

Durchführung einer Machbarkeitsstudie für den Neubau eines Wärmenetzes

Zwischenbericht

Projekt: Wärmekonzept Neubaugebiet Amerkamp

Erstellt am: 24.02.2023

Ansprechpartner:

Auftraggeber: Stadtwerke Bielefeld GmbH
Name: Dirk Vilmar & Rudolf Krahn
Firma: Stadtwerke Bielefeld GmbH
Straße, Nr.: Schildescher Str. 16
Ort: 33611 Bielefeld
E-mail: Rudolf.krahn@stadtwerke-bielefeld.de
Website: www.Stadtwerke-Bielefeld.de

Auftragnehmer: Innovative WärmeNetze GmbH
Name: Benjamin Simon
Firma: Innovative WärmeNetze GmbH
Straße, Nr.: Ella-Barowsky-Straße 44
Ort: 10829 Berlin
E-mail: b.simon@iwn.berlin
Website: www.waermenetze40.de

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzerläuterung des geplanten Wärmenetzsystems 4.0.....	5
2	Beschreibung des Baugebietes	6
3	Bedarfsanalyse.....	6
4	Potentialanalyse regenerativer Quellen.....	7
5	Konzeptionierung der Grundvarianten	10
6	Bewertung der Varianten.....	19
6.1	Energetische und Ökologische Bewertung der Grundvarianten.....	19
6.2	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Grundvarianten	19
7	Variantenvergleich.....	22
8	Aktualisierung der geologischen Untergrundbewertung	23
9	Fazit	24

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersichtsplan des BV Amerkamp.....	5
Abbildung 2: geothermische Ergiebigkeit im Gebiet.....	8
Abbildung 3: Darstellung der Gebiete mit hydrogeologischem Risiko.....	8
Abbildung 4: Darstellung der Solarthermie in Hanglage (incl. Verschattung, südlicher Bereich des Baugebiets).....	9
Abbildung 5: schematischer Aufbau der Wärmeerzeugung Variante 1, EFH	10
Abbildung 6: schematischer Aufbau der Wärmeerzeugung Variante 1, MFH	11
Abbildung 7: V1, Energiebilanz EFH	12
Abbildung 8: V1, Energiebilanz MFH	12
Abbildung 9: Schema des passiven kalten Nahwärmenetz	15
Abbildung 10: V2, Energiebilanz MFH bis 20 kW.....	16
Abbildung 11: V2, Energiebilanz EFH bis 10 kW.....	16
Abbildung 12: V2, Energiebilanz MFH bis 30 kW.....	16
Abbildung 13: V2, Energiebilanz MFH bis 40 kW.....	17
Abbildung 14: Energiebilanz Variante 3.....	18
Abbildung 15: schematischer Aufbau der Wärmeerzeugung Variante 3.....	18
Abbildung 16: Wirtschaftlicher Vergleich der Varianten	22
Abbildung 18: aktualisierte Darstellung der Risikogebiete des GD NRW.....	23
Abbildung 17: Darstellung der Gebiete mit hydrogeologischem Risiko (Wiederholung).....	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Spezifische Energiekennwerte.....	6
Tabelle 2: Wärmebedarfe der einzelnen Gebäudeklassen.....	6
Tabelle 3: Konfiguration der Wärmeversorgung je Haustyp, Referenzvariante.....	10
Tabelle 4: Eingangsparmeter passives kaltes Netz	13
Tabelle 5: Vordimensionierung der Ringleitungen des kalten Netzes	13
Tabelle 6: Vordimensionierung der Rohrleitungen des Wärmenetzes.....	13
Tabelle 7: Gebäudegruppen, Übersicht.....	15
Tabelle 8: Erzeugerstruktur V3.....	17
Tabelle 9: energetische Zusammenfassung der Grundvarianten	19
Tabelle 10: Rahmenbedingungen	19
Tabelle 11: Gegenüberstellung Wirtschaftlichkeit.....	21

Tabelle 12: Ökologischer Vergleich der Varianten..... 22
Tabelle 13: Wirtschaftlicher Vergleich der Varianten 22

1 Kurzerläuterung des geplanten Wärmenetzsystems 4.0



Abbildung 1: Übersichtsplan des BV Amerkamp

In 33719 Bielefeld-Oldentrup soll ein neues Wohngebiet entstehen. Die Stadtwerke Bielefeld GmbH beabsichtigen in diesem, neu zu erschließenden Baugebiet «Amerkamp» eine Wärme- und Kälteversorgung zu errichten. In der durchzuführenden Machbarkeitsstudie im Rahmen des Förderprogramms „Wärmenetze 4.0“ vom BAFA sollen die Möglichkeiten zur Wärme- und Kälteversorgung untersucht werden. Anhand von drei verschiedenen Varianten werden verschiedene Technologien, Umweltenergiequellen und Versorgungsvarianten gegenübergestellt, um so das Konzept für eine ökologische und wirtschaftliche Versorgung im neuen Quartier zu gewährleisten. Konkret wird ein Hochtemperaturnetz mit einem Niedrigtemperaturnetz und einer dezentralen Versorgungsstruktur verglichen.

Sowohl die Machbarkeitsstudie als auch der Bau des Wärmenetzes ist im Rahmen des Förderprogramms förderfähig, sofern ein Mindestanteil an erneuerbaren Energien (EE) von 50 % an der Wärmeversorgung über 20 Jahre eingehalten wird.

2 Beschreibung des Baugebietes

Im neu zu erschließenden Baugebiet «Amerkamp» in 33719 Bielefeld-Oldentrup sollen rund 300 bis 350 Wohneinheiten errichtet werden.

Das Bauvorhaben soll voraussichtlich in mehreren Bauabschnitten erfolgen. Die Grundstücke werden bauträgerfrei vermarktet.

Der Vorhabensstandort befindet sich im Bereich ehemaliger Ackerflächen. Nördlich durch die Bechterdisser Str. und westlich durch die Hillegosser Str. abgegrenzt (Abbildung 1). Angrenzend an den Standort befinden sich geschützte Flächen (an dem Bachbereich Oldentruper Bach) und ein erhaltenswertes Bestandsobjekt (Obermeyer Hof) mit geschütztem Baumbestand.

3 Bedarfsanalyse

Die Flächen der Ein- und Mehrfamilienhäuser sind bereits festgelegt. Die Bruttogebäudefläche wurde mit einem Faktor von 0,8 auf die Nettoraumfläche umgerechnet. Über diese Fläche wurde bei vorgegebenen Energiestandard mit den folgenden Faktoren der Energiebedarf für das Gebiet ermittelt.

Tabelle 1: Spezifische Energiekennwerte

	TWW	Heizwärme	VBH
KFW 40 Plus (Wohnen)	18 kWh/m ²	24 kWh/m ²	1.300 h/a
KFW 40 Plus (Gewerbe)	18 kWh/m ²	45 kWh/m ²	1.300 h/a

Tabelle 2: Wärmebedarfe der einzelnen Gebäudeklassen

	NRF [m ²]	Heizwärmebedarf [kWh/a]	TWW-Bedarf [kWh/a]	Heizlast [kW]
Kita	744	33.480	13.392	36
MFH	21.935	526.433	394.824	709
RH	8.208	196.992	147.744	265
EFH	9.231	221.553	166.164	298
Summe	40.115	978.457	722.125	1.308

Der gesamte Bedarf incl. Warmwasser-Nutzung beläuft sich demnach auf 1.700,6 MWh. für ca. 40 Einfamilienhäuser und 38 Mehrfamilienhäuser. Die Heizlast für das gesamte Gebiet beträgt 1.308 kW

Eine Erweiterung des Baugebiets ist in der nächsten Zeit nicht geplant. Ebenso sind keine Renovierungsarbeiten zu erwarten, da es sich um ein Neubaugebiet handelt. Der Wärmebedarf wird somit für den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren als konstant angenommen.

