

Energieberatung für Nichtwohngebäude

- Ludwig – Wolker – Halle -

Objekt: Dreifachsporthalle
Ludwig-Wolker-Straße 35
45468 Mülheim an der Ruhr

Auftraggeber: Stadt Mülheim an der Ruhr
Hans-Böckler-Platz 5
45468 Mülheim an der Ruhr

**Bearbeitungs-
zeitraum:** 06/2024 bis 09/2024

**Fertigstellungs-
datum:** 27.09.2024



Vorbemerkungen

Die durchgeführte energetische Bewertung des Gebäudes (Sporthalle) basiert auf dem Berechnungsverfahren der DIN V 18599 und bezieht sich auf das „Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG)“ vom 01.01.2024.

Die Berechnungen wurden mit der Software: „Energieberater 18599 3D Plus“ der Fa. Hottgenroth durchgeführt.

Fehlende Angaben und weitere Daten wurden den „Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand“ vom 08.10.2020, bekannt gemacht durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat, entnommen.

Daten zum Gebäude und zur Anlagentechnik wurden bei der Gebäudebegehung am 01.07.2024 aufgenommen.

Hinweis: Die Vorschläge der energetischen Bewertung stellen Empfehlungen dar, die nach bestem Wissen erarbeitet wurden. Es handelt sich nicht um eine DIN - gerechte Planungsleistung. Die Durchführung, der Erfolg und mögliche Risiken einzelner Maßnahmen bleiben deshalb in Ihrer Verantwortung. Vor der Realisierung der vorgeschlagenen Maßnahmen sollte der Bericht besprochen werden, damit weitere, eventuell noch vorhandene Informationen genutzt werden können.

Ingenieur- & Sachverständigenbüro Dr. Albert
info@Die-Energieberater.de
Tel.: 0203 2988 7630
Duisburg, 27.09.2024

Dr.-Ing. Jörg Albert, zertifizierter Passivhausplaner
s.a.SV für Schall- & Wärmeschutz
ö.b.u.v.SV für Bewertung der energetischen
Qualität von Wohn- und Nichtwohngebäuden

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkungen	2
Inhaltsverzeichnis	3
1 Zusammenfassung der Ergebnisse	6
1.1 Ergebnisse – Empfehlung 3 (EG 40)	6
1.2 Ergebnisse – Einzelmaßnahmen	8
1.2.1 Energiebedarf	8
1.2.2 Brennstoffbedarf	10
1.2.3 Strom, Hilfsenergie und PV-Erträge in [kWh/a]	11
1.3 Ergebnisse – Empfehlungen	12
1.3.1 Energiebedarf	12
1.3.2 Brennstoffbedarf	13
1.3.3 Strom, Hilfsenergie und PV-Erträge in [kWh/a]	14
2 Gebäudebeschreibung	15
2.1 Grunddaten des Gebäudes	15
2.2 Zeichnungen	17
2.2.1 Grundrisse	17
2.2.2 3D – CAD – Zeichnungen	19
2.3 Vergleich der Verbrauchswerte mit den Referenzwerten	21
2.3.1 Heizenergieverbrauch	21
2.3.2 Stromverbrauch	22
3 Energetische Bewertung gemäß DIN V 18599	23
3.1 Berechnungsgrundlagen	23
3.1.4 Zonierung	26
3.1.5 Lüftung	27
3.1.6 Beleuchtung	28

3.1.7	Heizsystem	29
3.1.8	Warmwasserbedarf	30
3.1.9	Kühlung	30
3.2	Ergebnisse	31
3.2.1	Energiebilanz für die Raumwärme aus Wärmegewinnen und Wärmeverlusten	33
3.2.2	Energetische Einstufung	34
4	Energiesparvorschläge	36
4.1	Einzelmaßnahmen	36
4.1.1	(1) Dämmung der Flachdächer	36
4.1.2	(2) Dämmung der Außenwände	38
4.1.3	(3) Dämmung der KG-Außenwände mit Perimeterdämmung	40
4.1.4	(4) Dämmung der Bodenplatte	42
4.1.5	(5) Austausch von Fenstern und Türen	44
4.1.6	(6) Optimierung der Beleuchtung	46
4.1.7	(7) Erneuerung der Lüftungsanlagen	48
4.1.8	(8) Anschluß an die Fernwärme + Heizungsoptimierung	50
4.1.9	(9) Installation einer Solarthermieanlage	52
4.1.10	(10) Installation einer PV-Anlage	54
4.2	Empfehlungen	56
4.2.1	Empf. 1: Dämmkombination (1 + 2 + 3 + 4 + 5)	56
4.2.2	Empf. 2: Empf. 1 + (6 + 7 + 8 + 9 + 10)	60
4.2.3	Empf. 3: Empf. 2 + PV-Anlage + Solarthermie-Anlage	64
5	Wirtschaftlichkeit	68
5.1	Erläuterungen	68
5.2	Wirtschaftlichkeitsberechnungen	69

6	Erläuterung der Maßnahmen	71
6.1	Fenster mit Wärmeschutzverglasung	71
6.2	Dämmung der Kellerdecke	74
6.3	Dämmung der Bodenplatte und der Kelleraußenwände	76
6.4	Dämmung der Außenwände	78
6.5	Optimierung der Beleuchtung	82
6.6	Optimierung der Heizung	87
6.7	Installation einer Photovoltaikanlage	88
6.8	Solaranlage zur Warmwasserbereitung	94
7	Anhang	97
7.1	Vorteile einer Sanierung	97
7.2	Stand-By-Schaltungen	98
7.3	Energieeinsparen durch Verhaltensänderungen	99
7.4	Energiemanagement	100
7.5	Brennstoffdaten (gemäß GEG)	102
7.6	Bescheinigung – Fernwärmenetz Mülheim an der Ruhr	103
7.7	Zusammenfassung der Ergebnisse	104
7.7.1	Einzelmaßnahmen	104
7.7.2	Empfehlungen	109

1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die Auswirkungen der im Bericht vorgeschlagenen Einzelmaßnahmen und Varianten auf die möglichen Energieeinsparungen und die Verringerung von Emissionen.

Für die dargestellten spezifischen energetischen Kennwerte ist eine Energiebezugsfläche von 2.133 m² für die Sporthalle in Mülheim an der Ruhr zugrunde gelegt worden.

1.1 Ergebnisse – Empfehlung 3 (EG 40)

Mit den Sanierungsmaßnahmen der Empfehlung 3 kann die Ludwig-Wolker-Halle zu einem Effizienzgebäude 40 saniert werden.



Die Empfehlung 3 umfasst die folgenden Maßnahmen:

Modernisierung der Gebäudehülle:

Außenwände: Dämmung der Außenwände mit 16 cm Dämmstoff der WLS 035. Für diese Bereiche wird ein Wärmedämmverbundsystems (WDVS) vorgeschlagen.

Dämmung der Kellergeschoss-Außenwände im Erdreich mit 10 cm Perimeter-Dämmstoff der WLS 035.

Türen: Austausch der Eingangstüren gegen Türen mit hohem Wärmeschutz.

Austausch der Kellertüren und Nebentüren gegen Türen mit hohem Wärmeschutz.

Fenster: Austausch der Fenster mit Einfachverglasung gegen Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung.

Austausch der Fenster mit Isolierverglasung gegen Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung.

Flachdächer Dämmung der Flachdächer mit 16 cm der WLS 024.

Boden: Dämmung der Bodenplatte mit 10 cm der WLS 035.

Anlagentechnik

Heizung: Heizungserneuerung – Anschluss der Sporthalle an ein Fernwärmenetz. Es wird ein Primärenergiefaktor für KWK-Fernwärmenetze von 0,3 angesetzt.

Heizungsoptimierung – Durchführung eines hydraulischen Abgleichs der Heizungsanlage und Austausch der alten Heizkörperventile gegen optimierte Thermostatventile.

Beleuchtung: Änderung der Beleuchtung im gesamten Gebäude auf LED-Technik mit Kontrollregelung (präsenz- und/oder tageslichtabhängig).

Solarthermie: Installation einer Solarthermie-Anlage (Vakuumröhrenkollektoren) für die Warmwasserbereitung (ca. 20 m²).

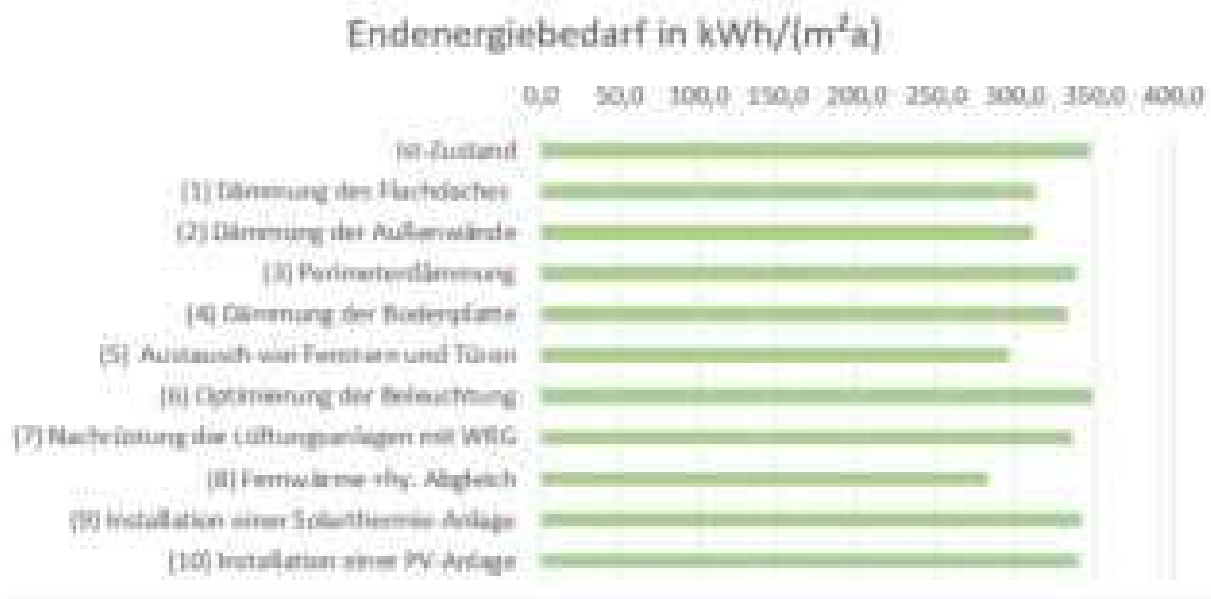
PV-Anlage: Installation einer PV-Anlage (Peakleistung mit ca. 100 kWp).

1.2 Ergebnisse – Einzelmaßnahmen

1.2.1 Energiebedarf

Endenergie

Die Endenergie ist die Energiemenge, die der Anlagentechnik (Heizungsanlage, raumluft-technische Anlage, Warmwasserbereitungsanlage, Beleuchtungsanlage) in Form von Gas, Öl, Strom o.ä. zur Verfügung gestellt werden muss, um die festgelegte Rauminnentemperatur, die Erwärmung des Warmwassers und die gewünschte Beleuchtungsqualität etc. über das ganze Jahr sicherzustellen.



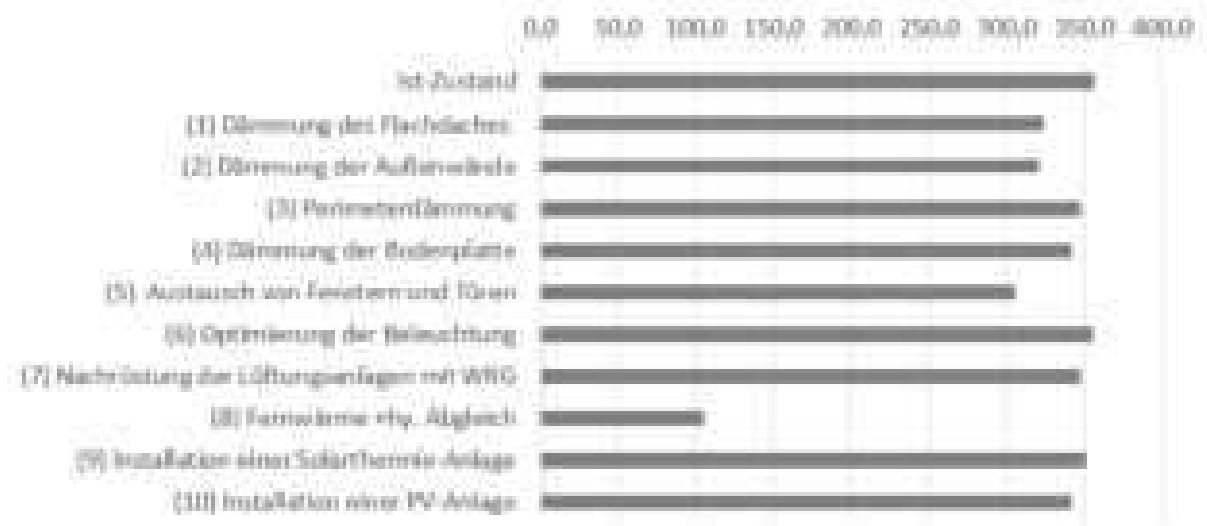
Primärenergie

Der Primärenergiebedarf beinhaltet zusätzlich den Aufwand, der erforderlich ist, um die Endenergie bereitzustellen, also den Transport, die Aufbereitung in Raffinerien, Kraftwerken usw. Auf die Primärenergie bezogen werden die Schadstoffemissionen berechnet. Die Primärenergie ist somit ein Maß für die Gesamtenergieeffizienz und die Umweltauswirkungen eines Gebäudes.

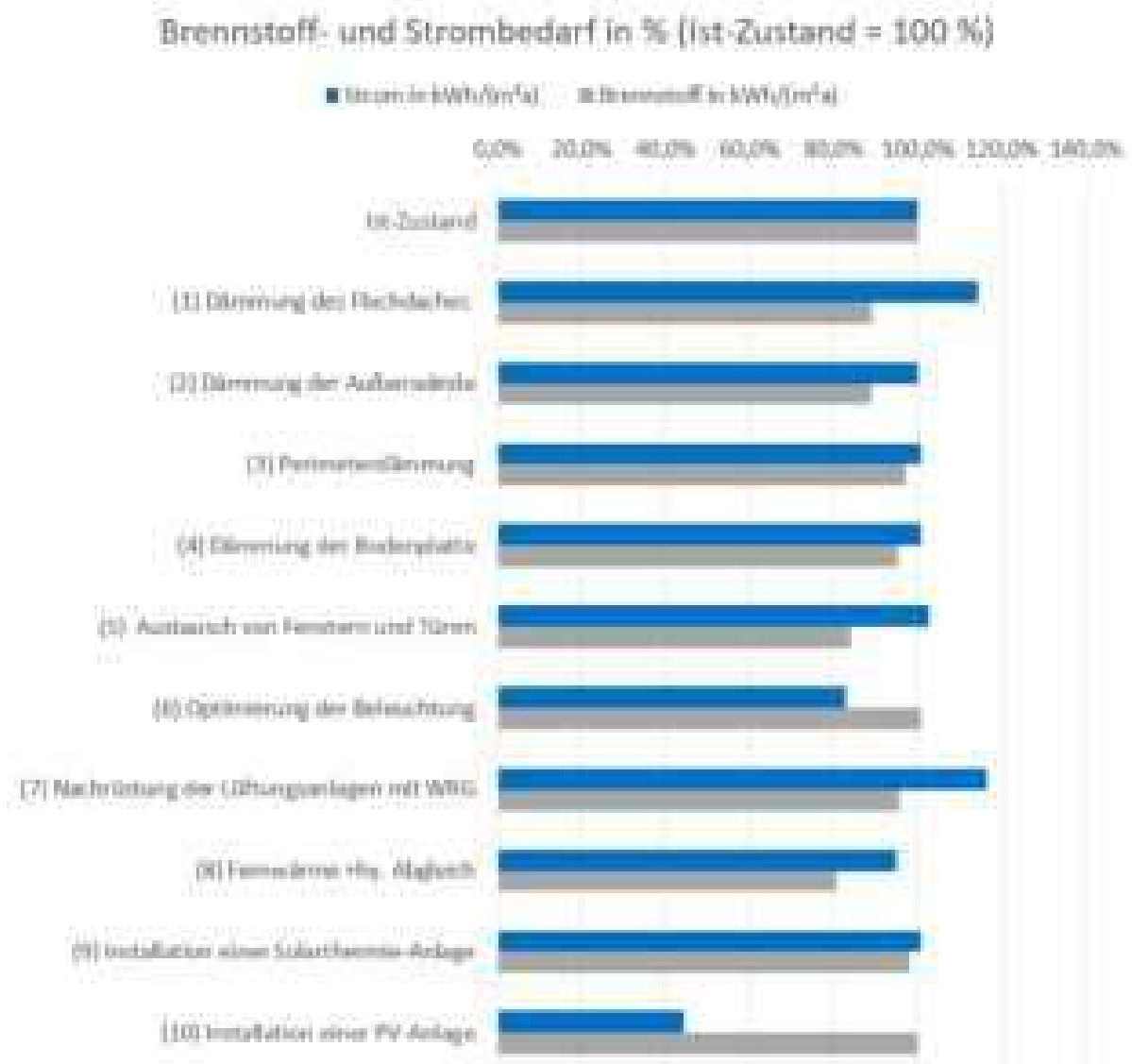
Primärenergiebedarf in kWh/(m²a)



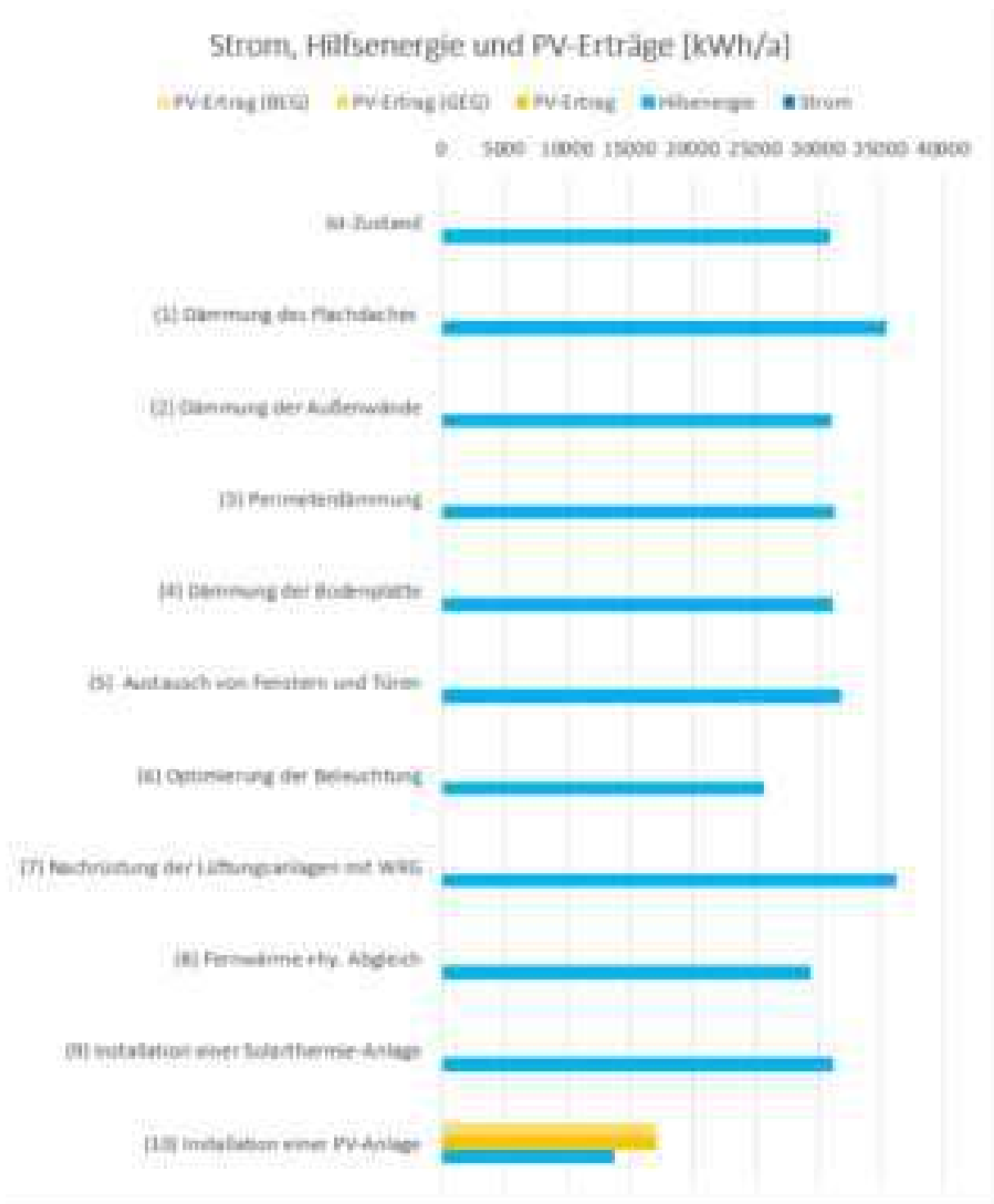
CO₂-Emission in kgCO₂/(m²a)



1.2.2 Brennstoffbedarf



1.2.3 Strom, Hilfsenergie und PV-Erträge in [kWh/a]



Strom: Der für die Beheizung im Gebäude verwandte Strom

Hilfsenergie: Die im Gebäude verwandte Hilfsenergie

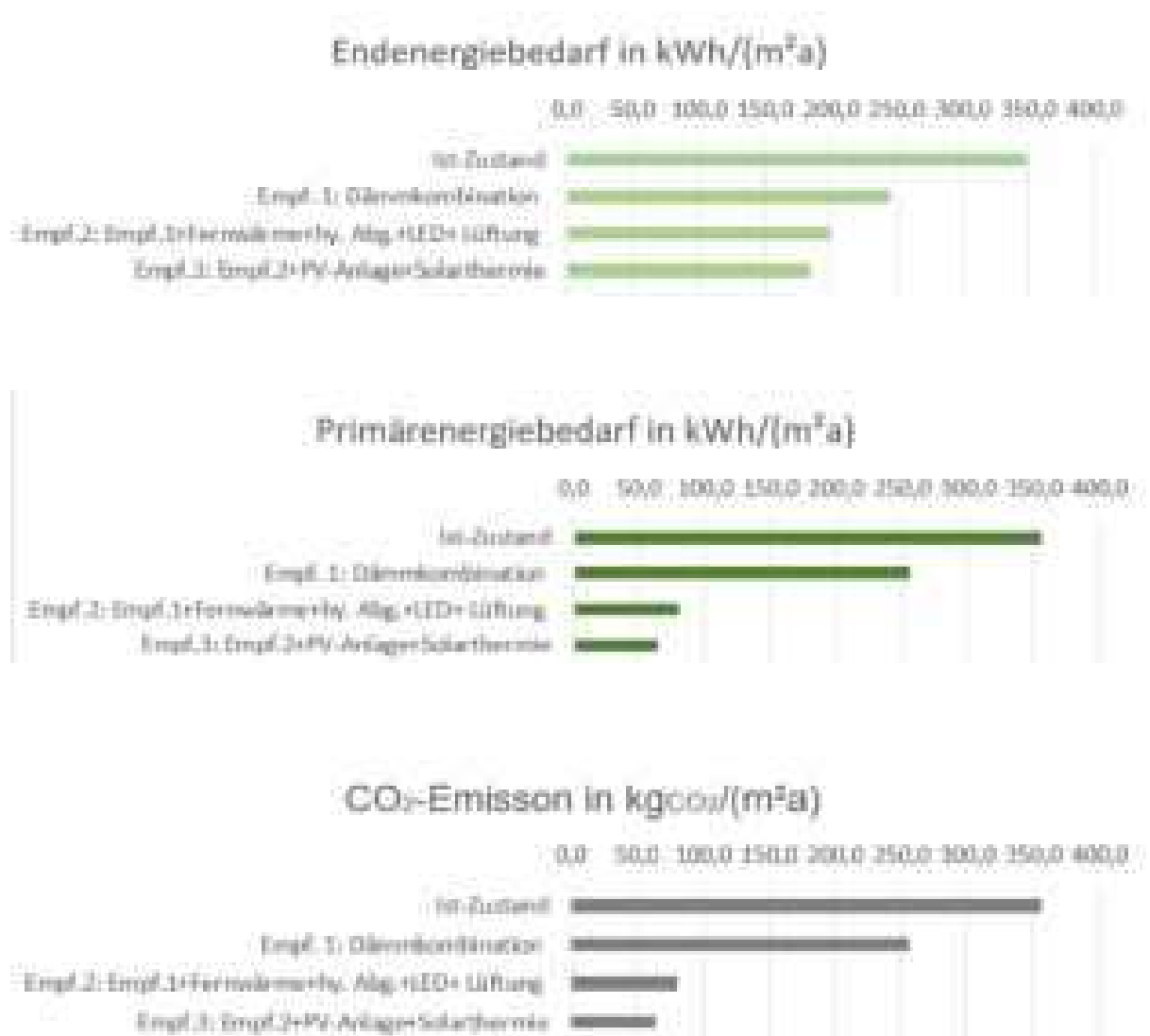
PV-Ertrag: Der gesamte durch die PV-Anlage erzeugte Ertrag

PV-Ertrag (GEG): Der nach Gebäudeenergiegesetz anrechenbare PV-Ertrag

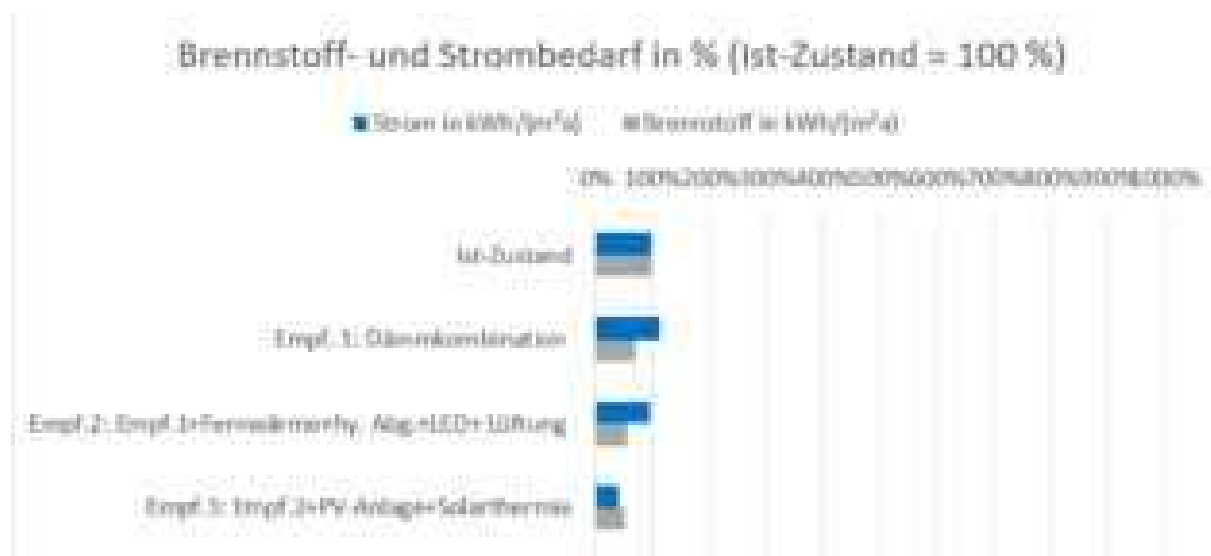
PV-Ertrag (BEG): Der nach BEG anrechenbare PV-Ertrag

1.3 Ergebnisse – Empfehlungen

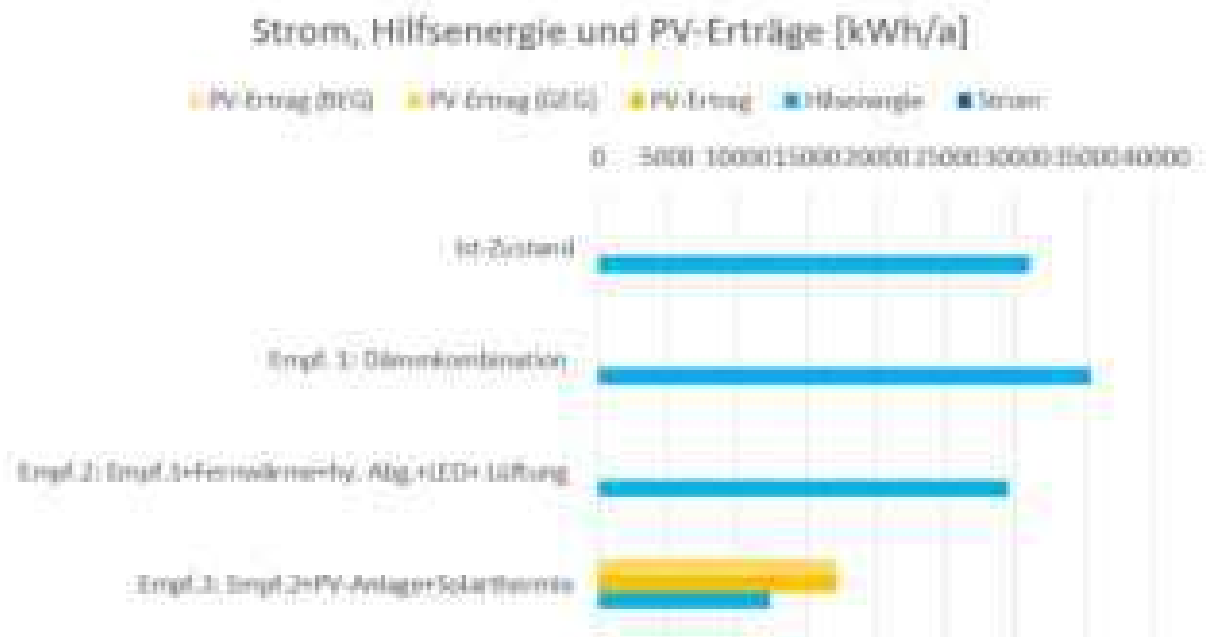
1.3.1 Energiebedarf



1.3.2 Brennstoffbedarf



1.3.3 Strom, Hilfsenergie und PV-Erträge in [kWh/a]



2 Gebäudebeschreibung

2.1 Grunddaten des Gebäudes

Anschrift:	Ludwig-Wolker-Straße 35 45468 Mülheim an der Ruhr
Baujahr:	Die Sporthalle wurde 1988 erbaut.
Energiebezugsfläche:	Ca. 2.132,90 m ²
Gebäudebeschreibung:	Das Gebäude besitzt einen rechteckigen Grundriss und besteht aus 2 Vollgeschossen. Das Dach ist als Flachdach ausgeführt. Das Gebäude ist unterkellert und bis auf indirekt beheizte Kellerräume komplett beheizt.
Gebäudenutzung:	Das betrachtete Gebäude wird als Dreifach Sporthalle genutzt. In dem Kellerbereich befindet sich die Heizungsanlage. Im Kellergeschoss und Erdgeschoss befinden sich Garderoben, WC-Sanitärräume, Verkehrswege, Lagerräume, Fitnessraum und die Sporthalle. In dem Kellergeschoss befindet sich die Lüftungsanlage für die Sporthalle sowie kleinere Abluftanlagen.



