

Zürich, 28. Mai 2017

Kanton Zürich, Baudirektion/AWEL; EnergieSchweiz und Gemeinde Turbenthal

Bericht "Initiierung und Koordination von Grundwasserwärme- nutzungen"

Mit Unterstützung von



Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser,
Energie und Luft



energieschweiz
Unser Engagement: unsere Zukunft.



GEMEINDE
TURBENTHAL

Ein Bericht der Arbeitsgemeinschaft:

Weisskopf Partner GmbH
Albisriederstrasse 184 b
8047 Zürich
Tel. 044 404 80 41
Fax 044 404 80 30
www.weisskopf-partner.ch

Brandes Energie AG
Molkenstrasse 21
8004 Zürich
Tel. 044 213 10 20
Fax 044 213 10 25
www.brandes-energie.ch

Inhalt

Zusammenfassung.....	3
1. Einleitung	5
1.1 Ausgangslage	5
1.2 Fragestellung	5
1.3 Vorgehen	6
1.4 Projektgruppe	6
2. Arbeitspaket 1a (Machbarkeit konkretes Gebiet)	7
2.1 Gemeinde Turbenthal	7
2.2 Festlegung Untersuchungsgebiet Gemeinde Turbenthal	8
2.3 Grundlagen Verbund Hohmattring	10
2.4 Konzept kalter Verbund Kernzone Hohmattring.....	15
3. Arbeitspaket 1b (Koordination Grundwassernutzung)	20
3.1 Literaturrecherche Verbundlösungen	20
3.2 Vorgehen Initiierung und Koordination Grundwassernutzung	22
3.3 Diskussion Vorgehen	26
3.4 Verbreitung der Informationen für die interessierte Öffentlichkeit.....	27
3.5 Ausblick Entwicklungen Verbundlösungen.....	29
4. Arbeitspaket 2 (Verdichtung Grundwassernutzung).....	30
4.1 Überblick Leistungsreserven	31
4.2 Verdichtungsabsichten und Hindernisse der Betreiber	31
4.3 Empfehlungen für die Gemeinde.....	32
5. Arbeitspaket 3 (Gegenseitige Beeinflussung)	33
5.1 Problemstellung und Auftrag	33
5.2 Grundlagen	33
5.3 Rechtliche Aspekte.....	33
5.4 Thermische Auswirkungen von Wärmepumpenanlagen	34
5.5 Hydraulischer resp. thermischer Kurzschluss	35
5.6 Kälte- / Wärmefahne mit Beeinflussung von Nachbaranlagen.....	35
5.7 Berechnungstools.....	36
5.8 Umfrage bei kantonalen Amtsstellen	38
5.9 Fazit und Handlungsbedarf	39
6. Literatur.....	41
7. Anhang.....	43

Zusammenfassung

Die Nutzung von Grundwasser zu Heiz- und Kühlzwecken ist sinnvoll und stärkt die erneuerbare Energieversorgung. Insbesondere Verbundanlagen tragen zu einer nachhaltigen Nutzung von Grundwasser bei, da die Grundwassereingriffe im Gegensatz zu vielen kleinen Einzelanlagen in der Anzahl reduziert werden. Von der Projektphase, über die Realisation, bis zur Betriebsphase eines Verbunds können verschiedene Fragestellungen relevant sein. Gerade Verbundlösungen erfordern in der Initiierung einen erhöhten Koordinationsaufwand, da in der Regel viele Parteien involviert sind. Aus verschiedenen Blickwinkeln wird aufgezeigt, wie diese Herausforderungen angegangen werden können. Ebenso wichtig wie eine vorausschauende Planung ist die effiziente Nutzung bereits bestehender Verbünde (und auch Einzelanlagen). Allzu häufig weisen bestehende Anlagen ungenutzte Reserven auf. Eine verstärkte Nutzung neuer und bestehender Anlagen setzt jedoch auch voraus, dass man sich in intensiv genutzten Gebieten mit dem Thema der gegenseitigen Beeinflussung auseinandersetzt.

Aufgeteilt in drei Arbeitspakete wurden in der vorliegenden Studie die einzelnen Fragestellungen untersucht. Die Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Energie, dem Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich und der Gemeinde Turbenthal ausgearbeitet.

Arbeitspaket 1 (Machbarkeitsstudie und Koordination Grundwassernutzung)

Exemplarisch am Beispiel der Gemeinde Turbenthal wurde die Machbarkeit von neuen Verbundlösungen auf dem Gemeindegebiet geprüft. Als Grundlage standen dazu die Feuerungsdaten sowie Informationen einer Vorortbegehung zur Verfügung. Basierend darauf zeichnet sich der potenzielle neue Verbund Hohmattring ab. Für das Gebiet eignet sich ein kalter Verbund mit dezentralen Wärmepumpen in den einzelnen Unterstationen. In der Kernzone des Verbunds liegen drei grössere bestehende Ölfeuerungen, welche sich aufgrund der Leistungsdichte gut für einen Zusammenschluss zu einem Verbund eignen würden. Eine erste geologische Beurteilung des Gebiets zeigt, dass sich die vorherrschenden Grundwasserverhältnisse gemäss dem heutigen Kenntnisstand gut für eine Grundwassernutzung eignen. Anhand des ausgearbeiteten Anlagenkonzepts wurde eine Vollkostenrechnung über die gesamte Anlage erstellt. Der Wärmegestehungspreis liegt je nach Unterstation zwischen 17.1 - 19 Rp./kWh und ist abhängig von den einzelnen Objektbegebenheiten in den Unterstationen. Die gesamten Investitionen für den Verbund betragen rund CHF 462'000 (exkl. MWSt.).

Für das Erkennen von neuen Verbundgebieten ist eine räumliche Darstellung mittels Georeferenzierung hilfreich. Dafür stehen heute einige Energiebilanzierungsmethoden zur Verfügung. Um weitere Verbundnetze in Turbenthal vereinfacht und flächendeckend zu identifizieren hat Weisskopf Partner GmbH eine interaktive Web-Karte entwickelt, in welcher die bestehenden Feuerungen dargestellt werden können. Insgesamt wurden so sieben potenzielle Standorte für den Aufbau von neuen Wärmeverbänden lokalisiert.

Die erfolgreiche Realisation eines neuen Wärmeverbunds von der Projektidee bis zum Betrieb erfordert vor allem in der Anfangsphase einen hohen Koordinationsaufwand. Die Erfahrungen in Turbenthal haben gezeigt, dass ein früher Einbezug der betroffenen Eigentümer sinnvoll und eine transparente Informationspolitik zu den Vollkosten und zum Realisationszeitpunkt wichtig ist. Das Schaffen von Anlaufstellen bei der zuständigen Behörde oder die Definition eines sogenannten "Kümmerers" spielen eine wichtige Rolle bei dem Vorantreiben von neuen Verbundlösungen. Zusätzlich sollen Erfahrungen aus bereits realisierten Projekten in der näheren Umgebung auf alle Fälle einbezogen werden.

Arbeitspaket 2 (Verdichtung Grundwassernutzung)

Die Situation in Turbenthal zeigt, dass die vorhandenen Grundwasserwärmeverbände ungenutztes Potenzial in der Verdichtung aufweisen. Von den neun bestehenden oder teilweise in der Realisationsphase befindlichen Verbänden weisen drei noch Leistungsreserven auf. Da jede Grundwasserwärmenutzung stets einen Eingriff in einen Grundwasserleiter bedingt, sollte eine Gemeinde bestrebt sein, jeweils in erster Priorität zu prüfen, ob bereits bestehende Wärmeverbände verdichtet werden können, bevor weitere Bohrungen in den lokalen Grundwasserleiter vorgenommen werden. Abklärungen haben gezeigt, dass die Betreiber der betroffenen Verbände bestrebt sind die Leistungsreserven zu nutzen. Wichtig dabei ist eine frühzeitige und proaktive Kontaktaufnahme mit potentiellen neuen Wärme- und/oder Kälteabnehmern.

Arbeitspaket 3 (Gegenseitige Beeinflussung)

Die Anzahl Anlagen zur Nutzung des Grundwassers zu Heiz- und Kühlzwecken ist in den vergangenen Jahren markant gestiegen. Gleichzeitig hat aber auch die Gefahr einer thermischen Übernutzung des Grundwassers und von unerwünschten Wechselwirkungen zwischen einzelnen Anlagen zugenommen. Einen Aufschluss darüber können einfache analytische Berechnungsverfahren oder komplexere numerische Modellrechnungen liefern. Eine Umfrage bei einzelnen kantonalen Fachstellen zeigt, dass die Thematik zukünftig verstärkt eine Rolle spielen wird. Vor allem in intensiv genutzten Gebieten müssen in naher Zukunft geeignete Konzepte zur optimalen Energienutzung der Grundwasservorkommen gefunden werden.

1. Einleitung

1.1 Ausgangslage

In diversen Schweizer Gemeinden und Städten wird Grundwasser zum Beheizen und, wo immer möglich, auch zum Kühlen von Gebäuden genutzt. Dabei werden Gemeinden und die Bauherrschaften, welche die verstärkte Nutzung von Grundwasserwärme vorantreiben möchten, mit verschiedenen Herausforderungen konfrontiert. Diese führen oft dazu, dass sinnvolle Projekte zur energetischen Nutzung von Grundwasser gar nicht erst angegangen werden. Dies besonders, wenn Verbundlösungen nötig sind. Verbundlösungen sind Einzellösungen in der Regel vorzuziehen.

Eine vertiefte Untersuchung dieser Herausforderungen und daraus abgeleitete Handlungsanweisungen (später möglichst auch mit einfachen Instrumenten) für Gemeinden (insbesondere Energiestädte) sind daher sinnvoll. Das Vorgehen in Städten unterscheidet sich von demjenigen in ländlichen Gemeinden. Der Fokus dieser Untersuchung liegt primär auf ländlichen Gemeinden.

Die Handlungsanweisungen sollten dazu beitragen, dass die Erreichung der Energie- und CO₂-Ziele des Bundes und der Kantone dank konsequenterer Grundwassernutzung unterstützt werden.

Besonderes Augenmerk ist dabei natürlich auf die nachhaltige und sichere Nutzung des Grundwassers zu legen.

1.2 Fragestellung

Folgende Arbeitspakete sollten untersucht werden:

1. Koordination: Eine Gemeinde hat in seiner Energieplanung eines oder mehrere Prioritätsgebiete "Grundwassernutzung" ausgeschieden. Die zuständige kantonale Behörde macht in der Regel Auflagen zur Nutzung (im Kanton BE zum Beispiel sind es die Gemeinden selber). Im Kanton Zürich verlangt das Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) für die Nutzung des vorhandenen Grundwasserpotenzials eine minimale Kälteleistung der Anlage von 150 kW, resp. 100 kW bei Minergie-Bauten (im Kanton Bern ist das beispielsweise nicht so). Bauherrschaften von Einfamilienhäusern und kleineren Mehrfamilienhäusern können diese Vorgabe alleine nicht erreichen. Die Projektrealisierung erfordert eine Koordination mit weiteren Wärme-/Kältebezügern. Das ist ein Aufwand, der viele Bauträger abschreckt. Hier können Gemeinden eine wichtige Rolle spielen und bei den Schritten hin zur Umsetzung als Katalysator wirken. Doch wie kann und soll eine Gemeinde sinnvollerweise vorgehen, damit die gewünschte Wirkung erzielt werden kann und sich deren personeller und finanzieller Aufwand in Grenzen hält? Denkbar wäre, die Prioritätsgebiete der Energieplanung noch feiner zu priorisieren, künftige Verbundlösungen in einer Zeitschiene nach einer ganz groben Vorausplanung zu bezeichnen und die Informationen geeignet, allenfalls GIS-basiert, zur Verfügung zu stellen. Verschiedene Varianten für den Bau und Betrieb (u.a. Contracting) sind zu berücksichtigen. Die Erkenntnisse und Instrumente liessen sich teilweise auch auf andere Energieträger (z.B. Holz) übertragen, wo Verteilnetze zum Einsatz kommen.

2. Verdichtung: In einer Gemeinde existieren bereits mehrere Grundwasserwärmeverbünde und weitere sollten dazukommen. Wie kann nun erreicht werden, dass existierende Wärmeverbünde optimal ausgenutzt und allenfalls verdichtet werden können? Dadurch wird deren Betrieb ökonomischer und zusätzliche Bohrungen in den Grundwasserleiter können vermieden werden. Denkbar wären wieder ähnliche oder gleiche Ansätze wie oben beschrieben.
3. Gegenseitige Beeinflussung: Je mehr Grundwasserfassungen zur energetischen Nutzung gebaut werden in einer Gemeinde, desto mehr stellt sich die Frage, wie sich diese gegenseitig beeinflussen. Wie kann also vorgegangen werden, um negative Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Fassungen frühzeitig zu erkennen, zu vermeiden und der zuständigen Bewilligungsbehörde die notwendigen Grundlagen zur Verfügung zu stellen? Hierzu bedarf es in einem ersten Schritt einer nationalen Recherche zu vorhandenen Studien und Hilfsmitteln wie Modellierungs-/Rechentools.

1.3 Vorgehen

Die obigen Fragestellungen sollen exemplarisch in der Gemeinde Turbenthal vertieft werden. Die Gemeinde hat mit seinem mächtigen Grundwasservorkommen beste Voraussetzungen für die energetische Nutzung von Grundwasser. Mehrere entsprechende Wärmeverbünde sind bereits in Betrieb. Die Fragestellung der gegenseitigen Beeinflussung ist gemäss AWEL in Turbenthal kaum relevant, da der Grundwasserträger extrem mächtig ist. Diese Fragestellung wird folglich nicht für das Gemeindegebiet Turbenthal sondern allgemein gültig vertieft.

Im Arbeitspaket 1 sollen in Turbenthal zusätzlich zu den oben genannten eher konzeptionellen Aspekten (Arbeitspaket 1b) im Gebiet zwischen Grundstrasse, Hohmatt und Fridtalweg ganz konkret mindestens ein Grundwasser-Wärmeverbund-Perimeter identifiziert werden (Arbeitspaket 1a).

1.4 Projektgruppe

Eine Projektgruppe zusammengesetzt aus den drei Auftraggebern und einem Basler Behördenvertreter hat massgeblich zur Studie beigetragen. Folgende Personen waren vertreten:

- Dominik Bänninger, AUE Kt. Basel Landschaft
- Sascha Gerster, AWEL Kt. Zürich
- Marco Ghelfi, AWEL Kt. Zürich
- Rita Kobler, Bundesamt für Energie BFE
- Beat Koller, AWEL Kt. Zürich
- Jürg Schenkel, Gemeinde Turbenthal
- Heinz Schwyter, Gemeinde Turbenthal

2. Arbeitspaket 1a (Machbarkeit konkretes Gebiet)

2.1 Gemeinde Turbenthal

Die Gemeinde Turbenthal liegt eingebettet im Zürcher Tösstal im Nordosten des Kantons Zürich. Die Gemeinde ist ländlich gelegen und verzeichnet rund 4'640 Einwohner und Einwohnerinnen. Auf dem Gemeindegebiet sind einige Dienstleistungs- und Gewerbebetriebe angesiedelt.

Die Wärmeversorgung in Turbenthal erfolgt heute grösstenteils mit Heizöl [1]. Die Nutzung von erneuerbaren Energieträgern zur Wärmeversorgung hat jedoch in den vergangenen Jahren stark zugenommen. Die Abbildung 1 zeigt, dass vor allem Potenzial im Ersatz von bestehenden Heizölfeuerungen in Gebäuden vor den Erstellungsjahren 2008 besteht.

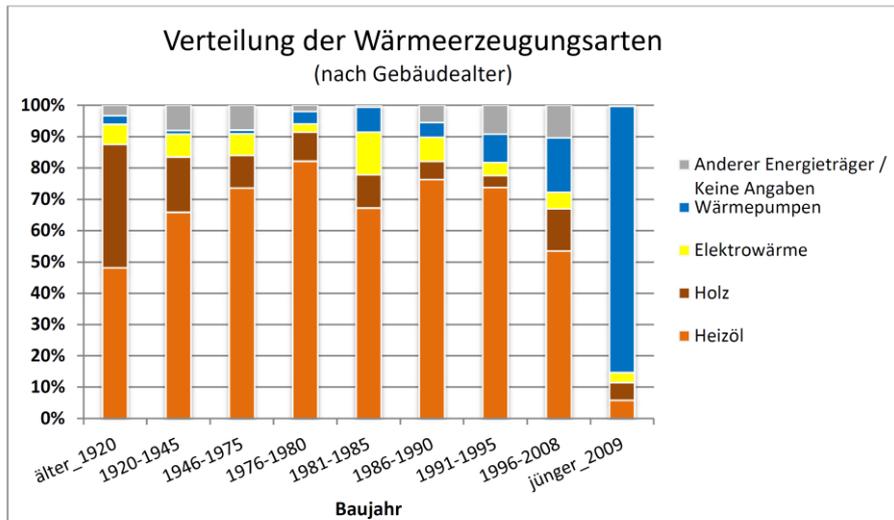


Abbildung 1: Entwicklung Wärmeerzeugung Raumheizung der Gebäude in Turbenthal [1]

Auch das Brauchwarmwasser wird bei neu erstellten Bauten mehrheitlich über Wärmepumpen aufbereitet (Abbildung 2) und löst damit die Energieträger Heizöl und Strom ab.

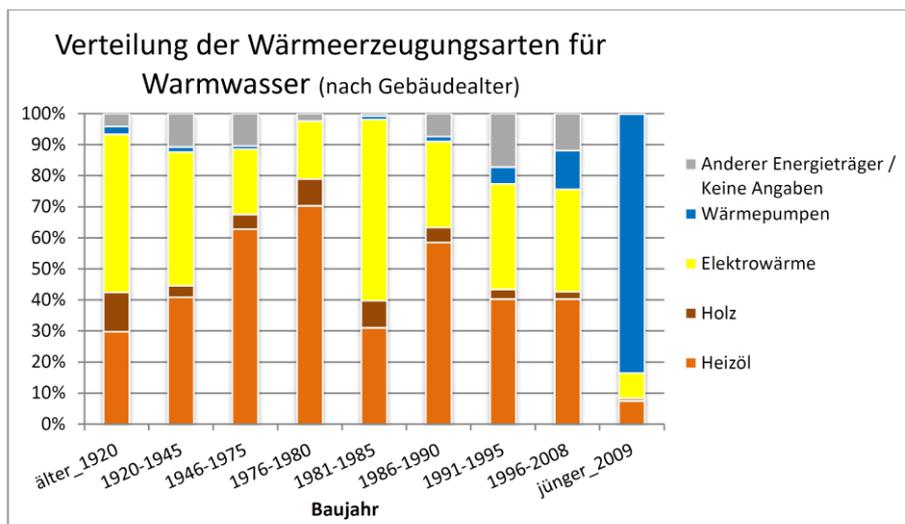


Abbildung 2: Entwicklung Wärmeerzeugung Brauchwarmwasser der Gebäude in Turbenthal [1]

Heute bestehen auf dem Gemeindegebiet 13 Wärmeverbände, welche mit Holz oder Grundwasser-Wärmepumpen betrieben werden. Sowohl weitere neue, als auch die Erweiterung bestehender Wärmeverbände sind bereits vorgesehen.

2.2 Festlegung Untersuchungsgebiet Gemeinde Turbenthal

2.2.1 Gebietsübersicht

Von der Gemeinde Turbenthal wurde im Rahmen dieser Untersuchung ein Gebiet für die konkrete Prüfung von neuen Grundwasser-Verbundlösungen festgelegt. Das Untersuchungsgebiet liegt nordwestlich des Gemeindezentrums zwischen Grundstrasse, Hohmatt und Fridtal-Weg (gemäss Abbildung 3).

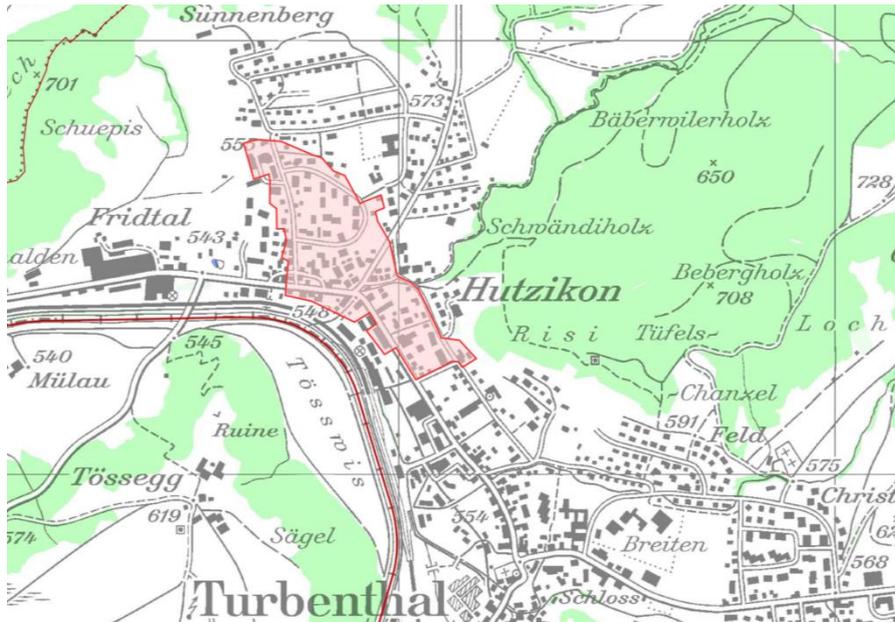


Abbildung 3: Untersuchungsgebiet 1a (rot schattiert)

Im Gebiet liegen neben vereinzelt Gewerbenutzungen hauptsächlich Wohnbauten. Grundlage für die Recherche zu potenziellen Verbänden waren die Daten der Feuerungskontrolle. Bei der Auswahl der potenziellen Wärmeverbände wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

Grösse der installierten Feuerungsleistung: Der Schwerpunkt wurde auf grössere Objekte gelegt. Im Fokus standen Mehrfamilienhäuser und andere grössere Bauten. Einfamilienhäuser wurden nicht berücksichtigt.

Baujahr der Feuerung: Anhand des Baujahrs der Anlagen wurde folgende Unterteilung gemacht:

- Kurzfristiges Potenzial: Feuerungen ab 18 Jahren (Feuerungen < 1999)
- Mittelfristiges Potenzial: Feuerungen 10-17 Jahre (Feuerungen 2000-2007)
- Langfristiges Potenzial: Feuerungen 5-9 Jahre (Feuerungen 2008-2012)

Anschlussdichte: Je höher die Anschlussdichte in einem Wärmeverbund, desto wirtschaftlicher kann ein Wärmeverbund betrieben werden.

Die Zuordnung der Feuerungen auf der Übersichtskarte erfolgte manuell aufgrund der zur Verfügung gestellten Feuerungsdaten. Das Untersuchungsgebiet wurde aufgrund der installierten Feuerungen und den örtlichen Begebenheiten (Unterteilungen durch Stras-

sen) in drei potenzielle Gebiete für mögliche neue Grundwasser-Verbundlösungen aufgeteilt.

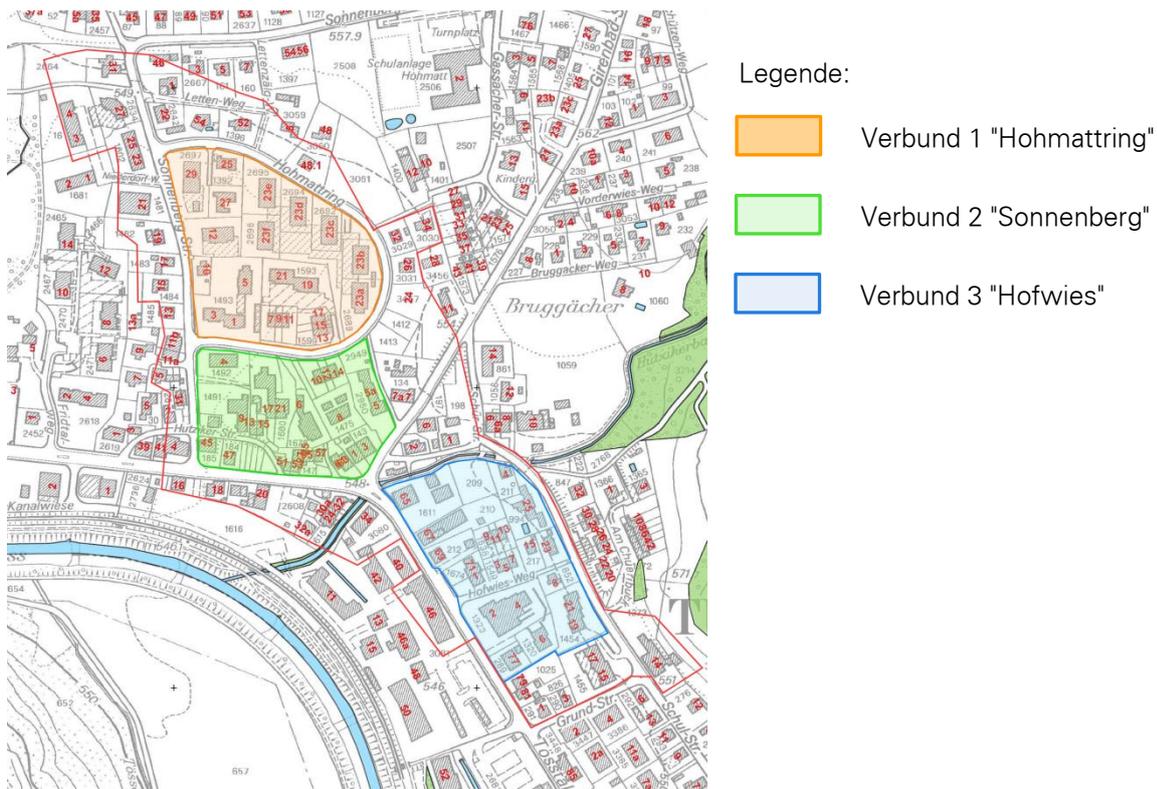


Abbildung 4: Unterteilung in drei potenzielle Gebiete für neue Grundwasser-Verbundlösungen

Bei der anschliessenden Begehung wurde das gesamte Untersuchungsgebiet gesichtet und drei mögliche Zentralenstandorte innerhalb der definierten Verbünde besichtigt.

