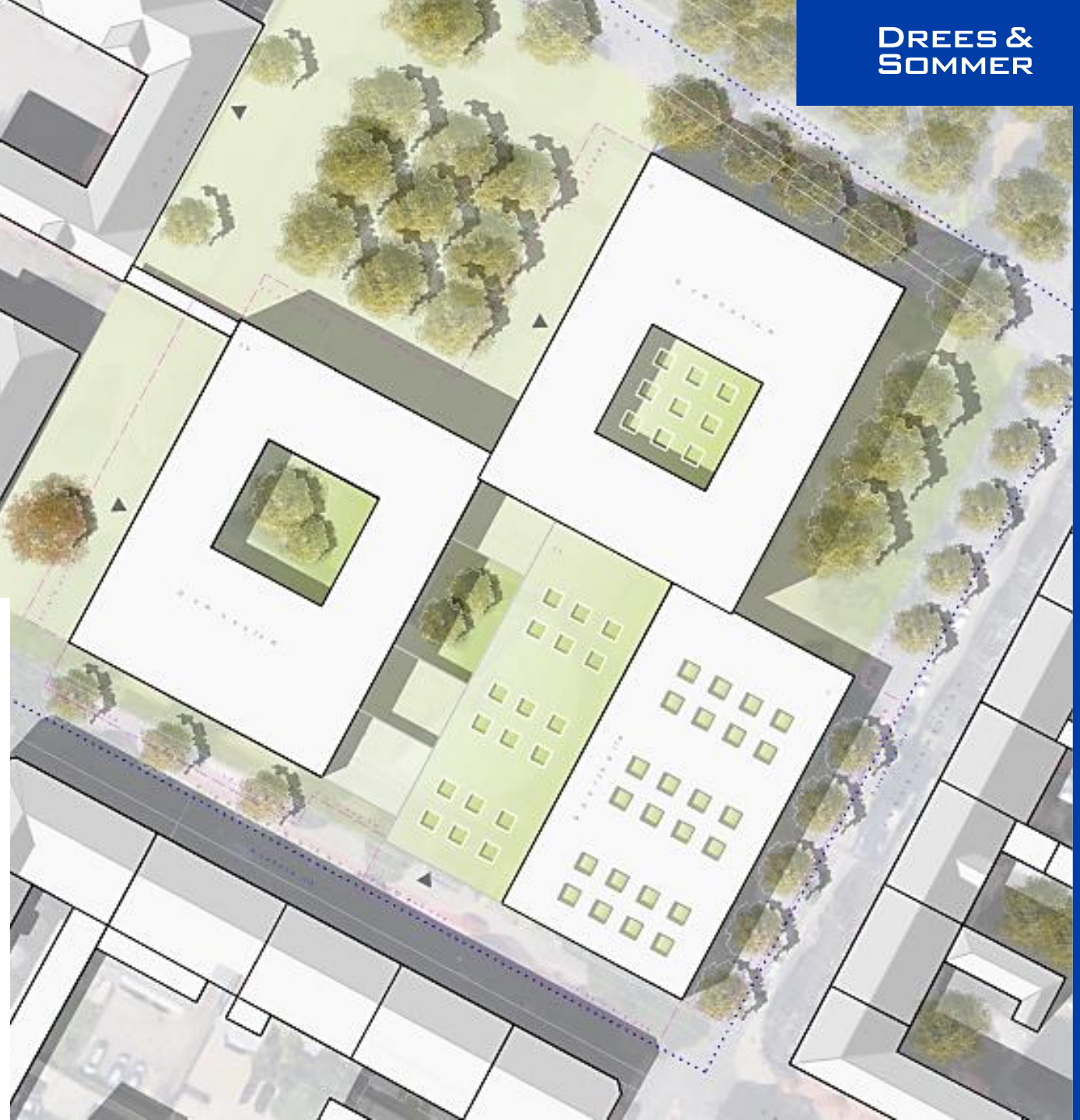


/////
STADT FÜRTH - HLG
ENERGIE- &
NACHHALTIGKEITSBERATUNG
WIRTSCHAFTLICHKEIT
ENERGIEKONZEPT

20.05.2021 Moritz Decker,
Emelyn Wageneder





WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG

Randbedingungen

- Die dynamische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erfolgt in Anlehnung an die Annuitätenmethode nach VDI 2067-1:2012 („Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen“).
- Die Annuitätenmethode unterteilt sich hierbei in folgende Kostenbestandteile:
 - Kapitalgebundene Kosten (Investitionskosten, einmalig)
 - bedarfsgebundene (Energiekosten, laufend)
 - betriebsgebundene Kosten (Wartung und Instandhaltung, laufend)
 - sonstige Kosten (Einspeisevergütung, EEG-Umlage, CO₂-Steuer fossile Energieträger etc., laufend)
- Diese Kostenbestandteile werden mit Hilfe von Annuitätsfaktoren über einen festgelegten Betrachtungszeitraum zusammengeführt. Energiepreissteigerungen sowie Lohnkosten für Wartung und Instandhaltung sind in den bedarfsgebundenen bzw. betriebsgebundenen Kosten berücksichtigt.
- Der Endenergiepreis wird gemäß Angaben der Infra Fürth mit ca. 0,04 €/kWh für Gas und 0,21 €/kWh für Strom angenommen.
- Folgende Randbedingungen werden bei der ökonomischen Bewertung berücksichtigt:

– Betrachtungszeitraum:	20 Jahre nach VDI 2067
– Kapitalzinns:	1 %
– CO ₂ -Steuer Jahr 2025	65 €/tCO ₂ (Quelle: CO ₂ -Bepreisung in Deutschland umweltbundesamt.de)
– Energiepreissteigerung:	5 %
– Instandhaltung/Betriebskosten/rechnerische Nutzungsdauer:	gemäß VDI 2067 Blatt 1:2012
– Einspeisevergütung:	0,06 €/kWh (Stand Mai 2021)



