

Sanierungsfahrpläne Radevormwald

Strategien für den Weg zur Klimaneutralität

BAFA-geförderte Energieberatung für Nichtwohngebäude nach DIN V 18599

Im Auftrag der:



Agenda



1. Übersicht aller untersuchten Gebäude
2. Vorgehensweise Erstellung Sanierungsfahrplan
3. Ergebnisse (für ausgewählte Gebäude)
 - Ist-Zustand
 - Wirtschaftliche Maßnahmen
 - Soll-Zustand
4. Fazit
 - Gesamtbilanz
 - Übersicht Kosten
 - Kurz-, Mittel- und Langfristige Maßnahmen
 - Klimawirksamkeit
 - Nächste Schritte

Agenda



1. Übersicht aller untersuchten Gebäude

2. Vorgehensweise Erstellung Sanierungsfahrplan

3. Ergebnisse (für ausgewählte Gebäude)

- Ist-Zustand
- Wirtschaftliche Maßnahmen
- Soll-Zustand

4. Fazit

- Gesamtbilanz
- Übersicht Kosten
- Kurz-, Mittel- und Langfristige Maßnahmen
- Klimawirksamkeit
- Nächste Schritte

Quelle: Google, 2022

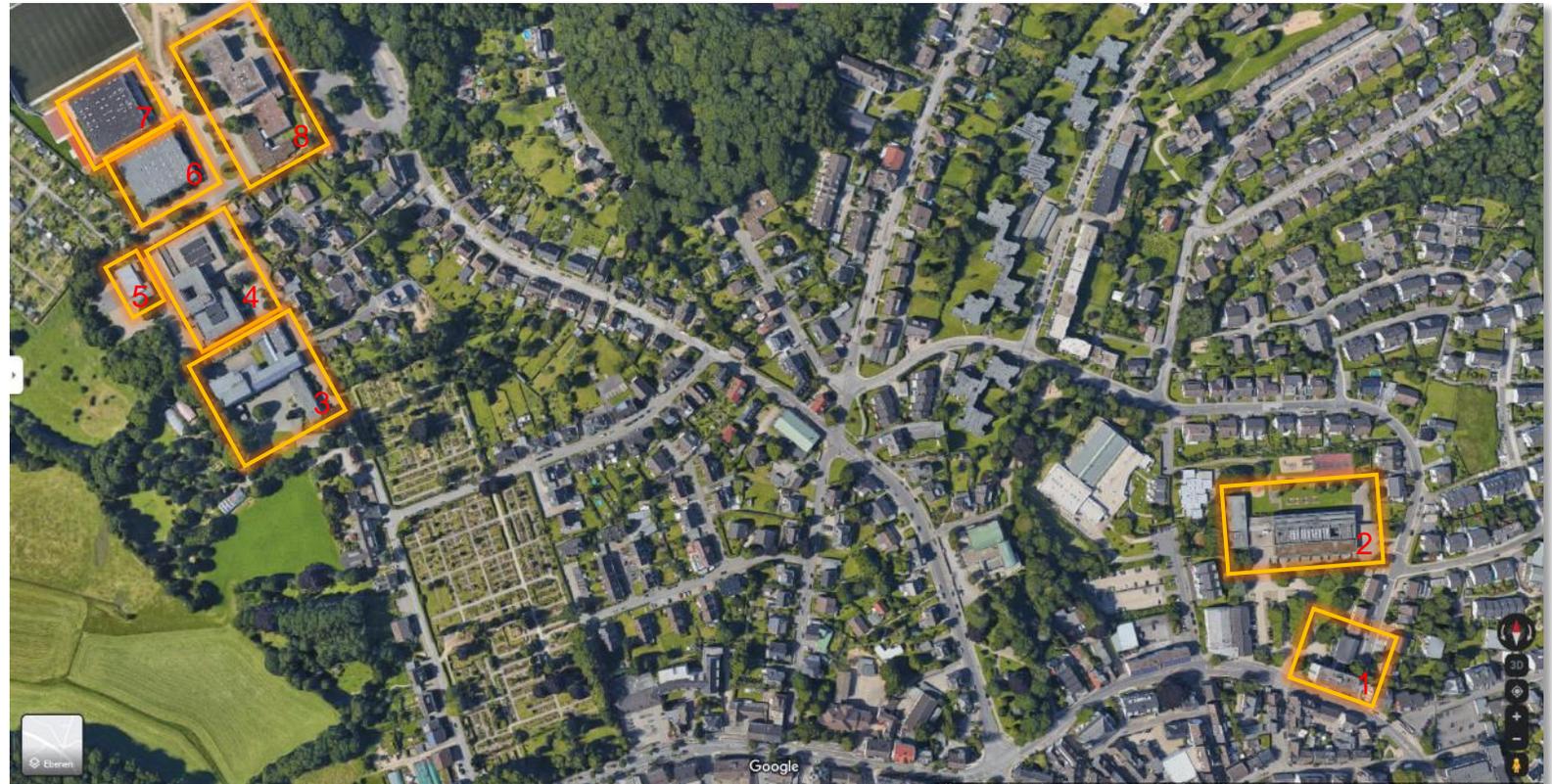
Übersicht

Gebäudebestand – Überblick

13 Gebäude mit unterschiedlicher Nutzung und unterschiedlichen Baujahren

Cluster 1 – Bereits durch enumion abgeschlossene Sanierungsfahrpläne

1. Rathaus
2. GGS Stadt
3. Sekundarschule 21
4. Theodor-Heuss-Gymnasium
5. Aula THG
6. Turnhalle I
7. Turnhalle II
8. Sekundarschule 26



Quelle: Google, 2022

Übersicht

Gebäudebestand – Cluster 1



Übersicht

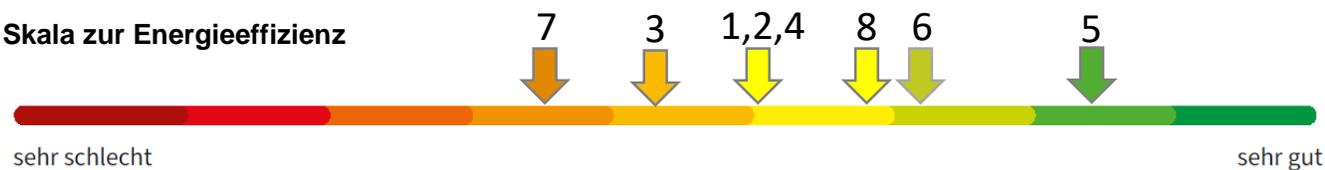
Energieeffizienz der Gebäude im Ist-Zustand

1. Rathaus
2. GGS Stadt
3. Sekundarschule 21
4. Theodor-Heuss-Gym.
5. Aula THG
6. Turnhalle I
7. Turnhalle II
8. Sekundarschule 26



Quelle: Google, 2022

Skala zur Energieeffizienz



Übersicht

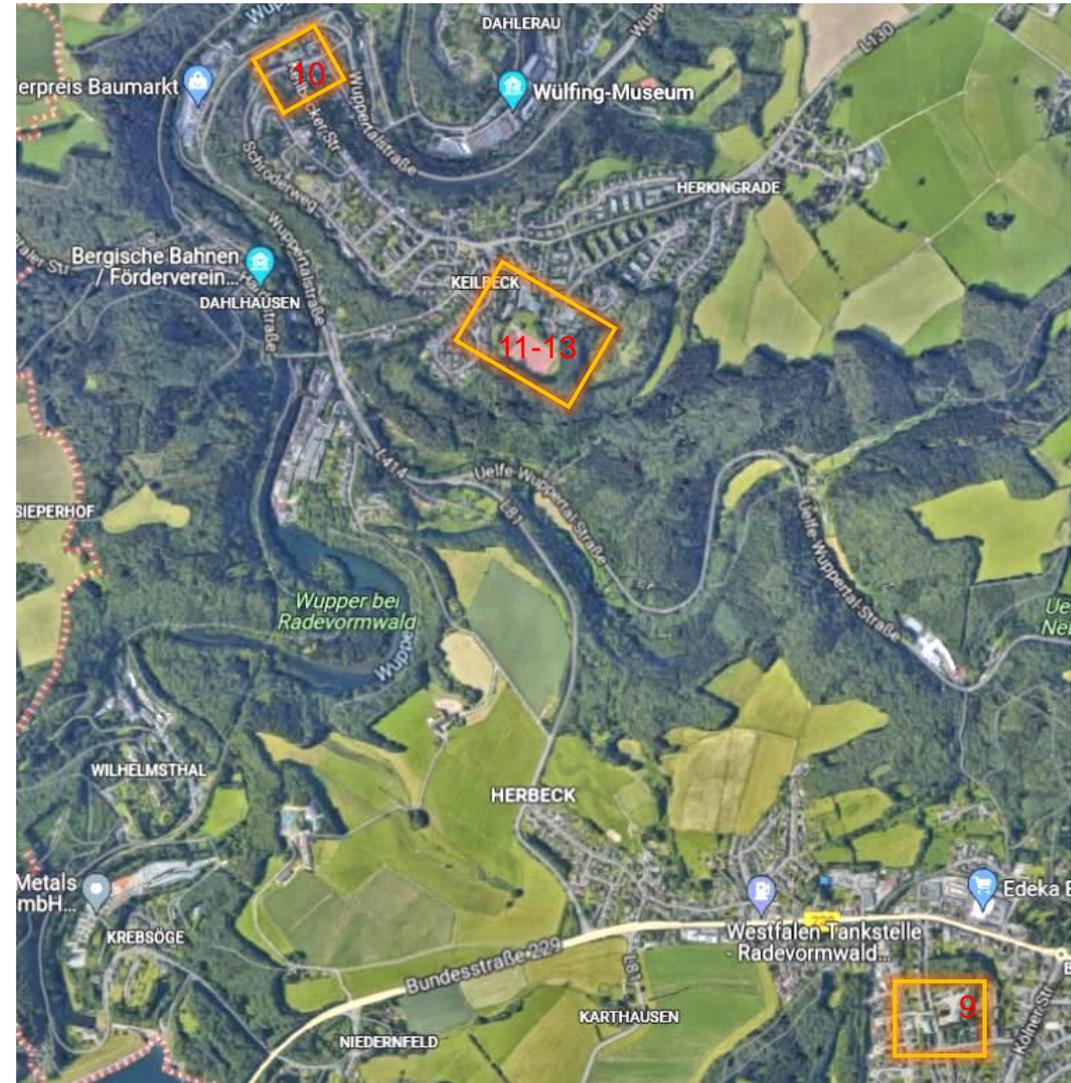
Gebäudebestand – Überblick

Cluster 2 – Aktuell durch enumion bearbeitete Sanierungsfahrpläne

- 9. Turnhalle Lessingstraße
- 10. Ärztehaus Radevormwald

Cluster 3 – Bereits durch Dritte erstellte SFP

- 11. GGS - Wupper
- 12. GGS - Wupper – Turnhalle
- 13. Pavillon 1-3 GGS - Wupper



Quelle: Google, 2022

Übersicht

Gebäudebestand – Cluster 2 und 3



Übersicht

Energieeffizienz der Gebäude im Ist-Zustand

- 11. GGS - Wupper
- 12. GGS - Wupper – Turnhalle
- 13. Pavillon 1-3 GGS - Wupper



