

Schlussbericht Januar 2003

Wärmenutzung Tunnelwasser Basistunnel Lötschberg, Nordportal

Machbarkeitsstudie Phase II.

ausgearbeitet durch
G. Oppermann und Ch. Dups

Gruneko AG
Güterstrasse 137, 4002 Basel

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energiewirtschaft entstanden.
Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses
Berichts verantwortlich.

Zusammenfassung und Empfehlung

Das im Basistunnel anfallende Bergwasser wird vom Betriebswasser getrennt abgeleitet. Die **Prognosen der AlpTransit** (Stand 2001) gehen ab Portal Nord **von 80-280 Liter Bergwasser pro Sekunde** aus, bei einer Temperatur von **19-20°C**. Der Tunneldurchstich, zwischen Tunnelscheitel und Nordportal, erfolgt voraussichtlich Ende April 2003.

Aufgrund der **Einleitbedingungen** kann das Bergwasser **ohne Kühlung** (Kühlbecken, Kühlturm) bis zu einem Abfluss von **50 Liter/s** (70Liter/s) in die **Kander** (Engstligen) geleitet werden, insgesamt also 120 Liter/s.

Es bieten sich nachstehende Nutzungsmöglichkeiten des Bergwassers an:

- **Nahwärmeversorgung:** Mit einer Elektromotor-Wärmepumpe wird ein Temperaturhub erreicht, das Temperaturniveau genügt zur Deckung des Raumwärmebedarfs und zur Brauchwarmwasserbereitung.
- **Tropenhaus mit Aquakultur:** Das Wasser wird in der Aquakultur direkt genutzt. Mit einer Wärmepumpenanlage erfolgt der erforderliche Temperaturhub für Wasserbecken und erhöhter Temperatur sowie für Raumheizung.
- **Erlebnisbad:** Projektidee Frutigen
- **Erhaltungszentrum und Halle für Rettungszug, BLS Basistunnel:** Elektromotorwärmepumpe für Raumheizung und Brauchwarmwasser (Reinigung)

In Frutigen sind bereits mehrere Nahwärmeversorgungen mit Holzschnitzelfeuerungen in Betrieb. Die Nahwärmeversorgungen mit Tunnelwassernutzung sind in den Kapiteln 3.2 und 6 erläutert. Über das Projekt Tropenhaus gibt eine separate Machbarkeitsstudie von Emch+Berger AG/seecon gmbh, 11.11.2002, Auskunft.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass **die 3 betrachteten Nahwärmeversorgungen mit Tunnelwassernutzung gegenüber den in Frutigen bestehenden Wärmeversorgungen konkurrenzfähig sind** (Kapitel 5 und 6). Mit der Tunnelwassernutzung wird **fossiler Brennstoff eingespart**. Dies ist ein **Beitrag zu Energie Schweiz** (Kapitel 8).

Bis Ende 2003 müssen **konkrete Nutzungsvorschläge der AlpTransit unterbreitet sein** (Kapitel 7.1). Es müssen folgende Punkte geklärt werden: Projektstand Unterführung Bahnhof, Voraussichtliche Trasse der Bergwasserableitung, Förderbeiträge, Marketing vor Ort (Wärmeverkauf), Landerwerb/Bewilligungen Tropenhaus, Investoren etc. Siehe hierzu **Kapitel 7.2, Offene Fragen**.

Inhaltsverzeichnis	Seite
Zusammenfassung und Empfehlung	I
1 Tunnelwassernutzung und Wärmeabnehmer	1
1.1 Nutzungsmöglichkeiten in Frutigen	1
1.2 Nahwärmeversorgung Bahnhof / Parallelstrasse	2
1.2.1 Wärmeleistungs- und Energiebedarf	2
1.2.2 Bestehende Anlagen	2
1.3 Weitere Nahwärmeversorgungsgebiete	2
1.4 Tropenhaus mit Aquakultur Frutigen	3
2 Tunnelwassergewinnung	4
2.1 Wärmequellenangebot	4
2.2 Einleitbedingungen Kander und Engstligen	4
2.3 Fassung und Ableitung des Tunnelwassers	5
3 Wärmeerzeugung	6
3.1 Allgemeines	6
3.2 Nahwärmerversorgung Bahnhof / Parallelstrasse	6
3.2.1 Technisches Konzept	6
3.2.2 Auslegung	9
3.3 Tropenhaus mit Aquakultur Frutigen	10
3.4 Bergwasser-Nutzungsgrad	10
4 Wärmeverteilung	12
4.1 Nahwärmeversorgung Bahnhof / Parallelstrasse	12
4.1.1 Wärmeverteilung	12
4.1.2 Wärmeübergabe	12
4.2 Tropenhaus mit Aquakultur Frutigen	12
5 Investitionen und Wirtschaftlichkeit	13
5.1 Nahwärmeversorgung Bahnhof / Parallelstrasse	13
5.1.1 Investitionen Tunnelwassernutzung	13
5.1.2 Annahmen für Wirtschaftlichkeitsrechnung	14
5.1.3 Wärmegestehungskosten Tunnelwassernutzung	15
5.1.4 Vergleich mit bestehenden Wärmeversorgungen in Frutigen	16
5.2 Tropenhaus mit Aquakultur Frutigen	16
6 Weitere Nahwärmeversorgungsgebiete mit Tunnelwassernutzung	17
7 Offene Fragen und Abklärungen bezüglich Realisierung	21
7.1 Möglicher Zeitplan für die Realisierung	21
7.2 Offene Fragen	22
7.2.1 AlpTransit	22
7.2.2 Nahwärmeversorgungen Frutigen mit Tunnelwassernutzung	22
7.2.3 Tropenhaus mit Aquakultur Frutigen	22

8	Umweltaspekte	23
8.1	Nahwärmeversorgung Bahnhof / Parallelstrasse	23
8.2	Tropenhaus mit Aquakultur Frutigen	23

Verzeichnis Anhang

- A) Übersichtsplan Frutigen mit bestehenden Nahwärmeversorgungen
- B) Nahwärmeversorgungen mit Tunnelwassernutzung. Bahnhof / Parallelstrasse
- C) Weitere Nahwärmeversorgungen mit Tunnelwasser
- D) Übersicht Tropenhaus. Standortvariante Flugplatz Süd
- E) Tunnelwasserableitung in Kander / Engstligen (Einleitbedingungen)

1 Tunnelwassernutzung und Wärmeabnehmer

1.1 Nutzungsmöglichkeiten in Frutigen

Die Gemeinde Frutigen hat insgesamt ca. 6'700 Einwohner. Die Gesamtfläche beträgt 7'227 ha. Das eigentliche Dorf mit dichterem Bepflanzung umfasst jedoch nur ca. 70 ha. Im Gebiet östlich der Bahnlinie befinden sich hauptsächlich Gewerbebetriebe (Zulieferanten Hydraulikbereich, Baugewerbe, Holzverarbeitung, Grafische Betriebe etc.) und der Flugplatz.

Der Dorfkern ist ca. 1'100m vom Portal des Basistunnel entfernt.

Im Jahr 2001 wurden in der gesamten Gemeinde 276 Landwirtschaftsbetriebe gezählt. Die bäuerliche Nutzung gibt der Landschaft das Gepräge.

Frutigen verfügt über ein Sport- und Erholungszentrum.

Die Brennstoffe Holz und Heizöl sind die Hauptbrennstoffe zur Deckung des Wärmebedarfs (Raumheizung)

Im Dorfbereich gibt es 3 bereits bestehende Wärmeversorgungen (Holz, Heizöl): Gewerbegebiet Schwandi, Spital/Heim (Oberdorf) und Gemeindeverwaltung. Das Schulzentrum Widi beim Bahnhof verfügt über eine automatische Schnitzelfeuerungsanlage.

Das Holz stammt zum Teil aus der Waldbewirtschaftung sowie aus den lokalen Holzverarbeitungsbetrieben.

Seit 1994 ist das Trinkwasser-Kraftwerk Uebenberg in Betrieb und produziert Strom.

Das beim Basistunnel-Nordportal mit einer voraussichtlichen Temperatur von 20°C anfallende Bergwasser kann direkt oder indirekt, mit Hilfe der Wärmepumpentechnik, zu Heizzwecken genutzt werden.