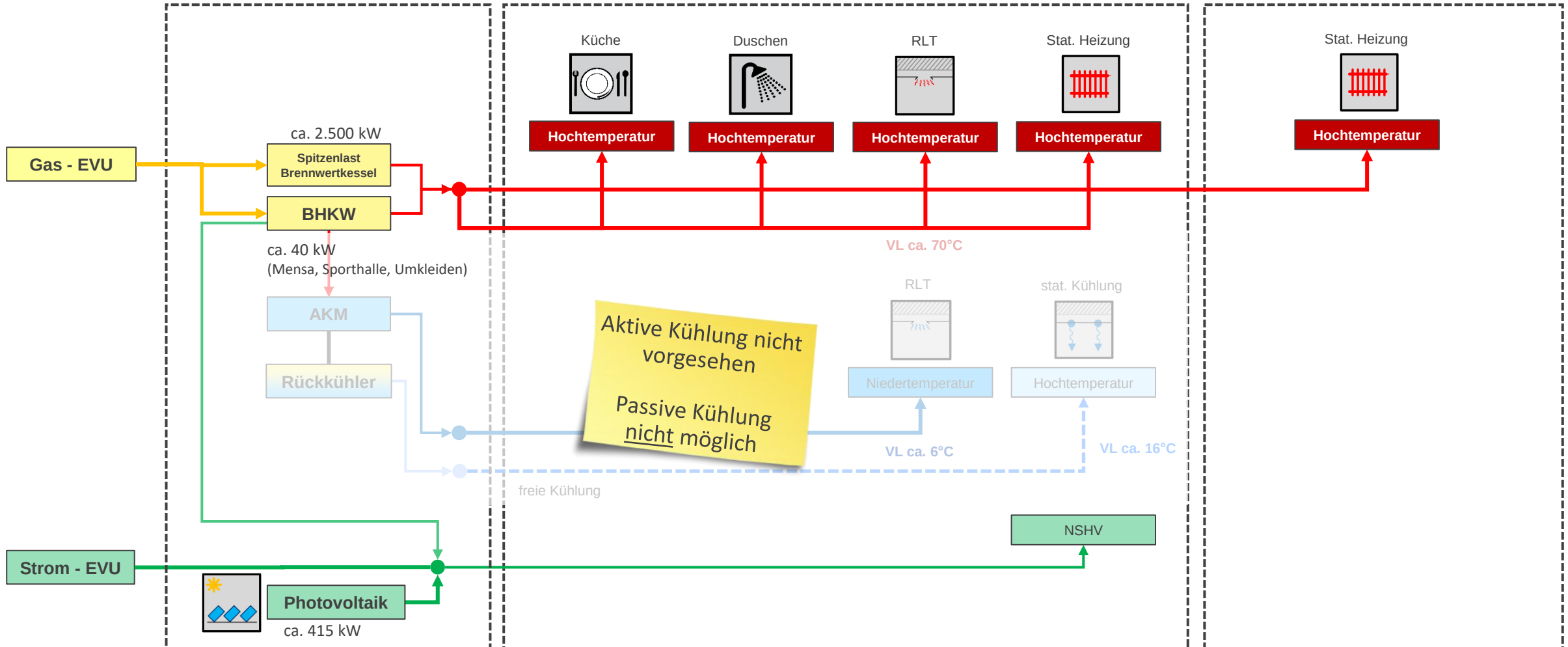
FUNKTIONSSSCHEMA

VARIANTE 1: BRENNWERTKESSEL + BLOCKHEIZKRAFTWERK

Energieerzeugung

Helene-Lange-Gymnasium ca. 1,0 MW

Schulen Bestand ca. 1,5 MW





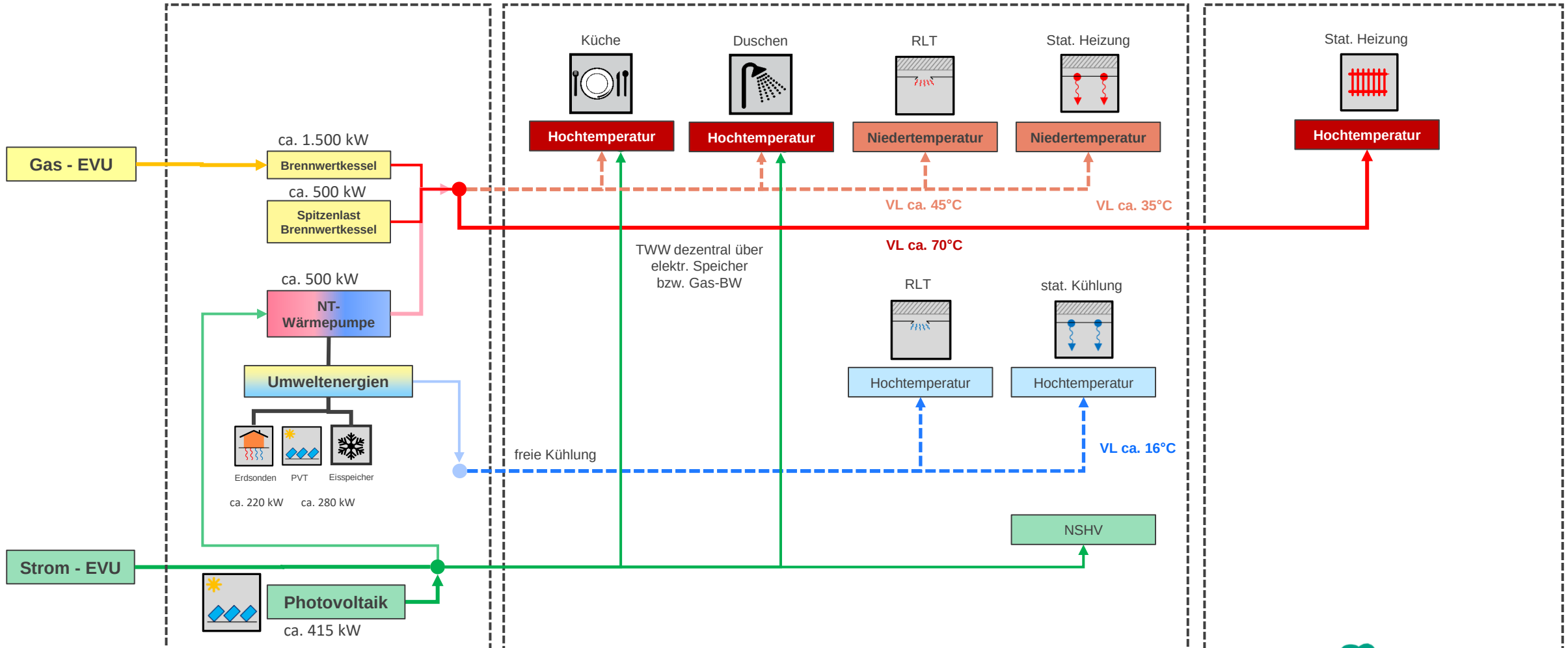
FUNKTIONSSSCHEMA

VARIANTE 2.1: SOLE-WASSER-WP + BRENNWERTKESSEL (HYBRIDSYSTEM)

