

Quartier Festungspark-Fritsch

Energiekonzept 01.07.2022

AGENDA

01 Grundlagen- und Energiebedarfsermittlung

02 Potenziale

03 Technische Varianten der Energieversorgung

04 Energie- und Klimabilanz

05 Wirtschaftlichkeitsbewertung

06 Fazit & Empfehlung

Grundlagen- und Energiebedarfsermittlung

01

Grundlagen „Flächen und Nutzungen (I)“

Flächen:

- ca. 73.000 m² BGF
 - 20 % Wohnen / Arbeiten
 - 30 % Mischnutzung
 - 50% Wohnen

Nutzungsarten:

- Wohnen
- Mischnutzung:
 - Einzelhandel im EG
 - KiTa im EG
 - Büro/Arbeiten*
 - Wohnen im OG
- Parkhaus unbeheizt



Die Gebäudestrukturen werden sich noch ändern. Es kann sichergestellt werden, dass die BGF gem. städtebaulichem Vertrag versorgt werden, auch wenn die einzelnen Nutzungen anders verortet werden.

*erste Annahme; Mischnutzung (Einzelhandel, Drogerie, Bäckerei, Gewerbe etc.) in weiteren Planungsphasen zu präzisieren

Grundlagen „Flächen und Nutzungen (II)“

Nutzungsart	BGF (gerundet)	
	[m ²]	[%]
Wohnen	53643	73
Büro	8142	11
Einzelhandel	10782	15
Kita	433	1
	73000	100



Nutzungsbereich	Gebäude	Nutzungsart	energetischer Standard	Anzahl Vollgeschosse [-]	Gebäudegrundfläche [m ²]	BGF (gerundet) [m ²]
	1	Wohnen	EG 55	1	833	833
	1	Einzelhandel	EG 55	1	833	833
	1	Büro	EG 55	1	833	833
	1	2 Wohnen	EG 55	1	200	200
	1	3 Wohnen	EG 55	1	833	833
	1	3 Einzelhandel	EG 55	1	833	833
	1	3 Büro	EG 55	1	833	833
	1	4 Wohnen	EG 55	1	833	833
	1	4 Einzelhandel	EG 55	1	833	833
	1	4 Büro	EG 55	1	833	833
	2	5 Wohnen	EG 55	2	550	1100
	2	6 Wohnen	EG 55	2	350	700
	2	7 Wohnen	EG 55	2	550	1100
	2	8 Wohnen	EG 55	2	350	700
	2	9 Wohnen	EG 55	3	300	900
	2	10 Wohnen	EG 55	3	300	900
	3	11 Wohnen	EG 55	2	550	1100
	3	12 Wohnen	EG 55	2	350	700
	3	13 Wohnen	EG 55	2	550	1100
	3	14 Wohnen	EG 55	2	350	700
	3	15 Wohnen	EG 55	3	300	900
	3	16 Wohnen	EG 55	3	267	800
	4	17 Wohnen	EG 55	3	400	1200
	4	18 Wohnen	EG 55	2	450	900
	4	19 Wohnen	EG 55	3	400	1200
	4	20 Wohnen	EG 55	2	450	900
	4	21 Wohnen	EG 55	3	400	1200
	4	22 Wohnen	EG 55	2	550	1100
	5	23 Wohnen	EG 55	2	450	900
	5	24 Wohnen	EG 55	3	400	1200
	5	25 Wohnen	EG 55	2	350	700
	5	26 Wohnen	EG 55	3	400	1200
	6	27 Wohnen	EG 55	1-2	1675	3.350
	6	27 Einzelhandel	EG 55	1	1675	1675
	6	27 Büro	EG 55	2	1675	1675
	6	28 Wohnen	EG 55	1	533	533
	6	28 Einzelhandel	EG 55	1	533	533
	6	28 Büro	EG 55	1	533	533
	6	29 Wohnen	EG 55	1-2	1625	3.250
	6	29 Einzelhandel	EG 55	1	1625	1625
	6	29 Büro	EG 55	1	1625	1625
	6	30 Wohnen	EG 55	2	533	1067
	6	30 Einzelhandel	EG 55	1	533	533
	6	31 Wohnen	EG 55	1-2-4	1900	3.800
	6	31 Einzelhandel	EG 55	1	1900	1900
	7	32 Wohnen	EG 55	2	1375	2.750
	7	32 Einzelhandel	EG 55	1	1375	1375
	7	32 Büro	EG 55	1	1375	1375
	7	33 Wohnen	EG 55	1	433	433
	7	33 Büro	EG 55	1	433	433
	7	33 Kita	EG 55	1	433	433
	7	34 Wohnen	EG 55	3	320	960
	7	34 Einzelhandel	EG 55	2	320	640
	8	35 Wohnen	EG 55	3	433	1300
	8	36 Wohnen	EG 55	3	467	1400
	8	37 Wohnen	EG 55	3	467	1400
	8	38 Wohnen	EG 55	3-5	1200	4.800
	8	39 Wohnen	EG 55	3-4	971	3.400
	8	40 Wohnen	EG 55	5	260	1300
	40				42.946	73.000

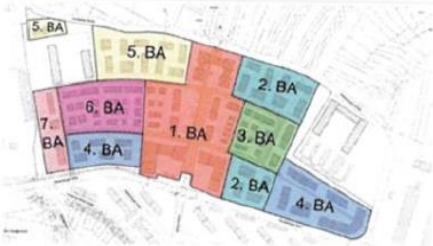
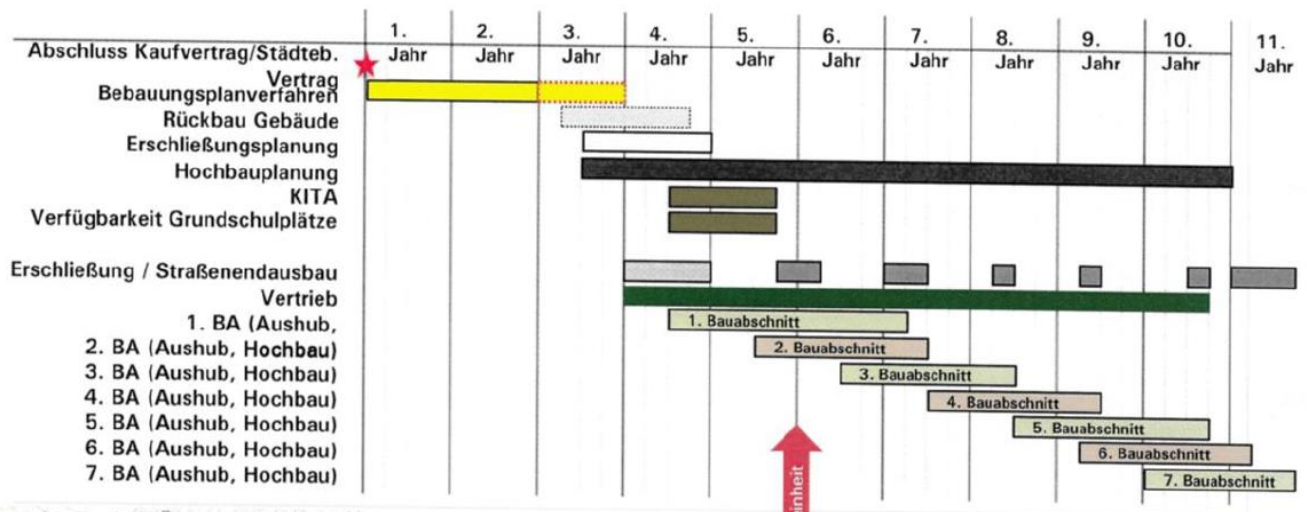
Grundlagen „Flächen und Nutzungen (III)“

...gemäß Werkstattbericht vom 31.03.2021:

Modell 2 (Mischung Wohnen und Arbeiten)						max. Voll-		bebaub.	BruttoGFI.
				Nutz.art	GRZ	gesch.	GFZ	Grdst.fl.	
10%	Grundstücke für EFH- und Doppelhausbebauung	7.758	m ²	WA	0,4	II	0,8	3103	6207
20%	Grundstücke Wohnen und Arbeiten unter einem Dach	15.517	m ²	MI	0,4	II	0,8	6207	12413
10%	Geschosswohnungsbau (Eigentum)	7.758	m ²	WA	0,3	IV	1	2327	7758
10%	Geschosswohnungsbau (Miete)	7.758	m ²	WA	0,3	IV	1	2327	7758
20%	Geschosswohnungsbau (Sozialer Wohnungsbau)	15.517	m ²	WA	0,3	IV	1	4655	15517
30%	Mischgebietsnutzung* (davon 50 % Wohnen, Rest: Mischnutzung)	23.275	m ²	MI	0,3	IV	1	6982	23275
	SUMMEN	77.583	m ²					25602	72928
	davon 50 % WA	38.791	m ²	WA				12413	37240
	davon % MI	38.791	m ²	MI				13189	35688
Prozentangaben sind pauschale Annahmen									

Grundlagen „Entwicklungsphasen / Bauabschnitte“

...gemäß Werkstattbericht vom 31.03.2021:



Mgl. Bauabschnitte
(Hinweis: Abfolge und Umfang der einzelnen BA können sich ändern, u. a. in Abhängigkeit von der Vermarktung)

Entwurf: Stand Februar 2020

Es ist zu empfehlen, dass die zeitliche Entwicklung der Bauabschnitte mit der wärme- und kältetechnischen Erschließung durch Trassen/Leitungen abgestimmt wird.

Grundlagen „Randbedingungen Bedarfsabschätzung“

Annahmen:

- Energetischer Standard: Qualität der Gebäudehülle gemäß Effizienzgebäude 55 (EG 55)* Gilt sowohl für reine Wohngebäude als auch für gemischt genutzte Gebäude (Nichtwohngebäude/ Mischnutzung, Einzelhandel, KiTa)
- Keine aktive Kältebereitstellung für Wohnen und Kita » passives Kühlen / Raumtemperierung über Lüftungsanlagen möglich
- Trinkwarmwasserbedarf für Wohnen und Kita berücksichtigt (kein Trinkwarmwasserbedarf im Einzelhandel und Büro)
- Keine Gleichzeitigkeit unterschiedlicher Nutzungen im Gebäude berücksichtigt
- Gleichzeitigkeit im Quartier berücksichtigen

Kennzahlen Nutzenergiebedarf:

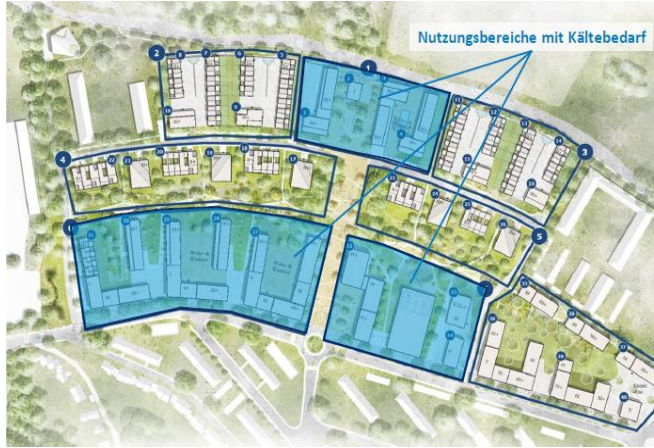
Energetischer Standard	Nutzung	Wärmebedarf (inkl. TWW)	Vollbenutzungsstunden Wärme	Kältebedarf	Vollbenutzungsstunden Kälte	Strombedarf
		[kWh/m ² a]	[h/a]	[kWh/m ² a]	[h/a]	
EG 55	Wohnen	50	1800	0	500	25
EG 55	Einzelhandel**	70	1500	30	500	50
EG 55	Kita	70	1800	0	500	30
EG 55	Büro	40	1500	35	500	30

*in Abhängigkeit der Wärmebereitstellung / des Primärenergiebedarfs

**Mischnutzung (Einzelhandel, Drogerie, Bäckerei, Gewerbe etc.) in weiteren Planungsphasen zu präzisieren

Grundlagen „Abschätzung Energiebedarfe für Wärme und Kälte“

Nutzungsbereich	BGF	Anschlussleistung Wärme	Wärmebedarf	Anschlussleistung Kälte	Kältebedarf	Strombedarf (Nutzerstrom)
	[m ²]	[kW]	[MWh/a]	[kW]	[MWh/a]	[MWh/a]
1	7.700	258	410	325	163	268
2	5.400	150	270	0	0	135
3	5.300	147	265	0	0	133
4	6.500	181	325	0	0	163
5	4.000	111	200	0	0	100
6	22.100	728	1.192	644	322	728
7	8.400	274	451	247	124	259
8	13.600	378	680	0	0	340
Summe:	73.000	2.227	3.793	1.217	608	2.125



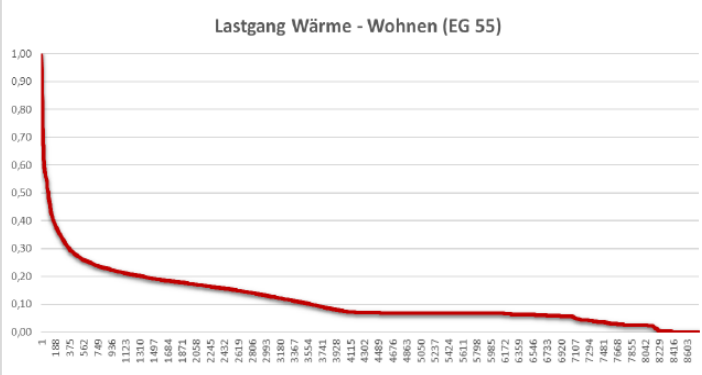
Gebäude	BGF (gerundet)	Anschlussleistung Wärme	Wärmebedarf	Anschlussleistung Kälte	Kältebedarf	Strombedarf (Nutzerstrom)
	[m ²]	[kW]	[MWh/a]	[kW]	[MWh/a]	[MWh/a]
1	2.500	84	133	108	54	88
2	200	6	10	0	0	5
3	2.500	84	133	108	54	88
4	2.500	84	133	108	54	88
5	1.100	31	55	0	0	28
6	700	19	35	0	0	18
7	1.100	31	55	0	0	28
8	700	19	35	0	0	18
9	900	25	45	0	0	23
10	900	25	45	0	0	23
11	1.100	31	55	0	0	28
12	700	19	35	0	0	18
13	1.100	31	55	0	0	28
14	700	19	35	0	0	18
15	900	25	45	0	0	23
16	800	22	40	0	0	20
17	1.200	33	60	0	0	30
18	900	25	45	0	0	23
19	1.200	33	60	0	0	30
20	900	25	45	0	0	23
21	1.200	33	60	0	0	30
22	1.100	31	55	0	0	28
23	900	25	45	0	0	23
24	1.200	33	60	0	0	30
25	700	19	35	0	0	18
26	1.200	33	60	0	0	30
27	6.700	216	352	218	109	218
28	1.600	54	85	69	35	56
29	6.500	209	341	211	106	211
30	1.600	55	91	32	16	53
31	5.700	194	323	114	57	190
32	5.500	177	289	179	89	179
33	1.300	40	69	30	15	25
34	1.600	57	93	38	19	56
35	1.300	36	65	0	0	33
36	1.400	39	70	0	0	35
37	1.400	39	70	0	0	35
38	4.800	133	240	0	0	120
39	3.400	94	170	0	0	85
40	1.300	36	65	0	0	33
40	73.000	2.227	3.793	1.217	608	2.125

Gleichzeitigkeiten:

- Wärme: 0,85
- Wärmeleistung gesamt: 1.900 kW_{th}
- Kälte: 0,95 ... 1,00
- Kälteleistung gesamt: 1.200 kW_{th}

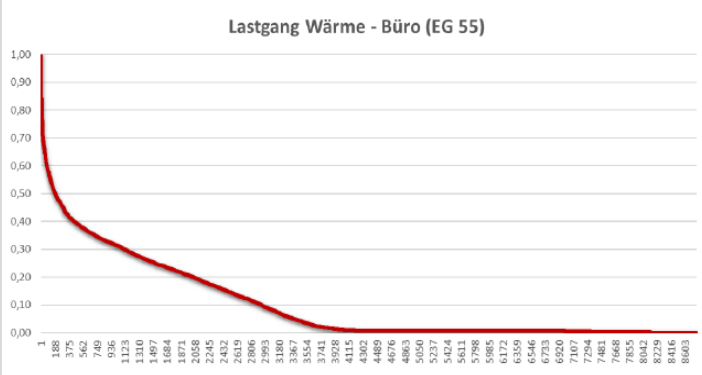
Grundlagen „Exemplarischer Lastgang Büro / Wohnen“

Anwendung
exemplarischer Lastgänge
//
Skalierung anhand zuvor
definierter Bedarfs- und
Leistungskennwerte



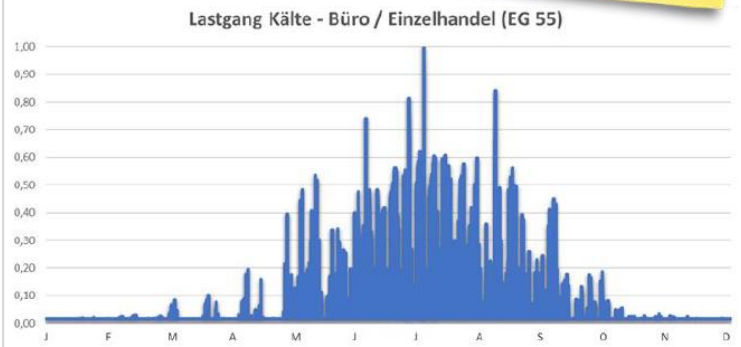
Randbedingungen:

- Exemplarische Jahresdauerlinie für Heizung, Lüftung und Warmwasser
- Angewendet für die Nutzungsarten Wohnen und KiTa
- Gebäudestandard: EG 55
- Standort: Köln



Randbedingungen:

- Exemplarische Jahresdauerlinie für Heizung und Lüftung
- Angewendet für die Nutzungsarten Büro und Einzelhandel
- Gebäudestandard: EG 55
- Standort: Köln



Randbedingungen:

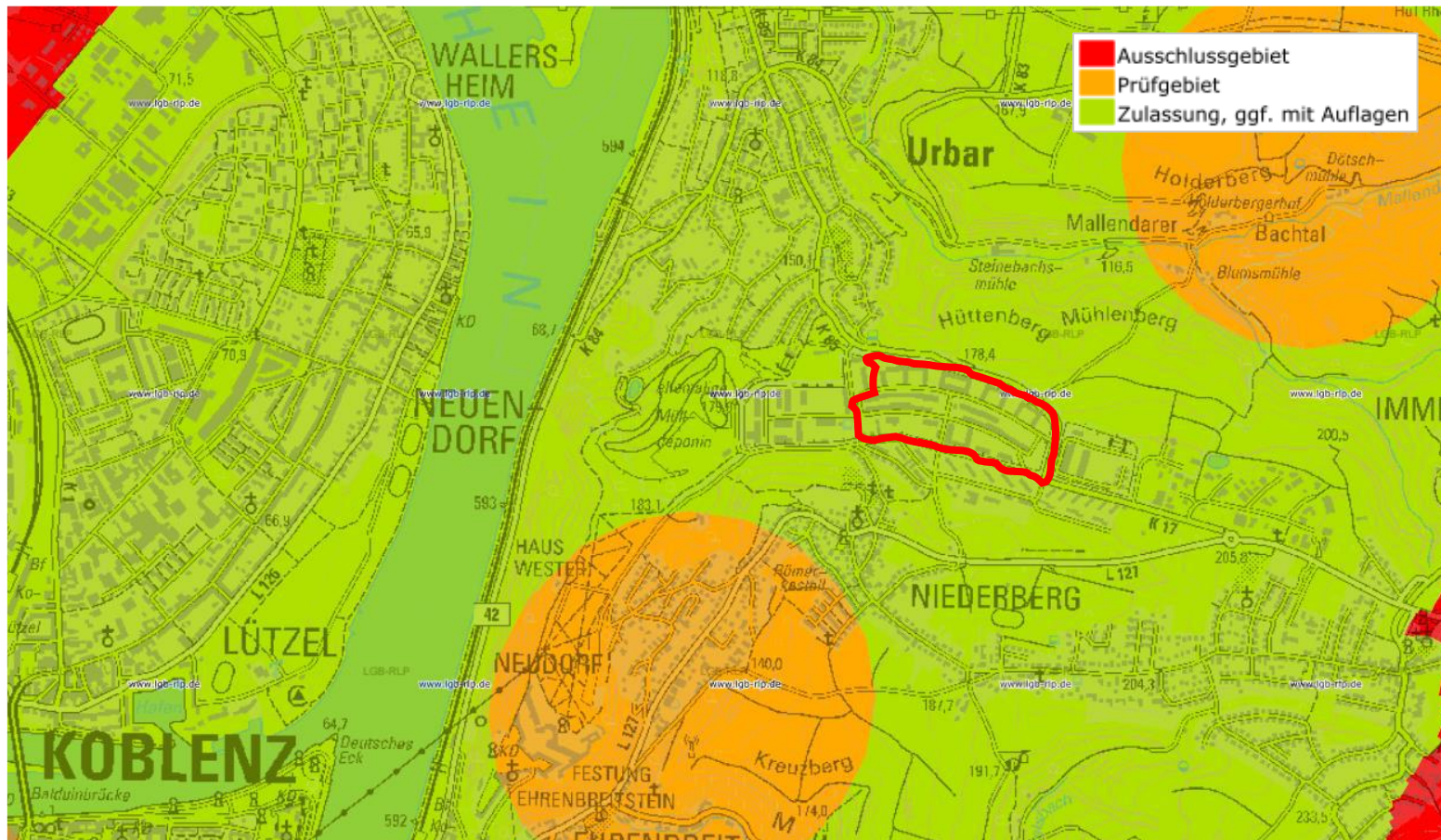
- Exemplarischer Jahreslastgang Kälte (Kühlung, Klimatisierung durch RLT-Anlagen)
- Angewendet für die Nutzungsarten Büro und Einzelhandel
- Gebäudestandard: EG 55
- Standort: Köln

Potenziale

02

Potenziale „Wasserwirtschaftliche und hydrogeologische Standortbewertung“

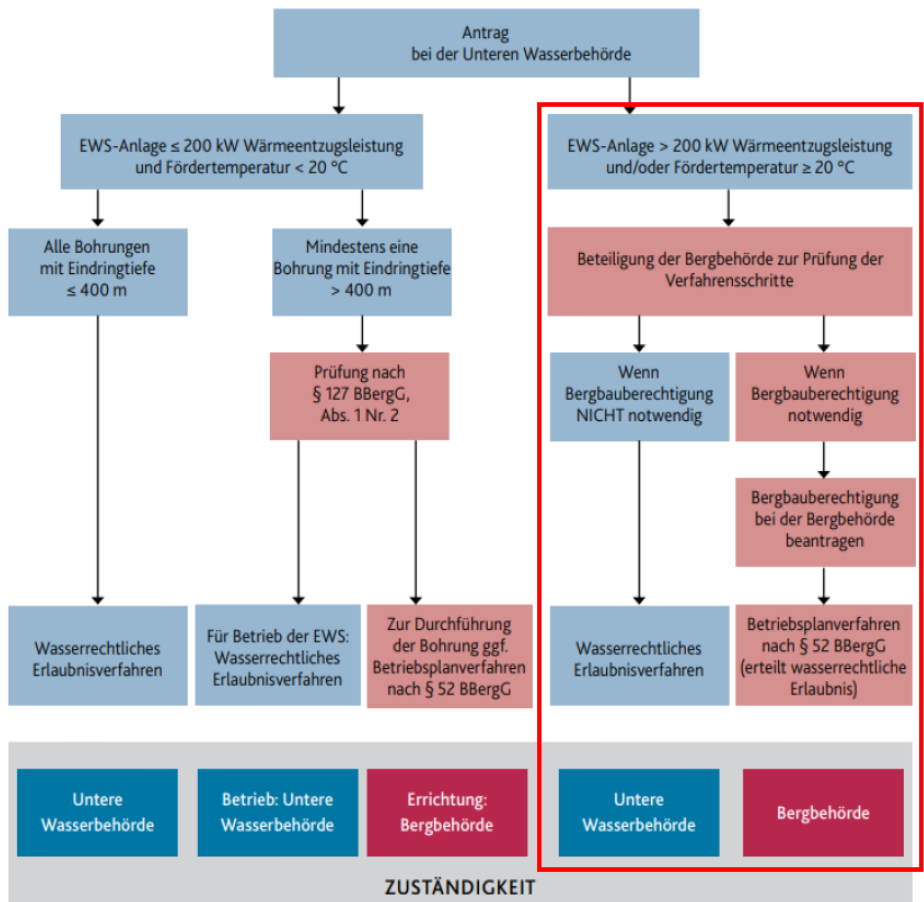
- Gebiet befindet sich **außerhalb von Wasserschutzgebieten**
- **Wasserrechtliche Genehmigung** von Erdwärmeanlagen (geschlossene Systeme) im Gebiet sehr wahrscheinlich, jedoch **Bergbauberechtigung** durch Bergbehörde erforderlich



Potenziale „Geothermie“

Abstimmung DS mit Umweltamt Koblenz, Abt. Untere Wasserbehörde,
 Hr. Funk vom 28.10.2021:

- Gebiet befindet sich **außerhalb von Wasserschutzgebieten**
- **Wasserrechtliche Genehmigung** von Erdwärmeanlagen (geschlossene Systeme) im Gebiet sehr wahrscheinlich, jedoch **Bergbauberechtigung** durch Bergbehörde erforderlich
- 11 Bohrungen im Bereich Festungspark Ehrenbreitstein
 - Im Betrieb durch Landesbetrieb Liegenschafts- und Baubetreuung (LBB)
- **Geringes Grundwasseraufkommen:**
 - Grundwasserführende Schichten in >100 m Tiefe
 - Grundwassernutzung mittels Saug -/ Schluckbrunnen nur unter extrem hohen technischen Aufwand möglich



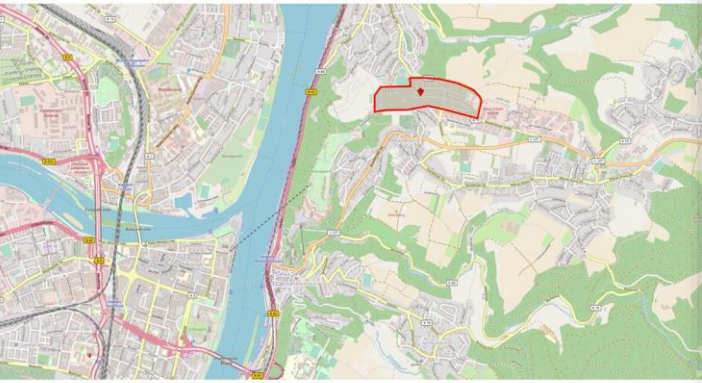
Potenziale „Anfrage Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz“

Quartier am Festungspark Koblenz | Untersuchung technische Machbarkeit Geothermie

Breker-Isa, Stephan
An roman.storz@lgb-rlp.de
Sie haben diese Nachricht am 28.10.2021 17:13 weitergeleitet.

Sehr geehrter Herr Storz,

vielen Dank für das informative Telefongespräch. Wie versprochen, sende ich Ihnen nachfolgend einige Hintergrundinformationen zum Projekt: Drees & Sommer untersucht im Rahmen einer Machbarkeitsstudie verschiedene Potenziale zur möglichen Energieversorgung des „Quartiers am Festungspark“ bzw. des ehemaligen Areals der Fritsch-Kaserne in Koblenz.



Im Zuge einer Potenzialanalyse konnten wir uns bereits mit dem Umweltamt Koblenz, Abt. Untere Wasserbehörde zur möglichen geothermischen Nutzung des Untergrundes mittels Erdwärmesonden abstimmen. Die wesentlichen Erkenntnisse dieser Vorklärung sind:

- Das Quartier liegt außerhalb von Wasserschutzgebieten, sodass eine wasserrechtliche Genehmigung wahrscheinlich ist (vorbehaltlich; zu prüfen in weiteren Planungsschritten).
- Die Genehmigungsfähigkeit ist mit der Unteren Wasserbehörde sowie mit der zuständigen Bergbehörde bzgl. Bergbauberechtigung abzustimmen (abhängig von Sondertiefe, Entzugleistungen etc.).
- Süd-westlich der Fritsch-Kaserne nahe der Festung Ehrenbreitstein befinden sich 11 Erdwärmesonden durch den LGB (Landesbetrieb Liegenschafts- und Baubetreuung) bereits im Betrieb. Hierfür wurden Thermal Response Tests durchgeführt.

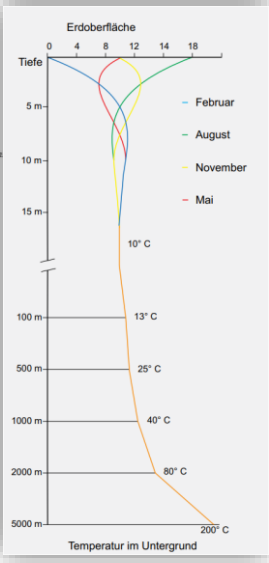
Die geologischen Eigenschaften des Untergrundes wurden durch die Untere Wasserbehörde aufgrund des Schiefergesteins mit „gü“ beschrieben. Können Sie dies sowie die o.g. genannten Angaben bestätigen bzw. weiter ausführen bzgl.:

- Wärmeleitfähigkeit des Gesteins [W/m],
- Zulässige Sondertiefen,
- Erfahrungen aus dem Betrieb der bestehenden Sonden süd-westliche des Quartiers,
- Weitere genehmigungrechtliche Anforderungen (Monitoring, Temperaturen, Ausgleich Energiebilanz/Wärmeentzug/-entzug...)

Vielen Dank für Ihre Rückmeldung! Gerne können wir uns hierzu telefonisch abstimmen, entweder morgen oder in der übernächsten Woche (da ich mich in der kommenden Woche im Urlaub befinde). Eine kurze schriftliche Bestätigung und Ausführung bzgl. der o.g. Fragen wäre auch sehr hilfreich.

Freundliche Grüße
Stephan Breker-Isa

DREES & SOMMER
Sunderstraße 39 - 40a
55122 Berlin
Deutschland



Abstimmung DS mit Landesamt für Geologie und Bergbau (LGB RLP), Hr. Storz vom 29.10.2021:

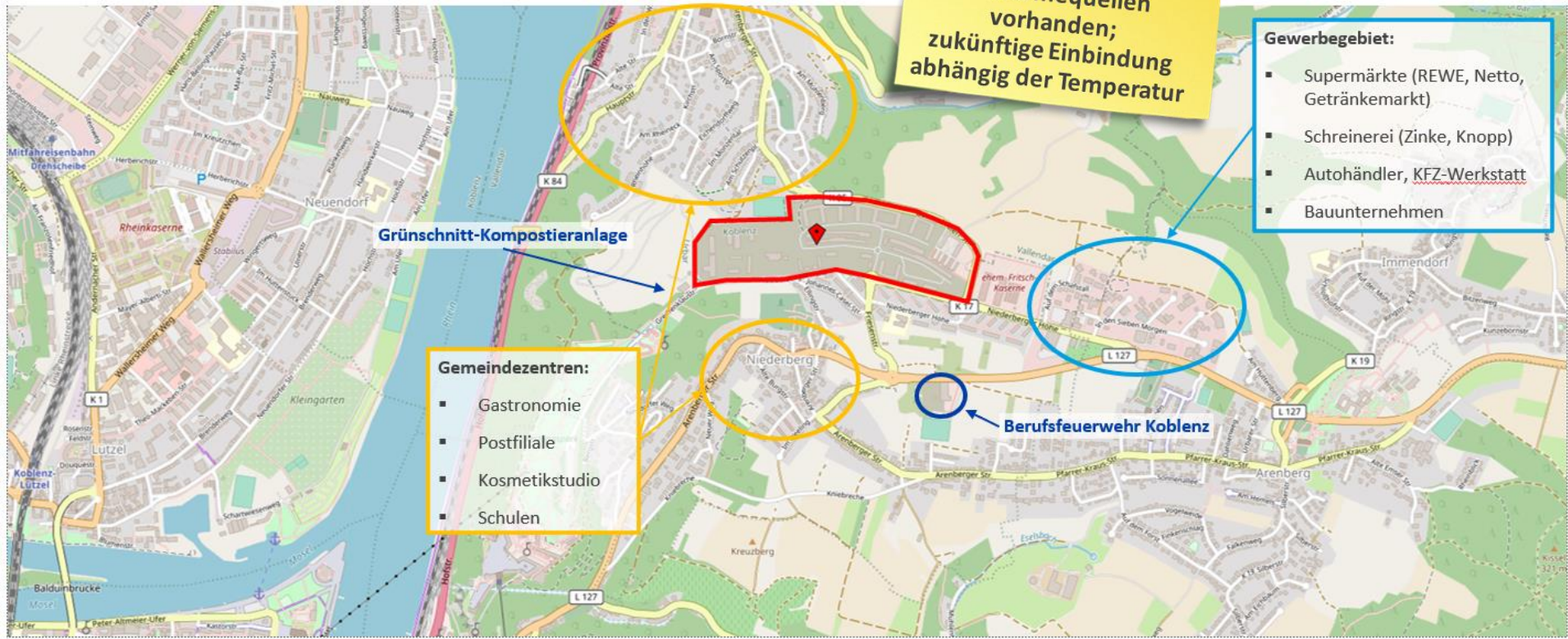
- Genehmigungsfähigkeit sehr wahrscheinlich, jedoch zusätzlich mit Bergamt abzustimmen (siehe Einschätzung Untere Wasserbehörde Koblenz)
- Abschätzung geologische Gegebenheiten / Schichtenaufbau vor Ort:
 - Bis 20 m Tiefe: Bims, Löss, Ton, Sande, Kiese
 - Ab 20 m: Festgesteine (Schiefergesteine), trocken
 - Grundwasserleiter bzw. wassergesättigte Schichten erst ab 70-80 m zu erwarten, da Grundwasseroberfläche ab 105 –120 m ü. NN
 - durch Probebohrung (thermal-response-test) zu prüfen
- Wärmeleitfähigkeiten gem. LGB RLP:
 - Schiefer, trocken: 2,55 W/(m x K) (Mittelwert)
 - Schiefer, gesättigt: 3,34 W/(m x K) (Mittelwert)
- **Annahmen:**
 - Durchschn. Wärmeleitfähigkeit bei 400m Tiefe: **3 W/(m x K)**
 - Temperaturniveau in 400 m Tiefe ca. **25 °C**

Potenziale „Gewerbliche und industrielle Abwärme“

Fazit:
keine industriellen /
gewerblichen
Abwärmequellen
vorhanden;
zukünftige Einbindung
abhängig der Temperatur

- Gewerbegebiet:**
- Supermärkte (REWE, Netto, Getränkemarkt)
 - Schreinerei (Zinke, Knopp)
 - Autohändler, KFZ-Werkstatt
 - Bauunternehmen

- Gemeindezentren:**
- Gastronomie
 - Postfiliale
 - Kosmetikstudio
 - Schulen



Die Ausgestaltung als Ringnetz sowie niedrige Temperaturen ermöglichen eine dezentrale Netzeinspeisungen aus Abwärme. Dies ist bei der Trassenplanung zu berücksichtigen. Der Teilbereich Ost und ggf. auch West kann bei der Dimensionierung der Leitungen mit berücksichtigt werden.

Technische Varianten der Energieversorgung

03

Technische Varianten der Energieversorgung „Übersicht gemäß Angebot“

Variante 1: Erdgasinfrastruktur und KWK

Die Wärmeerzeugung erfolgt durch zwei erdgasbasierte BHKW-Module und einen Spitzenlastkessel. Die Wärme wird mittels Nahwärmenetz im Quartiers verteilt und an den Kunden geliefert. Die Kälteerzeugung wird durch Kompressionskältemaschinen sichergestellt.

Variante 2: Low-Ex-Netz

Die Wärmeversorgung ist zu 100% erneuerbar und strombasiert mit großen Anteilen aus Erdwärme. Die Wärme wird auf niedrigem Temperaturniveau verlustarm verteilt und nach Bedarf durch dezentrale Wärmepumpen zur Warmwasserbereitung bereitgestellt. Die Kälteversorgung erfolgt über Kompressionskältemaschinen zentral in den „Kälteinseln“ gemäß der Bauleitplanung. Gleichzeitig anfallender Wärme- und Kältebedarf kann im Low-Ex- und Kältenetz besonders effizient verschoben werden.

Variante 3: Gas-Brennwerttechnik

Dezentrale Brennwertkessel erzeugen Wärme je Gebäude und werden zur Einhaltung der gesetzlichen Mindestanforderungen (GEG) um solarthermische Anlagen ergänzt. Zur Erreichung des EG 55-Standards sind die Kessel mit Biomethan zu betreiben. Die Kälteerzeugung erfolgt dezentral mittels Kompressionskälteanlagen.

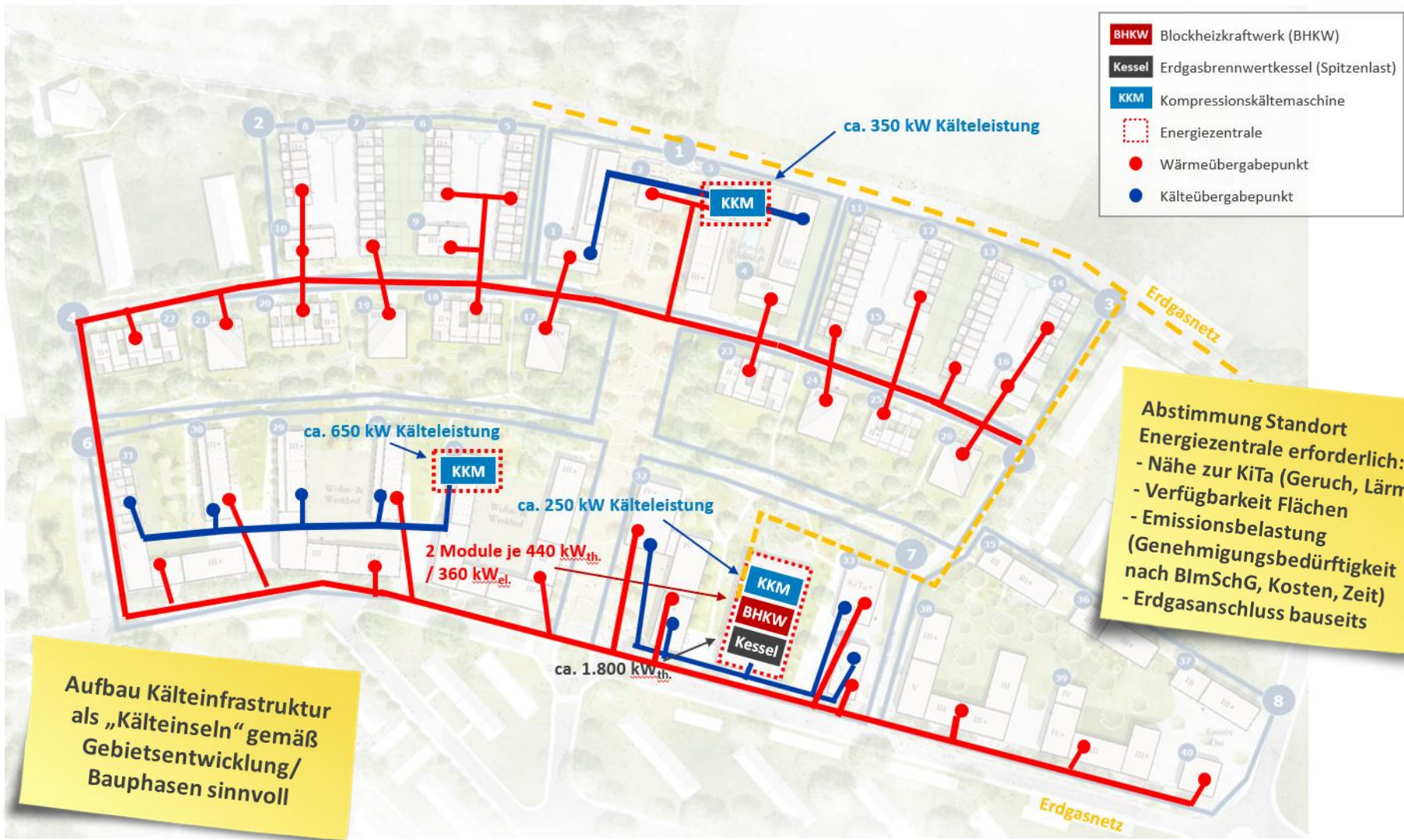
Variante 4: Lokale Biomasse

Die Wärmeerzeugung erfolgt zu 100% aus nachwachsenden Rohstoffen mittels Biomassekessel, vorzugsweise aus lokaler Produktion. Zur Versorgungssicherheit ist ein Erdgas-Brennwertkessel vorgesehen. Die Wärme wird mittels Nahwärmenetz im Quartier verteilt. Die Kälteerzeugung wird durch Kompressionskältemaschinen sichergestellt.

