



Amt für Umwelt (AfU) Kanton Solothurn

Hochwasserschutz und Revitalisierung Dünern

Variante «Umleiten»

Vorstudie Hochwasserentlastungsstollen

Technischer Bericht

Bericht Nr. 7020.19-b001a

Bern und Winterthur, 18. Mai 2018

HUNZIKER **BETATECH**

EINFACH.
MEHR.
IDEEN.

Impressum:

Projektname: Hochwasserschutz und Revitalisierung Dünnern
Teilprojekt: Variante «Umleiten» - Vorstudie
Erstelldatum: 05. Dezember 2017
Letzte Änderung: 18. Mai 2018
Autor Schlussbericht,
Federführung,
Hydraulik Hunziker Betatech AG
Pflanzschulstrasse 17, 8400 Winterthur
Jubiläumsstrasse 93, 3005 Bern
Tel. 052 234 50 50
E-Mail: info@hunziker-betatech.ch
Lea Widounig, Insa Will, Heiko Wehse
Autor Anhang 4,
Tunnelbau,
Stollenkosten Rothpletz, Lienhard + Cie AG, Olten
Alex Schneider, Nicola Rohr
Autor Anhang 5,
Geologie Sieber Cassina + Partner AG, Olten
Peter Hartmann, David Baumann
Datei: 7020.19-b001a HWS-Due Vorstudie_Stollen.docx



Inhaltsverzeichnis

0	Zusammenfassung	3
1	Ausgangslage	4
2	Ziele	5
3	Vorgesehene Nutzung und benötigte Kapazität des Stollens	6
4	Linienführung	8
4.1	Mögliche Lage der Stollen: Grobbetrachtung	8
4.2	Vertiefte Abklärungen der Varianten 1a), 1b), 1c) Oensingen – Aare	10
4.3	Vertiefte Abklärungen der Variante 2) Gunzgen - Bonigen	13
5	Konzeption und Dimensionierung	17
5.1	Stollenquerschnitt	17
5.2	Entlastungs- und Einlaufbauwerk	18
5.3	Auslaufbauwerk	20
6	Raumbedarf	22
7	Arbeitssicherheit für Bau und Unterhalt	23
8	Kosten	24
8.1	Erläuterungen und Grundlagen der Kostenschätzungen	24
8.2	Kostenzusammenstellung	26
8.3	Betriebs- und Unterhaltskosten	27
8.4	Kostenschätzungen von Zusatznutzungen	27
9	Variantenvergleich und Empfehlung	28

Anhang 1: Grundlagen

Anhang 2: Grobabklärungen Linienführung

Anhang 3: Skizzen Auslaufbauwerk

Anhang 4: Bericht RLO

Anhang 5: Bericht Sieber Cassina



0 Zusammenfassung

Ausgangslage und Fragestellung

Der vorliegende Bericht beschreibt eine von mehreren Varianten zur Lösung der Hochwasserschutzdefizite der Dünnern zwischen Oensingen und Olten. Diese Varianten sind in der Vorstudie [3] beschrieben, und werden im Frühjahr 2018 ergänzt und präzisiert. Es handelt sich um folgende Varianten:

- Variante «Umleiten»: Das Hochwasser wird durch einen Stollen in die Aare abgeleitet. Diese Variante ist Gegenstand des vorliegenden Berichts.
- Variante «Durchleiten»: Die Dünnern wird durchgehend bis Olten ausgebaut.
- Varianten «Retention»: Die Hochwasserspitzen werden unterhalb von Oensingen temporär zurückgehalten.

Ziele

Ziel der vorliegenden Vorstudie ist es, die in [3] skizzierte Variante „Umleiten“ bis auf Stufe Machbarkeitsstudie auszuarbeiten. Dies beinhaltet die Festlegung der Linienführung, Bestimmung des benötigten Profils, Skizze der Aus- und Einlaufbauwerke, Schätzung der Kosten mit einer Genauigkeit +/- 25%.

Untersuchte Untervarianten zum Umleiten des Hochwassers.

Für den Stollen kommen verschiedene Linienführungen in Frage:

- 1) Oensingen – Aare: 1a) Oensingen-Schwarzhäusern, 1b) Oensingen-Wolfwil, 1c) Niederbuchsiten-Wolfwil
- 2) Gunzgen-Boningen.

Empfohlene Untervariante

Wenn für die Lösung der Hochwasserschutzdefizite die Variante «Umleiten» gewählt wird, dann wird die Linienführung 1a) Oensingen-Schwarzhäusern empfohlen. Diese Variante hat unter Berücksichtigung der voraussichtlichen Bewilligungsfähigkeit und der erwarteten Kosten Vorteile gegenüber den anderen Untervarianten. Ihre Eigenschaften sind:

- Länge: 5.3 km
- Innendurchmesser: je nach gewähltem Abfluss und Einbauten 3.6 bis 4.5 m
- Geologie: Schotter, Moräne, Molasse
- Bauart: Maschinell mit Tunnelbohrmaschine mit Hydroschildvortrieb. Hierbei ist trotz mehrfacher Wechsel Fels / Lockergestein kein Umbau der Tunnelbohrmaschine nötig
- Kosten: 133 Mio. CHF +/- 25%

1 Ausgangslage

Hochwasserschutz an der Dünnern, gemäss AfU¹

«Die kommunalen Gefahrenkarten der Gemeinden entlang der Dünnern weisen verschiedene Hochwasserdefizite aus: Im Thal bestehen drei Abschnitte, in denen der Abflussquerschnitt nicht ausreicht, um ein 100-jährliches Hochwasser (HQ100, Schutzziel geschlossene Siedlung) abzuleiten. Im Gäu ist die Abflusskapazität zwischen Oensingen und Rickenbach fast durchgehend ungenügend. Auch zwischen Rickenbach und Olten bestehen Defizite.

Ausgelöst durch den 6-Spurausbau der A1 zwischen Luterbach und Härkingen hat der Kanton eine Vorstudie für den Dünnernabschnitt Oensingen bis Oberbuchsiten in Auftrag gegeben [3]. Die Vorstudie zeigt in Varianten auf, wie die bestehenden Hochwasserschutzdefizite und die ökologischen Defizite behoben werden können und wo allfällige Schnittstellen zum 6-Spurausbau bestehen. [...]

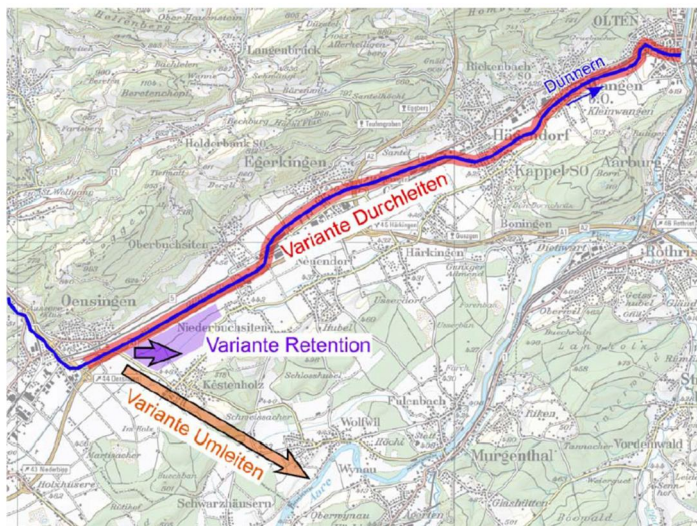


Abbildung 1: Mögliche Varianten für den Hochwasserschutz in der Gäuebene, gemäss [3]

Die Vorstudie befand sich in den Monaten März / April 2017 bei den kantonalen Fachstellen und den betroffenen Gemeinden und Verbänden in der Vernehmlassung. Rund 40 Organisation und Private haben eine Stellungnahme abgegeben. Vor allem die Gemeinden und Vertreter der Landwirtschaft stehen dem Vorhaben kritisch gegenüber. [...]

Gestützt auf die Ergebnisse der Vernehmlassung wird das Amt für Umwelt die Vorstudie bis Mitte 2018 ergänzen. [...]

Die im Frühjahr 2018 laufenden Ergänzungen der Vorstudie [3] betreffen insbesondere:

- Überprüfung und ergänzende Abklärungen zur Variante «Retention»
- Überprüfung der Massnahmenwahl in der Variante «Durchleiten»
- Ausarbeitung einer Vorstudie der Variante «Umleiten». (Gegenstand des vorliegenden Berichts.)

¹ Quelle: <https://www.so.ch/verwaltung/bau-und-justizdepartement/amt-fuer-umwelt/wasser/wasserbau/hochwasserschutz/hochwasserschutz-duennern/>, Zugriff am 22.05.2017 und 18.12.2017



Parallele Projekte

An der Dünnern stehen neben den Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekten weitere grössere Projekte in verschiedenen Bereichen an, insbesondere:

- Die Autobahn wird auf sechs Spuren ausgebaut und es werden neue Strassenabwasserbehandlungsanlagen (SABA) realisiert.
- Betreffend Abwasserreinigung untersuchen das AfU und die beiden Abwasserverbände ZAF und ZAG zurzeit, mit welcher Variante die Mikroverunreinigungen eliminiert werden sollen. In Frage kommen zusätzliche Reinigungsstufen auf der ARA Falkenstein (Oensingen) und der ARA Gäu (Gunzgen), eine gemeinsame Reinigungsstufe, oder die Ableitung des gereinigten Abwassers in die Aare. Dabei könnten sich Synergien zu einem Hochwasserschutzstollen ergeben.
- Im Auftrag des Kantons und des Bundesamts für Strassen läuft eine landwirtschaftliche Planung (LP), welche aufzeigen soll, wie die raumrelevanten Vorhaben (6-Spurausbau, Wasserbau, Nitratprojekt) mit der Landwirtschaft vereinbar sind.

2 Ziele

Ziel der vorliegenden Vorstudie ist es, die in [3] skizzierte Variante „Umleiten“ bis auf Stufe Machbarkeitsstudie auszuarbeiten. Dies beinhaltet:

- Linienführung
- Profil
- Aus- und Einlauf
- Kostenschätzung +/- 25%

Die Ergebnisse sollen eine der Grundlagen für das begleitende Projektteam, die Begleitgruppe, die Behörden von Bund und Kanton und den Regierungsrat sein, um das weitere Vorgehen festzulegen.

3 Vorgesehene Nutzung und benötigte Kapazität des Stollens

Hochwasser

Primär dient der Stollen der Ableitung der Hochwasserspitzen aus der Dünnern in die Aare.

Die durch den Stollen entlastete Wassermenge und die hinterlegte Abflussganglinie wird analog zu den Varianten Retention und Durchleiten gewählt, wobei die Abklärungen für zwei Abflussvarianten gemacht werden, siehe Tabelle 1.

	HQ ₁₀₀	Weiterleitmenge Dünnern (in Oensingen)	Durch den Stollen entlastete Hochwassermenge
Variante Entlastung mit Q=96m ³ /s	141 m ³ /s	96 m ³ /s	45 m ³ /s
Variante Entlastung mit Q=72m ³ /s	141 m ³ /s	72 m ³ /s	69 m ³ /s

Tabelle 1: Abflüsse in Oensingen und Dimensionierungswassermenge des Stollens

Der Hochwasserabfluss HQ₁₀₀ von 141 m³/s wurde von Scherrer [2] für den Berechnungspunkt 17 (unterhalb Oensingen) bestimmt.

Die durch den Stollen entlastete Hochwassermenge ist für alle untersuchten Stollenstandorte identisch. Die Weiterleitmenge Dünnern gemäss Tabelle 1 gilt für den Stollenstandort Oensingen, weiter flussabwärts ist sie grösser.

Allfällige weitere Nutzungen des Stollens

Es besteht die Option, weitere Nutzungen des Stollens zu ermöglichen, um von Synergien zu profitieren. Der Sinn und Nutzen solcher Nutzungen wurde im Rahmen der vorliegenden Vorstudie nicht untersucht. Diskutiert wurden die folgenden Nutzungen:

- **Gereinigtes Abwasser:** Eine der zurzeit untersuchten Varianten zur Elimination von Mikroverunreinigungen aus dem häuslichen Abwasser sieht die Ableitung in die Aare durch den Hochwasserstollen vor. Es wird von folgenden Abflussmengen ausgegangen: ARA Falkenstein Q_{max} = 520 l/s, ARA Gäu Q_{max} = 280 l/s, Summe Q_{max} = 800 l/s = 0.8 m³/s
- **Siedlungsentwässerung:** Je nach Lage des Stollens kann ein Teil des in die Dünnern entlasteten, ungereinigten Abwassers durch den Stollen in die Aare abgeleitet werden. Dies würde die Wasserqualität der Dünnern verbessern.
- **Bewässerung:** An der Projektteamsitzung vom 24. Januar 2018 wurde von Vertretern der Landwirtschaft die Idee präsentiert, die Gäu-Ebene mit Aarewasser zu bewässern. Aus Sicht des Hochwasserstollens wäre das Einziehen einer Bewässerungsleitung grundsätzlich möglich, z.B. im Bankett, wenn diese Leitung nicht zu gross würde. Es wurde noch keine Dimensionierung vorgenommen, nur eine sehr grobe Abschätzung. Im Querschnitt der Abbildung 13 ist als Platzhalter eine Leitung DN 400 eingezeichnet.
- **Strassenabwasser A1:** Das ASTRA realisiert im Rahmen des 6-Streifen Ausbaus Luterbach Härkingen zwei an die Dünnern angeschlossene Strassenabwasserbehandlungsanlagen (SABA), eine bei Oensingen und eine bei Egerkingen. Die Planung geht davon aus, dass gereinigtes und entlastetes Strassenabwasser direkt in die Dünnern eingeleitet wird. Gemäss informeller Auskunft besteht seitens ASTRA kein Interesse an einer Ableitung über eine der Stollenvarianten. Eine solche könnte aber eventuell die Wasserqualität der Dünnern verbessern.



Auswirkungen der allfälligen weiteren Nutzungen auf den Stollen:

Die oben beschriebenen möglichen weiteren Nutzungen können die folgenden Auswirkungen auf den Stollen haben:

- Zusatznutzen, Synergien
- Erhöhter Koordinationsbedarf: Zu klären sind die Schnittstellen und Verantwortlichkeiten, wie z.B., Kostenteiler für Planung, Bau, Unterhalt und Sanierung, Eigentumsverhältnisse, usw.
- Gestaltung der Stollensohle: Zur Ableitung des gereinigten Abwassers bräuchte es in der Stollensohle eine Trockenwetterrinne oder eine Leitung (siehe Abbildung 13), für die Bewässerung müsste eine Druckleitung eingezogen werden.
- Erhöhter Unterhaltsbedarf: Wenn gereinigtes oder ungereinigtes Abwasser oder Regenwasser abgeleitet wird, steigt der Unterhaltsbedarf: Reinigung, Unterhalt der Trockenwetterrinne, ...
- Kein Einfluss auf die Dimensionierungswassermenge: Die allfällige Ableitung des gereinigten Abwassers, des aus der Siedlungsentwässerung entlasteten Wassers oder des Strassenabwassers hat keine Auswirkungen auf die Dimensionierungswassermenge des Stollens, denn diese Abflüsse sind ab Oensingen Bestandteil des Dünnernabflusses und deshalb in den hydrologischen Untersuchungen mitenthalten. Deshalb kommt im Hochwasserfall eine Ableitung durch den Stollen nur einer Umverteilung gleich, ohne Einfluss auf den Abfluss in der Dünnern oder im Stollen.
- Einbauten in den Stollen (Bankett, Trockenwetterrinne, Bewässerungsleitung, ...) verringern den Stollenquerschnitt und machen einen grösseren Durchmesser nötig (siehe Abbildung 13).

4 Linienführung

4.1 Mögliche Lage der Stollen: Grobbetrachtung

Zur Bestimmung der Lage des Stollens werden zunächst anhand der folgenden Kriterien mögliche Bereiche bestimmt, in denen der Stollen liegen kann:

- Möglichst weit flussaufwärts: Je weiter flussaufwärts der Stollen zu liegen kommt, desto kürzer ist die Dünnernstrecke, die auf das HQ₁₀₀ ausgebaut werden muss.
- Möglichst kurze Distanz: Je kürzer der Stollen ist, desto günstiger wird er.
- Möglichst keine Unterquerung von Liegenschaften oder Bauzonen: Verringerung des Risikos von Einsparungen, Konflikten mit Wärmepumpen, Werkleitungen, ...
- Günstige Lage für die Ausleitung aus der Dünnern und die Einleitung in die Aare (genügend Raum, gleichförmige hydraulische Verhältnisse, ...)

Schon nur mit den obenstehenden Kriterien lassen sich die möglichen Linienführungen des Stollens stark eingrenzen. Es wurden die folgenden Linienführungen definiert. Sie sind in Abbildung 2 dargestellt.

