



Energiekonzept B-Plan Nr. 6122-1

Grootestraße/Lenastraße, Stadtbezirk Bonn, Ortsteil Dransdorf

Stand: 18.12.2023

Inhalt

1. Zieldefinition
2. Grundlagen
3. Technologiebeschreibung
4. Variantenvergleich
5. Detailbetrachtung mit Wirtschaftlichkeit
6. Handlungsempfehlung

1. Zieldefinition

Auf einem ca. 45.000 m² großen Plangebiet ist die Konzeption eines umfassenden Bauprojekts geplant, das eine Kombination aus Mehrfamilienhäusern und Reihenhäusern sowie einer Kindertagesstätte umfasst:

- ca. 31.150 m² Nettobauflächen
- ca. 34.500 m² BGF Wohnen
- ca. 2.600 m² BGF Kita (aufgeteilt auf 2 Kitas)
- 2 Quartiersgaragen mit insg. ca. 9.000 m² BGF

Im Rahmen des Energiekonzeptes sollen die Bedarfe für das Quartier abgeschätzt und Energieversorgungsvarianten verglichen werden. Bis zu 4 Varianten sollen in Abstimmung mit der Abteilung für Umweltvorsorge und –planung im Amt für Umwelt und Stadtgrün der Stadt Bonn einer detaillierten Bewertung unterzogen werden.

Die Klimaschutzziele hat die Stadt Bonn (klimaneutral bis zum Jahr 2035) sind im Rahmen der Studie zu berücksichtigen sowie der Vorgabe, dass alle Gebäude einen Mindeststandard von Effizienzhaus 40 oder vergleichbaren Gebäudestandards erfüllen.

2. Grundlagen

Datengrundlage

Zur Bearbeitung des Energiekonzepts wurden folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- Gestaltungsplan BP 6122-1 Stand 04.04.2023
- Kennzahlen zum Gestaltungsplan

Für die Betrachtung wurden zusätzlich folgende Randbedingungen berücksichtigt:

- Anlehnung an KfW 40-Standard
- Betrachtung von zentralen und dezentralen Versorgungsvarianten
- die Gebäudebeheizung wird mit Flächenheizungen angenommen
- die Gebäudeheizung und Trinkwarmwassererzeugung haben unterschiedliche systemische Randbedingungen, die beiden Systeme sollen energetisch möglichst optimal kombiniert werden.
- die Gebäude sollen mit Photovoltaik ausgestattet werden, der erzeugte Strom dient primär der Eigenbedarfsabdeckung der Gebäudeeigentümer bzw. –bewohner
- keine direkte Verbrennung fossiler Energieträger

2. Grundlagen

Energetische Grundlagen – spezifische Energiebedarfe

Bezeichnung	Gebäudetyp	BGF	WE / Häuser	Wärmebedarf*		Leistung Wärme**		Kältebedarf*	Strombedarf*	
				Heizung	TWW	Heizung	TWW	Kühlung	Hilfsenergie Kälte	Strombedarf
				[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[W/m²]	[W/m²]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]	[kWh/m²a]
		[m²]								
G1	Mehrfamilienhaus	3.623	42	21,27	24,10	40,00	30,00	5,40	17,50	42,50
G2	Mehrfamilienhaus	1.650	19	24,18	27,40	40,00	30,00	5,40	17,50	42,50
G3	Mehrfamilienhaus	2.126	25	23,19	26,27	40,00	30,00	5,40	17,50	42,50
G4	Mehrfamilienhaus	2.413	28	22,71	25,73	40,00	30,00	5,40	17,50	42,50
G5	Mehrfamilienhaus	1.905	22	23,61	26,75	40,00	30,00	5,40	17,50	42,50
G6	Mehrfamilienhaus	1.905	22	23,61	26,75	40,00	30,00	5,40	17,50	42,50
GR1	Reihenhäuser	1.235	7	27,63	22,76	40,00	50,00	4,20	14,50	31,20
F1	Mehrfamilienhaus	2.348	25	22,81	25,85	40,00	30,00	5,40	17,50	42,50
F2	Mehrfamilienhaus	2.413	26	22,71	25,73	40,00	30,00	5,40	17,50	42,50
F3	Mehrfamilienhaus	2.126	23	23,19	26,27	40,00	30,00	5,40	17,50	42,50
F4	Mehrfamilienhaus	2.413	26	22,71	25,73	40,00	30,00	5,40	17,50	42,50
FR1	Reihenhäuser	1.233	7	27,64	22,76	40,00	50,00	4,20	14,50	31,20
FR2	Reihenhäuser	1.233	7	27,64	22,76	40,00	50,00	4,20	14,50	31,20
FR3	Reihenhäuser	1.233	7	27,64	22,76	40,00	50,00	4,20	14,50	31,20
FR4	Reihenhäuser	1.059	6	28,36	23,36	40,00	50,00	4,20	14,50	31,20
FR5	Reihenhäuser	1.235	7	27,63	22,76	40,00	50,00	4,20	14,50	31,20
K1	Mehrfamilienhaus	3.300	38	21,59	24,46	40,00	30,00	5,40	17,50	42,50
	Kita (4-gruppig)	1.036	1	59,00	45,21	40,00	35,00	24,30	2,80	38,20
Q1	Quartiersgaragen	4.212		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30
Q2	Quartiersgaragen	4.872		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30

* Teilenergiekennwerte (TEK) gemäß BBSR-Online-Publikation Nr.20/2019 – Teilenergiekennwerte gem. Anhand D Standardnutzungseinheiten Wohnen Einfamilienhaus und Mehrfamilienhaus

** Annahmen – bei TWW: Überschlägige Abschätzung des Spitzendurchfluss TWW nach DIN 1988 + Reduzierung der Spitzenleistung durch Einsatz von Frischwasserstation mit Wärmespeicher auf 30%

