

# SCHAFFUNG EINES REFERENZOBJEKTES „KLIMANEUTRALE ÖFFENTLICHE LIEGENSCHAFTEN IM BEZIRK MITTE“



## GLIEDERUNG

---

- Ausgangssituation
- Sanierungsvarianten
- Gebäudeautomation, Bauwerksbegrünung, Ökobilanz
- Photovoltaikanlage
- Gesamtergebnis nach GEG § 50
- Fazit

## GLIEDERUNG

---

- Ausgangssituation
- Sanierungsvarianten
- Gebäudeautomation, Bauwerksbegrünung, Ökobilanz
- Photovoltaikanlage
- Gesamtergebnis nach GEG § 50
- Fazit

## AUSGANGSSITUATION



maps.google.de

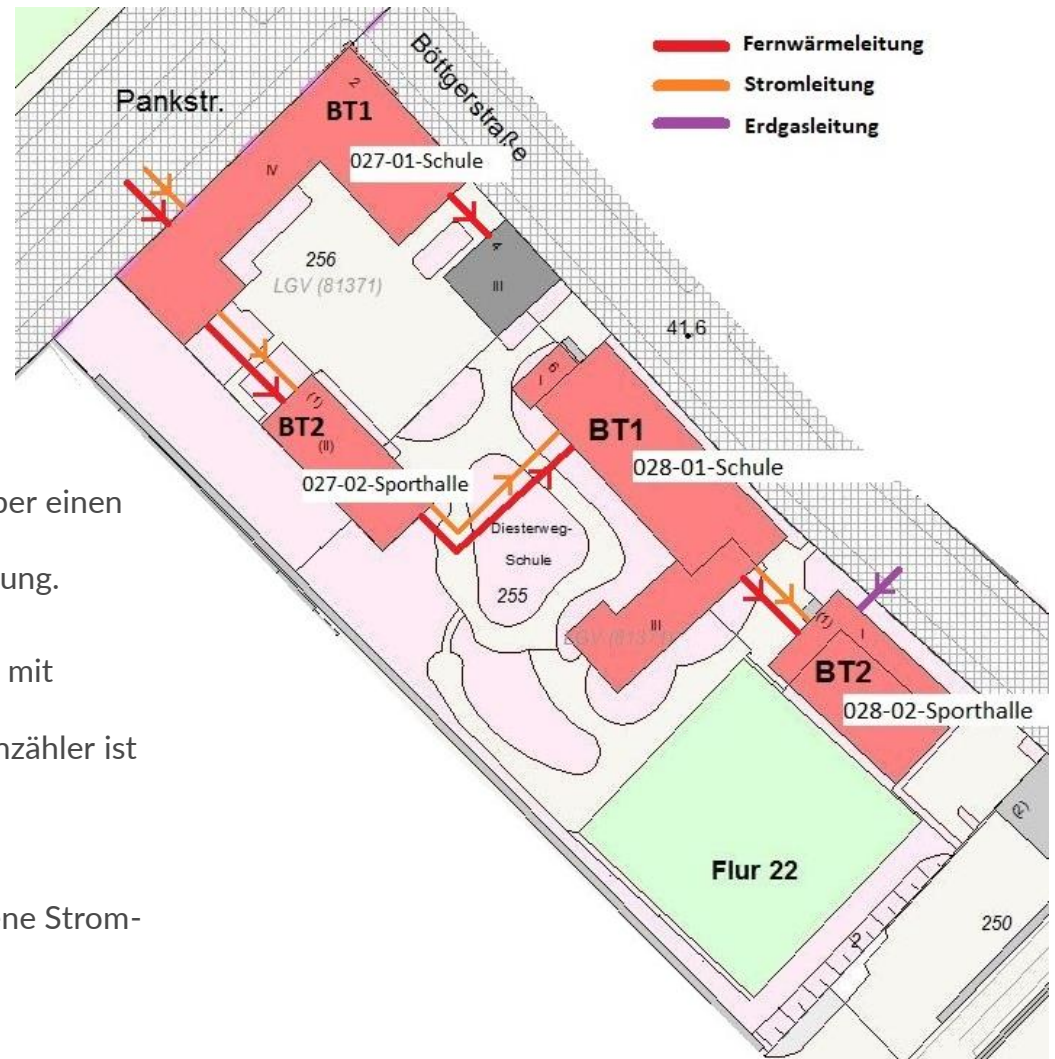
## AUSGANGSSITUATION



maps.google.de

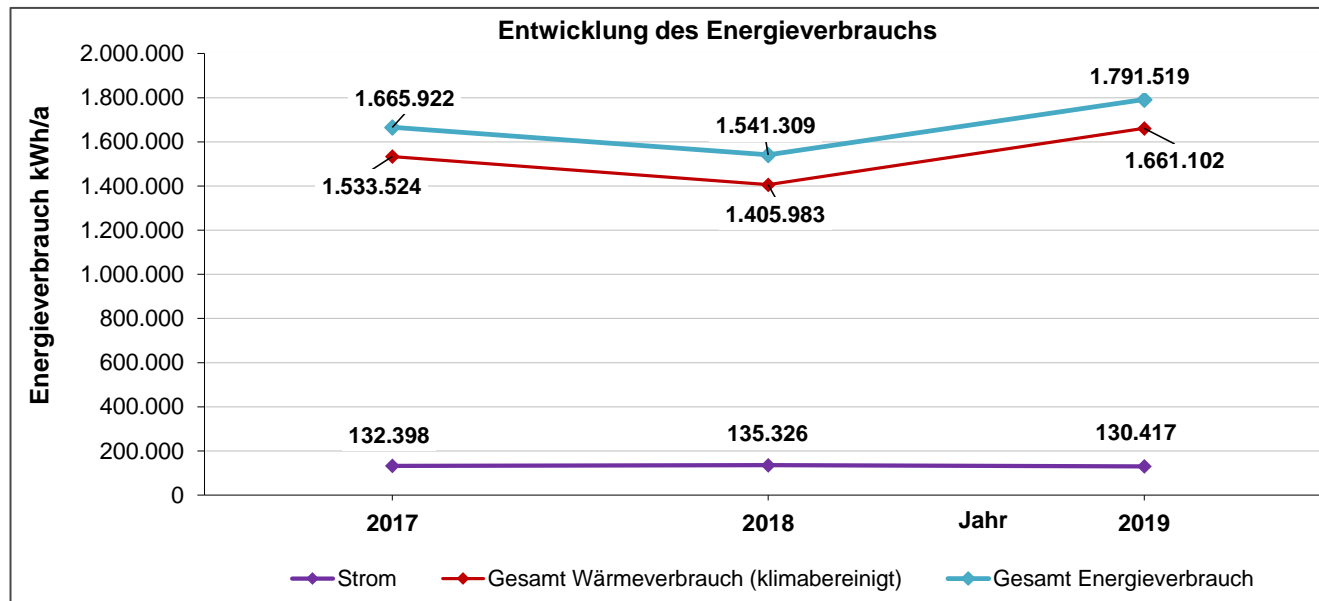
## AUSGANGSSITUATION

- ▶ Die Hauptanschlüsse für Fernwärme, Strom und Wasser befinden sich im Schulgebäude 027-01 und versorgen die restlichen Gebäude.
- ▶ Die Sporthalle 028-02 verfügt zusätzlich über einen Erdgasanschluss für die Warmwasserbereitung.
- ▶ Das Wohndienstgebäude (*in Grau*) wird nur mit Fernwärme mitversorgt. Ein Wärmemengenzähler ist vorhanden.
- ▶ Das Wohndienstgebäude verfügt über eigene Strom- und Trinkwasseranschlüsse.



## AUSGANGSSITUATION

Gebäude	Warmwasser	Zähler / Unterzähler
027-01-Schule	kein Warmwasser	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Wärmemengenzähler (Hauptzähler für Heizung)</li> <li>– Wärmemengenzähler (für Warmwasser in der Sporthalle 027-02)</li> <li>– Strom (Hauptzähler)</li> <li>– Wasserzähler</li> </ul>
027-02-Sporthalle	zentral über Fernwärme	<ul style="list-style-type: none"> <li>– keine Unterzähler</li> </ul>
028-01-Schule	dezentral über Durchlauferhitzer (Strom)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Wasserzähler</li> <li>– Gaszähler (Labore)</li> </ul>
028-02-Sporthalle	zentral über Erdgas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Wasserzähler</li> <li>– Gaszähler</li> </ul>



## GLIEDERUNG

---

- Ausgangssituation
- Sanierungsvarianten
- Gebäudeautomation, Bauwerksbegrünung, Ökobilanz
- Photovoltaikanlage
- Gesamtergebnis nach GEG § 50
- Fazit



## SANIERUNGSVARIANTEN

### ► Berechnungsgrundlage sind:

- Gebäudeenergiegesetz – GEG
- Energetische Bewertung von Gebäuden: DIN-Norm V 18599: 2018-09
- Nutzungsdauer: Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB)
- Wirtschaftlichkeitsuntersuchung: VDI 2067
- Ökobilanz: ÖKOBAUDAT eLCA ([www.bauteileditor.de](http://www.bauteileditor.de)) vom BMI

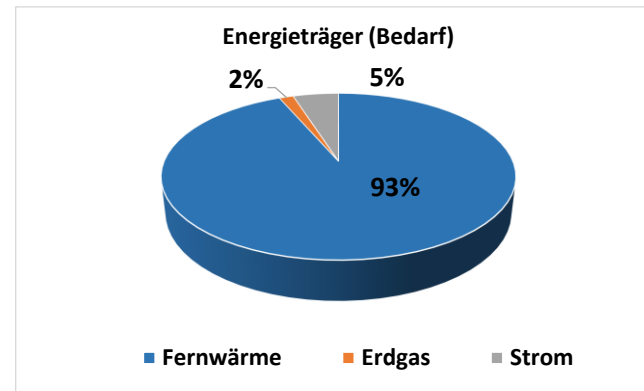
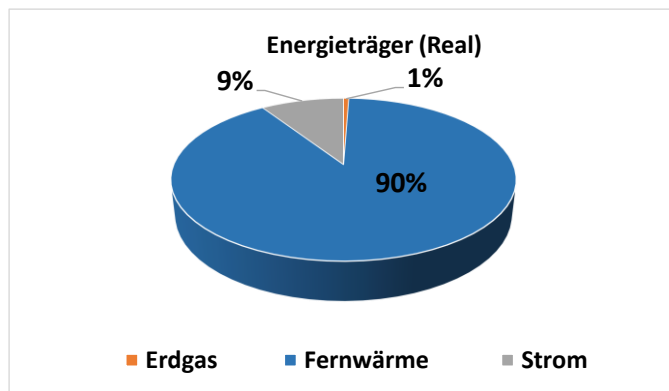
Bezeichnung	Einheit	Preis [€/Einheit]	jährl. Preissteigerung inflationsbereinigt [%]	CO <sub>2</sub> [g/Einheit]
Fernwärme	kWh	0,073	2,00	300,0
Strom Inland	kWh	0,200	2,00	560,0
Erdgas	kWh	0,058	2,00	240,0
Biomethan	kWh	0,120	2,00	140,0
Holzpellets	kg	0,260	2,00	20,0

kalkulatorischer Zinssatz [%]	0,01
jährliche Preissteigerung (Inflation) [%]	2,00
Steuerersparnis durch Abschreibung berücksichtigt	nein

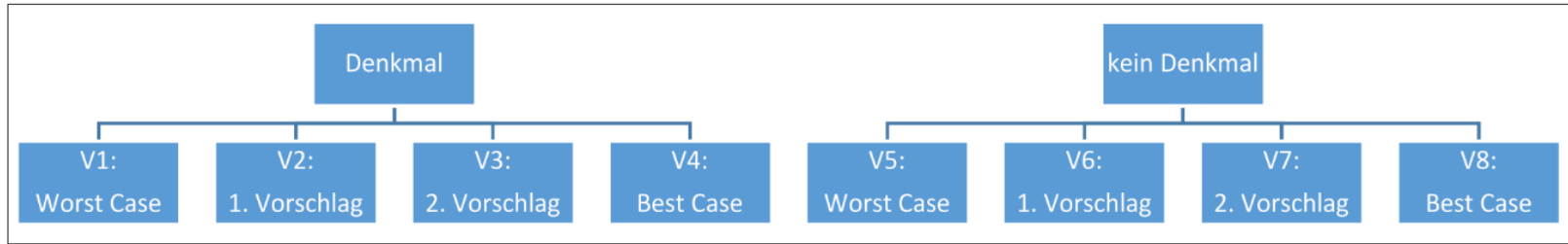
## SANIERUNGSVARIANTEN

- ▶ nach den Berechnungsgrundlagen wurde der Ausgangsfall für die Bedarfsberechnung abgebildet:
  - ▶ Der Nutzerstrom wurde bei den energetischen Sanierungsvarianten nicht berücksichtigt, z.B. Strom für PCs, Laborausstattung, Alarmanlage, etc., aber der Strom für die Beleuchtung wird berücksichtigt
  - ▶ Bei der Betrachtung der PV-Anlage wurde der Nutzerstrom anhand des gesamten Stromverbrauches geschätzt

