Im Gegensatz zur anwesenheitsabhängigen Steuerung durch Bewegungsmelder wird mittels der tageslichtabhängigen Steuerung die Beleuchtungsstärke im zu beleuchtenden Bereich auf einen festen Wert gehalten. Die Steuerung reagiert auf Tageslichteintrag.

3 Aufnahme des Ist-Zustandes

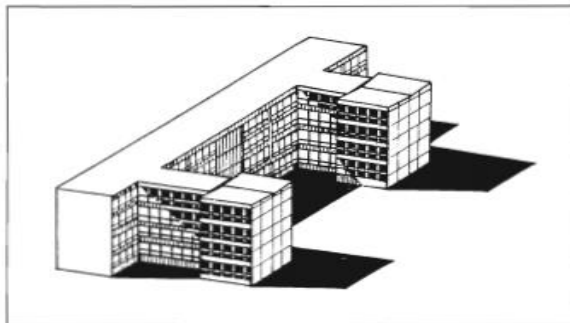
3.1 Gebäudebeschreibung

3.1.1 Gebäudecharakteristik

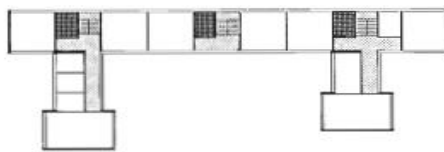
Gebäudekatalog

27 Räume $\geq 50 \text{ m}^2$	19 Räume / 50 m^2
Hauptnutzfläche (HNF)	8 Räume / 75 m^2
Bruttogrundfläche (BGF)	$2\,080 \text{ m}^2$
Bruttorauminhalt (BRI)	$3\,411 \text{ m}^2$
BGF / HNF	$13\,171 \text{ m}^3$
BRI / HNF	1,64
Baujahre	6,33
Standorte	ca. 1967 bis 1985
	in Mecklenburg-Vorpommern

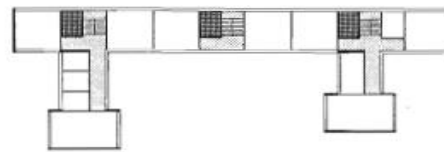
Typenschule Rostock



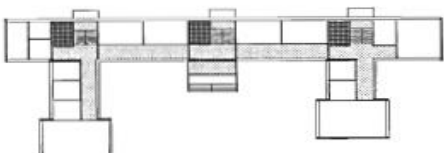
Verkehrsflächen
Sanitärräume



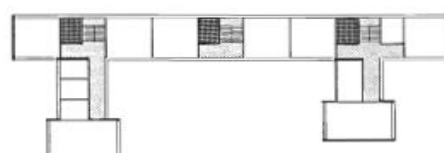
1. Obergeschoß



3. Obergeschoß



Erdgeschoß



2. Obergeschoß

Gebäudecharakteristik

Der Gebäudetyp Rostock besteht aus einem nach dem Schusterprinzip erschlossenen viergeschossigen Unterrichtsraumgebäude mit drei Treppenhäusern, die nur im Erdgeschoß miteinander verbunden sind sowie zwei viergeschossigen, über Verbindungsbauten angeschlossenen Fachraumgebäuden. Alle Klassenräume sind zweiseitig belichtet und belüftet. Der Installationskeller ist 1,1 m hoch. Der Gebäudetyp wurde auch als Doppelstandort ohne interne Verbindung gebaut.

Bautechnische Merkmale

Montagebauweise mit tragenden Querwänden
Laststufe: $50 \text{ kN} / \text{Montageelement}$
Gründung auf Streifenfundamenten
Rastermaße: $3,6 \text{ m}, 7,2 \text{ m}$
Geschoßhöhe: $3,3 \text{ m}$, Giebelwände und Brüstungsplatten aus Leichtbeton, innenliegende Dämmung
Außenfenster: Holzverbundfenster
Decken: Stahlbetonfertigteildecken
Dächer: Kaltdach als Schmetterlingsdach mit Innenentwässerung, Drempel aus Fertigteilen

3.1.2 Modernisierung 1991-1994

Modernisierungsbeispiel

Gebäudetyp	Rostock
Baujahr	1973
Baumaßnahme	Teilsanierung
Bauzeit	1991-1994
Hauptnutzfläche	2080 m ²
Bruttogrundfläche	3411 m ²
Räume ≥ 50 m ²	27
Planung	aib Architektur- und Ingenieurbüro Nord GmbH Rosa-Luxemburg-Str. 14, 18055 Rostock
Schulträger	Gemeinde Niepars, Bauverwaltung Gartenstraße 71, 18442 Niepars
Standort	Schulstraße, 18442 Niepars

Realschule Niepars



Modernisierungsanlaß

Am Gebäude der Haupt-/Realschule mit Grundschulteil war in zwanzigjähriger Nutzungszeit ein Instandsetzungsstau entstanden, der eine bauliche Teilmodernisierung dringend erforderlich machte. Sie umfaßte Dach und Fassade mit Außenfenstern und Außentüren und der konstruktiven Sicherung der Brüstungen sowie die Umstellung der Wärmeversorgung auf Erdgas.

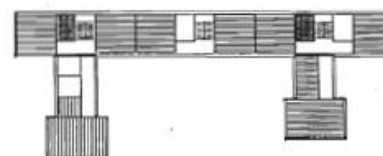
Nutzung als Haupt-/Realschule mit Grundschulteil

Modernisierungsergebnisse

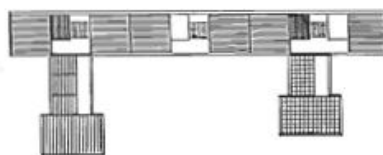
Die Schule Niepars ist ein Beispiel dafür, wie Bauschäden und Mängel an einem Typenschulgebäude in einem ersten Schritt durch eine Teilmodernisierung beseitigt werden können. Die Kostenabrechnung lag bei etwa 25 % eines Neubaufaufwandes.

Mängel im Bereich des Brandschutzes (Größe der Brandabschnitte, Trennung von Erschließungsfluren und Treppenträumen, zwei unabhängige Rettungswege von jedem Unterrichtsraum aus, Brandschutztüren) fallen im Rahmen einer solchen Teilsanierung z.T. noch unter Bestandsschutz, sind jedoch bei einer umfassenden Modernisierung durchzuführen. Notwendig ist auch die Ergänzung der Schulanlage durch eine Sporthalle.

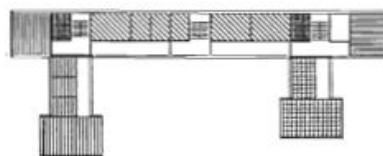
3. Obergeschoß



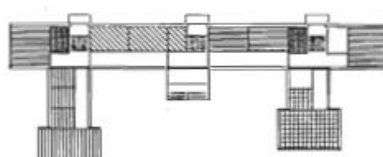
2. Obergeschoß



1. Obergeschoß



Erdgeschoß



Legende

	allgemeiner Unterrichtsbereich
	naturwissenschaftlicher Bereich
	musisch technischer Bereich
	Gemeinschaftsbereich
	Lehrer- und Verwaltungsbereich
	Sanitärräume

Realschule Niepars

Modernisierungsbeispiel

Modernisierungsmaßnahmen

Außenwände: Der konstruktive Aufbau der tragenden und nichttragenden Außenwände und die zu geringe Wärmedämmung führten zu thermischen Spannungen, Rissen, Durchfeuchtungen und Wärmeverlusten, die durch eine neue Fassadenausführung beseitigt worden sind. Die tragenden Giebelwände wurden mit hinterlüfteten Tonplatten auf Unterkonstruktion mit Wärmedämmung verkleidet. Die 7,20 m langen Brüstungsplatten wurden konstruktiv gesichert und die Brüstungen und Drenpfelächen mit wärmegeädätmtem Kunststoff belegt. Für diese statisch-konstruktive Sanierung der Fassade liegt eine Grundsatzlösung vor. Die Erfahrungen bei gleichen Arbeiten an anderen Standorten des Gebäudetyps haben jedoch gezeigt, daß der Sicherungsaufwand unterschiedlich ist und auf der Grundlage eines statischen Gutachtens zur Schadenssituation standortbezogen festgestellt werden muß.

An den Treppenhauselementen und Rahmen der Eingangsbereiche wurde zur Beseitigung der Betonabplatzungen und Korrosionsstellen an der Bewehrung eine Betonsanierung entsprechend den Regeln der Technik ausgeführt. Um die Treppenhäuser der Nebeneingänge als Zäsur zum langen Klassengebäude auszubilden, wurden die Drenpfelbereiche über den Treppenhäusern nicht mit Fassadenelementen verkleidet, sondern durch entsprechende Farbgebung den Treppenhäusern zugeordnet. Die Waschoberfläche der Drenpfelbereiche wurde durch Oberflächenvergütung als glatte Oberfläche ausgebildet. Im sichtbar bleibenden Bereich der Treppenhauselemente erfolgte eine Fugenüberdeckung mit Dichtungsband und Spachtelung.

Außentüren: Die Außentüren und die Pendeltüren im Windfang des Haupteinganges wurden komplett erneuert. Neu eingebaut wurden Aluminiumtüren mit Iso-Verbundversicherheitsgläsern. Die über den Türflügeln angeordneten Oberlichter sind dreigeteilt und ebenfalls mit Isolierglas versehen.

Außenfenster: Die neuen Außenfenster sind Kunststofffenster mit oberen Dreh- und unteren Kippflügeln sowie festen Randelementen. Sie erfüllen die Anforderungen zur Schlagregensicherheit und zur Fugendurchlässigkeit der Beanspruchungsgruppe B nach DIN 18 055, der Wärmedämmung nach DIN 4108 sowie des Rahmenmaterials der Gruppe 1.

Decken: Die sichtbaren Durchbiegungen der schlaffbewehrten 7,20 m langen und sehr schlanken Deckenelemente, die aufgrund der vollen Ausnutzung der zugelassenen Betonspannungen bald nach dem Einbau entstanden, schränken die Tragfähigkeit der Deckenelemente nicht ein.



Gebäudetyp Rostock in Niepars/Mecklenburg-Vorpommern nach Sanierung der Außenhaut

Dächer: Mit der Dachsanierung erfolgte entsprechend der Forderung der zweiten WSVO (0,45 W/m²K) die zusätzliche Wärmedämmung der Decke über dem letzten Obergeschoß. Hier wurden 4 cm starke Mineralfasermatten zusätzlich im Drenpfel verlegt. Nach Fertigstellung der Dachfläche wurde die Blitzschutzanlage erneuert.

Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen: Die Kalt- und Warmwasseranschlüsse und die WC-Anlagen wurden entsprechend der finanziellen Möglichkeiten erneuert.

Planungs- und Kostenkennwerte

m ² HNFa	2 080
m ² BGf/m ² HNFa in %	163,99
DM BWK i91/m ² HNFa	938,40
DM BWK i91/m ³ BRta	148,20

siehe auch: Kostenermittlungen, Modernisierung von Typenschulbauten in den neuen Ländern, ZNWB 1998

3.1.3 IST-Zustand 2020

Ort:	Gartenstr. 48,
Bundesland:	Mecklenburg-Vorpommern
Gebäudetyp:	Nichtwohngebäude
Baujahr:	1973
Nutzung:	Nichtwohngebäude Schulgebäude
Bauweise	Plattenbau
Vollgeschosse	4
Beheiztes Gebäudevolumen:	$V_e = 13017,5 \text{ m}^3$
Gebäudehüllfläche:	$A = 6124,55 \text{ m}^2$
Kompaktheit:	$A/V = 0,47 \text{ m}^{-1}$
Energiebezugsfläche/ Nutzfläche:	$A_{NGF} = 3.462,33 \text{ m}^2$
Mittlere Raumhöhe:	$H = 3,30 \text{ m}$

Tabelle 3: Kennzahlen des Gebäudes

Das Schulgebäude ist ein Typenbau, in sogenannter Plattenbauweise. Die Außenwände sind Stahlbeton Fertigteile mit Kerndämmung, welche von den Außenseiten zusätzlich mit Dämmstärken unter 10 cm gedämmt wurden. An den Fassaden sind in den meisten Bereichen altersbedingte Abnutzungen und Gebrauchsspuren vorzufinden.

Die Dacheindeckung zeigt in der Thermografie kein einheitliches Bild. Es ist davon auszugehen das seit der Sanierung (1991-1994) keine weiteren Dämmmaßnahmen und Instandhaltungsarbeiten durchgeführt wurden. Flachdächer mit Produkten von Icopal, haben eine Lebensdauer von ca. 25 Jahren. Hier ist von einer Erneuerung in absehbarer Zeit auszugehen.

Die Fenster sind zusammen mit dem Dach, im Zusammenhang mit den Instandhaltungsarbeiten am Gebäude im Jahr 1991-1994 neu eingebaut worden und sind daher in einem ihrem Alter entsprechenden Zustand. Sie weisen erhebliche Undichtigkeiten und nur einen unzureichenden Dämmwert auf.

Die Rohrleitungen der Heizverteilung welche sichtbar in Flur-, Neben- und Klassenräumen waren, sind nicht isoliert.

3.1.4 Fotografische Darstellung aller Gebäudeaußenflächen



Abbildung 3: Südseite



Abbildung 4: Westseite



Abbildung 5: Nordseite



Abbildung 6: Ostseite

3.2 Zonierung

Durch die Bestimmung von Zonen innerhalb eines Gebäudes werden Räume, die dieselben Nutzungsbestimmungen haben (z.B. Flure, Büroräume etc.), zu gemeinsamen Bereichen zusammengefasst, um diese später einfacher bearbeiten zu können. Dabei folgt diese Kategorisierung den Nutzungsrandbedingungen der DIN 18599-10. Ist jeder Raum innerhalb der thermischen Hülle einer Zone zugeordnet, können diese nun untereinander nochmals nach Ausstattungskriterien wie z.B. Klima-/ Heizungsanlagen, Lichtinstallationen etc. unterschieden werden. Dabei sollten jedoch darauf geachtet werden, nicht zu viele unnötige Zonen einzurichten, sondern lediglich die größten Unterschiede der Raumnutzungen zu erfassen.