Anhand der Informationen aus den Feuerungsdaten und den Begehungen vor Ort wurden die Standorte der Wärmeerzeuger überprüft. Es wurde darauf geachtet, ob eine Sanierung der Gebäudehülle seit der Inbetriebnahme des Wärmeerzeugers stattgefunden haben könnte. Vor Ort wurden die Gebäudezustände, die heutigen Zentralenstandorte und die Machbarkeit der Leitungsführung geprüft. Aufgrund der Begehungen wurde eine erste Einschätzung bezüglich dem Aufbau eines neuen Verbundnetzes vorgenommen.

Die Verbundlösungen innerhalb der drei potenziellen Gebiete weisen folgende Eigenschaften auf:

Eigenschaften	Verbund 1 Hohmattring	Verbund 2 Sonnenberg	Verbund 3 Hofwies
Installierte Leistung aller Objekte	ca. 490 kW	ca. 180 kW	ca. 420 kW
Mögliche Feuerungen für Verbund	6 Feuerungen	6-9 Feuerungen	9-11 Feuerungen
Erschliessung Leitungen	Grünflächen	Grünflächen, Vorplätze	Grünflächen, Vorplätze, Strasse
Zeitraum Realisierung	Kurz-Mittelfristig	Kurz-Mittelfristig	Kurz-Mittelfristig

Tabelle 1: Übersicht Verbünde 1, 2, 3

Der Verbund 1 Hohmattring eignet sich aufgrund der hohen potenziellen Wärmeleistung verteilt auf wenige Feuerungen am besten für einen neuen Verbund. Basierend auf dieser



Hohmattring 1, 3, 5



Hohmattring 19, 21



Hohmattring 23



Hohmattring 29

Abbildung 6: Fotoaufnahmen Begehung Untersuchungsgebiet

2.3.2 Ist-Zustand bestehende Wärmeerzeugungsanlagen

Die untersuchten Gebäude werden heute ausschliesslich mit Ölf Feuerungen beheizt. Eine detaillierte Liste aller installierten Feuerungen befindet sich im Anhang. Zwei bestehende Zentralen (Hohmattring 5 und Hohmattring 23 b) wurden von innen besichtigt. Im Gebiet Hohmattring gibt es keine Kältebezüger. Bereits heute sind zwei kleinere Nahwärmeverbünde in Betrieb. Nachfolgend sind die wichtigsten Kennzahlen kurz zusammengefasst.

- 6 Heizölf Feuerungen
- Leistungsbereich 30-205 kW, installierte Leistung gesamthaft 593 kW
- Baujahr Feuerungen 1986 bis 2000

Nr.	Gebäude	Wärmeerzeuger	Installationsjahr Wärmeerzeugung	Aktuelle Leistung [kW]
1	MFH Hohmattring 23 a-f	Ölfeuerung	2000	205
2	MFH Hohmattring 29	Ölfeuerung	2000	30
3	MFH Sonnenbergstr. 23, 25	Ölfeuerung	1986	90
4	MFH Sonnenbergstr. 21	Ölfeuerung	1992	55
5	MFH Hohmattring 1, 3, 5	Ölfeuerung	1993	150
6	MFH Hohmattring 19,21	Ölfeuerung	1990	63

Tabelle 3: Bestehende Wärmeerzeuger im Gebiet Hohmattring

Die Wärmeerzeugungsanlage für die sechs Mehrfamilienhäuser Hohmattring 23 a-f (Nr. 1 gemäss Tabelle 3) befindet sich im Untergeschoss angrenzend an die Tiefgarage der Überbauung. Der Ölheizkessel wird in den nächsten fünf Jahren das Ende der technischen Lebensdauer erreicht haben. Die Wärmeverteilung erfolgt von der Zentrale über einen Nahwärmeverbund in der Tiefgarage in die einzelnen Wohnhäuser. Pro Wohnhaus gibt es je eine Unterstation mit einer Heizgruppe für die Bodenheizung und einem Brauchwarmwasser-Speicher mit Ladegruppe.

Die Wärmeerzeugungsanlage im Gebäude Hohmattring 5 (Nr. 5 gemäss Tabelle 3) versorgt drei Wohngebäude und befindet sich in sanierungsbedürftigem Zustand. Die Anlagen stammen mehrheitlich aus dem Installationsjahr 1993 und haben mit 24 Jahren das Ende ihrer technischen Lebensdauer erreicht. Im Jahr 2015 musste der Ölbrenner der Kesselanlagen ersetzt werden. Die Brauchwarmwasser-Aufbereitung erfolgt zentral über den Ölheizkessel. Die Wärmeverteilung in den drei Wohngebäuden erfolgt über Radiatoren (max. VL-Temperaturen von ca. 60°C). Die Eigentümer der Liegenschaften erwägen in naher Zukunft energetische Gebäudesanierungsmassnahmen (z.B. Dachdämmung).

Die restlichen Zentralen wurden im Rahmen dieser Studie nicht besichtigt.



Hohmattring 5 Zentrale



Hohmattring 5 Wärmeverteilung



Hohmattring 23 b Zentrale



Hohmattring 23 c Unterstation

Abbildung 7: Fotoaufnahmen Begehung Zentralen

2.3.3 Energiebedarf/Leistungsbedarf Hohmattring

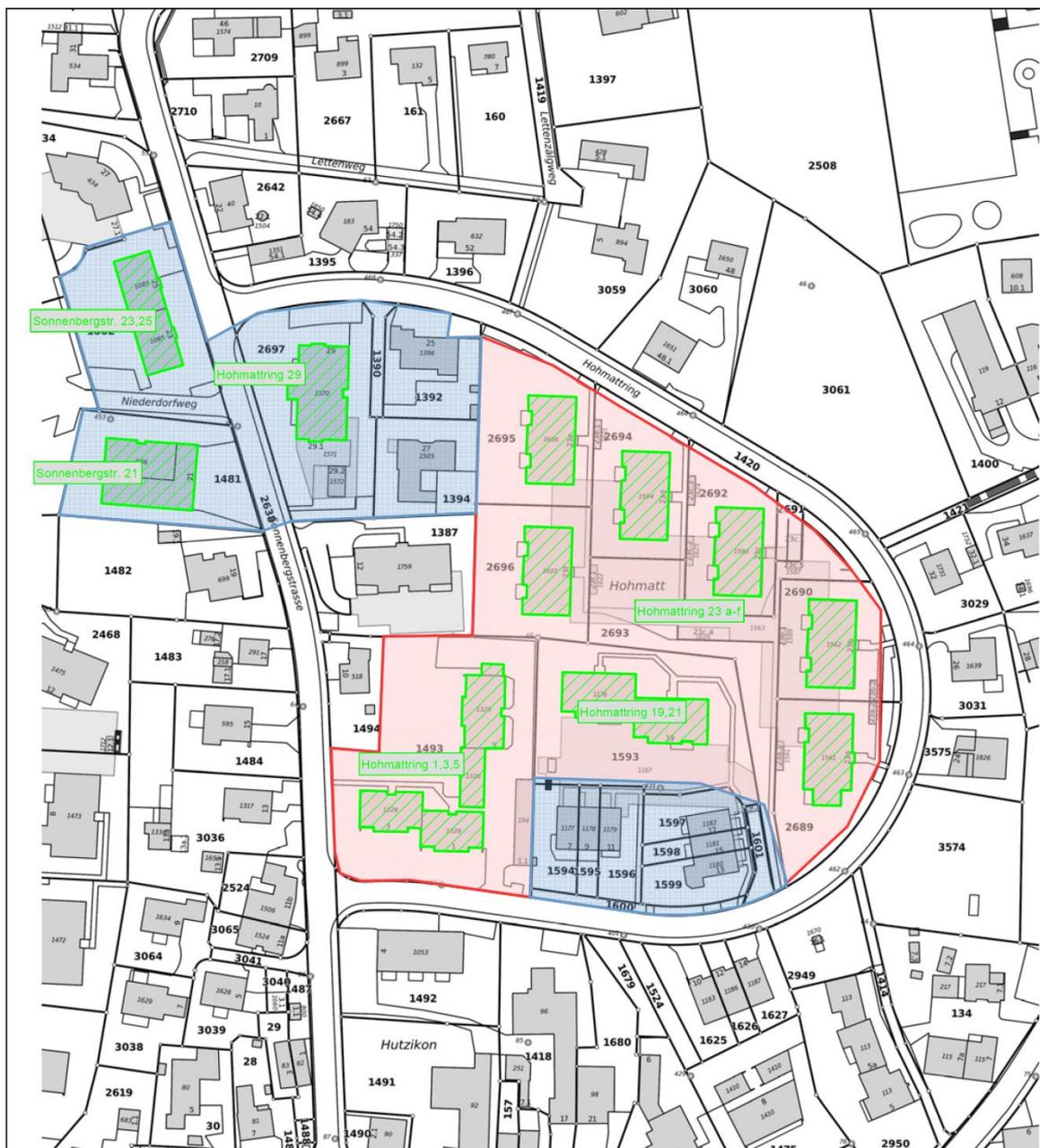
Basierend auf den zur Verfügung stehenden Grundlagen wurden die Kennzahlen zum Energie- und Leistungsbedarf des Gebiets ermittelt:

- Energiebedarf gesamtes Gebiet: 1'601 MWh/a
- Leistungsbedarf gesamtes Gebiet: 593 kW

In der nächsten Planungsphase sind allfällig geplante energetische Gebäudesanierungen abzuklären, welche zu einer Reduktion der Leistungen resp. des Energiebedarfs führen.

2.3.4 Zonenbildung Verbund

Eine erste Kontaktaufnahme mit den Eigentümern der Liegenschaften Hohmattring 1, 3, 5 und Hohmattring 23 a-f wurde bereits während der Machbarkeitsprüfung gemacht. Generell besteht das Interesse an einer Verbundlösung. Für die weiteren Objekte wurden im Rahmen von Arbeitspaket 1a keine Abklärungen gemacht. Um einen wirtschaftlichen Betrieb eines Verbunds zu ermöglichen, ist es wichtig grosse Energiebezüger einzubeziehen. Die Feuerungen Hohmattring 5 und Hohmattring 23 b sind diesbezüglich Schlüsselobjekte. Aufgrund dessen wurde ausgehend davon eine Kernzone und eine erweiterte Zone für einen zukünftigen Verbund definiert (gemäss Abbildung 8).



Legende

- Kernzone Verbund
- Erweiterte Zone Verbund
- Gebäude innerhalb Verbund

Abbildung 8: Übersichtskarte Zonen Verbund

Damit ein Energieverbund gegenüber einer dezentralen Energieversorgung wirtschaftlich konkurrenzfähig ist, dürfen die Verteilkosten nicht zu hoch sein. Dies wird erreicht, indem die Wärmeübertragungsleistung resp. Wärmeabgabe pro Trasseemeter (Tm) einen gewissen Wert nicht unterschreitet. Basierend auf den Erfahrungen von Weisskopf Partner GmbH sowie Publikationen von Eicher+Pauli¹ und Energiestadt² kann der Mindestwert

¹ Dr. Eicher+Pauli AG, Weissbuch Fernwärme Schweiz - VFS Strategie, 2014

² Energiestadt, Räumliche Energieplanung, Modul 6: Wärmeverbund

bei 1 kW/Tm resp. 2 MWh/a/Tm angesetzt werden. Folgende Kennwerte wurden für den vorgeschlagenen Verbundperimeter ermittelt:

- Kernzone: Leistung 2.4 kW/Tm, 6.4 MWh/a/Tm
- Kernzone inkl. erweiterter Zone: Leistung 1.3 kW/Tm, 3.5 MWh/a/Tm

Für die weitere Untersuchung wird momentan eine Verbundlösung innerhalb der Kernzone berücksichtigt. Ein Anschluss der Liegenschaften in der erweiterten Zone soll in einem nächsten Schritt geprüft werden.

2.3.5 Kalter oder warmer Verbund

Grundwasser kann im kalten oder im warmen Verbund genutzt werden. Bei einem warmen Verbund wird die Wärme zentral erzeugt und über Fernleitungen in die Gebäude verteilt. In einem kalten Verbund wird das Grundwasser über einen Wärmetauscher geführt und von dort werden die jeweiligen Gebäude über einen Zwischenkreis versorgt. Im Gegensatz zum warmen Verbund verfügt dabei jedes Gebäude über eine dezentrale Wärmepumpe. Der Leitungsbau ist im kalten Verbund wesentlich kostengünstiger, hingegen ist die dezentrale Installation von mehreren Wärmeerzeugern kostenintensiver im Vergleich zur zentralen Wärmeerzeugung im warmen Verbund. Für das Gebiet Hohmattring wird ein kalter Verbund empfohlen.

2.4 Konzept kalter Verbund Kernzone Hohmattring

2.4.1 Geologische Verhältnisse

Gemäss geologischer Beurteilung durch die Firma progeo GmbH ist eine Grundwassernutzung für einen Grundwasserwärmeverbund im Gebiet Hohmattring möglich (detaillierter Bericht gemäss Anhang). Der Grundwasserspiegel liegt 2 Meter unter Terrain und die Grundwassermächtigkeit beträgt ca. 20 Meter. Die Grundwasserentnahme sollte im südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes erfolgen, die Rückgabe kann in der Mitte des Gebiets gemacht werden. Die Platzierung der Entnahmebrunnen sollte je nach Verbundgrösse definiert werden. Für einen Verbund innerhalb der Kernzone sind zwei 8" Entnahmebrunnen mit ca. 1'600 l/min vorgesehen. Die Rückgabe kann über einen Rückgabebrunnen oder allenfalls auch über eine Versickerungsanlage erfolgen.

Die Wärmenutzung von Grundwasser bedarf einer Konzession. Im Rahmen der Untersuchung wurde beim AWEL des Kantons Zürich eine Voranfrage für die geplante Nutzung gestellt. Entsprechend der zuständigen Gewässerschutzabteilung spricht aufgrund des heutigen Kenntnisstandes nichts gegen die Grundwassernutzung. In der nächsten Projektphase wird vom AWEL eine Modellierung des Gebiets mit den umliegenden Grundwassernutzungen (Bollerguet, Fridtalweg) empfohlen. Für die weitere Ausarbeitung des Projekts sind ausserdem hydrogeologische Untersuchungen (Sondierbohrung) sowie ein entsprechendes Konzessionsgesuch notwendig.

2.4.2 Anlagenbeschreibung

Der Übersichtsplan gemäss Abbildung 9 zeigt den Aufbau des zukünftigen Verbunds. Die Grundwasserentnahme erfolgt über die zwei Grundwasserbrunnen nahe der Gebäude Hohmattring 1 und 3. Das Grundwasser wird auf einen Wärmetauscher in der Zentrale Hohmattring 5 geführt. Nach dem Wärmetauscher erfolgt die Leitungsführung im Zwischenkreis bis auf die drei Unterstationen der einzelnen Liegenschaften. Die neuen Leitungen führen grösstenteils über Grünflächen, ausserdem kann die bestehende Einstellhalle (Hohmattring 23 a-f) genutzt werden. Die Wärmeerzeugung in den Unterstationen erfolgt über die Installation von einzelnen Grundwasser-Wärmepumpen. Im Anhang finden sich dazugehörige Pläne (Prinzipschema).

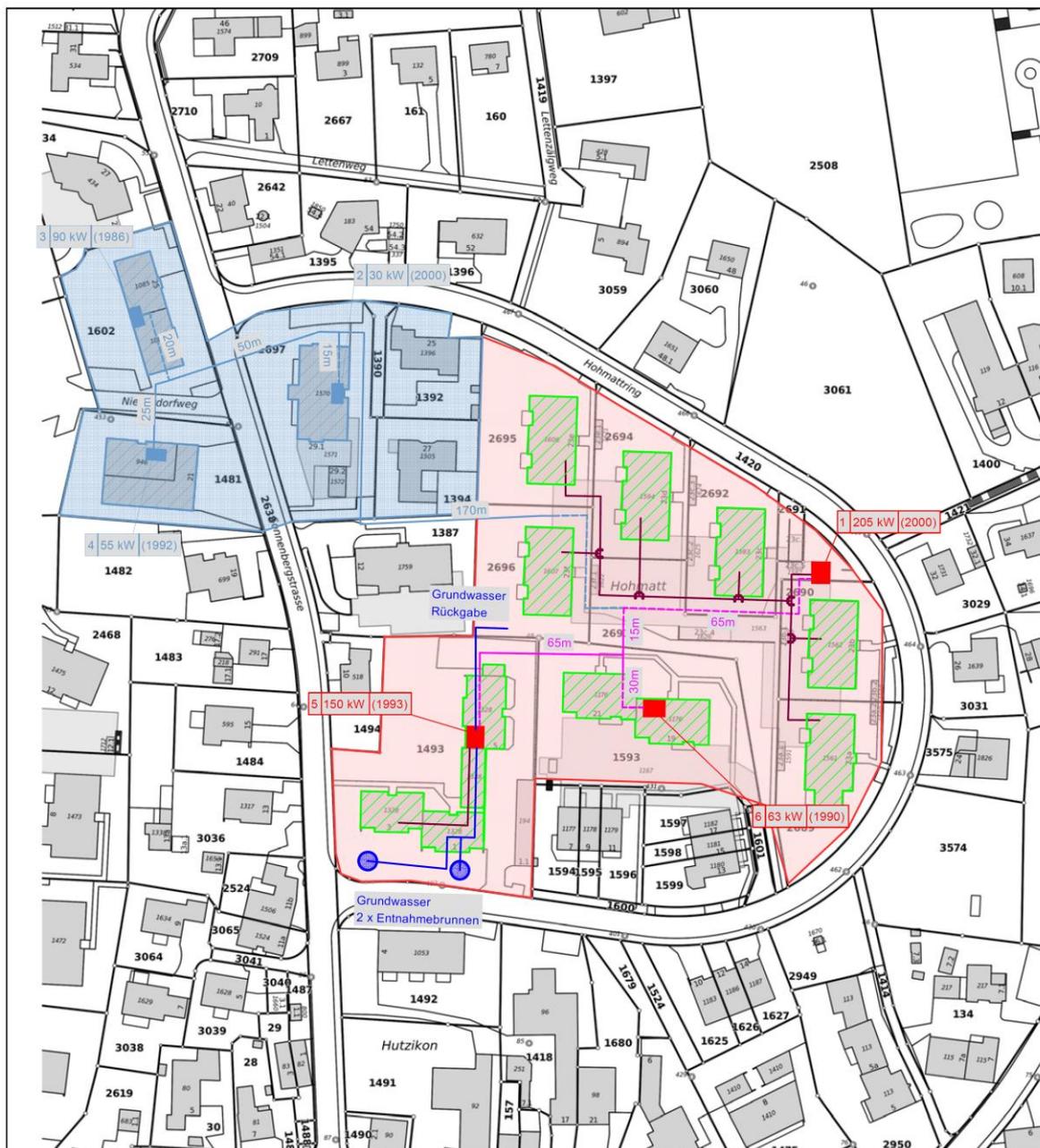


Abbildung 9: Übersichtsplan kalter Verbund Hohmattring inkl. Leitungsführung

2.4.3 Wirtschaftlichkeit

Die Schnittstelle zwischen dem Betreiber des Grundwasserwärmeverbunds und den Eigentümern der Liegenschaften liegt nach dem Leitungseintritt in die Gebäude. Die Zuständigkeiten sind wie folgt verteilt (gemäss Abbildung 10):

Betreiber Verbund

- Bau und Betrieb Grundwasserentnahme- resp. Rückgabe
- Bau und Betrieb Zwischenkreis bis und mit Gebäudeeintritt

Eigentümer Liegenschaften

- Bau und Betrieb Wärmeerzeugung Gebäude inkl. Wärmepumpe, Speicher, Brauchwarmwasser-Erzeugung (BWW)

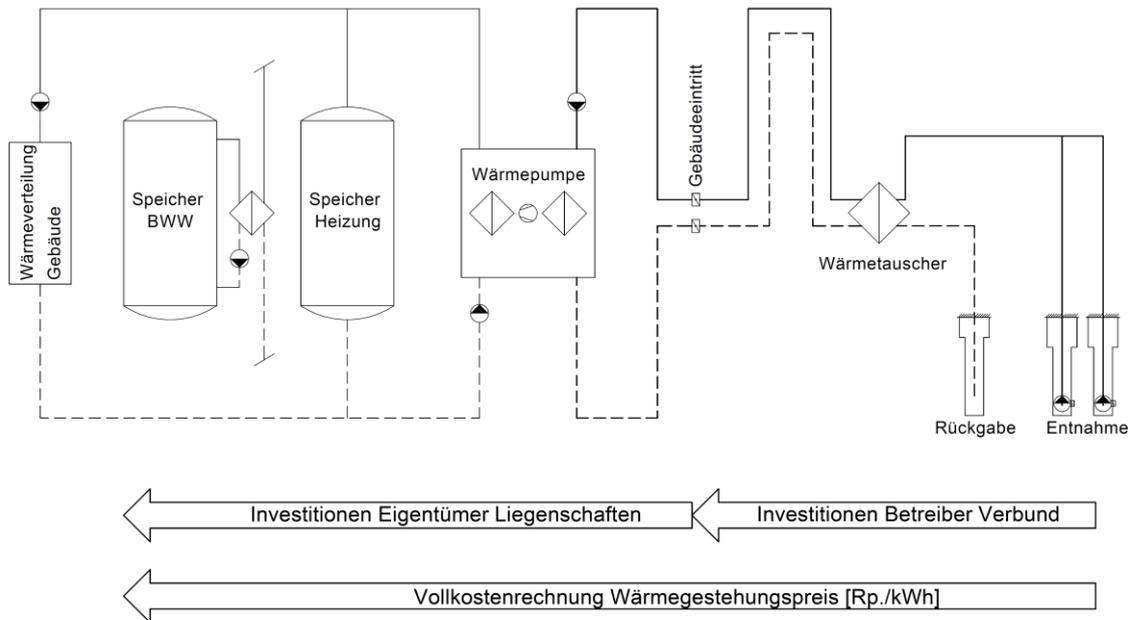


Abbildung 10: Schnittstellen der Zuständigkeiten kalter Verbund

Um für die Eigentümer eine Vergleichbarkeit einer Verbundlösung gegenüber einer dezentralen Wärmeversorgung zu ermöglichen, wird eine Vollkostenrechnung über die gesamte Anlage inklusive dezentraler Wärmeerzeugung erstellt.

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde zwischen Verbund und Unterstationen unterschieden. Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen zusammengetragen.

Investitionskosten "Verbund"	CHF	462'700.-
Jahreskosten "Verbund" Total	CHF/a	38'500.-
Instandhaltungskosten	CHF/a	9'670.-
Energiekosten	CHF/a	2'310.-
Finanzierungskosten exkl. Förderbeiträge	CHF/a	26'520.-
Wärmegestehungspreis "Verbund"	Rp./kWh	5.5

Tabelle 4: Kennzahlen Wirtschaftlichkeit für Betreiber Verbund, exkl. MWSt.

Die Kennzahlen der Unterstationen sind anhängig von den einzelnen Objektbegebenheiten und den entsprechenden Anlagengrößen. Nachstehend wurden als Grundlage die Kennzahlen für das Objekt "Hohmattring 23" ermittelt.

Investitionskosten "Unterstation Hohmattring 23"	CHF	489'200.-
Jahreskosten "Unterstation Hohmattring 23" Total	CHF/a	69'210.-
Instandhaltungskosten	CHF/a	11'890.-
Energiekosten	CHF/a	29'440.-
Finanzierungskosten exkl. Förderbeiträge	CHF/a	27'880.-
Wärmegestehungspreis "Unterstation Hohmattring 23"	Rp./kWh	13.2

Tabelle 5: Kennzahlen Wirtschaftlichkeit für Unterstation Hohmattring 23, exkl. MWSt.

Der individuelle Wärmegestehungspreis für das Objekt Hohmattring 23 beträgt demzufolge gemäss Tabelle 6 rund 18.7 Rp./kWh.

Wärmegestehungspreis "Verbund"	Rp./kWh	5.5
Wärmegestehungspreis "Unterstation Hohmattring 23"	Rp./kWh	13.2
Wärmegestehungspreis "Unterstation Hohmattring 23"	Rp./kWh	18.7

Tabelle 6: Vollkostenrechnung Unterstation Hohmattring 23, exkl. MWSt.

Die Wärmegestehungspreise für die weiteren Unterstationen liegen zwischen 17.1 - 19 Rp./kWh.

Die Investitionskosten verstehen sich inklusive folgender Positionen:

- Lieferung und Montage von kompletter Wärmeerzeugung (Wärmepumpe, BWW-Speicher inkl. Ladung)
- Grundwasserbrunnen (Entnahme und Rückgabe) inkl. Grabarbeiten und Anschlussleitungen (die Probebohrung erfolgt in der Dimensionierung der Endauslegung³)
- MSRL- und Elektroarbeiten, Geologische Begleitung
- Leitungsbau Zwischenkreis inkl. Gebäudeeintritt
- Honorar für Planung HLKSE
- Unvorhergesehenes (10%)

Folgende Positionen sind in den Investitionskosten nicht eingerechnet:

- Allfällige Grundwasser-Modellierungskosten (CHF 5'000.- bis 8'000.-)
- Bauliche Massnahmen in bestehenden Zentralen
- Anpassungen Wärmeverteilung (Fussbodenheizung/Radiatoren) in Gebäuden
- Energetische Sanierungsmassnahmen in Gebäuden

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung beruht auf folgenden Grundlagen:

³ Bei Verbänden dieser Grössenordnung ist es sinnvoll, die Probebohrung für die Entnahmestelle erfolgt in der Dimensionierung der Endauslegung. Erfolgt zuerst eine separate Probebohrung in kleinerer Dimension, ist mit zusätzlichen Kosten von CHF 15'000.- bis 20'000.- zu rechnen.