Parameter	Einheit	nach dem realen Verbrauch	nach der Bedarfsberechnung (ohne Hausstrom)
Endenergie	kWh/a	1.666.250	1.664.330
CO <sub>2</sub> Emissionen	kg/a	463.277	518.540
Energiekosten	€/a	121.186	131.562



## SANIERUNGSVARIANTEN



Gebäude	Schule 028-01	Schule 027-01	Sporthalle 028-02	Sporthalle 027-02
Kein Denkmal	V1- GEG ( <i>worst case</i> )	V1- GEG	V1- GEG	V1- GEG
	V2- KfW 55	V2- KfW 40	V2- KfW 55	V2- KfW 40
	V3- Ökologisch und nachhaltig ( <i>best case</i> )	V3- Öko.	V3- Öko.	V3- Öko.
	V4- Regenerative Versorgung	V4- Reg. Vers.	V4- Reg. Vers.	V4- Reg. Vers.
	V5- Passivhaus	V5- Passivhaus	V5- Passivhaus	V5- Passivhaus
Denkmal	V6- GEG ( <i>worst case</i> )	V6- GEG	V6- GEG	V6- GEG
	V7- Ökologisch und nachhaltig ( <i>best case</i> )	V7- Öko.	V7- Öko.	V7- KfW 55
	V8- Regenerative Versorgung	V8- Reg. Vers.	V8- Reg. Vers.	V8- Reg. Vers.
	V9- KfW 55	V9- KfW 55	V9- KfW 55	--

## SANIERUNGSVARIANTEN

### ▶ Sanierungsmaßnahmen, die in jeder Variante betrachtet wurden:

- ▶ Heizungsoptimierung
- ▶ Erneuerung der Beleuchtung
- ▶ Gebäudeautomation (Heizung ggf. Lüftung)
- ▶ Energiemanagement

### ▶ Beispiel einiger Sanierungsmaßnahmen

Szenario	Variante	Fassaden	Fensterart	Wärmeversorgung	Sonstige
Kein Denkmal	V1- GEG ( <i>worst case</i> )	Mineralwolle (WDVS)	Kunststofffenster	Fernwärme	(PV-Anlage)
	V2- KfW 55	Mineralwolle (WDVS)	Kunststoff- / (Holzfenster)	Fernwärme	PV-Anlage/ (Solarthermie)
	V3- Öko ( <i>best case</i> )	Zellulose (VHF)	Holzfenster	Fernwärme	PV-Anlage/ (Solarthermie) Dach- und Fassadenbegrünung
	V4- Reg. Versorgung	Mineralwolle (WDVS)	Kunststoff-/ (Holzfenster)	Holzpellets/ (Biomethan)	PV-Anlage/ (Solarthermie)
	V5- Passivhaus	Mineralwolle (WDVS)	Alufenster	Strom (Luft/Wasser WP)	PV-Anlage/ (Solarthermie) Dachbegrünung
Denkmal	V6- GEG ( <i>worst case</i> )	Innendämmung	Fensterart wie im Bestand	Fernwärme	-
	V7- Öko ( <i>best case</i> )	Innendämmung	Fensterart wie im Bestand	Fernwärme	-
	V8- Reg. Versorgung	Innendämmung	Fensterart wie im Bestand	Holzpellets/ (Biomethan)	-
	V9- KfW 55	Innendämmung	Fensterart wie im Bestand	Fernwärme	-

## GLIEDERUNG

---

- Ausgangssituation
- Sanierungsvarianten
- Gebäudeautomation, Bauwerksbegrünung, Ökobilanz
- Photovoltaikanlage
- Gesamtergebnis nach GEG § 50
- Fazit

## GEBÄUDEAUTOMATION, BAUWERKSBEGRÜNUNG, ÖKOBILANZ

### ▶ Gebäudeautomation (zwei Szenarien)

#### 1. Wärmeübergabe über Heizkörper in Kombination mit Fensterlüftung

- ▶ digitale Thermostatventile mit Optimierungsfunktion
- ▶ Sensoren an den Fenstern
- ▶ Präsenzmelder und CO<sub>2</sub> Sensoren

#### 2. Wärmeübergabe über Heizdecken in Kombination mit zentraler mechanischer Lüftung mit WRG (nur in der Passivhaus Variante)

- ▶ Sensoren für Lufttemperatur und CO<sub>2</sub>
- ▶ Sensoren an den Fenstern
- ▶ Präsenzmelder

In beiden Szenarien werden die Datenpunkte zentral pro Gebäude gesteuert und überwacht.

## GEBÄUDEAUTOMATION, BAUWERKSBEGRÜNUNG, ÖKOBILANZ

### ► Bauwerksbegrünung



Für die Liegenschaft wurde eine bodengebundene Fassadenbegrünung (ca. 1.099 m<sup>2</sup>) aus leitbarem Bewuchs mit Gerüstkletterpflanzen mit Kletter-/ Rankhilfe als Seil-/ Stabkonstruktion aus Stahl berücksichtigt.

Gebäude	Ausrichtung	Fläche [m <sup>2</sup> ]
Schule 027-01	Südost	340,0
	Südwest	150,0
Schule 028-01	Südost	108,4
	Südwest	209,5
Sporthalle 027-02	Südwest	143,0
	Nordwest	45,5
Sporthalle 028-02	Südost	102,6

## GEBÄUDEAUTOMATION, BAUWERKSBEGRÜNUNG, ÖKOBILANZ

### ► Bauwerksbegrünung



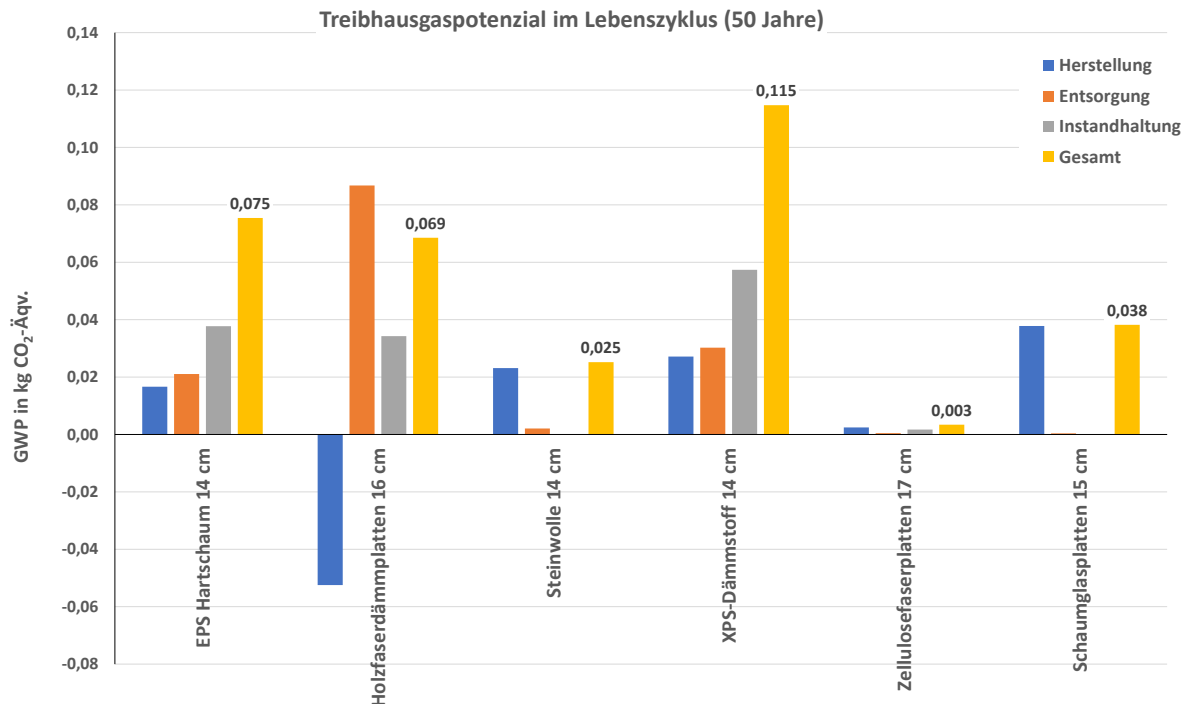
- extensive Dachbegrünung mit Solarmodul als Systemlösung
- ca. 2.241 m<sup>2</sup> geeignete Fläche (für die Begrünung)
- die Flächengewichte der Aufbauten bei Sedum-Kraut Begrünungen mit mindestens 8 cm Wurzelraum beginnen bei etwa 90 bis 130 kg/m<sup>2</sup>
- PV Module ohne Dachdurchdringung (ca. 25 kg/m<sup>2</sup> ohne Ballast), evtl. 75 bis 80 kg/m<sup>2</sup> (mit Ballast)
- die Kombination von Gründach und PV Modulen hat ein Flächengewicht von ca. 165 bis 210 kg/m<sup>2</sup>
- ca. 4 % weniger Leistungsabfall, was eine Steigerung des Ertrags bedeutet
- Pflanzungen verursachen Verdunstungskühlung
- die Auflast der Dachbegrünung fixiert die Solarmodule
- keine Durchdringung der Dachhaut notwendig
- weniger Folgeschäden der Dachhaut
- Minderung bei den Entwässerungskosten



## GEBÄUDEAUTOMATION, BAUWERKSBEGRÜNUNG, ÖKOBILANZ

### ▶ Ökobilanz verschiedener energetischer Standards

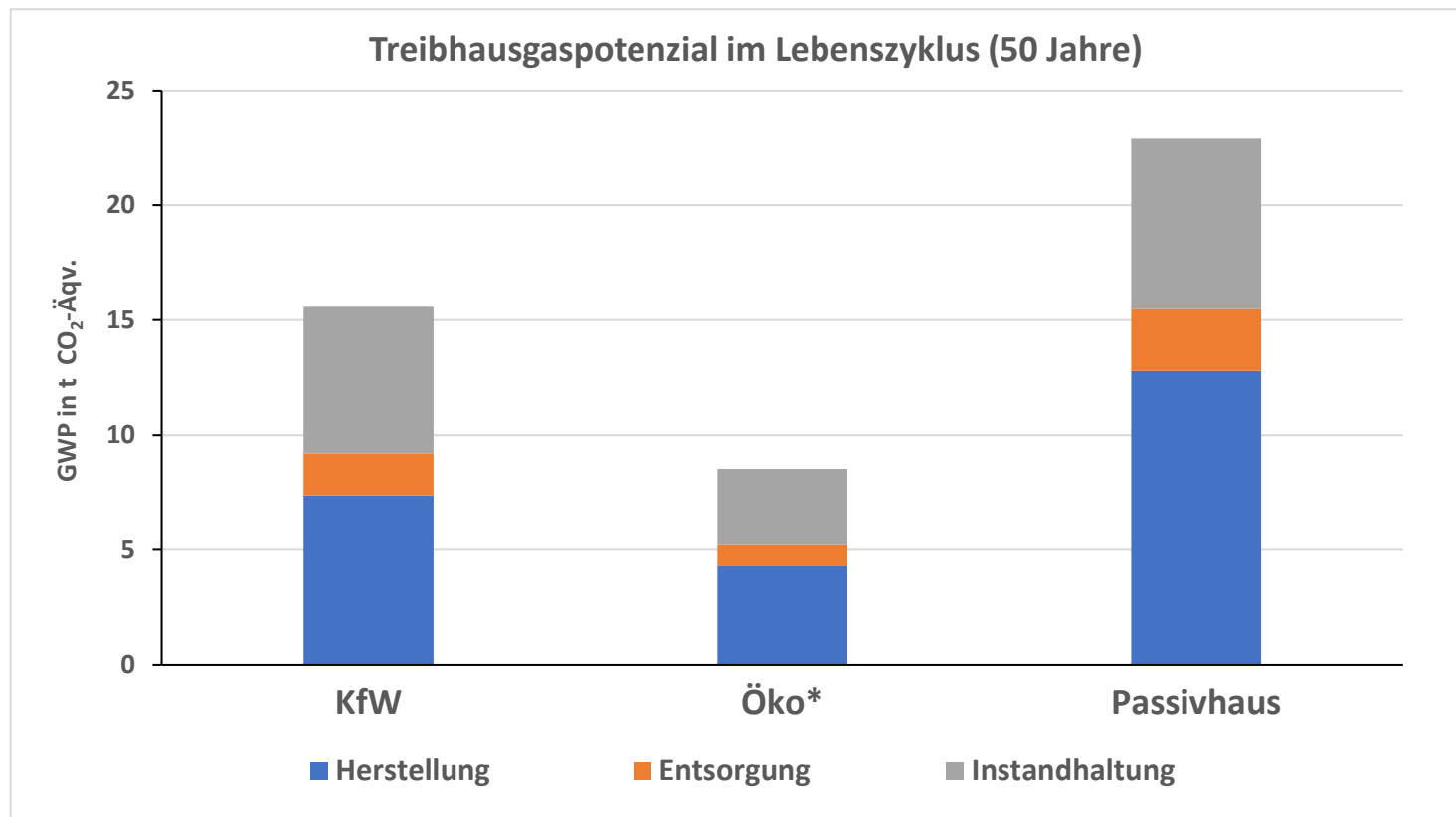
- ▶ für den Variantenvergleich wird das Treibhauspotential (Global Warming Potential, GWP) als Kriterium und Vergleichsparameter bewertet
- ▶ bewertet wird über den gesamten Lebenszyklus (50 Jahre) **nur die Baukostengruppe KG 300 und nur die Bauteile, die von den Sanierungsmaßnahmen betroffen sind**. Die Bauteile im Bestand wurden nicht berücksichtigt