Bei der Regionalen Schule Niepars ergab die Zonierung des Gebäudes, in insgesamt 10 verschiedene Zonen, die in der folgenden Tabelle aufgeführt sind. Die Beschreibung der Zonen mit den Nutzungsparametern ist der Anlage zu entnehmen. Die Zuordnung der einzelnen Räume zu den Zonen ist den folgenden Abbildungen zu entnehmen.

Überblick über die Konditionierung der Zonen						
Zone	Heizung	Kühlung	Beleuchtung	mech. Lüftung	Trinkwarmwasser	Nettogrundfläche, in [m²]
Einzelbüro	x		x			67,23
Hörsaal, Auditorium	x		x			231,1
WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden	x		x			188,27
Kantine	x		x			102,31
Sonstige Aufenthaltsräume	x		x			235,38
Nebenflächen ohne Aufenthaltsräume	x		x			789,27
Lager	x		x			107,7
Bibliothek - Freihandbereich	x		x			32,76
Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)	x		x			1628,74
Großraumbüro	x		x			79,57
Thermisch konditionierte Nettogrundfläche in [m²]	3462,4	-	3462,4	-	-	3462,33
entspricht	100 %	-	100 %	-	-	
Thermisch nicht konditionierte Nettogrundfläche in [m²]			-	-	-	-
entspricht			-	-	-	
Konditionierte Nettogrundfläche in [m²]	3462,4	-	3462,4	-	-	3462,33
entspricht	100 %	-	100 %	-	-	

Tabelle 4: Zonierung des Gebäudes

■	Einzelbüro
■	Hörsaal, Auditorium
■	WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden
■	Kantine
■	Sonstige Aufenthaltsräume
■	Nebenflächen ohne Aufenthaltsräume
■	Lager
■	Bibliothek - Freihandbereich
■	Klassenzimmer (Schule), Gruppenraum (Kindergarten)
■	Großraumbüro

Abbildung 7: Farblegende für die Zonierung

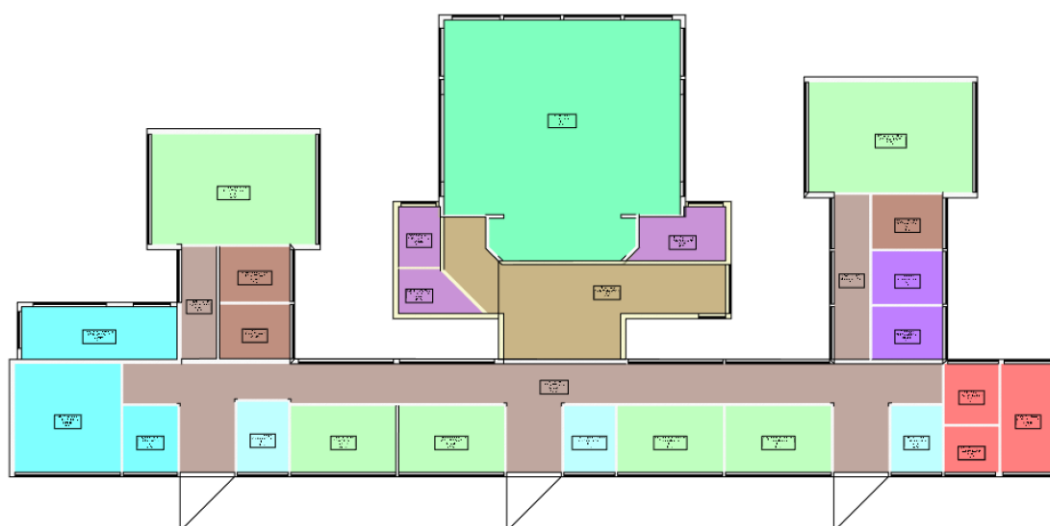


Abbildung 8: Grundriss EG mit der Zonierung

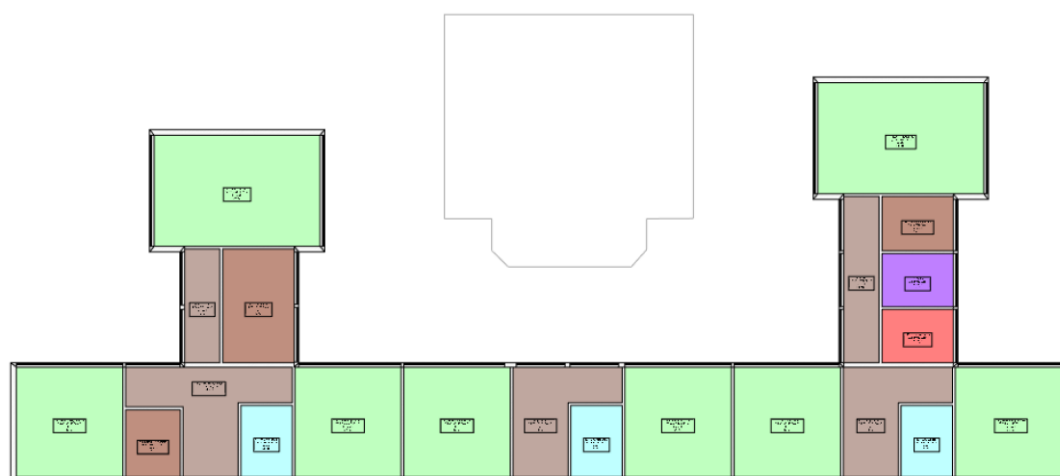
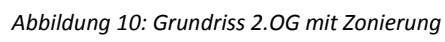


Abbildung 9: Grundriss 1.OG mit Zonierung



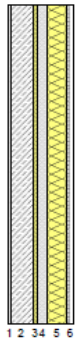
3.3 Gebäudehülle

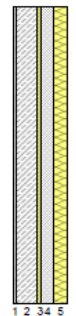
Im Folgenden sind die Bauteile der Gebäudehülle dargestellt.

3.3.1 Dach

Der aktuelle Aufbau des Daches ist leider unbekannt. Es ist davon auszugehen, dass das Bestandsdach in den 90-igern erneuert wurde. Dementsprechend wird ein U-Wert von $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ entsprechend den Bekanntmachungen zur Datenaufnahme von Nichtwohngebäuden angesetzt.

3.3.2 Außenwände

	Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand
			cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	1,50	1,000	1800,0	0,02
	2	Beton mittlere Rohdichte (DIN 12524 - 2200 kg/m³)	12,00	1,650	2200,0	0,07
	3	Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 040 - > 20 kg/m³)	2,00	0,040	20,0	0,50
	4	Beton mittlere Rohdichte (DIN 12524 - 2200 kg/m³)	6,00	1,650	2200,0	0,04
	5	Mineral. und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 040)	10,00	0,040	60,0	2,50
	6	Vorhangschale: Ziegelelemente	4,00	1000,000	-	0,00
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!		$R_{\text{zul}} = 1,20$			$R = 3,12$
	Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit		$R_{\text{si}} = 0,13$
	614,97 m²	10,0 %	429,4 kg/m²	186,69 W/K	INF %	$R_{\text{se}} = 0,04$
				10cm-Regel : 36557 Wh/K	3cm-Regel : 10250 Wh/K	U - Wert $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

	Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand
			cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	1,50	1,000	1800,0	0,02
	2	Beton mittlere Rohdichte (DIN 12524 - 2200 kg/m³)	12,00	1,650	2200,0	0,07
	3	Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 040 - > 20 kg/m³)	2,00	0,040	20,0	0,50
	4	Beton mittlere Rohdichte (DIN 12524 - 2200 kg/m³)	6,00	1,650	2200,0	0,04
	5	Polystyrol PS -Partikelschaum (WLG 040 - > 20 kg/m³)	8,00	0,040	20,0	2,00
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!		$R_{\text{zul}} = 1,20$			$R = 2,62$
	Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit		$R_{\text{si}} = 0,13$
	963,10 m²	15,7 %	425,0 kg/m²	344,69 W/K	INF %	$R_{\text{se}} = 0,04$
				10cm-Regel : 57251 Wh/K	3cm-Regel : 16052 Wh/K	U - Wert $0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$

3.3.3 Boden

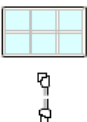
Der aktuelle Aufbau des Bodens im Bestandsgebäude ist nicht bekannt. Dementsprechend wird nach den Bekanntmachungen zur Datenaufnahme von Nichtwohngebäuden ein U-Wert von $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ entsprechend dem Baujahr angenommen.

3.3.4 Fenster und Türen

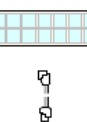
Außentüren (3)

Bauteil:	AT 002 AT 001 AT 003	Fläche / Ausrichtung :	10,68 m ² S 10,68 m ² S 10,68 m ² S
Maßnahme:	- keine oder energetisch nicht relevant -		
			U-Wert 2,90 W/m ² K

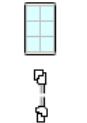
Fenster (62)

	Verglasung:	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	A _g = 5,41 m ²	U _g = 1,13 W/m ² K
	Rahmen:	Kunststoffrahmen, 3 Kammern	A _r = 2,34 m ²	U _r = 2,60 W/m ² K
	Randverbund:	Aluminium	l _g = 22,90 m	Ψ _g = 0,06 W/m K
			Fläche A _w = 7,74 m ²	U-Wert U _w = 1,75 W/m ² K

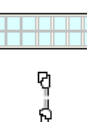
Fenster (49)

	Verglasung:	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	A _g = 10,62 m ²	U _g = 1,17 W/m ² K
	Rahmen:	Kunststoffrahmen, 3 Kammern	A _r = 4,44 m ²	U _r = 2,60 W/m ² K
	Randverbund:	Aluminium	l _g = 48,90 m	Ψ _g = 0,06 W/m K
			Fläche A _w = 15,05 m ²	U-Wert U _w = 1,79 W/m ² K

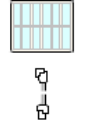
Fenster (9)

	Verglasung:	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	A _g = 4,18 m ²	U _g = 1,24 W/m ² K
	Rahmen:	Kunststoffrahmen, 3 Kammern	A _r = 1,13 m ²	U _r = 2,60 W/m ² K
	Randverbund:	Aluminium	l _g = 20,08 m	Ψ _g = 0,06 W/m K
			Fläche A _w = 5,31 m ²	U-Wert U _w = 1,76 W/m ² K

Fenster (16)

	Verglasung:	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	A _g = 10,62 m ²	U _g = 1,29 W/m ² K
	Rahmen:	Kunststoffrahmen, 3 Kammern	A _r = 4,44 m ²	U _r = 2,60 W/m ² K
	Randverbund:	Aluminium	l _g = 48,90 m	Ψ _g = 0,06 W/m K
			Fläche A _w = 15,05 m ²	U-Wert U _w = 1,87 W/m ² K

Fenster (6)

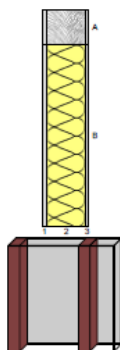
	Verglasung:	2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung	A _g = 7,09 m ²	U _g = 1,40 W/m ² K
	Rahmen:	Kunststoffrahmen, 3 Kammern	A _r = 3,53 m ²	U _r = 2,60 W/m ² K
	Randverbund:	Aluminium	l _g = 41,80 m	Ψ _g = 0,06 W/m K
			Fläche A _w = 10,62 m ²	U-Wert U _w = 2,04 W/m ² K

Fenster (19) Fenster der Gebäudeerweiterungen

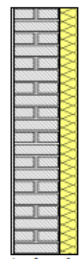
Maßnahme:	- keine oder energetisch nicht relevant -		
			U-Wert 1,30 W/m ² K

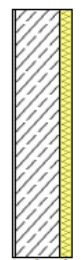
3.3.5 Anbau

Außenwände

	Nr.	Baustoff			Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand
					cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	OSB-Platten (DIN 12524)			1,80	0,130	650,0	0,14
	2	Gefach - Stützen- / Balkenbreite: 16,0 cm; Zwischenraum (Füllung): 84,0 cm						
	2	16,0%: Konstruktionsholz (DIN 12524 - 500 kg/m³)			20,00	0,130	500,0	1,54
		84,0%: Dämmung 030				0,030	50,0	6,67
	3	Bitumen-Holzfaserplatte			1,80	0,070	400,0	0,26
	Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Abschnitte (siehe Skizze)							R _{1,A} = 1,93 R _{1,B} = 7,06
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!					R _{m,zul} = 1,0		R _m = 4,89
	Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit		R _{si} = 0,13 R _{se} = 0,04	
127,33 m²	2,1 %	43,3 kg/m²	25,17 W/K INF %	10cm-Regel : 1075 Wh/K 3cm-Regel : 758 Wh/K		U - Wert 0,20 W/m²K		

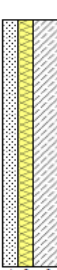
Bauteil:	AW 082-2		Fläche / Ausrichtung :			11,10 m²	W
	AW 083					20,32 m²	S
	AW 081					8,61 m²	N
	AW 082					14,57 m²	W
	AW 086					7,75 m²	N
	AW 087-2					15,96 m²	O
	AW 088					17,88 m²	S
	AW 083-2					1,66 m²	S
	AW 087					2,82 m²	O

	Nr.	Baustoff		Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand
				cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk		1,00	1,000	1800,0	0,01
	2	Kalksandstein, NM/DM (1600 kg/m³)		24,00	0,790	1600,0	0,30
	3	Mineral- und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)		10,00	0,035	60,0	2,86
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!			R _{zul} = 1,20		R = 3,17	
	Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit		R _{si} = 0,13	
	100,67 m²	1,6 %	408,0 kg/m²	30,13 W/K	INF %	10cm-Regel : 4530 Wh/K 3cm-Regel : 1398 Wh/K	R _{se} = 0,04
							U - Wert
							0,30 W/m²K

