

Ergänzende Unterlagen zur VO/0045/25 (Sanierung der Flachdächer der Turnhalle der Schule am Grenzlandring, hier: Erneute Vorlage aufgrund besonderer Dringlichkeit der Maßnahme)

hier: Rückfragen zur Sitzungsvorlage von Herrn Cassel am 26.03.2025 mit Antworten des Herrn Schreurs (FBL 303) vom 27.03.2025

Frage:

In der Vorlage zur WBVL Sitzung am 04.02.2025 wird zur Sanierung der Turnhalle von Mehrkosten für einen Neubau der Turnhalle gegenüber einer Sanierung von rd. 1.000 TEUR gesprochen.

Im zum jetzigen Ausschuss vorgelegten Gutachten der Firma Gronau werden zwar notwendige Sanierungsmaßnahmen detailliert beschrieben, aber nur der Neubau mit Zahlenmaterial hinterlegt.

Dieser wird in diesem Fall mit rd. 2.200 TEUR inkl. Nebenkosten beziffert.

Aus unserer Sicht kann eine Entscheidung am kommenden Dienstag nur getroffen werden, wenn uns auch eine Grobkostenplanung für die Sanierungsmaßnahmen vorliegt.

Bei dieser Planung sollte auch eine möglich BEG Förderung die ebenfalls im Gutachten aufgeführt wird, berücksichtigt werden.

Aufgrund des oben erwähnten bereits ermittelten Kostendeltas zwischen Neubau und Sanierung von rd. 1.000 TEUR sollte diese Planung ja bereits vor Erstellung der ersten Vorlage durchgeführt worden sein.

Könnten Sie uns diese Planung zur Entscheidungsfindung kurzfristig zur Verfügung stellen?

Antwort:

Kosten der Sanierungsmaßnahmen

Die von Herrn Cassel angefragte Grobkostenplanung der Sanierungsmaßnahmen liegt in der Form des ermittelten "*Kostenrahmens*" vor.

Der ermittelte **Kostenrahmen der Sanierung** beläuft sich auf **1.662.800,- €** brutto. Er beinhaltet alle Bauleistungen sowie alle Baunebenkosten (Planungsleistungen).

Die Kosten in Höhe von gerundet 1.665.000,- € wurde den Fraktionsvorsitzenden bereits in einer e-Mail der Technischen Beigeordneten Frau Neudek im Vorfeld der Ausschusssitzung vom 04.02.2025 mitgeteilt (e-Mail vom 31.01.2025).

Der Kostenrahmen ist in zwei separate Dateien aufgeteilt. Grund dafür ist der zum Teil hohe Detaillierungsgrad der Kostenermittlung, der nicht im öffentlichen Teil der Ausschusssitzung behandelt werden sollte. Sie erhalten daher:

1. Summenblatt des Kostenrahmens (Seite 29), für den öffentlichen Teil der Ausschusssitzung

2. Detailermittlung der Gewerkekosten des Kostenrahmens (Seite 1-28), ist generell nur für den nicht-öffentlichen Teil geeignet und wird aufgrund des hohen Detaillierungsgrades nur an die Fraktionsvorsitzenden versendet.

Wie bereits in der Vorlage erläutert, stehen die Sanierungskosten noch unter dem Vorbehalt der Frage nach der weiteren Nutzung des Gebäudes als Versammlungsstätte (Kostenreduzierung bei möglichem Verzicht), sowie unter dem

Vorbehalt der in einer zukünftigen Sitzung des Ausschusses noch zu beschließenden Konzeptvariante (Aspekte Wirtschaftlichkeit und Klimaschutz).

Kosten eines vergleichbaren Turnhallen-Neubaus

Die Kosten eines vergleichbaren Turnhallen-Neubaus wurden in der Machbarkeitsstudie mit rund 2.200.000,- € brutto ermittelt.

Folgende weitere Kosten sind noch zu berücksichtigen:

1. Rückbau der Turnhalle (Kostenansatz 100,- €/m³ brutto): 200.000,- € (konsumtive Kosten)

2. Kosten für die Außenanlagen: 50.000,- €

3. Restbuchwert der Turnhalle (bei Abriss): 176.000,- €

In Aufsummierung dieser Beträge ergeben sich somit **Gesamtkosten für einen Turnhallen-Neubau in Höhe von 2.630.000,- € brutto.**

Kostenvergleich

Unter Berücksichtigung aller entstehenden Kosten und Abschreibungen ergibt sich ein **Kostendelta von rund 1.000.000,- € zwischen Sanierung und Neubau** der Turnhalle.

Fördermöglichkeiten

Die Entwicklung der Fördermöglichkeiten für energetische Maßnahmen ist sehr dynamisch.

Für die Sanierung des Turnhallendaches als erstem Abschnitt der Gesamtsanierung ist derzeit voraussichtlich die Generierung von Fördermitteln des Bundes (BEG-EM) in Höhe von 15% der anrechenbaren Kosten möglich. Überschlägig ergibt sich hier ein möglicher, nicht rückzuzahlender Förderbetrag in Höhe von 28.000,- €.

Ob und welche weiteren finanziellen Förderungen bei einer Gesamtsanierung generiert werden können, hängt insbesondere von der noch zu beschließenden Konzeptvariante ab, sowie von der Frage nach der Nutzung als Versammlungsstätte. Daher kann derzeit über mögliche weitere Förderungen keine verlässliche Prognose getroffen werden.

Die Anlage „Summenblatt des Kostenrahmens“ ist dieser PDF-Datei angefügt.

Kalkulation

Gewerk: Sanierungskonzept
Projekt-Nr.: 2023-4.376

30.01.2025
Seite 29 von 29

Zusammenstellung LV-Gruppe

Gewerk	Netto	MwSt	Brutto
S 0 - Gerüst	12.159,25	2.310,26	14.469,51
S 1 - Dachsanierung	191.244,47	36.336,45	227.580,92
S 2 - Fenster & Sonnenschutz	201.613,52	38.306,57	239.920,09
S 3 - Fassade	103.708,85	19.704,68	123.413,53
S 4 - Sportboden	118.471,76	22.509,63	140.981,39
S 5 - Wärmeübertragung	170.800,00	32.452,00	203.252,00
S 6 - RLT	213.500,00	40.565,00	254.065,00
S 7 - Gas-, Wasser-, Abwasser	152.500,00	28.975,00	181.475,00
S 8 - Elektroinstallationen	70.760,00	13.444,40	84.204,40
S 9 - LED-Beleuchtung	48.800,00	9.272,00	58.072,00
S 10 - Photovoltaik	48.800,00	9.272,00	58.072,00
S 11 - Dusch- u. Nebenräume	64.962,65	12.342,90	77.305,55
Gesamtsumme	1.397.320,50	265.490,89	1.662.811,39



INSTITUT FÜR
NACHHALTIGES BAUEN
AACHEN

AAINA – Institut für Nachhaltiges Bauen Aachen

Pilotzertifizierung als eine der 16 Initiatoren der DGNB in 2008; Pilot-Auditor Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Kuhnhenne



AAINA – Institut für Nachhaltiges Bauen Aachen

- Prof. Dr.-Ing. Bernd Döring im Lehrgebiet Gebäudetechnik
- Univ.-Prof. Dr.-Ing Markus Kuhnhenne im Bereich Nachhaltigkeit im Metalleichtbau



Ferrari Abu Dhabi



Sarkophag Tschernobyl



SCALE, Berlin



Präsidium, FFM



Luftschiffhalle, Mülheim adR



Clouth.Tor2, Köln



BEUST, Essen



Scale, Berlin

- BGF 24.424 m²
- 2018 - 2024
- Auftraggeber: Townscape One Development GmbH & Co. KG
- Architektur: K6Architekten PartGmbH Kohnen & Steinwachs
- Gebäudetechnik: PGH – Planungsgemeinschaft Haustechnik
- Leistungsumfang AAINA: Bauphysik, Energieeffizienz, **Nachhaltigkeitsberatung (DGNB)**, Numerische Simulationen, EU-Taxonomie



Das Präsidium, Frankfurt

- BGF 100.000 m²
- 2021 – (2027)
- Auftraggeber: Gerchgroup AG
- Architektur: Meixner-Schlüter-Wendt
- Gebäudetechnik: Enco
- Leistungsumfang AAINA: **Nachhaltigkeitsberatung (DGNB)**, EU-Taxonomie



Clouth Tor 2, Köln

- BGF 13.900 m² Neubau; 8.100 m² Bestand
- 2020 – (2025)
- Auftraggeber: Siebers + Partner GmbH + Co. KG
- Architektur: NIETO Sobejano Arquitectos GmbH
- Gebäudetechnik: ibs – Ingenieurbüro Schuster
- Leistungsumfang AAINA: Bauphysik, Energieeffizienz, Fördermittelberatung
Nachhaltigkeitsberatung (DGNB), Numerische Simulationen



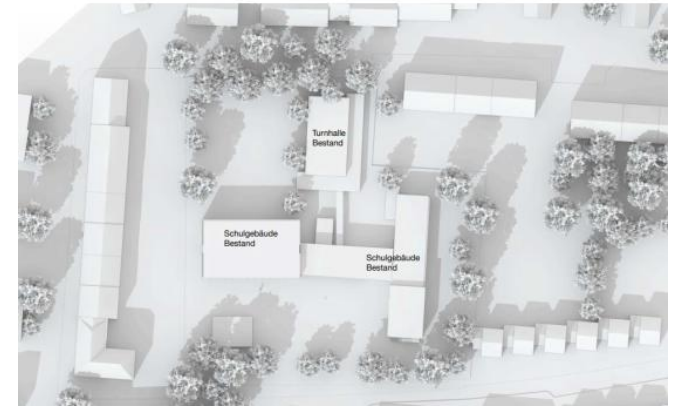
Prym, Alsdorf

- BGF 10.000 m²
- 2022
- Auftraggeber: Hemoteq AG
- Leistungsumfang AAINA:
Machbarkeitsstudie CO₂-neutraler Gebäudebetrieb



Schule Schillstraße, Düsseldorf

- BGF 7.500 m² Neubau;
- 2023 – (2027)
- Auftraggeber: IPM – Immobilien Projekt Management Düsseldorf GmbH
- Architektur: plasma architekten GmbH
- Leistungsumfang AAINA: **Nachhaltigkeitsberatung (DGNB), QNG**



