



WÄRMEVERSORGUNG EIGENHEIMQUARTIER

BERICHT VORSTUDIE

QUARTIERVEREIN WOHNLICHES GEISELWEID

Winterthur, 26. Okt. 2023

Version 1.0

Verfasser

Stefan Fauser / Martin Kolb

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUSGANGSLAGE	3
2	ZIELSETZUNG	3
3	GRUNDLAGEN UND RAHMENBEDINGUNGEN.....	4
3.1	Betrachtungsumfang.....	4
3.2	Informationen aus Gesprächen und Begehungen.....	5
4	LEISTUNG UND ENERGIE ALS BASIS FÜR DIE WEITEREN SCHRITTE	6
5	KONZEPTVARIANTEN WÄRMEERZEUGUNG.....	6
6	FERNWÄRME	6
6.1	Ursprünglich angedachtes Erschliessungskonzept.....	6
6.2	Mit Stadtwerk abgestimmtes Erschliessungskonzept	7
6.3	Netz.....	8
6.4	Kostenschnittstelle Fernwärme.....	9
6.5	Kosten Fernwärme.....	9
6.6	Terresta.....	10
7	GRUNDWASSER	11
7.1	Konzept.....	12
7.2	Angedachter Grundwasser-Technikraum im Eigenheimweg 54	14
7.3	Fassung, Rückgabe.....	14
7.4	Kaltes Nahwärme-Netz.....	16
7.5	Kostenschnittstelle Grundwasser mit dezentralen Wärmepumpen.....	17
7.6	Kosten Grundwasser mit dezentralen Wärmepumpen.....	18
7.7	Terresta.....	18
8	LUFT-WASSER WÄMEPUMPEN	19
8.1	Kostenschnittstelle Luft WP Haustyp «klein».....	19
8.2	Kostenschnittstelle Luft WP Haustyp «gross»	20
8.3	Kosten Luft WP	21
8.4	Terresta.....	21
9	HOLZ-QUARTIERHEIZZENTRALE – VARIANTE VERWORFEN.....	21
9.1	Konzept.....	21
9.2	Standort Energiezentrale, Holzschnitzelanlieferung	22
9.3	Wärmenetz zentrale Holzheizung.....	23
9.4	Beurteilung und Ausschluss der Variante Holz.....	23
9.5	Terresta.....	23
10	VERGLEICH DER AUSGEARBEITETEN VARIANTEN	24
10.1	Fazit Fernwärme:	24
10.2	Fazit Grundwasser Wärmenutzung, dezentralen Wasser-Wärmepumpen	25
10.3	Fazit Luft-Wasser Wärmepumpen.....	25
10.4	Vergleich jährliche Kosten	26
10.5	Vergleich Treibhausgas Emissionen.....	26
10.6	Vergleich Umweltbelastung.....	27

1 AUSGANGSLAGE

Die grosse Reihen-Einfamilienhaussiedlung wird auch «Kolonie Selbsthilfe» genannt und umfasst 118 Reihenhäuser (Private Eigentümer), 3 Mehrfamilienhäuser mit gesamt 60 Wohnungen (Eigentümer: Belplan Immobilien AG, vertreten durch Terresta Immobilien- und Verwaltungs AG) und eine städtische Liegenschaft mit Kindergarten, einer Wohnung und einem Atelier.

Das Quartier wurde in den Jahren 1926-1929 erstellt und ist gemäss PBG Kantonal geschützt.

Das Eigenheimquartier wird heute hauptsächlich mit Gas beheizt und soll im Jahr 2033 vom Gasnetz genommen werden. Aus diesem Grund wird eine Wärmeverbunds- Lösung gesucht, welche durch einen Fachplaner in Abstimmung mit der Arbeitsgruppe aus der Siedlung erarbeitet werden soll.





2 ZIELSETZUNG

Ziel ist es, gemeinsam Erneuerungskonzepte in Bezug auf die Wärmeversorgung zu erarbeiten welche im Verbund funktionieren. Im Projekt sollen dazu verschiedene Verbund-Ansätze geprüft werden, wie zum Beispiel: Fernwärmeanschluss, Grundwasser-Wärmepumpe, Holzschnitzel Heizungen und Pelletheizung im Vergleich zu Einzellösungen wie Luft-Wärmepumpen. Im neuen Energieplan der Stadt Winterthur ist das Eigenheimquartier explizit von der Fernwärme ausgeschlossen. Stadtwerk Winterthur ist jedoch für eine Erschliessung mit Fernwärme bereit, wenn die quartier-interne Erschliessung durch die Gebäudeeigentümer realisiert wird.

3 GRUNDLAGEN UND RAHMENBEDINGUNGEN

3.1 Betrachtungsperimeter

Perimeterplan Machbarkeitsstudie Eigenheimquartier (o. Mst)

	Terresta Immobilien und Verwaltungs AG	60 Wohnungen
	Eigenheimquartier	118 Einfamilienhäuser
	Städtische Immobilie	1 Wohnung, 1 Atelier
	Kindergarten	

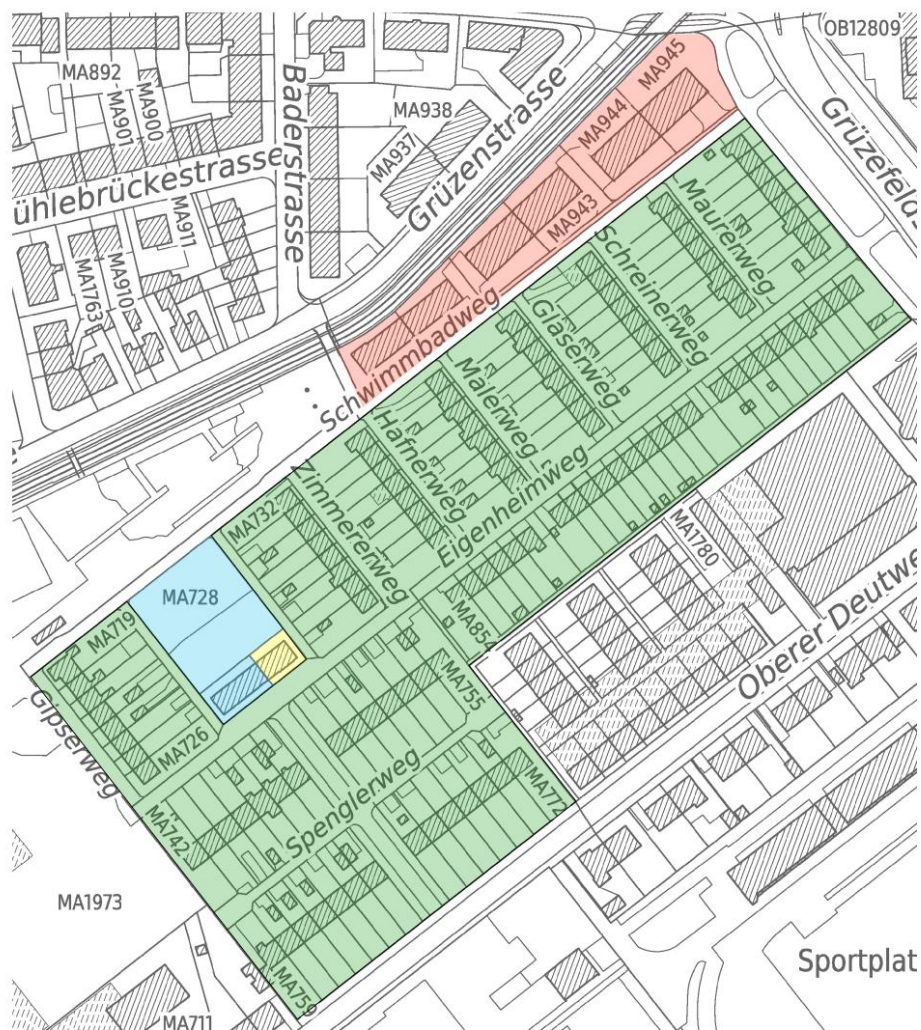


ABBILDUNG 1: BETRACHTUNGSPERIMETER

3.2 Informationen aus Gesprächen und Begehungen

Einfamilienhäuser

- Standard = Gastherme, Heizleistung (9 –) 14 kW (Standard = 13.6 kW)
=> Feuerungsleistung heute für 118 EFH à 13 kW = 1500 kW
- BWW-Speicher über Gasheizung erwärmt (mind. 90% der EFH), Speichergrösse nicht bekannt
- Wenige EFHs (beide besichtigte) hatten je eine Solaranlage mit 500 Liter-BWW-Speicher
Fläche Solarthermie bis 8m² zulässig, bislang keine PV-Anlagen
- Bislang wurden erst wenige Häuser thermisch saniert, Wärmedämmputz ist zulässig, versch.
Häuser mit Innendämmung (v.a. ausgebaute Kellerräume).
- Mehrere Keller sind ausgebaut. Wenig Raumhöhe, zum Teil tiefer ausgegraben.
- Leitungsquerung heute in Kellern für Wasser, Gas, Elektro und Kommunikation
- Neue Leitungen im Keller = «schwierig» wegen versch. Ausbauten und wenig Raumhöhe
- Information zum Durchleitungsrecht: Strom, Gas und Wasser gehören zur Grundversorgung. Die
entsprechende Durchleitung muss gewährt werden, ohne dass es dazu eine vertragliche
Regelung braucht. Anders ist es bei der Fernwärme, welche *nicht* zur Grundversorgung gehört
und eine Durchleitung entsprechend geregelt werden sollte.

MFH Terresta (Schwimmbadweg 1-11)

- 1 gemeinsame Gasheizung im Haus 5 für alle Häuser
- Wärmeleistung 461 kW, Baujahr 2012
- Dezentrale elektrische Warmwasserboiler pro Wohnung
- Zentralengrösse = 5.30 x 3.08 x 3.40 m (tiefer gelegt)
Weitere UG-Räume (Mieterkeller + Veloraum) kaum für Zentralenerweiterung nutzbar
- Gebäude Baujahr ca. 1950, keine Dämmung, schlechter Zustand Fenster => Sanierungsbedarf
vorhanden
- Gemäss Verwaltung aktuell noch keine Sanierung geplant. Warmwasser-Konzept mit
Gesamtsanierung zu betrachten.