Eine kombinierte Variante aus 1 und 2 wäre wenig sinnvoll, da...

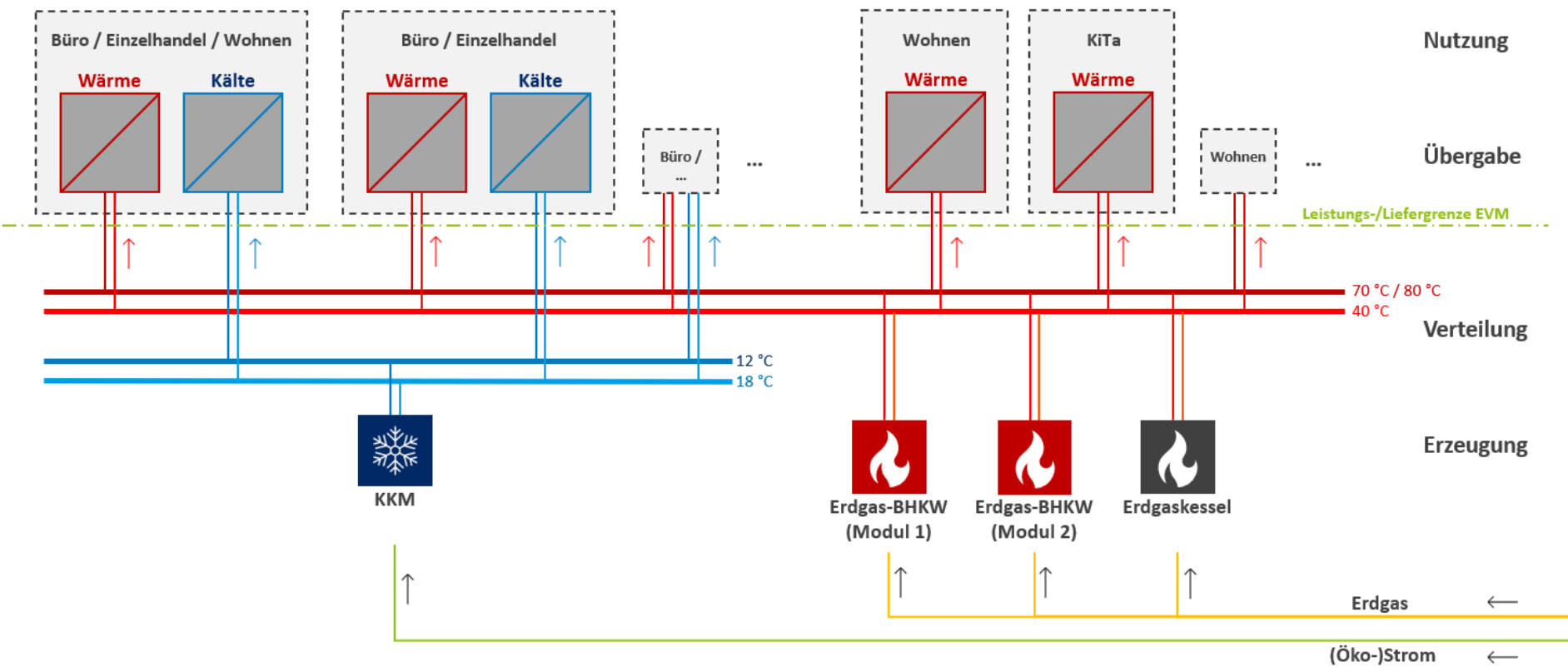
- a) Unterschiedliche Versorgungstemperaturen (KWK: >70°, Low-Ex: max. 50 °C)
- b) KWK und Geothermie sind beide Grund-/Mittellasttechnologien, d.h. sie würden sich gegenseitig Erzeugungsanteile „wegnehmen“. Der Einsatz einer der beiden Technologien zur Spitzenlastabdeckung ist energetisch und wirtschaftlich nicht darstellbar.

Variante 1 „Trassenverlauf und Verortung Erzeuger“

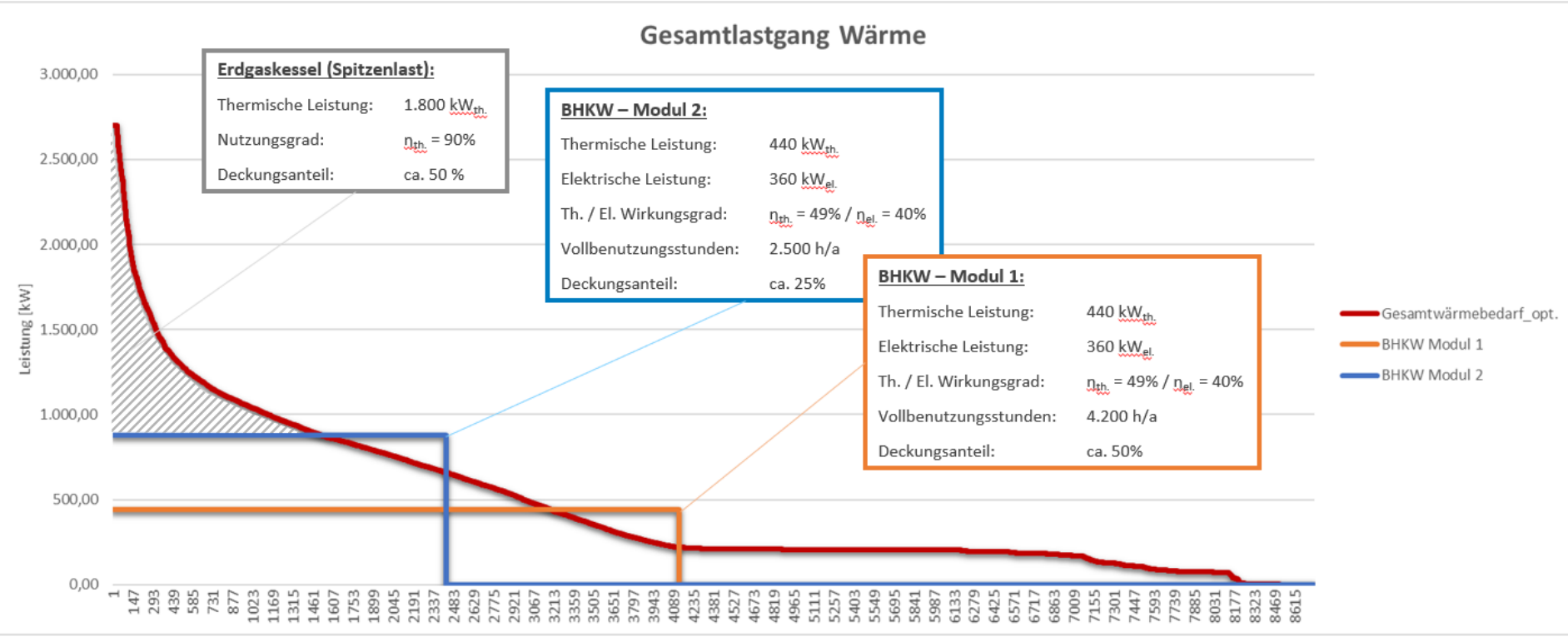


Eine Trassenverlegung im sog. grünen Band sollte vermieden werden. Die exakte Trassenführung ist im Zuge der weiteren Planung abzustimmen.

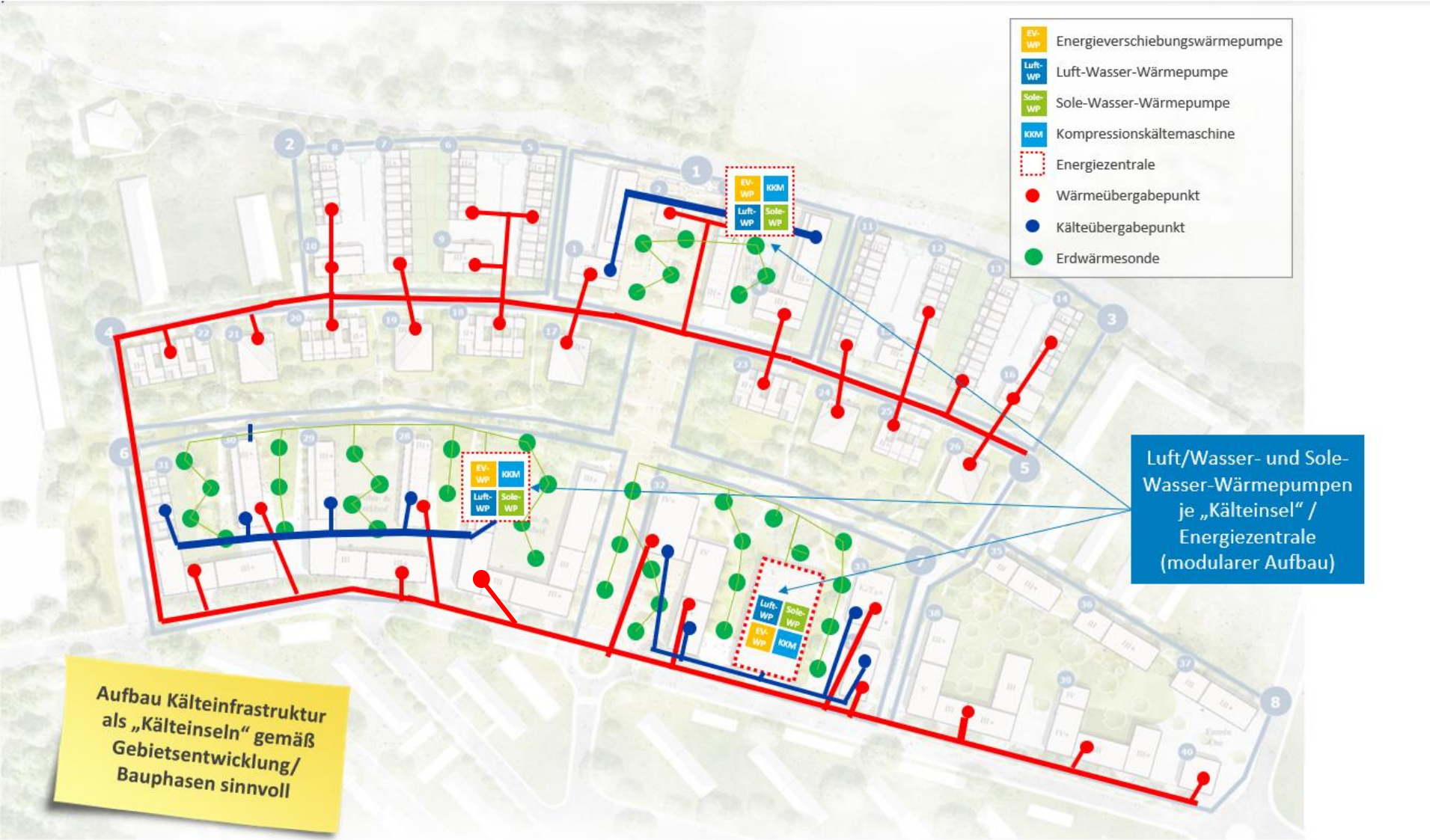
Variante 1 „Technikscheema“



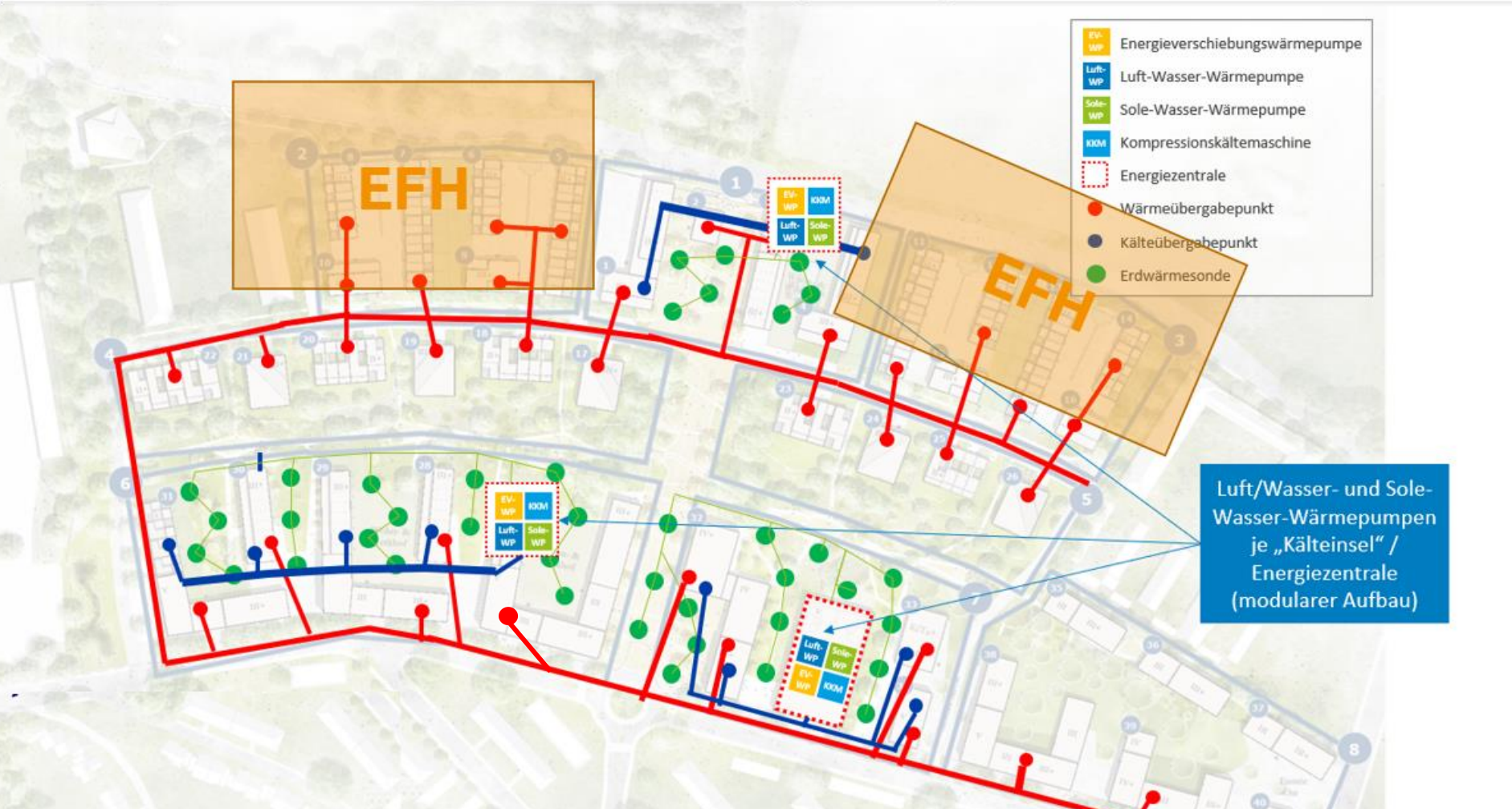
Variante 1 „Grobdimensionierung anhand Jahresdauerlinie“



Variante 2 A „Trassenverlauf und Verortung Erzeuger“



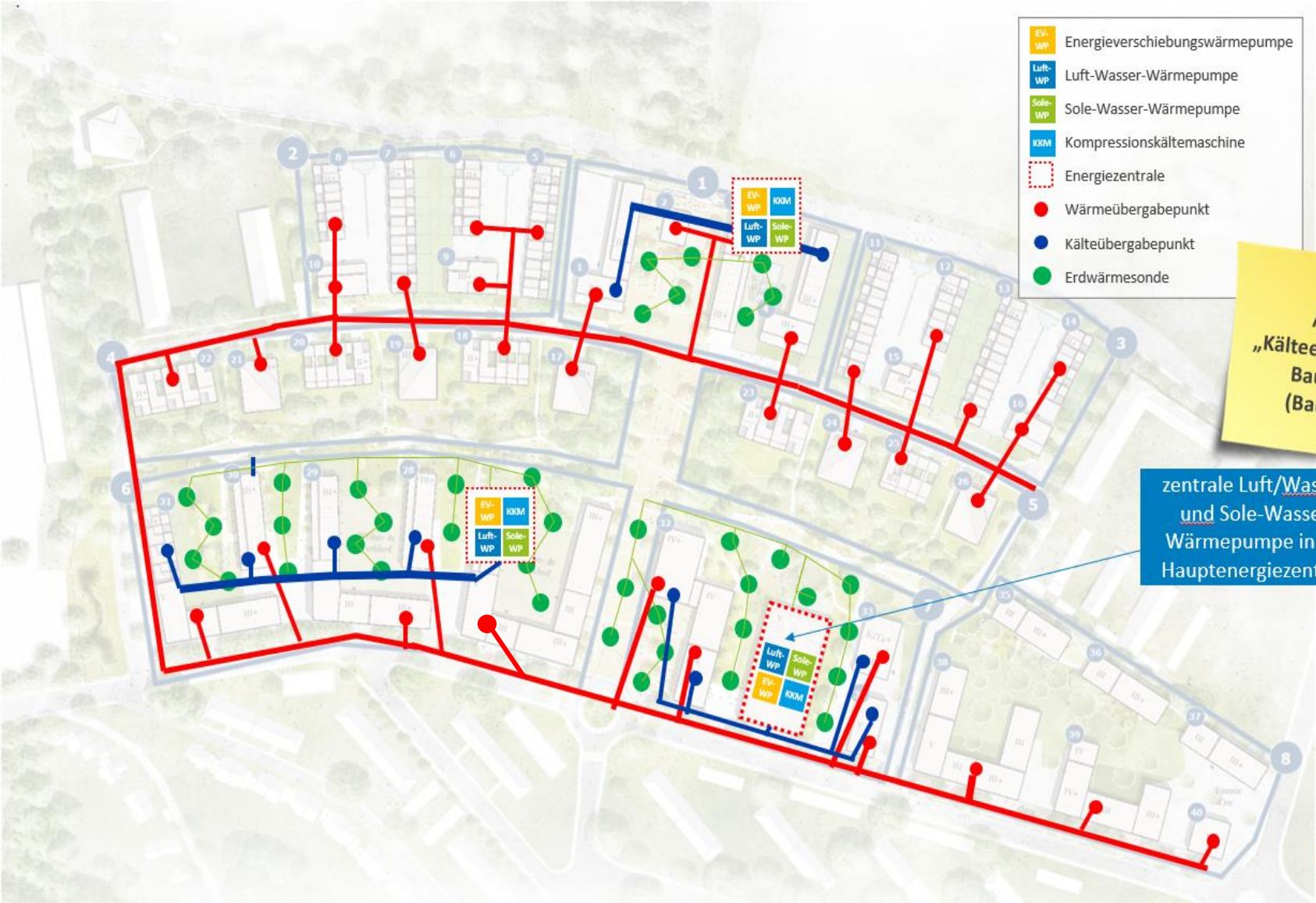
Variante 2 A „Trassenverlauf und Verortung Erzeuger“



Luft/Wasser- und Sole-Wasser-Wärmepumpen je „Kälteinsel“ / Energiezentrale (modularer Aufbau)

Inwieweit es ökologisch, ökonomisch und technisch-organisatorisch sinnvoll ist die Einfamilienhäuser wärmetechnisch mittels einer autarken Insellösung oder ggf. völlig autark durch Wärmepumpentechnologie zu versorgen, müsste zu einem späteren Zeitpunkt bewertet werden. Als Entscheidungsgrundlage wäre ein transparenter Wirtschaftlichkeitsvergleich zu erstellen.