Schule Schlüterstraße, Düsseldorf

- BGF 5.700 m² Neubau;
- 2023 – (2027)
- Auftraggeber: IPM – Immobilien Projekt Management Düsseldorf GmbH
- Architektur: pbs architekten Gerlach – Wolf – Riedel
- Leistungsumfang AAINA: **Nachhaltigkeitsberatung (DGNB), QNG**



Bistum - Klimapositiv, Aachen

- Auftraggeber: Bistum Aachen
- 2022 - 2023
- Leistungsumfang AAINA:
 - Makroanalyse zur Entwicklung eines klimaneutralen Gebäudebestands bis 2035 von 99 Gebäuden
 - Detailanalyse und Sanierungskonzept für ausgewählte Objekte
 - Plan-Do-Check-Act



Weitere Projekte



SPARK, Berlin



Laurenz Carré, Köln



BEUST, Essen



Grenzlandringbad, Wegberg

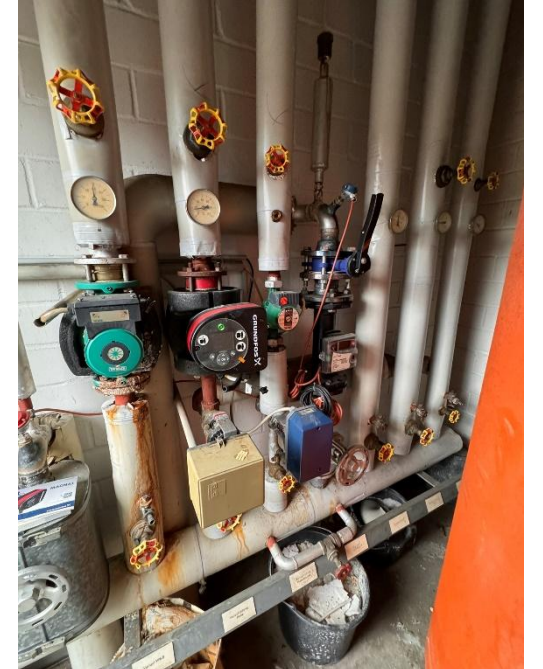
Turnhalle Grenzlandring Wegberg

**Entwicklung von Sanierungskonzepten mittels thermischer
Gebäudesimulation und ökobilanzieller Bewertung**

AAINA GmbH – Institut für Nachhaltiges Bauen Aachen

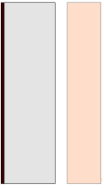
Turnhalle Grenzlandring

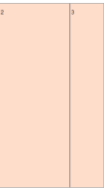
Bestand

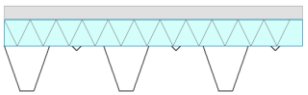


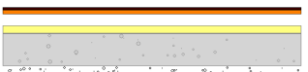
Projektübersicht

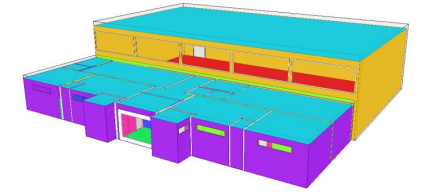
Bauteilaufbauten

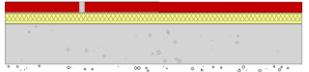
AW01 – Außenwand Hallenbereich		U = 0,57 W/(m²K)	
Wandbelag			
Porenbeton	0,175 m		
Luftschicht	0,040 m		
Verblendmauerwerk	0,115 m		

AW02 – Außenwand Nebenräume		U = 0,93 W/(m²K)	
Wandbelag			
Lochziegel	0,240 m		
Verblendmauerwerk	0,115 m		

DA01 – Dach		U = 0,46 W/(m²K)	
Trapezblech			
Dämmung ($\lambda = 0,040$ W/mK)	0,080 m		
Kiesschüttung	0,040 m		

BP01 – Bodenplatte Halle		U = 0,79 W/(m²K)	
Linodur		0,010 m	
Spanplatte	0,016 m		
Luftschicht	0,040 m		
Dämmung ($\lambda = 0,040$ W/mK)	0,030 m		
Beton	0,120 m		



BP02 – Bodenplatte Nebenräume		U = 0,76 W/(m²K)	
Fliesen/Estrich		0,040 m	
Dämmung ($\lambda = 0,040$ W/mK)	0,040 m		
Beton	0,150 m		

FE01 – Fenster Halle		U = 2,74 W/(m²K)	
Reglit Profilverglasung			

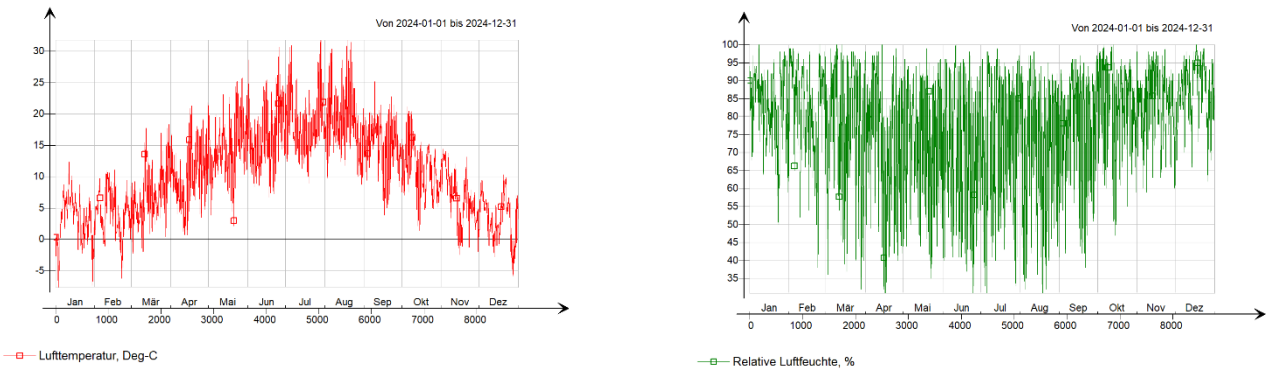
FE01 – Fenster Nebenräume		U = 3,10 W/(m²K)	
Isolierverglasung			

IW – Innenwände		-	
Kalksandstein (untersch. Dicke)		0,115 m/	
1.400 kg/m³		0,175 m/	
1.000 J/kgK		0,200 m	
(Berücksichtigung der Wärmespeicherfähigkeit)			

Projektübersicht

Bestandserfassung

Klimadaten DWD TRY für Wegberg (Auszug)

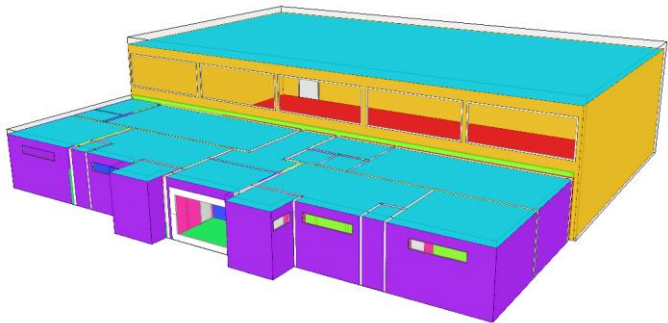


Weitere Bauphysikalischen Gebäudeeigenschaften:

- Geometrie
- U-Werte
- g-Werte
- Wärmebrücken
- Luftdichtheit
- Verschattung
- ...

Wärmequellen

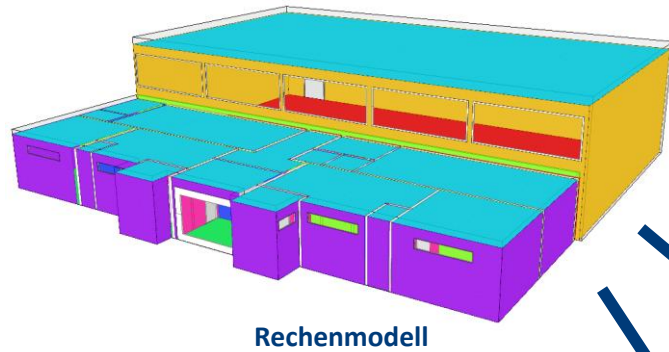
<u>Halle</u>		<u>Nebenräume</u>	
Personen	20 Personen (hohe Aktivität)	Personen	-
Beleuchtung	18 W/m²	Beleuchtung	18 W/m²
Solltemperatur	19 °C (Tag) 17 °C (Nacht) 15 °C (Wochenende)	Solltemperatur	21 °C (Tag) 19 °C (Wochenende)
TGA	RLT (Umluftbetrieb möglich) Wärmenetz (Schulen, Schwimmbad, ...)	TGA	RLT Wärmenetz (Schulen, Schwimmbad, ...)



Berechnungsmodell

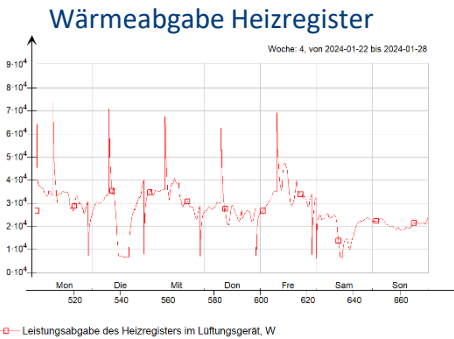
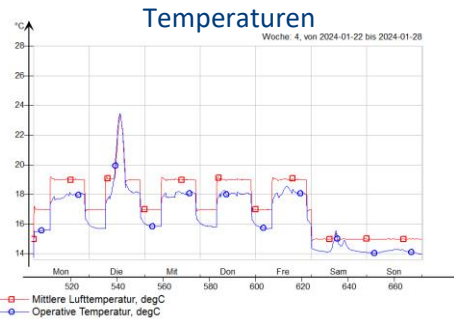
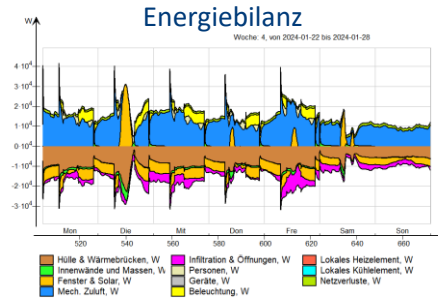
Projektübersicht

Struktur



Simulationsergebnisse:

- Heizleistung/-energie
- Wärmeverluste (Hülle, Wärmebrücken, Infiltration, ...)
- Zonentemperaturen
- Warmwassererzeugung
- Behaglichkeit
- Tageslicht
- Sommerlicher Wärmeschutz
- ...