Kindergarten + Atelier (Eigenheimweg 54+56)

Atelier Eigenheimweg 54 (aus Doku Dept. Bau):

- Gaskessel 21 kW, Bj. 2011
- Heizverteilung mit Radiatoren
- BWW-Boiler 200 Liter

Kindergarten Eigenheimweg 56

- Gasheizung 25 kW, Bj. 2009 mit BWW-Speicher

4 LEISTUNG UND ENERGIE ALS BASIS FÜR DIE WEITEREN SCHRITTE

Weiterverwendete Zahlen						
Haustyp	Nutzenergie pro Einheit [kWh/a]	Leistung pro Einheit [kW]	Anzahl Einheiten	Total Nutzenergie [KWh/a]	Total Leistung [kW]	
EFH Klein	8'600	7	90	774'000	630	
EFH Gross	11'700	9	28	327'600	252	
Kiga+Atelier	54'000	36		54'000	36	
Summe				1'155'600	918	ohne GLZ*
Terresta	660'000	400		660'000	400	

*GLZ = Gleichzeitigkeitsfaktor, reduziert den Leistungsbedarf der Zentrale:

GLZ x Summe der Einzelleistungen = benötigte Zentralenleistung

5 KONZEPTVARIANTEN WÄRMEERZEUGUNG

Folgende Wärmeerzeugungsvarianten sind am Standort denkbar:

- Fernwärme – als Variante ausgearbeitet
- Grundwasser Wärmenutzung (Wasser-Wärmepumpen) – als Variante ausgearbeitet
- Luft Wärmenutzung (Luft-Wasser Wärmepumpen) – als Variante ausgearbeitet
- Holz-Quartierheizzentrale – Variante verworfen
- Am Standort nicht zulässig: Erdsonden
- Am Standort abgekündigt: Gasversorgung

6 FERNWÄRME

Die Hauptleitung der Fernwärme Winterthur führt mit der Dimension DN 450 an der Grüzefeldstrasse direkt an das Quartier, resp. im Bereich Spenglerweg durch das Quartier. Die Fernwärmeleitung verfügt über ausreichende Kapazitäten für die Versorgung des Quartiers. Die Fernwärme in Winterthur wird zu über 90% (Anteil von Jahr zu Jahr schwankend) aus der Abwärme aus der KVA bereitgestellt. Für den Spitzenlast-Fall und bei Störungen / Revisionen der KVA stehen Gaskessel bereit, die die Wärmeversorgung jederzeit sicherstellen. Durch das hohe Temperaturniveau ist die Fernwärme für alle Gebäudearten ohne Einschränkung geeignet. Insgesamt gilt die Fernwärme ab KVA eine CO₂-arme, im Vergleich kostengünstige Wärmeversorgungslösung.

6.1 Ursprünglich angedachtes Erschliessungskonzept

In den ersten Gesprächen mit der Fernwärme Stadtwerk Winterthur wurde signalisiert, dass Stadtwerk bereit ist, das Eigenheimquartier an die Fernwärme anzuschliessen, wenn die quartierinterne Erschliessung durch die Eigentümer selbst gelöst wird. Dabei sollten aus Sicht Fernwärme zwei Anschlüsse angestrebt werden:

- Ein Anschluss MFHs Schwimmbadweg (Terresta)
- Ein Anschluss für das gesamte Eigenheim-Quartier inkl. Kindergarten/Atelier

6.2 Mit Stadtwerk abgestimmtes Erschliessungskonzept

Im Rahmen von Abklärungen zur Erstellung von privaten Leitungen in öffentlichem Grund mit der Koordinationsstelle der Stadt Winterthur erfolgte am 24.04.2023 ein Gespräch zwischen Frank Schilt (Leiter Fernwärme Stadtwerk Winterthur) und Martin Kolb (Denkgebäude AG). Dabei wurde eine Lösung ausgearbeitet, bei welcher die Fernwärme-Leitungen auf öffentlichem Grund (d.h. in den Quartierstrassen durch Stadtwerk gebaut und jede Häuserreihe mit einer Fernwärme-Übergabestation erschlossen wird. Die Erstellung von privaten Fernwärmeleitungen auf öffentlichem Grund wird somit abgesehen von wenigen Querungen vermieden. Das Konzept gemäss Besprechung vom 24.04.2023 wurde von Martin Kolb zusammengefasst (Dokument «Quartierverein Wohnliches Geiselweid - Machbarkeit Wärmeverbund Eigenheimquartier - Konzept Erschliessung Fernwärme - Stand 15.05.2023» und am 16.05.2023 von Frank Schilt per Mail bestätigt. Der E-Mail-Verkehr mit dem Stadtwerk wird der Auftraggeberschaft auf einem Datenträger abgeben.

Kernpunkte aus den Notizen zur Besprechung mit Fernwärme vom 24.04.2023, per E-Mail durch Frank Schilt (Stadtwerk Betriebsleiter Kehrrechtverwertung / Fernwärme) bestätigt am 16.05.2023:

- Erschliessung der Häuserreihen durch Stadtwerk.
- 1 Fernwärme-Übergabestation jeweils im ersten Haus pro Reihe
Abrechnung Anschlusskosten 1-malig auf diese Adresse, Kostenverteilung erfolgt intern
Abrechnung Leistungspreis erfolgt (nach festgelegtem Schlüssel) pro Haus (Fernwärmetarif).
- Pro Hausreihe interne, private Verteilung im Keller, die Einigung der Eigentümer pro Reihe wird vorausgesetzt.
- Wärmemessung mit Werkzähler von Stadtwerk in jedem Haus, Abrechnung Verbrauch pro Haus (Fernwärmetarif) durch Stadtwerk.

Vorteile dieser Lösung (aus Sicht Eigenheimquartier) gegenüber der ursprünglich angedachten Lösung:

- Umfangreicher privater Leitungsbau auf öffentlichem Grund wird vermieden.
- Energieverrechnung an den Endkunden erfolgt durch Stadtwerk.
- Die Summe der Anschlusspreise für die Fernwärme ist günstiger als die Erstellung eines privaten Netzes.
- Schlanke Lösung mit kleinstmöglichem Platzbedarf im Gebäude und ohne Einschränkung mit der aktuell vorhandenen Wärmeverteilung in den Häusern kompatibel.

Hinweise

- Die Kostenermittlung erfolgte unter der Vorgabe, dass alle Eigentümer dem gemeinsamen Leitungsbau im Keller zustimmen. Stadtwerk kann bei Bedarf entsprechende Musterverträge zur Verfügung stellen.
- Planungsannahme und Basis der Kostenermittlung ist die Erstellung der Kopfstationen ausserhalb der Liegenschaften in einem geeigneten Schrank (ca. Breite 220cm Höhe 200cm Tiefe: 60cm, Optik mit der Denkmalpflege abzustimmen), auf der Grundstücksgrenze mit Zugänglichkeit ab Quartierstrasse. Allfällige Entschädigungen für die Stellfläche des Schanks

sind in den Kosten nicht berücksichtigt. Häufiger Ansatz: Einmalige Abgeltung durch die weitem Bezüger in der Reihe.

- Förderbeiträge können pro Eigentümer abgezogen werden, Informationen hält Stefan Brägger, Leiter Energieberatung Stadtwerk Winterthur bereit.

6.3 Netz

In der Abbildung 2 ist das angedachte Netz zur Fernwärmeversorgung dargestellt. Die violett dargestellten Leitungen sind von Stadtwerk Winterthur zu erstellende erdverlegte Fernwärmeleitungen. Die ebenfalls violett dargestellten Rechtecke sind die nach Stadtwerk Vorgabe zu erstellenden Fernwärme-Übergabestationen, diese bilden die Schnittstelle zwischen dem Stadtwerk Wärmenetz und den privaten Wärmeleitungen. Aufgrund der Platz-Situation in den UGs der Häuser ist angedacht, diese in Schränken an der Grundstücksgrenze (vergl. Kap. 6.2) zu installieren. Diese Schränke sind durch die Eigentümergemeinschaft zu erstellen. Aus Sicht Stadtwerk und Denkmalpflege wäre die Installation der Übergabestationen jeweils im UG des ersten Hauses der Reihe ideal. Die jeweils im Garten erdverlegte Verbindungsleitung (gelb dargestellt) von der Übergabestation bis zum ersten Haus der jeweiligen Reihe sind privat und von der Eigentümergemeinschaft zu erstellen. Ebenso die Wärmeleitungen im UG der Reihen. Diese bestehen aus zwei jeweils gedämmten und mit Alu-Blech ummantelten Leitungen (Vorlauf und Rücklauf). Der Aussendurchmesser pro Leitung beträgt fertig ummantelt voraussichtlich ca. 15 bis 17 cm.

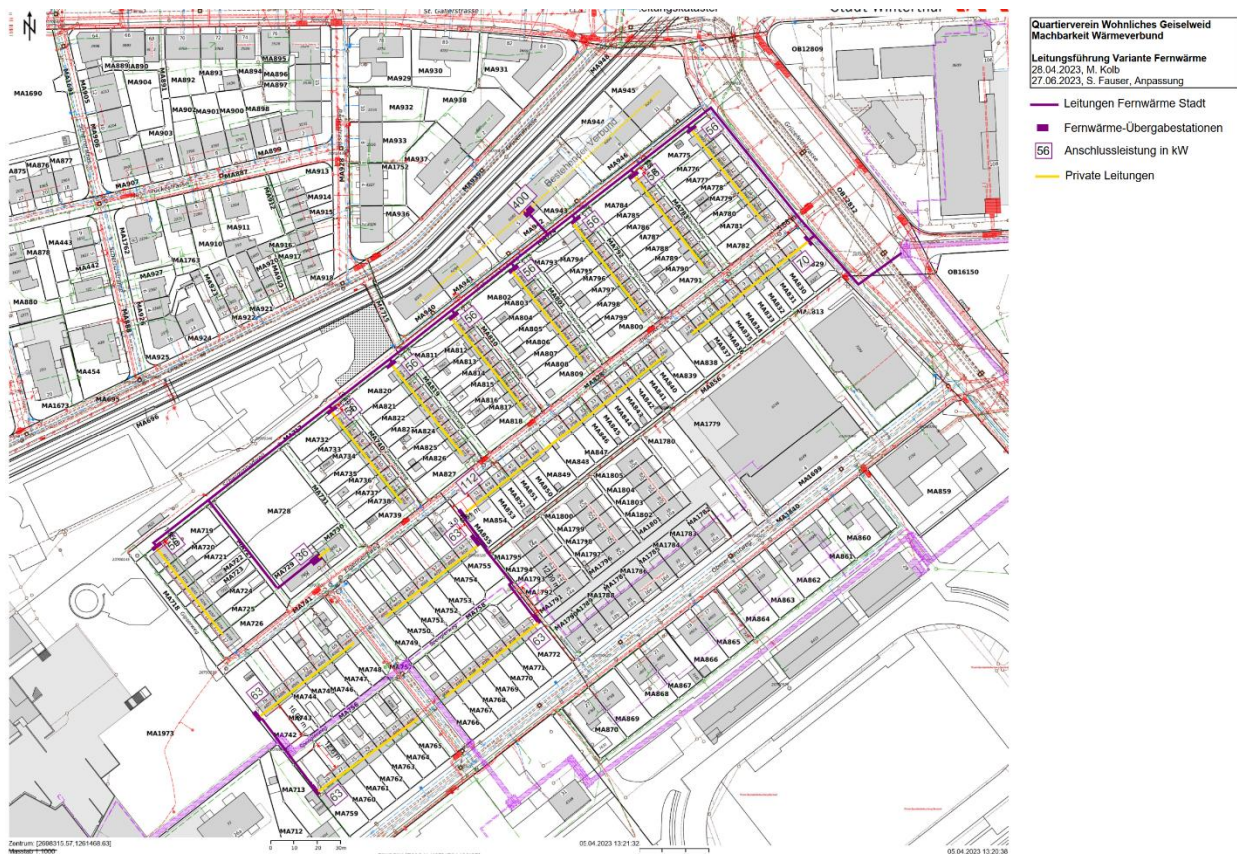


ABBILDUNG 2: FERNWÄRME NETZ

Über den jeweils vom Eigentümer zu erstellenden Wärmetauscher wird die Hausinterne Wärmeverteilung an den internen Verbund angeschlossen. Diese, nach Stadtwerk-Vorgabe auszuführende Systemtrennung ist notwendig, damit sich ein Defekt in der Wärmeverteilung einer Liegenschaft (z.B. Loch in der Heizungsleitung o.ä.) nur auf diese Liegenschaft auswirkt, nicht auf die ganze Reihe.

