

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung und Empfehlungen	4
2	Einleitung	6
2.1	Objekt.....	6
2.2	Zielsetzung	7
3	Grundlagen einer klimaneutralen Energieversorgung	8
4	Optionen für eine klimaneutrale Energieversorgung	10
4.1	Übersicht über die Optionen.....	10
4.2	Klimaneutrale Varianten	12
4.2.1	Variante 1 - Umweltwärme mit PV privat	13
4.2.2	Variante 2 - Erdwärme mit PV privat	13
4.2.3	Variante 3 - Quellwärmelieferung mit PV privat	14
4.2.4	Variante 4 - Wärmelieferung mit PV privat.....	15
4.2.5	Variante 5 - Energielieferung durch Quartiersversorger	16
4.2.6	Fazit	17
5	Potentiale für eine klimaneutrale Energieversorgung	18
5.1	Gebäude und Bedarf	18
5.2	Anlagen	20
5.3	Wärmequellen	21
5.3.1	Geologische Beschaffenheit	21
5.3.2	Grundwassernutzung	22
5.3.3	Erdsonden	22
5.3.4	Erdkollektoren.....	23
5.3.5	Beurteilung.....	23
5.4	Wärmenetze und Speicher.....	24
5.4.1	Netzplan	24
5.4.2	Regelprofil	24
5.4.3	Temperaturniveau im KNW-Netz	25
5.5	Stromversorgung.....	26
5.6	Simulation und Steuerung.....	27
5.7	Klimabilanz, Förderung, Business Case und Geschäftsmodell	29
5.7.1	Energie- und Klimabilanz.....	29
5.7.2	Förderung.....	30
5.7.3	Kostenmodell	31
5.7.4	Spezifische Wärmekosten	32
5.7.5	Geschäfts- und Betreibermodell	32
6	Bewertung des städtebaulichen Entwurfs.....	34
6.1	Bewertung aus Sicht der Wärmeversorgung	34
6.2	Bewertung aus Sicht der Stromversorgung.....	35

6.3	Optimierungsoptionen.....	36
6.4	Anschlusspflicht	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Baugebiet „Lange Straße Nord“ im Stadtteil Schluttenbach, Ettlingen (Bild: in Anlehnung an Google Maps)	6
Abbildung 2:	Grundstücksübersicht mit Flächenangaben (Grundstücksgröße) (Bild: Planungsamt Ettlingen).....	7
Abbildung 3:	Bilanzierungsregeln für klimaneutrale Baugebiete.....	8
Abbildung 4:	Varianten für eine klimaneutrale Energieversorgung (Bild: schäffler sinnogy).	12
Abbildung 5:	Variante 1 – Umgebungswärme mit PV privat (Bild: schäffler sinnogy).	13
Abbildung 6:	Variante 2– Erdwärme mit PV privat (Bild: schäffler sinnogy).	14
Abbildung 7:	Variante 3 – Quellwärmelieferung mit PV privat (Bild: schäffler sinnogy).	15
Abbildung 8:	Variante 4 – Wärmelieferung mit PV privat (Bild: schäffler sinnogy).	16
Abbildung 9:	Variante 5 – Quartiersversorgung inkl. PV (Bild: schäffler sinnogy).	17
Abbildung 10:	Die sieben Schritte zu einem klimaneutralen Energiekonzept (Bild: schäffler sinnogy).....	18
Abbildung 11:	Kategorisierung der Neubauten im Städtebaulichen Entwurf (Bild: sinnogy)	19
Abbildung 12:	Schema Wasser-Wasser-WP für Mehrfamilienhaus (MFH) (Bild: Christan Hug Energiekonzepte).....	21
Abbildung 13:	Netzplan mit Erdsondenfelder.....	24
Abbildung 14:	Regelprofil mit allen Gewerken inkl. KNW-Leitungen einer Straße. Quelle: Zimmermann Ingenieurgesellschaft mbH.....	25
Abbildung 15:	Temperatur Heizungsspeicher (Rot), Wärmepumpenlast (Blau), PV-Erzeugung (Gold), Temperatur Warmwasserspeicher (Grau), Bild: Polysun-Simulation, schäffler sinnogy.....	29
Abbildung 16:	Varianten des städtebaulichen Entwurfs, Variante 3 inkl. KNW-Netzplanung und Sondenfelder (Bild: Stadt Ettlingen / Ingenieurbüro Roland Reiter)	35
Abbildung 17:	Beispielhafte Ausführung einer PV-Dachterrasse (Bild: solar-terrassen.de)	37
Abbildung 18:	Mögliche Arealnetze im Baugebiet.....	39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Optionen einer klimaneutralen Energieversorgung in Form eines morphologischen Kastens.....	11
Tabelle 2:	Übersicht der Gebäude und der Energiebedarfe des Baugebiets.....	20
Tabelle 3:	Geplante Wärmepumpen	20
Tabelle 4:	Übersicht der Wärmequellen	23
Tabelle 5:	Stromerzeugung aus PV-Anlagen.....	27
Tabelle 6:	Klimabilanz für das Baugebiet.....	30
Tabelle 7:	Kostenüberblick mit BAFA-Förderung Wärmenetze 4.0 und Quartiersversorger	32
Tabelle 8:	Abschätzung der spezifischen Wärmekosten pro Gebäudetyp	32
Tabelle 9:	Kostenvariante 3 mit BAFA Wärmenetze 4.0 und Quartiersgenossenschaft	34

1 Zusammenfassung und Empfehlungen

1. Eine sektorübergreifende, klimaneutrale Versorgung mit Strom, Wärme und Mobilität der künftigen Eigentümer und Bewohner ist gewährleistet.

Eine klimaneutrale Strom- und Wärmeversorgung für das Baugebiet „Lange Straße Nord“ ist machbar und für die Bauherren wirtschaftlich vorteilhaft. Die klimaneutrale Wärme kann mit Erdwärmesonden gewonnen werden und die PV-Anlagen liefern ausreichend klimaneutralen Strom. Die Dächer bieten sogar ausreichend Flächenpotential, um auch den künftigen Ladestrom für Elektrofahrzeuge klimaneutral bereitstellen zu können. Damit ist eine sektorübergreifende, klimaneutrale Versorgung mit Strom, Wärme und Mobilität der künftigen Eigentümer und Bewohner gewährleistet.

2. Eine klimaneutrale Energieversorgung ist langfristig sehr sicher, unabhängig und kostenstabil.

Die klimaneutrale Quartiersversorgung ist langfristig sehr sicher, unabhängig und kostenstabil. Die Wärme wird zu 100 % aus erneuerbaren Energien vor Ort gewonnen. Sie unterliegt keinem Brennstoffmarkt oder CO₂-Steuern. Der vor Ort erzeugte Strom kann mit bis zu 50 % bis 70 % direkt vor Ort genutzt werden und bietet für 20 bis 30 Jahre eine sehr günstige und sehr kostenstabile Stromversorgung. Lediglich ca. 30 % bis 50 % des Strombedarfs muss weiterhin noch aus dem öffentlichen Netz bezogen werden mit den zu erwartenden Preissteigerungen.

3. Die Sommerkühlung aller Wohnungen ist bereits inklusive.

Eine klimaneutrale Wärmeversorgung aus dem Erdreich bietet weiterhin den Vorteil, dass im Sommer die Wohnungen praktisch kostenfrei temperiert werden können. Angesichts der Hitzesommer der letzten Jahre ist dies sicherlich ein substantieller Wertvorteil in der Vermarktung der Grundstücke und Wohnungen.

4. Die wirtschaftlichste Variante kann auf Basis einer Machbarkeitsstudie ermittelt werden.

Ob eine private Versorgung (Variante 2) oder eine Versorgung durch einen Quartiersversorger (Variante 4 bzw. 5) wirtschaftlicher ist, kann erst im Rahmen einer Machbarkeitsstudie verlässlich ermittelt werden. Hierfür ist eine Probebohrung unumgänglich. Erst auf diesen Ergebnissen kann die tatsächliche Entzugsleistung des Erdreichs ermittelt werden und damit die Anzahl und die Kosten der Erdwärmesonden, sowohl auf den privaten Grundstücken und wie auf den öffentlichen Flächen. Im Rahmen einer Ausschreibung können dann die Kosten einer Quartiersversorgung im Markt ermittelt und den Kosten einer privaten Versorgung gegenübergestellt werden.

Auf Basis der Ergebnisse können dann die Eigentümer fundiert die Variante auswählen, die am wirtschaftlichsten ist und ihren Präferenzen entspricht.

5. Die Förderungen können nur vor Maßnahmenbeginn beantragt werden.

Zu beachten ist dabei, dass alle Förderprogramme nur in Anspruch genommen werden können, wenn das Vorhaben noch nicht begonnen wurde. Als Vorhabensbeginn gilt bei der Quartiersversorgung die Beauftragung der Bauarbeiten für die Verlegung des Kalten Nahwärmenetzes und die Bohrung der EWS. Von daher sollten unbedingt die Ausschreibung und die Vergabe der Erschließungsarbeiten mit dem Zeitplan der Förderantragstellung abgestimmt werden.

6. Die Machbarkeitsstudie sollte so bald wie möglich durchgeführt werden, da die Bewilligungsfristen bei der BAFA aktuell stark ansteigen.

Durch die verbesserten Förderkonditionen zeichnet sich bereits ein hoher Andrang auf die Fördermittel ab. Nach aktueller Auskunft der BAFA (Anfang Feb. 2020) ist bereits mit einer mehrmonatigen Bewilligungsphase der Anträge zu rechnen. Daher wird dringend empfohlen, die BAFA-Machbarkeitsstudie möglichst umgehend zu beantragen, auch wenn die eigentliche Erschließung des Baugebiets erst in 2021 oder später erfolgt. Die Durchführung der Studie kann dann innerhalb von 12 Monate erfolgen und auf bis zu 24 Monate verlängert werden.

2 Einleitung

2.1 Objekt

Schluttenbach ist ein Ortsteil von Ettlingen und liegt etwa 5 km südlich vom Ortskern auf einer Höhe von rund 328 m ü. NN auf den westlichen Randhöhen des Nordschwarzwaldes.

Das Baugebiet „Lange Straße Nord“ umfasst ca. 1,5 ha und liegt im Stadtteil Schluttenbach nördlich der Lange Straße (vgl. Abbildung 1). Das Baugebiet grenzt im Osten und Süden an weitere Wohngebiete, im Westen und Norden ist es von Grünflächen umgeben. Die Fläche wurde bisher landwirtschaftlich genutzt.



Abbildung 1: Baugebiet „Lange Straße Nord“ im Stadtteil Schluttenbach, Ettlingen (Bild: in Anlehnung an Google Maps)

Abbildung 2 zeigt den aktuellen Plan und eine Grundstücksübersicht für das Baugebiet. Laut Angaben des Auftraggebers ist der Bau von insgesamt 53 Wohneinheiten (WE) geplant. Die Grundstücke befinden sich überwiegend im Besitz von privaten Bauherren.



Abbildung 2: Grundstücksübersicht mit Flächenangaben (Grundstücksgröße) (Bild: Planungsamt Ettlingen)

2.2 Zielsetzung

Im Rahmen der Potentialstudie wird ermittelt, ob das Baugebiet grundsätzlich klimaneutral mit Wärme und Strom versorgt werden kann. Hierfür wird das örtliche verfügbare Wärmepotential sowie das Potential für die Solarstromerzeugung abgeschätzt. Verbrennungsbaasierte Technologien werden nicht berücksichtigt (vgl. Kapitel 3). Auf Basis der Potentialanalyse werden die Klimabilanz sowie Investitions- und Betriebskosten abgeschätzt. Ergänzend dazu werden mögliche Förderprogramme identifiziert und bewertet. Hierzu zählen insbesondere die Programme KfW-Effizienzgebäude, BAFA-Marktanreizprogramm sowie das BAFA-Förderprogramm Wärmenetze 4.0. Zu Beginn des Jahres 2020 wurden die Konditionen von allen genannten Förderprogramme deutlich verbessert.

Investitionskosten, Förderungen und Betriebskosten zusammen bilden dann die Grundlage für die Ermittlung der **flächenspezifischen Vollkosten der Wärmeversorgung** als zentraler Kennwert für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit.

3 Grundlagen einer klimaneutralen Energieversorgung

Wann ist die Energieversorgung eines Baugebiets klimaneutral? Diese Frage wird auf Basis bestimmter Regeln für die Bilanzierung der CO₂-Emissionen beantwortet¹. Hierfür wird zunächst eine gedanklicher Bilanzkreis um das Baugebiet gezogen und ermittelt, welche Energieträger importiert, exportiert und innerhalb der Bilanzgrenze gewonnen werden (vgl. Abbildung 3).