Preisangaben

Genauigkeit	%	±30
-------------	---	-----

Jahresbetriebskosten

Betrachtungsdauer (gemäss Wirtschaftlichkeitstool)	a	21 - 24 ⁴
Kapitalzins	%	2.5

Energiepreise (mit Teuerung)

Elektrizität (Hochtarif) EKZ Mixstrom	Rp./kWh	19.2 (1.4%)
Elektrizität (Hochtarif WP) EKZ Mixstrom	Rp./kWh	15.2 (1.4%)
Elektrizität (Niedertarif, Niedertarif WP) EKZ Mixstrom	Rp./kWh	12.4 (1.4%)

Tabelle 7: Grundlagen Wirtschaftlichkeitsrechnung

2.4.4 Finanzielle Förderung

Folgende finanzielle Beiträge können für den Ersatz einer fossilen Heizung beantragt werden⁵.

- Kanton Zürich (AWEL): Keine Förderung für Grundwasser-Wärmepumpen
- Myclimate: Förderprogramm für den Ersatz von Gas- oder Ölheizung durch eine Wärmepumpe (Pro Anlage CHF 1'000.-)
- Gemeinde Turbenthal: Subventionen aus Energiefonds der Gemeinde

2.4.5 Finanzierung und Betrieb Wärmeverbund

Folgende Möglichkeiten stehen für den Bau und Betrieb des Verbunds Hohmattring zur Diskussion:

- Eigentümer betroffener Liegenschaften: Der Verbund kann durch einen Eigentümer oder den Zusammenschluss mehrerer Eigentümer (z.B. zu einer Genossenschaft) betrieben werden. Hinsichtlich der Finanzierung ist eine Beteiligung an den Investitionskosten möglich.
- Contractor: In der Gemeinde sind bereits die Stadtwerke Winterthur und der Energieversorger Energie 360° als Contractor aktiv. Allenfalls sind weitere Contractoren interessiert. Nächste Schritte diesbezüglich wären Abklärungen hinsichtlich des Interesses und allenfalls ein Ausschreibungsverfahren für die Contractorauswahl.
- Genossenschaft für erneuerbare Energien Turbenthal: Die Genossenschaft betreibt bereits zwei Wärmeverbände in Turbenthal. Gemäss ersten Abklärungen besteht aktuell kein Interesse am Bau und Betrieb eines weiteren Verbunds.
- Gemeinde Turbenthal: Es liegen keine gemeindeeigenen Gebäude im betroffenen Gebiet. Gemäss Angaben der Gemeinde Turbenthal besteht kein Interesse am Bau und Betrieb des Verbunds Hohmattring.

⁴ Aufgrund durchschnittlicher Nutzungsdauer der Berechnungen

⁵ Stand Januar 2017. Die Förderbedingungen können sich jederzeit verändern.

3. Arbeitspaket 1b (Koordination Grundwassernutzung)

Die Koordination und Vorausplanung von neuen Verbundnetzen ist in der Regel empfehlenswert. Vor allem die Nutzung von Grundwasser ist von verschiedenen Interessengruppen abhängig und in einzelnen Kantonen wird eine minimale Anlagengrösse verlangt um die Anzahl der Grundwassereingriffe zu beschränken. Im Kanton Zürich verlangt das AWEL zum Beispiel eine minimale Kälteleistung von 150 kW (resp. 100 kW bei Minergie-Bauten). Bauherren von Einfamilienhäusern oder kleineren Mehrfamilienhäusern können aus diesem Grund häufig keine Einzelanlage realisieren und sind gezwungen sich einer Verbundlösung anzuschliessen, wenn Grundwasser als Energieträger genutzt werden soll.

Aber auch bei anderen Energieträgern kann es durchaus Sinn machen, Verbundlösungen in Betracht zu ziehen. Im Vergleich zu Einzellösungen sind Verbundlösungen jedoch mit einem höheren Koordinationsaufwand verbunden. Die kommunale Energieplanung kann dabei eine wichtige Grundlage für die Realisation von neuen Verbundnetzen bilden.

3.1 Literaturrecherche Verbundlösungen

3.1.1 Erkennen von neuen Verbundlösungen

Als Planungsgrundlage für die räumliche Energieplanung dienen aktuelle und zukünftige Energieverbrauchsdaten. Die Herausforderung ist es, diese Zahlen in geeigneter Form zu erfassen und danach für die weitere Verwendung darzustellen. Im Jahr 2016 wurden die heute gängigen Energiebilanzierungsmethoden in einer Studie [2] miteinander verglichen. Für das Erkennen geeigneter Verbundgebiete ist vor allem die räumliche Darstellung (z.B. mittels Georeferenzierung) des Wärme- und Kältebedarfs hilfreich. Damit ist eine ganzheitliche Betrachtung eines Gebiets möglich und es kann vermieden werden, dass sich Einzelanlagen negativ auf das Gesamtgebiet auswirken. Die folgenden Bilanzierungsmethoden eignen sich hierfür besonders.

Gebäudeparkmodell

Im Gebäudeparkmodell dient die Bilanzierung der Betriebs- und Erstellungsenergie als Planungsgrundlage für die Energieplanung aber auch für ein Monitoring und Controlling. Unter anderem wird der Energiebedarf für Raumwärme und Warmwasser bilanziert und auf Hektarebene dargestellt. Basis dafür bilden die Daten aus dem Gebäude- und Wohnungsregister (GWR) und dem Betriebs- und Unternehmensregister (BUR).

Wärmebedarfskataster

Die Kantone Bern, Luzern und St. Gallen verfügen über einen Wärmebedarfskataster. Der Wärmebedarf (Raumwärme und Warmwasser) von Wohnbauten sowie teilweise auch von Nichtwohnbauten wird bilanziert und pro Hektare in Kartenlayer dargestellt. Die Eingaben stammen aus dem Gebäude- und Wohnungsregister, GEAK-Daten, Angaben der Kantonalen Gebäudeversicherung und werden teilweise mit Daten aus der Feuerungskontrolle plausibilisiert. Nichtwohnbauten werden jedoch stellenweise nicht oder nur sehr grob abgedeckt.

Wärmebedarfs- und Angebotskataster VFS

Der Verband Fernwärme Schweiz (VFS) stellt in einem Wärmebedarfskataster den Wärmebedarf im Bereich Wohnen und Arbeiten dar. Die Daten werden ebenfalls pro Hektare dargestellt. Als Eingangsdaten werden wiederum die Angaben aus dem Gebäude- und Wohnungsregister genutzt. Der Energiebedarf wird anhand der Wohnfläche und einer spezifischen Energiekennzahl hochgerechnet. Die Daten stehen gesamtschweizerisch zur Verfügung.

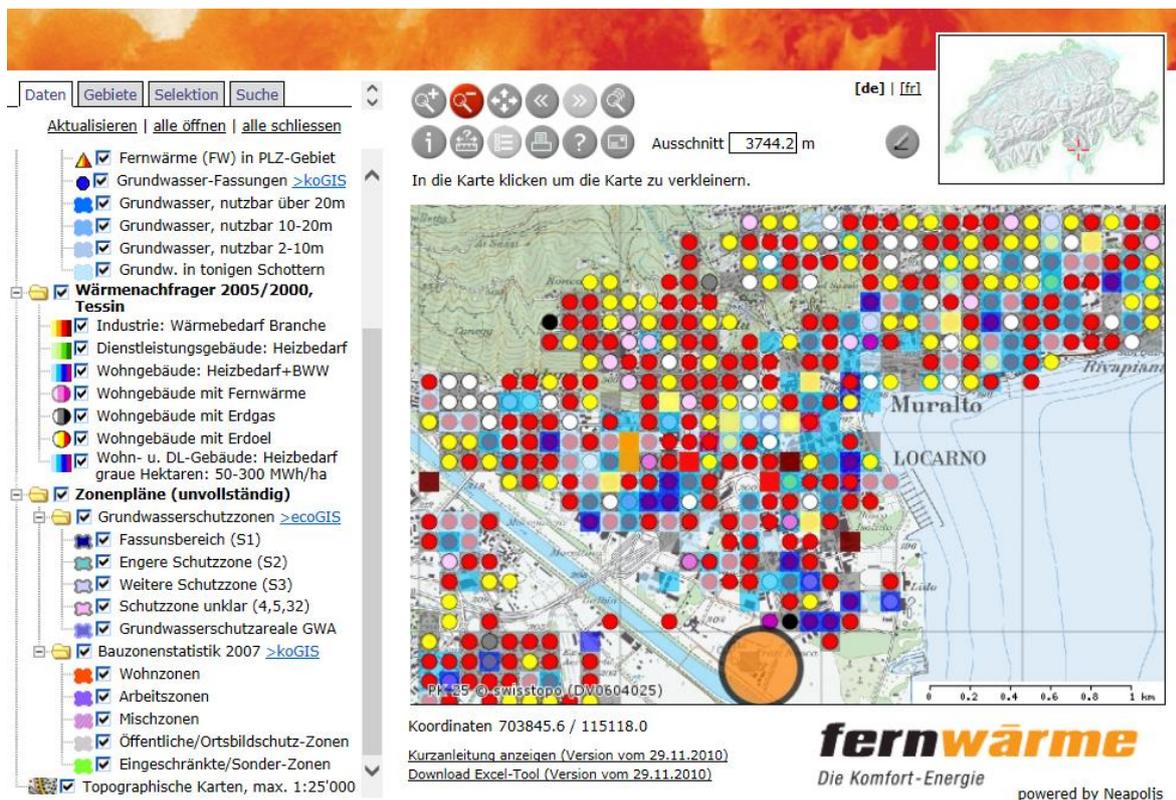


Abbildung 11: Auszug Wärmebedarfs- und Angebotskataster VFS [3]

Wesentlich für eine sinnvolle Anwendung der Energiebilanzierungsmethoden ist die Herkunft und Qualität der Eingabedaten. Die Daten der aktuellen und zukünftigen Energienachfrage können aus folgenden Quellen stammen:

- Daten Feuerungskontrollen
- Daten GWR (Gebäude- und Wohnungsregister)
- Energieversorger
- Daten Minergie/GEAK
- Energiestatistik (Energienstadt, weitere Statistiken)
- Daten Förderprogramme
- Daten Konzessionierung (Grundwasser- und Erdwärmennutzung)
- Kantonale Gebäudeversicherung (Gebäudevolumen, Nutzungstyp)

Eine Bilanzierung von Kälteangebot oder -nachfrage ist bisher kaum thematisiert.

3.1.2 Fördern von neuen Verbundlösungen

Auf kommunaler und kantonaler Ebene werden Verbundlösungen gefördert. Gemäss MuKE 2014, Modul 10 [4] sollen zukünftig Grundeigentümer unter bestimmten Voraussetzungen dazu verpflichtet werden können, ihre Gebäude an erneuerbare Verbundlösungen anzuschliessen.

Es gibt zahlreiche Beispiele für die Förderung von Verbundlösungen. Der Kanton Bern beispielsweise fördert neue oder zukünftig zu erweiternde Wärmenetze mit erneuerbarer Energie mit einem Förderbeitrag pro MWh Wärmetransport. Die Energieagentur Kanton St. Gallen fördert Wärmenetzprojekte und Anergienetze. Die Stadt Zürich beispielsweise zahlt bis 2020 finanzielle Beiträge an Hausbesitzerinnen und Hausbesitzer, wenn sie ihre Gas- oder Ölheizung vorzeitig stilllegen und sich einem klimafreundlichen Energieverbund anschliessen. Die Fördergelder betragen bis zu 50 Prozent des Restwerts der Heizung.

Abbildung 12: Prioritätenggebiet Grundwassernutzung (rot schattiert) ohne Weiler Neubrunn

3.2.2 Grundlagen

Kartendarstellung

Die Recherche von potenziellen Verbänden über ein grösseres Gebiet machte ein Instrument zur Umgebungsanalyse notwendig, um Cluster grösserer bestehender Einzelfeuerungen effizient zu sichten. Weisskopf Partner GmbH hat dafür eine interaktive Web-Karte entwickelt welche unabhängig von einer GIS-Software in jedem gängigen Browser genutzt werden kann.

Auf der Karte werden die bestehenden Feuerungen mit Kreis-Icons dargestellt:

- Die Farbe entspricht dem Typ (rot: Heizöl, grün: Holz)
- Die Kreisfläche entspricht der installierten Brennerleistung
- Die Helligkeit bzw. Transparenz des Kreisinhalts entspricht dem Kessel- bzw. Anlagenalter: Je dunkler, desto älter und damit interessanter ist die Anlage hinsichtlich einem bevorstehenden Ersatz.

Die Darstellung der Feuerungen erlaubt eine effiziente Abschätzung von potenziellen neuen Verbundlösungen. Die Abbildung 13 zeigt einen Kartenausschnitt vom untersuchten Gebiet. Zu sehen sind diverse Ölfeuerungen rund um das Gebiet Schulhaus Risi. Im geöffneten Popup sind die Feuerungsdaten des katholischen Pfarramts (Kirche) dargestellt. Auf der Karte nicht dargestellt sind Wärmepumpenanlagen und Elektroheizungen.

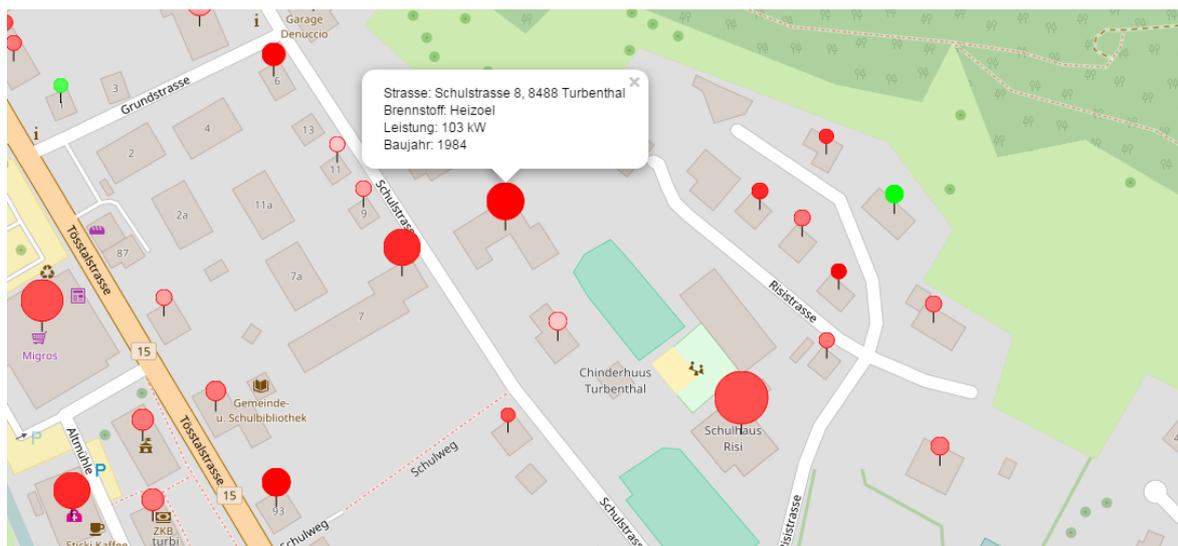


Abbildung 13: Kartenausschnitt Feuerungen Web-Karte

Feuerungsdaten

Grundlage für die Kartendarstellung bildeten die Daten der Feuerungskontrolle. Im Laufe der Projektarbeit wurden durch den Feuerungskontrolleur die Daten von rund 585 Heizöl- und Holzfeuerungen mittels Excel erfasst. Ein paar Anmerkungen zum verwendeten Datensatz:

- Die Richtigkeit und Vollständigkeit der Daten ist abhängig von der Erfassung durch den Feuerungskontrolleur.
- Rund 578 Feuerungen konnten aufgrund der Adresse zu geordnet werden.

- Eine Stichprobe der Daten hat gezeigt, dass Feuerungen teilweise nicht erfasst waren. Wo dies möglich war, wurden die fehlenden Daten ergänzt.

3.2.3 Resultate neue Verbünde Gemeinde Turbenthal

Basierend auf den Feuerungsdaten wurden sieben potenzielle Standorte für den Aufbau von neuen Wärmeverbänden lokalisiert (gemäss Tabelle 8). Im Anhang finden sich weitere Details zu den einzelnen Verbänden. Bei der Auswahl wurden wiederum die Kriterien; Grösse der installierten Feuerungsleistung, Baujahr der Feuerung und Anschlussdichte gemäss Kapitel 2.2.1 berücksichtigt. Der Vollständigkeit halber wurden die ermittelten Verbände aus Kapitel 2.2 (Verbund 1, 2 und 3) ebenfalls in der Tabelle erfasst.

Nr.	Wärmeverbund	Leistung Potenzial	Bemerkungen
1	Hohmattring	490 kW Hoch	Interesse Eigentümer wird momentan abgeklärt.
2	Sonnenberg	180 kW Mittel	Abhängig von Entwicklung Neubauprojekt "Sunneberg" und Schreinerei Pfister.
3	Hofwies	420 kW Mittel	Mehrheitlich Mehrfamilienhäuser, tendenziell viele involvierte Parteien.
4	Niederdorfweg	328 kW Mittel	Im Gebiet liegen Feuerungen mittlerer Grösse, teilweise erst kürzlich saniert (Ausbau Verbund allenfalls etappenweise), Leitungsführung mehrheitlich über Grünflächen möglich.
5	Zihlacker	552 kW Hoch	Wenige Feuerungen im grossen Leistungsbereich, alles Mehrfamilienhäuser, Leitungsführung über Grünflächen/Tiefgarage möglich, aufgrund Heizungsalter Ausbau Verbund allenfalls etappenweise.
6	Jucker AG	310 kW Tief	Abhängig von Entscheid Firma E. Jucker AG.
7	Bühler	242 kW Tief	Abhängig von Entscheid Firma BR TEC Bühler AG, ansonsten eher kleinere Feuerungen im Gebiet.

Tabelle 8: Potenzielle Standorte für neue Grundwasserwärmeverbände

Ergänzend sind in der Tabelle 9 die neun bestehenden resp. mit Inbetriebnahmejahr 2017 geplanten Grundwasserwärmeverbände erfasst.

Nr.	Wärmeverbund	Kälteleistung Inbetriebnahme	Betreiber
1	Bollerguet	116 kW 2015	Baukonsortium Fridtal
2	Fridtalweg im Park	290 kW 2015 und 2016	Genossenschaft Grundwasser- verband im Park
3	Risi	300 kW 2017 (geplant)	Primarschule Turbenthal
4	Zentrum	352 kW 2011	Genossenschaft für erneuerbare Energien Turbenthal
5	Müli	200 kW 2012	Genossenschaft für erneuerbare Energien Turbenthal
6	Wohnen am Wasser	185 kW 2017 (geplant)	Stadtwerk Winterthur (Contracting)
7	Setzipark	171 kW 2015	Energie 360° (Contracting)
8	Mettlen	173 kW 2009	Albert Wärmetechnik AG
9	Neubrunn	168 kW 2012	Genossenschaft Grundwasser- wärmeverbund Turbenthal

Tabelle 9: Bestehende Grundwasserwärmeverbände

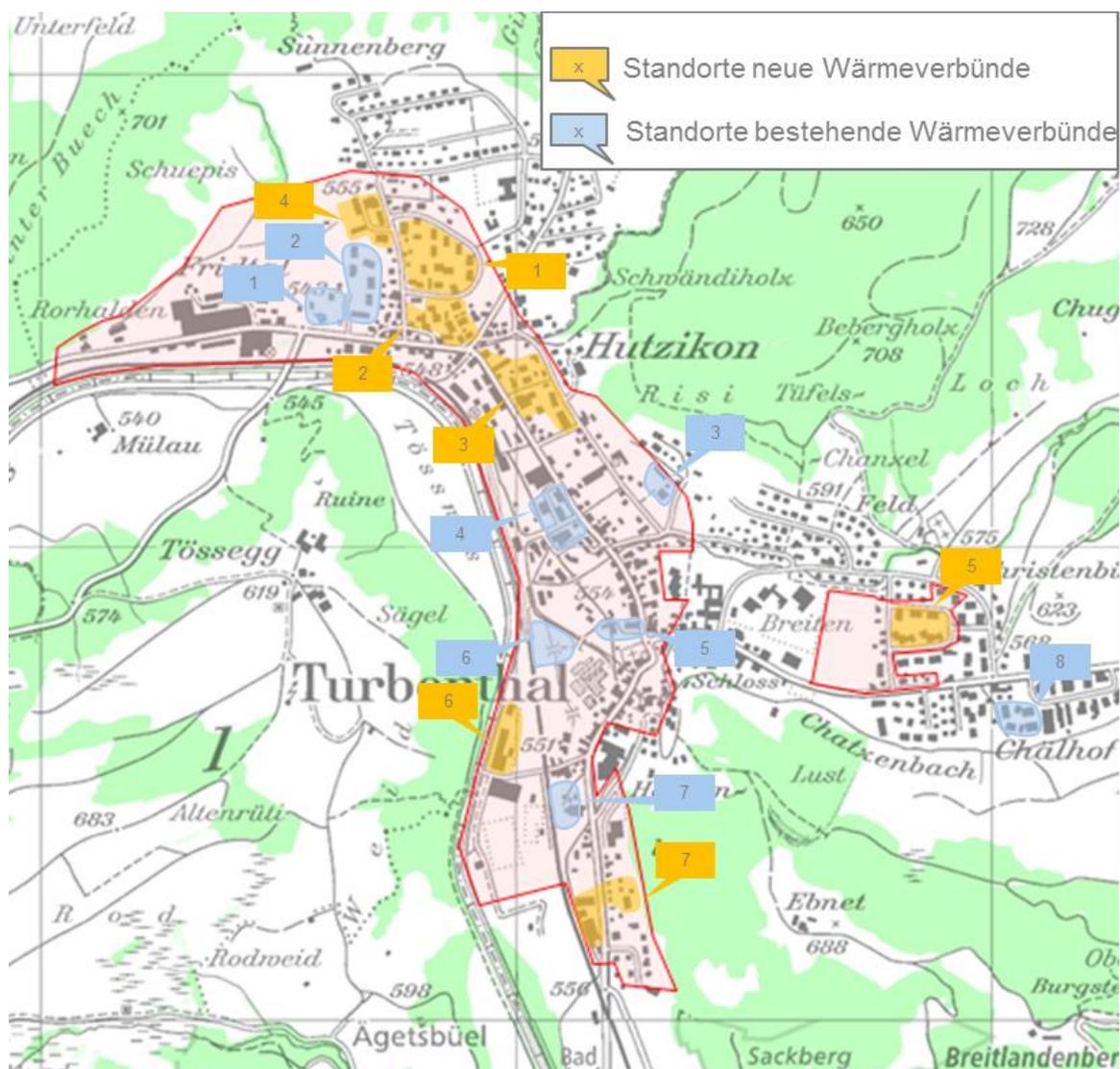


Abbildung 14: Übersichtskarte neue und bestehende Grundwasserwärmeverbände

In den sechs Weilern ist abgesehen von Neubrunn kein Ausbau der Grundwassernutzung vorgesehen. Gemäss den vorliegenden Feuerungsdaten ist in Neubrunn kein Potenzial für den Zusammenschluss von bestehenden Feuerungen zu einem Verbund vorhanden.

Zusätzlich zu den neuen Verbundlösungen ist der Ersatz von grossen Einzelfeuerungen (z.B. Firma Eskimo, Ölf Feuerungen 1'000 kW, Baujahr 1996) durch neue Grundwasser-Wärmepumpen prüfenswert.

3.3 Diskussion Vorgehen

Im Gegensatz zur zeitintensiveren Machbarkeitsprüfung im Arbeitspaket 1a (Kapitel 2) stand im Arbeitspaket 1b eine einfachere, jedoch trotzdem zweckmässige Identifikation von neuen Verbundlösungen im Vordergrund.

Ausschlaggebende Kriterien für die Beurteilung einer Verbundeignung sind dabei folgende:

- Heutiger Energieträger sowie zukünftiger Energieträger gemäss Energieplan
- Heutiger sowie zukünftiger Energie- und Leistungsbedarf
- Alter der bestehenden Feuerungen
- Eigentumsverhältnisse der betroffenen Gebäude (privat oder öffentlich)

Für eine effiziente Identifikation von geeigneten Verbundlösungen empfiehlt sich die räumliche Darstellung der Daten mittels einer gängigen GIS-Lösung oder einer anderen Kartendarstellung. Die Abbildung 15 zeigt exemplarisch wie die einzelnen Kriterien angewendet werden können um Verbundlösungen zu identifizieren. Dabei wurden nur Lösungsansätze berücksichtigt, welche hauptsächlich den Betrieb mit erneuerbaren Energien vorsehen. Eine Spitzenlastabdeckung mit fossiler Energie ist im Einzelfall zu prüfen und ist unter Umständen bei bestehenden Bauten sinnvoll. Befinden sich in näherer Umgebung mehrere Objekte, welche die Kriterien für den Zusammenschluss zu einem Verbund erfüllen, sollten in diesem Gebiet genauere Abklärungen getroffen werden. Im untenstehenden Beispiel treffen die Kriterien auf die rot eingefärbten Gebäude zu. Stehen die Feuerungsdaten nicht in digitaler Form zur Verfügung, müssen die nötigen Daten über die Energiebilanzierungsmethoden aus Kapitel 3.1.1 hergeleitet werden. Die Qualität der Feuerungsdaten trägt massgeblich zu einem aussagekräftigen Resultat bei. Anzustreben ist das Erfassen der Daten in einer branchenübergreifenden Softwarelösung, welche eine Verknüpfung mit dem GWR-Register zulässt. Ausserdem sollen vereinheitlichte Vorgaben an den zuständigen Feuerungskontrolleur eine allgemeingültige Anwendung der Daten ermöglichen.