6.4 Kostenschnittstelle Fernwärme

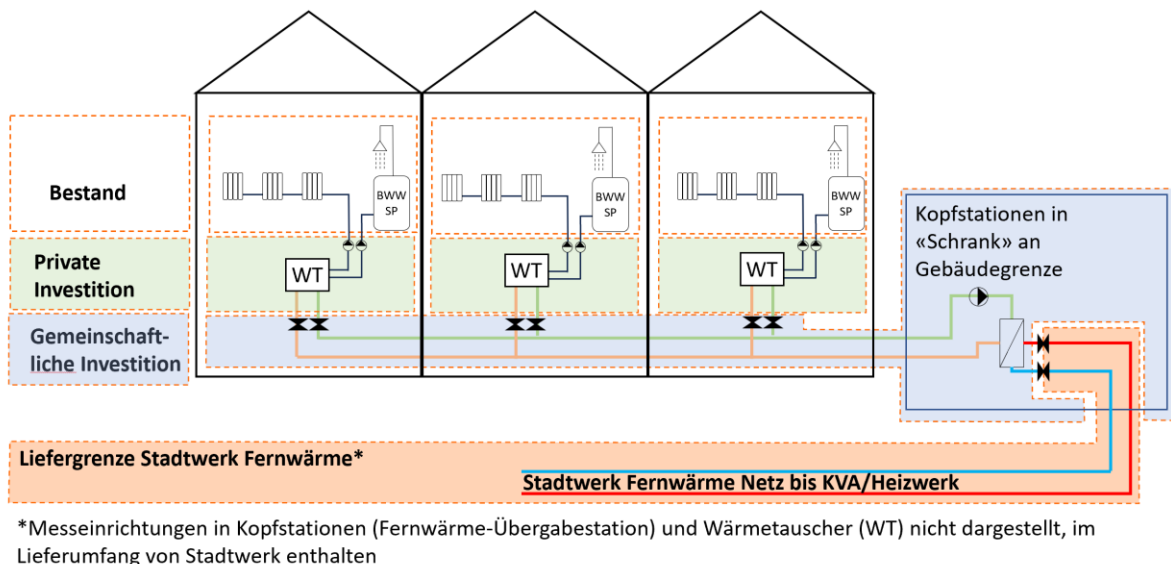


ABBILDUNG 3: KOSTENSCHNITTSTELLE FERNWÄRME

6.5 Kosten Fernwärme

Berechnungsbasis:				90 Häuser	28 Häuser	2 Häuser	
				Kosten pro Haus "klein"	Kosten pro Haus "gross"	Kosten Kiga/ Atelier	Kosten Total
Alle Kosten exkl. MWST +/- 25%							
Netz (Wärmeleitung in den Häuserreihen ab Kopfstation)				2'135	2'745	5'490	280'000
Bauliches (Kernbohrungen etc., Anteil Schrank Kopfstation etc.)				2'000	2'143	500	241'000
Apparate (Wärmetauscher, Heizgruppe etc.)				12'111	12'143	10'000	1'450'000
Zwischensumme				16'000	17'000	16'000	1'971'000
Unvorhergesehenes (UVG)	10%	von	Zwischensumme	1'600	1'700	1'600	197'100
Anschlusspreis FW inkl. FW ÜST Kopfstationen				6'405	8'235	16'471	840'000
Honorar Planer	20%	von	Netz	427	549	1'098	56'000
Honorar Planer	20%	von	Bauliches	400	429	100	48'200
Honorar Planer	20%	von	Apparate	2'422	2'429	2'000	290'000
Total Netz+Bauliches+Apparate inkl. UVG und Honorare				gerundet 27'000	30'000	37'000	3'400'000
Abzug Förderung Netz				-	-		
*Abzug Förderung Endkunde je ersetzte Gas/Ölheizung				-8'000	-8'000		
*Total Kosten pro Einzelliegenschaft mit Fördergeldern				gerundet 19'000	22'000		

*Wenn keine Gas- oder Ölheizung ersetzt wird, entfällt die Förderung

ABBILDUNG 4: KOSTENZUSAMMENSTELLUNG FERNWÄRME

6.6 Terresta

Für die Mehrfamilienhäuser Terresta ist ein Anschluss an die Fernwärme möglich. Der Anschluss würde über eine Fernwärme-Übergabestation für die drei MFHs erfolgen. Dieser würde anstelle der aktuellen Gasheizung installiert werden, die bestehende interne Wärmeleitung zu den beiden weiteren MFHs könnte voraussichtlich weiter genutzt werden.

Grundsätzlich empfiehlt sich für diese, nicht inventarisierte Liegenschaften eine umfassende energetische Sanierung vor einem allfälligen Heizungsersatz.

7 GRUNDWASSER

Das Eigenheimquartier liegt in einem Gebiet mit mittlerer Grundwassermächtigkeit (2 -10 m) mit dem oberen Pegel in einer Tiefe von ca. 9m. Der mächtige Grundwasserstrom ist im Bereich Geilinger unterbrochen. Grundwasserschutzzone Au, Zone B (d-blau).

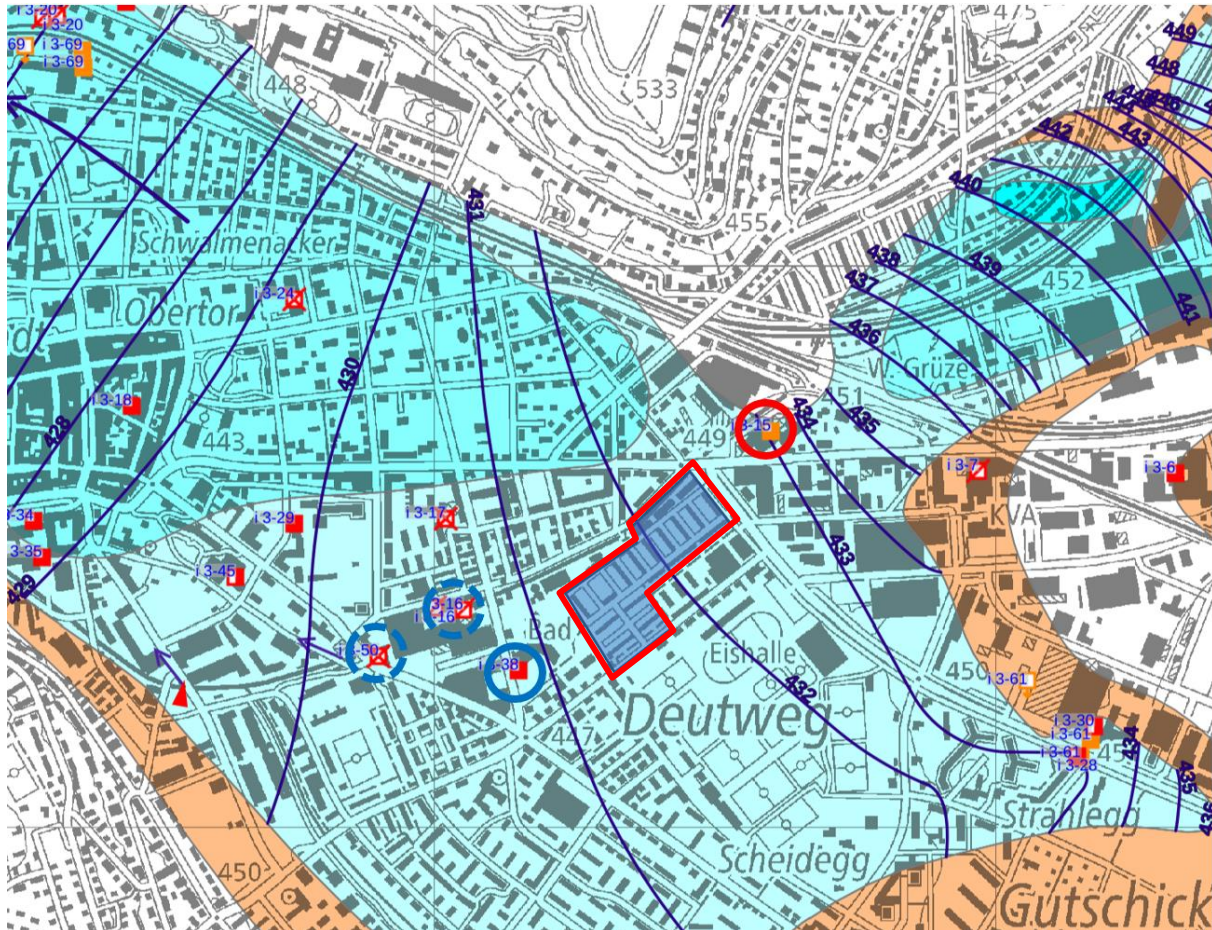


ABBILDUNG 5: GRUNDWASSERKARTE MITTELSTAND

An der St. Gallerstrasse gibt es eine GW-Fassung zur Wärmenutzung welche auf 600 l/min konzessioniert ist (roter Kreis im Plan). Weiter Richtung Südwesten gibt es bei der Zivilschutzanlage Hallenbad Geiselweid eine Grundwasserfassung zur Trinkwassernutzung für 420 l/min und bei der Schleife eine ungenutzte Trinkwasserfassung für 4000 l/min. An der Palmstrasse wurde eine Trinkwasserfassung für 4000 l/min aufgehoben. (blaue Kreise, ungenutzt = gestrichelt).

Die vom AWEL vorgegebene minimale Leistung für thermische GW-Nutzung von 150 kW wird auch bei einer separaten Grundwasserfassung und -Zentrale für Terresta erreicht. Aus den verschiedenen Abklärungen und Abhängigkeiten sollten aus Sicht Denkgebäude AG 2 separate Konzepte/Anlagen vorgesehen werden: Eine eigenständige Anlage für das Eigenheimquartier und eine eigenständige Anlage für die Terresta Liegenschaften.