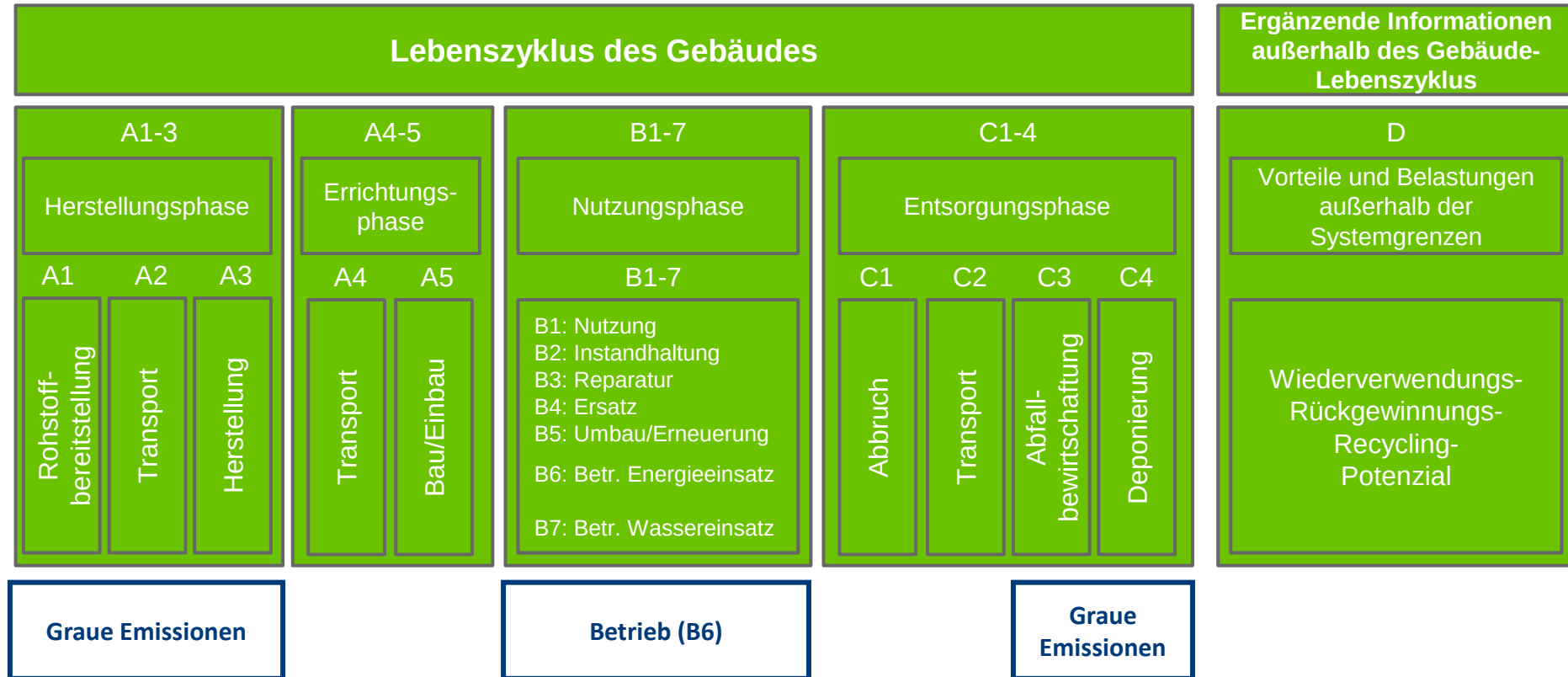
Entwicklung von
Sanierungsmaßnahmen

Simulation von
Sanierungsmaßnahmen

Berücksichtigung PV-Anlage

Bewertung
(Energie, Emissionen, Kosten)

Modulare Einteilung des Lebenszyklus nach DIN EN 15804



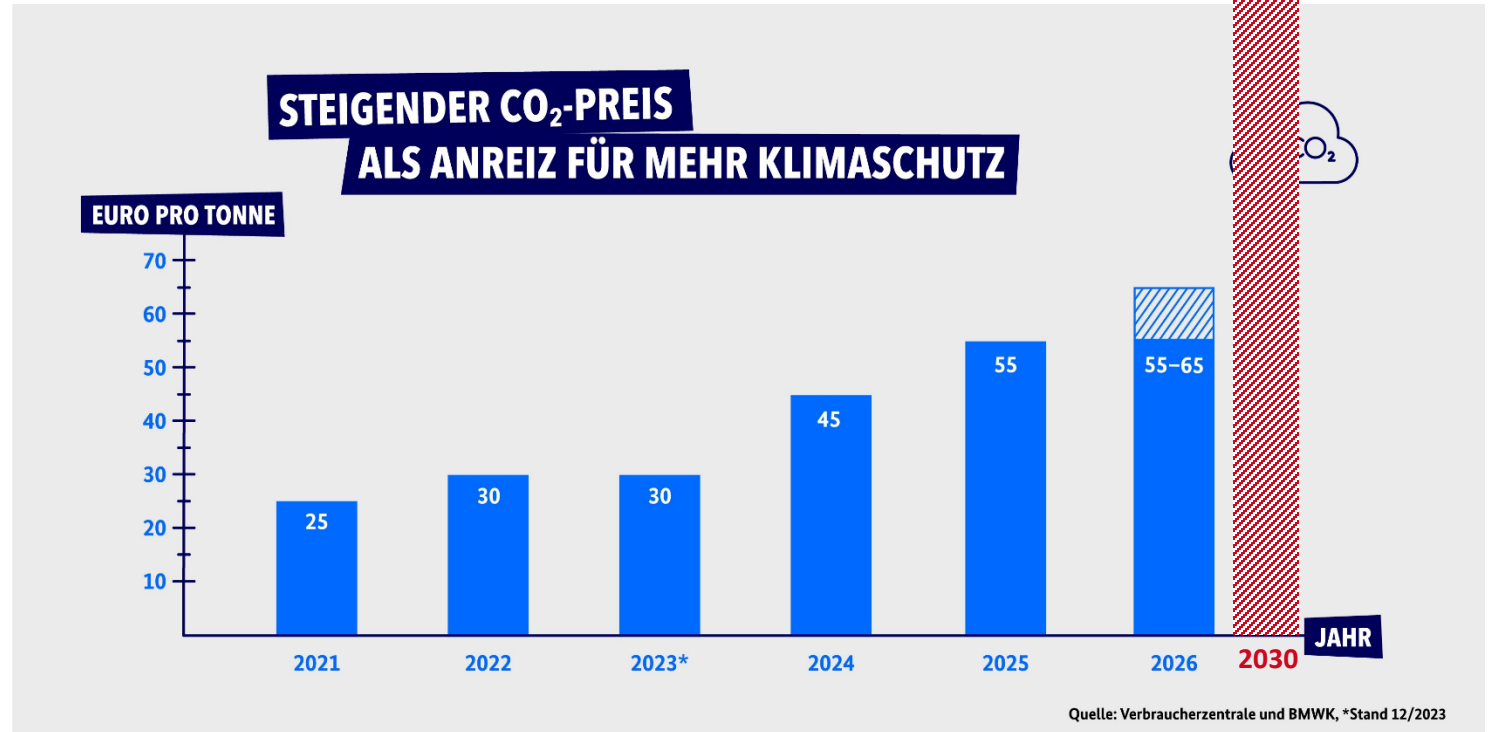
Treibhausgasemissionen

CO₂-Preis

- Steuer für die Emission von Treibhausgasen
- Kostensteigerung in den nächsten Jahren
- Ab 2027 werden Emissionszertifikate versteigern und sind europaweit frei handelbar
- Anzahl der Zertifikate wird stückweise reduziert

Preise ab 2027 nicht absehbar.

Prognose der DGNB und Grundlage in der Berechnung:
2030 - **200 €/t_{CO₂,eq}**

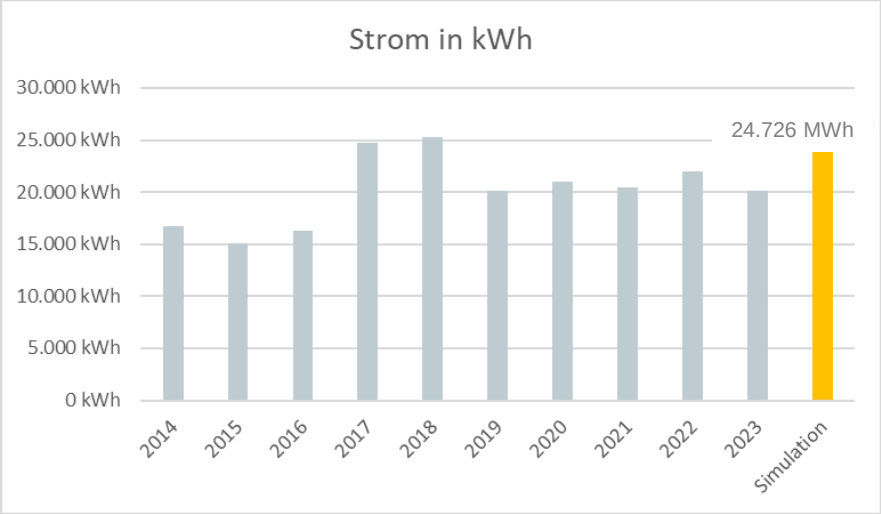
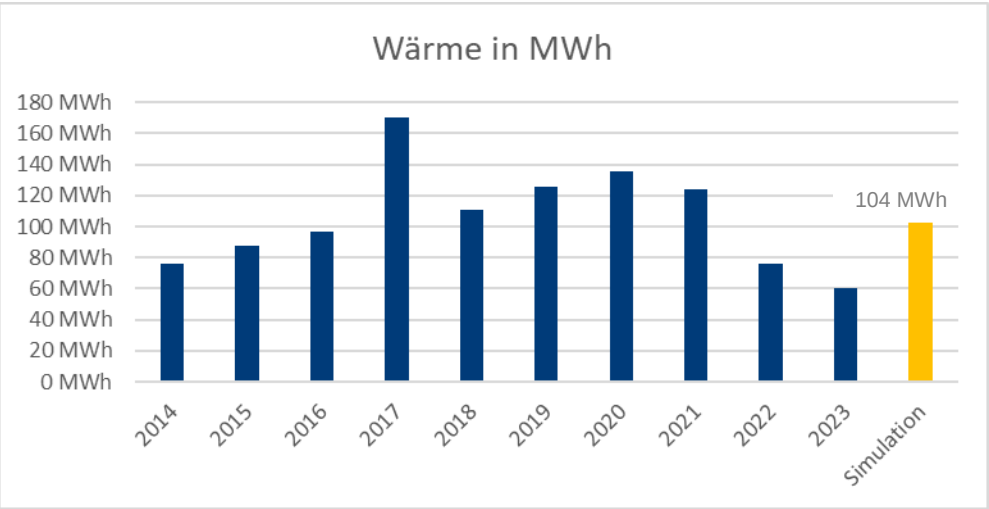