2. Grundlagen

Energetische Grundlagen – Energiebedarfe je Gebäude

Bezeichnung	Gebäudetyp	BGF	WE / Häuser	Wärmebedarf	Leistung Wärme		Kältebedarf	Strombedarf	
				Heizung inkl. TWW	Heizung inkl. TWW Gesamt	Heizung inkl. TWW je Gebäudeeinheit	Kühlung	Hilfsenergie Kälte	Strombedarf
		[m ²]	[Anzahl]	[kWh/a]	[kW]	[kW]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
G1	Mehrfamilienhaus	3.623	42	164.400,00	140,00	140,00	19.600,00	63.400,00	154.000,00
G2	Mehrfamilienhaus	1.650	19	85.100,00	70,00	70,00	8.900,00	28.900,00	70.100,00
G3	Mehrfamilienhaus	2.126	25	105.200,00	90,00	90,00	11.500,00	37.200,00	90.400,00
G4	Mehrfamilienhaus	2.413	28	116.900,00	100,00	100,00	13.000,00	42.200,00	102.600,00
G5	Mehrfamilienhaus	1.905	22	95.900,00	80,00	80,00	10.300,00	33.300,00	81.000,00
G6	Mehrfamilienhaus	1.905	22	95.900,00	80,00	80,00	10.300,00	33.300,00	81.000,00
GR1	Reihenhäuser	1.235	7	62.200,00	60,00	8,60	5.200,00	17.900,00	38.500,00
F1	Mehrfamilienhaus	2.348	25	114.300,00	90,00	90,00	12.700,00	41.100,00	99.800,00
F2	Mehrfamilienhaus	2.413	26	116.900,00	100,00	100,00	13.000,00	42.200,00	102.600,00
F3	Mehrfamilienhaus	2.126	23	105.200,00	90,00	90,00	11.500,00	37.200,00	90.400,00
F4	Mehrfamilienhaus	2.413	26	116.900,00	100,00	100,00	13.000,00	42.200,00	102.600,00
FR1	Reihenhäuser	1.233	7	62.100,00	60,00	8,60	5.200,00	17.900,00	38.500,00
FR2	Reihenhäuser	1.233	7	62.100,00	60,00	8,60	5.200,00	17.900,00	38.500,00
FR3	Reihenhäuser	1.233	7	62.100,00	60,00	8,60	5.200,00	17.900,00	38.500,00
FR4	Reihenhäuser	1.059	6	54.800,00	50,00	8,30	4.400,00	15.400,00	33.000,00
FR5	Reihenhäuser	1.235	7	62.200,00	60,00	8,60	5.200,00	17.900,00	38.500,00
K1	Mehrfamilienhaus	3.300	38	152.000,00	130,00	130,00	17.800,00	57.800,00	140.300,00
	Kita (4-gruppig)	1.036	1	108.000,00	40,00	40,00	25.200,00	2.900,00	39.600,00
Q1	Quartiersgaragen	4.212		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.300,00
Q2	Quartiersgaragen	4.872		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1.500,00

2. Grundlagen

Energetische Grundlagen - Versorgungsszenarien

Im Rahmen der weiteren Betrachtung werden die folgenden drei Versorgungsszenarien unterschieden:

Szenario 1 – Dezentrale Eigenversorgung je Gebäude

Szenario 2 – Zusammenlegung benachbarter Gebäude

Szenario 3 – zentrale Versorgung des Quartiers

Durch die Zentralisierung wird angenommen, dass es zu keiner Reduzierung der Bedarfe kommt.

Die Gleichzeitigkeit für den Wärmebedarf der Gebäude liegt bei 1.

Die Warmwasserbereitung in den Gebäuden wird in allen Szenarien als dezentral je Gebäude angenommen.

2. Grundlagen

Energetische Grundlagen – Szenario 1



Szenario 1 – Dezentrale Eigenversorgung je Gebäude

- Wärmeerzeugung objektspezifisch je Gebäude
- TWW-Bereitung objektspezifisch je Gebäude

Bezeichnung	Heizung inkl. TWW	Heizung inkl. TWW Gesamt
	[kWh/a]	[kW]
G1	164.400,00	140,00
G2	85.100,00	70,00
G3	105.200,00	90,00
G4	116.900,00	100,00
G5	95.900,00	80,00
G6	95.900,00	80,00
GR1	62.200,00	60,00
F1	114.300,00	90,00
F2	116.900,00	100,00
F3	105.200,00	90,00
F4	116.900,00	100,00
FR1	62.100,00	60,00
FR2	62.100,00	60,00
FR3	62.100,00	60,00
FR4	54.800,00	50,00
FR5	62.200,00	60,00
K1	152.000,00	130,00
	108.000,00	40,00
Summe	1.742.200	1.460

2. Grundlagen

Energetische Grundlagen – Szenario 2



Szenario 2 – Zusammenlegung benachbarter Gebäude

- zentrale Wärmeversorgung benachbarter Gebäude mit gleichen Voraussetzungen (gefördert/freifin.)
- Verbindung zusammengelegter Gebäude über Nahwärmeleitung
- TWW-Bereitung objektspezifisch je Gebäude

Bezeichnung	Heizung inkl.	Heizung inkl.
	TWW	TWW
	[kWh/a]	[kW]
G1+G2	249.500,00	210,00
G3+G4	222.100,00	190,00
G5+G6	191.800,00	160,00
F3+F4	222.100,00	190,00
GR1	62.200,00	60,00
F1	114.300,00	90,00
F2	116.900,00	100,00
FR1	62.100,00	60,00
FR2	62.100,00	60,00
FR3	62.100,00	60,00
FR4	54.800,00	50,00
FR5	62.200,00	60,00
K1	152.000,00	130,00
	108.000,00	40,00
Summe	1.742.200	1.460

2. Grundlagen

Energetische Grundlagen – Szenario 3



Szenario 3 – Zentrale Versorgung des Plangebiets

- zentrale Wärmeversorgung aller Gebäude
- Einbringen eines Nahwärmenetzes
- Installation einer Heizzentrale
- TWW-Bereitung objektspezifisch je Gebäude

	Wärmebedarf	Leistung Wärme
	Heizung inkl. TWW	Heizung inkl. TWW Gesamt
	[kWh/a]	[kW]
Summe	1.742.200	1.460

3. Technologiebeschreibung

Nachfolgend werden am Markt verfügbare Technologien vorgestellt und projektspezifisch bewertet.

Anhand dessen kann speziell für das Gebiet ein Fazit formuliert werden, um potenzielle Versorgungsvarianten aufzustellen.

Dazu werden Erfahrungswerte sowie frei zugängliche Medien, wie bspw. die Informationen des geologischen Diensts oder den örtlichen Energieversorgern herangezogen.

Technologiebeschreibung

Gas-Brennwert-Kessel

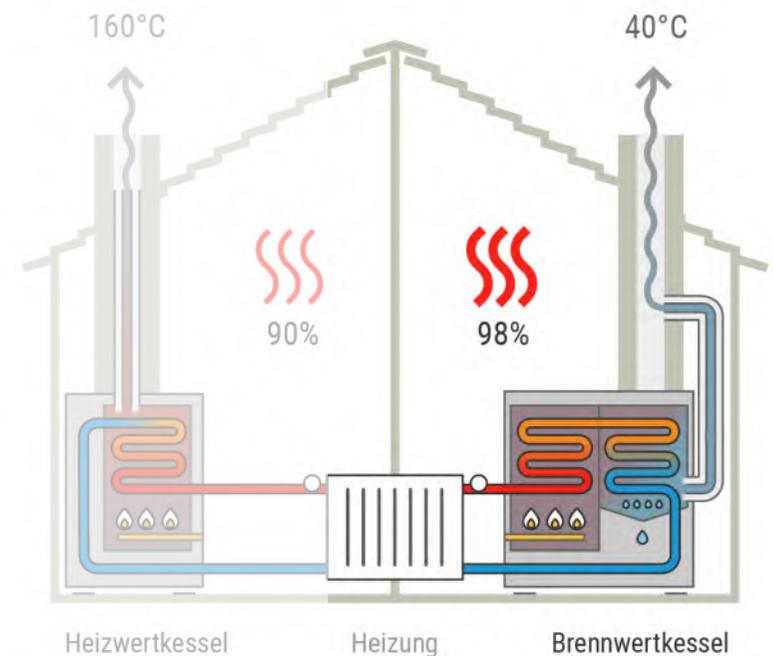
Ein Brennwertkessel ist ein Heizkessel für Warmwasserheizungen, der den Energieinhalt des eingesetzten Brennstoffes nahezu vollständig nutzt, indem das Abgas weitestgehend abgekühlt und dadurch auch die Kondensationsenthalpie des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes zur Wärmebereitstellung genutzt wird.