Es bieten sich nachstehende Nutzungsmöglichkeiten des Bergwassers an:

- **Nahwärmeversorgung:** Mit einer Elektromotor-Wärmepumpe wird ein Temperaturhub erreicht, das Temperaturniveau genügt zur Deckung des Raumwärmebedarfs und zur Brauchwarmwasserbereitung.
- **Tropenhaus mit Aquakultur:** Das Wasser wird in der Aquakultur direkt genutzt. Mit einer Wärmepumpenanlage erfolgt der erforderliche Temperaturhub für Wasserbecken und erhöhter Temperatur sowie für Raumheizung.
- **Erlebnisbad:** Projektidee Frutigen
- **Erhaltungszentrum und Halle für Rettungszug, BLS Basistunnel:** Elektromotorwärmepumpe für Raumheizung und Brauchwarmwasser (Reinigung)

1.2 Nahwärmeversorgung Bahnhof / Parallelstrasse

Die Versorgungsinsel, dargestellt im Anhang B, umfasst im betrachteten Endausbau Gewerbebetriebe, Wohnbauten und das Erhaltungszentrum BLS. Es wird davon ausgegangen, dass bei der in ca. 5-10 Jahren notwendigen Erneuerung der Holzschnitzelfeuerung das Schulzentrum Widi ebenfalls an die Nahwärmeversorgung angeschlossen wird. Ebenfalls könnte der Regional-Bahnhof Frutigen angeschlossen werden.

1.2.1 Wärmeleistungs- und Energiebedarf

Der Wärmebedarf bestehender Bauten ist vom Büro F. Brügger, Frutigen, ermittelt worden. Vom Erhaltungszentrum BLS (Basistunnel) existiert noch kein Projekt. Der Wärmebedarf ist durch die Gruneko AG, aufgrund eines Telefongesprächs vom 10.9.02 mit der BLS Lötschbergbahn AG, W. Zimmermann, abgeschätzt.

	Wärmeleistung in kW Winter max.	Nutzwärmebedarf in MWh/a Raumwärme und Brauchwarmwasser
Bestehende Bauten	1'200	2'650
Neubauprojekte	850	1'200
Total	2'500	3'850

Tabelle 1: Wärmeleistungsbedarf Bezüger, Endausbau

Das erforderliche Temperaturniveau des Heizwassers beträgt im Winter max. 70°C.

1.2.2 Bestehende Anlagen

Bestehende Ölfeuerungsanlagen sind zwischen 10-25 Jahre alt. Die Holzschnitzelfeuerung im Schulzentrum Widi muss in 10-15 Jahren ersetzt werden.

1.3 Weitere Nahwärmeversorgungsgebiete

Im Hinblick auf die Bergwassernutzung Basistunnel sind nachstehende Gebiete von Interesse und werden im Kapitel 6 behandelt. Die Übersicht zeigt Anhang C.

- Die Wärmeversorgung **Spital/Heim (Oberdorf)** könnte um das Gebiet Grasi/Zeughaus erweitert werden.

- Im Gebiet **Kanderbrück** bestehen Bauprojekte, die Heizanlage Schulhaus Kanderbrück muss saniert werden (Kesselalter 25 Jahre).
- Es wird davon ausgegangen, dass ein mögliches Erlebnisbad, Standort Feldmatte, an den bestehenden **Verbund Schwandiestrasse** angeschlossen wird. Das Hallenbad und Sportzentrum werden bereits heute mit Wärme ab diesem Verbund versorgt.
- Holzschnitzelfeuerung **Gemeindehaus**. Zusammenschluss mit **der Kantonalen Verwaltung** (Dorfkern).

Die ausgeschiedenen Gebiete sind durch das örtliche Büro F. Brügger, als Vertreter der Gemeinde Frutigen, nach folgenden Kriterien ausgeschieden worden: Bebauungsdichte, Lage zum Tunnelportal, zukünftige Nutzung/Projekte und anstehende Sanierungen der Heizungsanlagen (Liste Feuerungskontrolle).

1.4 Tropenhaus mit Aquakultur Frutigen

Dem Projekt liegt die Idee zu Grunde, das Bergwasser örtlich konzentriert für die Produktion von tropischen Pflanzen und zur Aquakultur von Wärme liebenden Fischen zu nutzen. Zum heutigen Zeitpunkt liegt eine Machbarkeitsstudie für das Tropenhaus (Gewächshaus mit Warmwasserbecken) und Freilandbecken vor.¹

Das erarbeitete Konzept geht von einem Bergwasserangebot (Betriebsphase Basistunnel) von 200 Liter/s aus. Für die Bewirtschaftung der Becken wird zusätzlich noch 50 Liter/s Grundwasser benötigt.

Das Tropenhaus wird so ausgelegt, dass die erforderliche Abkühlleistung des Bergwassers erbracht wird und die Einleitbedingungen der Fliessgewässer erfüllt werden (siehe Kapitel 2.2). Dies wird durch geeignete Wahl der thermischen Eigenschaften der Glashäuser sowie durch den Betriebsablauf erreicht.

Wärme wird zur Heizung der Wasserbecken sowie zur Heizung des Gewächshauses benötigt. Die Warmwasserbecken haben eine Temperatur von 26-28°C. Die Raumtemperatur im Gewächshaus liegt bei 25°C.

Der Nutzwärmebedarf für Gewächshäuser und Betriebsgebäude sowie Freilandbecken beträgt ca. 13'000 MWh/a. Im Winter liegt der max. Wärmeleistungsbedarf bei ca. 8-9 MW.

Die Situation Tropenhaus zeigt Anhang D.

¹ Tropenhaus mit Aquakultur Frutigen. Emch+Berger AG/seecon gmbh, 11.11.2002

2 Tunnelwassergewinnung

2.1 Wärmequellenangebot

Das im Basistunnel anfallende Bergwasser wird vom Betriebswasser getrennt abgeleitet. Das Bergwasser wird auf der Nordseite zum Portal Helke (Dienststollen) geführt.

Die Prognosewerte für das Bergwasser in der Betriebsphase des Basistunnel stammen von BLS AlpTransit, Stand 2001:

Wassertemperatur am Portal	19-20 °C
Volumenstrom	80-280 Liter/s

Der Tunneldurchstich, zwischen Tunnelscheitel und dem Nordportal, ist auf Ende April 2003 geplant. Das heisst, bis Sommer 2003 sind Temperatur und Abfluss bekannt und die zukünftigen Werte (Veränderung Felstemperatur im Tunnel, Beharrungszustand Bergwasser) können daraus abgeleitet werden.²

2.2 Einleitbedingungen Kander und Engstligen

Das Bergwasser kann in Kander oder Engstligen abgeleitet werden. Die Einleitung ist mit der Auflage verbunden, dass die **Fliessgewässertemperatur** sich **nach der Einleitung um max. 0.5°C erhöht**. Die kritische Zeit ist der Winter, mit geringem Fliessgewässer-Abfluss und niedrigen Temperaturen.

Minimaler Abfluss Winter		
	Kander	1'450 Liter/s
	Engstligen	2'620 Liter/s
Minimale Temperatur Winter		
	Kander	3.6 °C
	Engstligen	0 °C

Die Angaben stammen von BLS AlpTransit, Stand 2001.

² Tagung Schweizerische Vereinigung für Geothermie, Mitholz (Frutigen), 14.11.2002

Daraus lässt sich die max. zulässige Bergwasser-Einleitung im Winter ermitteln.

	Max. Bergwasser [Liter/s]	Bergwassertempertur [°C]
Kander	50	20
Engstligen	70	20
Nach Zusammenfluss Kander + Engstligen	120	20

Tabelle 2: Max. zulässige Bergwassereinleitung im Winter. Bergwassertemperatur am Portal (Betriebsphase) 20°C

Bei höheren Werten muss das Bergwasser vor der Einleitung gekühlt werden (Kühlbecken AlpTransit, thermische Nutzung in Frutigen).

2.3 Fassung und Ableitung des Tunnelwassers

Ab Portal Helke wird das Bergwasser in Zwischen-/Kühlbecken, allenfalls Neutralisationsbecken geleitet. Von dort aus gelangt das Bergwasser in einer erdverlegten Leitung in die Kander und/oder Engstligen). Nach Überlegungen der AlpTransit ist denkbar, den Bergwasserabfluss in 2 Teilströme aufzuteilen und getrennt in Kander (Helke) und Engstligen (Unterquerung Tagbautunnel) einzuleiten³. Aufgrund der geodätischen Höhenverhältnisse kann das Bergwasser frei abfließen, es sind hierfür keine Pumpen erforderlich.

Die Situation der Ableitungen zeigt Anhang E.