Annahmen für Fassung (rot) Versickerung (blau) gemäss Plan mit 2 Standorten:

- A) Terresta: Abstand Quelle – Senke bis 150m auf eigenen Grundstücken
- B) Kindergarten: Abstand Quelle – Senke max. 50m auf Grundstück

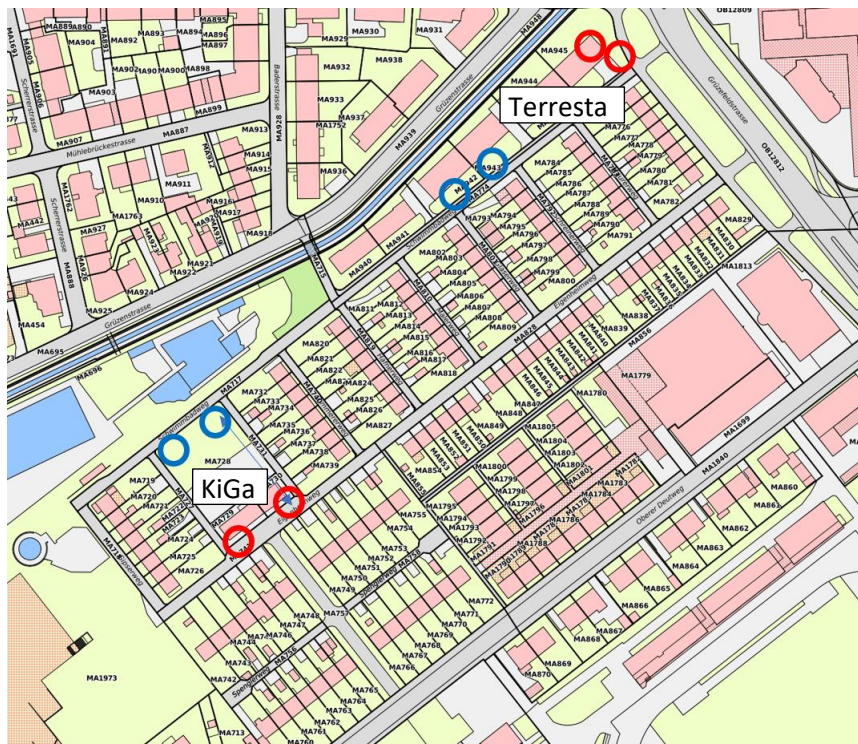


ABBILDUNG 6: AUSZUG GIS MIT 2 STANDORTEN FÜR GRUNDWASSER-FASSUNG UND -VERSICKERUNG (OBEN TERRESTA, LINKS UNTEN KINDERGARTEN)

7.1 Konzept

Verworfen: Zentrale Wärmeerzeugung auf Basis Grundwasser mittels Gross-Wärmepumpen.

Die Versorgung des Quartiers über einen privaten Nahwärmeverbund auf dem Nutztemperaturniveau von rund 70°C mittels zentraler Wärmepumpen und der Wärmequelle Grundwasser wurde als nicht realisierbar eingestuft. Die einzige, ausreichende Fläche für eine Energiezentrale wäre auf städtischem Grund unter dem Garten des Kindergartens in Form einer Unterflur-Zentrale denkbar. Daraus ergeben sich diverse Problemstellungen, die neben weiterer Vorbehalte zum Ausschluss (gemäss Workshop 2) dieser Variante geführt haben:

- Die Erstellung einer Unterflur-Zentrale ist aufwändig und teuer, die Beeinträchtigung des Kindergarten-Betriebs in der Bauphase wäre erheblich.
- Die Grundwasser-Mächtigkeit ist mittel. Eine belastbare Aussage, ob das Grundwasser-Dargebot für die Quartiersversorgung tatsächlich ausreicht, sind Probebohrungen notwendig.
- Unterflur-Zentrale mit Sturmlüftungen etc. passt nicht zur Kindergarten-Nutzung.
- Wärmeverluste auf dem privat zu erstellenden Wärmenetz reduzieren die Effizienz.
- Professioneller Anlagenbetreiber notwendig.

Vertieft betrachtet: Kalter Verbund auf Basis Grundwasser, dezentrale Wasser-Wasser Wärmepumpen pro Haus.

Anstelle der zentralen Erzeugung von Wärme auf dem Nutztemperaturniveau von rund 70°C mittels zentraler Wärmepumpen besteht die Möglichkeit über einen kalten Verbund das Wasser auf dem Temperaturniveau des Grundwassers im Quartier zu verteilen. Der Temperaturhub mittels Wärmepumpen erfolgt dann dezentral pro Haus.

Die Wärmeerzeugung ist hierbei im Besitz des Hauseigentümers. Für jedes Haus kann selbst bestimmt werden, auf welchem Temperaturniveau die Wärme erzeugt wird und ob Heizung und Brauchwarmwasser mit einer oder mit zwei Einheiten bereitgestellt wird. Bei dieser Variante gibt es zudem keine Wärmeverteilverluste.

Das Konzept besteht aus den folgenden wesentlichen Komponenten:

- Grundwasser-Entnahmebrunnen mit einer einfachen Grundwasser-Leitung zu den Schluckbrunnen. T_{VL} ca. 13°C, $dT = 3K \Rightarrow T_{RL} = 10^\circ C \Rightarrow$ Grundwasserleitung DN 150
- Gemäss Vorgabe AWEL zentrale Wärmetauscher, über welche die Wärme dem Grundwasser entnommen wird. Aus betrieblichen Gründen werden 2 Wärmetauscher vorgesehen
- Ein gemeinschaftliches Sekundärnetz mit Wasser als Wärmeträger, über dessen Vorlauf die kalte Fernwärme (ca. 11°C) zu den Bezüglern gelangt.
- Private Wärmepumpen bei den Bezüglern, die die kalte Fernwärme auf nutzbares Niveau anheben und Wasser aus dem Sekundär-Netz Vorlauf auf ca. 2...6°C abkühlen und an den Rücklauf abgeben. **Diese Wärmepumpenanlagen sind im Eigentum der Bezüglern** (vergl. Kostenschnittstelle Kap. 7.5)

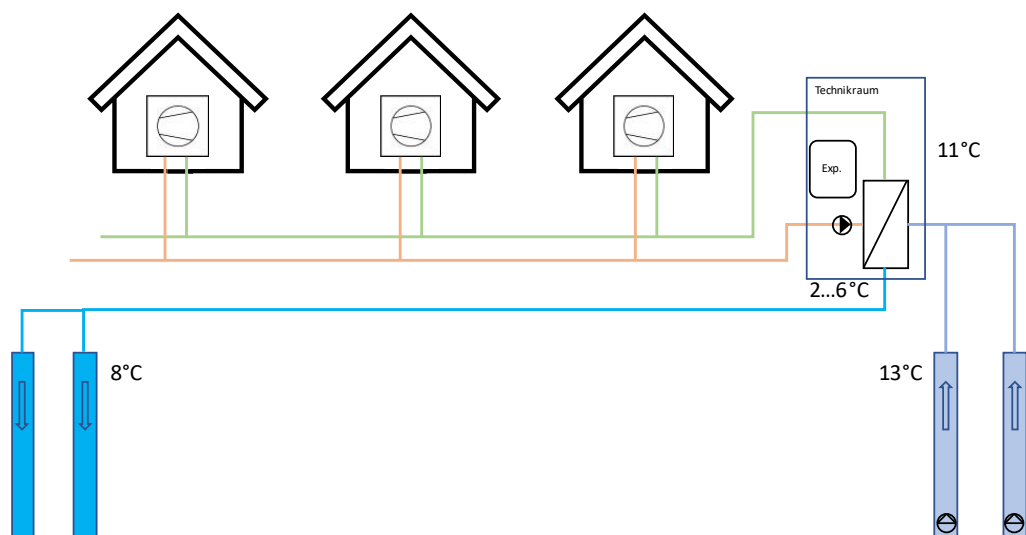


ABBILDUNG 7: KONZEPT ANERGIEVERBUND MIT ZENTRALER NETZTRENNUNG

Die Grundwassernutzung mit Anergie-Netz setzt einen professionellen Betreiber voraus. Dieser ist periodisch vor Ort und prüft die Grundwasseranlage, plant Wartungen – z.B. Reinigung der Wärmetauscher, reagiert bei Störungsmeldungen der Leitungsüberwachung, der Pumpen, der Expansion etc.

Dies könnte z.B. über ein Betreibercontracting oder im Rahmen eines Wartungsvertrags der gesamten gemeinschaftlich erstellten Anlage gelöst werden.

7.2 Angedachter Grundwasser-Technikraum im Eigenheimweg 54

Grösse Grundwasser-Technikraum für 2 Grundwasser-Wärmetauscher, Netzpumpen, Expansion, Schaltschrank ca. 5 x 4 m bei 2 m Raumhöhe. Dieser Technikraum ist im Atelier, Eigenheimweg 54 angedacht. Im folgenden Plan UG Eigenheim 54 rot eingefärbt. Die Eigentümerschaft - das Departement für Immobilien der Stadt Winterthur, Hansjörg Felix, wurde bereits angefragt. Hier wurde eine grundsätzliche Diskussionsbereitschaft für das Anliegen signalisiert. Der E-Mail-Verkehr wird der Auftraggeberschaft abgeben.

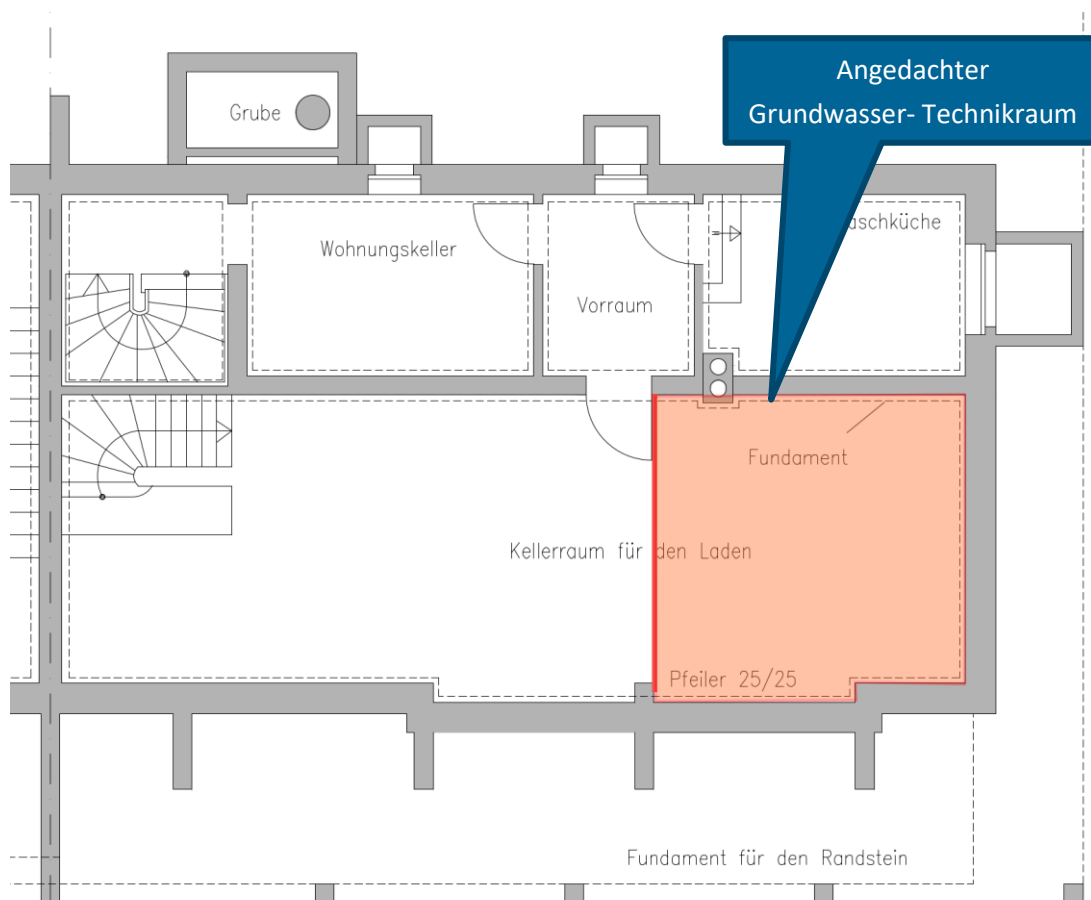


ABBILDUNG 8: ANGEDACHTER GRUNDWASSER TECHNIKRAUM UG ATELIER

7.3 Fassung, Rückgabe

Zentrale Grundwasser-Fassungen im Bereich vor Eigenheimweg 54/56, Rückgabe im Garten Eigenheimweg 54/56. Die Brunnen müssen zugänglich sein (ca. 1x pro Jahr) und sind als gewöhnlicher Schachtdeckel ausgestaltet. D.h. die Nutzung z.B. als Stellplatz ist weiterhin möglich. Die Brunnenstandorte sind grob positioniert. Auf den Baumbestand etc. kann und muss bei der tatsächlichen Brunnenposition und der Leitungsführung Rücksicht genommen werden.