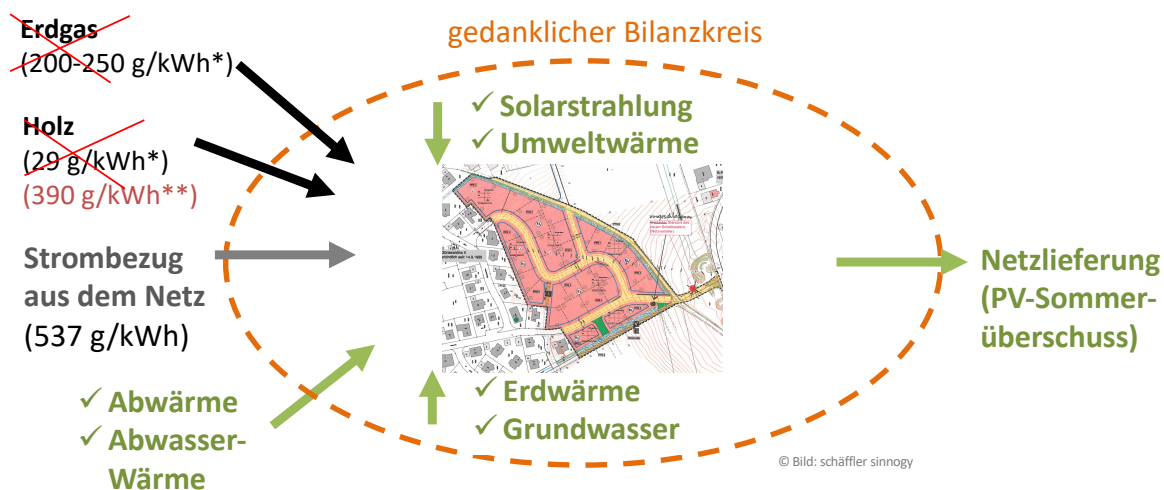


Abbildung 3: Bilanzierungsregeln für klimaneutrale Baugebiete

Klimaneutrale Wärme

Welche Wärmequellen kommen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung in Frage? Erdgas scheidet als fossiler Brennstoff aufgrund seiner hohen CO₂-Emissionen aus, auch für die Nutzung in einem BKH. Bleiben demnach noch Holz, Abwärme, Abwasser und natürliche Wärmequellen.

Holz wird häufig als klimaneutraler Energieträger betrachtet, denn die CO₂-Emissionen werden ja vorab durch Bäume dem natürlichen Kreislauf entzogen, so die Logik. Tatsächlich entstehen aber durch die Holzverbrennung vor Ort knapp doppelt so hohe CO₂-Emissionen wie z.B. durch Erdgas². Da wir insbesondere bis 2030 die CO₂-Emissionen drastisch reduzieren müssen, um die Pariser Klimaziele zu erreichen, ist die Nutzung von Holz im Neubau nicht ratsam. Denn langfristig kann die Holznutzung durchaus klimaneutral sein, kurzfristig

¹ Vgl. Regelwerk für klimaneutrale Gebäude und Standorte der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen https://www.dgnb.de/de/themen/klimaneutrale-gebäude/?pk_campaign=sys_box_de_rahmenwerk

² <https://www.volker-quaschnig.de/datserv/CO2-spez/index.php>

müssen die CO₂-Emissionen der Holzverbrennung jedoch bei der Klimabilanz voll angerechnet werden.

Holzverbrennung in Neubaugebieten ist aber auch aufgrund eines weiteren Aspekts problematisch. Denn mit einer Holzverbrennung werden heiße Wärmenetze mit einer Vorlauftemperatur von 60 bis 80 °C geplant. Entsprechend werden auch die Heizungssysteme der neuen Gebäude auf hohe Vorlauftemperaturen ausgelegt. Eine spätere Umstellung auf niedrigere Vorlauftemperaturen ist gar nicht oder nur mit hohen Kosten möglich. Damit sind die künftigen Eigentümer auf Jahrzehnte hinaus an Verbrennungstechnologien gebunden und haben keine Chance auf eine effektiv CO₂-freie Energieversorgung.

Sinnvoller ist es daher, bei Neubaugebieten Holz lediglich als Baustoff zu nutzen. Denn hierdurch wird langfristig CO₂ der Umwelt entzogen.

Bleiben für eine klimaneutrale Wärmeversorgung also nur noch „kalte“ Wärmequellen übrig, die feuerfrei, also ohne Verbrennung genutzt werden können. Hierzu zählen z.B. das Erdreich, Grundwasser, Oberflächenwasser, Umwelt, Abwasserkanäle sowie Abwärme aus Gewerbebetrieben. In der Regel gibt es in jedem Baugebiet in der Summe ausreichend verfügbaren Wärmequellen, um eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu ermöglichen.

Diese kalten Wärmequellen können entweder unmittelbar auf den Grundstücken eines Gebäudes, wie durch Solarabsorber oder Erdwärmesonden, oder im Baugebiet verteilt gewonnen und mit Hilfe eines kalten Nahwärmenetzes (KNW) an die Gebäude verteilt werden. Die Wärmepumpen in den Gebäuden nutzen dann diese kalte Nahwärme um die entsprechende Heiz- und Warmwasserwärme zu erzeugen.

Die effektiven Wärmevollkosten der Wärmequellen hängen stark von den geologischen Gegebenheiten des Baugebiets ab. Für die Vorplanung kann allerdings grundsätzlich folgende Reihenfolge in Bezug auf die Kosten angenommen werden:

- **Grundwasser** ist mit Abstand die kostengünstigste Wärmequelle. Wenn diese in einem Baugebiet verfügbar ist, sollte sie prioritär genutzt werden.
- **Erdwärmesonden (EWS)** sind in der Regel die zweitgünstigste Option. Gemeinschaftlich genutzte EWS gruppiert in Feldern sind dabei in der Regel kostengünstiger als privat EWS, weil sie tiefer gebohrt und effizienter genutzt werden können.
- Die Kosten für die Nutzung von **Abwärme und Abwasser** sind stark von den örtlichen Begebenheiten abhängig und können daher nicht grundsätzlich bewertet werden.
- **Umweltwärme** (Luft, Solare Strahlung) ist saisonal sehr unterschiedlich verfügbar. Daher sind häufig Wärmespeicher erforderlich, wie z.B. Eisspeicher.

Klimaneutraler Strom

Eine klimaneutrale Wärmeversorgung ist dementsprechend möglich. Bleibt damit die Frage, wie der erforderliche Strombedarf des Baugebiets, also der Wärmestrom für die Wärmepumpen, der Nutzstrom für die Wohn-, Gewerbe- und öffentlichen Gebäude sowie ggf. der Ladestrom für die Elektromobilität klimaneutral vor Ort erzeugt werden kann.

Der Stromimport aus dem öffentlichen Netz wird unabhängig davon, aus welcher Quelle der Strom bezogen wird, immer mit dem durchschnittlichen CO₂-Mix der öffentlichen Stromversorgung bewertet. Diese Regel verhindert, dass Klimaneutralität einfach z.B. durch den Import von Strom aus Wasserkraft aus Norwegen oder Österreich erreicht wird.

Um Klimaneutralität sicher zu stellen, muss daher der erforderliche Strombedarf lokal vor Ort möglichst ohne CO₂-Emissionen erzeugt werden. Unsere und viele andere Referenzprojekte zeigen, dass dies bei einer umsichtigen städtebaulichen Planung und bei einer geschickten Flächennutzung von Dächern, Carports und ggf. auch von Fassaden grundsätzlich mit Photovoltaikanlagen (kurz PV-Anlagen) möglich ist, und zwar für jedes Baugebiet, selbst für einen ganzen neuen Stadtteil mit 6.500 WE wie Freiburg-Dietenbach.³ Sogenannte photovoltaisch-thermische Kollektoren (PVT) erlauben dabei die dreifache Nutzung der Dachflächen: für die Erzeugung von Sonnenstrom, für die Gewinnung von solarer Umweltwärme sowie für die Dachbegrünung.

Ein Stromüberschuss der PV-Anlagen im Sommer, der in das Netz exportiert wird, kann allerdings mit dem Stromimport im Winter verrechnet werden. Wenn also in der Jahresbilanz ein Exportüberschuss entsteht, kann man unvermeidliche CO₂-Emissionen, die innerhalb der Bilanzierungsgrenzen entstehen, kompensieren.

4 Optionen für eine klimaneutrale Energieversorgung

4.1 Übersicht über die Optionen

Für die Umsetzung einer klimaneutralen Energieversorgung stehen verschiedene Optionen zur Verfügung. Diese haben einen direkten Einfluss auf die Klimabelastung, die Wirtschaftlichkeit und das Betreibermodell. Tabelle 1 zeigen diese Optionen in Form eines morphologischen Kastens. Dabei sind die Optionen **in Spalten** nach den Bereichen Gebäudeeffizienz, Quellenanlage, Heizungsanlagen und PV-Anlagen strukturiert. Für jeden Bereich sind die Optionen von unten nach oben aufsteigend aufgeführt. Die Quellen sind separat zu sehen. Für eine Variante wird dann jeweils eine Option pro Spalte ausgewählt. Die **Var. 1201** z.B. steht dann für die Vorgaben KfW 55 (Gebäudeeffizienz), Anschlusspflicht KWN

³ <https://ekademie.com/podcast-einfach-clever/zugang-download-dietenbach/>

(Quellenanlage), keine Vorgaben für Heizungsanlage (Heizungsanlage) und PV-Ausbau-pflicht (PV-Anlage).

Tabelle 1: Optionen einer klimaneutralen Energieversorgung in Form eines morphologischen Kastens

		Gebäudeeffizienz	Quellenanlage	Heizungsanlage	PV-Anlage
Opt 3	§	KfW 40+ / Passivhaus	Anschlusspflicht KNW + WP		
	T	KfW 40, Passivhaus	Quelle+ KNW-Netz öff. Grund	Sole-Wasser-WP	
	€	KfW 25 % / 30.000 €	40 % - 50 % BAFA-WN4.0		
Opt 2	§	KfW 40	Anschlusspflicht KNW	keine Vorgaben	Anschlusspflicht PV
	T	KfW 40	Quelle + KNW-Netz öff. Grund	Sole-Wasser-WP	PV gemäß Stromverbrauch
	€	KfW 20 % / 24.000 €	ggf. keine Förderung	35 % BAFA-MAP	EEG
Opt 1	§	KfW 55	Verbot Luft-WP wegen Lärm, Pellet wegen Emissionen		PV-Ausbaupflicht
	T	KfW 55 oder besser	EWS auf Grundstück	Sole-Wasser-WP	PV gemäß Stromverbrauch
	€	KfW 15 % / 18.000 €	35% BAFA-Marktanreizprogramm		EEG
Opt 0	§	keine	keine (ohne Erdgasanschluss)		keine
	T	EnEV-Standard	Luft-WP / Pelletkessel		i.d.R. keine
	€		keine, z.T. geringe		

Hellbau markierte Felder zeigen an, dass die Anlagen privat von den Eigentümern, eine dunkelblaue Markierung, dass die Anlagen von einem Quartiersversorger betrieben werden. Der Quartiersversorger kann auch eine Energiegenossenschaft sein, die die Gebäude-eigentümer bilden. Diese hat den Status eines Kleinen und mittelständischen Unterneh-mens (KMU) und erhält im BAFA-Förderprogramm Wärmenetze 4.0 eine 10 % höhere För-derquote.

Jede Option zeigt pro Spalte drei Zeilen:

- „§“ - kommunale oder privatrechtliche Vorgaben für die Bauherren
- „T“ - Technik, die vorrangig genutzt wird
- „€“ - mögliche Förderprogramme, die genutzt werden können

Eine Kommune bzw. die Gemeinschaft der Flächeneigentümer kann dabei grundsätzlich Vorgaben in folgenden Bereichen machen:

Vorgaben zur Gebäudeeffizienz

- Die Gebäudeeffizienz hat einen direkten Einfluss auf den Energiebedarf des Baugebietes und damit auf die Kosten der Wärmegegewinnung und -erzeugung. Ohne Vorgaben wird in der Regel häufig nur der EnEV-Mindeststandard erfüllt.
- Der KfW 55-Standard ist mit sehr geringem Mehraufwand zu erreichen und daher stan-dardmäßig zu empfehlen.
- Für die höheren KfW-Standards gibt es seit Januar 2020 auch deutlich verbessert Förder-konditionen⁴, so dass auch die Vorgabe dieser Standards wirtschaftlich durchaus vertret-bar ist.

⁴ <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/EBS-2020/>

Vorgaben zu den Quellenanlagen

- Hier können z.B. Verbrennungstechnologien (Erdgas, Holz) oder aus Gründen des Lärmschutzes Luft-Wasser-Wärmepumpen ausgeschlossen werden. In der Regel werden dann Erdwärmesonden mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe verbaut.
- Alternativ hierzu kann der Anschluss an einer gemeinschaftlichen Wärmeversorgung verpflichtend vorgegeben werden. Der Gebäudeeigentümer ist dann für den Kauf und den Betrieb der Wärmepumpe eigenständig verantwortlich.