Treibhauspotential der Dämmstoffe, um einen U-Wert von 0,2 bei einer 60 cm Mauerziegel Außenwand zu erreichen

## GEBÄUDEAUTOMATION, BAUWERKSBEGRÜNUNG, ÖKOBILANZ

- ▶ Ökobilanz verschiedener energetischer Standards
  - ▶ die Ökobilanz ist rein informativ, d.h. die berechneten Treibhauspotenziale werden weder in der energetischen Bilanzierung noch bei der Berechnung der Klimaschadenkosten berücksichtigt



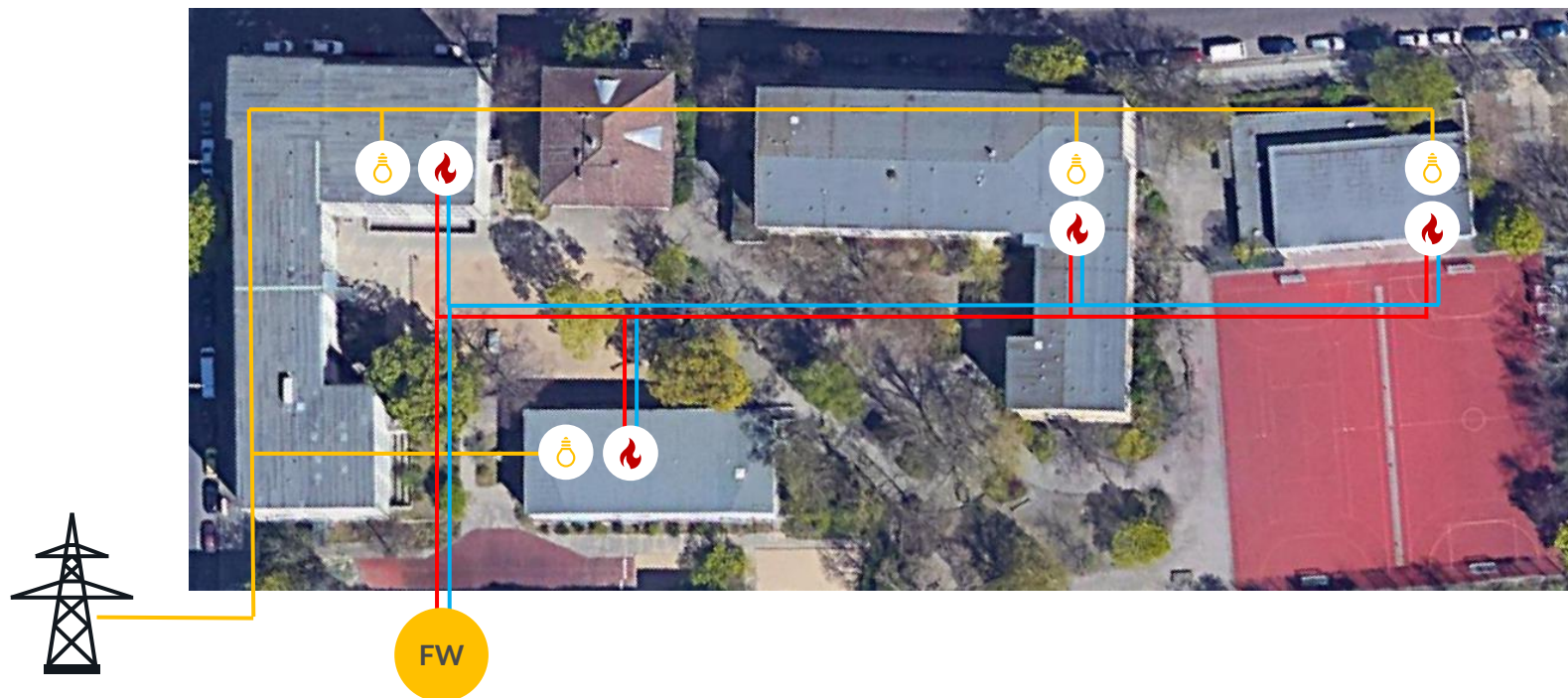
\* für die Sporthalle 027-02 wurden keine baulichen Maßnahmen vorgeschlagen, da das Gebäude 2011 energetisch saniert wurde

## GLIEDERUNG

---

- Ausgangssituation
- Sanierungsvarianten
- Gebäudeautomation, Bauwerksbegrünung, Ökobilanz
- Photovoltaikanlage
- Gesamtergebnis
- Fazit

## PHOTOVOLTAIKANLAGE - VERSORGUNGSSITUATION IM BESTAND



Diesterweg-Gymnasium, Böttgerstraße 2, 13357 Berlin

- ▶ NGF: 3.685 m<sup>2</sup>
- ▶ Wärmebedarf: 1.220 MWh/a
- ▶ Strombedarf: 133 MWh/a
- ▶ Wärmeversorgung hauptsächlich über Fernwärme
- ▶ Stromversorgung über öffentliches Stromnetz

## PHOTOVOLTAIKANLAGE - AUFGABENSTELLUNG

---

- ▶ Die Versorgung des Diesterweg-Gymnasiums soll unterstützt durch den Einsatz Erneuerbarer-Energieträger erfolgen
- ▶ Untersucht werden unterschiedliche Technologien zur Energiebereitstellung
  - ▶ Fernwärme
  - ▶ Wärmepumpe
  - ▶ Solarthermie
  - ▶ Photovoltaik
  - ▶ elektrischer Batteriespeicher
- ▶ Die Schulgebäude werden untersucht in den Varianten
  - ▶ unsaniert (Bestand)
  - ▶ ökologisch saniert
  - ▶ Passivhaus



Für die Untersuchung werden die verschiedenen Technologien und Sanierungsvarianten der Schulgebäude kombiniert. Das Ergebnis wird eine Empfehlung für eine ökonomisch und ökologisch vorteilhafte Kombination sein.

## UMWANDLUNG DER SONNENENERGIE

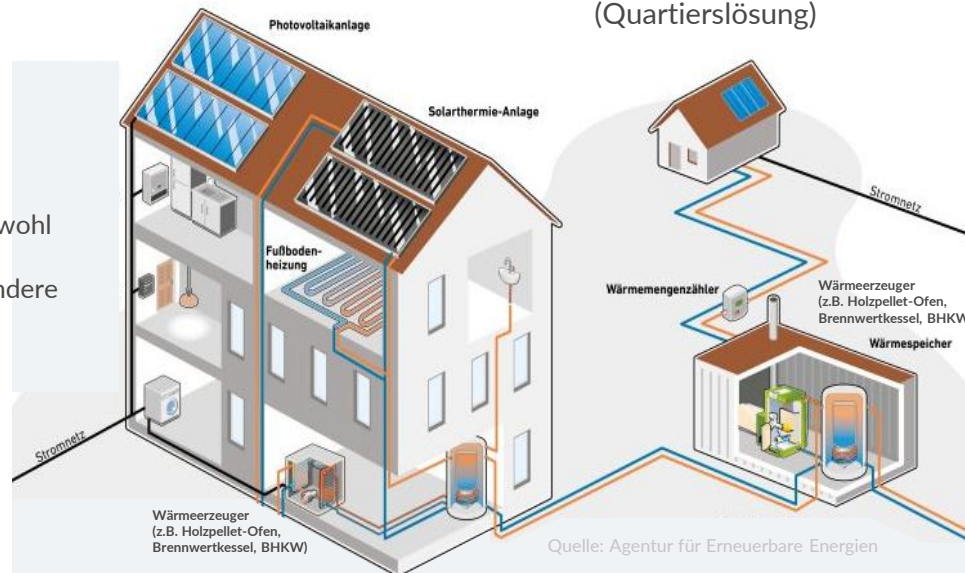
### Photovoltaik

- Stromerzeugung durch Sonnenenergie
- Strom kann in alle Energieformen umgewandelt werden
- Strom für Eigenverbrauch und Netzeinspeisung
- Stromspeicher einsetzbar
- Förderung bei Installation und Betrieb möglich
- Gesamtwirkungsgrad der Anlage bei ca. 20 %

### Solarthermie

- Wärmeerzeugung durch Sonnenenergie
- Unterstützung bei der Warmwasserbereitung
- Je nach Anlagenspezifikation auch als Heizunterstützung einsetzbar
- Thermische Speicher notwendig
- Förderung nur bei Installation der Anlage möglich
- Gesamtwirkungsgrad der Anlage bei ca. 50 %
- Je nach Anlage auch Nahwärmenetze möglich (Quartierslösung)

Anlagenbetreiber können sowohl Gebäudeeigentümer, Energieunternehmen oder andere spezialisierte Anbieter sein (Contracting)

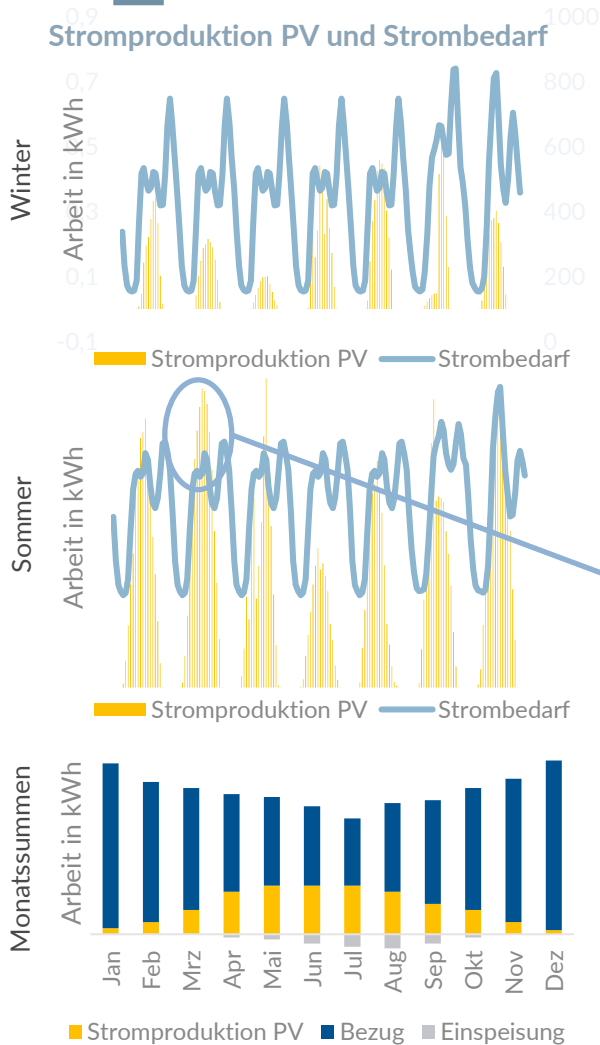


Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Primärenergiebedarfs nach GEG

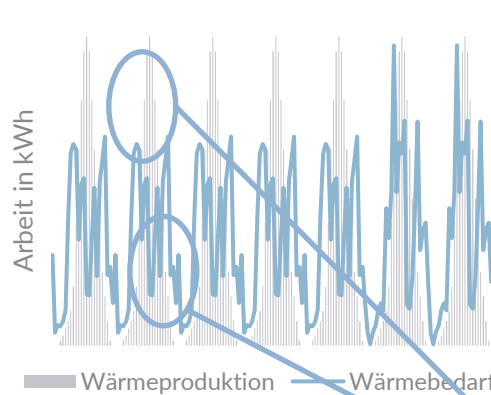


Je nach Anwendungsfall, Platzangebot und Nutzungsprofil sind Photovoltaik, Solarthermie oder eine Kombination aus beidem vorteilhafter.