Quelle: Google, 2022



Agenda

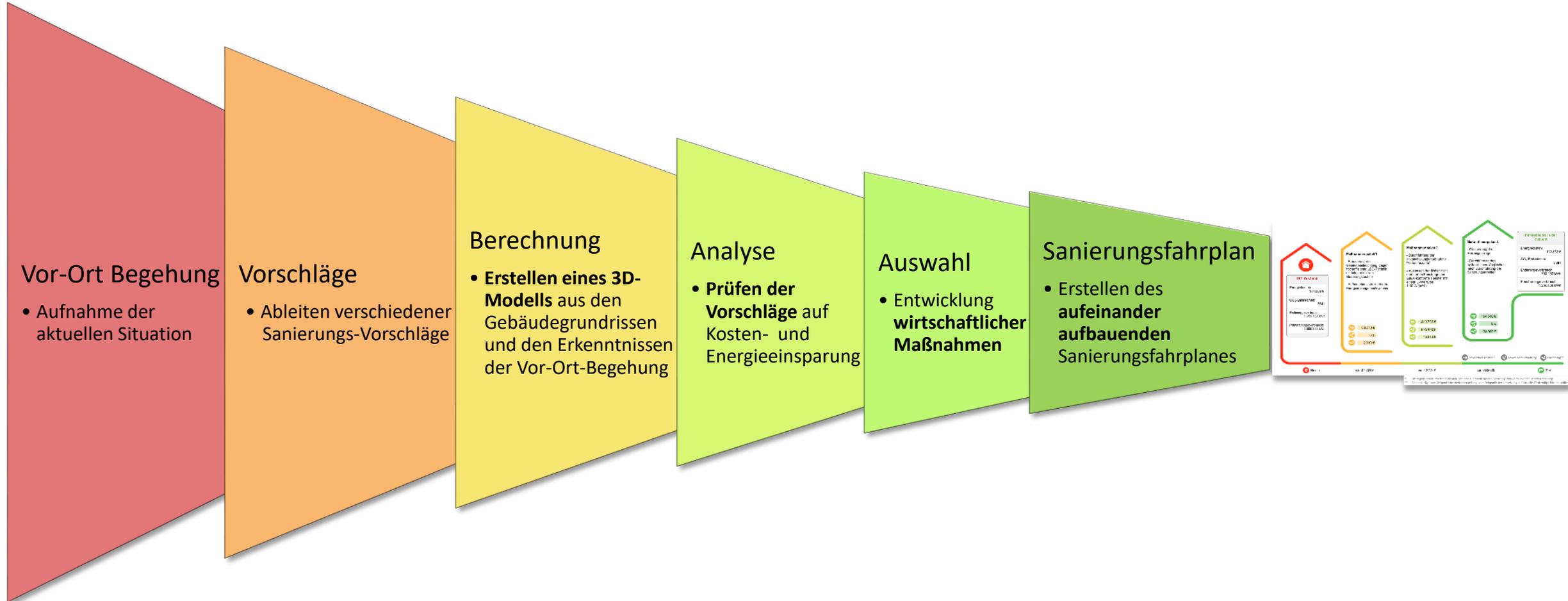


1. Übersicht aller untersuchten Gebäude
2. **Vorgehensweise Erstellung Sanierungsfahrplan**
3. Ergebnisse (für ausgewählte Gebäude)
 - Ist-Zustand
 - Wirtschaftliche Maßnahmen
 - Soll-Zustand
4. Fazit
 - Gesamtbilanz
 - Übersicht Kosten
 - Kurz-, Mittel- und Langfristige Maßnahmen
 - Klimawirksamkeit
 - Nächste Schritte

Quelle: Google, 2022

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

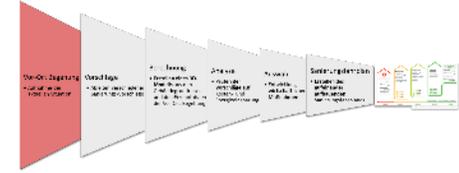
- Entwicklung **wirtschaftlicher Maßnahmen**

Sanierungsfahrplan

- Erstellen des **aufeinander aufbauenden** Sanierungsfahrplanes



Vor-Ort-Begehung Ist-Situation



Aufnahme Gebäudehülle



Messungen

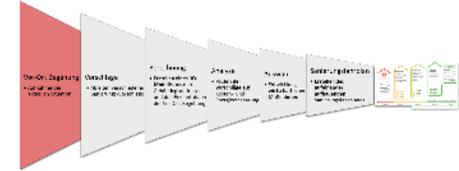


Thermografie (wenn möglich)



- Detaillierte Aufnahme des Ist-Zustands / Gebäudebestands (Fenster, Dämmung, Heizung...)
- Erste Schwachstellen identifiziert

Vor-Ort-Begehung Schwachstellen



Metallrahmenfenster Rathaus



Dämmung OG, Rathaus



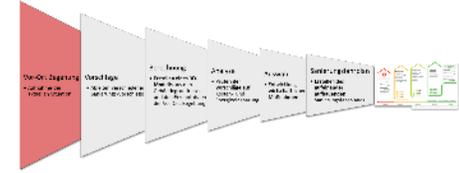
Feuchtigkeitsschaden, Anbau SEK21



Zentrale Wärmeerzeugung, Rathaus

Vor-Ort-Begehung

Positive Eindrücke



LED-Beleuchtung, SEK21



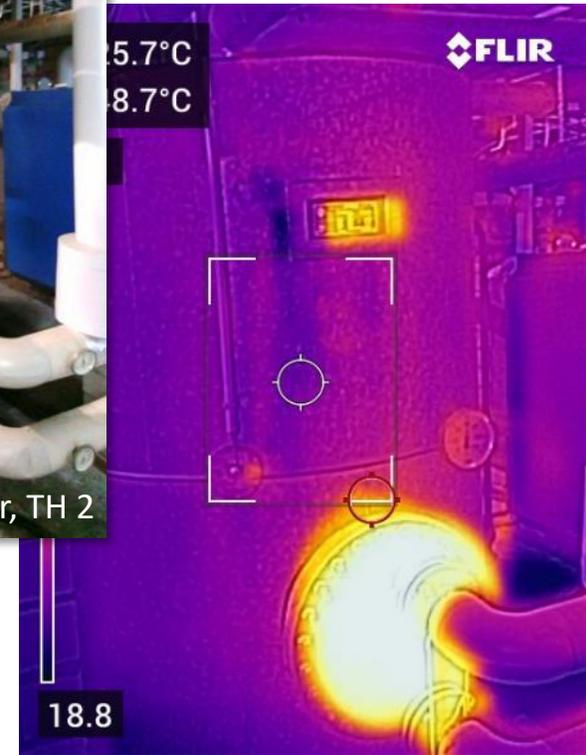
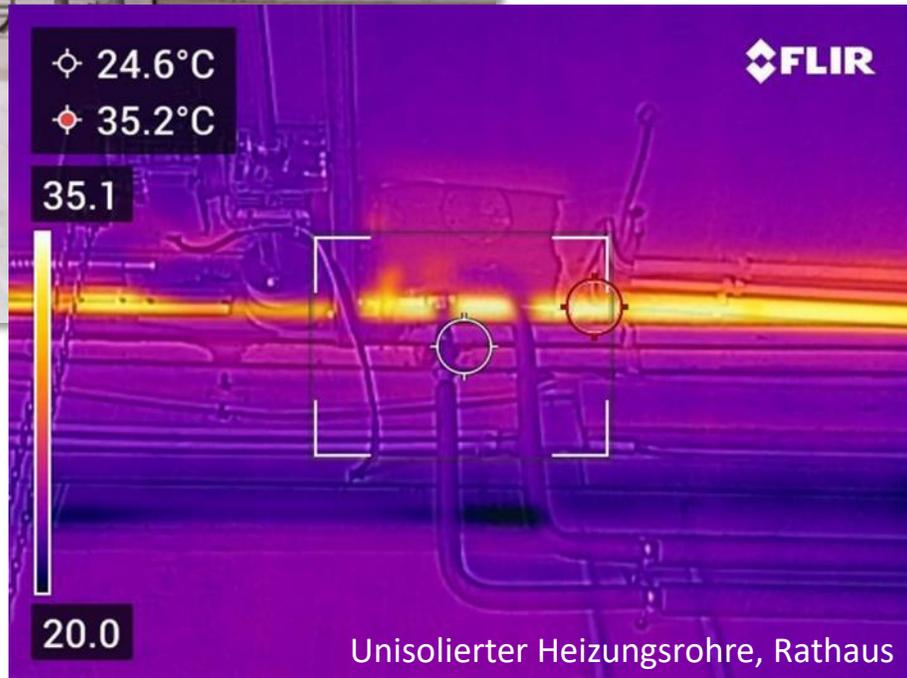
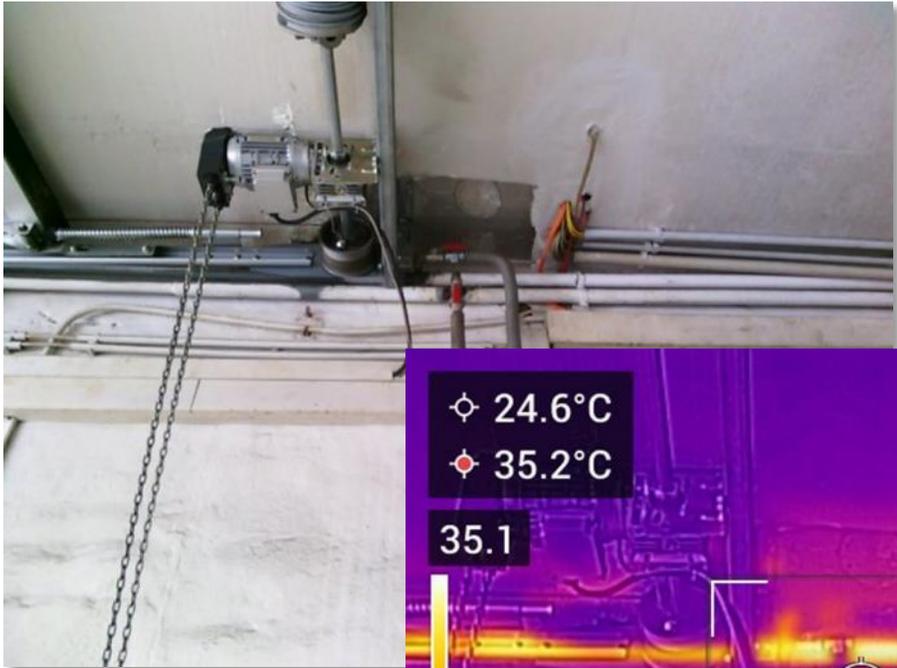
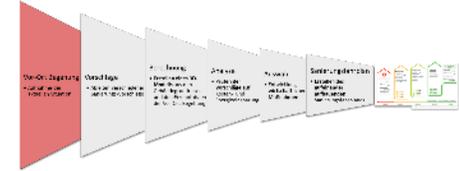
Wärmepumpe, Aula THG