Verpflichtung zum Anschluss an eine gemeinschaftliche Wärmeversorgung

- Alternativ dazu kann auch der Anschluss an eine Wärmelieferung inkl. Betrieb der Wärmepumpe durch einen Quartiersversorger vorgegeben werden. Vorteil ist, dass die Anlagen optimal aufeinander abgestimmt sind und die Gebäudenutzer ohne Aufwand und Risiko klimaneutrale Wärme erhalten.

Verpflichtung zum PV-Ausbau

- Hier kann eine generelle PV-Ausbaupflicht vorgegeben werden, so dass der Bauherr seinen geplanten Strombedarf bilanziell selbst durch PV-Anlagen erzeugen muss.
- Diese Ausbaupflicht kann der Bauherr eigenständig nachkommen oder er verpachtet die Dachflächen an einen Dienstleister, der dann die PV-Anlage errichtet und betreibt.
- Er kann aber auch verpflichtet werden, die Dachflächen an den Quartiersversorger zur Verfügung zu stellen, der auch die Wärme bereitstellt. Hierdurch kann dann der Quartiersversorger klimaneutrale Wärme und Strom aus einer Hand liefern.

4.2 Klimaneutrale Varianten

Für eine klimaneutrale Energieversorgung des betrachteten Baugebiets können insbesondere folgende fünf Varianten näher betrachtet werden (vgl. Abbildung 4).

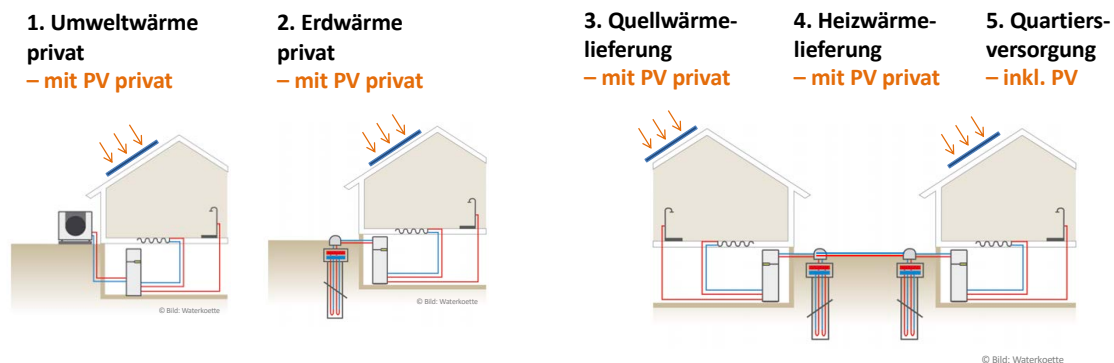


Abbildung 4: Varianten für eine klimaneutrale Energieversorgung (Bild: schäffler sinnogy).

4.2.1 Variante 1 - Umweltwärme mit PV privat

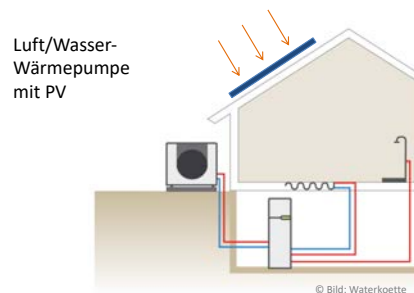
In der Minimalvariante einer klimaneutralen Energieversorgung wird ausschließlich eine PV-Ausbaupflicht formuliert. Wenn kein Erdgas zur Verfügung steht, bauen die Bauherren überwiegend eine Luft-Wasser-Wärmepumpe (z.T. auch einen Pelletkessel, der hier nicht weiter erläutert wird, zum Teil nutzen sie auch Erdwärmesonden, diese werden in der nächsten Variante erläutert). In der Regel erfüllen die Gebäude nur den EnEV-Standard.

- Vorteil einer Luft-Wasser-Wärmepumpe sind die relativ geringen Investitionskosten und die einfache Installation.
- Nachteilig sind die hohe Lärmbelastung, die geringe Energieeffizienz, ein entsprechend hoher Wärmestrombedarf für die Wärmepumpe sowie eine geringe Lebensdauer der Anlage. Damit ergeben sich relativ hohe Wärmevollkosten. Auch kann in der Regel für Luft-Wasser-Wärmepumpen keine BAFA-Förderung in Anspruch genommen werden.

Die Vor- und Nachteile dieser Variante zeigt nochmal Abbildung 5.

Variante 1 – Umweltwärme mit PV privat

✓ Vorteile	○ Nachteile
✓ bewährte Technik	○ geringe Effizienz (JAZ)
✓ einfach zu installieren	○ geringe Lebensdauer
✓ geringe Investitionskosten	○ mittlere Betriebskosten
✓ geringe Marktabhängigkeit	○ hohe Lärmbelastung
✓ keine EEG-Umlage	○ ggf. keine Förderung (JAZ => 4,5)
✓ klimaneutral	○ gewerbl. Tätigkeit



© Bild: schäffler sinnogy

B	Opt. 0001	§	Gebäudeeffizienz	Quellenanlage	Heizungsanlage	PV-Anlage
			keine	keine	keine	PV-Ausbaupflicht
		T	EnEV-Standard	Luft-WP / Pelletkessel		PV gemäß Stromverbrauch
		€		keine, z.T. geringe		EEG

Abbildung 5: Variante 1 – Umgebungswärme mit PV privat (Bild: schäffler sinnogy).

4.2.2 Variante 2 - Erdwärme mit PV privat

Eine effizientere Variante ist die Nutzung von Erdwärme durch eine Erdwärmesonde (EWS) in Kombination mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe. Diese Variante wählen manche EFH-Bauherren von sich aus, weil sie langfristig geringe Energiekosten versprechen, wenn das Erdreich geeignet ist. Für MFH ist diese Variante besonders geeignet.

- Vorteilhaft sind die relativ hohe Energieeffizienz und die lange Lebensdauer, damit ergeben sich in Verbindung mit einer PV-Anlage relativ geringe Wärmekosten. Auch ist die Anlage lärmfrei für die Nachbarschaft.
- Nachteilig sind der höhere Aufwand und die höheren Investitionskosten. Allerdings wird seit Januar 2020 diese Variante durch das BAFA-Marktanreizprogramm mit 35 % der

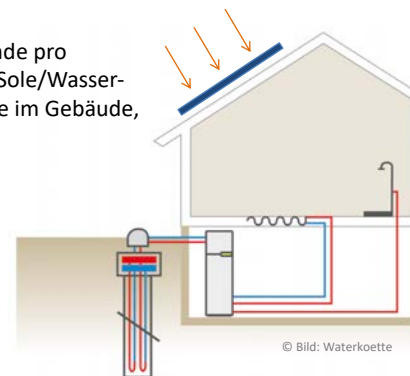
Investitionskosten der Quellenanlage und der Heizungsanlage gefördert. Dadurch ist sie auch ökonomisch sehr attraktiv.

Die Vor- und Nachteile dieser Variante zeigt nochmal Abbildung 6.

Variante 2 – Erdwärme mit PV privat

✓ Vorteile	○ Nachteile
✓ bewährte Technik	○ höherer Aufwand
✓ etwas höhere Effizienz	○ höhere Investkosten
✓ höhere Lebensdauer	○ gewerbl. Tätigkeit
✓ keine Lärmbelastung	
✓ geringe Marktabhängigkeit	
✓ sommerliche Kühlung	
✓ keine EEG-Umlage	
✓ hohe Förderung	
✓ niedrige Stromkosten	
✓ klimaneutral	

Erdwärmesonde pro Bauplatz mit Sole/Wasser-Wärmepumpe im Gebäude, mit PV



© Bild: schäffler sinnogy

A	Opt. 0111		Gebäudeeffizienz	Quellenanlage	Heizungsanlage	PV-Anlage
		§	keine	<i>Verbot Luft-WP wegen Lärm, Pellet wegen Emissionen</i>		PV-Ausbaupflicht
		T	EnEV-Standard	EWS auf Grundstück	Sole-Wasser-WP	PV gemäß Stromverbrauch
€			35% BAFA-Marktanreizprogramm		EEG	

Abbildung 6: Variante 2– Erdwärme mit PV privat (Bild: schäffler sinnogy).

4.2.3 Variante 3 - Quellwärmelieferung mit PV privat

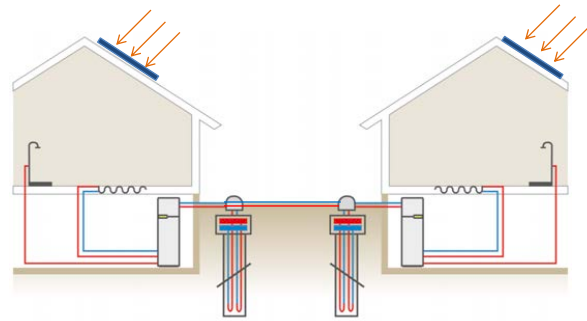
Wenn Grundwasser, Abwasser oder Abwärme genutzt werden kann, dann ist eine gemeinschaftlich genutzte Quellenanlage inkl. kaltem Nahwärmenetz (KNW-Netz) in der Regel deutlich wirtschaftlicher als EWS auf jedem Grundstück. Auch wenn nur EWS genutzt werden können, sind gemeinschaftlich genutzten EWS in der Regel wirtschaftlicher, weil sie tiefer gebohrt und effizienter betrieben werden können.

- Vorteilhaft sind die hohe Energieeffizienz und die lange Lebensdauer, damit ergeben sich in Verbindung mit einer PV-Anlage geringe Wärmekosten. Durch den Gleichzeitigkeitseffekt der Nutzer können auch ca. 10 bis 20 % der Entzugsleistung eingespart werden.
- Nachteilig ist, dass die Quellenanlage und das KNW-Netz nicht durch das BAFA-Marktanreizprogramm förderfähig sind. Das BAFA-Förderprogramm Wärmenetze 4.0 wiederum erfordert eine Wärmelieferung auf Heiztemperaturniveau. Von daher können bei dieser Variante nur die Wärmepumpen gefördert werden, die Quellenanlage und das KNW-Netz in der Regel nicht, allenfalls durch landesspezifische Programme.

In der Summe lohnen sich daher gemeinschaftliche Quellen, insbesondere wenn in dem Baugebiet viele MFH errichtet werden sollen. Die Vor- und Nachteile dieser Variante zeigt nochmal Abbildung 7.

Variante 3 – Quellwärmelieferung mit PV privat Wärmequelle mit Nahwärmenetz durch Quartiersversorger, Wärmepumpen und PV privat

✓ Vorteile	○ Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ✓ bewährte Technik ✓ etwas höhere Effizienz ✓ höhere Lebensdauer ✓ keine Lärmbelastung ✓ geringe Marktabhängigkeit ✓ sommerliche Kühlung ✓ HH-Strom und WP-Strom ohne EEG-Umlage ✓ klimaneutral 	<ul style="list-style-type: none"> ○ höherer Aufwand ○ höhere Investkosten ○ gewerbl. Tätigkeit ○ nur z.T. Förderung



© Bild: Waterkoette

© Bild: schäffler sinnogy

A+	Opt. 0201	§	Gebäudeeffizienz	Quellenanlage	Heizungsanlage	PV-Anlage
			keine	Anschlusspflicht KNW	keine Vorgaben	PV-Ausbaupflicht
		T	EnEV-Standard	Quelle + KNW-Netz öff. Grund	Sole-Wasser-WP	PV gemäß Stromverbrauch
		€		ggf. keine Förderung	35 % BAFA-MAP	EEG

Abbildung 7: Variante 3 – Quellwärmelieferung mit PV privat (Bild: schäffler sinnogy).

4.2.4 Variante 4 - Wärmelieferung mit PV privat

In dieser Variante liefert der Quartiersversorger abrechenbare Wärme. Er betreibt also nicht nur die Wärmequelle und das Wärmenetz, sondern auch die Wärmepumpen in den Gebäuden.

