Sanierungsfahrpläne – Cluster 1 (Schulen)

Radevormwald

Strategien für den Weg zur Klimaneutralität

BAFA-geförderte Energieberatung für Nichtwohngebäude nach DIN V 18599

Im Auftrag der:

Radevormwald
Stadt auf der Höhe

Agenda Cluster 1 (Schulen)

1. Übersicht Cluster 1
2. Vorgehensweise Erstellung Sanierungsfahrplan
3. Ergebnisse Cluster 1
   - Ist-Zustand
   - Wirtschaftliche Maßnahmen
   - Soll-Zustand
4. Fazit
   - Gesamtbilanz
   - Übersicht Kosten
   - Kurz-, Mittel- und Langfristige Maßnahmen
   - Klimawirksamkeit
   - Nächste Schritte

Quelle: Google

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Agenda Cluster 1 (Schulen)

1. **Übersicht Cluster 1**
2. Vorgehensweise Erstellung Sanierungsfahrplan
3. Ergebnisse Cluster 1
   - Ist-Zustand
   - Wirtschaftliche Maßnahmen
   - Soll-Zustand
4. Fazit
   - Gesamtbilanz
   - Übersicht Kosten
   - Kurz-, Mittel- und Langfristige Maßnahmen
   - Klimawirksamkeit
   - Nächste Schritte

Quelle: Google

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Übersicht – Cluster 1
Gebäudebestand

Aula THG

Sekundarschule 21

Sekundarschule 26

THG

GGS Stadt

GGS Wupper, Hauptgebäude*

GGS Wupper, Pavillon*

* aus energetischer Bewertung eines Dritten

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Übersicht – Cluster 1
Gebäudebestand – Überblick

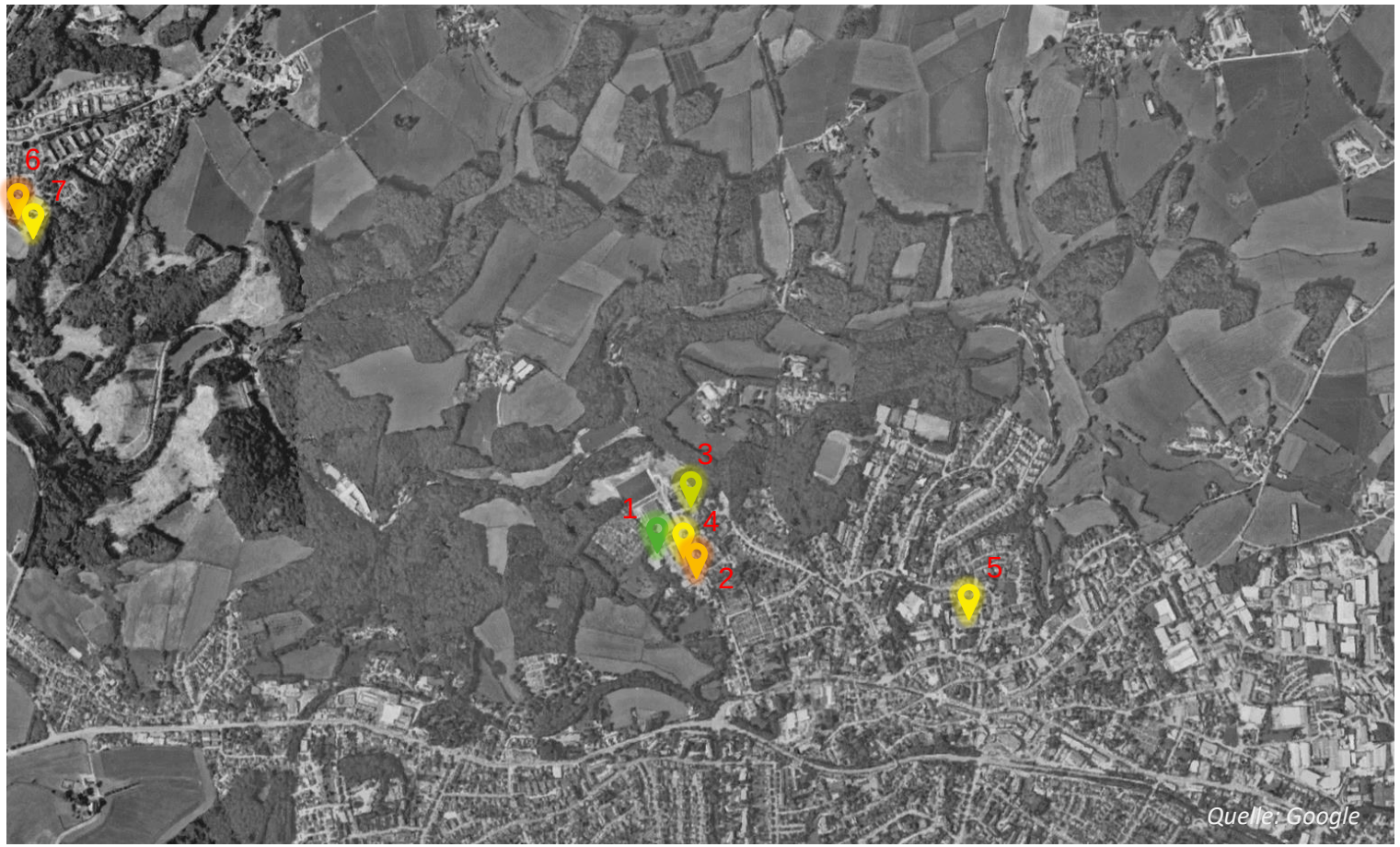
Cluster 1 – 7 Schulgebäude mit unterschiedlichen Baujahren

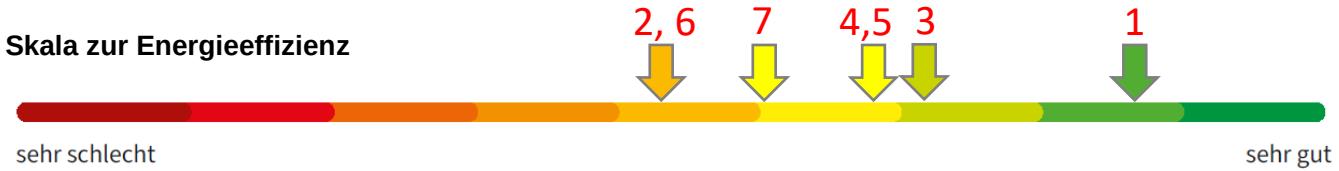
1. Aula THG
2. Sekundarschule 21
3. Sekundarschule 26
4. Theodor-Heuss-Gymnasium
5. GGS Stadt
6. GGS Wupper, Hauptgebäude
7. GGS Wupper, Pavillon

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Übersicht – Cluster 1
Energieeffizienz der Gebäude im Ist-Zustand

1. Aula THG
2. Sekundarschule 21
3. Sekundarschule 26
4. Theodor-Heuss-Gymnasium
5. GGS Stadt
6. GGS Wupper, Hauptgebäude
7. GGS Wupper, Pavillon





enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Agenda Cluster Cluster 1 (Schulen)

1. Übersicht Cluster 1
2. **Vorgehensweise Erstellung Sanierungsfahrplan**
3. Ergebnisse Cluster 1
   - Ist-Zustand
   - Wirtschaftliche Maßnahmen
   - Soll-Zustand
4. Fazit
   - Gesamtbilanz
   - Übersicht Kosten
   - Kurz-, Mittel- und Langfristige Maßnahmen
   - Klimawirksamkeit
   - Nächste Schritte

Quelle: Google

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Grundlagen
Der Beratungsablauf

Vor-Ort Begehung
- Aufnahme der aktuellen Situation

Vorschläge
- Ableiten verschiedener Sanierungs-Vorschläge

Berechnung
- **Erstellen eines 3D-Modells** aus den Gebäudegrundrissen und den Erkenntnissen der Vor-Ort-Begehung

Analyse
- **Prüfen der Vorschläge** auf Kosten- und Energieeinsparung

Auswahl
- Entwicklung **wirtschaftlicher Maßnahmen**

Sanierungsfahrplan
- Erstellen des **aufeinander aufbauenden** Sanierungsfahrplanes

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Vor-Ort Begehung

- Aufnahme der aktuellen Situation

Vorschläge

- Ableiten verschiedener Sanierungs-Vorschläge

Berechnung

- **Erstellen eines 3D-Modells** aus den Gebäudegrundrissen und den Erkenntnissen der Vor-Ort-Begehung

Analyse

- **Prüfen der Vorschläge** auf Kosten- und Energieeinsparung

Auswahl

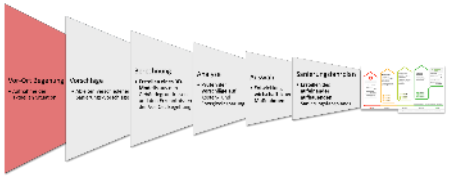
- Entwicklung **wirtschaftlicher Maßnahmen**

Sanierungsfahrplan

- Erstellen des **aufeinander aufbauenden** Sanierungsfahrplanes

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Vor-Ort-Begehung
Ist-Situation



Aufnahme Gebäudehülle

Messungen

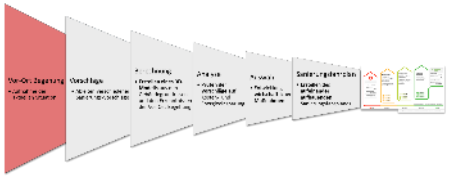
Thermografie
(wenn möglich)

→ Detaillierte Aufnahme des Ist-Zustands / Gebäudebestands (Fenster, Dämmung, Heizung…)

→ Erste Schwachstellen identifiziert

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Vor-Ort-Begehung
Schwachstellen



Metallrahmenfenster Rathaus

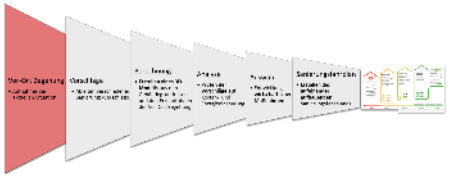
Dämmung OG, Rathaus

Zentrale Wärmeerzeugung, Rathaus

Feuchtigkeitsschaden, Anbau SEK21

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Vor-Ort-Begehung
Positive Eindrücke