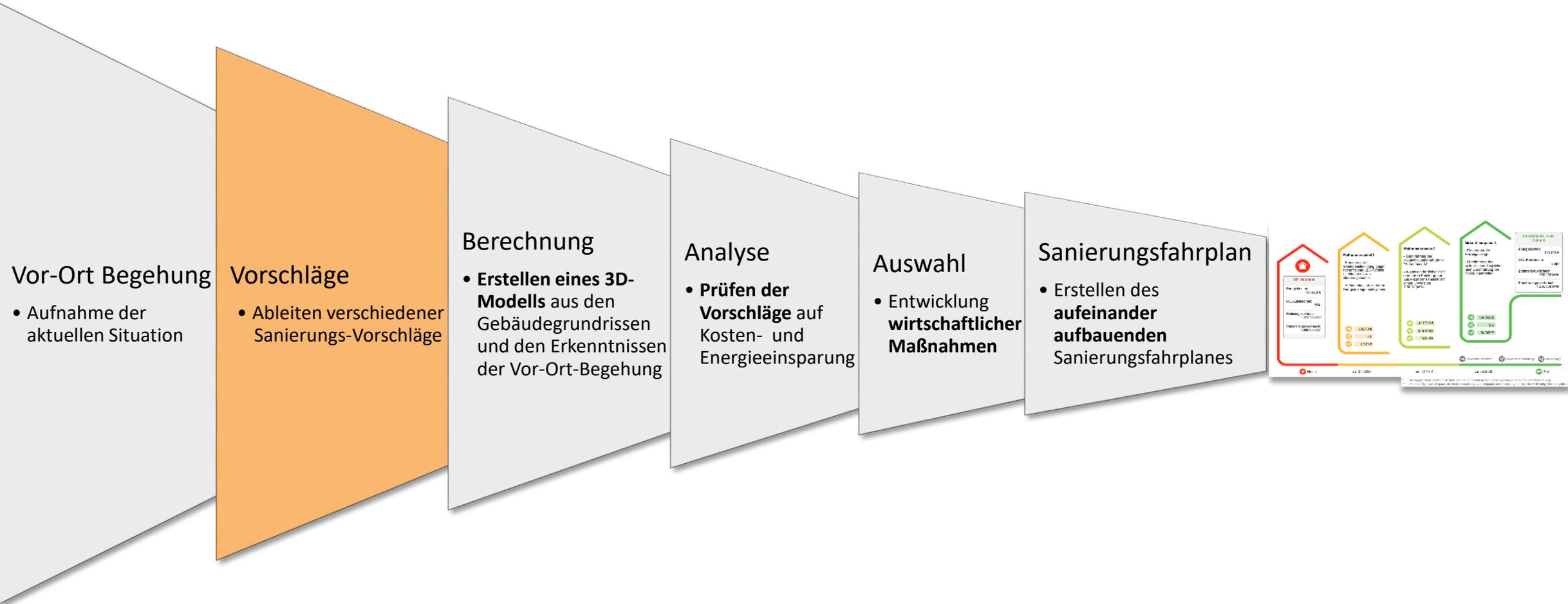


LED-Beleuchtung & Wärmeschutzverglasung, Ärztehaus

Vor-Ort-Begehung

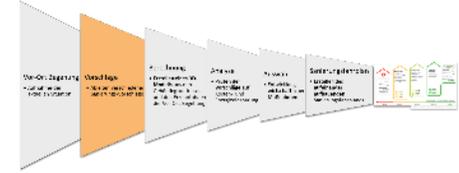
Thermografie-Untersuchung





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)

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 <u>oder</u> 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)	

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

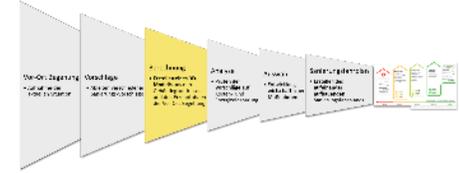
- Entwicklung **wirtschaftlicher Maßnahmen**

Sanierungsfahrplan

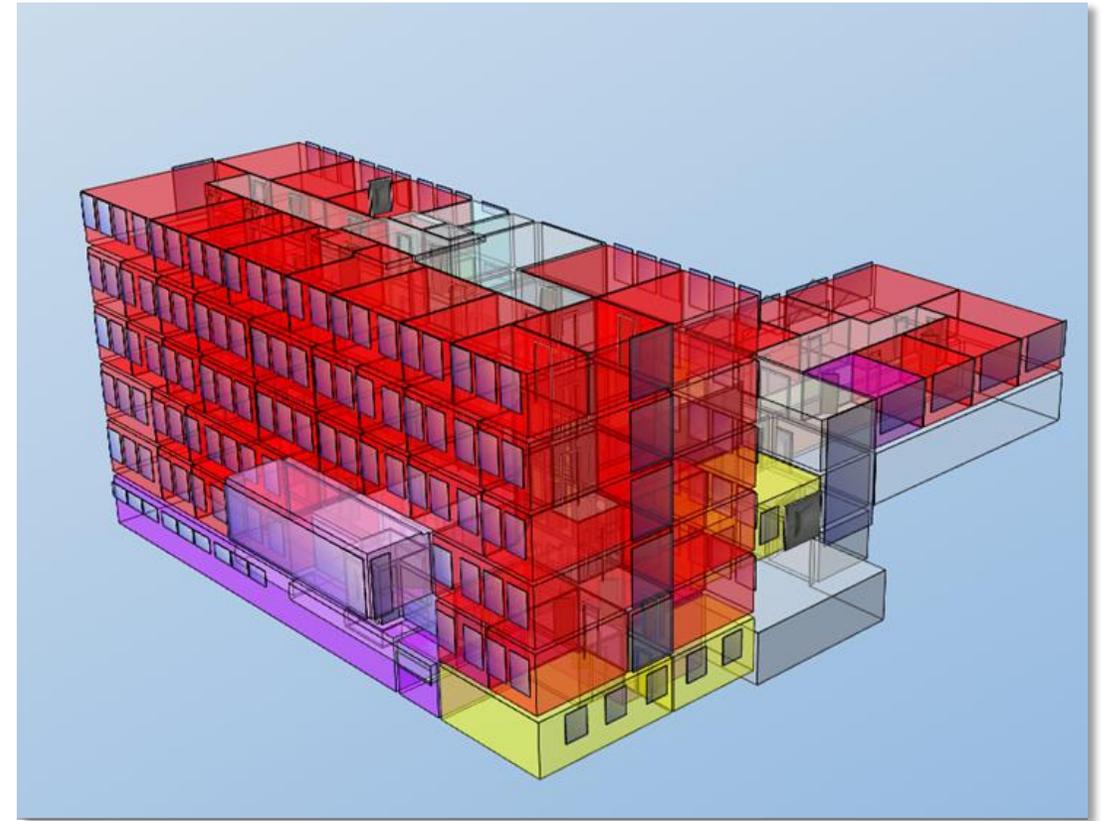
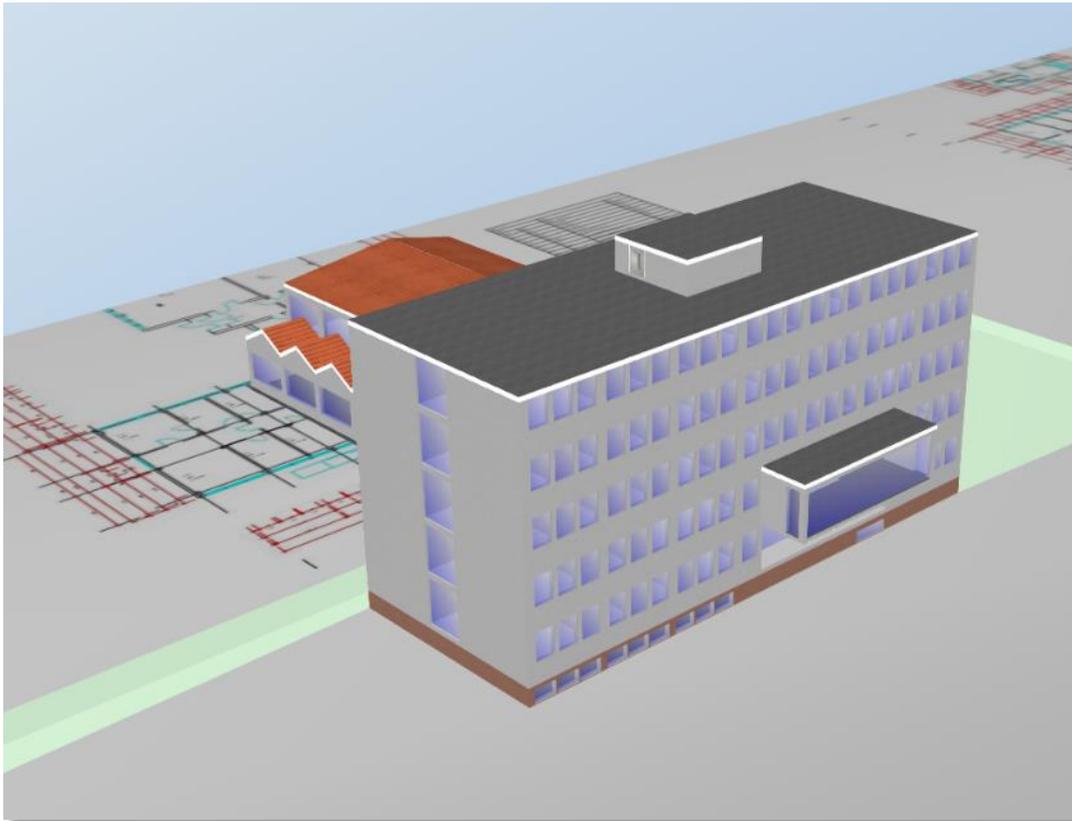
- Erstellen des **aufeinander aufbauenden** Sanierungsfahrplanes



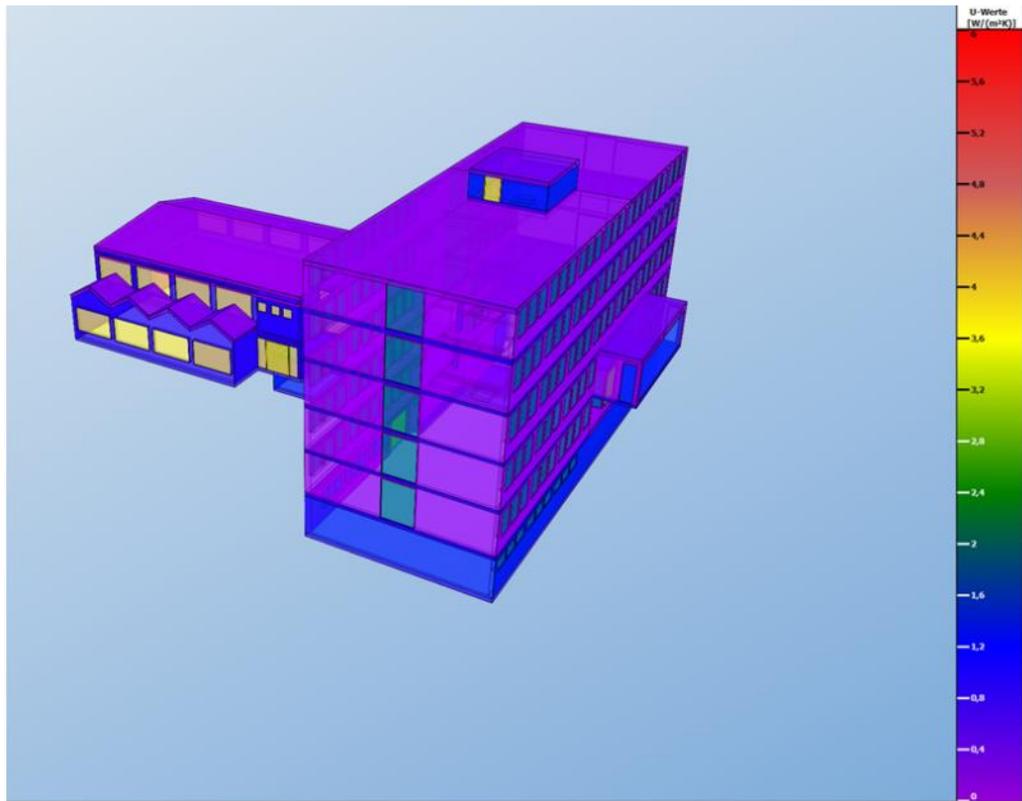
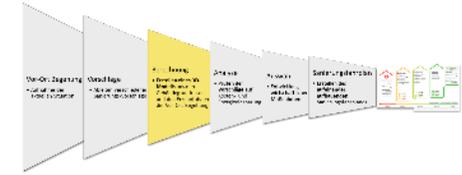
Berechnung 3D-Modell und Zonierung