Blick vom Parkplatz auf die Nordseite



Blick die Westseite



Blick auf die hintere Nebentür.



Eingangsbereich des Gebäudes auf der Nordseite



Blick auf der Ostseite



Blick auf der Südwestseite

2.2 Zeichnungen

2.2.1 Grundrisse



Kellergeschoss



Erdgeschoss

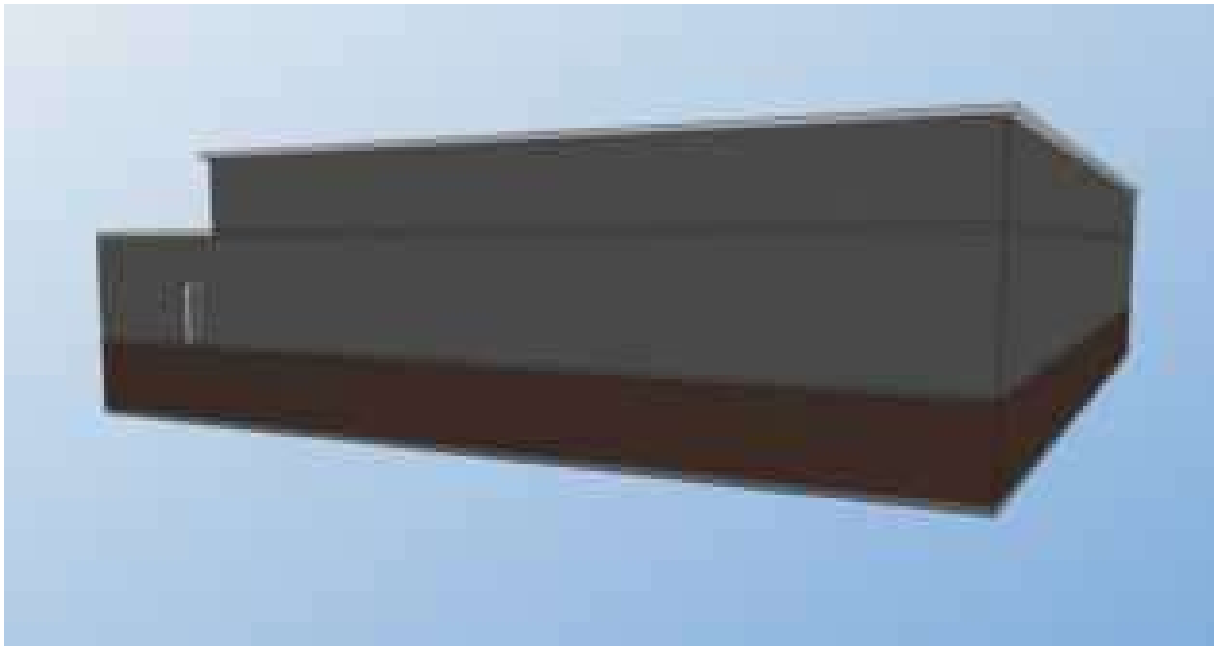
2.2.2 3D – CAD – Zeichnungen



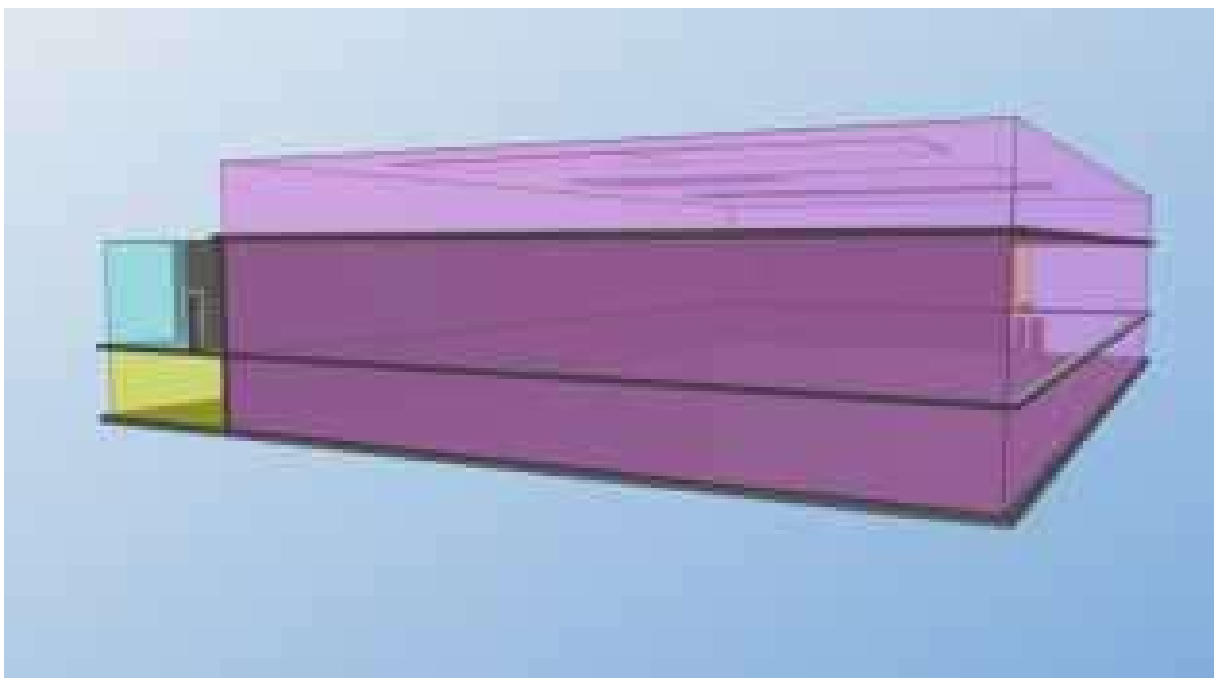
Ansicht Nord



Ansicht Nord (Zonierung)



Ansicht Süd



Ansicht Süd (Zonierung)

2.3 Vergleich der Verbrauchswerte mit den Referenzwerten

Die herangezogenen Referenzwerte wurden der „Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand, vom 08.10.2020“ entnommen.

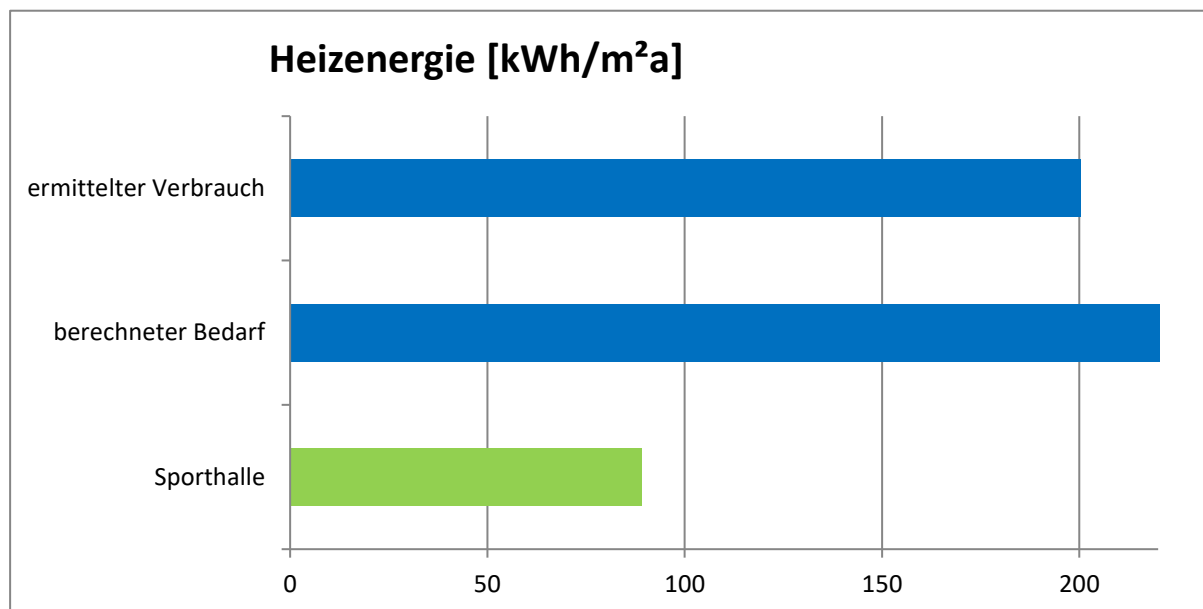
2.3.1 Heizenergieverbrauch

Für die betrachtete Sporthalle wurden die Heizenergieverbrauchswerte aus den Jahren 2018 – 2020 herangezogen und zu einem spezifischen Durchschnittswert gemittelt.

Ludwig-Wolker-Halle Wesel (2.133 m²)

Zeitraum	Verbrauch (Erdgas)	Klimafaktor	bereinigter Verbrauch
2018	274.183 kWh	1,24	339.987 kWh
2019	422.238 kWh	1,23	519.353 kWh
2020	327.779 kWh	1,29	422.835 kWh
		gesamt:	1.282.175 kWh
		☉ / Jahr:	427.392 kWh
		=	<u>200,4 kWh/m²a</u>

Heizenergieverbrauch: 200,4 kWh/m²a (spezifischer Wert)



Anmerkung: Der Referenzwert (grün / 89,1 [kWh/(m²a)]) entspricht dem Wert, der als Vergleichsmaßstab für Energieausweise auf Basis des Energieverbrauchs genutzt wird. Der Wert entspricht somit dem Durchschnittsverbrauch gleichgroßer Gebäude der Kategorie „Sporthallen“.

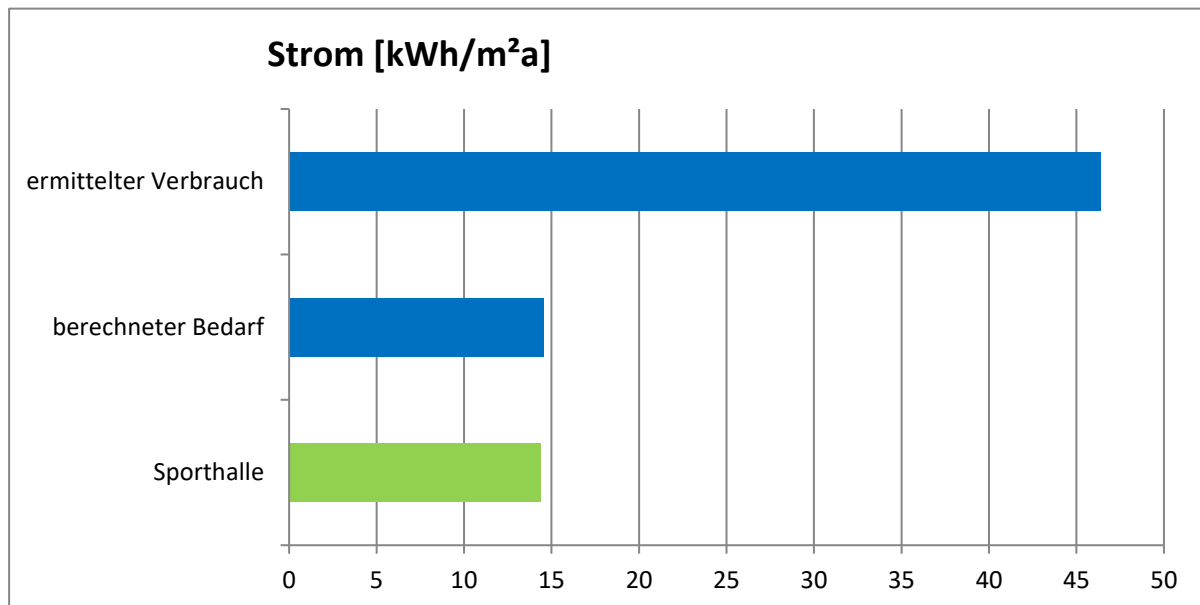
2.3.2 Stromverbrauch

Für die betrachtete Sporthalle wurden die Stromverbrauchswerte aus den Jahren 2018 – 2020 herangezogen.

Ludwig-Wolker-Halle (2.133 m²)

Zeitraum			Stromverbrauch
2018	113.080 kWh		113.080 kWh
2019	93.173 kWh		93.173 kWh
2020	90.504 kWh		90.504 kWh
		Gesamt:	296.757 kWh
		☺ / Jahr:	98.919 kWh
			46,38 kWh/m²a

Stromverbrauch: 46,38 kWh/m²a (spezifischer Wert)



Anmerkung I: Der Referenzwert (grün / 14,4 [kWh/(m²a)]) entspricht dem Wert, der als Vergleichsmaßstab für Energieausweise auf Basis des Energieverbrauchs genutzt wird. Der Wert entspricht somit dem Durchschnittsverbrauch gleichgroßer Gebäude der Kategorie „Sporthallen“.

Anmerkung II: Der nach DIN V 18599 berechnete Energiebedarf umfasst ausschließlich die Verbraucher (Heizungspumpen, Lüftungsanlagen, Beleuchtung, etc.), die zum Betrieb des Gebäudes notwendig sind. Die spezielle Anlagentechnik (Küchengeräte, PCs, Kühlschränke etc.) werden von der Norm nicht erfasst. Daher ist der ermittelte Verbrauch als Vergleichsmaßstab heranzuziehen.

3 Energetische Bewertung gemäß DIN V 18599

3.1 Berechnungsgrundlagen

3.1.1 Allgemeine Berechnungsannahmen

Für die Werte der Strahlungsintensitäten und der Außentemperaturen einzelner Monate sowie für ein Jahr wurde das Referenzklima *Deutschland* entsprechend DIN V 18599-10 Tab. 7 zugrunde gelegt.

Außerhalb der Nutzungszeiten und während des Wochenendes wurde jeweils der Absenkbetrieb und keine Abschaltung angenommen.

Für die Berücksichtigung der wirksamen Wärmespeicherefähigkeit wurde entsprechend DIN V 18599 Abs. 6.7.1 vereinfachend der auf die Energiebezugsfläche bezogene Pauschalwert verwendet. Das gesamte Gebäude wird diesbezüglich der Gebäudekategorie „mittlere Bauweise“ zugeordnet.

Der Wärmebrückeneinfluss wird gemäß DIN V 18599, Abs. 6.2.1.2 mit einem pauschalen spezifischen Zuschlag in Höhe von $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt.

3.1.2 Gebäudehülle (Bauteilbeschreibung)

Dach:	<ul style="list-style-type: none">• Den oberen Abschluss der thermischen Gebäudehülle bildet das Flachdach, das gemäß Typologie (2. WSV von 1984) gedämmt angesetzt wurde.• Im Dach befinden sich drei Lichtkuppeln, die ebenfalls energetisch gem. 2. WSV angesetzt wurden.• Hinweis: Im Sollzustand sollen keine Lichtkuppeln installiert werden.
Außenwände:	<ul style="list-style-type: none">• Die Außenwände des Gebäudes sind massiv errichtet und weisen eine Stärke von ca. 30 cm auf. Gemäß 2. WSV wird ein U-Wert von $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt.
Fenster / Türen:	<ul style="list-style-type: none">• Die Verglasungen im Bereich des Eingangsbereichs (Nordseite) bestehen aus Aluminiumrahmen mit Einfachverglasungen. Sie verfügen über mäßige Dichtungen.

	<ul style="list-style-type: none"> • Die Verglasungen im Bereich des Eingangsbereichs (Westseite) bestehen aus thermisch getrennten Aluminiumrahmen mit Isolierverglasung. Sie verfügen über funktionsfähige Dichtungen. Der U-Wert beträgt ca. 3,0 W/m²K • Die Nebeneingangstüre im Erdgeschoss besteht ebenfalls aus einem thermisch getrennten Aluminiumrahmen mit Isolierverglasung. Der U-Wert beträgt ca. 3,0 W/m²K
Wand gegen Erdreich	Die Kellerwände sind gemäß 2. WSV (von 1984) gedämmt.
Bodenplatte	Die Bodenplatte ist ebenfalls gemäß 2. WSV gedämmt.

3.1.3 Gebäudehülle (U-Werte)

Die Bewertung der Dämmcharakteristik der Bauteile erfolgte auf Grundlage der zur Verfügung gestellten Pläne und des durchgeführten Ortstermins.

In der folgenden Tabelle finden Sie eine Zusammenstellung der einzelnen Bauteile der Gebäudehülle mit ihren momentanen U-Werten. Zum Vergleich sind die Mindestanforderungen angegeben, welche das GEG bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden stellt. Die angekreuzten Bauteile liegen deutlich über diesen Mindestanforderungen und bieten daher ein Potenzial für energetische Verbesserungen.

	Typ	Bauteil	Flächen ¹ m ²	U-Wert in W/m ² K	U _{max} GEG** in W/m ² K	U _{max} KfW*** in W/m ² K
	DA	Flachdach	1.457,22	0,40*	0,24	0,14
	WA	Außenwand	1.176,79	0,80*	0,24	0,20
	WE	Kellerwand gegen Erdreich	415,32	0,80	0,30	0,25
	FA	Fenster mit Isolierverglasung	32,50	3,00*	1,30	0,95
x	FA	Fenster mit Einfachverglasung	27,88	5,00*	1,30	0,95
x	FA	Lichtkuppel	300,00	5,00*	2,50	1,50
x	FA	Eingangstüre	27,15	4,00*	1,80	1,30
	TA	Nebentüre	2,20	3,00*	1,80	1,30
	BE	Bodenplatte	1.768,95	0,60*	0,30	0,25

*) Die U-Werte wurden durch den Sachverständigen eingeschätzt und/oder entsprechend im Schichtenaufbau berechnet.

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

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

¹ Die Flächen wurden aus dem Modell gewonnen.

3.1.4 Zonierung

Die Zonierung des Gebäudes erfolgte im ersten Schritt durch die Bildung von Bereichen gleicher Nutzung entsprechend der in DIN V 18599-10 definierten Nutzungsrandbedingungen. Im nächsten Schritt erfolgte eine weitere Unterscheidung hinsichtlich der Konditionierung bzw. der Ausstattung mit Lüftungs- und klimatechnischen Versorgungssystemen.

Zur Vereinfachung der Gebäudebilanzierung sollten nach DIN V 18599-1 Abs. 6 nur so viele Zonen gebildet werden, dass die wichtigsten Unterschiede innerhalb eines Gebäudes angemessen berücksichtigt werden können.

Zu viele Zonen sind zu vermeiden, da sie den Berechnungsaufwand erheblich erhöhen können, ohne das Bilanzierungsergebnis in entsprechender Weise zu verbessern.

Zonen- bezeichnung	Nutzungs- randbedin- gung nach DIN V 18599- 10 Tab. 4	Raumhei- zung / -kühlung	Lüftung	Beleuchtung	Nettogrund- fläche	Anteil an Gesamt- fläche
01 Sporthalle	31	beheizt nicht gekühlt	Lüftungs- anlage	beleuchtet	1.201,76 m ²	56,34 %
02 Verkehrsfläche	19	beheizt nicht gekühlt	keine Lüftungsanlage	beleuchtet	267,90 m ²	12,56 %
03 WC- und Sanitärräume	16	beheizt nicht gekühlt	Lüftungs- anlage	beleuchtet	238,46 m ²	11,18 %
04 Sonstige Auf- enthaltsräume	17	beheizt nicht gekühlt	keine Lüftungsanlage	beleuchtet	94,40 m ²	4,43 %
05 Fitnessraum	35	beheizt nicht gekühlt	keine Lüftungsanlage	beleuchtet	71,24 m ²	3,34 %
06 Lager beheizt	20	beheizt nicht gekühlt	keine Lüftungsanlage	beleuchtet	259,13 m ²	12,15 %
					2.132,90 m²	100,0 %

Die Nettogrundflächen wurden aus den zur Verfügung gestellten Planunterlagen ermittelt.

* Für die Berechnung der Energiebezugsfläche nach GEG werden nur beheizte / gekühlte Zonen berücksichtigt.

3.1.5 Lüftung

Für das Gesamtgebäude wurde für die pauschale Einschätzung der Gebäudedichtheit nach DIN V 18599-2, Tab. 4 **die Kategorie III²** (Gebäudebestand) angenommen, da weder ein Messwert vorlag noch ein Vorhandensein offensichtlicher Undichtheiten festgestellt werden konnte.

Im Gebäude befinden sich verschiedene Lüftungstechnische Versorgungssysteme. Lüftungsanlagen sind als Luftheizungen für die Halle und Abluftanlagen für die Duschen/Umkleiden vorhanden.

Zonenbezeichnung	Lüftungstyp	Konditionierung
01 Sporthalle	Zu- und Abluftanlage	mit Heizfunktion
02 Verkehrsfläche	keine Lüftungsanlage	entfällt
03 WC- und Sanitärräume	Abluftanlage	entfällt
04 Sonstige Aufenthaltsräume	keine Lüftungsanlage	entfällt
05 Fitnessraum	keine Lüftungsanlage	entfällt
06 Lager beheizt	keine Lüftungsanlage	entfällt

² Kategorie I: mit geplanter Dichtheitsprüfung / Kategorie II: neues Gebäude / Kategorie III: Gebäudebestand / Kategorie IV: mit offensichtlichen Undichtigkeiten

3.1.6 Beleuchtung

Die elektrische Bewertungsleistung wurde mit Hilfe des Tabellenverfahrens nach DIN V 18599-4 ermittelt.

Zonenbezeichnung	Flächenanteil	Leuchtmittel
01 Sporthalle	100 %	LED – Beleuchtung
02 Verkehrsfläche	100 %	Leuchtstofflampen, stabförmig, VVG
03 WC- und Sanitärräume	100 %	Leuchtstofflampen, stabförmig, VVG
04 Sonstige Aufenthaltsräume	100 %	Leuchtstofflampen, stabförmig, VVG
05 Fitnessraum	100 %	Leuchtstofflampen, stabförmig, VVG
06 Lager beheizt	100 %	Leuchtstofflampen, stabförmig, VVG

3.1.7 Heizsystem

Die Beheizung der Sporthalle erfolgt über einen Heizkessel.

Kessel

Bauart: Gas-NT-Kessel
Fabrikat: Buderus
Typ: GE 515
Baujahr: 2003
Leistung: 241 - 298 kW

Die Verteilung der Wärme erfolgt über ein Zwei-Rohrnetz. Die Verteilleitungen sind gemäß Baualtersklasse gedämmt. Die Heizwärme wird durch unterschiedliche Heizkreise im Gebäude verteilt. Hierfür werden überwiegend geregelte Umwälzpumpen eingesetzt.

Heizkreise

- Kreis 1 Statische Heizung
 Wilo: 3-stufig geregelte Pumpe 95 / 175 / 195
- Kreis 2 Lüftung Nebenräume
 Wilo: geregelte Pumpe
- Kreis 3 Lüftung Halle 1, 2 und 3
 Wilo: geregelte Pumpe

- 4. Hauptpumpe, Wilo: unregelte Pumpe
- 5. Warmwasser, Wilo: geregelte Pumpe
- 6. WW-Zirkulation, Wilo: geregelte Pumpe

Während der Nachtstunden wird die Heizungsanlage im Absenkmodus betrieben.

Die Wärmeübergabe erfolgt in der Sporthalle über die Lüftungsanlage (Kreis 3) und in den anderen Räumen über Heizkörper.

3.1.8 Warmwasserbedarf

Für die Ermittlung des Warmwasserbedarfs in der Turnhalle wurde die Nutzung „Warmwasser – Sportanlage mit Dusche“ zu Grunde gelegt.

Der anzusetzende Richtwert beträgt in diesem Fall 1,8 kWh/d je m² je Person.

Der Warmwasserbedarf für die Duschen/Sanitarräume wurde für etwa 100 Personen pro Tag abgeschätzt.

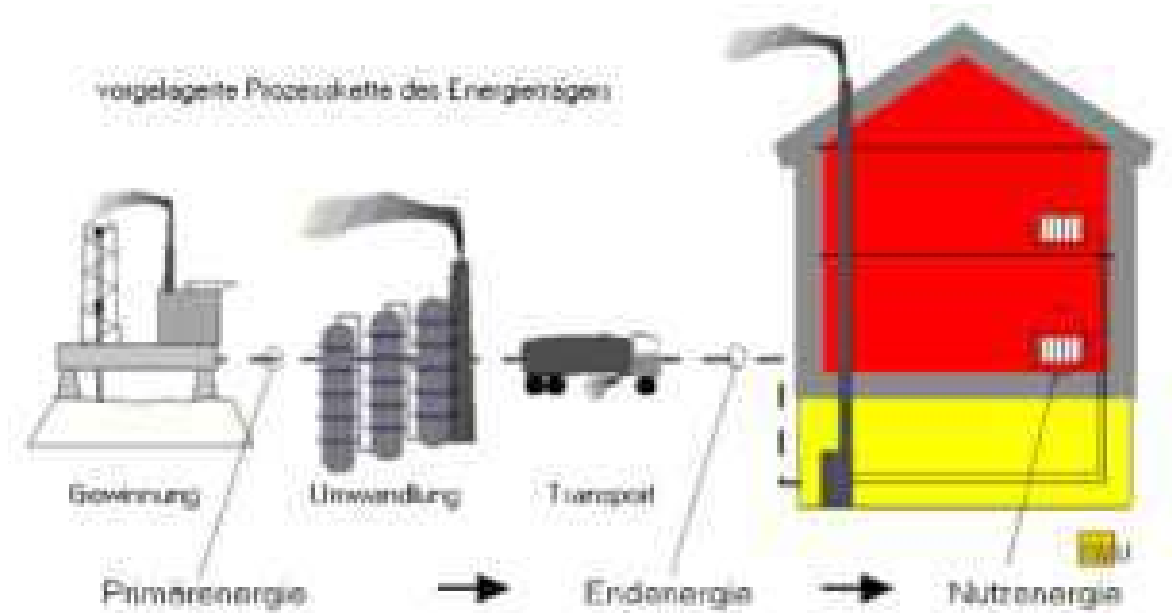
Die Warmwasserbereitung für das Gebäude erfolgt zentral über den Heizkessel und einen ca. 750 l-Warmwasserspeicher.