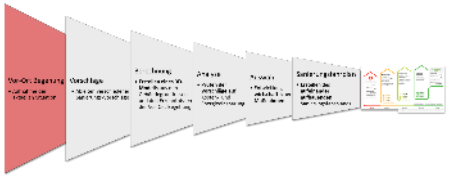
LED-Beleuchtung, SEK21

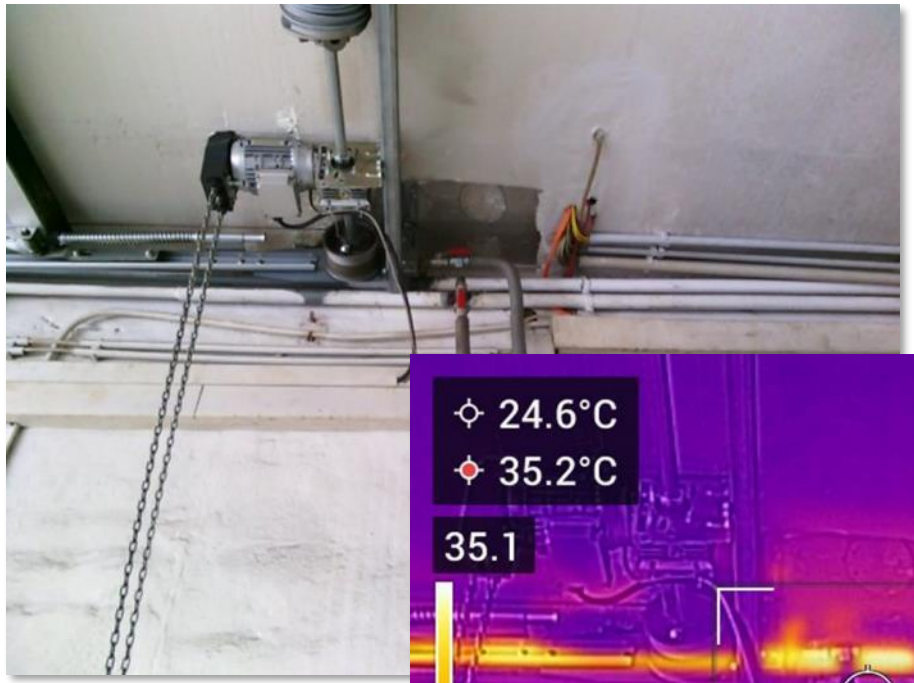
Wärmepumpe, Aula THG

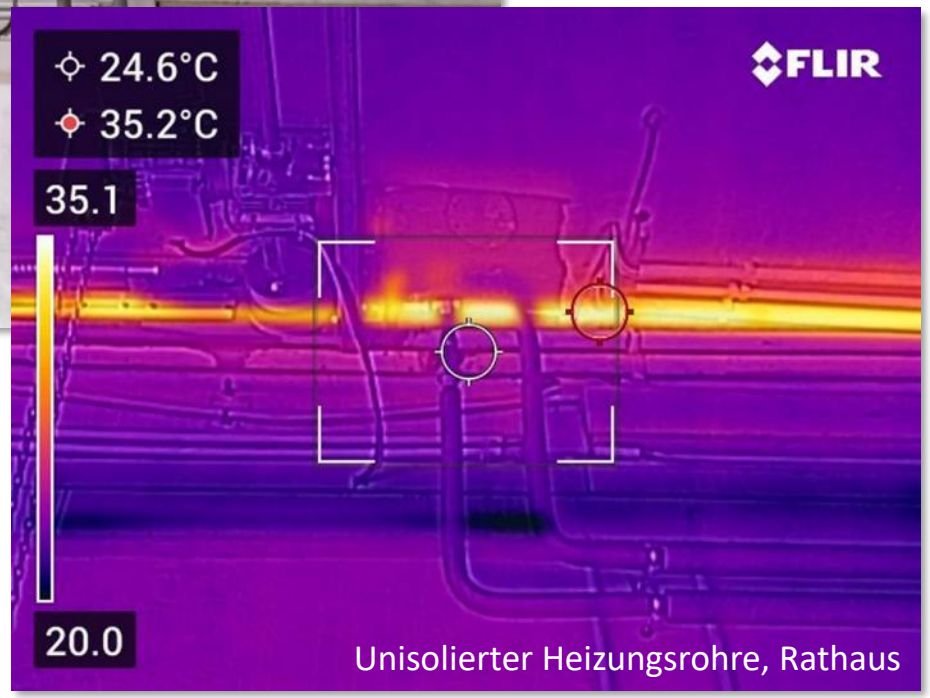
LED-Beleuchtung & Wärmeschutzverglasung, Ärztehaus

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Vor-Ort-Begehung
Thermografie-Untersuchung

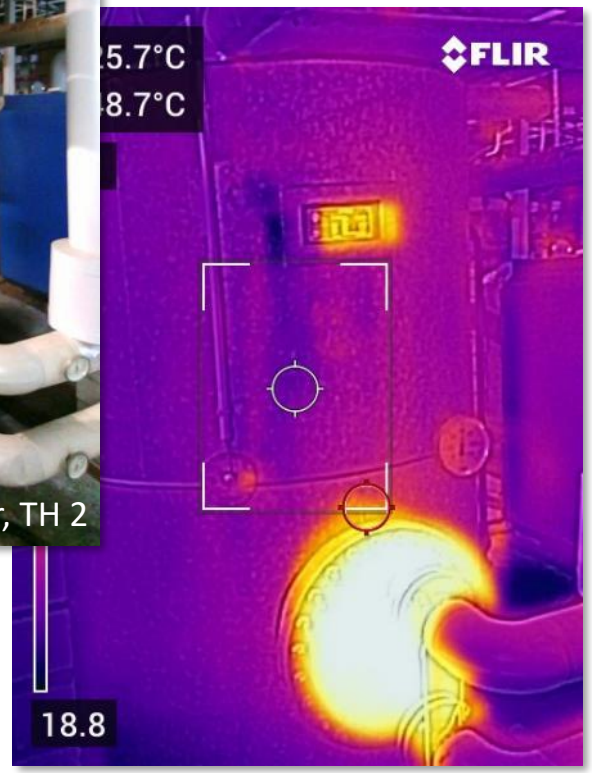






Unisolierter Heizungsrohre, Rathaus

Unisolierter TWW-Speicher, TH 2



enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Vor-Ort Begehung

- Aufnahme der aktuellen Situation

Vorschläge

- Ableiten verschiedener Sanierungs-Vorschläge

Berechnung

- **Erstellen eines 3D-Modells** aus den Gebäudegrundrissen und den Erkenntnissen der Vor-Ort-Begehung

Analyse

- **Prüfen der Vorschläge** auf Kosten- und Energieeinsparung

Auswahl

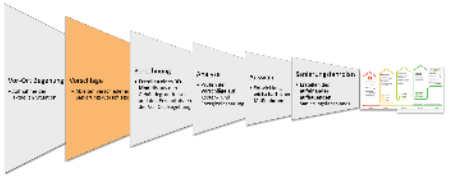
- Entwicklung **wirtschaftlicher Maßnahmen**

Sanierungsfahrplan

- Erstellen des **aufeinander aufbauenden** Sanierungsfahrplanes

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Vorschläge
Sanierungsvorschläge



→ Aus Vor-Ort-Begehung ergeben sich mögliche Sanierungsvorschläge

Gebäudebauteil	Sanierungspotential	Sanierungsvorschlag
Heizungsanlage	mäßig	Sanierung der Heizungsanlage mit Reduktion fossiler Energieträger
Dach	gering	Sanierung der Dachflächen und Reduzierung der Wärmebrücken – nach Vorgaben BEG
Erneuerbare Energien	mäßig	Einbindung erneuerbarer Energien über Photovoltaik – Statik beachten
Außenfassade	mäßig	Aufbringung einer Außendämmung nach Vorgaben BEG-Förderung auf ungedämmte Fassade
Fenster	mäßig	Austausch der Tür- und Fensteranlagen vor 2002 gemäß den Vorgaben der BEG-Förderung
Beleuchtung	hoch	Hocheffiziente LED-Beleuchtung im gesamten Gebäude
Wärmeverteilung	mäßig	Prüfung der Wärmedämmung der Rohrleitungen, Durchführung eines hydraulischen Abgleichs (förderfähig)

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Abstimmung Auftraggeber
Input aus der Fachabteilung

Gebäudebauteil	Ist-Zustand	Sanierungs-potential	Sanierungsvorschlag	Kommentar/Änderungswunsch
Außenfassade (1)	Überwiegend nachträglich gedämmte Fassade mit Metallverkleidung	mäßig	Dämmen der nicht gedämmten Außenwand gegen Luft	
Beleuchtung	Überwiegend konventionelle Leuchtstoffröhren	hoch	Hocheffiziente LED-Beleuchtung im gesamten Gebäude	Beleuchtungstausch sukzessive vorgesehen
Dach	Obere Geschossdecken im unbegehbaren Dachboden gedämmt	gering	Keine	Hauptgebäude: Dachsanierung notwendig (ca. 50 Jahre alt) Dämmung erneuern. * Anbau: Undichtigkeiten im Dach. Prüfung ob Neubau oder Aufstockung & Kernsanierung
Erneuerbare Energien	Bisher keine Nutzung/Erzeugung	hoch	Einbindung erneuerbarer Energien über Photovoltaik	~ 22kWp sind möglich + Evtl. Anbau mitbetrachten
Fenster (2)	Fenster im Hauptgebäude aus 1997. Im Anbau aus 1968	mäßig	Austausch der Tür- und Fensteranlagen im Anbau gemäß den Vorgaben der BEG-Förderung	* (s. Anmerkung zu Dach)
Innerer Abschluss	Kellerdecke und gegen unbeheizte Räume ungedämmt. Garagendecke leicht gedämmt	mäßig	Nachträgliches Dämmen der Garagendecke und Kellerdecke von unten	* (s. Anmerkung zu Dach)
Heizungsanlage	Zwei Brennwertkessel (Erdgas) aus 1990	mäßig	Umstellung der Heizungsanlage zur Reduktion der fossilen Energieträger a. Gas-Hybrid b. Wärmepumpe c. Biomasse	**Biomasse nicht von Bedeutung (gilt für alle Gebäude)**
Wärmeverteilung	Überwiegend gedämmte Wärmeverteilung ohne hydr. Abgleich	mäßig	Prüfung der Wärmedämmung der Rohrleitungen, Durchführung eines hydraulischen Abgleichs (förderfähig)	

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Vor-Ort Begehung

- Aufnahme der aktuellen Situation

Vorschläge

- Ableiten verschiedener Sanierungs-Vorschläge

Berechnung

- **Erstellen eines 3D-Modells** aus den Gebäudegrundrissen und den Erkenntnissen der Vor-Ort-Begehung

Analyse

- **Prüfen der Vorschläge** auf Kosten- und Energieeinsparung

Auswahl

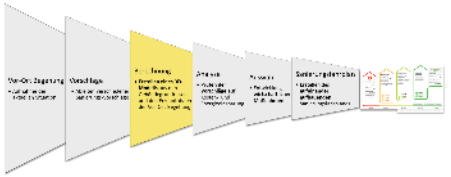
- Entwicklung **wirtschaftlicher Maßnahmen**

Sanierungsfahrplan

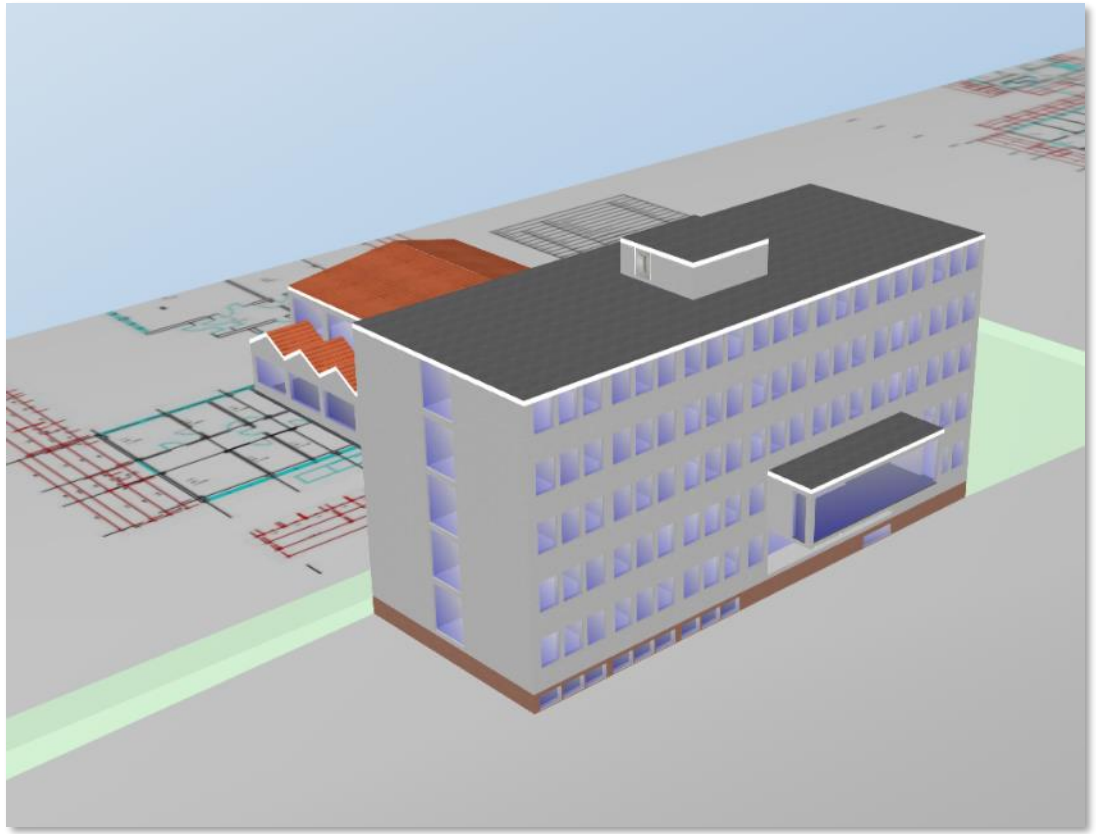
- Erstellen des **aufeinander aufbauenden** Sanierungsfahrplanes