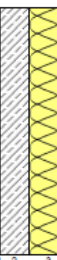
Bauteil:		AW 105 IW 085-2 IW 096 AW 084 AW 089				Fläche / Ausrichtung :		5,18 m² 1,00 m² 0,98 m² 8,91 m² 8,91 m²	N S W W O
	Nr.	Baustoff				Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand
						cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W
	1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk				1,00	1,000	1800,0	0,01
	2	Beton hohe Rohdichte (DIN 12524 - 2400 kg/m³)				24,00	2,000	2400,0	0,12
	3	Mineral- und pflanzl. Faserdämmstoff (WLG 035)				6,00	0,035	60,0	1,71
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!					R _{zul} = 1,20			R = 1,84
	Bauteilfläche		spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust		wirksame Wärmespeicherfähigkeit			R _{si} = 0,13 R _{se} = 0,04
24,98 m²	0,4 %	597,6 kg/m²	12,40 W/K	INF %	10cm-Regel : 3cm-Regel :	1624 Wh/K 458 Wh/K	U - Wert 0,50 W/m²K		

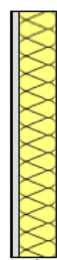
Boden

Bauteil:		Boden EG 002-27 Boden EG 002-28 Boden EG 002-29 Boden EG 002-30			Fläche :		15,09 m² 12,74 m² 20,87 m² 97,14 m²
	Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand	
			cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W	
	1	Zement-Estrich	6,00	1,400	2000,0	0,04	
	2	Polyurethan-Hartschaum nach DIN EN 13165	6,00	0,035	50,0	1,71	
	3	Beton hohe Rohdichte (DIN 12524 - 2400 kg/m³)	16,00	2,000	2400,0	0,08	
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!			$R_{\text{zul}} = 0,90$		$R = 1,84$	
	Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit		$R_{\text{si}} = 0,17$ $R_{\text{se}} = 0,04$	U - Wert 0,49 W/m²K

Bauteil:		Boden EG 003-2 Boden EG-4			Fläche :		42,30 m² 246,23 m²
	Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand	
			cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W	
	1	Zement-Estrich	8,00	1,400	2000,0	0,06	
	2	Polyurethan-Hartschaum nach DIN EN 13165	8,00	0,035	50,0	2,29	
	3	Beton hohe Rohdichte (DIN 12524 - 2400 kg/m³)	15,00	2,000	2400,0	0,08	
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!			$R_{\text{zul}} = 0,90$		$R = 2,42$	
	Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit		$R_{\text{si}} = 0,17$ $R_{\text{se}} = 0,00$	U - Wert 0,39 W/m²K

Dach

Bauteil:		Dach 002-5 Dach 002-6 Dach 002-7 Dach 002-8			Fläche :		15,09 m² 12,67 m² 20,86 m² 97,14 m²
	Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand	
			cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W	
	1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	1,00	1,000	1800,0	0,01	
	2	Beton hohe Rohdichte (DIN 12524 - 2400 kg/m³)	16,00	2,000	2400,0	0,08	
	3	Polyurethan-Hartschaum nach DIN EN 13165	20,00	0,035	50,0	5,71	
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!			$R_{\text{zul}} = 1,20$		$R = 5,80$	
	Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit		$R_{\text{si}} = 0,10$ $R_{\text{se}} = 0,04$	U - Wert 0,17 W/m²K

Bauteil:		Dach 004-1 Dach 003-6 Dach 003-4 Dach 003-5			Fläche :		40,12 m² 247,93 m² 0,22 m² 0,93 m²
	Nr.	Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	Wärmedurchlasswiderstand	
			cm	W/(mK)	kg/m³	m²K/W	
	1	Putzmörtel aus Kalk, Kalkzement und hydraulischem Kalk	1,00	1,000	1800,0	0,01	
	2	Spanplatten (DIN 12524 - 600 kg/m³)	3,20	0,140	600,0	0,23	
	3	Polyurethan-Hartschaum nach DIN EN 13165	20,00	0,035	50,0	5,71	
	Anforderung nach DIN 4108 Teil 2 ist erfüllt!			$R_{\text{zul}} = 1,75$		$R = 5,95$	
	Bauteilfläche	spezif. Bauteilmasse	spezif. Transmissionswärmeverlust	wirksame Wärmespeicherfähigkeit		$R_{\text{si}} = 0,10$ $R_{\text{se}} = 0,04$	U - Wert 0,16 W/m²K

Energetische Kennwerte der Gebäudehülle

Im Folgenden sind die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) der Gebäudehülle nochmal zusammenfassend aufgeführt. Der U-Wert gibt an, wieviel Energie (W) pro Fläche (m^2) und Temperaturdifferenz (K) bei dem Aufbau verloren gehen. Es ist jeweils der Ist-Wert mit dem maximalen Wert entsprechend der Energieeinsparverordnung (EnEV) und dem maximalen Wert für die KfW-Förderung im Programm 218 (Einzelmaßnahmen) dargestellt.

Thermische Hülle

Bezeichnung	Fläche [m^2]	U-Wert [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]	Anforderungen U-Wert		U-Wert Sanierung [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]	Fx- Wert [-]
			EnEV [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]	KfW [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]		
Dach	870	0,30	0,20	0,14	0,14	1,00
Holzdach Anbau	289	0,16	0,20	0,14	0,16	1,00
Betondach Anbau	146	0,17	0,20	0,14	0,17	1,00
Wand 8cm WDVS	963	0,36	0,24	0,20	0,19	1,00
Wand mit Ziegelverkleidung	615	0,61	0,24	0,20	0,19	1,00
Holzrahmenwand Anbau	127	0,20	0,24	0,20	0,20	1,00
Betonwand gedämmt						
Anbau	25	0,50	0,24	0,20	0,5	1,00
Mauerwerk gedämmt						
Anbau	101	0,30	0,24	0,20	0,30	1,00
Boden Altbau	864	1,00	0,30	0,25	0,24	0,55
Boden Anbau	289	0,39	0,30	0,25	0,39	0,55
Kellerdecke	146	0,49	0,30	0,25	0,49	0,55
Fenster Klassenräume 1	705	1,79	1,30	0,95	0,90	1,00
Fenster Klassenräume 2	233	1,87	1,30	0,95	0,90	1,00
Fenster TH 2 Nord	57	2,04	1,30	0,95	0,90	1,00
Fenster Th Süd	78	1,76	1,30	0,95	0,90	1,00
Fenster Nebenräume	448	1,75	1,30	0,95	0,90	1,00
Fenster Anbau	136	1,30	1,30	0,95	1,30	1,00
Türen	32	2,90	1,30	1,30	2,90	1,00

Tabelle 5: Wärmedurchgangskoeffizienten der Gebäudehülle

3.3.6 Wärmebrücken

Als Wärmebrücken werden örtlich begrenzte Stellen (Punkte, Winkel, Flächen) bezeichnet, die im Vergleich zu den angrenzenden Bauteilbereichen eine höhere Wärmestromdichte aufweisen. Daraus ergeben sich zusätzliche Wärmeverluste. Typische Wärmebrücken bei Gebäuden jeglicher Art sind z. B. Heizkörpernischen, Dachbodenluken, Balkonplatten, Betonsockel, Vordächer, Rollladenkästen, Glasbausteine, Fensteranschlüsse an Laibungen, Fensterbänke, Stürze, Stirnseiten von Decken und Fußböden, Mauervor- und Rücksprünge.

Bei der Sanierung ist auf eine Reduzierung des Wärmebrückeneinflusses zu achten. Die folgende Tabelle zeigen die Fensterstürze, wie sie im Bereich der Raffstore geplant wurden, wie sie damals bereits fachgerecht hätten ausgeführt werden können und wie eine Sanierung mit Wärmebrückenreduzierung entsprechend der DIN 4108 Bbl.2 aussehen könnte. Zu jeder Variante ist der PSI-Wert angegeben, ein Maß für den zusätzlichen Energieverlust je Meter Wärmebrücke und Kelvin.

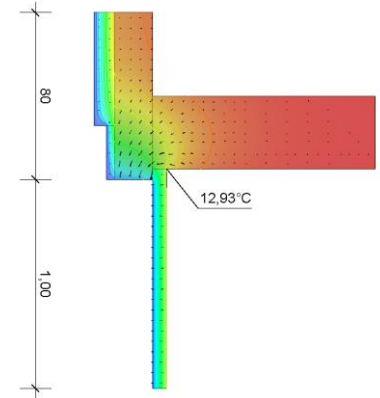
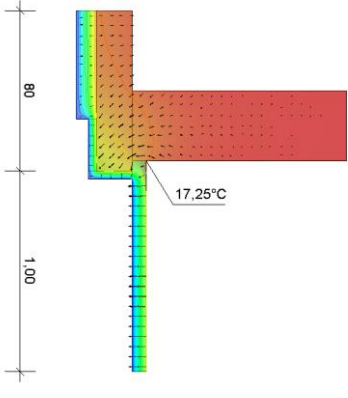
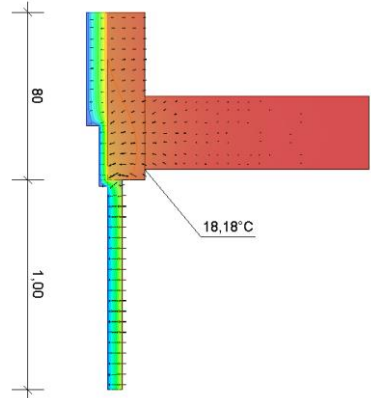
Planung	fachgerechte Ausführung	Nach DIN 4108 Bbl.2
 12,93°C PSI-Wert: 0,841W/mK	 17,25°C PSI-Wert: 0,230W/mK	 18,18°C PSI-Wert: 0,160W/mK

Abbildung 12: Wärmebrückensanierung und Oberflächentemperaturen

Die Wärmebrückenberechnung zeigt, dass mit der falschen Sanierung der Wärmebrückeneinfluss 3,6 mal so hoch ist, wie er damals hätte sein sollen und dass mit einer normgerechten Sanierung der Einfluss der Wärmebrücke um den Faktor 5 reduziert werden kann. Rechnet man den Verlust über die Wärmebrücke dem U-Wert der Brüstungsfläche hinzu, erhöht sich dieser von 0,36W/m²K auf ca. 2,0W/m²K. Damit sind die umgesetzten Dämmmaßnahmen im Bereich der Fensterbrüstungen nur bedingt wirksam.

3.3.7 Lüftungsverluste

Jedes Gebäude muss in seinem Betrieb mehr oder weniger belüftet werden, d. h. es muss die Innenluft immer wieder durch frische Außenluft ersetzt werden. Wenn die Außentemperatur unterhalb der gewünschten Innentemperatur liegt, führt dies zu gewissen Energieverlusten, da die Frischluft im Gebäude wieder aufgewärmt wird, während die Abluft Wärme mit sich nach außen trägt. Die Größe dieser Energieverluste hängt freilich entscheidend von der Art der Belüftung ab:

- Im ungünstigsten Fall, der in besonders zugigen Altbauten auftritt, erfolgt zu einem wesentlichen Teil eine unkontrollierte Belüftung durch Undichtigkeiten des Gebäudes. In diesem Falle erfordert eine ausreichende Luftqualität einen höheren Luftaustausch als mit einer kontrollierten Belüftung (siehe unten), da häufig Frischluft in den Raum gerät, dort z. B. an den Heizkörpern oder durch Kontakt mit Wänden und Möbeln erwärmt wird, und teils schon wieder entweicht, ohne vorher “genutzt” worden zu sein. Diese Situation tritt auch bei der Lüftung über gekippte Fenster auf.
- Deutlich günstiger ist die *Stoßlüftung* über kurzzeitig weit geöffnete Fenster, idealerweise mit Durchzug. Hier kann ein Großteil der Raumluft in kurzer Zeit ausgewechselt werden. Zwar geht auch bei dieser Form der Fensterlüftung viel Wärme verloren, aber immerhin geschieht dies erst dann, wenn die Luft wirklich “verbraucht” (also in ihrer Qualität vermindert) ist. Nur wenig Luft wird erwärmt, ohne vor ihrer Nutzung schon wieder entlassen zu werden.
- Auf ähnlichem Niveau bewegen sich die Verluste bei Verwendung einer einfachen Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung. Beispielsweise kann es sich um eine reine Abluftanlage handeln, bei der verbrauchte Luft in manchen Räumen abgesaugt wird und die Frischluft über Lüftungsschlitze in anderen Räumen eintritt. Hier genügt eine geringere Frischluftmenge als bei unkontrollierter Belüftung, um eine gewisse Luftqualität aufrecht zu erhalten.
- Sehr viel geringer werden die Lüftungsverluste, wenn eine kontrollierte Lüftung über eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung erfolgt. Hier wird die aus den Räumen abgesaugte Luft erst in einem Wärmeübertrager abgekühlt, bevor sie als Abluft ins Freie gelassen wird. Die gewonnene Wärme wird z. B. zur Vorwärmung der Frischluft verwendet. Wärmerückgewinnungsgrade über 90 % sind heute technisch möglich. Natürlich setzt die optimale Wirksamkeit einer solchen Anlage voraus, dass die Gebäudehülle hinreichend dicht ist, weil sonst zusätzlich eine unkontrollierte Belüftung erfolgt.

Höhe der Lüftungsverluste

Die Höhe der Energieverluste durch die Belüftung (*Lüftungsverluste*) hängt von zwei Faktoren ab: der ausgetauschten Luftmenge und dem Temperaturunterschied zwischen Zuluft und Abluft. Diese Verluste müssen während der Heizperiode zusätzlich von der Heizungsanlage ersetzt werden.

Die Wärmekapazität von Luft beträgt etwa $1,2 \text{ kJ}/(\text{m}^3 \text{ K})$. Man benötigt also $1,2 \text{ kJ}$, um einen Kubikmeter Luft um 1 K (ein Grad) zu erwärmen. Wenn eine Lüftungsanlage z. B. 200 m^3 pro Stunde fördert und die Außentemperatur um 20 Grad tiefer liegt als die Raumtemperatur, würde dies ohne Wärmerückgewinnung einer verlorenen Heizleistung (Verlustleistung) von $20 \text{ K} \cdot 200 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1,2 \text{ kJ}/(\text{m}^3 \text{ K}) = 4,8 \text{ MJ}/\text{h} = 1,33 \text{ kW}$ entsprechen. (Bei einer effizienten Ölheizung entspräche dies ca. $0,14 \text{ Liter Heizöl}$ pro Stunde.) Diese Lüftungsverluste sind zwar gering im Vergleich zu den Transmissionswärmeverlusten (Verlusten durch Wärmeleitung) in einem ungedämmten Gebäude. Wenn jedoch eine gute Wärmedämmung eingesetzt wird, bleiben die Lüftungsverluste als ein sehr wesentlicher Faktor.