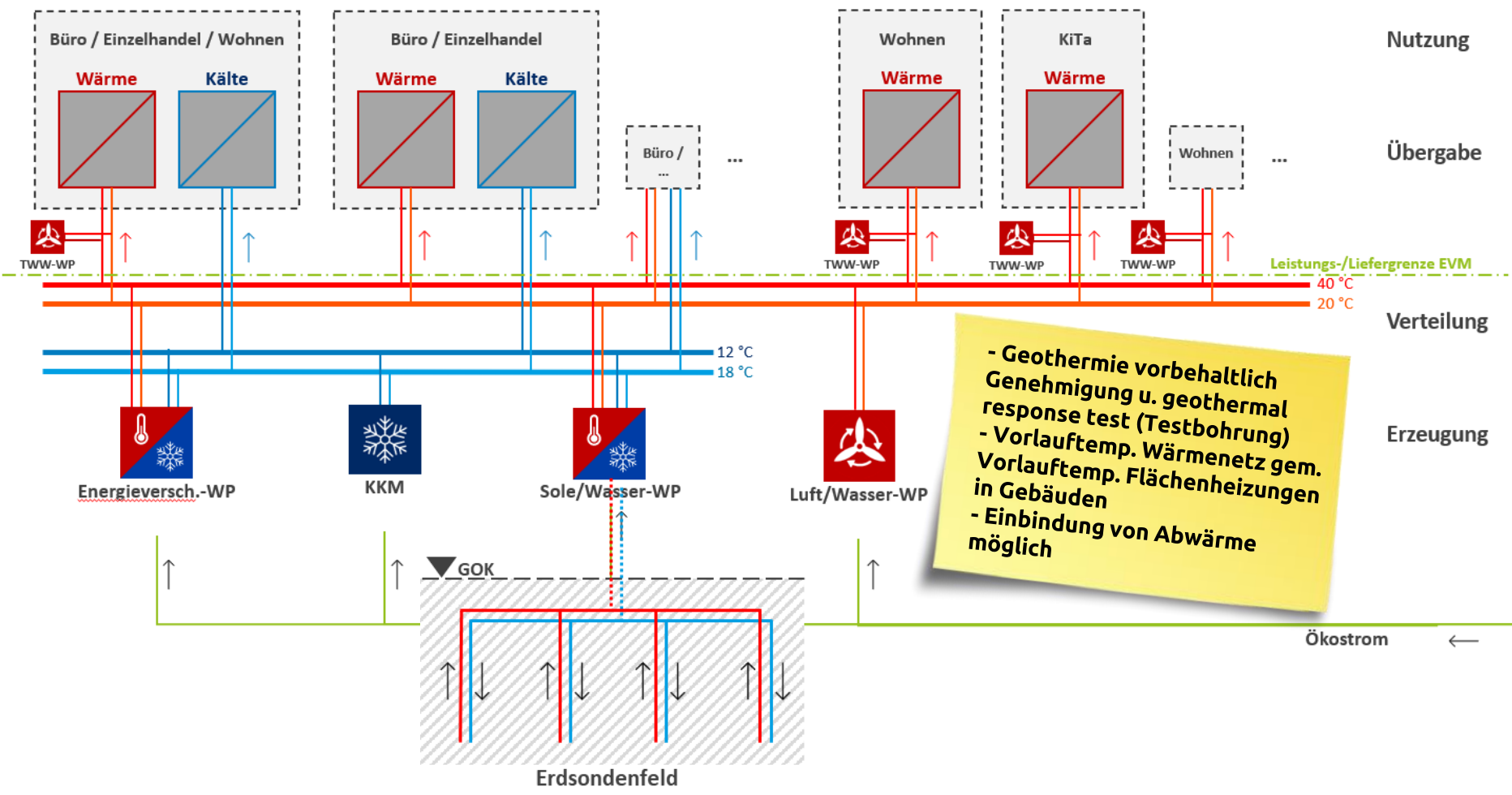
Variante 2 B „Trassenverlauf und Verortung Erzeuger“



Aufbau von „Kälteeinheiten“ gemäß Bauleitplanung (Bauabschnitte)

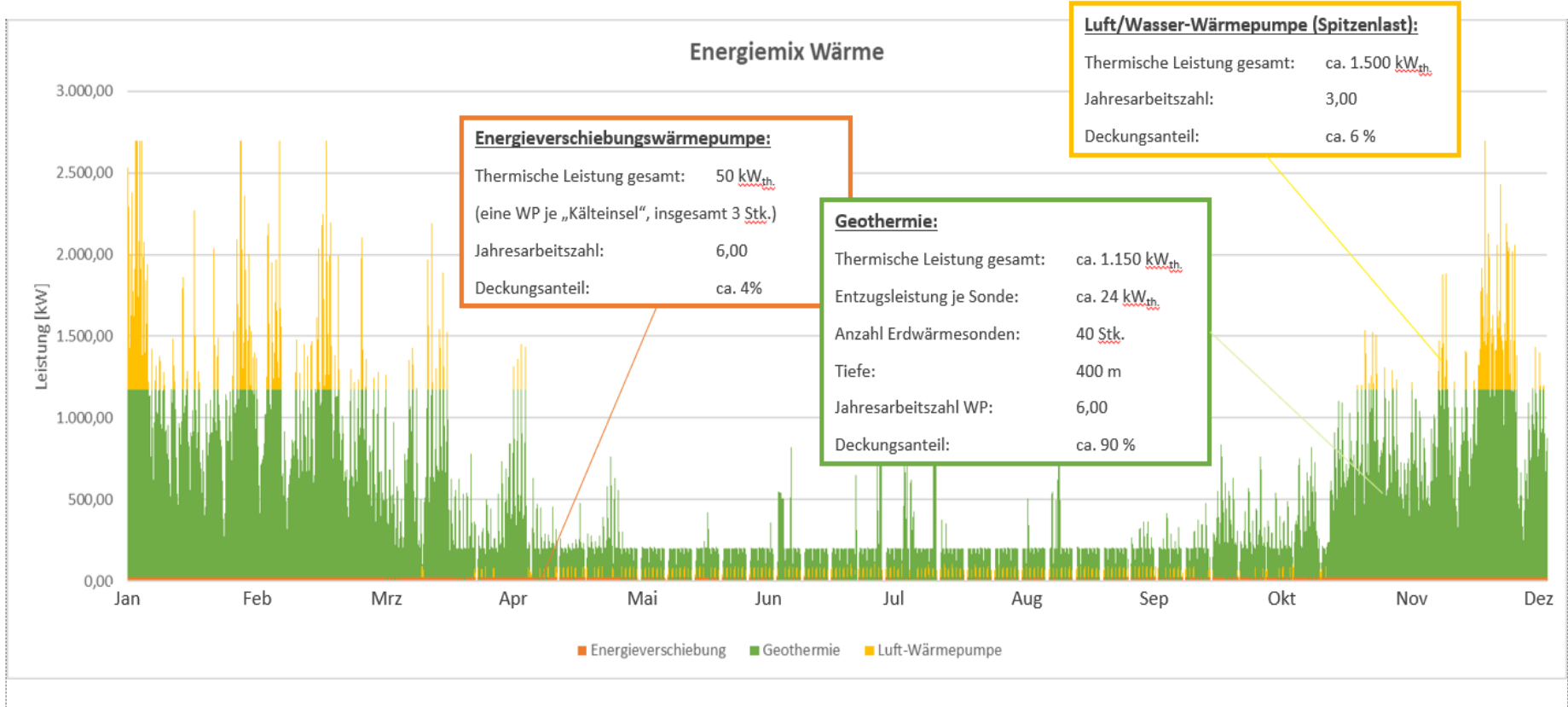
zentrale Luft/Wasser- und Sole-Wasser-Wärmepumpe in der Hauptenergiezentrale

Variante 2 „Technikschemata“

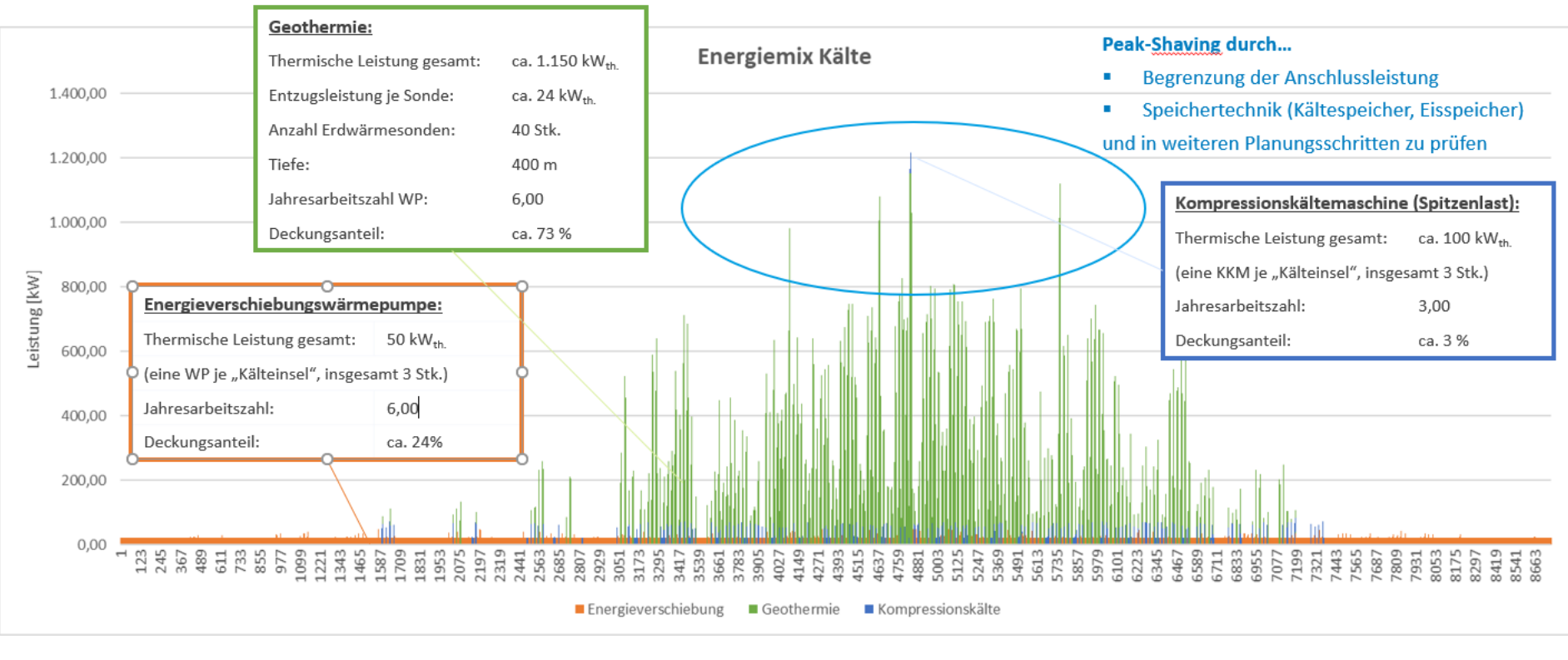


- Geothermie vorbehaltlich Genehmigung u. geothermal response test (Testbohrung)
 - Vorlauftemp. Wärmenetz gem. Vorlauftemp. Flächenheizungen in Gebäuden
 - Einbindung von Abwärme möglich

Variante 2 „Grobdimensionierung anhand Lastgang Wärme“



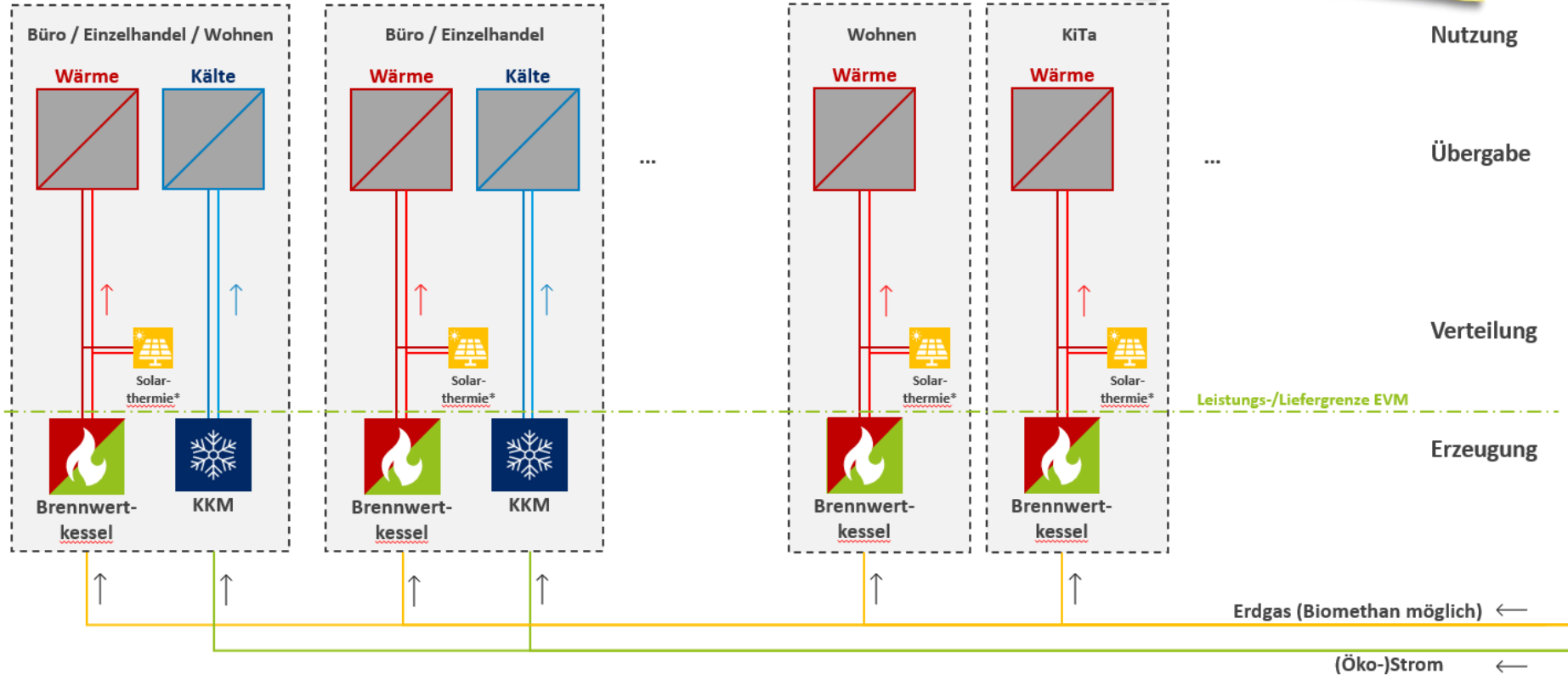
Variante 2 „Grobdimensionierung anhand Lastgang Kälte“



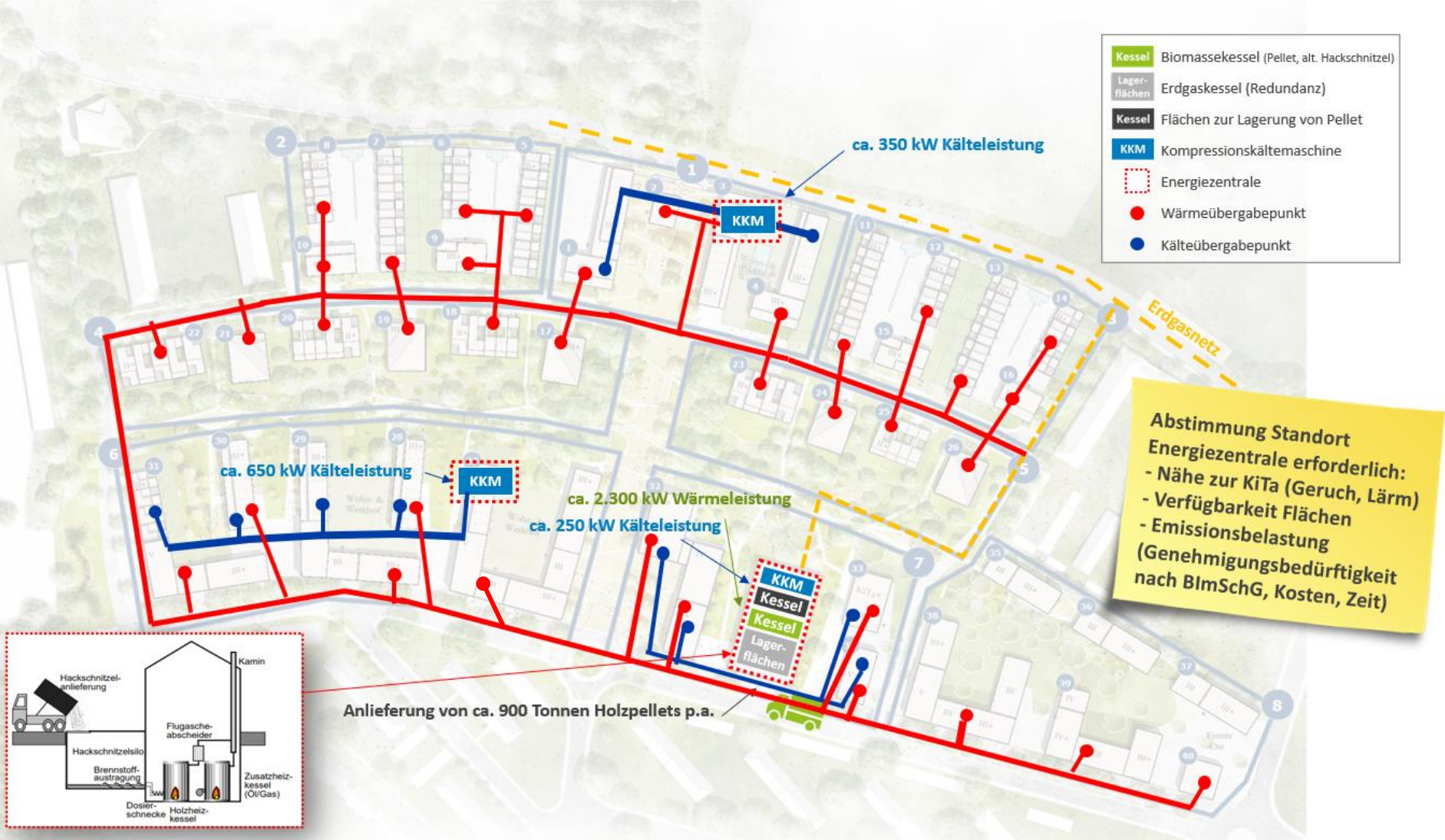
Variante 3 „Technikschemata“

Erzeugerleistungen
Brennwertkessel und
KKM gemäß Heiz-/
Kühllasten je Gebäude

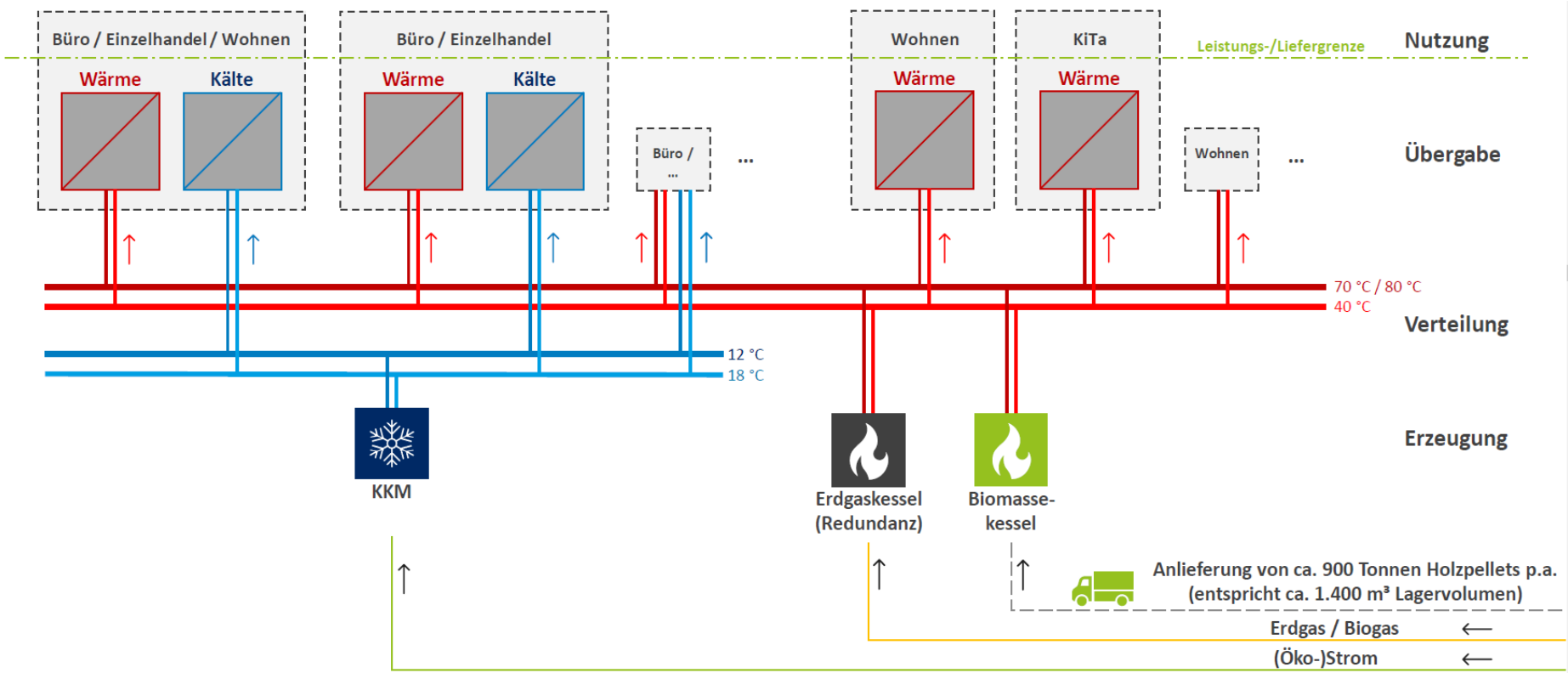
*Solartherm. Anlagen:
mind. 0,03 m²
Aperturfläche je m²
Nutzfläche gem. §35
GEG