3.1.9 Kühlung

Im Gebäude nicht vorhanden.

3.2 Ergebnisse

Erläuterungen



Energiebedarf

Der Energiebedarf wird durch den Jahres-Primärenergiebedarf und den Endenergiebedarf für die Anteile Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung dargestellt. Diese Angaben werden rechnerisch ermittelt. Die angegebenen Werte werden auf der Grundlage der Bauunterlagen bzw. gebäudebezogener Daten und unter Annahme von standardisierten Randbedingungen (z.B. standardisierte Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, standardisierte Innentemperatur und innere Wärmegewinne usw.) berechnet. So lässt sich die energetische Qualität des Gebäudes unabhängig vom Nutzerverhalten und der Wetterlage beurteilen. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch.

Primärenergiebedarf

Der Primärenergiebedarf bildet die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes ab. Er berücksichtigt neben der Endenergie auch die so genannte „Vorkette“ (Erkundung, Gewinnung, Verteilung, Umwandlung) der jeweils eingesetzten Energieträger (z.B. Heizöl, Gas, Strom erneuerbare Energien etc.). Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz. Die Ressourcen und die Umwelt werden geschont.

Die angegebenen Vergleiche geben für das Gebäude die Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes an, das zum Zeitpunkt der Berichtfertigstellung galt. Sie sind im Falle eines Neubaus oder der Modernisierung des Gebäudes nach GEG einzuhalten. Bei Bestandsgebäuden dienen sie der Orientierung hinsichtlich der energetischen Qualität des Gebäudes. Zusätzlich können die mit dem Energiebedarf verbundenen CO₂-Emissionen des Gebäudes freiwillig angegeben werden.

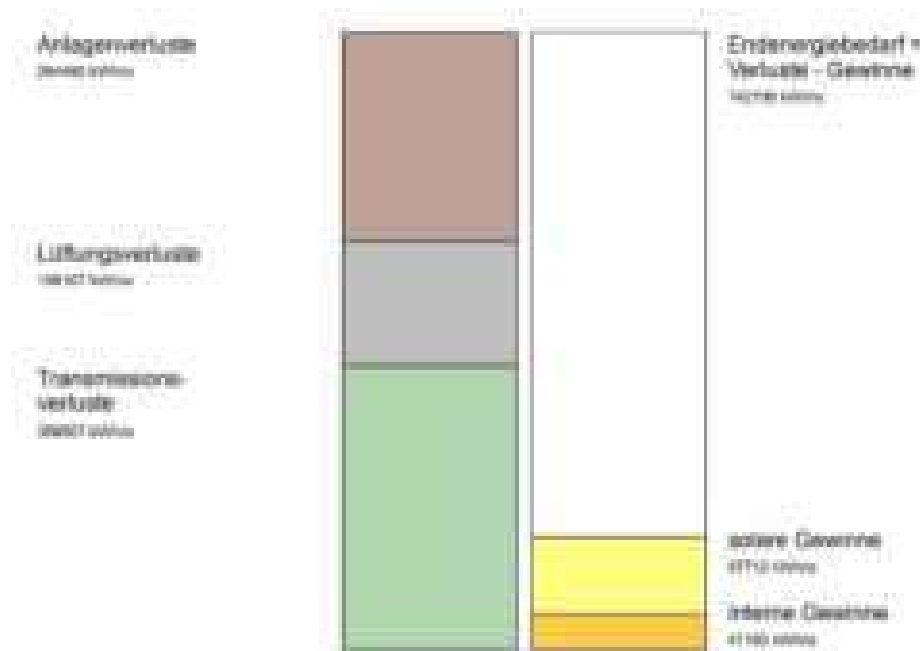
Endenergiebedarf

Der Endenergiebedarf gibt die nach technischen Regeln berechnete, jährliche benötigte Energiemenge für Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung an. Er wird unter Standardklima- und Standardnutzungsbedingungen errechnet und ist ein Maß für die Energieeffizienz eines Gebäudes und seiner Anlagentechnik. Der Endenergiebedarf ist die Energiemenge, die dem Gebäude bei standardisierten Bedingungen unter Berücksichtigung der Energieverluste zugeführt werden muss, damit die standardisierte Innentemperatur, der Warmwasserbedarf, die notwendige Lüftung und eingebaute Beleuchtung sichergestellt werden kann. Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz.

3.2.1 Energiebilanz für die Raumwärme aus Wärmegewinnen und Wärmeverlusten

Energieverluste entstehen über die Gebäudehülle, durch den Luftwechsel sowie bei der Erzeugung und Bereitstellung der benötigten Energie.

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



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



3.2.2 Energetische Einstufung

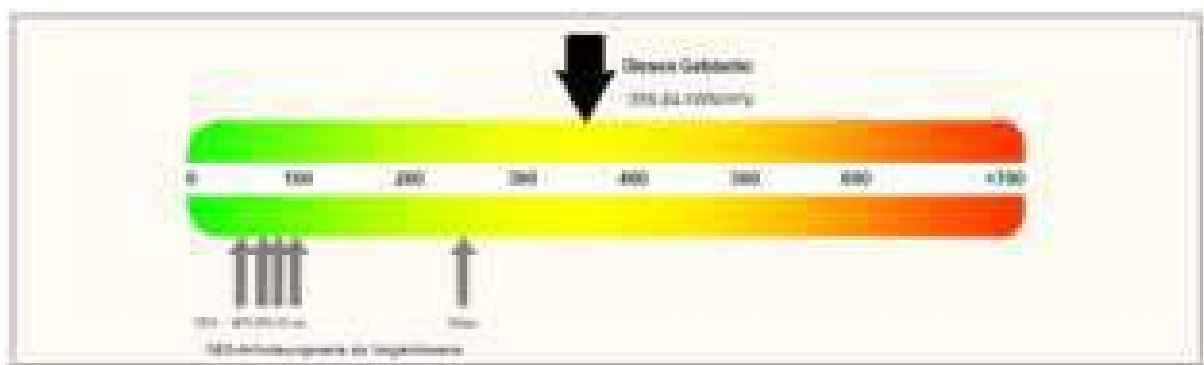
Die Gesamtbewertung des Gebäudes erfolgt aufgrund des Jahres-Primärenergiebedarfs pro m^2 Nettogrundfläche sowie der Wärmedurchgangskoeffizienten (mittlere U-Werte).

Der Höchstwert für den Jahres-Primärenergiebedarf bezogen auf die Nettogrundfläche für Nichtwohngebäude ergibt sich aus dem Jahres-Primärenergiebedarf eines Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung, das hinsichtlich seiner Ausführung bestimmten Anforderungen entspricht, multipliziert mit dem Faktor 0,75.

Die Anforderungen sind im Gebäudeenergiegesetz – GEG 2024 – aufgelistet.

Der Primärenergiebedarf umfasst Heizung, Lüftung, Kühlung, Beleuchtung und Warmwasserbereitung. Die Höchstwerte des spezifischen Transmissionswärmekoeffizienten sind im GEG 2024 aufgelistet.

Im IST-Zustand der Sporthalle beträgt der jährliche Primärenergiebedarf pro m^2 Nutzfläche ca. $357 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

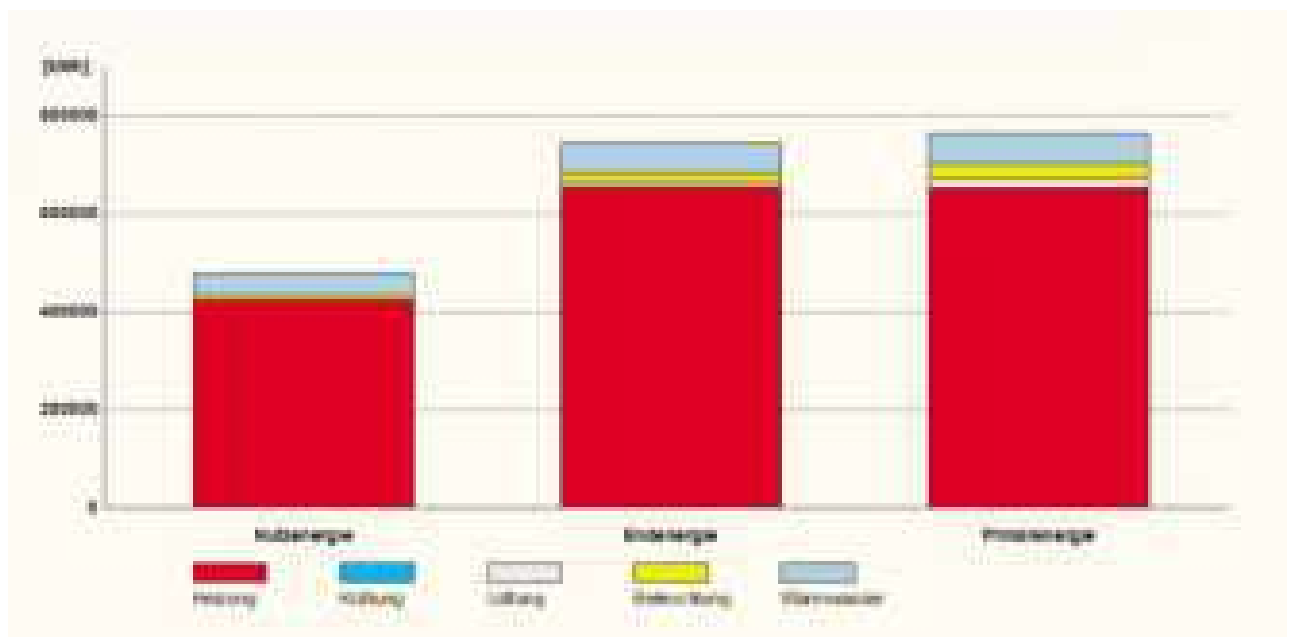


Anforderungen

	Ist-Wert	GEG	EG 100	EG 70	EG 55	EG 40
Jahres-Primärenergiebedarf (GEG) q_p [$\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$]	356,84	247,22	176,6	123,6	97,1	70,6
Mittlere U-Werte [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]						
- Opake Außenbauteile	0,68	0,56	0,34	0,26	0,22	0,18
- Transparente Außenbauteile	2,20	2,70	1,80	1,40	1,20	1,00

Energiebilanz

in kWh pro kWh _{th}	Gesamt	Heizung	Kühlung	Lüftung	Befeuchtung	Verluste
Nutzenergie	47829	42329	0	0	1040	4060
	104,21	100,00	0	0	0,96	21,10
Bruttoluftenergie	742708	694284	0	10047	17338	80986
	164,21	158,74	0	5,00	0,38	18,09
Primärenergie	781088	694404	0	18834	21388	88462
	166,84	158,34	0	0,10	0,03	20,71



4 Energiesparvorschläge

4.1 Einzelmaßnahmen

Die Energiesparvorschläge werden zunächst als Einzelmaßnahmen vorgestellt, um diese hinsichtlich ihrer energetischen Wirkung zu beschreiben.

Bei der Planung und der Umsetzung von Sanierungsmaßnahmen ist unbedingt der bauphysikalische oder aber auch der anlagentechnische Kontext zu berücksichtigen.

4.1.1 (1) Dämmung der Flachdächer

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle

Flachdächer

Dämmung der Flachdächer mit 18 cm der WLS 035.

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	U-Wert in W/m ² K	U _{max} GEG* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
DA	Dach –Dämmung der Flachdächer mit 16 cm Dämmstoff der WLS 024	0,14	0,24	0,14

Abschätzung der Heizlast ca. 244,4 kW

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

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

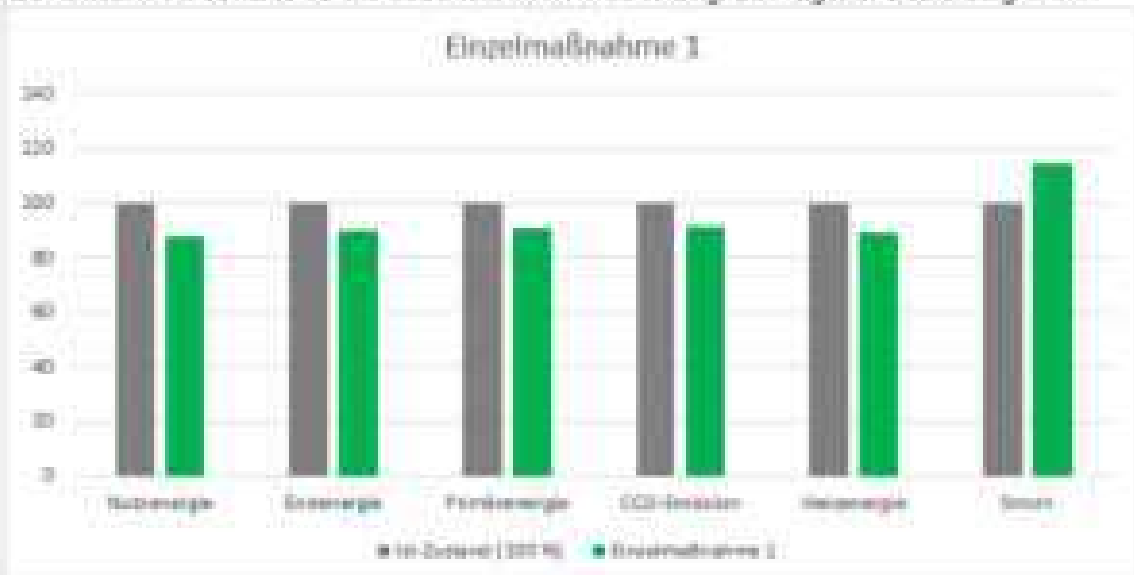
Anlagentechnik

keine Maßnahme

Energieeinsparung nach Bedarf

Nach Umsetzung der in Einzelmaßnahme 1 vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf des Gebäudes um **9,5 %**

Der Einfluss der Variante auf die wesentlichen Kennwerte zeigt das folgende Balkendiagramm.



	Ist-Zustand	Einzelmaßnahme 1
Spezifischer Nutzenergiebedarf:	224,2 kWh/(m²a)	197,1 kWh/(m²a)
Spezifischer Endenergiebedarf:	348,2 kWh/(m²a)	313,7 kWh/(m²a)
Spezifischer Primärenergiebedarf:	356,8 kWh/(m²a)	324,3 kWh/(m²a)
Spezifische CO2-Emission:	80,3 kgCO2/m²a	73,5 kgCO2/m²a
Energiekosten:	118.718 €/a	108.891 €/a

Der Endenergiebedarf - im Ist-Zustand - in Höhe von: **742.706 kWh/Jahr**
 reduziert sich durch die Umsetzung der Einzelmaßnahme 1 auf: **669.856 kWh/Jahr**
 Somit ergibt sich eine Energieeinsparung (Endenergie) in Höhe von: **73.650 kWh/Jahr**
 beziehungsweise in %: **9,5 %**

Die Energiekosten sinken um: **10.827 €/Jahr**

Parallel wird der Primärenergiebedarf reduziert um: **69.397 kWh/Jahr**

Und die CO2-Emissionen werden reduziert um: **14.298 kgCO2/Jahr**

Die Reduktion der CO2-Emissionen durch die Umsetzung der Maßnahmen wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft unser Klima zu schützen. Die Rechenergebnisse beruhen auf den Normandbedingungen der DIN V 18539.

4.1.2 (2) Dämmung der Außenwände

Modernisierung der Gebäudehülle

Außenwände: Dämmung der Außenwände mit 16 cm Dämmstoff der WLS 035. In diesen Bereichen wird ein Wärmedämmverbundsystems eingesetzt

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	U-Wert in W/m ² K	U _{max} GEG* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
WA	Außenwände – Dämmung der Außenwände von außen mit 16 cm Dämmstoff der WLS 035	0,18	0,24	0,20

Abschätzung der Heizlast ca. 291,4 kW

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

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

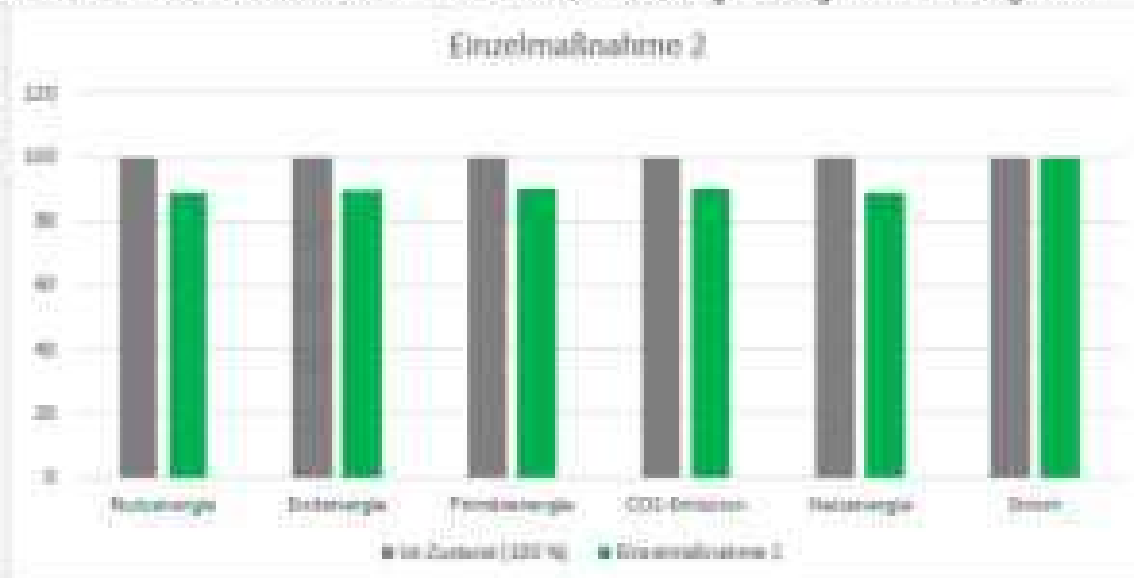
Anlagentechnik

keine Maßnahme

Energieeinsparung nach Bedarf

Nach Umsetzung der in Einzelmaßnahme 2 vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf des Gebäudes um **10,4 %**

Der Einfluss der Variante auf die wesentlichen Kennwerte zeigt das folgende Balkendiagramm.



	Ist-Zustand	Einzelmaßnahme 2
Spezifischer Nutzenergiebedarf	224,2 kWh/(m²a)	199,5 kWh/(m²a)
Spezifischer Endenergiebedarf	348,2 kWh/(m²a)	312,1 kWh/(m²a)
Spezifischer Primärenergiebedarf	355,8 kWh/(m²a)	321,1 kWh/(m²a)
Spezifische CO ₂ -Emission	80,3 kgCO ₂ /m²a	72,5 kgCO ₂ /m²a
Energiekosten:	118.718 €/a	107.186 €/a

Der Endenergiebedarf - im Ist-Zustand - in Höhe von **742.705 kWh/Jahr**
 reduziert sich durch die Umsetzung der Einzelmaßnahme 2 auf **665.705 kWh/Jahr**
 Somit ergibt sich eine Energieeinsparung (Endenergie) in Höhe von: **77.001 kWh/Jahr**
 beziehungsweise in %: **10,4 %**

Die Energiekosten sinken um **11.532 €/Jahr**

Parallel wird der Primärenergiebedarf reduziert um **75.242 kWh/Jahr**

Und die CO₂-Emissionen werden reduziert um **15.520 kgCO₂/Jahr**

Die Reduktion der CO₂-Emissionen durch die Umsetzung der Maßnahmen wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft unser Klima zu schützen. Die Rechenergebnisse beruhen auf den Normrandbedingungen der DIN V 18599.

4.1.3 (3) Dämmung der KG-Außenwände mit Perimeterdämmung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle

Außenwände: Dämmung der Kellergeschoss-Außenwände im Erdreich mit 10 cm Perimeter-Dämmstoff der WLS 035

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	U-Wert	U _{max} GEG*	U _{max} KfW**
		in W/m²K	in W/m²K	in W/m²K
WA	KG-Außenwände im Erdreich – Dämmung der Außenwände mit 10 cm Perimeter-Dämmstoff der WLS 035	0,24	0,30	0,25

Abschätzung der Heizlast ca. 320,2 kW

- *) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der vom GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045 \text{ W/(mK)}$ einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- **) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

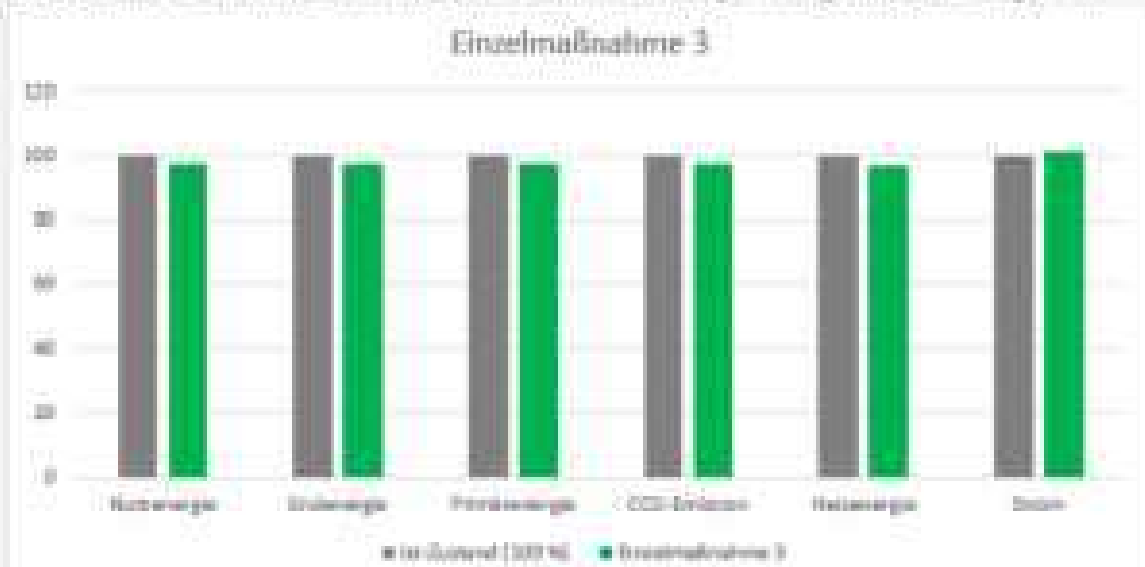
Anlagentechnik

keine Maßnahme

Energieeinsparung nach Bedarf

Nach Umsetzung der in Einzelmaßnahme 3 vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf des Gebäudes um: **2,6 %**

Der Einfluss der Variante auf die wesentlichen Kennwerte zeigt das folgende Balkendiagramm:



	Ist-Zustand	Einzelmaßnahme 3
Spezifischer Nutzenergiebedarf	224,2 kWh/(m²a)	219,2 kWh/(m²a)
Spezifischer Endenergiebedarf	348,2 kWh/(m²a)	339,1 kWh/(m²a)
Spezifischer Primärenergiebedarf	356,8 kWh/(m²a)	347,9 kWh/(m²a)
Spezifische CO ₂ -Emission	88,3 kgCO ₂ /m²a	78,4 kgCO ₂ /m²a
Energiekosten	116.718 €/a	116.880 €/a
Der Endenergiebedarf - im Ist-Zustand - in Höhe von:		142.706 kWh/Jahr
reduziert sich durch die Umsetzung der Einzelmaßnahme 3 auf:		723.293 kWh/Jahr
Somit ergibt sich eine Energieeinsparung (Endenergie) in Höhe von:		19.413 kWh/Jahr
beziehungsweise in %:		2,6 %
Die Energiekosten sinken um:		2.838 €/Jahr
Parallel wird der Primärenergiebedarf reduziert um:		18.978 kWh/Jahr
Und die CO ₂ -Emissionen werden reduziert um:		4.086 kgCO ₂ /Jahr
Die Reduktion der CO ₂ -Emissionen durch die Umsetzung der Maßnahmen wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft unser Klima zu schützen. Die Rechenergebnisse beruhen auf den Normrandbedingungen der DIN V 18595.		

4.1.4 (4) Dämmung der Bodenplatte

Modernisierung der Gebäudehülle

Bodenplatte: Dämmung der Bodenplatte von oben mit 10 cm Dämmstoff der WLS 035

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	U-Wert in W/m²K	U _{max} GEG* in W/m²K	U _{max} KfW** in W/m²K
BE	Bodenplatte KG – Dämmung der Bodenplatte mit 10 cm Dämmstoff der WLS 035	0,22	0,30	0,25

Abschätzung der Heizlast ca. 315,2 kW

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

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

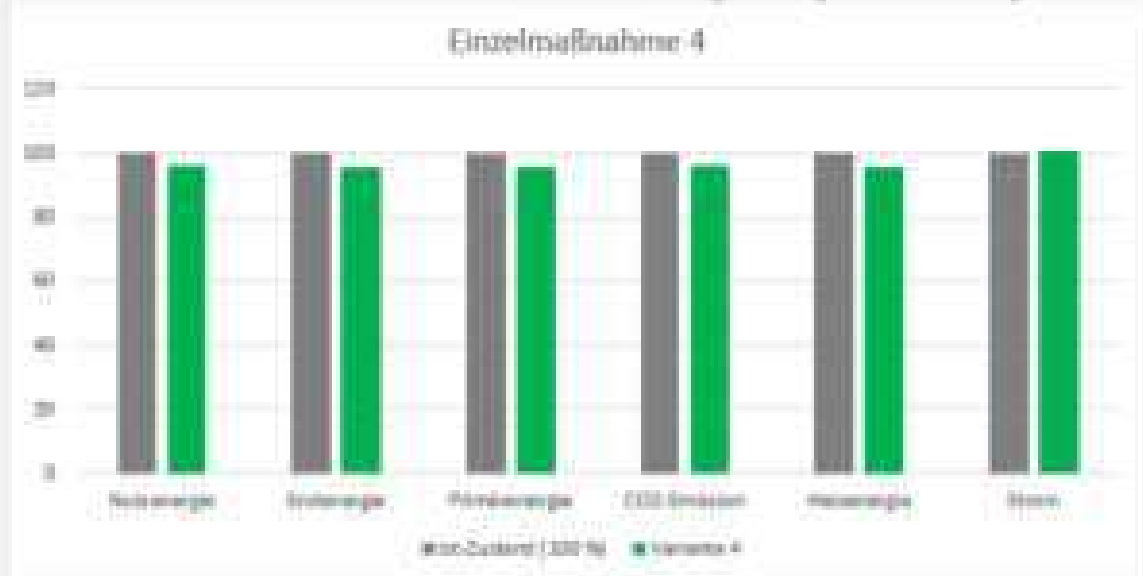
Anlagentechnik

keine Maßnahme

Energieeinsparung nach Bedarf

Nach Umsetzung der in Einzelmaßnahme 4 vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf des Gebäudes um **4,2 %**

Der Einfluss der Variante auf die wesentlichen Kennwerte zeigt das folgende Balkendiagramm:



	Ist-Zustand	Variante 4
Spezifischer Nutzenergiebedarf	224,2 kWh/(m²a)	216,1 kWh/(m²a)
Spezifischer Endenergiebedarf	348,2 kWh/(m²a)	333,6 kWh/(m²a)
Spezifischer Primärenergiebedarf	356,8 kWh/(m²a)	342,5 kWh/(m²a)
Spezifische CO ₂ -Emission	80,3 kgCO ₂ /m²a	77,2 kgCO ₂ /m²a
Energiekosten	118.718 €/a	114.108 €/a
Der Endenergiebedarf - im Ist Zustand - in Höhe von:	742.706 kWh/Jahr	
reduziert sich durch die Umsetzung der Einzelmaßnahme 4 auf:	711.528 kWh/Jahr	
Somit ergibt sich eine Energieeinsparung (Endenergie) in Höhe von:	31.178 kWh/Jahr	
beziehungsweise in %:	4,2 %	
Die Energiekosten sinken um:	4.610 €/Jahr	
Parallel wird der Primärenergiebedarf reduziert um:	30.062 kWh/Jahr	
Und die CO ₂ -Emissionen werden reduziert um:	6.540 kgCO ₂ /Jahr	
Die Reduktion der CO ₂ -Emissionen durch die Umsetzung der Maßnahmen wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft unser Klima zu schützen. Die Rechenergebnisse beruhen auf den Normandbedingungen der DIN V 18592.		