## TYPISCHE LASTVERLÄUFE VON SOLARER ENERGIEERZEUGUNG UND -BEDARF



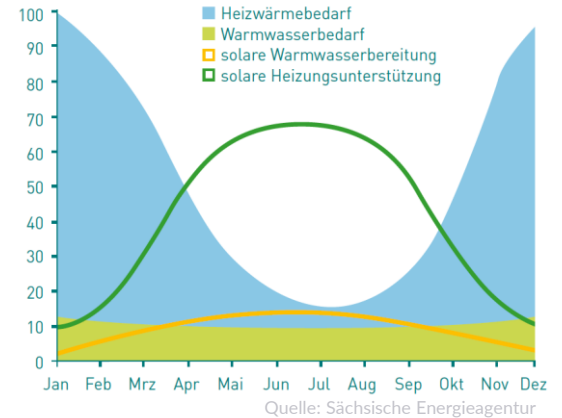
### Wärmeproduktion ST und Wärmebedarf



Überschüsse werden in das Stromnetz eingespeist (ggf. eingespeichert und bei Bedarf verwendet)

### Auslegung Photovoltaik

Nach Eigenbedarf, Optimierung der solaren Deckung, Speicherung oder Netzeinspeisung des überschüssigen Stroms



Überschüsse werden eingespeichert und bei Bedarf verwendet

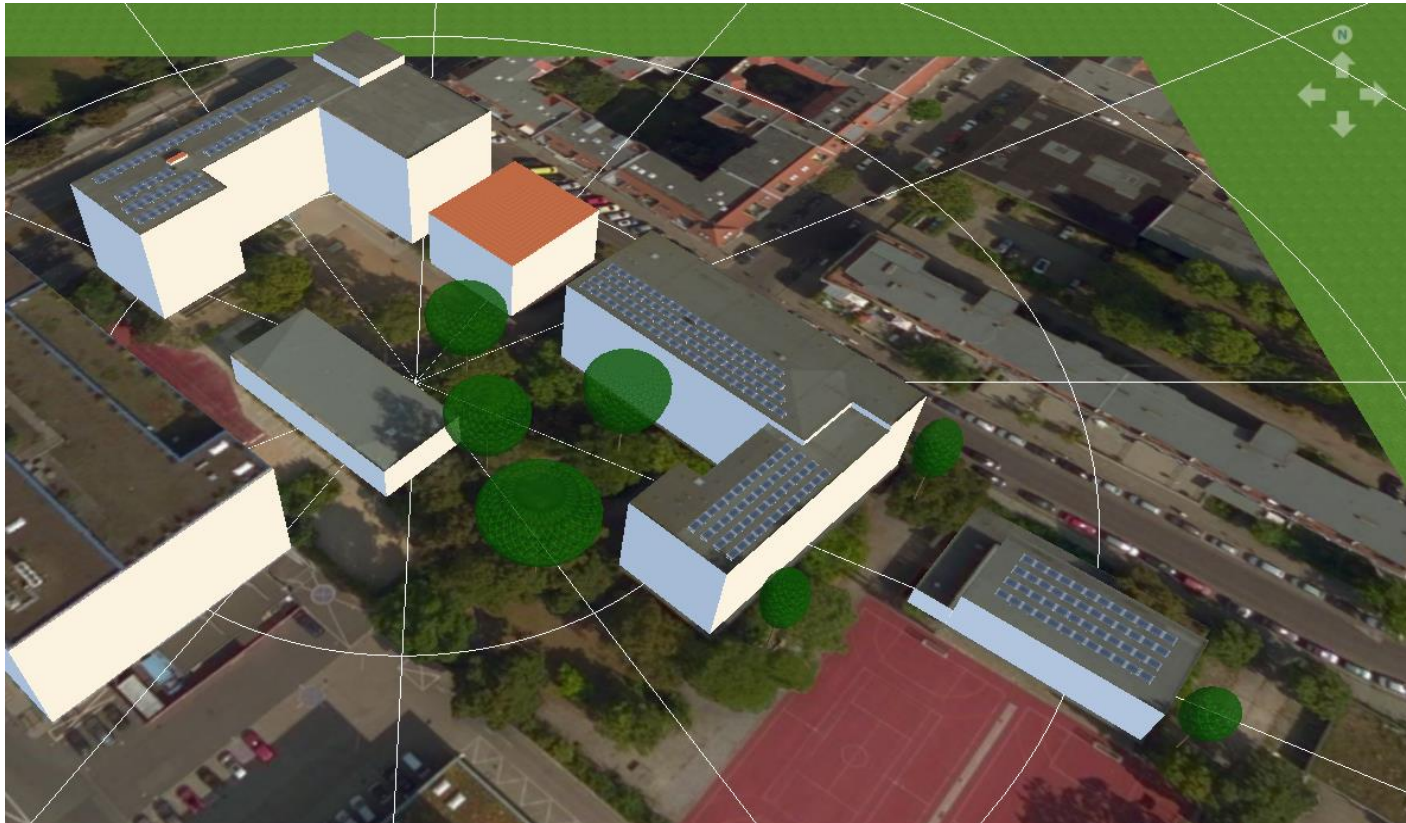
### Auslegung Solarthermie

Orientiert an Wärmebedarf eines Sommertages (etwa 0,3 m<sup>2</sup>/kWh), Optimierung der solaren Deckung, Speicherung der überschüssigen Wärme (Speichergröße), Auswahl der Kollektortechnik abhängig von benötigtem Temperaturniveau



Dargebot erneuerbarer Energieträger und Energienachfrage liegen häufig zeitlich auseinander. Durch Speichertechnologien kann dies teilweise kompensiert werden. Überschüssige Energie kann eingespeist oder rückgekühlt werden.

## DACHBELEGUNG PHOTOVOLTAIK-ANLAGE MIT 100 kW<sub>p</sub>



Bespielhafte PV-Belegung der Dachflächen mit 100 kW<sub>p</sub>. Hinzu kommen noch Solarthermiekollektoren auf den Dachflächen der Sporthallen. Da die Gebäude über einen Hausanschluss mit Strom versorgt werden, können die PV-Module relativ frei auf den Dachflächen verteilt werden.



## DACHBELEGUNG PHOTOVOLTAIK-ANLAGE MIT 100 KW<sub>p</sub>

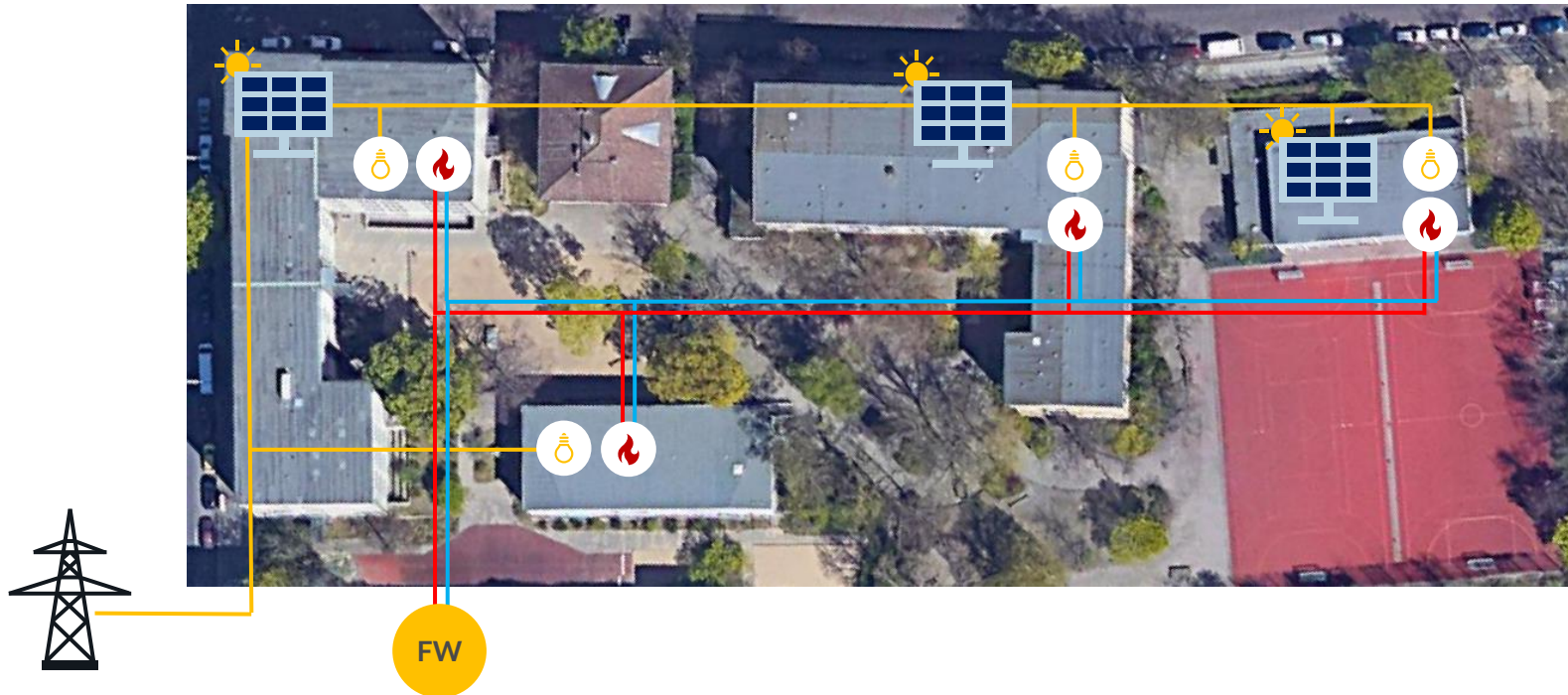


Bespielhafte PV-Belegung der Dachflächen mit ca. 123 kW<sub>p</sub>. Hinzu kommen noch Solarthermiekollektoren auf den Dachflächen der Sporthallen. Da die Gebäude über einen Hausanschluss mit Strom versorgt werden, können die PV-Module relativ frei auf den Dachflächen verteilt werden.

## UNTERSUCHTE VARIANTEN

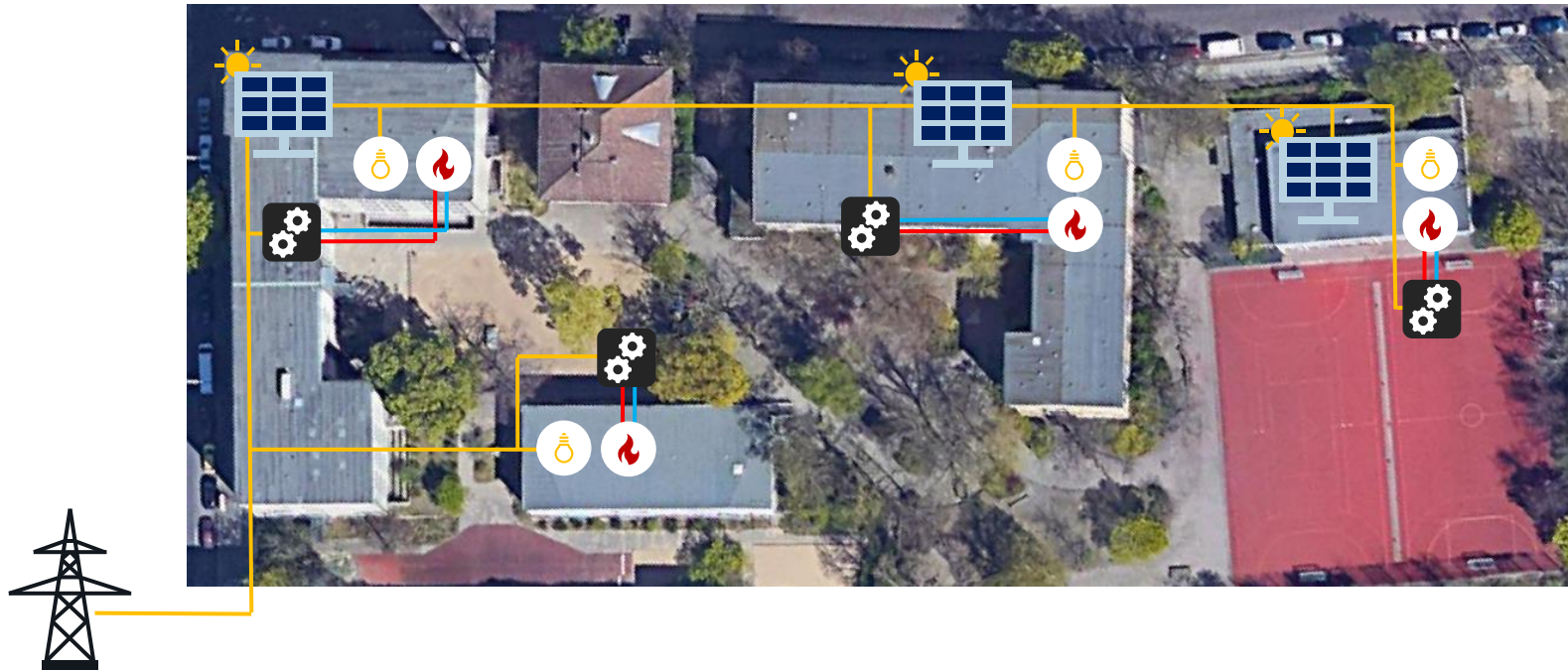
Technologiematrix		Wärme			Strom			
Varianten		Fernwärme	Wärmepumpe	Solarthermie	PV	Netzbezug		
0	V0: Istzustand	1.268 MWh/a	100 %		133 MWh/a	100 %		
1	V1.1: unsaniert FW + PV100		100 %			33 %	67 %	
2	V1.2: unsaniert FW + PV100 + Batterie		100 %			40 %	60 %	
3	V1.3: unsaniert FW + PV123		100 %			36 %	64 %	
4	V1.4: unsaniert FW + PV123 + Batterie		100 %			43 %	57 %	
5	V5.1: Passiv WP + PV100 + SolThermie	255 MWh/a		89 %	11 %	189 MWh/a	17 %	83 %
6	V5.2: Passiv WP + PV100 + SolThermie			89 %	11 %		17 %	83 %
7	V5.3: Passiv WP + PV100 + SolThermie + Batterie			89 %	11 %		22 %	78 %
8	V5.4: Passiv WP + PV123 + SolThermie			89 %	11 %		19 %	81 %
9	V4.4: Passiv WP + PV123 + SolThermie + Batterie			89 %	11 %		24 %	76 %
10	V3: Öko FW	692 MWh/a	96 %		4 %	74 MWh/a		100 %
11	V3.1: Öko FW + PV100		96 %		4 %		40 %	60 %
12	V3.2: Öko FW + PV100 + Batterie		96 %		4 %		40 %	60 %
13	V3.3: Öko FW + PV123		96 %		4 %		36 %	64 %
14	V3.4: Öko FW + PV123 + Batterie		96 %		4 %		43 %	57 %