Die Lüftungsverluste können durch Wärmerückgewinnung in einer Lüftungsanlage massiv reduziert werden. Bei modernen Anlagen sind sie häufig 80 bis 90% geringer als nach der obigen Rechnung; selbst Reduktionen deutlich oberhalb von 90% sind möglich, zumindest auf der kleinsten Leistungsstufe des Lüftungsgeräts. Hierdurch werden die Lüftungsverluste selbst im stark gedämmten Gebäude keinen sehr großen Einfluss mehr auf die Energiebilanz des Gebäudes haben.

Man beachte, dass der Luftaustausch nicht nur fühlbare Wärme transportiert, sondern wegen der Luftfeuchtigkeit auch latente Wärme. Häufig führt die Belüftung (ob kontrolliert oder unkontrolliert) im Winter zu einer starken Austrocknung, so dass eine Luftbefeuchtung nötig wird. Das hierbei nötige Verdampfen von Wasser benötigt wiederum Energie – im günstigsten Fall Raumwärme und somit Heizwärme, im ungünstigsten Falle sogar wertvolle elektrische Energie. Die effektiven Lüftungsverluste können hierdurch deutlich höher werden als in der obigen Rechnung ohne die Berücksichtigung von Luftfeuchtigkeit. Eine Lüftungsanlage, mit der nicht nur Wärmerückgewinnung, sondern auch die (teilweise) Rückgewinnung von Luftfeuchtigkeit möglich ist, lassen sich auch diese Verluste eliminieren oder wenigstens stark vermindern.

3.4 Anlagentechnik

3.4.1 Heizung und Warmwasserbereitung

Das gesamte Gebäude wird über zwei Gas-Brennwertkessel GB 162 von Buderus beheizt. Die Kessel haben eine Nennleistung von 2 x 100KW. Die Heizungsanlage wurde 2012 erneuert. Die Heizung wird mit den Temperaturen 70/50 für Vor- und Rücklauf betrieben. Die Heizungspumpe ist bedarfsausgelegt und leistungsgeregt. Außerhalb der Nutzungszeit wird im Absenkungsbetrieb gefahren.

Die Verteilleitungen bestehen aus Stahlrohren, welche im Bereich des Bodens, Keller und der Verkleidungen gedämmt sind, teilweise jedoch frei in den Fluren verlegt wurden und dort ungedämmt verlaufen. Die Wärmeabgabe in die Räume erfolgt über Plattenheizkörper.

3.4.2 Beleuchtung

Die Beleuchtung erfolgt mit Leuchtstofflampen mit konventionellen Vorschaltgeräten. Eine automatische Regelung gibt es nicht.

Die Beleuchtung hat einen direkten und indirekten Anteil, was zum einen für weiches Licht sorgt, zum anderen den Energieaufwand für die Beleuchtung reduziert. Der Stromverbrauch kann durch den Einsatz von LED-Leuchtmitteln weiter gesenkt werden. Der Anpassungsfaktor k_L nach DIN V 18599-4, welcher das Verhältnis der betrachteten Lampenart zur Leuchtstoffröhre mit elektronischen Vorschaltgerät beschreibt, beträgt für LED-Ersatzlampen (Retrofit) 0,53. Dementsprechend kann davon ausgegangen werden, dass mit dem Einsatz der LED-Ersatzlampen auch der Energiebedarf für die Beleuchtung in der Größenordnung von ca. 50% reduziert werden kann.

3.5 Energiebilanz

Die Bilanzierung des Energiebedarfs erfolgt für die einzelnen Zonen. In Abhängigkeit von den Nutzungsrandbedingungen, der Gebäudehülle der Zonen und der Anlagentechnik wird der Energiebedarf für Beheizung, Lüftung und Beleuchtung für die jeweilige Zone und das Gesamtgebäude ermittelt.

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 über 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 dem Diagramm entnehmen.

Verluste	jährlich [kWh/a]	anteilig [%]
Transmissionsverluste		
Dach	33.000	7%
Außenwand	88.000	19%
Fenster	291.000	62%
Keller	57.000	12%
Gesamt	470.000	100%
Lüftungsverluste		
Gesamt	256.000	100%
Anlagenverluste		
Heizung	166.000	100%
Warmwasser	0	0
Hilfsenergie	0	0
Gesamt	166.000	100%

Tabelle 6: Energieverluste

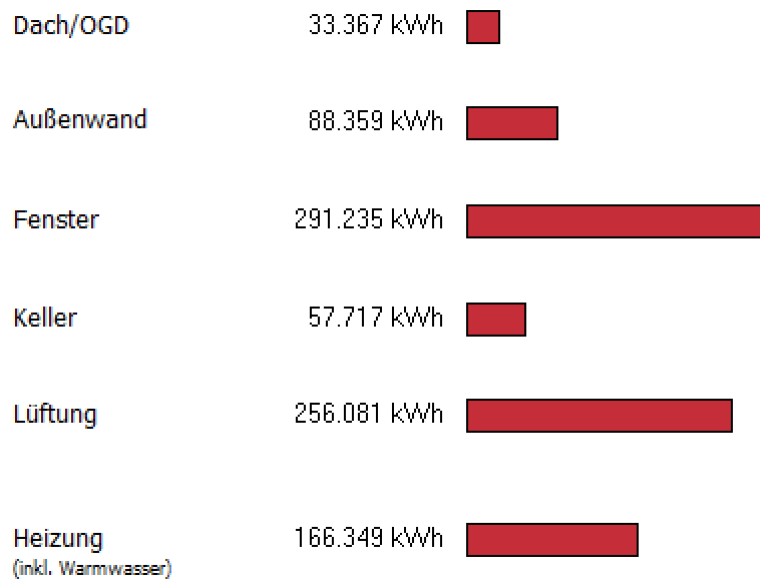


Abbildung 13: Energieverluste

Die Energiebilanz für die Heizung, Lüftung und Beleuchtung ist in der folgenden Tabelle und dem Diagramm dargestellt. Darin wird erkenntlich, dass für die Beheizung des Gebäudes ca. 95% der Energie aufgewendet werden müssen. Dementsprechend haben Maßnahmen zur Energieeinsparung im Bereich der Heizenergie die größten Auswirkungen.

	Gesamt [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Heizung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Kühlung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Lüftung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Beleuchtung [kWh/a] [kWh/(m²a)]	Warmwasser [kWh/a] [kWh/(m²a)]
Nutzenergie	462050	435411	0	0	26639	0
	133,45	125,76	0	0	7,69	0
Endenergie	628399	601760	0	0	26639	0
	181,50	173,80	0	0	7,69	0
Primärenergie	645284	597335	0	0	47950	0
	186,37	172,52	0	0	13,85	0

Tabelle 7: Energiebilanz

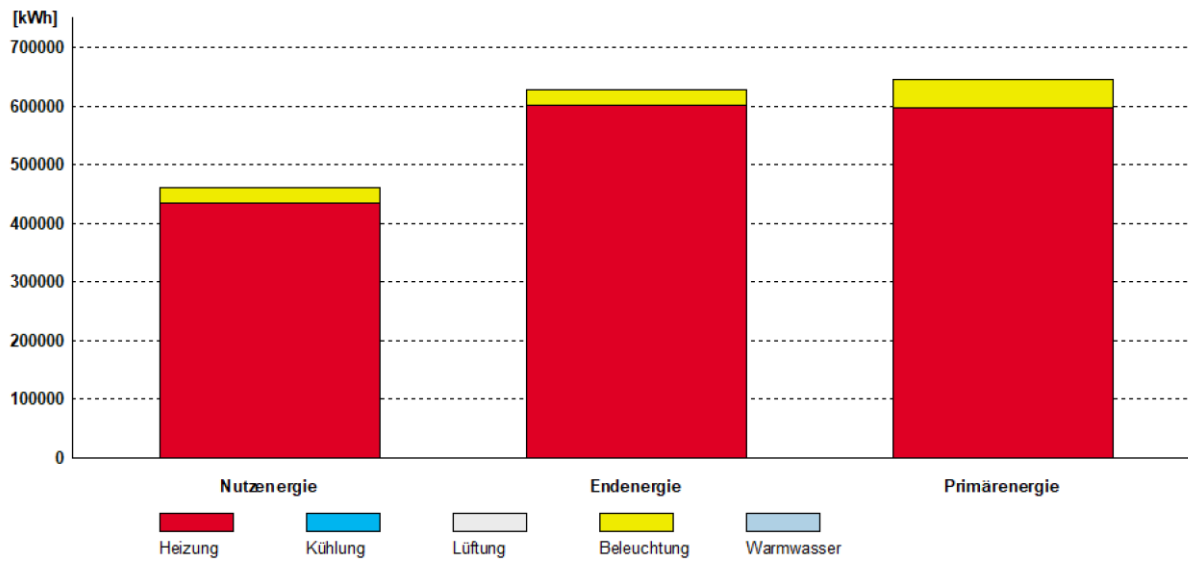


Abbildung 14: Energiebillanz

Nachfolgend sind die energetischen Kennwerte der Schule dem Referenzgebäude der Energieeinsparverordnung gegenübergestellt. Bei dem Referenzgebäude handelt es sich um ein Gebäude mit den gleichen Abmessungen und der gleichen Nutzung wie die betrachtete Schule, die Dämmung und Anlagentechnik entspricht jedoch den Referenzwerten der Energieeinsparverordnung. Dabei wird deutlich, dass durch die Gebäudehülle 50% mehr Energie in Bezug auf das Referenzgebäude verloren geht und in Bezug auf die CO₂-Bilanz ca. 30% mehr ausgestoßen werden, als für das Referenzgebäude.

	Ist-Wert	Referenzgebäude (EnEV)
Endenergiebedarf q_e [kWh/a]	628399	377063
CO ₂ -Emission ¹⁾ [kg/a]	149650	114020
Transmissionswärmeverlust H_T [W/(m²K)]	0,857	0,573

Tabelle 8: Gegenüberstellung zum Referenzgebäude nach EnEV

3.6 Verbrauchsabgleich

Der Energieverbrauch der letzten Jahre ist in der folgenden Tabelle dargestellt. Dabei zeigt sich, dass der Energieverbrauch für Strom 2018 um ca. 20% gesenkt wurde. Dies ist vermutlich durch die Installation einer PV-Anlage begründet. Der Gasverbrauch schwankt um 7% um den Durchschnittswert. Dies ist durch die jährlichen Schwankungen im Nutzerverhalten und Wetter begründet.

Schule Niepars	Strom	Gas
	in kwh	in m ³
2014	keine Angabe	52.434
2015	46.150	48.417
2016	48.500	48.628
2017	46.014	46.532
2018	38.121	53.647
Durchschnitt	44.696	49.932

Tabelle 9: Energieverbrauch 2014-2018

Die folgenden Tabelle gibt den gemittelten jährlichen Energieverbrauch von 2014 – 2018 und den berechneten Energiebedarf des Gebäudes für Gas und Strom an.

Energie	Verbrauch	Verbrauchskosten
Gas	49.900 m ³	32.700,00 €
Strom	44.700 kWh	8.700,00 €
Summe		41.400,00 €
Energie	Bedarf	Bedarfskosten
Gas	51.900 m ³	34.000,00 €
Strom	27.900 kWh	5.400,00 €
Summe		39.400,00 €

Tabelle 10: Energieverbrauch - Energiebedarf

Die Tabelle zeigt, dass der Gasverbrauch ca. 4% niedriger ist, als der berechnete Bedarf. Bei den Stromkosten ist der Verbrauch jedoch 60% höher als der berechnete Bedarf. Die Ursachen liegen zum einen darin begründet, dass die Verbrauchsdaten den Verbrauch weiterer Gebäude beinhalten und zum anderen in den Nutzungsprofilen der Berechnungsnorm. In diesen sind beispielsweise die Nutzungszeiten und Raumtemperaturen hinterlegt.

Die nächste Abbildung zeigt den Energieverbrauch wie er in Energieausweisen angegeben wird. Zusätzlich zu dem Verbrauchswert ist der Vergleichswert für Schulgebäude angegeben. Dabei zeigt sich, dass der gemittelte Gasverbrauch ca. 50% über dem Vergleichswert einer typischen Schule liegt. In Bezug auf den Strom liegt der Verbrauch ca. 30% über dem Vergleichswert. Dies ist vermutlich der Tatsache geschuldet, dass weitere Gebäude im Verbrauch der Schule erfasst wurden.