Die Eigentümerschaft - das Departement für Schule und Sport der Stadt Winterthur, Philip Cohen, wurde bereits angefragt. Hier wurde eine grundsätzliche Diskussionsbereitschaft für das Anliegen signalisiert. Der E-Mail-Verkehr wird der Auftraggeberschaft abgeben.



ABBILDUNG 9: SITUATION EIGENHEIMWEG 54 ATELIER UND 56 KINDERGARTEN.

Gemäss Simulation vom AWEL ist die Grundwasserfassung mit der angefragten, für das Quartier ausreichend dimensionierten Entnahmemenge grundsätzlich genehmigungsfähig.

Wie oben bereits erwähnt, ist die Grundwasser-Mächtigkeit am Standort mittel. Für eine belastbare Aussage, ob das Grundwasser-Dargebot für die Quartiersversorgung tatsächlich ausreicht, sind Probebohrungen mit Pumpversuch notwendig.

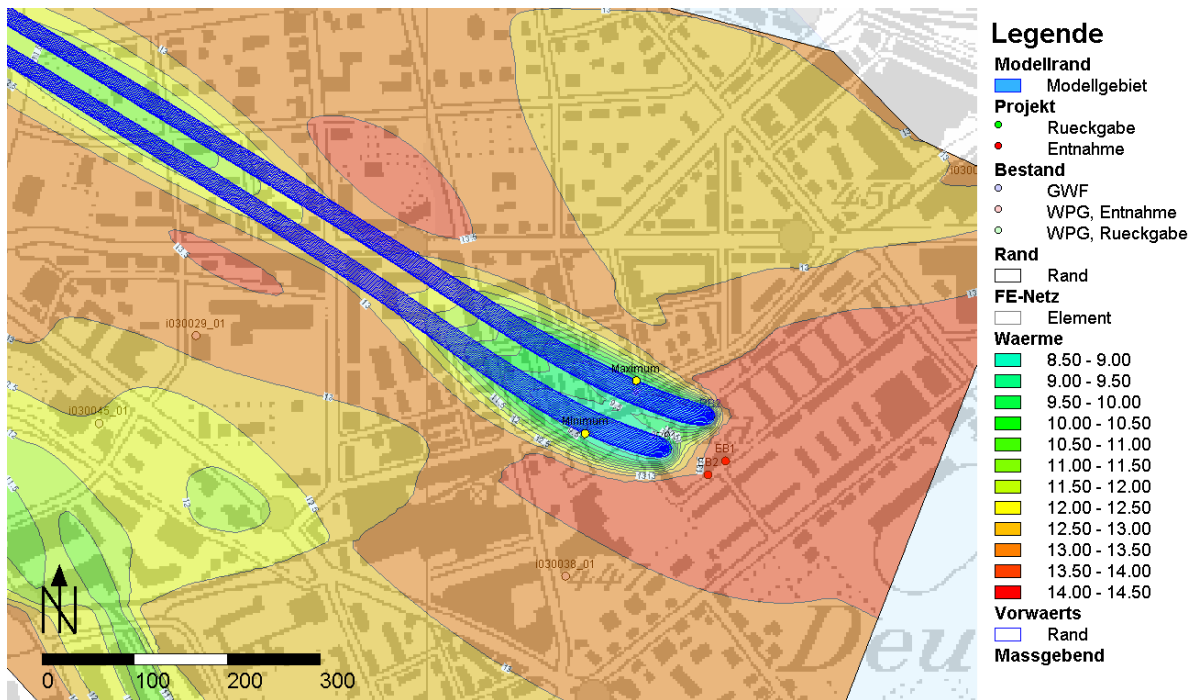


ABBILDUNG 10: SIMULATION AWEL, A. GREBENICEK VOM 16.05.23 DT 5K

Der E-Mail-Verkehr mit dem AWEL wird der Auftraggeberschaft abgeben.

7.4 Kaltes Nahwärme-Netz

Es handelt sich hier um ein kaltes Nahwärmenetz (Anergie-Netz) mit parallel verlaufender Vorlauf- und Rücklaufleitung. Das heisst die erdverlegten Leitungen auf öffentlichem Grund sind nur minimal gedämmt, verfügen aber über eine Leckage Überwachung.

Dimensionierung auf $T_{VL} 11\text{ °C}$ und $T_{RL} 3\text{ °C} = \Delta T 8K$.

Dies ergibt für 525 kW Entzugsleistung 15.6 kg/s => Strang Nord DN 100 und Strang Süd DN 80. Der Wärmeträger ist Wasser ohne Frostschutzmittel. Die Leitungen in den UGs der Gebäude sind zur Vermeidung von Kondenswasser gedämmt, der Aussendurchmesser (inkl. Dämmung) beträgt zwischen ca. 13 cm und 15 cm.

Grundsätzlich ist ein aufwändiges Bewilligungsverfahren für das private Leitungsnetz auf öffentlichem Grund zu erwarten.