1. Varianten Oensingen-Aare
 - 1a) Oensingen - Schwarzhäusern
 - 1b) Oensingen - Wolfwil
 - 1c) Niederbuchsiten - Wolfwil
2. Variante Gunzgen-Boningen

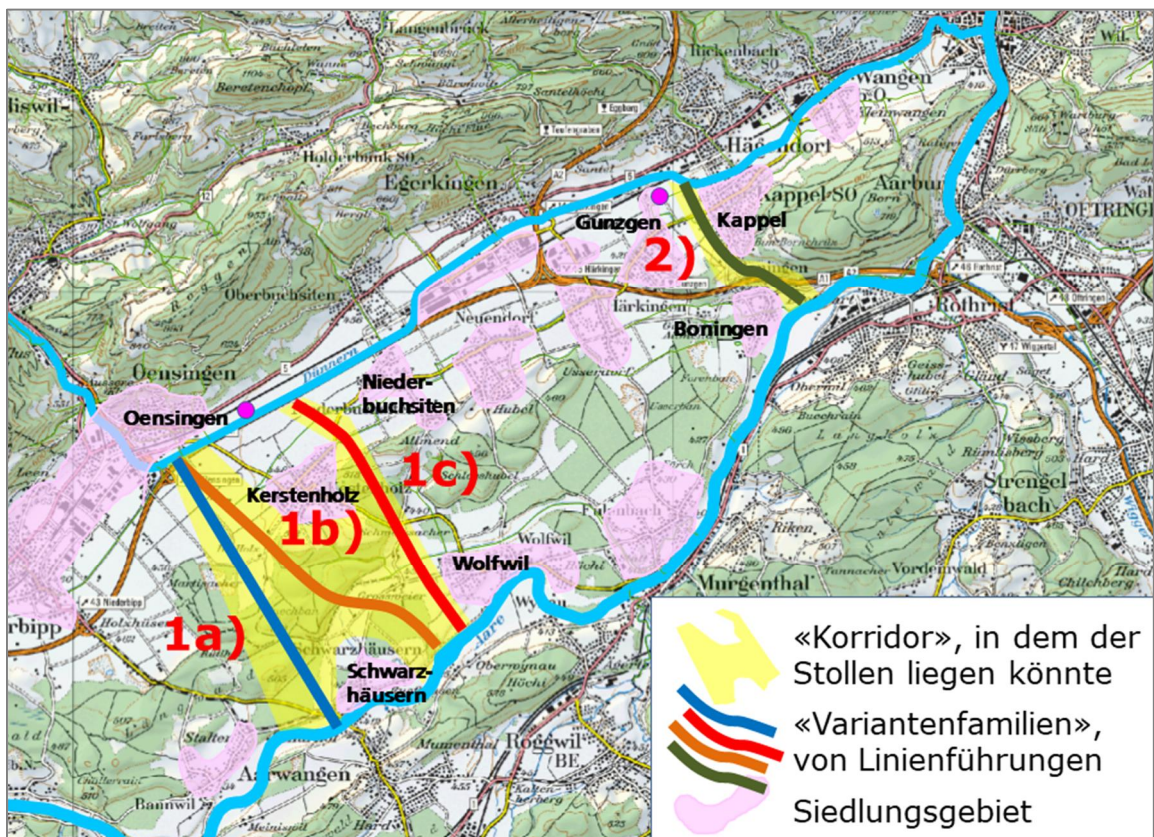


Abbildung 2: Mögliche Lage der Stollen: Grobbetrachtung



Die Grobbetrachtungen dieser Untervarianten sind im Anhang 2 näher beschrieben. Dieser Anhang enthält grobe Längenprofile und Übersichtskarten:

- Bodennutzung
- Werkleitungen
- Kataster der belasteten Standorte
- Grundwasserstand
- Gewässerschutzbereiche und Schutzzonen
- Lage von betrachteten Bohrprofilen

Da die Grobbetrachtung zur Auswahl einer Bestvariante nicht ausreichte, wurden für vertiefte Abklärungen Fachleute weiterer Büros beigezogen. Siehe folgendes Kapitel.

Das folgende Kapitel beruht weitestgehend auf dem technischen Bericht zum Stollenbau von Rothpletz, Lienhard + Cie AG (RLO), siehe Anhang 4 und auf dem geologischen Bericht von Sieber Cassina + Partner AG (SC+P), siehe Anhang 5. Die Auszüge aus diesen Berichten sind für eine bessere Kohärenz zum übrigen Bericht und zur besseren Verständlichkeit teilweise umformuliert und ergänzt. Im Zweifelsfalle gelten die Formulierungen der Originalberichte im Anhang.

4.2 Vertiefte Abklärungen der Varianten 1a), 1b), 1c) Oensingen – Aare

4.2.1 Linienführung

Diskussion der Linienführungen (Varianten) 1a) bis 1c):

- Die geologischen Verhältnisse der Varianten 1a), 1b) und 1c) sind ähnlich.
- Variante 1b ist deutlich länger als die Varianten 1a) und 1c)
- Die Varianten 1b) und 1c) verlaufen entlang der Grundwasserschutzzone S3 (siehe Abbildung 29).
- Bei der Variante 1a) kann gemäss geologischem Bericht (Anhang 5) der Lockergesteinsabschnitt verkürzt werden, wenn der Stollen rund 200 m nach Osten verschoben wird (Abbildung 3). Damit ergäbe sich eine Mittelvariante zwischen 1a) und 1b), welche ebenfalls nicht neben der Grundwasserschutzzone zu liegen kommt. Ausserdem kann dadurch möglicherweise eine Felsrinne umgangen werden. Allerdings würden zwei andere Bacheinschnitte gequert. Deshalb wird im Weiteren auf eine Betrachtung dieser Untervariante verzichtet. Im Rahmen eines allfälligen Vorprojekts wäre sie zu prüfen.



Abbildung 3: Variante 1a) (blaue Linie) und mögliche Verschiebung nach Osten zur Verringerung des Lockergesteinsabschnitts (orange) [gemäss SC+P, Anhang 5]

- è Fazit: Variante 1a) ist nur unwesentlich länger als Variante 1c) und berührt keine Grundwasserschutzzonen. Deshalb wird im Folgenden nur die Variante 1a) weiterverfolgt.

4.2.2 Baumethode

Im Bericht RLO (Anhang 4) wird eine Tunnelbohrmaschine (TBM) mit Hydroschildvortrieb empfohlen.

Für die Unterquerung der A1 werden Bauhilfemassnahmen benötigt: Injektionen, Überwachung der Strassenoberfläche. Diese sind in den Kosten eingerechnet.

Bei allen Varianten ist ausreichend Platz für die Installationsplätze und Erschliessungen vorhanden. Für die Deponie des Ausbruchsmaterials sind im Rahmen der Projektierung geeignete Standorte im Kanton zu suchen. Die Kosten der Deponierung sind eingerechnet.

4.2.3 Längenprofil

Das geologische Längenprofil von RLO ist in Abbildung 4 dargestellt. Im Bericht des Anhangs 4 sind dazu die Gefährdungsbilder und die Vortriebsvarianten zugeordnet.

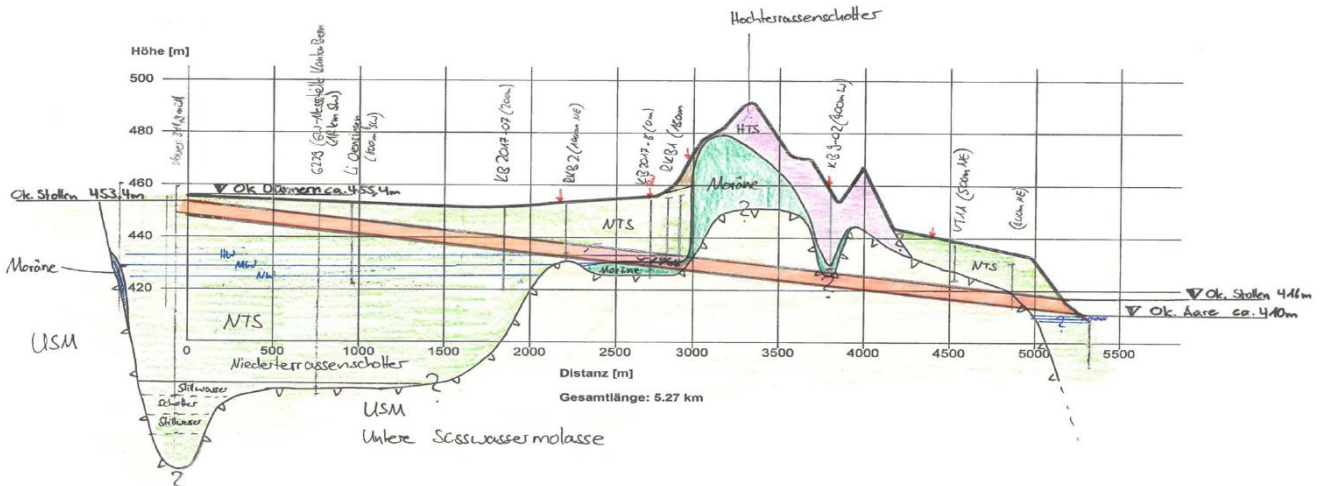


Abbildung 4: Längenprofil Variante 1a) gemäss Anhang 4 und 5

4.2.4 Werkleitungen Variante 1a)

Es wurden Schmutzwasserleitungen, Wasserleitungen und Gasleitungen betrachtet. Leitungsverlegungen wurden mit durchmesserabhängigen Laufmeterkosten einberechnet.

Leitungen für Elektro, Fernsehen, Swisscom etc. wurden nicht betrachtet, für allfällige Verlegungen wurde bei jeder Variante eine Pauschale von CHF 50'000 eingesetzt.

Beim Entlastungsbauwerk ist eine Abwasserleitung neben der Dünnern vorhanden. Da die Dünnern im Bereich des Entlastungsbauwerks gemäss Vorstudie verbreitert und angehoben werden muss, kommt die Leitung unter der Unterhaltszufahrt zu liegen und muss lediglich geschützt werden (Abbildung 5).

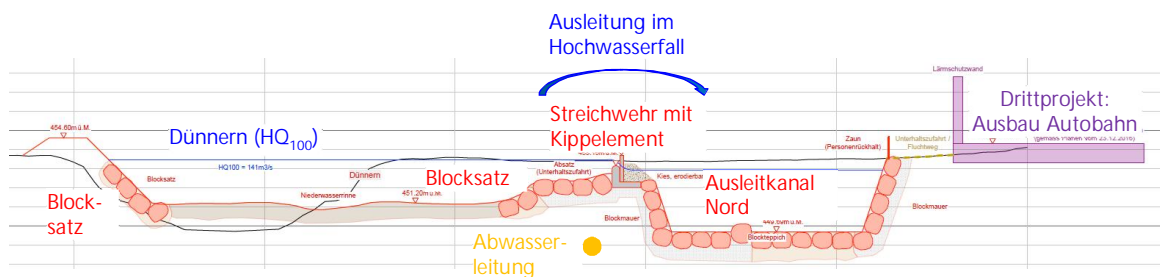


Abbildung 5: Lage der Abwasserleitung (orange) im Schnitt A-A (Pläne Vorprojekt Flussbau AG)

Beim Auslaufsbauwerk der Variante 1a) wird eine Wasserleitung (G120) und eine Abwasserleitung (K1000) gequert, welche an ein Pumpwerk und eine Hochwasserentlastung angeschlossen ist (Abbildung 6 und Abbildung 7). Für die Kostenschätzung wird davon ausgegangen, dass die Leitungen für den Stollenbau umgelegt und das Pumpwerk inkl. Hochwasserentlastung nordöstlich des Auslaufsbauwerks verschoben werden. Dies ist in den Kosten eingerechnet. Ob die Verlegung wirklich nötig ist, oder ob allenfalls durch eine leicht angepasste Linienführung eine Entflechtung mit den Werkleitungen möglich ist, muss in den weiteren Projektierungsschritten untersucht werden.

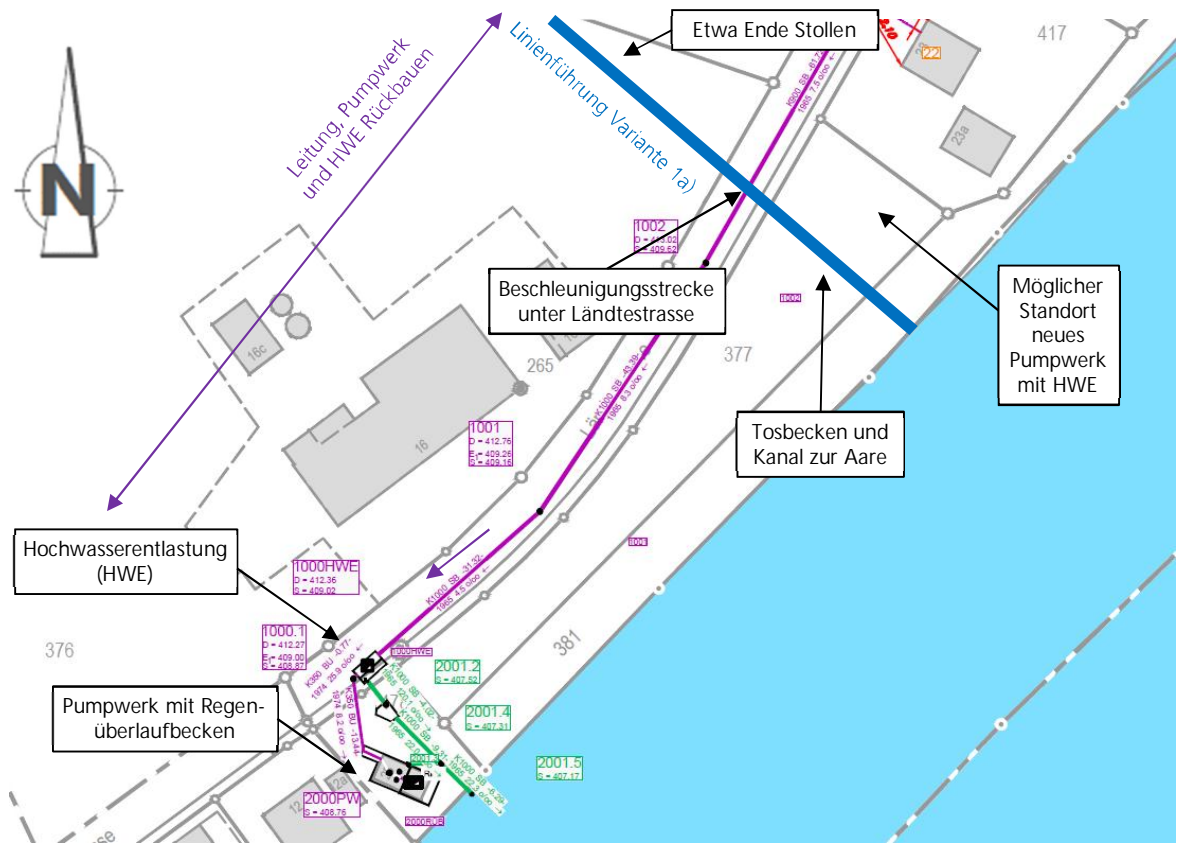


Abbildung 6: Situation Abwasserleitung bei Auslaufsbauwerk Variante 1a) [Quelle: Scheidegger AG]

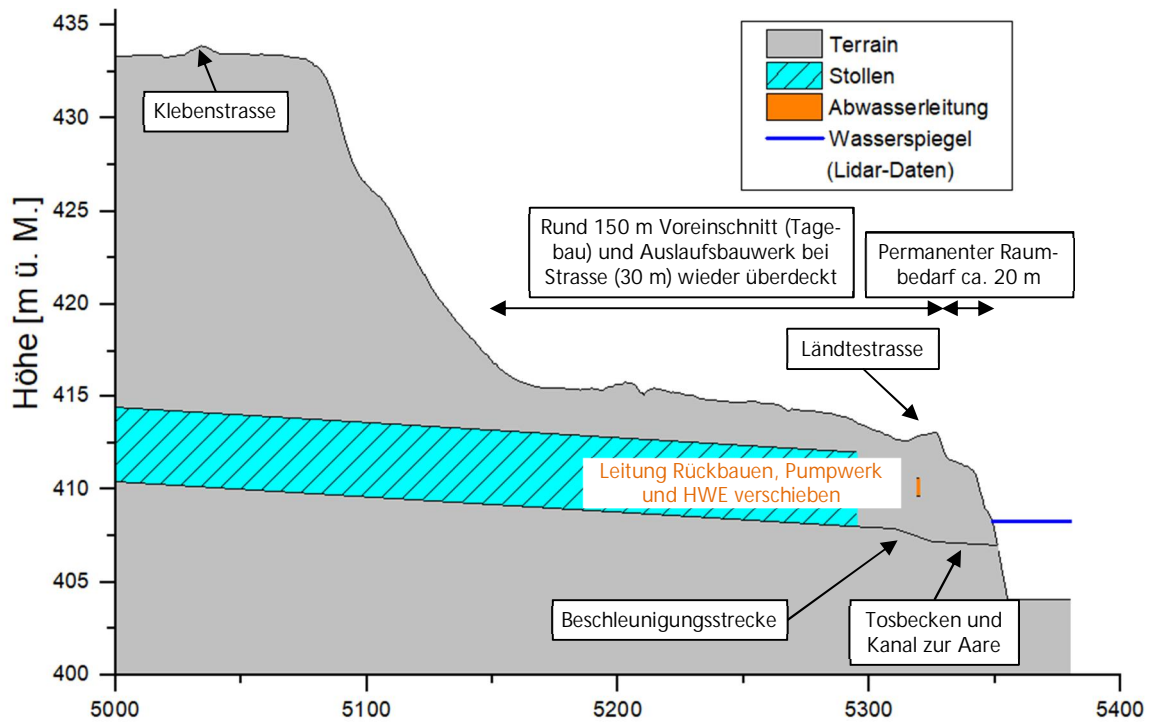


Abbildung 7: Längensprofil Abwasserleitung bei Auslaufsbauwerk Variante 1a)

4.3 Vertiefte Abklärungen der Variante 2) Gunzgen - Bonigen

4.3.1 Linienführung

Diskussion der Linienführung (Variante 2):

- Variante 2) kommt ebenfalls neben einer Grundwasserschutzzone zu liegen. Im Gegensatz zur Variante 1b) und 1c) ist die Fliessrichtung des Grundwassers jedoch von der Schutzzone Richtung Stollen (Abbildung 9).
- Bei der Variante 2) kann gemäss geologischem Bericht (Anhang 5) der Lockergesteinsabschnitt und damit die Länge im Grundwasserstrom verringert werden, indem der Stollen rund 250 m nach Nordosten verschoben wird (Abbildung 8). Dabei wird jedoch das Siedlungsgebiet unterquert, weshalb ebenfalls auf eine weitere Betrachtung verzichtet wird.