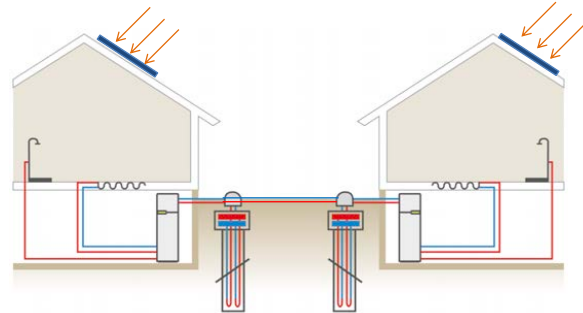
- Vorteilhaft sind die optimale Abstimmung der Wärmepumpen auf die Wärmequellen sowie die Möglichkeit für eine koordinierte, „intelligente Schwarmsteuerung“ aller Anlagen in dem Baugebiet. Hierdurch können hohe Leistungsspitzen in dem Strom vermieden werden, insbesondere wenn auch viele Ladesäulen genutzt werden. Vorteilhaft ist weiterhin, dass das BAFA-Förderprogramm Wärmenetze 4.0 in Anspruch genommen werden kann. Durch dieses Programms werden alle Komponenten der Wärmeversorgung gefördert, also die Quellenanlage, das KNW-Netz, die Wärmepumpe inkl. Installation, Messung und Steuerung. Auch die Planungskosten sowie die Personalkosten des Ausbaus sowie die Betriebskosten der Bauphase können gefördert werden. Die Förderquote richtet sich nach dem Anteil der erneuerbaren Energien sowie dem KMU-Status des Quartiersversorgers. Die Planungskosten werden mit 50 %, die Investitionskosten bei einer Quellenanlagen mit Sole-Wasser-Wärmepumpen mit 40 % gefördert. Ist der Quartiersversorger ein KMU, wie z.B. eine Energiegenossenschaft, ist die Förderung jeweils 10 %-Punkte höher.
- Nachteilig ist, dass der PV-Strom, der von der Wärmepumpe genutzt wird, rechtlich betrachtet kein Eigenverbrauch, sondern eine Stromlieferung von dem Gebäudeeigentümer an den Quartiersversorger darstellt. Damit wird der Eigentümer zu einem Stromlieferanten und die Stromlieferung ist EEG-umlagepflichtig.

In dieser Variante ist es auch sinnvoll, KfW 55 als Mindeststandard vorzugeben, weil hierdurch die Kosten für die Quellenanlagen reduziert werden können. Die Vor- und Nachteile dieser Variante zeigt nochmal Abbildung 8.

Variante 4 – Heizwärmelieferung mit PV privat

Wärmequelle mit Nahwärmenetz und Wärmepumpen durch Quartiersversorger, mit PV privat

✓ Vorteile	○ Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ✓ bewährte Technik ✓ etwas höhere Effizienz ✓ höhere Lebensdauer ✓ keine Lärmbelastung ✓ geringe Marktabhängigkeit ✓ sommerliche Kühlung ✓ HH-Strom ohne EEG-Umlage ✓ hohe Förderung ✓ Wärmekomfort ohne Risiko ✓ klimaneutral 	<ul style="list-style-type: none"> ○ höherer Aufwand ○ höhere Investkosten ○ gewerbl. Tätigkeit ○ Dienstbarkeiten ○ „Stromlieferung“ an Wärmepumpe des QV inkl. voller EEG-Umlage ○ Ausbau in 4 Jahren (+2)



© Bild: Waterkoette

© Bild: schäffler sinnogy

A+	Opt. 1331	§	Gebäudeeffizienz	Quellenanlage	Heizungsanlage	PV-Anlage
			KfW 55	Anschlusspflicht KNW + WP	PV-Ausbaupflicht	
¶	KfW 55 oder besser	Quelle + KNW-Netz öff. Grund	Sole-Wasser-WP	PV gemäß Stromverbrauch		
€	KfW 15 % / 18.000 €	40% - 50% BAFA-WN4.0	EEG			

Abbildung 8: Variante 4 – Wärmelieferung mit PV privat (Bild: schäffler sinnogy).

4.2.5 Variante 5 - Energielieferung durch Quartiersversorger

In dieser Variante betreibt der Quartiersversorger neben den Wärmeanlagen auch die PV-Anlagen.

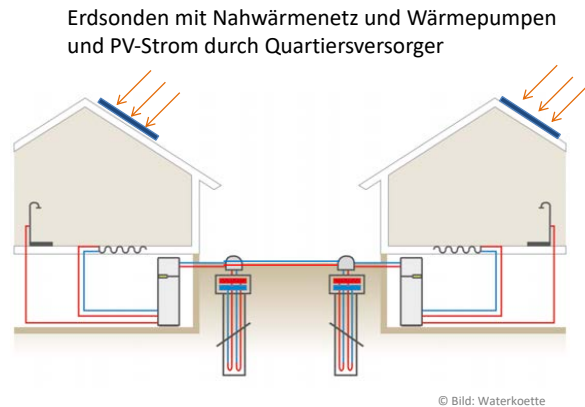
- Vorteilhaft ist hierbei, dass der Gebäudeeigentümer von den Pflichten eines PV-Anlagenbetreibers befreit ist und der Wärmestrom in der Regel von der EEG-Umlage befreit ist. Der Quartiersversorger kann alle Anlagen optimal aufeinander abstimmen und netz- und marktdienlich steuern. Im Schwarm aller Anlagen können z.B. negative Börsenpreise genutzt werden oder Netzdienstleistungen angeboten werden. Insbesondere wenn in dem Baugebiet Ladesäulen aufgebaut werden, ist eine koordinierte Steuerung aller Anlagen erforderlich, weil sonst sehr hohe Lastspitzen und damit hohe Netzkosten entstehen.
- Nachteilig ist, dass nun die Lieferung des PV-Stroms an die Haushalte und an die Ladesäulen EEG-umlagepflichtig ist. Allerdings nimmt die EEG-Umlage in den kommenden 20 Jahren kontinuierlich ab, so dass dieser Nachteil zunehmend weniger relevant wird.

In der Summe aller Aspekte kann daher ein PV-Anlagenbetrieb durch einen Quartiersversorger eine vorteilhafte Lösung sein. Die Bauherren erhalten klimaneutralen Strom und Wärme „aus der Steckdose“ bzw. „aus dem Heizkörper“, ohne Anlagenrisiko, ohne Aufwand und ohne gewerbliche Tätigkeit. Auch hier sollte mindestens der KfW 55 vorgegeben

werden, es sind aber auch höhere Standards möglich. Die Vor- und Nachteile dieser Variante zeigt nochmal Abbildung 9.

Variante 5 – Quartierslieferung inkl. PV

✓ Vorteile	○ Nachteile
✓ bewährte Technik	○ höherer Aufwand
✓ etwas höhere Effizienz	○ höhere Investkosten
✓ höhere Lebensdauer	○ Dienstbarkeiten
✓ keine Lärmbelastung	○ Stromlieferung an HH mit voller EEG-Umlage
✓ geringe Marktabhängigkeit	○ Ausbau in 4 Jahren (+2)
✓ hohe Förderung	
✓ keine EEG-Umlage für Wärmestrom	
✓ Wärme- und Stromkomfort ohne Risiko	
✓ klimaneutral	



© Bild: schäffler sinnogy

A+	Opt. 2332	§	Gebäudeeffizienz	Wärmequelle	Heizungsanlage	PV-Anlage
			KfW 40	Anschlusspflicht KNW + WP		Anschlusspflicht PV
			KfW 40 / +	Quelle + KNW-Netz öff. Grund	Sole-Wasser-WP	PV gemäß Stromverbrauch
			KfW 25 % / 30.000 €	40% - 50% BAFA-WN4.0		EEG

Abbildung 9: Variante 5 – Quartiersversorgung inkl. PV (Bild: schäffler sinnogy).

4.2.6 Fazit

Die Ausführungen zeigen, dass eine klimaneutrale Energieversorgung in einem Baugebiet durch verschiedene Varianten erreicht werden kann. Zentraler Baustein ist dabei immer der PV-Ausbau, unabhängig davon ob die PV-Anlage privat, durch einen Energiedienstleister oder durch einen Quartiersversorger betrieben wird. Durch die deutlich verbesserten KfW-Förderkonditionen sind auch höhere Gebäudeeffizienzstandards ohne Zweifel wirtschaftlich, so dass grundsätzlich mindestens der KfW 55-Standard wenn nicht höhere vorgegeben werden können. Höhere Standards reduzieren die erforderliche Heizleistung und den Wärmebedarf substantiell und damit langfristig die Wärmekosten.

Ob eine private Wärmeversorgung oder eine Quartiersversorgung vorteilhafter ist, hängt im Wesentlichen von der Verfügbarkeit der Wärmequellen in dem Baugebiet ab und natürlich von den Präferenzen der Flächeneigentümer. Sowohl die Variante 2 „Erdwärme mit PV“ privat wie auch die Variante 4 „Wärmeversorgung mit PV privat“ bzw. 5 „Quartiersversorgung inkl. PV“ können attraktive Fördermittel in Anspruch nehmen. Daher kann die Wirtschaftlichkeit nicht pauschal angegeben werden, sondern muss für den Einzelfall im Rahmen einer Machbarkeitsstudie ermittelt werden.

Bei der Planung des Baugebiets sollte allerdings heute schon der Ausbau der Ladeinfrastruktur mit betrachtet werden. Wenn die Bauphase der geplanten Baugebiete abgeschlossen sein wird, wird bereits ein hoher Anteil der Autos elektrisch betankt. Die Ladesäulen

Abbildung 11 zeigt die Unterteilung der verschiedenen Gebäudetypen im Neubaugebiet. Insgesamt liegen sechs Gebäudetypen vor.

- **A:** 8 Einfamilienhäuser mit je 1 WE (EFH)
- **B:** 4 Kettenhäuser mit je 1 WE (KH)
- **C:** 2 x 2 Doppelhaushälften mit je 1 WE (DHH)
- **D:** 2 x 3 Reihenhäuser mit je 1 WE (RHH)
- **E:** 5 Mehrfamilienhäuser mit je 5 WE (MFH groß)
- **F:** 2 Mehrfamilienhäuser mit je 3 WE (MFH klein)

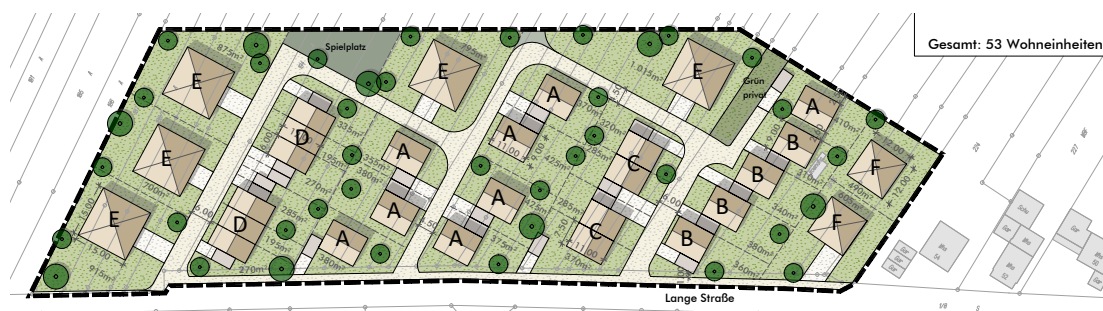


Abbildung 11: Kategorisierung der Neubauten im Städtebaulichen Entwurf (Bild: sinnogy)

Da die Gebäudetypen EFH, DHH, KH und RH relativ ähnliche Gebäudeparameter aufweisen werden diese für die nachfolgenden Betrachtungen zusammen als eine Gebäudekategorie „EFH“ zusammengefasst.

Tabelle 2 zeigt die Eckdaten der Gebäude der Kategorie EFH pro Baufeld bzw. pro Gebäudetyp sowie die ermittelten Werte für den Wärme- und Strombedarf. Die Eckdaten für die Gebäudegrundflächen sowie Anzahl der Stockwerke und Wohneinheiten je Gebäudetyp wurden vom Auftraggeber angegeben. Für die Umrechnung auf Nutzfläche werden Faktoren laut Baukosteninformationszentrum verwendet.

Für die Neubauten wird ein **KfW-Effizienzstandard 55 (KfW 55) empfohlen**. Der Wärmebedarf wird auf Basis der VDI 4640 abgeschätzt. Allerdings wird die hierdurch ermittelte Leistung anhand von Erfahrungswerten korrigiert, da ansonsten eine deutlich unterdimensionierte Anlage geplant wird. Der Strombedarf wird auf Basis von Kennwerten von verschiedenen Leitfäden ermittelt.

Insgesamt haben die Gebäude einen **Gesamtwärmebedarf von ca. 305 MWh/a** sowie einen **Strombedarf von ca. 178 MWh/a**.