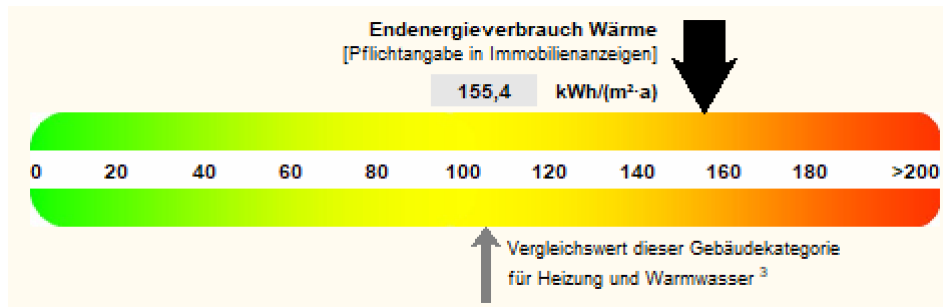


Abbildung 15: Endenergieverbrauch und Vergleichswert für Wärme

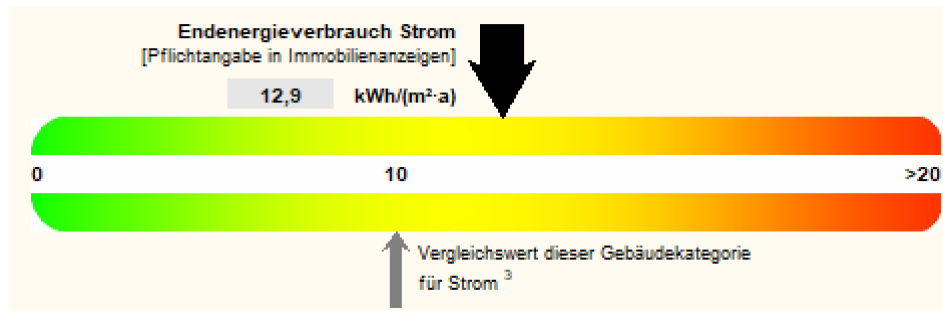


Abbildung 16: Endenergieverbrauch und Vergleichswert für Strom

3.6.1 Nutzerverhalten

Der tatsächliche Energieverbrauch eines Gebäudes ist sehr stark vom Nutzerverhalten der Bewohner abhängig. So haben die Nutzungsdauer, das Lüftungsverhalten die Raumtemperaturen und Anzahl bzw. Größe der beheizten Räume einen wesentlichen Einfluss.

Für die Berechnungen dieses Berichts wurde entsprechend der EnEV die Nutzungsbedingungen der DIN V 18599 – 10 angesetzt.

Der Berechnung dieses Berichts wurden außerdem die Standard-Klimabedingungen für Deutschland zugrunde gelegt. Daher können aus den Ergebnissen keine Rückschlüsse auf die absolute Höhe des Brennstoffverbrauchs / der Heizkosten gezogen werden.

3.7 Thermografie

Die Thermografie ist eine Aufnahmetechnik, mit deren Hilfe die Temperatur von Oberflächen sichtbar gemacht werden kann. Bei der thermografischen Gebäudeanalyse werden die unterschiedlichen Temperaturzonen der Außenhülle eines Hauses mit Hilfe einer Infrarotkamera farbig dargestellt. So lassen sich Dämmzustand und Wärmebrücken und damit die Wärmeverluste, d.h. Schwachstellen in der Gebäudehülle leicht aufspüren und grafisch darstellen. Dabei wird sichtbar, wo es wärmer (hellere Farbe – höhere Temperatur) und kälter (dunklere Farbe – niedriger Temperatur) ist. Der Thermografie-Bericht (siehe Anhang) wurde erstellt und vor der Bearbeitung des Sanierungsfahrplans ausgewertet.

4 Sanierungskonzept

Im Folgenden ist eine Möglichkeit aufgezeigt, wie die Schule von seinem Ist-Zustand zu einem KfW-Effizienzhaus 70 saniert werden kann. Dies erfolgt über 6 verschiedene Maßnahmen. Die Fördermöglichkeiten und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sind in einem weiteren Kapitel angegeben.

4.1 Maßnahme 1 – Dachsanierung

Der genaue Aufbau des Daches ist nicht bekannt. Es wird vermutet, dass das Dach nach 1995 bereits einmal gedämmt wurde, zumindest lassen die Thermografieaufnahmen das vermuten. Dementsprechend ist davon auszugehen, dass der U-Wert des Daches bereits auf $0,3\text{W/m}^2\text{K}$ reduziert wurde. Um nun die Anforderungen für die KfW-Einzelmaßnahmen zu erfüllen, kann zusätzlich eine Dämmschicht von 14cm mit der WLS 035 eingebaut werden. Durch die Maßnahme werden keine großen Energieeinsparungen erreicht, sodass diese Maßnahme erst im Zusammenhang mit einer Erneuerung der Dachabdichtung durchzuführen ist.

4.2 Maßnahme 2 – Fenstersanierung

Bei der Sanierung der Fassade sind in der Vergangenheit die Anschlüsse der Fenster an die Wände nicht fachgerecht durchgeführt worden, sodass dort deutliche Wärmebrücken entstanden sind (vgl. Kapitel 3.3.6). Dieser Mangel muss im Rahmen der Fenstererneuerung behoben werden. Da die Fensterflächen fast 25% der Gebäudehülle ausmachen, wird eine Reduzierung der Fensterflächen empfohlen. Der Energieverlust über eine modernisierte Fensterfläche ist ca. 5-mal so hoch wie über eine modernisierte Wandfläche, sodass der Vorteil der Verkleinerung der Fensterflächen in einer Reduzierung der Energieverluste und einer Verbesserung des sommerlichen Wärmeschutzes liegt.

Diesen Berechnungen liegt eine pauschale Reduzierung der Fensterflächen um 15% zugrunde. Eine detaillierte Planung muss im Zusammenhang mit der Sanierungsplanung erfolgen. Dabei ist auch weiterhin auf eine gute natürliche Belichtung zu achten, auf die Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes und auf die Einhaltung der Empfehlungen der DIN 4108 Bbl.2 zur Reduzierung von Wärmebrücken. Des Weiteren kann das Abhängen der Decke für den späteren Einbau einer Lüftungsanlage vorgesehen werden und der höhere Fußbodenaufbau im Erdgeschoss nach dem Dämmen des Bodens.

Die Fenster der Aula und der Erweiterung des Essraums können aus energetischer Sicht erhalten bleiben, die anderen Fenster sollten mit einer 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ausgetauscht werden. Der U-Wert der neuen Fenster beträgt $0,90\text{W/m}^2\text{K}$.

4.3 Maßnahme 3 – Außenwandsanierung

Die Sanierung der Außenwand wird vor allem aufgrund mangelhafter Ausführung bisher durchgeführter Sanierungen erforderlich. Diese lassen sich an den Thermografieaufnahmen erkennen. Diese Aufnahmen zeigen, dass der Sockel eine große Wärmebrücke darstellt und gedämmt werden sollte. Im Bereich der Fensteranschlüsse sind großflächig Wärmebrücken erkennbar. Die Hinterlüftung der Ziegelkonstruktion zeigt ebenfalls Wärmeverluste, sodass nach und nach die gesamte Fassade saniert werden sollte.

Es wird empfohlen die Fassaden mit 16cm Mineralfaserdämmung der WLS 035 zu dämmen. Dabei ist auf die Verwendung von Dübeln zu achten, die nur eine vernachlässigbare Wärmebrückenwirkung haben, da die Dübel sonst die Dämmeigenschaft der Wand verschlechtern und sich auf dem Putz abzeichnen können. Die Dämmung kann mit einem auf die Dämmung abgestimmten Putzsystem verputzt werden.

4.4 Maßnahme 4 – Heizungserneuerung und Fußbodendämmung

In diesem Maßnahmenpaket wird der untere Gebäudeabschluss des Bestandsgebäudes gedämmt und die Beheizung wird auf eine Fußbodenheizung umgestellt. Als Wärmeerzeuger wird eine Sole-Wasser-Wärmepumpe eingebaut.

Es wird ein Aufbau des Fußbodens im Erdgeschoss mit einer 8cm PUR-Dämmung der WLS 024 mit einer Tackermatte für die Fußbodenheizung von 2cm der WLS 040 eingebaut. Darauf wird die Fußbodenheizung installiert, bevor der Estrich mit 7cm eingebaut wird. In diesem Zusammenhang müssen im Erdgeschoss die Türstürze angepasst werden.

Dieses Maßnahmenpaket beinhaltet den Einbau einer Sole-Wasser-Wärmepumpe, die parallel zum Gaskessel betrieben wird. Nach der Gebäudesanierung werden durch den Einbau der Wärmepumpe ca. 2/3 der Nutzenergie durch Umweltwärme gedeckt.

Aufgrund des Parallelbetriebs können die höheren erforderlichen Vorlauftemperaturen im Winter durch den Gaskessel gedeckt werden, da eine Wärmepumpe bei niedrigeren Vorlauftemperaturen eine höhere Effizienz hat, bei großen Temperaturspreizungen aber höhere Betriebskosten verursachen würden.

4.5 Maßnahme 5 – PV-Anlage

Mit einer Photovoltaikanlage wird Strom für die Nutzung im Gebäude erzeugt. Da die Stromerzeugung abhängig ist von der Sonneneinstrahlung, schwankt der Stromertrag über das Jahr und auch im Tagesverlauf. Während im Dezember die Globalstrahlung in Stralsund 2018 bei 10kWh/m² lag, betrug sie im Juni das 20-fache. Das führt dazu, dass im Sommer der Energiebedarf des Gebäudes am Tag komplett über die PV-Anlage bezogen werden kann und Überschüsse ins Netz eingespeist werden können. Im Winter muss jedoch fast der gesamte Strombedarf auch weiterhin durch Stromlieferungen gedeckt werden.

Der Energieertrag ist jedoch noch von weiteren Parametern abhängig. Die Peakleistung der PV-Module und der gesamten Anlage wird nur unter Normbedingungen erreicht. Ist die Anlage nicht optimal zur Sonne ausgerichtet, dann reduzieren sich die Erträge. Um im Winter größere Erträge zu erreichen, muss die Anlage mit ca. 45° geneigt und nach Süden ausgerichtet sein. Der Bilanzierung liegt eine PV-Anlage mit 27kW Peakleistung zugrunde. Der Strombedarf liegt nach der Sanierung auf Grund des benötigten Stromes für die Wärmepumpe bei ca. 95.200kWh. Der Ertrag der Module wird mit 25.800kWh angesetzt. Für das Gebäude sind jedoch nur 21.600kWh ansetzbar, da überschüssige Erträge ins Netz eingespeist werden, da sie nicht gespeichert werden. Die Differenz von 48.900kWh des Strombedarfs muss weiterhin zugekauft werden.

4.6 Maßnahme 6 – Lüftungsanlage

Neben einer hochwertigen Gebäudehülle stellt die Wärmerückgewinnung den zweiten wichtigen Aspekt zukunftsorientierter Gebäudestandards dar.

Durch Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung werden die Lüftungswärmeverluste gegenüber Fensterlüftung um rechnerisch 40 bis 50kWh/(m²a) gesenkt

Vor anlagentechnischen Auslegungen und Berechnungen sind bauliche und organisatorische Möglichkeiten (z.B. Raumvolumen, Fensterdimensionierung, Klassenstärke) zu prüfen. So sollten beim Einsatz einer mechanischen Lüftungsanlage alle Aufenthaltsbereiche (ausgenommen innen liegende Räume) über zu öffnende Fenster verfügen, um die Möglichkeit der Fensterlüftung weitgehend auszunutzen und um beim Ausfall der Anlage (gilt auch bei kombinierten Lüftungskonzepten) hygienisch annähernd zuträgliche Innenraumluftverhältnisse gewährleisten zu können. Außerhalb der Heizperiode sollte Fensterlüftung so oft wie möglich genutzt werden.

Lüftungstechnik und sommerlicher Wärmeschutz

Zum Wohlbefinden in Innenräumen gehört nicht nur eine Komforttemperatur im Winter, sondern auch im Sommer gilt es, einer übermäßigen Überhitzung der Räume entgegenzutreten. Grundsätzlich ist es nicht Aufgabe von Lüftungsanlagen, den sommerlichen Wärmeschutz zu gewährleisten. In erster Linie muss dies durch bauliche Lösungen erzielt werden. Das sind vor allem:

- eine außenliegende Verschattung der Fenster (mit Rollläden, vorstehenden Gebäudeteilen oder Pflanzen), die verhindert, dass einfallendes Sonnenlicht die Räume aufheizt,
- guter Wärmeschutz an Wänden und Fenstern, die den Wärmeeintrag über die Außenflächen verringern, und
- eine hohe Bauteilmasse, die tagsüber eintretende Wärmelasten ‚abpuffern‘ kann, die nachts mittels Lüftung wieder nach draußen abgeführt werden. Lüftungsanlagen können jedoch flankierend helfen und über das Konzept der Nachtlüftung in den sommerlichen Wärmeschutz eingebunden werden. Eine einfache Lösung mit geringem Energiebedarf ist z.B. die Ansaugung der kühlen Außenluft über Fenster/Nachtlüftungsöffnungen (ggf. gesteuert motorisch zu öffnen) in den Klassenräumen und die Abführung der Abluft über die Lüftungsanlage (Abluftschtung). Nicht empfohlen werden Erdreichwärmetauscher aufgrund des geringen Kühleffekts in Verbindung mit hohem Investitionsaufwand. Zudem besteht bei Luft-Erdreichwärmetauschern die Gefahr mikrobieller Belastungen. Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung müssen seit 2016 einen „Sommer-Bypass“ haben, der den Wärmetauscher umgeht, so dass nachts die Raumluft gegen kühle Außenluft ausgetauscht werden kann (Verordnung 2014/1253/EU)

4.7 Beleuchtung

Die Beleuchtungsanlage ist zum Zeitpunkt der empfohlenen Sanierung über 20 Jahre alt. Die neuen Beleuchtungsanlagen sollten aus Leuchten, die auf der LED-Technologie basieren bestehen. Die Stromeinsparung, die allein durch diese Umstellung bewirkt wird, kann durch Maßnahmen zur besseren Regelung der Beleuchtung noch verstärkt werden. Hierzu werden Sensoren, die die Anwesenheit von Menschen im Raum erfassen, installiert. Sind keine Personen zugegen, wird die Beleuchtung abgeschaltet. Gleichzeitig wird die Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit des aktuell verfügbaren Tageslichts von den Sensoren gesteuert. Bei der Planung der neuen Beleuchtungsanlage ist darauf zu achten, dass die notwendige Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit von der Raumsituation berechnet wird, die Leuchten entsprechend ausgewählt werden und nach Installation eine Einmessung erfolgt. Die Vollkosten für die Erneuerung der Beleuchtung werden auf 100.000 Euro geschätzt, die energetisch bedingten Mehrkosten betragen 50.000 Euro.