Vorteil:

- hohe Effizienz
- hohe Verfügbarkeit
- bedarfsgerechte Erzeugung

Nachteil:

- fossile Brennstoffversorgung
- Gasanschluss und Abgasführung erforderlich



(Quelle: heizung.de)

Fazit: Erschließung des Neubaugebietes mit Erdgas seitens der Stadt Bonn ausgeschlossen.

3. Technologiebeschreibung

Fernwärme

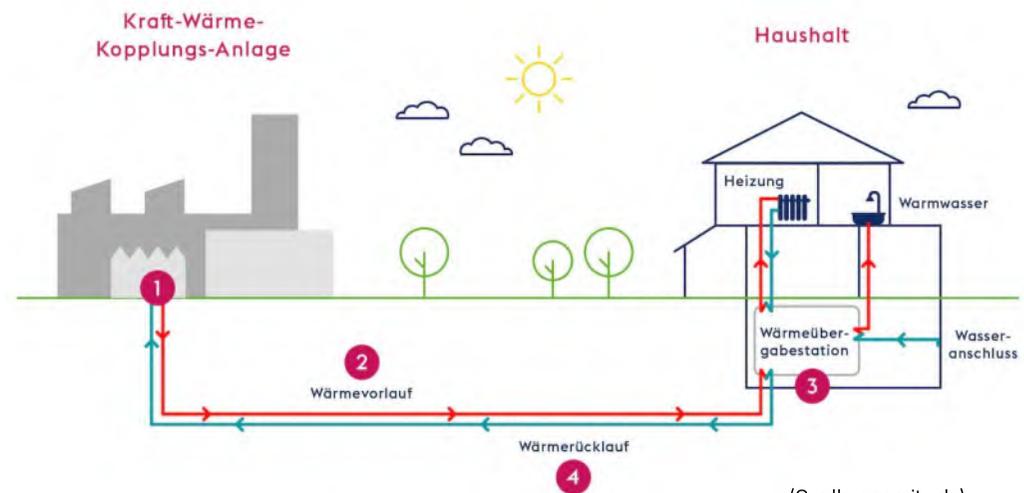
Unter Fernwärme versteht man die Belieferung von Gebäuden mit Wärme von einem Kraft- oder Heizwerk über ein Rohrsystem.

Vorteile:

- geringer Platzbedarf
- kein Brennstoffbezug
- einfache Handhabung
- Wartungsaufwand sehr gering

Nachteile:

- langfristige Bindung an Heizungsart/Versorger
- Verfügbarkeit (Erschließungsgebiete werden vom Versorger vorgegeben)
- Umweltbilanz in Abhängigkeit der Wärmeherkunft (Einsatz fossiler Brennstoffe möglich)



(Quelle: enercity.de)

Fazit: Auskunft SW Bonn – kurz- bis mittelfristig kein Anschluss an Fernwärmenetz möglich

3. Technologiebeschreibung

Pellet- oder Holzhackschnitzelkessel

Die Pelletheizung ähnelt daher im Aufbau Ölheizungen oder Gasheizungen. Im Heizkessel werden die Pellets mithilfe eines Heizgebläses angefeuert und verbrannt. Die Befüllung des Kessels mit Pellets findet gewöhnlich vollautomatisch statt.

Vorteile:

- günstige CO₂-Bilanz*
- hohe Verfügbarkeit
- bedarfsgerechte Erzeugung

Nachteile:

- Brennstofflagerung (Silo) und -anlieferung
- Brennstoffförderung (zwischen Silo und Kessel)
- hohe Investitionskosten
- Asche muss fachgerecht entsorgt werden
- hoher Platzbedarf
- Geruchsentwicklung möglich



(Quelle: heizsparrer.de)



(Quelle: heizung.de)

Fazit: Das Umweltbundesamt spricht sich aus Klimaschutz-, Luftreinhalte- und ökologischen Gründen gegen diese Technologie aus. GEG-Novelle sieht derzeit ein Verbot von Holzheizung im Neubau vor.

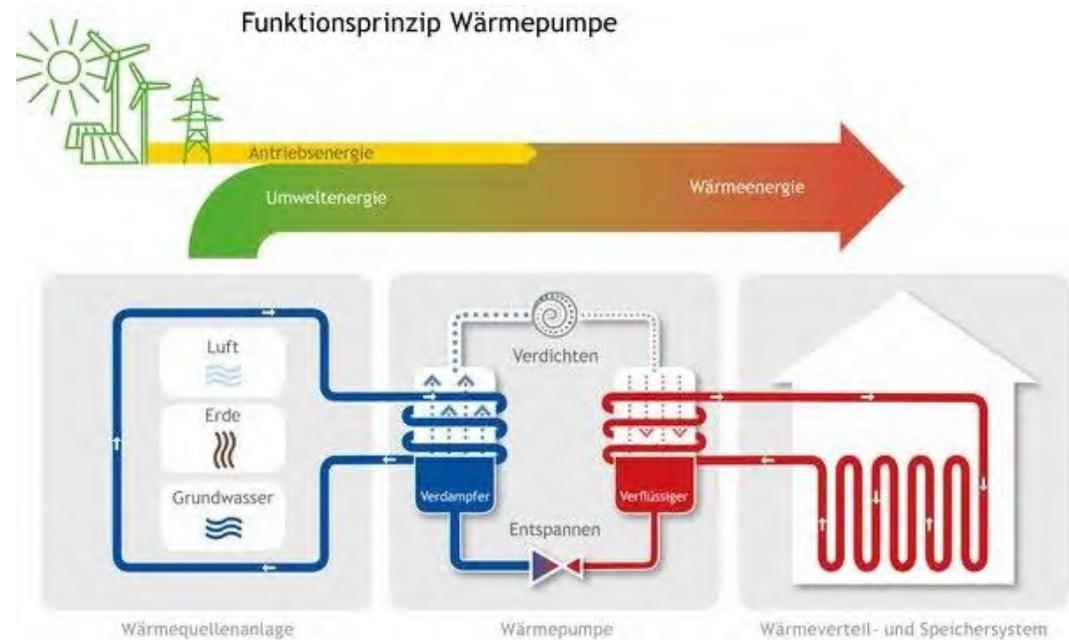
* unter Beachtung der Pelletherkunft

3. Technologiebeschreibung

Wärmepumpe

Wärmepumpen-Heizungsanlagen gewinnt aus ihrer Umgebung Energie zur Wärmeerzeugung. Als Wärmequelle kann

- Luft
- Erde
- Grundwasser oder eine
- sonstige Wärmequelle (kalte Nahwärme, etc.) dienen.



(Quelle: Bundesverband Wärmepumpe e.V.)