Für die thermische Nutzung im Gebiet Bahnhof wird ein Teilstrom entnommen und zum Nutzungsort gepumpt. Nach thermischer Nutzung, resp. Abkühlung gelangt das Bergwasser in die Engstligen/Kander. Die zu- und wegführenden Leitungen sind Kunststoffleitungen.

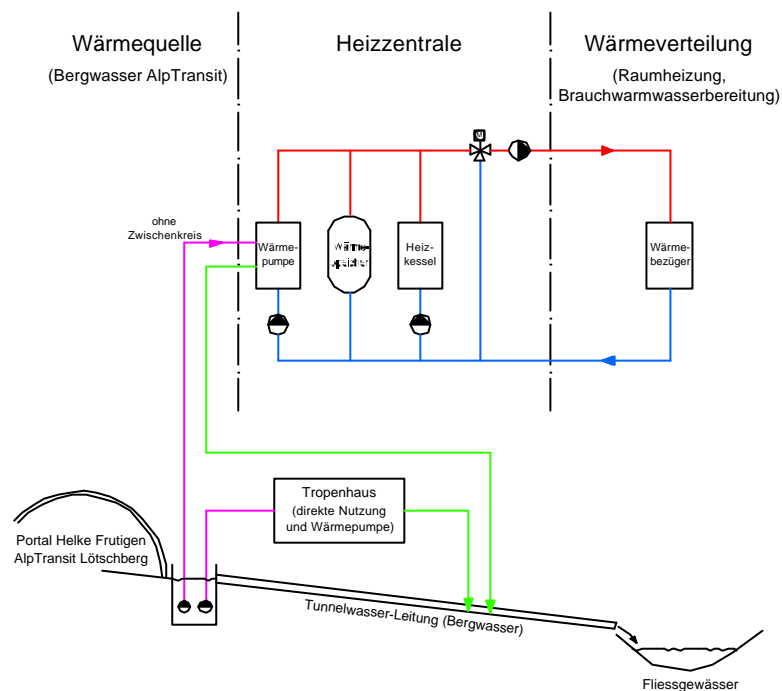
Wie im vorigen Kapitel ausgeführt sind unter Umständen beim Kühlbecken zusätzliche Kühlanlagen erforderlich, das heisst, die Abwärme wird an die Umgebung abgegeben.

³ AlpTransit. Bauprojekt Bergwasserableitung in Engstligen. Berichtentwurf 20.12.2002.

3 Wärmeerzeugung

3.1 Allgemeines

Sowohl das Projekt Tropenhaus wie die Nahwärmerversorgungen benötigen Wärmepumpenanlagen bei der Nutzung von Bergwasser. Das generelle Konzept der Bergwassernutzung sieht wie folgt aus:



Das Bergwasser steht jedem Nutzer mit dem gleichen Temperaturniveau zur Verfügung (Parallele Nutzung). Eine serielle Nutzung (abgekühltes Wasser wird dem nächsten Nutzer zur Verfügung gestellt) ist unter gewissen Voraussetzungen denkbar. Das gewünschte Nutztemperaturniveau ist zu berücksichtigen, ebenso sind versorgungstechnische Sicherheitsaspekte von Belang.

3.2 Nahwärmerversorgung Bahnhof / Parallelstrasse

3.2.1 Technisches Konzept

Das Konzept sieht vor, einen Teilstrom des Bergwassers einer zentralen Wärmepumpenanlage zuzuführen.

Das Wasser kann direkt über den Verdampfer der Wärmepumpenanlage geleitet werden, ein Zwischenkreis ist nicht erforderlich.⁴

Die Leistungsziffer der Wärmepumpe, das Verhältnis Heizleistung zu Stromaufnahme, berechnet sich nach der Formel:

$$\text{Leistungsziffer} = T_{VL} / (T_{VL} - T_{Qo}) \times \text{Wirkungsgrad Wärmepumpe}$$

Dabei ist T_{VL} die Kondensationstemperatur (Heizvorlauftemperatur) und T_{Qo} die Verdampfungstemperatur (Bergwassertemperatur am Austritt Wärmepumpe).

Je höher der Temperaturhub von Wärmequelle zu Heiztemperatur, um so kleiner wird die Leistungsziffer. Der Strombedarf erhöht sich.

Das heisst auch, der Abkühlung des Bergwassers sind, in Bezug auf Leistungsziffer, nach unten Grenzen gesetzt. Zudem darf es am Verdampfer der Wärmepumpe nicht zu örtlicher Vereisung kommen.

Aufgrund der Temperaturen von Heizkreis und Bergwasser wird eine Bergwasserabkühlung in der Wärmepumpenanlage von 20°C auf 10°C angenommen, das heisst, die Temperaturdifferenz beträgt 10°C. Die Auslegungsdaten der Wärmepumpe sind im Kapitel 3.2.2 zusammengestellt.

Als Arbeitsmittel der Wärmepumpe ist das Kältemittel R134a (chlorfrei) vorgesehen.

Elektromotor-Wärmepumpe deckt den Grundwärmebedarf. Da das Bergwasser ganzjährig anfällt deckt die Grundlastanlage auch den Sommerbedarf (Brauchwarmwasser).

Damit auch im Winter genügend Wärmeleistung zur Verfügung steht und bei tiefen Aussentemperaturen die erforderliche Heizvorlauftemperatur erreicht wird, sind zusätzlich Heizkessel installiert.

Die Installation von Heizkessel ist auch aus Gründen der Versorgungssicherheit (Ausfall Wärmepumpe, Unterbruch Bergwasser).

Die Heizkessel sind mit Ölbrenner ausgerüstet.

⁴ Wasser- und Wirtschaftsamt Kanton Bern, Abteilungsvorsteher F. Berdat, Telefon vom 16.9.2002

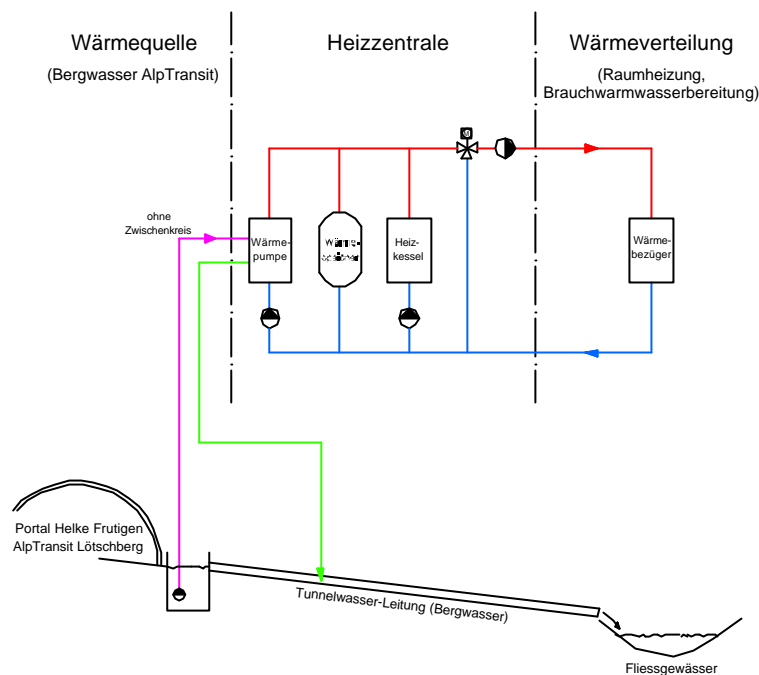


Bild 2: Prinzipschema Wärmeenergieerzeugungsanlage Bahnhof / Parallelstrasse

Als Standort der Heizzentrale ist zum Beispiel das geplante BLS Erhaltungszentrum denkbar. Das Gebäude liegt zentral im Versorgungsgebiet und ist als möglicher Wärmebezügler eingeplant. Eine diesbezügliche Besprechung hat mit der BLS noch nicht stattgefunden.

Dem praktisch konstanten Wärmequellenangebot steht ein variabler Wärmebedarf gegenüber. Zur Optimierung der Wärmepumpenbetriebszeiten (lange Laufzeiten, wenig Schaltungen) ist eine Wärmespeicheranlage vorgesehen.

Mit dem massgeblichen Strombezugstarif (siehe Kapitel 5) wird Energieabgabe an die Elektrowärmepumpe täglich maximal zweimal 2 Stunden während der Hochtarifzeit unterbrochen. Heizkessel und Netzpumpen sind hiervon nicht betroffen. In diesen Zeiten liefert die Wärmespeicheranlage die nötige Wärme ins Verteilnetz.