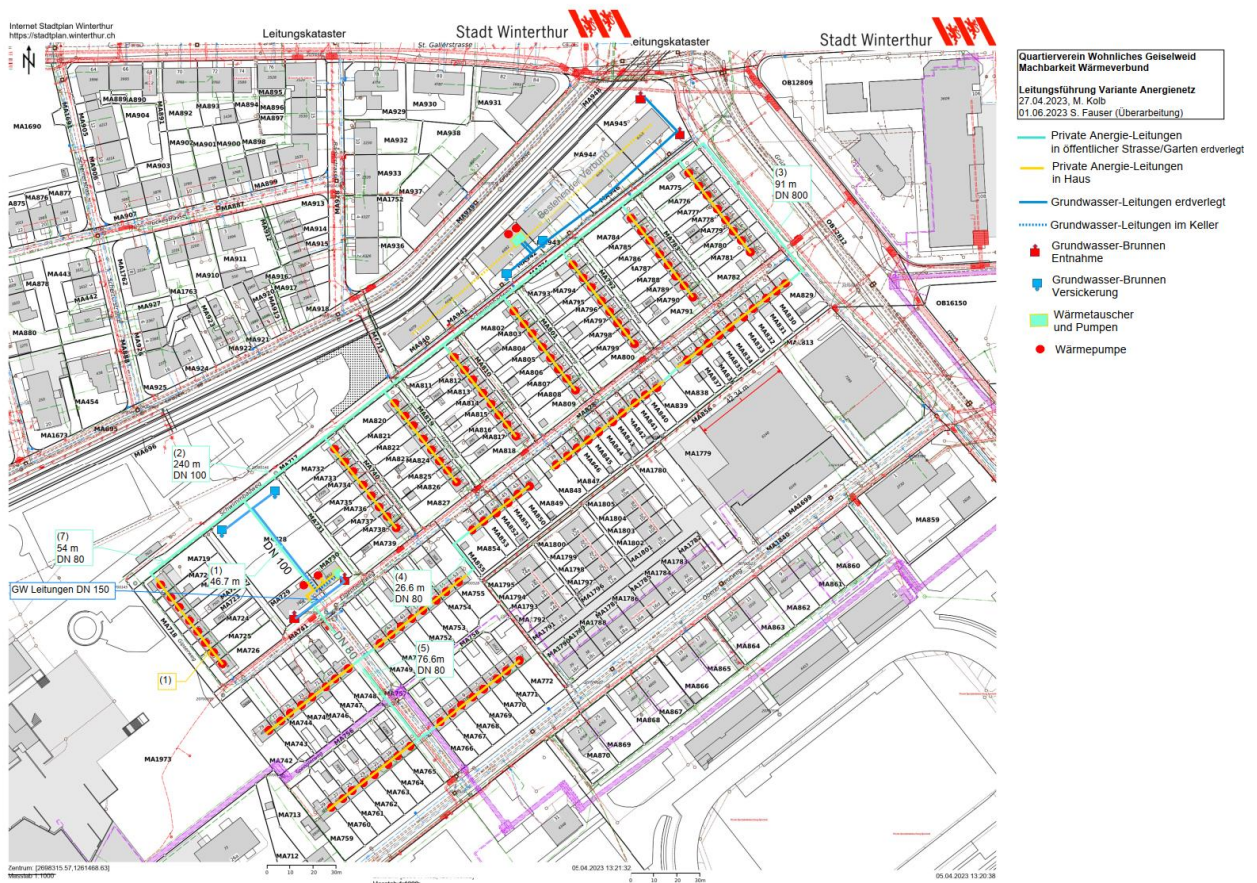


ABBILDUNG 11: KALTES NAHWÄRMENETZ, GRUNDWASSER-WÄRMENUTZUNG

7.5 Kostenschnittstelle Grundwasser mit dezentralen Wärmepumpen

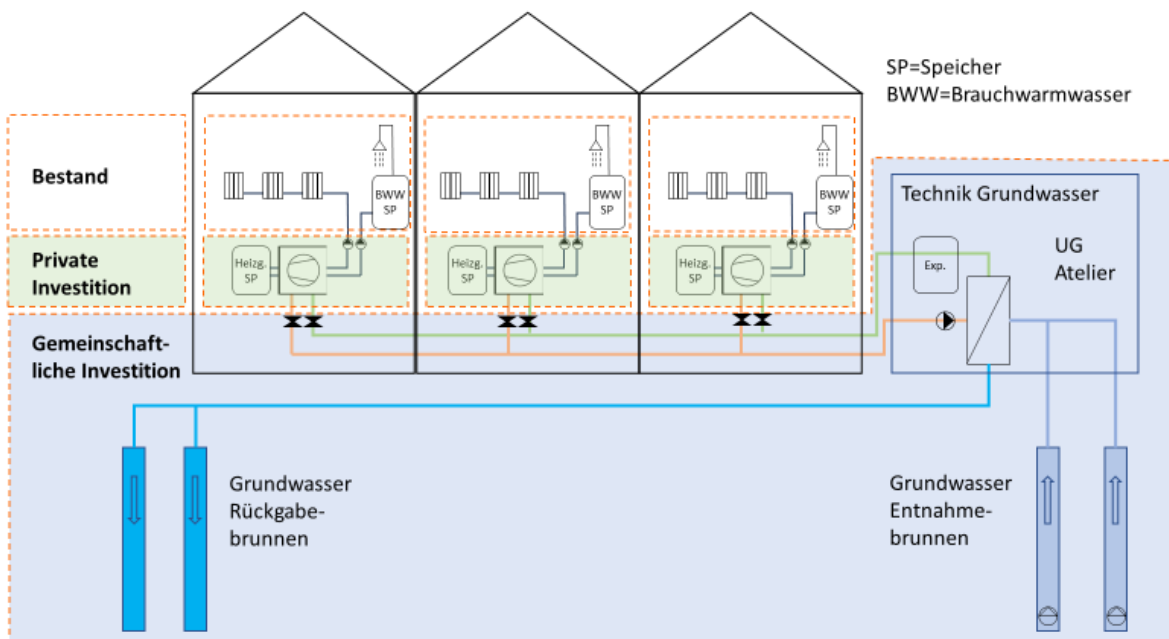


ABBILDUNG 12: 7.4 KOSTENSCHNITTSTELLE GRUNDWASSER MIT DEZENTRALEN WÄRMEPUMPEN

Die gemeinschaftlich zu erstellenden Komponenten (blau hinterlegt) beinhalten Grundwasserbrunnen mit Pumpen, eine Technikzentrale und ein kaltes Nahwärmenetz (Anergie-Netz), erdverlegt auf öffentlichem Grund und in privaten Kellern. Die Komplexität der Anlage ist gering, dennoch wird eine Organisation mit klaren Verantwortlichkeiten für die Betreuung der Anlagen benötigt. Dies könnte z.B. als Verein, als Genossenschaft und/oder mit Hilfe eines professionellen Anlagebetreibers sichergestellt werden.

7.6 Kosten Grundwasser mit dezentralen Wärmepumpen

Berechnungsbasis:				90 Häuser	28 Häuser	2 Häuser	
				Kosten pro Haus "klein"	Kosten pro Haus "gross"	Kosten Kiga/ Atelier	Kosten Total
Alle Kosten gerundet, in CHF exkl. MWST +/- 25%							
(A) Anergie-Netz (Anergie-Leitung in Quartierstr. und UGs Häuserreihen)				8'845	11'373	22'745	1'160'000
(GW) Leitg.bau (Grundwasser Leitungen zw. Brunnen und Technikraum)				1'449	1'863	3'725	190'000
(GW) Technik (Grundwasser Wärmetauscher, Pumpen, etc.)				2'059	2'647	5'294	270'000
(GW) Bauliches (Grundwasser Brunnen etc.)				915	1'176	2'353	120'000
Bauliches (Kernbohrungen in Häusern etc.)				1'000	1'071	500	121'000
Apparate (Wärmepumpen, Heizgruppe etc.)				36'444	37'500	52'000	4'330'000
Zwischensumme				51'000	56'000	87'000	6'191'000
Unvorhergesehenes (UVG)	10%	von	Zwischensumme	5'100	5'600	8'700	619'100
Honorar Planer	20%	von	(A) Anergie-Netz	145	186	373	232'000
Honorar Planer	20%	von	(GW) Leitg./Tech./Bau	885	1'137	2'275	116'000
Honorar Planer	10%	von	Bauliches	100	107	50	12'100
Honorar Planer	0%	von	Apparate	0	0	0	0
Total Netz+Bauliches+Apparate inkl. UVG und Honorare gerundet				57'000	63'000	98'000	7'170'000
Abzug Förderung Netz				-771	-771		
*Abzug Förderung Endkunde WP und Anschluss an das kalte Nahwärmenet				-18'650	-18'650		
*Total Kosten pro Einzelliegenschaft mit Fördergelder gerundet				38'000	44'000		

*Wenn keine Gas- oder Ölheizung ersetzt wird ist die Förderung geringer

ABBILDUNG 13: KOSTENZUSAMMENSTELLUNG GRUNDWASSER MIT DEZENTRALEN WÄRMEPUMPEN

7.7 Terresta

Für die Mehrfamilienhäuser Terresta ist eine eigene Grundwasserfassung aufgrund der Anschlussgrösse möglich (Vergl. Kap. 7). Das Raumangebot der bestehenden Heizungszentrale dürfte für die Grundwasser Technik, die Wärmepumpen Heizanlage mit Wärmespeicher nicht ausreichen. Die Variante Grundwasser ist gegenüber einem Fernwärme-Anschluss nicht wirtschaftlich konkurrenzfähig und wurde deshalb auch nicht vertiefter abgeklärt. Grundsätzlich empfiehlt sich für diese, nicht inventarisierte Liegenschaften eine umfassende energetische Sanierung vor einem allfälligen Heizungsersatz.

8 LUFT-WASSER WÄMEPUMPEN

In Ein- und Mehrfamilienhäusern werden immer mehr Luft-Wasser-Wärmepumpen eingebaut. Diese nutzen die Aussenluft als Wärmequelle zur Erzeugung von Heizwärme und Warmwasser. Die Energieeffizienz hat sich in den letzten Jahren verbessert, liegt jedoch immer noch deutlich unter derjenigen von Wärmepumpen mit Grundwasser oder Erdsonden als Wärmequelle.

Luft-Wasser-Wärmepumpen arbeiten im Sommer, z.B. zur Erzeugung von Warmwasser, effizient. Im Herbst und Winter sinkt jedoch der Wirkungsgrad mit abnehmender Aussentemperatur stetig ab. Bei Aussentemperaturen gegen Null Grad und darunter ist für die Enteisung der Wärmetauscher zusätzliche Energie notwendig, was die Energiebilanz weiter verschlechtert.

Für Ein- und Mehrfamilienhäuser sind Luft-Wasser-Wärmepumpen v.a. dort eine Option, wo tiefe Anfangs-Investitionen stark gewichtet werden oder keine anderen Quellen wie Erdsonden oder Grundwasser möglich sind.

Gemäss Informationen der Auftraggeberin bzw. der Denkmalpflege sind für die Aufstellung von Luft-Wasser-Wärmepumpen Auflagen zu beachten. Bei den 90 Liegenschaften «EFH klein» ist eine offene Aufstellung im Aussenbereich nicht zulässig. Die Wärmepumpe resp. der Verdampfer muss im Haus resp. in einem Schacht installiert werden.

Bei den 28 Liegenschaften «EFH gross» ist eine offene Aufstellung im Aussenbereich unter Einhaltung der geltenden Vorschriften zulässig.

8.1 Kostenschnittstelle Luft WP Haustyp «klein»

Ansatz: Innen aufgestellte Luft WP da eine aussen aufgestellte Luft WP nicht zulässig ist. Aussen aufgestellte Geräte im Schacht sind aus verschiedenen Gründen wie Zugänglichkeit für Wartung, Luftkurzschlüsse, Verschmutzung etc. aus unserer Sicht nicht zu empfehlen.

Skizze Aufstellung WP Haustyp «EFH klein», konform mit Denkmalpflege. Die Masse der Inneneinheit sind je nach Modell ca. 1m x 1x bei einer Höhe von ca. 1.8 m. Um Luft-Kurzschlüsse* zu vermeiden ist die Erweiterung des Lichtschachts vorgesehen. Diese ermöglicht eine ausreichende Trennung der angesaugten Aussenluft und der durch die WP abgekühlt ausgeblasenen Fortluft.

*Luft Kurzschluss: Luft WP saugt die durch die WP bereits abgekühlte Luft erneut an, damit sinkt die Quellentemperatur und die Stromaufnahme der Wärmepumpe steigt markant an.

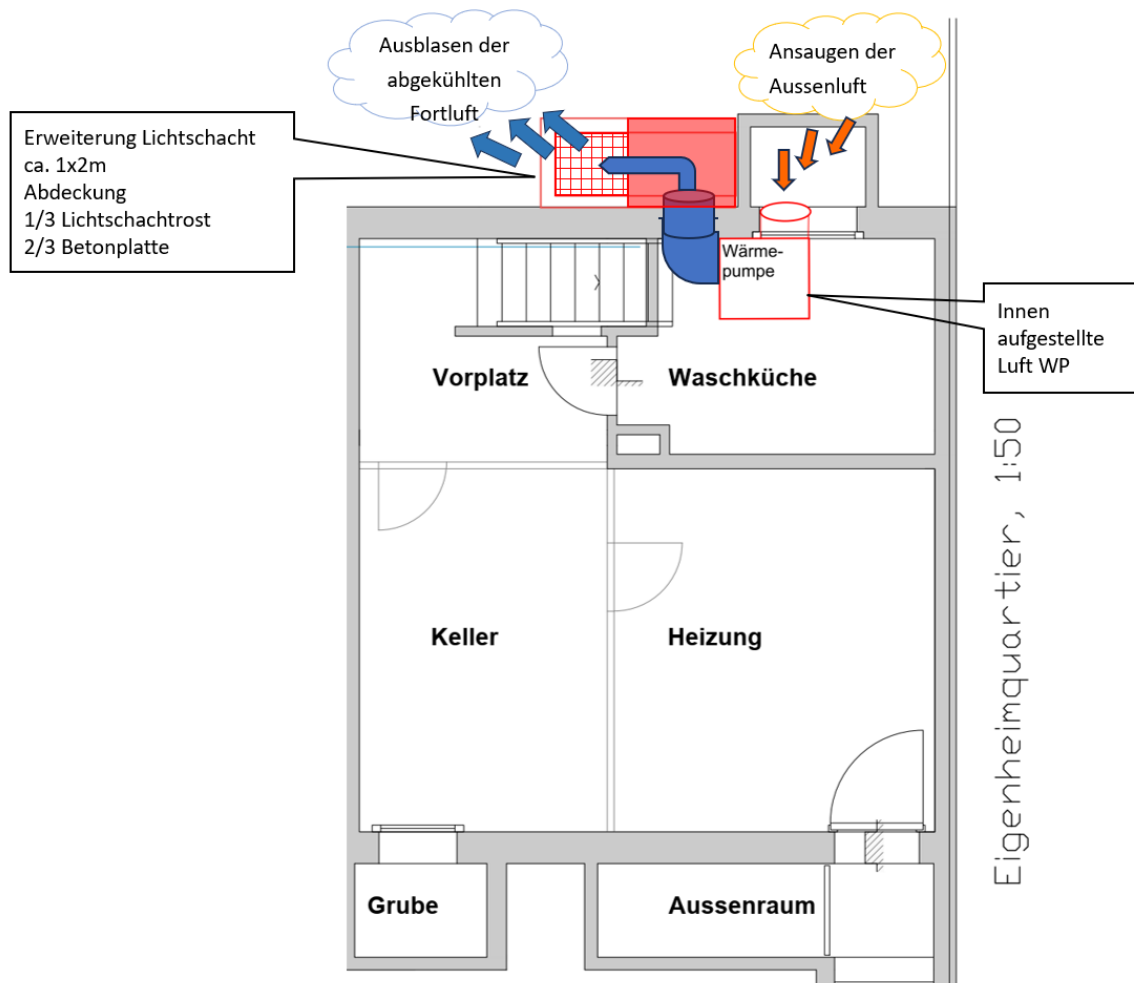


ABBILDUNG 14: KOSTENSCHNITTSTELLE LUFT WP HAUSTYP «KLEIN»

8.2 Kostenschnittstelle Luft WP Haustyp «gross»

Ansatz: Aussen aufgestellte Luft-Wasser WP. Diese wird in Abhängigkeit der Lärmschutz-Anforderungen und unter Berücksichtigung der Gartengestaltung auf einem Sockel montiert und mittels erdverlegter Leitungen mit der Hauseinheit der Wärmepumpe verbunden.