→ 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	
Primärenergiebedarf Q _p	197,7 kWh/m²	< 37,7	< 51,8	< 65,9	< 94,1	< 131,8	< 150,6	
U _m opake Bauteile	GEG: 0,52 W/m ² K BEG: 0,49 W/m²K	< 0,18	< 0,22	< 0,26	< 0,34	< 0,56		
U _m transparente Bauteile	2,4 W/m²K	< 1,0	< 1,2	< 1,4	< 1,8	< 2,7		
U _m Türen/Tore(BEG), Lichtkuppeln, etc.	GEG: 0,00 W/m ² K BEG: 2,3 W/m²K	< 1,6	< 2,0	< 2,4	< 3,0	< 4,3		

Mittlere U-Werte:

The bar chart shows GEG requirements for 'Neubau' (EH 40, 55, 70, 85) and 'Altbau'. A yellow box highlights the value 198 kWh/m² on the scale. The scale ranges from 0 to 250, with a red section labeled 'GEG 2020' starting at 200.

→ Primär- und Endenergiebedarf des Gebäudes werden berechnet

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**

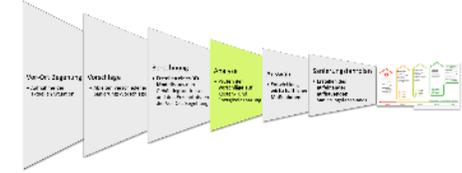
Sanierungsfahrplan

- Erstellen des **aufeinander aufbauenden** Sanierungsfahrplanes



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**

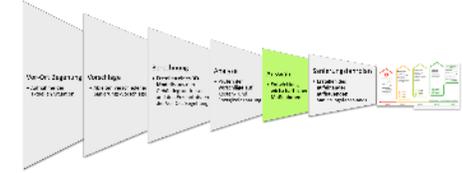
Sanierungsfahrplan

- Erstellen des **aufeinander aufbauenden** Sanierungsfahrplanes



Sanierungsvorschläge

Beispielhafter Variantenvergleich



Vorschlag	Investitionskosten	Mögliche Förderung	Energiekosteneinsparung	Amortisation
	in €	in €	in €/Jahr	in Jahre
<i>Fassade (GEG)</i>	123.500	0	2.548	48,46
Fassade (BEG)	130.900	19.635	2.642	42,12
<i>Fenster Anbau (GEG)</i>	75.900	0	3.973	19,10
Fenster Anbau (BEG)	91.300	13.695	4.284	18,11
<i>Dach (GEG)</i>	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
<i>Gas-Hybrid</i>	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**

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**

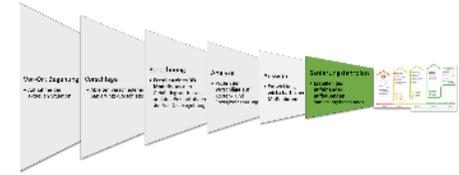
Sanierungsfahrplan

- Erstellen des **aufeinander aufbauenden Sanierungsfahrplanes**



Entwicklung Sanierungsfahrplan

Beispiel Sanierungsfahrplan



Agenda



1. Übersicht aller untersuchten Gebäude
2. Vorgehensweise Erstellung Sanierungsfahrplan
3. **Ergebnisse (für ausgewählte Gebäude)**
 - Ist-Zustand
 - Wirtschaftliche Maßnahmen
 - Soll-Zustand
4. Fazit
 - Gesamtbilanz
 - Übersicht Kosten
 - Kurz-, Mittel- und Langfristige Maßnahmen
 - Klimawirksamkeit
 - Nächste Schritte

Quelle: Google, 2022

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

Ergebnisse

Ist-Zustand – 1. Rathaus

Cluster 1

- Eckdaten
 - Hauptgebäude mit fünf Vollgeschossen und Keller
 - Anbau mit zwei Vollgeschossen und Keller
 - Baujahr: 1968
 - Sanierung: Fassade, Fenster (1997), obere Geschossdecke
- Schwachstellen
 - Teilweise ungedämmte Fassade
 - Einzelne Fenster noch aus Baujahr
 - Ungedämmte Kellerdecke
 - Rein fossile Energieerzeugung

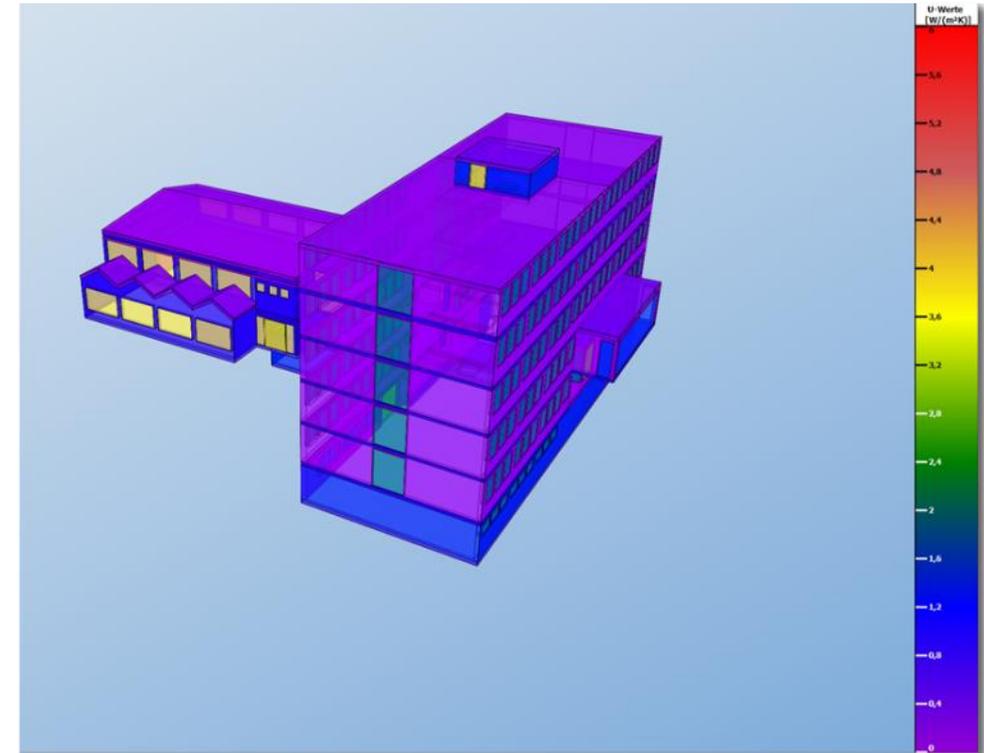


Ergebnisse

Wirtschaftliche Maßnahmen – 1. Rathaus

Cluster 1

Vorschlag	Investitions- kosten	Mögliche Förderung	Energiekosten- einsparung	Amortisation
	in €	in €	in €/Jahr	in Jahre
<i>Fassade (GEG)</i>	123.500	0	2.548	48,46
Fassade (BEG)	130.900	19.635	2.642	42,12
<i>Fenster Anbau (GEG)</i>	75.900	0	3.973	19,10
Fenster Anbau (BEG)	91.300	13.695	4.284	18,11
<i>Dach (GEG)</i>	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
<i>Gas-Hybrid</i>	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



* Sowieso-Maßnahmen

**Bauphysikalische Notwendigkeit

Ergebnisse

Soll-Zustand – 1. Rathaus

Cluster 1

Investition: 1.175.750 €

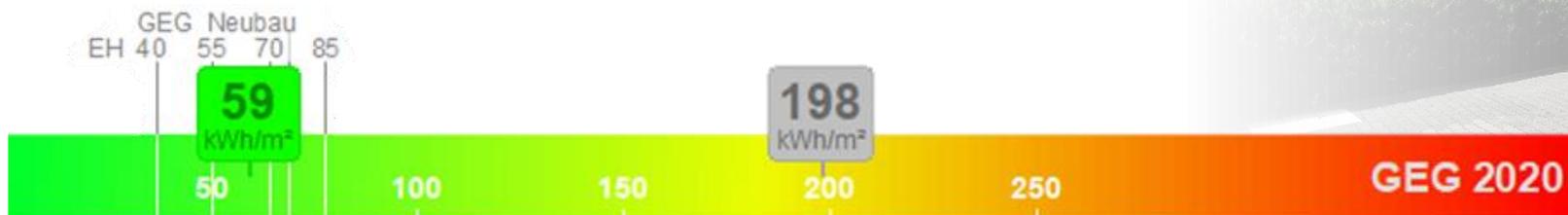
→Förderung: 308.279 €

Reduktionspotenzial:

→Energie: - 239.497 kWh/a (- 63,7 %)

→Energiekosten: - 21.098 €/a (- 39,8 %)

→CO₂-Emissionen: - 27.300 kg/a (- 29,1 %) (mit Grün-Strom: -100 %)



Ergebnisse

Ist-Zustand – 2. GGS Stadt

Cluster 1

- 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

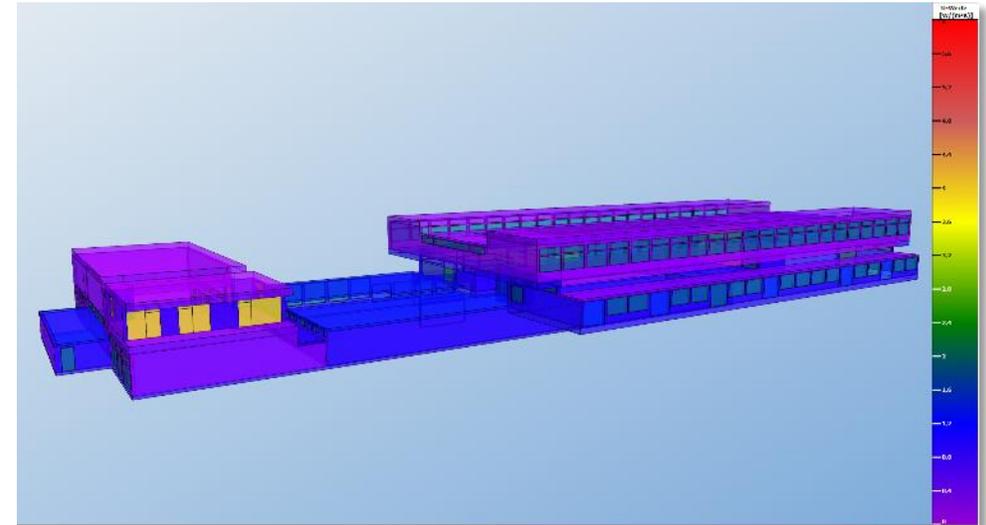


Ergebnisse

Wirtschaftliche Maßnahmen – 2. GGS Stadt

Cluster 1

Vorschlag	Investitions- kosten	Mögliche Förderung	Energiekosten- einsparung	Amortisation
	in €	in €	in €/Jahr	in Jahre
Fassade (ungedämmter Bereich)	205.200	0	6.974	29,42
<i>Fassade (komplette Fassade)</i>	460.000	69.000	8.405	46,52
<i>Fenster (GEG)</i>	96.400	0	5.016	19,22
Fenster (BEG)	116.100	17.415	5.346	18,46
<i>Dach (GEG)</i>	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
<i>Gas-Hybrid mit Solarthermie</i>	257.700	53.850	8.837	23,07
<i>Sole-Wärmepumpe</i>	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 – 2. GGS Stadt