Die Netzvorlauftemperatur ab Heizzentrale beträgt 80-85°C. Um die Netzverluste zu minimieren, kann im Sommer auf 70-75°C zurückgefahren werden. Die Brauchwarmwasser-Boiler bei den Kunden können so auch ab Nahwärmeverteilstrom geladen werden.

Die Netzpumpen sind drehzahl geregelt, in Abhängigkeit des Wärmeabsatzes. Der Stromverbrauch wird so minimal gehalten.

Die ganze Anlage wird von einem Leitsystem optimal betrieben. Energie- und Leistungsbilanzen werden erstellt. Die Betriebszustände und Störmeldungen werden protokolliert. Sammelalarmierung an Pikettstelle.

3.2.2 Auslegung

In der folgenden Tabelle sind die Leistungsdaten der Zentrale zusammengestellt.

Wärmequellennutzung (Bergwasser)		
Volumenstrom	Liter/s	12.7
Temperatur Portal	°C	20
Temperatur Eintritt Wärmepumpe	°C	20
Rückgabetemperatur	°C	10
Wärmequellenleistung	kW	532
Wärmeerzeugungsanlage		
Elektromotorwärmepumpe		
Heizleistung	kW	745
Elektrische Leistungsaufnahme	kW	213
Verdampferleistung	kW	532
Heizkessel		
Wärmeleistung	kW	2 x 750

Tabelle 3: Leistungsdaten Zentrale Bahnhof / Parallelstrasse

Mit der Bergwassernutzung ergibt sich nachstehende Energiebilanz:

Wärmequelle (Bergwasser)	MWh/a	2'249
Brennstoff (Heizöl)	MWh/a	1'214
Elektrizitätsbezug Wärmepumpe ¹⁾	MWh/a	900
Wärmeproduktion ab Zentrale	MWh/a	4'182
Arbeitszahl Wärmepumpe		3.5

1) exkl. Strom für Netzpumpe und Hilfsanlagen

Tabelle 4: Energiebilanz Zentrale Bahnhof / Parallelstrasse

Die Wärmepumpe deckt 75% des Wärmebedarfs ab Zentrale.

3.3 Tropenhaus mit Aquakultur Frutigen

Die Projektidee geht von einer ganzjährigen **Bergwasserbezugsmenge von 200 Liter/s** aus. Über verschiedene Kaskadenstufen wird das Bergwasser abgekühlt und die Einleitbedingungen Kander erfüllt.

Für das erforderliche Temperaturniveau im Gewächshaus in den Warmwasserbecken ist eine Elektromotorwärmepumpe vorgesehen.

Das Tropenhaus mit Aquakultur benötigt die anfallende Bergwassermenge und zusätzlich Grundwasser (50 Liter/s). Die Nutzbare Wärme kann nur teilweise genutzt werden, durch geeignete Wahl der thermischen Eigenschaften der Gewächshäuser sowie den Betriebsablauf kann die Wärme an die Umgebung abgegeben werden.

3.4 Bergwasser-Nutzungsgrad

Im Kapitel 2.2 sind die Einleitbedingungen Kander und Engstligen erläutert. Die nachfolgende Tabelle zeigt für verschiedene Bergwasserprognosewerte die erforderliche Abkühlung durch Kühlbecken und die Abkühlung bei thermischer Nutzung für Heizecke.

Die Zahlen beziehen sich auf die **Winterzeit mit minimalen Abflüssen** von Kander und Engstligen sowie einer **zulässigen Erwärmung, nach der Einleitung, um 0.5°C**.

Einleitung Bergwasser in Kander	Abkühlung AlpTransit (Kühlbecken)	Abkühlung Bergwasser durch thermische Nutzung		
		Bergwasser 20°C	3 Nahwärmeinseln ¹⁾	Tropenhaus mit Aquakultur
Liter/s	MW	MW	MW	MW
80	2.3	0.8	1.5	2.3
219	11.5	0.8	10.7 ²⁾	11.5
280	15.6	0.8	14.8	15.6

- 1) Versorgungsgebiete Kanderbrück, Oberdorf/Grassi, Bahnhof/Parallelstrasse
- 2) 200 Liter/s, 20°C und Abkühlung um 13°C auf 7°C

Tabelle 5: Abkühlung Bergwasser bei Einleitung Kander

Einleitung Bergwasser in Engstligen	Abkühlung AlpTransit (Kühlbecken)	Abkühlung Bergwasser durch thermische Nutzung		
		Bergwasser 20°C	3 Nahwärmeinseln ¹⁾	Tropenhaus mit Aquakultur
Liter/s	MW	MW	MW	MW
80	1.0	0.8	0.2	1.0
219	12.4	0.8	11.6 ²⁾	12.4
280	17.4	0.8	16.6	17.4

- 1) Versorgungsgebiete Kanderbrück, Oberdorf/Grassi, Bahnhof/Parallelstrasse
- 2) 200 Liter/s, 20°C und Abkühlung um 14°C auf 6°C

Tabelle 6: Abkühlung Bergwasser bei Einleitung Engstligen

Abfluss und Temperatur des Bergwassers bleiben übers Jahr betrachtet praktisch konstant (ohne Berücksichtigung Felsabkühlung und Änderung Bergwasserspiegel).

Bei einer Abkühlung in den Wärmepumpenanlagen von 20°C auf 10°C ergibt sich ein Bergwassernutzungspotential von 29'000 MWh/a (unterer Prognosewert 80 Liter/s). Für die **3 betrachteten Wärmeversorgungsinseln**, mit einem Bedarf von 19 Liter/s, ergibt dies ein **Nutzungsgrad von 13%** (3'700 MWh/a).

Das **Projekt Tropenhaus Frutigen** basiert auf einem Bergwasserbedarf von 200 Liter/s. Das Bergwassernutzungspotential beträgt hier 73'000 MWh/a. Der Wärmebedarf aus Bergwasser beträgt ca. 9'500 MWh/a, entsprechend einem **Nutzungsgrad von 13%**.

4 Wärmeverteilung

4.1 Nahwärmeversorgung Bahnhof / Parallelstrasse

4.1.1 Wärmeverteilung

Für die Wärmeverteilung ist ein erdverlegtes Leitungssystem vorgesehen. Die Isolationsqualität sowie die Feuchteüberwachung des Netzes wird von der Zentrale aus elektronisch permanent überwacht.

4.1.2 Wärmeübergabe

Die Wärmeübergabe erfolgt in den Unterstationen, bei den Bezüglern. Die Wärmeübergabe erfolgt indirekt, d.h. mit Wärmetauscher.

Die Übergabestation dient zudem zur Energiemessung und zur Begrenzung der vertraglich vereinbarten Leistung. Die Übergabestation ist üblicherweise Eigentum des Energie lieferanten.

Die Betriebstemperaturen der bestehenden Wärmeversorgungen sind nach Angaben des Ingenieurbüro F. Brügger.

4.2 Tropenhaus mit Aquakultur Frutigen

Die Wärmeverteilung Gewächshaus und Nebengebäude erfolgt ab der Zentrale Tropenhaus.

5 Investitionen und Wirtschaftlichkeit

5.1 Nahwärmeversorgung Bahnhof / Parallelstrasse

5.1.1 Investitionen Tunnelwassernutzung

Bergwasserleitung ab Portal Helke	CHF	0
Wasserfassung für Wärmepumpe Fassung, Pumpenraum, Installationen Leitung bis Heizzentrale	CHF	216'000
Heizzentrale Wärmepumpenanlage, Heizkessel Ölversorgung, Installationen Elektro und MSR	CHF	679'650
Wärmeverteilung Verteilnetz, Hausanschlussleitungen, Netzüberwachung, Übergabestationen (Wärmetauscher)	CHF	1'068'000
Nebenkosten und Honorare	CHF	176'350
Gesamtkosten	CHF	2'140'000

Tabelle 7: Investitionen Nahwärmeversorgung Bahnhof / Parallelstrasse

In der derzeitigen Projektphase wird davon ausgegangen, dass die Kosten für die Ableitung des Berwassers in Kander oder Engstligen durch die AlpTransit übernommen werden. Im weitem wird davon ausgegangen, die Bergwasserleitung führt am Gebiet der Wärmeversorgung Bahnhof/Parallelstrasse vorbei (Abfluss Bergwasser > 50 Liter/s).