4 Potentialanalyse regenerativer Quellen

Um den Anforderungen des Förderprogramms zu entsprechen, soll ein Anteil von 50 % der Wärme durch EE erzeugt werden. zu einem gewissen Anteil kann dieser Bedarf durch Biomasse gedeckt werden. Hierzu sind keine weiteren Voruntersuchungen notwendig. Im Weiteren Planungsverlauf muss jedoch darauf geachtet werden, dass eine entsprechende Platzreserve für das Pelletlager vorgehalten wird und die Zufahrtsstraße für LKW geeignet ist. Nachteilig ist hier zu erwähnen, dass der intensive Einsatz von (fester) Biomasse zu einer erhöhten Feinstaubbelastung im Wohngebiet führen kann.

Für die Wärmepumpe (WP) stehen in diesem Gebiet 3 Wärmequellen zur Verfügung. Die **Außenluft** kann als Wärmequelle zum Heizen verwendet werden. Der wesentliche Vorteil dieser Umweltquelle ist die aus genehmigungsrechtlicher und technischer Sicht leichte Erschließbarkeit. Nachteilig ist die hohe Schallentwicklung und die nutzbaren Temperaturniveaus bzw. Jahresarbeitszahlen.

Die dritte Wärmequelle stellt das **Erdreich** dar. Der Untergrund weist ab einer Tiefe von 10m über das Jahr eine annähernd gleichmäßige Temperatur auf. Dies eignet sich gut für den Einsatz und den Betrieb einer WP. Die verschiedenen Untergrundparameter, welche hohen Einfluss auf die Ergiebigkeit haben, können durch einen Geothermal Response Test ermittelt werden. Eine ungefähre Abschätzung liefern auch Daten des geologischen Dienstes NRW*. Demnach ist das Gebiet „Mittel“ bis „Gut“ für den Einsatz von Geothermiesonden geeignet. Nach Erfahrungswerten entspricht dies einer thermischen Entzugsleistung von 40-50 W/m. Um wie später in Variante 2 beschrieben, eine Leistung von 815 kW über die WP zu decken werden demnach 204 EWS benötigt. Zwischen den Sonden soll ein Abstand von mindestens 7m eingehalten werden, um die thermische Beeinflussung zu minimieren. Somit ergibt sich eine benötigte Fläche für das Sondenfeld von 7843 m². vor der Umsetzung dieser Maßnahme muss die Genehmigungsfähigkeit geprüft und schließlich eine Genehmigung eingeholt werden. hier werden jegliche Gefahrenpotentiale untersucht. Auch dafür stellt der geologische Dienst NRW

* https://www.geothermie.nrw.de/geothermie_basisversion/?lang=de

unterlagen bereit. Wie in Abbildung 3 zu erkennen, liegt das Gebiet teilweise auf geologisch riskantem Gebiet. Dies kann auf Quellgefahr im Untergrund, Stockwerksbau oder die Möglichkeit von CO₂-Aufstieg hindeuten (die Ursache wird nicht näher erläutert). Des Weiteren liegt das untersuchte Gebiet nicht in einem Wasserschutzgebiet. Eine Intensive Untersuchung eines spezialisierten Geologiebüros ist an dieser Stelle notwendig, um die Standorte der Sonden genau zu definieren.

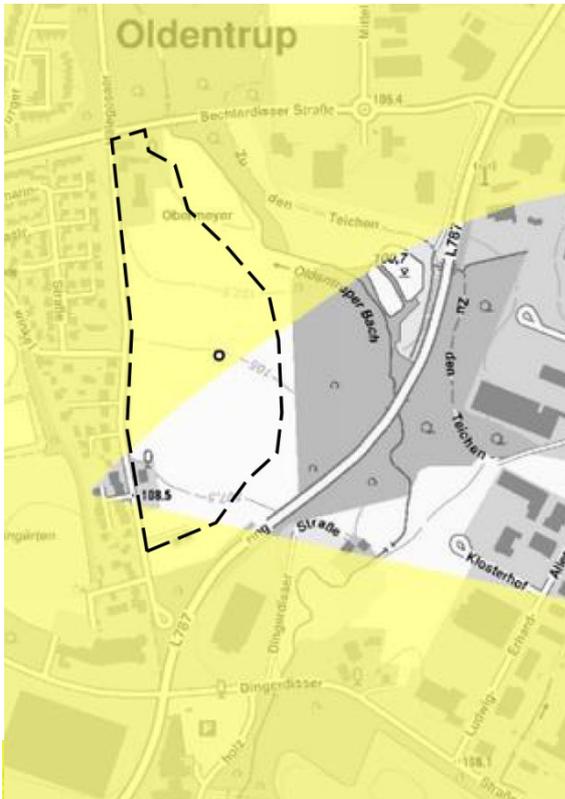
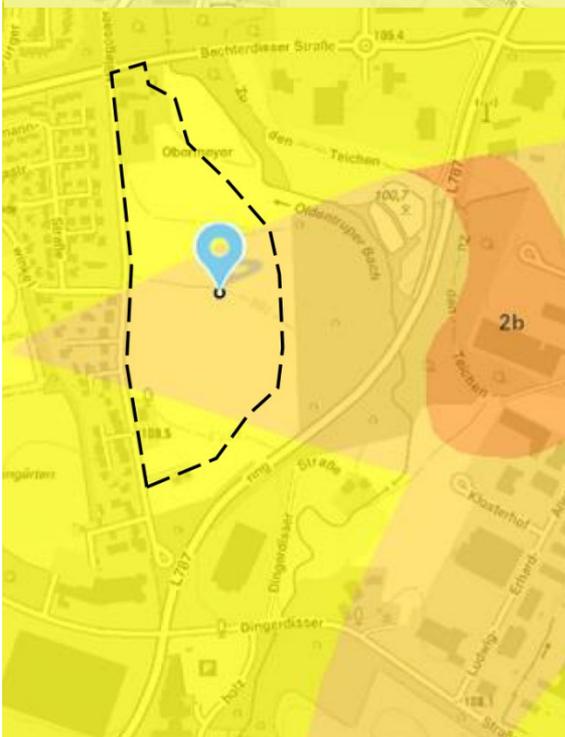


Abbildung 3: Darstellung der Gebiete mit hydrogeologischem Risiko



- 3a (mittel)
- 2c (gut)
- 2b (gut)

Abbildung 2: geothermische Ergiebigkeit im Gebiet

Im Nordosten des Quartiers befindet sich ein Rechenzentrum (OEDIV), welches eine attraktive Abwärmequelle darstellt. Die Entfernung zum hier untersuchten Gebiet beträgt etwa 400 m. Rechenzentren stellen erfahrungsgemäß an 365 Tagen im Jahr konstant Abwärme zur Verfügung. Diese Abwärme hat ein niedriges Temperaturniveau von 20-25°C und ist als Wärmequelle für eine WP gut geeignet. Nach Ansprache des Unternehmens wurde jedoch mitgeteilt, dass eine Abwärmenutzung des Rechenzentrums aus sicherheitsrelevanten Gründen nicht möglich sei. Als weiterer Wärmeerzeuger soll der Einsatz von konzentrierender **Solarthermie** untersucht werden. Um die in Kapitel 6 beschriebene Anlagengröße zu erreichen, ist eine Aufstellfläche von ca. 2.100 m² nötig. Im Süden des Quartiers befindet sich ein Wall, auf dem die



Abbildung 4: Darstellung der Solarthermie in Hanglage (incl. Verschattung, südlicher Bereich des Baugebiets)

Solarthermiekollektoren aufgestellt werden könnten. Somit reduziert sich die Aufstellfläche auf etwa 1.700 m². Von der zur Verfügung stehenden Fläche auf dem Wall sind unter der Annahme, dass die im Baufeld eingezeichneten Bäume nicht gepflanzt werden, ca. 70 % der Fläche nicht signifikant verschattet. 30 % der Fläche sind nach erster Einschätzung durch den umliegenden Waldbestand verschattet, wodurch eine Vor-Ort-Begehung sinnvoll erscheint. Unter den hier dargelegten Annahmen wird eine zusätzliche Aufstellfläche von etwa 350 m² benötigt.