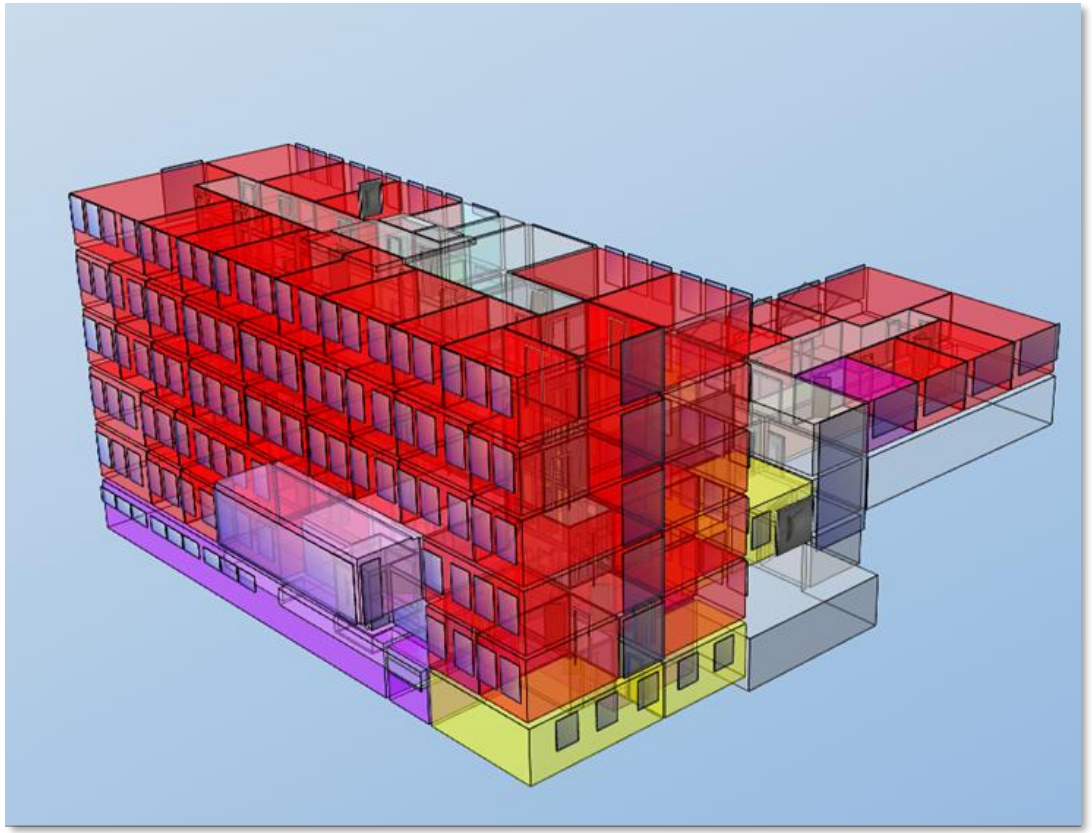
enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Berechnung
3D-Modell und Zonierung

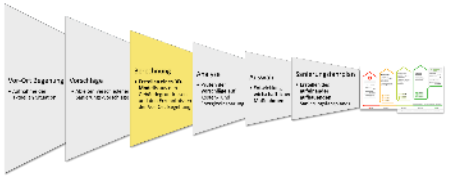


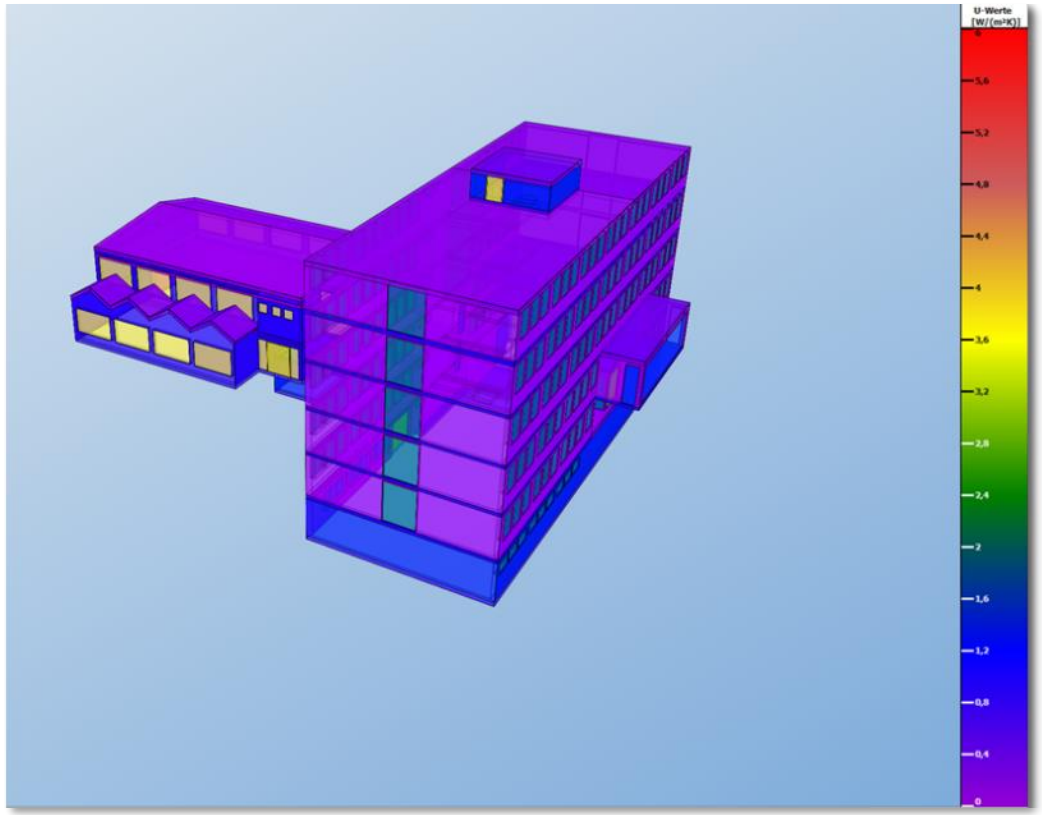
→ Gebäudepläne, U-Werte, Nutzung, Erkenntnisse der Vor-Ort-Begehung





Berechnung
U-Wert und Energiebedarf

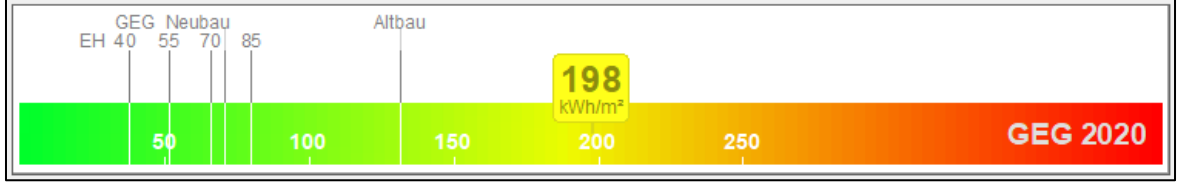




Anforderungen GEG und BEG — GEG Übersicht anzeigen

BEG-Anforderungen		Gebäudewerte	EH 40	EH 55	EH 70	EH 100	GEG	EH 160
			☐ < 37,7	☐ < 51,8	☐ < 65,9	☐ < 94,1	☐ < 131,8	☐ < 150,6
Primärenergiebedarf Qp		**197,7 kWh/m²**						
	GEG:	0,52 W/m²K	☐ < 0,18	☐ < 0,22	☐ < 0,26	☐ < 0,34	☑ < 0,56	
U_m opake Bauteile	BEG:	**0,49 W/m²K**						
			☐ < 1,0	☐ < 1,2	☐ < 1,4	☐ < 1,8	☑ < 2,7	
U_m transparente Bauteile		**2,4 W/m²K**						
	GEG:	0,00 W/m²K	☐ < 1,6	☐ < 2,0	☑ < 2,4	☑ < 3,0	☑ < 4,3	
U_m Türen/Tore(BEG), Lichtkuppeln, etc.	BEG:	**2,3 W/m²K**						

Mittlere U-Werte: i



→ Primär- und Endenergiebedarf des Gebäudes werden berechnet

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Vor-Ort Begehung

- Aufnahme der aktuellen Situation

Vorschläge

- Ableiten verschiedener Sanierungs-Vorschläge

Berechnung

- **Erstellen eines 3D-Modells** aus den Gebäudegrundrissen und den Erkenntnissen der Vor-Ort-Begehung

Analyse

- **Prüfen der Vorschläge** auf Kosten- und Energieeinsparung

Auswahl

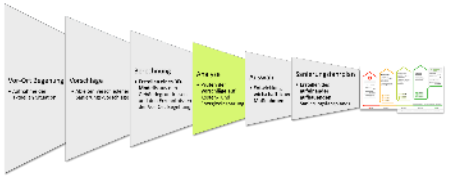
- Entwicklung **wirtschaftlicher Maßnahmen**

Sanierungsfahrplan

- Erstellen des **aufeinander aufbauenden** Sanierungsfahrplanes

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Analyse
Beispielhafte Ergebnisse



Sanierungs-/Handlungsbedarf		Vorschlag
Fenster	**hoch**	Fenstertausch gegen Wärmeschutzverglasung
Außenfassade	**mittel/hoch**	Dämmung der bisher ungedämmten Außenwand
Dach	**mittel**	Zusätzliche Dachdämmung bisher wenig bis ungedämmter Dachflächen
Boden Außenluft	**mittel**	Dämmen der Garagendecke
Beleuchtung	**hoch**	Einbau hocheffizienter LED-Beleuchtung
Heizungsanlage	**mittel**	Reduktion des Einsatzes fossiler Energieträger
Warmwasserbereitung	**gering**	Kein Vorschlag
Wärmeverteilung	**gering**	Vervollständigen der vorhandenen Dämmung, hydraulischer Abgleich
Lüftungsanlage	**mittel**	Dezentrale Zu-/Abluftanlage mit WRG
Erneuerbare Energien	**mittel**	Eigenstromerzeugung mittels Photovoltaik

Sanierungsvorschlag	Energieeinsparung in % an Gesamtverbrauch	Energieeinsparung (Simulation) in kWh	Energieeinsparung (Verbrauch) in kWh
EM 1a, Fassade (GEG)	5,4%	35.898	21.237
EM 1b, Fassade (BEG)	5,6%	37.209	22.013
EM 2a, Fenster Anbau (GEG)	8,5%	55.965	33.109
EM 2b, Fenster Anbau (BEG)	9,1%	60.351	35.704
EM 3a, Dach (GEG)	2,1%	13.865	8.203
EM 3b, Dach (BEG)	2,7%	17.596	10.410
EM 4, Innerer Abschluss	2,7%	17.596	10.410
EM 5, Beleuchtung	2,1%	8.347	8.347
EM 6a, Gas-Hybrid	36,9%	244.103	144.412
EM 6b, Sole-Wärmepumpe	52,5%	347.346	205.491
EM 7, Lüftung	6,3%	45.288	24.594
EM 8a, PV 22 kW ohne Speicher	3,8%	14.729	14.729
EM 8b, PV 34 kW ohne Speicher	5,6%	21.983	21.983
EM 8c, PV 34 kW mit Speicher	6,3%	24.832	24.832

Vor-Ort Begehung

- Aufnahme der aktuellen Situation

Vorschläge

- Ableiten verschiedener Sanierungs-Vorschläge

Berechnung

- **Erstellen eines 3D-Modells** aus den Gebäudegrundrissen und den Erkenntnissen der Vor-Ort-Begehung

Analyse

- **Prüfen der Vorschläge** auf Kosten- und Energieeinsparung

Auswahl

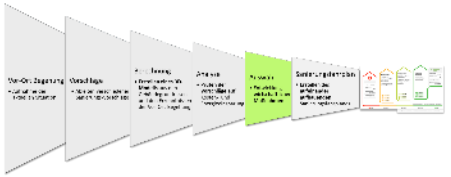
- Entwicklung **wirtschaftlicher Maßnahmen**