Cluster 1

Investition: 1.050.220 €

→ Förderung: 201.845€

Reduktionspotenzial:

→ Energie: - 406.788 kWh/a (- 56,4 %)

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

→ CO₂-Emissionen: - 47.200 kg/a (- 27,9 %) (mit Ökostrom: -77 %)



Ergebnisse

Ist-Zustand – 3. SEK 21

Cluster 1

- 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

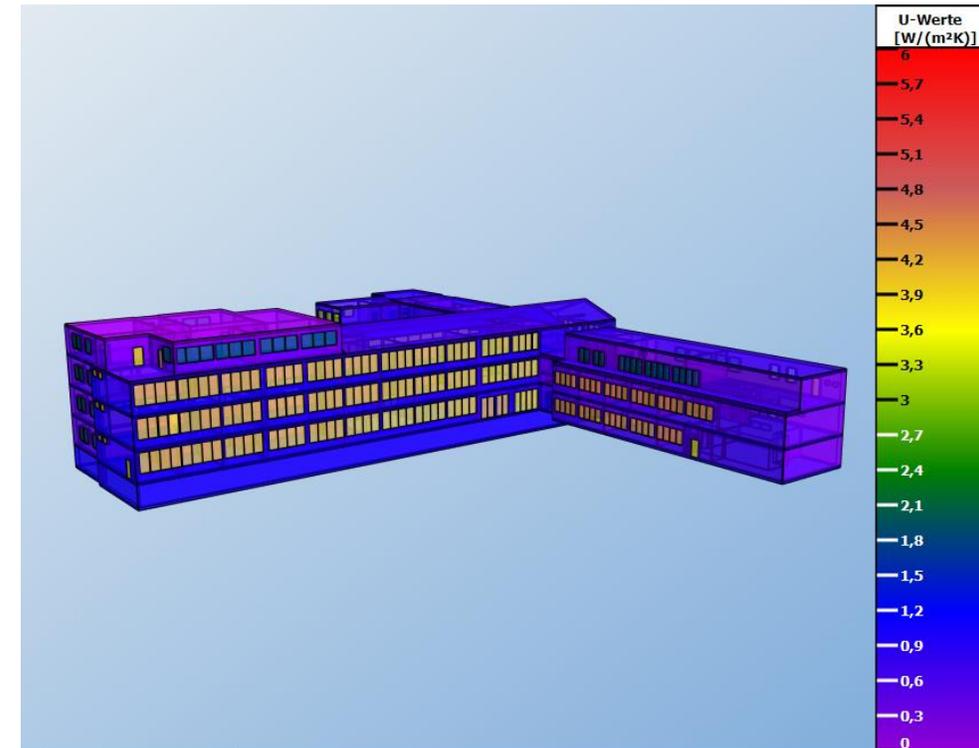


Ergebnisse

Sanierungsvorschläge – 3. SEK 21

Cluster 1

Vorschlag	Investitionskosten	Mögliche Förderung	Energiekosteneinsparung	Amortisation
	in €	in €	in €/Jahr	in Jahre
Fassade Altbau (BEG)	390.500	58.575	8.420	39,4
<i>Fassade gesamt (BEG)</i>	<i>540.800</i>	<i>81.120</i>	<i>9.872</i>	<i>46,6</i>
<i>Dach/OG (GEG)</i>	<i>234.500</i>	<i>0</i>	<i>6.764</i>	<i>34,7</i>
Dach/OG (BEG)	251.800	37.770	7.119	30,1
<i>Fenster (GEG)</i>	<i>362.700</i>	<i>0</i>	<i>9.315</i>	<i>38,9</i>
Fenster (BEG)	434.300	65.145	9.813	37,6
<i>EM 4a, Innerer Abschluss GEG</i>	<i>140.800</i>	<i>0</i>	<i>3.285</i>	<i>42,9</i>
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
<i>Heizungsoptimierung mit Sole-Wärmepumpe</i>	<i>1.195.000</i>	<i>377.000</i>	<i>46.205</i>	<i>17,7</i>
<i>PV 45 kWp</i>	<i>63.000</i>	<i>0</i>	<i>6.947</i>	<i>9,5</i>
PV 29 kWp	40.600	0	5.955	7,1



Ergebnisse

Soll-Zustand – 3. SEK 21

Cluster 1

Investition: 2.040.625 €

→Förderung: 368.466 €

Reduktionspotenzial:

→Energie: - 603.935 kWh/a (- 79,2 %)

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

→CO₂-Emissionen: - 88.800 kg/a (- 50,6 %) (mit Ökostrom: -98 %)



Ergebnisse

Ist-Zustand – 4. THG

Cluster 1

- 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

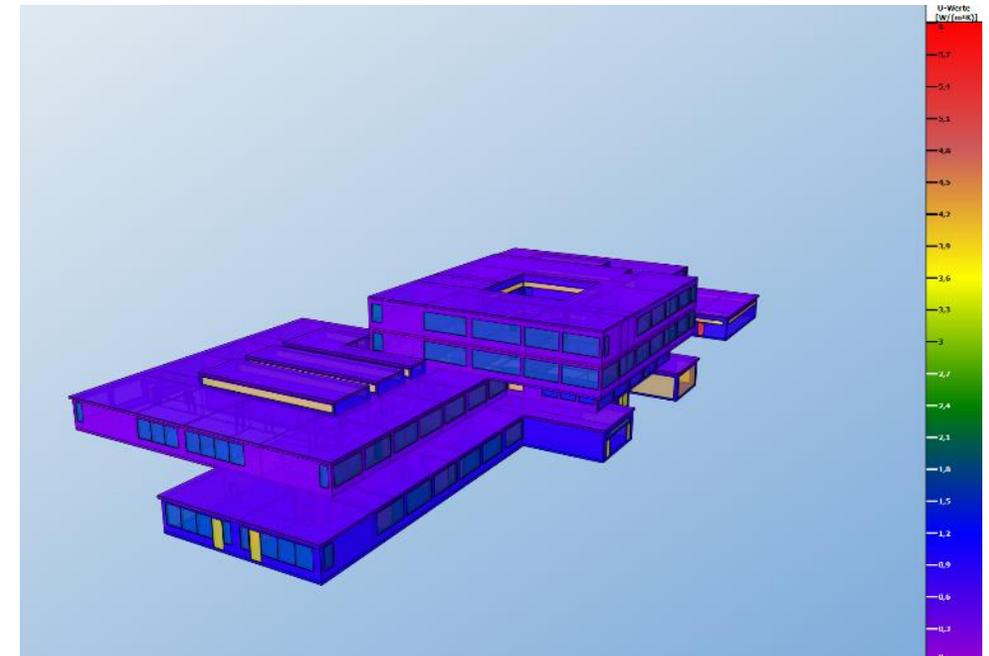


Ergebnisse

Wirtschaftliche Maßnahmen – 4. THG

Cluster 1

Vorschlag	Investitions- kosten	Mögliche Förderung	Energiekosten- einsparung	Amortisation
	in €	in €	in €/Jahr	in Jahre
<i>Fassade (ungedämmt, Beton (GEG))</i>	118.400	0	4.358	27,2
Fassade (ungedämmt, Beton (BEG))	121.900	18.285	4.471	23,2
<i>Fassade (komplette Fassade)</i>	462.000	69.300	12.076	32,5
<i>Fenster (GEG)</i>	103.200	0	5.961	17,3
Fenster (BEG)	124.300	18.645	6.166	17,1
<i>Dach (GEG)</i>	573.400	0	2.261	223,5
<i>Dach (BEG)</i>	634.700	95.205	4.152	116,0
<i>Keller (GEG)</i>	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
<i>Heizungsoptimierung mit Sole- Wärmepumpe</i>	1.125.000	360.000	30.437	25,1
Lüftung	344.000	86.000	8.755	29,5



Ergebnisse

Soll-Zustand – 4. THG

Cluster 1

Investition: 1.198.750 €

→ Förderung: 259.588 €

Reduktionspotenzial:

→ Energie: - 607.989 kWh/a (- 60,2 %)

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

→ CO₂-Emissionen: - 42.500 kg/a (- 16,4 %) (mit Ökostrom: -98 %)



Ergebnisse

Ist-Zustand – 5. Aula THG

Cluster 1

- Eckdaten
 - Ein- bis zweigeschossige Aula
 - Baujahr: 2008
- Schwachstellen
 - Teilweise stark verwitterte Fassade
 - Überwiegend konventionelle Leuchtstoffröhren
 - Nutzung PV auf Dachflächen möglich

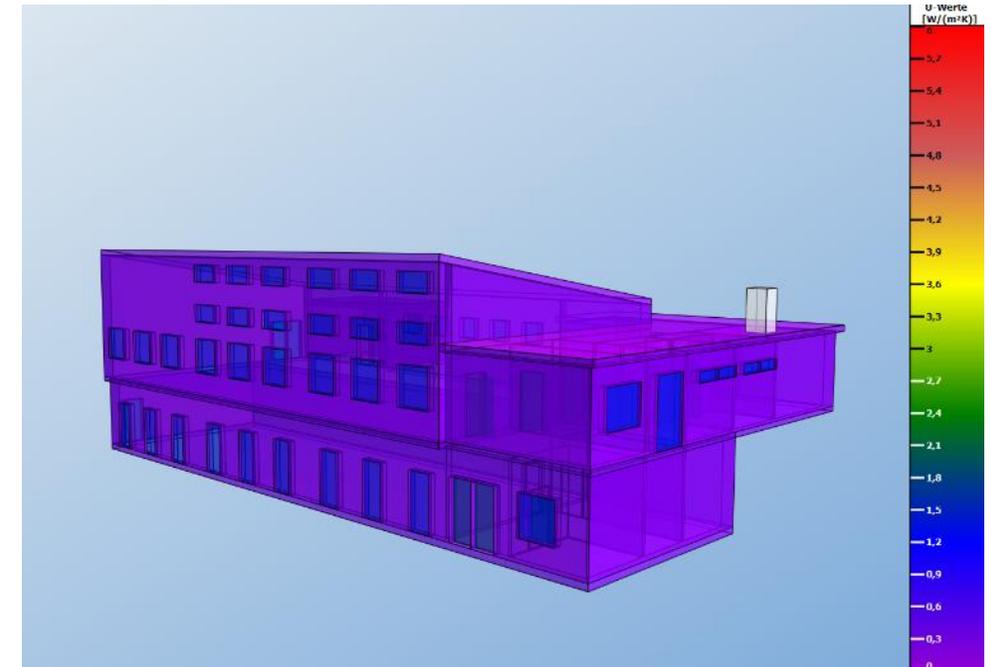


Ergebnisse

Wirtschaftliche Maßnahmen – 5. Aula THG

Cluster 1

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



Ergebnisse

Soll-Zustand – 5. Aula THG

Cluster 1

Investition: 185.750 €

→Förderung: 26.158 €

Reduktionspotenzial:

→Energie: - 11.447 kWh/a (- 64,8 %)

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

→CO₂-Emissionen: - 6.400 kg/a (- 64,8 %) (mit Ökostrom: 100 %)



Ergebnisse

Ist-Zustand – 6. Turnhalle 1

Cluster 1

- Eckdaten
 - Ein- bis zweigeschossige Sporthalle
 - Baujahr: 1972
 - Sanierung: Fenster (2010), Heizung (2000), LED-Beleuchtung (2020)
- Schwachstellen
 - Ungedämmte Fassade
 - Rein fossile Energieerzeugung

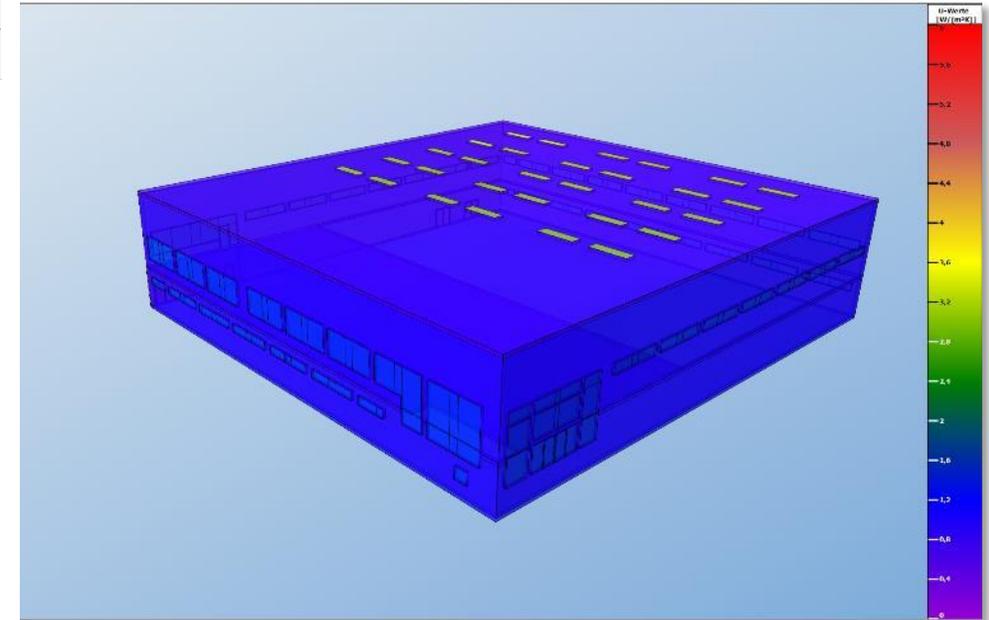


Ergebnisse

Wirtschaftliche Maßnahmen – 6. Turnhalle 1

Cluster 1

Vorschlag	Investitions- kosten	Mögliche Förderung	Energiekosten- einsparung	Amortisation
	in €	in €	in €/Jahr	in Jahre
<i>Fassade (GEG)</i>	239.700	0	5245	45,7
Fassade (BEG)	244.600	36.690	8.410	24,7
<i>Fenster Halle (GEG)</i>	43.400	0	3.338	13,0
Fenster Halle (BEG)	52.700	7.905	3.522	12,8
<i>Dach (GEG)</i>	410.200	0	997	411,4
Dach (BEG)	497.600	74.640	1.517	278,8
<i>Sportboden</i>	318.900	47.835	2.558	106,0
<i>Gas-Hybrid</i>	386.700	96.675	10.434	27,8
<i>Sole-Wärmepumpe</i>	606.700	258.680	11.802	29,5
Sole-Wärmepumpe und FB-Heizung	925.600	386.240	12.304	43,8
Lüftung	244.800	61.200	8.447	21,7



Ergebnisse

Soll-Zustand – 6. Turnhalle 1

Cluster 1

Investition: 1.148.800 €

→ Förderung: 364.475 €

Reduktionspotenzial:

→ Energie: - 272.156 kWh/a (- 72,6 %)

→ Energiekosten: - 21.077 €/a (- 45,1 %)

→ CO₂-Emissionen: - 23.100 kg/a (- 28,7 %) (mit Ökostrom: -100 %)



Ergebnisse

Ist-Zustand – 7. Turnhalle 2

Cluster 1

- Eckdaten
 - Ein- bis zweigeschossige Sporthalle
 - Baujahr: 1978
 - Sanierung: Fenster (2019), Heizung (2012), LED-Beleuchtung (2019)
- Schwachstellen
 - Teilweise ungedämmte Fassade
 - Fassadendämmung entspricht nicht heutigem Stand der Technik
 - Veraltete Lüftungstechnik
 - Rein fossile Energieerzeugung

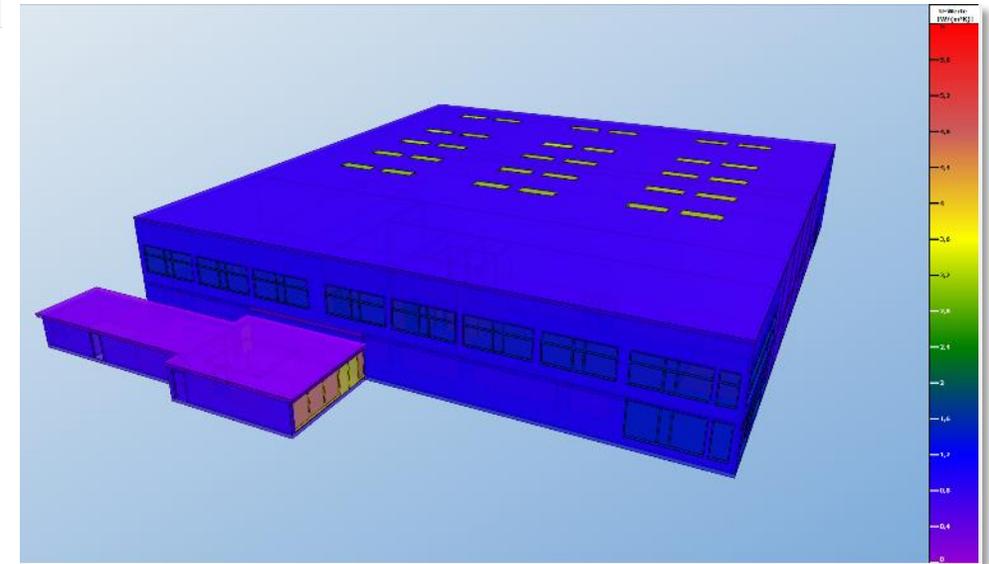


Ergebnisse

Cluster 1

Wirtschaftliche Maßnahmen – 7. Turnhalle 2

Vorschlag	Investitions- kosten	Mögliche Förderung	Energiekosten- einsparung	Amortisation
	in €	in €	in €/Jahr	in Jahre
<i>Dach (GEG)</i>	37.500	0	113	332,87
<i>Dach (BEG)</i>	41.900	6.285	150	237,10
<i>Fassade (GEG)</i>	247.200	0	4.544	54,40
Fassade (BEG)	251.500	37.725	4.732	45,18
<i>Fenster Anbau (GEG)</i>	20.400	0	188	108,65
<i>Fenster Anbau (BEG)</i>	23.000	3.450	225	86,77
Gas-Hybrid	351.700	87.925	9.656	27,32
<i>Sole-Wärmepumpe</i>	606.700	198.010	8.092	50,51
<i>Sole-Wärmepumpe und FB-Heizung</i>	779.800	249.940	14.221	37,26
Lüftung	233.850	58.462	19.443	9,02
PV 56 kW ohne Speicher	78.400	0	8.842	9,28
<i>PV 68 kW ohne Speicher</i>	95.200	0	10.148	9,84



Ergebnisse

Soll-Zustand – 7. Turnhalle 2

Cluster 1

Investition: 915.450 €

→ Förderung: 184.112 €

Reduktionspotenzial:

→ Energie: - 245.102 kWh/a (- 56,8 %)

→ Energiekosten: - 22.221 €/a (- 33,1 %)

→ CO₂-Emissionen: - 29.700 kg/a (- 22,9 %) (mit Ökostrom: -96 %)



Ergebnisse

Ist-Zustand – 8. Sekundarschule 26

Cluster 1

- 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

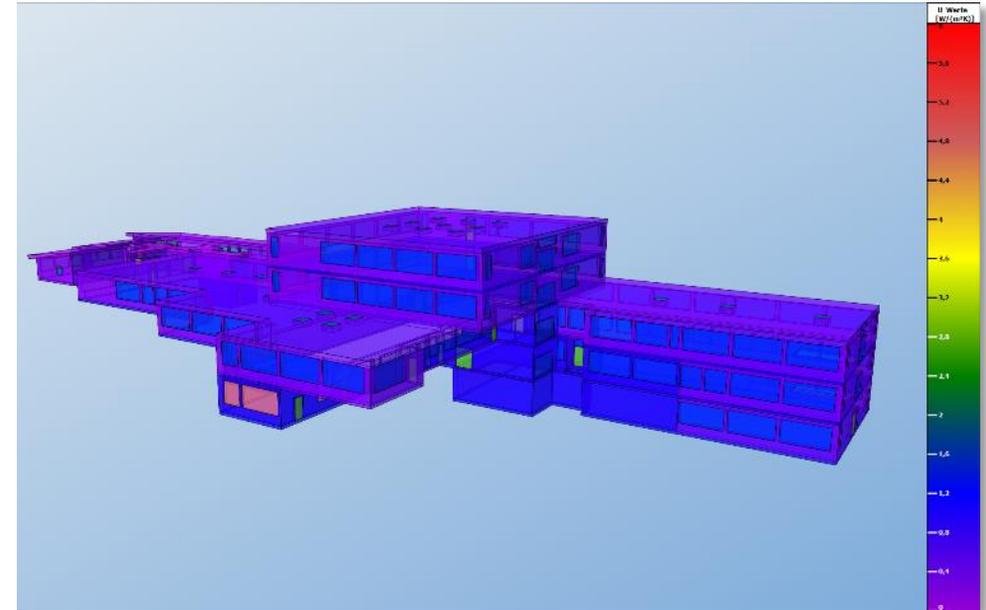


Ergebnisse

Wirtschaftliche Maßnahmen – 8. Sekundarschule 26

Cluster 1

Vorschlag	Investitions- kosten	Mögliche Förderung	Energiekosten- einsparung	Amortisation
	in €	in €	in €/Jahr	in Jahre
Fassade (ungedämmt)	218.900	32.835	4.995	37,25
<i>Fassade (komplett)</i>	626.800	94.020	8.268	64,44
<i>Dach (GEG)</i>	434.000	0	7.760	55,93
Dach (BEG)	490.800	73.620	8.957	46,58
<i>Fenster (GEG)</i>	26.300	0	861	30,54
Fenster (BEG)	31.400	4.710	896	29,80
<i>Innerer Abschluss</i>	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 – 8. Sekundarschule 26

Cluster 1

Investition: 1.697.025 €

→Förderung: 312.046 €

Reduktionspotenzial:

→Energie: - 450.628 kWh/a (- 55,3 %)

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

→CO₂-Emissionen: - 34.000 kg/a (- 17,1 %) (mit Ökostrom: -85 %)