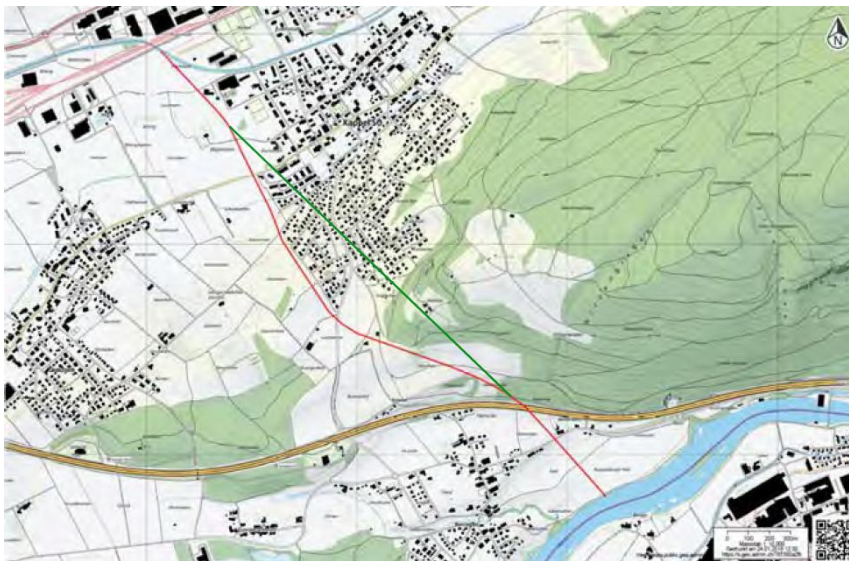


Abbildung 8: Variante 2) (rot) und mögliche Verschiebung zur Verringerung des Lockergesteinsabschnitts (grün) [SC+P, Anhang 5]

- Im Gegensatz zu den Varianten 1a) bis 1c) ist bei der Variante 2) der Grundwasserspiegel höher. Der Grundwasserhöchststand liegt grösstenteils weniger als 3 m unter dem Terrain, womit der Stollen den Aquifer in jedem Fall quert. Gemäss der aktuellen Gewässerschutzverordnung (GSchV) darf die Durchflusskapazität des Grundwassers durch ein Bauwerk um maximal 10 % vermindert werden (Anh.4 Ziff. 211 Abs 2 GSchV). Mit einer maximalen Mächtigkeit von rund 53 m bei Grundwasserhöchststand und einer Mächtigkeit von rund 40-50 m bei mittlerem Grundwasserspiegel dürfte der Aussendurchmesser des Stollens nur maximal ca. 4 m hoch sein. Dies reicht für einen kreisförmigen Stollen nicht aus. Die Erstellung eines kreisförmigen Stollens (maschineller Vortrieb) ist deshalb vermutlich nicht bewilligungsfähig, auch wenn der Grundwasserstrom nicht auf der ganzen Breite gequert wird. Es wird daher neben dem maschinellen Vortrieb auch ein konventioneller Vortrieb (Tagebau) betrachtet. Dieser erlaubt ein Rechteckprofil mit geringerer Höhe. Dafür muss einer Unterwasserbetonsohle erstellt werden, die mit injizierten Mikropfählen gegen Auftrieb gesichert wird. Welche Zusatzmassnahmen bei der Injektion im Grundwasser eingehalten werden müssen, muss bei Weiterverfolgung der Variante in der nächsten Projektphase abgeklärt werden.
- è Fazit: Variante 2 wird mit zwei Untervarianten weiterverfolgt: Kreisprofil mit maschinellem Vortrieb (Bewilligungsfähigkeit aber fraglich), und Rechteckprofil mit Tagebau (Bewilligungsfähigkeit wäre in folgenden Projektierungsphasen noch abzuklären).

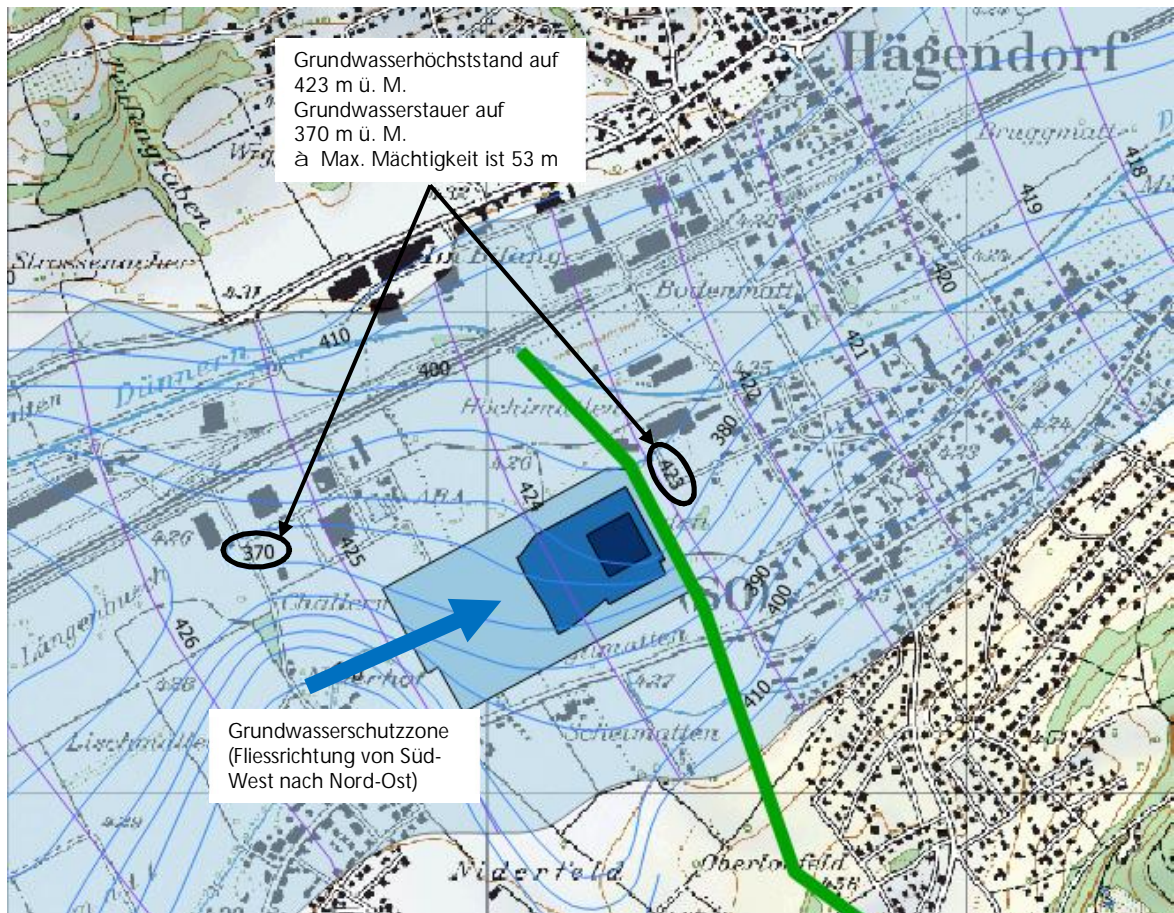


Abbildung 9: Grundwasserhöchststand bei Variante 2)

4.3.2 Baumethode

Im Bericht RLO (Anhang 4) werden (wie im obenstehenden Kapitel erwähnt) zwei Baumethoden vorgeschlagen:

- Variante 2) maschinell: Mixschild TBM-Vortrieb mit je einer Vortriebseinrichtung für standfesten Fels und für Lockergestein (Hydroschildvortrieb)
- Variante 2) konventionell: Im bergmännischen Teil Sprengvortrieb (SPV) oder Vortrieb mit Teilschnittmaschine (MUF); Im Lockergestein Tagebau, wobei die Baugrube mit Spundwänden (max. 25 m tief) und einer gegen Auftrieb gesicherten Unterwasserbetonsohle gesichert wird.

Die A1 wird bergmännisch unterquert mit Hilfe von Rohrschirmen, Ankern und eventuell Injektionen zur Sicherung der Überdeckung (MUL = Maschinenunterstützter Vortrieb im Lockergestein). Die Kosten sind eingerechnet.

Bei allen Varianten ist ausreichend Platz für die Installationsplätze und Erschliessungen vorhanden. Für die Deponie des Ausbruchsmaterial sind noch geeignete Standorte im Kanton zu suchen. Die Kosten der Deponierung sind eingerechnet.

4.3.3 Längenprofil

Das geologische Längenprofile von RLO ist in Abbildung 10 dargestellt. Im Bericht des Anhangs 4 sind dazu die Gefährdungsbilder und die Vortriebsvarianten zugeordnet.

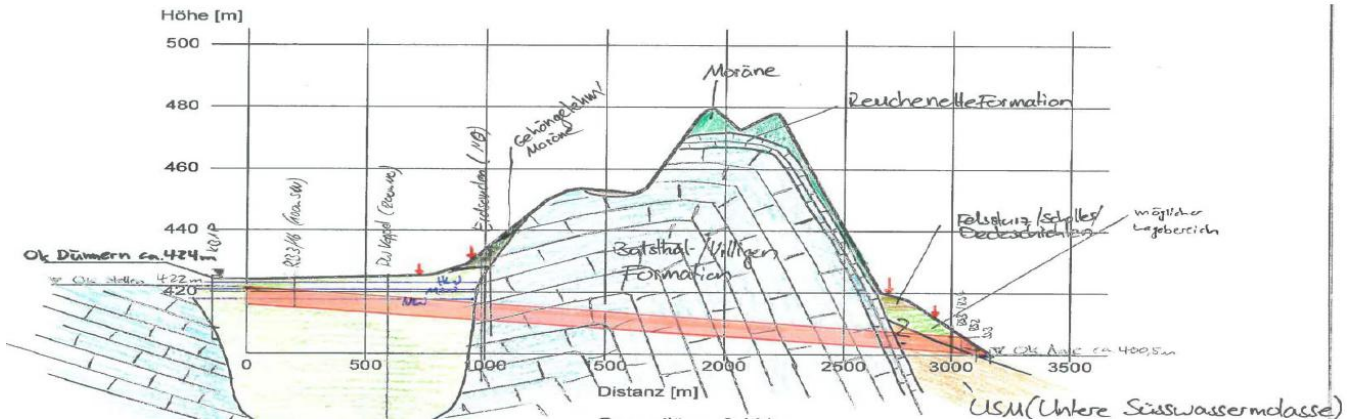


Abbildung 10: Längenprofil Variante 2

4.3.4 Werkleitungen Variante 2)

Es wurden Schmutzwasserleitungen, Wasserleitungen und Gasleitungen betrachtet. Leitungsverlegungen wurden mit durchmesserabhängigen Laufmeterkosten einberechnet.

Leitungen für Elektro, Fernsehen, Swisscom etc. wurden nicht betrachtet, für allfällige Verlegungen wurde bei jeder Variante eine Pauschale von CHF 50'000 eingesetzt.

Bei der Variante 2) wird sowohl bei maschinellem Vortrieb als auch bei Tagebau eine Schmutzwasserleitung (DN250) gekreuzt, welche sich beim Auslaufsbauwerk befindet. Da die ARA Boningen aufgehoben wurde, führt die Leitung Rohabwasser zur ARA Aarburg (Abbildung 11). Für den Bau des Auslaufsbauwerks könnte z.B. westlich des Stollens ein neues Pumpwerk erstellt werden, um die Leitung über den Stollen zu führen. Alternativ kommt vielleicht auch ein Düker in Frage, oder es kann eine Verschiebung des Ausleitbauwerks rund 200 m Richtung Osten geprüft werden, wodurch der Stollen jedoch länger und damit teurer würde. Dies ist in den weiteren Planungsschritten auszuarbeiten. In Abbildung 12 ist das Längenprofil bei der jetzigen Linienführung dargestellt.

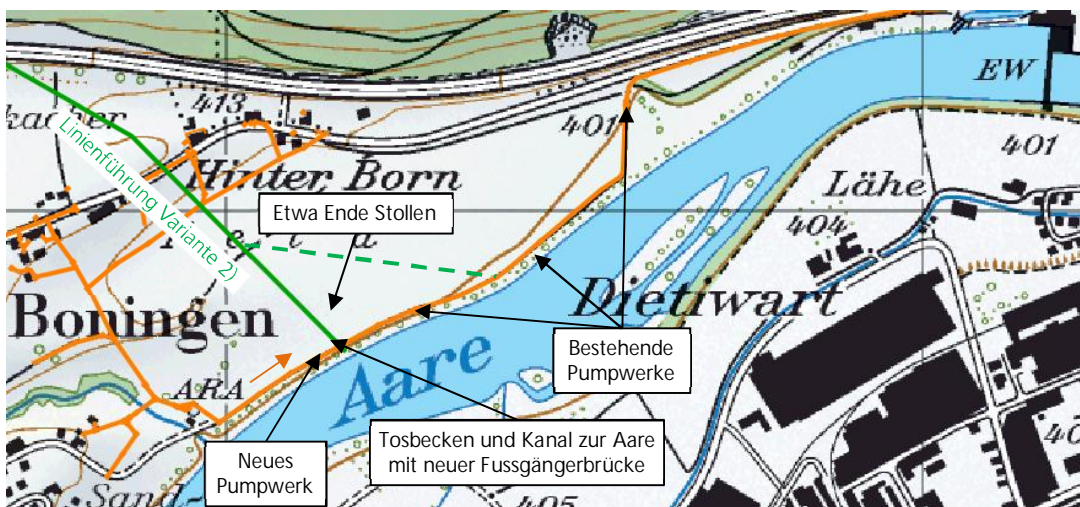


Abbildung 11: Situation Mischwasserkanalisation (orange) bei Auslaufsbauwerk Variante 2) (grün gestrichelt) mit Position bestehender Pumpwerke und alternativer Linienführung (grün gestrichelt)

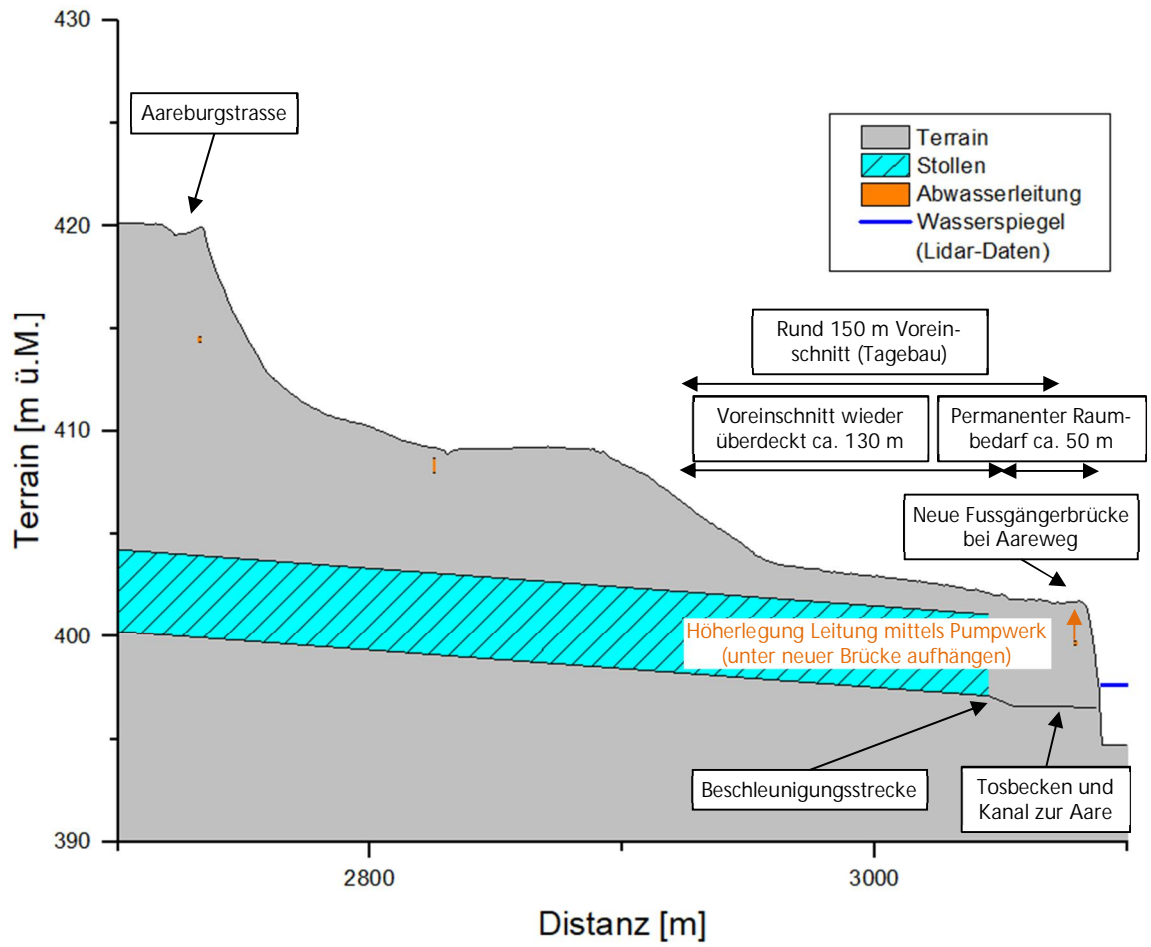


Abbildung 12: Längenprofil Abwasserleitungen bei Auslaufsbauwerk Variante 2)