Die Baumeisterkosten für die Zentrale sind nicht eingerechnet. Die Standortfrage ist in der nächsten Projektphase zu klären (Erhaltungszentrum BLS).

5.1.2 Annahmen für Wirtschaftlichkeitsrechnung

In der Tabelle 7 sind die Energiepreise und Annuitäten angegeben, welche als Basis für die Wirtschaftlichkeitsrechnung dienen. Angaben exkl. MWST.

Ölpreis Heizöl EL	CHF/100L	40
Strombezug Wärmepumpe	CHF/kWh	0.12
Zinsfuss	% p.a.	5.0
Nutzungsdauer Wasserfassung	Jahre	28
Nutzungsdauer Zentrale	Jahre	15
Nutzungsdauer Wärmeverteilung	Jahre	40
Gewichtete Annuität (24 Jahre)	%	7.2
Anlagenversicherung	% der Invest.	0.1
Instandhaltung	% der Invest.	0.25-1.5
Vollservicevertrag Wärmepumpe	CHF/a	Erfahrungswert
Service Brenner, Tankrevision, Kaminfeger, Nacheichungen der Wärmezähler	CHF/a	Erfahrungswert

Tabelle 8: Grundlagen Wirtschaftlichkeitsrechnung

Im Ölpreis ist eine allfällige CO₂-Steuer nicht enthalten.

Nach Rücksprache mit BKW FMB Energie AG, D. Kammermann, ist für den Wärmepumpenstrombezug der Tarif econom 1 massgebend. Für Grund- und Konsumpreis ist von einem Mittelwert 12 Rp/kWh auszugehen. Die Bezugs-Sperrzeiten sind im Tarifblatt reglementiert.

5.1.3 Wärmegestehungskosten Tunnelwassernutzung

Die Wärmegestehungskosten beinhalten die kapitalgebundenen Kosten sowie die Betriebs- und Energiekosten und sind auf die jährlich verkaufte Wärmemenge bezogen.

Kapitalgebundene Kosten	CHF/a		151'316
Annuität	CHF/a	141'734	
Instandhaltung	CHF/a	7'442	
Versicherung	CHF/a	2'140	
Betriebsgebundene Kosten	CHF/a		27'600
Vollservice Wärmepumpe	CHF/a	21'000	
Brenner, Tankrevision, Kaminfe- ger, Nacheichungen	CHF/a	6'600	
Energiekosten	CHF/a		157'005
Heizöl EL	CHF/a	49'005	
Strombezug Wärmepumpe	CHF/a	108'000 ¹⁾	
Bezug Bergwasser Basistunnel	CHF/a	0	
Jahreskosten	CHF/a		335'921
Wärmegestehungskosten	Rp/kW		8.7

1) ohne Strombedarf Netzpumpen und Hilfsanlagen

*Tabelle 9: Wärmegestehungskosten Nahwärmeversorgung Bahnhof / Parallelstrasse,
 Endausbau*

Nicht berücksichtigt sind Förderbeiträge. Aus heutiger Sicht sind sowohl vom Bund (Tunnelwassernutzung ist von nationalem Interesse) wie auch von Kanton und Gemeinde Beiträge zu erwarten.

5.1.4 Vergleich mit bestehenden Wärmeversorgungen in Frutigen

Nahwärmeversorgungen mit Bergwassernutzung aus dem Basistunnel stehen im Markt Wettbewerb zu den Versorgungen mit konventionellen Energieträgern in Frutigen (Holz, Heizöl).

Für folgenden Wärmeversorgungen sind die Wärmegestehungskosten ermittelt worden. Die Berechnungsweise und Abgrenzung entspricht Kapitel 5.1.1-5.1.3 .

Die Holzpreise für Schnitzelfeuerungsanlagen stammen vom Ingenieurbüro F. Brügger.

Oberdorf (Spital, Heim) und Gemeindeverwaltung	3.9 Rp/kWh	Holz schnitzel	(27CHF/Schnitzel-m ³)
Gewerbegebiet Schwandstrasse	3.3 Rp/kWh	Holz schnitzel	(21CHF/Schnitzel-m ³)

Wärmegestehungskosten

- Gemeindeverwaltung (Holz) 10.5 Rp/kWh
- Oberdorf (Spital, Heim) (Holz, Heizöl) 7.9 Rp/kWh
- Gewerbe Schwandstrasse (Holz, Heizöl) 9.3 Rp/kWh

Dies zeigt, dass die dargestellte Nahwärmeversorgung Bahnhof / Parallestrasse mit der Bergwassernutzung im Endausbau zu den bestehenden Anlagen konkurrenzfähig ist.

5.2 Tropenhaus mit Aquakultur Frutigen

Betreffend Wirtschaftlichkeit wird auf die Machbarkeitsstudie, Emch+Berger AG / seecon gmbh, 11.11.2002 verwiesen.

6 Weitere Nahwärmeversorgungsgebiete mit Tunnelwassernutzung

Aufgrund der Ausgangssituation (vergleiche Kapitel 1.3) sowie den Wärmegestehungskosten und der Distanz zum Portal Basistunnel zeigt sich, dass für die mögliche Tunnelwassernutzung folgende Wärmeversorgungen weiterverfolgt werden sollen:

- Wärmeversorgung **Oberdorf** (Spital, Heim) und das **Gebiet Grassi** und
- **Gebiet Kanderbrück**

Diese beiden Gebiete sind im Anhang C dargestellt. In der Zentrale Oberdorf ist eine Holzschnitzelfeuerung installiert. Laut Angaben Ingenieurbüro F. Brügger ist die Anlage im Jahr 1990 erstellt worden.

Die Heizanlage Schulhaus Kanderbrück muss saniert werden (Kesselalter 25 Jahre).

Das Gebiet Gemeindeverwaltung und Dorfkern mit der kantonalen Verwaltung soll nicht weiter verfolgt werden (Distanz zum Portal, geringes Anschlusspotential).

Das Gewerbegebiet Schwandstrasse und das mit Wärme versorgte Hallenbad und Sportzentrum ist für die Tunnelwassernutzung nur von Interesse, wenn das geplante Erlebnisbad realisiert wird sowie die Anschlussdichte erhöht werden kann und die Bergwasserableitung durch das Gebiet Schwandstrasse geführt wird.

Das technische Konzept sieht vor, das Bergwasser ins Versorgungsgebiet zu fördern und dort in einer zu installierenden Wärmepumpenanlage zu nutzen:

Wärmequellennutzung (Bergwasser)		Oberdorf / Grassi	Kanderbrück
Volumenstrom	Liter/s	3.9	2.0
Temperatur Portal	°C	20	20
Temperatur Eintritt Wärmepumpe	°C	20	20
Rückgabetemperatur	°C	10	10
Wärmequellenleistung	kW	164	82
Wärmeerzeugungsanlage			
Elektromotorwärmepumpe			
Heizleistung	kW	230	115
Elektrische Leistungsaufnahme	kW	66	33
Verdampferleistung	kW	164	82
Heizkessel			
Wärmeleistung Holz	kW	800	
Wärmeleistung Heizöl	kW	900	225

Tabelle 10: Leistungsdaten weitere Nahwärmeversorgungen

Mit der Bergwassernutzung ergibt sich nachstehende Energiebilanz:

		Oberdorf / Grassi	Kander- brück
Wärmequelle (Bergwasser)	MWh/a	962	438
Brennstoff (Holz)	MWh/a	1'882	
Brennstoff (Heizöl)	MWh/a	568	239
Elektrizitätsbezug Wärmepumpe ¹⁾	MWh/a	386	176
Wärmeproduktion ab Zentrale	MWh/a	3'433	818
Arbeitszahl Wärmepumpe		3.5	3.5

1) exkl. Strom für Netzpumpe und Hilfsanlagen

Tabelle 11: Energiebilanz übrige Nahwärmeversorgungen

Der Bergwassernutzungsgrad ist im Kapitel 3.4 für die Nahwärmeversorgungen Bahnhof/Parallelstrasse, Oberdorf/Grassi und Kanderbrück erläutert.

Die **Investitionen** für die beiden Nahwärmeversorgungen betragen:

Oberdorf/Grassi	Mio. CHF 2.1
Kanderbrück	Mio. CHF 0.85

Es liegen die gleichen Abgrenzungen wie unter Kapitel 5.1 zu Grunde.