Tabelle 2: Übersicht der Gebäude und der Energiebedarfe des Baugebiets

1. Gebäude und Bedarf		Quartier		EFH		MFH groß		MFH klein	
Eigenschaft		pro	Gesamt	pro Objekt	Gesamt	pro Objekt	Gesamt	pro Objekt	Gesamt
Anzahl Objekte	#		29		22		5		2
Gebäudegrundfläche	m ²		3.363	89	1.950	225	1.125	144	288
Stockwerke	#								
BGF	m ²		7.851	177	3.900	675	3.375	288	576
Faktor Nutzfläche/BGF	-		0,676	0,665		0,686		0,686	
Nutzfläche (beheizt)	m ²		5.304	118	2.594	463	2.315	198	395
WE	#		53	1	22	5	25	3	6
Personen	#		140	4	78	10	50	6	12
Gebäudeeffizienzstandard	KfW		55		55		55		55
Gesamtwärmebedarf	MWh/a		305	7,8	172,5	22,0	110,0	11,3	22,5
thermische Leistung	kW_{th}		161	4,1	90,8	11,6	57,9	5,9	11,9
spez. Leistungsbedarf	W/m ² a			35		25		30	
Jahresarbeitszahl	-			5,0		5,0		5,0	
thermische Entzugsleistung	kW _{th}		128	3,3	72,6	9,3	46,3	5	9,5
elektrische Leistung	kW _{el}		32	0,8	18,2	2,3	11,6	1	2,4
VBH	h		1.900	1.900		1.900		1.900	
Heizwärmebedarf	MWh/a		198	5,1	112,1	14,3	71,5	7,3	14,6
Warmwasserbedarf	MWh/a		107	2,7	60,4	7,7	38,5	3,9	7,9
WW-Anteil				35%		35%		35%	
Gesamtstrombedarf	MWh/a		178	3,9	86,4	15,5	77,6	7,0	14,0
Wärmestrombedarf	MWh/a		61	1,6	34,5	4,4	22,0	2,3	4,5
HH-/Gewerbestrombedarf	MWh/a		117	2,4	51,9	11,1	55,6	4,7	9,5
spez. HH-Strombedarf	kWh/m ²			20,0		24,0		24,0	

5.2 Anlagen

In diesem Abschnitt wird das Anlagenkonzept für die Wärmeerzeugung sowie optional für die sommerliche Kühlung pro Gebäudetyp dargestellt.

Die Wärmebereitstellung erfolgt pro Gebäude durch Sole-Wasser-Wärmepumpen, die mit jeweils zwei Pufferspeichern ausgestattet sind (vgl. Abbildung 12). Der erste Pufferspeicher liefert Wärme in die Heizkreise, der zweite Pufferspeicher an eine zentrale Frischwasserstation bzw. an dezentrale Frischwasserstationen pro Wohneinheit.

Jedes Gebäude wird von einer Wärmepumpe versorgt, damit umfasst das Baugebiet insgesamt 29 Wärmepumpen (vgl. Tabelle 3). In den Einfamilienhäusern beträgt die durchschnittliche thermische Leistung der Wärmepumpe ca. 4,1 kW_{th}, in den großen Mehrfamilienhäusern ca. 11,6 kW_{th} und in den kleinen Mehrfamilienhäusern ca. 5,9 kW_{th}. Die thermische Gesamtleistung der Wärmepumpen liegt somit bei ca. 161 kW_{th}.

Tabelle 3: Geplante Wärmepumpen

2. Anlagen		Quartier		EFH		MFH groß		MFH klein	
Wärmepumpe		pro	Gesamt	pro Objekt	Gesamt	pro Objekt	Gesamt	pro Objekt	Gesamt
Anzahl	#		29		22		5		2
thermische Leistung	kW _{th}		161	4,1	90,8	11,6	57,9	5,9	11,9

Da der Trinkwarmwasserkreis ein größeres Volumen hat, wird eine Zirkulation nötig und es besteht eine Beprobungspflicht auf Legionellen. Es sind ca. 65 °C Vorlauftemperatur im Ladekreis zur Beladung der Frischwasserstation nötig, um eine Trinkwarmwasserbereitung mit 60 °C zu gewährleisten. Diese Temperatur ist aufgrund des großen Volumens der Trinkwarmwasseranlage in den MFH (sog. „Großanlage“) nötig, um der TrinkwV gerecht zu werden.

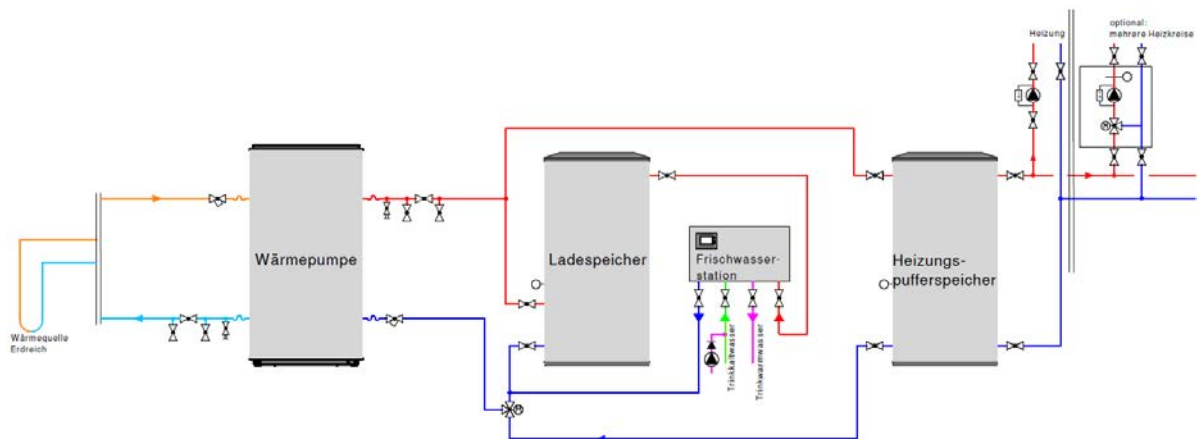


Abbildung 12: Schema Wasser-Wasser-WP für Mehrfamilienhaus (MFH) (Bild: Christian Hug Energiekonzepte)

5.3 Wärmequellen

In diesem Abschnitt werden die möglichen Wärmequellen identifiziert sowie deren mögliche Leistungen auf Basis von geologischen Daten, Literaturwerten und Marktdaten abgeschätzt.

Das Gelände des Bauprojekts umfasst folgende Flurstücke:

186, 187, 188/1, 189, 190, 191, 193, 194, 196, 199, 200, 201, 203, 204/2, 205, 206, 207/1, 207/2, 208, 209, 210/1, 211, 212, 213/1, 213/2, 214, 215, 216, 218, 219, 221 und 222.

Für die Ermittlung der nutzbaren Wärmequellen werden folgende Quellen/Unterlagen genutzt:

- Auszüge aus dem Bebauungsplan
- Auskünfte des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB)
- Geologische Karten
- Google Earth
- Heizlastberechnungen TGA-Büro Reiter

5.3.1 Geologische Beschaffenheit

Das Projektgebiet befindet sich östlich der Schwarzwaldhauptverwerfung. Hier lagern unter geringmächtigen Deckschichten die triassischen Sandsteine in großer Mächtigkeit. Das Projektgebiet befindet sich außerhalb von Wasser- oder Heilquellenschutz zonen.

5.3.2 Grundwassernutzung

Im Projektgebiet befindet sich kein Porengrundwasserleiter, der thermisch genutzt werden könnte. Auch wenn in Klüften der Sandsteine mit Kluftwasser zu rechnen sein wird, ist dieses Kluftwasser für eine thermische Nutzung ungeeignet.

5.3.3 Erdsonden

Die Nutzung von Erdwärmesonden (EWS) ist möglich und genehmigungsfähig. Aufgrund der zu erwartenden Geologie kann mit mittleren Entzugswerten gerechnet werden, auf Grundlage der Projektdaten kann folgende Abschätzung getroffen werden:

- Heizleistung: 161 kW
- Kälteentzugsleistung aus dem Gebirge: 128 kW
- Geologie, vereinfacht: bis - 10 m bindige Deckschichten Kiese, bis Endteufe Sandsteine
- Betrachtungszeitraum: 20 Jahre
- Vorgegebene minimale Rücklauf temperatur: - 3° C
- Verpressmaterial: handelsüblich, $\lambda \sim 1,2 \text{ W/mK}$
- Lastprofil: VBH 1.900 h/a. für die Heizung und die Brauchwassererwärmung
- Jahresmitteltemperatur Ettlingen $\sim 10,4^\circ \text{ C}$ aufgrund der Höhendifferenz +200 m kann für Schluttenbach eine durchschnittliche Temperatur von $9,4^\circ \text{ C}$ angesetzt werden (trockenadiabatisch - $0,5\text{K}/100 \text{ m}$)
- Sondenabstand zueinander: 10 m

Für die Versorgung würden bei der vorliegenden Abschätzung **18 Sonden à 150 m und einem Durchmesser von 40 mm benötigt.**

Für eine belastbare Berechnung muss zwingend über eine Pilotbohrung mit anschließendem Thermal Response Test (TRT) die Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes erkundet werden. Ferner kann über eine Pilotbohrung die bohrtechnisch erreichbare Tiefe erkundet werden, die mit üblicherweise zum Einsatz kommenden Bohrgeräten aufgeschlossen werden kann (vor Allem im Hinblick auf die Rohrstrecke). Anschließend, ebenfalls nach Ermittlung des genauen Wärmebedarfs und des Lastprofils, kann das Sondenfeld berechnet werden. Dies wäre dann Aufgabe einer Machbarkeitsstudie.

Die Kosten für eine Pilotbohrung à 150 m inkl. Ausbau zur Erdwärmesonde, Projektierungs- und Verfahrenskosten und TRT können mit rd. 17.000,- € (netto) abgeschätzt werden.

5.3.4 Erdkollektoren

Die Nutzung mittels Erdkollektoren ist möglich und genehmigungsfähig. Für das Projektgebiet wird die spezifische Wärmeleitfähigkeit des Bodens mit 0,8 - 1,6 W/(m*K) angegeben. Auch wenn die Kollektoren sicher nicht als monovalente Energieform zur Verfügung stehen werden, können sie doch dazu beitragen, den gesamten Wärmebedarf zu decken. Da sie aber im Vergleich zu EWS geringere Leistung bei höheren Kosten bieten, werden sie hier nicht näher betrachtet.

5.3.5 Beurteilung

Die aufgezeigten Möglichkeiten zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie basieren auf den ermittelten Rahmenbedingungen und abgeleiteten geologischen und hydrogeologischen Annahmen. Die Ergebnisse zeigen, dass grundsätzlich in dem Baugebiet ausreichende geothermische Potentiale zur Verfügung stehen, um für alle Gebäude eine **ausreichende Entzugsleistung** sowie eine **ausreichende Wärmemenge** bereit zu stellen. Dabei sollte prioritär die Nutzung von EWS ins Auge gefasst werden, weil sie unter den geologischen Gegebenheiten die kostengünstigste Quelle ist und gleichermaßen im Winter eine nahezu unerschöpfliche Wärmemenge sowie im Sommer Kühlenergie zur Verfügung stellen kann.

Tabelle 4: Übersicht der Wärmequellen

3. Wärmequellen		Quartier	
thermische Entzugsleistung	kW _{th}		128
Gesamtwärmebedarf	MWh/a		305
Erdwärmesonden (EWS)			
Anzahl			18
Bohrtiefe	m	150	
spez. Entzugsleistung pro m	W/m	48	
thermische Entzugsleistung	kW	7	130
Betriebszeiten	VBH	1.900	
Wärmelieferung	MWh/a		246

Unter gegebenen Rahmenbedingungen kann für die Wärmepumpen von einer hohen Effizienz ausgegangen werden, weshalb für nachfolgende Berechnungen eine **Jahresarbeitszahl (JAZ) von 5** zu Grunde gelegt wird. Hieraus ergeben sich für die Dimensionierung der Wärmequellen eine maximale erforderliche thermische Entzugsleistung von ca. 128 kW_{th} sowie eine Wärmelieferung von 305 MWh/a (vgl. Tabelle 4). Zur Bereitstellung dieser thermischen Leistung und Energie sind insgesamt **18 EWS mit einer Bohrtiefe von 150 m** zu empfehlen. Die EWS können alternativ privat auf den Grundstücken der Eigentümer errichtet werden. In diesem Falle müssten 29 EWS errichtet werden.

Erschließungsunternehmen unter die Straßen zu verlegen, wodurch sich weitere wirtschaftliche und ökologische Synergie-Effekte ergeben.

Ein Regelprofil, also der Querschnitt der geplanten Straße eines ähnlichen Baugebietes ist beispielhaft in Abbildung 14 dargestellt. Zu sehen ist die Tiefenlage der KNW-Leitungen. Diese werden üblicherweise in Tiefen von ca. 1,20 m verlegt, an manchen Stellen erfordern Leitungskreuzungen die Tiefenlage zwischen 0,90 m bis 1,30 m zu variieren.