4.1.5 (5) Austausch von Fenstern und Türen

Modernisierung der Gebäudehülle

Außenwände /	Austausch der Eingangstüren gegen Türen mit hohem Wärmeschutz
Eingangstüren:	Austausch der Kellertüren und Nebentüren gegen Türen mit hohem Wärmeschutz
Fenster:	Austausch der Fenster mit Isolierverglasung gegen Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung
	Austausch der Fenster mit Einfachverglasung gegen Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung

Hinweis: Im Sollzustand sollen keine Lichtkuppeln installiert werden.

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	U-Wert in W/m ² K	U _{max} GEG* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K
TA	Eingangstüren mit Isolierverglasung – Einbau von Türen mit hohem Wärmeschutz	1,30	1,80	1,30
TA	Eingangstüren mit Einfachverglasung – Einbau von Türen mit hohem Wärmeschutz	1,30	1,80	1,30
FA	Fenster mit Isolierverglasung – Einbau neuer Fenster mit 3-fach Wärmeschutz- verglasung	0,95	1,30	0,95
FA	Fenster mit Einfachverglasung – Einbau neuer Fenster mit 3-fach Wärmeschutz- verglasung	0,95	1,30	0,95

Abschätzung der Heizlast ca. 256,5 kW

*) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der vom GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035$ W/(mK)) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045$ W/(mK) einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von 1,30 W/m²K.

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

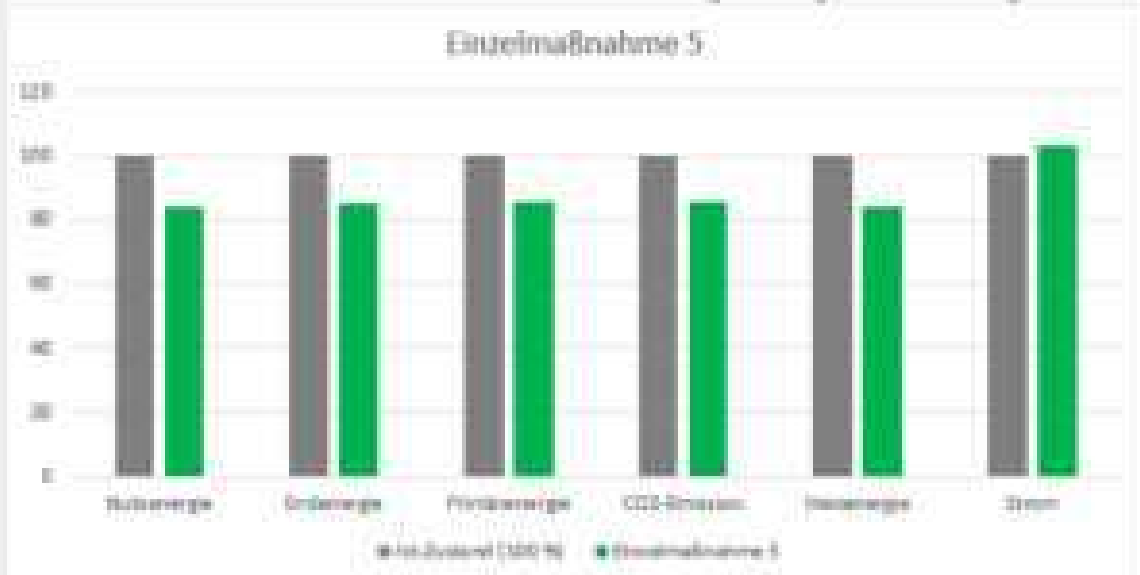
Anlagentechnik

keine Maßnahme

Energieeinsparung nach Bedarf

Nach Umsetzung der in Einzelmaßnahme 5 vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf des Gebäudes um: **15,0 %**

Der Einfluss der Variante auf die wesentlichen Kennwerte zeigt das folgende Balkendiagramm.



	Ist-Zustand	Einzelmaßnahme 5
Spezifischer Nutzenergiebedarf:	224,2 kWh/(m²a)	187,7 kWh/(m²a)
Spezifischer Endenergiebedarf:	348,2 kWh/(m²a)	296,0 kWh/(m²a)
Spezifischer Primärenergiebedarf:	356,8 kWh/(m²a)	305,4 kWh/(m²a)
Spezifische CO2-Emission:	80,3 kgCO2/m²a	69,1 kgCO2/m²a
Energiekosten:	110.718 €/a	102.219 €/a

Der Endenergiebedarf - im Ist-Zustand - in Höhe von: **742.786 kWh/Jahr**
 reduziert sich durch die Umsetzung der Einzelmaßnahme 5 auf: **631.334 kWh/Jahr**
 Somit ergibt sich eine Energieeinsparung (Endenergie) in Höhe von: **111.372 kWh/Jahr**
 beziehungsweise in %: **15,0 %**
 Die Energiekosten sinken um: **16.499 €/Jahr**

Parallel wird der Primärenergiebedarf reduziert um: **109.642 kWh/Jahr**

Und die CO2-Emissionen werden reduziert um: **73.771 kgCO2/Jahr**

Die Reduktion der CO2-Emissionen durch die Umsetzung der Maßnahmen wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft unser Klima zu schützen. Die Rechenergebnisse beruhen auf den Normrandbedingungen der DIN V 18599.

4.1.6 (6) Optimierung der Beleuchtung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle

keine Maßnahme

Anlagentechnik

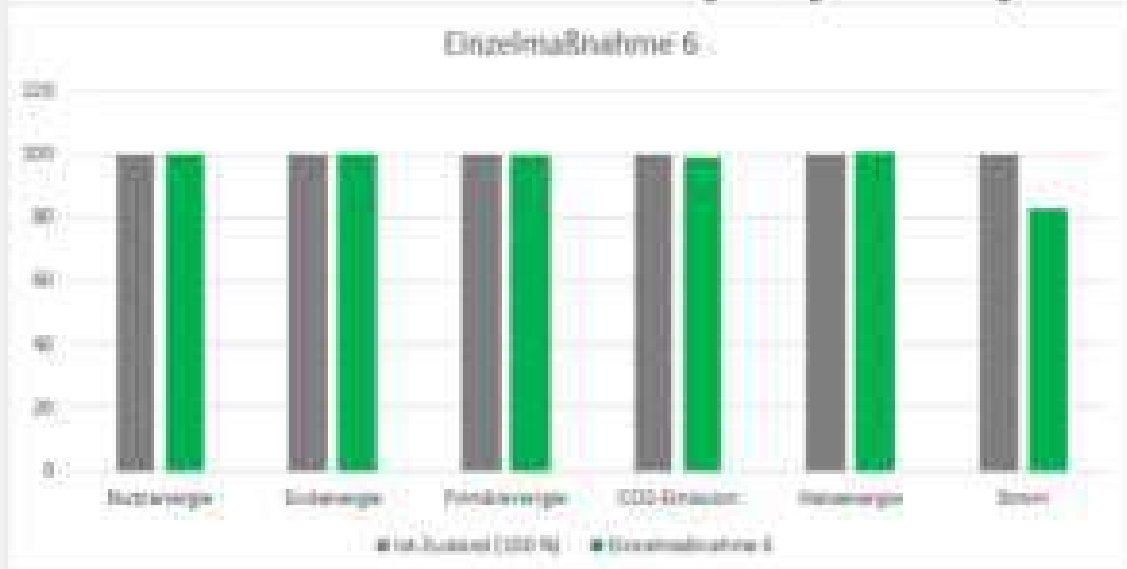
- Austausch der alten Beleuchtungstechnik und Umstellung auf LED-Technik
- Einsatz von automatischen Steuerungs- und Kontrollsystemen der Beleuchtung (präsenz- und / oder tageslichtabhängig), sinnvoll bezogen auf die jeweilige Nutzung des Raumes, z.B.:
 - Installation von Präsenzmeldern in den WC- und Sanitärräumen

Abschätzung der Heizlast ca. 326,9 kW

Energieeinsparung nach Bedarf

Nach Umsetzung der in Einzelmaßnahme 6 vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf des Gebäudes um: **-0,1 %**

Der Einfluss der Variante auf die wesentlichen Kennwerte zeigt das folgende Balkendiagramm:



	Ist-Zustand	Einzelmaßnahme 6
Spezifischer Nutzenergiebedarf:	224,2 kWh/(m²a)	224,1 kWh/(m²a)
Spezifischer Endenergiebedarf:	348,2 kWh/(m²a)	348,7 kWh/(m²a)
Spezifischer Primärenergiebedarf:	355,8 kWh/(m²a)	355,3 kWh/(m²a)
Spezifische CO ₂ -Emission:	80,3 kgCO ₂ /m²a	79,5 kgCO ₂ /m²a
Energiekosten:	118.718 €/a	117.543 €/a
Der Endenergiebedarf - im Ist-Zustand - in Höhe von		742.706 kWh/Jahr
reduziert sich durch die Umsetzung der Einzelmaßnahme 6 auf:		743.692 kWh/Jahr
Somit ergibt sich eine Energieeinsparung (Endenergie) in Höhe von:		-586 kWh/Jahr
beziehungsweise in %:		-0,1 %
Die Energiekosten sinken um:		1.875 €/Jahr
Parallel wird der Primärenergiebedarf reduziert um:		3.323 kWh/Jahr
Und die CO ₂ -Emissionen werden reduziert um:		1.614 kgCO ₂ /Jahr
Die Reduktion der CO ₂ -Emissionen durch die Umsetzung der Maßnahmen wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft unser Klima zu schützen. Die Rechenergebnisse beruhen auf den Normandbedingungen der DIN V 18599.		

4.1.7 (7) Erneuerung der Lüftungsanlagen

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle

keine Maßnahme

Anlagentechnik

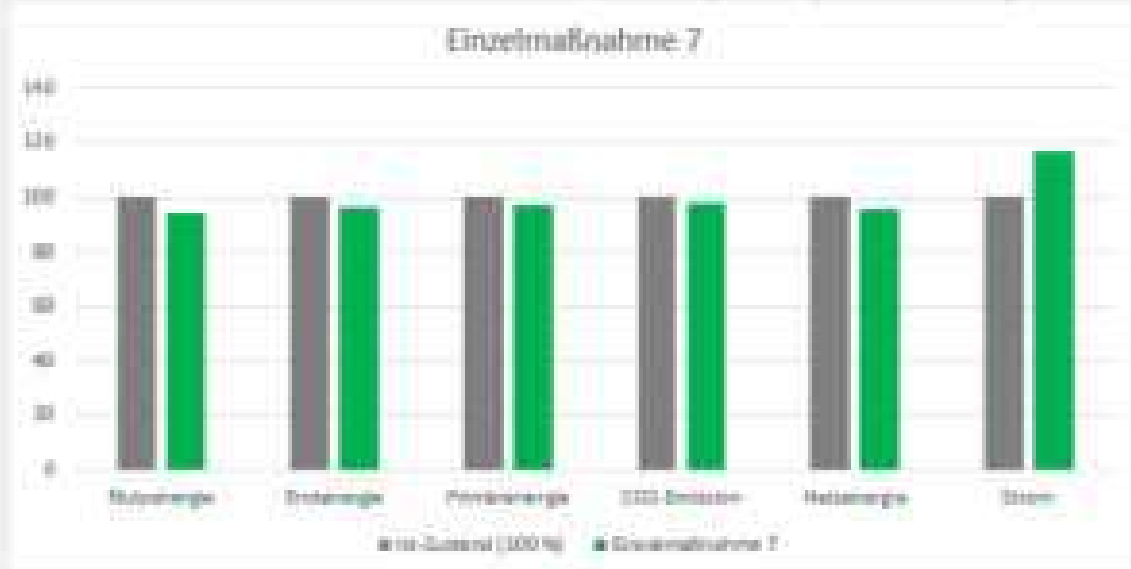
Erneuerung der Lüftungsanlagen mit mindestens 80 % Wärmerückgewinnung.

Abschätzung der Heizlast ca. 287,9 kW

Energieeinsparung nach Bedarf

Nach Umsetzung der in Einzelmaßnahme 7 vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf des Gebäudes um **3,2 %**

Der Einfluss der Variante auf die wesentlichen Kennwerte zeigt das folgende Balkendiagramm:



	Ist-Zustand	Einzelmaßnahme 7
Spezifischer Nutzenergiebedarf	224,2 kWh/(m²a)	211,6 kWh/(m²a)
Spezifischer Endenergiebedarf	348,2 kWh/(m²a)	337,1 kWh/(m²a)
Spezifischer Primärenergiebedarf	356,8 kWh/(m²a)	347,8 kWh/(m²a)
Spezifische CO ₂ -Emission	80,3 kgCO ₂ /m²a	78,7 kgCO ₂ /m²a
Energiekosten	118.718 €/a	116.346 €/a
Der Endenergiebedarf - im Ist-Zustand - in Höhe von:	742.706 kWh/Jahr	
reduziert sich durch die Umsetzung der Einzelmaßnahme 7 auf:	718.912 kWh/Jahr	
Somit ergibt sich eine Energieeinsparung (Endenergie) in Höhe von:	23.794 kWh/Jahr	
beziehungsweise in %:	3,2 %	
Die Energiekosten sinken um:	2.372 €/Jahr	
Parallel wird der Primärenergiebedarf reduziert um:	19.367 kWh/Jahr	
Und die CO ₂ -Emissionen werden reduziert um:	3.354 kgCO ₂ /Jahr	
Die Reduktion der CO ₂ -Emissionen durch die Umsetzung der Maßnahmen wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft unser Klima zu schützen. Die Rechenergebnisse beruhen auf den Normrandbedingungen der DIN V 18599.		

4.1.8 (8) Anschluß an die Fernwärme + Heizungsoptimierung

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle

keine Maßnahme

Anlagentechnik

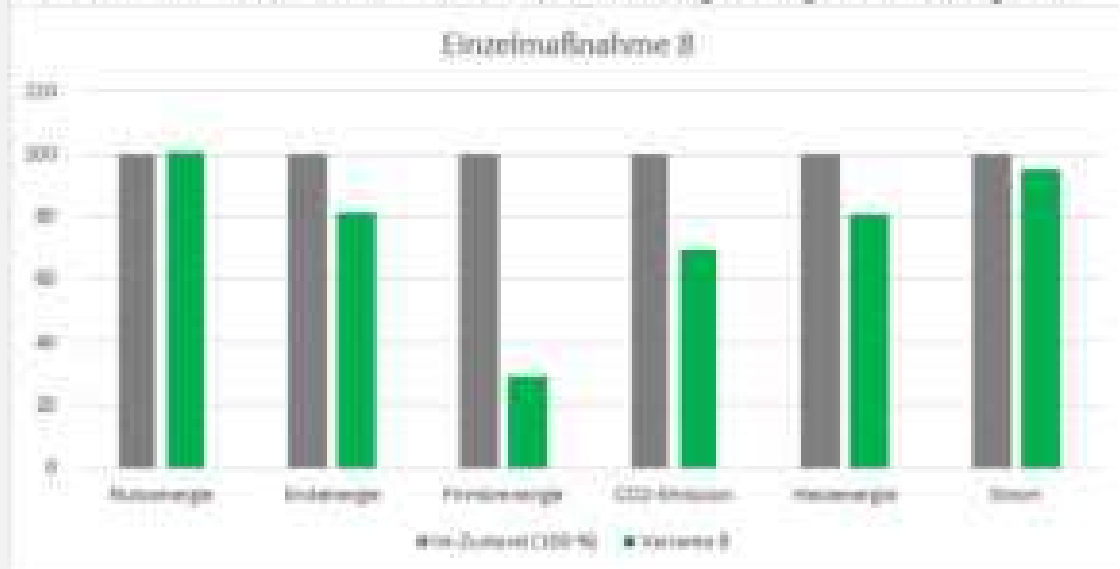
- Heizungserneuerung: Anschluss der Sporthalle an ein Fernwärmenetz. Es wird ein Primärenergiefaktor für KWK-Fernwärmenetze von 0,3 angesetzt.
- Heizungsoptimierung – Durchführung eines hydraulischen Abgleichs der Heizungsanlage und Austausch der alten Heizkörperventile gegen optimierte Thermostatventile.

Abschätzung der Heizlast ca. 239,7 kW

Energieeinsparung nach Bedarf

Nach Umsetzung der in Einzelmaßnahme 8 vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf des Gebäudes um: **18,7 %**

Der Einfluss der Variante auf die wesentlichen Kennwerte zeigt das folgende Balkendiagramm.



	Ist-Zustand	Variante 8
Spezifischer Nutzenergiebedarf	224,2 kWh/m²a	226,3 kWh/m²a
Spezifischer Endenergiebedarf	348,2 kWh/m²a	282,9 kWh/m²a
Spezifischer Primärenergiebedarf	356,8 kWh/m²a	105,6 kWh/m²a
Spezifische CO2-Emission	80,3 kgCO2/m²a	56,2 kgCO2/m²a
Energiekosten:	118.718 €/a	123.857 €/a

Der Endenergiebedarf - im Ist-Zustand - in Höhe von **742.706 kWh/Jahr** reduziert sich durch die Umsetzung der Einzelmaßnahme 8 auf **603.449 kWh/Jahr**. Somit ergibt sich eine Energieeinsparung (Endenergie) in Höhe von **139.257 kWh/Jahr** beziehungsweise in % **18,7 %**. Die Energiekosten sinken um **5.179 €/Jahr**.

Parallel wird der Primärenergiebedarf reduziert um: **535.926 kWh/Jahr**

Und die CO2-Emissionen werden reduziert um: **51.440 kgCO2/Jahr**

Die Reduktion der CO2-Emissionen durch die Umsetzung der Maßnahmen wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft unser Klima zu schützen. Die Rechenergebnisse beruhen auf den Normrandbedingungen der DIN V 18599.

4.1.9 (9) Installation einer Solarthermieranlage

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet.

Modernisierung der Gebäudehülle

keine Maßnahme

Anlagentechnik

Die Installation einer Solarthermie-Anlage (Vakuumröhrenkollektoren) für die Warmwasserbereitung bietet eine weitere Möglichkeit zur Energieeinsparung und zur Nutzung einer regenerativen Energiequelle.

Solaranlage: Solarthermieranlage (ca. 20 m²)

Energieträger: Sonnenenergie

TWW-Speicher: Warmwasserspeicher

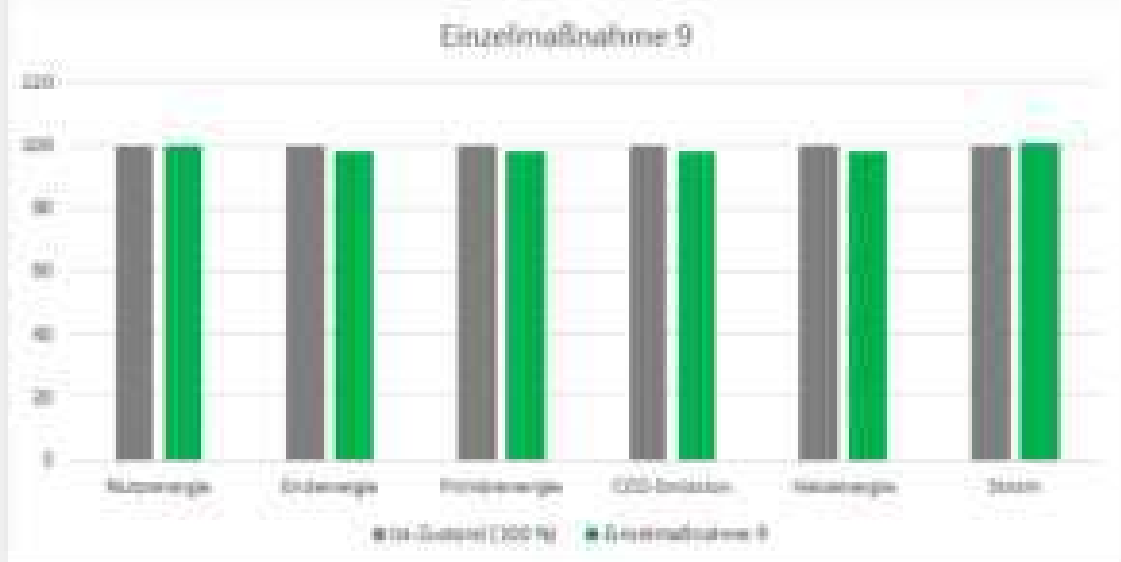
Speichertyp: bivalenter Solarspeicher

Speicher-Nenninhalt ca. 2.000 Liter

Energieeinsparung nach Bedarf

Nach Umsetzung der in Einzelmaßnahme 9 vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf des Gebäudes um: **1,6 %**

Der Einfluss der Variante auf die wesentlichen Kennwerte zeigt das folgende Balkendiagramm:



	Ist-Zustand	Einzelmaßnahme 9
Spezifischer Nutzenergiebedarf	224,2 kWh/(m²a)	224,2 kWh/(m²a)
Spezifischer Endenergiebedarf	240,2 kWh/(m²a)	242,5 kWh/(m²a)
Spezifischer Primärenergiebedarf	356,8 kWh/(m²a)	351,3 kWh/(m²a)
Spezifische CO2-Emission	80,3 kgCO2/m²a	79,1 kgCO2/m²a
Energiekosten:	118.716 €/a	118.305 €/a

Der Endenergiebedarf - im Ist-Zustand - in Höhe von: **742.706 kWh/Jahr**
 reduziert sich durch die Umsetzung der Einzelmaßnahme 9 auf: **730.408 kWh/Jahr**
 Somit ergibt sich eine Energieeinsparung (Endenergie) in Höhe von: **12.298 kWh/Jahr**
 beziehungsweise in %: **1,6 %**
 Die Energiekosten sinken um: **1.752 €/Jahr**

Parallel wird der Primärenergiebedarf reduziert um: **11.767 kWh/Jahr**

Und die CO2-Emissionen werden reduziert um: **2.521 kgCO2/Jahr**

Die Reduktion der CO2-Emissionen durch die Umsetzung der Maßnahmen wird sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft unser Klima zu schützen. Die Rechenergebnisse beruhen auf den Normrandbedingungen der DIN V 18559.

4.1.10 (10) Installation einer PV-Anlage

Auf dem Dachflächen des Gebäudes soll in dieser Variante Strom aus erneuerbaren Energien erzeugt werden. Hierfür wird eine Photovoltaik-Anlage mit ca. 110 m² Kollektorfläche und einer Leistung von ca. 20 kWp installiert.

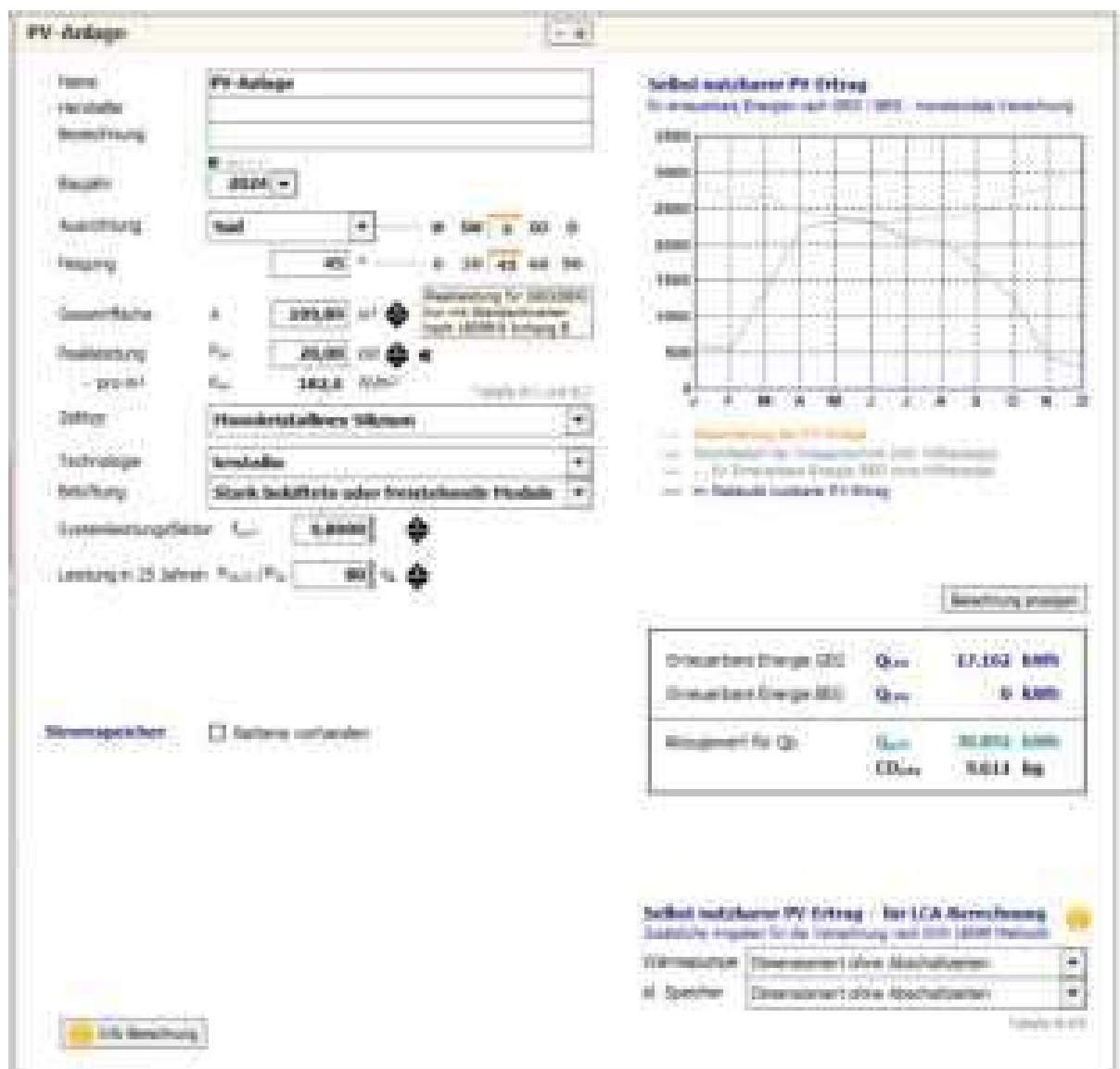
Modernisierung der Gebäudehülle

keine Maßnahme

Anlagentechnik

Installation einer PV-Anlage mit 20 kWp, ca. 110 m² Gesamtfläche

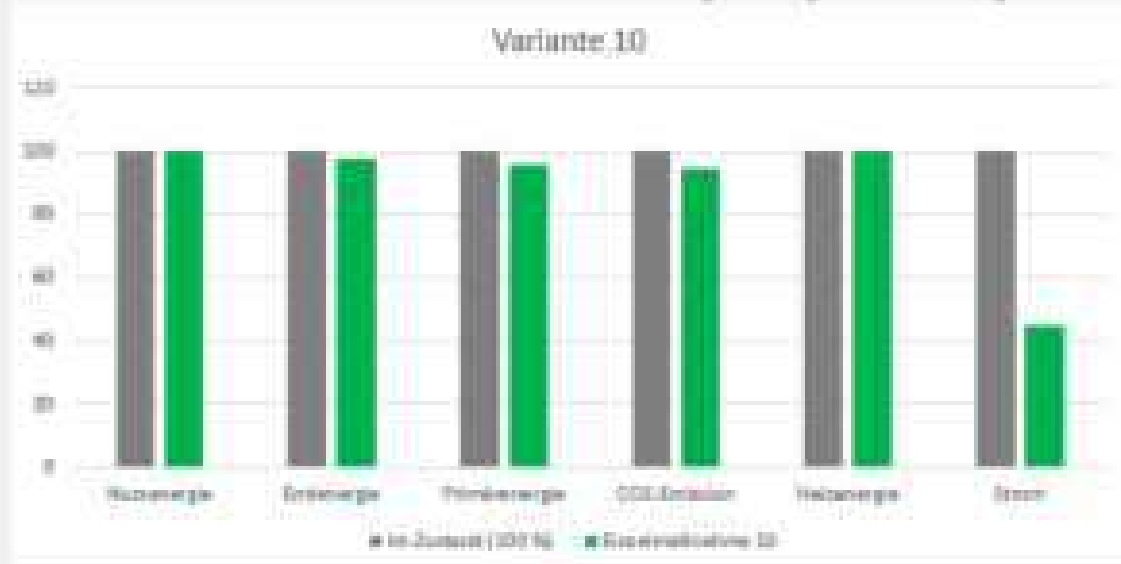
Ausrichtung: Süd / Modulneigung ca. 45



Energieeinsparung nach Bedarf

Nach Umsetzung der in Einzelmaßnahme 10 vorgeschlagenen Maßnahme reduziert sich der Endenergiebedarf des Gebäudes um: **2,3 %**

Der Einfluss der Variante auf die wesentlichen Kennwerte zeigt das folgende Balkendiagramm.