## VERSORGUNG DER SCHULGEBÄUDE MIT FERNWÄRME UND PHOTOVOLTAIK



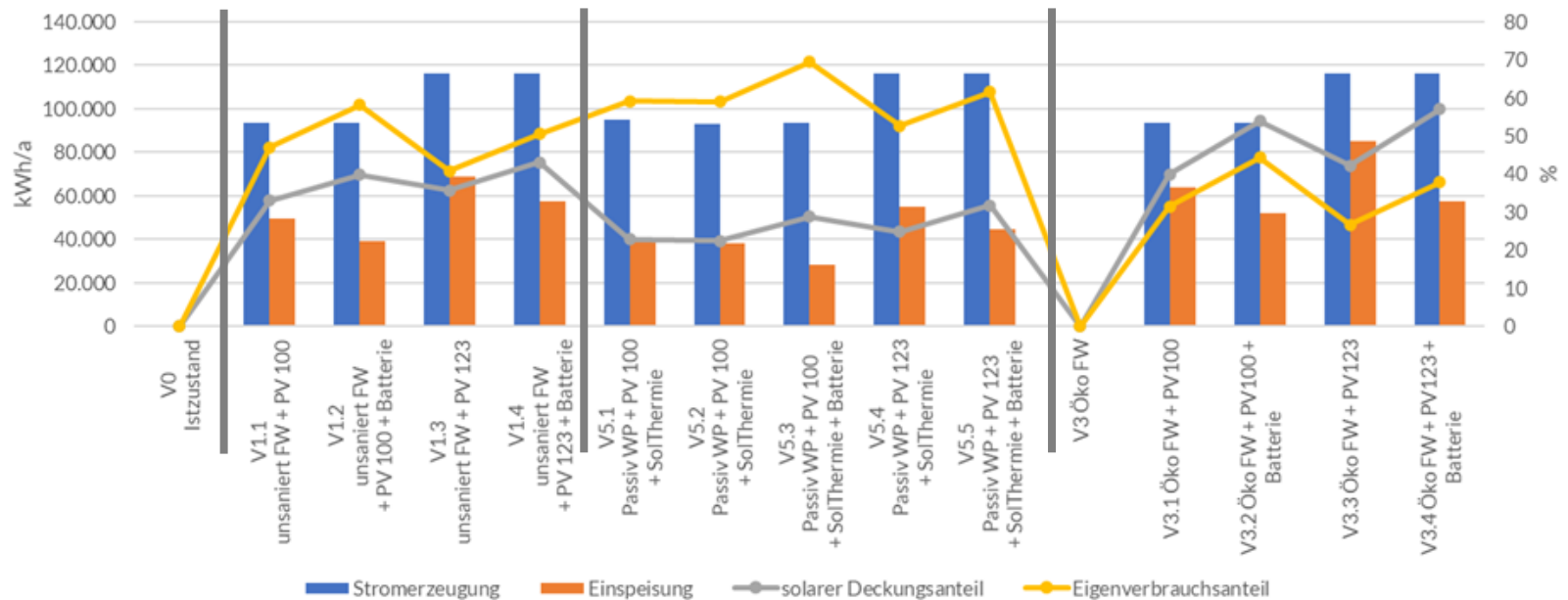
- ▶ Wärmeversorgung über Fernwärme
- ▶ Stromversorgung über Photovoltaik und öffentliches Stromnetz
- ▶ Unsanierete Gebäude und ökologische Sanierungsvariante

## VERSORGUNG DER SCHULGEBÄUDE MIT WÄRMEPUMPE UND PHOTOVOLTAIK



- ▶ Wärmeversorgung über elektrische Luftwärmepumpen
- ▶ Stromversorgung über Photovoltaik und öffentliches Stromnetz
- ▶ Passivhaus-Standard

## STROMERZEUGUNG PV

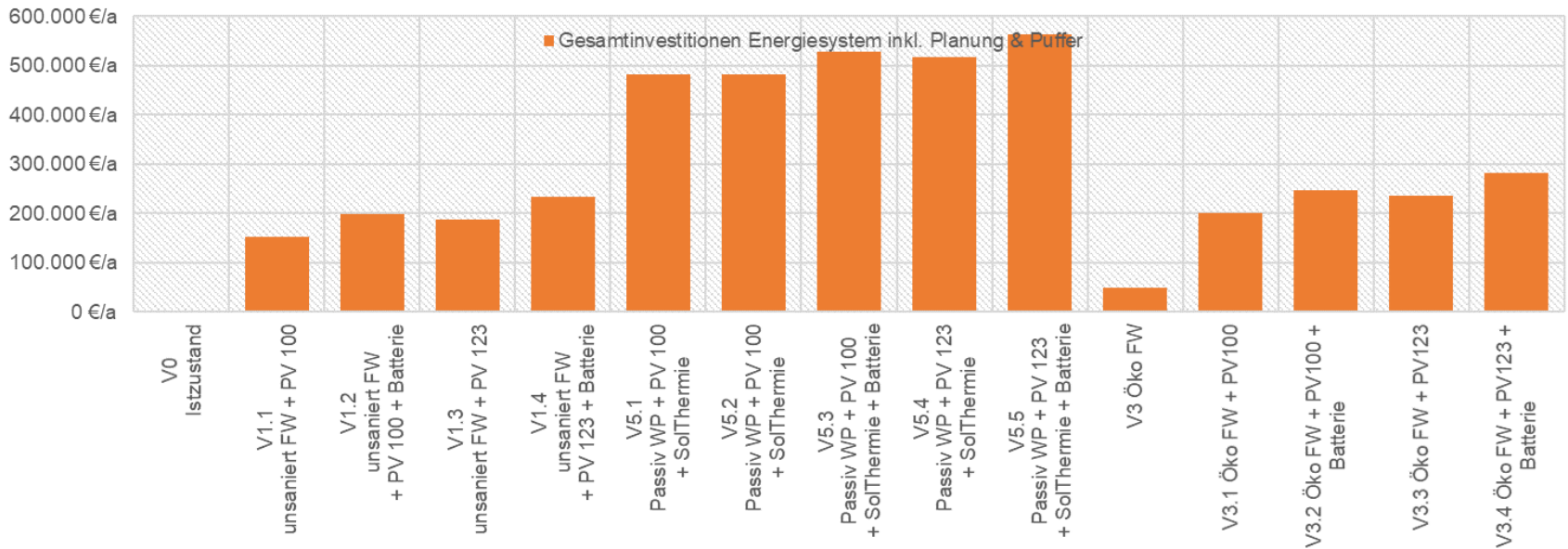


- ▶ Mit steigender installierter Leistung steigt auch der solare Ertrag der PV-Anlage
- ▶ Durch die Nutzung von elektrischen Batteriespeichern erhöhen sich solarer Deckungsanteil und Eigenstromverbrauch
- ▶ Durch die Nutzung von Wärmepumpen steigt der Eigenverbrauchsanteil in den Passivhaus-Varianten



PV-Anlagen können je nach Ziel unterschiedliche Parameter im Auslegungsoptimum besitzen: z.B. Eigenverbrauchsoptimierung, maximale Anlagengröße, ...

## INVESTITIONEN IN DIE ENERGIEERZEUGER



Die Investitionen der Passivhaus-Varianten sind durch die Anschaffung der Wärmepumpen deutlich höher als in den übrigen Varianten.

## ANNUITÄTEN DER UNTERSUCHTEN VARIANTEN



- ▶ Durch den hohen Wärmebedarf haben die Varianten der unsanierten Gebäude vergleichsweise die höchsten Annuitäten.
- ▶ Trotz des geringen Energiebedarfs haben die Passivhaus-Varianten aufgrund der hohen Investitionen in Wärmepumpen vergleichsweise recht hohe Annuitäten
- ▶ Die Annuitäten der Varianten der ökologisch sanierten Gebäude haben nur leicht höhere Annuitäten als die Passivhaus-Varianten.

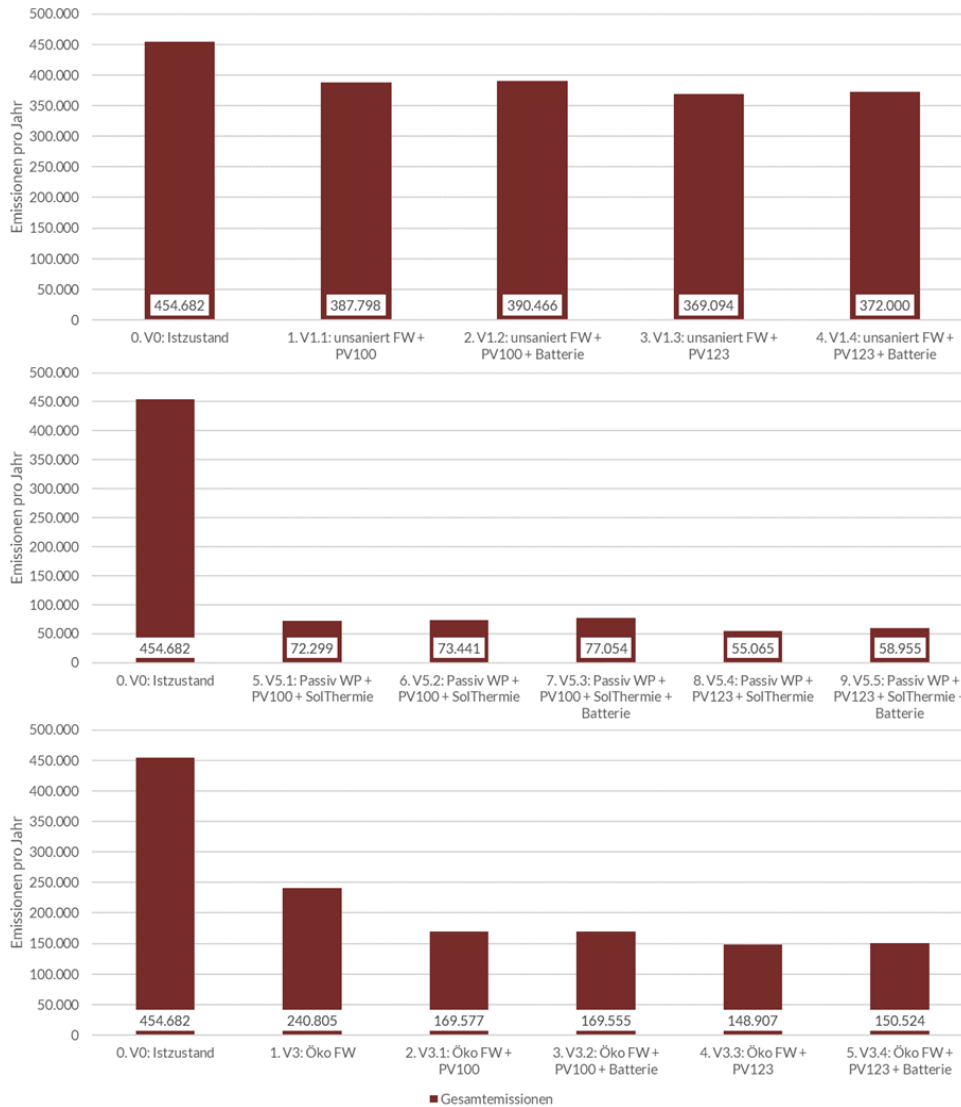
## ENDENERGIEBEDARF IN DEN UNTERSUCHTEN VARIANTEN



Durch eine ökologische Gebäudesanierung kann der Endenergiebedarf zur Versorgung der Schulgebäude etwa halbiert werden. Im Passivhausstandard sogar auf ca. 1/7 reduziert werden.








## CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN DER UNTERSUCHTEN VARIANTEN



- ▶ Durch den hohen Wärmebedarf haben die Varianten der unsanierten Gebäude vergleichsweise die höchsten CO<sub>2</sub>-Emissionen.
- ▶ Aufgrund des niedrigen Endenergieverbrauchs haben die im Passivhaus-Standard sanierten Varianten im Vergleich die geringsten CO<sub>2</sub>-Emissionen.
- ▶ Die Varianten der ökologisch sanierten Gebäude haben im Vergleich zu den Passivhaus-Varianten nur leicht höhere CO<sub>2</sub>-Emissionen (ca. 20 %) bei deutlich geringeren Investitionen in die energetische Gebäudesanierung (ca. 60 %).

## ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

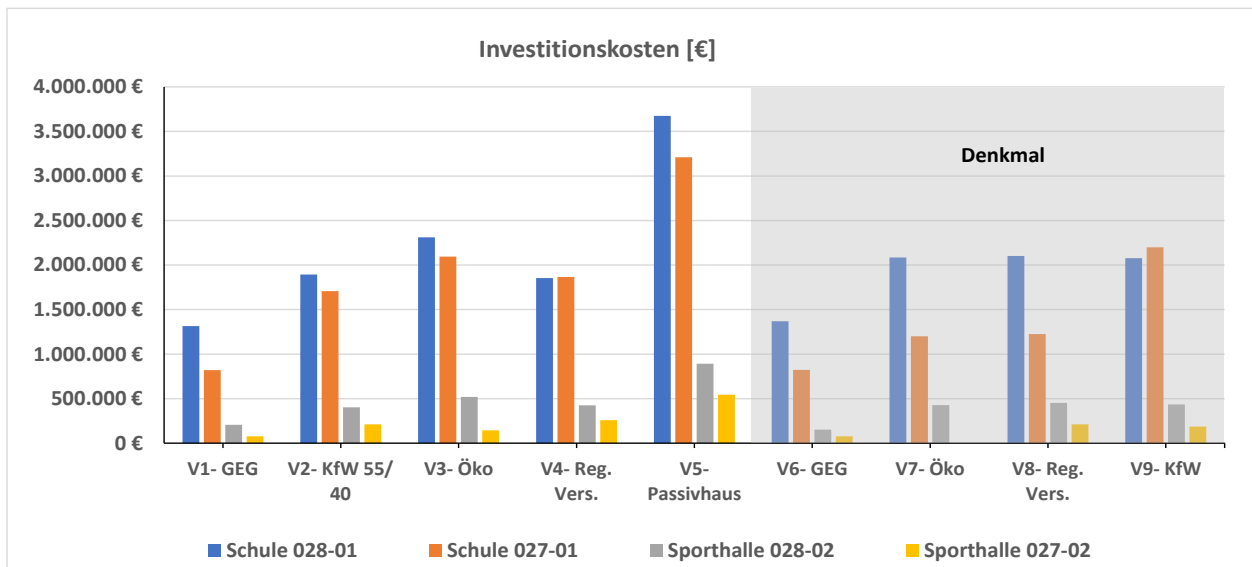
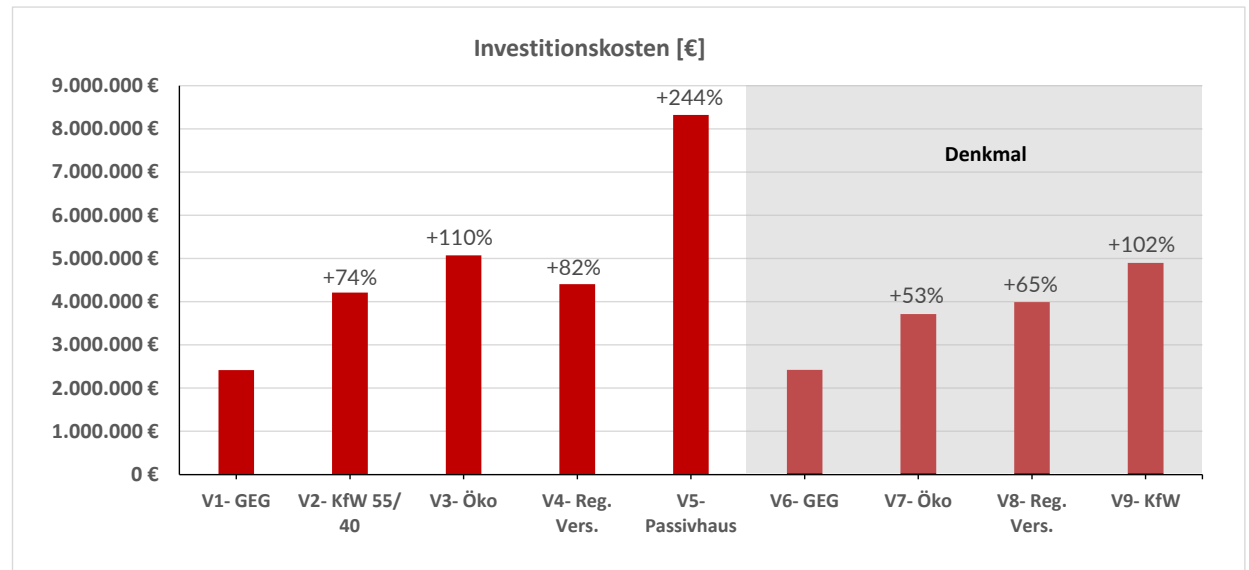
- ▶ Es wird die Umsetzung einer ökologisch orientierten Gebäudesanierung in Verbindung einer Versorgung der Schulgebäude mit Fernwärme und Photovoltaik empfohlen
  - ▶ Investitionen in die energetische Gebäudesanierung
    - ▶ Ökologische Variante: ca. 4,75 Mio. €  
    - ▶ Passivhaus-Variante: ca. 8,13 Mio. €
  - ▶ Annuitäten der Energieversorgung
    - ▶ Ökologische Variante: ca. 79.000 €/a  
    - ▶ Passivhaus-Variante: ca. 77.000 €/a
  - ▶ CO<sub>2</sub>-Emissionen
    - ▶ Ökologische Variante: ca. 170 t/a 
    - ▶ Passivhaus-Variante: ca. 73 t/a
- ▶ Es ist davon auszugehen, dass die Fernwärmeversorgung in Berlin zukünftig sinkende Emissionen aufweisen. Derzeit liegt der Emissionsfaktor der Berliner Fernwärme schon deutlich unterhalb des als Berechnungsgrundlage dienenden Emissionsfaktors im GEG
- ▶ Die Leistung der PV-Anlage und die Belegung der Dachflächen ergeben sich aus dem Optimierungsziel (abhängig z.B. von Betreibermodell, Dach- und Gebäudestatik, ...). Ein Batteriespeicher wird aufgrund des Nutzungsprofils als wirtschaftlich nicht vorteilhaft nicht empfohlen
- ▶ Es wurde eine technisch-wirtschaftliche Untersuchung basierend auf Annahmen und Erfahrungswerten durchgeführt
- ▶ Belastbare Aussagen zum Wärmebedarf der Gebäude, der erforderlichen Anschlussleistung für die Erzeugungsanlagen und dazu notwendige Investitionen sowie die Wärmegestehungskosten können nur im Rahmen einer Planung der Anlagen ermittelt werden
- ▶ Die vorliegenden Ergebnisse geben damit nur eine Grobindikation für die Vorteilhaftigkeit der Varianten

## GLIEDERUNG

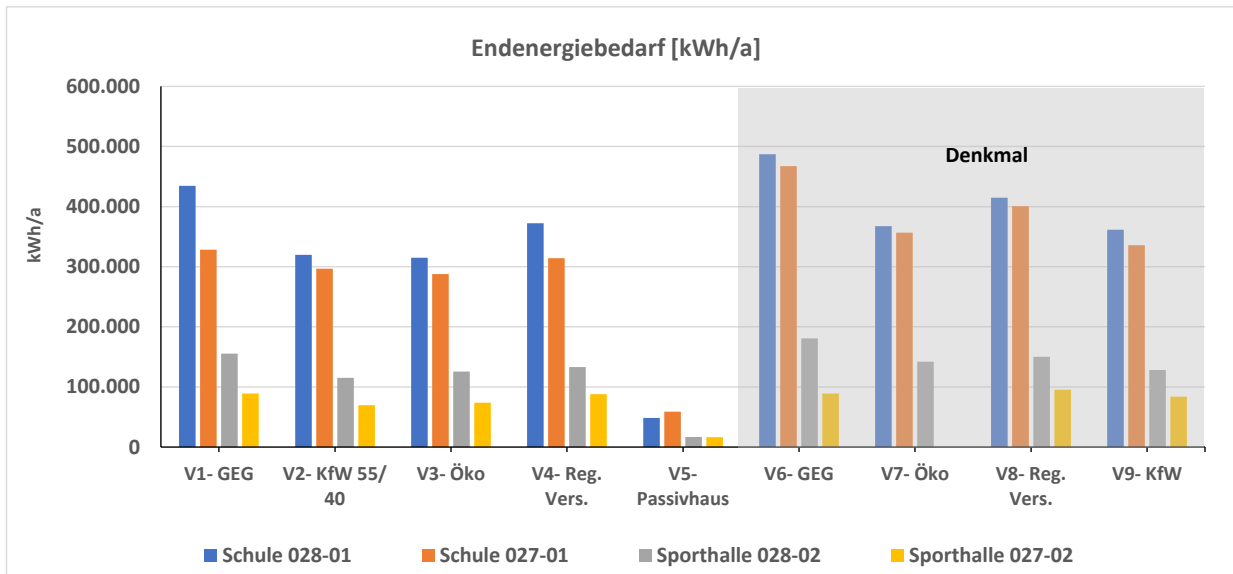
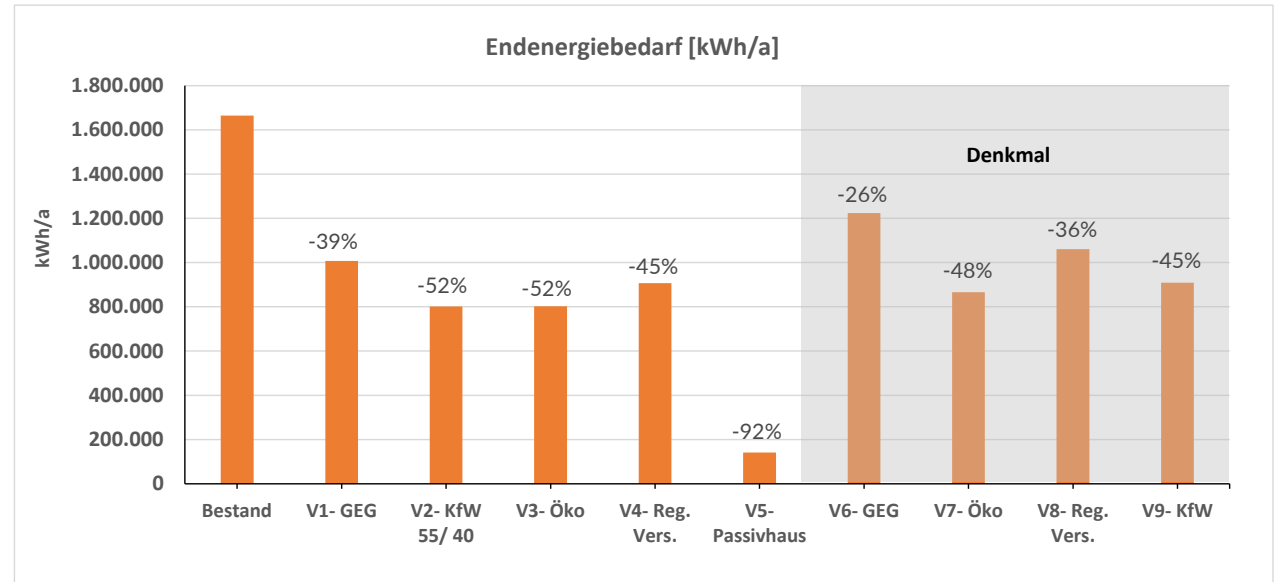
---

- Ausgangssituation
- Sanierungsvarianten
- Gebäudeautomation, Bauwerksbegrünung, Ökobilanz
- Photovoltaikanlage
- Gesamtergebnis nach GEG § 50
- Fazit