Variante 4 „Trassenverlauf und Verortung Erzeuger“



Variante 4 „Technikscheema“



Technische Varianten der Energieversorgung „Übersicht Technik“

Komponente	Technische Erläuterung	Variante 1		Variante 2		Variante 3		Variante 4	
		KWK		Low-Ex-Netz		Gas-Brennwerttechnik		Lokale Biomasse	
		Anzahl	Leistungsangaben	Anzahl	Leistungsangaben	Anzahl	Leistungsangaben	Anzahl	Leistungsangaben
Bauliche Anlagen:									
Hauptenergiezentrale	verortet im Quartiersparkhaus	1	ca. 400 m ² , bauseits	1	ca. 500 m ² , bauseits			1	ca. 400 m ² , bauseits
Kältezentralen	verortet in den "Kälteinseln" (z.B. in u.i. Parkhäusern) oder dezentral	3	ca. 50 m ² , bauseits	3	ca. 50 m ² , bauseits	11	ca. 10-20 m ² , abh. Kühllast, bauseits	3	ca. 50 m ² , bauseits
Erdgasanschluss		3	für je zwei BHKW u. ein Kessel			40	Erdgasanschluss je Gebäude, bauseits	1	für Redundanz-Erdgas Kessel
Lagerflächen f. Brennstoff	umbauter Lagerraum, Zufahrt, Förderschnecke								1.400 m ²
Erzeugung:									
Erdgaskessel	zentral, Spitzenlast, inkl. Abgasführung, Peripherie etc.	1	1.800 kW					1	2.300 kW
Erdgaskessel	dezentral, inkl. Abgasführung, Peripherie etc.					40	gem. Gebäudeheizlast		
Blockheizkraftwerk (BHKW)	zentral, inkl. Abgasführung, Pufferspeicher, Peripherie etc.	2	440 kW _{th} / 360 kW _{el}						
Biomassekessel	zentral, inkl. Abgasführung, Peripherie, Pelletlager etc.							1	2.300 kW
Solarthermieanlagen	dezentral, inkl. Verrohrung, Aufständerung etc.					40	durchschn. 41 m ²		
Wärmepumpe (Energieverschiebung)	Wasser-Wasser-Wärmepumpe inkl. Peripherie			3	durchschn. 20 kW				
Wärmepumpe (EWS)	Wasser-Wasser-Wärmepumpe inkl. Peripherie			4	300 kW				
Erdwärmesonden	inkl. Bohrung			40	24 kW				
Wärmepumpe (Spitzenlast)	zentral, Luft/Wasser-Wärmepumpe, inkl. Luftansaugung, Peripherie etc.			3	500 kW				
Trinkwasser-Wärmepumpe	dezentral, inkl. TWW-Speicher, Peripherie etc.			40	durchschn. 50 kW				
Kompressionskältemaschine	inkl. Rückkühler, Peripherie im Gebäude etc.	3	250 kW / 350 kW / 650 kW	3	durchschn. 40 kW	11	gem. Gebäudekühllast	3	250 kW / 350 kW / 650 kW
Verteilung:									
Wärmeverteilnetz	inkl. Tiefbau, inkl. Hausanschlussleitungen (20 m je Hausanschluss)	1	Ringnetz: KMR DN 150, L: 1.000m	1	Ringnetz: KMR DN 200, L: 1.000m			1	Ringnetz: KMR DN 150, L: 1.000m
Kälteverteilnetz	inkl. Tiefbau, inkl. Hausanschlussleitungen (20 m je Hausanschluss)	3	Kältenetz je Kälteinsel: DN 150-200	3	Kältenetz je Kälteinsel: DN 150-200			3	Kältenetz je Kälteinsel: DN 150-200
Verrohrung Erdwärmesondenfeld	Anschluss Sondenfeld/Energiezentrale			40	Salnetz, 20m Anschluss je EWS				
Erdgasnetz			bauseits				bauseits		bauseits
Übergabe:									
Wärmeübergabestationen	inkl. Kompaktstation (Wärmetauscher), Periferie	40	gem. Gebäudeheizlast	40	gem. Gebäudeheizlast			40	gem. Gebäudeheizlast
Kälteübergabestationen	inkl. Kompaktstation (Wärmetauscher), Periferie	11	gem. Gebäudekühllast	11	gem. Gebäudekühllast			11	gem. Gebäudekühllast
EMSR:	Steuer- und Regelungstechnik im Quartier, EMS, Monitoring, ...			1	pauschal				

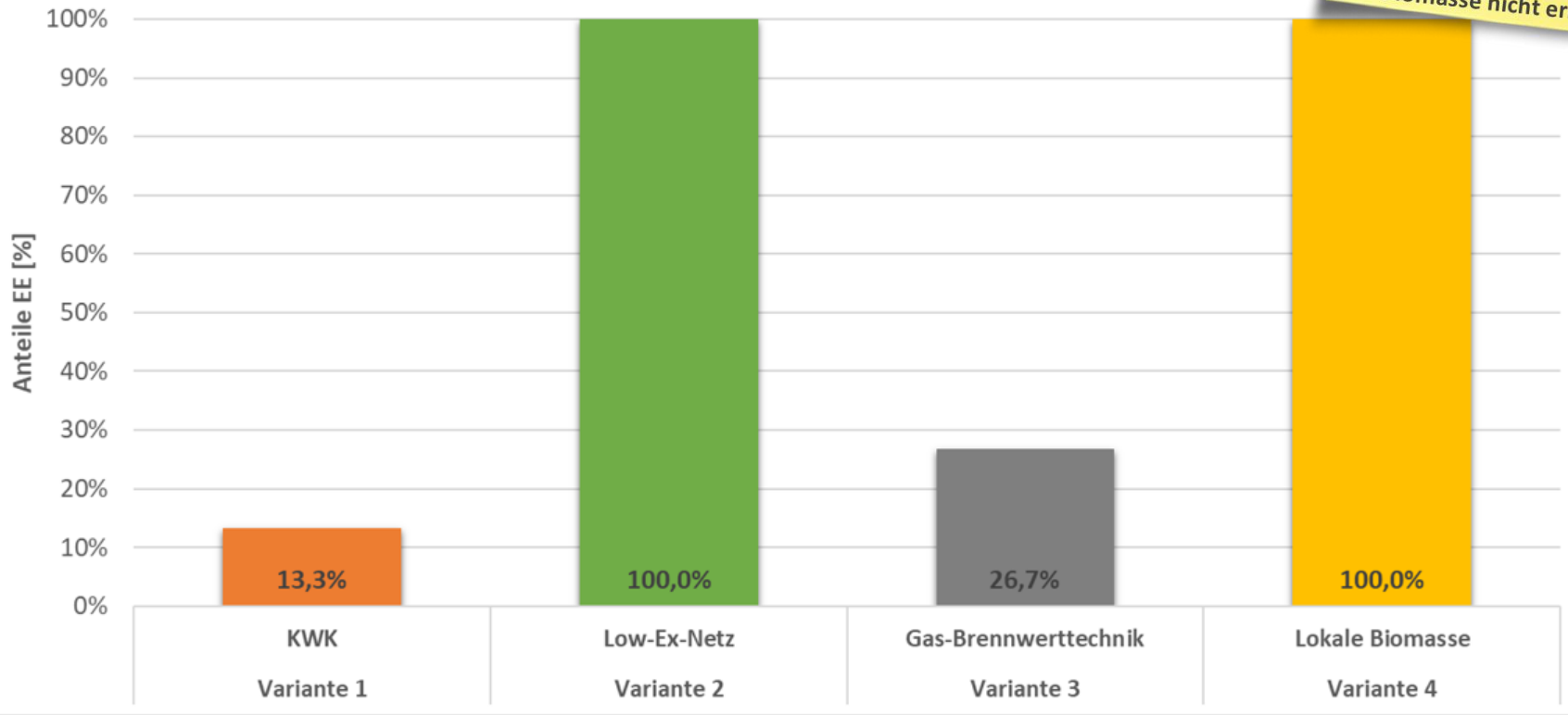
Energie- und Klimabilanz

04

Energie- und Klimabilanz „Anteil Erneuerbarer Energien an der Wärme- und Kälteversorgung“

- Abschätzung Anteile EE gemäß Definition des BAFA
- Demnach sind Biomasse und Kälte mit Quelle Luft erneuerbar
- Gemäß Definition GEG ist Biomasse nicht erneuerbar

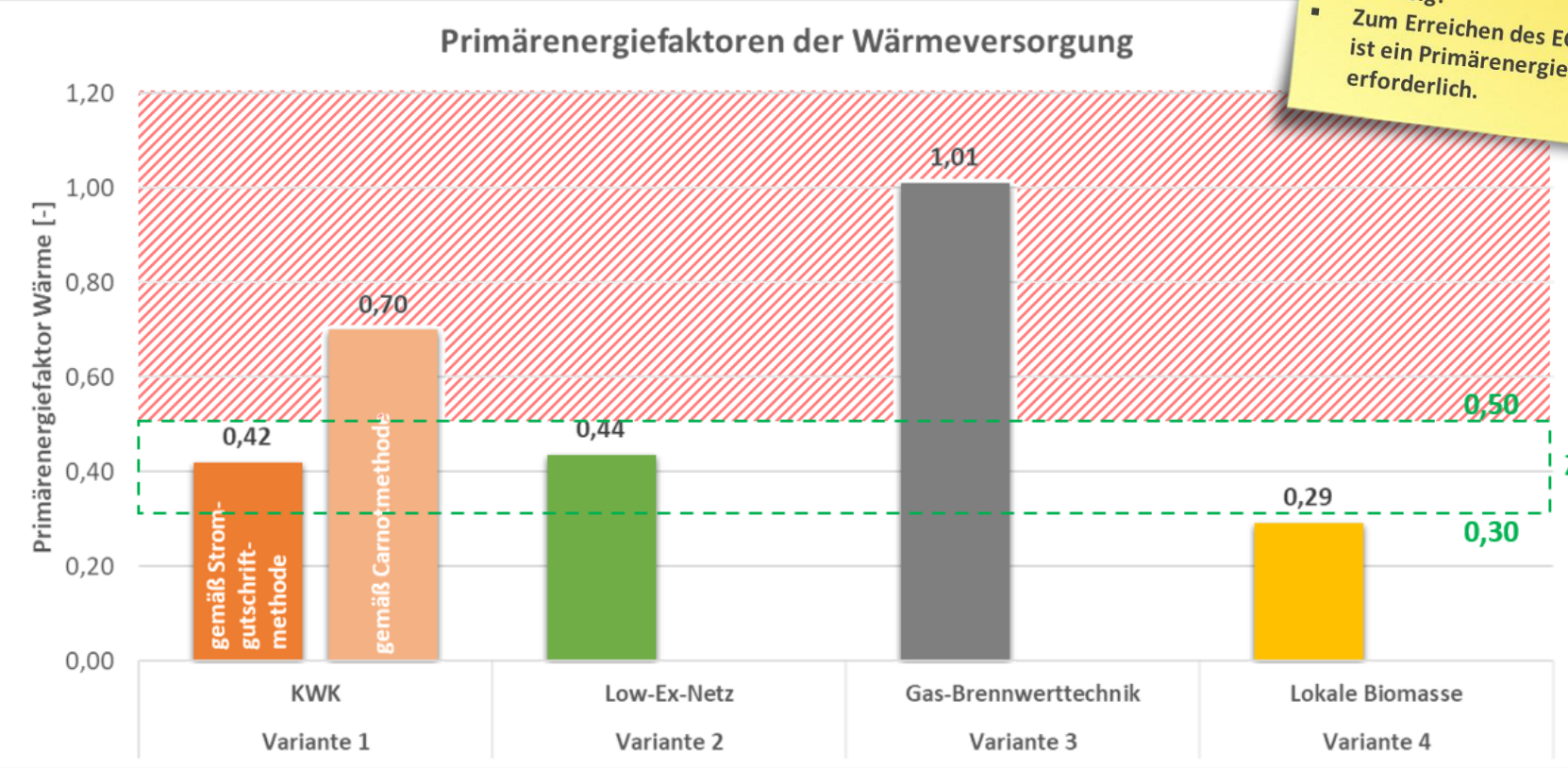
Anteile Erneuerbarer Energien an der Wärme- und Kälteversorgung



Energie- und Klimabilanz „Primärenergiefaktoren der Wärmeversorgung“

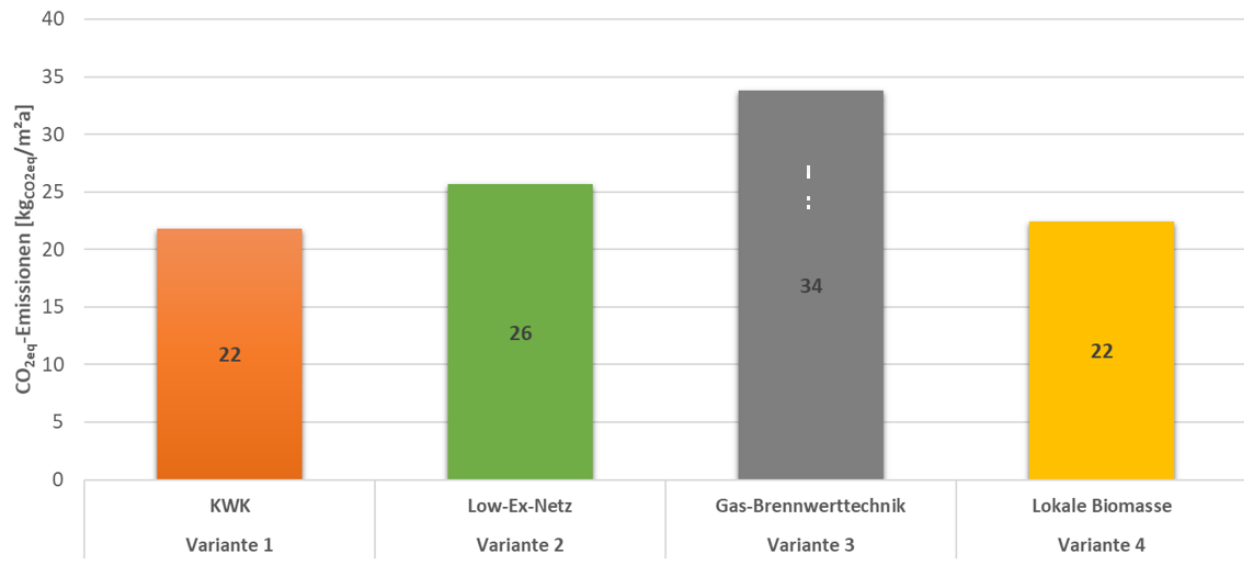
- Primärenergiefaktoren, Stand: GEG 2021
- Stromgutschriftmethode für KWK-Anlagen zukünftig nicht mehr zulässig!
- Zum Erreichen des EG 55-Standards ist ein Primärenergiefaktor < 0,5 erforderlich.