5 Konzeption und Dimensionierung

5.1 Stollenquerschnitt

In Tabelle 2 sind die benötigten Innendurchmesser des Stollens für die beiden Dimensionierungswassermengen ($Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$ und $Q = 69 \text{ m}^3/\text{s}$) aufgelistet. Dabei werden zwei Profile verglichen, siehe Abbildung 13:

- normaler Kreisquerschnitt «Querschnitt ohne Einbauten»
- Kreisquerschnitt mit Bankett und Rinne für die Ableitung von gereinigtem Abwasser, Druckleitung für allfällige Bewässerung mit Aarewasser, sowie Fahrbahn für Unterhaltsfahrzeuge «Querschnitt mit Einbauten»

Das mittlere Stollengefälle liegt bei allen Linienführungen im Bereich von 0.7 - 0.8 %. Für die Berechnung des Innendurchmessers wurde daher als konservative Annahme ein Stollen-Gefälle von 0.7 % gewählt. Dieses Gefälle gilt für die Bauweise mit TBM. Falls eine teilweise offene Bauweise gewählt würde, hätten einige Stollenabschnitte ein geringeres, andere ein grösseres Gefälle. Die Stollendurchmesser müssten dann angepasst werden.

Der Stollen ist auf ein HQ_{100} dimensioniert. Bei einem Kreisprofil weisen die Teilfüllungskurven bei rund 80 % ein Maximum auf. Der Abfluss bei Vollfüllung entspricht dann etwa dem Abfluss bei Teilfüllung [8]. In den weiteren Projektierungsschritten ist dann unter Einbezug des effektiven Gefälles eine hydraulische Optimierung vorzunehmen, welche eventuell auch zu Anpassungen des Durchmessers führen kann.

Tabelle 2: Vergleich Stollendurchmesser

Innendurchmesser für ein Stollengefälle von 0.7 %	Dimensionierungswassermengen	
	$Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 69 \text{ m}^3/\text{s}$
Ohne Einbauten	3.6 m	4.3 m
Mit Einbauten	3.9 m	4.5 m

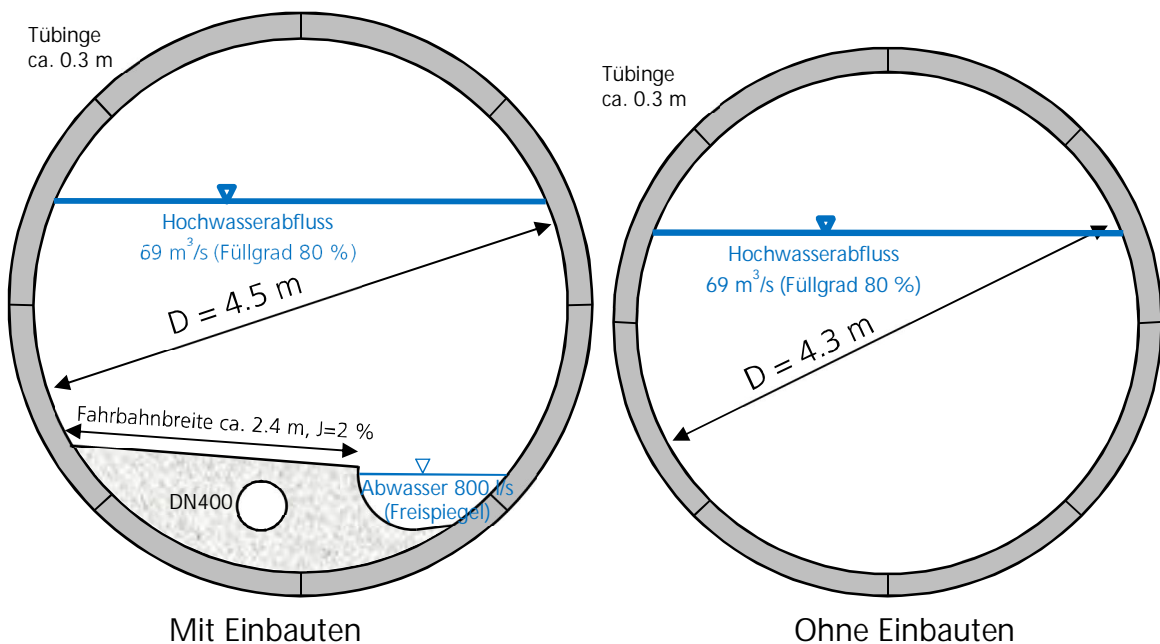


Abbildung 13: Stollenquerschnitt mit und ohne Einbauten für $Q = 69 \text{ m}^3/\text{s}$

5.2 Entlastungs- und Einlaufbauwerk

Das Entlastungsbauwerk wurde in der Vorstudie «Hochwasserschutz und Revitalisierung Dünern» von der Flussbau AG projiziert (Abbildung 14 bis Abbildung 16). Es besteht aus einem Streichwehr mit Kippelementen, über welches im Hochwasserfall eine Entlastung in den Ausleitkanal stattfindet. Die Firma Hunziker, Zarn & Partner AG (HZP) überprüfte das Bauwerk und fügte eine Verengung kurz vor der Rampe hinzu, damit der Wasserspiegel stärker angehoben wird und die Entlastung besser funktioniert. Damit kann gemäss HZP vermutlich auf die Kippelemente verzichtet werden.

Sobald die Überdeckung für den Stollen genügend gross ist, führt der Ausleitkanal über ein Einlaufbauwerk in den Stollen. In Abbildung 17 bis Abbildung 18 ist die Lage von Entlastungs- und Einlaufbauwerk dargestellt.

- Für die westliche Linienführung 1a) Oensingen-Aare kann das Entlastungsbauwerk im Grundsatz übernommen werden.
- Für die Variante 2) Gunzgen-Boningen kann das Entlastungsbauwerk grundsätzlich ebenfalls übernommen werden. Der Düker entfällt, da nach dem Entlastungsbauwerk keine Strasse gequert wird.

Zur Überprüfung und Optimierung der Funktionsfähigkeit des Entlastungs- und Einlaufbauwerks sind auf Stufe Projektierung voraussichtlich Modellversuche notwendig.

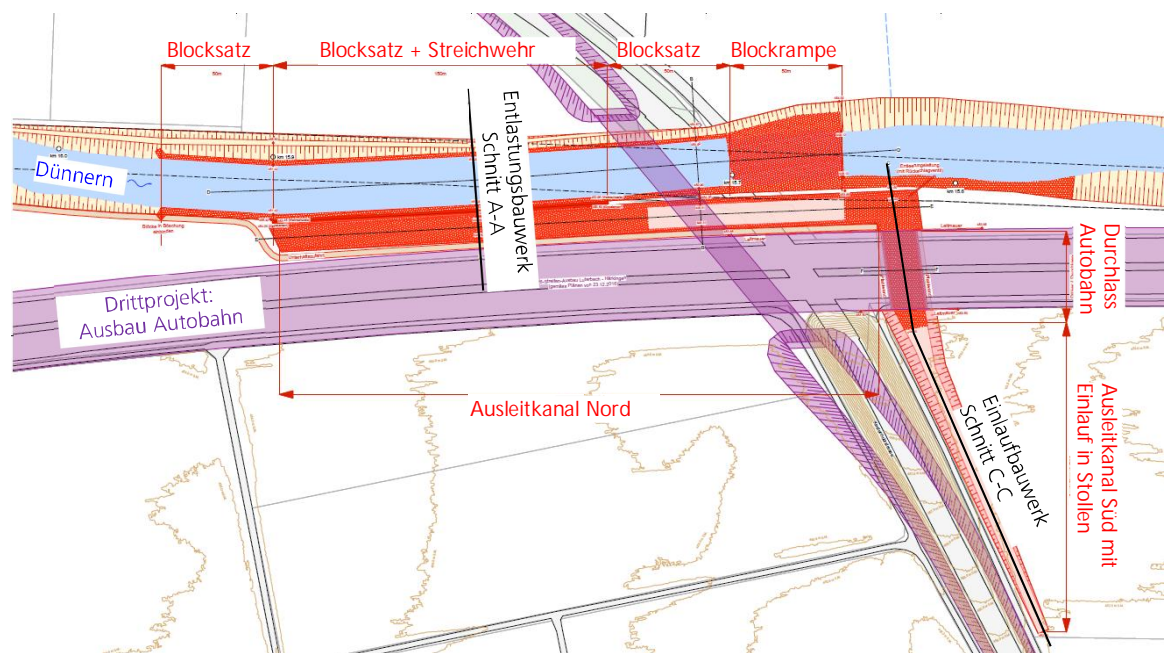


Abbildung 14: Entlastungsbauwerk Situation (Pläne Vorstudie Flussbau AG)

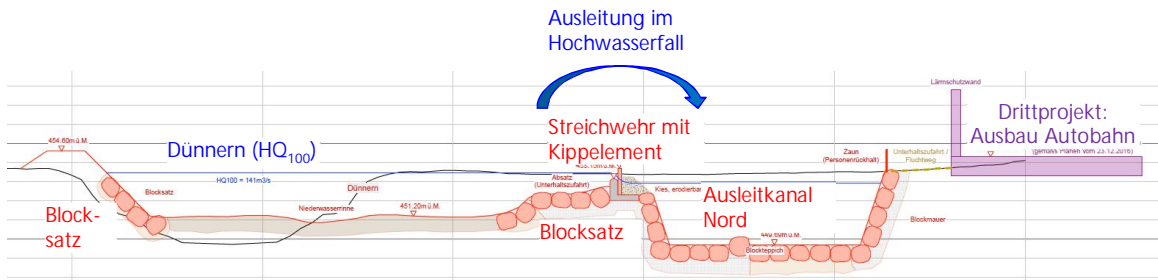


Abbildung 15: Entlastungsbauwerk Schnitt A-A (Pläne Vorstudie Flussbau AG), wobei nach Anpassungen des Bauwerks gemäss HZP vermutlich auf die Kippelemente verzichtet werden kann.

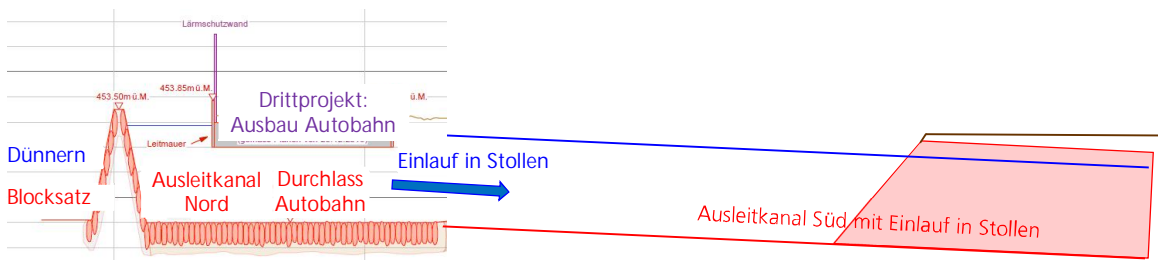


Abbildung 16: Entlastungsbauwerk Schnitt C-C (Pläne Vorstudie Flussbau AG) mit schematischer Anpassung Einlaufbauwerk

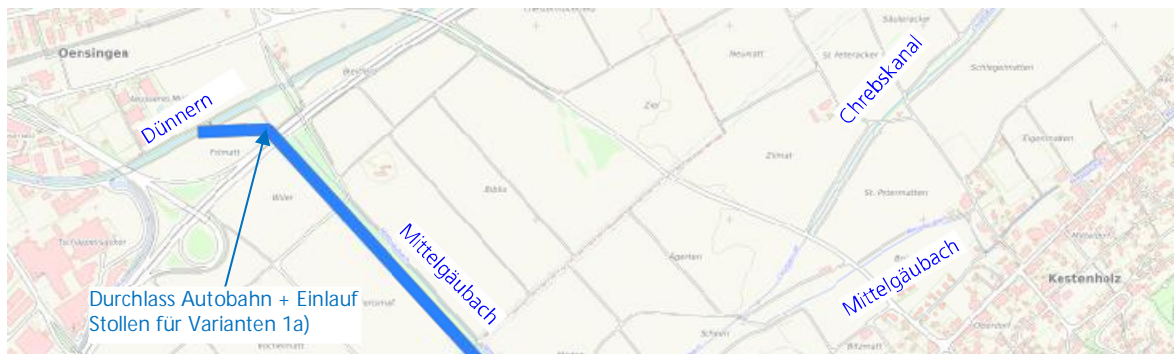


Abbildung 17: Situation Oersingen-Aare 1a), Entlastungs- und Einlaufbauwerk



Abbildung 18: Situation Gunzgen-Boningen 2), Entlastungs- und Einlaufbauwerk

5.3 Auslaufbauwerk

Das Auslaufbauwerk besteht aus einem Tosbecken, in welchem die Energie des durch den Stollen abfließenden Wassers (schiessender Abfluss) vernichtet wird. Der beruhigte Abfluss (strömender Abfluss) wird in einem offenen Kanal in die Aare zurückgeführt. Beim Zusammenfluss wird das Aare-Ufer mit Steinen gesichert.

Es wurde im Rahmen der vorliegenden Vorstudie nicht untersucht, ob bzw. welche Auswirkungen im Ereignisfall die zusätzlich in die Aare eingeleiteten Wassermengen haben könnten. Dies ist auf Stufe Projektierung näher zu beleuchten.

Im Tosbecken (Abbildung 19) bildet sich beim Übergang zwischen schiessendem und strömendem Abfluss ein Wechselsprung aus. Dabei steigt die Wassertiefe an und die Fließgeschwindigkeit wird verlangsamt. Eine ausreichende Tosbeckenlänge und eine Schwelle am Ende des Tosbeckens verhindert das Abwandern des Wechselsprungs in die Aare. Mit dem Einbau von Störkörpern kann die benötigte Beckenlänge reduziert werden. Die Beschleunigungsrampe zu Beginn des Tosbeckens ermöglicht einen klaren Übergang zwischen schiessendem und strömendem Abfluss (optimal: $4.5 < Fr < 9$). Die Bemessungswerte sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

In Abbildung 20 bis Abbildung 21 ist die Lage des Auslaufbauwerks dargestellt.