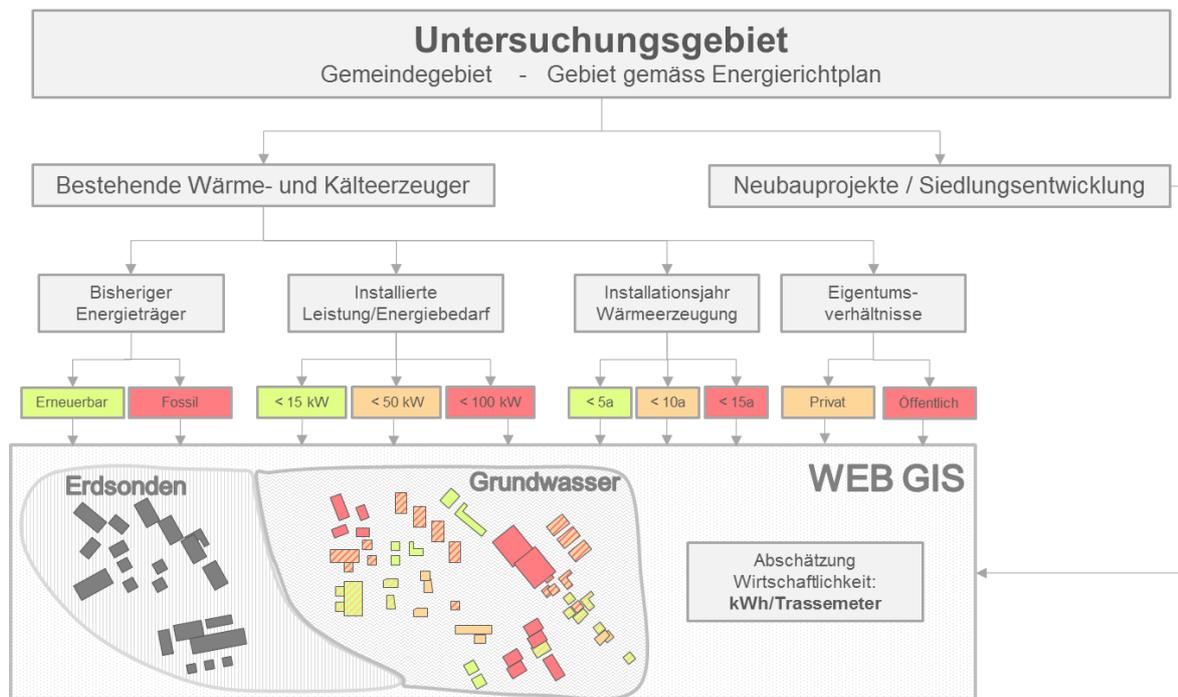


Abbildung 15: Vorgehen bei der Identifizierung von potenziellen Grundwasserverbänden

Weitere Kriterien können für oder gegen einen Verbund sprechen und sind fallweise für ein Objekt oder das gesamte Gebiet relevant:

- Energetischer Zustand/Sanierungsbedarf der betroffenen Objekte
- Bestehende Infrastruktur der betroffenen Objekte (Platzverhältnisse)
- Geplante Strassensanierungen im Gebiet (Einfluss auf Kosten Leitungsbau)
- Erforderliches Temperaturniveau, Netztypologien (1-Leiter bis 4-Leiter System)
- Abwärmequellen im betroffenen Gebiet, welche als Energieträger genutzt werden können (allenfalls Anergienetz)

3.4 Verbreitung der Informationen für die interessierte Öffentlichkeit

Wie eingangs bereits dargelegt, erfordert die Entwicklung neuer Verbundlösungen einen gewissen Koordinationsaufwand. Im Jahr 2014 haben sich Fachleute aus verschiedenen Bereichen zum Thema "Kalte Fernwärme" zu einem Workshop getroffen [5]. Unter anderem wurde diskutiert, wieso thermische Netze bislang Schwierigkeiten bei der Realisation haben. Ausserdem wurde aufgezeigt, welche Voraussetzungen geschaffen sein müssen, damit jemand die Initiative für den Bau von thermischen Netzen ergreift. Folgende Punkte sind dabei zu erwähnen:

- Aktiv Informieren und Transparenz bezüglich Vor- und Nachteilen schaffen
- Personen definieren, welche glaubwürdig für thermische Netze werben können
- Heizkostenvergleich mittels Vollkostenbetrachtung aufzeigen
- Finanzielle und bauliche Anreize schaffen
- Politische Grundlagen (Energieplan, Quartier-/Arealplan) schaffen

3.4.1 Erfahrungen Turbenthal

Anschliessend an die Machbarkeitsstudie (Kapitel 2) wurden durch die Energiekommission Turbenthal weitere Schritte ergriffen, um die Realisation der Verbundlösung Hohmattring weiter voran zu treiben. Eigentümer oder Verwalter einer Liegenschaft im und rund um das Gebiet Hohmattring wurden deshalb im März 2017 zu einer Informati-

onsveranstaltung eingeladen. Ziel der Veranstaltung war es, über die Resultate der Machbarkeitsstudie zu informieren und das Interesse der einzelnen Parteien abzuholen.

Die Verantwortlichen der Energiekommission führten durch die Veranstaltung und informierten über die Hintergründe des Projekts. Anhand von Anlagenschema und konkreten Plänen zur Leitungsführung wurde über den möglichen Aufbau des Verbundes informiert. Zum Abschluss wurden anhand eines Erfahrungsberichts bereits realisierte Verbundprojekte in Turbenthal vorgestellt.

Das Interesse der Eigentümer an der Informationsveranstaltung war gross. Ein Hauptteil (13 Personen) der betroffenen Eigentümer oder Vertreter einer Liegenschaft im betroffenen Gebiet haben sich aktiv an der Veranstaltung beteiligt. Wenige Tage nach der Informationsveranstaltung wurde mit weiterem Informationsmaterial nochmals in schriftlicher Form über die wichtigsten Punkte zum geplanten Projekt informiert. Ausserdem wurde eine Absichtserklärung versendet, welche auch die Möglichkeit bietet sich in finanzieller Form an den Investitionen zu beteiligen.

Die Herausforderung stellt aktuell der Entscheidungsprozess innerhalb der verschiedenen Eigentümerschaften dar. Involviert sind Stockwerkeigentümer, Eigentümerversammlungen und Eigentümer von einzelnen Einfamilienhäusern. Voraussetzung zur Realisation des Projekts ist das Interesse der grossen Schlüsselkunden an einer gemeinsamen Lösung. Ausserdem muss eine geeignete Trägerschaft für die Finanzierung des Verbundes gefunden werden. Ergänzend zu den zielgerichteten Informationen an die Direktbetroffenen wurde die breite Öffentlichkeit in Zeitungsartikeln in einer Lokalzeitung über das geplante Vorhaben informiert.

3.4.2 Empfehlungen

Folgende Erkenntnisse und Empfehlungen sind für das Vorantreiben von neuen Verbundlösungen massgebend:

Information betroffene Eigentümer

Die Erfahrungen in Turbenthal haben gezeigt, dass eine frühe Kontaktaufnahme mit den Eigentümern sehr sinnvoll ist. Einzelne Objekte wurden im Rahmen der Machbarkeitsprüfung vor Ort besichtigt. Bereits zu diesem Zeitpunkt wurden die Eigentümer über die Möglichkeiten für einen Anschluss an den Verbund informiert. Generell hat sich gezeigt, dass die Eigentümer den frühen Einbezug schätzen. Die Informationen müssen auch für Nichtfachleute einfach und verständlich dargestellt werden.

Hinsichtlich des wirtschaftlichen Vergleichs einer Verbundlösung mit einer Einzellösung ist es wichtig für die Eigentümer eine Vollkostenrechnung zu erstellen und allfällige dezentrale Kosten (Unterstation, etc.) einzurechnen.

Entscheidend kann ausserdem bereits eine erste Aussage zum möglichen Realisationszeitpunkt sein. Teilweise treffen diesbezüglich unterschiedliche Interessen aufeinander, vor allem wenn bei einzelnen Objekten dringender Handlungsbedarf besteht. Fallweise ist eine etappenweise Realisation eines Verbundes nötig.

Es ist sinnvoll, identifizierte Gebiete welche sich für eine Verbundlösung eignen, z.B. in einer GIS-Lösung darzustellen. Einerseits als Grundlage für die Vorausplanung der örtlichen Baubehörde, auf der anderen Seite kann sich so jeder Liegenschafteneigentümer über einen öffentlichen GIS-Zugang einen Überblick verschaffen.

Schaffen von Ansprech-/ Anlaufstellen

Die erfolgreiche Realisation eines neuen Wärmeverbunds ist massgeblich von der Initiative einzelner Parteien abhängig. Von der Machbarkeitsprüfung bis zum effektiven Projekt

ist eine enge Begleitung mit klaren Verantwortlichkeiten nötig. Häufig kann ein Verbundprojekt in zwei Phasen aufgeteilt werden. In der ersten Phase wird die Machbarkeit erarbeitet und die Resultate der Öffentlichkeit oder den Betroffenen kommuniziert. Dies kann zum Beispiel über eine Anlaufstelle bei der zuständigen Behörde (z.B. Gemeindeführer/Gemeinderat) oder die Definition eines sogenannten „Kümmerers“ geschaffen werden. In der zweiten Phase steht die Projektrealisation im Vordergrund, idealerweise liegt die Verantwortlichkeit bei einer Person oder Institution aus dem betroffenen Verbundgebiet oder ein mandatiertes Projektleiter. Wichtig ist, dass die Schnittstellen zwischen diesen beiden Phasen klar definiert sind.

Der Aufwand erhöht sich entsprechend, wenn viele unterschiedliche Eigentümer involviert sind und bestehende Gebäude oder Anlagen mit unterschiedlichen Sanierungszeitpunkten betroffen sind. Eine ausreichende Vorlaufzeit ist deshalb in der Zeitplanung zu berücksichtigen.

Erfahrungsaustausch zu bisherigen Projekten

Ein wichtiger Anstoss kann der Erfahrungsaustausch mit bereits realisierten Projekten liefern. Die Informationsveranstaltung in Turbenthal hat gezeigt, dass durch Erfahrungsberichte realisierter Grundwasserwärmeverbünde in Turbenthal Vertrauen und Glaubwürdigkeit geschaffen werden kann. Zudem kann bestehendes Wissen genutzt werden und gegebenenfalls aus vergangenen Fehlern gelernt werden.

Bei Grundwasseranlagen können geologische Erkenntnisse aus bereits realisierten Anlagen in der unmittelbaren Umgebung wichtige Hinweise liefern. Der Einbezug eines ortskundigen Geologen ist ratsam.

3.5 Ausblick Entwicklungen Verbundlösungen

Die vermehrte Energienutzung aus Untergrund und Grundwasser erfordert eine verstärkte Koordination in der Vorausplanung und Bewilligungspraxis. Im Kapitel 5 werden die Auswirkungen der gegenseitigen Beeinflussung von Grundwasseranlagen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Bewilligungsbehörden vor allem in intensiv genutzten Gebieten zukünftig vermehrt mit dieser Fragestellung auseinandersetzen müssen.

3.5.1 Bewilligungspraxis Grundwasserwärmenutzungen

Eine kürzlich veröffentlichte Studie [6] zeigt eine Übersicht über die Bewilligungsverfahren für Grundwasserwärmenutzungen in den Kantonen. In der Mehrheit der Kantone ist eine Konzession für die Grundwasserentnahme notwendig, in vereinzelt Kantonen wird eine gewässerschutzrechtliche Bewilligung erteilt. Etwa in der Hälfte aller Kantone müssen die Gesuche für Grundwasserwärmenutzungen direkt bei der kantonalen Behörde eingereicht werden, in den restlichen Kantonen bei der zuständigen Gemeinde. Hinsichtlich einer Vorausplanung ist es sinnvoll die örtliche Baubehörde direkt in die Koordination einzubinden. Für die Gemeinde bietet sich damit die Möglichkeit, die geplanten Nutzungen mit der kommunalen Energieplanung abzustimmen. Einzelne Standorte können im Gesamtkontext mit bestehenden und zukünftig geplanten Anlagen beurteilt werden. Damit kann verhindert werden, dass sich ungünstig platzierte Anlagen auf eine spätere gesamtheitliche Nutzung negativ auswirken.

Grobe Vorausplanungen gemäss Arbeitspaket 1b sind hierfür hilfreich.

3.5.2 Zukünftige Entwicklungen bei Verbundlösungen

Folgende Entwicklungen sind bezüglich Verbundlösungen geplant:

Thermische Vernetzung: Programm des Bundesamts für Energie

Im Auftrag von EnergieSchweiz ist im Zusammenhang mit dem Projekt "Thermische Vernetzung" [7] die Publikation folgender Grundlagenwerke vorgesehen:

- Planungshandbuch Fernwärme [8]: Das Planungshandbuch richtet sich hauptsächlich an planende und ausführende Unternehmen von Fernwärmenetzen und soll aus Basis für die Aus- und Weiterbildung dienen. Das Dokument enthält umfassende Informationen zu den Grundlagen, der Planung und Berechnung sowie zur Optimierung von Fernwärmenetzen. Eine Publikation ist im Sommer 2017 geplant. Zurzeit werden erste Schulungen durchgeführt.
- Leitfaden Fernwärme [9]: Der Leitfaden wird vom Verband Fernwärme Schweiz erarbeitet und deckt alle relevanten Handlungsfelder von der Projektidee bis zur Betriebsphase ab. Das Dokument richtet sich an Fernwärmebetreiber und –planer, Entscheidungsträger und Investoren. Eine Publikation ist ebenfalls im Sommer 2017 geplant. Aktuell befindet sich das Dokument in der Vernehmlassung.

Tool zur Analyse von Fernwärmenetzen

Die Fachhochschule Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI) im Kanton Tessin beschäftigt sich mit der Systemwahl bei thermischen Netzen und hat dazu ein neues Tool [10] entwickelt. Dieses Tool ist in der Lage, eine wirtschaftliche und ökologische Auswertung durchzuführen, je nach erforderlichem Temperaturniveau im Netz. So konnte zum Beispiel in einem Projekt gezeigt werden, dass die tiefsten Energiegestehungskosten nicht bei Hoch- oder Niedertemperatur resultieren, sondern bei einer mittleren Netztemperatur, typischerweise zwischen 35°C und 50°C. Das Tool wurde vom Kanton Tessin finanziert und könnte in Zukunft der Öffentlichkeit zur Verfügung stehen.

Stadt Zürich Energieverbunde

Die Stadt Zürich ist ebenfalls bestrebt, das Potenzial für Verbundlösungen zuverlässig und flächendeckend zu bestimmen. Dazu wurde im Jahr 2016/2017 eine Pilotanalyse durchgeführt, in welcher für drei stadtzürcher Gebiete die Verbundeignung in einer Grobanalyse geprüft wurde. Dabei wurde ein technisches Grobkonzept mit den massgebenden Kriterien erarbeitet.

4. Arbeitspaket 2 (Verdichtung Grundwassernutzung)

In der Gemeinde Turbenthal sind bereits sieben Grundwasserwärmeverbünde in Betrieb. Zwei weitere sind in der Planung bereits weit fortgeschritten und sollten noch im Jahr 2017 in Betrieb genommen werden. Da jede Grundwasserwärmenutzung stets einen Eingriff in einen Grundwasserleiter bedingt, sollte eine Gemeinde bestrebt sein, jeweils in erster Priorität zu prüfen, ob bereits bestehende Wärmeverbünde verdichtet werden können, bevor weitere Bohrungen in den lokalen Grundwasserleiter vorgenommen werden.

In diesem Kapitel wird ein Überblick über die Situation bei den eingangs erwähnten neun Wärmeverbänden verschafft. Dabei liegt der Fokus auf deren Leistungsreserven, der Bereitschaft der Betreiber für eine weitere Verdichtung und den Schwierigkeiten, die dazu überwunden werden müssen. Basierend darauf werden abschliessend Empfehlungen formuliert, welche Rolle die Gemeinde dabei spielen könnte.

4.1 Überblick Leistungsreserven

Bezeichnung	Standort	Betreiber	Inbetriebnahme	Kälteleistung [kW]	Leistungsreserven [kW]	Wunsch nach Verdichtung	Ansprechperson
Mettlen	Mettlenstrasse	Albert Wärmetechnik AG	2009	173	0	-	Walter Albert (Besitzer und Betreiber)
Zentrum	Tösstalstrasse	Genossenschaft für erneuerbare Energien Turbenthal	2011	352	120	Ja	Bruno Ruppli (Präsident der Genossenschaft)
Müli	Mühleweg, Tösstalstrasse	Genossenschaft für erneuerbare Energien Turbenthal	2012	200	100	Ja	Bruno Ruppli (Präsident der Genossenschaft)
Neubrunn	Neubrunn	Genossenschaft Grundwasserwärmeverbund Turbenthal	2012	168	0	-	Karl Barmettler (Kassier der Genossenschaft)
Bollerguet	Fridtalweg (3-11)	Baukonsortium Fridtal	2015	116	0	-	Fabio Kressbach (Eisenbart + Partner AG)
Setzipark	Setziweg	Energie 360° (Contracting)	2015	171	0	-	Roland Troxler (Energie 360°), Tiziano Canonica (L+B AG)
Fridtalweg im Park	Fridtalweg (2-14)	Genossenschaft Grundwasserverband im Park	2015 & 2016	290	0	-	Werner Gruber (Werner Gruber Verwaltungen)
Risi	Schulstrasse, Risistrasse	Primarschule Turbenthal	2017 (geplant)	300	225	Ja	Thomas Scheiwiler (Planforum, Winterthur)
Wohnen am Wasser	Am Setzibach	Stadtwerk Winterthur (Contracting)	2017 (geplant)	185	0	-	Marcel Neusch (Stadtwerk Winterthur)

Tabelle 10: Überblick über die Grundwasserwärmeverbünde, welche in der Gemeinde Turbenthal bereits in Betrieb sind oder deren Inbetriebnahme unmittelbar bevorsteht

In Grundwasserwärmeverbünde, welche in Turbenthal bereits in Betrieb sind, weisen eine totale Kälteleistung von 1'470 kW auf. Nach Inbetriebnahme der beide Verbünde "Risi" und "Wohnen am Wasser" erhöht sich dieser Wert auf 1'955 kW.

Bei sechs dieser neun Verbünde bestehen keine Leistungsreserven. Für die drei Verbünde Zentrum, Müli und Risi wurden von den (zukünftigen) Verantwortlichen 445 kW Leistungsreserven (Kälte) deklariert.

4.2 Verdichtungsabsichten und Hindernisse der Betreiber

Die Verdichtungsabsichten der Betreiber dieser drei Verbünde werden nachfolgend separat ausgeführt.

4.2.1 WV Zentrum (Reserven: 120 kW)

Die Leistungsreserven des Wärmeverbundes Zentrum sind teilweise bereits reserviert für das Gemeindehaus und die Zürcher Kantonalbank, welche bis 2018 an diesen anschliessen werden. Dies berücksichtigt, betragen die Leistungsreserven noch 60-70 kW.

Die ursprünglich angedachte Erschliessung der Heilpädagogischen Schule und der Bibliothek über den WV Zentrum, wird über den Wärmeverbund Risi erfolgen.

Derzeit werden Gespräche mit den Stockwerkeigentümern der Liegenschaft an der Bahnhofstrasse 6 geführt. Falls alle Stockwerkeigentümer an den Verbund Zentrum anschliessen würden, betrügen dessen Leistungsreserven noch rund 40 kW. Für diese Reserve ist Stand heute keine weitere Nutzung vorgesehen, da die Genossenschaft keine weitere Verdichtung des bestehenden Netzes mehr wünscht (Betriebsrisiko) und aus ihrer Sicht für eine solche auch die Wirtschaftlichkeit nicht gegeben wäre.

4.2.2 WV Müli (Reserven: 100 kW)

Die vorhandenen Leistungsreserven waren ursprünglich für die Erschliessung der neuen Liegenschaften am Setzibach ("Wohnen am Wasser") vorgesehen. Der Bauherr hat sich jedoch für eine eigene Wärmeversorgung entschieden. Bei der nahegelegenen Kirche wurde kürzlich die Heizung ersetzt, weshalb diese auf absehbare Zeit nicht in Frage kommen wird. Zusätzliche Wärmeabnehmer sind erwünscht.

Interessant wäre der Anschluss der Liegenschaften, welche bei einer allfälligen Einzoning der westlich an den Mühleweg angrenzenden Reservezone gebaut werden könnten

(Parzellen 2753, 2754 und 3133). Zudem wäre auch die Erschliessung des nördlich an den Mühleweg angrenzenden, unbebauten Gebiets interessant, sobald diese bebaut werden (Parzellen 2757 und 2758). Ansonsten sind derzeit keine potenziellen Wärmeabnehmer absehbar.

4.2.3 WV Risi (Reserven: 225 kW)

Der Wärmeverbund Risi soll per Heizperiode 2017/18 in Betrieb gehen. Von den deklarierten Leistungsreserven sind rund 80 kW für den Anschluss der Heilpädagogischen Schule und der Bibliothek vorgesehen, welcher bis 2020 erfolgen dürfte (die entsprechenden Leitungen werden bereits vorgängig verlegt).

Die katholische Kirche hatte zu einem früheren Zeitpunkt Interesse am Anschluss an den Verbund Risi angemeldet, sich anschliessend jedoch nicht mehr vernehmen lassen bezüglich dieser Frage. Weitere Interessensbekundungen liegen von Seiten einiger Besitzer von nahegelegenen Einfamilienhäusern vor. Der Anschluss dieser EFH ist zwischen den Jahren 2020-2022 vorgesehen, aber noch nicht definitiv. Des Weiteren wurde auch Interesse angemeldet im Zusammenhang mit einem neuen, nahe gelegenen Mehrfamilienhaus von Boller/Winkler. Der mögliche Zeitplan für den allfälligen Anschluss dieses MFH ist jedoch unbekannt.

4.3 Empfehlungen für die Gemeinde

Aus den Erkenntnissen der Abklärungen rund um die bestehenden und geplanten Grundwasserwärmeverbünde, lassen sich verschiedene Handlungsempfehlungen für die Gemeinde ableiten, welche die optimale Nutzung der vorhandenen Kapazitäten unterstützen können. Die Empfehlungen beschränken sich auf Aktivitäten zu den drei Grundwasserwärmeverbänden, die Leistungsreserven ausweisen.

4.3.1 WV Zentrum

Kontaktaufnahme mit den Stockwerkeigentümern der Liegenschaft an der Bahnhofstrasse 6, insbesondere mit der Post, und einen Anschluss an den WV Zentrum bewerben (z.B. über Art. 12 des Energiefondsreglements).

4.3.2 WV Müli

Sobald sich Bauprojekte in den Parzellen 2753, 2754, 2757, 2758 und 3133 abzeichnen, könnte sich die Gemeinde frühzeitig und proaktiv mit den Bauherren in Verbindung setzen und auf die vorhandenen Wärmeversorgungsoptionen hinweisen. Falls nötig könnte die Gemeinde eine Anschlussverpflichtung aussprechen (gestützt auf § 295 Abs. 1+2 PBG).

4.3.3 WV Risi

Die Gemeinde könnte sich frühzeitig und proaktiv an die erwähnten Akteure (Katholische Kirche, EFH-Besitzer, Boller/Winkler) wenden und den Anschluss an den WV Risi bewerben. Bei bestehenden Objekten könnte dabei auf Art. 12 des Energiefondsreglements verwiesen werden.

5. Arbeitspaket 3 (Gegenseitige Beeinflussung)

5.1 Problemstellung und Auftrag

Sauberes Grundwasser stellt die bedeutendste Ressource für eine einwandfreie und sichere Trinkwasserversorgung dar. Daneben erfüllt es als Teil des Wasserkreislaufs wichtige ökologische Funktionen (z.B. Erhalt von Feuchtgebieten und der Wasserführung in Bächen auch bei Trockenheit). Aufgrund seiner ausgeglichenen Temperatur eignet sich das Grundwasser aber auch ausgezeichnet für eine Nutzung zur Kälte- und Wärmeergewinnung und stellt eine CO₂-freie, umweltschonende und nachhaltige Energiequelle dar. Entsprechend ist die Anzahl Anlagen zur Nutzung des Grundwassers zu Heiz- und/oder Kühlzwecken in den vergangenen Jahren markant gestiegen. Gleichzeitig hat aber auch die Gefahr einer thermischen Übernutzung des Grundwassers und von unerwünschten Wechselwirkungen zwischen einzelnen Anlagen zugenommen.

Im Rahmen des Arbeitspakets 3 sollen die Erkenntnisse hinsichtlich der gegenseitigen Beeinflussung bei vermehrter Grundwassernutzung zusammengetragen und ausgewertet werden. Ausserdem soll eine Aussage dazu gemacht werden, wie negative Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Fassungen frühzeitig erkannt, resp. vermieden werden können und welche notwendigen Grundlagen der zuständigen Bewilligungsbehörde zur Verfügung stehen müssen.