Regelprofil 6

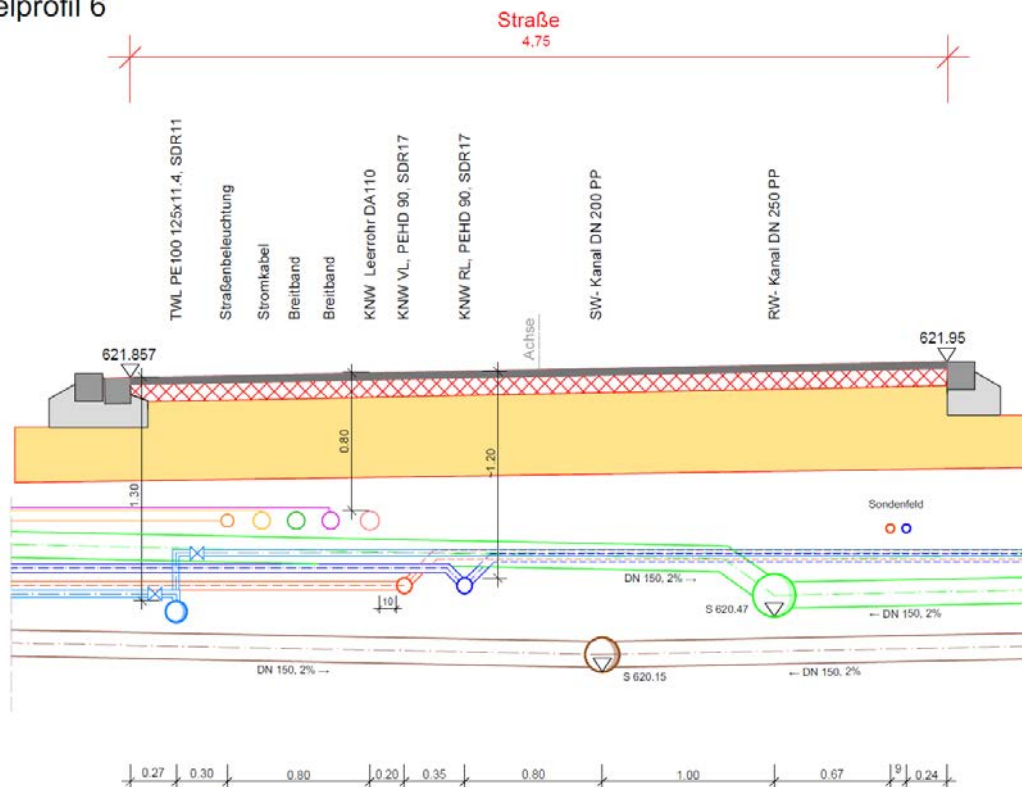


Abbildung 14: Regelprofil mit allen Gewerken inkl. KNW-Leitungen einer Straße. Quelle: Zimmermann Ingenieurgesellschaft mbH

5.4.3 Temperaturniveau im KNW-Netz

Maßgebend für das Temperaturniveau des KNW-Netzes ist die vorhandene Untergrundtemperatur welche im Rahmen des Thermal Response Tests ermittelt wird. Dennoch ist die tatsächliche Vorlauftemperaturen (VL) des KNW-Netzes im Jahresverlauf nicht ausschließlich abhängig von der Wärmequelle, sondern auch von der jeweiligen Wärmelast der Verbraucher. In der warmen Jahreszeit kann aufgrund der durch die solare Einstrahlung erwärmten oberen Schichten des Erdreichs (saisonale Zone) ggf. mit einem zusätzlichen Wärmeeintrag in das KNW-Netz aus diesen Schichten gerechnet werden, ähnlich der Wirkung eines horizontalen Grabenkollektors.

Aufgrund der niedrigen VL-Temperatur des Netzes von maximal 15 °C entfällt die Notwendigkeit einer Wärmedämmung der Leitungen. Dadurch kann das Netz zwischen den EWS-

Feldern und Hausanschlüssen aus ungedämmten Kunststoffrohren errichtet und damit gegenüber herkömmlichen warmen Wärmenetzen Investitionskosten sowie Ressourcen eingespart werden. In warmen Nahwärmenetzen müssen dagegen gedämmte Kunststoffmantelrohrleitungen (KMR) eingesetzt werden, die in der Herstellung und Verlegung deutlich aufwändiger sind.

Aufgrund der langen Lebensdauer der eingesetzten Kunststoffrohrleitungen und der geringeren Investitionskosten gegenüber KMR-Leitungen kann das technische und wirtschaftliche Risiko im Vergleich zu herkömmlichen Wärmenetzlösungen geringer eingeschätzt werden.

5.5 Stromversorgung

In diesem Schritt werden auf Grundlage der Baupläne die für PV-Anlagen geeigneten Dach- und Fassadenflächen identifiziert, das Ertragspotential pro Gebäude abgeschätzt sowie für das Baugebiet aggregiert. Im Abgleich zu dem abgeschätzten Gesamtstrombedarf (Wärmestrom und Haushaltsstrom) wird ermittelt, ob das PV-Potential ausreicht, um eine klimaneutrale Quartiersversorgung zu erreichen.

Das PV-Potential

Die genaue Ausführung der Dächer ist noch nicht abschließend festgelegt. Die Dachform und -ausrichtung haben eine erhebliche Auswirkung auf das PV-Potential. Um dies zu verdeutlichen werden zwei PV-Ausbauvarianten dargestellt:

- **MIN-Variante:** Die Dachflächen werden gemäß des stadtbelaulichen Entwurfs (Variante 3) ausgeführt. Die Gebäude der Kategorie EFH (Einfamilien-, Ketten- und Reihenhäuser) werden mit einem Satteldach ausgeführt. Es wird ein Dachwinkel von 30° angenommen. Aufgrund der angesetzten Firstrichtung ist eine Seite des Daches nördlich ausgerichtet. Diese Seite ist für PV nicht nutzbar. Die MFH werden mit einem Zeltdach und einer Neigung von 15 ° ausgeführt. Aufgrund der resultierenden Giebel fallen, geometrisch bedingt, nutzbare Flächen heraus.
- **MAX-Variante:** Die EFH verbleiben mit einem Satteldach, da diese bereits bilanziell die gleiche Menge PV-Strom erzeugen wie an WP- und HH-Strom benötigt wird. Die MFH werden als **Pultdächer** mit einer Dachneigung von 10° und südlicher Neigung ausgeführt (siehe Kapitel 6.3). Es wird keine Dachbegründung vorgesehen.

Alle Dachflächen beinhalten 10 – 20 % Flächenanteile, die vom PV-Potential abgezogen werden, um mögliche Dachgiebel oder Dachaufbauten zu betrachten.

Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse für die beiden Varianten.

Tabelle 5: Stromerzeugung aus PV-Anlagen

5. Stromerzeugung		Quartier		EFH		MFH groß		MFH klein	
Eigenschaft		pro WE	Gesamt	pro Objekt	Gesamt	pro Objekt	Gesamt	pro Objekt	Gesamt
Gesamtstrombedarf	MWh/a		177,9	3,9	86,4	15,5	77,6	7,0	14,0
MIN-Variante	MWh/a	3,7	197,2	5,5	120,2	12,3	61,3	7,8	15,7
Dachtyp				Sattel	Sattel	Zelt	Zelt	Zelt	Zelt
nutzbare Dachfläche	m ²			31	675	78	390	50	100
spez. Flächenbedarf	m ² /kW _p			5,5		5,5		5,5	
installierte Leistung	kW _p		212	6	123	14	71	9	18
mittlerer spezifischer Ertrag	kWh/kW _p			979		865		865	
MAX-Variante	MWh/a	6,1	325,5	5,5	120,2	32,7	163,5	20,9	41,9
Dachtyp				Sattel	Sattel	Pult	Pult	Pult	Pult
nutzbare Dachfläche	m ²			31	675	208	1.039	133	266
spez. Flächenbedarf	m ² /kW _p								
installierte Leistung	kW _p		360	5,6	123	38	189	24	48
mittlerer spezifischer Ertrag	kWh/kW _p			979		865		865	

Demnach kann in der **MIN-Variante** der voraussichtliche Gesamtstrombedarf (Wärme- und Haushalte) von 178 MWh/a gedeckt und minimale Überschüsse erzielt werden. Die **MAX-Variante** erzielt einen Jahresertrag von ca. 326 MWh/a und damit annähernd 80 % mehr als der Gesamtstrombedarf. Dieser Überschuss kann für die **Deckung des Ladestrombedarfs für E-Fahrzeuge** genutzt werden. Dieser liegt voraussichtlich in der Höhe des Haushaltsstrombedarfs (ca. 120 MWh/a). Weiterhin bietet eine so hohe PV-Leistung auch den Vorteil, dass in Verbindung mit Batteriespeicher ein sehr hoher Anteil des Gesamtstrombedarfs direkt von den PV-Anlagen gedeckt werden kann und auch im Winter entsprechend relativ wenig Strom aus dem Netz bezogen werden muss. Die erhöht langfristig die Kostensicherheit. Die Quoten im Detail können dann im Rahmen einer Machbarkeitsstudie ermittelt werden.

Eigennutzung des PV-Stromes

Im Durchschnitt kann davon ausgegangen werden, dass ca. 40 % des erzeugten PV-Stromes in den Gebäuden direkt genutzt werden kann, um den Eigenbedarf zu decken. Dementsprechend wird ca. 50 – 60 % des Strombedarfes (Haushalts- und Wärmestrom) durch die PV-Anlagen zur Verfügung gestellt und nur ca. 40 % aus dem öffentlichen Netz bezogen. Das gesamte Baugebiet bezieht somit im Schnitt ca. 71 MWh/a aus dem Netz.

5.6 Simulation und Steuerung

In diesem Arbeitsschritt werden die Möglichkeiten für eine sektorgekoppelte Optimierung sowie für eine intelligente „Schwarmsteuerung“ der Anlagen aufgezeigt. Hierfür werden Vorarbeiten, die im Rahmen von Demonstrationsprojekten gewonnen wurden, sowie aktuelle Marktdaten genutzt.

Ohne Steuerung würden die PV-Anlagen in den Mittagszeiten einen hohen Anteil der PV-Erzeugung in das öffentliche Netz einspeisen. Hingegen tritt der Wärmebedarf für die Erzeugung des Warm- und Heizungswassers eher in den Morgen- bzw. Abend- und Nachstunden auf.

Ziel der sektorgekoppelten Optimierung ist es daher, die PV-Erzeugung und die Betriebszeiten der Wärmepumpen möglichst zu synchronisieren, um so einen möglichst hohen Anteil des kostengünstigen PV-Stroms direkt in den Gebäuden verbrauchen zu können. Gleichzeitig kann dadurch der Netzbezug und die Netzeinspeisung markt- und netzdienlich gestaltet werden.

Die Optimierung wird durch zwei Maßnahmen erreicht:

- Die Wärmepumpen werden mit **großzügig dimensionierten Pufferspeichern** für Heizungs- und Warmwasser ausgestattet.
- Die Wärmepumpensteuerung **prognostiziert die PV-Erzeugung** und steuert entsprechend die Betriebszeiten.

Dadurch können die Wärmepumpen vorrangig tagsüber die erforderliche Wärme erzeugen, die abends und nachts benötigt wird. Hierdurch nutzt sie deutlich mehr PV-Strom als ohne Steuerung.

Die Vorteile einer solchen Steuerung wurde mit der Software Polysun simuliert. Abbildung 15 zeigt die Simulationsergebnisse anhand von mehreren Betriebsparametern über einen Verlauf von zwei Tagen in der Übergangszeit. Deutlich sichtbar ist, wie die Betriebszeiten der Wärmepumpe (blau) in die Erzeugungszeiten der PV-Anlage (gold) verlegt werden. Der Heizungsspeicher (rot) wird am Morgen aufgeladen und aufgrund der hohen PV-Verfügbarkeit sogar „überladen“ auf knapp 60 °C. Im Laufe des Abends und der Nacht sinkt dann die Temperatur wieder auf 35 °C. Der Warmwasserspeicher (grau) hingegen bleibt immer im Temperaturbereich zwischen 50 und 55 °C. Am ersten Tag ist eine Nachladung auch in den Abendstunden erforderlich.