Sanierungsfahrplan

- Erstellen des **aufeinander aufbauenden** Sanierungsfahrplanes

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Sanierungsvorschläge
Beispielhafter Variantenvergleich



Vorschlag	Investitions-kosten	Mögliche Förderung	Energiekosten-einsparung	Amortisation
	in €	in €	in €/Jahr	in Jahre
Fassade (GEG)	*123.500*	*0*	*2.548*	*48,46*
Fassade (BEG)	130.900	19.635	2.642	42,12
Fenster Anbau (GEG)	*75.900*	*0*	*3.973*	*19,10*
Fenster Anbau (BEG)	91.300	13.695	4.284	18,11
Dach (GEG)	*116.600*	*0*	*984*	*118,46*
Dach (BEG)*	135.600	20.340	1.249	92,27
Innerer Abschluss	13.800	1.317	1.249	9,99
Beleuchtung	45.250	11.312	2.087	16,30
Gas-Hybrid	*274.000*	*57.925*	*12.333*	*17,52*
Sole-Wärmepumpe	453.700	189.480	12.597	20,98
Lüftung**	210.000	52.500	2.252	69,95
PV 34 kW ohne Speicher	48.860	0	5.956	8,55

Alternativ:
Effizienzgebäude (bspw. EG-70 EE) als Komplettsanierung

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Vor-Ort Begehung

- Aufnahme der aktuellen Situation

Vorschläge

- Ableiten verschiedener Sanierungs-Vorschläge

Berechnung

- **Erstellen eines 3D-Modells** aus den Gebäudegrundrissen und den Erkenntnissen der Vor-Ort-Begehung

Analyse

- **Prüfen der Vorschläge** auf Kosten- und Energieeinsparung

Auswahl

- Entwicklung **wirtschaftlicher Maßnahmen**

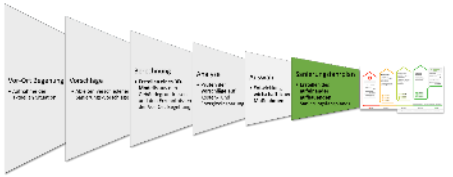
Sanierungsfahrplan

- Erstellen des **aufeinander aufbauenden** Sanierungsfahrplanes

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Entwicklung Sanierungsfahrplan

Beispiel Sanierungsfahrplan



IST-Zustand

Energiekosten: 58.989 €

CO_2-Emissionen 112,2 t

Endenergieverbrauch: 391.062 kWh

Primärenergieverbrauch: 495.116 kWh

Maßnahmenpaket 1

Das Maßnahmenpaket 1 umfasst umfasst die Dämmung außen und innen sowie Lüftungstechnik

- Dämmung der ungedämmten Außenwände nach BEG
- Austausch der Metallrahmenfenster "Anbau" gegen 3-fach verglaste Fenster
- Dämmung der unbeheizten Kellerräume
- Dezentrale Lüftungsanlage in Büroräumen mit WRG

446.000 € | - € | 87.147 €

Maßnahmenpaket 2

Das Maßnahmenpaket 2 umfasst die Dachflächen und die Einbindung erneuerbarer Energien

- Dämmung der Flach- und Steildächer "Anbau" und Neuaufbau Dach "Hauptgebäude" mit bis zu 24 cm WLG035 Dämmung
- Installation einer 34 kW PV-Anlage auf dem Flachdach "Hauptgebäude" und der südlichen Dachfläche "Anbau"

167.660 € | 60.200 € | 20.340 €

Maßnahmenpaket 3

Das Maßnahmenpaket 3 umfasst die Anlagentechnik. Hier sollte nach einer Sanierung die Heizlast des Gebäudes berechnet werden.

- Flächendeckende LED-Beleuchtung im gesamten Gebäude
- Einbau einer Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Geothermie als einziger Wärmeerzeuger
- Heizungsoptimierung

498.950 € | - € | 200.792 €

Ihr Gebäude in der Zukunft

Energiekosten: 35.536 € (- 39,76 %)

CO_2-Emissionen 79,6 t (- 29,06 %)

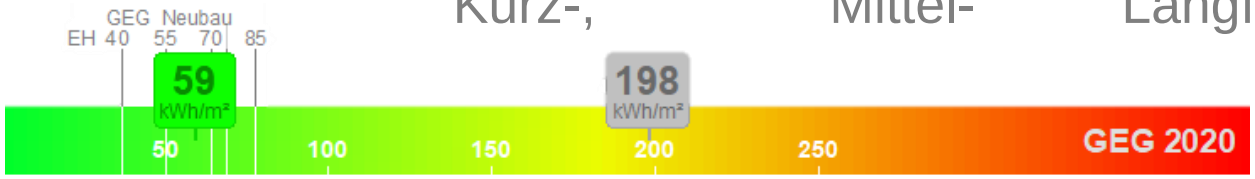
Endenergieverbrauch 142.145 kWh (- 63,65 %)

Primärenergieverbrauch 255.860 kWh (- 48,32 %)

Investitionskosten* | davon Instandhaltung | Förderung**

Heute | ca. 09.2024 | ca. 04.2025 | ca. 05.2026 | Ziel

Kurz-, | Mittel- | Langfristige Maßnahmen



enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Agenda Cluster 1 (Schulen)

1. Übersicht Cluster 1
2. Vorgehensweise Erstellung Sanierungsfahrplan
3. **Ergebnisse Cluster 1**
   - **Ist-Zustand**
   - **Wirtschaftliche Maßnahmen**
   - **Soll-Zustand**
4. Fazit
   - Gesamtbilanz
   - Übersicht Kosten
   - Kurz-, Mittel- und Langfristige Maßnahmen
   - Klimawirksamkeit
   - Nächste Schritte

Quelle: Google

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse
Untersuchte Komponenten – Ist-Zustand

Gebäudehülle

Außenfassade | Dach | Fenster | Boden

Heizung

Heizungsanlage | Warmwasserbereitung | Wärmeverteilung

Weitere Gebäudetechnik

Lüftungsanlage | Beleuchtung | Kälte | Erneuerbare Energien

Technisches Sanierungspotential

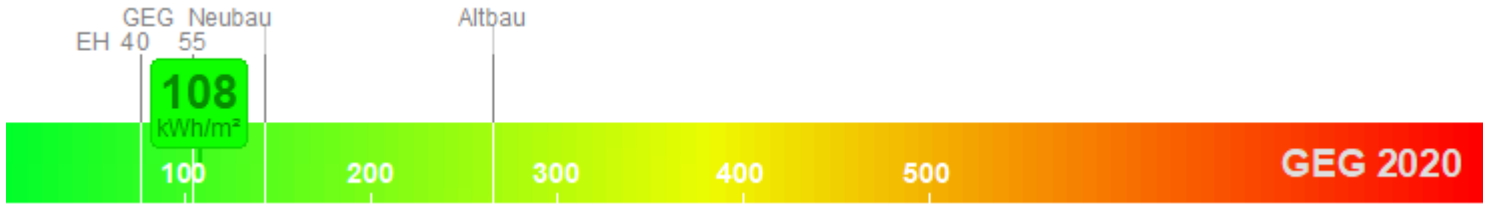
gering | mäßig | hoch

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse
Ist-Zustand – 1. Aula THG

- Eckdaten
  - Ein- bis zweigeschossige Aula
  - Baujahr: 2008

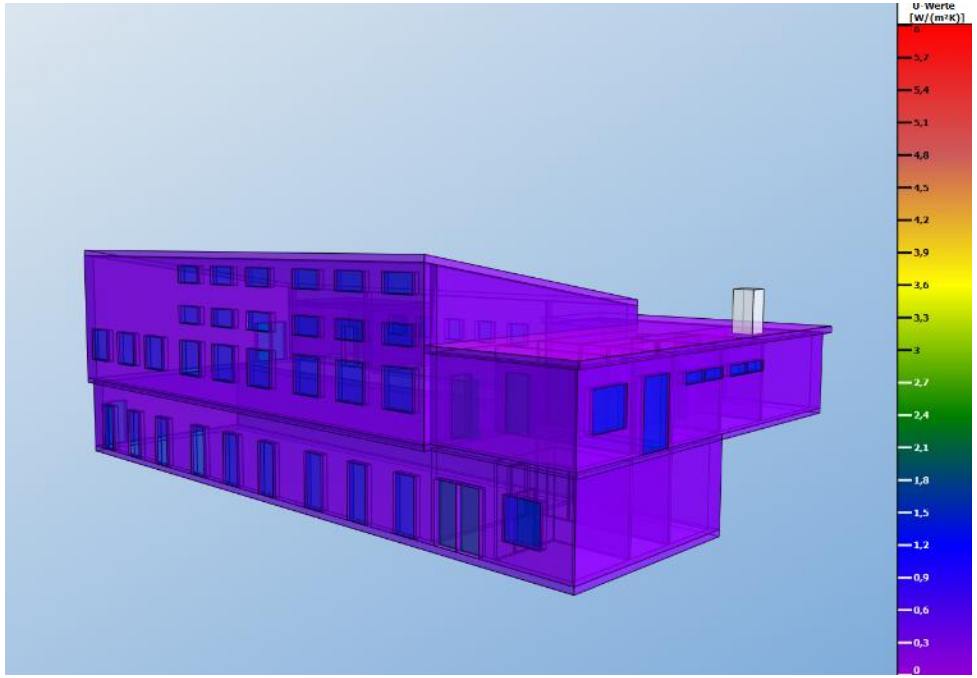
- Schwachstellen
  - Teilweise stark verwitterte Fassade
  - Überwiegend konventionelle Leuchtstoffröhren
  - Nutzung PV auf Dachflächen möglich



enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse
Wirtschaftliche Maßnahmen – 1. Aula THG

Vorschlag	Investitions-kosten	Mögliche Förderung	Energiekosten-einsparung	Amortisation
	in €	in €	in €/Jahr	in Jahre
Fassade (GEG)	72.300	0	246	293,7
Fassade (BEG)	*75.400*	*11.310*	*269*	*237,9*
Dach (GEG)	*59.400*	*0*	*74*	*803,9*
Dach (BEG)	76.400	11.460	115	563,5
Hydraulischer Abgleich	2.00	300	52	33,0
Beleuchtung	12.350	3.088	1.156	8,0
PV groß	*49.000*	*0*	*3.253*	*16,3*
PV klein	19.600	0	1.737	12,0



enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse
Soll-Zustand – 1. Aula THG

Investition: 185.750 €

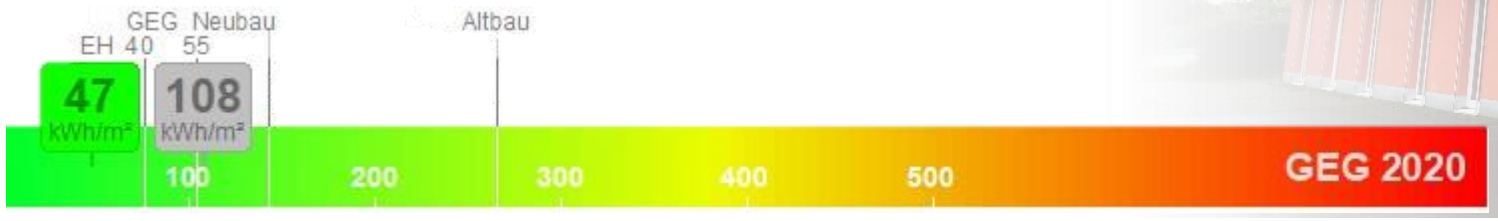
→Förderung: 26.158 €

Reduktionspotenzial:

→Energie: - 11.447 kWh/a (- 64,8 %)

→Energiekosten: - 2.862 €/a (- 64,8 %)