Die Inhalte des Kapitels 5 wurden zum grossen Teil durch die geologische Beratungsfirma Dr. Heinrich Jäckli AG in Zürich ausgearbeitet.

5.2 Grundlagen

Die vorliegende Studie basiert einerseits auf einer Recherche und Auswertung der vorhandenen Literatur zum Thema "Thermische Grundwassernutzung", andererseits auf den Ergebnissen einer Umfrage zum Thema "Gegenseitige Beeinflussung von thermischen Grundwassernutzungen" bei ausgewählten kantonalen Behörden. Eine Zusammenstellung der konsultierten Literatur (Auswahl) ist im Literaturverzeichnis Kapitel 6 zu finden. Die Beantwortung des Fragenkatalogs durch die kantonalen Ämter ist in den vorliegenden Bericht integriert (Kapitel 5.8).

5.3 Rechtliche Aspekte

5.3.1 Gewässerschutzrechtliche Vorgaben

Die gesetzlichen Randbedingungen für die thermische Nutzung von Grundwasser sind in der Eidg. Gewässerschutzverordnung GSchV vom 28.10.1998 (Anhang 2, Ziffer 21) geregelt. Demnach darf die Temperatur des Grundwassers durch Wärmeeintrag oder -entzug gegenüber dem natürlichen Zustand um höchstens 3 °C verändert werden; vorbehalten sind örtlich eng begrenzte Temperaturveränderungen. Die Einhaltung dieser Bedingung muss in 100 m Entfernung von der Rückgabestelle erfüllt sein [11].

Die Kantone sind gesetzlich verpflichtet zu überwachen, dass die Grundwasservorkommen haushälterisch genutzt werden, die Temperaturverhältnisse naturnah sind und thermische Nutzungen keine nachteiligen Einwirkungen auf die Grundwasserqualität haben (vgl. Art. 46 Abs. 3 Gewässerschutzverordnung (GSchV, SR 814.201) sowie Anhang 2, Abs. 2, Lit. a - c und Abs. 3 GSchV).

5.3.2 Anforderungen an Trinkwasser

Eine im Jahresverlauf konstant kühle Wassertemperatur zählt zu den Qualitätsmerkmalen eines einwandfreien Trinkwassers. Tiefe Temperaturen unter 5 °C werden beim Trinken hingegen als unangenehm empfunden. An der Zapfstelle des Bezügers gilt für kaltes

Trinkwasser, nach Vorlauf bis zur Temperaturkonstanz, gemäss Schweizerischem Lebensmittelbuch (SLMB) eine Höchsttemperatur von 25°C. Als Erfahrungswert für Trinkwasser gibt das SLMB eine Temperatur von 8-15°C vor.

Im schweizerischen Mittelland liegen die Grundwassertemperaturen abseits von Bebauungsgebieten und ohne Beeinflussung durch infiltrierende Oberflächengewässer bei ca. 10-12 °C. Unter städtischen Siedlungsgebieten ist infolge der Wärmeabgabe durch beheizte Kellergeschosse, Kanalisationsleitungen sowie durch den erhöhte Wärmeeintrag der Sonneneinstrahlung im Bereich von asphaltierten Flächen häufig ein anthropogen bedingter Anstieg der Grundwassertemperatur um ca. 3-4°C zu beobachten.

5.3.3 Nachbarrecht

Nach dem Schweizerischen Zivilgesetzbuch (ZGB) sind Immissionen von einem Grundstück auf ein anderes zulässig, soweit sie nicht zu einer übermässigen Einwirkung auf Eigentum des Nachbarn führen (ZGB 684 I). Zur Frage, ob und inwieweit die bestehende thermische Grundwassernutzung eines Unterliegers durch den Bau und Betrieb einer neuen Anlage beeinträchtigt werden darf, liegt bisher noch kein Gerichtsentscheid vor.

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass der Betreiber eine thermische Beeinträchtigung seiner Anlage im Bereich von ca. 1-2°C in Kauf nehmen muss, sofern dadurch nicht nachweislich signifikante Auswirkungen auf den Betrieb resultieren.

Anders ist der Fall hingegen dann zu beurteilen, falls wegen der vom Oberlieger ausgehenden thermischen Beeinträchtigung die gewässerschutzrechtlichen Vorgaben nicht mehr erfüllt werden können, d.h. falls die Temperaturänderung in 100 m Distanz von der Einleitstelle des Unterliegers neu nicht mehr <3°C beträgt. In diesem Fall wäre wohl der Betreiber der neuen Anlage als Zustandstörer für die nicht mehr gesetzeskonformen Verhältnisse verantwortlich und müsste den Betrieb seiner Anlage entsprechend anpassen oder gegebenenfalls gänzlich einstellen.

5.4 **Thermische Auswirkungen von Wärmepumpenanlagen**

5.4.1 Wärme- und Energiebilanz des Grundwassers

Der Wärmehaushalt oberflächennaher Grundwasservorkommen wird im Wesentlichen durch folgende Prozesse bestimmt (Abbildung 16):

- Konvektiver Wärmeeintrag über die Grundwasserneubildung: Niederschlagsversickerung, unterirdischer Randzufluss, Infiltration von Oberflächengewässern
- Konduktiver Wärmeaustausch über die ungesättigten Bodenschichten mit der Atmosphäre
- Anthropogener Wärmeeintrag über beheizte Keller, Kanalisationsleitungen, etc.
- Wärmefluss aus dem Untergrund (Geothermischer Wärmestrom)

Die Abbildung 16 zeigt die Wärmeströme, welche die Wärmebilanz oberflächennaher Grundwasservorkommen massgeblich bestimmen. Der geothermische Wärmefluss aus der Tiefe ist bei oberflächennahen Grundwasservorkommen im Vergleich zu den anderen genannten Faktoren nur gering und kann praktisch vernachlässigt werden.

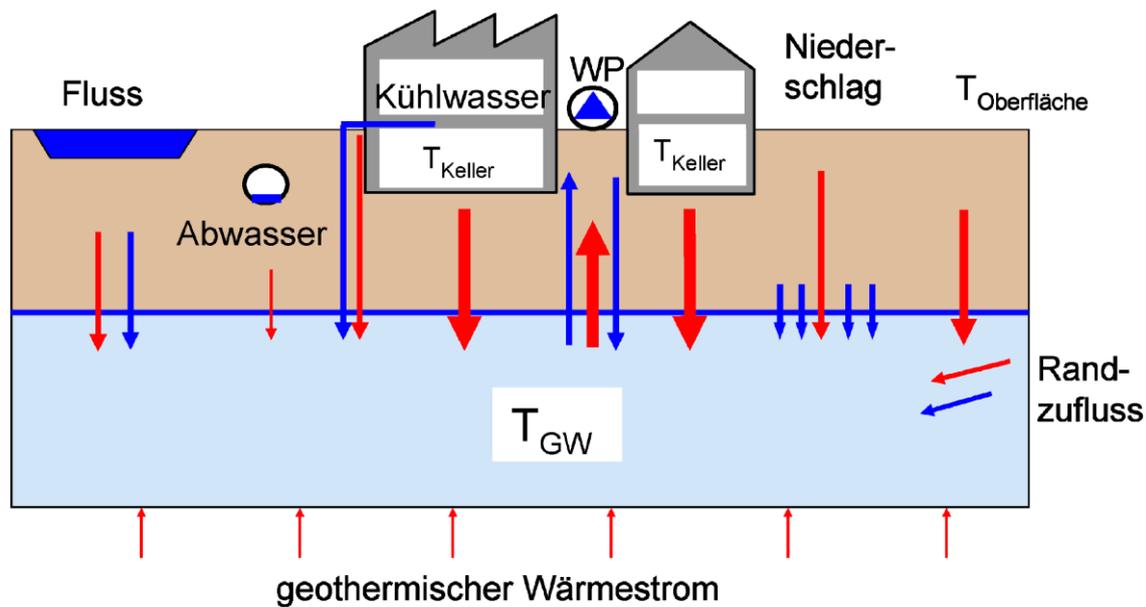


Abbildung 16: Wärmeströme in oberflächennahen Grundwasservorkommen

5.5 Hydraulischer resp. thermischer Kurzschluss

Im Betrieb von thermischen Grundwassernutzungsanlagen muss ein stärkerer thermischer Kurzschluss vermieden werden, da dieser zu einer unerwünschten Änderung der Ausgangstemperatur im Entnahmebrunnen und zu nachteiligen Auswirkungen auf die Leistungsziffer der Anlage führt.

Das Auftreten eines thermischen Kurzschlusses setzt zunächst einen hydraulischen Kurzschluss voraus, d.h. ein Teil des rückversickerten Grundwassers strömt zum Entnahmebrunnen zurück. Der hydraulische Kurzschluss wird im Wesentlichen durch folgende Faktoren bestimmt:

- Distanz und Anordnung von Entnahme- und Rückgabeeinrichtung im Strömungsfeld,
- Entnahme- und Rückgaberate und
- hydraulische Kennziffern und Randbedingungen (Mächtigkeit und Durchlässigkeit)

des Grundwasserleiters, hydraulischer Gradient, Porosität sowie thermophysikalische Kennwerte. Der kritische Abstand zwischen Entnahme- und Rückgabebrunnen lässt sich rechnerisch ermitteln [12], [13]. Falls ein hydraulischer Kurzschluss aufgrund einer vorübergehenden Kälteperiode mit Betrieb der Anlage unter Vollast nur vorübergehend eintritt, so muss dieser nicht zwingend auch zu einem thermischen Kurzschluss führen. Dies deshalb, da die Wärmeausbreitung aufgrund der thermischen Wechselwirkung mit dem Korngerüst verzögert erfolgt.

5.6 Kälte- / Wärmefahne mit Beeinflussung von Nachbaranlagen

Durch den Betrieb einer Grundwassernutzung zur Kälte- oder Wärmegewinnung kommt es im Abstrombereich der Grundwasserrückgabe zur Ausbildung einer thermischen Anomalie im Grundwasser. Diese Anomalie ist im Nahbereich der Rückgabestelle entsprechend dem saisonalen Betrieb der Anlage zeitlich variabel und weist jahreszeitlich stark schwankende Grundwassertemperaturen auf. Mit zunehmender Entfernung von der Grundwasserrückgabe werden die saisonalen Schwankungen gedämpft und sind schliesslich kaum mehr nachweisbar. Die Reichweite der resultierenden Kälte- resp. Wärmefahne ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Es sind dies:

- Rückgabemenge und -temperatur,
- natürliche Fließgeschwindigkeit des Grundwassers,
- Mächtigkeit des Grundwasserleiters,
- Flurabstand des Grundwassers und
- thermophysikalische Kennwerte (Gesteinskörper und Wasser)

Mit Hilfe einfacher analytischer Berechnungen kann die Reichweite der thermischen Anomalie abgeschätzt werden. Bei komplexen Verhältnissen und insbesondere bei mehreren, sich gegenseitig beeinflussenden Anlagen ist eine belastbare Prognose nur gestützt auf numerische Modellrechnungen möglich (vgl. nachfolgendes Kapitel 5.7).

5.7 Berechnungstools

5.7.1 Vorbemerkung

Die Prognosegenauigkeit von rechnerischen Abschätzungen und von numerischen Modellrechnungen wird durch die Qualität der vorhandenen hydrogeologischen Kenndaten sowie der Daten zum Betrieb der Wärmenutzungsanlagen bestimmt. Da aufgrund fehlender oder ungenauer Grundlagen oft Annahmen oder Vereinfachungen getroffen werden müssen, sind die so erstellten Prognosen zwangsläufig mit Unsicherheiten behaftet.

Gleichwohl sind diese Verfahren geeignet, um beispielsweise erste Abschätzungen zur Reichweite von thermischen Anomalien oder bei komplexen Fällen zu möglichen gegenseitigen Beeinflussungen von thermischen Anlagen machen zu können.

5.7.2 Analytische Berechnungsverfahren

Zur Abschätzung der mit einer thermischen Nutzung verbundenen Auswirkungen auf das Grundwasser stehen verschiedene analytische Berechnungstools zur Verfügung. In der Praxis werden für erste Abschätzungen resp. für Temperaturfeldberechnungen häufig folgende Berechnungstools eingesetzt:

- "Grundwasserwärmepumpen" [14] Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH, Hrsg. Umweltministerium Baden-Württemberg
- "Groundwater Energy Designer GED" [15], Colenco Power Engineering AG, Hrsg. Bundesamt für Energie BFE

Mit Hilfe obiger Programme kann die zu erwartenden Temperaturänderung im Grundwasser bei einer Rückgabe des thermisch veränderten Wassers abgeschätzt werden. Es sind erste Aussagen zur Reichweite einer thermischen Beeinflussung sowie teils auch zur Gefahr eines thermischen Kurzschlusses möglich. Die Berechnungen lassen eine näherungsweise Beurteilung hinsichtlich Einhaltung der gewässerschutzrechtlichen Anforderungen (3°C-Kriterium) zu. Hingegen sind die analytischen Tools nicht oder nur sehr eingeschränkt geeignet, um Fragen zur gegenseitigen Beeinflussung von thermischen Grundwassernutzungen zu beantworten.

5.7.3 Numerische Grundwassermodelle

Mit Hilfe einer gekoppelten Modellierung von Strömung- und Wärmetransport kann die Wärmeausbreitung im Grundwasser recht zuverlässig beschrieben werden. Hierfür stehen verschiedene Software-Programme zur Verfügung. Am weitesten verbreitet ist heute der Programm-Code FEFLOW® der WASY GmbH.

Eine Wärmetransport-Modellierung setzt ein hinreichend genau kalibriertes Strömungsmodell voraus. Es sind sowohl 2D- als auch 3D-Simulationen möglich. Dank Zusatzfunktionen ("open loop") sind die Modelle in der Lage, die gegenseitige Beeinflussung von thermischen Anlagen und die damit verbundenen Temperaturänderungen zu simulieren.

Dabei können u.a. die Lastprofile der thermischen Anlagen (in der Regel als Monatswerte) hinterlegt und die instationäre zeitliche Entwicklung der Temperaturanomalie im Grundwasser prognostiziert werden.

Die Berechnung auf der Grundlage von numerischen Modellen bietet sich insbesondere dort an, wo bereits ein kalibriertes Strömungsmodell vorhanden ist. Andernfalls ist der Aufwand für die Erstellung eines Modells für eine Einzelfallbetrachtung meist zu gross und die Zuverlässigkeit der Modellresultate je nach verfügbaren Grundlagedaten und Modellkalibrierung zudem eingeschränkt.

Einzelne Kantone verfügen zur Beurteilung der Auswirkungen von bestehenden und künftigen Wärme-/Kältenutzungsanlagen über "amtliche Grundwassermodelle". Mit Hilfe dieser Modelle ist es der Bewilligungsbehörde möglich, die thermisch intensiv genutzten Grundwasservorkommen optimal zu bewirtschaften und Übernutzungen bei zu hoher Anlagendichte frühzeitig zu erkennen bzw. zu vermeiden.

Für folgende Grundwasservorkommen stehen thermische Modelle zur Verfügung (Aufzählung nicht abschliessend):

- Kanton Zürich, AWEL "Modell Limmattal"
- Kanton Zug, AfU "Modell Baarer-Becken"
- Kanton Thurgau, AfU "Modell Thurtal"

Nachfolgend ein Beispiel mit dem "Modell Baarer Becken":

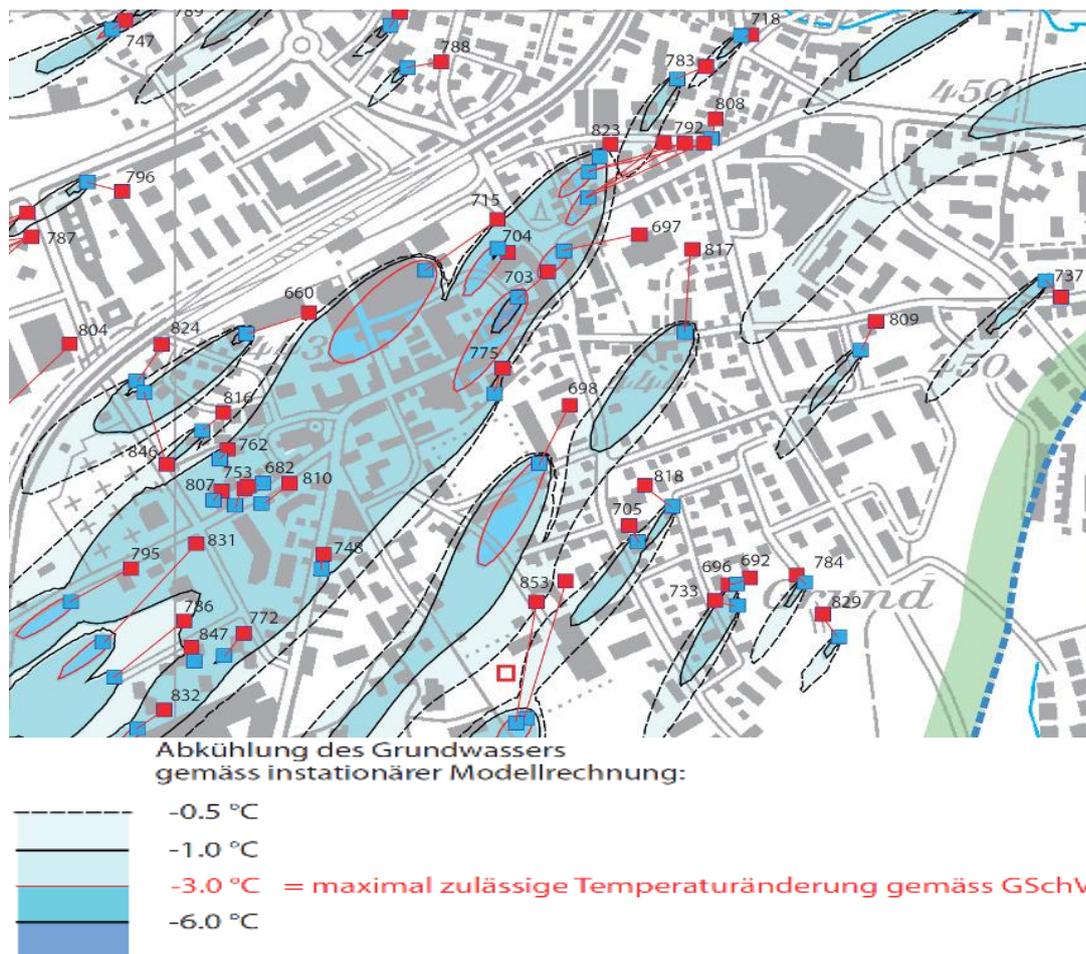


Abbildung 17: Rechnerisch ermittelte Kältefahnen im Gebiet Baar/ZG [16]

Zudem sind im Raum der Stadt Basel im Rahmen eines Projekts der Universität Basel umfangreiche Temperaturmessungen und Wärmetransportmodellierungen vorgenommen worden. Dabei sind Nutzungskonzepte und Werkzeuge zur thermischen Bewirtschaftung des Untergrundes im Hinblick auf die sich teilweise konkurrenzierenden Nutzungen entwickelt worden [17].

5.8 Umfrage bei kantonalen Amtsstellen

Um Anhaltspunkte zu erhalten, ob und inwieweit die Thematik "Gegenseitige Beeinflussung von thermischen Grundwassernutzungen" bei den kantonalen Bewilligungsbehörden aktuell von Bedeutung ist, wurde eine Umfrage bei ausgewählten Fachstellen (Kantone AG, BS, SG, VS, ZH) durchgeführt.

Die Fragen bzw. Antworten waren wie folgt:

- Ist das Thema gegenseitige Beeinflussung von thermischen Grundwassernutzungen in der Vollzugspraxis aktuell ein Thema? Erwarten Sie, dass dieses in naher Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen wird?
Diese Fragen wurden von den angefragten Ämtern durchwegs bejaht.
- Sind Ihnen Fälle bekannt, bei denen bereits messbare Auswirkungen durch gegenseitige Beeinflussungen und/oder thermischen Kurzschluss aufgetreten sind?
Bisher sind lediglich vereinzelt Hinweise auf gegenseitige Beeinflussungen festgestellt worden. Diesbezügliche Probleme im Betrieb der Anlagen sind keine bekannt.
- Wie nehmen Sie die Beurteilung betreffend gegenseitige Beeinflussung von thermischen Grundwassernutzungen vor (z.B. Übernahme der Aussagen in Gutachten, eigene Modellrechnungen etc.)?
Die angefragten kantonalen Ämter stützen sich bei der Vergabe der Konzessionen auf die von der Bauherrschaft eingereichten Unterlagen resp. die Gutachten privater Geologiebüros. Hierbei werden von den geologischen Beratern häufig auch einfache Berechnungsverfahren und/oder Modelle eingesetzt. Eine generelle Pflicht für entsprechende Abschätzungen oder Modellrechnungen besteht nicht. Die kantonalen Ämter beobachten die aktuelle Entwicklung sehr sorgfältig und prüfen teils den Einsatz von eigenen Grundwassermodellen analog den bestehenden Modellen (vgl. Kap. 5.3).
- Wer übernimmt die rechtliche Verantwortung (Haftung) bei einer Fehleinschätzung betreffend thermischer Auswirkungen auf bestehende Nutzungen?
Das diesbezügliche Risiko liegt gemäss einhelliger Einschätzung der angefragten Ämter beim Betreiber der Anlage resp. bei dessen Gutachter. Aus der Konzessionsvergabe durch die Kantone kann keine diesbezügliche Haftung abgeleitet werden.
- Welche durch den Betrieb neuer Anlagen verursachten Temperaturänderungen sind bei bestehenden Anlagen (Rechte Dritter) aus Sicht der Bewilligungsbehörde noch zulässig?
Der Kanton Aargau beurteilt eine Änderung um 1 K als zulässig. Die übrigen Kantone haben diesbezüglich keine konkreten Vorgaben bzw. die Frage habe sich aus bewilligungs- und gewässerschutzrechtlicher bisher gar nicht gestellt.
- Weitere Bemerkungen?
Kanton SG: "Im Gebiet Bad Ragaz im St.Galler Rheintal wird das Grundwasser durch zahlreiche Anlagen intensiv genutzt. Eine Modellstudie bzw. thermische Grundwassermodellierung könnte hier interessant sein".
Kanton AG: "Die Grundlagedaten der Modellrechnungen sind heterogen (benötigte Leistung, Jahresverlauf der Nutzung und der Temperaturen, etc.)".

Kanton TG: "Da wir nur grössere Anlagen bewilligen und im Thurtal keinen Wärmeintrag wollen, hält sich das Gesuchsaufkommen im Rahmen".

Kanton VS: "Die aktuelle Bewilligungspraxis im Wallis stösst an seine Grenzen. In den beiden Gemeinden Naters und Brig wurden aber schon verschiedene Anergienetze basierend auf eine Reihe von grösseren Brunnen (in etwa 3'000 l/min) realisiert. Dies scheint langfristige die beste Lösung zu sein, damit die Ressource Grundwasser nachhaltig genutzt werden kann und die gegenseitige Beeinflussung minimiert werden können. In Zusammenarbeit mit dem Fachbüro, welches die Anergienetze im Raum Brig dimensioniert hat, möchte die DUS 2017 a) unsere Kollegen der Dienststelle für Energie auf diese Problematik aktivieren und b) eine Beispielstrategie zuhanden der Gemeinden in der Rhoneebene ausarbeiten".

Kanton BS: "Eine Herausforderung in der Vorausplanung kann der Wegfall von Anlagen darstellen, welche bisher einen starken Einfluss auf die Grundwassernutzung im Gebiet dargestellt haben. In der Folge können sich auch die Bedingungen hinsichtlich einer gegenseitigen Beeinflussung ändern. Wärmenutzungen haben tendenziell eine längerfristige Nutzungsdauer. Kältenutzungen bei Industriebetrieben können jedoch beispielsweise aufgrund einer Betriebsaufgabe unvermittelt wegfallen".

Kanton ZH: "Bei Anlagen im Kanton Zürich ist die Überwachung der Grundwassertemperatur in den Entnahmebrunnen vorgeschrieben. Die Qualität der installierten Messungen ist jedoch recht unterschiedlich. Verlässliche Messwerte und ein umfassendes Monitoring sind vielfach bei Anlagen welche im Contracting betrieben werden anzutreffen".

5.9 Fazit und Handlungsbedarf

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass:

- die Anzahl thermischer Grundwassernutzungen in den vergangenen Jahren stark zugenommen haben und die Nachfrage nach dieser erneuerbaren Energie auch in naher Zukunft hoch bleiben wird,
- mit Ausnahme von intensiv genutzten Grundwasservorkommen in städtischen Gebieten (Bsp. Limmattal) im Zusammenhang mit dem Betrieb von thermischen Grundwassernutzungen bisher nirgends Konflikte durch gegenseitige Beeinflussungen aufgetreten sind resp. sich solche abzeichnen,
- bisher keine zivilrechtlichen Auseinandersetzungen aufgrund von Betrieb und gegenseitiger Beeinflussung von thermischen Grundwassernutzungen bekannt sind,
- das Risiko von thermischen Übernutzungen in einzelnen Gebieten aber als erhöht eingestuft wird und die Bewilligungsbehörden daher geeignete Konzepte zur optimalen Energienutzung ihrer Grundwasservorkommen sowie zur genaueren Beurteilung der zu erwartenden Temperaturentwicklungen prüfen resp. umsetzen,
- einfache analytische Berechnungstools für eine erste Abschätzung der zu erwartenden Temperaturfahne im Abstrombereich der Wasserrückgabe hilfreich sind, dass aber aufgrund der vereinfachenden Ansätze Fragen zur gegenseitigen Beeinflussung von thermischen Grundwassernutzungen damit nicht beantwortet werden können,
- mit Hilfe von aufwändigen numerischen Grundwassermodellen (gekoppelte Strömungs- und Wärmetransportmodelle) recht zuverlässige Prognosen zu den thermischen Anomalien im Abstrombereich von thermischen Grundwassernutzungen möglich sind, hierfür aber möglichst genaue Grundlagedaten sowohl zu den hydrogeologischen Verhältnissen (Bohrungen, Pumpversuche etc.) als auch zu den betrieblichen Kennziffern (Angaben zum Volumenstrom, Temperaturen etc.) vorliegen müssen,

- gestützt auf kantonale Grundwassermodelle die Planung von Grundwassernutzungen unterstützt und das verfügbare Energiepotenzial optimal genutzt werden kann,
- die Grundwassertemperaturen im Bereich der intensiv genutzten Vorkommen flächig sowie, zusätzlich bei grösseren Anlagen punktuell überwacht (Monitoring als Auflage oder durch Kanton) und die Grundwassermodelle aufgrund der effektiv gemessene Temperaturwerte periodisch überprüft und ggf. nachkalibriert werden sollten und
- beispielsweise im Kanton Zürich die Überwachung der Grundwassertemperatur in den Entnahmebrunnen vorgeschrieben ist. Aufschluss über Temperaturen im Abströmbereich können deshalb angrenzende Anlagen liefern.