Energieerzeugung

Helene-Lange-Gymnasium ca. 1,0 MW

Schulen Bestand ca. 1,5 MW





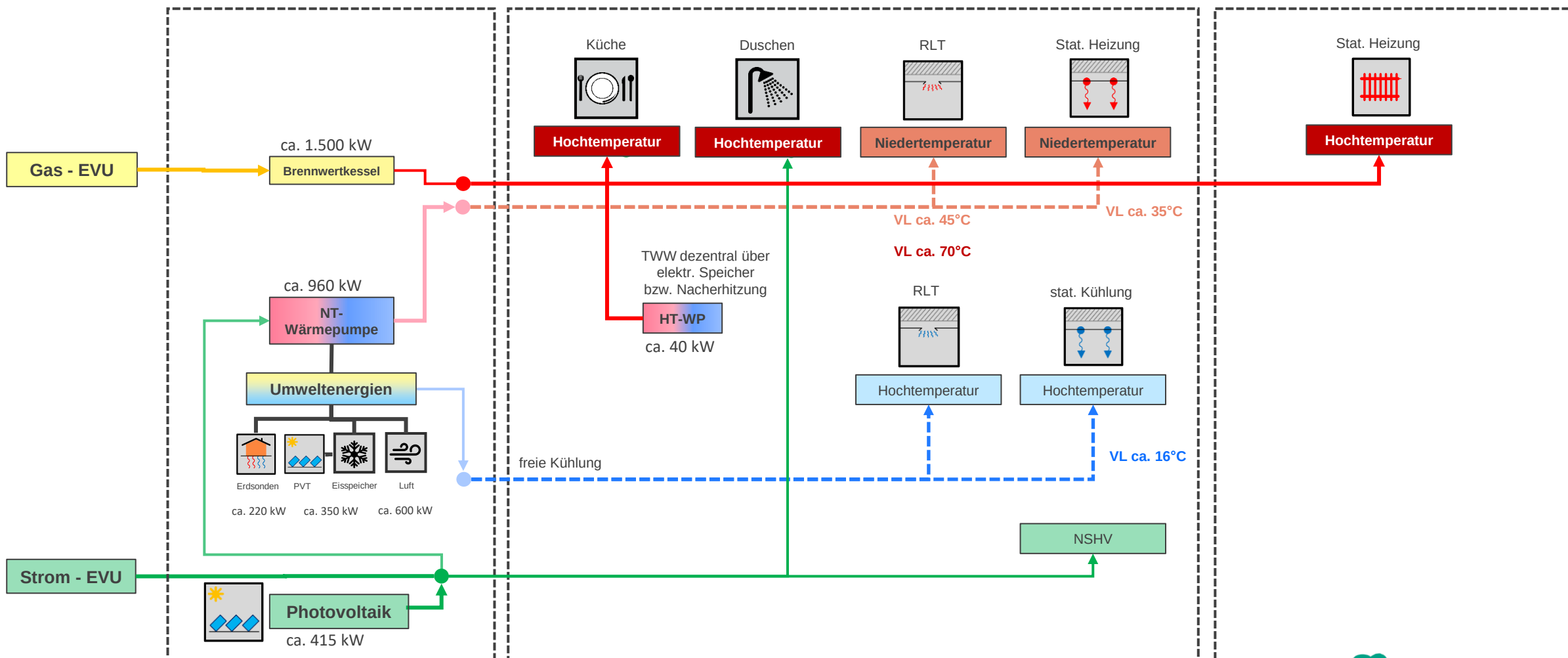
FUNKTIONSSSCHEMA

VARIANTE 2.2: ELEKTRISCHE WÄRMEPUMPE HLG / BRENNWERTKESSEL BESTAND

Energieerzeugung

Helene-Lange-Gymnasium ca. 1,0 MW

Schulen Bestand ca. 1,5 MW





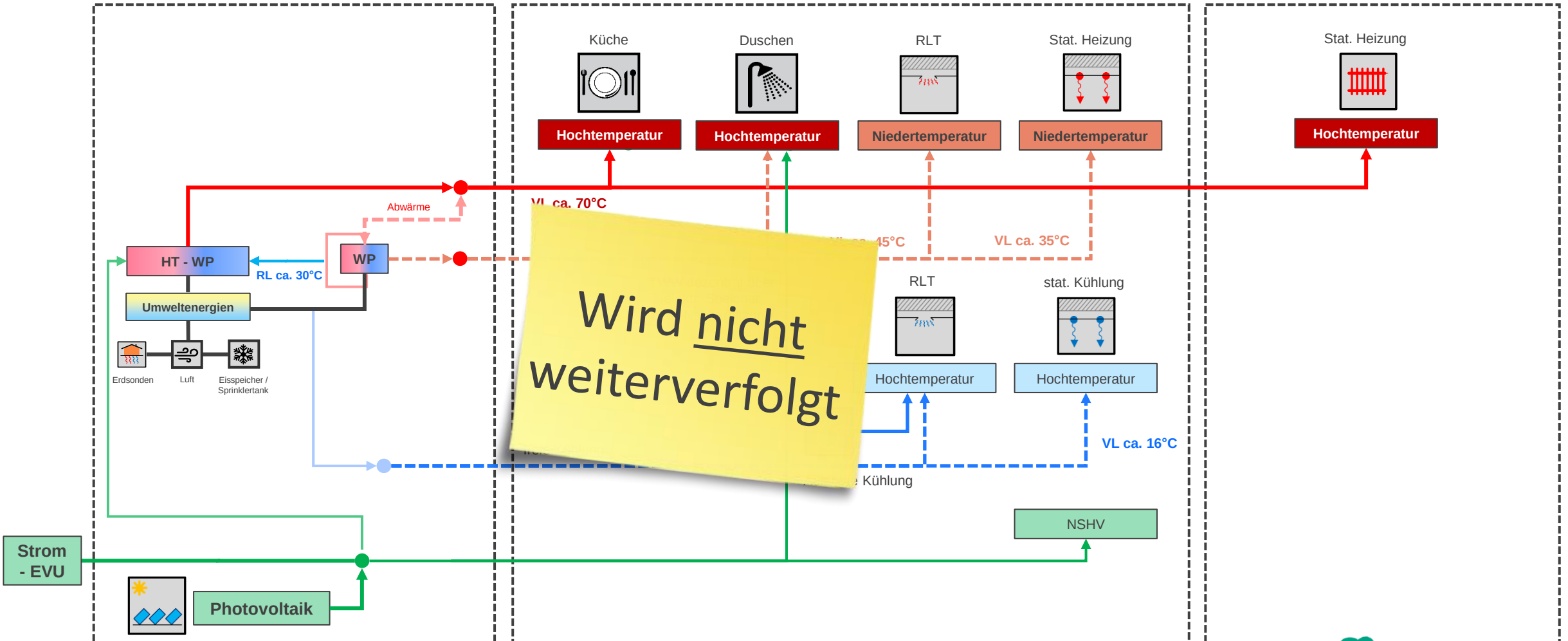
FUNKTIONSSSCHEMA

VARIANTE 3: HT-WÄRMEPUMPE + NT-WÄRMEPUMPE + (BRENNWERTKESSEL)

Energieerzeugung

Helene-Lange-Gymnasium ca. 1,0 MW

Schulen Bestand ca. 1,5 MW

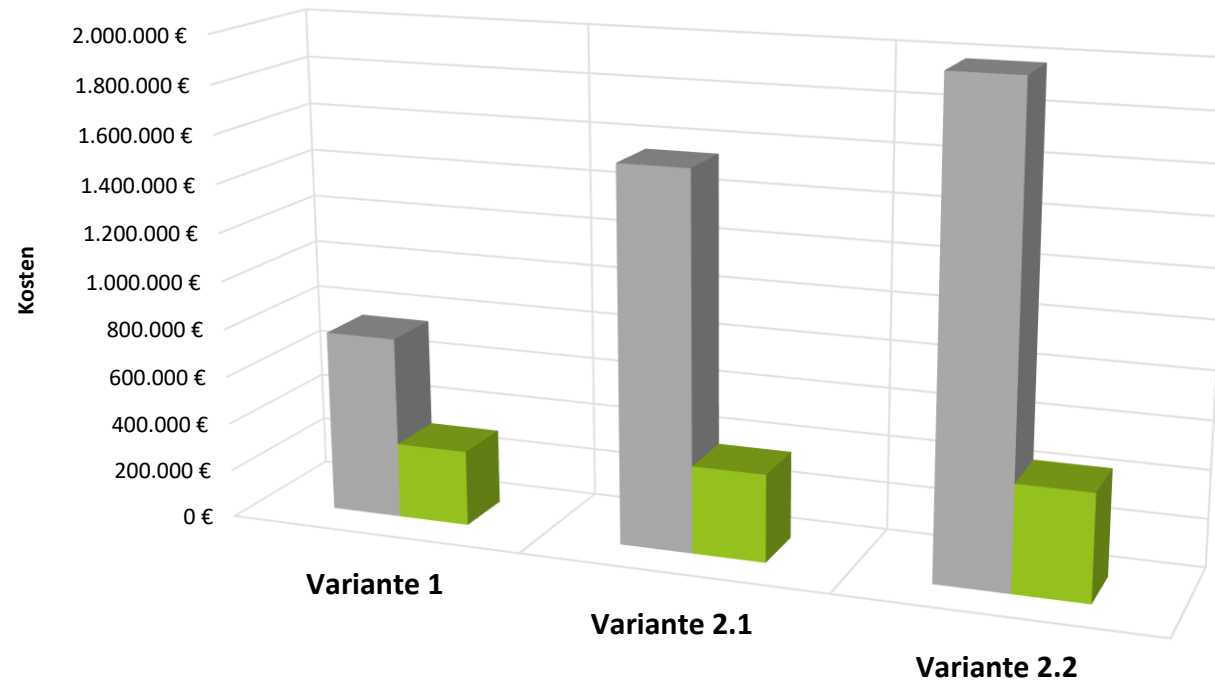




WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG

HLG Neubau: Investitionskosten u. jährliche Kosten

Vergleichsrelevante Kosten für Wärme- und Kälteerzeugung



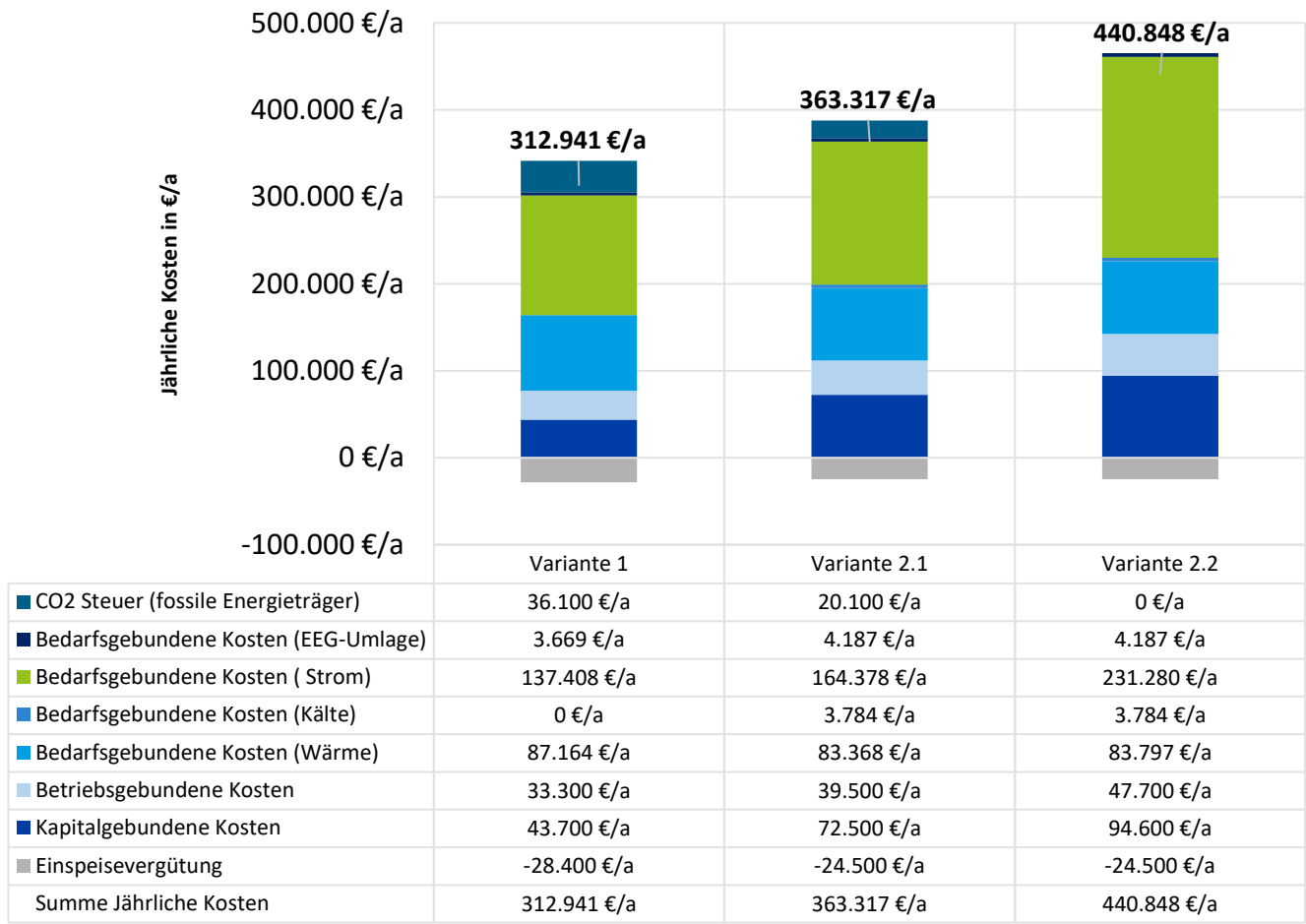
	Variante 1	Variante 2.1	Variante 2.2
■ HLG: Investitionskosten	758.750 €	1.553.444 €	1.981.444 €
■ HLG: Jährliche Kosten (VDI 2067)	312.941 €/a	363.317 €/a	440.848 €/a