8.3 Kosten Luft WP

Berechnungsbasis:	90 Häuser	28 Häuser	2 Häuser		
	Kosten pro Haus "klein"	Kosten pro Haus "gross"	Kosten Kiga/Atelier	Kosten Total	
Alle Kosten gerundet, in CHF exkl. MWST +/- 25%					
Bauliches (Kernbohrungen, Erweiterung Schacht etc.)	7'556	5'000	5'000	830'000	
Apparate (Luft-Wasser WP, Heizgruppe etc.)	48'556	56'071	85'000	6'110'000	
Zwischensumme	56'000	61'000	90'000	6'940'000	
Unvorhergesehenes	10% von Zwischensumme	5'600	6'100	9'000	694'000
Honorar Planer	10% von Bauliches	756	500	500	83'000
Honorar Planer	0% von Apparate	-	-	-	-
Total Netz+Bauliches+Apparate inkl. Unvorhergesehenes und Honorar gerundet	62'000	68'000	100'000	7'720'000	
*Abzug Förderung Endkunde WP	-4'650	-4'650			
*Total Kosten pro Einzelliegenschaft mit Fördergeldern gerundet	57'000	63'000			
*Wenn keine Gas- oder Ölheizung ersetzt wird, entfällt die Förderung					

ABBILDUNG 15: KOSTENZUSAMMENSTELLUNG LUFT WÄRMEPUMPEN EINZELLÖSUNGEN

8.4 Terresta

Aufgrund der Leistungsgrösse und der vorhandenen Alternativen (Fernwärme, Grundwasser) sind Luft-Wasser Wärmepumpen für die Terresta Liegenschaften keine Option.

9 HOLZ-QUARTIERHEIZZENTRALE – VARIANTE VERWORFEN

9.1 Konzept

Für die Wärmeversorgung des gesamten EFH-Quartiers mit/ohne Terresta-Häuser kommt bei der Variante Holzenergie vor allem die Verbrennung von Hackschnitzeln infrage. Für Anlagen in dieser Grösse sind Holzpellets als Brennstoff zu teuer, weshalb diese Variante für den Quartierverbund nicht weiter betrachtet wurde.

Grundsätzlich wäre für die Mehrfamilienhäuser Terresta eine Heizung mit Holzpellets oder Schnitzeln denkbar.

Zur Vergleichbarkeit der Variante Holz mit den anderen Varianten wurde von einer Quartier-Wärmezentrale für die 118 EFH + Kindergarten/Atelier (ohne MFH Terresta) ausgegangen.

Bei einer Holz-Quartierheizzentrale sind insbesondere folgende Rahmenbedingungen zu beachten:

- Platz für Holzlager (Schnitzelbunker, mit entsprechender technischer Ausstattung)
- Logistik für Anlieferung Schnitzel oder Pellets (grosse Lastwagen)
- Platz in Zentrale für Holzkessel, Speicher, Aschebehälter, Filter etc.
- Kaminhöhe (Immissionsradius)
- Betrieb (Normaler Unterhalt, Störungsbeseitigung, Brennstoff-Bereitstellung, ...)

Holzheizungen emittieren Feinstaub. Aus diesem Grund wurden die entsprechenden Emissionsgrenzwerte und Auflagen zur Reduktion der Feinstaubemissionen in den letzten Jahren kontinuierlich verschärft. Die entsprechenden Massnahmen (Filter) sind in der Planung von neuen Anlagen zu berücksichtigen.

Grobe Eckdaten für Holzhackschnitzel-Zentrale (118 EFH + Kindergarten/Atelier)

Wärmeleistung total	700 kW (mit Berücksichtigung GLZ)
2 Holzkessel mit 250 + 500 kW	750 kW
Redundanz durch Anschluss mobile Heizzentrale auf Spitzenlast 600 kW (85%)	
Jahresenergie Netz	1'235 MWh/a (inkl. Verteilverluste)
Hackschnitzelbedarf	1'550 Sm ³ /a (je nach Qualität / Wassergehalt)
LKW Anfahrten	ca. 50 Anlieferungen pro Jahr, hauptsächlich im Winter
Temperatur-Niveau Wärmenetz	80/50 °C
Speichergrösse	Grössenordnung 30 m ³
Zentralengrösse	8 m x 13 m, H: 4 m = 416 m ³
Schnitzelbunker	7 m x 9 m, H: 3.5 m = 220 m ³ Brutto
Kaminhöhe	ca. 12 m über Boden

9.2 Standort Energiezentrale, Holzschnitzelanlieferung

Unter Berücksichtigung der verschiedenen Rahmenbedingungen erweist sich bei allen Varianten (Vergl. Kap. 7) mit eigener zentraler Wärmeerzeugung der Standort für die Energiezentrale als eigentlicher «Knackpunkt». Auf Basis der Besichtigung und Vorbesprechungen kommt am ehesten eine unterirdische Zentrale im Garten des Kindergartens infrage. Ähnliche Anlagen wurden durch Stadtwerk Energiecontracting in verschiedenen Quartierwärmeverbunden bereits realisiert.

Vor einer konkreten Planung und Realisierung wären verschiedenste Rahmenbedingungen und Auflagen zum unterirdischen Bauwerk, Denkmalschutz, Baumbestand, Grundwasserschutz etc. noch detailliert zu klären. Neben dem notwendigen Einstiegsbauwerk und dem grossen resp. hohen Kamin sehen wir vor allem bei der Zufahrt für die regelmässige Anlieferung von Hackschnitzeln mit grossen Lastwagen oder Anhängern ein grosses Hindernis für diese Variante. Bei einer Anlieferung über den Eigenheimweg sind vor allem für den Ablad in den Schnitzelbunker die notwendigen Einlenkradien nicht möglich. Bei einer Zufahrt über den Schwimmbadweg fehlen neben der Einlenkradien auch Wendemöglichkeiten. Grundsätzlich wäre die Anlieferung auch mit kleineren Fahrzeugen möglich, was jedoch zu wesentlich mehr Fahrten führt. Die Anlieferung müsste ausserhalb des Kindergarten-Betriebs stattfinden.

Damit sich die Auftraggeberin ein Bild von der Situation machen kann, haben wir die Holz-Energie-Zentrale mit Hackschnitzelsilo und der Anlieferung grob skizziert. Bei einem Einbezug der Terresta-Mehrfamilienhäuser würden die Zentrale entsprechend der Leistungserhöhung rund 1/3 grösser.



Skizze mit 2 Standorten für Hackschnitzel-Zentrale inkl. Silo (rot) und Lastwagen (blau) für Hackschnitzel-Anlieferung. Einstiegsbauwerk sowie Kamin wurde nicht eingezeichnet.

9.3 Wärmenetz zentrale Holzheizung

Das Wärmenetz wäre auf ca. 80°C Vorlauf ausgelegt, aus Sicht Leitungsführung würde diese ähnlich wie bei der Variante Grundwasser (kalter Verbund) ausgeführt werden. Grundsätzlich wäre ein aufwändiges Bewilligungsverfahren für ein privates Netz auf öffentlichem Grund zu erwarten.

9.4 Beurteilung und Ausschluss der Variante Holz

Aufgrund der vielen Unwägbarkeiten wurde Variante Holz gemäss Beschluss im Workshop 2 nicht weiterverfolgt. Insbesondere folgende Gründe führten zum Ausschluss:

- Sehr aufwändige (teure), nicht sicher realisierbare (Unterflur) Energiezentrale mit hohem Kamin auf städtischem Grund, denkmalpflegerische Aspekte
- Nicht gelösten Anlieferung der Holzsnitzel (Anlieferungslogistik – Kindergartenbetrieb, Schleppkurven LKW, Emissionen bei der Anlieferung etc.)

Hinweis: Ob die Terresta MFHs bei der Auslegung der Holz-Quartierheizzentrale einbezogen werden oder nicht, hat keinen Einfluss auf die oben genannten Ausschluss-Gründe.

9.5 Terresta

Für die Mehrfamilienhäuser Terresta wäre grundsätzlich eine Heizung mit Holzpellets denkbar. Für die Pellet-Silos müssten noch zusätzliche Räume bereitgestellt werden. Auch das Raumangebot der bestehenden Heizungszentrale dürfte für die Heizanlage + Wärmespeicher nicht ausreichen. Die Variante Holz (Pellets oder Schnitzel) ist gegenüber einem Fernwärme-Anschluss nicht wirtschaftlich konkurrenzfähig und wurde deshalb auch nicht vertiefter abgeklärt. Grundsätzlich empfiehlt sich für diese, nicht inventarisierte Liegenschaften eine umfassende energetische Sanierung vor einem allfälligen Heizungsersatz.