Endenergiebedarf Turnhalle

	Wärmenetz	Strom
Ø Bedarf 2014-2023	106.360 kWh 176 kWh/m²	20.185 kWh 33 kWh/m²
Simulation	103.949 kWh 167 kWh/m²	24.726 kWh 40 kWh/m²

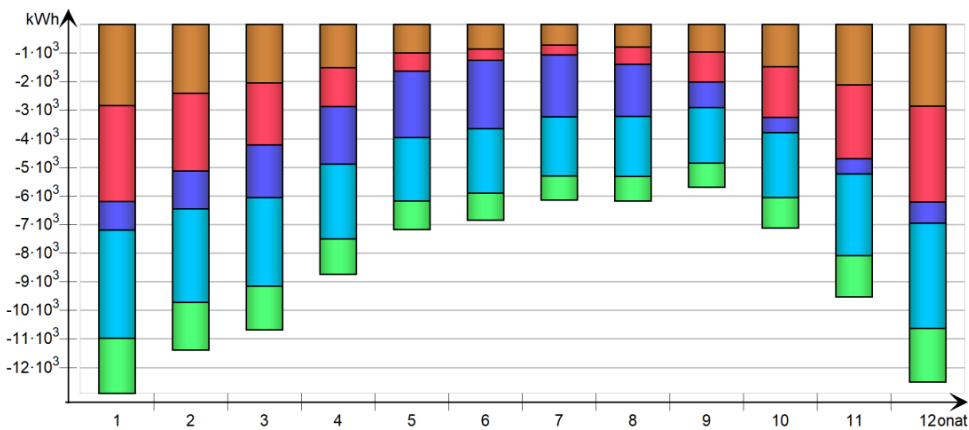
Jahr	Wärme [kWh/a]	Strom [kWh/a]
2014	76.300	16.676
2015	87.700	15.113
2016	96.500	16.339
2017	170.000	24.734
2018	111.000	25.311
2019	126.000	20.105
2020	136.000	21.022
2021	124.000	20.404
2022	76.000	22.032
2023	60.100	20.117

Gemessene Verbräuche Turnhalle
Quelle: Stadt Wegberg (Jan. 2024)



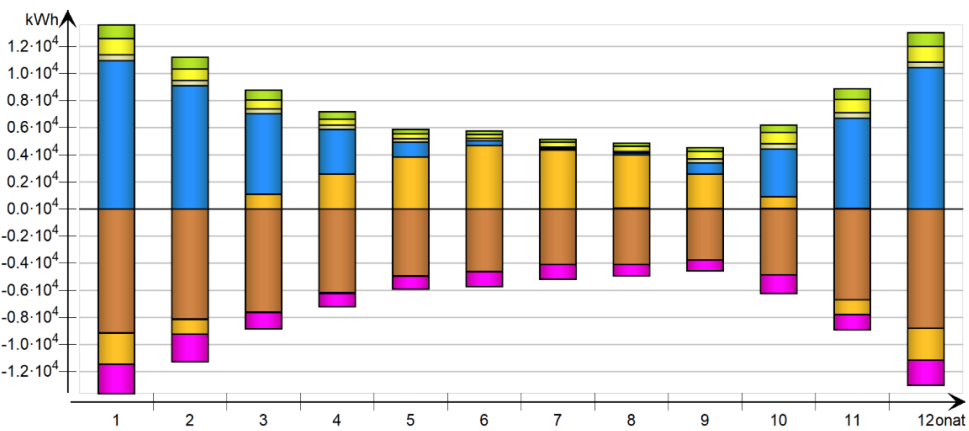
Energieverluste Bestand

Endenergiebedarf Turnhalle



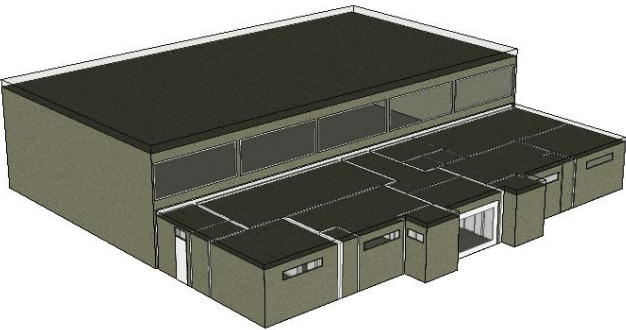
Wärmeverluste durch Gebäudehülle

Wände	19 %
Dach	19 %
Boden	17 %
Fenster	31 %
Wärmebrücken	15 %



Energiebilanz

Hülle & Wärmebrücken	
Innenwände & Massen	
Fenster & Solar	
Mech. Zuluft	
Infiltration & Öffnungen	
Personen	
Geräte	
Beleuchtung	
Netzverluste	



Sanierungsmaßnahmen

S1	Dach	Sanierung der Dachfläche (Halle + Nebenräume) Neuer U-Wert: 0,14 W/m²K	S5	Fußbodenheizung	Wärmeübergabe über Fußbodenheizung
S2.1	Fenster Halle	Austausch Fenster (Halle) Neuer U-Wert: 0,95 W/m²K	S6	RLT	Wärmeübergabe über RLT mit WRG
S2.2	Fenster Halle + Nebenräume	Austausch Fenster (Halle und Nebenräume) Neuer U-Wert: 0,95 W/m²K	S7	Fensterlüftung	Lüftung über Fenster
S3.1	AW-Halle Einblasdämmung	Einblasdämmung in AW der Halle Neuer U-Wert: 0,37 W/m²K	S8	Dezentrale Lüftung	Lüftung über dezentrale Geräte mit WRG
S3.2	WDVS	WDVS an gesamter Gebäudehülle Neuer U-Wert: 0,18 / 0,20 W/m²K	S9	Halle ≤ 17 °C	Maximale Hallentemperatur im Winter auf 17 °C begrenzen (Bestand 19 °C)
S4	Fußboden	Sportboden mit Dämmung Neuer U-Wert: 0,51 W/m²K	S10	LED	Umrüstung auf LED-Leuchtmittel
			S11	PV	Photovoltaik Anlage (30 kWp)

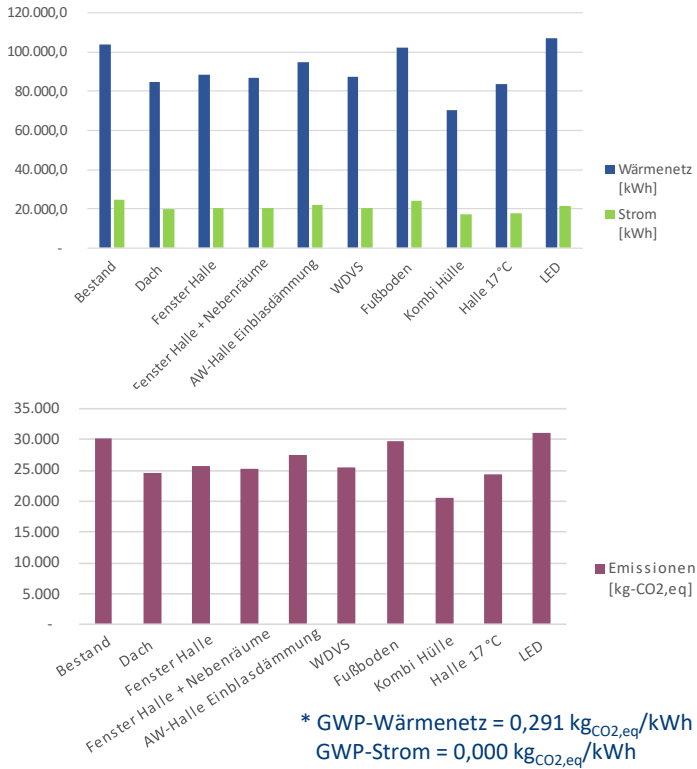
- Hüllfläche
 - Wärme
 - Lüftung
 - Andere

Sanierungsmaßnahmen Hülle

		Wärmenetz [kWh/a]		Strom [kWh/a]		Emissionen* [kg-CO _{2,eq/a}]	
S0	Bestand	103.949		24.726		30.200	
S1	Dach	84.622	-19%	19.834	-20%	24.600	-19%
S2.1	Fenster Halle	88.604	-15%	20.484	-17%	25.800	-15%
S2.2	Fenster Halle + Nebenräume	87.044	-16%	20.184	-18%	25.300	-16%
S3.1	AW-Halle Einblasdämmung	94.867	-9%	22.074	-11%	27.600	-9%
S3.2	WDVS	87.496	-16%	20.621	-17%	25.500	-16%
S4	Fußboden	102.145	-2%	24.205	-2%	29.700	-2%
S1-4	Kombination Hülle	70.311	-32%	17.113	-31%	20.500	-32%
S9	Halle ≤ 17 °C	83.639	-20%	17.923	-28%	24.300	-20%
S10	LED	107.047	+3%	21.311	-14%	31.200	+3%

- Variantenübersicht zur Bewertung der einzelnen Hüllmaßnahmen
- Ohne die Kombinationen von Varianten
- Prozentuale Einsparung bezieht sich auf den Bestand (S0)

Berücksichtigung Ökostromvertrag mit 0 kg_{CO2,eq}/kWh



Sanierungsmaßnahmen Kombinationen

Im Folgenden werden zwei unterschiedliche Kombinationen der Hüllvariante betrachtet.