6. Literatur

- [1] Brandes Energie AG, "Energieplanung Turbenthal", Energiestadt Turbenthal, 03.2014
- [2] EnergieSchweiz, "Vergleich verschiedener Energiebilanzierungsmethoden", Schlussbericht, 08.02.2016
- [3] Verband Fernwärme Schweiz, "Demo-Applikation webGIS" <http://www.fernwaerme-schweiz.ch/fernwaerme-deutsch/Dienstleistungen/webGIS.php>, 06.04.2017
- [4] EnDK, Konferenz Kantonaler Energiedirektoren, "Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE), Ausgabe 2014", 09.01.2015
- [5] Bundesamt für Energie BFE, "BfE Workshop „Kalte Fernwärme“, Dokumentation, 30.06.2014
- [6] Bundesamt für Energie BFE, EnergieSchweiz, "Bewilligungsverfahren Grundwasserwärmennutzung in den Kantonen" Übersicht über die Bewilligungsverfahren für Grundwasserwärmennutzungen in den Kantonen, März 2017
- [7] Bundesamt für Energie BFE, "Projekt "Thermische Vernetzung", Konzeptvorschlag, 11.03.2015
- [8] Bundesamt für Energie BFE, EnergieSchweiz, "Planungshandbuch Fernwärme", 06.04.2017 (erste Auflage, Entwurfsversion)
- [9] Verband Fernwärme Schweiz, "Leitfaden Fernwärme / Fernkälte", Publikation geplant im Sommer 2017
- [10] HSLU, "Protokoll Besprechung Tool SUPSI" Programm Thermische Netze, 23.01.2017
- [11] Bundesamt für Umwelt BAFU, "Wegleitung Grundwasserschutz", 2014
- [12] Mehlhorn, H., Spitz, K.H. & Kobus, H., "Kurzschlussströmung zwischen Schluck- und Entnahmebrunnen – kritischer Abstand und Rückstromrate, Wasser und Boden", Heft 4, 1981
- [13] Schweiz. Gruppe der Hydrogeologen, "Wärmennutzung von oberflächennahen Grundwasservorkommen", Aspekte der Auswirkung von Kaltwasserversickerungen, 1985
- [14] Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH, "Anleitung für die Benutzung des Programms Grundwasserwärmepumpen" (GWP-SF_09.05), Anleitung für MS Excel 2003, 2009
- [15] Poppei, J., Mayer, G., Schwarz, R. & Gorhan, H., "Groundwater Energy Designer (GED)", Computergestütztes Auslegungstool zur Wärme- und Kältenutzung von Grundwasser, BFE-Schlussbericht, 2006
- [16] Steiner Ch., "Thermische 3D-Grundwassermodellierung von Baar/Zug", Kanton Zug, Amt für Umweltschutz, Informationsbroschüre Umwelt Zug 2013-2, 2013
- [17] Epting, J., Huggenberger, P., "Energie als Abfall?", Aqua & Gas 7/8 2014, 2014

Weitere Literaturangaben für Arbeitspaket 3:

- [-] Kobus, H. & Mehlhorn, H., Beeinflussung von Grundwassertemperaturen durch Wärmepumpen, Gas- und Wasserfach gwf, 121. Jahrgang, Heft 6, 1980
- [-] Mehlhorn, H., Temperaturveränderungen im Grundwasser durch Brauchwassereinleitungen, Dissertation, Mitteilungen des Instituts für Wasserbau der Universität Stuttgart, Heft 50, 1982
- [-] LAWA 2/87, Grundwasser: Richtlinien für Beobachtung und Auswertung, Teil 2 - Grundwassertemperatur, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser, Magdeburg, 1987
- [-] Kinzelbach, W., Numerische Methoden zur Modellierung des Transports von Schadstoffen im Grundwasser, Schriftenreihe gwf Wasser Abwasser, Band 21, 1987
- [-] Cathomen, N., Auswirkungen von Wärmepumpenanlagen auf die Grundwassertemperatur am Beispiel der Gemeinde Altach im Vorarlberger Rheintal, Diplomarbeit ETH Zürich, 2002
- [-] Suter U., Thermische Nutzung des Grundwasserleiters Zürcher Limmattal, Diplomarbeit Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 2005
- [-] Bundesamt für Umwelt BAFU, Wärmenutzung aus Boden und Untergrund - Vollzugshilfe für Behörden und Fachleute im Bereich Erdwärmenutzung, 2009
- [-] Umweltministerium Baden-Württemberg, Leitfaden zur Nutzung von Erdwärme mit Grundwasserwärmepumpen für Ein- und Zweifamilienhäuser oder Anlagen mit Energieentzug bis zirka 45'000 kWh pro Jahr, 2009
- [-] Rauch, W. & Kinzel, H., Energie aus Geothermischer Grundwasser-Nutzung, Manual, EGON Version 1.0, 2010

7. Anhang

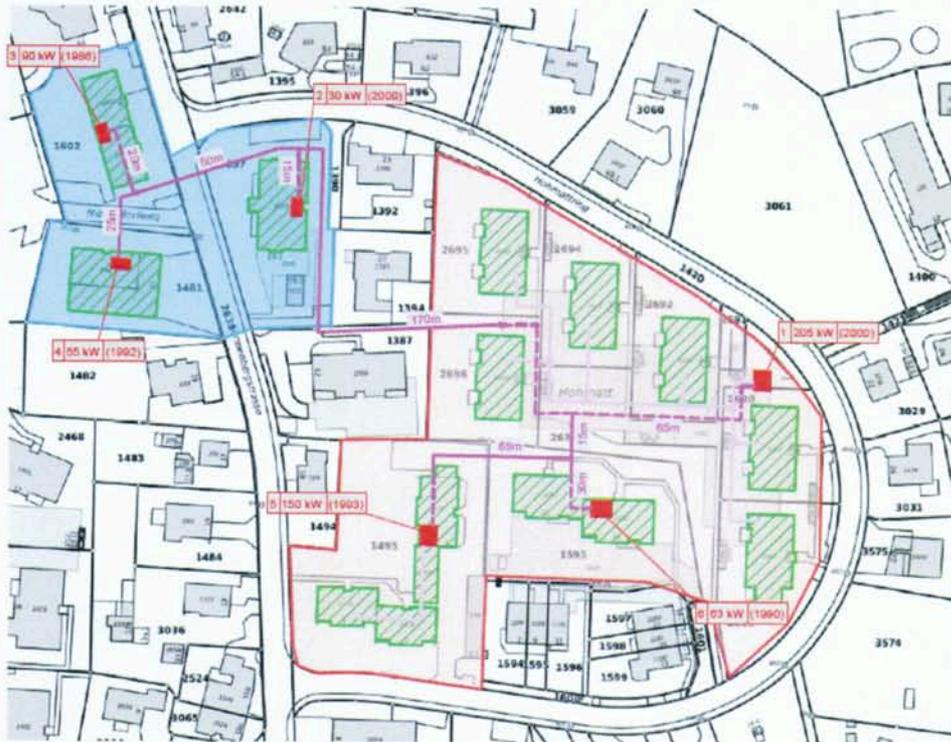
A.1 Liste Feuerungen Grundwasserwärmeverbund Hohmattring

1 Gebiet Verbund "Hohmattring"										
Verbund	Nr. Objekt	Strasse	Aktueller Energieträger	Installations Wärmereizger	Alter Wärmereizung [a]	Aktuelle Leistung [kW]	Zeitraum Realisierung	Buajahr KategorieGWR	Energiebedarf (kWh/a)	Gebäude
Verbund 1	1 MFH	Hohmattring 23a	Öel	2000	16	205	K	1996-2008	553'500	Gemäss Aussenbegehung; Gebäude weitestgehend unverändert seit Erstellung.
	• MFH	Hohmattring 23b	Anlage ganze Überbaung	•	•	•	•			•
	• MFH	Hohmattring 23c	•	•	•	•	•			•
	• MFH	Hohmattring 23d	•	•	•	•	•			•
	• MFH	Hohmattring 23e	•	•	•	•	•			•
	• MFH	Hohmattring 23f	•	•	•	•	•			•
Verbund 1	2 MFH	Hohmattring 29	Öel	2000	16	30	K	1996-2008	81'000	Gemäss Aussenbegehung; Gebäude weitestgehend unverändert seit Erstellung.
Verbund 1	3 MFH	Sonnenbergstrasse 23,25	Öel	1986	30	90	K	1946-1975	243'000	Gemäss Aussenbegehung; Gebäude weitestgehend unverändert seit Erstellung.
Verbund 1	4 MFH	Sonnenbergstrasse 21	Öel	1992	24	55	K	1946-1975	148'500	Gemäss Aussenbegehung; Gebäude weitestgehend unverändert seit Erstellung.
Verbund 1	5 MFH	Hohmattring 1, 3, 5	Öel	1993	23	150	K	1976-1980	405'000	Gemäss Eigentümer teilweise Fenster ersetzt. Keine Fassadensanierung (auch nicht in Planung). Dach ist nicht gedämmt. Zukünftig allenfalls denkbar.
Verbund 1	6 MFH	Hohmattring 19,21	Öel	1990	26	63	K	1966-1990	170'100	Gemäss Aussenbegehung; Gebäude weitestgehend unverändert seit Erstellung.
Verbund 1	MFH	Sonnenbergstrasse 12	WP ?	ca 2014	0	0	x	1976		Gemäss Aussenbegehung; Gebäude weitestgehend unverändert seit Erstellung.
Verbund 1	3ReihenEFH	Hohmattring 7,9,11	3x Öel	1991	25	25	K	1991-1995		Gemäss Aussenbegehung; Gebäude weitestgehend unverändert seit Erstellung.
Verbund 1	3ReihenEFH	Hohmattring 13,15,17	13 WP, 15 u. 17 Öel	1990	26	20	K	1991-1995		Gemäss Aussenbegehung; Gebäude weitestgehend unverändert seit Erstellung.
Verbund 1	MFH klein	Hohmattring 27	WP				x	1996-2008		Gemäss Aussenbegehung; Gebäude weitestgehend unverändert seit Erstellung.
Verbund 1	EFH	Hohmattring 25	Öel							Gemäss Aussenbegehung; Gebäude weitestgehend unverändert seit Erstellung.
Verbund 1	EFH	Sonnenbergstrasse 10	Öel							Gemäss Aussenbegehung; Gebäude weitestgehend unverändert seit Erstellung.

A.2 Geologischer Bericht Grundwasserwärmeverbund Hohmattring

Weisskopf Partner GmbH
Bau Energie Umwelt
Rita Hefti
Albisriederstrasse 184 b
8047 Zürich

Hydrogeologie Grundwasserverbund Hohmattring



Wil, 16. Januar 2017

Allgemeine Hydrogeologie

In der Region besteht der Fels aus flachgelagerter fluvioterrestrischer Oberen Süsswassermolasse aus dem Miozän. Dabei handelt es sich um Wechsellagerungen von Sandsteinen, Mergeln und Nagelfluhbänken. Der Fels wird von verschwemmten Moränenablagerungen überdeckt. Im Tösstal verfangern sich Alluvionen, Hangschuttablagerungen mit spätwürmeiszeitlichen Schottern und Schwemmlehm.

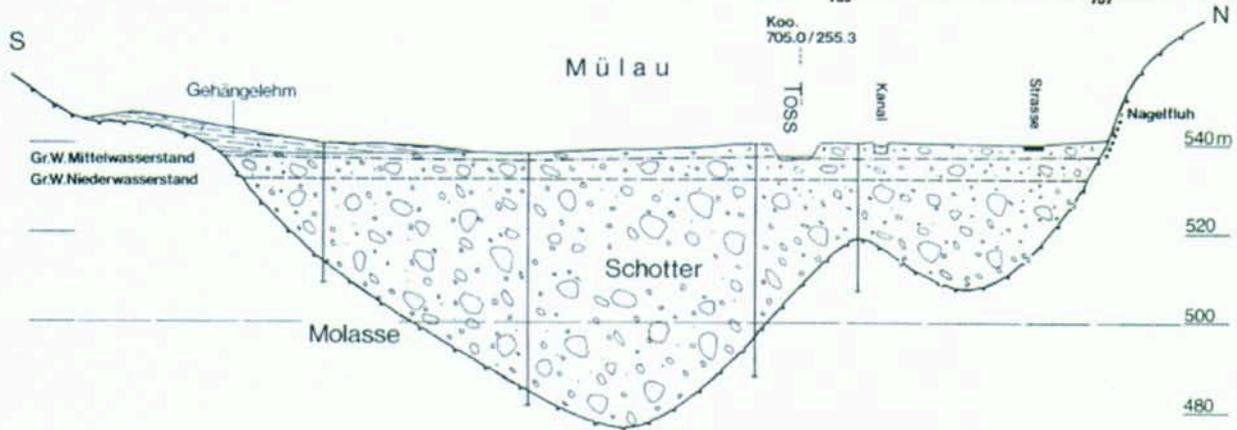
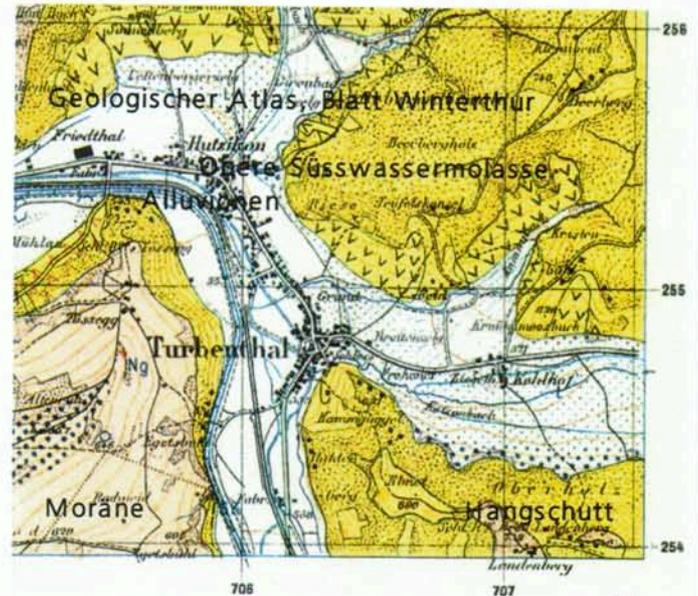


Abb. 110: Hydrogeologisches Querprofil bei Müsau, Turbenthal

Unter den Deckschicht aus Lehm folgen Sande mit einzelnen Steinen und Kies in unterschiedlicher Zusammensetzung. In einer Tiefe von 60 m wird der Fels der Oberen Süsswassermolasse erbohrt werden.

Der Grundwasserspiegel liegt im Zentrum von Turbenthal auf 545 m ü.M. ca. 2 m unter der Oberfläche mit einem Schwankungsbereich von ca. 1 m.

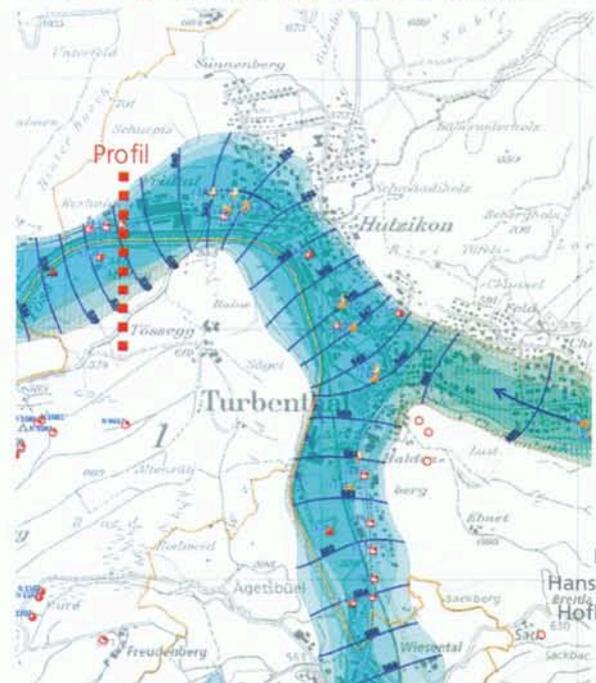
Die Grundwassermächtigkeit beträgt im Zentrum von Turbenthal über 20 m.

Die Durchlässigkeit des Schotters beträgt $k = 10^{-3}$ m/s.

Das Grundwasser fliesst von Süden nach Norden. Die Töss dient der Oberflächenentwässerung und als Vorfluter.

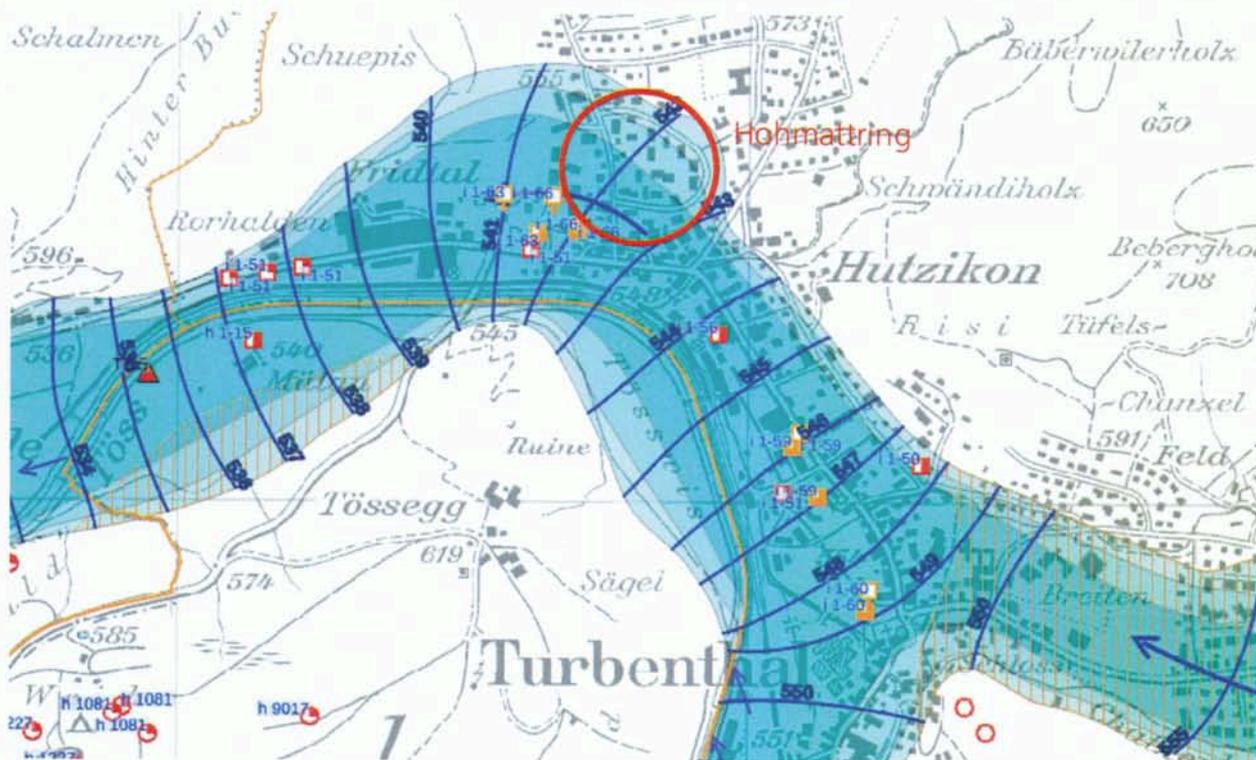
Es gibt mehrere Grundwasserbrunnen und verschiedene Grundwassernutzungen im Tössstalschotter.

Bohrungen in der Breiten und Risi erschliessen die Chatzenbachablagerungen bis ca. 20 m unter Terrain bestehend aus Lehm und Sand.



Hydrogeologie Hohmattring

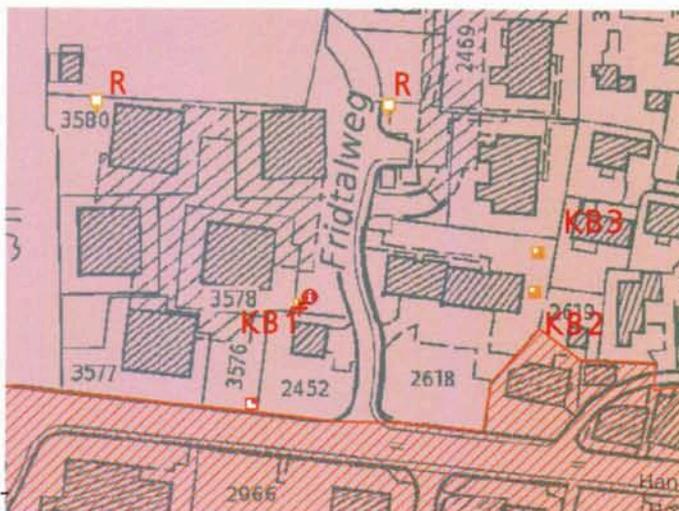
Der Hohmattring liegt im Norden von Turbenthal im Randbereich der Umlenkung der Fliessrichtung der Töss von Norden nach Westen. Der Grundwasserspiegel liegt auf einer Höhe von 542 m ü.M. 2 bis 3 Meter unter Terrain.



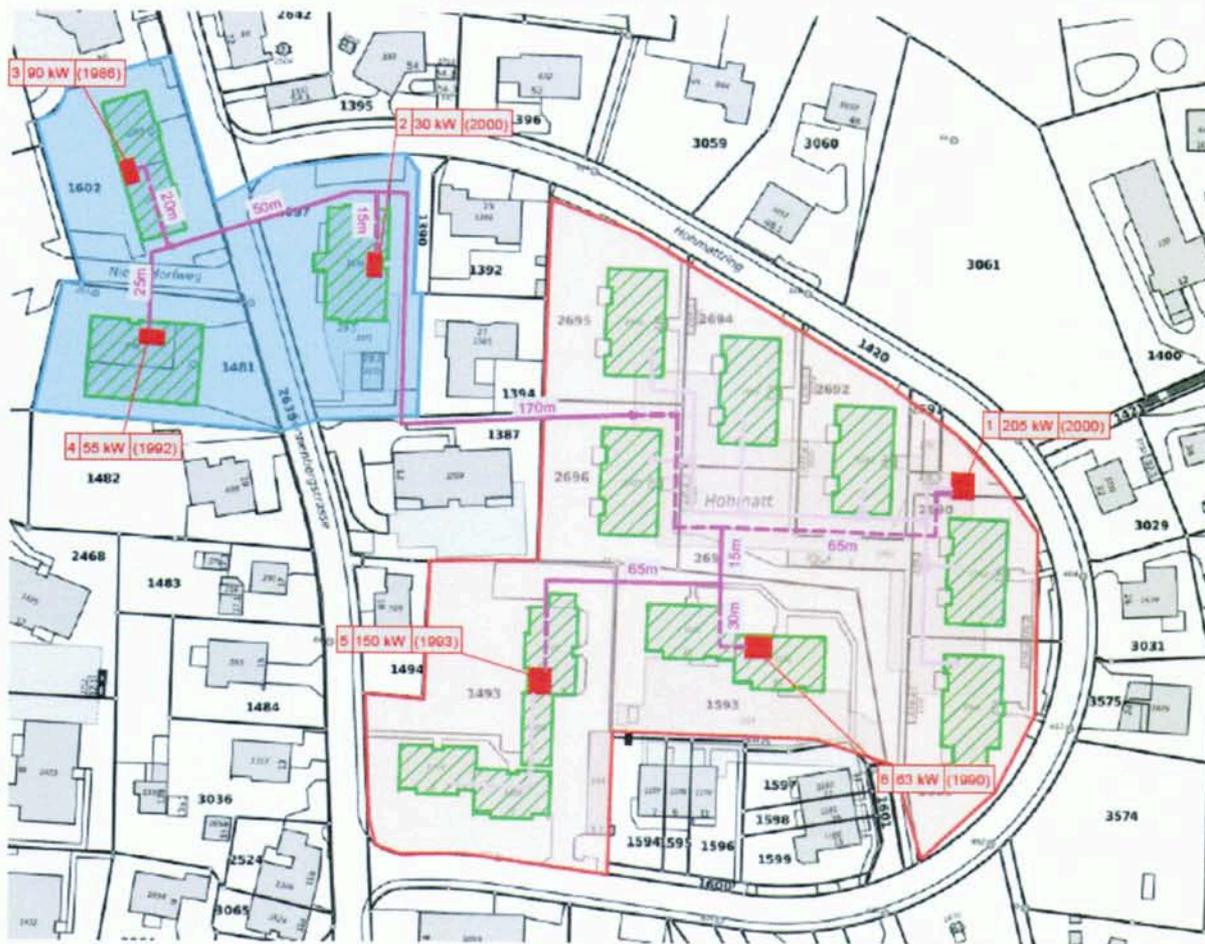
Westlich des Fridtalwegs liegt das Bollerguet (Fridtalweg 3, 5, 7, 9 und 11) welches mit Grunwasserwärme betrieben wird. Der Entnahmebrunnen besitzt eine konzessionierte Entnahmemenge von 670 l/min (KB 1, GBS i010063_01) und der Rückgabebrunnen liegt in der Nordwestecke des Grundstückes 3580.