5 Konzeptionierung der Grundvarianten

Wie beschrieben wurden im Rahmen der MBS drei Grundvarianten untersucht, um ein systemoptimales Versorgungskonzept herauszuarbeiten.

Grundvariante 1 (Referenzvariante):

Die Referenzvariante beschreibt eine „Einzelhauslösung“ mit dezentraler L/W Wärmepumpe und Photovoltaik. Sie stellt also die Alternative zur Wärmeversorgung über ein Wärmenetz dar. Versorgt werden die Gebäude über eine Luft-Wärmepumpe in Kombination mit einer PV-Anlage. Die Größe der WP und PV-Anlage variiert je nach Gebäudegröße. In den EFH wird auch das TWW über die WP bereitgestellt, wodurch die Vorlauftemperatur entsprechend höher sein muss. In den MFH wird das TWW über Wohnungsstationen auf die gewünschte Temperatur gebracht (45 °C). Zur Absicherung des monovalenten Betriebs wird der Einsatz eines Heizstabes im Wärmespeicher vorgesehen. Eine Kälteversorgung über eine reversible WP ist in dieser Variante nicht geplant. Folgende Tabelle stellt die verschiedenen Konfigurationen gegenüber.

Tabelle 3: Konfiguration der Wärmeversorgung je Haustyp, Referenzvariante

Gebäude	Wärmepumpe	PV-Anlage	Speicher	VL-Temp.	TWW
Einfamilienhaus	11 kW	2 kWp	500 l	45°C	WP
Mehrfamilienhaus	41 kW	6 kWp	1.500 l	38°C	elektrisch

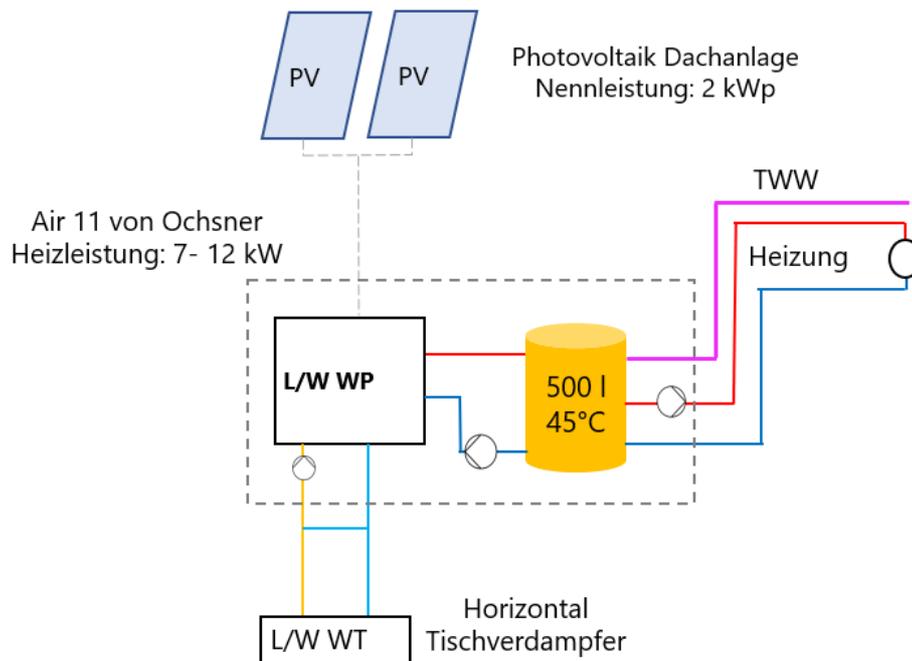


Abbildung 5: schematischer Aufbau der Wärmeerzeugung Variante 1, EFH

In dieser Abbildung ist die Wärmeerzeugung schematisch für das EFH dargestellt. Der gestrichelte Bereich umfasst alle Komponenten, welche sich in der EZ des Hauses befinden. Die Wichtigsten Temperaturen und Leistungsangaben sind dem Schema zu entnehmen.

Die folgende Abbildung 6 zeigt das Schema analog für ein ausgewähltes MFH. Wie beschrieben wird hier die Temperatur des TWW über eine Wohnungsstation von 38 auf 45°C angehoben.

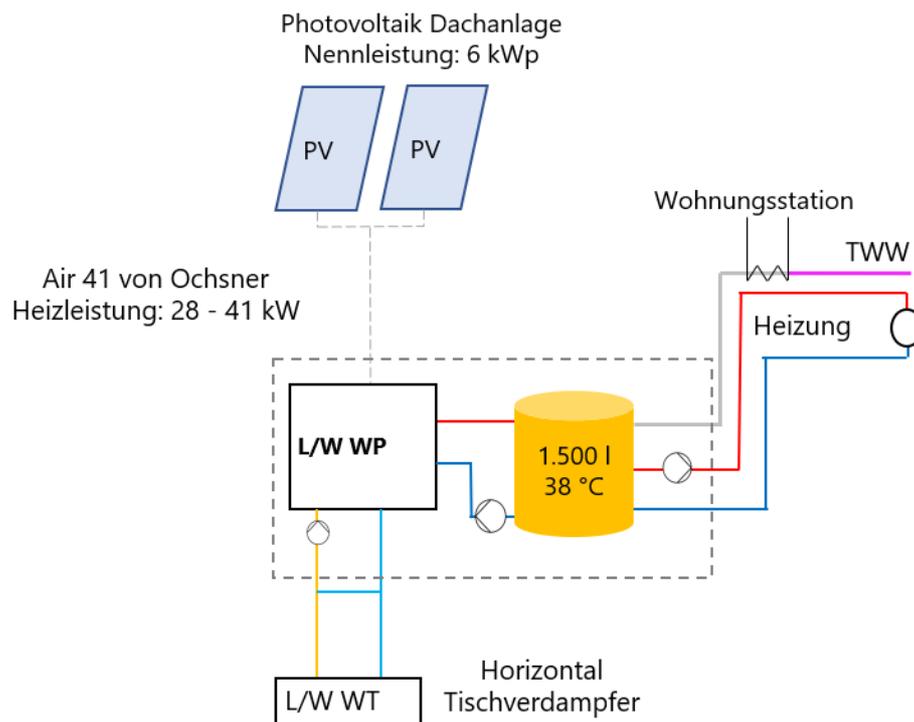


Abbildung 6: schematischer Aufbau der Wärmeerzeugung Variante 1, MFH

Im Folgenden sind die Energiebilanzen für jeweils ein EFH und ein MFH dargestellt. Die Menge des eigenverbrauchten Stroms von der PV-Anlage beträgt im EFH etwa 240 kWh/a.