	Ist-Zustand	Einzelmaßnahme 10
Spezifischer Nutzenergiebedarf	224,2 kWh/(m²a)	224,2 kWh/(m²a)
Spezifischer Endenergiebedarf	348,2 kWh/(m²a)	340,3 kWh/(m²a)
Spezifischer Primärenergiebedarf	366,8 kWh/(m²a)	342,4 kWh/(m²a)
Spezifische CO2-Emission	80,3 kgCO2/m²a	75,8 kgCO2/m²a
Energiekosten	118.718 €/a	112.196 €/a

Der Endenergiebedarf – im Ist-Zustand – in Höhe von: **742.706 kWh/Jahr**
 reduziert sich durch die Umsetzung der Einzelmaßnahme 10 auf: **725.544 kWh/Jahr**
 Somit ergibt sich eine Energieeinsparung (Endenergie) in Höhe von: **17.162 kWh/Jahr**
 beziehungsweise in %: **2,3 %**

Die Energiekosten sinken um: **6.522 €/Jahr**

Parallel wird der Primärenergiebedarf reduziert um: **30.893 kWh/Jahr**

Und die CO2-Emissionen werden reduziert um: **9.610 kgCO2/Jahr**

Die Reduktion der CO2-Emissionen durch die Umsetzung der Maßnahmen wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft unser Klima zu schützen. Die Rechenergebnisse beruhen auf den Normandbedingungen der DIN V 18599.

4.2 Empfehlungen

Die Empfehlungen umfassen sinnvolle Kombinationen von Einzelmaßnahmen.

4.2.1 Empf. 1: Dämmkombination (1 + 2 + 3 + 4 + 5)

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet:

Dämmung der Flachdächer, Dämmung der Außenwände, Dämmung der Außenwände gegen Erdreich (Perimeterdämmung), Dämmung der Bodenplatte und Austausch von Fenstern und Türen.

Modernisierung der Gebäudehülle:

- Flachdächer** Dämmung der Flachdächer mit 18 cm der WLS 035.
- Außenwände:** Dämmung der Außenwände mit 16 cm Dämmstoff der WLS 035. In diesen Bereichen wird ein Wärmedämmverbundsystems eingesetzt
- Dämmung der Kellergeschoss-Außenwände im Erdreich mit 10 cm Perimeter-Dämmstoff der WLS 035
- Bodenplatte:** Dämmung der Bodenplatte von oben mit 10 cm Dämmstoff der WLS 035
- Eingangstüren:** Austausch der Eingangstüren gegen Türen mit hohem Wärmeschutz
- Austausch der Kellertüren und Nebentüren gegen Türen mit hohem Wärmeschutz
- Fenster:** Austausch der Fenster mit Isolierverglasung gegen Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung
- Austausch der Fenster mit Einfachverglasung gegen Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	U-Wert in W/m²K	U _{max} GEG* in W/m²K	U _{max} KfW** in W/m²K	Fläche in m²
DA	Dach –Dämmung der Flachdächer mit 16 cm Dämmstoff der WLS 024	0,14	0,24	0,14	2057,22
WA	Außenwände – Dämmung der Außenwände von außen mit 16 cm Dämmstoff der WLS 035	0,18	0,24	0,20	1.176,79
WA	KG-Außenwände im Erdreich – Dämmung der Außenwände mit 10 cm Perimeter-Dämmstoff der WLS 035	0,24	0,30	0,25	415,32
BE	Bodenplatte KG – Dämmung der Bodenplatte mit 10 cm Dämmstoff der WLS 035	0,22	0,30	0,25	1.768,95
TA	Eingangstüren mit Isolierverglasung – Einbau von Türen mit hohem Wärmeschutz	1,30	1,80	1,30	2,20
TA	Eingangstüren mit Einfachverglasung – Einbau von Türen mit hohem Wärmeschutz	1,30	1,80	1,30	27,15
FA	Fenster mit Isolierverglasung – Einbau neuer Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	0,95	1,30	0,95	32,5

FA	Fenster mit Einfachverglasung – Einbau neuer Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	0,95	1,30	0,95	27,88
----	--	------	------	------	-------

Abschätzung der Heizlast ca. 244,7 kW

- *) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der vom GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045 \text{ W/(mK)}$ einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- **) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

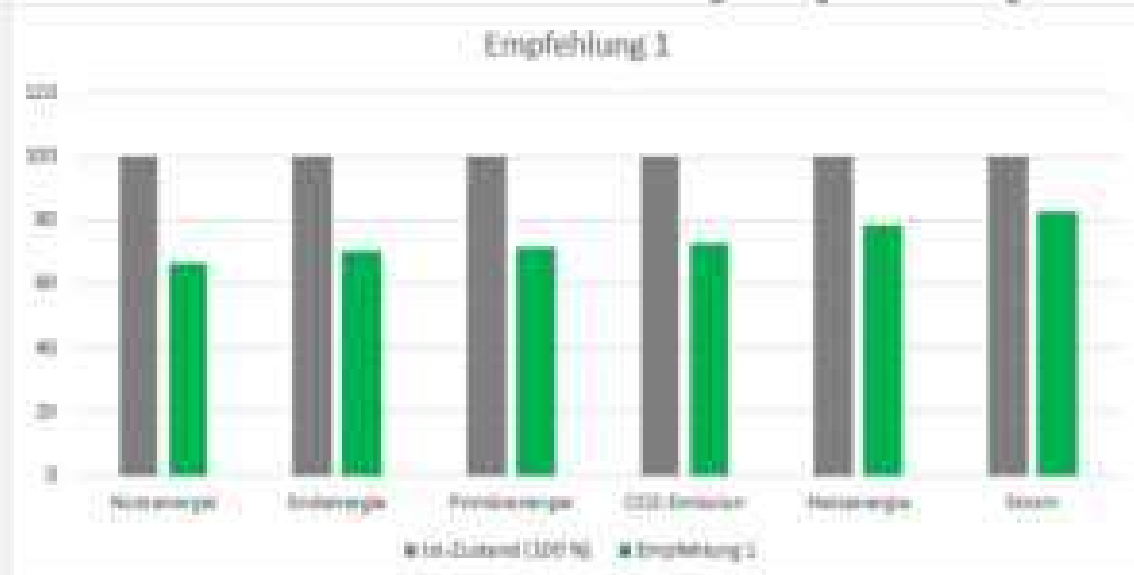
Anlagentechnik:

keine Maßnahme

Energieeinsparung nach Bedarf

Nach Umsetzung der in Variante 1 vorgeschlagenen Maßnahme(n) reduziert sich der Endenergiebedarf des Gebäudes um **29,7 %**

Der Einfluss der Variante auf die wesentlichen Kennwerte zeigt das folgende Balkendiagramm.



	Ist-Zustand	Empfehlung 1
Spezifischer Nutzenergiebedarf	224,2 kWh/(m²a)	148,8 kWh/(m²a)
Spezifischer Endenergiebedarf	348,2 kWh/(m²a)	244,5 kWh/(m²a)
Spezifischer Primärenergiebedarf	368,8 kWh/(m²a)	256,1 kWh/(m²a)
Spezifische CO ₂ -Emission	80,3 kgCO ₂ /m²a	58,6 kgCO ₂ /m²a
Energiekosten	131.264 €/a	104.218 €/a

Der **Endenergiebedarf** - im Ist-Zustand - in Höhe von: **742.706 kWh/Jahr**
 reduziert sich durch die Umsetzung der Empfehlung 1 auf: **522.358 kWh/Jahr**
 Somit ergibt sich eine **Energieeinsparung (Endenergie)** in Höhe von: **220.348 kWh/Jahr**
 beziehungsweise in %: **29,7 %**
 Die **Energiekosten** sinken um: **27.046 €/Jahr**

Parallel wird der **Primärenergiebedarf** reduziert um: **214.847 kWh/Jahr**

Und die **CO₂-Emissionen** werden reduziert um: **45.148 kgCO₂/Jahr**

Die Reduktion der CO₂-Emissionen durch die Umsetzung der Maßnahmen wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft unser Klima zu schützen. Die Rechenergebnisse beruhen auf den Normandbedingungen der DIN V 18559.

Energetische Einstufung

Anforderungen

	Ist-Wert	GEG	EG 100	EG 70	EG 55	EG 40
Jahres-Primärenergiebedarf (GEG) q_p [kWh/(m²a)]	256,1	266,7	190,5	133,3	104,8	76,2
Mittlere U-Werte [W/(m²K)]						
- Opake Außenbauteile	0,14	0,56	0,34	0,26	0,22	0,18
- Transparente Außenbauteile	0,95	2,70	1,80	1,40	1,20	1,00

4.2.2 Empf. 2: Empf. 1 + (6 + 7+ 8+ 9 + 10)

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet:

Dämmung der Flachdächer, Dämmung der Außenwände, Dämmung der Außenwände gegen Erdreich (Perimeterdämmung), Dämmung der Bodenplatte, Austausch von Fenstern und Türen, **Anschluss der Sporthalle an Fernwärmenetze, Heizungsoptimierung (Hydraulischer Abgleich, Modernisierung der Regelventile an den Heizkörpern), Erneuerung von Lüftungsanlagen mit WRG und Änderung der Beleuchtung auf LED-Technik.**

Modernisierung der Gebäudehülle:

Flachdächer	Dämmung der Flachdächer mit 18 cm der WLS 035.
Außenwände:	Dämmung der Außenwände mit 16 cm Dämmstoff der WLS 035. In diesen Bereichen wird ein Wärmedämmverbundsystems eingesetzt Dämmung der Kellergeschoss-Außenwände im Erdreich mit 10 cm Perimeter-Dämmstoff der WLS 035
Bodenplatte:	Dämmung der Bodenplatte von oben mit 10 cm Dämmstoff der WLS 035
Eingangstüren:	Austausch der Eingangstüren gegen Türen mit hohem Wärmeschutz Austausch der Kellertüren und Nebentüren gegen Türen mit hohem Wärmeschutz
Fenster:	Austausch der Fenster mit Isolierverglasung gegen Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung Austausch der Fenster mit Einfachverglasung gegen Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	U-Wert in W/m²K	U _{max} GEG* in W/m²K	U _{max} KfW** in W/m²K	Fläche in m²
DA	Dach –Dämmung der Flachdächer mit 16 cm Dämmstoff der WLS 024	0,14	0,24	0,14	2057,22
WA	Außenwände – Dämmung der Außenwände von außen mit 16 cm Dämmstoff der WLS 035	0,18	0,24	0,20	1.176,79
WA	KG-Außenwände im Erdreich – Dämmung der Außenwände mit 10 cm Perimeter-Dämmstoff der WLS 035	0,24	0,30	0,25	415,32
BE	Bodenplatte KG – Dämmung der Bodenplatte mit 10 cm Dämmstoff der WLS 035	0,22	0,30	0,25	1.768,95
TA	Eingangstüren mit Isolierverglasung – Einbau von Türen mit hohem Wärmeschutz	1,30	1,80	1,30	2,20
TA	Eingangstüren mit Einfachverglasung – Einbau von Türen mit hohem Wärmeschutz	1,30	1,80	1,30	27,15
FA	Fenster mit Isolierverglasung – Einbau neuer Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	0,95	1,30	0,95	32,5

FA	Fenster mit Einfachverglasung – Einbau neuer Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	0,95	1,30	0,95	27,88
----	--	------	------	------	-------

Abschätzung der Heizlast ca. 129,4 kW

- *) Als U-Wert (früher k-Wert) wird der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils bezeichnet. Bei Änderungen von Bauteilen an bestehenden Gebäuden muss der vom GEG vorgegebene maximale U-Wert eingehalten werden. Die angegebenen Maximalwerte gelten für Dämmungen auf der kalten Außenseite. Ist die Dämmschichtdicke aus technischen Gründen begrenzt, so ist die höchstmögliche Dämmschichtdicke (bei einem Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$) einzubauen. Soweit Dämm-Materialien in Hohlräume eingeblasen oder Dämm-Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen verwendet werden, ist ein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit von $\lambda = 0,045 \text{ W/(mK)}$ einzuhalten. Ist die Glasdicke aus technischen Gründen begrenzt, so gilt für die Verglasung der Maximalwert von $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- **) Die Mindestanforderungen an U-Werte für KfW-Förderungen gelten nicht für KfW-Effizienzhäuser, sondern für die KfW-Förderung von Einzelmaßnahmen. Die Anforderungen Stand 04/2016 können jederzeit aktualisiert werden.

Anlagentechnik:

- Heizungserneuerung: Anschluss der Sporthalle an ein Fernwärmenetz. Es wird ein Primärenergiefaktor für KWK-Fernwärmenetze von 0,3 angesetzt.
- Heizungsoptimierung – Durchführung eines hydraulischen Abgleichs der Heizungsanlage und Austausch der alten Heizkörperventile gegen optimierte Thermostatventile.
- Änderung der Beleuchtung im gesamten Gebäude auf LED-Technik mit Kontrollregelung (präsenz- und/oder tageslichtabhängig)
- Erneuerung der Lüftungsanlagen mit mindestens 80 % Wärmerückgewinnung.

Energieeinsparung nach Bedarf

Nach Umsetzung der in Variante 2 vorgeschlagenen Maßnahme(n) reduziert sich der Endenergiebedarf des Gebäudes um: **42,9 %**

Der Einfluss der Variante auf die wesentlichen Kennwerte zeigt das folgende Balkendiagramm:



	Ist-Zustand	Empfehlung 2
Spezifischer Nutzenergiebedarf	224,2 kWh/(m²a)	148,9 kWh/(m²a)
Spezifischer Endenergiebedarf	348,2 kWh/(m²a)	198,7 kWh/(m²a)
Spezifischer Primärenergiebedarf	356,8 kWh/(m²a)	80,3 kWh/(m²a)
Spezifische CO ₂ -Emission	80,3 kgCO ₂ /m²a	41,9 kgCO ₂ /m²a
Energiekosten	131.264 €/a	101.288 €/a

Der **Endenergiebedarf** - im Ist-Zustand - in Höhe von: **742.706 kWh/Jahr**
 reduziert sich durch die Umsetzung der Empfehlung 2 auf: **423.747 kWh/Jahr**
 Somit ergibt sich eine **Energieeinsparung (Endenergie)** in Höhe von: **318.959 kWh/Jahr**
 beziehungsweise in %: **42,9 %**

Die **Energiekosten** sinken um: **29.976 €/Jahr**

Parallel wird der **Primärenergiebedarf** reduziert um: **589.859 kWh/Jahr**

Und die **CO₂-Emissionen** werden reduziert um: **83.793 kgCO₂/Jahr**

Die Reduktion der CO₂-Emissionen durch die Umsetzung der Maßnahmen wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft unser Klima zu schützen. Die Rechenergebnisse beruhen auf den Normrandbedingungen der DIN V 18556.

Energetische Einstufung

Anforderungen

	Ist-Wert	GEG	EG 100	EG 70	EG 55	EG 40
Jahres-Primärenergiebedarf (GEG) q_p [kWh/(m ² a)]	80,3	266,7	190,5	133,3	104,8	76,2
Mittlere U-Werte [W/(m ² K)]						
- Opake Außenbauteile	0,14	0,56	0,34	0,26	0,22	0,18
- Transparente Außenbauteile	0,95	2,70	1,80	1,40	1,20	1,00

4.2.3 Empf. 3: Empf. 2 + PV-Anlage + Solarthermie-Anlage

In dieser Variante werden die folgenden Modernisierungsmaßnahmen betrachtet:

Dämmung der Flachdächer, Dämmung der Außenwände, Dämmung der Außenwände gegen Erdreich (Perimeterdämmung), Dämmung der Bodenplatte, Austausch von Fenstern und Türen, Anschluss der Sporthalle an Fernwärmenetze, Heizungsoptimierung (Hydraulischer Abgleich, Modernisierung der Regelventile an den Heizkörpern), Erneuerung von Lüftungsanlagen mit WRG, Änderung der Beleuchtung auf LED-Technik, **Installation einer PV-Anlage und Installation einer Solarthermie-Anlage.**

Modernisierung der Gebäudehülle:

Flachdächer	Dämmung der Flachdächer mit 18 cm der WLS 035.
Außenwände:	Dämmung der Außenwände mit 16 cm Dämmstoff der WLS 035. In diesen Bereichen wird ein Wärmedämmverbundsystems eingesetzt Dämmung der Kellergeschoss-Außenwände im Erdreich mit 10 cm Perimeter-Dämmstoff der WLS 035
Bodenplatte:	Dämmung der Bodenplatte von oben mit 10 cm Dämmstoff der WLS 035
Eingangstüren:	Austausch der Eingangstüren gegen Türen mit hohem Wärmeschutz Austausch der Kellertüren und Nebentüren gegen Türen mit hohem Wärmeschutz
Fenster:	Austausch der Fenster mit Isolierverglasung gegen Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung Austausch der Fenster mit Einfachverglasung gegen Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung

U-Wert-Übersicht der modernisierten Bauteile

Typ	Bauteil	U-Wert in W/m ² K	U _{max} GEG* in W/m ² K	U _{max} KfW** in W/m ² K	Fläche in m ²
DA	Dach –Dämmung der Flachdächer mit 16 cm Dämmstoff der WLS 024	0,14	0,24	0,14	2057,22
WA	Außenwände – Dämmung der Außenwände von außen mit 16 cm Dämmstoff der WLS 035	0,18	0,24	0,20	1.176,79
WA	KG-Außenwände im Erdreich – Dämmung der Außenwände mit 10 cm Perimeter-Dämmstoff der WLS 035	0,24	0,30	0,25	415,32
BE	Bodenplatte KG – Dämmung der Bodenplatte mit 10 cm Dämmstoff der WLS 035	0,22	0,30	0,25	1.768,95
TA	Eingangstüren mit Isolierverglasung – Einbau von Türen mit hohem Wärmeschutz	1,30	1,80	1,30	2,20
TA	Eingangstüren mit Einfachverglasung – Einbau von Türen mit hohem Wärmeschutz	1,30	1,80	1,30	27,15

FA	Fenster mit Isolierverglasung – Einbau neuer Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	0,95	1,30	0,95	32,5
FA	Fenster mit Einfachverglasung – Einbau neuer Fenster mit 3-fach Wärmeschutzverglasung	0,95	1,30	0,95	27,88

Abschätzung der Heizlast ca. 129,4 kW

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

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

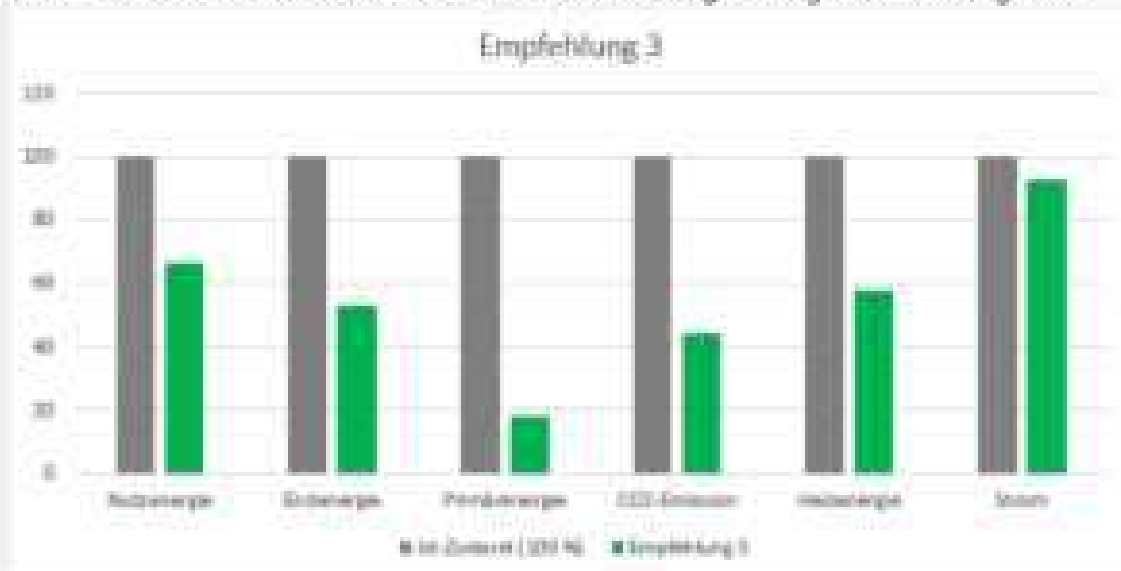
Anlagentechnik:

- Heizungserneuerung: Anschluss der Sporthalle an ein Fernwärmenetz. Es wird ein Primärenergiefaktor für KWK-Fernwärmenetze von 0,3 angesetzt.
- Heizungsoptimierung – Durchführung eines hydraulischen Abgleichs der Heizungsanlage und Austausch der alten Heizkörperventile gegen optimierte Thermostatventile.
- Änderung der Beleuchtung im gesamten Gebäude auf LED-Technik mit Kontrollregelung (präsenz- und/oder tageslichtabhängig)
- Erneuerung der Lüftungsanlagen mit mindestens 80 % Wärmerückgewinnung.
- Installation einer PV-Anlage (Peakleistung = 20 kWp).
- Installation einer Solarthermie-Anlage (Vakuumröhren-Technik) ca. 20 m².

Energieeinsparung nach Bedarf

Nach Umsetzung der in Variante 3 vorgeschlagenen Maßnahme(n) reduziert sich der Endenergiebedarf des Gebäudes um: **47,0 %**

Der Einfluss der Variante auf die wesentlichen Kennwerte zeigt das folgende Balkendiagramm:



	Ist-Zustand	Empfehlung 3
Spezifischer Nutzenergiebedarf	224,2 kWh/(m²a)	148,9 kWh/(m²a)
Spezifischer Endenergiebedarf	348,2 kWh/(m²a)	184,5 kWh/(m²a)
Spezifischer Primärenergiebedarf	268,8 kWh/(m²a)	64,1 kWh/(m²a)
Spezifische CO ₂ -Emission	80,1 kgCO ₂ /m²a	35,4 kgCO ₂ /m²a
Energiekosten	131.264 €/a	83.192 €/a
Der Endenergiebedarf - im Ist-Zustand - in Höhe von:		742.706 kWh/Jahr
reduziert sich durch die Umsetzung der Empfehlung 3 auf:		393.481 kWh/Jahr
Somit ergibt sich eine Energieeinsparung (Endenergie) in Höhe von:		349.225 kWh/Jahr
beziehungsweise in %		47,0 %
Die Energiekosten sinken um:		48.072 €/Jahr
Parallel wird der Primärenergiebedarf reduziert um:		624.423 kWh/Jahr
Und die CO ₂ -Emissionen werden reduziert um:		95.697 kgCO ₂ /Jahr
Die Reduktion der CO ₂ -Emissionen durch die Umsetzung der Maßnahmen wirkt sich positiv auf den Treibhauseffekt aus und hilft unser Klima zu schützen. Die Rechenergebnisse beruhen auf den Normandbedingungen der DIN V 18599.		

Energetische Einstufung

Anforderungen

	Ist-Wert	GEG	EG 100	EG 70	EG 55	EG 40
Jahres-Primärenergiebedarf (GEG) q_p [kWh/(m²a)]	64,1	266,7	190,5	133,3	104,8	76,2
Mittlere U-Werte [W/(m²K)]						
- Opake Außenbauteile	0,14	0,56	0,34	0,26	0,22	0,18
- Transparente Außenbauteile	0,95	2,70	1,80	1,40	1,20	1,00

5 Wirtschaftlichkeit

5.1 Erläuterungen

Zur Beurteilung von Energieeffizienzmaßnahmen stehen einige betriebswirtschaftliche Berechnungsverfahren zur Verfügung. Diese lassen sich in statische und dynamische Verfahren unterteilen.

Statische Verfahren haben den Vorteil der einfachen Anwendung und des relativ geringen Informationsbedarfs. Die dynamischen Verfahren berücksichtigen zusätzlich, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Zahlungen (z.B. Energiekosten, Energiepreissteigerungen, Zins- und Tilgungszahlungen). Eine anschauliche dynamische Betrachtung ist die des annuitätischen (jährlichen) Gewinns, die im Folgenden kurz erläutert werden soll.

Der jährliche Gewinn kann als Differenz aus den jährlichen Erlösen abzüglich der jährlichen Kosten gesehen werden.

Die jährlichen Kosten einer Energiesparmaßnahme betragen:

$$K = a * I + Z$$

K = annuitätische Kosten, nach der Maßnahme

a = Annuitätenfaktor

I = Mehrkosten für die Maßnahme

Z = evtl. anfallende Zusatzkosten (Wartung u.ä.)

$$a_{i,n} = \frac{i * (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad i = \text{Kalkulationszinssatz, } n = \text{Nutzungsdauer}$$

Die jährlichen Erlöse (Energiekosteneinsparung):

$$E = P * (E_{IST} - E_{SOLL})$$

E = annuitätische Erlöse

P = mittlerer zukünftiger Preis der Energieeinheit

E_{IST} = jährlicher Energieverbrauch vor der Maßnahme

E_{SOLL} = jährlicher Energieverbrauch nach der Maßnahme

Die Maßnahme stellt sich dann als wirtschaftlich dar, wenn die jährlichen Einsparungen größer sind als die jährlichen Kosten:

$$G = E - K = P * (E_{IST} - E_{SOLL}) - (a * I + Z)$$

G = annuitätischer (jährlicher) Gewinn

5.2 Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Wirtschaftlichkeit der Sanierungsmaßnahmen bezogen auf den **Energiebedarf gemäß Normrandbedingungen DIN V 18599**.