1. In der eigentlichen Wärmepumpenanlage wird die Umweltenergie über einen Wärmetauscher (Verdampfer) an einen Kältemittelkreislauf übergeben. Das Kältemittel verdampft und wird in einem elektrisch angetriebenen Verdichter weitergeleitet.
2. Bei der Verdichtung des Kältemitteldampf wird das Temperaturniveau angehoben.
3. In einem zweiten Wärmetauscher (Verflüssiger) gibt das heiße Kältemittelgas seine Wärme ab und kondensiert.
4. Anschließend erfolgt noch eine Reduzierung des Druckniveaus des verflüssigten Kältemittels an einer Drossel bevor es wieder zum Verdampfer zurück geführt wird.

3. Technologiebeschreibung

Luft/Wasser-Wärmepumpe

Vorteile:

- umweltfreundlich*
- monovalenter Betrieb möglich
- keine Genehmigung erforderlich
- aktive Kühlung in der heizfreien Zeit möglich

Nachteile:

- Geräuschemissionen (Lärmschutz ggf. erforderlich)
- schlechtere Effizienz im Verhältnis zu anderen WP-Technologien
- Temperaturabhängig (schwankende Außenlufttemperaturen)
- Zusatzheizung (bspw. elektrischer Heizstab) erforderlich



Fazit: Als individual Lösung in Szenario 1 sinnvoll. Einfache Aufstellung und Umsetzung möglich. Planungsaufwand gering im Verhältnis zu anderen Wärmepumpentechnologien

* Je nach Abhängigkeit des Strommixes

3. Technologiebeschreibung

Wasser/Wasser-Wärmepumpe - Grundwassernutzung

Nutzung unterirdischer Grundwasser-Reservoirs. Mindestabstand der Brunnen von 15 m erforderlich.

Bohrtiefen >20 m meist nicht mehr wirtschaftlich.

Vorteile:

- effizient und umweltfreundlich
- monovalenter Betrieb möglich
- betriebssicher
- geringer Platzbedarf
- aktive und passive Kühlung in der heizfreien Zeit möglich

Nachteile:

- hohe und konstante Grundwassertemperatur erforderlich
- hydrochemisches Verhältnis des Grundwassers ist zu beachten**
- genehmigungsbedürftig
- nicht jede Grundwasserschicht geeignet (Fördermenge)
- Ermittlung der tatsächlichen Bodeneigenschaften erforderlich (Thermal-Response-Test*)



Fazit: Zur Abschätzung der Ergiebigkeit des Grundwasserleiters sind Pumpversuche vorab erforderlich. Bei der Gesamterschließung ist voraussichtlich eine geologische Gesamtbetrachtung erforderlich. Aufgrund der hohen Kosten im Rahmen der Vorab-Erkundung zur Potenzialbewertung, wird diese Technologie nicht verfolgt.

* Kosten für einen TRT werden in Abhängigkeit der Bodenbeschaffenheit auf ca. 10.000,00 - 25.000,00 EUR geschätzt

** bspw. eisen- und manganhaltiges Grundwasser können zu Korrosion und Verockerung der Anlagentechnik führen

3. Technologiebeschreibung

Sole/Wasser-Wärmepumpe - Erdkollektoren

waagrecht, oberflächennahe Rohrsystem unterhalb der Frostgrenze (1,5 m). Fläche über dem Kollektor darf nicht versiegelt, asphaltiert oder bebaut werden.

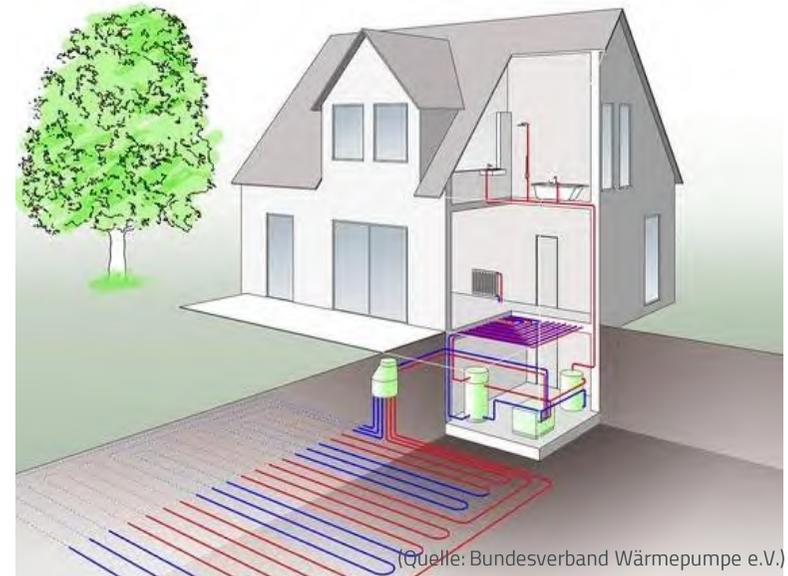
Vorteile:

- effizient und umweltfreundlich
- monovalenter Betrieb möglich
- betriebssicher
- aktive und passive Kühlung in der heizfreien Zeit möglich

Nachteile:

- Regeneration in den Sommermonaten erforderlich
- hoher Platzbedarf (mind. Abstand Bohrung: 6 - 10 m)
- aufgrund Platzbedarf ggf. nur anteilige Abdeckung des Gesamtbedarfs möglich
- Ermittlung der tatsächlichen Bodeneigenschaften erforderlich (Thermal-Response-Test*)

Fazit: Der Flächenbedarf der Abdeckung des Wärmebedarfs übersteigt voraussichtlich die verfügbare Freifläche.



* Kosten für einen TRT werden in Abhängigkeit der Bodenbeschaffenheit auf ca. 10.000,00 - 25.000,00 EUR geschätzt

3. Technologiebeschreibung

Sole/Wasser-Wärmepumpe - Erdsonden

Vertikale Bohrungen i.d.R. zwischen 50 – 200 m tief.
Nutzung der jahreszeitlich nahezu konstanten Temperatur im Untergrund.

Vorteile:

- effizient und umweltfreundlich
- monovalenter Betrieb möglich
- betriebssicher (konstante Soletemperatur)
- aktive und passive Kühlung in der heizfreien Zeit möglich

Nachteile:

- Regeneration in den Sommermonaten erforderlich
- hoher Platzbedarf (mind. Abstand Bohrung: 6 - 10 m)
- aufgrund Platzbedarf ggf. nur anteilige Abdeckung des Gesamtbedarfs möglich
- Ermittlung der tatsächlichen Bodeneigenschaften erforderlich (Thermal-Response-Test (TRT) *)

Fazit: Nach den Unterlagen des Geologischen Dienstes NRW liegt das oben genannte Grundstück in einem geplanten/festgesetzten Wasserschutzgebiet. Der Standort liegt in einem Bereich, der aus den oben genannten geologischen Gründen als hydrogeologisch kritisch eingestuft wird.