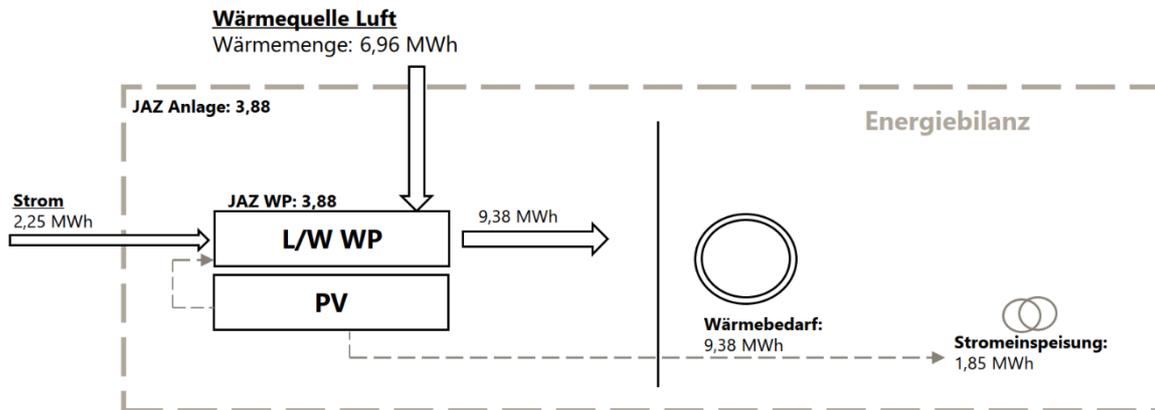


Abbildung 7: V1, Energiebilanz EFH

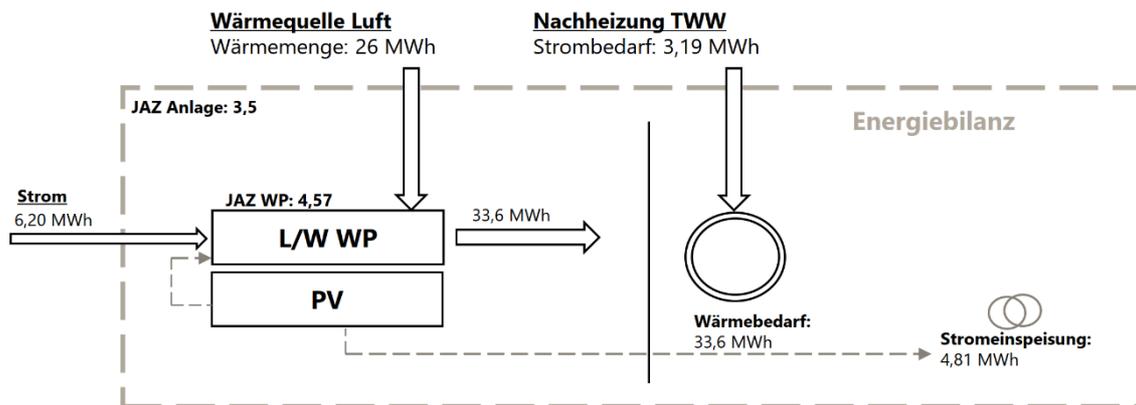


Abbildung 8: V1, Energiebilanz MFH

Die Menge des eigenverbrauchten Stroms im MFH beträgt 1.460 kWh/a.

Grundvariante 2:

In Variante 2 wird der Wärmebedarf im Quartier über ein passives kaltes Ringnetz mit Geothermie als Wärmequelle gedeckt. Dabei fungiert das ungedämmte Netz zusätzlich zu den Erdwärmesonden als Erdwärmekollektor und nimmt die Wärme des Untergrundes auf. In den Gebäuden wird dann über eine Sole-Wasser WP die benötigte Vorlauftemperatur bereitgestellt. Die WP wird neben dem öffentlichen Netz durch Auf-Dach PV-Anlagen mit Strom versorgt.

Genehmigungstechnisch ist es von Vorteil, wenn das ungedämmte kalte Netz min. 25% der Wärmegewinne des Gesamtsystem beisteuert. In diesem Fall könnte auf eine Zweiwandigkeit der Rohrleitung verzichtet werden, da dieses als Flachkollektor eingestuft wird. Zur Berechnung der Wärmegewinne über das Netz wird der Ansatz von Prof. Dipl. Ing. Thomas Giel verfolgt und folgende Parameter zugrunde gelegt:

Tabelle 4: Eingangsparameter passives kaltes Netz

Parameter	Wert	Einheit
Verlegetiefe	2-3	m
Wärmeleitfähigkeit Rohrleitung	0,16	W/m*K
Benutzungstunden Netz heizen	3.200	h/a
Benutzungstunden Netz kühlen	480	h/a

Das zu versorgende Gebiet wurde, im Rahmen der Vorplanung, in drei Ringnetze mit jeweils drei Maschen aufgeteilt. Die Maschenleitungen besitzen, im Rahmen der Vordimensionierung, den gleichen Durchmesser wie die jeweilige Ringleitung. Die Energiebilanz der jeweiligen Ringe inkl. Erdwärmesonden wird als ausgeglichen angesehen. In folgender Tabelle werden die Dimensionen der Ringleitungen dargestellt.

Tabelle 5: Vordimensionierung der Ringleitungen des kalten Netzes

Teilnetz	Wärmeleistung [kW]	Rohrlänge [m]	Durchmesser [DN]
Ring 1	300	921	150
Ring 2	445	1.016	150
Ring 3	299	850	150

In Tabelle 6 werden die gesamten Rohrleitungen nach Durchmesser und Trassenlänge zusammengefasst.

Tabelle 6: Vordimensionierung der Rohrleitungen des Wärmenetzes

Durchmesser [DN]	Trassenlänge [m]
32	208
40	120
50	142
65	210
150	2.787
Summe	3.467

Die Vorprüfung bezüglich der wärmenetzseitigen Energieeinträge aus dem Erdreich wurde in vier Schritten durchgeführt. Im ersten Schritt wurde die Rohrfläche in Abhängigkeit der festgelegten Durchmesser bestimmt. Im zweiten Schritt wurde eine Berechnung der durchmesserspezifischen monatlichen Wärmeleistung in Abhängigkeit des Δt (Erdreich – Wärmenetz) auf monatlicher Basis durchgeführt. In den darauf folgenden Schritten wurden die Wärmegewinne durch das Erdreich für den Heiz- und Kühlbetrieb ermittelt. Das Ergebnis, unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen, liegt bei 403 MWh/a bzw. 26,2 % des Gesamtwärmebedarf.

Das Ergebnis ist stark abhängig von den gewählten Eingangsparametern. Zu Ermittlung wurden grundlegende Annahmen getroffen. Wir empfehlen im nächsten Schritt eine Betrachtung respektive dynamische Simulation durch einen geeigneten Geologen durchführen zu lassen, um das Potential zu konkretisieren.

In folgender Abbildung 9 wird das Schema des passiven kalten Nahwärmenetz dargestellt. Zur Simulation dieses Konzepts wurden die Gebäude je nach Größe in 4 Leistungsgruppen eingeteilt, für die eine passende WP und Photovoltaikanlage dimensioniert wurde. Auch die Art der TWW-Bereitung ist je nach Gebäudeart unterschiedlich. Insgesamt werden 204 Erdwärmesonden, bei einer Entzugsleistung von 40 W/m aufgeteilt auf drei Teilnetze, zugrunde gelegt. Zum aktuellen Zeitpunkt wird eine Flächenverfügbarkeit zur Errichtung von Erdwärmesonden in unmittelbarer Nähe der entsprechenden Ringleitungen unterstellt. Bei einem Sondenabstand von 7 Meter wird eine Fläche zur Einbringung der Erdwärmesonden von 7.850 m² unterstellt. Je nach Untergrund und Regenerationsanteil muss der Sondenabstand ggf. angepasst werden.