Primärenergiefaktoren der Wärmeversorgung



Energie- und Klimabilanz „Energiebedingte Treibhausgasemissionen im Jahr 2025 (Baubeginn)“

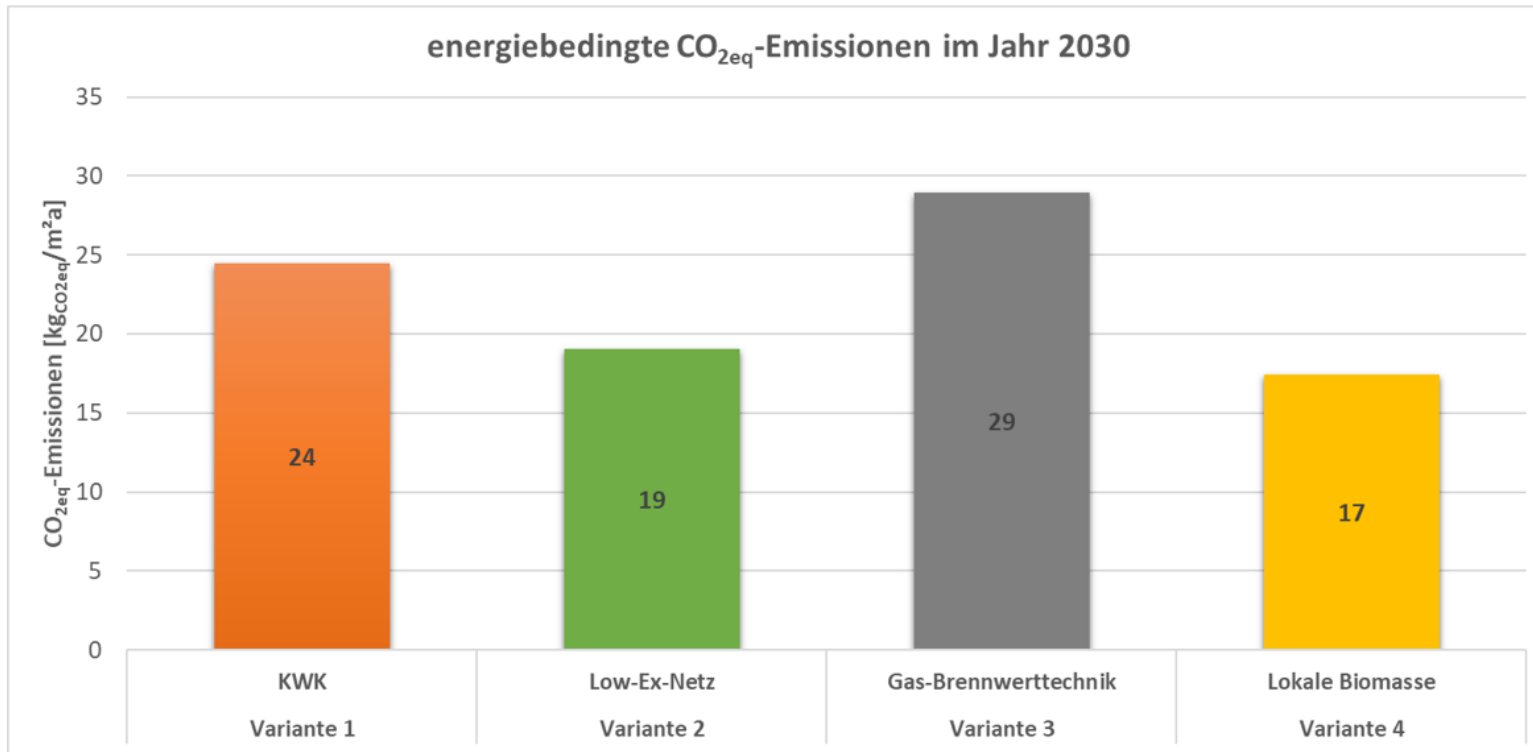
energiebedingte CO_{2eq}-Emissionen im Jahr 2025



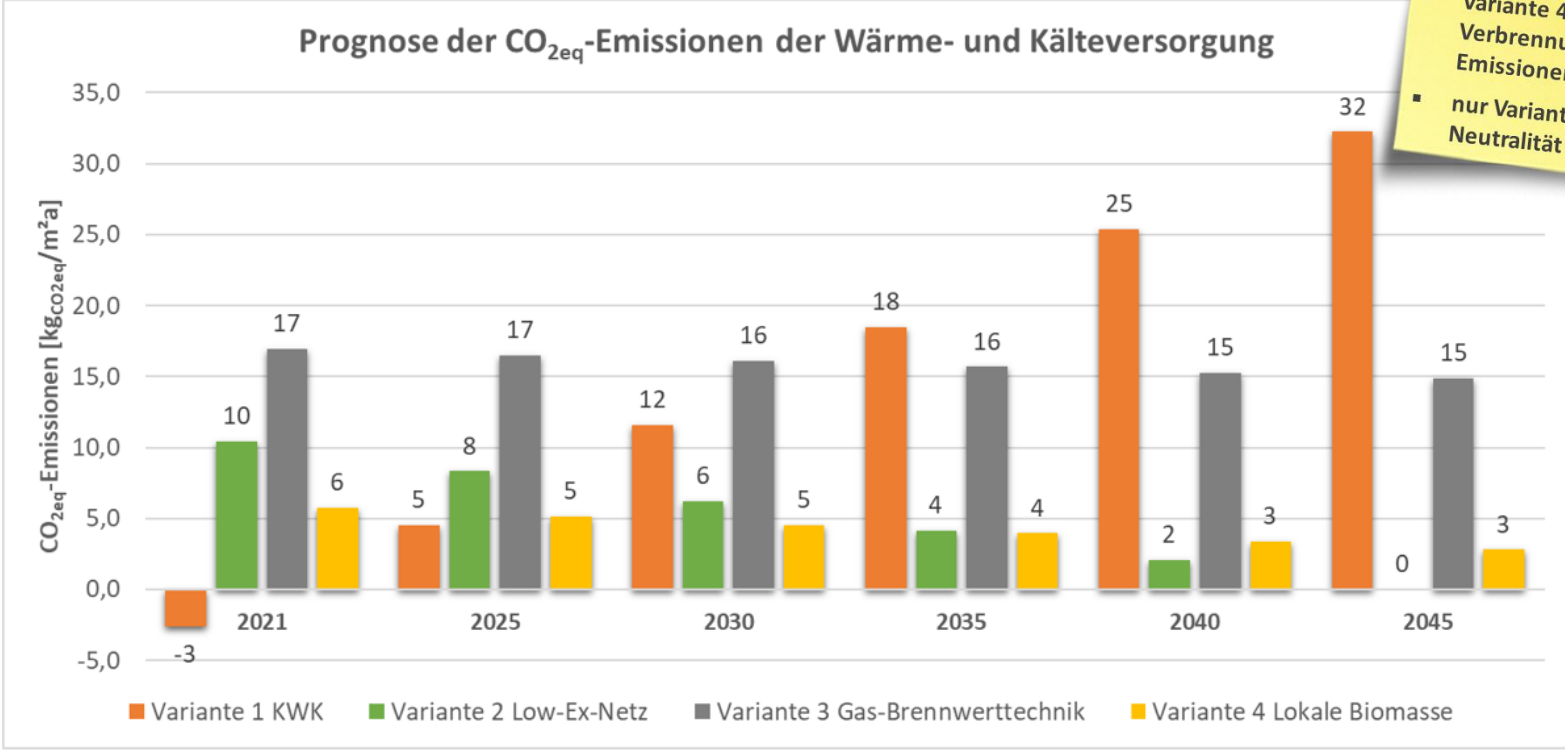
Darin berücksichtigt sind die Treibhausgasemissionen:

- zur Wärmebereitstellung,
- zur Kältebereitstellung,
- für Technikstrom (Pumpen, ...) sowie
- des Nutzerstroms (Beleuchtung, IT, ...; gem. Stromliefervertrag Verbraucher mit Stromanbieter)

Energie- und Klimabilanz „Energiebedingte Treibhausgasemissionen im Jahr 2030 (Baubeginn)“



Energie- und Klimabilanz „Prognose der Treibhausgasemissionen zur Wärme- und Kälteversorgung“

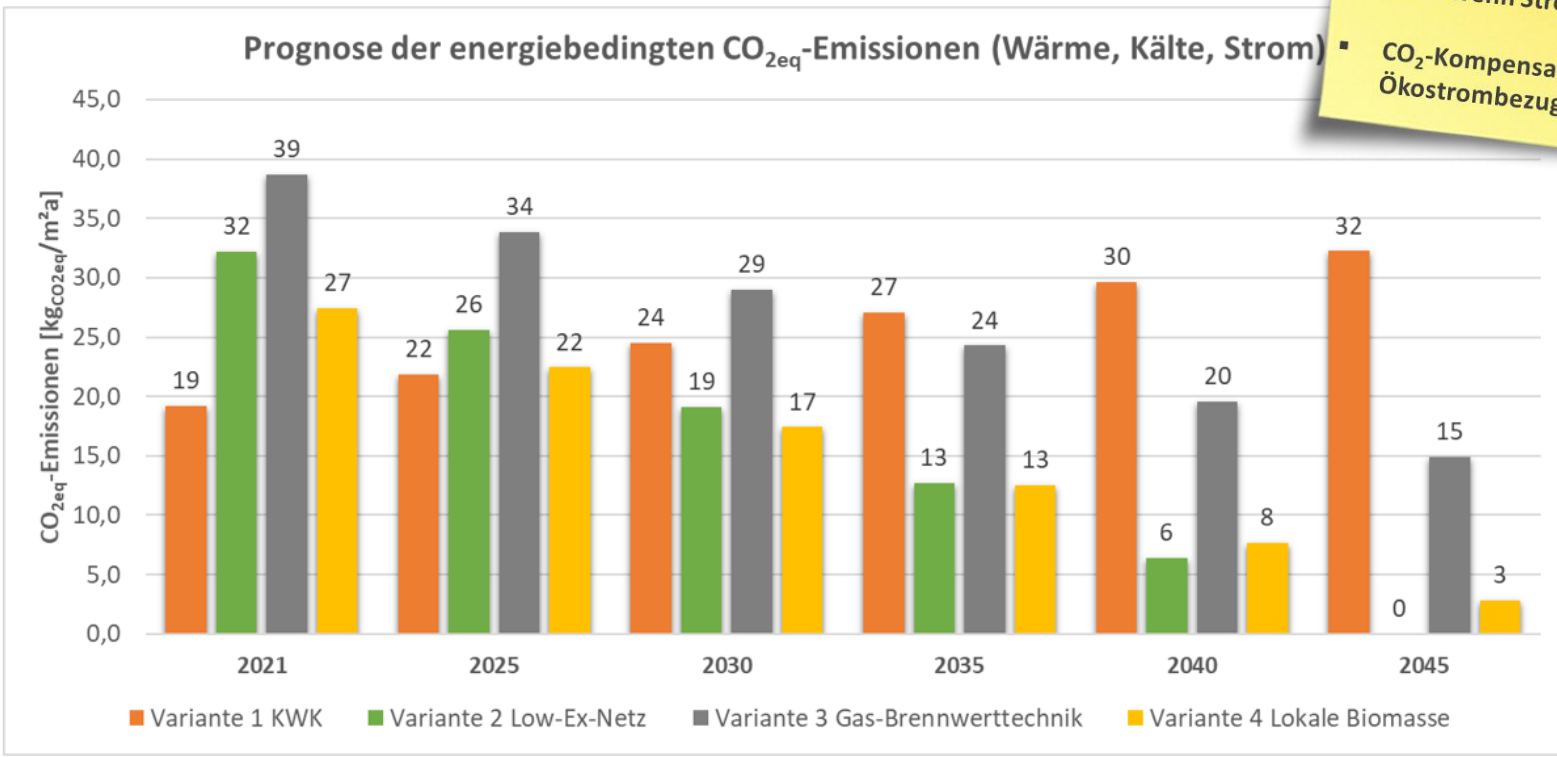


- Variante 3 ökologisch nicht vertretbar
- Steigende CO₂-Emissionen der KWK → KWK = „Brückentechnologie“
- Variante 4 mit Verbrennungsprozess („vor-Ort-Emissionen“)
- nur Variante 2 erreicht CO₂-Neutralität

Energie- und Klimabilanz „Prognose der Treibhausgasemissionen, einschl. Nutzerstrom“

- Variante 2 100% strombasiert, daher CO₂-neutral
- Varianten 1/3/4 mit Restemissionen, auch wenn Strom 100% CO₂-neutral
- CO₂-Kompensation durch Ökostrombezug möglich

Prognose der energiebedingten CO_{2eq}-Emissionen (Wärme, Kälte, Strom)



Wirtschaftlichkeitsbewertung

05

Wirtschaftlichkeitsbewertung „Randbedingungen & Annahmen“

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung der technischen Versorgungsvarianten erfolgte in Anlehnung an die **VDI 2067**. Es wurden dabei alle Einmalzahlungen zur Herstellung und Anschaffung der technischen Anlagen zur **Erzeugung, Verteilung, Speicherung und Übergabe von Wärme und Kälte** an den Baukörper berücksichtigt. **Fördermittel** werden gesondert ausgewiesen.

Dabei wurden alle

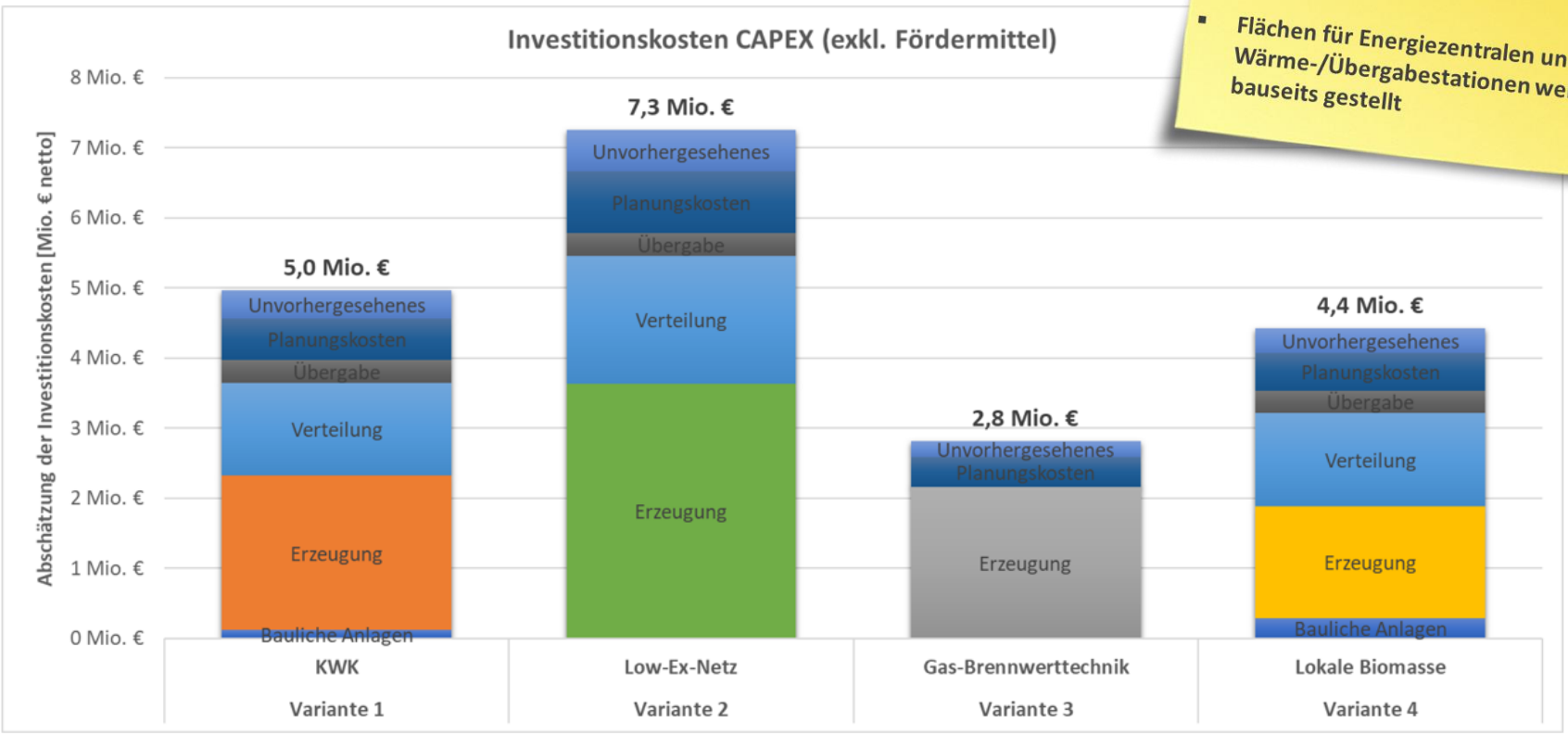
- Investitionskosten als kapitalgebundene Kosten, einschließlich Planungskosten und Unvorhergesehenem,
- bedarfsgebundenen Kosten für Brennstoffe und sonstige Energieträger,
- betriebsgebundenen Kosten zum Betrieb, Wartung, Instandsetzung etc. sowie
- sonstigen Kosten (Förderungen EU/Bund/Land NRW /Regional, Vergütungen und Einsparungen) erfasst und als jährliche Kosten annuitätisch ermittelt sowie gegenübergestellt.
- Die **Herstellkosten zum Ausbau des vorgelagerten Erdgasnetzes** bleiben in der dezentralen Variante 3 unberücksichtigt (bauseits); in den zentralen Varianten 1 und 4 werden die **Anschlusskosten für einen zentralen Erdgasanschluss** pauschal abgeschätzt.
- Die Baukosten zur **Herstellung von Technikräumen in den Baufeldern sowie von Energiezentralen** bleiben unberücksichtigt.
- Die Berechnung von Wärme- bzw. Kältepreisen (Gestehungskosten) erfolgt als **Vollkostenrechnung in Netto** und unabhängig von zu definierenden **Leistungs- und Liefergrenzen** der evm.
- Alle Kosten und Preise beziehen sich auf den Stand Ende 2021. Vor dem Hintergrund stark gestiegener Brennstoffpreise für Erdgas wurden die erdgasbasierten Varianten zusätzlich mit Preisen aus 2020 gerechnet.

Angeichts der aktuellen geopolitischen Lage mit Auswirkungen auf die Energiepreise, insbesondere hinsichtlich Erdgas, sind alternative Systeme (z.B. Wärmepumpen, perspektivisch Wasserstoff/ grüne Gase) zu bevorzugen, um größere Unabhängigkeit von Preissteigerungen fossiler Energieträger zu erlangen. Laut Koalitionsvertrag der aktuellen Bundesregierung ist ohnehin ein gesetzlich verankerter Anteil erneuerbarer Energien zur Wärmeversorgung von mind. 65% ab dem Jahr 2025 vorgesehen. Eine rein erdgasbasierte Wärmeversorgung erscheint vor diesem Hintergrund als schwierig umsetzbar.

Wirtschaftlichkeitsbewertung „Randbedingungen & Energiepreise Primärenergieträger“

Kostenstrukturwerte:			Quelle:
Jährliche Kosten für Versicherung	1,0	% d. <u>Invest.</u> p.a.	Erfahrungswert
Planungskosten	15,0 bis 20,0	% d. <u>Invest.</u>	Schätzwert; abhängig von der Komplexität des Energiesystems
Unvorhergesehenes	10,0	% d. <u>Invest.</u>	Schätzwert (abhängig von der Projektphase)
Energiepreise (Stand: 11/2021):			
Erdgas Arbeitspreis (Großkunde)	Aktuell: 5,58	€/MWh	Erdgasrechner EVM für Geschäftskunden mit Verbrauch >800 MWh/a, Preisstand: 01.10.2021
	Stand 2024: 2,50	€/MWh	EVM
Erdgas Grundpreis (Großkunde)	12,65	€/kW*a	Erdgasrechner EVM für Geschäftskunden mit Verbrauch >800 MWh/a, Preisstand: 01.10.2021
Erdgas Arbeitspreis (Privatkunde)	66,39	€/MWh	Erdgasrechner EVM für ca. 100 m ² -Haushalte, Preisstand: 01.10.2021
Biomethan Arbeitspreis (Privatkunde)	110,00	€/MWh	EVM
Erdgas Grundpreis (Privatkunde)	15,04	€/Monat	Erdgasrechner EVM für ca. 100 m ² -Haushalte, Preisstand: 01.10.2021
Erdgasanschluss Energiezentrale	120.000	€	Einmalige Zahlung; Annahme/Quelle: EVM
Erdgasanschluss Einzelgebäude	0	€	Bauseitige Erschließung; Annahme/Quelle: EVM
Holzpellets	250	€/t	EVM
Wärmepumpenstrom Arbeitspreis	170,60	€/MWh	Ökostromrechner EVM für Wärmepumpenstrom, Preisstand: 01.10.2021
Wärmepumpenstrom Grundpreis	4,20	€/Monat	Ökostromrechner EVM für Wärmepumpenstrom, Preisstand: 01.10.2021
Netzstrom / Nutzerstrom (Mischpreis)	275,00	€/MWh	EVM

Wirtschaftlichkeitsbewertung „Investitionskosten exkl. Fördermittel“



- Bauliche Anlagen = Erdgasanschluss, Lagerflächen für Pellets
- Flächen für Energiezentralen und Wärme-/Übergabestationen werden bauseits gestellt

Wirtschaftlichkeitsbewertung „Fördermittel“

Übersicht betrachteter Fördermittel:

- BAFA: Wärmenetze 4.0 / Bundesförderung für Effiziente Wärmenetze (BEW) – Modul I
- BAFA: Wärmenetze 4.0 / Bundesförderung für Effiziente Wärmenetze (BEW) – Modul II
- BAFA: Wärme- und Kältenetze nach KWKG
- KfW 271: Erneuerbare Energien Premium
- BAFA: Solarthermie – Innovationsförderung
- Land RLP: Zukunftsfähige Energieinfrastruktur (ZEIS)
- KWK-Zuschlag

Wirtschaftlichkeitsbewertung „Fördermittel // Wärmenetze 4.0 bzw. Bundesförderung Effiziente Wärmenetze“

Berücksichtigt in Variante 2

Ziel ist die Förderung von Maßnahmen zur Transformation von Wärmenetzen hin zu Netzen, die erneuerbar bzw. mit Abwärme gespeist werden. Mit diesem Entwicklungsvorhaben soll das durch die Bundesregierung bis 2045 gesetzte Ziel der Netto-Treibhausgasneutralität erreicht werden.