I-III Sanierung des Daches als notwendige Maßnahme (S1)

IV-VI Sanierung folgender Flächen: Dach, alle Außenwände mit WDVS, Sportboden mit Dämmung und alle Fensterflächen (S1+2.2+3.2+4)

Hinweis: Prozentuale Einsparung bezieht sich auf den Bestand (S0)

Einsparung im Betrieb

GWP Wärme 290 g/kWh
GWP Strom 0 g/kWh

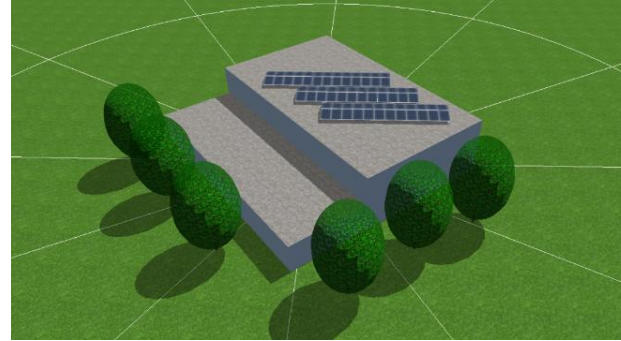
S1Dach S5Flächenheizung Halle + Nebenräume S7Fensterlüftung Halle S8Mech. Lüftung Umkleide S10LED S11PV WärmeStromEmissionen 77.0004.00022.000 kWhkWhkg-CO_{2,eq} - 26 % - 85 % - 26 %  Dach/BP I	S1Dach S5Flächenheizung Halle + Nebenräume S8Mech. Lüftung Halle + Umkleide S10LED S11PV WärmeStromEmissionen 73.0002.00021.000 kWhkWhkg-CO_{2,eq} - 30 % - 96 % - 30 %  Dach/BP II	S1Dach S6RLT S10LED S11PV WärmeStromEmissionen 58.0004.00017.000 kWhkWhkg-CO_{2,eq} - 44 % - 85 % - 44 %  Dach/BP III	S1-4Dämmung ges. Hülle S5Flächenheizung Halle + Nebenräume S7Fensterlüftung Halle S8Mech. Lüftung Umkleide S10LED S11PV WärmeStromEmissionen 48.0001.00014.000 kWhkWhkg-CO_{2,eq} - 54 % - 94 % - 54 %  Hülle komplett IV	S1-4Dämmung ges. Hülle S5Flächenheizung Halle + Nebenräume S8Mech. Lüftung Halle + Umkleide S10LED S11PV WärmeStromEmissionen 42.0001.00012.000 kWhkWhkg-CO_{2,eq} - 59 % - 96 % - 759 %  Hülle komplett V	S1-4Dämmung ges. Hülle S6RLT S10LED S11PV WärmeStromEmissionen 37.0002.00011.000 kWhkWhkg-CO_{2,eq} - 65 % - 92 % - 65 %  Hülle komplett VI
--	--	---	--	---	--

Photovoltaik

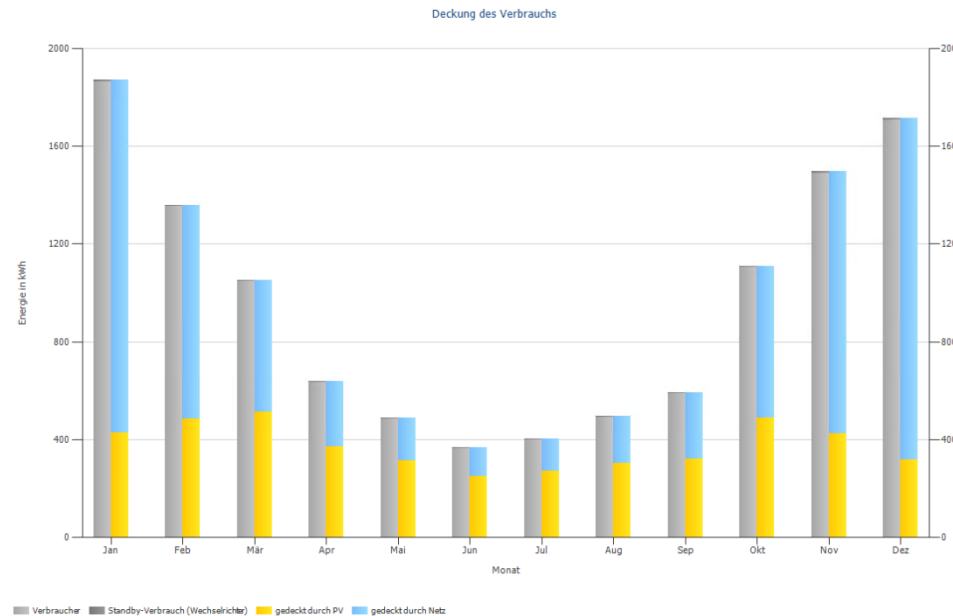
Direkte Eigennutzung
Berechnung Stundengenau
Lastgang aus Simulation (beispielhaft Variante III) wird
mit dem PV-Ertrag verrechnet

PV-Anlage (Schätzung)	40.000 €
Ingenieurleistung	22%
MwSt.	19%
Summe	58.072 €

PV-Ertrag (30kWp)	27.172 kWh/a
PV-Eigennutzung	4.493 kWh/a
PV-Einspeisung	22.678 kWh/a
Einsparung durch Eigennutzung	35ct/kWh
Einspeisevergütung	8 ct/kWh
Einsparung	3.400 €
Stat. Amortisierung	17 Jahre



PV-Anlage Eigennutzung



Erhöhung der selbstgenutzten
Energie durch:

- Elektrische Heizstäbe
(Thermischer Speicher)
- Stromspeicher
- Nachbargebäude
- Perspektivisch
Wärmepumpe im
Wärmenetz
- Bilanzkreismodell

Sanierungsmaßnahmen Kombinationen

Im Folgenden werden zwei unterschiedliche Kombinationen der Hüllvariante betrachtet.

I-III Sanierung des Daches als notwendige Maßnahme (S1)

IV-VI Sanierung folgender Flächen: Dach, alle Außenwände mit WDVS, Sportboden mit Dämmung und alle Fensterflächen (S1+2.2+3.2+4)

Hinweis: Prozentuale Einsparung bezieht sich auf den Bestand (S0)

Graue Emissionen

S1 Dach S5 Flächenheizung Halle + Nebenräume S7 Fensterlüftung Halle S8 Mech. Lüftung Umkleide S10 LED S11 PV Einsparung Betrieb - 8.000 kg-CO_{2,eq} Graue Emissionen 86.000 kg-CO_{2,eq} Amortisierung 11 Jahre  Dach/BP I	S1 Dach S5 Flächenheizung Halle + Nebenräume S8 Mech. Lüftung Halle + Umkleide S10 LED S11 PV Einsparung Betrieb - 9.000 kg-CO_{2,eq} Graue Emissionen 87.000 kg-CO_{2,eq} Amortisierung 10 Jahre  Dach/BP II	S1 Dach S6 RLT S10 LED S11 PV Einsparung Betrieb - 13.000 kg-CO_{2,eq} Graue Emissionen 82.000 kg-CO_{2,eq} Amortisierung 6 Jahre  Dach/BP III	S1-4 Dämmung ges. Hülle S5 Flächenheizung Halle + Nebenräume S7 Fensterlüftung Halle S8 Mech. Lüftung Umkleide S10 LED S11 PV Einsparung Betrieb - 16.000 kg-CO_{2,eq} Graue Emissionen 100.000 kg-CO_{2,eq} Amortisierung 6 Jahre  Hülle komplett IV	S1-4 Dämmung ges. Hülle S5 Flächenheizung Halle + Nebenräume S8 Mech. Lüftung Halle + Umkleide S10 LED S11 PV Einsparung Betrieb - 18.000 kg-CO_{2,eq} Graue Emissionen 101.000 kg-CO_{2,eq} Amortisierung 6 Jahre  Hülle komplett V	S1-4 Dämmung ges. Hülle S6 RLT S10 LED S11 PV Einsparung Betrieb - 20.000 kg-CO_{2,eq} Graue Emissionen 96.000 kg-CO_{2,eq} Amortisierung 5 Jahre  Hülle komplett VI
---	--	--	--	---	---

Materialuntersuchung

In der bisherigen Untersuchung wurde eine Dachdämmung aus EPS und eine Außenwanddämmung mit Mineralwolle untersucht. Neben diesen Materialien gibt es auch weitere nachhaltige Dämmstoffe, die eine bessere Klimabilanz haben. (Teilweise negativ)

Häufig muss eine schlechtere Wärmeleitfähigkeit mit höheren Dämmstärken ausgeglichen werden.
Beispiel: EPS Dämmung 24 cm -> 36 cm Strohdämmung

Nachfolgende Grafik vergleicht die CO₂-Einsparung durch die Materialwahl an Variante VI.



Hanf

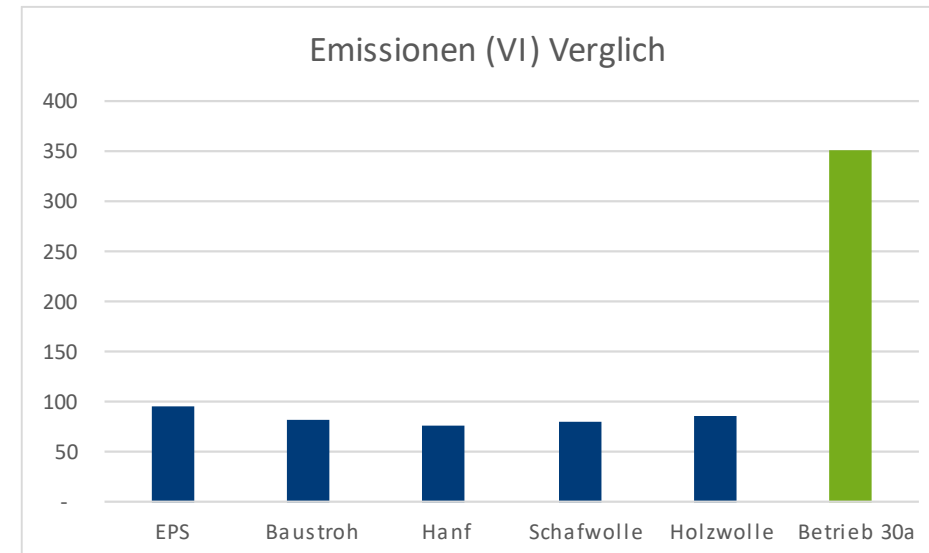
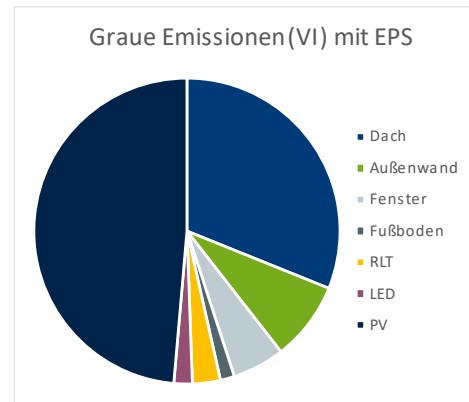


Schafwolle

Folgende Maßnahmen sind in den Emissionen berücksichtigt:

- Dachsanierung
- Außenwandsanierung
- Fensteraustausch
- Erneuerung Sportboden
- RLT
- LED
- PV

In den Szenarien wurde der Einsatz von unterschiedlichen Materialien bei der Dachdämmung und Außenwanddämmung untersucht.