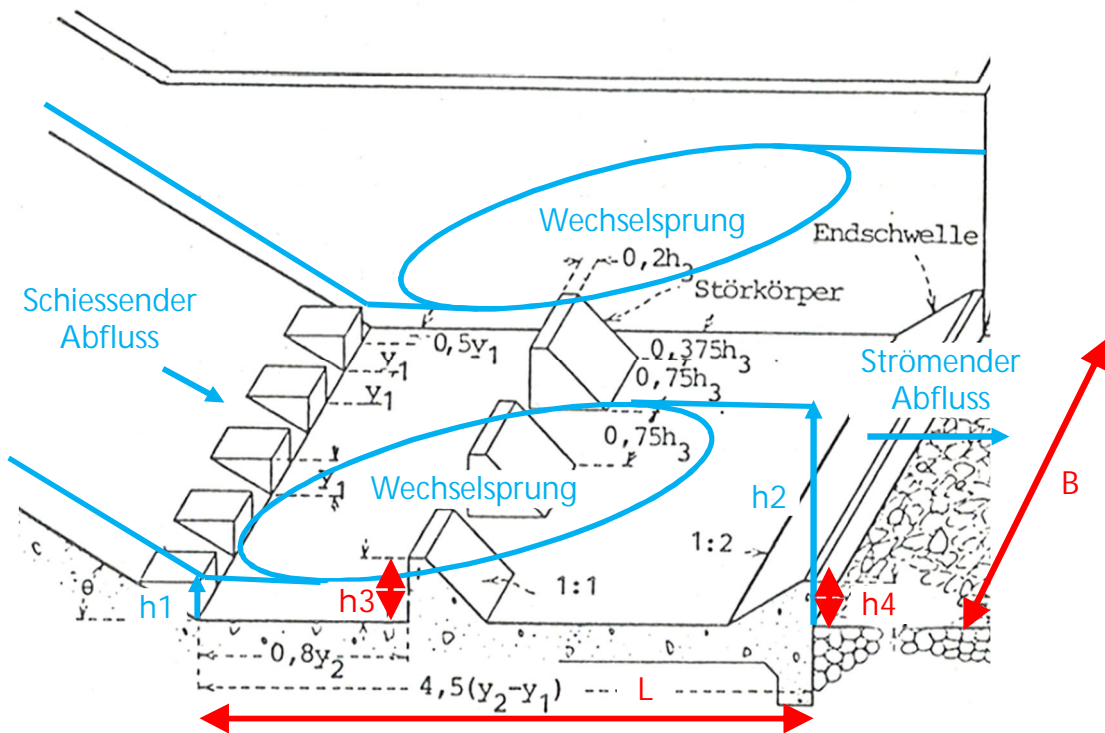


Abbildung 19: Parameter Tosbecken

Tabelle 3: Bemessung Tosbecken

Qdim	Stollen ohne Einbauten		Vor Wechselsprung			Nach Wechselsprung		Tosbeckengeometrie			
	hs	vs	h1	v1	Fr1	h2	v2	L	B	h3	h4
m ³ /s	m	m/s	m	m/s		m	m/s	m	m	m	m
45	2.4	6.2	0.47	9.56	4.45	2.74	1.65	10.2	10	0.64	0.59
69	2.8	6.8	0.61	11.22	4.57	3.68	1.88	13.8	10	0.83	0.77

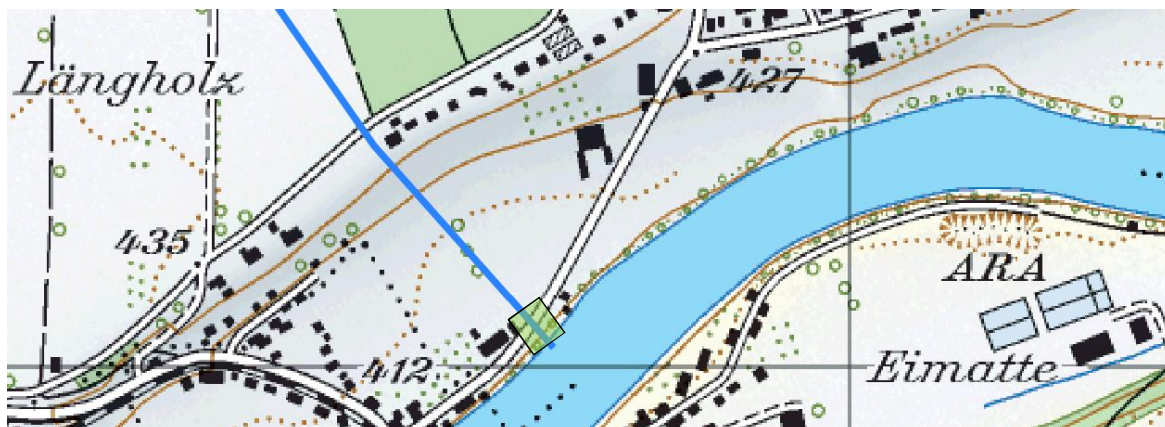


Abbildung 20: Situation Oensingen-Aare 1a), Auslaufbauwerk (hellgrün)



Abbildung 21: Situation Gunzgen-Boningen 2), Auslaufbauwerk (hellgrün)

Tabelle 4: Sohlenhöhe Aare

	Variante 1a)	Variante 2)
Gewiss-Adr. unterstrom / oberstrom	74399 / 74816	62385
Mittlere Sohle 2009 / 2011	404.04 – 404.15	394.72

6 Raumbedarf

Beim Raumbedarf wird unterschieden zwischen Flächen, welche für die Landwirtschaft permanent nicht mehr zur Verfügung stehen und Flächen, welche nach dem Bau wieder bewirtschaftet werden können.

Die temporären Flächen beinhalten einen 20 m breiten Streifen im Bereich des Entlastungs-, Einlaufs- und Ausleitbauwerks, Installationsplätze und einen 15 m breiten Streifen entlang der Tagbaustrecken.

Die Erschliessung ist entlang bestehender Wege möglich, welche zu einer Baupiste ausgebaut werden können. Die Baupisten sind daher nicht im Raumbedarf eingerechnet. Die berücksichtigten Flächen sind in Tabelle 5 aufgelistet und in Abbildung 22 bis Abbildung 25 dargestellt. Siehe auch Abbildung 6 bis Abbildung 12.

Tabelle 5: Raumbedarf

		Variante 1a)	Variante 2) maschinell	Variante 2) Tagebau
Entlastungs- und Einlaufsbauwerk	Permanent [m ²]	5'000	6'000	6'000
	Temporär [m ²]	7'000	8'000	8'000
Auslaufsbauwerk	Permanent [m ²]	1'000	1'000	1'000
	Temporär [m ²]	15'000	15'000	26'000

Grössenvergleich: ein Fussballfeld hat eine Fläche von ca. 4'000 bis 11'000 m²

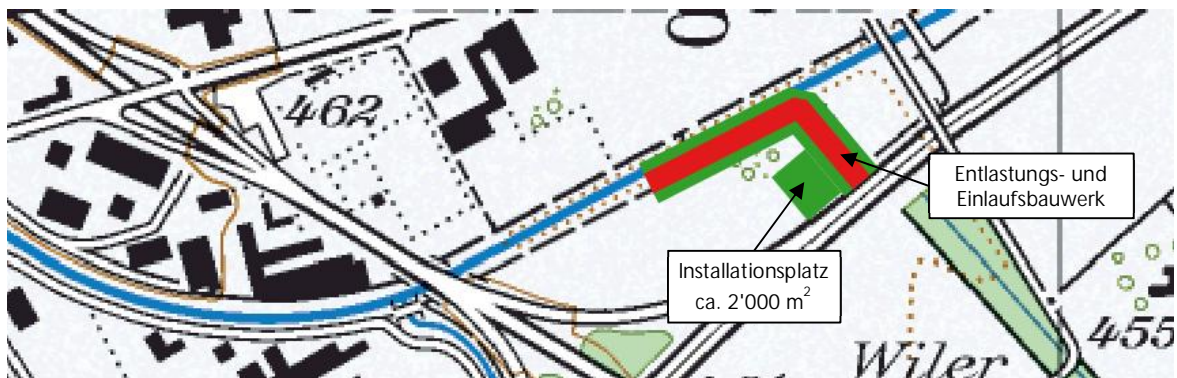


Abbildung 22: Variante 1a), Raumbedarf Entlastungs- und Einlaufsbauwerk: permanent (rot) und temporär (grün)



Abbildung 23: Variante 1a), Raumbedarf Auslaufsbauwerk: permanent (rot) und temporär (grün)



Abbildung 24: Variante 2), Raumbedarf Entlastungs- und Einlaufsbauwerk: permanent (rot) und temporär (grün), zusätzliche temporäre Flächen bei Tagebau (blau)

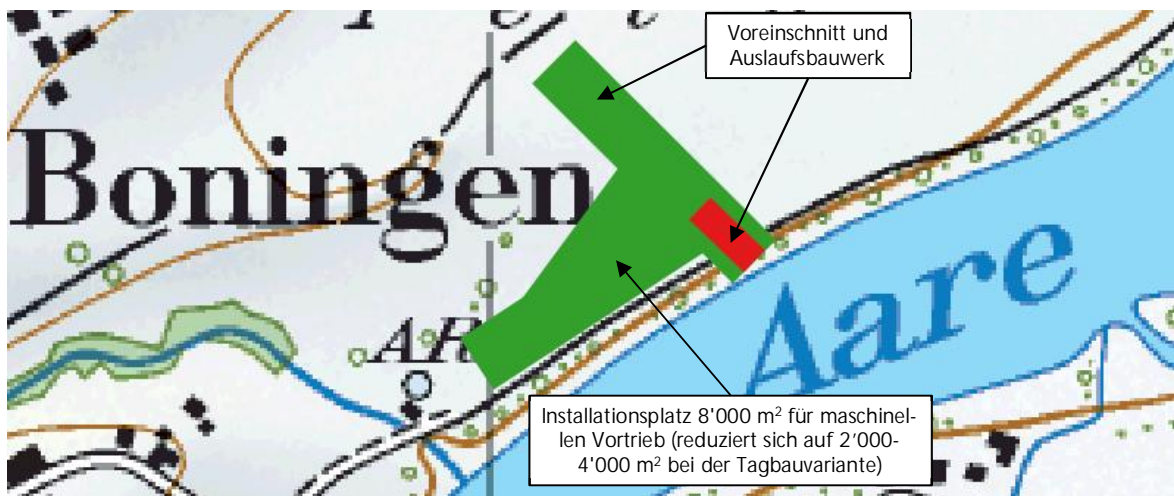


Abbildung 25: Variante 2), Raumbedarf Auslaufsbauwerk: permanent (rot) und temporär (grün)

7 Arbeitssicherheit für Bau und Unterhalt

In den Kosten ist keine Beleuchtung, Belüftung oder Einrichtungen zur Alarmierung eingerechnet. Ob solche Anlagen zur Gewährung der Arbeitssicherheit bei Kontrollgängen, Reinigungsarbeiten und Unterhalt nötig sind, ist auf Stufe Projektierung abzuklären.

8 Kosten

8.1 Erläuterungen und Grundlagen der Kostenschätzungen

Unten sind die wichtigsten Grundlagen der Kostenschätzungen zusammengestellt, die in den verschiedenen Kapiteln des Berichts erläutert sind.

0) Allgemeines

- Die Genauigkeit der Kosten beträgt +/- 25 % (bei 100 Millionen bedeutet das: 75 – 125 Millionen)
- Basis Februar 2018
- Nicht in der Kostenzusammenstellung enthalten:
 - Landerwerb,
 - allfälliger Innenausbau des Stollens (Bankett, Rinne, Leitungen) für Zusatznutzungen Abwasserableitung oder Bewässerung sind in nicht enthalten, siehe dazu Kapitel 8.4. Der benötigte Platz im Stollen ist jedoch vorhanden.
 - Ausbau der Dünnern zwischen Oensingen und Gunzgen bei Variante 2, Behebung allfälliger verbleibender Hochwasserschutzdefizite, Behebung ökologischer Defizite der Dünnern.

1) Entlastungs- und Einleitbauwerk

- Die Kosten des Entlastungsbauwerks wurden im Vorprojekt von der Flussbau AG bestimmt und von Hunziker, Zarn & Partner AG (HZP) überprüft. Für den vorliegenden Bericht wurden die Kosten von HZP übernommen (Massnahmen am Gewässer mit Streichwehr und Ausleitkanal Nord). Für den Ausleitkanal Süd wurden die Kosten neu geschätzt. Abbildung 14 zeigt die Situation.
- Die Autobahnunterquerung ist in den Stollenbaukosten enthalten.
- Die unterschiedlichen Abflüsse (45 oder 69 m³/s) führen nicht zu wesentlichen Kostenunterschieden.

2) Stollen

- Die Kosten des Stollens wurden durch Rothpletz, Lienhard und Cie ermittelt, siehe Anhang 4.
 - Es wurden die Kosten für das grössere Normprofil mit Innen-Durchmesser 4.5 m bestimmt (Abfluss 69 m³/s, ausreichend gross für Einbauten).
 - Auf dem aktuellen Detaillierungsgrad der Betrachtungen (Vorstudie) wird davon ausgegangen, dass auch Stollen mit den kleineren Durchmessern in etwa gleichviel kosten, da sich Minderaufwendungen (weniger Ausbruchkubatur) und Behinderungen und Zusatzaufwendungen für kleinere Profile sind in etwa ausgleichen.
 - Maschineller Vortrieb mit Tunnelbohrmaschine führt zu Kreisprofilen, konventioneller Vortrieb im Tagebau erlaubt Rechteckprofile mit geringerer Höhe (geringere Beeinflussung des Grundwassers).
 - Der Bericht im Anhang 4 geht teilweise von Annahmen aus, die in der Folge präzisiert wurden. Z.B.:
 - Der Voreinschnitt wurde bei Variante 1a von 50m auf 150 m verlängert, bei Variante 2 von 275m auf 150 m verkürzt. Die Kosten wurden linear angepasst.
 - «Unvorhergesehenes» wurde in Tabelle 6 nicht wie im Anhang 4 auf die reinen Stollenkosten geschlagen, sondern erst auf die Gesamtsumme.
 - Die Stollendurchmesser im Anhang 4 (4.0 m für Q=45 m³/s, 4.5 m für Q=69 m³/s) sind nicht ganz identisch mit denjenigen in Kapitel 5.1 (3.6 bis 3.9m für Q=45 m³/s, 4.3 bis 4.5 m für Q=69 m³/s),
-



weil letztere nachträglich noch mit Hilfe genauerer Betrachtung des Füllungsgrads und Gefälles präzisiert wurden

- Die Kosten für den Stollen beinhalten Installationsflächen, Stollenbau, Voreinschnitt, Schacht und Zusatzmassnahmen bei der Autobahn-Unterquerung, Deponierung des Aushubmaterials.

3) Ausleitbauwerk

- Das Ausleitbauwerk umfasst eine Beschleunigungsstrecke, ein Tosbecken und das Gerinne zur Aare. Die Kosten wurden anhand der Kubaturen für Aushub und Beton bestimmt.
- Die Kosten des Voreinschnitts beim südlichen Portal sind in den Stollenkosten einberechnet
- Bei der Variante 1a) wird die Ländtestrasse unterquert, bei der Variante 2) der Aareweg. Die Erschliessung der Liegenschaften bei beiden Varianten bleibt auch bei Unterbrechung dieser Verkehrswege möglich. Es werden deshalb lediglich Kosten für die Instandsetzung der Verkehrswege berücksichtigt.

4) Werkleitungen und Wiederherstellung

- Es wurden Schmutzwasserleitungen, Wasserleitungen und Gasleitungen betrachtet. Leitungsverlegungen wurden mit durchmesserabhängigen Laufmeterkosten einberechnet.
- Leitungen für Elektro, Fernsehen, Swisscom etc. wurden nicht betrachtet, für allfällige Verlegungen wurde bei jeder Variante eine Pauschale von CHF 50'000 eingesetzt.
- Die Wiederherstellung der Landschaft, d.h. der temporär beanspruchten Flächen, wurde mit 20 CHF/m² berücksichtigt.

8.2 Kostenzusammenstellung

Tabelle 6: Zusammenfassung der Kosten

Kosten gerundet für Innen-Ø 4.5m [Mio CHF] +/- 25%	1a Oensingen – Aare, maschinell	2 Gunzgen Boningen	
		maschinell	konventionell
1) Entlastungs- u. Einleitbauwerk	5.6	5.4	5.4
Entlastungsbauwerk	4.6	4.6	4.6
Gerinne bis Stollenportal	0.64	0.44	0.44
Baustelleneinrichtung 8%	0.42	0.40	0.40
2) Stollen (ohne Einbauten)	83.9	60.4	92.5
Installation allg.	5.0	7.5	19.5
Installation Vortrieb	15.0	15.0	-
Vortrieb Fels	34.3	18.4	26.3
Lockergesteinstrecke	24.7	11.5	40.0
Umstellung Fels / Locker	-	1.0	-
Unterquerung A1	1.5	3.8	3.8
Schacht Nordseite	0.3	0.3	-
Voreinschnitt	3	3	3
3) Ausleitbauwerk	1.0	0.9	0.9
Beschleunigungsstrecke	0.20	0.25	0.25
Tosbecken	0.27	0.20	0.20
Einleitung in Aare	0.47	0.35	0.35
Baustelleneinrichtung 8%	0.08	0.06	0.06
4) Werkleitungen, Wiederherstellung	1.1	0.6	0.7
Werkleitungen	0.79	0.33	0.33
Wiederherstellung Landschaft	0.22	0.23	0.34
Baustelleneinrichtung 8%	0.08	0.04	0.05
Total Baukosten (gerundet)	92	67	100
Honorare, Verschiedenes	23.8	17.5	25.9
Honorare 20%	18.3	13.5	19.9
Unvorhergesehenes 15%	13.7	10.1	14.9
Total exkl. MwSt. (gerundet)	124	91	134
MwSt. 7.7%	9.5	7.0	10.3
Total inkl. MwSt. (gerundet)	133	98	145

Erläuterungen zur Kostentabelle: Kapitel 8.1

8.3 Betriebs- und Unterhaltskosten

Grundsätzlich braucht ein Stollen wenig Unterhalt. Vor allem ist es nötig, ihn nach Hochwasserereignissen zu reinigen, und allenfalls Abplatzungen am Beton o. ä. zu flicken. Auch das Auslaufbauwerk und das Tosbecken sind einfache Betonbauwerke und nicht besonders unterhaltsintensiv.