* Kosten für einen TRT werden in Abhängigkeit der Bodenbeschaffenheit auf ca. 10.000,00 - 25.000,00 EUR geschätzt

3. Technologiebeschreibung

Sole/Wasser-Wärmepumpe (Eisspeicher)

Ein Eisspeicher ist eine in den Erdboden eingelassene Betonzisterne, die mit Wasser gefüllt ist. Im inneren der Zisterne sind Leitungen verlegt, in der die Wärmepumpensole fließt und dem Speicher die Wärme entzieht. Die Regeneration des Eisspeicher erfolgt über den Erdboden und einer erforderlichen Solarthermieanlage.

Vorteile:

- Ausnutzung der Kristallisationswärme des Wassers
- monovalenter Betrieb möglich
- aktive Kühlung in der heizfreien Zeit möglich

Nachteile:

- hoher Platzbedarf
- Fläche für Solarthermie verringert ggf. PV-Ausbau



Fazit: Regeneration des Eisspeichers im Sommer erforderlich (Wärme- und Kältebedarf notwendig)
Als Individuallösung (Szenario 1) bei Gebäuden mit Kältebedarf eine Option
Im Rahmen der Studie wird die Technologie aufgrund des hohen Platzbedarfs und der erforderlichen Regeneration mittels Kühlung nicht berücksichtigt.

* Kosten für einen TRT werden in Abhängigkeit der Bodenbeschaffenheit auf ca. 10.000,00 - 25.000,00 EUR geschätzt

3. Technologiebeschreibung

Sole/Wasser-Wärmepumpe (Kalte Nahwärme)

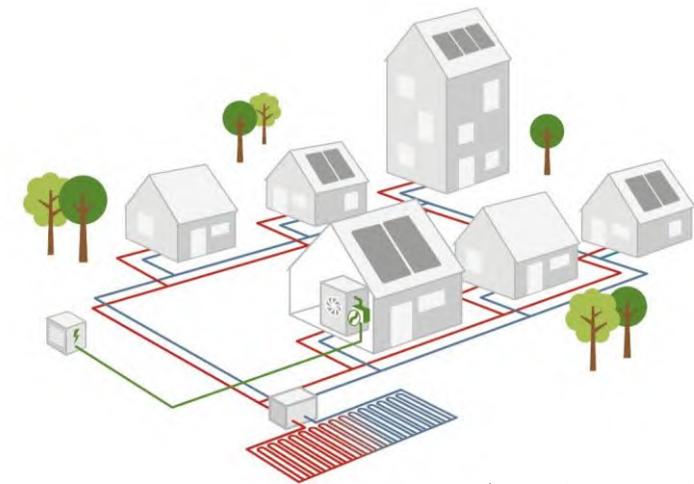
Kalte Nahwärme arbeitet auf Temperaturen von 10 bis 25°C. Die Wärme wird über Abwärme aus Industrieprozessen, oder erneuerbare Energien, wie Geothermie und Solarthermie gewonnen, auf dem ursprünglichen Temperaturniveau transportiert und erst bei den Verbrauchern durch dezentrale Wärmepumpen aufbereitet.

Vorteile:

- geringe thermische Verluste
- Einsatz zum Heizen und Kühlen möglich

Nachteile:

- Eigentümer müssen Wärmepumpe und Netzanschluss bezahlen



(Quelle: Bundesbaublatt.de)

Fazit: Nach den Unterlagen des Geologischen Dienstes NRW liegt das oben genannte Grundstück in einem geplanten/festgesetzten Wasserschutzgebiet. Der Standort liegt in einem Bereich, der aus den oben genannten geologischen Gründen als hydrogeologisch kritisch eingestuft wird.

* Kosten für einen TRT werden in Abhängigkeit der Bodenbeschaffenheit auf ca. 10.000,00 - 25.000,00 EUR geschätzt

3. Technologiebeschreibung

Solarthermie

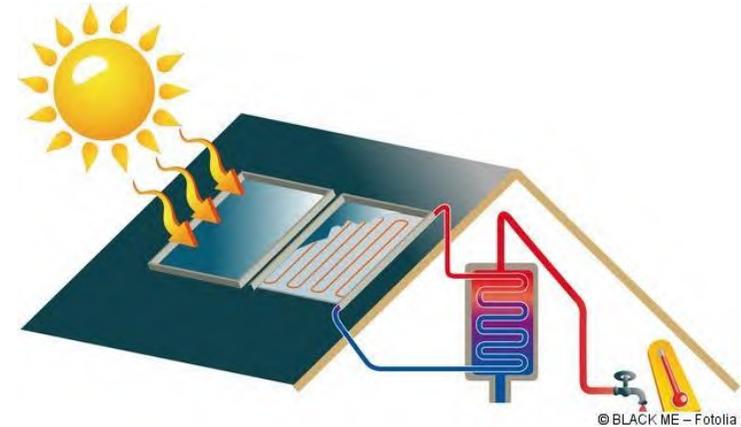
Eine Solarthermieanlage wandelt Sonnenenergie in Wärme um. Diese Wärme wird zum Erhitzen des Trinkwassers oder zum Heizen genutzt.

Vorteile:

- Reduktion CO₂-Emissionen
- Modular erweiterbar auf Nachbargebäude
- Dezentrale Energieversorgung

Nachteile:

- Solarspeicher erforderlich
- Redundante/Spitzen-Wärmeversorgung erforderlich
- Ungleichmäßiger Wärmeertrag



© BLACK ME – Fotolia

(Quelle: solarthermie.net)

Fazit: Kann zur Trinkwarmwasserbereitung oder Heizungsunterstützung als Option redundant in den Versorgungsvarianten berücksichtigt werden.

5. Detailbetrachtung

Im Rahmen des Energiekonzeptes wurden eine umfangreiche Untersuchung verfügbarer Anlagentechnologien und –kombinationen sowie deren Einsatz in zentralen und dezentralen Versorgungsstrategien geprüft.