→CO_2-Emissionen: - 6.400 kg/a (- 64,8 %) (mit Ökostrom: 100 %)



enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

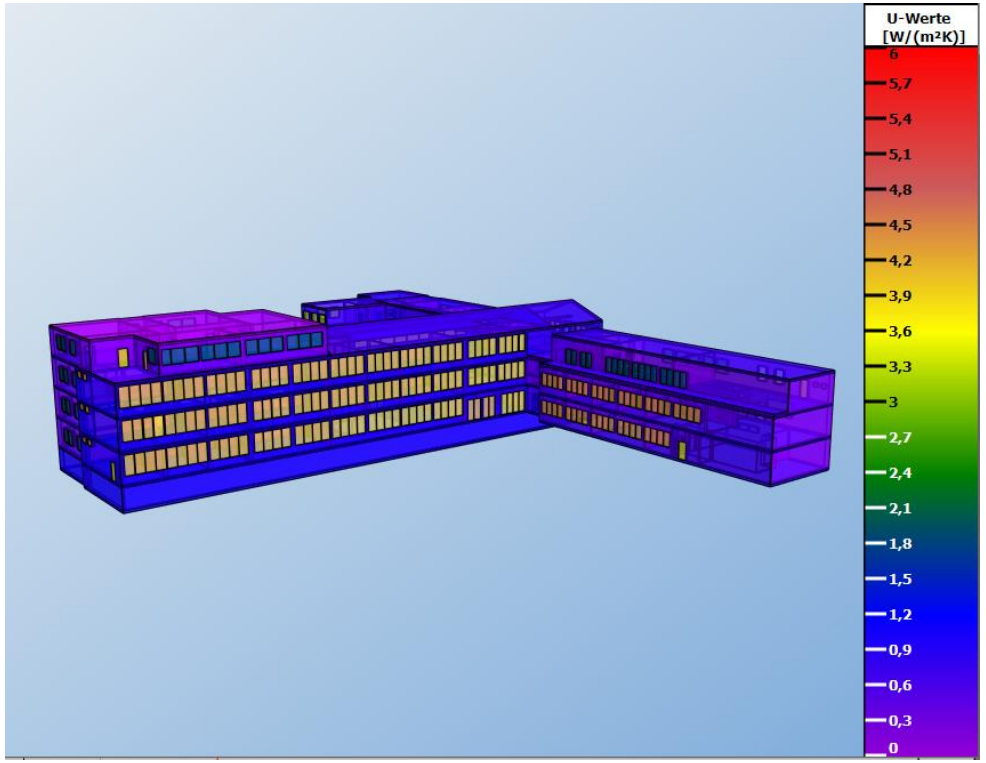
Ergebnisse
Ist-Zustand – 2. SEK 21

- Eckdaten
  - Hauptgebäude mit drei Vollgeschossen in Hanglage
  - Baujahr: 1960er Jahre
  - Sanierung: teilweise Fassade (2001), Fenster (2001/08), Heizung (1992/09)
- Schwachstellen
  - Teilweise ungedämmte Fassade
  - Überwiegend veraltete Fensteranlagen (1978)
  - Feuchtigkeitsschäden im Übergang Keller Anbau
  - Ungedämmte Kellerdecke
  - Überwiegend konventionelle Leuchtmittel
  - Rein fossile Energieerzeugung

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse
Sanierungsvorschläge – 2. SEK 21

Vorschlag	Investitions-kosten	Mögliche Förderung	Energiekosten-einsparung	Amortisation
	in €	in €	in €/Jahr	in Jahre
Fassade Altbau (BEG)	390.500	58.575	8.420	39,4
Fassade gesamt (BEG)	*540.800*	*81.120*	*9.872*	*46,6*
Dach/OG (GEG)	*234.500*	*0*	*6.764*	*34,7*
Dach/OG (BEG)	251.800	37.770	7.119	30,1
Fenster (GEG)	*362.700*	*0*	*9.315*	*38,9*
Fenster (BEG)	434.300	65.145	9.813	37,6
EM 4a, Innerer Abschluss GEG	*140.800*	*0*	*3.285*	*42,9*
Innerer Abschluss BEG	151.300	22.695	3.690	34,8
Beleuchtung	108.125	27.031	7.343	11,0
Lüftung	169.000	42.250	6.501	19,5
Heizungsoptimierung mit Gas-Hybrid	495.000	115.000	35.506	10,7
Heizungsoptimierung mit Sole-Wärmepumpe	*1.195.000*	*377.000*	*46.205*	*17,7*
PV 45 kWp	*63.000*	*0*	*6.947*	*9,5*
PV 29 kWp	40.600	0	5.955	7,1



enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse
Soll-Zustand – 2. SEK 21

Investition: 2.040.625 €

→Förderung: 368.466 €

Reduktionspotenzial:

→Energie: - 603.935 kWh/a (- 79,2 %)

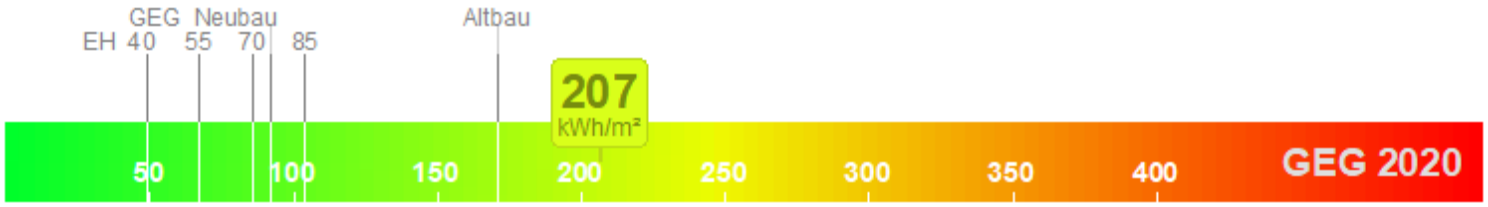
→Energiekosten: - 60.412 €/a (- 60,9 %)

→CO_2-Emissionen: - 88.800 kg/a (- 50,6 %) (mit Ökostrom: -98 %)

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse
Ist-Zustand – 3. SEK 26

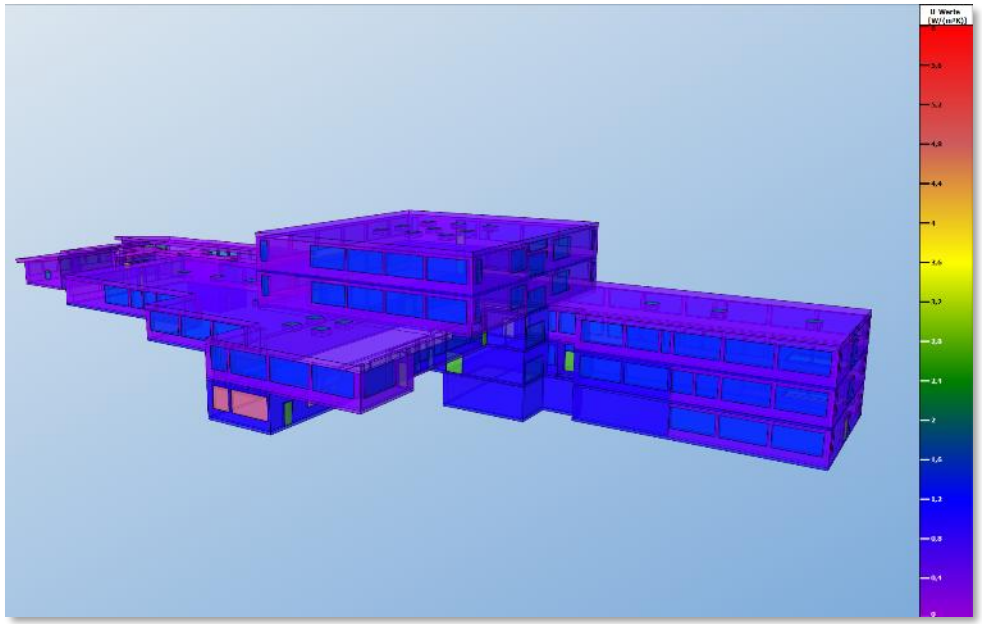
- Eckdaten
  - Hauptgebäude mit vier Vollgeschossen in Hanglage
  - Anbau mit einem Vollgeschossen
  - Baujahr: 1976 / 1996
  - Sanierung: Fenster 2010
- Schwachstellen
  - Teilweise ungedämmte Fassade
  - Vereinzelt veraltete Fenster
  - Fassadendämmung entspricht nicht heutigem Stand der Technik
  - Rein fossile Energieerzeugung



enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse
Wirtschaftliche Maßnahmen – 3. SEK 26

Vorschlag	Investitions-kosten	Mögliche Förderung	Energiekosten-einsparung	Amortisation
	in €	in €	in €/Jahr	in Jahre
Fassade (ungedämmt)	218.900	32.835	4.995	37,25
Fassade (komplett)	*626.800*	*94.020*	*8.268*	*64,44*
Dach (GEG)	*434.000*	*0*	*7.760*	*55,93*
Dach (BEG)	490.800	73.620	8.957	46,58
Fenster (GEG)	*26.300*	*0*	*861*	*30,54*
Fenster (BEG)	31.400	4.710	896	29,80
Innerer Abschluss	*23.500*	*1.317*	*379*	*58,54*
Beleuchtung	184.700	46.175	5.573	24,86
Lüftung zentral	105.125	26.281	4.206	18,75
Lüftung dezentral	182.000	45.500	5.103	26,75
Gas-Hybrid	331.700	82.925	21.472	11,59
PV 99 kW ohne Speicher	152.400	0	152.400	18.008



Ergebnisse
Soll-Zustand – 3. SEK 26

Investition: 1.697.025 €

→Förderung: 312.046 €

Reduktionspotenzial:

→Energie: - 450.628 kWh/a (- 55,3 %)

→Energiekosten: - 33.352 €/a (- 30,2 %)

→CO_2-Emissionen: - 34.000 kg/a (- 17,1 %) (mit Ökostrom: -85 %)

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

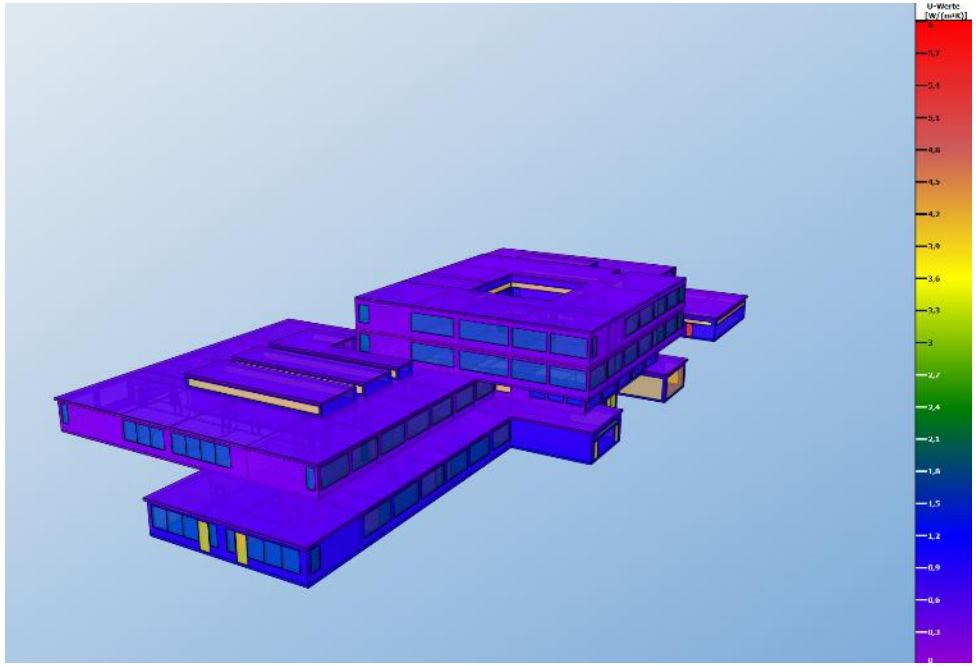
Ergebnisse
Ist-Zustand – 4. THG

- Eckdaten
  - Hauptgebäude mit drei Vollgeschossen in Hanglage
  - Turnhalle mit ein bis zwei Vollgeschossen
  - Baujahr: 1970
  - Sanierung: Fenster (2017), Heizung (2010/2021)
- Schwachstellen
  - Teilweise ungedämmte Fassade
  - Fassadendämmung entspricht nicht heutigem Stand der Technik
  - Feuchtigkeitsschäden im Übergang Schulgebäude - Sporthalle
  - Rein fossile Energieerzeugung