Im Stollen werden keine Elektroanlagen, Beleuchtung, Signalisation, Alarmierung etc. vorgesehen. Also fällt im Unterhalt auch kein Ersatz von Leuchtmitteln oder anderem Verbrauchsmaterial an. Es wird jedoch eine Zwangslüftung an den Portalen für den Begehungsfall vorgesehen. Da die Lüftung eine wesentlich kürzere Lebensdauer als das Bauwerk hat, werden diese Investitionskosten bei den Betriebskosten aufgeführt.

Das Entlastungsbauwerk braucht je nach definitiver Konzeption einen regelmässigen Unterhalt um die Funktionsfähigkeit langfristig aufrecht zu erhalten. Das wäre insbesondere bei Verwendung von Kippelementen oder erodierbaren Dämmen der Fall. Da die Konzeption noch nicht abgeschlossen ist, wurden für das Entlastungsbauwerk keine Unterhaltskosten geschätzt.

Die Unterhaltskosten des Stollens werden auf rund Fr. 13'000 pro Jahr geschätzt (Tabelle 7).

Tabelle 7: Zusammenfassung der Betriebs- und Unterhaltskosten des Stollens

	Kosten pro Jahr [CHF]
Zwei Kontrollgänge pro Jahr	2'000
Ausrüstung der Mitarbeitenden	400
Reinigung nach Hochwasserereignissen (alle 10 Jahre)	1'000
Zwangslüftung, Investitionskosten pro Jahr mit Betrieb und Unterhalt (Lebensdauer 20 Jahre)	10'000
Total Betriebs- und Unterhaltskosten Stollen	13'400

8.4 Kostenschätzungen von Zusatznutzungen

Erläuterungen zu den möglichen Zusatznutzungen finden sich im Kapitel 3.

- Durch Einbauten im Stollen können Synergien genutzt werden, z.B. kann durch eine Rinne gereinigtes Abwasser in die Aare eingeleitet werden. Neben der Rinne bräuchte es ein Bankett (Abbildung 13). Die Zusatzkosten für den Einbau eines Banketts mit Abwasserrinne sind im Rahmen der Projektierungen der Abwasserentsorgung zu beziffern. Erste Schätzungen gehen von rund 1'200 CHF pro Meter aus, wobei die Zu- und Ableitung des Abwassers zum Stollen noch nicht inbegriffen ist.
- Für die Reinigung der Abwasserrinne wird ein schmales Unterhaltsfahrzeug mit Hochdruckpumpe, Wassertank und extra Scheinwerfern benötigt. Die Kosten dafür werden auf etwa 100'000 CHF geschätzt.
- Wenn der Stollen auch zur Ableitung von Abwasser genutzt wird, wird vermutlich die Ausrüstung des Stollens mit einer explosionsgeschützten Beleuchtung notwendig, und der Einbau einer Lüftung wäre zu prüfen. Der Betriebs- und Unterhaltsaufwand wäre erhöht (Stromkosten, häufigere Reinigungen, ...).
- In das Bankett kann auch ein Druckrohr eingelegt werden. Damit kann Wasser von der Aare hochgepumpt werden und für die landwirtschaftliche Bewässerung genutzt werden kann. Durch Anschlussstutzen im Stollen kann die Druckleitung auch für die Reinigung der Abwasserrinne genutzt werden und ersetzt so den Wassertank beim Unterhaltsfahrzeug. Ein Mehraufwand ergibt sich dabei, weil der Schlauch zwischendurch umgehängt werden muss. Die Mehrkosten für das Einlegen des Druckrohrs wurden noch nicht abgeschätzt. Zusätzlich bräuchte es eine Zu- und Ableitung des Wassers zum Stollen, sowie ein Pumpwerk. Dimensionierung und Kostenschätzung wären im Rahmen eines Bewässerungsprojekts zu erarbeiten.

9 Variantenvergleich und Empfehlung

Die verschiedenen Varianten und ihre Eigenschaften sind in den vorangehenden Kapiteln dieses Berichts beschrieben. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Alle 3 ausgewählten Untervarianten (1a, 2-maschinell, 2-konventionell) sind technisch machbar.
- Die Bewilligungsfähigkeit der Variante 2-maschinell ist zweifelhaft, da sie den Grundwasserstrom beeinträchtigen könnte (10%-Regel). Die Bewilligungsfähigkeit die Variante 2-konventionell erscheint etwas besser. Falls entschieden wird, die Variante 2 weiterzuverfolgen, ist die Bewilligungsfähigkeit detaillierter abzuklären.
- Die Investitionskosten (inkl. Honoraren und Verschiedenem) werden wie folgt geschätzt: Variante 1a 133 Mio CHF, Variante 2-maschinell 98 Mio CHF, Variante 2-konventionell 145 Mio CHF
- Der permanente Landbedarf des Stollens der Varianten ist vergleichbar: 1a: 5'500m², 2: 6'500m²
- Der temporäre Landbedarf während der Bauphase ist für die Variante 2-konventionell wegen der Tagebaustrecke mehr als doppelt so gross wie für die anderen Varianten.
- Zusätzlicher Dünnerausbau:
 - Da in den Varianten 2 das Hochwasser erst in Gunzgen ausgeleitet wird, müsste die Kapazität der Strecke zwischen Oensingen und Gunzgen (ca. 10 km) ausgebaut werden. Die entsprechenden Kosten sind noch nicht einberechnet.
 - Je nach Projektabschluss verbleiben am Dünnernlauf unterhalb des Stollens grössere oder kleinere Hochwasserdefizite. Ebenfalls müssen bis zu einem gewissen Grad ökologische Defizite behoben werden. Die entsprechenden Kosten sind noch nicht eingerechnet.
- Bei allen drei Varianten sind Synergien mit den ARA-Projekten möglich (allfällige Ableitung des gereinigten Abwassers in die Aare).
- Bei allen drei Varianten bestehen Risiken. Insbesondere die geologischen Verhältnisse sind abzuklären, wenn eine Stollenvariante gewählt wird (Sondierbohrungen).

Tabelle 8: Variantenvergleich

	1a Oensingen – Aare, maschinell	2 Gunzgen Boningen	
		maschinell	konventionell
Bewilligungsfähig	Vermutlich ja	Vermutlich problematisch wegen Grundwasser	Unklar wegen Grundwasser
Kosten	133 Mio	98 Mio	145 Mio
Landbedarf permanent	5'500 m ²	6'500 m ²	6'500 m ²
Landbedarf temporär	17'000 m ²	18'000 m ²	42'000 m ²
Zusätzlicher Dünnerausbau für Hochwasserschutz	nein	ca. 10 km à Zusatzkosten	ca. 10 km à Zusatzkosten
Risiken	Geologie Übergangszonen Quellpotenzial	Geologie Grundwasser Karst	Geologie Grundwasser Karst Tiefe Baugrube

Empfehlung: Wenn ein Stollen realisiert werden soll, dann Variante 1a) Oensingen-Aare, komplett maschinell mit Hydroschild-Tunnelbohrmaschine.

Die Linienführung 2 wird nicht empfohlen. Die maschinelle Baumethode ist zwar etwas günstiger als 1a, aber es bestehen Risiken betreffend Bewilligungsfähigkeit (der Stollen behindert den Grundwasserstrom). Die konventionelle Baumethode ist eher bewilligungsfähig, aber teurer als 1a.



Winterthur und Bern, 18. Mai 2018
lw/whs/wid

HUNZIKER **BETATECH**

Hunziker Betatech AG
Pflanzschulstrasse 17
8400 Winterthur



Anhang 1: Grundlagen

- [1] Elimination von Mikroverunreinigungen im Einzugsgebiet der Dünnern, Variantenvergleich; Pflichtenheft; 02.05.2017, Hunziker Betatech AG
- [2] Dünnern Hochwasserschutz und Revitalisierung, Konzept, Flussbau AG, 10. Mai 2012
- [3] Hochwasserschutz und Revitalisierung Dünnern, Abschnitt Oensingen bis Oberbuchsiten, Vorstudie, 24.02.2017, Flussbau AG und AquaPlus
- [6] Optimierung der Abwasserentsorgung in der Region Thal / Gäu / Olten, Masterplan, HBT, Winterthur, 2009, sowie in diesem Rahmen von weiteren Firmen erarbeitete Grundlagen zum Abwasserstollen Gunzgen – Boningen,
 - Machbarkeitsstudie, Rothpletz und Lienhard, Olten, 20.10.2009
 - Geologisch – Hydrogeologische Verhältnisse, Sieber Cassina + Partner AG, 22.07.2009
 - Geologisch – Hydrogeologische Verhältnisse / Kostenschätzung, Sieber Cassina + Partner AG, 10.11.2009
- [7] Massgebende Hochwasserabflüsse an der Dünnern und an verschiedenen Seitenbächen, Optimierung des Hochwasserrückhaltebeckens bei Oensingen (2015). Scherrer AG. Im Auftrag des Amtes für Umwelt Kanton Solothurn, Abteilung Wasserbau.
- [8] Skript Hydraulik I, Prof. Dr. Wolfgang Kinzelbach, ETH Zürich, 2. Mai 2011

Zahlreiche weitere zu berücksichtigende Grundlagen sind in [1], [2], [3] aufgelistet.

Anhang 2: Grobklärungen Linienführung

Dieser Anhang beschreibt die getroffenen groben Vorabklärungen der Linienführung. Die anschliessend getroffenen detaillierteren Abklärungen sind in Kapitel 4 und den Anhängen 4 und 5 beschrieben.

A2 - 1) Bodennutzungen und Eigenschaften im Bereich der Varianten

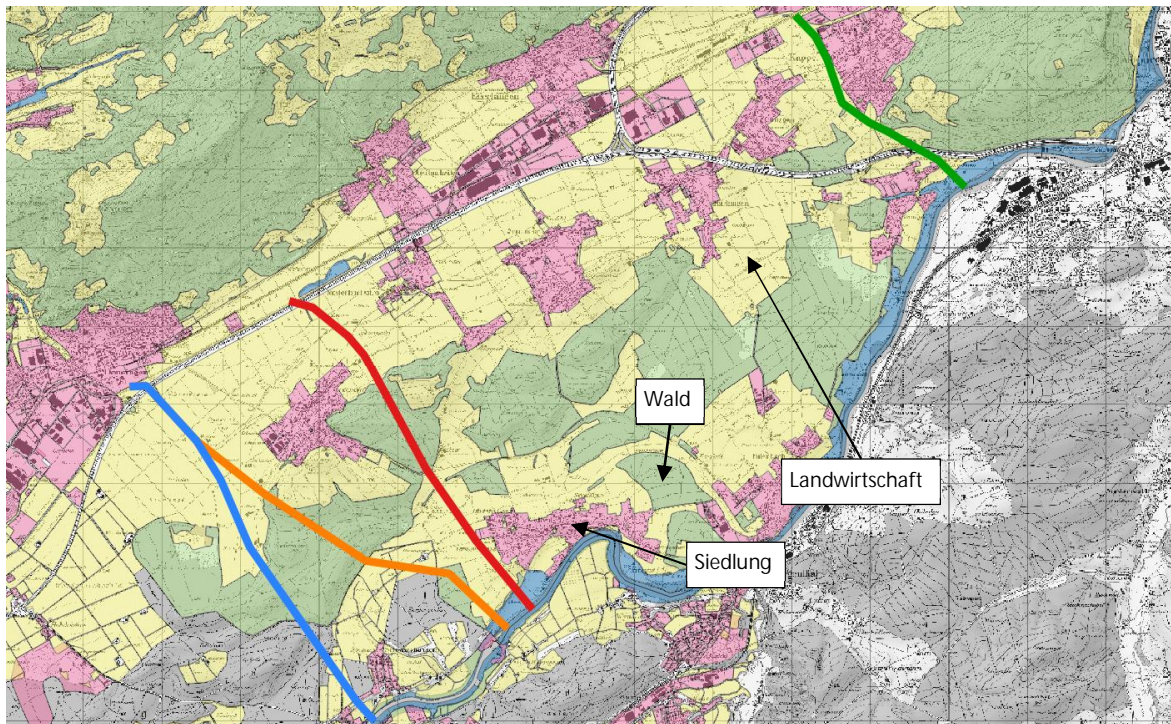


Abbildung 26: Bodennutzung gemäss Richtplan: Die Varianten verlaufen durch bzw. unter Landwirtschaftsland und Wald, sie meiden Siedlungsgebiete

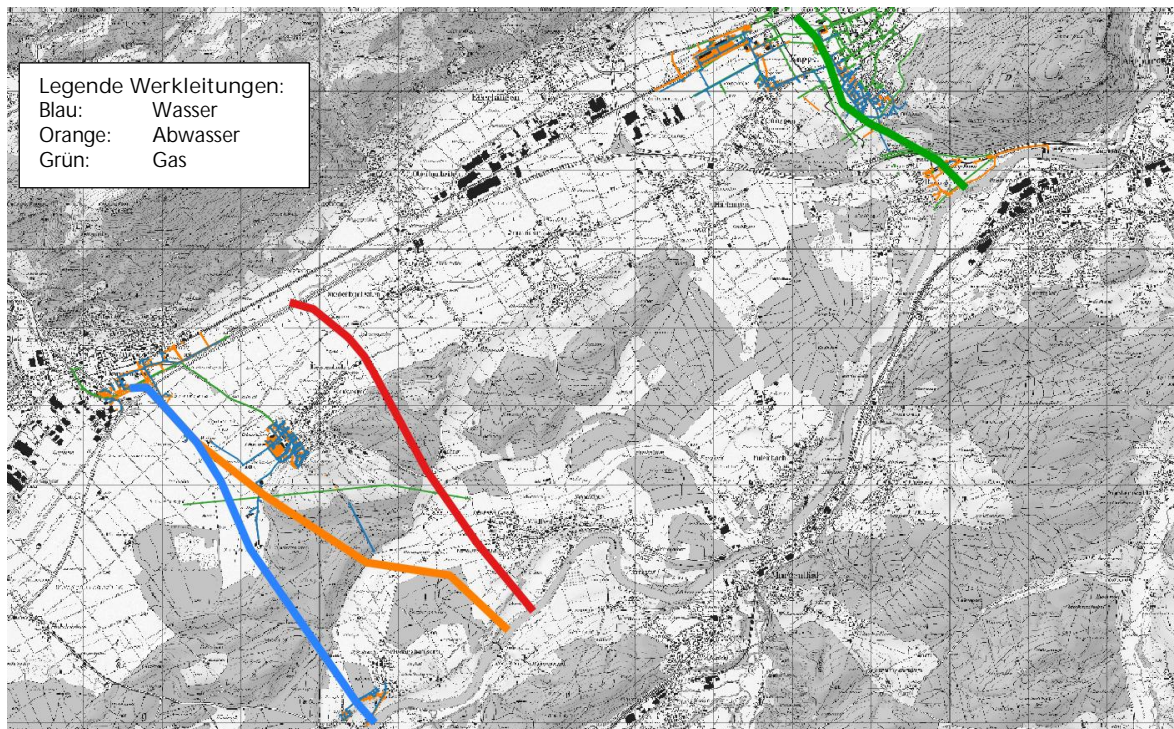


Abbildung 27: Werkleitungen: Die Variante 2 Gunzgen-Boningen verläuft in Siedlungsnähe, es werden mehr Leitungen gekreuzt bzw. unterquert [Quelle: Wasser + Abwasser: Gemeinden, Gas: a.en Aare Energie AG]

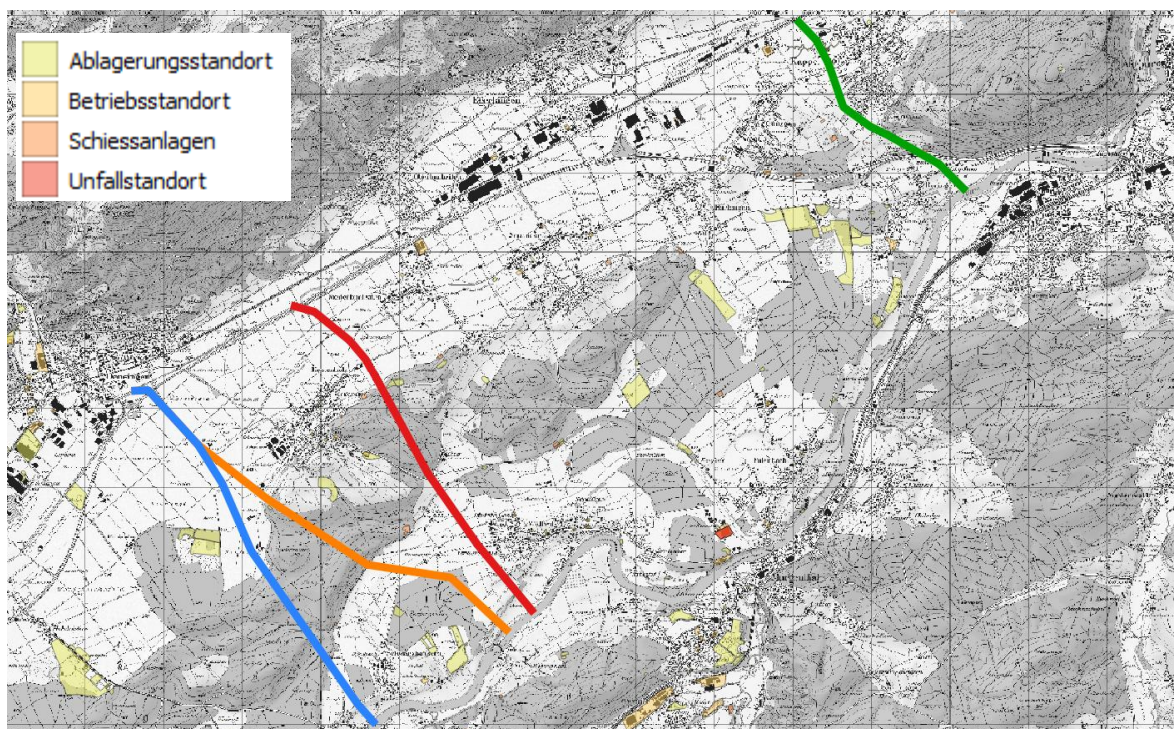


Abbildung 28: Kataster der belasteten Standorte: Die Linienführungen berühren keine bekannten belasteten Standorte [Quelle: GIS SO, GIS BE]