Für die Kapitalgebundenen Kosten und die Betriebs-/Energiekosten ergeben sich folgende **jährlichen Aufwendungen**:

Oberdorf/Grassi	CHF/a	307'000
Kanderbrück	CHF/a	31'000

Und daraus die **Wärmegestehungskosten**, bezogen auf verkaufte Wärme:

Oberdorf/Grassi	Rp/kWh	9.2
Kanderbrück	Rp/kWh	11.0

Im Vergleich sieht man, die Gestehungskosten liegen im Bereich der heute bestehenden Nahwärmeversorgungen in Frutigen (Kapitel 5.1.4), liegen aber höher als bei der Wärmeversorgung Bahnhof/Parallelstrasse (Kapitel 5.1).

7 Offene Fragen und Abklärungen bezüglich Realisierung

7.1 Möglicher Zeitplan für die Realisierung

Der Tunneldurchstich zwischen Tunnelscheitel und Nordportal ist auf Ende April 2003 terminiert.⁵

Das heisst, bis Ende 2003 kann auf den Bergwasserabfluss in der Tunnel-Betriebsphase geschlossen werden. Zu diesem Zeitpunkt erfolgt der Entscheid über allenfalls notwendige Kühleinrichtungen seitens AlpTransit sowie Trasse-Führung der Bergwasserab-
 laufleitung. Über die Bergwassereinleitung liegt ein Technischer Bericht im Entwurf vor (AlpTransit, 20.12.2002).

Konkrete Vorschläge zur thermischen Nutzung mit Kostenschnittstellen müssen bis Ende 2003 der AlpTransit vorliegen.

Die nachstehende Grafik zeigt den zeitlichen Ablauf für die Realisierung einer Nahwärmeversorgung mit Tunnelwasser AlpTransit sowie für das Tropenhaus Frutigen.

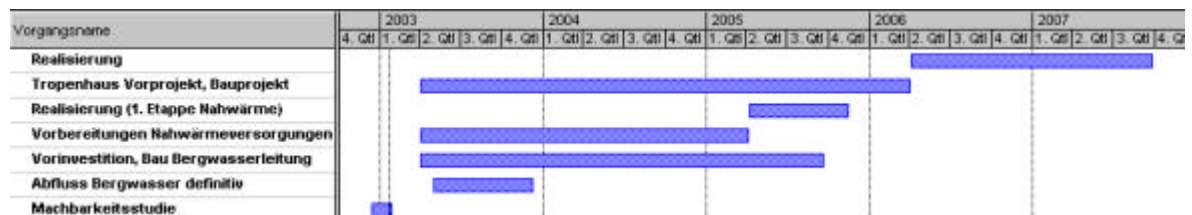


Bild 3: Zeitplan für Realisierung Bergwassernutzung

⁵ Tagung Baustelle Mitholz, 14.11.2002

7.2 Offene Fragen

7.2.1 AlpTransit

Entscheid Kühlbecken/Kühlturm und Trasse Bergwasserableitung Anfang 2004. Beginn der thermischen Nutzung ab Herbst 2005 möglich (siehe Kapitel 7.1).

7.2.2 Nahwärmeversorgungen Frutigen mit Tunnelwassernutzung

Aufgrund der Machbarkeitsstudie sind folgende Punkte als weitere Schritte anzugehen:

- Gespräche mit Gemeinde (Gebiete der Nahwärmeversorgungen mit Tunnelwassernutzung, Bauvorhaben)
- Abklärung Stand der Bauarbeiten betreffend neuer Unterführung Bahnhof (zukünftiges Trasse für Leitung zu Schulzentrum Bahnhofplatz, Bahnhof)
- Abklärungen mit Kanton und Bund betreffend Förderbeiträge
- Mögliche Trägerschaften aufzeigen, Wärme-Contracting
- Marketing vor Ort (Wärmeverkauf)

7.2.3 Tropenhaus mit Aquakultur Frutigen

- Projektgrösse abhängig von Bergwasserangebot Basistunnel
- Landerwerb noch nicht getätigt
- Bewilligung für Realisierung und Betrieb Tropenhaus
- Wirtschaftliche Sicherheit Investor

8 Umweltaspekte

8.1 Nahwärmeversorgung Bahnhof / Parallelstrasse

Mit der energetischen Nutzung des Bergwassers aus dem Basistunnel wird fossiler Brennstoff (Heizöl EL) eingespart.

Dies ist ein Beitrag zu den Zielen von Energie Schweiz.

In Bezug auf CO₂-Emissionen zeigt sich für die 3 aufgezeigten Nahwärmeversorgungen (Bahnhof/Parallelstrasse, Oberdorf/Grassi, Kanderbrück) folgende Veränderung:

		Konventionelle Anlage	Wärmeversorgung mit Tunnelwassernutzung	Veränderung %
Ölverbrauch	MWh/a	6'165	2'021	
Holzverbrauch	MWh/a	3'192	1'882	
CO ₂ -Fracht	To/a	1'634	535	-67

Tabelle 12: Veränderung CO₂-Fracht bei Wärmeversorgungen mit Tunnelwasser

8.2 Tropenhaus mit Aquakultur Frutigen

Mit einer konventionellen Heizkesselanlage beträgt der Heizölverbrauch ca. 15'300 MWh/a. Durch Nutzung des Bergwassers und Einsatz der Wärmepumpentechnik wird die Emission von ca. 4'000 To CO₂ pro Jahr vermieden.

Betreffend Ökobilanz wird auf die Machbarkeitsstudie Emch+Berger AG/seecon gmbh verwiesen.