4.8 Geringinvestive Maßnahmen

Geringinvestive Maßnahmen sind grundsätzlich eine Möglichkeit, mit vergleichsweise niedrigem Investitionsaufwand viel Energie einzusparen. Vom Nutzerverhalten bis hin zur Erhöhung der Effizienz der vorh. technischen Geräte und Anlagen oder der energetischen Verbesserung der vorh. Gebäudesubstanz sind zahlreiche Maßnahmen mit geringen Investitionskosten und einer schnellen Amortisation möglich. Empfohlen werden folgende Maßnahmen.

Heizen und Lüften

Durch eine optimierte Heizung (hydraulischer Abgleich) und einem optimierten Betrieb in Absprache mit den Nutzern, Lehrer und Kinder, lassen sich bis zu 20 Prozent der Heizenergie einsparen.

- Hydraulischer Abgleich: Fehlt der hydraulische Abgleich, so werden Heizkörper, die nahe zur Wärmequelle stehen, besser versorgt. Weiter entfernte Heizkörper werden unter Umständen nicht ausreichend warm oder das Regelverhalten ist schlecht. Der Hydraulische Abgleich wird mit bis zu 30 % von der BAFA bezuschusst.
- Zeit-Checklisten anfertigen für tägliches Abschalten. Belegungspläne erstellen, um Nutzungszeiten besser zu regeln. Generell sollte für das Thema Energie sparen sensibilisiert werden. Hierfür sollten z.B. Hinweisschilder aufgehängt, Wandzeitungen und Faltblätter verteilt werden.
- Gekippte Fenster kühlen die Wände aus und verschwenden damit eher Energie, als dass es zu einem richtigen Luftaustausch kommt. Frische Luft gibt es am besten, wenn öfter zwischendurch für wenige Minuten die Fenster ganz geöffnet werden (Stoßlüftung). Der Fühler im Thermostatventil registriert die kalte Luft und versucht auf die eingestellte Temperatur aufzuheizen - also wird der Heizkörper unnötig heiß. Die Heizung sollte somit beim Lüften entweder ausgestellt werden oder ein digitales Heizungsthermostat besitzen.
- Heizung frei lassen
Verkleidungen, lange Vorhänge o.ä. vor der Heizung und ungünstig platzierte Möbel schlucken bis zu 20% der Wärme.
- Heizungsrohre dämmen
Ungedämmte Heizungsrohre in den Nebenräumen oder in Fluren verlieren viel Wärme. Das nachträgliche Dämmen mit Dämmschläuchen ist nicht schwierig, aber spart viel ein.

Beleuchtung

- Dauerbetrieb der Beleuchtung durch Bewegungsmelder verhindern.
- Sensibilisieren für Themen wie: Licht aus beim Verlassen der Räume, wenn die Sonne scheint und in Abstellkammern. Bei zwei oder mehr Lichtschaltern im Raum Aufkleber anbringen (farbig oder mit Logo), und markieren welche Lichter eher ausgeschaltet werden können, bzw. welche weniger notwendig sind (z.B. an der Fensterfront). Lichtschalter entsprechend ihrer Zuordnung zu den verschiedenen Bereichen (z.B. Fenster, Wand, Tafel) kennzeichnen (ggf. auch in Turnhallen). Flurbeleuchtung während der Unterrichts- und Gruppenzeiten reduzieren (evtl. Bewegungsmelder). Raumgestaltung so verbessern, dass weniger Licht benötigt wird (z.B. helle Raumgestaltung, Einfall von Licht durch Fenster nicht behindern...). Nebenraumbeleuchtung nur bei entsprechender Nutzung einschalten.
- Lampen regelmäßig säubern. Schmutz verringert die Lichtausbeute um bis zu 40%.
- Nach und nach auf energiesparsame Lampen umstellen (z.B. LED-Lampen).
LED-Lichterketten für die Weihnachtsbeleuchtung. Zeitschaltuhr an Lichterketten anbringen
- Büro/ Arbeitsräume Power Management an Computern aktivieren
Energiesparmodus einstellen, Beleuchtungsstärke am Bildschirm runter regeln, bei längeren Pausen Bildschirme abschalten, beim Ausstellen Stand-By Betrieb vermeiden. Drucker in den „Schlaf-Modus“ oder Energiesparmodus stellen (statt Stand-By, spart viel Energie) und ggf. mit einer Zeitschaltuhr oder Steckerleiste nachts und am Wochenende ganz ausstellen.

4.9 Bewertung der Maßnahmenkombination

Im Folgenden ist dargestellt, wie durch die einzelnen Maßnahmenpakete die bilanzierten Parameter beeinflusst werden.

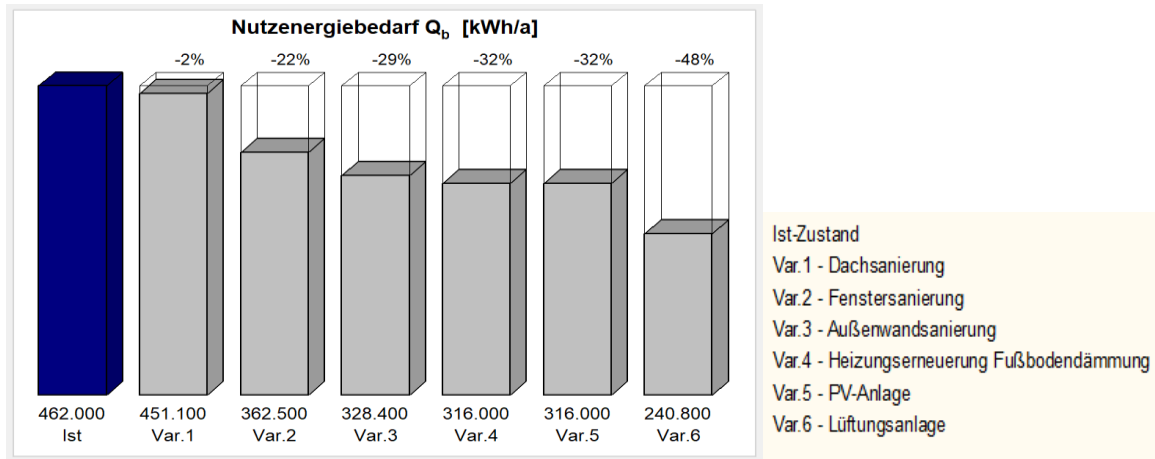


Abbildung 17: Nutzenergie

Abbildung 17 zeigt, dass sich der Nutzenergiebedarf durch die Sanierung der Gebäudehülle um ca. 29% reduzieren lässt.

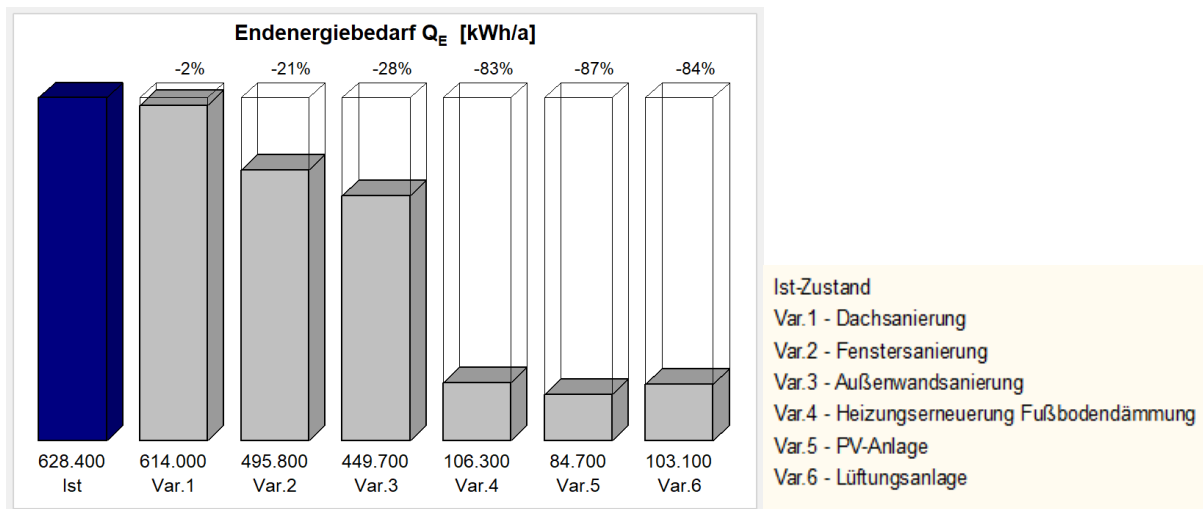


Abbildung 18: Entwicklung des Endenergiebedarfs

Um den Endenergiebedarf (zugekaufte Energie) weiter zu reduzieren, muß die Anlagentechnik auf die Nutzung regenerativer Energie umgestellt werden. Es zeigt sich, daß durch die Kombination von Variante 1 bis 3 zusammen mit einer Wärmepumpe Variante 4, die Endenergie um 83% gegenüber dem Ausgangszustand reduziert werden kann.

Der Endenergiebedarf der Schule kann durch den Einbau einer Photovoltaikanlage weiter reduziert werden. Bei dem Ansatz einer 200m²-Anlage wird der Endenergiebedarf um weitere 4% gesenkt, wobei überschüssiger Strom in das Netz eingespeist werden kann. Werden effiziente Module mit einer Peakleistung von über 300W/m² installiert, erhöht sich der Ertrag. Der Einbau einer Lüftungsanlage zur Lüftung der Aufenthaltsräume, erhöht den Energiebedarf.

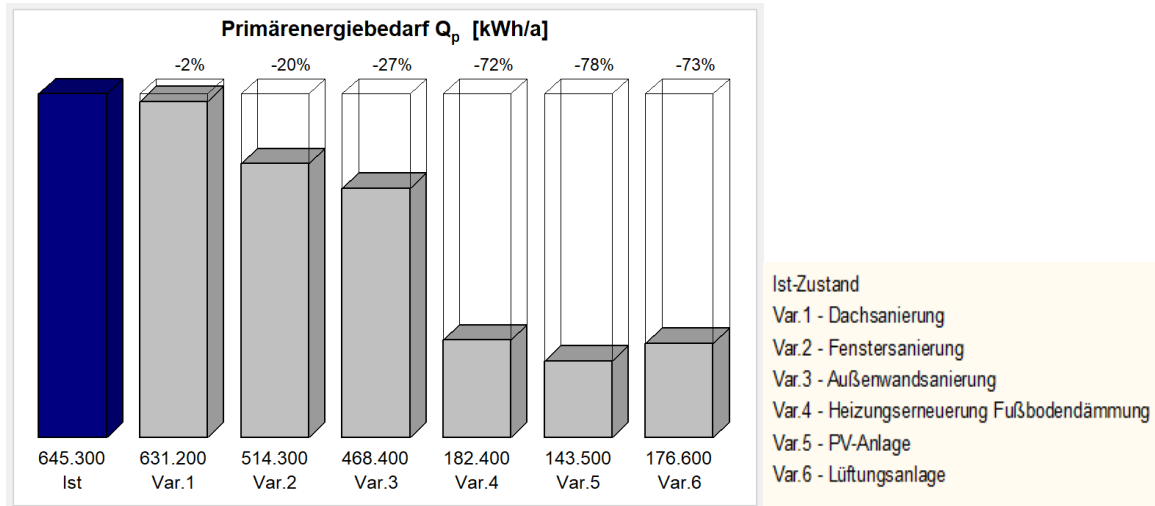


Abbildung 19: Entwicklung des Primärenergiebedarfs

Nach den Sanierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle kann eine Wärmepumpe die Brennkessel unterstützen, da durch diese ein großer Anteil der benötigten Energie aus Umweltwärme gedeckt wird. Während durch den Einbau der Wärmepumpe der Endenergiebedarf nach der Gebäudesanierung auf nur 17% des Ist-Zustands sinkt, beträgt der Primärenergiebedarf für die Sanierungsvariante 4 noch 28% des Ist-Zustands. Das ist in dem Primärenergiefaktor für Strom von 1,8 begründet. Zum Vergleich, der Primärenergiefaktor für Gas beträgt 1,1. Der Primärenergiefaktor gibt an, wieviel Energie zusätzlich verbraucht wird, um den Strom oder das Gas im Gebäude zur Verfügung zu stellen. Durch den Einbau der PV-Anlage reduziert sich der Primärenergiebedarf um weitere 6%, während es in Bezug auf die Endenergie 4% sind. Mit dem Einbau der Lüftungsanlage wird der Energiebedarf wieder auf das Niveau ohne PV-Anlage erhöht.

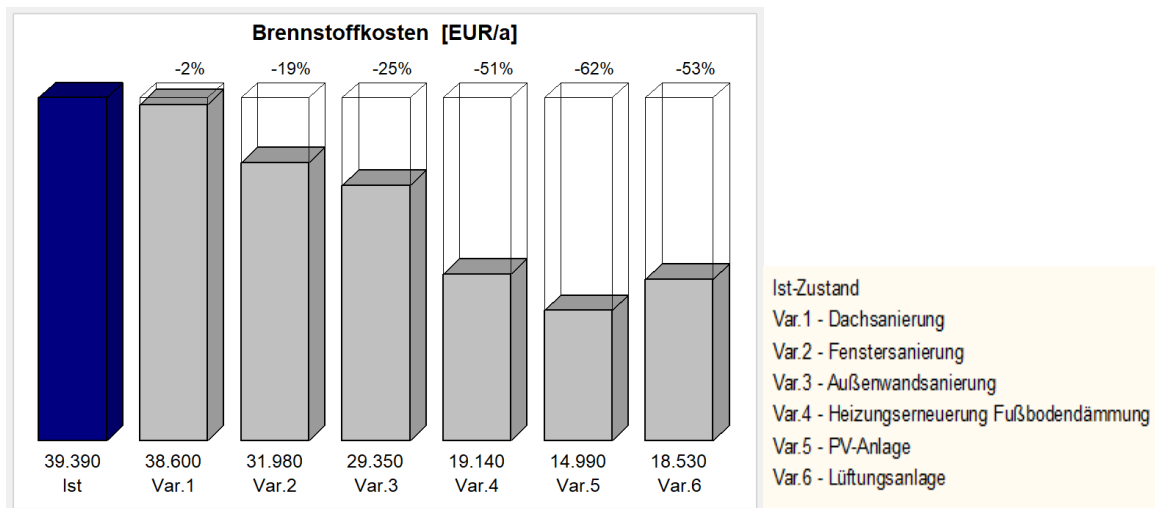


Abbildung 20: Reduzierung der Energiekosten

Mit der Sanierung der Gebäudehülle reduzieren sich die Brennstoffkosten um 25%, da die Energieverluste in dieser Höhe reduziert werden. Durch den Einbau der Wärmepumpe in Variante 4 wird der Endenergiebedarf um 83% bezüglich des Ist-Zustands gesenkt. Da die Kosten für Strom bei ca. 20ct/kWh liegen, für Gas jedoch nur bei 6,5ct/kWh, werden derzeit durch den Einbau einer Wärmepumpe nur ca 51% der Brennstoffkosten eingespart. Durch die Nutzung von Eigenstrom aus der PV-Anlage erhöht sich die Einsparung der Brennstoffkosten auf 62% in Bezug auf den Ist-Zustand.