- Es werden nur vergleichsrelevante Kosten berücksichtigt
- Komponenten die in allen Varianten gleich sind, werden nicht berücksichtigt
- Jährliche Kosten (=Annuität) beinhaltet
 - kapitalgebundene (Investitionen)
 - verbrauchsgebundene (Energie)
 - betriebsgebundene (Wartung) Kosten, als Annuität
- Die Annuität ist die Summe aller Kosten über 20 Jahre (mit Zinsen und Preissteigerung) rückgerechnet auf ein Jahr



WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG

HLG Neubau: Jährliche Kosten detailliert

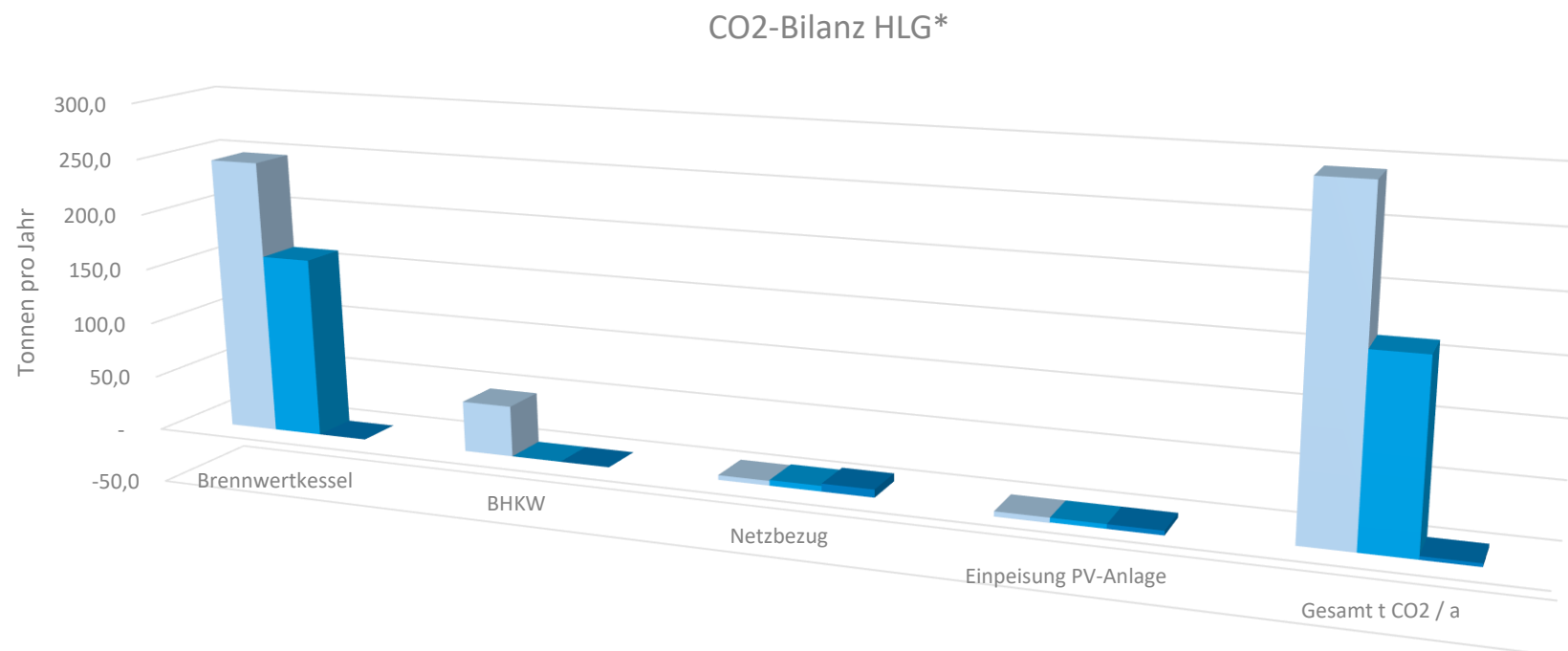


- Variante 1 mit fossiler Versorgung über Brennwertkessel und BHKW ist die wirtschaftlichste Variante, allerdings ist in dieser Variante eine passive Kühlung mittels Umweltenergien nicht möglich, Variante 1 hat die größten CO₂-Emissionen.
- Die bedarfsgebundenen Kosten für Wärme, Kälte und Strom sowie die EEG-Umlage werden anteilig dargestellt
- CO₂-Preise für fossile Energieträger sind mit einem einer Steuer von 65 €/t CO₂ (Bezugsjahr ab 2025) berücksichtigt.



WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG

HLG Neubau: Gegenüberstellung CO2-Emissionen Varianten



	Brennwertkessel	BHKW	Netzbezug	Einpeisung PV-Anlage	Gesamt t CO2 / a
■ Variante 1	246,7	45,5	4,2	-4,5	291,9
■ Variante 2.1	161,7	-	5,0	-4,0	162,7
■ Variante 2.2	-	-	7,1	-4,0	3,1

* Ökostrom mit 0,01 kg CO₂-Äqu./kWh gem. DGNB Rahmenwerk Klimaneutralität

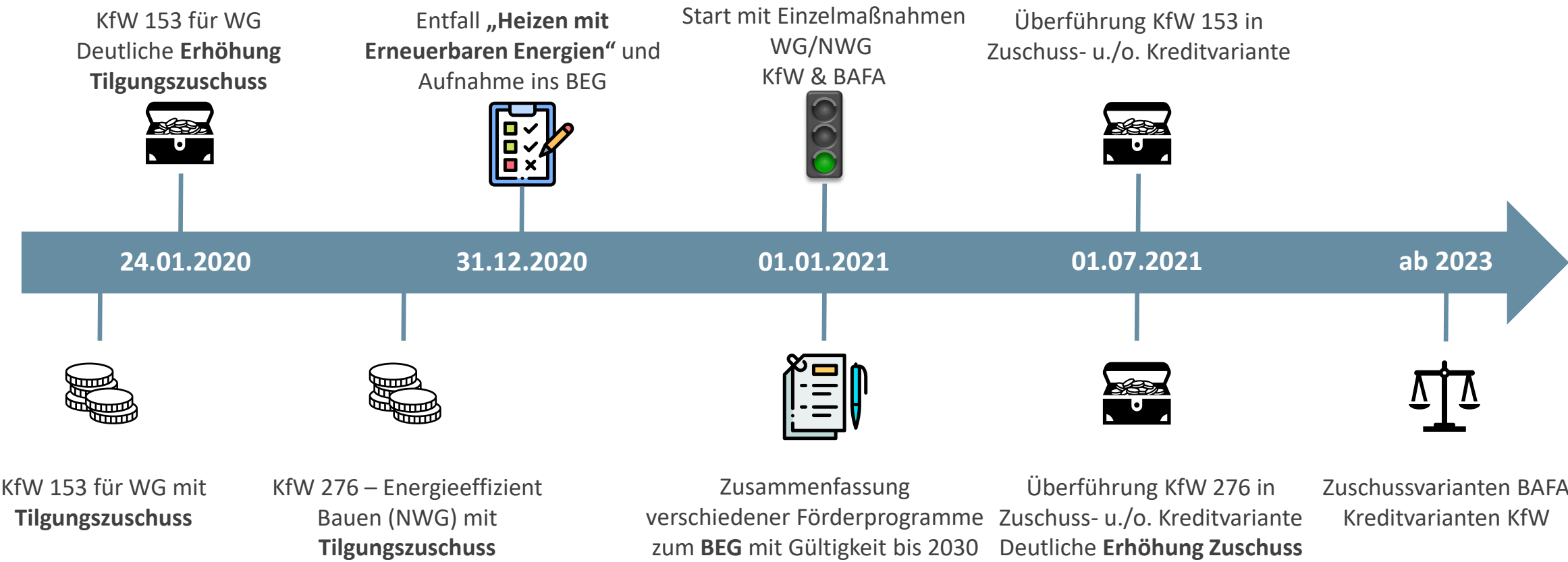
* Gas mit 0,240 kg CO₂-Äqu./kWh gem. Anlage 9 - Gebäudeenergiegesetz (GEG)