Östlich des Fridtalweg befinden sich zwei Grundwasserentnahmebrunnen für die Häuser Fridtalweg 2, 4, 6, 8, 10, 12 und 14 mit einer konzessionierten Entnahmemenge von 2'200 l/min (KB 2, GBS i010066_01 und KB3, GBS i010066_02) und ein Rückgabebrunnen in der Nordwestecke.

Die Brunnen sind 16 m tief und beim Pumpversuch konnten 1'600 l/min gefördert werden. Der grundwasserführende Schotter der Töss hat die gleiche Zusammensetzung wie bei den Bohrungen beim Gemeindehaus.



Grundwasserverbund Hohmattring



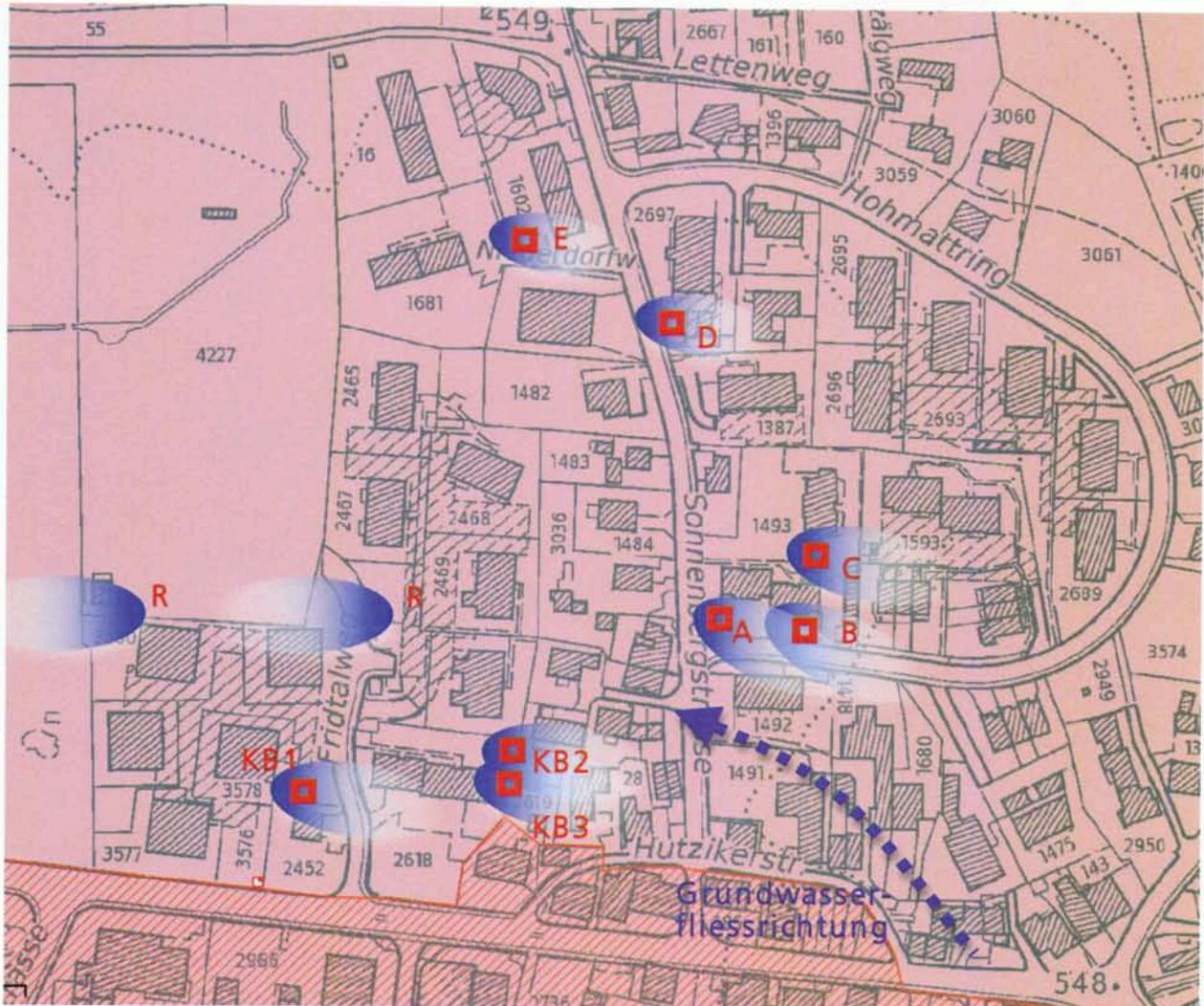
			Heizleistung	Kälteleistung	0.3 m ³ /h Wasser entspricht 1 kW		
1	Sonnenbergstrasse	23, 25	90 kW	72 kW	360 l/min		
2	Sonnenbergstrasse	21	55 kW	44 kW	220 l/min	580 l/min	1 Brunnen 8"
14	Hohmattring	29	30 kW	24 kW	120 l/min	120 l/min	1 Brunnen 4"
3	Hohmattring	1, 3, 5	150 kW	120 kW	600 l/min		
11	Hohmattring	19, 21	63 kW	50 kW	252 l/min		
12	Hohmattring	23 a - f	205 kW	164 kW	820 l/min	1'672 l/min	2 Brunnen 8"

Im Hohmattring ist ein Kaltwasserverbund geplant. Das Kerngebiet sollte mit 400 kW Heizleistung versorgt werden. Für diese Versorgung benötigt es 1'600 l/min Grundwasser und das kann aus zwei Brunnen mit 8" Filterrohren gespeist werden. Der gesamte Verbund bewegt sich im Bereich von 550 kW Heizleistung was 2'200 l/min Wasserförderung entspricht und durch drei Grundwasserentnahmebrunnen mit 8" Filtereinbau realisiert werden kann.

Die zwei Häuser an der Sonnenbergstrasse können auch mit einem einzelnen Brunnen gespeist werden und somit würde die Unterquerung der Strasse umgangen.

Die Rückgabebrunnen können dem Platz entsprechend positioniert werden. Es besteht auch die Möglichkeit diese mit einer Versickerungsanlage zu realisieren.

Die Grundwasserentnahme muss so südlich wie möglich platziert werden. Die Rückgabebrunnen können auch durchaus mit einer Versickerungsanlage realisiert werden und die Platzierung kann in der Mitte des Hohmattringes liegen. Gegen Norden steigt der Fels an (Lättenweg 1 in 16 m Tiefe) und die Oberflächenschichten werden in Folge von Hangablagerungen undurchlässiger.



Die ideale Platzierung der drei Entnahmebrunnen für einen Grundwasserverbund Hohmattring wäre an den Standorten A, B und C.

Es sollten ca. 20 m tiefe Brunnen erstellt werden mit einem Filterdurchmesser von 8".

Der Standort E für einen Entnahmebrunnen für Sonnenbergstrasse 21, 23 und 25 liegt im Randbereich des Grundwasservorkommens, hier ist die Durchlässigkeit sicher geringer.

Der Standort D für einen Entnahmebrunnen Hohmattring 29 würde ein Filterausbau von 4 1/2" genügen.

Auswirkungen von Anlagen im Grundwasserstrom von Turbenthal

Der Grundwasserträger der Töss besitzt im Zentrum von Turbenthal eine geschätzte Durchflussfläche von 13'000 m². Beim Betrieb eines Brunnens von 100 m³/h ist die geförderte Wassermenge 1/100 des durch den Tössschotter durchfliessenden Grundwassers. Wird die durchfliessende Wassermenge mit dem Querschnitt und der Durchlässigkeit ermittelt liegt das Verhältnis um eine Potenz tiefer. In Untersuchungen im Limmatschotter von Th. Kempf, 1985, wurden unter ähnlichen Verhältnissen eine Temperaturdifferenz von 1.15° in 100 m Abstrom gemessen.

Somit wird die Menge des zirkulierenden Wassers in Turbenthal im Vergleich zu den erwähnten Untersuchungen wie auch die Temperaturschwankung nur einen geringen Einfluss auf das Grundwasser ausüben und in mehr als 100 m Abstrom nicht messbar sein. Sinnvoll wäre es die verschiedenen Grundwassertemperaturen bei den Entnahmen und Rückgaben in Bezug der Energiebilanz zu messen und somit ein Bild der Realität zu erhalten. Dadurch könnte das gesamte Energiepotential des Grundwassers in Turbenthal beziffert werden.

Die Durchlässigkeit ist trotz des vorhandenen Feinanteils im Schotter gut. Die Werte k liegen zwischen 5.4×10^{-3} m/s und 2.1×10^{-2} m/s.

Bei den Pumpversuchen im Zentrum von Turbenthal wurde bei einer geförderten Wassermenge von 1'300 l/min oder 80 m³/h eine Absenkung des Grundwasserspiegels von 0.50 m gemessen. Bei den Pumpversuchen in den Brunnen bei der Müli wurden bei einer geförderten Wassermenge von 900 l/min eine Absenkung des Grundwasserspiegels von 0.45 m festgestellt.

Gemäss Berechnung der Zuströmdauer nach Wyssling beträgt der Radius des Absenktrichters 6 m, Entnahmebreite Obstrom 13 m.

Die nächstgelegene genutzten Grundwasserfassungen Bollerguet und Fridtalweg liegen 95 m abwärts und zentraler im Tösstalstrom.

Die Entnahmebrunnen Hohmattring A, B und C liegen 30 m und 60 m auseinander. Es ist keine gegenseitige Beeinflussung der Brunnen zu erwarten.

Aufgrund der Entfernung und der Grösse des Grundwasserstromes und der geringen Grundwasserwärmenutzung ist keine Beeinträchtigung auf benachbarte Grundwasserrechte zu erwarten.

Beeinflussung der Temperatur des Grundwassers

Die Abkühlung des Grundwassers in 100 m Entfernung abstrom von der Rückgabeeanlage darf maximal dT von 3 K gegenüber dem natürlichen Zustand betragen.

Die Schwankungen der Grundwassertemperaturen stehen im direkten Zusammenhang mit der Mächtigkeit der Überdeckung. Die Lufttemperatur beeinflusst mit einer Verzögerung und in Funktion zum Abstand zum Grundwasserspiegel die Wassertemperatur.

Die Temperaturen und Grundwasserstände wurden bei Betrieb des Entnahmebrunnens beim Gemeindehaus KB 2-11 und Rückgabebrunnens KB 1-11 im Februar bei -20° C Lufttemperatur gemessen. Die Temperaturdifferenz zwischen Entnahme, KB 2-11, und Rückgabe, KB 1-11, beträgt 1.2 K.

Am 12. Oktober 2012 wurde bei der Grundwasserwärmenutzung Müli beim Pumpbetrieb eine Erniedrigung der Grundwassertemperatur von 0.7 K gemessen. Eine Veränderung der Grundwassertemperatur von $t \text{ dT} = 3 \text{ K}$ ist nicht vorhanden.

Unterlagen

Um das Archiv der Gemeinde Turbenthal zu konsultieren wurde Tassilo Spelters, Leiter Hochbauamt, angefragt. Ihm sind keine Unterlagen im Gebiet Hohmattring bekannt. Zusätzlich braucht es zwingend die Bewilligung des Grundstückbesitzers um die entsprechenden Unterlagen sichten zu können.

Bedauerlicherweise hat dies bei den Unterlagen der Erdwärmesondenbohrung am Lättenweg 1, Daniel Zagg, nicht geklappt.

Um die Unterlagen vom Kanton, AWEL, zu erhalten möchte der Sachbearbeiter Max Helbling ebenso eine Bescheinigung des Grundbesitzers. Bei den Unterlagen der Grundwassernutzung Bollerguet wäre dies Werner Gruber der Genossenschaft Bollerguet.

Gruber, Werner (-Merkt), Verwaltungen, Sonnhaldenstrasse 24, 8488 Turbenthal, 052 394 20 10
ADT INNOVA Immobilien und Verwaltungs AG, Berghofstrasse 9, 8625 Gossau 044 936 50 50

Es ist sicher sinnvoll, diese Unterlagen noch zu beschaffen um die Aussagen für den Wasserverbund Hohmattring zu verifizieren.

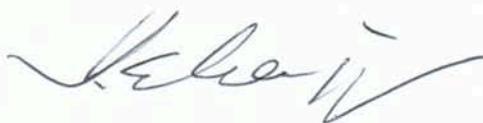
Zusammenfassung

Eine Grundwassernutzung für den Kaltwasserverbund Hohmattring ist möglich.

Es muss vor einer Installation jeglicher Anlageteile der Grundwasserentnahmebrunnen C gebohrt werden um die hydrogeologische Prognose zu bestätigen.

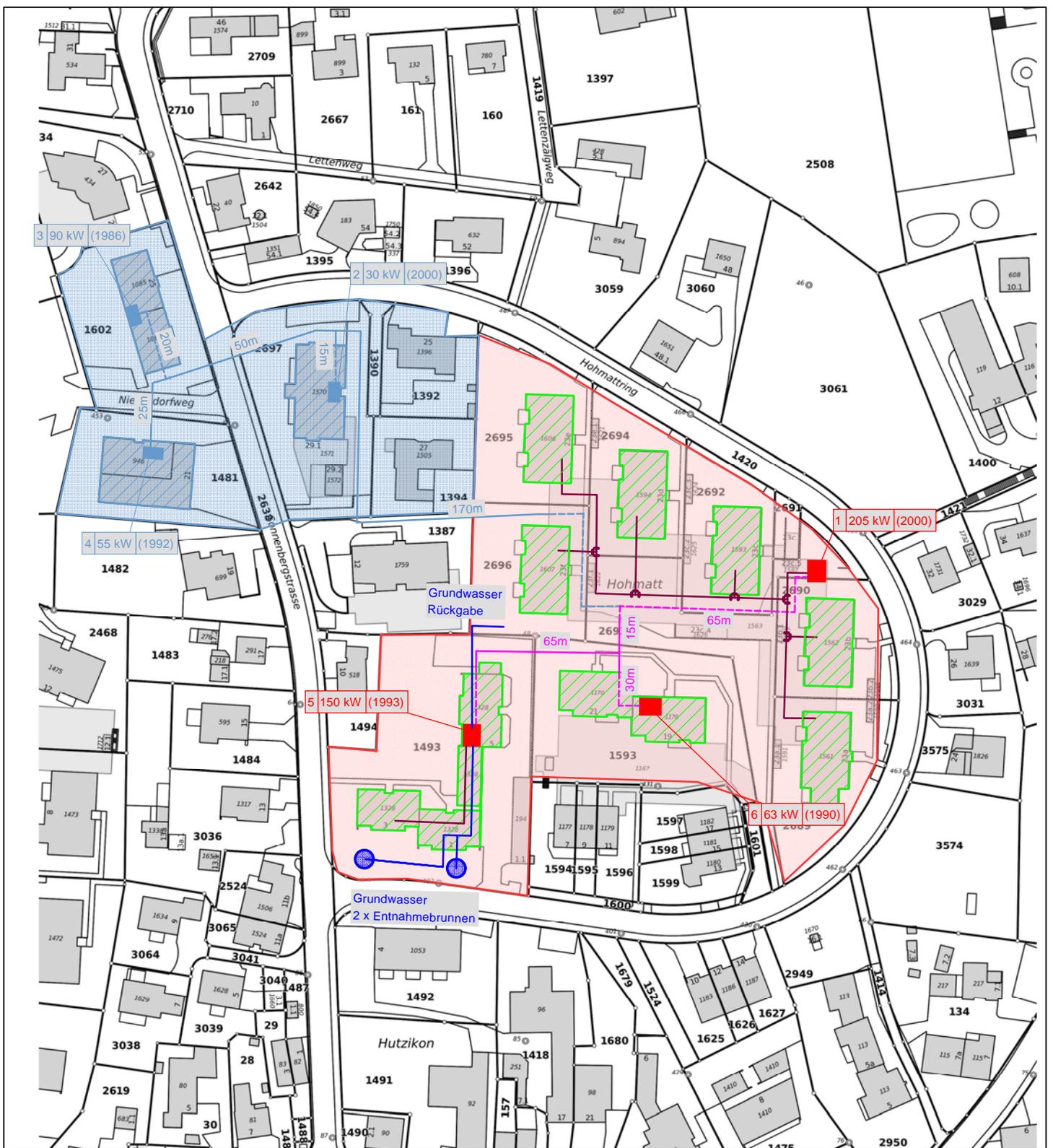
Wenn die Pumpen in Betrieb genommen werden, ist es wichtig, dass die Leistung der Pumpen langsam zunimmt.

Wil, 16. Januar 2017

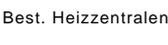
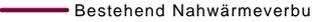


Hansjakob Schächli dipl. phil. II Geologe CHGEOL
progeo Geologie Hydrologie Geothermie

A.3 Pläne Verbund Hohmattring



Legende

-  Grundwasserbrunnen
-  Neu Fernleitung (in Graben)
-  Gebäude innerhalb Verbund
-  Nr. Installierte Heizleistung / Installationsjahr Wärmeerzeugung
-  Best. Heizzentralen
-  Neu Fernleitung (in Gebäude)
-  Bestehend Nahwärmeverbund
-  Kernzone Verbund
-  Erweiterte Zone Verbund

Übersicht Verbund 1 "Hohmattring"

Gemeinde Turbenthal

Initiierung und Koordination von Grundwasserwärme

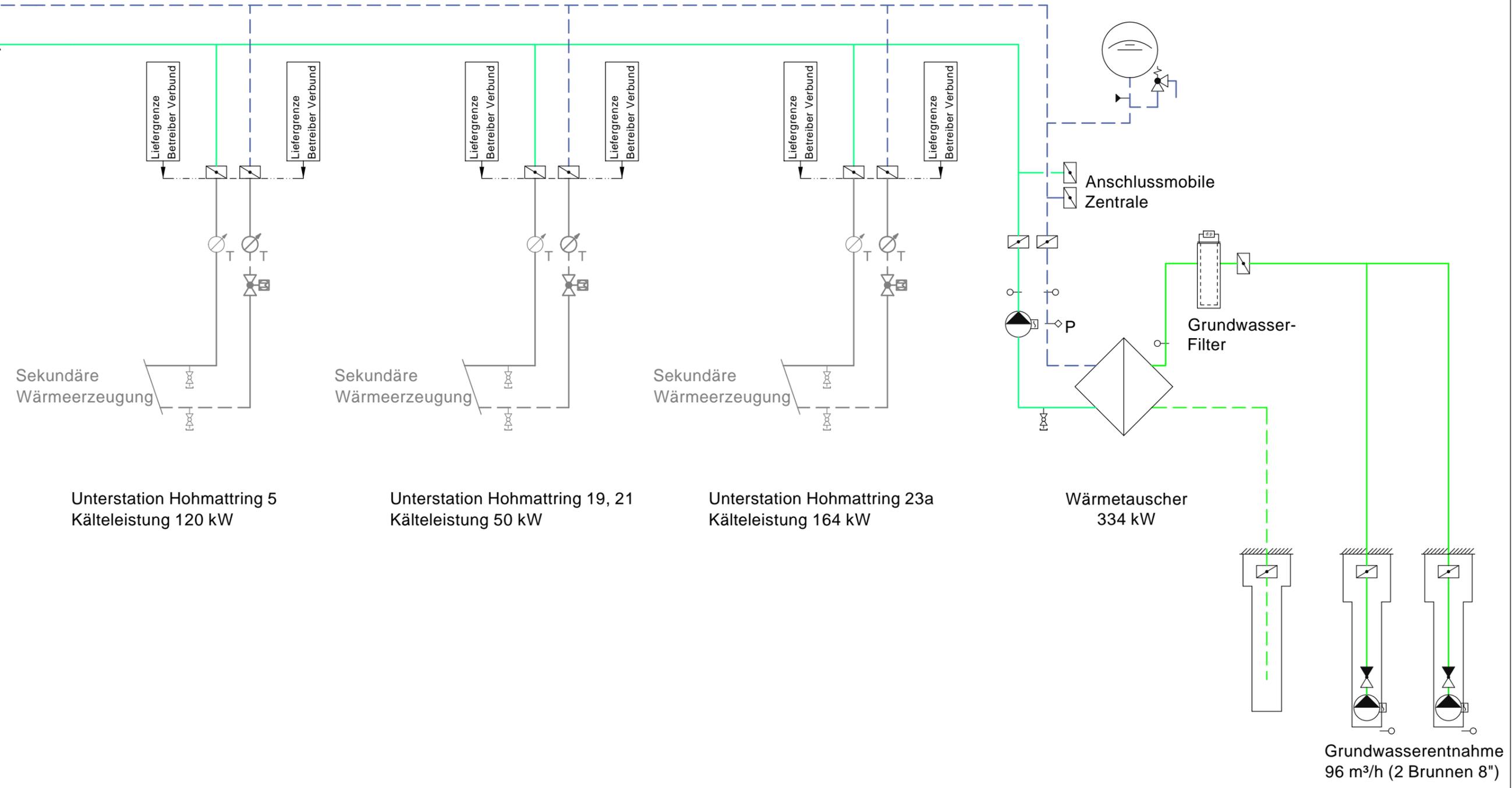
Mst. 1:1500

27.01.2017 / v1

Weisskopf Partner GmbH
Bau Energie Umwelt

Albisriederstrasse 184 b
8047 Zürich
Telefon 044 404 80 40
Fax 044 404 80 30
www.weisskopf-partner.ch

Erweiterte Zone
Verbund



Unterstation Hohmattring 5
Kälteleistung 120 kW

Unterstation Hohmattring 19, 21
Kälteleistung 50 kW

Unterstation Hohmattring 23a
Kälteleistung 164 kW

Wärmetauscher
334 kW

Grundwasserentnahme
96 m³/h (2 Brunnen 8")

Weisskopf Partner GmbH
Bau Energie Umwelt

Albisriederstrasse 184 b
8047 Zürich
Telefon 044 404 80 40
Fax 044 404 80 30
www.weisskopf-partner.ch

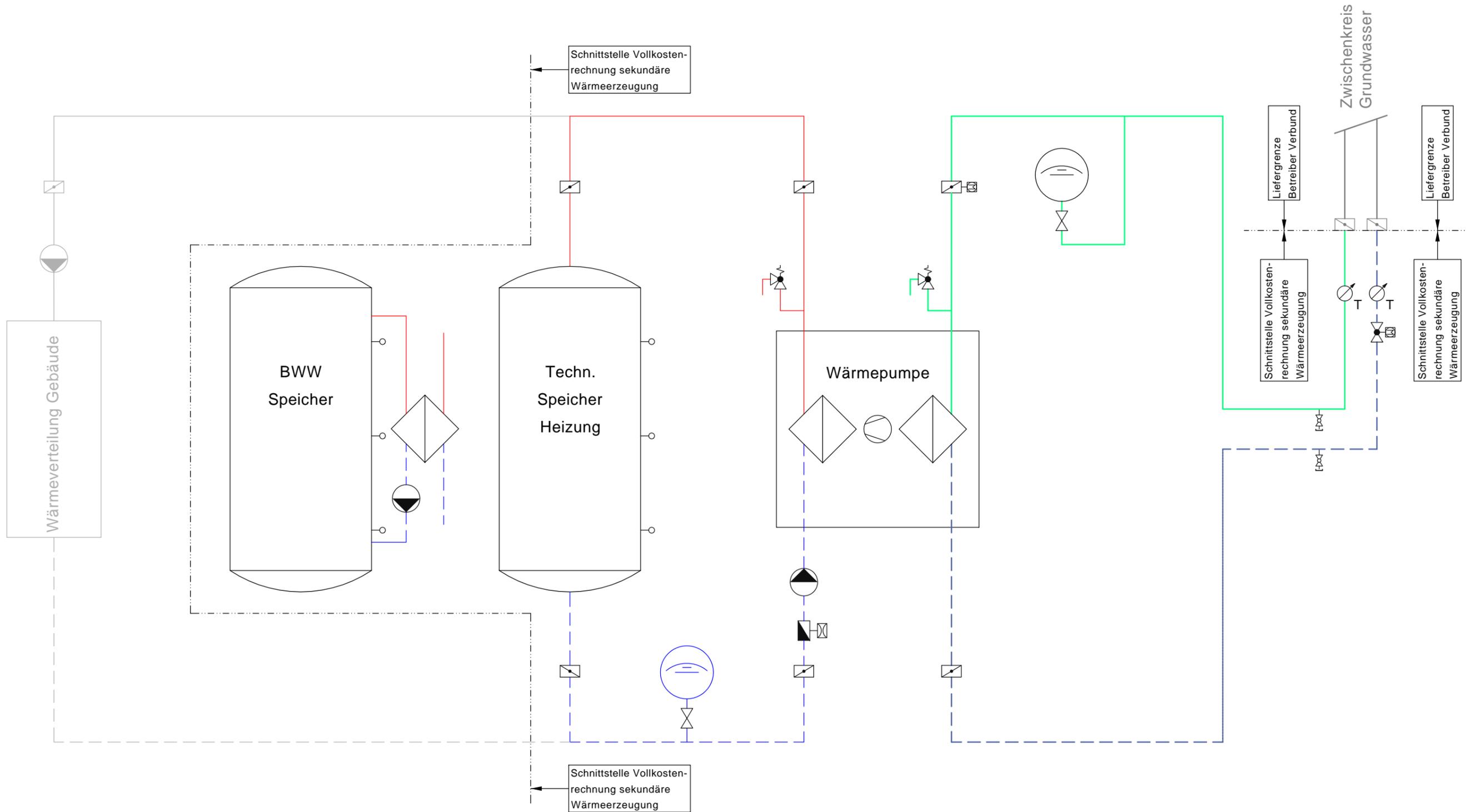
Grundwassernutzung Gmd. Turbenthal

Prinzipschema Verbund Grundwasser "Hohmattring"