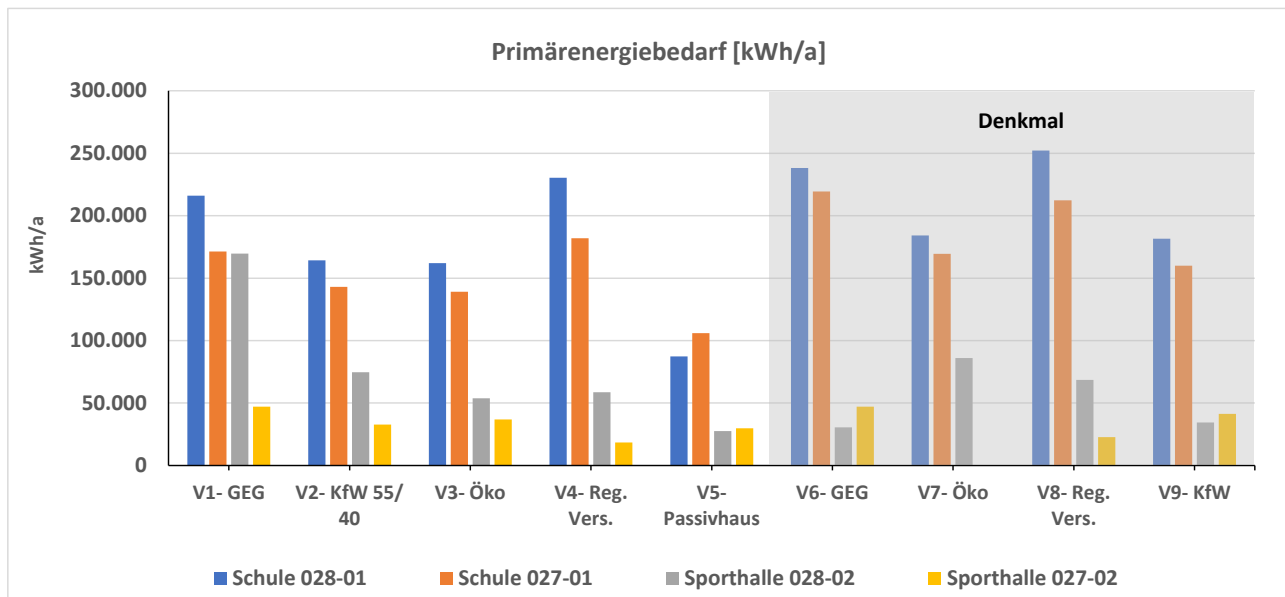
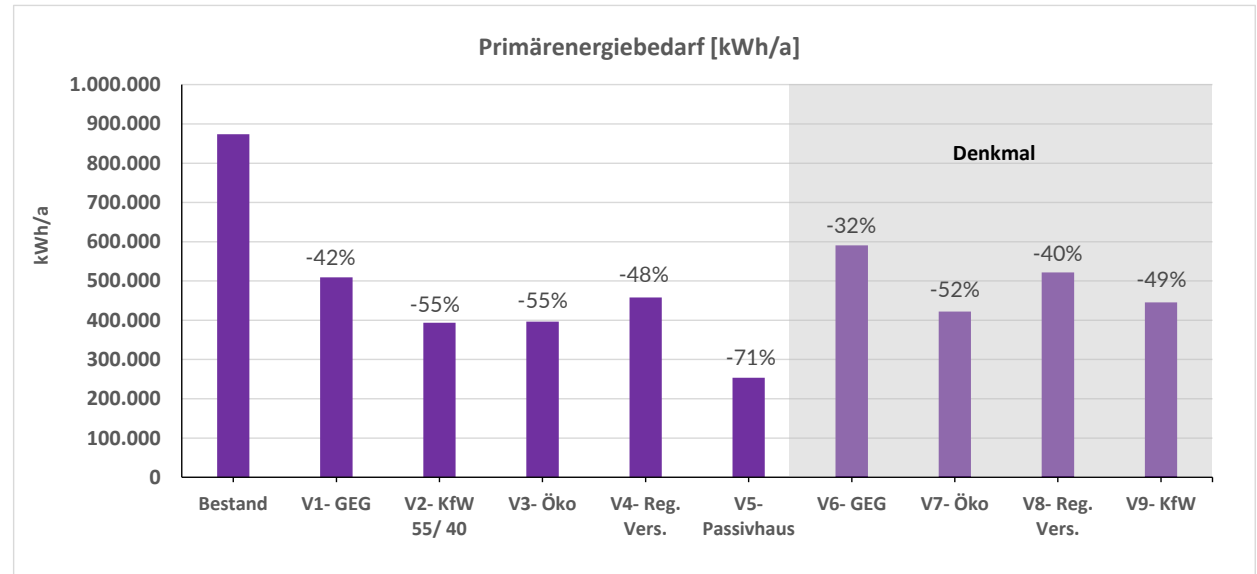
## GESAMTERGEBNIS NACH GEG § 50



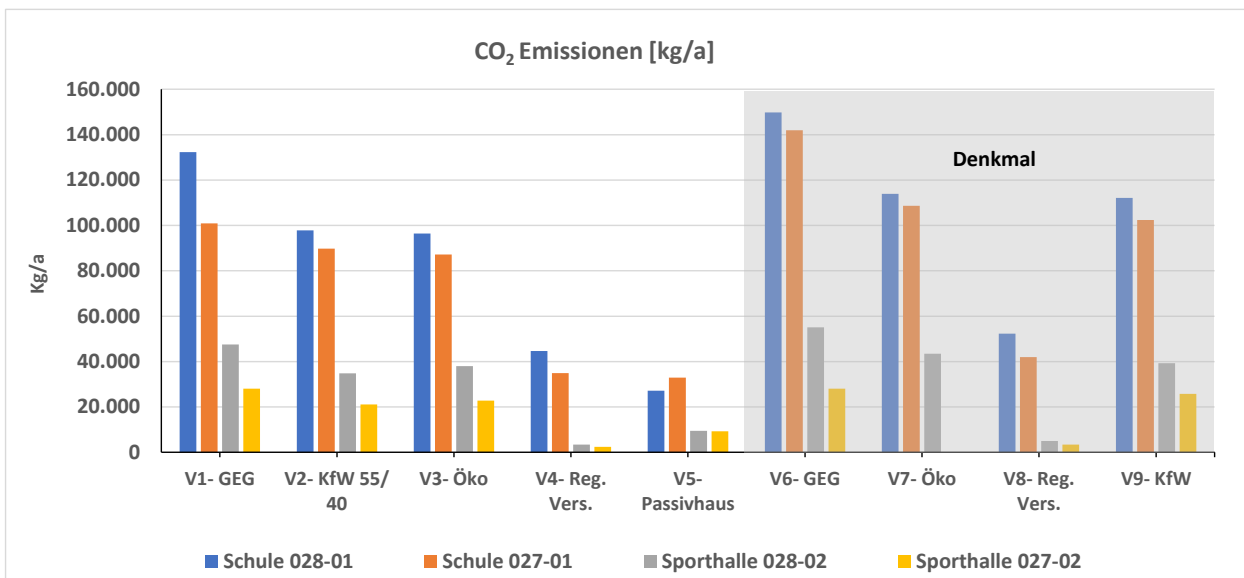
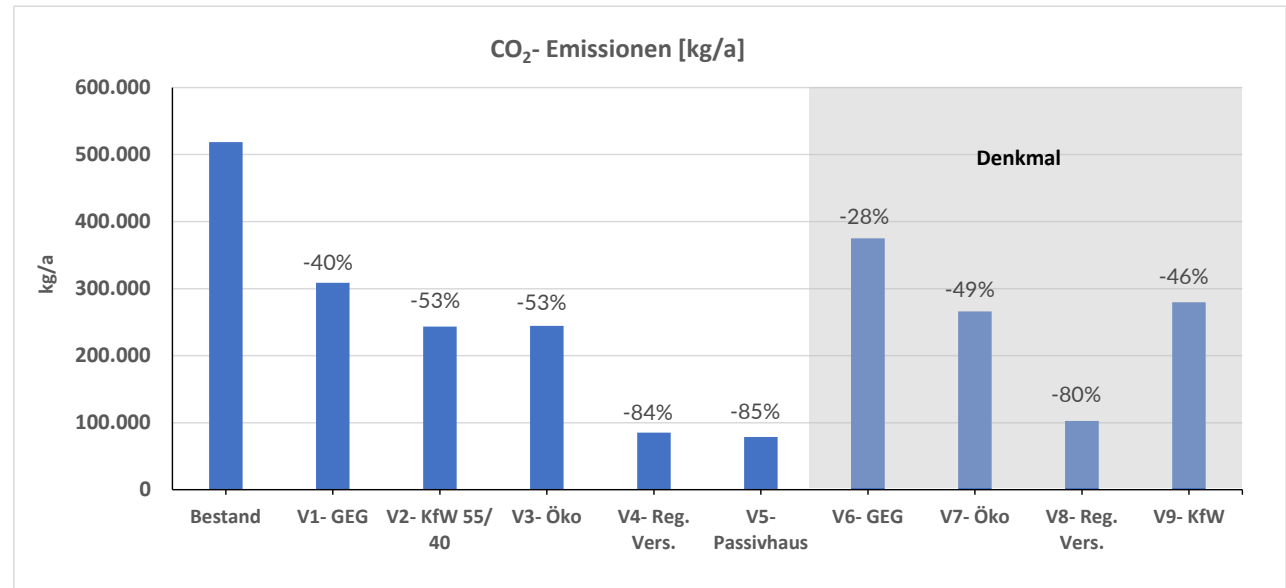
# GESAMTERGEBNIS



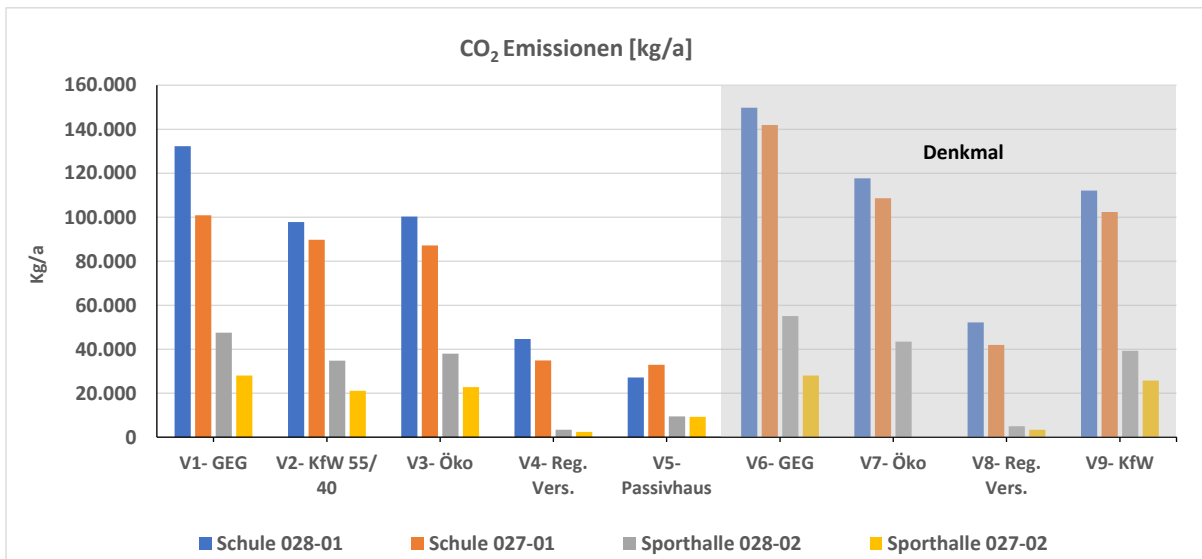
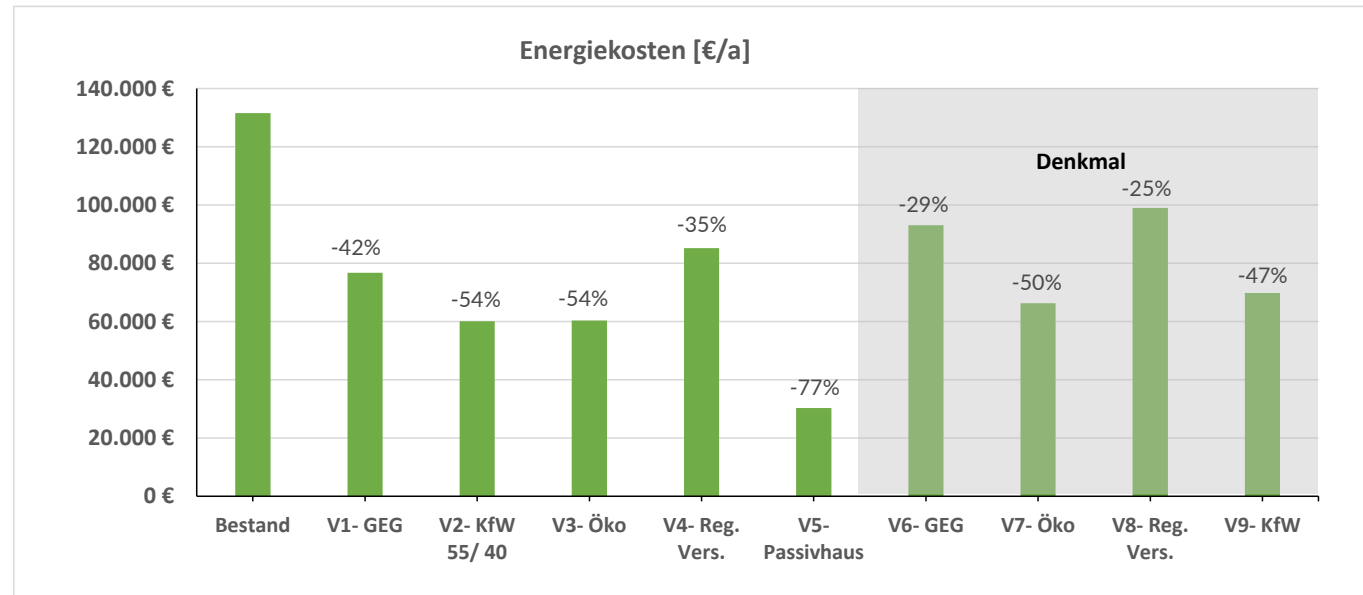
# GESAMTERGEBNIS



# GESAMTERGEBNIS



## GESAMTERGEBNIS





## GLIEDERUNG

---

- Ausgangssituation
- Sanierungsvarianten
- Gebäudeautomation, Bauwerksbegrünung, Ökobilanz
- Photovoltaikanlage
- Gesamtergebnis nach GEG § 50
- Fazit