* Eigenstromnutzung PV-Anlage und BHKW bereits berücksichtigt

■ Variante 1 ■ Variante 2.1 ■ Variante 2.2



ENTWICKLUNG DER FÖRDERMITTEL - ENERGIEEFFIZIENT BAUEN U. SANIEREN





FÖRDERMITTELBERATUNG

Gegenüberstellung KfW – BEG (Neubau – Nichtwohngebäude)

Neu:

- Nur Zuschuss möglich
- Bis zu 3-mal mehr Zuschuss
- EE-Paket oder NH-Paket erhöht Förderung um 2,5 %
- Förderung EG 40 möglich

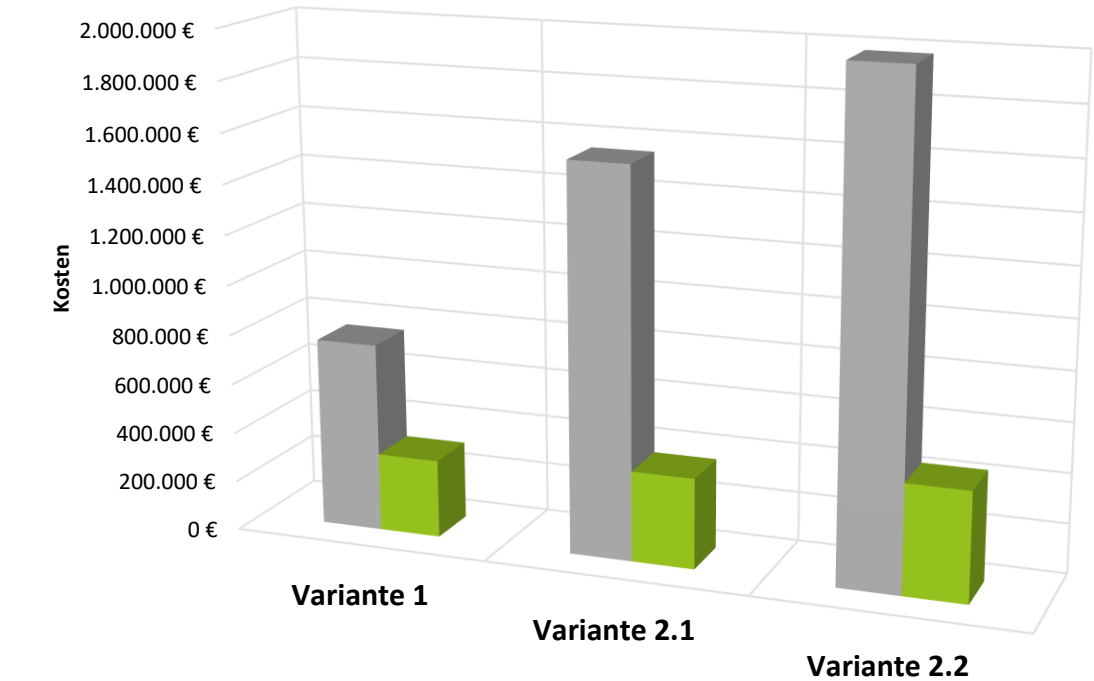
Förderprogramm Neubau Nichtwohngebäude	Förderung bis zum <u>30.06.2021</u>	Förderung ab dem <u>01.07.2021</u>
Fördergeber	Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)	Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)
Art der Förderung	Zinsgünstiges Darlehen mit Tilgungszuschuss	▪ Kreditvariante mit Tilgungszuschuss oder ▪ nur Zuschussvariante
Förderpotential	▪ Maximal 25 Mio.€ Darlehen mit 5% Tilgungszuschuss bei EG 55 ▪ Maximal 50 €/m² NGF je Zusage	▪ Maximal 30 Mio. € Darlehen mit bis zu 22,5% Tilgungszuschuss oder ▪ Bis zu 22,5 % Zuschuss bei maximal 30 Mio. € förderfähigen Kosten ▪ Maximal 2.000 €/m² NGF je Zusage und Kalenderjahr
Förderumfang	▪ Errichtung eines Effizienzhauses ▪ Maßnahmen zur Vorbereitung, Realisierung und Durchführung	▪ Errichtung eines Effizienzhauses ▪ Maßnahmen zur Vorbereitung, Realisierung und Durchführung ▪ Förderung für Fachplanung bis 50 % der Honorarkosten
Wesentliche Voraussetzungen	▪ Neubau als KfW - EG 70 oder EG 55 ▪ Einbindung eines Sachverständigen ▪ Beantragung vor Vorhabenbeginn	▪ Neubau als EG 55 oder EG 40 ▪ Einbindung eines Energieeffizienz-Experten ▪ Beantragung vor Vorhabenbeginn = Auftragsvergabe Bauleistungen



WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG

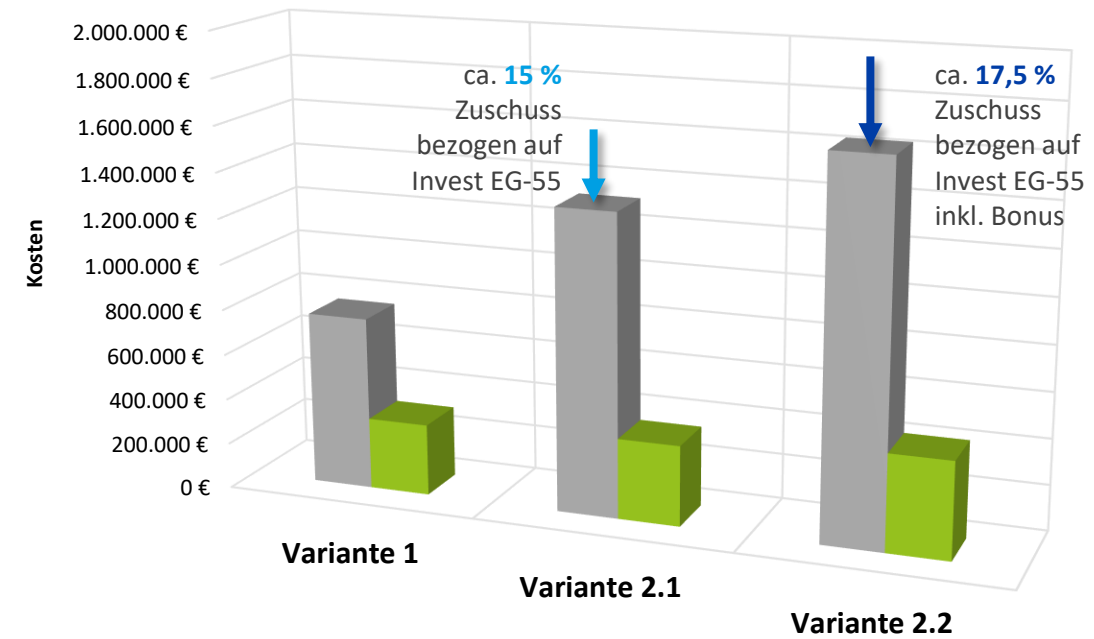
HLG Neubau mit und ohne Förderzuschuss BEG

Vergleichsrelevante Kosten für Wärme- und Kälteerzeugung



	Variante 1	Variante 2.1	Variante 2.2
■ HLG: Investitionskosten	758.750 €	1.553.444 €	1.981.444 €
■ HLG: Jährliche Kosten (VDI 2067)	312.941 €/a	363.317 €/a	440.848 €/a

Vergleichsrelevante Kosten für Wärme- und Kälteerzeugung inkl. BEG Förderung



	Variante 1	Variante 2.1	Variante 2.2
■ HLG: Investition abzzgl. Förderzuschüsse	758.750 €	1.320.428 €	1.634.692 €
■ HLG: Jährliche Kosten (VDI 2067)	312.941 €/a	352.442 €/a	424.293 €/a



FÖRDERMITTELBERATUNG

Förderfähige Energieeinsparmaßnahmen (Neubau – Nichtwohngebäude)