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse
Wirtschaftliche Maßnahmen – 4. THG

Vorschlag	Investitions-kosten	Mögliche Förderung	Energiekosten-einsparung	Amortisation
	in €	in €	in €/Jahr	in Jahre
Fassade (ungedämmt, Beton (GEG))	*118.400*	*0*	*4.358*	*27,2*
Fassade (ungedämmt, Beton (BEG))	121.900	18.285	4.471	23,2
Fassade (komplette Fassade)	*462.000*	*69.300*	*12.076*	*32,5*
Fenster (GEG)	*103.200*	*0*	*5.961*	*17,3*
Fenster (BEG)	124.300	18.645	6.166	17,1
Dach (GEG)	*573.400*	*0*	*2.261*	*223,5*
Dach (BEG)	*634.700*	*95.205*	*4.152*	*116,0*
Keller (GEG)	62.800	0	*4.543*	*13,8*
Keller (BEG)	67.300	10.095	5.149	11,1
Beleuchtung	136.250	34.063	10.634	9,6
Heizungsoptimierung mit Gas-Hybrid	405.000	92.500	37.650	8,3
Heizungsoptimierung mit Sole-Wärmepumpe	*1.125.000*	*360.000*	*30.437*	*25,1*
Lüftung	344.000	86.000	8.755	29,5



Ergebnisse
Soll-Zustand – 4. THG

Investition: 1.198.750 €

→Förderung: 259.588 €

Reduktionspotenzial:

→Energie: - 607.989 kWh/a (- 60,2 %)

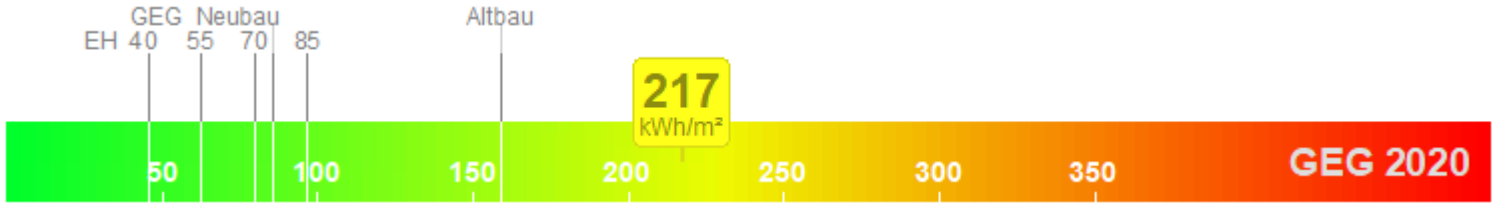
→Energiekosten: - 43.792 €/a (- 31,0 %)

→CO_2-Emissionen: - 42.500 kg/a (- 16,4 %) (mit Ökostrom: -98 %)

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse
Ist-Zustand – 5. GGS Stadt

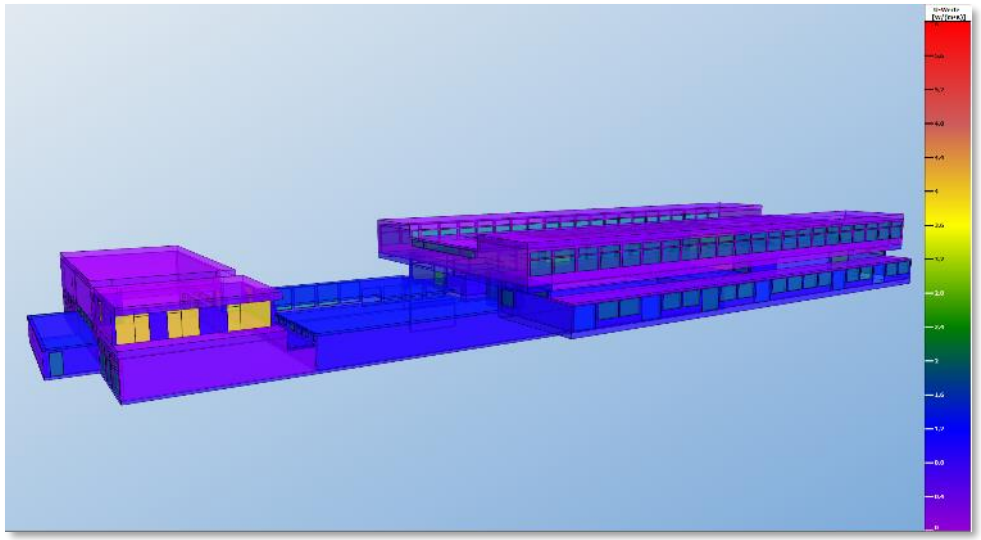
- Eckdaten
  - Hauptgebäude mit drei Vollgeschossen in Hanglage
  - Turnhalle mit ein bis zwei Vollgeschossen
  - Baujahr: 1969
  - Sanierung: Fenster (2017), Heizung (2010/2021)
- Schwachstellen
  - Teilweise ungedämmte Fassade
  - Fassadendämmung entspricht nicht heutigem Stand der Technik
  - Feuchtigkeitsschäden im Übergang Schulgebäude - Sporthalle
  - Rein fossile Energieerzeugung



enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse
Wirtschaftliche Maßnahmen – 5. GGS Stadt

Vorschlag	Investitions-kosten	Mögliche Förderung	Energiekosten-einsparung	Amortisation
	in €	in €	in €/Jahr	in Jahre
Fassade (ungedämmter Bereich)	205.200	0	6.974	29,42
Fassade (komplette Fassade)	*460.000*	*69.000*	*8.405*	*46,52*
Fenster (GEG)	*96.400*	*0*	*5.016*	*19,22*
Fenster (BEG)	116.100	17.415	5.346	18,46
Dach (GEG)	*64.900*	*0*	*6.502*	*9,98*
Dach (BEG)	73.000	10.950	6.777	9,16
Beleuchtung	102.100	25.525	7.808	9,81
Gas-Hybrid mit Wärmepumpe	273.700	68.425	18.207	11,27
Gas-Hybrid mit Solarthermie	*257.700*	*53.850*	*8.837*	*23,07*
Sole-Wärmepumpe	*1.166.100*	*372.830*	*18.022*	*44,02*
Lüftung	195.000	48.750	4.044	36,17
PV 60 kW ohne Speicher	85.120	0	9.035	9,89



Ergebnisse
Soll-Zustand – 5. GGS Stadt

Investition: 1.050.220 €

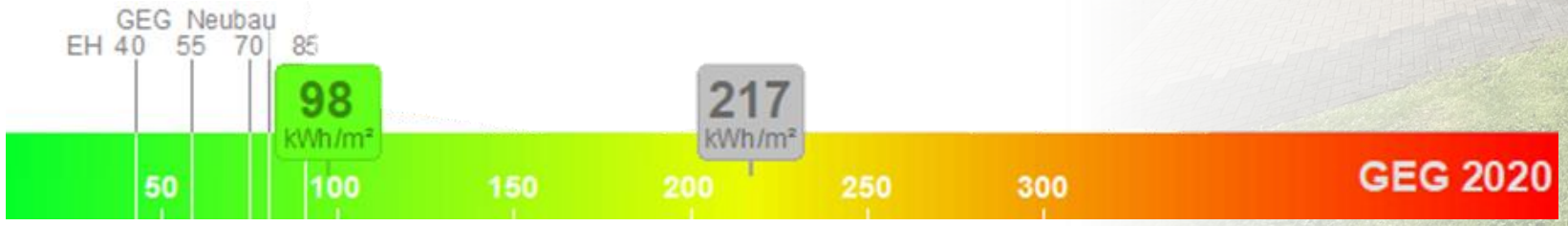
→Förderung: 201.845€

Reduktionspotenzial:

→Energie: - 406.788 kWh/a (- 56,4 %)

→Energiekosten: - 36.112 €/a (- 38,0 %)

→CO_2-Emissionen: - 47.200 kg/a (- 27,9 %) (mit Ökostrom: -77 %)



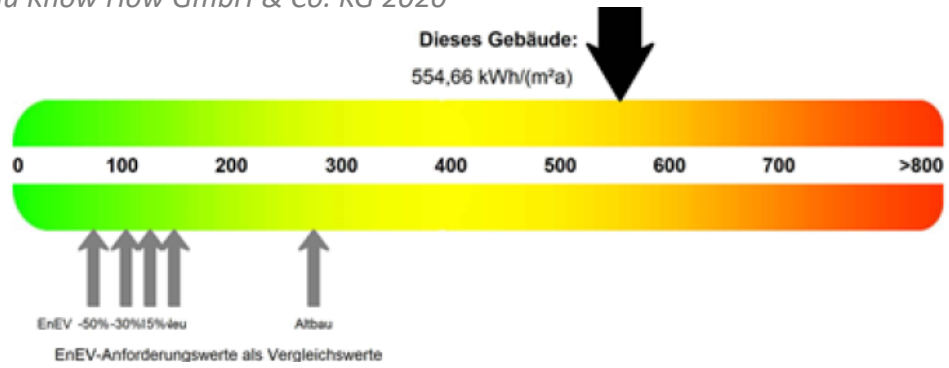
enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse
Ist-Zustand – 6. GGS Wupper

- Eckdaten
  - Baujahr: 1969
  - Sanierung: keine

- Schwachstellen
  - Fassade
  - Fenster
  - Rein fossile Energieerzeugung

Stand: Ingenieurbüro Bau Know How GmbH & Co. KG 2020



Berechnungen gem. Ingenieurbüro Bau Know How GmbH & Co. KG
Ausschließlich Bedarfsrechnungen, Fördersätze teils veraltet.

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse
Sanierungsvorschläge – 6. GGS Wupper

Maßnahmen	Einsparung kWh/a	Einsparung €/a	Investitionskosten €
Wanddämmung 14-18 cm WLZ 035	217.176	12.430	69.440
Fensteraustausch (alle) Uw <= 0,95 W/m²K Dreischeibenglas	58.043	3.325	159.440
Dachdämmung 12 cm EPS WLZ 035	101.881	5.814	183.800
Einbau eines BHKW ca. 50 kW mit Gas Brennwert Spitzenlastgerät ca. 170 kW	177.822	11.015	50.000 € gesamt für alle Gebäude
Summe	**554.922**	**32.584**	

- BHKW-Maßnahme sollte sehr genau geprüft werden!

Berechnungen gem. Ingenieurbüro Bau Know How GmbH & Co. KG
Ausschließlich Bedarfsrechnungen, Fördersätze teils veraltet.

Ergebnisse
Soll-Zustand – 6. GGS Wupper

Investition: 484.240 €

→Förderung: 133.166 €

Reduktionspotenzial:

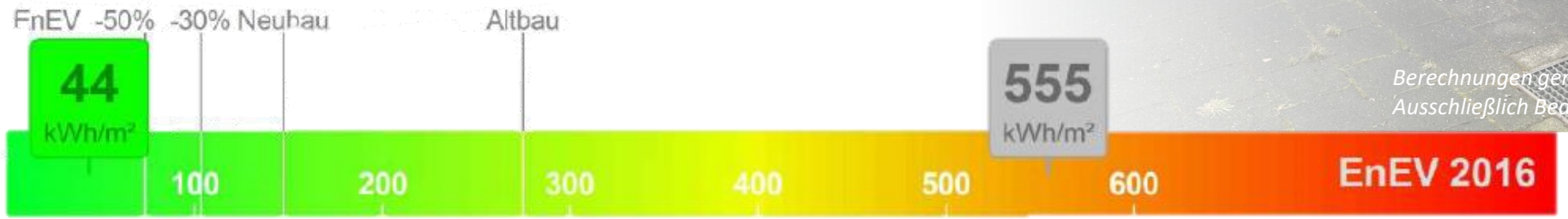
→Energie: - 554.922 kWh/a (-48 %)

→Energiekosten: ca.- 32.584 €/a (-76 %)

→CO_2-Emissionen: - 121.628 kg/a (-78 %)

Stand: Ingenieurbüro Bau Know How GmbH & Co. KG 2020

Berechnungen gem. Ingenieurbüro Bau Know How GmbH & Co. KG
Ausschließlich Bedarfsrechnungen, Fördersätze teils veraltet.