## FAZIT

---

- ▶ Am 13. April 2021 hat der Senat den Entwurf einer zweiten Novelle des EWG Bln beschlossen. Darin ist in §10 Absatz 2 folgendes *„bei größeren Renovierungen öffentlicher Gebäude ist der KfW-Effizienzhaus 55-Standard einzuhalten, soweit nicht öffentlich-rechtliche Vorschriften entgegenstehen“*.
- ▶ Die Variante V2 (KfW) erfüllt diese Anforderungen. Betrachtet man die Variante ganzheitlich bis zum Ende der Lebensdauer, liegt die Variante V3 (ökologische und nachhaltige Variante) im Vorteil.
- ▶ **Für die gesamte Liegenschaft wird die Umsetzung der Variante (V3- ökologische und nachhaltige Variante) – (best case) Variante empfohlen**

## FAZIT

---

- ▶ Die vorgeschlagenen Baukonstruktionen in der Variante V3 ermöglichen eine sortenreine Trennung der Baustoffe am Ende der Lebensdauer, so können die Baustoffe wiederverwendet bzw. zurückgewonnen werden.
- ▶ Die Variante (V3 ökologische und nachhaltige Variante) liegt im Vorteil im Hinblick auf ihre Auswirkung auf das Mikroklima der Liegenschaft sowie ihre Widerstandsfähigkeit gegen extreme Wetterereignisse
- ▶ Die Variante V3 erreicht in allen Gebäuden den KfW- Effizienzhaus 55 bzw. 40. Ausgenommen davon ist die bereits sanierte Sporthalle 027-02 (KfW 70)

## FAZIT

Parameter	V2- KfW	V3- Öko.	Differenz
Investitionskosten [€]	4.210.749	5.070.732	20,4%
Energiekosten [€/a]	60.038	60.293	0,4%
Primärenergiebedarf [kWh/a]	393.741	396.498	0,7%
Endenergiebedarf [kWh/a]	801.020	802.303	0,2%
CO <sub>2</sub> Emissionen [kg/a] <i>beziehen sich auf den Endenergiebedarf (Heizung, Warmwasser, Beleuchtung, etc.) der Variante</i>	243.599	244.324	0,3%
Treibhausgaspotenzial der Baumaßnahmen (KG 300) im Lebenszyklus (50 Jahre) [kg CO <sub>2</sub> -Äqv] <i>durch Produktions- und Transportprozesse verursachte Freisetzung klimarelevanter Gase infolge von Herstellung, Errichtung und Nutzung</i>	11.410	5.827	-48,9%
Sortenreine Trennung von Baustoffen am Ende der Lebensdauer möglich	nein	ja	--
Fassadenbegrünung <i>Schutz gegen Überhitzung, besseres Mikroklima, besserer Schallschutz, Filterung von Luftschadstoffen</i>	nein	ja	--
Dachbegrünung - extensive (Retention) <i>Minderung der Entwässerungskosten, Schutz gegen Strakregen</i>	nein	ja	--

## FAZIT

Parameter	V2- KfW	V3- Öko.	V4- Rev. Vers.	V5- Passivhaus
Investitionskosten [€]	4.210.749	5.070.732 +20,4%	4.403.889 +4,6%	8.320.262 +97,6%
Zusätzliche Wartungskosten der Anlagentechnik [€/a]	nein	nein	3.000	11.160
Energiekosten [€/a]	60.038	60.293 +0,4%	85.218 +41,9%	30.280 -49,6%
Primärenergiebedarf [kWh/a]	393.741	396.498 +0,7%	458.182 +16,4%	253.361 -35,7%
Endenergiebedarf [kWh/a]	801.020	802.303 +0,2%	907.426 +13,3%	140.756 -82,4%
CO <sub>2</sub> Emissionen [kg/a] <i>Die CO<sub>2</sub> Emissionen beziehen sich auf den Endenergiebedarf (Heizung, Warmwasser, Beleuchtung, etc.) der Variante</i>	243.599	244.324 +0,3%	85.369 -65,0%	78.824 -67,6%
Treibhausgaspotenzial der Baumaßnahmen (KG 300) im Lebenszyklus (50 Jahre) [kg CO <sub>2</sub> -Äqv] <i>Die durch Produktions- und Transportprozesse verursachte Freisetzung klimarelevanter Gase infolge von Herstellung, Errichtung und Nutzung</i>	15.584	7.724 -50%	15.584 0,0%	22.896 +47%
Sortenreine Trennung von Baustoffen am Ende der Lebensdauer möglich <i>Die Baustoffe können mit geringem Aufwand wiederverwendet bzw. zurückgewonnen werden</i>	nein	ja	nein	nein
Fassadenbegrünung <i>Schutz gegen Überhitzung, besseres Mikroklima, besserer Schallschutz, Filterung von Luftschadstoffen</i>	nein	ja	nein	nein
Dachbegrünung - extensive (Retention) <i>Minderung der Entwässerungskosten, Schutz gegen Starkregen</i>	nein	ja	nein	ja

## FAZIT - WAS SPRICHT GEGEN DER VARIANTE 4?

---

- ▶ Die Variante V4 (regenerative Versorgung) hat im Vergleich zu der ökologischen Variante V3 41% höhere jährliche Energiekosten und ca. 16% mehr Endenergiebedarf.
- ▶ Die technischen Anlagen sind in der Variante V4 wartungsintensiver als in der ökologischen Variante V3 oder der KfW-Variante V2.
- ▶ Zusätzlich ist die Nachrüstung von Schornsteinen für die Verbrennungsabgase erforderlich.
- ▶ Die Wirtschaftlichkeit dieser Variante ist von der Preisentwicklung von Holzpellets bzw. Biomethan sehr abhängig.
- ▶ Platzbedarf für die Lagerung der Holzpellets ist erforderlich und steht in Konkurrenz zur Lagerflächen ggf. zukünftigen Erweiterung pädagogischen Angeboten

## FAZIT - WAS SPRICHT GEGEN DER VARIANTE 5?

---

- ▶ Die Investitionskosten der Variante V5 (Passivhaus) sind um 1,6-Fache höher als bei der ökologischen Variante V3.
- ▶ Die Wartungskosten der technischen Anlagen sind in der Passivhaus-Variante am höchsten und werden für die gesamte Liegenschaft mit ca. 11.160 € jährlich geschätzt.
- ▶ Die Passivhaus-Variante hat das höchste Treibhausgaspotenzial bei den Baumaßnahmen (KG 300) im Lebenszyklus (196% höher als bei der ökologischen Variante V3).
- ▶ Platzbedarf für die technischen Anlagen ist erforderlich und steht in Konkurrenz zur Lagerflächen ggf. zukünftigen Erweiterung pädagogischen Angeboten

## FAZIT - ÜBERTRAGBARKEIT

---

- ▶ Die Berechnung erfolgt als Bedarfsberechnung nach DIN 18955 und GEG Rahmenbedingungen mit Standardnutzungsprofile.
- ▶ Für Gebäude mit ähnlichen Bausubstanz und gleicher Nutzung können die Ergebnisse aus dieser Untersuchung übertragen werden.



## FAZIT - BERLINER ENERGIEWENDEGESETZ

- ▶ Das Ziel zur Senkung des Endenergieverbrauches um mind. 20% bis zum Jahr 2030 im Vergleich zum Jahr 2010 wird erreicht

Endenergiebedarf 2030 [kWh/a]			
Gebäude	V2- KfW	V3- Öko	V5- Passivhaus
Schule 028-01	319.632	314.856	48.502
Schule 027-01	296.566	287.910	58.827
Sporthalle 028-02	115.101	125.644	16.889
Sporthalle 028-02	69.722	73.914	16.538
<b>Summe (im Jahr 2030)</b>	<b>801.020</b>	<b>802.324</b>	<b>140.756</b>
Endenergiebedarf der Liegenschaft im Jahr 2010	1.665.330	1.665.330	1.665.330
Einsparung im Vergleich zu 2010	52%	52%	92%

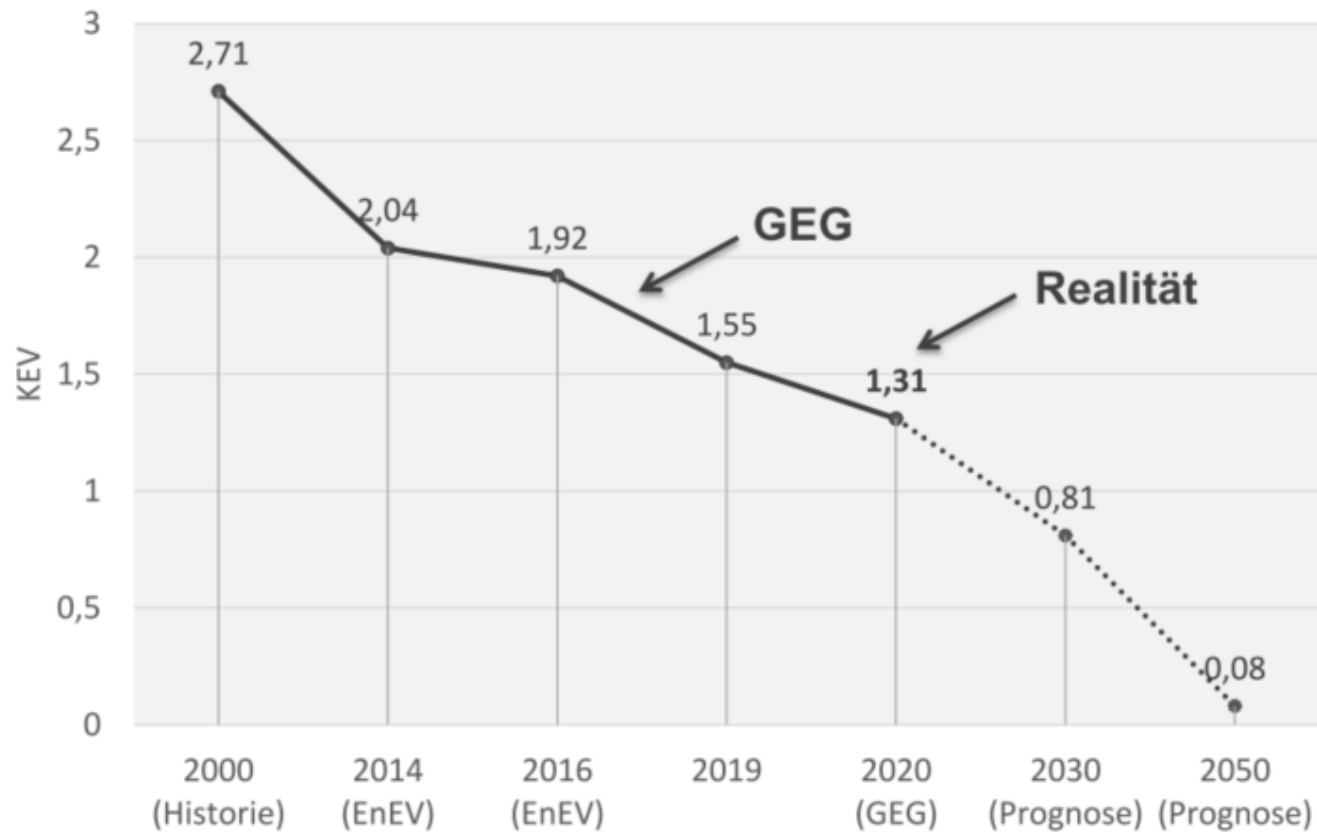
## FAZIT - BERLINER ENERGIEWENDEGESETZ

- Das Ziel zur Senkung des Primärenergieverbrauches um mind. 80% bis zum Jahr 2050 im Vergleich zum Jahr 2010 wird, wenn die Primärenergiefaktoren **(Prognose!)** für Strom auf 0,08 und für Fernwärme auf mind. **0,23** gesenkt werden, erreicht.

Primärenergiebedarf 2050 [kWh/a]			
Gebäude	V2- KfW	V3- Öko	V5- Passivhaus
Schule 028-01	72.399	71.298	3.880
Schule 027-01	67.800	65.810	4.706
Sporthalle 028-02	26.288	28.711	1.351
Sporthalle 028-02	15.902	16.676	1.323
<b>Summe (im Jahr 2050)</b>	<b>182.389</b>	<b>182.494</b>	<b>11.260</b>
Primärenergiebedarf der Liegenschaft im Jahr 2010	922.967	922.967	922.967
Einsparung im Vergleich zu 2010	80%	80%	99%

## FAZIT

### KEV der lokalen Strombereitstellung in Deutschland



Quelle: IINAS 2020. Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2019 sowie Ausblicke auf 2020 und 2050. Eigene Zusammenstellung der politisch relevanten Jahre.

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

---

energielenker projects GmbH  
Energie – Gebäude – Mobilität – Umwelt  
[www.energielenker.de](http://www.energielenker.de)

M. Eng. Azhar Soboh  
Projektleitung

Ella-Barowsky-Straße 44  
10829 Berlin

Tel. 030 308 7446-12  
Mobil 0151 405 60440  
[soboh@energielenker.de](mailto:soboh@energielenker.de)

Dipl.-Ing. Christian Wolff  
Projektleitung

Ella-Barowsky-Straße 44  
10829 Berlin

Tel. 030 3087446-16  
Mobil 0151 114 25697  
[wolff@energielenker.de](mailto:wolff@energielenker.de)