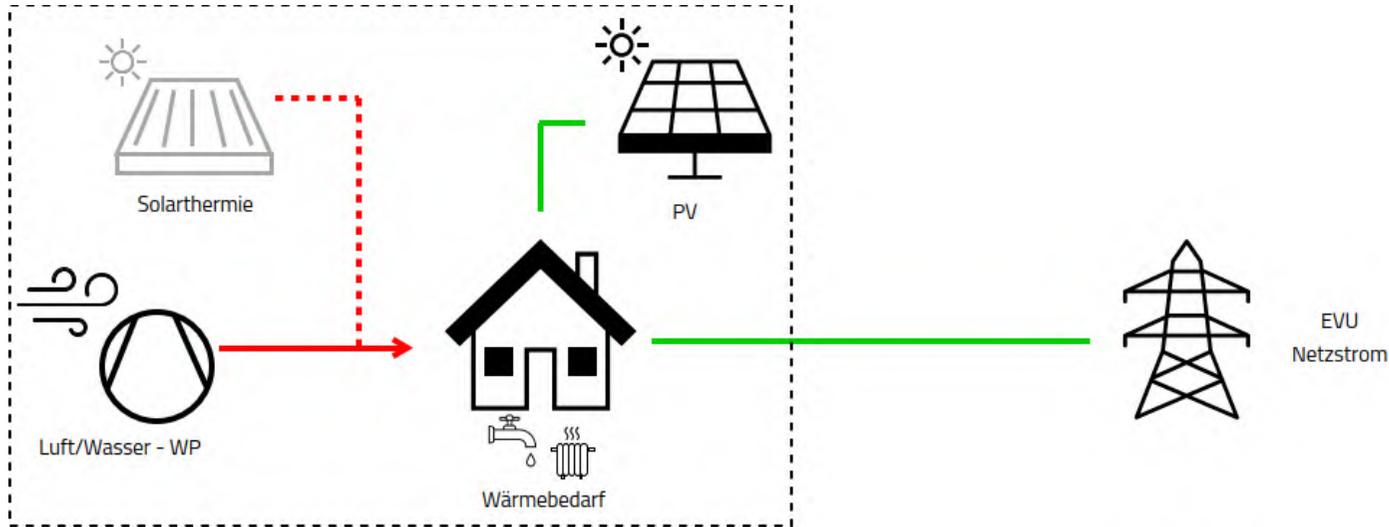
Auf Grund dieser Untersuchung werden im Folgenden nur zwei dezentrale Versorgungsvarianten detailliert gegenübergestellt. Hierbei wurden die Möglichkeit einer gemeinsamen Versorgung benachbarter Gebäude gleicher Nutzung und Eigentümer berücksichtigt

Eine zentrale Versorgungsvariante wurde aus folgenden Gründen ausgeschlossen:

- Einzelvermarktung der Gebäude und Grundstücke
- Geothermie: Öffentliche Flächen nicht ausreichend zur Deckung des Energiebedarfs
- Anschlusszwang
- Zeitliche Abhängigkeit

5. Detailbetrachtung

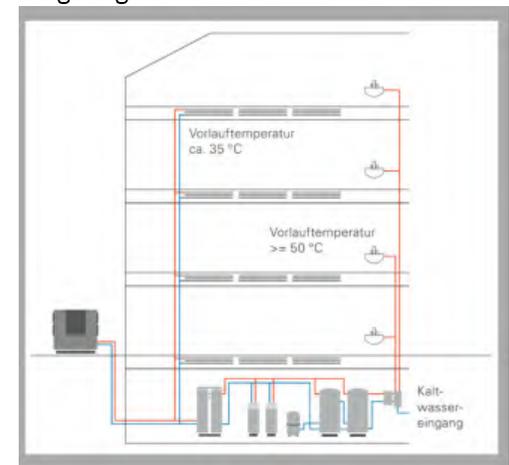
Variante 2 Detail – schematische Darstellung



- Versorgung Reihenhaus + Mehrfamilienhaus jeweils über Luft/Wasser-Wärmepumpe für Heizung und Trinkwarmwasser
- Optional: Einbindung Solarthermieanlage
- PV-Anlage zur primären Stromversorgung der Wärmeerzeugung

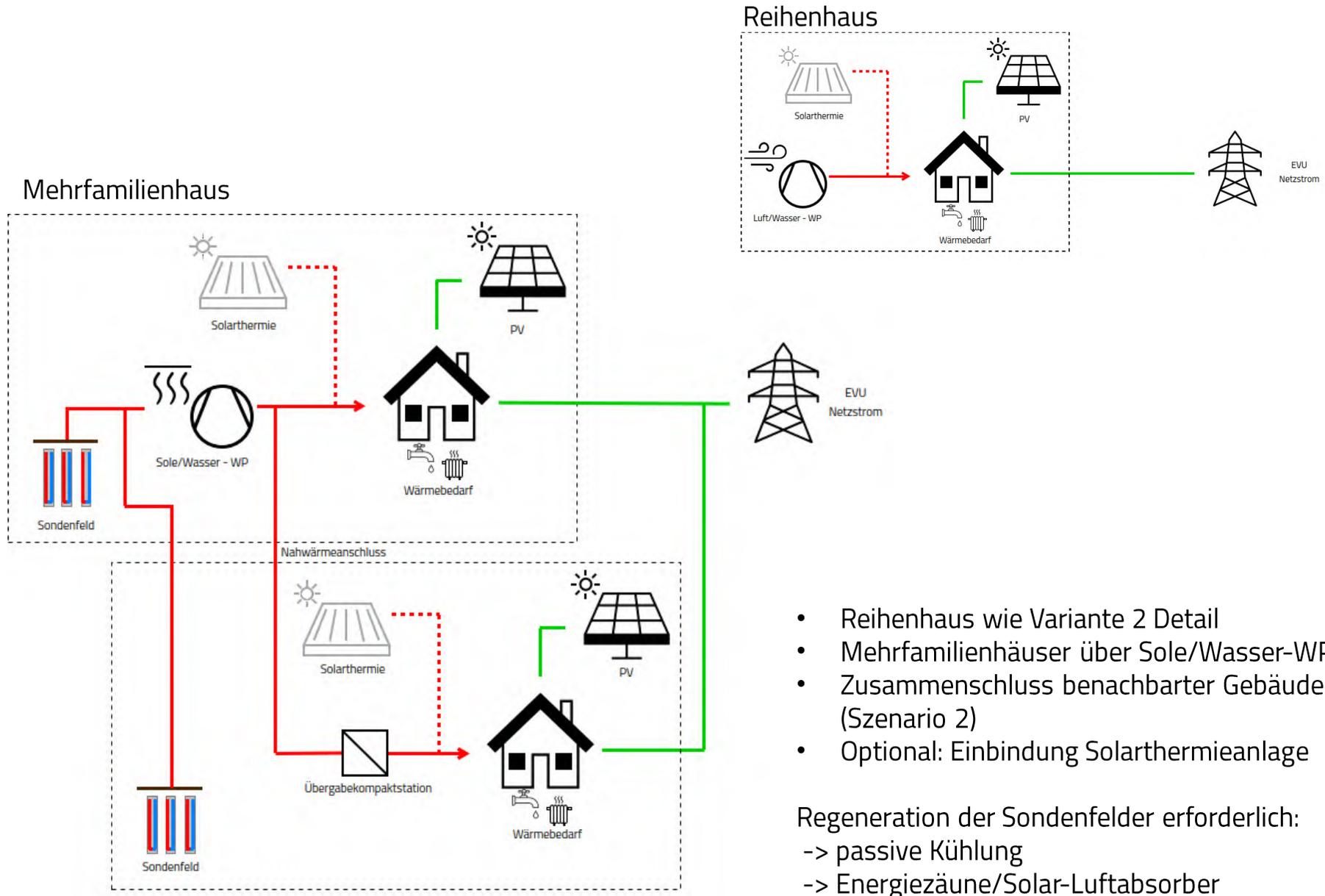
Option (Detailplanung):

- Einsatz von separaten WW-Wärmepumpen
- höherer Platzbedarf, höhere Invest
- geringere Gestehungskosten
- geringere CO₂-Emissionen



5. Detailbetrachtung

Variante 3 Detail – schematische Darstellung



- Reihenhaus wie Variante 2 Detail
- Mehrfamilienhäuser über Sole/Wasser-WP
- Zusammenschluss benachbarter Gebäude (Szenario 2)
- Optional: Einbindung Solarthermieanlage