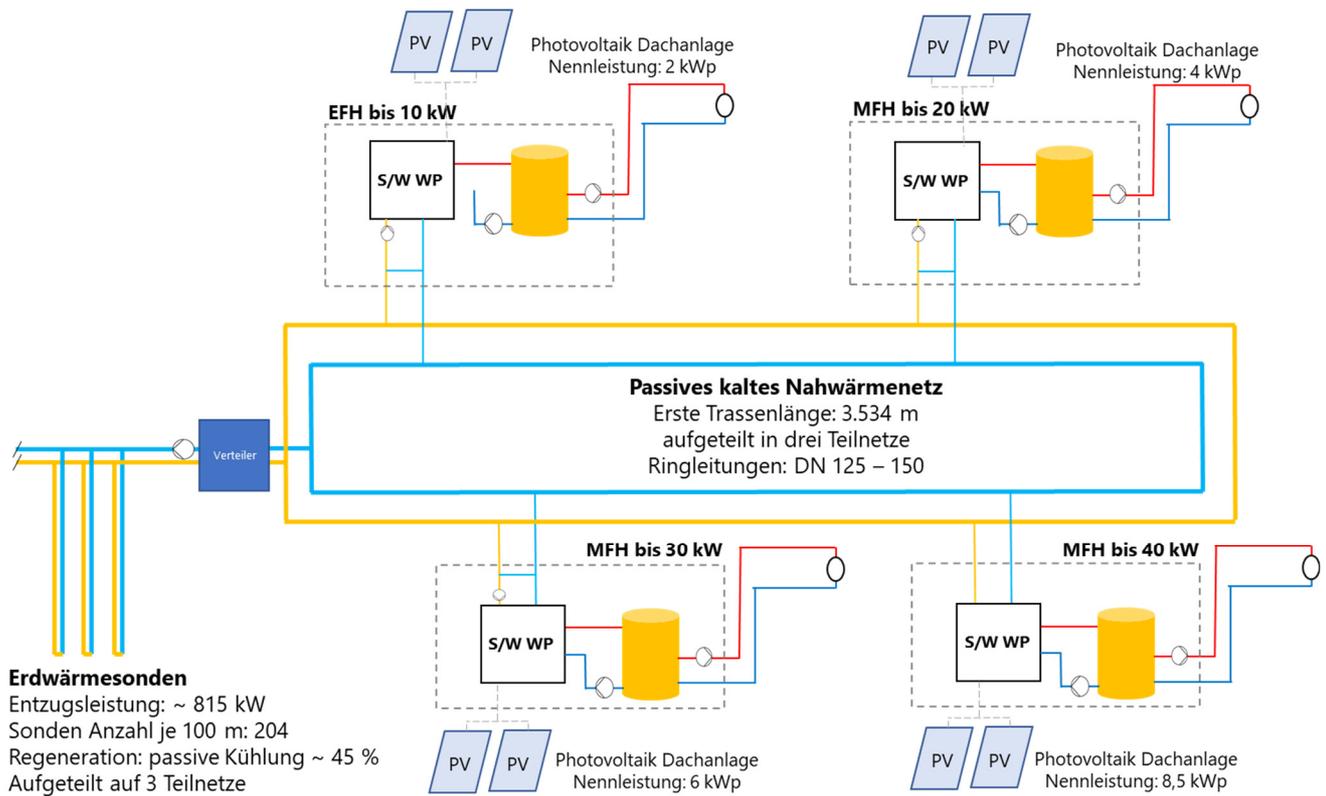


Abbildung 9: Schema des passiven kalten Nahwärmenetz

Tabelle 7 gibt einen Überblick über die Gebäudegruppen, die vorgesehene Wärmepumpe, PV-Leistung und TWW-Bereitstellung sowie die JAZ der Wärmepumpe.

Tabelle 7: Gebäudegruppen, Übersicht

Parameter	EFH bis 10 kW	MFH bis 20 kW	MFH bis 30 kW	MFH bis 40 kW
WP	Terra 8 (Ochsner)	Terra 18 (Ochsner)	Terra 27 (Ochsner)	Terra 8 (Ochsner)
PV	2 kWp	4 kWp	6 kWp	8,5 kWp
TWW	Bis 45°C	Bis 38 °C	Bis 38 °C	Bis 38 °C
Wärmebedarf	8,54 MWh	21,42 MWh	36,67 MWh	43,96 MWh
JAZ	4,66	5,21	5,1	5,4

Ergänzend zur Tabelle 7 Zeigen die folgenden Abbildungen die Energiebilanz der einzelnen Gebäudegruppen.