Gebäudesteckbriefe – Turnhalle Lessingstraße

- Eckdaten
 - Hauptgebäude mit einem Vollgeschoss in Hanglage zuzüglich Teilkeller
 - Baujahr: 1960er Jahre
 - Sanierung: teilweise Fenster (2008/09), Boden Sporthalle (2008), Dach (2004)
- Schwachstellen
 - Überwiegend ungedämmte Fassade
 - Glasbausteine
 - Konventionelle Leuchtmittel
 - Rein fossile Energieerzeugung



Grundlagen

Gebäudesteckbriefe – Ärztehaus

Cluster 2

- Eckdaten
 - Hauptgebäude mit einem Vollgeschoss in Hanglage zuzüglich Staffelgeschoss und Teilkeller
 - Baujahr: 1971
 - Gemischt genutztes Gebäude
 - Sanierung: teilweise Fenster (2020), Heizung (2020), LED-Beleuchtung (2020)
- Schwachstellen
 - Teilweise ungedämmte Fassade
 - Einzelne veraltete Fensteranlagen
 - Feuchtigkeitsschäden Eingang Kegelbahn
 - Rein fossile Energieerzeugung



Ergebnisse

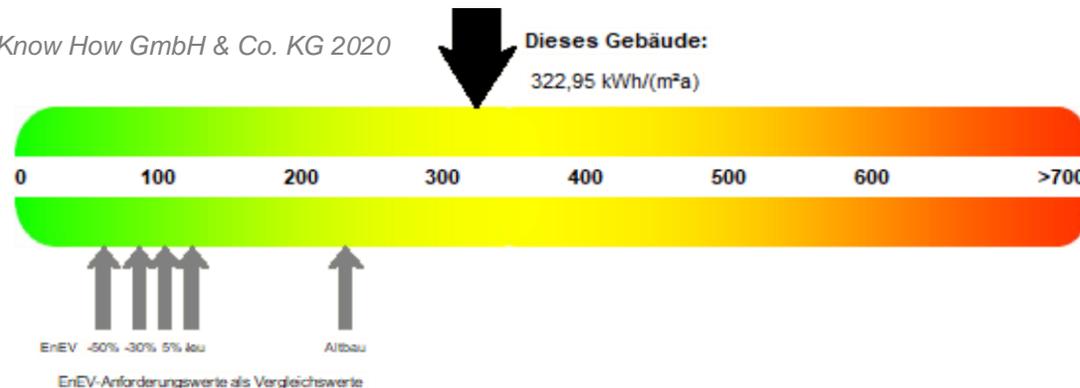
Cluster 3

Ist-Zustand – 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



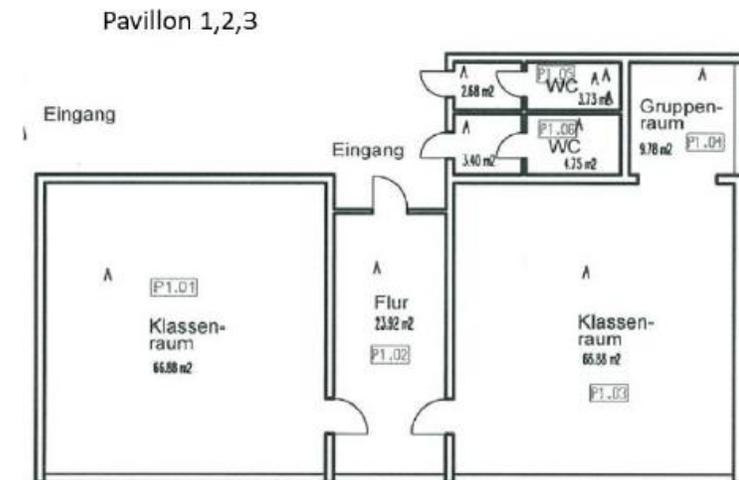
Berechnungen gem. Ingenieurbüro Bau Know How GmbH & Co. KG
Ausschließlich Bedarfsrechnungen, Fördersätze teils veraltet.

Ergebnisse

Sanierungsvorschläge – GGS Wupper Pavillon 1-3

Cluster 3

Maßnahmen	Einsparung kWh/a	Einsparung €/a	Investitionskosten €
Fenster austausch Gruppenraum $U_w \leq 0,95$ (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.

Ergebnisse

Soll-Zustand – GGS Wupper Pavillon 1-3

Cluster 3

Investition: 4.615 €

→ Förderung: 692,25 €

Reduktionspotenzial ohne BHKW:

→ Energie: - 1.560 kWh/a (- 2,7 %)

→ Energiekosten: ca.- 91 €/a

→ CO₂-Emissionen: - 348 kg/a (- 2 %)

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



Ergebnisse

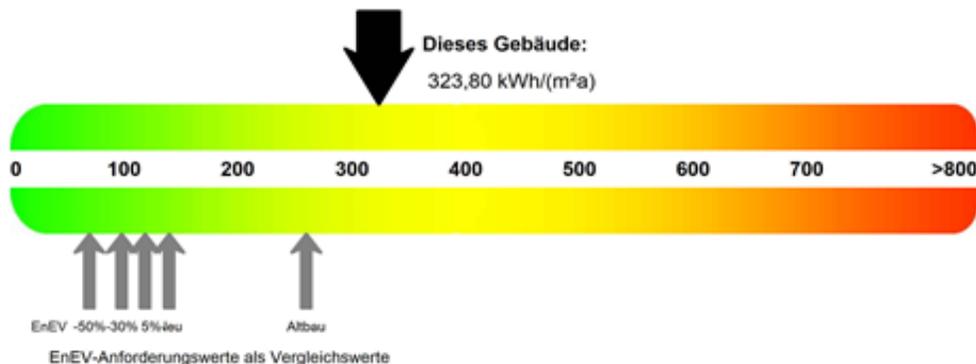
Ist-Zustand – GGS Wupper Turnhalle

Cluster 3

- Eckdaten
 - Gebäude mit zwei Vollgeschossen
 - Zentrale Wärmeversorgung über Hauptgebäude (Gas)
 - Baujahr: 1969
 - Sanierung: Dach, Fenster/Türen, Wände 2010

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

- Schwachstellen
 - Bodenplatte
 - Heizungsanlage



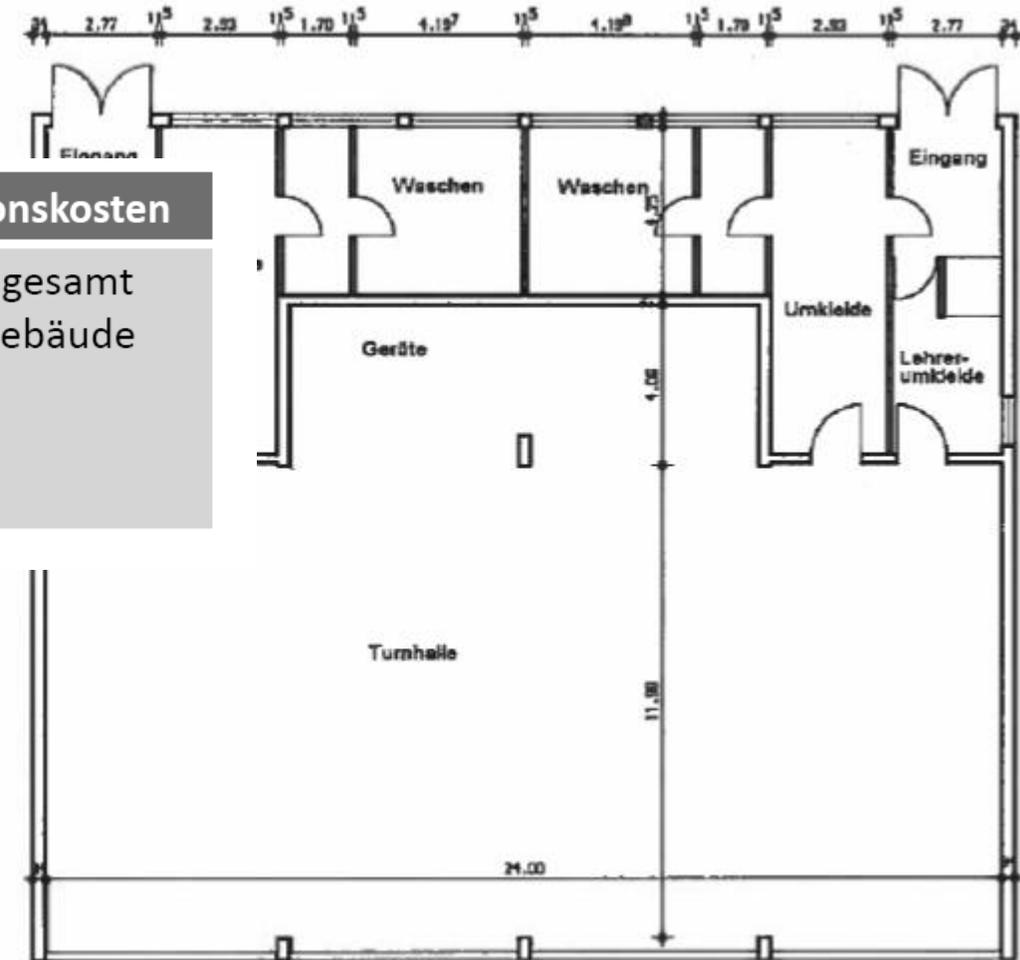
Berechnungen gem. Ingenieurbüro Bau Know How GmbH & Co. KG
Ausschließlich Bedarfsrechnungen, Fördersätze teils veraltet.

Ergebnisse

Sanierungsvorschläge – GGS Wupper Turnhalle

Cluster 3

Maßnahmen	Einsparung kWh/a	Einsparung €/a	Investitionskosten
Einbau eines BHKW ca. 50 kW mit Gas Brennwert Spitzenlastgerät ca. 170 kW	177.822	11.015	50.000 € gesamt für alle Gebäude



- BHKW-Maßnahme sollte sehr genau geprüft werden!

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

Ergebnisse

Soll-Zustand – GGS Wupper Turnhalle

Cluster 3

Investition: 100.000 €

→ Förderung: 28.240 €

Reduktionspotenzial nur BHKW:

→ Energie: - 24.904 kWh/a (- 12,9 %)

→ Energiekosten: ca.- 1.269 €/a

→ CO₂-Emissionen: - 5.621 kg/a (- 10 %)

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



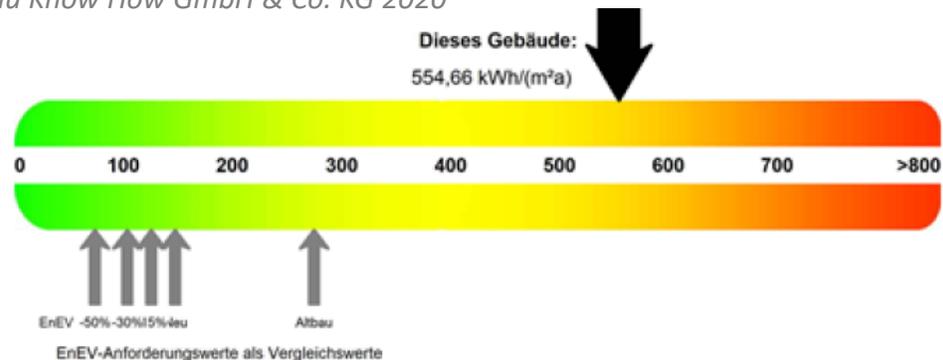
Ergebnisse

Ist-Zustand – GGS Wupper

Cluster 3

- 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.