- **Errichtung** oder **Ersterwerb** energieeffizienter **Nichtwohngebäude**, die das energetische Niveau eines Effizienzgebäudes für Neubauten erreichen:
 - **Effizienzgebäude 55** (15 % Tilgungs-/Investitionszuschuss) → **Variante 2.1 / 2.2**
 - Effizienzgebäude 40 (20 % Tilgungs-/Investitionszuschuss)
- **Bonus** für Nachhaltigkeit oder Erneuerbare Energien: **+ 2,5 % → Variante 2.2**
- Alle **Umfeldmaßnahmen**, die zur Vorbereitung und Umsetzung oder Inbetriebnahme der geförderten Maßnahme erforderlich sind
- Energetische **Fachplanungs- und Baubegleitungsleistungen** mit bis zu 50 % (max. 10 €/m² NGF und höchstens 20.000 € Zuschuss je Zusage u. Kalenderjahr)

8.8 Kumulierungsverbot, Kombination mit anderen Förderprogrammen

Eine Kumulierung einer Förderung für dieselbe Maßnahme nach dieser Richtlinie mit anderen Fördermitteln (Kredite oder Zulagen/Zuschüsse) ist grundsätzlich möglich. Eine Kumulierung ist jedoch maximal möglich bis zur Höhe der förderfähigen Kosten nach Nummer 8.2, auch wenn diese die Höchstgrenze gemäß Nummer 8.3 übersteigt. Die gleichzeitige Inanspruchnahme einer Förderung nach dieser Richtlinie und einer Förderung nach dem EEG für dieselben förderfähigen Kosten ist nicht möglich. Eine gleichzeitige Inanspruchnahme mit der Förderung nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG, KWKAusVO) ist nach Maßgabe des KWKG bzw. der KWKAusVO möglich; in diesen Fällen wird im Rahmen einer Beantragung einer Förderung nach dem KWKG bzw. der KWKAusVO eine Erklärung über die bereits erhaltene investive Förderung abzugeben sein.

Ergibt sich infolge der Kumulierung für die zu fördernde Maßnahme eine Förderquote von insgesamt mehr als 60 %, hat dies der Fördernehmer dem jeweiligen Durchführer anzuzeigen. Die nach dieser Richtlinie gewährte Förderung ist in diesem Fall so zu kürzen, dass **eine Förderquote von maximal 60 %** erreicht wird; soweit bereits erhalten, sind darüber hinausgehende Fördersummen durch den Fördernehmer zurückzuerstatten.

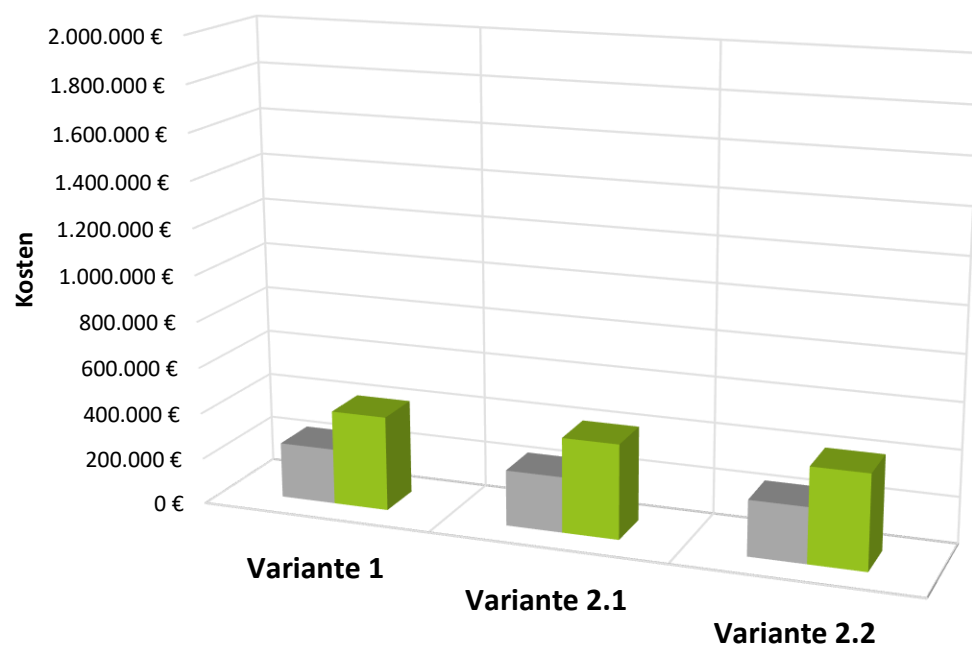
[BAnz AT 01.02.2021 B2.pdf \(bundesanzeiger.de\)](#)



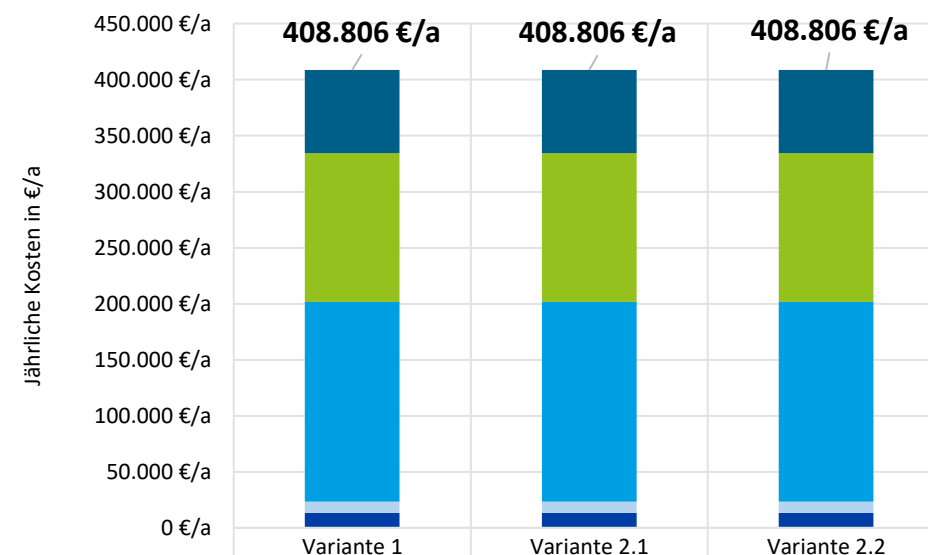
WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG

Bestandsareal

Vergleichsrelevante Kosten für Wärmeerzeugung
Bestandsareal



	Variante 1	Variante 2.1	Variante 2.2
■ Bestand: Investitionskosten	240.000 €	240.000 €	240.000 €
■ Bestand: Jährliche Kosten (VDI 2067)	408.806 €/a	408.806 €/a	408.806 €/a



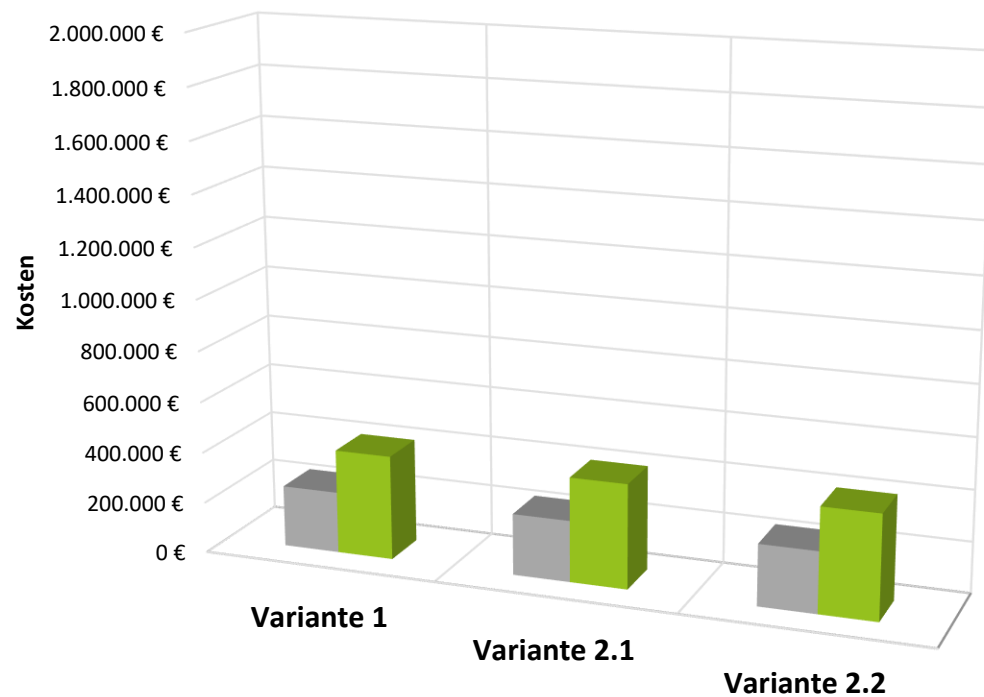
■ CO2 Steuer (fossile Energieträger)	74.400 €/a	74.400 €/a	74.400 €/a
■ Bedarfsgebundene Kosten (EEG-Umlage)	0 €/a	0 €/a	0 €/a
■ Bedarfsgebundene Kosten (Strom)	132.730 €/a	132.730 €/a	132.730 €/a
■ Bedarfsgebundene Kosten (Kälte)	0 €/a	0 €/a	0 €/a
■ Bedarfsgebundene Kosten (Wärme)	178.376 €/a	178.376 €/a	178.376 €/a
■ Betriebsgebundene Kosten	10.000 €/a	10.000 €/a	10.000 €/a
■ Kapitalgebundene Kosten	13.300 €/a	13.300 €/a	13.300 €/a
■ Einspeisevergütung	0 €/a	0 €/a	0 €/a
Summe Jährliche Kosten	408.806 €/a	408.806 €/a	408.806 €/a