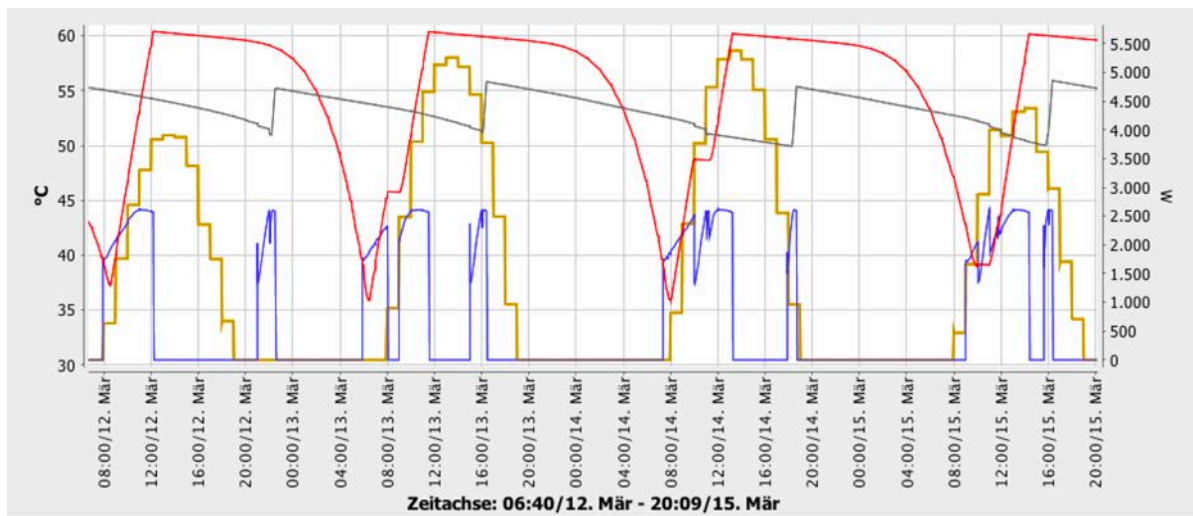


Abbildung 15: Temperatur Heizungsspeicher (Rot), Wärmepumpenlast (Blau), PV-Erzeugung (Gold), Temperatur Warmwasserspeicher (Grau), Bild: Polysun-Simulation, schäffler sinnogy

Mit der oben beschriebenen Steuerung aller Wärmepumpen kann ein netzdienlicher Betrieb für die Einspeisung als auch für den Strombezug aus dem öffentlichen Verteilnetz sichergestellt und die CO₂-Emissionen reduziert werden.

Selbstverständlich ist es nicht möglich, den ganzen Strombedarf der Wärmepumpen mit PV-Strom zu decken. Durch Batteriespeicher kann der direkte Bezug aus der PV-Anlagen noch weiter gesteigert werden.

5.7 Klimabilanz, Förderung, Business Case und Geschäftsmodell

In diesem Arbeitsschritt werden die Energie- und Klimabilanzen berechnet sowie die Kosten der Anlagen zusammengefasst. Weiterhin wird geprüft, welche Förderprogramme in Anspruch genommen werden können. Auf Basis der Investitions- und Betriebskosten werden unter Berücksichtigung der Fördermöglichkeiten die Endkundenwärmepreise abgeschätzt. Die Kostenschätzung dient nur als Indikation und basiert auf marktüblichen Preisen und Kostensätzen. Die tatsächliche Wirtschaftlichkeit und die Endkundenkosten müssen im Rahmen einer detaillierten Machbarkeitsstudie auf Basis der Kosten eines Quartiersversorgers ermittelt werden. Weiterhin werden basierend auf den Vorgaben des Förderprogramms Empfehlungen für entsprechend geeignete Betreiber- sowie für Beteiligungsmodelle erstellt.

5.7.1 Energie- und Klimabilanz

Tabelle 6 fasst nochmals die Ergebnisse der obigen Ausführungen zusammenfassen. Demnach kann mit beiden PV-Ausbauvarianten eine bilanziell klimaneutrale Wärme- und Stromversorgung erreicht werden. Bei der MIN-Variante ergeben sich nur minimale PV-Überschüsse von ca. 10 % des Gesamtstrombedarfs, bei der MAX-Variante übersteigt

dieser Wert ca. 80 %. Demnach bietet die MAX-Variante ausreichend Reserven für die Versorgung von E-Fahrzeugen und für die flexible Gestaltung der Dachflächen einzelner Gebäude.

Tabelle 6: Klimabilanz für das Baugebiet

	MIN-Variante	MAX-Variante
Gesamtstrombedarf	178 MWh/a	178 MWh/a
PV-Erzeugung	197 MWh/a	326 MWh/a
Klimaneutrale Wärmeversorgung	✔	✔
Klimaneutrale Stromversorgung	✔	✔
Klimaneutrale Mobilität	Kaum Reserven	Ausreichend Potential

5.7.2 Förderung

Für das Baugebiet besonders attraktiv sind aktuell das das BAFA-Förderprogramm Wärmenetzsysteme 4.0. Alternativ kann für eine private Wärmeversorgung auch das BAFA-Marktanzreizprogramm in Anspruch genommen werden.

BAFA-Wärmenetze 4.0

Dieses Förderprogramm kann nur von Quartiersversorgern in Anspruch genommen werden, die ein Wärmenetz betreiben. Voraussetzung für die Förderung ist, dass an die Verbraucher abrechenbare Wärme geliefert wird. Daher muss der Quartiersversorger auch die Wärmepumpen betreiben. Die Lieferung von Quellwärme alleine ist nicht förderfähig.

Das Programm bietet folgende Fördermöglichkeiten:

- Förderung einer **Machbarkeitsstudie (Fördermodul 1)** mit **bis 50 % der Kosten** (KMU + 10 %p). Im Rahmen der Machbarkeitsstudie können die Planungsleistungen für das Wärmenetz und die Anlagen gemäß der HOAI-Leistungsphasen 1 bis 4, eine Probebohrung für die Erdsonden sowie die Ausschreibung eines Quartiersversorgers gefördert werden. Durch die hohen Förderquote ist eine Machbarkeitsstudie in der Regel auch wirtschaftlich, wenn im Anschluss kein Wärmenetz umgesetzt wird.
- Förderung der **Investitionen (Fördermodul 2)** sowie der Personal- und Betriebskosten während der Bauphase mit **bis zu 40 %** (KMU + 10 %p). Gefördert werden alle Anlagen zur Wärmeerzeugung wie Wärmequellen, das Wärmenetz und die Wärmepumpen. Zusätzlich können auch Messsysteme sowie eine Schwarmsteuerung gefördert werden, wenn sie für die Wärmeversorgung mit genutzt werden!

- Zusätzlich wird die **Kundeninformation und -gewinnung (Fördermodul 3)** mit **bis zu 80 % der Kosten** gefördert. Dies entlastet die Vertriebs- und Projektierungskosten des Quartiersversorger bei der Umsetzung (max. 200.000 EUR)
- Zusätzlich wird eine **wissenschaftliche Begleitung (Fördermodul 4)** sowie der Kapazitätsaufbau beim Quartiersversorger **mit bis zu 100 % der Kosten** gefördert (max. 10 % der Kosten von Fördermodul 2)

BAFA-Marktanreizprogramm MAP

Das BAFA-Marktanreizprogramm (MAP) kann von Privatpersonen, Unternehmen und Kommunen in Anspruch genommen werden. Auch Contractoren können Anträge stellen, wenn sie hierfür von den Eigentümern beauftragt werden. Die Förderkonditionen des MAP wurden im Januar 2020 grundlegend novelliert.

Wurden bisher Wärmepumpen pauschal mit bis zu 5.500 € pro Anlage gefördert, werden jetzt die gesamten Investitionskosten einschließlich der EWS, der Wärmepumpe sowie der Planungskosten mit 35 % gefördert, wenn die Anlage auf erneuerbare Wärme basiert und die Jahresarbeitszahl mindestens 4,5 beträgt. Luft-Wasser-Wärmepumpen erreichen diesen Wert nur in seltenen Fällen.

Ein kaltes Nahwärmenetz wird hingegen nicht vom MAP gefördert. Somit sind mit diesem Programm nur private Erdwärmesonden förderfähig.

5.7.3 Kostenmodell

Nachfolgend werden die Planungs- und Investitionskosten mit der PV-Variante MIN für die Variante 5 Quartiersversorgung inkl. PV dargestellt. Die Kosten sind auf Basis von Marktdaten abgeschätzt und dienen nur als Orientierungsgröße. Die effektiven Kosten müssen im Rahmen einer Ausschreibung ermittelt werden und können je nach Marktentwicklung z.T. deutlich von den hier angegebenen Werten abweichen.

Demnach betragen die Investitionskosten insgesamt ca. 1,3 Mio. EUR inkl. Planungsleistungen und PV-Anlagen (vgl. Tabelle 7). Dies sind durchschnittlich ca. 27.000 EUR pro WE. Die förderfähigen Kosten der Vorplanung inkl. Machbarkeitsstudie betragen rund 135.000 EUR, davon werden 50 % gefördert. Insgesamt können durch die Fördermodule 1 und 2 Fördermittel in Höhe von knapp 500.000 € in Anspruch genommen werden. Hierdurch reduzieren sich die Investitionskosten pro WE auf durchschnittlich 18.000 €. Der Vorteil beträgt damit pro WE durchschnittlich ca. 9.400 €. Hinzu kommen weitere geförderte Leistungen im Rahmen der Fördermodule 3 und 4 im Wert von knapp 5.500 €/WE, die aber indirekt den Eigentümern zu Gute kommen.

Tabelle 7: Kostenüberblick mit BAFA-Förderung Wärmenetze 4.0 und Quartiersversorger

Variante 2 – BAFA-Wärmenetze 4.0

Konzeption		Vorplanung (Modul 1)		Investition (Modul 2)		Gesamt	pro WE
Beschreibung	Betrag	Beschreibung	Betrag	Beschreibung	Betrag		
Potentialstudie	6.500 €	Planung (LP1-4)	28.312 €	Planung LPH5-9	52.579 €		53
Antragstellung MOD 1	5.000 €	Probebohrung	17.000 €	Erdsondenfelder	204.000 €		
		Ausschreibung	40.000 €	Netz & Hausanschl.	219.695 €		
		BAFA-Studie MOD 1	50.000 €	Wärmepumpen	586.845 €		
				Photovoltaik	232.995 €		
				MSR	12.441 €		
Zwischensumme	11.500 €		135.312 €		1.308.555 €	1.455.366 €	27.460 €
		Förderquote	50%	Förderquote	40,0%		
		Förderung	67.656 €	Förderung (ohne PV)	430.224 €	497.879 €	
Summe	11.500 €		67.656 €		878.331 €	957.487 €	18.066 €
Vorteil BAFA-WN 4.0 MOD 1 & 2			67.656 €		430.224 €	497.879 €	9.394 €
Vorteil BAFA-WN 4.0 MOD 3					160.000 €		3.019 €
Vorteil BAFA-WN 4.0 MOD 4					130.855 €		2.469 €
				Summe	721.079 €		14.882 €

Dem gegenüber zu stellen sind Kosten und Fördermittel der Variante 2 – Erdwärme mit PV privat. Dies kann verlässlich erst im Rahmen der Machbarkeitsstudie erfolgen. Wenn die tatsächlichen Kosten vorliegen, können die Eigentümer sich für eine Variante entscheiden.

5.7.4 Spezifische Wärmekosten

Tabelle 8 zeigt eine Abschätzung der spezifischen Wärmekosten für die drei Gebäudekategorien EFH, MFH groß und MFH klein. Die Kosten beziehen sich auf den Zeitpunkt der Investition (Jahr 0). Für die Ermittlung der Energiekosten pro Gebäudekategorie werden alle Gebäude der Kategorie „virtuell“ zu einem Gebäude zusammengefasst, die Kostensumme ermittelt und dann durch die Summe der Wohnflächen geteilt.

Demnach betragen die spezifischen Wärmekosten für EFH voraussichtlich ca. 1,17 €/m² pro Monat, für MFH groß und für ca. 0,56 €/m² MFH klein ca. 0,90 €/m² pro Monat.

Tabelle 8: Abschätzung der spezifischen Wärmekosten pro Gebäudetyp

	Spezifische Wärmekosten pro Monat (netto)
EFH	1,17 €/m ²
MFH groß	0,56 €/m ²
MFH klein	0,90 €/m ²

5.7.5 Geschäfts- und Betreibermodell

Grundsätzlich können die energietechnischen Anlagen von den Bauherren bzw. späteren Gebäudeeigentümern oder von einem Quartiersversorger investiert und betrieben werden.

Wenn man die Förderung des BAFA-Programms Wärmenetze 4.0 in Anspruch nehmen möchte, müssen allerdings **alle geförderten Anlagen von einem Betreiber**, nämlich dem Antragsteller der BAFA-Förderung, investiert und betrieben werden. Dieser sog. **Quartiersversorger** muss bei kommunalen Grundstücken in der Regel im Rahmen einer öffentlichen Ausschreibung ermittelt werden.

Die Vergabe des Anlagenbetriebs durch einen Quartiersversorger hat den Vorteil, dass sich die Bauherren um die Anlagenplanung und die Anbieterauswahl nicht mehr selber kümmern und auch keine Wartungsarbeiten und Anlagenrisiken mehr übernehmen müssen. Vielmehr erhalten sie klimaneutrale Wärme und Strom zu einem garantierten Preis geliefert.

Quartiersgenossenschaft als Eigentümer der Anlagen

Statt Investition und Betrieb der Anlagen an einen Quartiersversorger zu vergeben, können die Bauherren auch eine **Quartiersgenossenschaft** gründen. Dies hat den Vorteil, dass die Energieanlagen von Beginn an „gefühl“ im Eigentum der Bauherren bleiben, weil sie ja Mitglieder der Genossenschaft sind. Weiterhin können alle Kosten, Erlöse, Gewinne und Preissteigerungen transparent dargelegt werden. Damit werden jegliche Vorbehalte, einem fremden Versorger „ausgeliefert“ zu sein, obsolet.