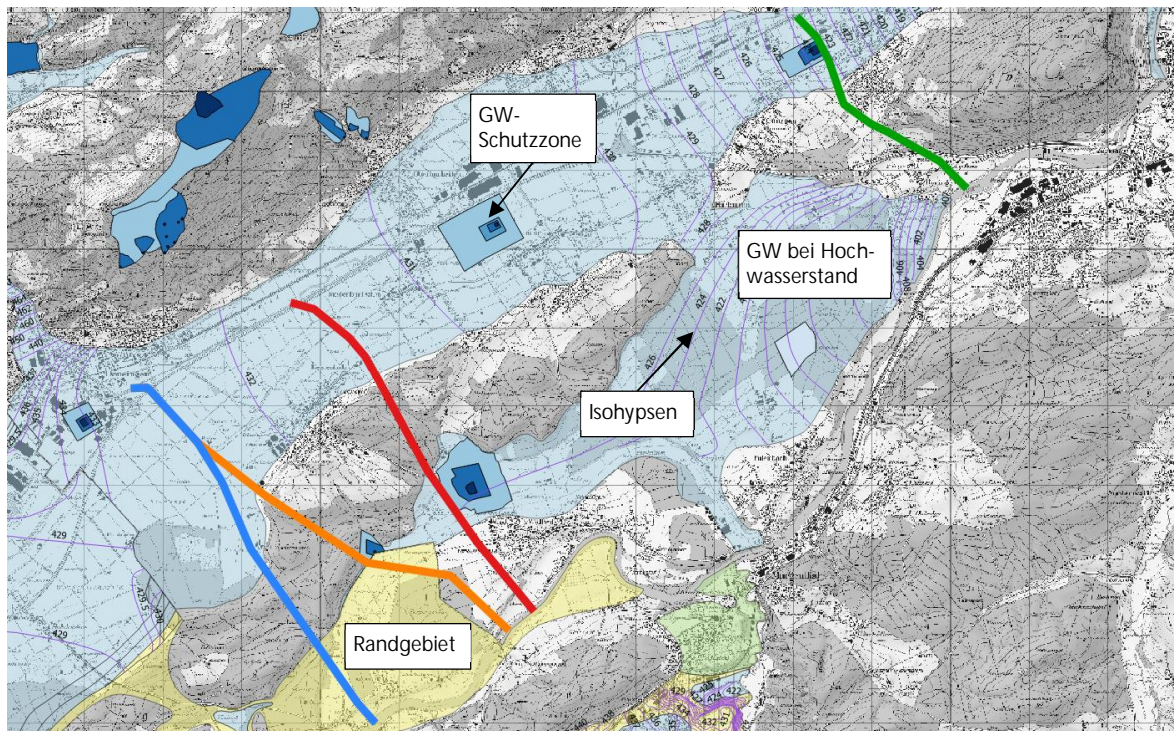


Abbildung 29: Grundwasserstand und Schutzzone: Alle Linienführungen liegen teilweise in oder über Grundwasserträgern, teilweise am Rand von Grundwasserschutzzone [Quelle: GIS SO, GIS BE].

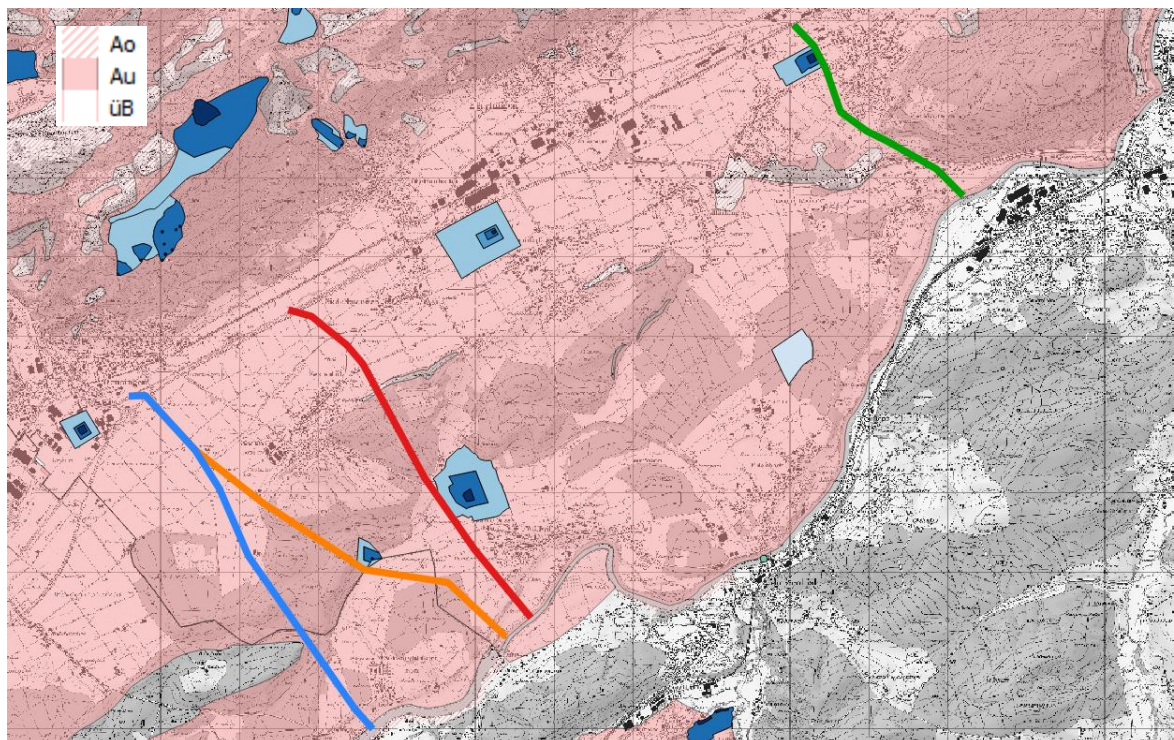


Abbildung 30: Gewässerschutzbereiche und Schutzzone: Alle Linienführungen liegen teilweise in oder über Grundwasserträgern, teilweise am Rand von Grundwasserschutzzone [Quelle: GIS SO, GIS BE].

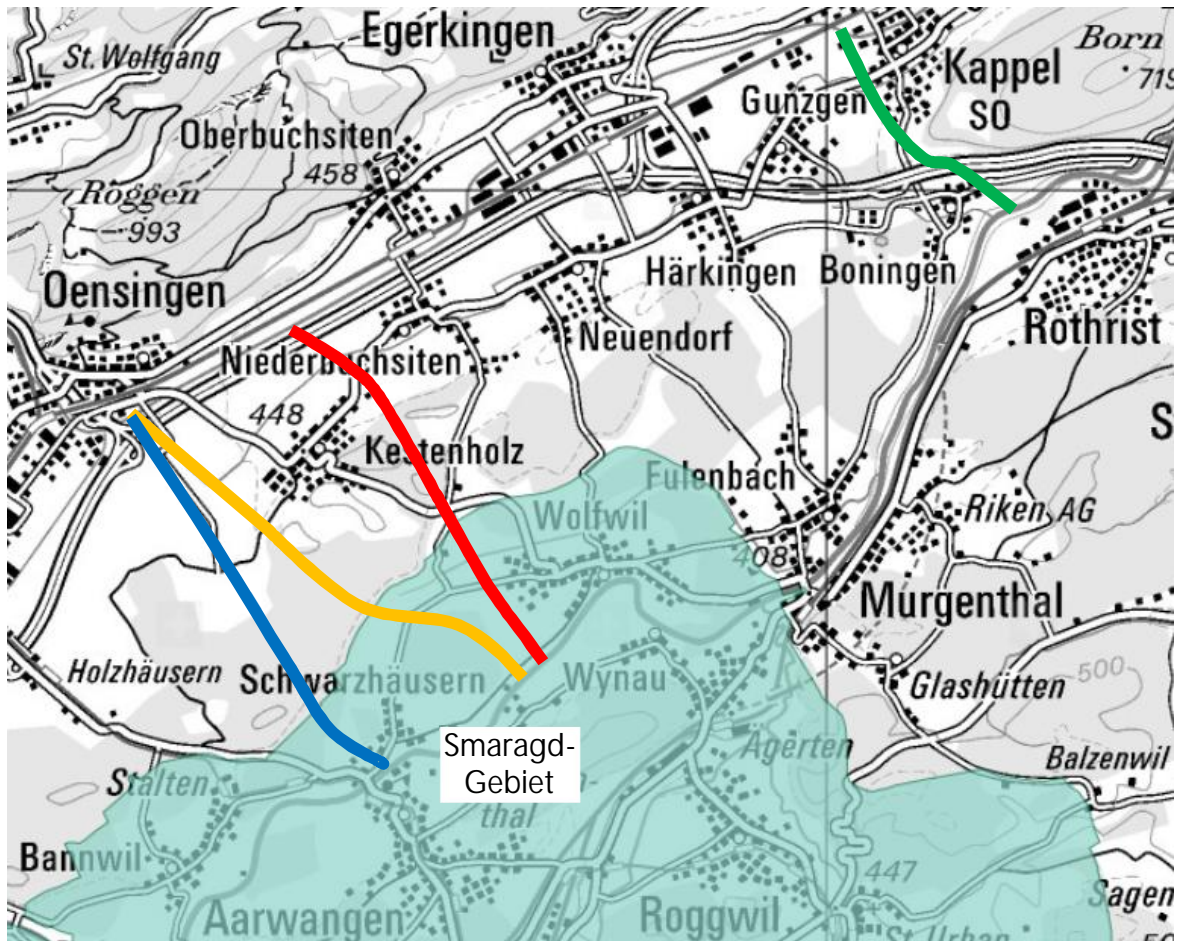


Abbildung 31: Smaragd-Gebiete (türkis) im Bereich Oensingen-Aare [www.bafu.admin.ch]

Bei den Varianten 1 kommt der südliche Teil des Stollens in einem Smaragd-Gebiet zu liegen (siehe Abbildung 31). Das Smaragd-Netzwerk bezeichnet besonders wertvollen Lebensräume und Arten in Europa. Es wird davon ausgegangen, dass die Stollenportale entlang der Aare mit den Anforderungen des Smaragdgebieten in Einklang gebracht werden können, denn gemäss BAFU sind die *Auflagen für Smaragd-Gebiete offen formuliert: Jede Vertragspartei verpflichtet sich, die nötigen Massnahmen zu ergreifen, um den spezifischen Wert des von ihr vorgeschlagenen Gebietes zu erhalten. Die darin vorkommenden Smaragd-Arten und Lebensräume dürfen nicht gefährdet werden. Für die Gebiete sind Managementpläne zu erstellen. Die verschiedenen Sektoren sind frühzeitig in die Arbeiten mit einzubeziehen. Nur so ist die Akzeptanz der Gebiete gewährleistet.*

A2 – 2) Topographie und Geologie – Grobbetrachtung Varianten 1 (Oensingen-Aare)

Inhalt dieses Kapitels ist eine Grobbetrachtung der geologischen und topographischen Verhältnisse. Weil deren Ergebnisse nicht ausreichen, wurden weitere Fachleute von den Büros Rothpletz, Lienhard + Cie AG sowie Sieber Cassina + Partner AG beigezogen. Siehe Kapitel 4 und Anhänge 4 und 5.

Im Bereich der Varianten 1 (Oensingen-Aare) reicht das Grundwasser im Norden bis zur Felsoberfläche, womit die Isohypsen des Grundwasserstauers der Felsoberfläche entsprechen (Abbildung 32). Es wurden Bohrprofile in der Nähe des Stollens betrachtet (Abbildung 33).

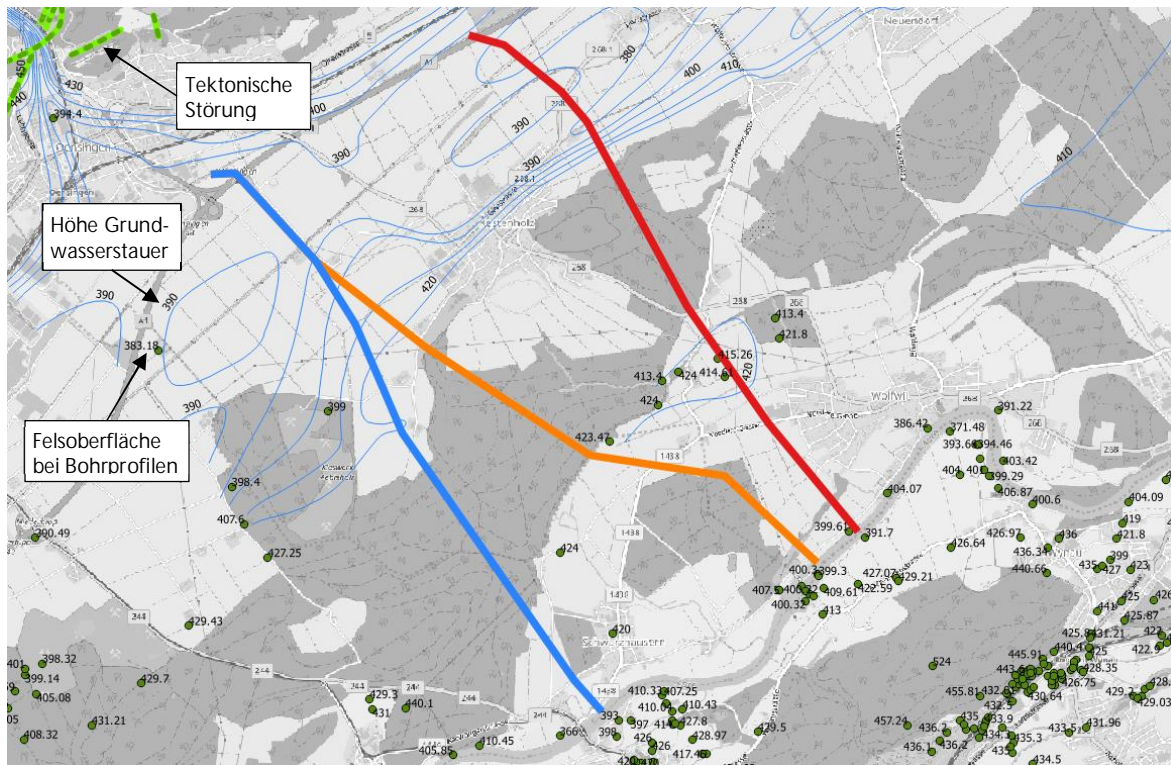


Abbildung 32: Isohypsen Grundwasserstauer, Geosondierung und tektonische Strukturen in Oensingen-Aare [Quelle: GIS SO, GIS BE]