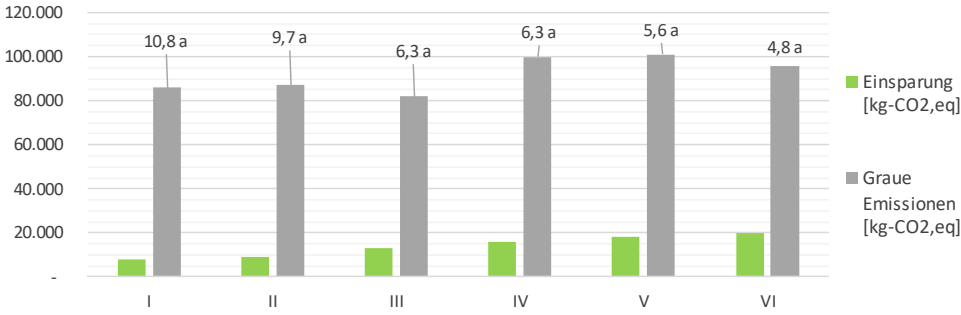
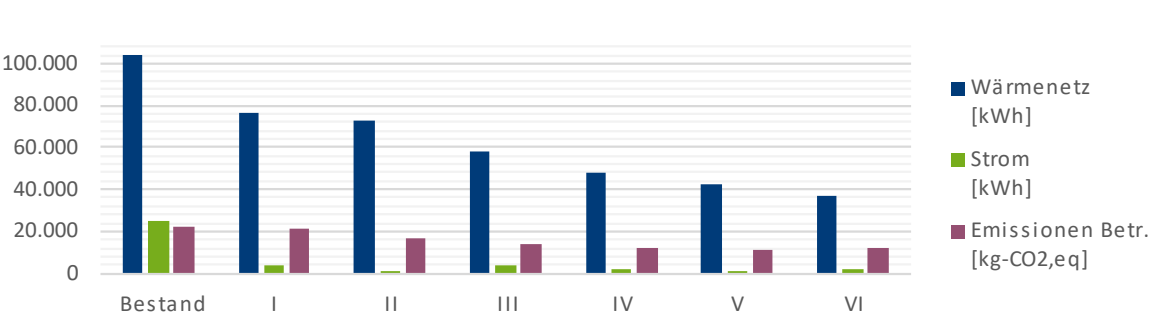
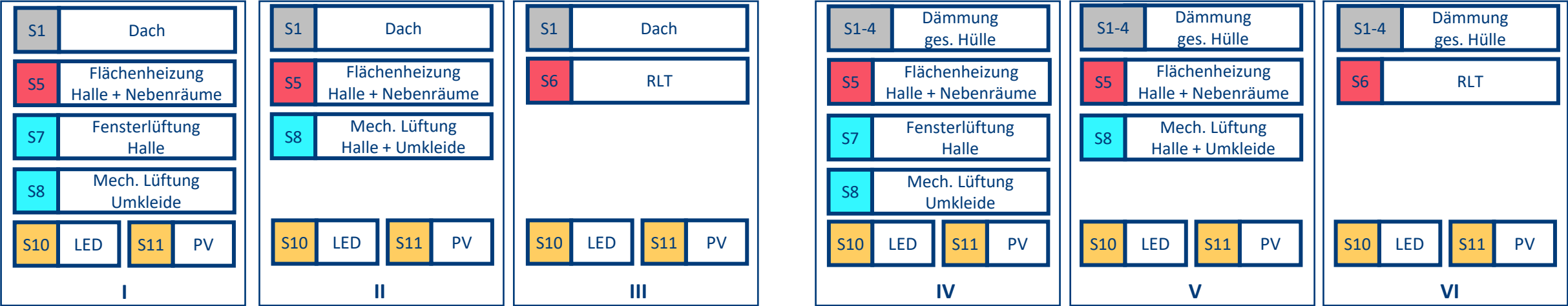


Holzwolle

Sanierungsmaßnahmen Kombinationen

- Im Folgenden werden zwei Unterschiedliche Kombinationen der Hüllvariante betrachtet.
- 1. Sanierung des Daches als notwendige Maßnahme (S1)
 - 2. Sanierung folgender Flächen: Dach, alle Außenwände mit WDVS, Sportboden mit Dämmung und alle Fensterflächen (S1+2.2+3.2+4)

Graue Emissionen



Sanierungsmaßnahmen Kombinationen

Varianten I-VI ohne Kosten für den Sportboden: Annahme, dass der Boden wegen Verschleiß erneuert werden muss. Eine neue Dämmung verbessert den energetischen Zustand, ist wirtschaftlich aber nicht sinnvoll (Amortisierung > 100a)

Kostenschätzung

Gronau

ALLE WERT <u>INKL.</u> MEHRWERTSTEUER	
Gerüst:	11.860,25 €
Dachsanierung Halle + Nebenräume:	186.541,73 €
Fensteranlagen Halle + Nebenräume:	171.475,41 €
Sonnenschutz Halle (außen)	25.180,40 €
WDVS:	101.158,63 €
Sportboden:	115.558,52 €

„Die Werte verstehen sich ohne anteilige Baunebenkosten. Diese sind erfahrungsgemäß mit ca. 22% für die Amortisationsberechnung hinzurechnen. Hinweis: Baukostenermittlung Q2/2024“

I Dach	242.051 €
II Dach	242.051 €
III Dach	242.051 €
IV Dämmung gesamte Hülle	574.665 €
V Dämmung gesamte Hülle	574.665 €
VI Dämmung gesamte Hülle	574.665 €

Bösl (TGA-Planer)

S10 LED	
Teil- Demontagen Elektroinstallation und Beleuchtung (Anteilig für Beleuchtung)	2.500,00 €
Austausch Leuchten Innen und Außen	37.500,00 €
	19 % MwSt. 7.600,00 €
	22 % Ingenieursleistung 8.800,00 €
	SUMME 56.400,00 €
<i>ohne Demontage Elektrik, Sanierung Unterverteilung, Sicherheitsbeleuchtung, EMA, ...</i>	
I & IV FBH komplett, Umkleide Lüftung dezentral	
Fußbodenheizung	
Demontage vorhandene Anlage	3.000,00 €
Nahwärmestation 12.000 €	- €
Sportbodenheizung	34.000,00 €
Fußbodenheizung Nebenräume	15.000,00 €
Sanierung Wärmeverteiler	18.000,00 €
Heizverteilungen, Amaturen	18.000,00 €
Wärmedämmarbeiten	10.000,00 €
DDC-Regelanlage	10.000,00 €
<i>ohne Nahwärmestation (allgemeine Sanierung), Warmwasserbereitung</i>	
<u>Umkleide Lüftung dezentral</u>	
dezentrale Lüftung Umkleiden/Duschen	20.000,00 €
Kanalsystem 25.000 €	- €
DDC-Regelanlage	35.000,00 €
<i>ohne Kanalsystem</i>	
	19 % MwSt. 30.970,00 €
	22 % Ingenieursleistung 35.860,00 €
	SUMME 229.830,00 €

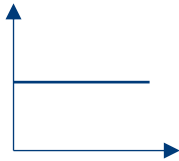
II & V FBH komplett, Lüftung dezentral komplett	
Fußbodenheizung (wie oben)	
Demontage vorhandene Anlage	3.000,00 €
Nahwärmestation 12.000 €	- €
Sportbodenheizung	34.000,00 €
Fußbodenheizung Nebenräume	15.000,00 €
Sanierung Wärmeverteiler	18.000,00 €
Heizverteilungen, Amaturen	18.000,00 €
Wärmedämmarbeiten	10.000,00 €
DDC-Regelanlage	10.000,00 €
<i>ohne Nahwärmestation (allgemeine Sanierung), Warmwasserbereitung</i>	
<u>Umkleide Lüftung dezentral</u>	
dezentrale Lüftung Umkleiden/Duschen	20.000,00 €
Kanalsystem 25.000 €	- €
DDC-Regelanlage	35.000,00 €
<i>ohne Kanalsystem</i>	
<u>Halle Lüftung dezentral</u>	
dezentrale Lüftung Umkleiden/Duschen (Schätzung)	30.000,00 €
Kanalsystem 25.000 €	- €
DDC-Regelanlage (Schätzung)	5.000,00 €
<i>Kosten nicht gegeben: Annahme 30.000 € für Geräte, 5.000 € für Aufschaltung auf DDC-Anlage von oben</i>	
	19 % MwSt. 37.620,00 €
	22 % Ingenieursleistung 43.560,00 €
	SUMME 279.180,00 €
III & VI RLT komplett	
Demontage	5.000,00 €
Zu- und Abluftanlage Turnhallte	75.000,00 €
Zu- und Abluftanlage Umkleide	35.000,00 €
Kanalsystem	25.000,00 €
Anteil DDC-Regelung	35.000,00 €
	19 % MwSt. 33.250,00 €
	22 % Ingenieursleistung 38.500,00 €
	SUMME 246.750,00 €



Sanierungsmaßnahmen Kombinationen

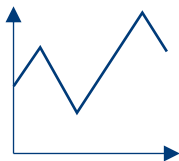
Statische Amortisierung

- Berechnung: Investitionskosten / jährliche Einsparungen
- Keine Berücksichtigung von Zinsen oder Zeitwert des Geldes