Außerdem schlägt es eine Brücke zwischen der Energieforschung und der Praxis und begünstigt eine breitere Markteinführung sowie Reife von Wärmenetzsystemen 4.0.

Was zeichnet ein Wärmenetz der 4. Generation aus?

- Temperaturen von 20 bis 95°C im Vorlauf (bei Einzelfallgenehmigung auch über 95°C)
- sehr hohe Anteile an erneuerbaren Energien
- eingekoppelte Abwärme
- Einbindung saisonaler Großwärmespeicher
- Bereitstellung von Flexibilitätsoptionen für den Strommarkt
- Ermöglichung von effizienten Quartierslösungen in der Wärme- und Kälteversorgung

Die **Förderrichtlinie** zielt darauf ab, den Neubau oder die Transformation bestehender Wärmenetze zu Wärmenetzsystemen 4.0 zu entwickeln.

Dabei orientiert sie sich am **Energie- und Klimaplan der Bundesrepublik Deutschland**, der einen verstärkten Ausbau erneuerbarer Energien und Abwärme in den Wärme- und Kältenetzen vorsieht. Der angestrebte Anteil an erneuerbaren Energien soll bis 2025 bei 25% liegen und bis 2030 werden 30% angestrebt.

Im **Zielzustand** sollen die Bestandsnetze über die nächsten Jahre und Jahrzehnte den Mindestanforderungen des **Programms Wärmenetzsysteme 4.0** entsprechen.

Zugleich liefern solche Systeme **konkurrenzfähige Wärmenetzkosten**, indem sie bislang nicht nutzbare erneuerbare **Wärmequellen**, bspw. am Stadtrand oder auf dem Nachbargebäude **erschließen** und mit der Wärmesenke **verbinden** und eine effektive **Einbindung** von günstiger **gewerblicher Abwärme** ermöglichen.

Wirtschaftlichkeitsbewertung „Fördermittel // Wärmenetze 4.0 bzw. Bundesförderung Effiziente Wärmenetze“

Berücksichtigt in Variante 2

Art der Förderung



Die Förderung umfasst einen **nicht rückzahlbaren Zuschuss** zu den **Kosten** für die Erstellung von Machbarkeitsstudien und Transformationsplänen sowie einen **Investitionszuschuss** nebst einer Förderung von **Betriebskosten** für Anlagen zur erneuerbaren Wärmebereitstellung, deren Betrieb eine **Wirtschaftlichkeitslücke** gegenüber einer fossilen Wärmeerzeugung aufweist.

Antragsberechtigte



Für eine Förderung infrage kommen sämtliche **Unternehmen** inkl. Ingenieurbüros und Projektentwickler, **Gemeinden/Städte/Landkreise**, **kommunale Betriebe**, **kommunale Zweckverbände**, eingetragene **Vereine** und eingetragene **Genossenschaften**. Ein Antrag kann auch durch **Contractoren** beantragt werden, solange diese den Voraussetzungen und Verpflichtungen dieser Richtlinie erfüllen.

Umfang Förderung



Die Zuwendung erfolgt als Zuschuss. Die **notifizierungsfreie Förderhöchstgrenze** liegt bei **50 Mio. Euro** pro Projekt.

Aufbau

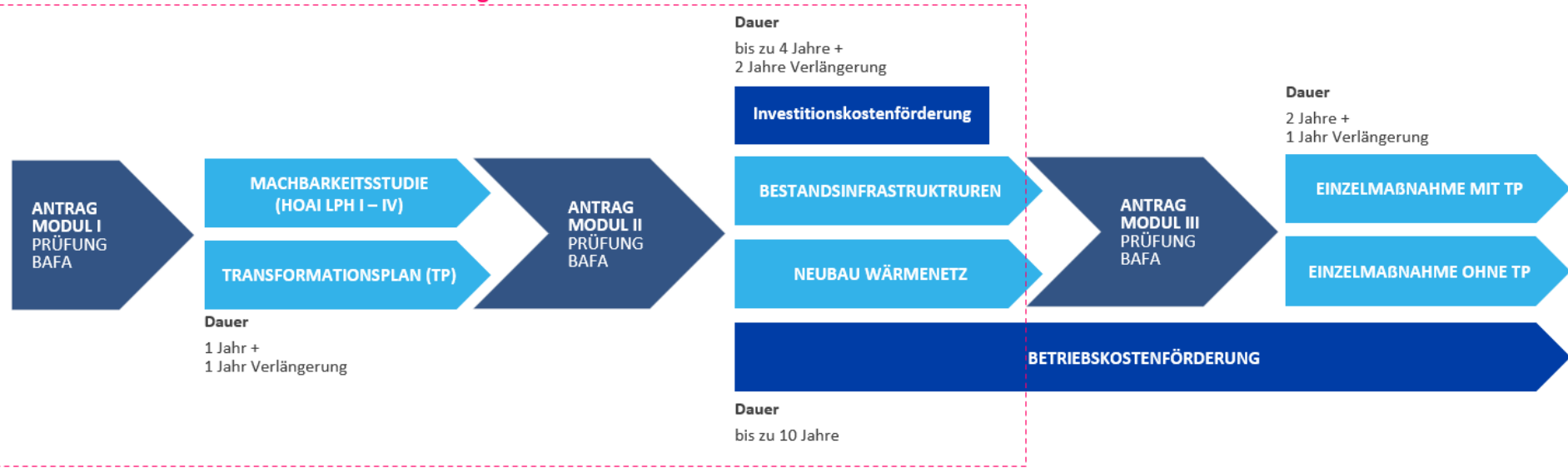


Grundsätzlich ist das Programm in **3 Modulen** unterteilt, sodass sich eine **stufenweise** Förderung ergibt.

Wirtschaftlichkeitsbewertung „Fördermittel // Wärmenetze 4.0 bzw. Bundesförderung Effiziente Wärmenetze“

Berücksichtigt in Variante 2

Modul I und Modul II in Variante 2 berücksichtigt



Treibhausgasneutrale Energie- und Wärmeversorgung bis 2045 in Deutschland und 2050 in der EU

Wirtschaftlichkeitsbewertung „Fördermittel // Wärmenetze 4.0 bzw. Bundesförderung Effiziente Wärmenetze“

Berücksichtigt in Variante 2

I Transformationspläne und Machbarkeitsstudien

- **Transformationspläne** zur Dekarbonisierung bestehender Netze bis 2045
- **Machbarkeitsstudien** zur Errichtung neuer Wärmenetze (HOAI LPH I – IV)
 - Mindestanteil erneuerbarer Energien: 75%
 - Umfangreiche Mindestanforderungen
- **Einmalige Verlängerung** Bewilligungszeitraum um **1 weiteres Jahr**

50 % Förderquote
(max. 600.000 Euro)

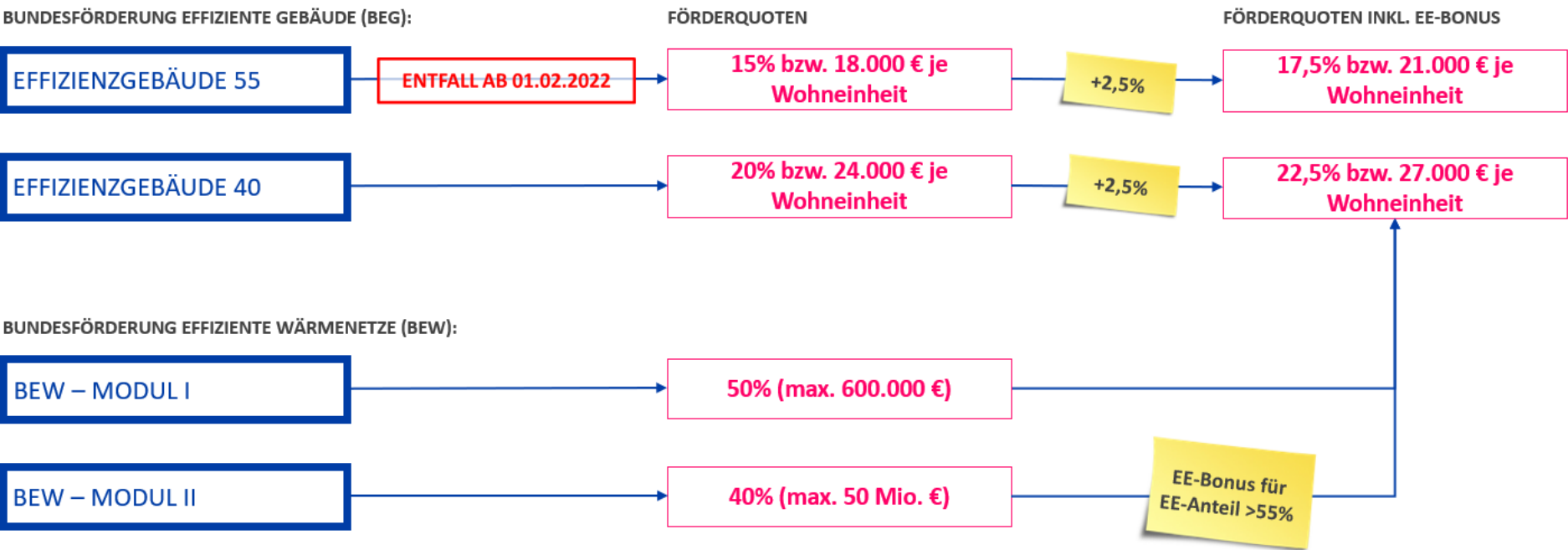
II Systemische Förderung

- Transformationspläne von **Bestandsinfrastrukturen** zu treibhausgasneutralen Netzen
- **Neubau** von Wärmenetzen
 - Mindestens 75% mit erneuerbarer (Ab-)Wärme gespeist
- **Voraussetzung:** vorheriger Transformationsplan bzw. Machbarkeitsstudie
- Umfangreiche Mindestanforderungen
- Systematische Förderung
 - **Betriebskostenförderung** mit 10 Jahren Laufzeit für Wärmepumpen und Solarthermieanlagen
 - **Investitionskostenförderung** für Wärmepumpen, Solarthermie-, Geothermie-, direktelektrische Wärmeerzeuger- und Biomasseanlagen
 - Investitionskostenberechtigung auch für Infrastruktur zur Wärmeverteilung und Optimierung des Betriebs, Umfeldmaßnahmen, notwendige Planungsmaßnahmen
 - Anlagen zur Verbrennung synthetischer Gase sind nicht förderfähig
- **Einmalige Verlängerung** Bewilligungszeitraum um **2 weitere Jahre**

40 % Förderquote
(max. 50 Mio. Euro)

Wirtschaftlichkeitsbewertung „Fördermittel // Kumulierbarkeit BEW mit BEG“

Mehrwert aus der Variante 2



Wirtschaftlichkeitsbewertung „Fördermittel // Wärme- und Kältenetze nach KWKG“

Berücksichtigt in Variante 1

- Art der Förderung:** Investitionszuschuss (gewährt durch Übertragungsnetzbetreiber)
- Wer wird gefördert:** ausschließlich der Wärme- bzw. Kältenetzbetreiber
- Was wird gefördert:** Wärme- und Kältenetze, die überwiegend aus KWK-Anlagen sowie erneuerbaren Energien gespeist werden
- Förderbedingungen:** **KWK-Anteil von mind. 75%**
Alternativ genügt ein Wärmemix aus KWK-Wärme und erneuerbarer Wärme/industrieller Abwärme von mind. 75%
Die Quote ist innerhalb von **36 Monaten ab Inbetriebnahme** des Wärmenetzes zu erreichen
Zuschlagzahlung ist für den wirtschaftlichen Betrieb des Wärmenetzes erforderlich.
Die Wärmeleitung geht über die Grundstücksgrenze (Flurstück), auf dem die KWK-Anlage steht, hinaus.
- Förderquote:** **40 Prozent der ansatzfähigen Investitionskosten** des Neu- oder Ausbaus für den Fall, dass die Versorgung der Abnehmenden zu mindestens 75 Prozent aus KWK-Anlagen oder in Kombination mit Wärme aus KWK-Anlagen, erneuerbaren Energien und industrieller Abwärme, erfolgt.
Der Zuschlag verringert sich auf **30 Prozent der ansatzfähigen Nettoinvestitionskosten**, wenn im Falle Kombination mit Wärme aus KWK-Anlagen, erneuerbaren Energien und Abwärme aus industriellen Prozessen eine Quote von 50 Prozent erreicht wird. Der Anteil an KWK-Wärme muss auch in diesem Fall mindestens 10 Prozent betragen. Diese Sonderregelung gilt jedoch nur für Inbetriebnahmen bis zum 31. Dezember 2022.

Wirtschaftlichkeitsbewertung „Fördermittel // KfW 271: Erneuerbare Energien Premium“

Berücksichtigt in Variante 4

- Art der Förderung:** **Tilgungszuschuss** (kein Investitionszuschuss)
- Wer wird gefördert:** Unternehmen, Privatpersonen und Freiberufler, Landwirte, Kommunen, kommunale Gebietskörperschaften und Gemeindeverbände, Gemeinnützige Antragsteller und Genossenschaften, **Contractoren (Energiedienstleister)**
- Was wird gefördert:** große Solarkollektoranlagen, **große Anlagen zur Verbrennung fester Biomasse, Wärme- und Kältenetze**, die aus erneuerbaren Energien gespeist werden, Biogasleitungen für unaufbereitetes Biogas, große Wärmespeicher in Wärme- oder Kältenetzen große effiziente Wärmepumpen in Wärme- oder Kältenetzen, Anlagen zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung (KWK)
- Förderbedingungen:**
- Biomasseanlagen:**
Anforderungen an den Emissionsgehalt im Abgas
- Wärme-/Kältenetze:**
Mindestwärmeabsatz von 500 kWh/a je Trassenmeter, Mindestanteile erneuerbarer Wärme in Abhängigkeit der Erzeuger
- Förderquote:** Biomasseanlagen: **20 Euro je kW** installierter Nennwärmeleistung (Grundförderung), jedoch **max. 50.000 € je Einzelanlage**, zuzüglich Bonus für niedrige Staubemissionen: Bis zu **20 Euro je Kilowatt** Nennwärmeleistung
- Wärmenetze: **60 Euro je neu errichtetem Meter**, höchstens jedoch 1 Million Euro (Förderhöchstbetrag), zuzüglich zu der Wärmenetzförderung pro Meter Trasse können die Hausübergabestationen von Bestandsgebäuden mit jeweils bis zu 1.800 Euro gefördert werden, wenn kein kommunaler Anschlusszwang besteht.

Wirtschaftlichkeitsbewertung „Fördermittel // BAFA: Solarthermie (Innovationsförderung)“

Berücksichtigt in Variante 3

- Art der Förderung:** Tilgungszuschuss (kein Investitionszuschuss)
- Wer wird gefördert:** Unternehmen, Privatpersonen und Freiberufler, Landwirte, Kommunen, kommunale Gebietskörperschaften und Gemeindeverbände, Gemeinnützige Antragsteller und Genossenschaften, **Contractoren (Energiedienstleister)**
- Was wird gefördert:** Solarthermieanlagen zur Warmwasserbereitung und/oder Heizungsunterstützung, solare Kälteerzeugung, Wärmenetzzuführung

Förderbedingungen und Förderquoten:

Maßnahme	Basisförderung	Innovationsförderung ⁵		Zusatzförderung ⁶			Gebäudeeffizienzbonus ⁷	Optimierungsmaßnahme ⁸
		Gebäudebestand	Gebäudebestand	Neubau	Kombinationsbonus			
Errichtung einer Solarkollektoranlage zur ...	Gebäudebestand	Gebäudebestand	Neubau	Biomasseanlage, Wärmepumpenanlage	Wärmenetz	Kesseltausch		
... ausschließlichen Warmwasserbereitung ¹	3 bis 10 m ² Bruttokollektorfläche	500 €					zusätzlich 0,5 × Basis- oder Innovationsförderung	mit Errichtung: 10 % der Nettoinvestitionskosten ¹¹
	11 bis 40 m ² Bruttokollektorfläche	50 €/m ² Bruttokollektorfläche	-	-				
	20 bis 100 m ² Bruttokollektorfläche	-	100 €/m ² Bruttokollektorfläche	75 €/m ² Bruttokollektorfläche				
... kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung, solare Kälteerzeugung oder Wärmenetzzuführung ²	bis 14 m ² Bruttokollektorfläche	2.000 € ⁹					nachträglich (nach 3 – 7 Jahren): 100 bis max. 200 € ¹²	
	15 m ² bis 40 m ² Bruttokollektorfläche	140 €/m ² Bruttokollektorfläche	-	-	500 €	500 €		
	20 bis 100 m ² Bruttokollektorfläche	-	200 €/m ² Bruttokollektorfläche	150 €/m ² Bruttokollektorfläche		500 €		
... Wärme- oder Kälteerzeugung (Alternative) ³ – ertragsabhängige Förderung –	20 bis 100 m ² Bruttokollektorfläche	-	0,45 € × jährlicher Kollektorsertrag × Anzahl Kollektoren					
Erweiterung einer bestehenden Solarkollektoranlage ⁴	50 €/m ² zusätzlicher Bruttokollektorfläche	-	-					

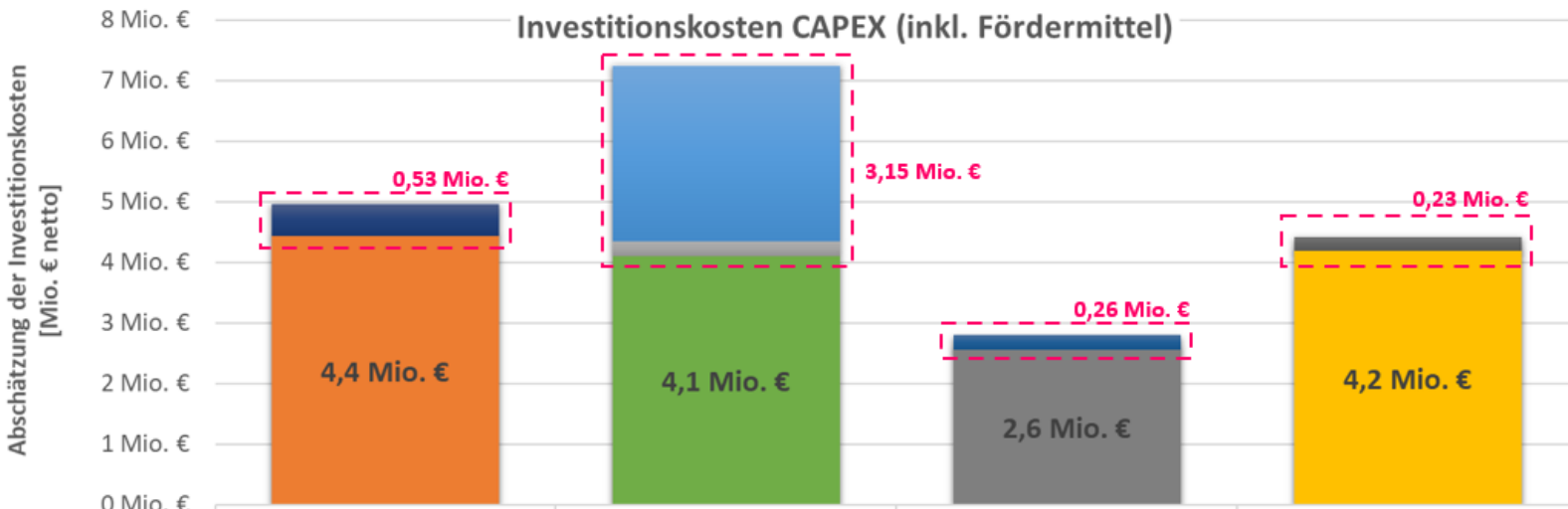
Wirtschaftlichkeitsbewertung „Fördermittel // KWK-Zuschlag nach KWKG“

Berücksichtigt in Variante 1

Art der Förderung:	ertragsabhängiger KWK-Zuschlag	
Wer wird gefördert:	Betreiber von KWK-Anlagen	
Was wird gefördert:	Einspeisung und eigenverbraucher Strom aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen	
Förderbedingungen:	Zuschlagsberechtigung für neue, modernisierte und nachgerüstete KWK-Anlagen nach KWKG §6	
Höhe des Zuschlags:	für den KWK-Leistungsanteil von bis zu 50 Kilowatt:	8 Cent je kWh,
	für den KWK-Leistungsanteil von mehr als 50 Kilowatt und bis zu 100 Kilowatt:	6 Cent je kWh
	für den KWK-Leistungsanteil von mehr als 100 Kilowatt bis zu 250 Kilowatt:	5 Cent je kWh
	für den KWK-Leistungsanteil von mehr als 250 Kilowatt bis zu 2 Megawatt:	4,4 Cent je kWh und
	für den KWK-Leistungsanteil von mehr als 2 Megawatt	
	a) für neue KWK-Anlagen 3,4 Cent je kWh,	
	b) für modernisierte KWK-Anlagen 3,4 Cent je kWh,	
	c) für nachgerüstete KWK-Anlagen 3,1 Cent je kWh.	