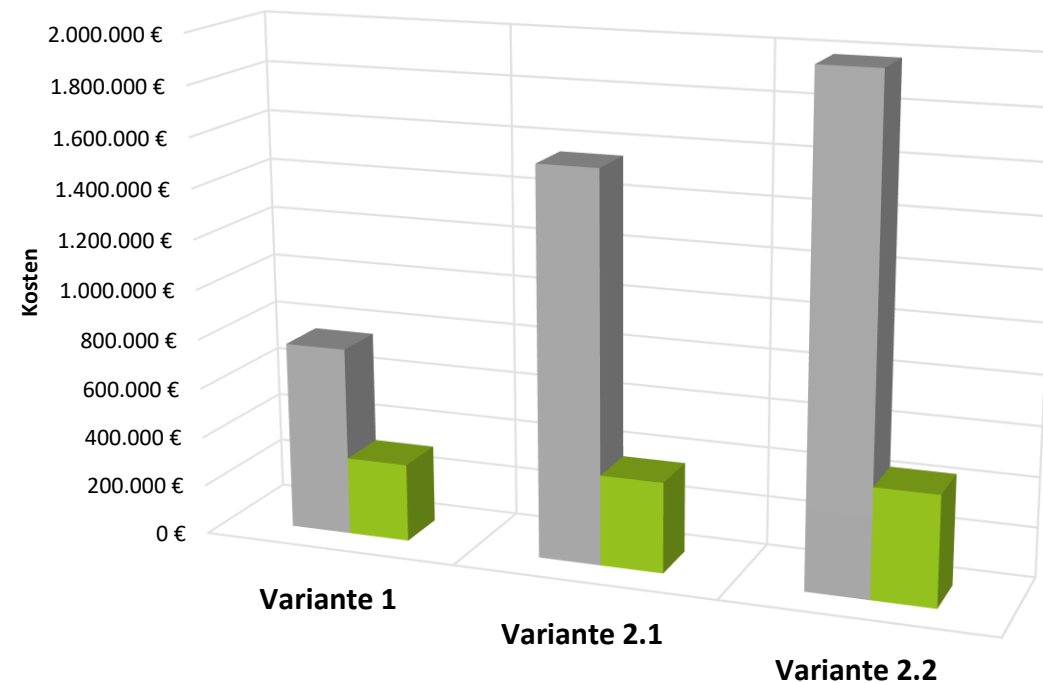
WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG

Bestandsareal und HLG Neubau

Vergleichsrelevante Kosten für Wärmeerzeugung **Bestandsareal**



Vergleichsrelevante Kosten für Wärme- und Kälteerzeugung
HLG Neubau



	Variante 1	Variante 2.1	Variante 2.2
■ Bestand: Investitionskosten	240.000 €	240.000 €	240.000 €
■ Bestand: Jährliche Kosten (VDI 2067)	408.806 €/a	408.806 €/a	408.806 €/a

	Variante 1	Variante 2.1	Variante 2.2
■ HLG: Investitionskosten	758.750 €	1.553.444 €	1.981.444 €
■ HLG: Jährliche Kosten (VDI 2067)	312.941 €/a	363.317 €/a	440.848 €/a



WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG

Zusammenfassung

- Wie der Ergebnissen der jährlichen Kosten zu entnehmen ist, bestimmen die bedarfsgebundenen Kosten (Energiekosten) die Jahreskosten maßgeblich.
- Der günstige Energiebezugspreis für den fossilen Energieträger Gas mit ca. 0,04 €/kWh beeinflusst maßgeblich die Ergebnisse.
- Mögliche Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) kann die Wirtschaftlichkeit der Varianten 2.1 und 2.2 deutlich verbessert werden.
- Hierzu besitzt Variante 1 für den betrachteten Zeitraum von 20 Jahren unter den gegebenen Randbedingungen die größte Wirtschaftlichkeit mit den geringsten jährlichen Kosten. Auf dem zweiten Platz steht die Variante 2.1 (Hybridvariante). Die annähernd CO₂-neutrale Variante 2.2 hat aufgrund des hohen Strompreises und der hohen Investitionen die schlechteste Wirtschaftlichkeit.
- Die relative geringe Einspeisevergütung der PV-Anlage hat keinen signifikanten Einfluss auf der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.
- Variante 2.1 befindet sich im Mittelfeld der Varianten 1 und 2.2 und kann bzgl. Wirtschaftlichkeit und CO₂-Emissionen gute Ergebnisse erzielen, bei gleichzeitig hoher Versorgungssicherheit und guten Nutzerkomfort durch die passive Kühlung.

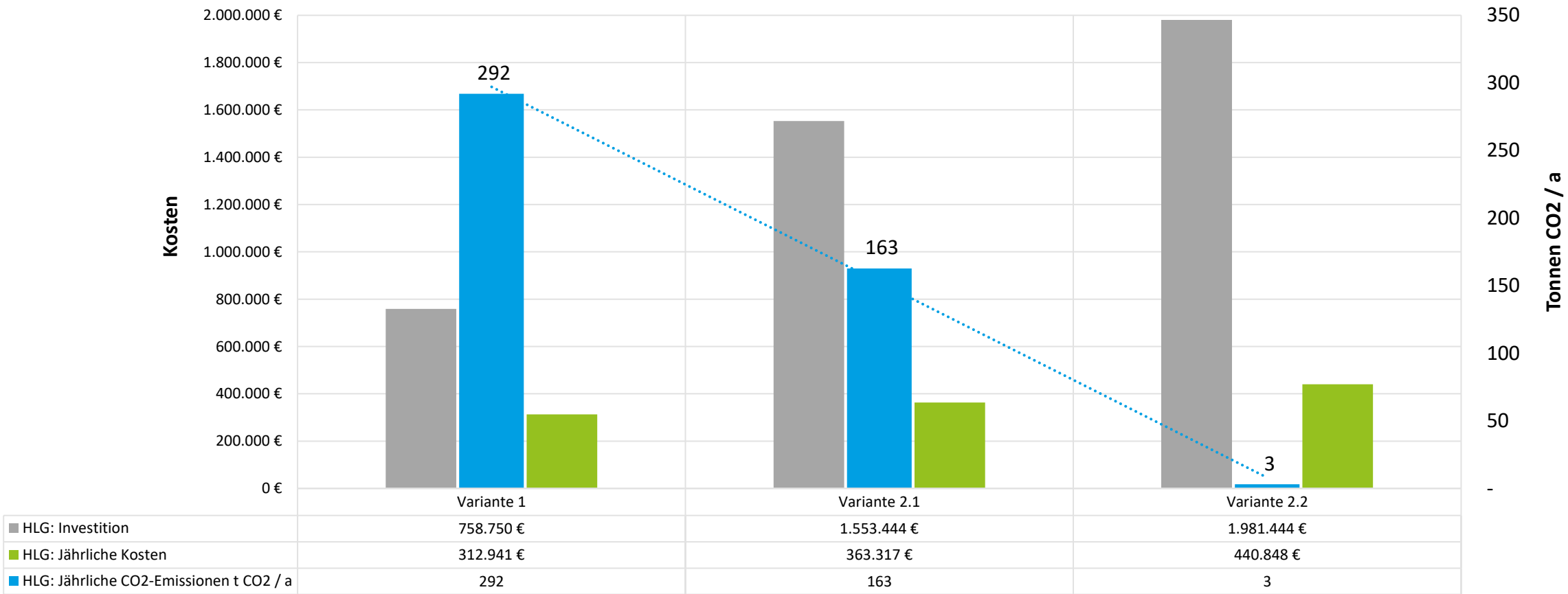




WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG

Gegenüberstellung Varianten: Kosten und jährliche CO2-Emissionen

Vergleichsrelevante Kosten für Wärme- und Kälteerzeugung



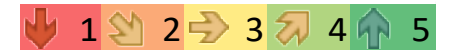


ENERGIEKONZEPT – VARIANTENGEGENÜBERSTELLUNG

Bewertungsmatrix (qualitativ)