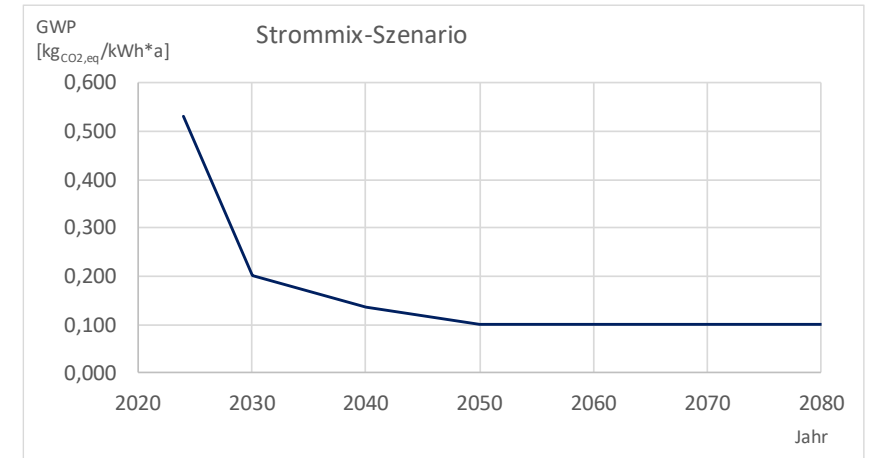


Dynamische Amortisierung

- Berücksichtigt Zinsen und Zeitwert des Geldes
- Berücksichtigt Strommix-Szenario



Wirtschaftlichkeit



Hinweis

Eine Vorhersage über die tatsächliche Entwicklung der Emissionen und Kosten ist nicht möglich. Unterschiedliche Faktoren werden diese Werte in den nächsten Jahren beeinflussen.

Zum Beispiel:

- Neuer Wärmeerzeuger im Nahwärmenetz
- Dekarbonisierung des deutschen Strommixes
- Abweichende Entwicklung der dynamischen Annahmen (CO₂-Preis, Preissteigerungen, Kalkulationszins, ...)
- Politischer Einfluss (Förderungen, Steuern, Krisen, ...)
- Neue Technologien

Sanierungsmaßnahmen Hülle

S0	Bestand	Investition	Einsparung/Jahr	Stat. Amortisierung	Dyn. Amortisierung
S1	Dach	242.050 €	3.645 €	66 Jahre	60 Jahre
S2.1	Fenster Halle	-	3.019 €	-	-
S2.2	Fenster Halle + Nebenräume	223.669 €	3.280 €	68 Jahre	61 Jahre
S3.1	AW-Halle Einblasdämmung	-	1.836 €	-	-
S3.2	WDVS	92.639 €	3.082 €	30 Jahre	26 Jahre
S4	Fußboden	115.559 €	363 €	>100 Jahre	>100 Jahre
S1-4	Kombination Hülle	715.645 €	6.028 €	>100 Jahre	>100 Jahre
S9	Halle ≤ 17 °C	0 €	4.412 €	-	-
S10	LED	54.443 €	886 €	62 Jahre	72 Jahre

Wirtschaftlichkeit

- Variantenübersicht zur Bewertung der einzelnen Hüllmaßnahmen
- Ohne die Kombinationen von Varianten

Annahmen

Strompreis: 35 ct/kWh

Gaspreis : 10 ct/kWh

Sanierungsmaßnahmen Kombinationen

Randbedingungen der dynamischen Amortisierung:

Kalkulationszins	2,0 %
Steigerungsrate Energiekosten	2,0 %
Preissteigerung allgemein	2,0 %
Risikobeitrag auf Instandhaltung	1,5 %

Wärme	0,10 €/kWh
Strom	0,35 €/kWh
CO ₂ -Preis 2024	45,0 €/t
CO ₂ -Preis 2030	200,0 €/t

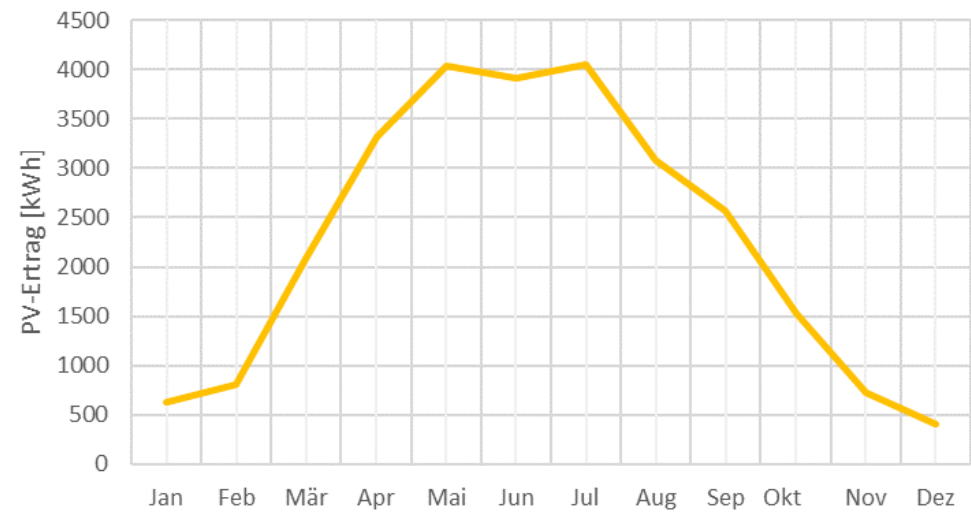
Wirtschaftlichkeit

S1 Dach S5 Flächenheizung Halle + Nebenräume S7 Fensterlüftung Halle S8 Mech. Lüftung Umkleide S10 LED S11 PV Investition 590.000 € Einsparung/Jahr 12.000 Stat.Amortisierung 49 Jahre Dyn.Amortisierung 48 Jahre  Dach/BP I	S1 Dach S5 Flächenheizung Halle + Nebenräume S8 Mech. Lüftung Halle + Umkleide S10 LED S11 PV Investition 640.000 € Einsparung/Jahr 13.000 € Stat.Amortisierung 48 Jahre Dyn.Amortisierung 47 Jahre  Dach/BP II	S1 Dach S6 RLT S10 LED S11 PV Investition 610.000 € Einsparung/Jahr 14.000 € Stat.Amortisierung 44 Jahre Dyn.Amortisierung 41 Jahre  Dach/BP III	S1-4 Dämmung ges. Hülle S5 Flächenheizung Halle + Nebenräume S7 Fensterlüftung Halle S8 Mech. Lüftung Umkleide S10 LED S11 PV Investition 920.000 € Einsparung/Jahr 16.000 € Stat.Amortisierung 59 Jahre Dyn.Amortisierung 55 Jahre  Hülle komplett IV	S1-4 Dämmung ges. Hülle S5 Flächenheizung Halle + Nebenräume S8 Mech. Lüftung Halle + Umkleide S10 LED S11 PV Investition 970.000 € Einsparung/Jahr 16.000 € Stat.Amortisierung 60 Jahre Dyn.Amortisierung 55 Jahre  Hülle komplett V	S1-4 Dämmung ges. Hülle S6 RLT S10 LED S11 PV Investition 940.000 € Einsparung/Jahr 16.000 € Stat.Amortisierung 57 Jahre Dyn.Amortisierung 52 Jahre  Hülle komplett VI
---	---	--	---	---	---

Photovoltaik

PV-Leistung = 30 kWp
Ost-West Aufständerung 10°
Annahme: Durch Bilanzkreismodell 100% Eigennutzung
Eigennutzung spart 35ct/kWh

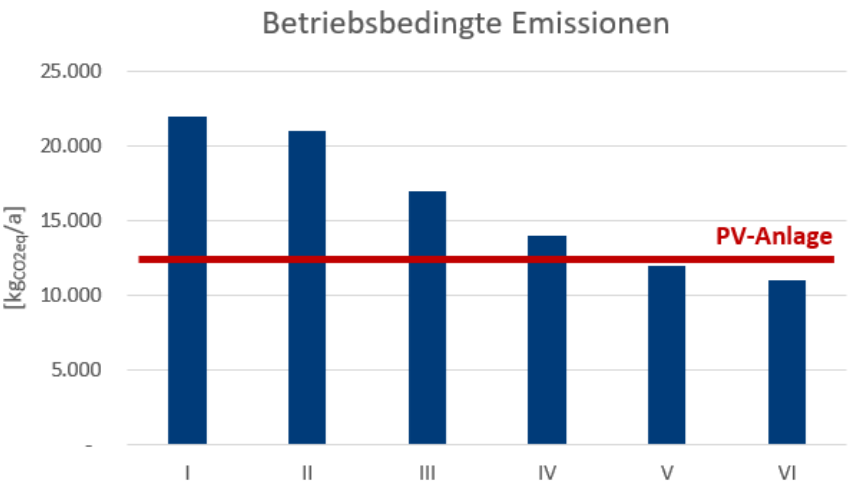
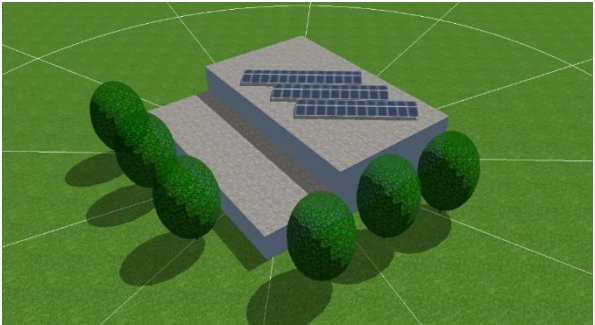
PV-Anlage (Schätzung)	40.000 €	Jährlicher PV-Ertrag (30kWp)	27.172 kWh
Ingenieurleistung	22%	Eigennutzung	35ct/kWh
MwSt.	19%	Einsparung	9.510 €
Summe	58.072 €	Stat. Amortisierung	6,1 Jahre
		Dyn. Amortisierung	6 Jahre



Durch die Einspeisung des Stromes ins Netz wird konventioneller Strom verdrängt. Es werden also weniger fossile Energieträger benötigt. Diese Verdrängung wird im rechten Diagramm mit 550 g/kWh (QNG-Rechenwerte) berücksichtigt. In der Netto-Betrachtung wird in Variante V und VI mehr CO₂ Verdrängt als durch die Wärmeerzeugung entsteht.