		NORMRANDBEDINGUNGEN GEMÄSS DIN V 18599	
MASSNAHME 	INVESTITIONS- KOSTEN [EURO] 	EINSPARUNGEN [EURO/JAHR] 	AMORTISATIONS- ZEIT [JAHRE] 
Einzelmaßnahmen:			
(1) – Dämmung der Flachdächer	452.589	-4529	-
(2) – Dämmung der Außenwände	227.975	7623	19
(3) – Perimeterdämmung	145.360	-2997	-
(4) – Dämmung der Bodenplatte	176.895	-2183	-
(5) – Austausch von Fenstern und Türen	303.505	11814	18
(6) – Änderung der Beleuchtung auf LED-Technik mit Kontrollregelung	30.000	-977	-
(7) – Erneuerung der Lüftungsanlagen	40.000	-1076	-
(8) – Fernwärme + Heizungsoptimierung + Regelung	200.000	-107788	-
(9) – Solarthermie - Anlage	30.000	-713	-
(10) – PV-Anlage	36.000	4640	6

		NORMRANDBEDINGUNGEN GEMÄSS DIN V 18599	
MASSNAHME	INVESTITIONS- KOSTEN [EURO]	EINSPARUNGEN [EURO/JAHR]	AMORTISATIONS- ZEIT [JAHRE]
Empfehlungen:			
Empf. 1: Dämmkombination	1.090.325	-54	-
Empf. 2: Empf. 1 + Fernwärme + hydraulischer Abgleich + LED + Lüf- tung	1.350.325	-29.574	-
Empf. 3: Empf. 2 + PV-Anlage + So- larthermie-Anlage	1.430.325	-20.260	-

Randbedingungen: Betrachtungszeitraum: 30 Jahre (Betrachtungszeitpunkt für die Anlagentechnik und die Beleuchtung: 15 Jahre) / Zinssatz: 2,0 % / Teuerungsrate Energieverbrauch: 3 %

Für die Kostenermittlung wurden die folgenden Quellen zu Grunde gelegt:

- Schmitz / Krings / Dahlhaus / Meisel
„Baukosten 2020/21 – Instandsetzung, Sanierung, Modernisierung, Umnutzung“
Verlag für Wirtschaft und Verwaltung Hubert Wingen
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
Online-Publikation Nr. 08/2012 „Ermittlung von spezifischen Kosten energiespa-
render Bauteil-, Beleuchtungs-, Heizungs- und Klimatechnikausführungen bei
Nichtwohngebäuden für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zur EnEV 2012“

6 Erläuterung der Maßnahmen

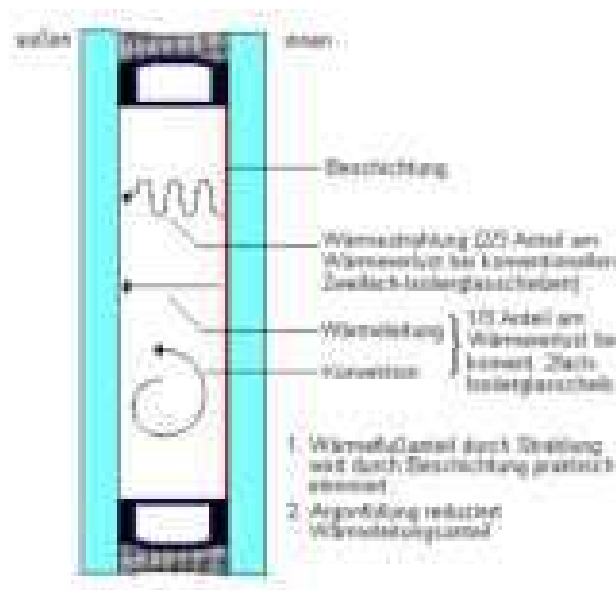
6.1 Fenster mit Wärmeschutzverglasung

Hintergrund:

Fenster weisen in der Regel höhere Wärmedurchgangskoeffizienten auf als Außenwände oder Dächer. Den vergleichsweise höheren Wärmeverlusten stehen jedoch durch Einstrahlung von Sonnenenergie Wärmegewinne gegenüber, die bei günstiger Orientierung der Fenster sogar zu einer positiven Energiebilanz führen können. Die Abbildung zeigt die Energieströme an einem Fenster und ihre Kenngrößen für Energiebilanzen.

Bei der Fenstererneuerung sollen gut wärmedämmende, dicht schließende Fenster mit Wärmeschutzverglasung eingebaut werden. Die Glasindustrie bietet entsprechende Verglasungen für Renovierungen an; U-Werte bis hinunter zu $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ für Doppelverglasungen und bis zu ca. $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ für Dreifachverglasungen sind mit geringen Mehrkosten erhältlich und hinsichtlich der langen Lebensdauer zu empfehlen. Bei Wärmeschutzverglasungen ist die innere Scheibe mit einer Wärme reflektierenden Schicht bedampft. und der Scheibenzwischenraum mit einem wärmedämmenden Edelgas gefüllt.

Prinzipdarstellung:

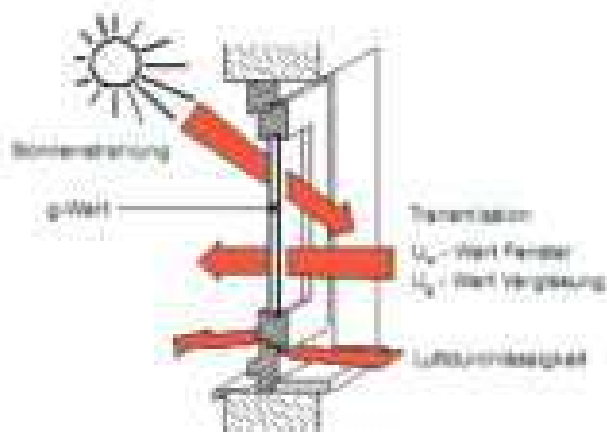


Für bestehende Gebäude werden im Gebäudeenergiegesetz (GEG) beim erstmaligen Einbau, Ersatz und bei der Erneuerung von Fenstern, Fenstertüren und Verglasungen Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten genannt.

Bei Gebäuden mit normalen Innentemperaturen darf der Wärmedurchgangskoeffizient U_w von Fenstern und Fenstertüren maximal $1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, für Dachflächenfenster maximal $1,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und der Wärmedurchgangskoeffizient U_g von Verglasungen maximal $1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ betragen.

Bei der Verwendung von Sonderverglasungen (Schallschutz, Durchschusshemmung usw.) gibt es Sonderregelungen, die höhere Wärmedurchgangskoeffizienten zulassen.

Überschreitet der auf die Fassade bezogene Fensterflächenanteil 30 %, so ist ein Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes entsprechend DIN 4108-2 erstellen. Darin werden maximal zulässige Sonneneintragskennwerte S vorgeschrieben, die ein behagliches Raumklima im Sommer sicherstellen sollen. Hierdurch soll der Einsatz von Klimatisierungsanlagen mit zusätzlichem Energiebedarf vermieden werden.



Wichtig bei der Ausführung:

Bei schlecht oder mäßig gedämmtem Mauerwerk ist die Fenstererneuerung im Zusammenhang mit einer Außenwanddämmung optimal. Die Fenster sollten vor dem Aufbringen der Außendämmung erneuert und so eingesetzt werden, dass sie bündig mit der Außenwand sitzen. Anschließend kann die Außendämmung über den Fensterrahmen gezogen werden, was Wärmebrückeneffekte verhindert. Falls dies nicht möglich ist, sollte die Dämmung mit einer Stärke von ca. 3 cm bis in die Fensterlaibung gezogen werden.

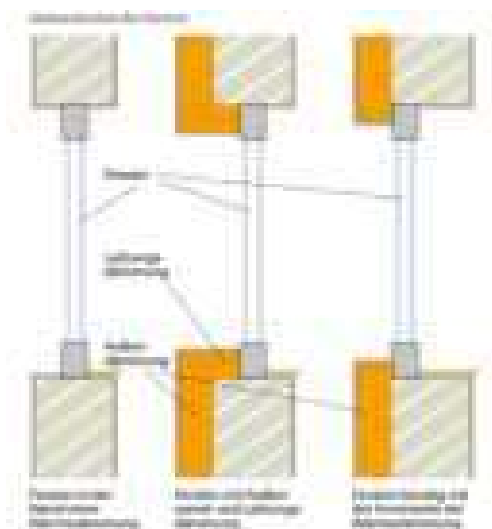
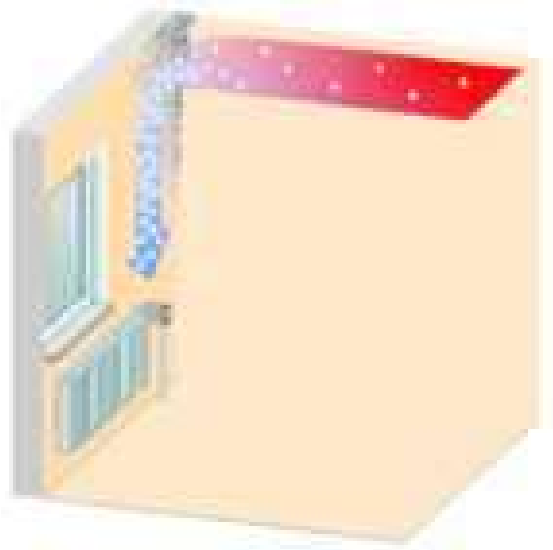


Bild: dena

Fenster neu - Wand feucht?

Nach Erneuerung oder Abdichtung der Fenster kann es bei unzureichender Wanddämmung



und unzureichender Lüftung zu Feuchteschäden und Schimmelpilzbildung an den Außenwänden kommen. Es muss daher ausreichend gelüftet werden. Darüber hinaus sollte der U-Wert der Verglasung nicht kleiner sein als der U-Wert der Außenwand. Auch aus diesem Grund lohnt sich die gleichzeitige Modernisierung von Fenster und Fassade.

Rolladenkästen nicht vergessen!

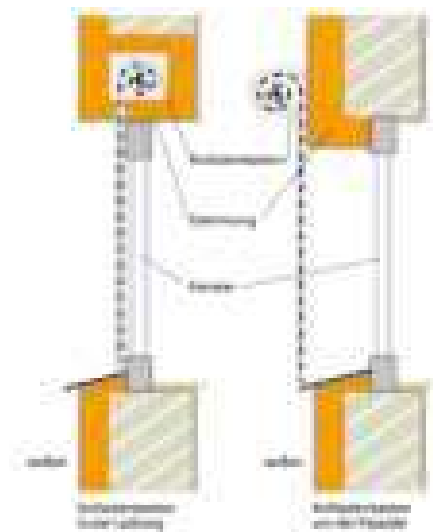


Bild: dena

Über dem Fenster eingebaute Rolladenkästen gelten als energetische Schwachstellen, wenn sie nicht wärmedämmend und luftdicht sind. Die meisten Rolladenkästen können innen mit Dämmmaterial ausgekleidet werden. Sie können auch Fugen und Gurtdurchführungen mit Klebebändern, speziellen Gummistopfen oder Bürsten abdichten.

Außen aufgesetzte Kästen haben geringere Energieverluste. Sie verändern jedoch den Charakter des Gebäudes deutlich und werden oft als störend empfunden. Schieb- oder Klappläden vor den Fenstern können eventuell denselben Zweck wie die Rollläden erfüllen.

6.2 Dämmung der Kellerdecke

Eine Dämmung der Kellerdecke ist sinnvoll, wenn der darunter liegende Keller unbeheizt ist. Der Wärmeverlust aus der Erdgeschoßwohnung in den Keller wird vermindert und mögliche Probleme mit Fußkälte im Erdgeschoß verringern sich deutlich. Das gleiche gilt allgemein für Decken über unbeheizten Räumen. Bei einem beheizten Keller müssen die Kelleraußenwände und der Kellerboden gedämmt werden.

Zur Dämmung der Kellerdecke werden Dämmstoffplatten an die Unterseite der Kellerdecke fugenfrei geklebt oder gedübelt. Als Dämmstoff bieten sich z.B. Mineralfaserplatten oder mineralische Dämmstoffe an.

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) schreibt vor, dass der U-Wert einer Kellerdecke nach einer Sanierung maximal $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ betragen darf. Dies lässt sich je nach dem Aufbau der bestehenden Kellerdecke mit 10 – 12 cm Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035 erreichen.

Die Kosten für die Dämmung der Kellerdecke liegen bei etwa 35 – 50 €/m² bei der Ausführung durch eine Fachfirma.



Dämmung einer Kellerdecke (Bild: dena)

Eine Alternative bei niedrigen Deckenhöhen des Kellergeschosses liegt darin, die Dämmung auf der Oberseite anzubringen. Bei Holzbalkendecken bietet es sich an, die Balkenzwischenräume auszdämmen. Diese Möglichkeit besteht auch bei Kellerdecken mit einer oberseitigen Dielung. Eine Kellerdecke mit einer Dämmung von oben muss nach der Sanierung einen U-Wert von maximal $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ einhalten.

Ein Sonderfall ist es, wenn die Decke in einem Gewölbekeller gedämmt werden soll. Hier fällt ein höherer Aufwand an. Die günstigste Variante der Kellerdeckendämmung wäre das Anbringen einer Unterkonstruktion mit Traglatten, die in der Kellerdecke verdübelt werden. Die

Zwischenräume werden dann mit Dämmstoff-Matten ausgefüllt. Zum Schluss wird die Konstruktion mit Gipsbauplatten verkleidet. Die Fugen und Randanschlüsse sollten dabei luftdicht abgeschlossen werden.

Wichtig bei der Ausführung:

Eine fugenfreie Verlegung der Dämmstoffplatten.

Bei zweilagiger Verlegung können auch Flächen, unter denen Leitungen verlegt sind, leichter nachträglich gedämmt werden.

Die Maßnahme verändert die Höhe der Kellerräume. Zugänge müssen angepasst werden.

Die Durchführung der Maßnahme hat folgende positive Aspekte:

- sehr preiswerter nachträglicher Wärmeschutz
- Maßnahme zur Eigendurchführung geeignet

6.3 Dämmung der Bodenplatte und der Kelleraußenwände

In einem Gebäude mit einem beheizten Keller gehören die Kellerwände und die Bodenplatte zu den Wärme übertragenden Flächen, bei denen eine Dämmung die Wärmeverluste minimieren kann.

Kellerwände

Für die Dämmung der äußeren Kellerwände zum Erdreich hin sind besondere Dämmstoffe erforderlich. Sie müssen im Boden enthaltene Feuchtigkeit abhalten ohne zu verrotten und dem Bodendruck widerstehen. Diese Dämmung erdberührter Bauteile von der Außenseite her nennt sich Perimeterdämmung.

Grundlage für die Perimeterdämmung ist eine Bauwerksabdichtung. Dafür kommen zum Beispiel Bitumendickbeschichtungen oder mineralische Dichtschlämmen zum Einsatz. Danach werden die Dämmplatten an der Kellerwand verklebt. Dabei muss sorgfältig gearbeitet werden, damit keine Hohlräume entstehen, die später als Wärmebrücke fungieren und Schäden verursachen. Genauso wichtig ist der fachgerechte Anschluss an die Kellerfenster und an die Dämmung der Außenwände der oberen Geschosse des Hauses.

Als Perimeterdämmung kommen nur bestimmte Dämmstoffe in Frage, die wasserundurchlässig und druckbeständig sind. Das sind zum Beispiel Dämmstoffe aus XPS (extrudierter Polystyrol Schaum, erkennbar an den Pastellfarben Grün, Gelb, Rosa, Lila und Blau), Schaumglas und EPS (Expandierter Polystyrol-Hartschaum). Je nach Bodenbeschaffenheit kann es auch erforderlich sein, Dämmplatten mit Drainagefunktion (diese haben dann zum Beispiel eingeprägte Kanäle oder sind aus zwei Komponenten aufgebaut) zu verwenden, damit sich kein Wasser an der Dämmung staut.

Die Kosten für die Dämmung der Kelleraußenwände liegen im Durchschnitt ca. 400,- Euro je Quadratmeter. Vor allem die Erdarbeiten schlagen dabei zu Buche.



Perimeterdämmung (Bild: dena)

Bodenplatte

Bei einer Sanierung eines bestehenden Gebäudes ist die Dämmung der Bodenplatte nur von der Oberseite möglich. Dabei spielt die Dicke der Dämmschicht bisweilen eine Rolle, damit sich nach Türen weiter öffnen lassen und eine ausreichende Stehhöhe verbleibt. Hier kann eventuell eine Dämmung mit Vakuum-Dämmstoffplatten helfen, da sie bei relativ geringer Dicke eine ähnliche Dämmwirkung haben als deutlich dickere Dämmstoffe. Dieses Material verursacht allerdings deutlich höhere Kosten.



Dämmung der Bodenplatte (Bild: dena)

Das Gebäudeenergiegesetz schreibt bei der Dämmung von Wänden oder Decken gegen das Erdreich einen maximalen U-Wert von $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ vor. Eine Dämmung von ca. 12 cm Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035 ist hier ein guter Richtwert.

6.4 Dämmung der Außenwände

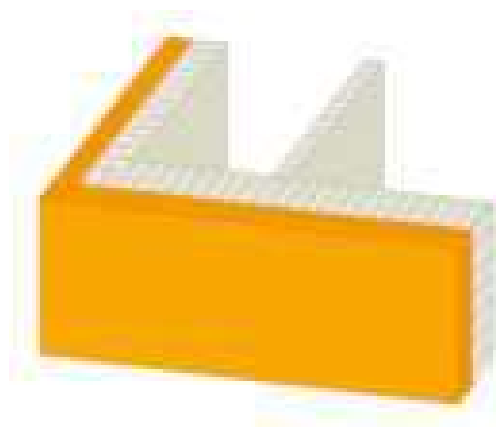
Hintergrund:

Die Außenwand eines Gebäudes stellt oft die größte Wärme übertragende Fläche dar. Bei Bestandsgebäuden sind die Außenwände oft ungedämmt und wärmetechnisch nicht auf einem guten Standard. Über solche Außenwände geht viel Wärme verloren, wodurch sie zu einem vorrangigen Ansatzpunkt für eine Dämmung werden.

Weiterhin ist die Oberfläche der Außenwände den Witterungseinflüssen und starken Temperaturschwankungen ausgesetzt. Das kann mit der Zeit zu einer Schädigung des Putzes führen und das Aussehen der Fassaden verschlechtern.

Wenn eine Sanierung der Außenwände oder evtl. der Fenster ohnehin ansteht, so ist das der ideale Zeitpunkt, eine Dämmung der Außenwände zu erwägen.

Eine Dämmung der Außenwände wird meistens als eine Außendämmung ausgeführt.

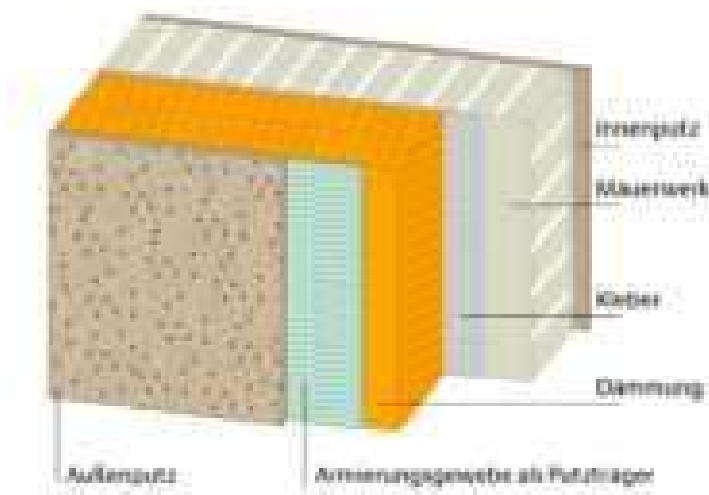


Außendämmung, (Bild: dena)

Der Dämmstoff wird von der Außenseite auf die Wand aufgebracht. Er vermindert zum einen den Wärmeverlust über diese Flächen und schützt zum anderen die Wände vor Witterungseinflüssen.

Eine Außendämmung wird im Wesentlichen in zwei Konstruktionen, dem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) und der Vorhangfassade, realisiert.

Wärmedämmverbundsystem



Prinzip des Wärmedämmverbundsystems (Bild: Dena)

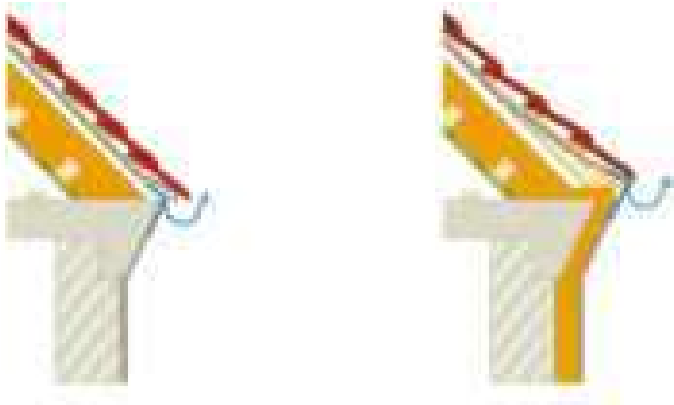
Beim Wärmedämmverbundsystem wird der Dämmstoff direkt auf die Wand aufgebracht und anschließend verputzt. Zwischen den Dämmstoff und den Putz wird eine Armierung aus Glasseidengewebe eingelegt. Es kommen mineralische und auch Kunstharzputze zum Einsatz.

Als Dämmstoff wird oft Polystyrol eingesetzt. Diese Variante stellt die kostengünstigste Lösung dar. Alternativen dazu sind Dämmstoffe aus Polyurethan (PU), Mineralfasern, Holzfasern oder auch mineralische Dämmstoffe, die teilweise teurer sind.

Für die heute verbreiteten Dämmstoffe kann die Wärmeleitgruppe (WLG) 035 als Standardwert angesetzt werden.

Wird die Außenwand eines Gebäudes gedämmt, so darf sie nach der Dämmung gem. GEG 2024 einen U-Wert von $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ nicht überschreiten. Für eine Dämmung mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe 035 bedeutet das abhängig vom bestehenden Wandaufbau eine Dämmstärke von ca. 14 – 16 cm. Die erforderliche Dämmstärke lässt sich verringern, wenn ein Dämmstoff mit höherer Dämmfähigkeit, also ein Material mit einer geringeren WLG gewählt wird. Für Polystyrol und Mineralfasern ist die WLG 032 heute am Markt verfügbar. Mit diesen Dämmstoffen verringert sich die oben genannte Dämmstärke auf ca. 12 - 14 cm. Materialien wie Polyurethan sind bis zur WLG 024 erhältlich. Bei ökologisch orientierten Dämmstoffen wie Holzfasern liegen die WLG bei 035 bis 045.

Für das Aufbringen eines Wärmedämmverbundsystems ist ein ausreichender Dachüberstand erforderlich.



Erhöhung des Dachüberstandes (Bild: dena)

Der Dachüberstand kann auch ohne eine Sanierung des Daches auf das erforderliche Maß erhöht werden.

Wichtig ist es ebenfalls, die Dämmung bis in die Fensterlaibung hineinzuziehen, um schädliche Wärmebrückeneffekte zu vermeiden. Die Erneuerung der Fensterbänke wird ebenfalls erforderlich sein.

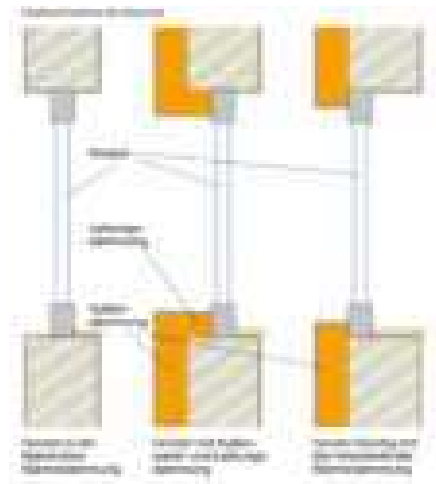


Bild: dena

Die Durchführung dieser Sanierungsmaßnahme hat folgende positive Aspekte:

- gute Dämmung und damit dauerhaft niedrige Energiekosten
- höhere Oberflächentemperaturen an der Innenseite der Wände und damit behagliche Wohnatmosphäre

Im Unterschied zum Wärmedämmverbundsystem wird die Außenseite hier nicht verputzt, sondern erhält eine Verkleidung, die auf einer Unterkonstruktion befestigt wird.



Eine Vorhangfassade ist teurer als ein Wärmedämmverbundsystem.

- ✓ Möglichkeit der Änderung des äußeren Erscheinungsbildes
- ✓ optimaler Schlagregenschutz der Außenwände
- ✓ gute Dämmung und damit dauerhaft niedrige Energiekosten sowie
- ✓ höhere Oberflächentemperaturen an der Innenseite der Wände und damit behagliche Wohnatmosphäre.

6.5 Optimierung der Beleuchtung

Hintergrund:

Die Beleuchtung ist regelmäßig für einen erheblichen Teil des Stromverbrauchs verantwortlich. Dabei sollte man sich vergegenwärtigen, dass der Stromverbrauch trotz eines oftmals relativ geringen Anteils am gesamten Energieverbrauch einen deutlich höheren Anteil an den Kosten aufweist.

Ca. 83 % der Informationen werden über das Sehen vom Menschen aufgenommen. Um dieser Aufgabe gerecht zu werden, ist für eine ausreichende Beleuchtung zu sorgen. Parallel dazu steigt die Stromaufnahme und die Kosten je höher die Beleuchtungsstärke gewählt wird.



EN 12464, teilweise noch DIN 50535 und ASR 7/3 geben Auskunft über Anforderungen an die Beleuchtung mit künstlichem Licht.

Quelle: EA-NRW

Anforderungen an die Beleuchtung

Arbeitsraum, Arbeitsplatz, Tätigkeit	Min. Beleuchtungsstärke [lx]	Messung in Höhe über dem Boden [cm]
Büro, Schreiben, Lesen, Computer	500	75
Umgebung von Büroarbeitsplätzen	300	75
Archive	200	< 20
Eingangshallen	200	< 20
Empfangstheken, Schalter	300	75
Verkehrsflächen ohne Fahrzeugverkehr	50	< 20
Verkehrsflächen im Bereich von Stufen	100	< 20
Treppen, Fahrtreppen, Aufzüge	100	< 20
Kantinen, Teeküchen	200	< 20
Pausenräume, Warteräume, Aufenthaltsräume	200	< 20
Waschräume, Bäder, Toiletten	200	< 20
Räume für haustechnische Anlagen, Schaltgeräte	200	< 20

Die künstliche Beleuchtung kann auf verschiedene Arten und mit unterschiedlichen Wirkungsgraden erzeugt werden:

Temperaturstrahlung

Elektrischer Strom bringt einen Draht (Wolframwendel) zum Glühen - Glühlampe



Strahlungsumwandlung

Leuchtstoffe wandeln UV-Licht um – Leuchtstofflampe



Gasentladung

Elektrischer Strom bringt ein Gas (Quecksilberdampf, Natriumdampf) zum Leuchten



Anregung von Elektronen

Ein Halbleiter emittiert Licht unter Anlegen einer elektrischen Spannung – LED Lampe



Bildquelle: Osram

Die Effektivität einer Beleuchtungsart drückt sich aus in der Lichtausbeute [lm/W] aus, die definiert ist in Lichtleistung pro Watt (Lumen [lm]) / Watt [W])



Abbildung: Effektivität von Leuchtmitteln

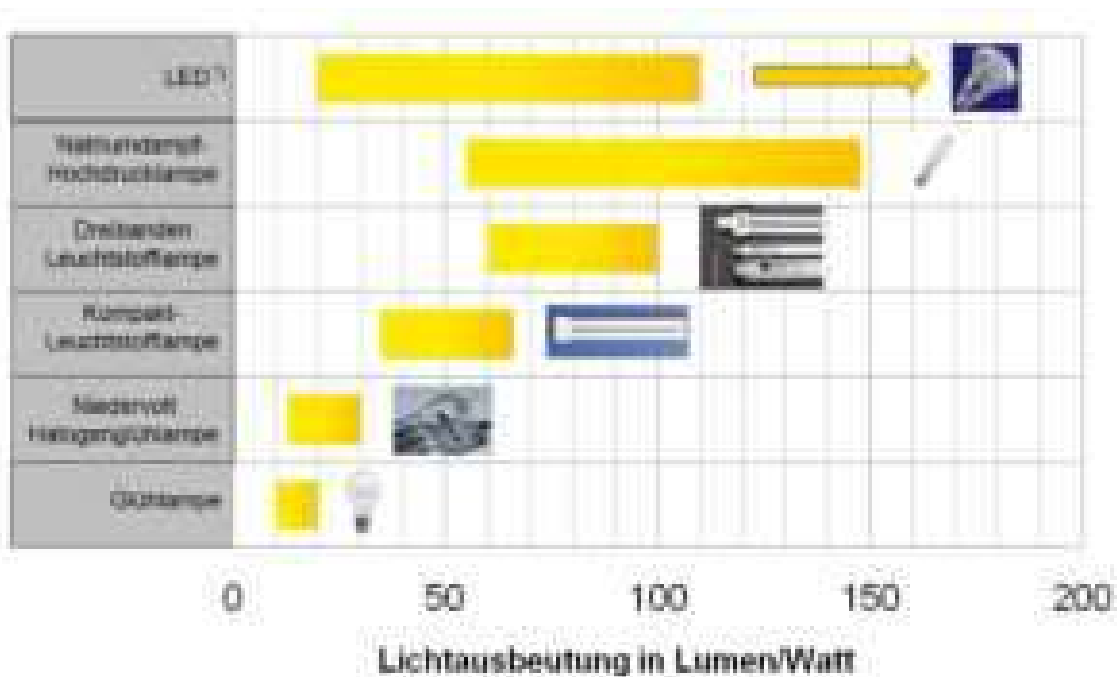


Abbildung: Lichtausbeute verschiedener Lampensysteme

*) LED besitzen zudem eine sehr lange Lebensdauer und sind praktisch wartungsfrei

Für die im Bürobereich „gängigen“ Leuchtmittel gelten die folgenden Kennwerte:

Leuchtstoffröhre T8	Länge (cm)	KVG ³	VVG ⁴	EVG ⁵	Lumen	Lm/Watt
18 Watt	59	26	24	21	1.350	52 – 64
36 Watt	120	45	42	39	3.350	74 – 86
58 Watt	150	71	66	58	5.200	73 – 90
Leuchtstoffröhre T5						
14 Watt	55	-	-	14	1.350	96
28 Watt	115	-	-	28	2.640	94
35 Watt	145	-	-	35	3.320	95
LED-Leuchtstäbe						
9 Watt / 120°	60	-	-	-	790	88
18 Watt / 120°	120	-	-	-	1.730	96
20 Watt / 120°	150	-	-	-	2.200	110

Tabelle: Effektivität gängiger Leuchtmittel

³ Konventionelles Vorschaltgerät, kommt in älteren Leuchten mit Starter vor. Hoher Stromverbrauch. Das Kennzeichen ist ein leichtes Flackern der Leuchtröhre und starkes Flackern beim Einschalten.