Bezeichnung	Variante 1	Variante 2.1	Variante 2.2
	Gasbrennwertkessel + BHKW	Gasbrennwertkessel + Sole-Wasser-WP	Gasbrennwertkessel Bestand / WP HLG
Investition	4	2,5	1,5
Betriebskosten	3,5	3	1
Versorgungssicherheit	4	3,5	1,5
CO ₂ -Ausstoß / Nachhaltigkeit	1	3	4,5
Vorbildcharakter / therm. Komfort	1	3,5	4,5
Einbindung lokaler Ressourcen	1	3	4,5
Gesamtbewertung (Summe)	14,5	18,5	17,5

Legende Bewertungsskala 1 bis 5 Punkte

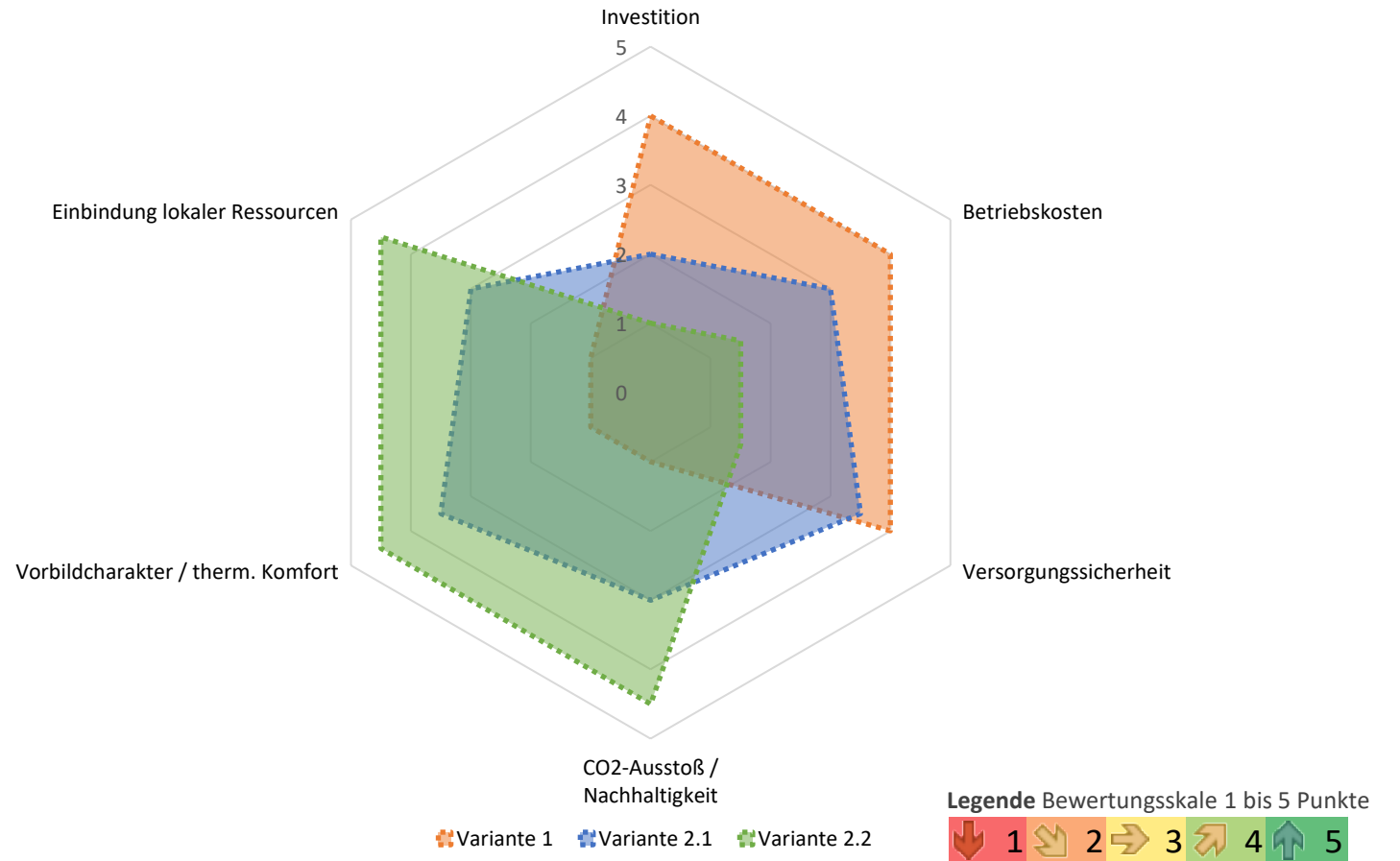




ENERGIEKONZEPT – VARIANTENGEGENÜBERSTELLUNG

Bewertungskriterien

- ✓ Investition
- ✓ Betriebskosten
- ✓ Versorgungssicherheit
- ✓ CO₂-Ausstoß / Nachhaltigkeit
- ✓ Vorbildcharakter / therm. Komfort
- ✓ Einbindung lokaler Ressourcen





GROBINVESTABSCHÄTZUNG DETAIL

Variante 1

Arbeitsstand

	Neubau HLG		Bestand Areal	
System	ca. Leistung in kW	ca. Investition	ca. Leistung in kW	ca. Investition
Brennwertkessel	1.000	160.000 €	1.500	240.000 €
Blockheizkraftwerk	40	80.000 €	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
PV-Module	415	520.000 €	-	-
	-	-	-	-
SUMME netto ca.		760.000 €		240.000 €

Hinweis: Angaben basieren auf Benchmarks €/kW vergleichbarer Referenzprojekte und Herstellerangaben. Variante 1 kann lediglich nur in Kombination mit der PV-Anlagen und erhöhtem Wärmeschutz die gesetzlichen Anforderungen gem. GEG knapp einhalten.

Netto Kosten ohne **Planung/Baunebenkosten**, Genauigkeit +/- 50%. Die Angaben wurden mit den zuständigen Fachplaner am 17.05.2021 abgesprochen. Die Angaben sind in der weiteren Planung fortzuschreiben.



GROBINVESTABSCHÄTZUNG DETAIL

Variante 2.1

Arbeitsstand

	Neubau HLG		Bestand Areal	
System	ca. Leistung in kW	ca. Investition	ca. Leistung in kW	ca. Investition
Brennwertkessel	500	80.000 €	1.500	240.000 €
	-	-	-	-
Sole-Wasser-WP	500	175.000 €	-	-
	-	-	-	-
Erdwärmesonden	220	330.000 €	-	-
PV-Module	320	400.000 €	-	-
Eisspeicher + PVT-Module	280	570.000 €	-	-
SUMME netto ca.		1.555.000 €		240.000 €

Hinweis: Angaben basieren auf Benchmarks €/kW vergleichbarer Referenzprojekte und Herstellerangaben.

Netto Kosten ohne Planung/Baunebenkosten, Genauigkeit +/- 50%. Die Angaben wurden mit den zuständigen Fachplaner am 17.05.2021 abgesprochen. Die Angaben sind in der weiteren Planung fortzuschreiben.

BEG Förderzuschüsse können ggfs. die Wirtschaftlichkeit verbessern.



GROBINVESTABSCHÄTZUNG DETAIL

Variante 2.2

Arbeitsstand

	Neubau HLG		Bestand Areal	
System	ca. Leistung in kW	ca. Investition	ca. Leistung in kW	ca. Investition
	-	-	1.500	240.000 €
HT-Wärmepumpe	40	40.000 €	-	-
NT-Wärmepumpe	600	210.000 €	-	-
RLT-Ergänzung mittels Luft-Luft- Wärmepumpe	350	280.000 €	-	-
Erdwärmesonden	220	330.000 €	-	-
PV-Module	280	350.000 €	-	-
Eisspeicher + PVT-Module	380	770.000 €	-	-
SUMME netto ca.		1.980.000 €		240.000 €

Hinweis: Angaben basieren auf Benchmarks €/kW vergleichbarer Referenzprojekte und Herstellerangaben.

Netto Kosten ohne Planung/Baunebenkosten, Genauigkeit +/- 50%. Die Angaben wurden mit den zuständigen Fachplaner am 17.05.2021 abgesprochen. Die Angaben sind in der weiteren Planung fortzuschreiben.

BEG Förderzuschüsse können ggfs. die Wirtschaftlichkeit verbessern.

ERFOLGREICHE GEBÄUDE

LEBENSWERTE STÄDTE

RENDITESTARKE PORTFOLIOS

LEISTUNGSFÄHIGE INFRASTRUKTUR

ZUKUNFTSWEISENDE BERATUNG



DREES &
SOMMER