Ergebnisse

Sanierungsvorschläge – GGS Wupper

Cluster 3

Maßnahmen	Einsparung kWh/a	Einsparung €/a	Investitionskosten €
Wanddämmung 14-18 cm WLZ 035	217.176	12.430	69.440
Fenster austausch (alle) $U_w \leq 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ 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 – GGS Wupper

Cluster 3

Investition: 484.240 €

→ Förderung: 133.166 €

Reduktionspotenzial:

→ Energie: - 554.922 kWh/a (-48 %)

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

→ CO₂-Emissionen: - 121.628 kg/a (-78 %)

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



Agenda



1. Übersicht aller untersuchten Gebäude
2. Vorgehensweise Erstellung Sanierungsfahrplan
3. Ergebnisse (für ausgewählte Gebäude)
 - Ist-Zustand
 - Wirtschaftliche Maßnahmen
 - Soll-Zustand
4. **Fazit**
 - **Gesamtbilanz**
 - **Übersicht Kosten**
 - **Kurz-, Mittel- und Langfristige Maßnahmen**
 - **Klimawirksamkeit**
 - **Nächste Schritte**

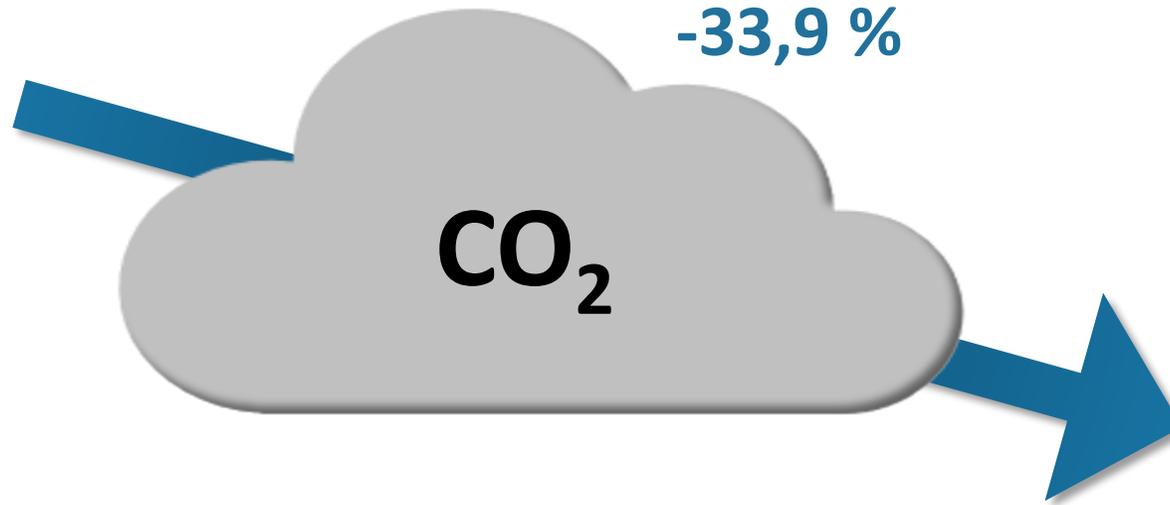
Quelle: Google, 2022

Ergebnisse

CO₂-Einsparung gemäß Norm

Ist-Zustand:

1.218 t/a



Nach Sanierung:

805 t/a

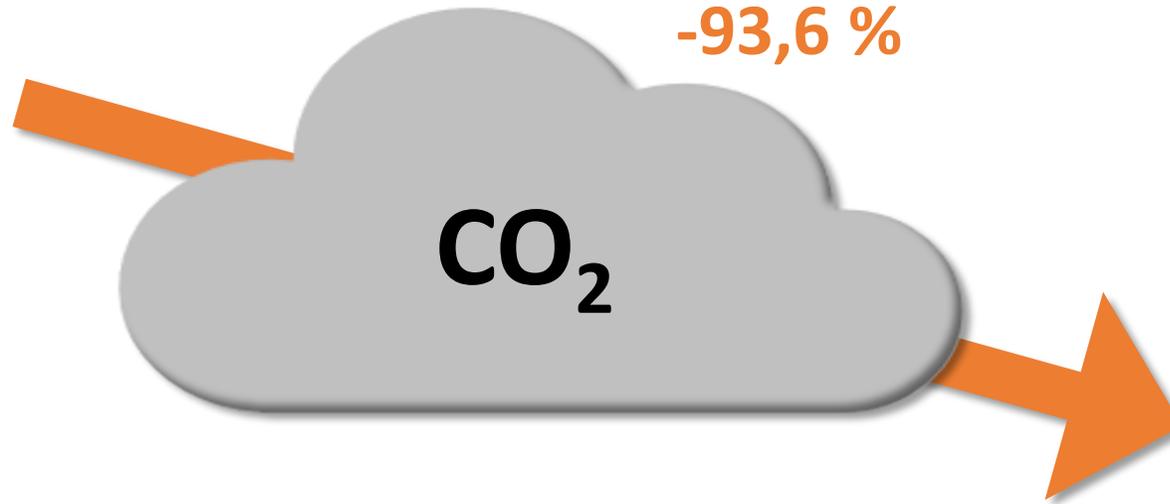
Nach GEG / DIN V 18599 | Strom: 560 g/kWh | Erdgas: 240 g/kWh

Ergebnisse

CO₂-Einsparung gem. aktuellen Emissionsfaktoren

Ist-Zustand:

980 t/a



-93,6 %

Aktuelle CO₂-Emissionsfaktoren
Wechsel auf Grün-Strom nach Sanierung



entspricht ca. 91.750
Bäumen*

Nach Sanierung:

62,5 t/a

Nach BAFA mit Grün-Strom | Strom_{Ist}: 360 g/kWh | Grün-Strom_{Soll}: 0 g/kWh | Erdgas: 202 g/kWh

Ergebnisse

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
3. Sekundarschule 21	2.040.625	368.466	603.935	60.412	88.800
8. Sekundarschule 26	1.697.025	312.046	450.628	33.352	34.000
2. GGS Stadt	1.050.220	201.845	406.788	36.112	47.200
6. Turnhalle I	1.148.800	364.475	272.156	21.077	23.100
7. Turnhalle II	915.450	184.112	245.102	22.221	29.700
1. Rathaus	1.175.750	308.279	239.497	21.098	27.300
5. Aula THG	185.750	26.158	11.447	2.862	6.400
Summe	9.412.370	2.024.969	2.837.542	240.926	299.000

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

Ergebnisse

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
4. 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
8. Sekundarschule 26	1.697.025	312.046	450.628	33.352	34.000
7. Turnhalle II	915.450	184.112	245.102	22.221	29.700
1. Rathaus	1.175.750	308.279	239.497	21.098	27.300
6. Turnhalle I	1.148.800	364.475	272.156	21.077	23.100
5. Aula THG	185.750	26.158	11.447	2.862	6.400
Summe	9.412.370	2.024.969	2.837.542	240.926	299.000

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

Ergebnisse

Zusammenfassung der Einsparmöglichkeiten 3/3

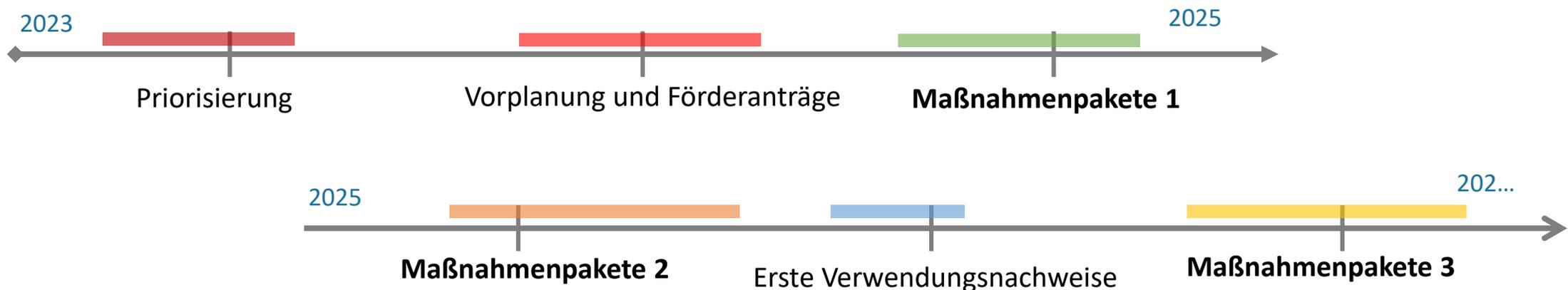
Gebäude	Investitionskosten in €	Mögliche Förderung in €/a	Einsparung Endenergie in kWh/a	Einsparung Energiekosten in €/a	↓ Einsparung CO ₂ - Emissionen in kg/a
3. Sekundarschule 21	2.040.625	368.466	603.935	60.412	88.800
2. GGS Stadt	1.050.220	201.845	406.788	36.112	47.200
4. Theodor-Heuss-Gymnasium	1.198.750	259.588	607.989	43.792	42.500
8. Sekundarschule 26	1.697.025	312.046	450.628	33.352	34.000
7. Turnhalle II	915.450	184.112	245.102	22.221	29.700
1. Rathaus	1.175.750	308.279	239.497	21.098	27.300
6. Turnhalle I	1.148.800	364.475	272.156	21.077	23.100
5. Aula THG	185.750	26.158	11.447	2.862	6.400
Summe	9.412.370	2.024.969	2.837.542	240.926	299.000

→ Mit dem Fokus auf CO₂-Emissionen sollten die Gebäude **SEK 21, GGS Stadt und THG** priorisiert werden

Umsetzungs-Strategie

Erreichen der Klimaneutralität

1. Wahl des geeigneten Kriteriums zur Priorisierung
 - Einsparung Endenergie
 - Einsparung Energiekosten
 - Einsparung CO₂-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)



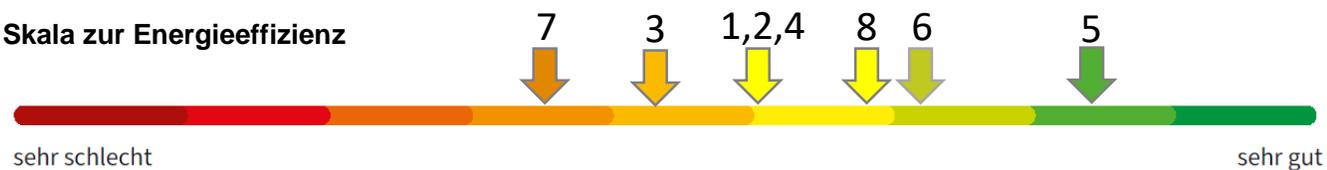
Übersicht

Energieeffizienz der Gebäude im **Ist-Zustand**

1. Rathaus
2. GGS Stadt
3. Sekundarschule 21
4. Theodor-Heuss-Gym.
5. Aula THG
6. Turnhalle I
7. Turnhalle II
8. Sekundarschule 26



Skala zur Energieeffizienz



Quelle: Google, 2022

Übersicht

Energieeffizienz der Gebäude im Soll-Zustand

1. Rathaus
2. GGS Stadt
3. Sekundarschule 21
4. Theodor-Heuss-Gym.
5. Aula THG
6. Turnhalle I
7. Turnhalle II
8. Sekundarschule 26



Skala zur Energieeffizienz



Quelle: Google, 2022

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)



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