⁴ Verbessertes Vorschaltgerät in neueren Leuchtstoffrohren. Reduzierter Stromverbrauch.

⁵ Elektronisches Vorschaltgerät mit geringem Stromverbrauch. Kennzeichen ist ein schneller Start und kein Flackern.

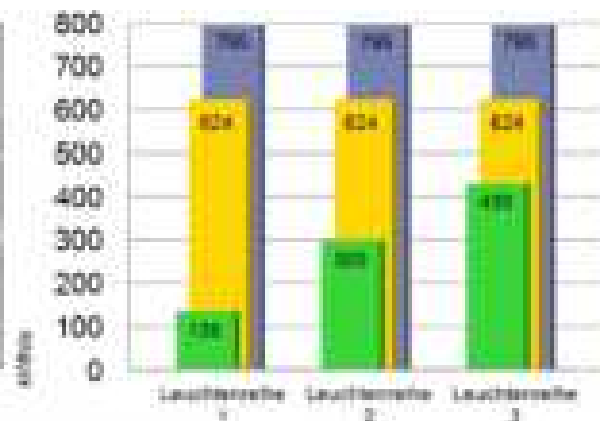
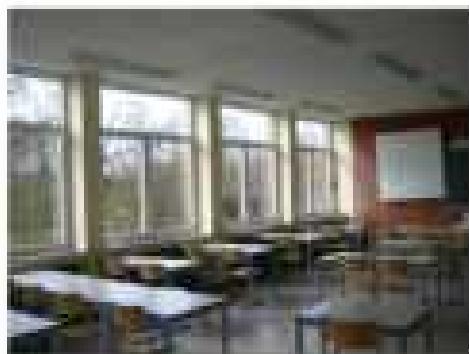
Tageslichtsteuerung:

Mit der Nutzung des einfallenden Tageslichtes für die Beleuchtung erschließen sich weitere, erhebliche Einsparpotentiale.



Beispiel Einsparpotential

Einsparpotentiale am Beispiel eines Klassen- bzw. Seminarraumes (1 Fensternähe / 2 Raummitte / 3 Innenwand)



■ Ungeregelte Beleuchtungsanlage mit KVG oder VVG
3 Leuchtenreihen à 795 kWh/a = 2.385 kWh/a

■ Ungeregelte Beleuchtungsanlage mit EVG
3 Leuchtenreihen à 825 kWh/a = 2.475 kWh/a

■ Beleuchtungsanlage mit EVG (dimmbar) und Tageslichtregelung
3 Leuchtenreihen mit insgesamt 965 kWh/a

Handlungsempfehlungen für die Umrüstung

Leuchtmittel	Umrüstmöglichkeit
Glühbirne	Einsatz von Energiesparlampen oder LEDs mit Schraubfassung. Der Tausch der Leuchtmittel ist meist unkritisch. Das Dimmen von LED- und Energiesparlampen ist in der Regel nicht möglich. Bei Energiesparlampen dauert es eine Weile, bis die volle Leuchtstärke erreicht ist.
Leuchtstofflampe T8	<p>Einsatz von Leuchtstoffröhre T5 mit Adapter. Der Einsatz von T5-Röhren ist T8 nur möglich, wenn ein elektronisches Vorschaltgerät vorhanden ist. Gegebenenfalls muss das Vorschaltgerät ausgetauscht werden. Die T5-Röhre hat eine geringere Leuchtstärke (ca. 3.300 Lumen gegenüber 5.200 Lumen). Damit ist ein 1:1-Tausch in der Regel nicht möglich.</p> <p>Es gibt Umbausätze für T8-Leuchten mit einem Adapter für T5-Leuchtröhren. Dieser Adapter hat ein integriertes Vorschaltgerät. Die Umrüstsätze sind relativ teuer und bringen unter Umständen die CE-Zulassung zum Erlöschen.</p> <p>Mit der CE-Zulassung eines Produkts erklärt der Hersteller, dass er es bspw. entsprechend den Anforderungen der EU auf Sicherheitsrisiken getestet hat. Aus diesem Grund ist der Einsatz dieser Umrüstsätze nur bedingt zu empfehlen.</p> <p>Einsatz von steckerkompatiblen LED-Leuchtstäben.</p> <p>Bei diesem Tausch der Leuchtmittel muss geprüft werden, ob</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Leuchte das Gewicht des LED-Stabs aushält, • ausreichend Platz für den LED-Stab vorhanden ist und • die Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz ausreicht. <p>Einsatz eines aufklemmbaren Reflektors zur Erhöhung der Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich.</p>
Halogen-Spots	<p>Der Einsatz von LED-Spots mit 230 Volt Netzspannung ist in der Regel unproblematisch.</p> <p>Bei den Niederspannungs-Spots (12 Volt) wird die Verwendung von speziellen Niedervolt-Netzteilen für LED-Spots empfohlen. Werden die Wechselstromtransformatoren für die Halogen-Spots weiter verwendet, kann es zu einer Überlastung der LED-Spots und / oder zu einem Mehrverbrauch an Strom kommen. Ein Einspareffekt ist dann nicht vorhanden.</p>
Leuchtstofflampen T5	Einsatz eines aufklemmbaren Reflektors zur Erhöhung der Beleuchtungsstärke im Arbeitsbereich.

Quelle: Stadt Frankfurt, Energiemanagement für Bürogebäude

6.6 Optimierung der Heizung

Hintergrund:

95% der Heizungssysteme sind nicht hydraulisch abgeglichen. Häufige Folge dieses Mangels sind schlecht mit Wärme versorgte Heizkörper. In der Regel wird dieser Mangel durch den Einbau von Pumpen mit möglichst hoher Leistung behoben. Dies führt zu unnötig hohen jährlichen Stromkosten und nicht selten zu einer starken Geräuscentwicklung über das Rohrleitungsnetz der Heizung.

Mit einem ordnungsgemäß hydraulisch abgeglichenen Heizungssystem kann neben hohen Stromkosteneinsparungen bis zu 6 % Heizenergie eingespart werden.



Quelle: dena

Schlecht abgeglichenes Heizungssystem:	Gut abgeglichenes Heizungssystem:
Die Volumenströme sind nicht an die Leistung der Heizkörper angepasst. Ein Heizkörper wird nicht richtig warm, der andere kann die Leistung nicht abgeben. Dadurch ist der Rücklauf zu heiß. (Quelle Dena)	Jeder Heizkörper erhält die Heizwassermenge, die seiner Leistung entspricht, der Rücklauf ist kalt.

Am einfachsten werden alle Heizkörper bei voll geöffnetem Ventil im Durchfluss soweit begrenzt, dass alle eine möglichst gleiche Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf aufweisen. Bei voreinstellbaren Heizkörperventilen kann der Durchfluss relativ einfach angepasst werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Einstellung über absperrbare Rücklaufverschraubungen.

6.7 Installation einer Photovoltaikanlage

Informationen zur vorgeschlagenen Maßnahme

Photovoltaik ist die direkte Umwandlung von Licht in elektrische Energie mit Hilfe von Solarzellen. Das wesentliche Element, das die Lichtenergie einfängt und in elektrische Energie umwandelt ist die Solarzelle, welche dann Gleichstrom liefert. Will man diesen Strom in elektrischen Geräten nutzen, muss dieser Gleichstrom in Wechselstrom umgewandelt werden, was durch einen Wechselrichter geschieht.

Prinzipdarstellung:

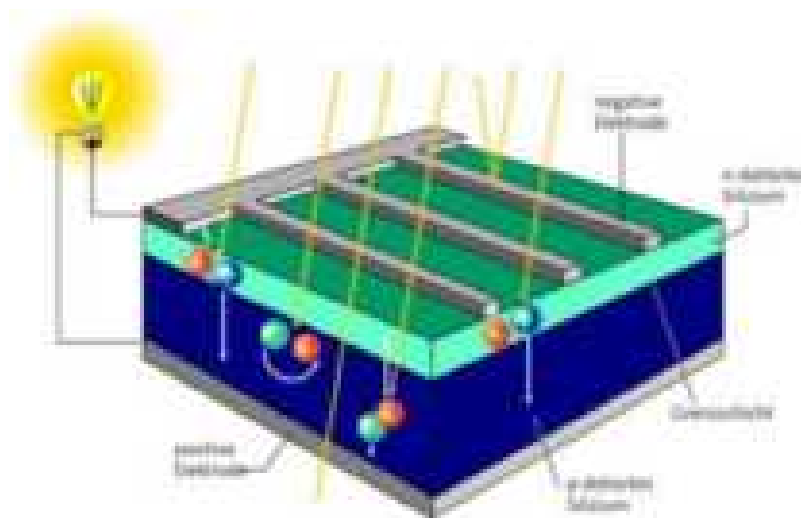


Abbildung: Aufbau und Funktion einer Solarzelle

Solarstromanlagen können auch, je nach Leistung, den Strom in das öffentliche Netz einspeisen. Diese werden netzgekoppelte Photovoltaikanlagen genannt. In unseren Breiten kann man bei einer installierten Leistung von einem Kilowatt mit durchschnittlich 850 kWh Strom pro Jahr rechnen.



Der Flächenbedarf beträgt pro Kilowatt etwa 10 m². Drei Faktoren sind neben der Technik für den Energieertrag Ausschlag gebend.

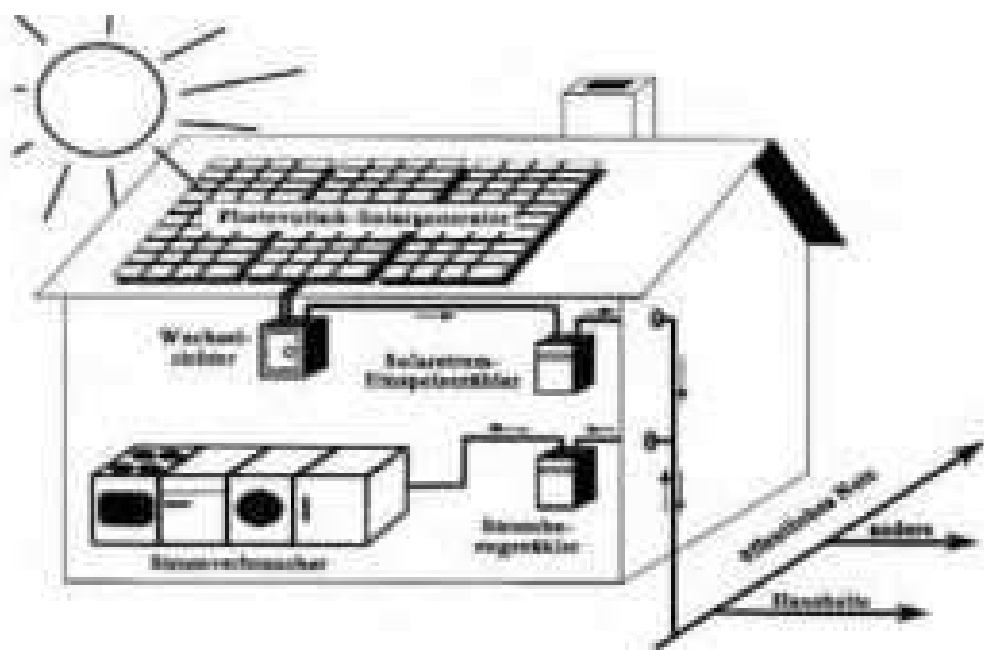


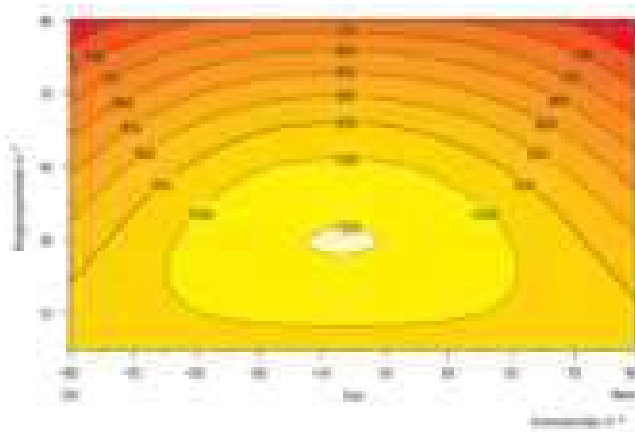
Abbildung: Verschaltung einer Solaranlage

Dachausrichtung

Das Maximum des Solarertrages liegt genau bei Südausrichtung. Ist das Dach um 45 Grad in Richtung Osten oder Westen gedreht, so kann man immer noch mit 95 % des maximalen Energieertrages rechnen. Sogar bei einer exakten Ost-West Ausrichtung ist es möglich, bis zu 85 % des Maximums zu erreichen.

Dachneigung

Der optimale Anstellwinkel einer Anlage bei Südausrichtung liegt bei knapp 30 Grad. Je mehr die Dachausrichtung nach Ost oder Westen abweicht, desto günstiger wirkt sich eine flachere Anstellung des Daches aus. Bei einem Winkel unterhalb von 10 Grad kommt es zu verstärkten Verschmutzungen der Solarmodule, die Selbstreinigung ist beeinträchtigt. Regenwasser hat dann nicht genug Gefälle um die Module gründlich zu reinigen.



Verschattung

Optimal ist es, wenn das Dach vollkommen frei von Schattenwurf ist. Abschattungen haben vormittags bis etwa neun Uhr und nachmittags ab etwa 17 Uhr beinahe keinen negativen Einfluss auf den Energieertrag, da die Sonne in diesen Zeiträumen sehr tief steht und ihre direkte Einstrahlung nur sehr wenig zum Energieertrag beiträgt. In der übrigen Zeit können kleine Schatten den Anlagenenertrag erheblich vermindern, da die Einbuße keineswegs proportional zur abgeschatteten Fläche verläuft. Selbst die Fernsehantenne kann die Leistung um 10 bis 50 (!) Prozent schmälern. Grund dafür ist, dass die schwächste Solarzelle - beispielsweise die beschattete - die Leistung der gesamten Anlage bestimmt. Nicht nur Antennen, höhere Gebäude oder Bäume können die Leistung der Anlage vermindern, auch die Nähe von Gauben und Schornsteinen sollte gemieden werden.

Baulicher Zustand des Daches

Der Dachstuhl muss hinreichend tragfähig sein. Die Dacheindeckung sollte in einem Zustand sein, dass die nächsten 20 Jahre keine Reparaturen notwendig sind.

Die verschiedenen Arten von Solarzellen

Der Photovoltaische Effekt beschreibt die direkte Umwandlung von Sonnenlicht in elektrischen Strom mit Hilfe von Solarzellen. Es wurden mehrere Arten von Solarzellen entwickelt, die sich im Aufbau und in der Effizienz der Energieumwandlung unterscheiden.

Hochleistungszellen sind meistens optimierte monokristalline Zellen, die durch Verbesserungen z.B. bei der Kontaktierung, Oberflächenbehandlung oder durch spezielle Halbleiterschichtung hohe Wirkungsgrade erreichen. Module mit Hochleistungszellen sind relativ neu auf dem Markt und teurer als Standardmodule.

Zu den bekanntesten Solarzellen gehören die kristallinen Siliziumsolarzellen. Sie haben einen Anteil von 87 % am Weltmarkt. Die dunkelblauen bis schwarzen Zellen haben eine Größe von 10 x 10 bis 15 x 15 cm und gehören zu den sogenannten Dickschichtzellen, da ihr Basismaterial in einer Stärke zwischen 0,2 und 0,3 mm aus kristallinen Siliziumblöcken herausgesägt oder aus einer Siliziumschmelze gezogen werden. Eine einzelne Zelle hat lediglich eine Spannung von etwa 0,6 Volt. Um höhere Spannungen zu erreichen, müssen mehrere Zellen in Reihe zu einem sogenannten String geschaltet werden. Die Anordnung einer solchen Reihenparallelschaltung wird in einem Modul zusammengefasst. Die elektrische Leistung, die eine Solarzelle oder ein Solarmodul abgeben kann, hängt von der Sonneneinstrahlung ab. Ein Maß für die Fähigkeit einer Solarzelle oder eines Moduls, die eingestrahlte Lichtleistung in elektrischen Strom zu wandeln, ist der Wirkungsgrad. Für die hier betrachteten kristallinen Solarzellen liegt er zurzeit bei etwa 16 %, was bei einer 10 x 10 cm großen Zelle zu einer elektrischen Leistung von 1,6 Watt führt. Man nennt dies auch die Peakleistung oder Spitzenleistung (angegeben in W^P oder W_{peak}).

Neben den kristallinen Solarzellen werden Dünnschichtsolarzellen (amorphes Silizium, CIS- oder Cadmium Tellurid-Zellen) angeboten. Diese haben geringere Wirkungsgrade als kristalline Zellen, besitzen jedoch vielfältige Vorteile: kosteneffizientere Produktion, bedeutend weniger Materialverbrauch, weniger Energieverbrauch bei der Herstellung und hohe Flexibilität

des Zellmaterials. Module aus amorphem Silizium finden vorrangig Anwendung im Freizeitbereich (Kleinanwendungen, Camping, Boot) oder bei Systemen mit Dachintegration. Die Dünnschichttechnologien CIS und Cadmium- Tellurid (CdTe) sind bei Kleinmodulen bereits weit verbreitet. CdTe- und CIS- Zellen für Standardmodule befinden sich gerade im Stadium der Markteinführung. Es ist zu erwarten, dass diese Dünnschichttechnologien durch ihre (im Vergleich zu kristallinen Silizium-Zellen) geringeren Produktionskosten zukünftig einen großen Marktanteil erreichen.

Neueste Technologien und Produkte ermöglichen ein eigenes innovatives Design. Dabei übernimmt die Solarstrom-Anlage oft mehrere Funktionen (Dachdichtheit, Sonnenschutz, Energieerzeugung, optisches Erscheinungsbild, Glasfassade usw.)

Alternativ werden Dünnschichtzellen auf dem Markt angeboten. Sie könnten aufgrund eines geringeren Material- sowie Energiebedarfs bei der Herstellung in Zukunft die Dickschichtzelle verdrängen, kämpfen momentan jedoch noch mit einem zu geringen Wirkungsgrad.

Solarmodule

Die Solarmodule sind mit einem Kostenanteil von mehr als 50 % bei einer Anlage die teuerste Komponente. Das Modul sollte folgende Zertifikate besitzen. CE-Zeichen (Pflicht), ISPR A 503 oder IEC 61215 (für kristalline Module), IEC 61646 (für Dünnschichtmodule) sowie SKL II (Schutzklasse). Die Toleranz bei der Nennleistung sollte +/- 5 % nicht übersteigen, da ein Wert über +/- 10 % den Verdacht nahelegt, dass der Hersteller den Produktionsprozess nicht im Griff hat. Außerdem bestimmt das Modul mit der geringsten Leistung die Leistung aller in Reihe geschalteten Module. Der Leistungskoeffizient, der die Abnahme der Modulleistung in Prozent je Grad Temperatursteigerung angibt, sollte nahe bei Null liegen. Der Hersteller sollte eine Leistungsgarantie über mindestens 20 Jahre auf einen möglichst hohen Prozentsatz der Nennleistung geben (üblich sind hier 80 %). Für den Modulwirkungsgrad gilt: Je höher der Modulwirkungsgrad, desto geringer der Flächenbedarf um eine bestimmte Leistung zu erzielen. Für eine gewünschte Spitzenleistung von 2.400 Watt kann der Unterschied im Flächenbedarf immerhin 10 m² betragen.

Wechselrichter

In einem netzgekoppelten Solarstromsystem ist es Aufgabe des Wechselrichters, den von PV-Modulen erzeugten Strom in Wechselstrom umzuwandeln. Im Datenblatt des Herstellers ist ein europäischer Wirkungsgrad angegeben, er sollte nicht unter 90 % liegen. Die Netzüberwachung, auch **ENS** genannt, sollte in jedem Wechselrichter intern vorhanden sein. Da Wechselrichter Betriebsgeräusche verursachen, sind einige nicht für die Aufstellung in der Nähe von Wohnräumen geeignet.

Auch können hohe Umgebungstemperaturen den Wirkungsgrad des Wechselrichters beeinflussen, weswegen man einen eher kühleren Standort wählen sollte. Die Eingangsleistung, bei der die Anlage anfängt Strom zu liefern, sollte unter 10 Watt liegen.

Die Kontrolleinrichtungen reichen von einfachen LEDs bis hin zu Multifunktionsdisplays. Viele Geräte zeigen zudem auch Parameter wie Strom, Spannung, Leistung und Energieertrag an. Zusätzliche Informationen erhöhen also den Komfort und ermöglichen statistische Auswertungen. Die Garantiezeit sollte nicht unter 2 Jahren liegen.

Alternativ Solardachziegel

Solardachziegel sind eine sinnvolle Alternative bei Neubau und Dachsanierung. Sie sind zwar ein gutes Stück teurer als die Solarmodule, doch kann die Einsparung an Dachziegeln und deren Montage wieder ein erhebliches Einsparpotential bedeuten. Eine gute Hinterlüftung ist für jede Anlage Pflicht, da die Wärme des Moduls den Ertrag mindert.

Baugenehmigung

Bei der Installation müssen die baurechtlichen Vorschriften beachtet werden. So sind beispielsweise Solarstromanlagen, die nicht aus der Gebäudehülle herausragen, genehmigungsfrei, während Solarstromanlagen, die als Markise dienen, in aller Regel einer Baugenehmigung bedürfen. Empfehlenswert ist es auf jeden Fall, eine so genannte Bauanzeige beim Bauamt zu schalten. Obwohl sie nicht vorgeschrieben ist, verhindern die geringen Kosten von 25€ spätere Komplikationen. Beim Vorliegen einer Bauanzeige muss das Bauamt prüfen, ob ein Baugenehmigungsverfahren nötig ist. Üblicherweise melden sich die Ämter innerhalb von ein bis zwei Wochen, wenn das Bauvorhaben genehmigungspflichtig sein sollte.

6.8 Solaranlage zur Warmwasserbereitung

Die Sonne ist der größte Energielieferant der Erde. Die jährlich eingestrahlte Energiemenge ist etwa 10.000mal größer als der Weltenergieverbrauch. Durch die Nutzung dieser kostenfreien und unerschöpflichen Energiequelle werden keine Schadstoffe freigesetzt. Auch in Deutschland ist das Angebot an solarer Einstrahlung groß genug, um es wirtschaftlich nutzen zu können. Durch eine Solaranlage können ca. 50 bis 70 % der Energie für die Warmwassererzeugung durch die Sonne zur Verfügung gestellt werden. Bei der thermischen Solaranlage wird die Sonnenenergie durch sogenannte Kollektoren, die auf dem Dach installiert werden, zur Warmwassererwärmung genutzt. Die Sonnenstrahlung wird durch geschwärzte, wassergefüllte Metallflächen aufgenommen und das somit durch die Sonne (mit Frostschutz - kein Ablassen im Winter) erwärmte Wasser durch Rohrleitungen zum Warmwasserspeicher im Heizungsraum gepumpt. Die Kollektoren können auf oder in das Schrägdach montiert werden. Die Aufdachmontage lässt sich nachträglich zumeist recht einfach realisieren. Die Aufständigung der Anlage auf Flachdächern setzt eine Bewertung der möglichen Dachlasten voraus. Eine Ausrichtung des Kollektors in die Himmelsrichtung Südost bis Südwest sollte angestrebt werden. Die höchsten solaren Erträge sind bei einem Neigungswinkel der Anlage zwischen 30° und 50° zu erzielen.

Prinzipdarstellung:

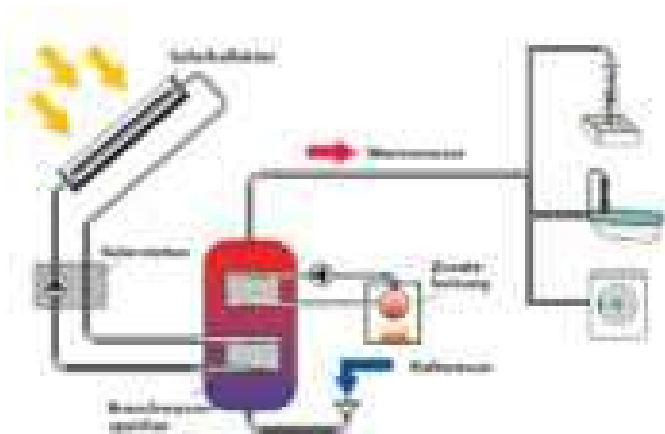


Bild: Energieagentur NRW

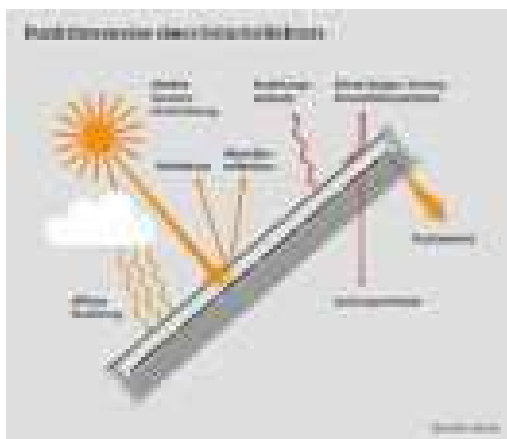
Als „Standardlösung“ für Solaranlagen zur Brauchwassererwärmung gilt in unseren Breiten üblicherweise ein mit Frostschutz versehener Kollektorkreis, der im Zwangsumlauf durch eine Umwälzpumpe betrieben wird. Die auf dem Dach durch Sonnenenergie im Kollektor er-

wärmte Flüssigkeit gibt im Brauchwasserspeicher über einen Wärmetauscher ihre Wärmeenergie an das Brauchwasser ab. Entsprechend den Strahlungsbedingungen und Temperaturdifferenzen entscheidet die Regelung über den Betriebszustand der Solaranlage

Reicht das Strahlungsangebot der Sonne nicht aus um das Brauchwasser im oberen Bereich des Speichers auf die erforderliche Temperatur zu bringen, wird es über den Heizkessel und einen zweiten Wärmetauscher nacherwärmt. Dabei sollte durch die Regelung sichergestellt werden, dass der Heizkessel möglichst nur in den Abendstunden anspringt, wenn keine Sonnenenergie mehr zu erwarten ist. Die Heizung sollte dann in möglichst langen Intervallen betrieben werden.