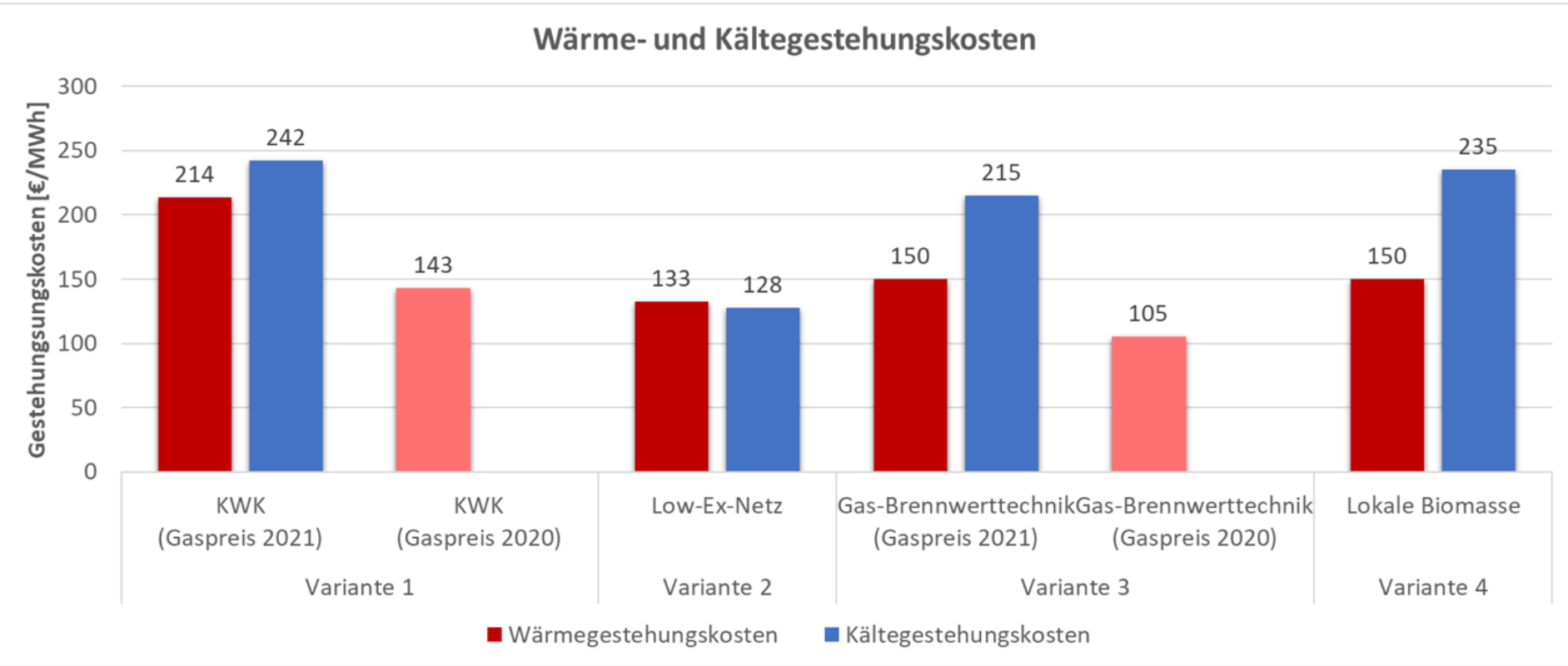
**KWK-Zuschlag bei 360 kW_{el}:
5,37 ct/kWh_{el}**

Wirtschaftlichkeitsbewertung „Investitionen inkl. Fördermittel“

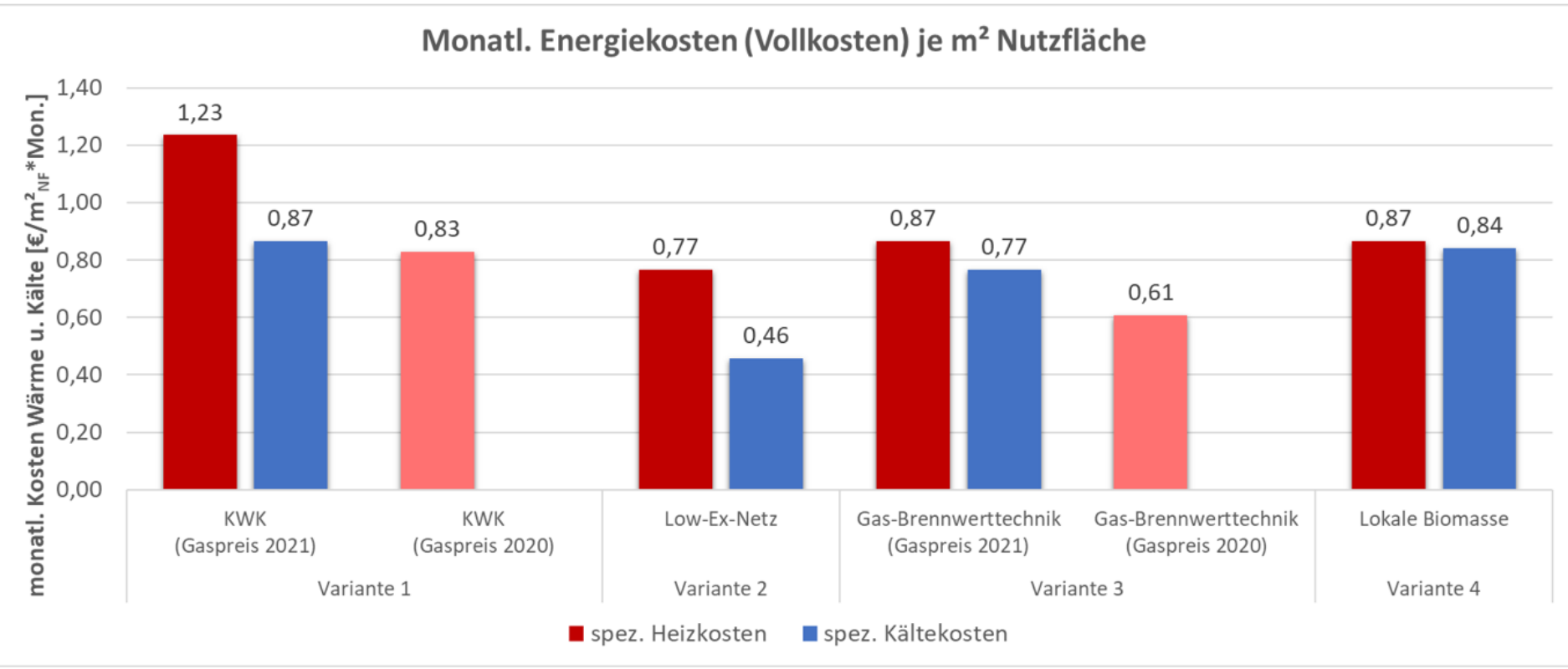


	KWK Variante 1	Low-Ex-Netz Variante 2	Gas-Brennwerttechnik Variante 3	Lokale Biomasse Variante 4
Summe exkl. Fördermittel	4.963 T€	7.251 T€	2.812 T€	4.423 T€
BAFA - Solarthermie (Innovationsförd.)	0 T€	0 T€	246 T€	0 T€
KfW 271 - Erneuerbare Energien Premium	0 T€	0 T€	0 T€	232 T€
BAFA - Wärme- und Kältenetze n. KWKG	530 T€	0 T€	0 T€	0 T€
BAFA - Wärmenetze 4.0 / BEW (Modul II)	0 T€	2.900 T€	0 T€	0 T€
BAFA - Wärmenetze 4.0 / BEW (Modul I)	0 T€	250 T€	0 T€	0 T€
Summe inkl. Fördermittel	4.433 T€	4.101 T€	2.566 T€	4.192 T€

Wirtschaftlichkeitsbewertung „Abschätzung der Wärme- und Kältemischpreise“



Wirtschaftlichkeitsbewertung „Abschätzung der monatlichen Energiekosten für Wärme und Kälte“



Fazit & Empfehlung

06

Fazit & Empfehlung „Rückblick und Bewertung“

Es wurden vier Versorgungskonzepte hinsichtlich ihrer ökologischen und ökonomischen Wirkung sowie ihrer technisch-organisatorischen Umsetzung untersucht und in einer Entscheidungsmatrix verglichen.

- In **Variante 1** erfolgt die Wärmeerzeugung zu großen Teilen erdgasbasiert aus KWK-Anlagen, die Kälteerzeugung aus Kompressionskälte.
- **Variante 2** bindet auf niedrigem Temperaturniveau erneuerbare Potenziale aus Geothermie in die Wärme- und Kälteversorgung mit ein. Gleichzeitig anfallende Wärme- und Kältebedarfe können mittels Wärmepumpe effizient „verschoben“ werden. Die restliche Kälteerzeugung erfolgt strombasiert aus Kompressionskältemaschinen.
- **Variante 3** entspricht dem aktuell vorgeschrieben gesetzlichen Mindeststandard. Die jeweiligen Gebäude werden dezentral mit Wärme aus Brennwertkesseln (Brennstoff: Biomethan) sowie solarthermischen Anlagen bzw. Kälte aus dezentralen Kompressionskältemaschinen versorgt.
- In **Variante 4** erfolgt die Wärmeversorgung vollständig aus Biomasse und wird aus Redundanzgründen von einem zentralen Erdgaskessel ergänzt. Die Kälteerzeugung erfolgt strombasiert aus Kompressionskältemaschinen.

In Abstimmung mit der evm wurde eine Matrix erstellt, die ökologische, ökonomische und technisch-organisatorische Bewertungskriterien enthält. Die vier Varianten wurden in ein Scoringmodell überführt (BEST = Platz 1, WORST = Platz 4) und ein Gesamtranking erzeugt:

	Ökologisch		Ökonomisch		Technisch-organisatorisch
Gewichtung	45%		45%		10%
Kriterium	CO _{2eq} -Emissionen im Jahr 2030	Anteil erneuerbarer Energien	Investitionskosten inkl. Fördermittel	Energiekosten für Wärme und Kälte	Flächenverbrauch, Synergien, Modularität

Fazit & Empfehlung „Bewertungskriterien (I)“

CO₂-Emissionen Es werden die Treibhausgasemissionen (CO₂-Äquivalente) zum (Gebäude-)Betrieb aller technischen Anlagen zur Wärme- und Kälteversorgung, einschließlich des Strombedarfs zum Betrieb dieser Anlagen, sowie der Nutzerstrombedarf je Gebäude (z.B. Beleuchtung, Lüftung, einschl. E-Mobilität) bilanziert.

Dafür werden die aktuellen Emissionsfaktoren je Energieträger herangezogen, diese sind:

- Fernwärme: 180 g_{CO₂eq}/kWh
- Strombezug: 560 g_{CO₂eq}/kWh
- Gutschrift aus PV-Stromerzeugung bei Überschusseinspeisung oder Eigen-/Direktverbrauch: -860 g_{CO₂eq}/kWh

Erneuerbare Energien Gemäß Definition des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) sind Erneuerbare Energien:

1. Geothermie
2. Umweltwärme
3. Anlagen zur Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie oder durch solarthermische Anlagen zur Wärme- oder Kälteversorgung nutzbar gemachte Energie
4. Windkraftanlagen zur Strom-, Wärme- oder Kälteerzeugung nutzbar gemachte Energie
5. Aus fester, flüssiger oder gasförmiger Biomasse erzeugte Wärme
6. Kälte aus erneuerbaren Energien
7. Abwärme

Erneuerbare Anteile in der Fernwärme werden berücksichtigt.

Fazit & Empfehlung „Bewertungskriterien (II)“

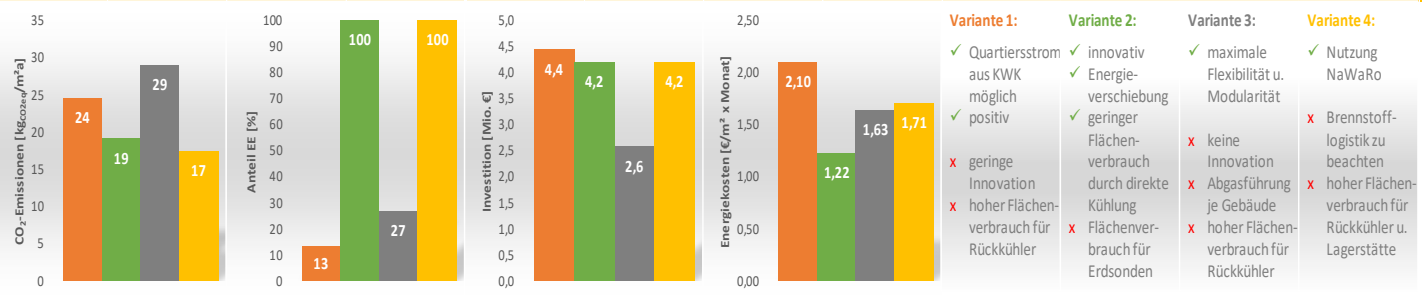
- Investitionskosten** Die Investitionskosten umfassen alle Einmalzahlungen zur Herstellung und Anschaffung der technischen Anlagen zur Erzeugung, Verteilung (im Campus), Speicherung und Übergabe von Wärme und Kälte an den Baukörper unter Einbezug möglicher Zuschüsse (Fördermittel) sowie dezentralen Stromerzeugungsanlagen, die überwiegend der Deckung des Strombedarfs zur Wärme- und/oder Kälteversorgung dienen.
- Energiekosten
Wärme und Kälte** Die Jahresgesamtkosten der Wärme- und Kälteversorgung umfassen alle jährlichen Kosten (Kapitaldienst, betriebs- und bedarfsgebundene Kosten, Vergütungen/Erstattungen) zur Erzeugung, Verteilung (im Campus), Speicherung und Übergabe von Wärme und Kälte an den Baukörper unter Einbezug dezentraler Stromerzeugungsanlagen, die überwiegend der Deckung des Strombedarfs zur Wärme- und/oder Kälteversorgung dienen. Die Jahresgesamtkosten werden als monatliche, auf die Nutzfläche bezogene Energiekosten für Wärme und Kälte ausgewiesen.
- Technisch-organisatorische
Kriterien** Flächenverbrauch, Synergien (Energieverschiebung, Möglichkeit der Abwärmenutzung, Integration von weiteren erneuerbaren Wärmequellen/-senken), Modularität und Flexibilität in der Arealteilung und Veräußerung von Grundstücken/Wohnungen

Fazit & Empfehlung „Scoringmodell“

Scoringmodell: EVM - Energiekonzept "Quartier am Festungspark"

Gewichtung	Ökologisch				Ökonomisch				Technisch-organisatorisch	Gesamt-ranking
	45%				45%				10%	
	CO _{2eq} -Emissionen im Jahr 2030		Anteil erneuerbarer Energien		Investitionskosten inkl. Fördermittel		Energiekosten für Wärme und Kälte		Flächenverbrauch, Synergien, Modularität	
Kriterium	[kg _{CO2eq} /m ² a]	Ranking	[%]	Ranking	[Mio. € netto]	Ranking	[€/m ² x Monat]	Ranking	Ranking	
Variante 1	24	3	13	4	4,4	4	2,10	4	2	4
Variante 2	19	2	100	1	4,2	2	1,22	1	1	1
Variante 3	29	4	27	3	2,6	1	1,63	2	4	3
Variante 4	17	1	100	1	4,2	2	1,71	3	3	2

Zahlen, Daten, Fakten

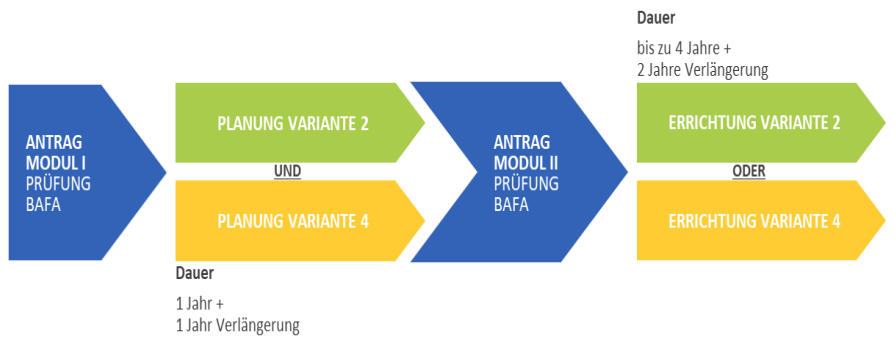


Fazit & Empfehlung „Empfehlung zum weiteren Vorgehen“

Aus ökologischer, ökonomischer und technisch-organisatorischer Sicht stellt sich **Variante 2** als Vorzugsvariante dar. Die Vorteile der **Variante 2** sind:

- ✓ Niedrige **CO2-Emissionen** im Lebenszyklus und Erreichen der CO2-Neutralität bis spätestens 2045
- ✓ Sehr hohe Anteile erneuerbare Energien an der Wärme- und Kälteversorgung durch **Ausnutzung der erneuerbaren Potenziale** vor Ort durch Energieverschiebung und Geothermienutzung
- ✓ 100% strombasiert und **keine Verbrennungsprozesse** vor Ort
- ✓ **Optimierte Investitionskosten** durch zentrale Versorgungsanlagen sowie **hohe Förderquoten** im Zuge der Förderung nach „Wärmenetze 4.0“ bzw. „Bundesförderung für Effiziente Wärmenetze (BEW)“
- ✓ Niedrige **Energiekosten für Wärme und Kälte** über den Lebenszyklus und damit **hohe Kostensicherheit** für den Kunden
- ✓ **Optimierter Technikflächenbedarf** durch zentrale Versorgungsanlagen sowie **Reduzierung des Dachflächenverbrauchs** für Rückkühlgeräte durch direkte Kühlung
- ✓ **Modulares Energiesystem**, Integration von weiteren Wärme-/Abwärmequellen auf niedrigem Temperaturniveau durch Einbindung in das Wärmenetz möglich sowie **hohe Flexibilität in der Arealteilung**

Die Detaillierung der **Variante 2** sowie die Verifizierung der erneuerbaren Potenziale im Zuge der weiteren Planungsschritte kann als „Machbarkeitsstudie“ gemäß den Anforderungen des BAFA für Modul I (HOAI LPH I – IV) mit bis zu 50% gefördert werden. Parallel hierzu können weitere Technikvarianten geplant und gefördert werden (z.B. **Variante 4**).



Ansprechpartner

Andreas Maaß
andreas.maass@evm.de

Markus Schröder
markus.schroeder@evm.de

www.evm.de