Plan-Nr.: 1643-PS-H-201	Gr.: A4	Datum: 24.02.2017	Rev.: A
Obj-Nr.: 16/43	Mst.: %	Gez.: rh	Vorstudie

Symbolinformation

- | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Absperrklappe | Entleerhahn mit Kette und Kappe | Strömungswächter | Klappenventil für Expansionsgefässe |
| Ventil | Handentlüfter | Schwingungsdämpfer | Manometer mit Druckknopfhahn |
| Strangregulierventil, Fabr.: TA | Twinlok-Messnippel | Rückschlagventil | Differenzdruckregler |
| Dreiwegventil mit Motorantrieb | Thermostat | Thermometer | Wärmemessung |
| Durchgangsventil mit Motorantrieb | Temperaturfühler | Kugelhahn | Belüftungsventil (Speicher) |
| Motorklappe mit Antrieb | Raum-, Aussenfühler | Schmutzfänger, Fabr.: Samson | |
| Umwälzpumpe | Druckfühler | Sicherheitsventil | |



Weisskopf Partner GmbH
Bau Energie Umwelt

Albisriederstrasse 184 b
8047 Zürich
Telefon 044 404 80 40
Fax 044 404 80 30
www.weisskopf-partner.ch

Grundwassernutzung Gmd. Turbenthal

Prinzipschema Unterstation sekund. Wärmeerzeugung

Plan-Nr.: 1643-PS-H-201

Gr.: A4

Datum: 24.02.2017

Rev.: A

Obj.-Nr.: 16/43

Mst.: %

Gez.: rh

Vorstudie

Symbolinformation

Absperrklappe	Entleerhahn mit Kette und Kappe	Strömungswächter	Klappenventil für Expansionsgefässe
Ventil	Handentlüfter	Schwingungsdämpfer	Manometer mit Druckknopfhahn
Strangregulierventil, Fabr.: TA	Twinlok-Messnippel	Rückschlagventil	Differenzdruckregler
Dreiwegventil mit Motorantrieb	Thermostat	Thermometer	Wärmemessung
Durchgangsventil mit Motorantrieb	Temperaturfühler	Kugelhahn	Belüftungsventil (Speicher)
Motorklappe mit Antrieb	Raum-, Aussenfühler	Schmutzfänger, Fabr.: Samson	
Umwälzpumpe	Druckfühler	Sicherheitsventil	

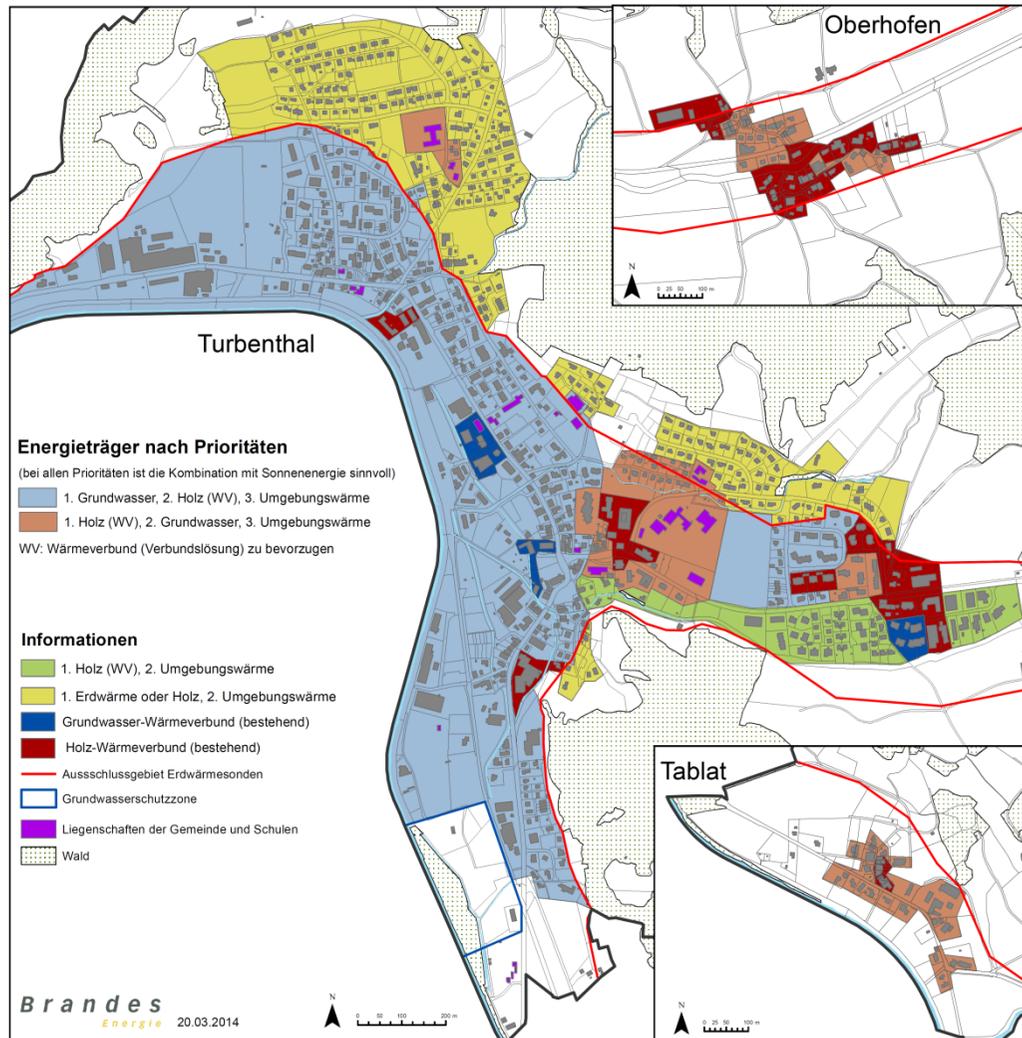
A.4 Arbeitspapier Arbeitspaket 1b



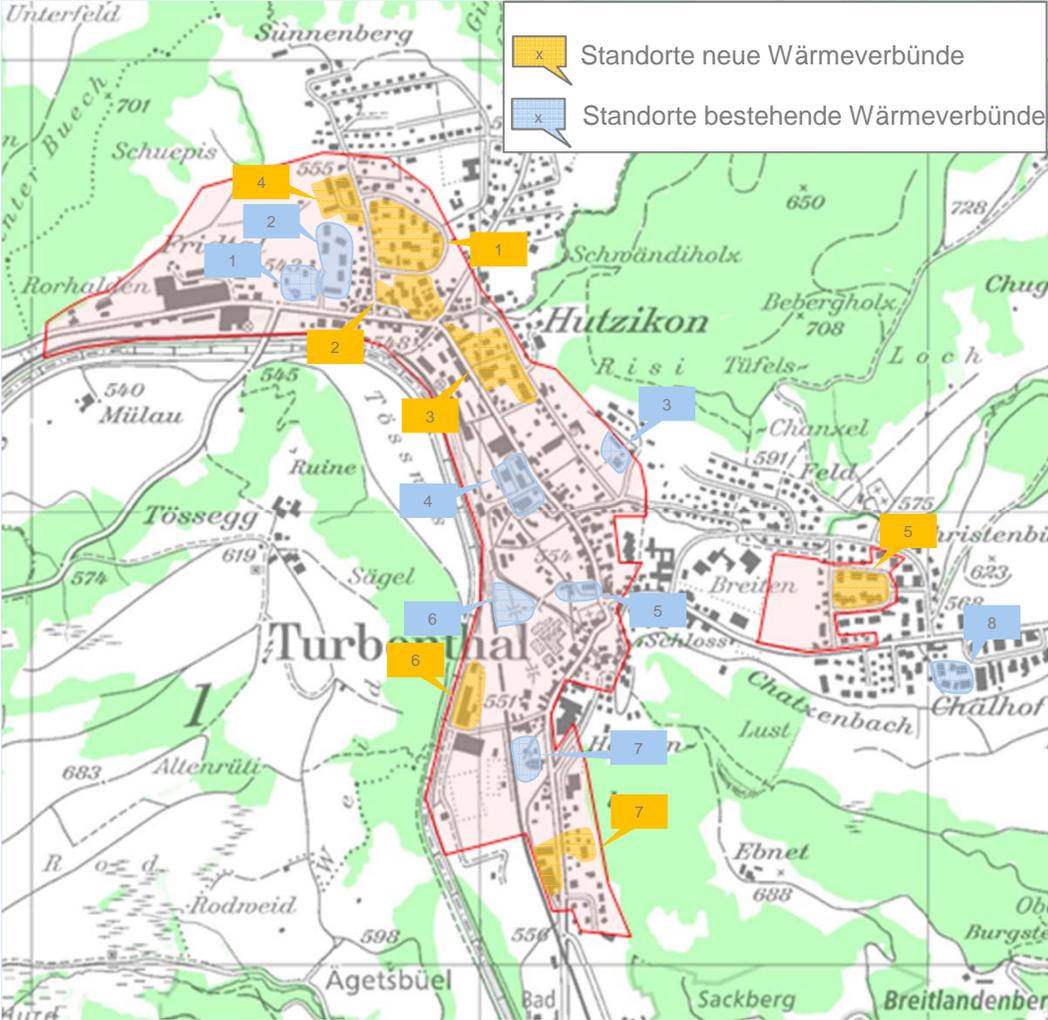
Initiierung und Koordination von Grundwasserwärmennutzungen

**Grundlagenpapier Arbeitspaket 1b „Potenzielle Standorte für neue
Wärmeverbände in der Gemeinde Turbenthal“**

Übersicht Energieplan Turbenthal



Übersicht neue Wärmeverbünde



Potenzielle Standorte für neue Wärmeverbünde

Nr. Verbund	Bezeichnung Wärmeverbund	Leistung	Potential	Bemerkungen
1	"Hohmattring"	490 kW	Hoch	Interesse Eigentümer wird momentan abgeklärt.
2	"Sonnenberg"	180 kW	Mittel	Abhängig von Entwicklung Neubauprojekt «Sunneberg» und Schreinerei Pfister
3	"Hofwies"	420 kW	Mittel	Mehrheitlich Mehrfamilienhäuser, tendenziell viele involvierte Parteien
4	"Niederdorfweg"	328 kW	Mittel	Im Gebiet liegen Feuerungen mittlerer Grösse, teilweise erst kürzlich saniert (Ausbau Verbund allenfalls etappenweise), Leitungsführung mehrheitlich über Grünflächen möglich
5	"Zihlacker"	552 kW	Hoch	Wenige Feuerungen im grossen Leistungsbereich, alles Mehrfamilienhäuser, Leitungsführung über Grünflächen/Tiefgarage möglich, aufgrund Heizungsalter Ausbau Verbund allenfalls etappenweise
6	"Jucker AG"	310 kW	Tief	Abhängig von Entscheid Firma E. Jucker AG
7	"Bühler"	242 kW	Tief	Abhängig von Entscheid Firma BR TEC Bühler AG, ansonsten eher kleinere Feuerungen

Kartendarstellung

Basis der Untersuchung bilden die Feuerungsdaten der installierten Öl- und Holzfeuerungen auf dem Gemeindegebiet Turbenthal. Alle Feuerungen sind auf einer Karte dargestellt, basierend auf Kartengrundlagen von OpenStreetMap. Die Zuordnung auf der Karte erfolgt anhand der Adresse aus den Feuerungsdaten und kann allenfalls von der Adresse des Objekts abweichen. Die Darstellung erfolgt nach folgenden Kriterien:

Brennstoff Wärmeerzeuger

-  Heizölfeuerung
-  Holzfeuerung

Baujahr

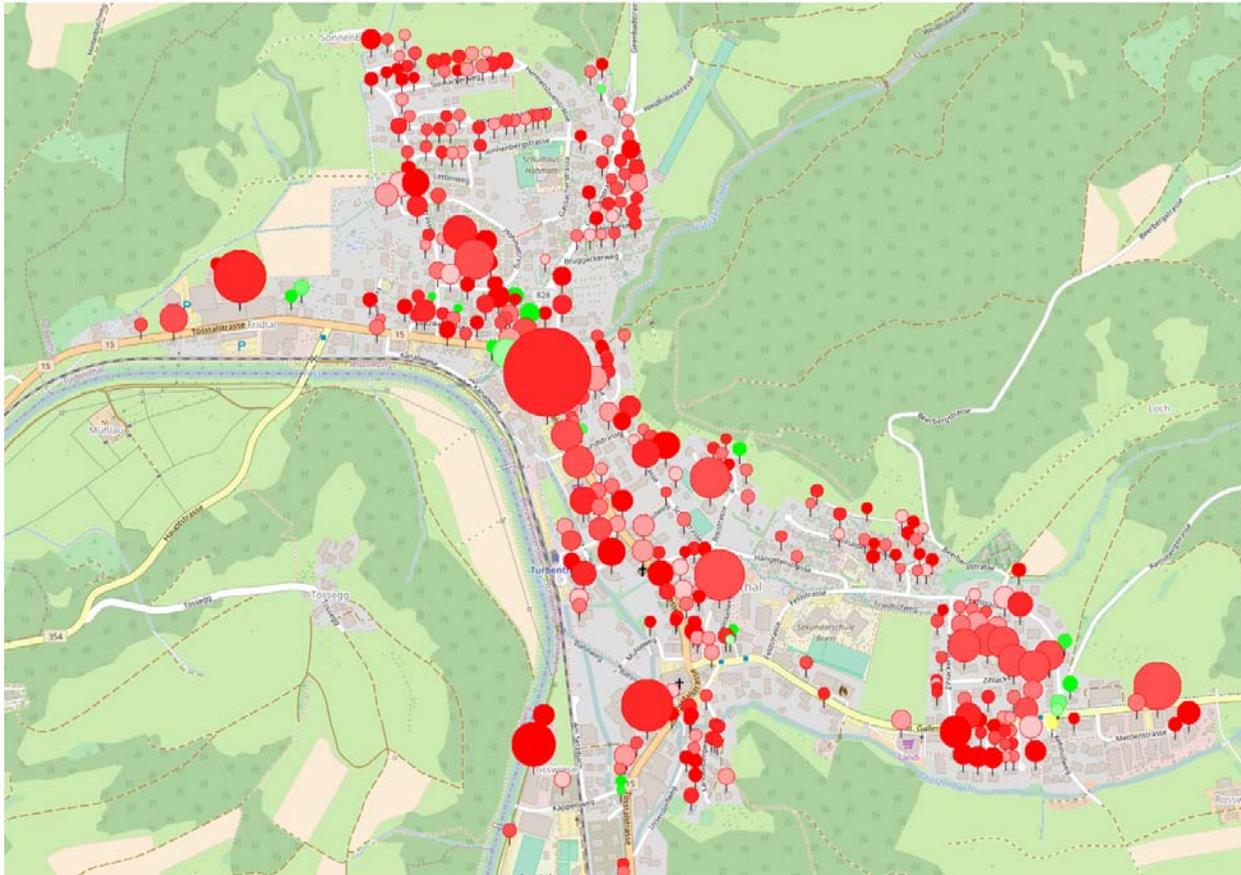
Das Baujahr des Wärmeerzeugers wird anhand der Kreistransparenz dargestellt. Je dunkler die Kreisfarbe desto älter die Feuerung. Das Baujahr gibt Auskunft über den Zeitpunkt der Kesselinstallation nicht aber über einen allfälligen Brennerersatz.

Installierte Leistung

Die installierte Feuerungsleistung wird anhand der Kreisgrösse dargestellt. Je grösser der Kreis desto grösser die Leistung.

Kartendarstellung

Alle Feuerungen auf dem Gemeindegebiet Turbenthal werden mittels Kreis-Icons auf der Karte dargestellt. Weisskopf Partner GmbH hat dafür eine interaktive Web-Karte entwickelt welche unabhängig von einer GIS-Software in jedem gängigen Browser genutzt werden kann.



Auswahl der Standorte/Eignungskriterien

Bei der Auswahl von neuen Wärmeverbänden werden folgende Kriterien berücksichtigt:

Grösse der installierten Feuerungsleistung

Der Schwerpunkt wird auf grössere Objekte gelegt. Im Fokus stehen grössere Wohnbausiedlungen, Schulen, Alters- und Pflegeheime, Industrie- und Gewerbebauten. Somit wird die Anzahl der einzelnen Wärmeabnehmer tief gehalten.

Baujahr der Feuerung

Anhand des Baujahres der Anlagen wird folgende Unterteilung gemacht:

- Kurzfristiges Potenzial: Feuerungen ab 18 Jahren (Feuerungen < 1999)
- Mittelfristiges Potenzial: Feuerungen 10 - 17 Jahre (Feuerungen 2000-2007)
- Langfristiges Potenzial: Feuerungen 5 - 9 Jahre (Feuerungen 2008-2012)

Anschlussdichte

Je höher die Anschlussdichte in einem Wärmeverbund, desto wirtschaftlicher kann ein Wärmeverbund betrieben werden. Als Richtwert dienen die Kennwerte pro Trassenmeter Fernleitung.

Nachfolgend sind 7 mögliche Standorte für den Aufbau von neuen Wärmeverbundnetzen erfasst.

1.-3. Standort neue Wärmeverbunde

1. Standort neuer Wärmeverbund "Hohmattring"

Details gemäss Arbeitspaket 1a.

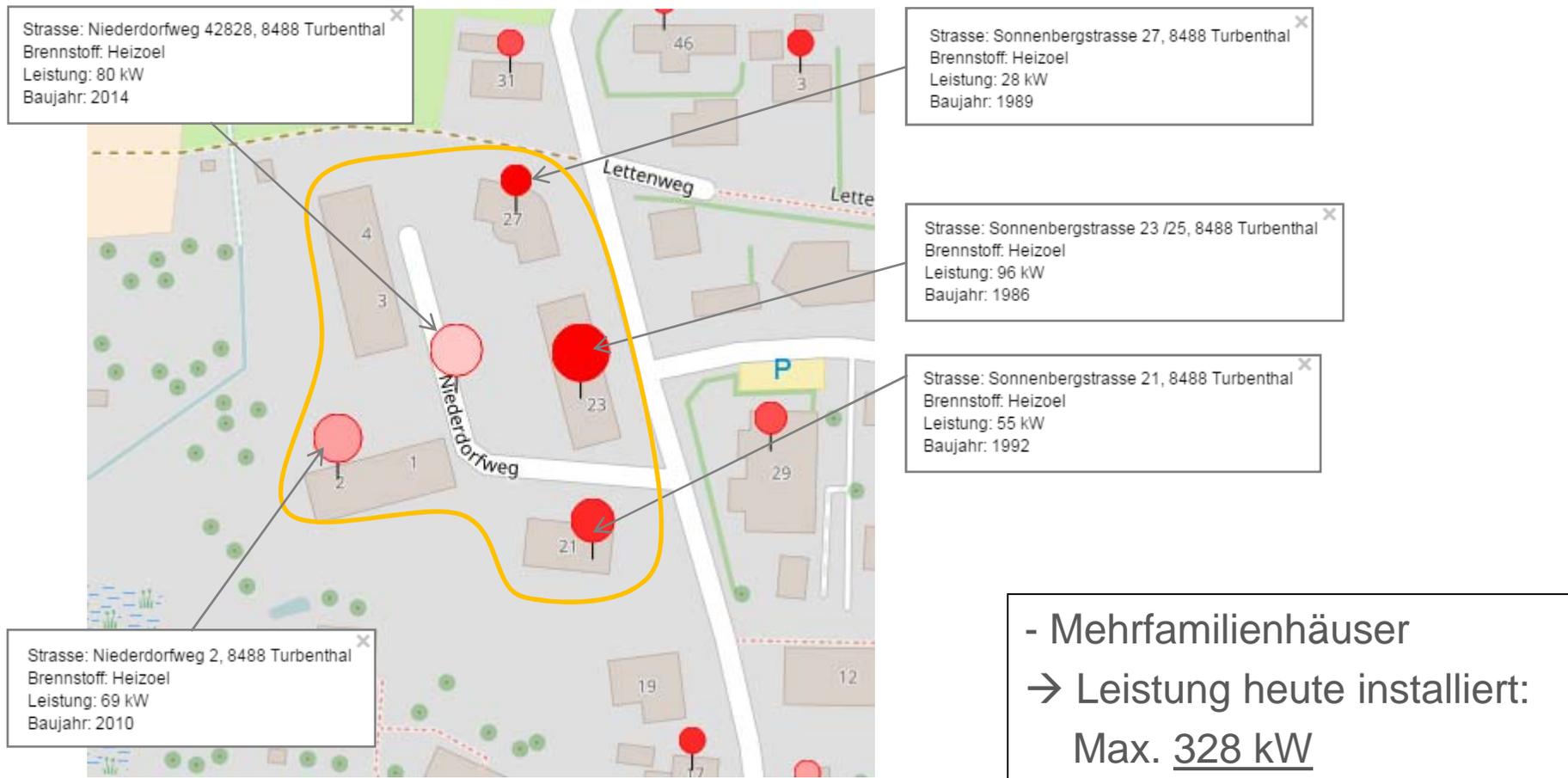
2. Standort neuer Wärmeverbund "Sonnenberg"

Details gemäss Arbeitspaket 1a.

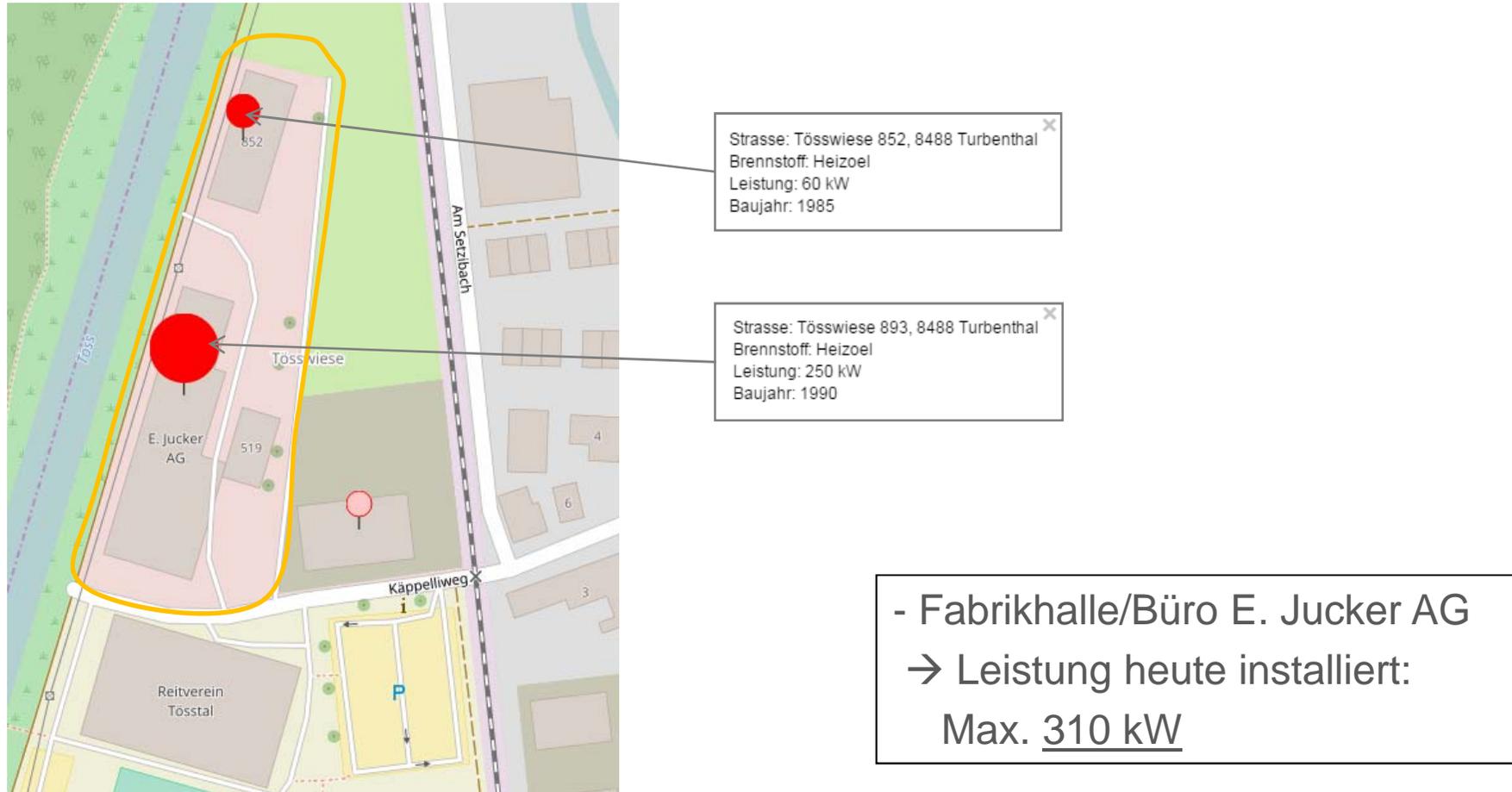
3. Standort neuer Wärmeverbund "Hofwies"

Details gemäss Arbeitspaket 1a.

4. Standort neuer Wärmeverbund "Niederdorfweg"



6. Standort neuer Wärmeverbund "Jucker AG"



7. Standort neuer Wärmeverbund "Bühler"