Darüber bietet eine Genossenschaft weitere attraktive finanzielle Vorteile. Die Genossenschaft gilt als KMU. Daher erhält sie als Antragsteller jeweils eine um 10 %-Punkte höhere Förderquote, also 60 % für das Fördermodul 1 sowie max. 50 % statt 40 % für das Fördermodul 2. Zusätzlich kann die Genossenschaft eher das Fördermodul 3 (Kommunikation und Kundengewinnung) beantragen und weitere bis zu 160.000 EUR Förderung erhalten. Stadtwerke und EVU können dies in der Regel nicht, weil die Förderung unter der Deminimis-Regelung fällt.

Tabelle 9 zeigt das Kostenmodell für eine Quartiersgenossenschaft inkl. der Fördermodule 1,2 und 3. Demnach beträgt die Förderung bis zu ca. 537.000 EUR statt 430.000 EUR. Darin enthalten sind bereits die Kosten für die Genossenschaftsgründung. Die Kosten der Genossenschaftsverwaltung können voraussichtlich gänzlich aus den zusätzlichen Fördermitteln gedeckt werden.

Tabelle 9: Kostenvariante 3 mit BAFA Wärmenetze 4.0 und Quartiersgenossenschaft

Variante 3 – Quartiersgenossenschaft und BAFA-Wärmenetze 4.0

Konzeption		Vorplanung (Modul 1)		Investition (Modul 2)		Gesamt	pro WE
Beschreibung	Betrag	Beschreibung	Betrag	Beschreibung	Betrag		
Potentialstudie	6.500 €	Planung (LP1-4)	28.312 €	Planung LPH5-9	52.579 €		53
Antragstellung MOD 1	5.000 €	Probebohrung	17.000 €	Erdsondenfelder	204.000 €		
		Ausschreibung	40.000 €	Netz & Hausanschl.	219.695 €		
		BAFA-Studie MOD 1	50.000 €	Wärmepumpen	586.845 €		
		Genossenschaftsgründung	10.000 €	Photovoltaik	232.995 €		
				MSR	12.441 €		
Zwischensumme	11.500 €		145.312 €		1.308.555 €	1.465.366 €	27.648 €
		Förderquote	60%	Förderquote	50,0%		
		Förderung	87.187 €	Förderung (ohne PV)	537.780 €	624.966 €	
Summe	11.500 €		58.125 €		770.775 €	840.400 €	15.857 €
Vorteil BAFA-WN 4.0 MOD 1 & 2			87.187 €		537.780 €	624.966 €	11.792 €
Vorteil BAFA-WN 4.0 MOD 3					160.000 €		3.019 €
Vorteil BAFA-WN 4.0 MOD 4					130.855 €		2.469 €
				Summe	828.635 €		17.280 €

6 Bewertung des städtebaulichen Entwurfs

Im Rahmen der städtebaulichen Planung wurden drei unterschiedliche Varianten erstellt, die in **Abbildung 16** dargestellt sind. Der Auftraggeber wünscht sich eine Kommentierung und Bewertung der Variante aus energetischer Sicht.

6.1 Bewertung aus Sicht der Wärmeversorgung

Alle dargestellten Varianten sind grundsätzlich für die geplante Wärmeversorgung geeignet. Die **Variante 1** ist ggf. nachteilig im Vergleich zur Variante 3, weil die Stichstrassen nur durch einen schmalen Gehweg verbunden sind. Dieser bietet ggf. nicht genügend Raum für die Verlegung der Nahwärmeleitung. Die KNW-Leitung müsste in diesem Falle über privaten Grund geführt werden mit zusätzlichen Dienstbarkeiten.

Die **Variante 2** bietet die Möglichkeit für den Ausbau einer Ringleitung um das ganze Bau- feld herum. Die Sondenfelder können im öffentlichen Grund positioniert werden. Das Netz wird aufgrund der Straßenführung allerdings deutlich länger als in der Variante 3.

Die **Variante 3** ist aus Sicht der Wärmeversorgung **am besten geeignet**. Sie bietet kurze Wege für das KNW-Netz, die Möglichkeit, optional eine Ringleitung zu verlegen, ausrei- chende Straßenbreite sowie genügend öffentlichen Grund für die Positionierung der Son- denfelder.



Abbildung 16: Varianten des städtebaulichen Entwurfs, Variante 3 inkl. KNW-Netzplanung und Sondenfelder (Bild: Stadt Ettlingen / Ingenieurbüro Roland Reiter)

6.2 Bewertung aus Sicht der Stromversorgung

Die Varianten können folgendermaßen bewertet werden:

- Variante 1** weist keinen Vorteil gegenüber der ausgewählten Variante 3 vor, da die Ausrichtung der Dächer annähernd identisch ist. Allerdings ist die Anzahl der Wohneinheiten geringer. Bei begrenzt verfügbaren Bauf lächen ist aus Sicht der Nachhaltigkeit auf jeden Fall die Maximierung der Flächenausnutzung zu empfehlen. Daher ist Variante 3 vorteilhafter im Vergleich zur Variante 1.

- **Variante 2** bietet eine optimale Ausrichtung der Dachflächen für die PV-Erzeugung. Alle Dachflächen sind strikt nach Süden oder nach Ost-West orientiert und können als Satteldächer oder als Pultdächer ausgeführt werden.
- **Variante 3** weist vorwiegend Satteldächer bei den EFH und Kettenhäusern sowie Zeltdächer bei den Mehrfamilienhäusern auf. Die Südseite der Satteldächer sind stark nach Südost bzw. Südwest orientiert und können daher gut für PV-Anlagen genutzt werden. Die Zeltdächer der MFH sind hingegen für die PV-Nutzung eher ungeeignet und sollten auf jeden Fall durch Pultdächer ersetzt werden.

Mit den genannten Änderungen ist aus Sicher der Stromversorgung auch Variante 3 zu empfehlen, auch wenn der absolute PV-Ertrag ggf. etwas geringer ist als in Variante 2.

6.3 Optimierungsoptionen

Die Variante 3 bietet allerdings noch Spielraum für die Optimierung der Stromerzeugung und der Stromnutzung, die im Folgenden kurz erläutert werden.

Option 1: Pultdächer für die MFH

Die aktuell geplanten Zeltdächer der MFH sollten durch Pultdächer mit ca. 10 ° Neigung Richtung Südwest oder Südost ersetzt werden. Die Pultdächer bietet bezogen auf die Fläche ein sehr hohe PV-Flächenpotential, das erforderlich ist, da der flächenspezifische Stromverbrauch auch größer ist im Vergleich zu EFH. Diese Optimierungsoption ist in Abschnitt 5.5 als MAX-Variante dargestellt.

Die Pultdächer könnten auch kombiniert werden mit Dachterrassen. Das oberste Stockwürde würde dabei zurückgesetzt und teilweise als Dachterrasse genutzt. Hierdurch entsteht ein sehr attraktiver Außenbereich (vgl. Abbildung 17).



Abbildung 17: Beispielhafte Ausführung einer PV-Dachterrasse (Bild: solar-terrassen.de)

Option 2: Pultdächer auch für die EFH / Kettenhäuser

Statt mit Satteldächern könnten auch die EFH-ähnlichen Gebäude mit Pultdächern ausgeführt werden. Hierdurch würde die nutzbare Dachfläche knapp verdoppelt. Dies würde die PV-Erzeugung nochmal substantiell erhöhen.

Wie in Kapitel 5.5 erläutert, ist die Option 2 für eine klimaneutrale Versorgung nicht erforderlich. Bereits mit der Option kann der Ladestrombedarf insgesamt gedeckt werden.

Die Option 2 bietet aber die Möglichkeit, dass jedes Gebäude und nicht nur das Neubaugebiet im Durchschnitt ausreichend Sonnenstrom für alle künftigen Anwendungen zur Verfügung hat und in Kombination mit einem Batteriespeicher auch eine sehr hohe Unabhängigkeit erreicht.

Daher sollte die Option 2 oder Abstufungen davon durchaus im Detail im Rahmen einer Machbarkeitsstudie näher untersucht und bewertet werden.

Option 3: Batteriespeichersysteme

Grundsätzlich ist die Installation eines Batteriespeichersystems pro Gebäude zu empfehlen, insbesondere wenn der künftige Ladestrombedarf mit betrachtet wird. Denn ohne intelligente Steuerung und Batteriespeichern würden in dem Neubaugebiet tagsüber sehr viel Sonnenstrom produziert werden, der überwiegend ins Netz eingespeist wird. Abends und in den Nachtstunden wiederum würden Ladesäulen und ggf. Wärmepumpen (WW-Bereitung) den höchsten Strombedarf haben, der dann wiederum vorrangig aus dem Netz entnommen werden muss. Ein Batteriespeicher könnte diese starke Fluktuation ausgleichen und wesentlich zu einer Netzentlastung beitragen. Die Objektlieferungsquote des PV-

Stroms könnte so auf ca. 60 – 70 % erhöht werden. Die 100 % Unabhängigkeit vom Stromnetz zu erlangen ist allerdings weder technisch noch wirtschaftlich zu empfehlen.

Option 4: Arealnetz

Aktuell soll jedes Gebäude einzeln an das öffentliche Stromnetz angeschlossen werden. PV-Überschüsse des einen Gebäudes können dabei aber nicht mit dem Strombedarf eines Nachbargebäudes ausgeglichen werden, weil der Sonnenstrom dann über das öffentliche Netz geliefert werden würde. Dabei würden die vollen Netzentgelte inkl. aller Abgaben anfallen. Dies macht die nachbarschaftliche Stromlieferung unter den aktuellen Rahmenbedingungen noch nicht wirtschaftlich.

Alternativ zu dem Einzelanschluss können die Gebäude aber auch zunächst in einem Arealnetz zusammengeführt werden. Energiewirtschaftlich handelt es sich hier um eine sogenannte „Kundenanlage“. Es wird also so getan, als ob alle Gebäude des Neubaugebiet zusammen ein großes, virtuelles Gebäude bilden, das dann an das öffentliche Netz angeschlossen ist. Der Vorteil von dem Arealnetz ist, dass der Sonnenstromaustausch zwischen den Gebäuden quasi innerhalb des virtuellen Gebäudes stattfindet und weitgehend von Steuern und Abgaben befreit ist. Auch könnte ein großer Quartierspeicher auf der Ebene des Arealnetzes arbeiten und die kleinen Batteriespeicher pro Gebäude ersetzen. Hierdurch könnte das Netz insgesamt deutlich effizienter bewirtschaftet werden.

Unter den aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen werden allerdings Arealnetze äußerst selten und wenn, dann nur unter bestimmten Voraussetzungen von den Verteilnetzbetreibern und den Regulierungsbehörden genehmigt.

Ob der Aufbau eines Arealnetzes für das Neubaugebiet möglich und wirtschaftlich vorteilhaft ist, müsste daher im Rahmen einer Machbarkeitsstudie untersucht werden. Alternativ zu einem Arealnetz für das ganze Neubaugebiet könnten auch kleinere Arealnetze für einzelne Gebäudegruppen gebildet werden (vgl. Abbildung 18 mit vier Arealnetzen). Diese könnten regulatorisch kaum verhindert werden.



Abbildung 18: Mögliche Arealnetze im Baugebiet

6.4 Anschlusspflicht

Wie schon im Kapitel 4.2.6 erläutert, ist dann eine Anschlusspflicht gerechtfertigt, wenn eine gemeinschaftliche Quellennutzung und Wärmeverleitung vorteilhafter ist gegenüber einer private Wärmegewinnung pro Grundstück.

Wie die Potentialabschätzung zeigt, bietet die gemeinschaftliche Quellennutzung viele Effizienz- und Kostenvorteile. Die EWS können mit 150 m tiefer gebohrt werden als private EWS, die in der Regel nur 100 m betragen. Damit reduziert sich Anzahl der Bohrungen insgesamt, weil pro EWS mehr Leistung entzogen werden kann, und die Vorlauftemperatur wird etwas höher, das wiederum den Stromverbrauch der Wärmepumpen reduziert. Durch Gleichzeitigkeitseffekte der Gebäude können weitere EWS eingespart werden, so dass in der Summe statt 29 Einzelsonden pro Grundstücke nur 18 EWS für das Baugebiet errichtet werden müssen. Diese EWS können zudem effizienter gesteuert werden. In der Summe versprechen diese Vorteile die Nachteile der zusätzlichen Investitionskosten für das KNW-Netz mehr als aufzuwiegen.

Wie schon erläutert können sowohl Varianten mit privaten EWS wie auch mit gemeinschaftlichen EWS attraktive Fördermittel in Anspruch nehmen. Daher muss die Wirtschaftlichkeit im Rahmen einer Machbarkeitsstudie im Detail ermittelt werden.