Die folgende Abbildung zeigt die Reduzierung des CO₂ Ausstoßes durch die Maßnahmen. Bei Umsetzung der vorgestellter Maßnahmen kann der CO₂ Ausstoß um ca. 2/3 reduziert werden.

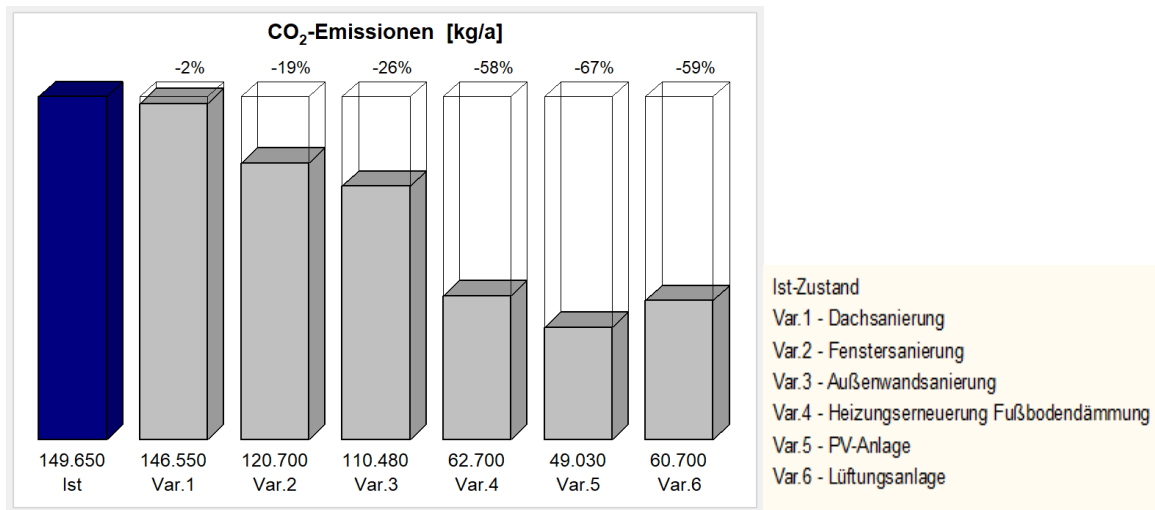


Abbildung 21: Reduzierung des CO₂ Ausstoßes

Die Diagramme zeigen, dass mit den geplanten Maßnahmen, bis auf die Lüftungsanlage sich die energetischen Kennwerte und auch die Betriebskosten reduzieren lassen. Bei der Lüftungsanlage wird zwar auch die benötigte Nutzenergie reduziert, aufgrund der Anlagentechnik wird jedoch auch ein erhöhter Energieeinsatz erforderlich, sodass die Lüftungsanlage hauptsächlich der Gesundheit und dem Komfort der Nutzer dient.

5 Wirtschaftlichkeitsbewertung

Um die Rentabilität einer Energieeffizienzmaßnahme zu bewerten, ist eine Kosten-Nutzen-Analyse ein bewährtes Mittel. Hierbei werden die energetischen Mehrkosten mit den eingesparten Energiekosten ins Verhältnis gesetzt. Auch wenn sich die Investitionskosten von Energieeffizienzmaßnahmen in der Regel vor Ablauf der Lebensdauer amortisieren, werden dennoch viele Maßnahmen nicht umgesetzt.

Energetische Mehrkosten umfassen alle Kosten, die nicht mit den Instandhaltungskosten und Wartungskosten (Sowiesokosten) verbunden sind, aber zur Vorbereitung und Umsetzung einer Energieeffizienzmaßnahme notwendig sind. Somit werden für die Wirtschaftlichkeit einer Energetischen Maßnahme nur die zusätzlichen Kosten bilanziert, die für die Umsetzung des anvisierten energieeffizienten Standards (KfW-70) anfallen.

Die tatsächlichen Amortisationszeiten können je nach Finanzierungsbedingungen, Förderung und tatsächlichen zukünftigen Energiepreisentwicklungen auch deutlich kürzer ausfallen. Die Kosten-Nutzen-Analyse dient vor allem als Vergleichsmaßstab der Energiesparmaßnahmen untereinander. Sie beinhaltet keine Prognose der Kostenentwicklungen in der Zukunft.

5.1 Wirtschaftlichkeitsbewertung der Maßnahmenpakete

Die folgende Tabelle zeigt die Investitionskosten für die einzelnen Maßnahmen. Diese teilen sich auf in den Erhaltungsaufwand/Sowieso-Kosten und die energetischen Mehrkosten. Mit dem Umsetzen der Maßnahmen ergeben sich Einsparungen. Aus den Einsparungen und den energetischen Mehrkosten ergibt sich die statische Amortisationszeit.

Maßnahmenpakete	Investition [€]	Sowieso- kosten [€]	Energetische Mehrkosten [€]	Einsparung [€/a]	Amortisations- zeit [Jahre]
1. Dach	180.000,00	164.200,00	15.800,00	800,00	20,00
2. Fenster	1.106.100,00	1.106.100,00	0,00	6.800,00	0,00
3. Außenwand	630.600,00	548.400,00	82.200,00	2.400,00	34,00
4. Heizungserneuerung + Fußbodendämmung	696.200,00	572.100,00	124.100,00	10.400,00	12,00
5. PV	38.600,00	0,00	38.600,00	4.400,00	9,00
6. Lüftungsanlage	142.800,00	0,00	142.800,00	-3.600,00	-40,00

Tabelle 11: Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen

Ist die Amortisationszeit geringer als die Nutzungsdauer der Maßnahmenpakete, dann rentieren sich die energetischen Maßnahmen. Dies ist vor allem bei dem Einbau von neuen Fenstern und der Erneuerung der Heizungsanlage sowie der PV-Anlage der Fall. Bei der Sanierung der Außenwand und dem Einbau der Lüftungsanlage stehen die Energieeinsparung und der Nutzerkomfort bei der Argumentation für die Umsetzung der Maßnahmen mehr im Vordergrund. Durch die Einplanung der Maßnahmen für den energetischen Mehraufwand kann bei Einzelmaßnahmen im Programm bauen und sanieren ein Tilgungszuschuss für die Investition von 20 % beantragt werden. Durch diesen amortisieren sich sowohl die Investitionen für die Einzelmaßnahmen als auch der energetische Mehraufwand deutlich früher. Die Wärmepumpe, welche in Punkt 4 eingeplant ist, wird über das BAFA-Marktanreizprogramm mit 35 % bezuschusst. Die PV-Anlage rentiert sich durch die Einspeisevergütung und die Stromkosteneinsparung.

Wirtschaftlichkeitsbewertung Photovoltaik-Anlage

In der obigen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind die Erträge der PV-Anlage aufgrund der Einspeisung des Stroms in das Netz noch nicht berücksichtigt. Eine detailliertere Betrachtung der Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage ist deshalb im Folgenden aufgeführt. Die momentan installierte PV-Anlage wird auf Grund der geringen Größe vernachlässigt.

Der **Solarertrag** bezeichnet die Solarstrommenge, die eine Photovoltaikanlage in einem bestimmten Zeitraum - in der Regel während eines Kalenderjahrs - erzeugt.

Der mögliche Solarertrag wird in der Planungsphase dazu eingesetzt, die Wirtschaftlichkeit (Rendite) einer Photovoltaik-Anlage abzuschätzen. Zusätzlich dient er nach der Installation zur Kontrolle, ob die Solarstromanlage wie vorgesehen funktioniert

Der **Eigenverbrauchsanteil** gibt an, wieviel des erzeugten Stroms selbst verbraucht werden kann. Mit einer Photovoltaikanlage kann man einerseits den produzierten Strom ins öffentliche Netz einspeisen oder versuchen den eigens erzeugten Strom selbst zu nutzen. Damit sich eine Photovoltaik-Anlage schnellst möglich rentiert, ist es sinnvoll, möglichst viel des erzeugten Stroms selbst zu verbrauchen. Die Einspeisevergütung für selbst erzeugten Strom sinkt und die Strompreise der Energieanbieter steigen. Daher ist die Ersparnis, durch jede nicht vom Stromversorger bezogene Kilowattstunde deutlich höher, als die Einspeisevergütung für eine ins Stromnetz eingespeiste Kilowattstunde.

Um möglichst viel des erzeugten Stroms selbst zu nutzen, sollte man Verbraucher dann zuschalten, wenn die Sonne scheint, vor allem in den Mittagsstunden. Hierfür empfehlen sich Funksteckdosen oder Zeitschaltuhren sowie Geräte, die selbst über die Möglichkeit, den Start des Programmes auf einen bestimmten Zeitpunkt zu legen, verfügen. Zusätzlich kann der Eigenverbrauch des selbst erzeugten Stroms durch einen Batteriespeicher gesteigert werden. Wie viel Prozent des selbst erzeugten Stromes man letzten Endes pro Jahr selbst verbrauchen kann, kann lediglich abgeschätzt werden.

In der unten aufgeführten Einsparung ist zusätzlich zur Eigenverbrauchersparnis und Einspeisevergütung die EEG-Umlage berücksichtigt. Diese fällt bei PV-Anlagen mit einer Leistung größer 10 kW, auf jede selbsterzeugte und verbrauchte kWh an.

installierte Leistung [kWp]	27
Solarertrag [kWh]	25.800,00
anrechenbare kWh	21.600,00
Investition [€]	38.600,00
Einspeisevergütung [€]	390,00
Eigenverbrauch [€]	6.480,00
EEG-Umlage [€]	1.458,00
Ersparnis [€/a]	5.400,00
Amortisationszeit [Jahre]	7,00
Gewinn nach 20 Jahren [€]	70.200,00

Tabelle 12: Wirtschaftlichkeit PV-Anlage

Der Strombedarf liegt nach der Sanierung auf Grund des benötigten Stromes für die Wärmepumpe bei ca. 95.200kWh. Der Ertrag der Module wird mit 25.800kWh angesetzt. Für das Gebäude sind jedoch nur 21.600kWh ansetzbar, da überschüssige Erträge ins Netz eingespeist werden, da sie nicht gespeichert werden. Ein zusätzlicher Speicher könnte den Eigenverbrauch noch weiter erhöhen. Auch die richtige Dimensionierung der Anlage sollte sorgfältig geplant werden da noch weitere Dachflächen zur Verfügung stehen. Dieses Beispiel zeigt aber bereits auf, dass sich eine Photovoltaik-Anlage in jedem Fall rentiert. Die Investition in eine Anlage amortisiert sich auf Grund des hohen Stromverbrauches der Schule bereits nach ca. 7 Jahren. Zusätzlich ist die Anlage gewinnbringend. Die Lebensdauer einer PV-Anlage lässt sich mit 20 – 25 Jahre ansetzen. Die Einspeisevergütung wird ab dem Jahr der Inbetriebnahme für 20 Jahre versichert. Durch die zusätzliche Einsparung der Stromkosten ergibt sich nach 20 Jahren ein Gewinn von ca. 70 000 €.

5.2 Wirtschaftlichkeitsbewertung der Gesamtsanierung

Die Wirtschaftlichkeit der Gesamtsanierung ist in der folgenden Tabelle dargestellt. Auch hier sind die Investitionskosten in den Erhaltungsaufwand und die Energetischen Mehrkosten aufgegliedert. Mit der Einsparung von ca. 21.200 €/a ergibt sich eine Amortisationszeit der energetischen Mehrkosten von ca. 19 Jahren.

Gesamtsanierung	
Investition [€]	2.794.300,00
Sowiesokosten [€]	2.390.800,00
Energetische Mehrkosten [€]	430.500,00
Einsparung [€/a]	21.200,00
Amortisationszeit [Jahre]	19,00

Tabelle 13: Wirtschaftlichkeit der Gesamtsanierung

Werden Fördermittel für die Sanierung in Anspruch genommen, dann kann die Amortisationszeit noch deutlich geringer ausfallen. Die KfW zahlt für die Sanierung zu einem KfW- 70 Effizienzhaus (Programm 218 bauen und sanieren) welches durch die Gesamtsanierung erreicht wird einen Tilgungszuschuss von 27,5 % auf die Gesamtinvestition. Hier sind die Investitionskosten für die Wärmepumpe und die PV-Anlage vorher abzuziehen da diese über andere Förderprogramme bezuschusst werden. Durch die abgeschätzten Investitionskosten würde sich so ein Tilgungszuschuss von ca. 740 000 € ergeben. Der maximale Tilgungszuschuss für die Schule liegt bei ca. 950 000 €. Zusätzlich werden 25 000 für die Wärmepumpe aus dem BAFA-Anreizprogramm bezuschusst. Die Förderprogramme sind in dem folgenden Kapitel vorgestellt.

6 Fördermöglichkeiten

Es besteht die Möglichkeit verschiedene Förderprogramme in Anspruch zu nehmen. Im Folgenden sind einige Förderprogramme mit den wichtigsten Parametern vorgestellt. Beachten Sie bitte, dass die Anträge vor Maßnahmenbeginn gestellt werden müssen und Anforderungen an die Ausführung und die Begleitung durch einen Sachverständigen bestehen.