Regeneration der Sondenfelder erforderlich:
 -> passive Kühlung
 -> Energiezäune/Solar-Luftabsorber

5. Detailbetrachtung

Überschlägige Abschätzung der Sondenanzahl in Anlehnung VDI 4640:2019

Anwendungsbereich VDI 4640: bis 30 kW Wärmepumpen-Heizleistung

Wärmeleitfähigkeit des Bodens
nach Geologischen Dienst NRW: mittel (1,5 – 1,9 W/mK)

Ermittelte Entzugsleistung, ca.: 21 – 26 W/m

Sondenlänge: 100 m

Sondenabstand: 6 m

Gebäude	Grundstücks- fläche	Grundfläche	Heizleistung WP	Anzahl Sonden		mitl. Flächenbedarf	Bewertung
				min	max		
	[m ²]	[m ²]	[kW]			[m ²]	
G1+G2	2419	917	210	59	73	1866	Sonden unter Gebäude
G3+G4	2808	1075	190	54	66	1696	Ausreichend Freifläche
G5+G6	2750	1016	160	45	56	1428	Ausreichend Freifläche
F3+F4	2859	1075	190	54	66	1696	Ausreichend Freifläche
F1	1502	626	90	25	31	792	Ausreichend Freifläche
F2	1379	508	100	28	35	891	Sonden unter Gebäude
K1	2353	880	130	37	45	1159	Ausreichend Freifläche

**Auf Grund der hohen Entzugsleistungen ist ein geologisches Gutachten
sowie geothermische Resonanztests (GRT/TRT) zur Ermittlung der tatsächlichen
Entzugsleistungen zwingend erforderlich**

5. Detailbetrachtung

Wirtschaftlichkeit – monetäre Grundlagen

Folgende Annahmen und Grundlagen liegen der wirtschaftlichen Bewertung der Varianten zu Grunde:

Strompreis: 20,74 ct/kWh*

Vergütung PV: 7,1 ct/kWh

Betriebsgebundene Kosten nach VDI2067 Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen

Variante 2 Detail – Luft/Wasser Wärmepumpe

Wärmeerzeugung über dezentrale Luft/Wasser-Wärmepumpe je EFH und MFH

COP Wärmepumpe: 3,5

Variante 3 Detail – Geothermie + Luft/Wasser Wärmepumpe

Wärmeerzeugung über Sole/Wasser Wärmepumpen in den MFH (Szenario 2) + Luft/Wasser-Wärmepumpen je EFH

COP Wärmepumpe L/W: 3,5

COP Wärmepumpe S/W: 4,5

Ansatz mittlere Sondenanzahl

* Quelle: destatis.de Stand 27.09.2023 – Stromdurchschnittspreis Nicht-Haushalte Deutschland