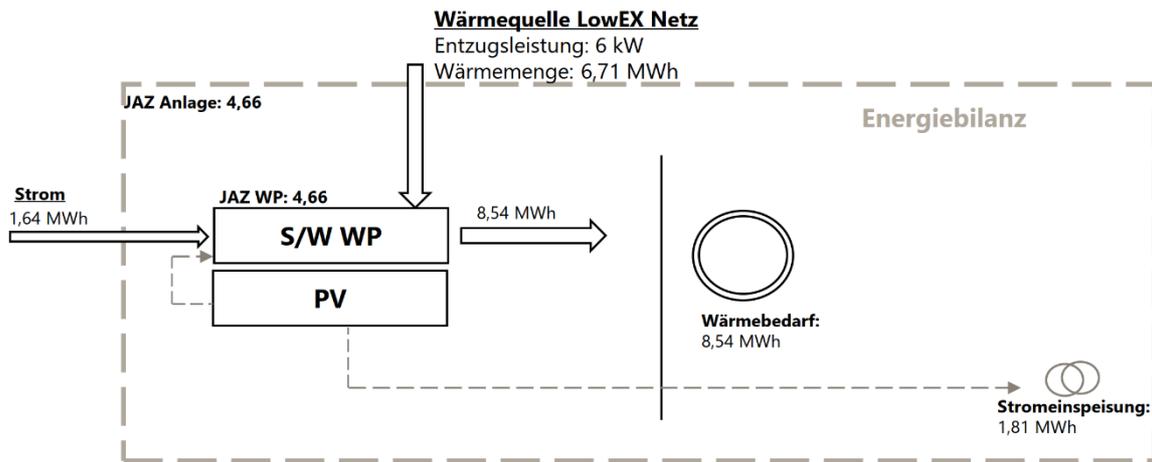


Abbildung 11: V2, Energiebilanz EFH bis 10 kW

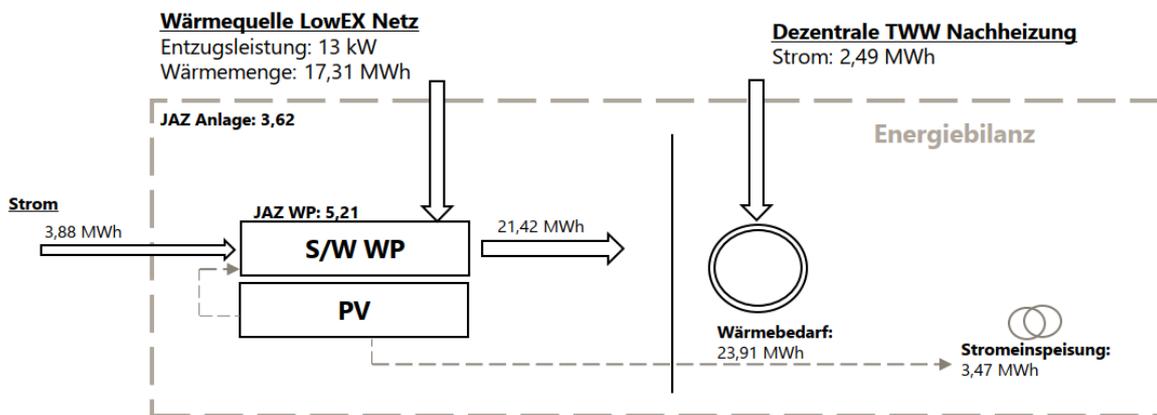


Abbildung 10: V2, Energiebilanz MFH bis 20 kW

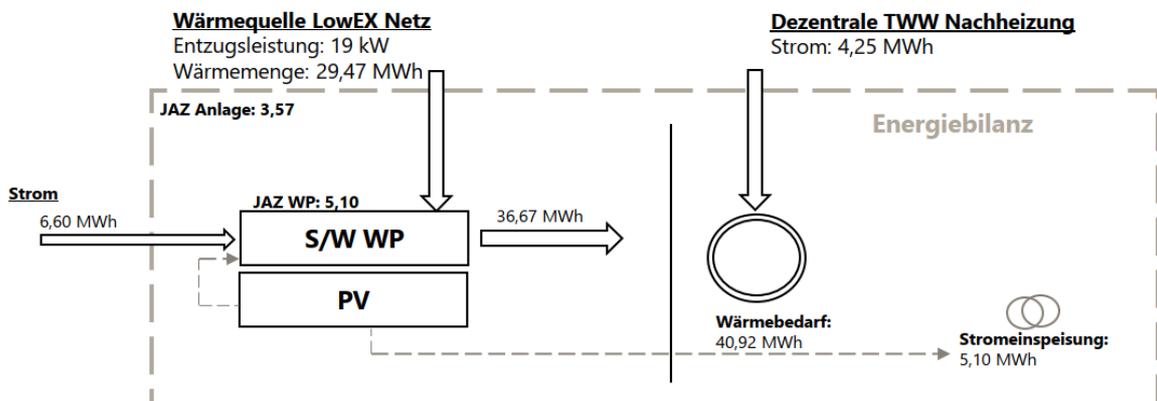


Abbildung 12: V2, Energiebilanz MFH bis 30 kW

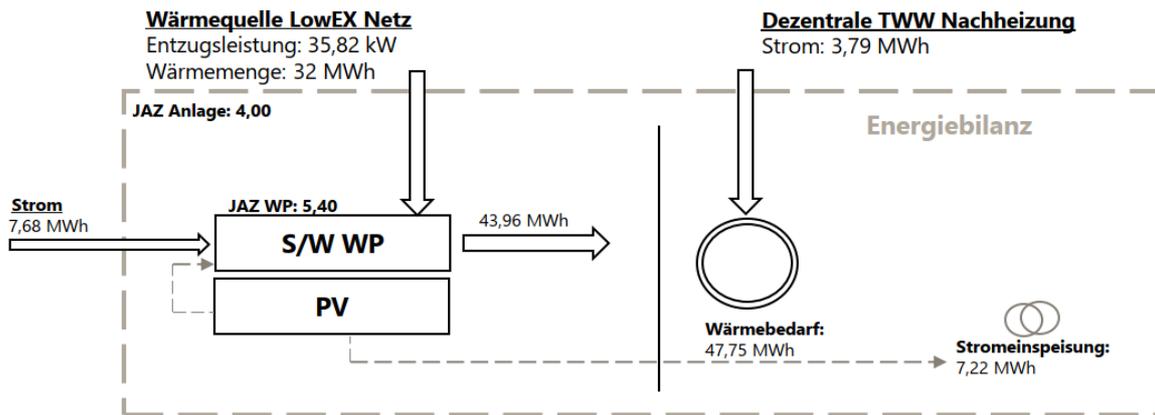


Abbildung 13: V2, Energiebilanz MFH bis 40 kW

Grundvariante 3:

In der Variante 3 wird das Quartier über ein heißes Wärmenetz mit zentraler Wärmeerzeugung versorgt. Die Wärme wird durch folgende Erzeuger bereitgestellt:

Tabelle 8: Erzeugerstruktur V3

Erzeuger	Größe	Wärmeerzeugung
Biomasse	300 kW	1.359 MWh
Spitzenlastkessel	800 kW	147 MWh
Solarthermie (Vakuum)	700 m ²	362 MWh

Dieses Szenario wurde auch mit variiertem Größe der Solarthermieanlage von 500 m² und 900 m² simuliert. Die hier gewählte Größe von 700m² bietet einen guten Anteil an nutzbaren solaren Wärmegewinnen bei entsprechend hoher Brennstoffeinsparung. Bei einer größeren Anlage würde die zusätzliche Brennstoffeinsparung verhältnismäßig geringer ausfallen, da ein Teil der Wärme im Sommer nicht mehr durch das Netz abgenommen werden kann. Eine kleinere Anlage würde dies um einen höheren Einsatz an Biomasse und Erdgas bedeuten. Eine Solarthermieanlage mit Vakuumkollektoren benötigt im Ausgewählten Fall eine ungefähre Aufstellfläche von 1.7200 m²

im Folgenden ist der Schematische Aufbau der Wärmeerzeugung und das Flussbild der Energiebilanz dargestellt.