6.1 KfW - Kreditanstalt für Wiederaufbau

Förderziel: Das Förderprogramm dient der zinsgünstigen langfristigen Finanzierung von Maßnahmen zur deutlichen Energieeinsparung und Reduzierung der Kohlendioxid-Emissionen bei bestehenden Gebäuden der kommunalen und sozialen Infrastruktur in Deutschland. Außerdem wird die Errichtung von KfW-Energieeffizienzgebäuden mit niedrigem Energiebedarf und Kohlendioxid-Ausstoß gefördert. Der Zinssatz wird in den ersten 10 Jahren der Kreditlaufzeit aus Bundesmitteln verbilligt. In den meisten Verwendungszwecken werden die Vorhaben zudem mit Tilgungszuschüssen des Bundes unterstützt.

6.1.1 IKK-Programm 218 – Einzelmaßnahmen und Sanierung zum Effizienzhaus

Gefördert wird die Umsetzung von Einzelmaßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden sowie Sanierungen zum KfW-Energieeffizienzgebäude.

Kredit: Maximal 25 Mio. €.

Tilgungszuschuss: Mit Nachweis des erreichten KfW-Effizienzgebäude-Standards gemäß Zusage beziehungsweise der Einhaltung der technischen Mindestanforderungen bei Einzelmaßnahmen erhalten Sie einen Tilgungszuschuss. Die Höhe des Tilgungszuschusses ergibt sich aus einem Prozentsatz des Zusagebetrages und einem Höchstbetrag pro Quadratmeter Nettogrundfläche.

Sanierung	Tilgungszuschuss	Maximaler Tilgungszuschuss
KfW-Effizienzgebäude 70	27,5 % des Zusagebetrages	275 €/m ²
KfW-Effizienzgebäude 100	20,0 % des Zusagebetrages	200 €/m ²
KfW-Effizienzgebäude Denkmal	17,5 % des Zusagebetrages	175 €/m ²
Einzelmaßnahmen	20,0 % des Zusagebetrages	200 €/m ²

Tabelle 14: KfW-Tilgungszuschuss für Einzelmaßnahmen und Effizienzhäuser

6.1.2 KfW-Programm 201 – Quartiersversorgung

Zur Verbesserung der Energieeffizienz der kommunalen Infrastruktur werden Maßnahmen wie der Neubau, die Erweiterung oder Modernisierung von quartiersbezogener Wärme- und Kälteversorgung Wasserver- und Abwasserentsorgung, mitfinanziert. Ein Quartier umfasst in diesem Zusammenhang mehrere flächenmäßig zusammenhängende private und/ oder öffentliche Gebäude einschließlich der öffentlichen Infrastruktur.

Kredit: Mit dem Förderprogramm können bis zu 100 % der förderfähigen Investitionskosten finanziert werden.

Tilgungszuschuss: Maximal 10 % des Zusagebetrages.

6.1.3 KfW-Programm 432 – Quartierskonzept – Zuschuss

Zuschüsse für die Erstellung integrierter Quartierskonzepte für energetische Sanierungsmaßnahmen und Zuschüsse für ein Sanierungsmanagement, das die Planung sowie die Realisierung der in den Konzepten vorgesehenen Maßnahmen begleitet und koordiniert.

Zuschuss: Der Zuschuss beträgt 65 % der förderfähigen Kosten entsprechend den Komponenten A (Erstellung von integrierten Konzepten) und B (Sanierungsmanager). Der maximale Zuschussbetrag für den Sanierungsmanager bei einem Förderzeitraum von in der Regel maximal 3 Jahren beträgt insgesamt bis zu 150.000 Euro je Quartier. Bei einer Verlängerung kann der Höchstbetrag um bis zu 100.000 Euro auf insgesamt bis zu 250.000 Euro für maximal 5 Jahre aufgestockt werden. Zuschüsse unter 5.000 Euro werden nicht ausgezahlt.

6.1.4 IKK-Programm 233 – Barrierearme Stadt

Gefördert werden Barriere reduzierende Maßnahmen zur Umgestaltung von Gebäuden, Verkehrsanlagen und öffentlichem Raum wie z.B. :

- Raumgeometrie ändern, zum Beispiel Raumzuschnitt oder Türbreite
- Sanitärräume umbauen
- trittsichere Bodenbeläge im Gebäude verlegen
- Bedienelemente, Raumakustik, Orientierung und Kommunikation verbessern
- Sportplätze, Sporthallen und Schwimmbäder umgestalten

Kredit: Förderkredit ohne Höchstbetrag. Finanzierung zu 100 % möglich.

6.1.5 KfW-Programm 432 – Brennstoffzelle

Investitionszuschüsse für den Einbau innovativer Brennstoffzellensysteme zur Wärme- und Stromversorgung. Gefördert wird der Einbau von stationären Brennstoffzellensystemen mit einer elektrischen Leistung von mindestens $P_{el} = 0,25 \text{ kW}_{el}$ bis maximal $P_{el} = 5,0 \text{ kW}_{el}$

1. Festbetrag (Grundförderung) von 5.700 Euro und
2. Leistungsabhängiger Betrag (Zusatzförderung) von 450 Euro je angefangene $0,1 \text{ kW}_{el}$.

Es werden maximal 40 % der förderfähigen Kosten bezuschusst.

6.1.6 KfW-Programm 230 – Umweltinnovationsprogramm

Förderungen von Vorhaben in großtechnischem Maßstab, die erstmalig fortschrittliche technologische Verfahren und Verfahrenskombinationen zur Vermeidung oder Verminderung von Umweltbelastungen verwirklichen. Gefördert werden kann ein Vorhaben dann, wenn die geplante Technik/Technologie großtechnisch bislang in Deutschland noch nicht angewendet wird, beziehungsweise wenn bekannte Techniken erstmals in einer neuen verfahrenstechnischen Kombination zum Einsatz kommen sollen.

Kredite: bis zu 70 % der zuwendungsfähigen Ausgaben/Kosten

Investitionszuschüsse: bis zu 30 % der zuwendungsfähigen Ausgaben/Kosten

6.2 BAFA - Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

6.2.1 BAFA-Marktanreizprogramm

Das BAFA bietet Förderungen von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt an. In bestehenden Gebäuden, d. h. solchen, in denen zum Zeitpunkt der Antragstellung bereits seit mehr als 2 Jahren ein Heizungs- bzw. Kühlsystem in Betrieb genommen war, das ersetzt oder unterstützt werden soll, werden folgende Maßnahmen wie folgt bezuschusst.

Förderübersicht: Heizen mit erneuerbaren Energien 2020

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

Es gelten die Bestimmungen der Richtlinien vom 30.12.2019.

Anträge können ausschließlich über das elektronische Antragsformular gestellt werden. Die Antragstellung muss vor Beginn der Maßnahme erfolgen.

Abbildung 22: Förderübersicht Wärmeenergiesysteme

6.2.2 BAFA-Bundesförderung für effiziente Wärmenetze

Es werden innovative Wärmenetzsysteme mit überwiegendem Anteil erneuerbarer Energien und Abwärme bezuschusst.

Modul I - Machbarkeitsstudien mit bis zu 60 Prozent der förderfähigen Ausgaben und einer maximalen Höhe der Förderung von 600.000 Euro.

Modul II - Realisierung mit bis zu 50 Prozent der förderfähigen Ausgaben und einer maximalen Höhe der Förderung von 15 Mio. Euro.

6.2.3 Bundesförderung für effiziente Gebäude – Heizungsoptimierung

Die Förderung für den Austausch und Installation von hocheffizienten Umwälz- und Warmwasserzirkulationspumpen und für den hydraulischen Abgleich sowie für die aufgeführten begleitenden Maßnahmen beträgt 30 % der förderfähigen Nettoinvestitionskosten.

6.3 Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur

6.3.1 Förderung von Klimaschutzmaßnahmen an Bildungsbauten

Schulträger können etwas für einen besseren Klimaschutz tun und für die Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen an Schulbauten eine Bundesförderung beantragen. Das Bundesumweltministerium gewährt beispielsweise Zuschüsse für eine Fokusberatung, die den Einstieg in den Klimaschutz erleichtern soll. Zuschüsse gibt es auch für eine klimafreundliche Beleuchtung und Belüftung sowie für Gebäudeleittechnik. Die Förderung erfolgt im Rahmen der Kommunalrichtlinie. Das Service- und Kompetenzzentrum: Kommunalen Klimaschutz (SK:KK) informiert in einer Broschüre über die genauen Fördermöglichkeiten.

6.3.2 325 Millionen Euro für Schulbauprojekte

Die Landesregierung hat ein Sonderprogramm für den Schulbau im Umfang von 325 Millionen Euro aufgelegt, um Schulträger bei der Sanierung von Schulgebäuden stärker zu unterstützen. Neben den öffentlichen Schulen sind auch Mittel für freie Schulen vorgesehen. Insgesamt sollen 129 Schulbauprojekte finanziert werden, wie aus der Schulbauliste ersichtlich ist. Damit geht die Landesregierung über ihre Ankündigung aus dem Herbst 2017 hinaus. Damals hatte die Landesregierung angekündigt, über ein Schulbauprogramm und die Nutzung bestehender Förderprogramme insgesamt 275 Millionen Euro in moderne Schulgebäude zu investieren.

6.4 Schulbauförderung: Bildungsministerium koordiniert Projekte

Neubau, Sanierung, Inklusion: Die Schulbauförderung hat viele Facetten. Die Antragsverfahren sind aufwändig. Im Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur laufen alle Fäden für die Schulbauförderung zusammen. Hier werden alle Schulbauaktivitäten innerhalb der Landesregierung koordiniert. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Servicestelle „Schulbau“ helfen bei Fragen gerne weiter. Schulträger reichen ihre Anträge auf eine Förderung wie bisher bei den zuständigen Stellen ein.

7 Anhang

7.1 Glossar

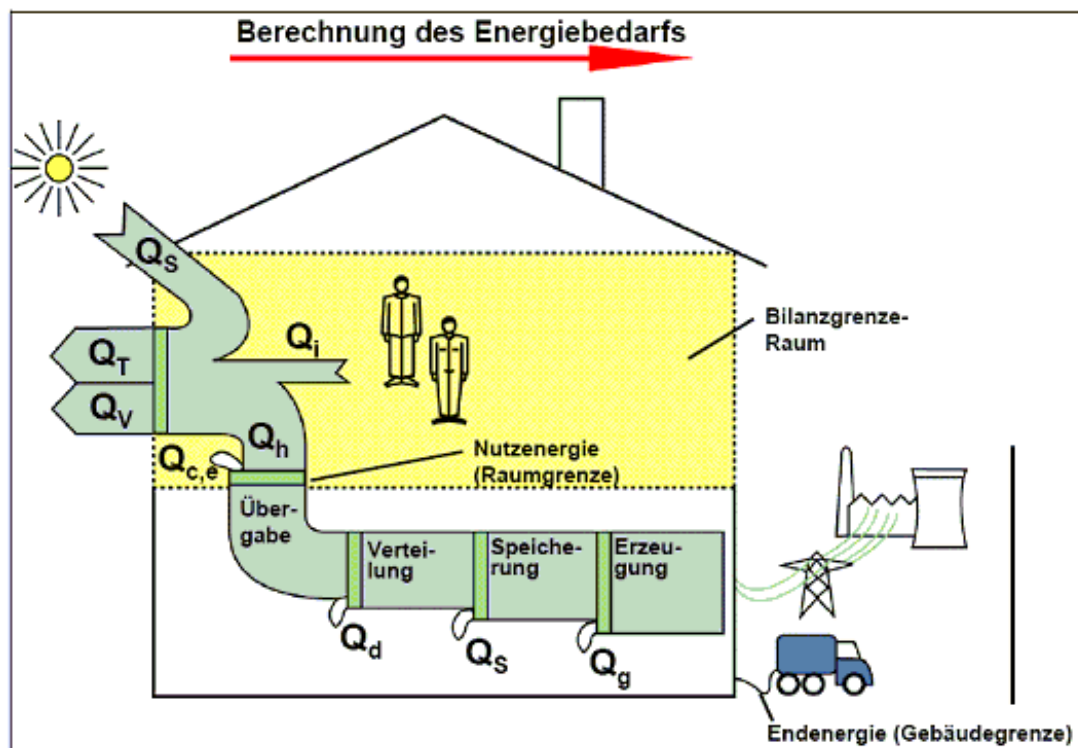
Energiebedarf

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

Jahres-Primärenergiebedarf

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

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



Primärene

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.

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

Wärmeübertragende Umfassungsfläche A

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

7.2 Brennstoffdaten

	Einheit	Heizwert Hi kWh/Einheit	Brennwert Hs kWh/Einheit	Verhältnis Hs/Hi *
Erdgas E	m ³	10,42	11,57	1,11
Strom	kWh	1,00		
Nah-/Fernwärme aus KWK, fossil	kWh	1,00		

	Einheit	Arbeitspreis Cent/Einheit	Arbeitspreis Cent/kWh	Grundpreis Euro/Jahr
Erdgas E	m ³	65,2	6,26	182
Strom	kWh	19,2	19,20	50
Nah-/Fernwärme aus KWK, fossil	kWh	6,4	6,40	150

	Primär- energie- faktor	CO ₂ - Emissionen g/kWh	SO ₂ - Emissionen g/kWh	NO _x - Emissionen g/kWh
Erdgas E	1,1	244	0,157	0,200
Strom	1,8	633	1,111	0,583
Nah-/Fernwärme aus KWK, fossil	0,7	219	-0,134	0,357

7.3 Digitale Anlagen

Die folgenden Unterlagen sind digitale Anlagen zum Beratungsbericht.

- Thermografiebericht
Schule Niepars – Thermografiebericht.pdf
- Berechnungsunterlagen Ist-Zustand:
Schule Niepars – Berechnungsunterlagen – Ist-Zustand.pdf
- Berechnungsunterlagen Sanierung Maßnahme 7
Schule Niepars – Berechnungsunterlagen – Maßnahme 7.pdf