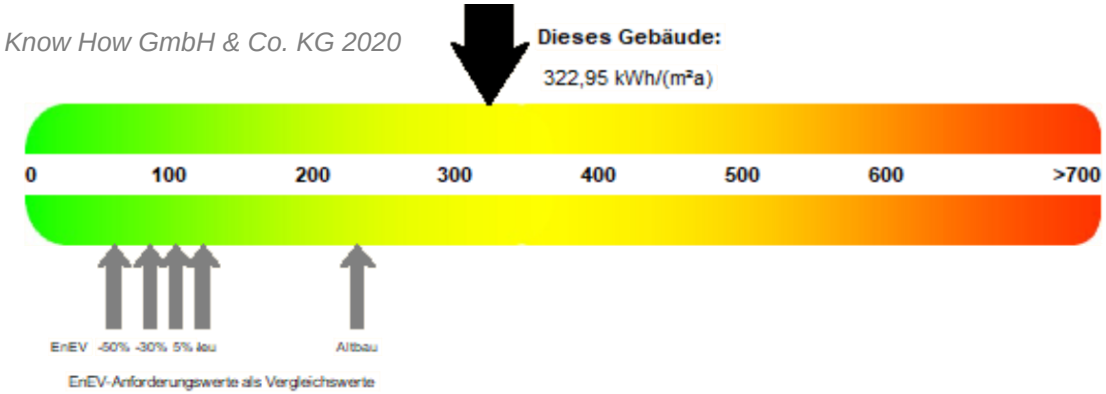


enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse
Ist-Zustand – 7. GGS Wupper Pavillon 1-3

- Eckdaten
  - Pavillon 1,2,3 als es drei gleiche Schulgebäude
  - Gebäude mit je einem Vollgeschoss
  - Zentrale Wärmeversorgung über Hauptgebäude (Gas)
  - Baujahr: 1969
  - Sanierung: Fassade, Dach und Fenster 2002
- Schwachstellen
  - Heizungsversorgung veraltet
  - Bodenplatte

Stand: Ingenieurbüro Bau Know How GmbH & Co. KG 2020



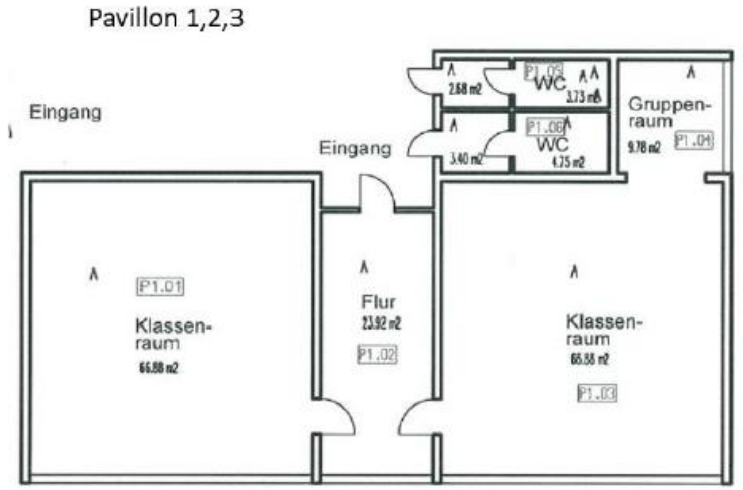
Berechnungen gem. Ingenieurbüro Bau Know How GmbH & Co. KG
Ausschließlich Bedarfsrechnungen, Fördersätze teils veraltet.

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse

Sanierungsvorschläge – 7. GGS Wupper Pavillon 1-3

Maßnahmen	Einsparung kWh/a	Einsparung €/a	Investitionskosten €
Fensteraustausch Gruppenraum Uw <= 0,95 (Dreifachglas)	1.561	91	4.615
Einbau eines BHKW ca. 50 kW mit Gas Brennwert Spitzenlastgerät ca. 170 kW	44.167	2516	50.000 € gesamt für alle Gebäude
Summe	45.728	2.607	



- BHKW-Maßnahme sollte sehr genau geprüft werden!

Stand: Ingenieurbüro Bau Know How GmbH & Co. KG 2020

Berechnungen gem. Ingenieurbüro Bau Know How GmbH & Co. KG
Ausschließlich Bedarfsrechnungen, Fördersätze teils veraltet.

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse
Soll-Zustand – 7. GGS Wupper Pavillon 1-3

Investition: 4.615 €

→Förderung: 692,25 €

Reduktionspotenzial ohne BHKW:

→Energie: - 1.560 kWh/a (- 2,7 %)

→Energiekosten: ca.- 91 €/a

→CO_2-Emissionen: - 348 kg/a (- 2 %)

Stand: Ingenieurbüro Bau Know How GmbH & Co. KG 2020

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Agenda Cluster 1 (Schulen)

1. Übersicht Cluster 1
2. Vorgehensweise Erstellung Sanierungsfahrplan
3. Ergebnisse Cluster 1
   - Ist-Zustand
   - Wirtschaftliche Maßnahmen
   - Soll-Zustand
4. **Fazit**
   - **Gesamtbilanz**
   - **Übersicht Kosten**
   - **Kurz-, Mittel- und Langfristige Maßnahmen**
   - **Klimawirksamkeit**
   - **Nächste Schritte**

Quelle: Google

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse – Cluster 1
CO_2-Einsparung gemäß Norm

Ist-Zustand:

1.105 t/a

-39,7 %

CO_2

entspricht ca. **45.240** Bäumen*

Nach Sanierung:

652,6 t/a

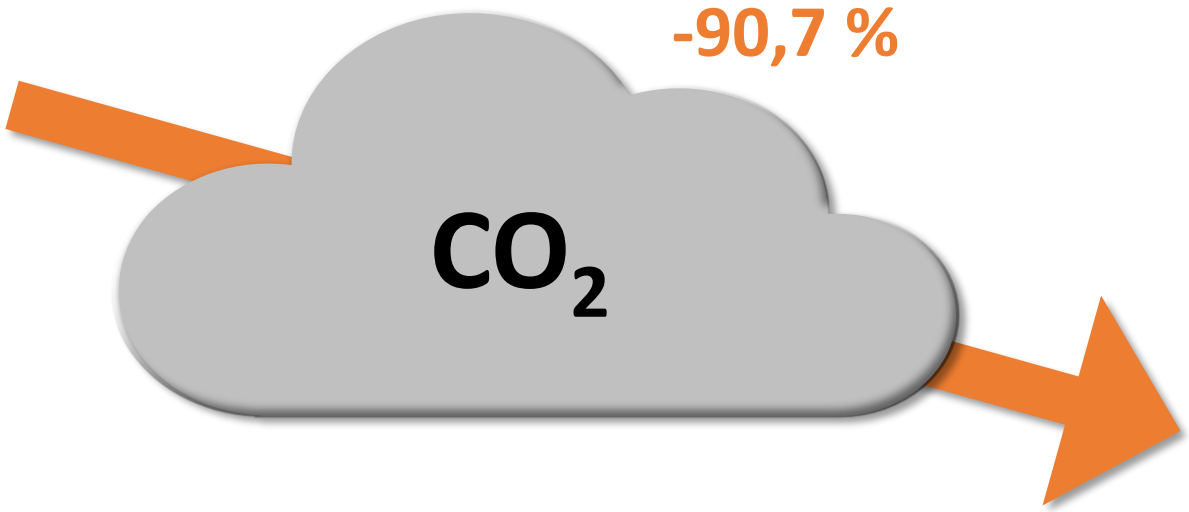
Nach GEG / DIN V 18599 | Strom: 560 g/kWh | Erdgas: 240 g/kWh

** CO_2-Bindung Laubbaum: ca. 10 kg/a*

Ergebnisse – Cluster 1
CO_2-Einsparung gem. aktuellen Emissionsfaktoren

Ist-Zustand:

915 t/a



Aktuelle CO_2-Emissionsfaktoren
Wechsel auf Grün-Strom nach Sanierung

entspricht ca. **83.020** Bäumen*

Nach Sanierung:

84,8 t/a

Nach BAFA mit Grün-Strom | $Strom_{Ist}$: 435 g/kWh | $Grün\text{-}Strom_{Soll}$: 0 g/kWh | Erdgas: 202 g/kWh

** CO_2-Bindung Laubbaum: ca. 10 kg/a*

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse – Cluster 1
Zusammenfassung der Einsparmöglichkeiten 1/3

Gebäude	Investitionskosten in €	Mögliche Förderung in €/a	↓ Einsparung Endenergie in kWh/a	Einsparung Energiekosten in €/a	Einsparung CO_2-Emissionen in kg/a
4. Theodor-Heuss-Gymnasium	**1.198.750**	**259.588**	**607.989**	**43.792**	**42.500**
2. Sekundarschule 21	**2.040.625**	**368.466**	**603.935**	**60.412**	**88.800**
6. GGS Wupper, Hauptgebäude	**484.240**	**133.166**	**554.922**	**32.584**	**121.628**
3. Sekundarschule 26	1.697.025	312.046	**450.628**	33.352	34.000
5. GGS Stadt	1.050.220	201.845	**406.788**	36.112	47.200
1. Aula THG	185.750	26.158	**11.447**	2.862	6.400
7. GGS Wupper, Pavillon 1-3	4.615	692	**1.560**	91	348
Summe	6.661.225	1.301.961	2.637.269	209.205	340.876

→ Mit dem Fokus auf Energieeinsparung sollten die Gebäude **THG, SEK 21 und SEK 26** priorisiert werden

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse – Cluster 1
Zusammenfassung der Einsparmöglichkeiten 2/3

Gebäude	Investitionskosten in €	Mögliche Förderung in €/a	Einsparung Endenergie in kWh/a	↓ **Einsparung Energiekosten in €/a**	Einsparung CO_2-Emissionen in kg/a
3. Sekundarschule 21	**2.040.625**	**368.466**	**603.935**	**60.412**	**88.800**
5. Theodor-Heuss-Gymnasium	**1.198.750**	**259.588**	**607.989**	**43.792**	**42.500**
2. GGS Stadt	**1.050.220**	**201.845**	**406.788**	**36.112**	**47.200**
4. Sekundarschule 26	1.697.025	312.046	450.628	**33.352**	34.000
6. GGS Wupper, Hauptgebäude	484.240	133.166	554.922	**32.584**	121.628
1. Aula THG	185.750	26.158	11.447	**2.862**	6.400
7. GGS Wupper, Pavillon	4.615	692	1.560	**91**	348
Summe	6.661.225	1.301.961	2.637.269	209.205	340.876

→ Mit dem Fokus auf Energiekosten sollten die Gebäude **SEK 21, THG und GGS Stadt** priorisiert werden

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Ergebnisse – Cluster 1
Zusammenfassung der Einsparmöglichkeiten 3/3