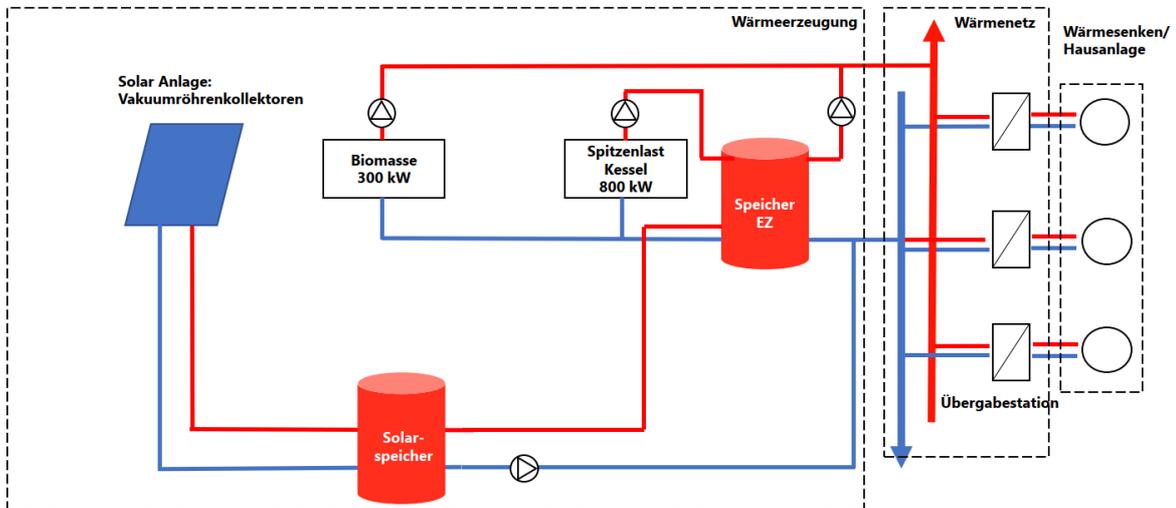


Abbildung 15: schematischer Aufbau der Wärmeerzeugung Variante 3

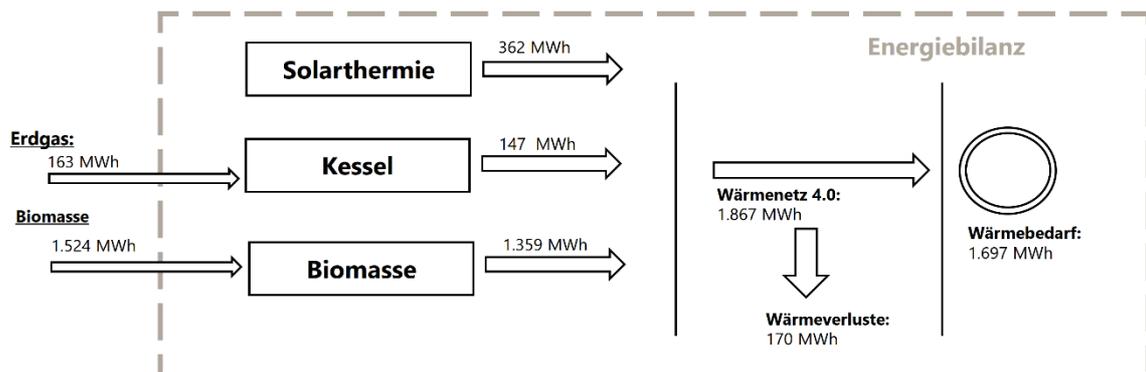


Abbildung 14: Energiebilanz Variante 3

Um auch die Anforderungen an das TWV zu erfüllen, wird in dieser Variante eine Vorlauftemperatur von 75°C benötigt. Mit einer Spreizung von 20K beträgt die Rücklauftemperatur zur Heizzentrale 55°C. Eine Kälteversorgung ist in dieser Variante nicht vorgesehen.

Aufgrund der hohen Anteile an Biomasse fällt dieses Szenario aus den Kriterien des Förderprogramms WN4.0 raus. Für ein förderfähiges Konzept darf der Anteil an Biomasse am Anteil der erneuerbaren Energien nur 50 % ausmachen.

6 Bewertung der Varianten

6.1 Energetische und Ökologische Bewertung der Grundvarianten

Variante 1 und 2 basieren in erster Linie auf Strom aus dem Netz als Energiequelle für den Betrieb der Wärmepumpe. Unterstützt wird sie durch PV. Ökologisch betrachtet hängt die Energieversorgung somit maßgeblich vom deutschen Strommix ab. Es ist also davon auszugehen, dass sich mit fortschreitender Dekarbonisierung des Stroms auch die ökologischen Kennzahlen dieser Varianten verbessern. Die berücksichtigten CO₂ Emissionen sind auf eben diesen Strommix zurückzuführen und entstehen nicht im Quartier.

In Variante 3 hat die Biomasse den größten Anteil an der Wärmeerzeugung. Sie ist mit CO₂ Emissionen verbunden, welche direkt im Quartier entstehen. Durch einen lokalen Biomasseanbieter kann hier ein lokaler Kreislauf entstehen. Zudem wird, im Gegensatz zu den anderen Varianten, durch den Spitzenlastkessel fossiler Brennstoff (Erdgas) eingesetzt.

Die wichtigsten energetischen Werte für die Wärmebereitstellung in allen Varianten sind in Tabelle 9 zusammengefasst

Tabelle 9: energetische Zusammenfassung der Grundvarianten

Parameter	V1	V2	V3	Einheit
Strombezug Netz	326	299	15	MWh/a
Stromeinspeisung	257	269	0	MWh/a
Eigenstromverbrauch	65	50,4	0	MWh/a
Biomasse	0	0	1.359	MWh/a
Erdgas	0	0	147	MWh/a
Umweltwärme	1.329	1.324	362	MWh/a

6.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Grundvarianten

In der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird der Wärmepreis für die Versorgungsvariante bei neutralem Kapitalwert nach 30 Jahren ermittelt. In der folgenden Tabelle sind die abgestimmten Eingabegrößen dargestellt.

Tabelle 10: Rahmenbedingungen

Parameter	Einheit	Wert	Quelle
Berechnungszeitraum	Jahre	30	SWB
Beginn Wärmeversorgung	Jahr	Q2 2023	SWB
Finanzierung V1 EFH	% EK	10	SWB
Finanzierung V1 MFH	%	0	SWB
Kalkulationszinssatz V1	%	0,0	SWB

Zinsen Fremdkapital V1	%	2	SWB
Steuersatz V1	%	0	SWB
Finanzierung V2, V3	%	100	SWB
Inflationsrate Energie	%	3,00	SWB
Inflationsrate Material	%	5,00	SWB
Inflationsrate Wärmepreis	%	3,00	SWB
Abschreibungsdauer			
Energiezentrale	Jahre	50	SWB
Geothermie Sonden	Jahre	50	SWB
PV-Anlage	Jahre	20	SWB
Wärmenetz V2	Jahre	40	SWB
Wärmepumpe	Jahre	15	SWB
TGA	Jahre	15	SWB
Energiekosten in 2024			
Strompreis	€/MWh	251,2	SWB
Erdgaspreis	€/MWh	70,6	SWB
Biomasse	€/MWh	76,1	Carmen-eV
CO ₂ -Kosten 2024	€/t	54,58	SWB
Spez. CO₂-Emissionen für CO₂-Kosten			
Erdgas	t CO ₂ /MWh	0,182	BEHG
Biomasse	t CO ₂ /MWh	0,02	AGFW 309-1
Energieerlöse			
Strom Einspeisung (bis 10 kWp)	€/MWh	57	BNetzA
Kälte	€/MWh	0	SWB

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, die mit diesen Rahmenbedingungen aufgebaut wird, ermittelt den erforderlichen Wärmepreis. Dieser ist in allen Varianten vor allem von den Erstinvestitionskosten und den Energiepreisen abhängig. CO₂ Preis, Wartung und Instandhaltung spielen dagegen eine untergeordnete Rolle. Da die Variante 1 unter realen Umständen (privater Bauherr je Gebäude) auf gebäudeebene betrachtet wird, ist ein Vergleich zu den anderen Varianten über den Wärmepreis je MWh möglich, nicht jedoch über die absoluten Verbräuche oder Ausgaben pro Jahr. Folglich wird auch kein Kapitalwert berechnet, da davon ausgegangen wird, dass die erzeugte Wärme nicht verkauft wird. Der angegebene Wärmepreis in Szenario 1 umfasst alle Kosten, die bei der Wärmeerzeugung anfallen incl. Zinsen, jedoch ohne Gewinn.

Im Folgenden werden die wichtigsten Wirtschaftlichkeitsergebnisse dargestellt.

Tabelle 11: Gegenüberstellung Wirtschaftlichkeit

Parameter	V1 EFH	V1 MFH	V2	V3	Einheit
Ausgaben					
Strombezug Wärme	565	1.558	77.297	3.768	€/a
Strombezug Kälte	-	-	2.170	-	
Gasbezug	0	0	0	11.508	€/a
Biomasse	0	0	0	116.007	€/a
CO ₂ Kosten	0	0	0	3.283	€/a
Betriebskosten	533	1.001	42.392	37.574	€/a
Abschreibung	1.474	2.781	210.489	142.530	€/a
Erlöse					
Wärmeerlöse	-	-	381.848	347.309	
Kälteerlöse	-	-	0	0	
PV-Einspeisung	105	274	15.347	0	€/a
Allgemein					
Kapitalwert nach 30 Jahren	-	-	0	0	
Wärmegestehungskosten 2024	310,50	178,60	191,03	185,43	€/MWh

7 Variantenvergleich

Im Folgenden werden die Wichtigsten Werte aller Varianten gegenübergestellt. So entsteht ein ganzheitlicher Überblick, welcher die Grundlage für weitere Entscheidungen bildet.