10 VERGLEICH DER AUSGEARBEITETEN VARIANTEN

Wie in den vorhergehenden Kapiteln ausgeführt, wurden folgende Varianten zur Wärmeversorgung des Eigenheimquartiers vertieft ausgearbeitet:

- Fernwärme – mit einem Fernwärmeanschluss pro Häuserreihe
- Grundwasser Wärmenutzung – mit dezentralen Wasser-Wärmepumpen ausgearbeitet
- Luft Wärmenutzung – mit dezentralen Luft-Wasser Wärmepumpen

Übersicht Ergebnisse Variantenvergleich



Stadt Zürich
Amt für Hochbauten

Stadt Zürich
Amt für Hochbauten
Lindenhofstrasse 21
Postfach, 8021 Zürich
+41 44 412 11 11
www.stadt-zuerich.ch/hochbau

Variantenvergleich Energiesysteme - Version 3.0

© Stadt Zürich, Amt für Hochbauten - Alle Rechte vorbehalten

①

Eigenheimquartier Winterthur Ersatz Heizung

Version: 1

21.09.2023

Ergebnisse

Erstellt von: Stefan Fauser, Denkgebäude AG

Übersicht

	1 Fernwärme	2 Grundwasser	3 Luft WP	4 Gas
	Fernwärmeanschluss durch Stadtwerk je Häuserreihe	Anergie Ring Basis Grundwasser, Einzel-WP je Liegenschaft	Luft WP	0
Investitionskosten	3'405'000 CHF	7'170'000 CHF	7'717'000 CHF	
Jährliche Kosten *	312'600 CHF/a	573'400 CHF/a	806'000 CHF/a	142'300 CHF/a
Primärenergiebedarf (gesamt)	228'300 kWh/a	1'294'000 kWh/a	1'225'600 kWh/a	1'108'800 kWh/a
Primärenergie nicht erneuerbar	215'100 kWh/a	12'800 kWh/a	15'100 kWh/a	1'081'200 kWh/a
Treibhausgas-Emissionen	44'150 kg/a CO _{2e}	29'190 kg/a CO _{2e}	10'950 kg/a CO _{2e}	259'950 kg/a CO _{2e}
Umweltbelastung (UBP)	62'360'000 Punkte/a	80'920'000 Punkte/a	47'360'000 Punkte/a	315'870'000 Punkte/a
Gestehungskosten Wärme	27.1 Rp./kWh	49.6 Rp./kWh	69.7 Rp./kWh	
Betrachtungsdauer 25 Jahre, kalk. Zins: 2.25%, SW Bronze Strom				
Energiekosten pro kWh	9.3 Rp./kWh	10.8 Rp./kWh	12.7 Rp./kWh	

Vergleich, Gas abgekündigt, keine Option

* Mittelwert über Betrachtungsdauer (25 Jahre)

ABBILDUNG 16: ÜBERSICHT ERGEBNISSE VARIANTENVERGLEICH

10.1 Fazit Fernwärme:

Die Fernwärme stellt in ökonomischer Hinsicht die optimale Lösung dar.

Aus ökologischer Sicht sind die beiden Wärmepumpenlösungen aufgrund der gültigen Bilanzierungsmethoden von Strom im Vorteil, allerdings gilt auch die Fernwärme als ökologische Lösung. Dies wird im Vergleich mit Gas deutlich, das rund als 5-mal so viel CO₂ Ausstoss verursacht, wie die Fernwärme (Basis Energiemix Fernwärme in Winterthur Basis 2022 – Fossil Anteil 10%). Betrieblich stellt die Fernwärme eine optimale Lösung dar: Das Temperaturniveau ist für alle Liegenschaften geeignet und der Aufwand für Betrieb, Wartung und Energieverrechnung (durch Stadtwerk) ist minimal.

→ Wir empfehlen die Fernwärme als optimale Versorgungsvariante für das Eigenheimquartier.

10.2 Fazit Grundwasser Wärmenutzung, dezentralen Wasser-Wärmepumpen

Grundwasser stellt in ökonomischer Hinsicht die zweitbeste, aber gegenüber Fernwärme sehr teure Lösung dar. Die Investitionskosten sind leicht höher als bei Luft-Wärmepumpen, die laufenden Kosten sind aber deutlich tiefer. Aus ökologischer Sicht sind die beiden Wärmepumpenlösungen aufgrund der gültigen Bilanzierungsmethoden von Strom im Vorteil, die Grundwasser Lösung ist aufgrund der höheren grauen Energie leicht schlechter als die Luft-WP Lösung.

Auch Betrieblicher Sicht ist die Grundwasser-Wärmenutzung gegenüber Fernwärme und Luft-WP mit wesentlich mehr Aufwand verbunden. Die Betreuung der Grundwasseranlage, des privaten kalten Netzes und die Energieabrechnung sind zu regeln, hier wäre z.B. ein Betreibercontracting sinnvoll. Das benötigte Heizungs-Temperaturniveau ist bei energetisch sanierten Liegenschaften gut machbar, bei nicht sanierten Liegenschaften mit Abstrichen bei der Anlageneffizienz ebenfalls.

Risiken sind hier insbesondere die nicht garantierte Verfügbarkeit von Grundwasser, die erst mit Probebohrungen und Pumpversuchen zu klären sind. Auch im Betrieb sind Probleme mit Brunnen (versanden, Aufnahmefähigkeit Schluckbrunnen etc.) vereinzelt zu beobachten. Daneben ist der Leitungsbau des privaten Netzes in öffentlichen Strassen mit aufwändigen Genehmigungsprozessen verbunden. Generell ist die Preisentwicklung von Strom, insbesondere Winterstrom nicht absehbar.

→ Wir empfehlen die Grundwasser-Lösung aufgrund der klaren Vorteile der Fernwärme nicht weiter zu vertiefen

10.3 Fazit Luft-Wasser Wärmepumpen

Luft-Wärmepumpen liegen in ökonomischer Hinsicht nur knapp hinter der Grundwasser-Lösung und sind damit gegenüber der Fernwärme eine teure Lösung. Die Investitionskosten sind leicht tiefer als bei der Grundwasser-Lösung, die laufenden Kosten sind aber deutlich höher. Aus ökologischer Sicht sind die beiden Wärmepumpenlösungen aufgrund der gültigen Bilanzierungsmethoden von Strom im Vorteil, die Luft-WP Lösung ist aufgrund der niedrigeren grauen Energie leicht besser als die Grundwasser-Lösung.

Auch aus Betrieblicher Sicht ist die Luft-WP eher einfach. Das benötigte Heizungs-Temperaturniveau ist bei energetisch sanierten Liegenschaften gut machbar, bei nicht sanierten Liegenschaften mit Abstrichen bei der Anlageneffizienz ebenfalls. Aufgrund der hohen schalltechnischen Anforderung, die moderne Luft-Wasser Wärmepumpen erfüllen, sind im Quartier keine Lärmbelästigungen durch die Wärmepumpen zu erwarten.

Die Risiken sind gering, die Auflagen der Denkmalpflege wurde in der Ausarbeitung des Konzeptes berücksichtigt. Generell ist die Preisentwicklung von Strom, insbesondere Winterstrom nicht absehbar.

→ Wir empfehlen, die Luft-WP Lösung aufgrund der klaren Vorteile der Fernwärme nicht weiter zu vertiefen

10.4 Vergleich jährliche Kosten

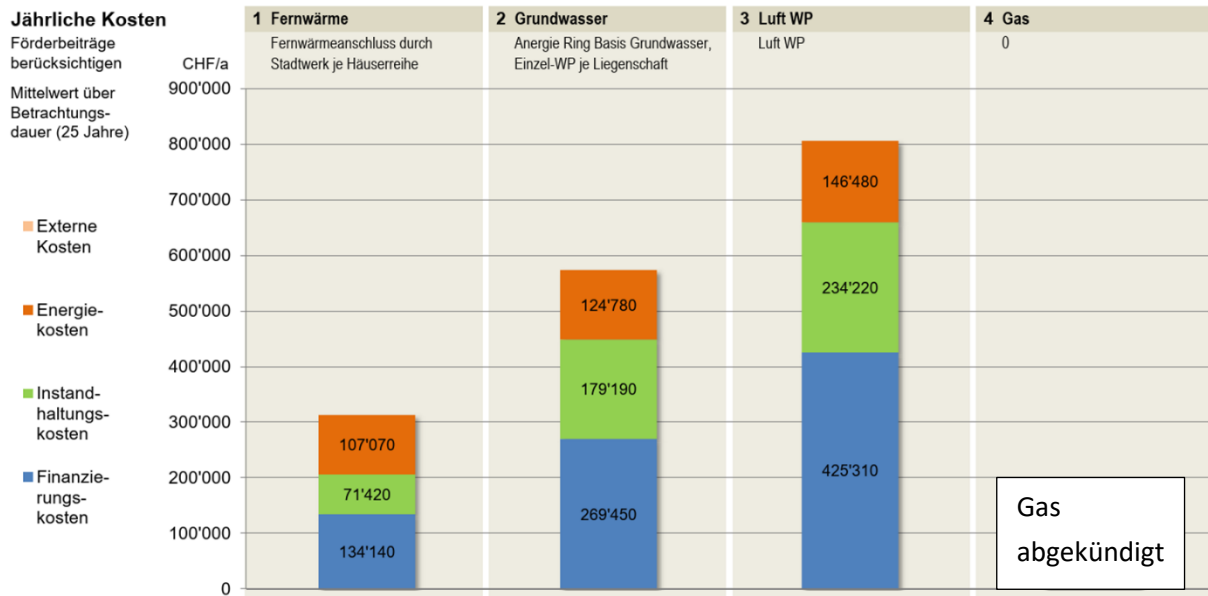


ABBILDUNG 17: DARSTELLUNG VERGLEICH JÄHRLICHE KOSTEN

10.5 Vergleich Treibhausgas Emissionen

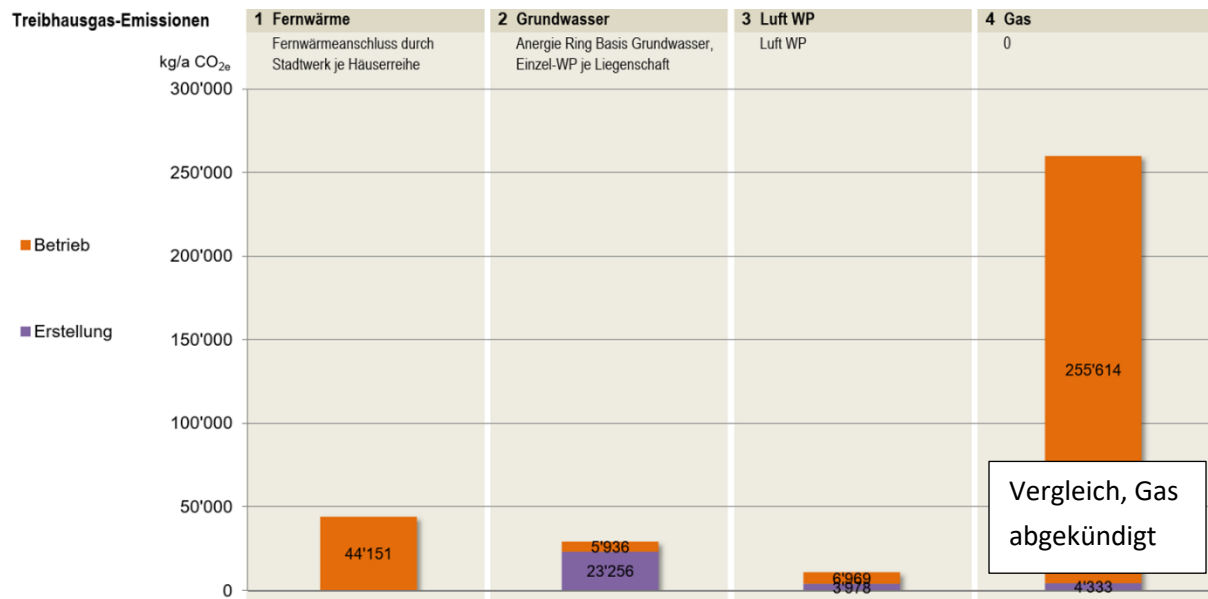


ABBILDUNG 18: DARSTELLUNG VERGLEICH TREIBHAUSGAS EMISSIONEN

10.6 Vergleich Umweltbelastung



ABBILDUNG 19: ABBILDUNG VERGLEICH UMWELTBELASTUNG