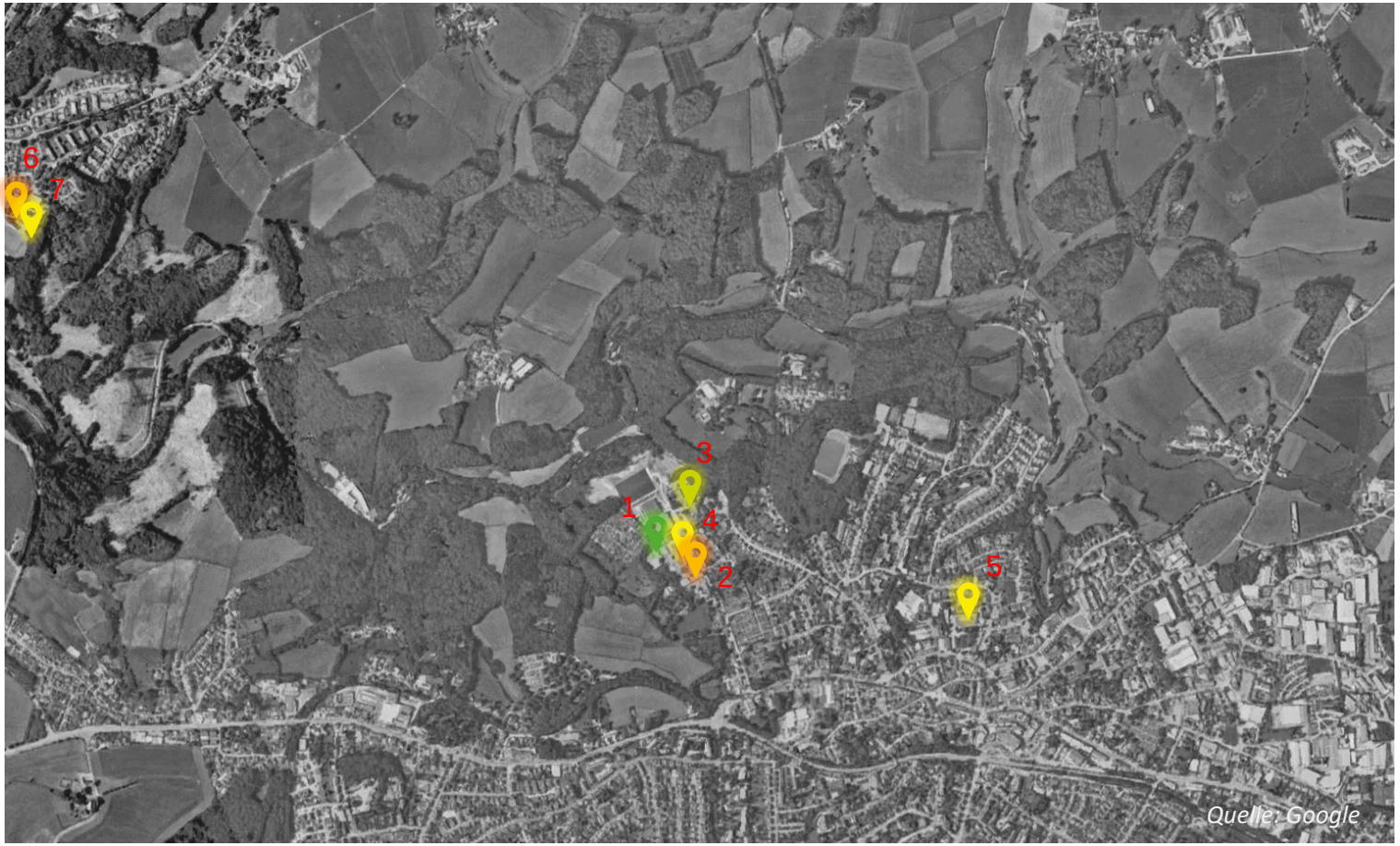
Gebäude	Investitionskosten in €	Mögliche Förderung in €/a	Einsparung Endenergie in kWh/a	Einsparung Energiekosten in €/a	↓ Einsparung CO_2-Emissionen in kg/a
6. GGS Wupper, Hauptgebäude	**484.240**	**133.166**	**554.922**	**32.584**	**121.628**
3. Sekundarschule 21	**2.040.625**	**368.466**	**603.935**	**60.412**	**88.800**
2. GGS Stadt	**1.050.220**	**201.845**	**406.788**	**36.112**	**47.200**
5. Theodor-Heuss-Gymnasium	1.198.750	259.588	607.989	43.792	**42.500**
4. Sekundarschule 26	1.697.025	312.046	450.628	33.352	**34.000**
5. Aula THG	185.750	26.158	11.447	2.862	**6.400**
7. GGS Wupper, Pavillon	4.615	692	1.560	91	**348**
Summe	6.661.225	1.301.961	2.637.269	209.205	340.876

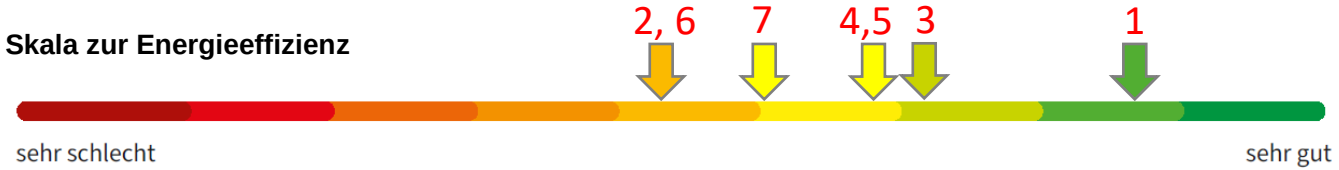
→ Mit dem Fokus auf CO_2-Emissionen sollten die Gebäude **HG GGS Wupper, SEK 21 und GGS Stadt** priorisiert werden

enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Übersicht – Cluster 1
Energieeffizienz der Gebäude im **Ist**-Zustand

1. Aula THG
2. Sekundarschule 21
3. Sekundarschule 26
4. Theodor-Heuss-Gymnasium
5. GGS Stadt
6. GGS Wupper, Hauptgebäude
7. GGS Wupper, Pavillon

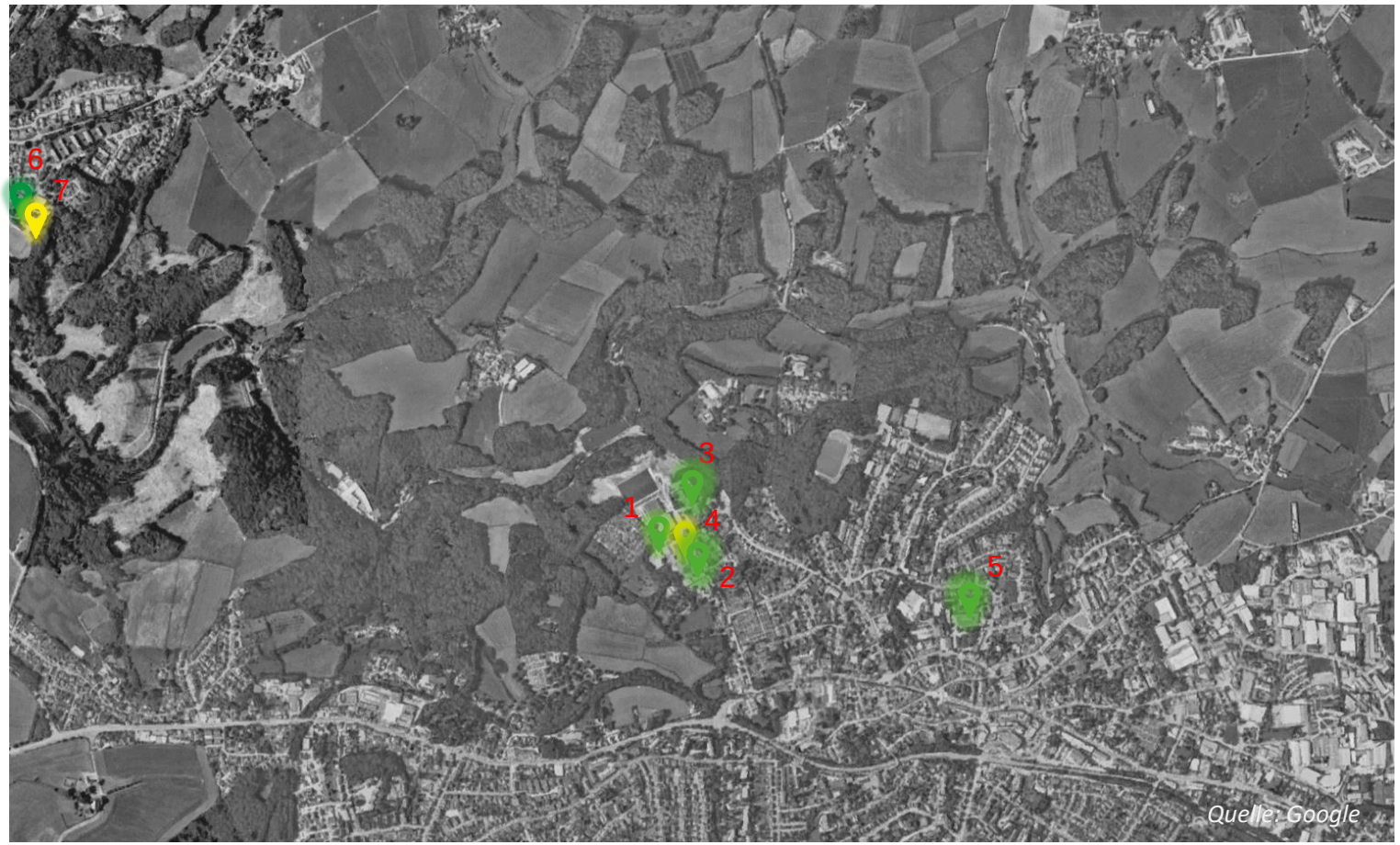




enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Übersicht – Cluster 1
Energieeffizienz der Gebäude im **Soll**-Zustand

1. Aula THG
2. Sekundarschule 21
3. Sekundarschule 26
4. Theodor-Heuss-Gymnasium
5. GGS Stadt
6. GGS Wupper, Hauptgebäude
7. GGS Wupper, Pavillon



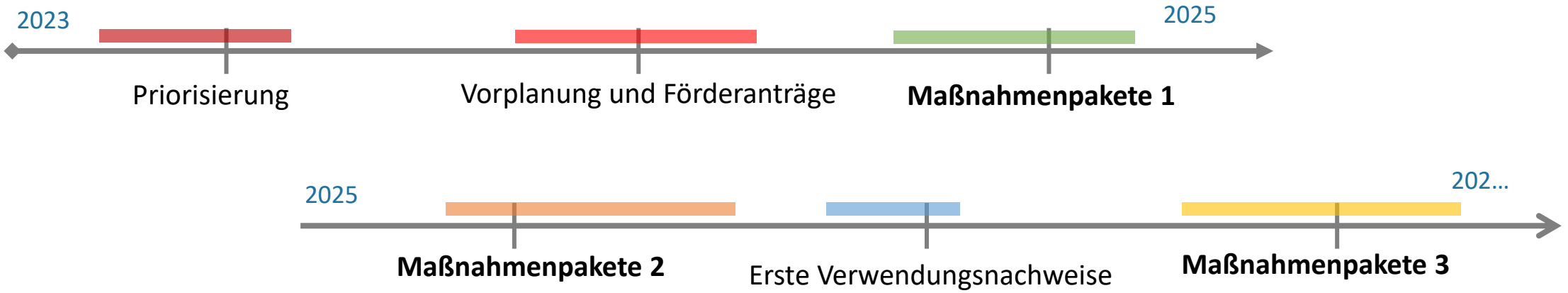
enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Umsetzungs-Strategie
Erreichen der Klimaneutralität

1. Wahl des geeigneten Kriteriums zur Priorisierung
   - Einsparung Endenergie
   - Einsparung Energiekosten
   - Einsparung CO_2-Emissionen
2. Maßnahmenpakete der SFP als Basis für Umsetzung von kurz-, mittel- und langfristigen Maßnahmen
3. Beginn Vorplanung und Umsetzung

→ Förderanträge grundsätzlich vor Maßnahmenbeginn!

- Ab Antrag maximal 48 Monate Zeit für die Durchführung (inkl. Verlängerung)



enumion
energie ▪ umwelt ▪ innovation

Vielen Dank!

Unsere Qualifikationen:
BAFA - Energieauditoren
BAFA - Energieberatung Wohngebäude
BEG/KFW - Nichtwohngebäude
EBN - Energieberatung für Nichtwohngebäude nach DIN V 18599
EBN - Energieberatung nach DIN EN 16247
Energieeffizienzmanager (TÜV)
Energieeffizienzauditor (TÜV)
Nachhaltigkeitsmanager (TÜV)
Umweltschutzmanager (TÜV)
Umweltschutzauditor (TÜV)

Quelle Luftbilder:
Bilder © 2022 Google,Bilder © 2022 AeroWest,Aerodata International Surveys,GeoBasis-DE/BKG,GeoContent,Maxar Technologies,Kartendaten © 2022 GeoBasis-DE/BKG (©2009)

Für Ihre Fragen:
Thomas Aretz
aretz@enumion.de
0151 2075 7813

Malte Jensen
jensen@enumion.de
0176 1 3637 466

Philipp Klever
klever@enumion.de
0176 1 3637 400

enumion.de