PV-Anlage

Bilanzkreismodell



Sanierungsmaßnahmen Kombinationen

Empfehlung

S1 Dach S5 Flächenheizung Halle + Nebenräume S7 Fensterlüftung Halle S8 Mech. Lüftung Umkleide S10 LED S11 PV Wärme Strom Emissionen Betrieb - 26 % - 85 % - 26 % CO2-Amort. 11 Jahre Dyn.Amortisierung 48 Jahre  Dach/BP I	S1 Dach S5 Flächenheizung Halle + Nebenräume S8 Mech. Lüftung Halle + Umkleide S10 LED S11 PV Wärme Strom Emissionen Betrieb - 30 % - 96 % - 30 % CO2-Amort. 10 Jahre Dyn.Amortisierung 47 Jahre  Dach/BP II	S1 Dach S6 RLT S10 LED S11 PV Wärme Strom Emissionen Betrieb - 44 % - 85 % - 44 % CO2-Amort. 6 Jahre Dyn.Amortisierung 41 Jahre  Dach/BP III	S1-4 Dämmung ges. Hülle S5 Flächenheizung Halle + Nebenräume S7 Fensterlüftung Halle S8 Mech. Lüftung Umkleide S10 LED S11 PV Wärme Strom Emissionen Betrieb - 54 % - 94 % - 54 % CO2-Amort. 6 Jahre Dyn.Amortisierung 55 Jahre  Hülle komplett IV	S1-4 Dämmung ges. Hülle S5 Flächenheizung Halle + Nebenräume S8 Mech. Lüftung Halle + Umkleide S10 LED S11 PV Wärme Strom Emissionen Betrieb - 59 % - 96 % - 59 % CO2-Amort. 6 Jahre Dyn.Amortisierung 55 Jahre  Hülle komplett V	S1-4 Dämmung ges. Hülle S6 RLT S10 LED S11 PV Wärme Strom Emissionen Betrieb - 65 % - 92 % - 65 % CO2-Amort. 5 Jahre Dyn.Amortisierung 52 Jahre  Hülle komplett VI
--	--	--	---	---	---

Sanierungsmaßnahmen Kombinationen

Empfehlung

S1Dach

S5Flächenheizung
Halle + Nebenräume

S7Fensterlüftung
Halle

S8Mech. Lüftung
Umkleide

S10LED

S11PV

WärmeStromEmissionen
Betrieb

- 26 % - 85 % - 26 %

CO2-Amort.

11 Jahre

Dyn.Amortisierung

48 Jahre


Dach/BP

I

„kleines“ Maßnahmenpaket

- Dachsanierung (sowieso-Maßnahme)
- Flächenheizung mit geringen Vorlauftemperaturen (Wärmepumpen-Ready)
- Lüftung mit Wärmerückgewinnung
- Energiesparende Beleuchtung
- PV (Nutzung erneuerbarer Energien)

S1Dach

S5Flächenheizung
Halle + Nebenräume

S8Mech. Lüftung
Halle + Umkleide

S10LED

S11PV

WärmeStromEmissionen
Betrieb

- 30 % - 96 % - 30 %

CO2-Amort.

10 Jahre

Dyn.Amortisierung

47 Jahre


Dach/BP

II

S1Dach

S6RLT

S10LED

S11PV

WärmeStromEmissionen
Betrieb

- 44 % - 85 % - 44 %

CO2-Amort.

6 Jahre

Dyn.Amortisierung

41 Jahre


Dach/BP

III

„großes“ Maßnahmenpaket
(Versammlungsstätte)

- Komplette energetische Sanierung der Gebäudehülle
- Wärmerückgewinnung im gesamten Gebäude
- Niedertemperatur Heizregister technisch möglich (hoher Platzbedarf)
- Energiesparende Beleuchtung
- PV (Nutzung erneuerbarer Energien)
- Klimapositiver Gebäudebetrieb (Netto-Null)

S1-4Dämmung
ges. Hülle

S5Flächenheizung
Halle + Nebenräume

S7Fensterlüftung
Halle

S8Mech. Lüftung
Umkleide

S10LED

S11PV

WärmeStromEmissionen
Betrieb

- 54 % - 94 % - 54 %

CO2-Amort.

6 Jahre

Dyn.Amortisierung

55 Jahre


Hülle komplett

IV

S1-4Dämmung
ges. Hülle

S5Flächenheizung
Halle + Nebenräume

S8Mech. Lüftung
Halle + Umkleide

S10LED

S11PV

WärmeStromEmissionen
Betrieb

- 59 % - 96 % - 59 %

CO2-Amort.

6 Jahre

Dyn.Amortisierung

55 Jahre


Hülle komplett

V

S1-4Dämmung
ges. Hülle

S6RLT

S10LED

S11PV

WärmeStromEmissionen
Betrieb

- 65 % - 92 % - 65 %

CO2-Amort.

5 Jahre

Dyn.Amortisierung

52 Jahre


Hülle komplett

VI

BEG-Förderung **(Tilgungs-) Zuschuss**

Bundesförderung für effiziente Gebäude
(BEG und KfN)

Klimafreundlicher
Neubau KfN
Wohn- und
Nichtwohngebäude

BEG Wohngebäude
Sanierung als
Effizienzhaus

BEG
Nichtwohngebäude
Sanierung
Effizienzgebäude

BEG EM
Einzelmaßnahmen
Sanierung von Bauteilen und
Gebäudetechnik

Systemische Maßnahmen

Einzelmaßnahmen

Förderung von Fachplanung und Baubegleitung für alle Maßnahmen

BEG-Förderung - Sanierung

Rahmenbedingungen – Nicht-Wohnungsbau

SANIERUNG Nicht-Wohnungsbau – BEG-NWG für Kommunen

- **Förderfähige Kosten: 2.000 €/A_{NGF} und insgesamt max. 10 Mio. € als Darlehen**
- **Bonus für worst-performance-buildings: 10 % (Kriterium Skalenüberschreitung im Energieausweis; gilt nicht für Denkmal)**

Effizienzgebäude-Standard	Tilgungszuschuss in % der Kreditsumme	Maximaler Tilgungszuschuss
BEG-Effizienzgebäude 40 Erneuerbare-Energien-Klasse oder NH-Klasse	40,0 %	4,00 Mio.-€
BEG-Effizienzgebäude 40	35,0 %	3,50 Mio.-€
BEG-Effizienzgebäude 55 EE-Klasse oder NH-Klasse	35,0 %	3,50 Mio.-€
BEG-Effizienzgebäude 55	30,0 %	3,00 Mio.-€
BEG-Effizienzgebäude 70 EE-Klasse oder NH-Klasse	30,0 %	3,00 Mio.-€
BEG-Effizienzgebäude 70	25,0 %	2,50 Mio.-€
BEG-Effizienzgebäude Denkmal EE-Klasse oder NH-Klasse	25,0 %	2,50 Mio.-€
BEG-Effizienzgebäude Denkmal	20,0 %	2,00 Mio.-€
Planungsbegleitung: 10 €/A _{NGF} bis maximal 40.000 €, davon 50 % als Zuschuss		max. 20.000 €

BEG-EM Förderung

Zuschusshöhe – Nicht-Wohnungsbau

SANIERUNG Nicht-Wohnungsbau – BEG EM

Maßnahme	Zuschuss in % der förderfähigen Kosten	Maximale Förderung NWG
Wände, Dachflächen, Keller- und Geschossdecken, Fenster, Vorhangfassaden, Außentüren und Tore, Verbesserung sommerlicher Wärmeschutz	15,0 %	750.000 €
Klima- und Lüftungsanlagen mit Wärme- oder Kälterückgewinnung einbauen, erneuern, optimieren, Kältetechnik zur Raumkühlung	15,0 %	
Mess-, Steuer- und Regelungstechnik einbauen, um einen Gebäudeautomatisierungsgrad zu realisieren	15,0 %	
Energieeffiziente Beleuchtungssysteme	15,0 %	
Optimierung der Heizungsanlage für Anlagen < 20 Jahre (maximal 1.000 m² NGF)	15,0 %	
Heizungsoptimierung zur Emissionsminderung	50,0 %	

- **Förderfähige Ausgaben** 500 €/A_{NGF} und insgesamt max. 5 Mio. €
- **Planungsbegleitung:** 5 €/A_{NGF} bis maximal 20.000 €, davon 50 % als Zuschuss

➤ Im vorliegenden Fall werden die förderfähigen Ausgaben durch die Grundfläche des Gebäudes begrenzt. Bei einer Fläche von rund 600 m² beträgt der zu erwartende Zuschuss 45.000 €

Anwendung auf andere Gebäude

„kleines“ Maßnahmenpaket

- Einzelmaßnahmen wirtschaftlich nur sinnvoll als sowieso-Maßnahme
- Flächenheizung mit geringen Vorlauftemperaturen (Wärmepumpen-Ready)
- Lüftung mit Wärmerückgewinnung
- Energiesparende Beleuchtung
- PV (Nutzung erneuerbarer Energien)

Wärmeerzeuger

- Fernwärme (Nahwärme)

ODER

- Wärmepumpe
- Nutzung der Umweltwärme (Faktor $\sim 3,5$)
- PV mit hohem Eigennutzungsanteil

„großes“ Maßnahmenpaket

- energetische Sanierung der Gebäudehülle
- Wärmerückgewinnung im gesamten Gebäude
- Niedertemperatur Heizregister technisch möglich (hoher Platzbedarf)
- Energiesparende Beleuchtung
- PV (Nutzung erneuerbarer Energien)
- Klimapositiver Gebäudebetrieb möglich (Netto-Null)

Vorgehen:

- Prüfen von Regelungsparametern, z.B. Raumsoll-Temperatur
- Identifikation von ungedämmten/schwach gedämmten Bauteilen (opake $U > 0,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, Transparente $U > 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)
- Sanierung schwachgedämmter Bauteile im Rahmen von erforderlichen Instandhaltungsmaßnahmen
- Vorbereitung der Gebäude für Niedertemperatur-Systeme
- PV-Installation mit maximaler Eigenstromnutzung (Gebäudeübergreifend)
- Klimapositiver Gebäudebetrieb (Netto-Null) nur bei umfassender Sanierung möglich
- Alternative: Minimal-Investive-Maßnahmen zur Vorbereitung des Niedertemperaturbetriebs und Umstellung der Wärmeversorgung



INSTITUT FÜR
NACHHALTIGES BAUEN
AACHEN