Gruneko AG Basel

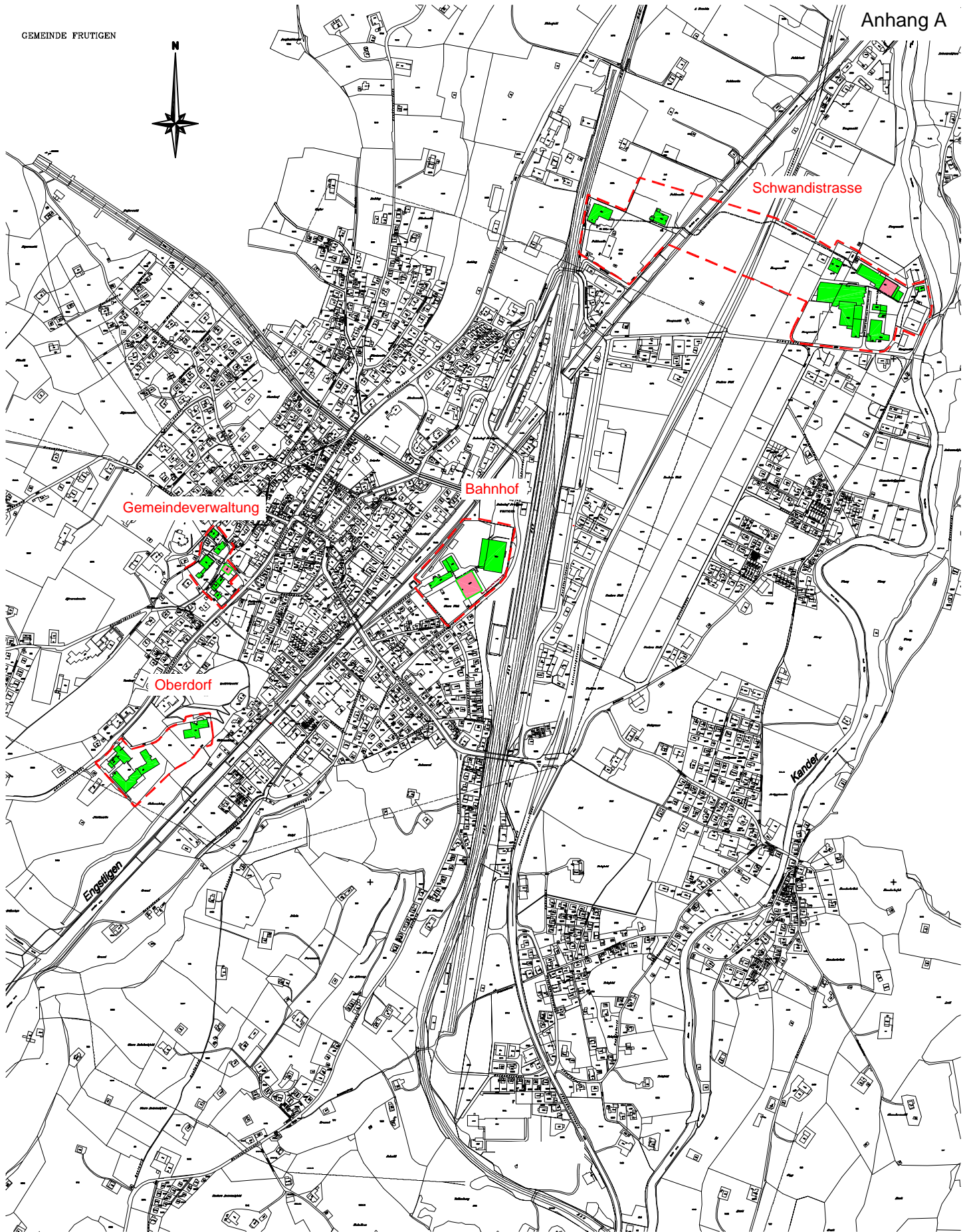
G. Oppermann

Ch. Dups




Schlussbericht Januar 2003

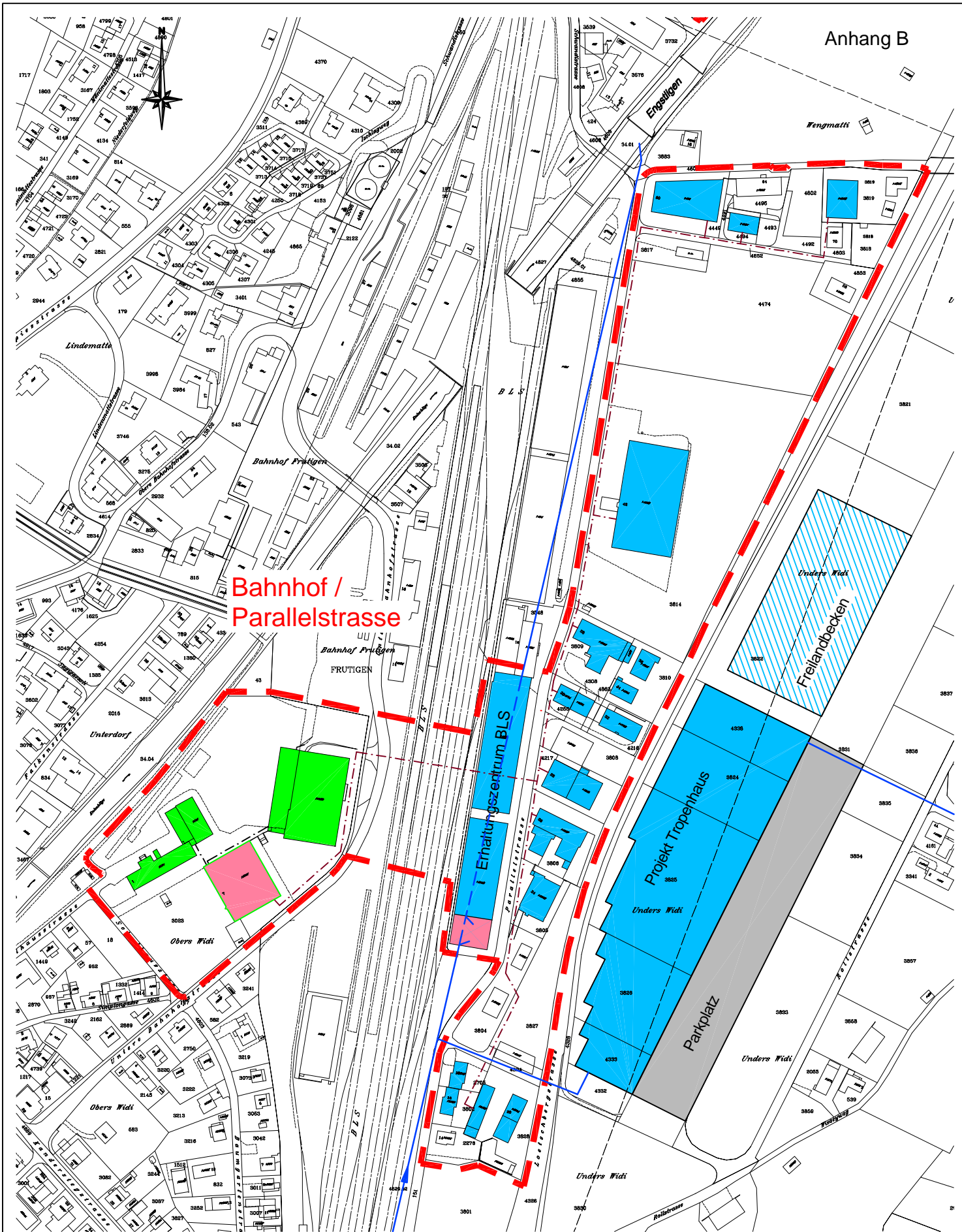
Wärmenutzung Tunnelwasser Basistunnel Lötschberg, Nordportal Machbarkeitsstudie Phase II

ANHANG



Legende:

-  best. FW-Anschluss
-  best. Heizzentrale
-  best. FW-Leitung



Bahnhof / Parallelstrasse

Erhaltungszentrum BLS

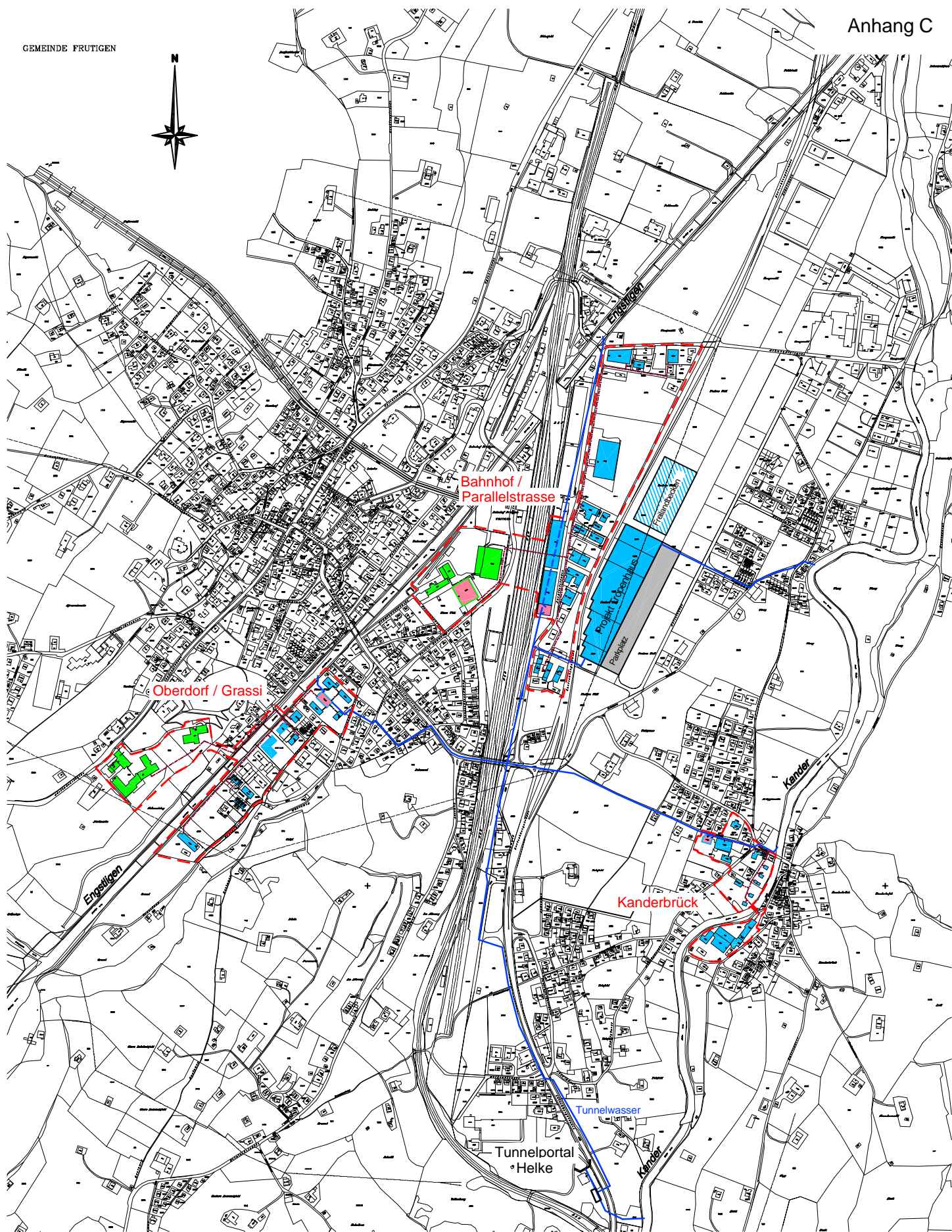
Projekt Tropenhaus

Freilandbecken

Parkplatz

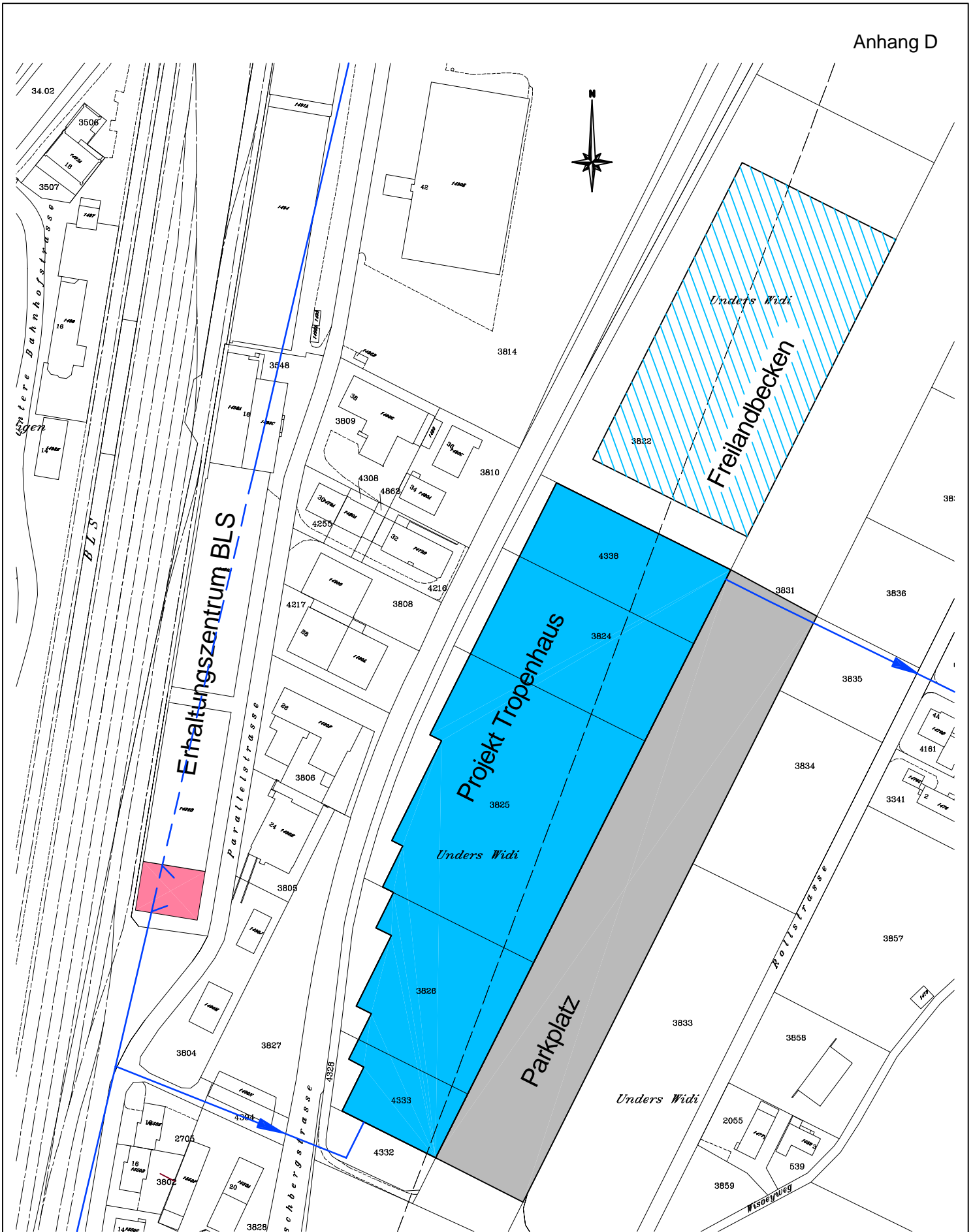
Legende:

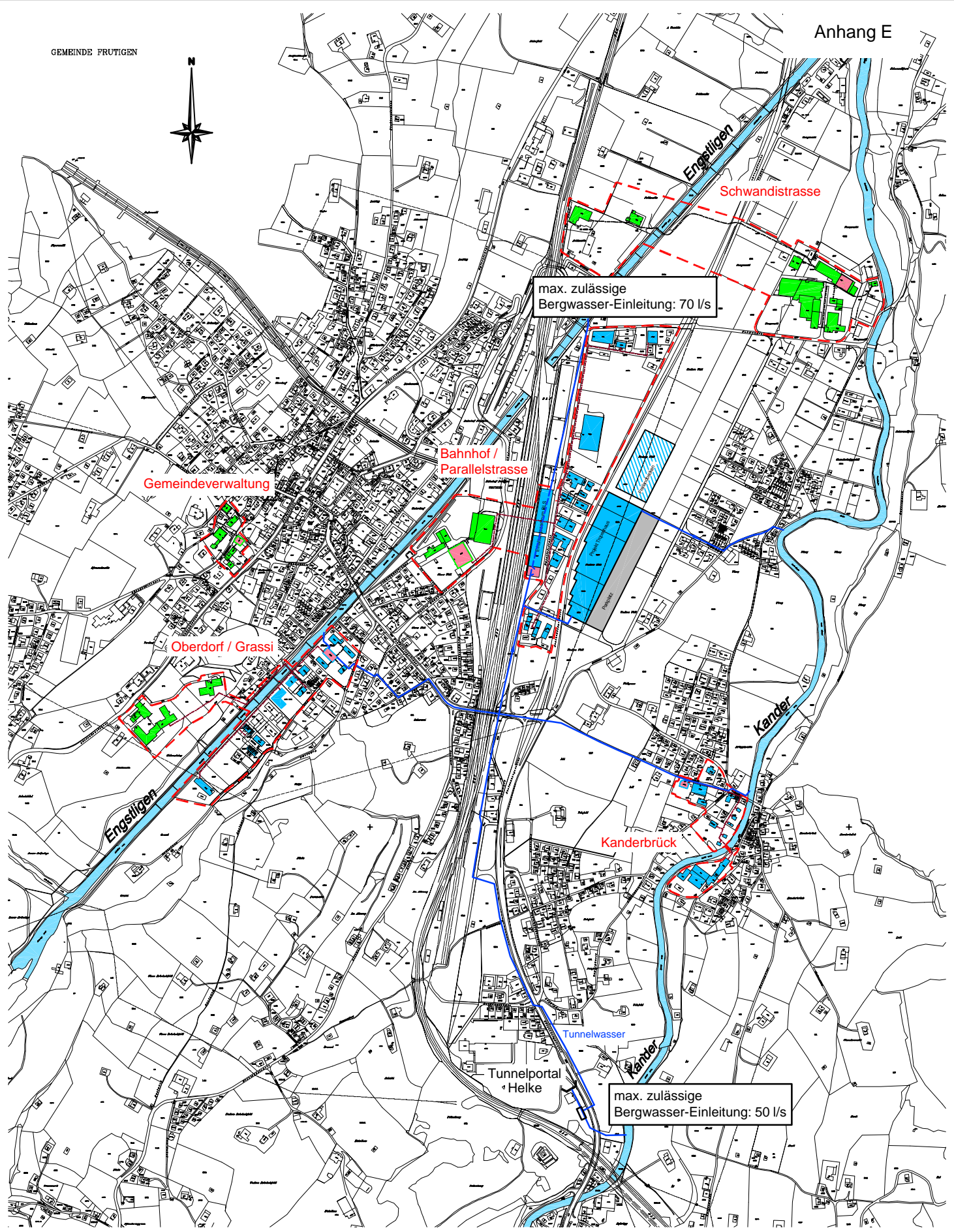
- best. FW-Anschluss
- neuer FW-Anschluss
- Heizzentrale
- best. FW-Leitung
- neue FW-Leitung
- Tunnelwasserleitung



Legende:

- best. FW-Anschluss
- neuer FW-Anschluss
- Heizzentrale
- best. FW-Leitung
- neue FW-Leitung
- Tunnelwasserleitung





Legende:

- best. FW-Anschluss
- neuer FW-Anschluss
- Heizzentrale
- best. FW-Leitung
- neue FW-Leitung
- Tunnelwasserleitung