Tabelle 12: Ökologischer Vergleich der Varianten

	Variante 1 EFH	Variante 1 MFH	Variante 2	Variante 3
Förderfähig nach WN4.0	nein		ja	nein
Anzahl der Erzeuger	78		78	3
Primärenergiefaktor	0,355		0,33	0,30
CO2 Emissionen absolut/spezifisch	182 t / 110 g/kWh		168 t / 102 g/kWh	78 t / 46 g/kWh
EE-Anteile	88%		89%	92 %

Der Vergleich der Jahresgesamtkosten im Jahr 2024 zeigt, dass die Variante 1, in der die Wärme individuell in den Gebäuden bereitgestellt wird mit 344.516 €/a die teuerste Variante ist. Variante 2 (314.830 €/a) und Variante 3 (314.670 €/a) sind dagegen fast identisch.

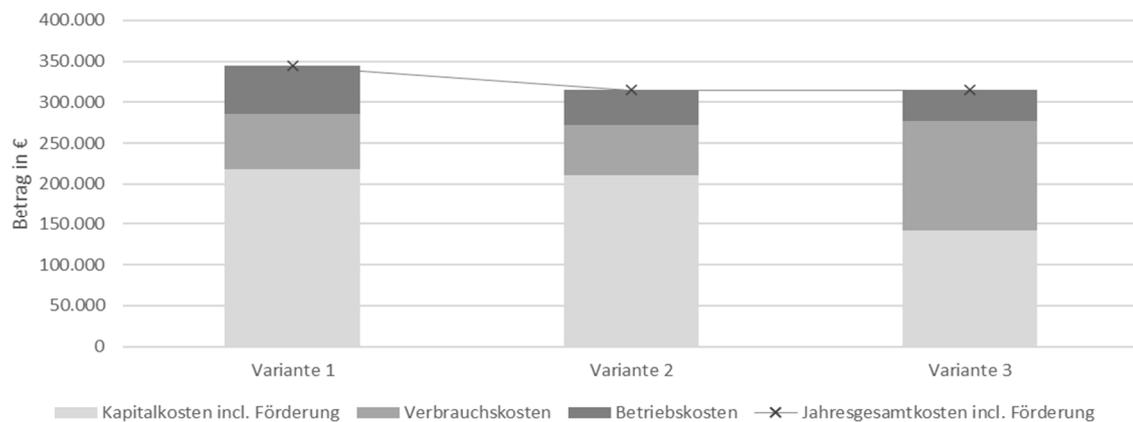


Abbildung 16: Wirtschaftlicher Vergleich der Varianten

Tabelle 13: Wirtschaftlicher Vergleich der Varianten

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Jahresgesamtkosten incl. Förderung	344.516	314.830	314.670
Kapitalkosten incl. Förderung	217.988	210.489	142.530
Verbrauchskosten	67.190	61.950	134.566
Betriebskosten	59.339	42.392	37.574
Verbrauchskosten	20%	20%	43%
Betriebskosten	17%	13%	12%
Kapitalkosten incl. Förderung	63%	67%	45%

8 Aktualisierung der geologischen Untergrundbewertung

Durch den Variantenvergleich wird deutlich, dass nur die Variante 2 für die Umsetzung mit der Förderung nach WN4.0 in Frage kommt. Das kalte Nahwärmenetz nutzt wie beschrieben die Geothermie (über Erdsonden) als Wärmequelle. Durch die Weiterführenden geologischen Untersuchungen des Geologischen Diensts NRW (GD NRW) und der unteren Wasserbehörde Bielefeld wurden neue Erkenntnisse gesammelt, welche gegen die Weiterverfolgung dieses Konzepts sprechen können und im Folgenden beschrieben werden.

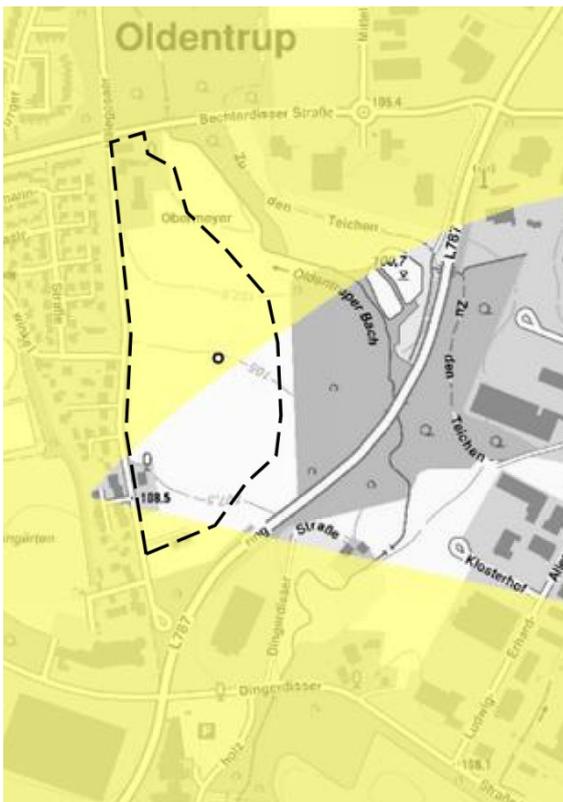


Abbildung 18: Darstellung der Gebiete mit hydrogeologischem Risiko (Wiederholung)



Abbildung 17: aktualisierte Darstellung der Risikogebiete des GD NRW

Das gesamte Gebiet rund um das Neubaugebiet wird nun als hydrologisch kritisch eingestuft (vgl. Abbildung 17). Aufgrund der Artesergefahr und der möglichen Anhydritvorkommen wurde eine Bohrtiefenreduzierung für das Gebiet vom GD NRW empfohlen. Diese beträgt max. 40m in dem, in dem in Abbildung 18, gelblich markierten Gebiet. Im südöstlichen Drittel (in Abbildung 18 nicht farblich markiert) des Baugebietes sind die Schichten des Keupers tektonisch bedingt (Graben) noch von Tonsteinen des Lias (Unterer Jura) überdeckt. Hier wird eine Bohrtiefenreduzierung von 120m empfohlen. Es wird darüber hinaus im Bereich des Lias-Grabens zu 4 Probebohrungen (zur Überprüfung der Schichtenfolge) sowie zur Durchführung eines GRT (Geothermal Response Test) geraten. Diese müssen durch einen Geologen überwacht

werden und bergen ein hohes Risiko. Bei Antreffen der Anhydritschichten oder der Arteserschichten können bereits während der Testbohrung Schäden am Untergrund entstehen. Zudem sind die Karten aufgrund des Maßstabs (1 : 50 000) und der Interpolation zwischen den vorhandenen Bohrungen nicht parzellenscharf. Demnach kann es im weiteren Verlauf der Testbohrungen zu einer weiteren Bohrtiefenreduzierung durch die Unter Wasserbehörde kommen, womit eine deutliche Erhöhung der Bohranzahl verbunden wäre. Der Geologische Dienst NRW weist darauf hin:

„[...] [Es] verbleibt das Restrisiko, wonach die verbleibende Fläche nicht ausreicht, um das Erdwärmesondenfeld zu realisieren. Das wird sich ohne Probebohrungen nicht ausräumen lassen. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse könnten aber auch dazu führen, dass das Vorhaben aufgegeben werden muss.“

9 Fazit

Zusammenfassend ist eine weiterführende Entwicklung des Konzepts mit hohen Kosten für die Untersuchungen verbunden. Dabei könnte es sein, dass die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens während der Umsetzung gefährdet wird. Das Risiko eines Projektabbruchs durch die Begrenzte Fläche und Bohrtiefe wird auch vom GB NRW bestätigt. Vor diesem Hintergrund ist eine Weiterverfolgung der Variante 2 kritisch zu bewerten. Ein Abbruch der MBS liegt abschließend im Ermessen der Auftraggeber.