Ausschlaggebend für die Größe der Anlage und damit für den Preis ist die Anzahl der mit Warmwasser zu versorgenden Personen und die Frage, ob eine Selbstmontage oder eine Montage durch eine Fremdfirma gewünscht wird.

Erträge von Solarwärme-Anlagen

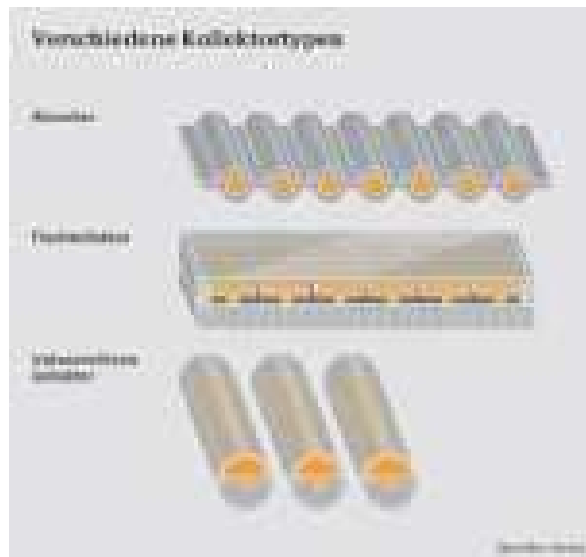


Energieumwandlung eines Solarkollektors

Eine typische Solarwärme-Anlage (6 m² Flachkollektoren) liefert am Standort Nürnberg jährlich ca. 2.000 kWh an nutzbarer Wärmeenergie. Der jährliche Ertrag pro m² ist abhängig vom eingesetzten Kollektortyp. Der mittlere Systemnutzungsgrad einer Anlage zur Warmwasserbereitung mit Flachkollektoren beträgt im Durchschnitt etwa 35 %. Damit lassen sich bei einer Globalstrahlung von 1.000 kWh/m² und Jahr mit jedem Quadratmeter Flachkollektoren 350 kWh Nutzwärme erzeugen.

Werden teurere Vakuumröhrenkollektoren eingesetzt, bleibt der Systemnutzungsgrad gleich aber aufgrund der höheren Wirkungsgrade reduziert sich der Flächenbedarf um 20 – 30 %.

Bauformen von Solarkollektoren



7 Anhang

7.1 Vorteile einer Sanierung

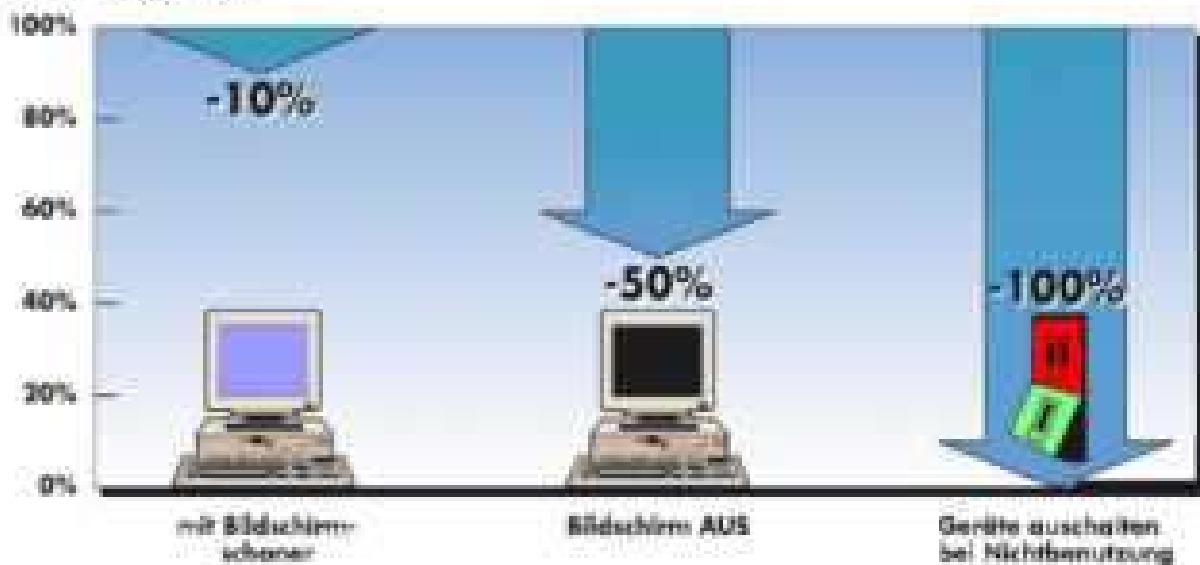
- Energiekosteneinsparung
- Langfristige, überschaubare Heizkosten
- Kostensicherheit durch geringere Abhängigkeit von Energiepreisschwankungen
- Steigerung des Komforts und höhere Behaglichkeit durch Vermeidung von Zugerscheinungen, höhere Oberflächentemperaturen, bessere Temperaturverteilung im Raum, Vermeidung von Fußkälte und verbessertem sommerlichen Wärmeschutz
- Verbesselter Schallschutz durch bessere Fenster und Wärmedämmung
- Langfristige Sicherung der Nutzbarkeit durch eine erhöhte Behaglichkeit
- 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

7.2 Stand-By-Schaltungen

Der Fernseher, Stereoanlagen, Computer und ähnliche Geräte werden oft im Stand-By-Betrieb betrieben. Wenn diese Geräte es zulassen, ganz abgeschaltet zu werden, so sollten sie z.B. über eine schaltbare Steckerleiste vom Netz getrennt werden, wenn sie nicht genutzt werden. Der Stand-By-Betrieb verursacht zwar nur eine geringe momentane Leistungsaufnahme, die sich aber über das ganze Jahr hinweg (8760h) zu einem nennenswerten Stromverbrauch summieren kann.

Energieverbrauch verschiedener Betriebszustände

Strombedarf



Bei der Neuanschaffung von Elektrogroßgeräten sollten nur Geräte der Effizienzklasse A, bzw. bei Kühlschränken der Klasse A+ angeschafft werden. Die (geringfügigen) Mehrkosten bei der Anschaffung amortisieren sich innerhalb weniger Jahre über die niedrigeren Betriebskosten. In keinem Fall sollten Altgeräte der Vereinsmitglieder aufgestellt werden, da diese i.d.R. einen viel höheren Verbrauch haben als effiziente Neugeräte.

7.3 Energieeinsparen durch Verhaltensänderungen

Ein großes Einsparpotential lässt sich ohne Investitionen, durch Verhaltensänderungen erzielen. Beispiele wurden an verschiedenen Stellen des Berichtes genannt. Zur Unterstützung und zur stetigen Erinnerung sollten Tafeln / Schilder (z.B. an den inneren Türflächen) installiert werden, die an energiesparendes Verhalten appellieren. Beispiele kreativer Tafeln sind nachfolgend dargestellt.



Quelle: Energieagentur NRW

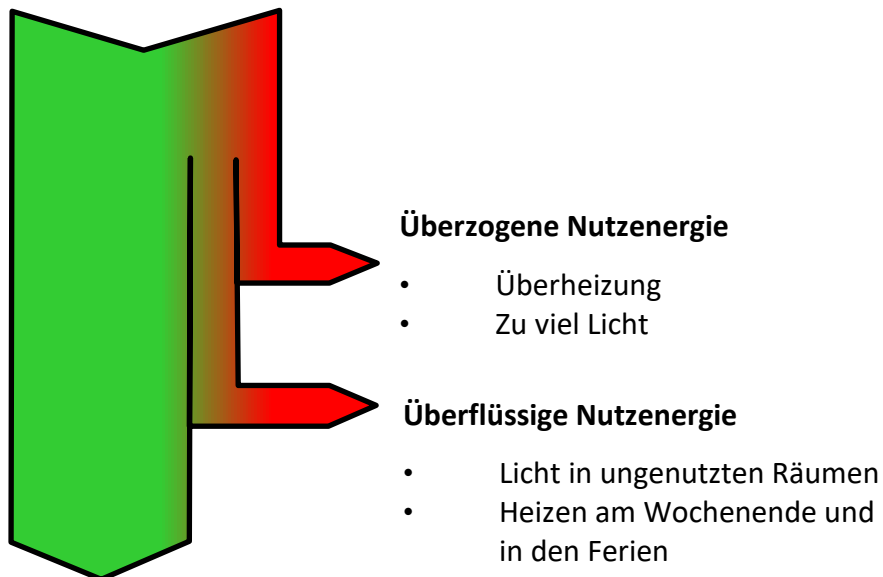
7.4 Energiemanagement

Um die Funktionsfähigkeit und Effizienz der Anlagen zuverlässig sicherzustellen, ist es wichtig, dass die Zuständigkeit eindeutig geklärt ist. Es wird daher empfohlen, einen Energiebeauftragten festzulegen, der sich um alle energetischen Belange des Standortes kümmert. Für die konkrete Betreuung der Anlagen kann er mit Fachleuten zusammenarbeiten (dies können sowohl beauftragte Wartungsdienste oder Heizungsfirmen o.ä. sein). Der Energiebeauftragte sollte in regelmäßigen Abständen der Geschäftsleitung Rechenschaft ablegen.

Elemente des Energiemanagements

1. Festlegung eines Verantwortlichen für Energiefragen (Energiebeauftragter)
2. Ökonomischer Einsatz von Energie
 - a. effizienter Einsatz
 - b. kostengünstiger Einkauf
3. Stetige Identifizierung von Einsparpotentialen und stetige Verbesserung des Nutzerverhaltens
- 4.

Energieeinsparen ohne Komfortverlust



5. Voraussetzungen:

- a. Kennen des Ist-Zustandes
- b. Regelmäßige Erfassung der Verbrauchsdaten
- c. Analyse und Aufbereitung der Verbrauchsdaten
- d. Bildung von Energiekennzahlen

6. Eindeutige Zuordnung der Verbrauchsdaten

- a. nach Nutzungen
- b. Kostenstellen
- c. Gebäuden etc.

(evtl. wird die Einrichtung von Unterzählern notwendig sein)

7. Unterscheidung nach Energieträgern

8. Regelmäßige Erfassung der Verbrauchsdaten

(mind. Monatlich, besser wöchentlich)

z.B. über Formulare und Aufbereitung der Daten in einer übersichtlichen Grafik ⁶

9. Bildung von Energiekennzahlen

- a. Energiekosten / -verbrauch je Arbeiter
- b. Energiekosten / -verbrauch je m²
- c. etc.

⁶ Die regelmäßige Verbrauchserfassung ist eine notwendige Voraussetzung für wirkungsvolle Energie- und Wassersparmaßnahmen. Die Heizenergie-, Strom- und Wasserverbräuche sollten daher monatlich (besser wöchentlich) abgelesen und ausgewertet werden. Gegebenenfalls müssen noch fehlende Unterzähler eingebaut werden. Bei auffälligen Mehrverbräuchen sollten die Ursachen umgehend gesucht und abgestellt werden.

7.5 Brennstoffdaten (gemäß GEG)

	Einheit	Heizwert Hi kWh/Einheit	Brennwert Hs kWh/Einheit	Verhältnis Hs/Hi *
Erdgas E	m³	10,42	11,57	1,11
Strom	kWh	1,00		
Nah-/Fernwärme aus KWK, fossil	kWh	1,00		

* Bitte beachten: In der GEG-Berechnung für den Wohnungsbau nach DIN 4108-6 / DIN 4701-10 sind die Endenergiewerte auf den Heizwert bezogen - in der Berechnung nach DIN 18599 hingegen auf den Brennwert. Standardwerte für das Verhältnis Hs/Hi aus DIN 18599-1 Anhang B.

	Einheit	Arbeitspreis Cent/Einheit	Arbeitspreis Cent/kWh	Grundpreis Euro/Jahr
Erdgas E	m³	173,5	16,65	182
Strom	kWh	38,0	38,00	50
Nah-/Fernwärme aus KWK, fossil	kWh	19,6	19,61	150

	Primär- ener- gie- faktor	CO2- Emissionen g/kWh	SO2- Emissionen g/kWh	NOx-Emissi- onen g/kWh
Erdgas E	1,1	240	0,157	0,200
Strom	1,8	560	1,111	0,583
Nah-/Fernwärme aus KWK, fossil	0,3	180	-0,134	0,357

7.6 Bescheinigung – Fernwärmenetz Mülheim an der Ruhr

BESCHEINIGUNG	
über die energetische Bewertung nach FW 309 Teile 1 und 7	
Wärme-Versorgungssystem Nahwärmenetz Stadtmitte	
Betreiber med1 GmbH	
Der Gutachter bescheinigt dem Versorgungssystem folgende Kennzahlen	
Primärenergiefaktor nach Kappung (GEG § 22 (3) 8a)	0,25
Emissionsfaktor FW 309-1:2020 (GEG Art. 91 (1) 8a)	0 g _{CO₂} /kWh
Beinhaltet Plandaten.	
Diese Bescheinigung ist gültig bis zum 15.11.2028.	
ausgestellt am: 15.11.2021	
Gutachter: Conit Rohde	
Gutachten-Nr.:	FW509-311
erstellt über www.district-energy-systems.info	
Bescheinigungsnummer: BEKWO026, FW509-1a7, 15.11.2021	
Conit Rohde	

7.7 Zusammenfassung der Ergebnisse

7.7.1 Einzelmaßnahmen

Primärenergiebedarf

Primärenergiebedarf Q_p :	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	761095			
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	691698		69396	9,1%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	684853		76242	10,0%
Var.3 - Perimeterdämmung	742117		18977	2,5%
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	730433		30661	4,0%
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	651453		109641	14,4%
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	757772		3323	0,4%
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	741728		19367	2,5%
Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich	225169		535925	70,4%
Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage	749328		11766	1,5%
Var.10 - Installation einer PV-Anlage	730202		30892	4,1%

Primärenergiebedarf q_p pro m^2 :	kWh/ m^2 a		Einsparung	
Ist-Zustand	357			
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	324		33	9,1%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	321		36	10,0%
Var.3 - Perimeterdämmung	348		9	2,5%
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	342		14	4,0%
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	305		51	14,4%
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	355		2	0,4%
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	348		9	2,5%
Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich	106		251	70,4%
Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage	351		6	1,5%
Var.10 - Installation einer PV-Anlage	342		14	4,1%

Endenergiebedarf

Endenergiebedarf Q_E :	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	742706			
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	669056		73650	9,9%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	665705		77001	10,4%
Var.3 - Perimeterdämmung	723293		19413	2,6%
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	711528		31178	4,2%
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	631334		111372	15,0%
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	743692		-986	-0,1%
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	718912		23794	3,2%
Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich	603449		139256	18,7%
Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage	730608		12098	1,6%
Var.10 - Installation einer PV-Anlage	725544		17162	2,3%

Endenergiebedarf q_E pro m^2 :	kWh/ m^2 a		Einsparung	
Ist-Zustand	348			
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	314		35	9,9%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	312		36	10,4%
Var.3 - Perimeterdämmung	339		9	2,6%
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	334		15	4,2%
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	296		52	15,0%
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	349		0	-0,1%
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	337		11	3,2%
Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich	283		65	18,7%
Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage	343		6	1,6%
Var.10 - Installation einer PV-Anlage	340		8	2,3%

Nutzenergiebedarf

Nutzenergiebedarf Q_b :

	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	478216			
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	420361		57855	12,1%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	425426		52790	11,0%
Var.3 - Perimeterdämmung	467521		10695	2,2%
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	460974		17242	3,6%
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	400262		77954	16,3%
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	477957		259	0,1%
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	451392		26825	5,6%
Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich	482694		-4478	-0,9%
Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage	478216		0	0,0%
Var.10 - Installation einer PV-Anlage	478216		0	0,0%

Nutzenergiebedarf q_b pro m^2 :

	kWh/m ² a		Einsparung	
Ist-Zustand	224			
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	197		27	12,1%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	199		25	11,0%
Var.3 - Perimeterdämmung	219		5	2,2%
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	216		8	3,6%
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	188		37	16,3%
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	224		0	0,1%
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	212		13	5,6%
Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich	226		-2	-0,9%
Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage	224		0	0,0%
Var.10 - Installation einer PV-Anlage	224		0	0,0%

Anlagentechnische Verluste

Anlagentechnische Verluste Q_t :

	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	295490			
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	284133		11357	3,8%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	271361		24129	8,2%
Var.3 - Perimeterdämmung	287095		8395	2,8%
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	281846		13644	4,6%
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	262972		32518	11,0%
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	291420		4070	1,4%
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	303728		-8238	-2,8%
Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich	150178		145311	49,2%
Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage	283667		11823	4,0%
Var.10 - Installation einer PV-Anlage	261165		34325	11,6%

Anlagentechnische Verluste q_t pro m^2 :

	kWh/m ² a		Einsparung	
Ist-Zustand	139			
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	133		5	3,8%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	127		11	8,2%
Var.3 - Perimeterdämmung	135		4	2,8%
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	132		6	4,6%
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	123		15	11,0%
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	137		2	1,4%
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	142		-4	-2,8%
Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich	70		68	49,2%
Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage	133		6	4,0%
Var.10 - Installation einer PV-Anlage	122		16	11,6%

Anlagenaufwandszahl

Anlagenaufwandszahl e_P :

Ist-Zustand	1,59	
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	1,65	
Var.2 - Dämmung der Außenwände	1,61	
Var.3 - Perimeterdämmung	1,59	
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	1,58	
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	1,63	
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	1,59	
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	1,64	

Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich
 Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage
 Var.10 - Installation einer PV-Anlage



Schadstoff-Emissionen

CO₂-Emissionen

CO₂-Emissionen:

	kg/a		Einsparung
Ist-Zustand	171242		
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	156844		14399 8,4%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	154622		16621 9,7%
Var.3 - Perimeterdämmung	167156		4087 2,4%
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	164602		6641 3,9%
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	147471		23771 13,9%
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	169628		1614 0,9%
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	167888		3354 2,0%
Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich	119802		51441 30,0%
Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage	168721		2521 1,5%
Var.10 - Installation einer PV-Anlage	161632		9611 5,6%

CO₂-Emissionen pro m²:

	kg/m ² a		Einsparung
Ist-Zustand	80		
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	74		7 8,4%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	72		8 9,7%
Var.3 - Perimeterdämmung	78		2 2,4%
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	77		3 3,9%
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	69		11 13,9%
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	80		1 0,9%
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	79		2 2,0%
Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich	56		24 30,0%
Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage	79		1 1,5%
Var.10 - Installation einer PV-Anlage	76		5 5,6%

NO_x-Emissionen

NO_x-Emissionen:

	kg/a		Einsparung
Ist-Zustand	146,3		
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	134,8		11,5 7,8%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	132,5		13,8 9,5%
Var.3 - Perimeterdämmung	142,9		3,4 2,3%
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	140,8		5,5 3,8%
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	126,6		19,7 13,5%
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	144,3		2,0 1,3%
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	144,1		2,2 1,5%
Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich	222,1		-75,8 -51,8%
Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage	144,2		2,1 1,4%
Var.10 - Installation einer PV-Anlage	136,3		10,0 6,8%

SO₂-Emissionen

SO₂-Emissionen:

	kg/a		Einsparung
Ist-Zustand	135,1		
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	129,0		6,1 4,5%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	124,3		10,8 8,0%
Var.3 - Perimeterdämmung	132,7		2,4 1,8%
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	131,0		4,1 3,1%
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	120,2		14,9 11,0%
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	130,1		5,0 3,7%
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	136,8		-1,7 -1,2%
Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich	-44,2		179,3 132,7%
Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage	133,7		1,4 1,1%
Var.10 - Installation einer PV-Anlage	116,0		19,1 14,1%

Kosten / Wirtschaftlichkeit

Brennstoffkosten

Brennstoffkosten:	EUR/a		Einsparung	
Ist-Zustand	118718			
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	108691		10027	8,4%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	107186		11531	9,7%
Var.3 - Perimeterdämmung	115880		2838	2,4%
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	114108		4610	3,9%
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	102219		16499	13,9%
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	117643		1075	0,9%
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	116346		2371	2,0%
Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich	123897		-5180	-4,4%
Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage	116966		1751	1,5%
Var.10 - Installation einer PV-Anlage	112196		6522	5,5%

Brennstoff- und Betriebskosten

Brennstoff- und Betriebskosten:	EUR/a		Einsparung	
Ist-Zustand	118718			
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	108691		10027	8,4%
Var.2 - Dämmung der Außenwände	107186		11531	9,7%
Var.3 - Perimeterdämmung	115880		2838	2,4%
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	114108		4610	3,9%
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	102219		16499	13,9%
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	117643		1075	0,9%
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	116346		2371	2,0%
Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich	123897		-5180	-4,4%
Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage	116966		1751	1,5%
Var.10 - Installation einer PV-Anlage	112196		6522	5,5%

Gesamtinvestitionskosten

Gesamtinvestitionskosten:	EUR	
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	452589	
Var.2 - Dämmung der Außenwände	227975	
Var.3 - Perimeterdämmung	145360	
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	176895	
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	303505	
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	30000	
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	40000	
Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich	200000	
Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage	30000	
Var.10 - Installation einer PV-Anlage	36000	

Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen

Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen (ohne sowieso anfallende Kosten, Erhaltungsaufwand)

	EUR	
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	452589	
Var.2 - Dämmung der Außenwände	227975	
Var.3 - Perimeterdämmung	145360	
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	176895	
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	303505	
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	30000	
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	40000	
Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich	200000	
Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage	30000	
Var.10 - Installation einer PV-Anlage	36000	

Kosteneinsparung durch die Energiesparmaßnahmen

Gesamtkosteneinsparung in der Nutzungsdauer der Maßnahmen:

	EUR	
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	-135870	<div></div>
Var.2 - Dämmung der Außenwände	228690	<div></div>
Var.3 - Perimeterdämmung	-89910	<div></div>
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	-65490	<div></div>
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	354420	<div></div>
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	-14655	<div></div>
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	-16140	<div></div>
Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich	-1616820	<div></div>
Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage	-10695	<div></div>
Var.10 - Installation einer PV-Anlage	69600	<div></div>





Mittlere Kosteneinsparung pro Jahr:

	EUR/a	
Var.1 - Dämmung des Flachdaches	-4529	<div></div>
Var.2 - Dämmung der Außenwände	7623	<div></div>
Var.3 - Perimeterdämmung	-2997	<div></div>
Var.4 - Dämmung der Bodenplatte	-2183	<div></div>
Var.5 - Austausch von Fenstern und Türen	11814	<div></div>
Var.6 - Optimierung der Beleuchtung	-977	<div></div>
Var.7 - Nachrüstung der Lüftungsanlagen mit WRG	-1076	<div></div>
Var.8 - Fernwärmeanschluss +hydraulischer Abgleich	-107788	<div></div>
Var.9 - Installation einer Solarthermie-Anlage	-713	<div></div>
Var.10 - Installation einer PV-Anlage	4640	<div></div>





7.7.2 Empfehlungen

Primärenergiebedarf

Primärenergiebedarf Q_p :





	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	761095			
Var.1 - Empf.1: Dämmkombination	546248		214846	28,2%
Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung	171236		589859	77,5%
Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie	136672		624423	82,0%

Primärenergiebedarf q_p pro m^2 :





	kWh/m ² a		Einsparung	
Ist-Zustand	357			
Var.1 - Empf.1: Dämmkombination	256		101	28,2%
Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung	80		277	77,5%
Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie	64		293	82,0%

Endenergiebedarf

Endenergiebedarf Q_E :





	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	742706			
Var.1 - Empf.1: Dämmkombination	522358		220348	29,7%
Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung	423747		318959	42,9%
Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie	393481		349225	47,0%

Endenergiebedarf q_E pro m^2 :




	kWh/m ² a		Einsparung	
Ist-Zustand	348			
Var.1 - Empf.1: Dämmkombination	245		103	29,7%
Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung	199		150	42,9%
Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie	184		164	47,0%

Nutzenergiebedarf

Nutzenergiebedarf Q_b :





	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	478216			
Var.1 - Empf.1: Dämmkombination	317302		160914	33,6%
Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung	317576		160641	33,6%
Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie	317576		160641	33,6%

Nutzenergiebedarf q_b pro m^2 :



	kWh/m ² a		Einsparung	
Ist-Zustand	224			
Var.1 - Empf.1: Dämmkombination	149		75	33,6%
Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung	149		75	33,6%
Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie	149		75	33,6%

Anlagentechnische Verluste

Anlagentechnische Verluste Q_t :

	kWh/a		Einsparung	
Ist-Zustand	295490			
Var.1 - Empf.1: Dämmkombination	240403		55087	18,6%
Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung	135579		159911	54,1%
Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie	88323		207167	70,1%

Anlagentechnische Verluste q_t pro m^2 :

	kWh/m ² a		Einsparung	
Ist-Zustand	139			
Var.1 - Empf.1: Dämmkombination	113		26	18,6%

Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung
 Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie



75 54,1%
 97 70,1%

Anlagenaufwandszahl

Anlagenaufwandszahl e_P :

Ist-Zustand
 Var.1 - Empf.1: Dämmkombination
 Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung
 Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie

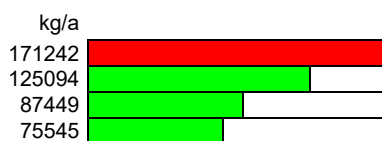


Schadstoff-Emissionen

CO₂-Emissionen

CO₂-Emissionen:

Ist-Zustand
 Var.1 - Empf.1: Dämmkombination
 Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung
 Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie

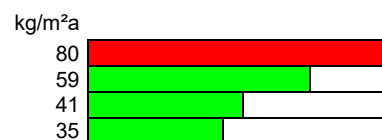


Einsparung

46148 26,9%
 83793 48,9%
 95697 55,9%

CO₂-Emissionen pro m²:

Ist-Zustand
 Var.1 - Empf.1: Dämmkombination
 Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung
 Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie



Einsparung

22 26,9%
 39 48,9%
 45 55,9%

NO_x-Emissionen

NO_x-Emissionen:

Ist-Zustand
 Var.1 - Empf.1: Dämmkombination
 Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung
 Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie



Einsparung

38,0 25,9%
 -11,6 -7,9%
 3,0 2,1%

SO₂-Emissionen

SO₂-Emissionen:

Ist-Zustand
 Var.1 - Empf.1: Dämmkombination
 Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung
 Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie



Einsparung

27,0 19,9%
 155,3 114,9%
 172,4 127,6%

Kosten / Wirtschaftlichkeit

Brennstoffkosten

Brennstoffkosten:

Ist-Zustand
 Var.1 - Empf.1: Dämmkombination
 Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung
 Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie



Einsparung

32052 27,0%
 30063 25,3%
 39123 33,0%

Brennstoff- und Betriebskosten

Brennstoff- und Betriebskosten:

Ist-Zustand
 Var.1 - Empf.1: Dämmkombination



Einsparung

32052 27,0%

Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung	88655	<div><div></div></div>	30063	25,3%
Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie	79595	<div><div></div></div>	39123	33,0%

Gesamtinvestitionskosten

Gesamtinvestitionskosten:

	EUR	
Var.1 - Empf.1: Dämmkombination	1090325	<div><div></div></div>
Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung	1350325	<div><div></div></div>
Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie	1430325	<div><div></div></div>

Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen

Gesamtkosten der Energiesparmaßnahmen (ohne sowieso anfallende Kosten, Erhaltungsaufwand)

	EUR	
Var.1 - Empf.1: Dämmkombination	1090325	<div><div></div></div>
Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung	1350325	<div><div></div></div>
Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie	1430325	<div><div></div></div>

Kosteneinsparung durch die Energiesparmaßnahmen

Gesamtkosteneinsparung in der Nutzungsdauer der Maßnahmen:

	EUR	
Var.1 - Empf.1: Dämmkombination	-1620	<div><div></div></div>
Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung	-887220	<div><div></div></div>
Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie	-607800	<div><div></div></div>

Mittlere Kosteneinsparung pro Jahr:

	EUR/a	
Var.1 - Empf.1: Dämmkombination	-54	<div><div></div></div>
Var.2 - Empf.2: Empf.1+Fernwärme+hy,Ab.+LED+Lüftung	-29574	<div><div></div></div>
Var.3 - Empf.3: Empf.2+PV-Anlage+Solarthermie	-20260	<div><div></div></div>