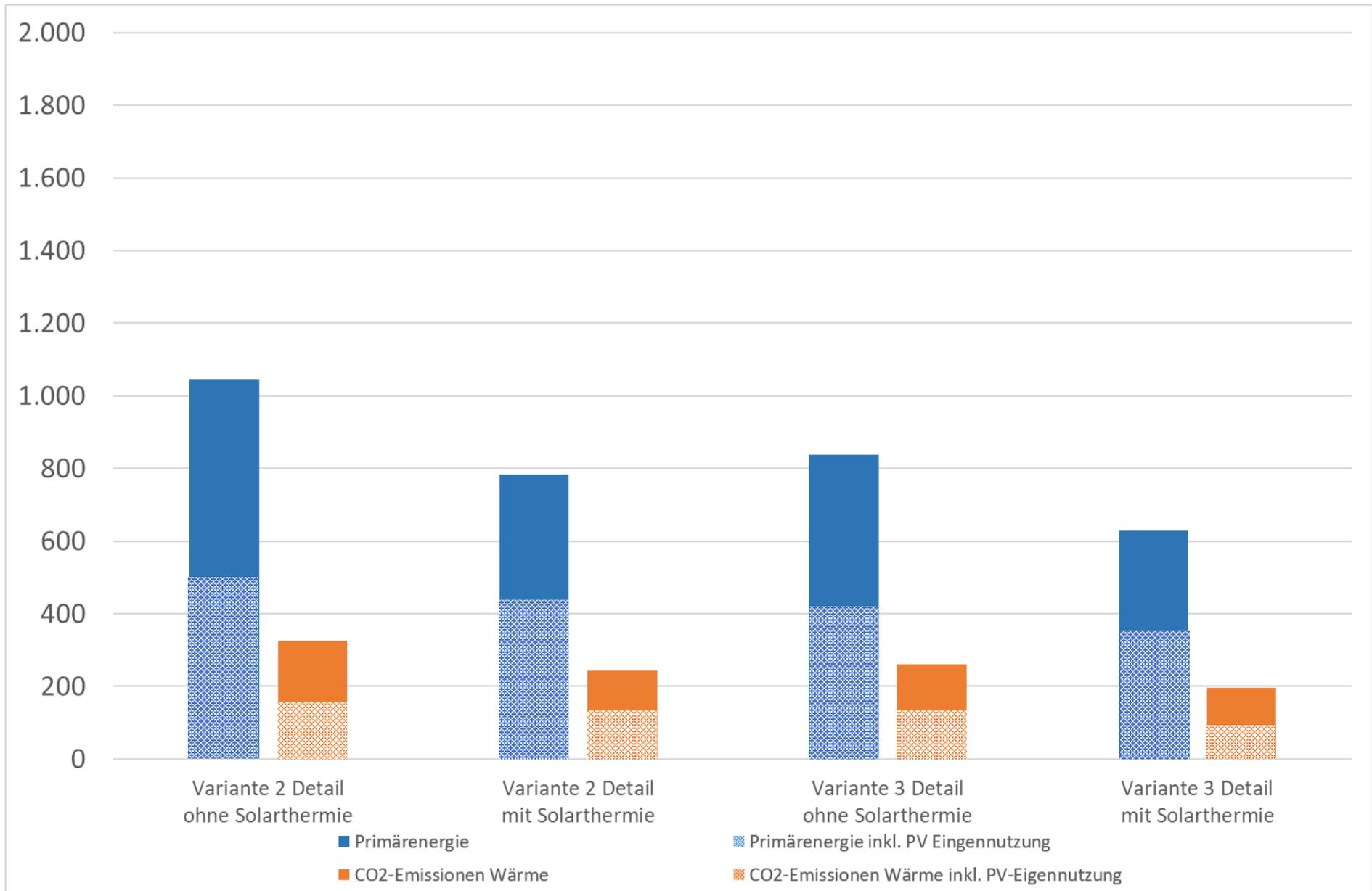
5. Detailbetrachtung

Energiebilanz

	Variante 2 Detail		Variante 3 Detail	
	Luft/Wasser Wärmepumpe für EFH und MFH		Geothermie für MFH + L/W-WP für EFH	
	2.1 PV	2.2 PV + Solarthermie	3.1 PV	3.2 PV + Solarthermie
Wärmebedarf				
Wärmebedarf Heizung		856.400 kWh/a		
Wärmebedarf TWW		885.900 kWh/a		
Wärmebedarf Heizung + TWW		1.742.300 kWh/a		
Anteil an Erzeugung				
L/W-Wärmepumpe	1.742.300 kWh/a	1.217.900 kWh/a	365.600 kWh/a	258.900 kWh/a
S/W-Wärmepumpe			1.376.700 kWh/a	959.000 kWh/a
Solarthermie		524.400 kWh/a		524.400 kWh/a
Deckungsanteil EE (gem. GEG)	100%	100%	100%	100%
Energiebedarf Wärmeerzeugung				
Strom	497.800 kWh/a	373.400 kWh/a	410.400 kWh/a	308.000 kWh/a
Energieerzeugung				
PV-Anlage	446.000 kWh/a	372.000 kWh/a	446.000 kWh/a	372.000 kWh/a
Potenzial PV-Eigennutzung Wärmeerzeugung	299.300 kWh/a	179.100 kWh/a	214.100 kWh/a	159.200 kWh/a
Primärenergieeinsatz				
Primärenergie	896 MWh/a	672 MWh/a	739 MWh/a	554 MWh/a
<i>Primärenergie inkl. PV-Eigennutzung</i>	<i>357 kWh/a</i>	<i>350 kWh/a</i>	<i>200 kWh/a</i>	<i>232 kWh/a</i>
CO2-Bilanz				
CO2-Emissionen Wärme	325 t/a	244 t/a	261 t/a	196 t/a
CO2-Emissionen Wärme inkl. PV-Eigennutzung	<i>158 t/a</i>	<i>144 t/a</i>	<i>141 t/a</i>	<i>107 t/a</i>

5. Detailbetrachtung

Bilanz - Diagramm



5. Detailbetrachtung

Wirtschaftlichkeit

	Variante 2 Detail		Variante 3 Detail	
	2.1 ohne Solarthermie	2.2 mit Solarthermie	3.1 ohne Solarthermie	3.2 mit Solarthermie
Investition (netto)	3,90 Mio €	4,45 Mio €	8,00 Mio €	8,55 Mio €
Jährliche Kosten*	199.000,- €	176.000,- €	212.000,- €	196.000,- €
<i>Verbrauchsgebundene Kosten</i>	<i>121.000,- €</i>	<i>90.000,- €</i>	<i>97.000,- €</i>	<i>73.000,- €</i>
<i>Betriebsgebundene Kosten</i>	<i>78.000,- €</i>	<i>86.000,- €</i>	<i>115.000,- €</i>	<i>123.000,- €</i>
Vermiedene Kosten und Vergütungen	10.000,- €	40.000,-€	16.000,- €	41.000,- €
Jahreskosten der Wärmeerzeugung*	189.000,- €	136.000,- €	196.000,- €	155.000,- €
spezifischer Wärmepreis	10,85 ct/kWh	7,81 ct/kWh	11,25 ct/kWh	8,9 ct/kWh

- Alle Kosten netto
- Investkosten ohne Baunebenkosten

6. Handlungsempfehlung

Luft/Wasser-Wärmepumpe

Die Luft/Wasser-Wärmepumpe stellt sich als flexible Lösungsmöglichkeit für die Reihenhäuser und Mehrfamilienhäuser dar. Sie bietet flexible Kombinationsmöglichkeiten mit einer zentralen und dezentralen Warmwasserbereitung in den Mehrfamilienhäusern.

Sole/Wasser-Wärmepumpe

Zur Klärung der Variante ist ein geothermisches Gutachten inkl. Probebohrungen erforderlich. Eine erste Einschätzung der Sondenfeldgrößen zeigt, dass auf Grund der mittleren Ergiebigkeit des Bodens eine hohe Anzahl an Erdsonden erforderlich ist.

- Voruntersuchung und Genehmigung erforderlich
 - => Zeitlicher Mehraufwand ggf. Verzögerung
 - => höhere Invest
- Hohe Anzahl Bohrungen
 - => Beeinflussung des Untergrundes (ggf. über die Grundstücksgrenze)
 - => hoher Bedarf an Regeneration
 - => hoher Invest



6. Handlungsempfehlung

Primärenergie und CO2-Emissionen

Durch die Einbindung einer Solarthermieanlage kann der Primärenergiebedarf sowie CO2-Ausstoß in den Varianten reduziert werden.

Durch den höheren Wirkungsgrad der Sole/Wasser-Wärmepumpen zu Luft/Wasser-Wärmepumpen zeigt sich eine Primärenergiebedarfseinsparung bzw. Reduzierung der CO2-Emissionen von rund 20%.

Aufgrund der zunehmenden Dekarbonisierung des Netzstroms, ist davon auszugehen, dass sich die stromgeführte Energieerzeugung zunehmend positiver darstellen wird.

Kostenvergleich

Der Kostenvergleich zeigt, dass die geothermiebasierte Energieerzeugung zu deutlich höheren Investkosten führt.

Die Ergänzung einer Solarthermieanlage führt ebenfalls zu einer Kostensteigerung, die aber auch einen energetischen Nutzen bringt. Der Kosten-Nutzen-Vergleich einer Solarthermieanlage sollte im Rahmen der weiteren Planung objektspezifisch weiter verfolgt werden.



6. Handlungsempfehlung

Fazit

Der energetische Vorteil einer geothermiebasierten Energieversorgung steht nicht im Verhältnis zu der damit verbundenen Kostensteigerung für die Anlagentechnik.

Zudem ist der zeitliche Mehraufwand für die Errichtung von Erdsondenfelder derzeit schwer absehbar, da aktuell eine hohe Nachfrage besteht.

Eine Luft/Wasser-Wärmepumpe bietet in der Fachplanung einen hohen Grad an Umsetzungsmöglichkeiten und Kombinationen zur energetischen Optimierung.

Die Installation einer PV-Anlage oder Solarthermieanlage ist nach einem Ratsbeschluss der Stadt Bonn verpflichtend. Die Nutzung einer PV-Anlage ist zur Stromerzeugung zur anteiligen Abdeckung des Strombedarfs der Wärmepumpen energetisch sinnvoll. Die Einbindung einer Solarthermieanlage zur Warmwasserbereitung und ggf. Heizungsunterstützung stellt sich ebenfalls energetisch als sinnvoll heraus.

Die Optionen zur energetischen Optimierung, wie die Kombination von PV-Anlage und Solarthermieanlage oder Einbindung von speziellen Wärmepumpen zur Warmwasserbereitung oder Abwasserwärmenutzung, sollten im Rahmen der Fachplanung der einzelnen Objekte erfolgen, da sich für die Reihenhäuser und Mehrfamilienhäuser unterschiedliche energetische und wirtschaftliche Möglichkeiten ergeben können.

Wir empfehlen daher die Umsetzung der Wärmeversorgung basierend auf Luft/Wasser-Wärmepumpen. Diese bieten eine flexible Umsetzung sowie vielseitige Potenziale zur energetischen Optimierung in Abhängigkeit des Objektes.