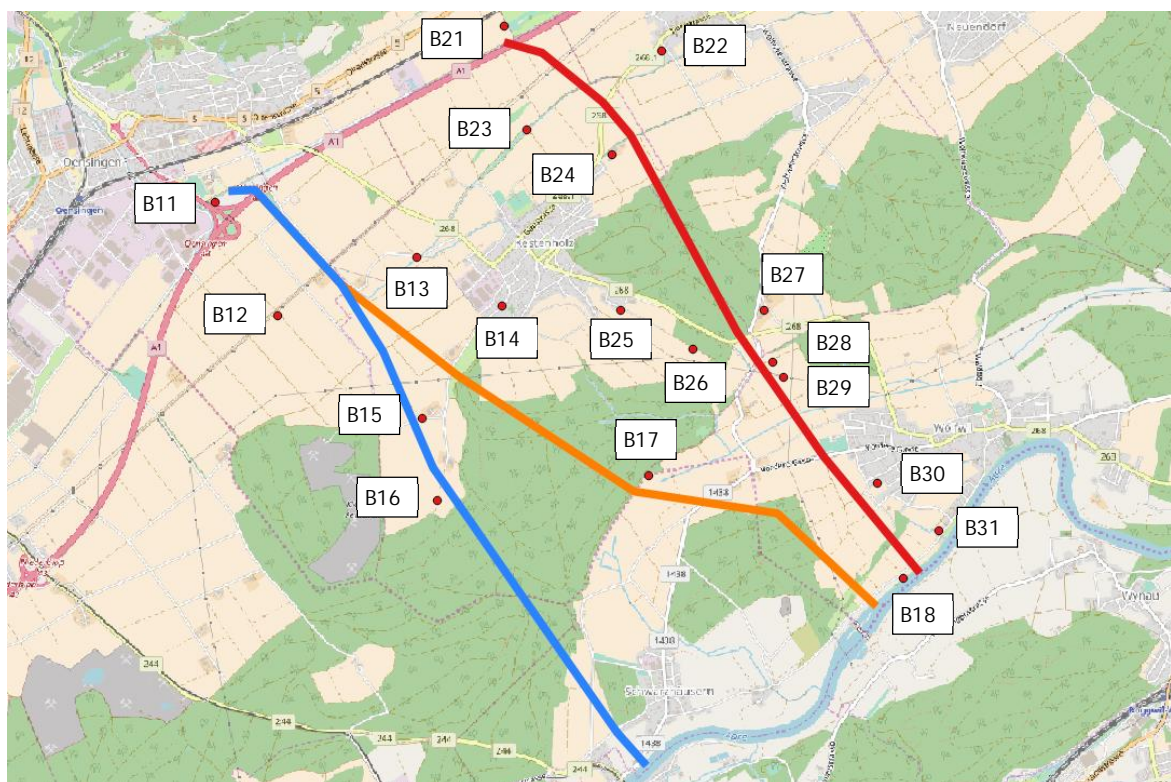


Abbildung 33: Lage der für die Grobbetrachtungen verwendeten Bohrprofile im Bereich Oensingen-Aare

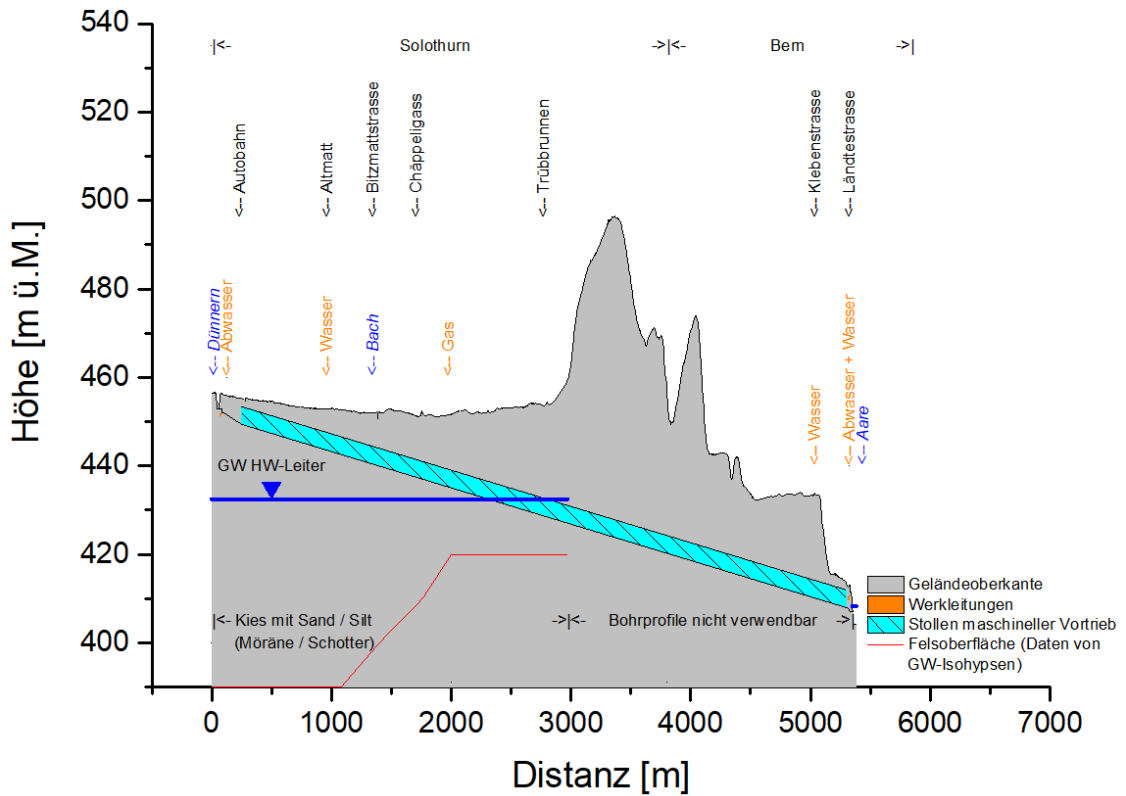


Abbildung 34: Längenprofil Variante Oensingen-Aare 1a), maschineller Vortrieb

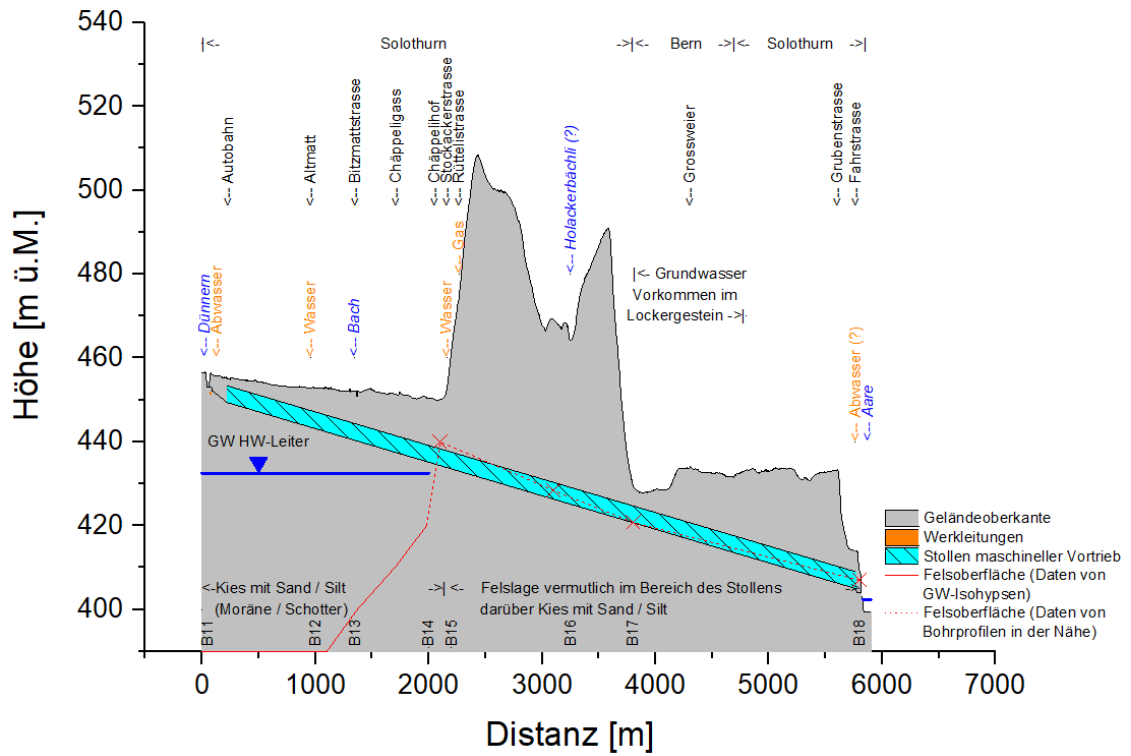


Abbildung 35: Längenprofil Variante Oensingen-Aare 1b), maschineller Vortrieb

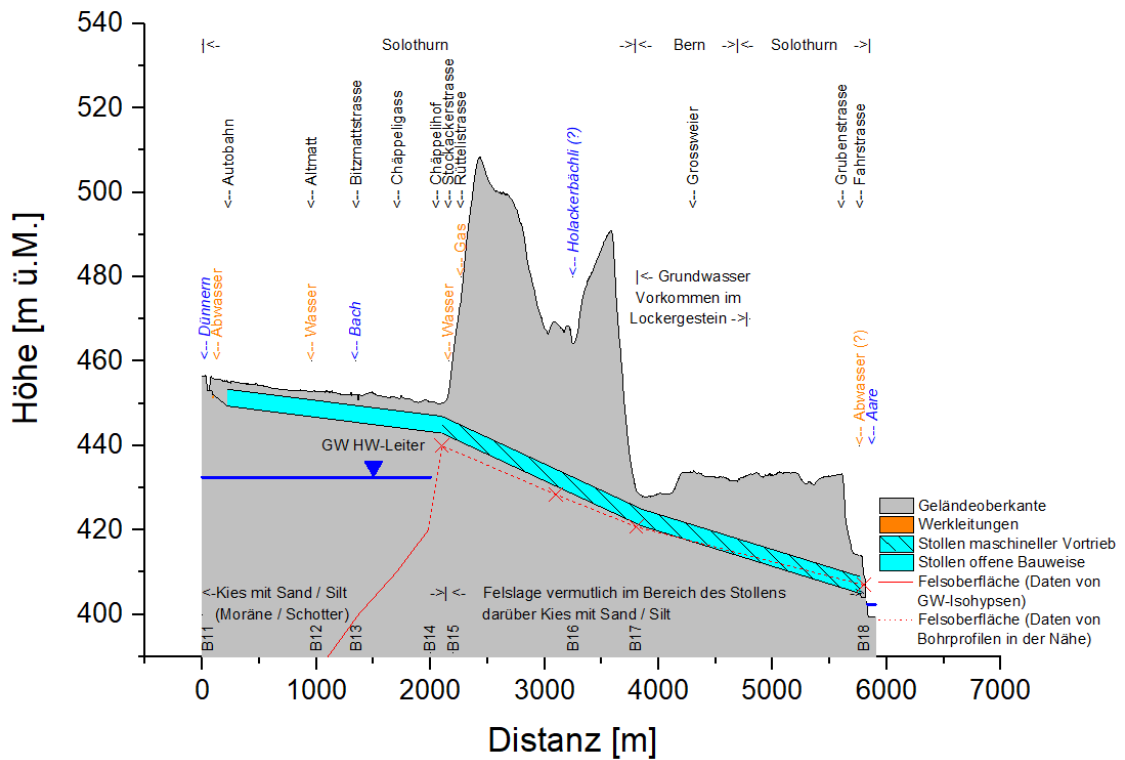


Abbildung 36: Längenprofil Variante Oensingen-Aare 1b), offene Bauweise und maschineller Vortrieb

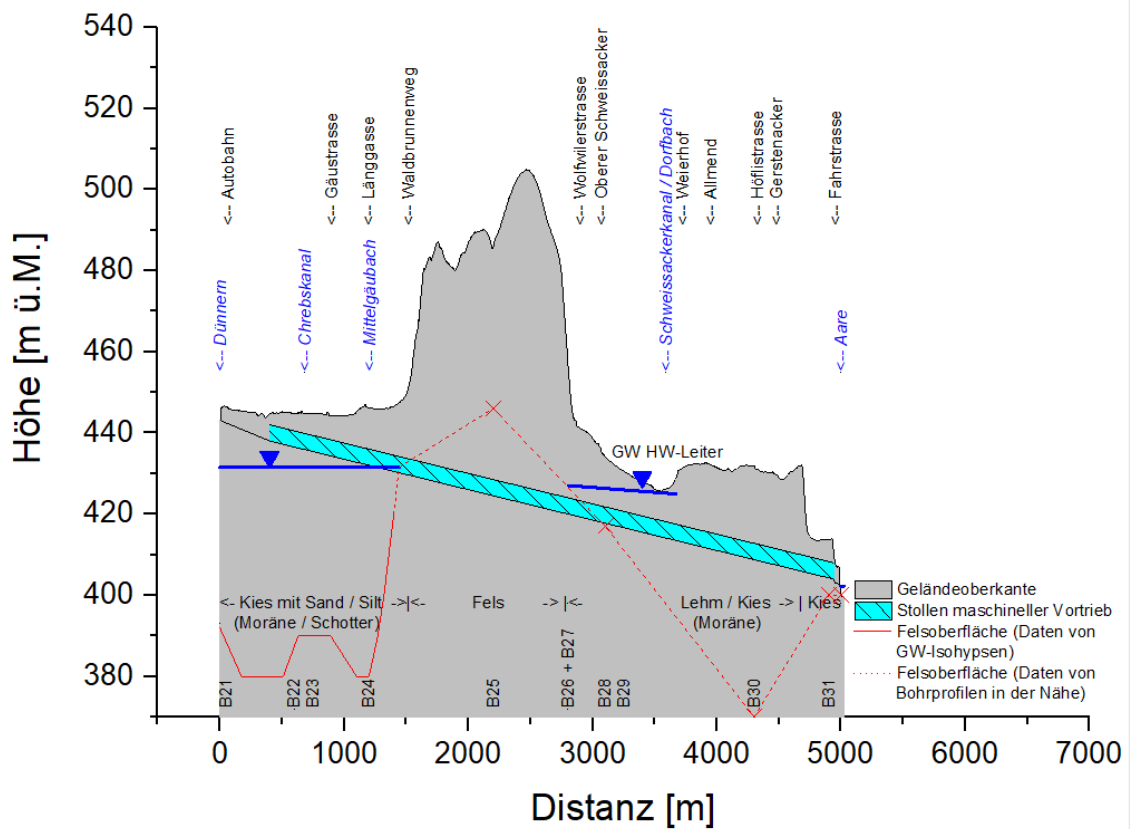


Abbildung 37: Längenprofil Variante 1c), maschineller Vortrieb

A2 – 3) Topographie und Geologie – Grobbetrachtung Var. 2) Gunzgen-Boningen

Inhalt dieses Kapitels ist eine Grobbetrachtung der geologischen und topographischen Verhältnisse. Weil deren Ergebnisse nicht ausreichen, wurden weitere Fachleute von den Büros Rothpletz, Lienhard + Cie AG sowie Sieber Cassina + Partner AG beigezogen. Siehe Kapitel 4 und Anhänge 4 und 5.

Im Bereich Gunzgen-Boningen reicht das Grundwasser im Norden bis zur Felsoberfläche, womit die Isohypsen des Grundwasserstauer der Felsoberfläche entsprechen (Abbildung 38 und Abbildung 39). Es wurden Bohrprofile in der Nähe des Stollens betrachtet (Abbildung 40). Kurz vor der Mündung in die Aare ist eine tektonische Struktur vorhanden.

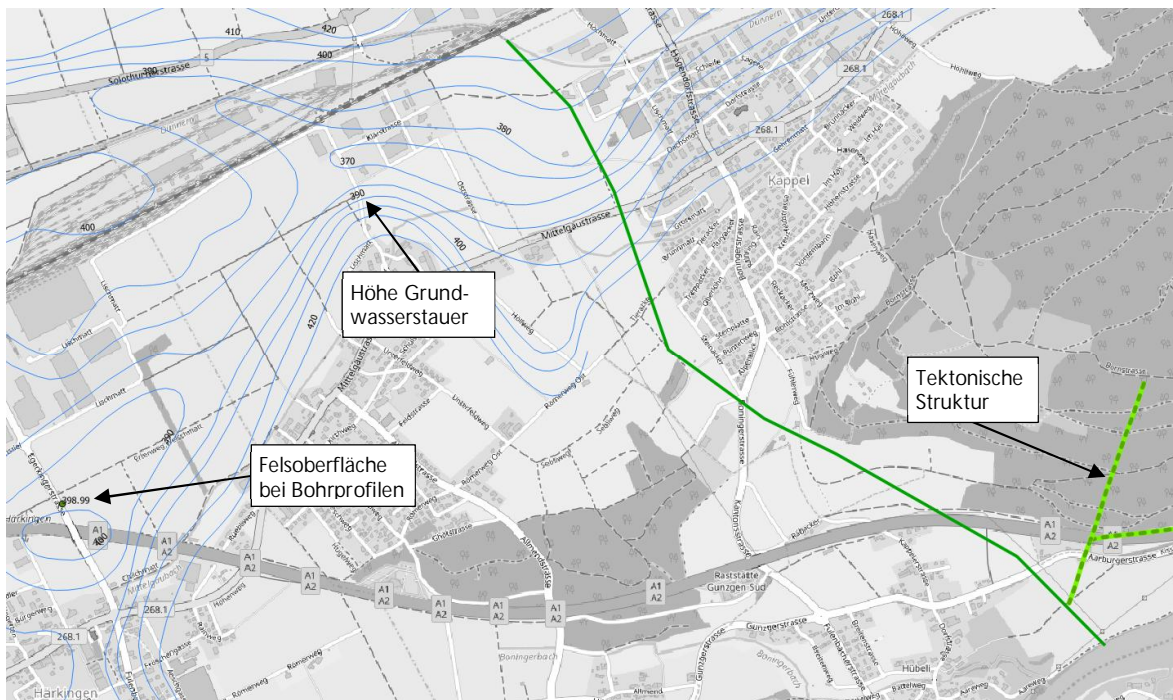


Abbildung 38: Isohypsen Grundwasserstauer, Geosondierung und tektonische Strukturen in Gunzgen-Boningen [Quelle: GIS SO, GIS BE]

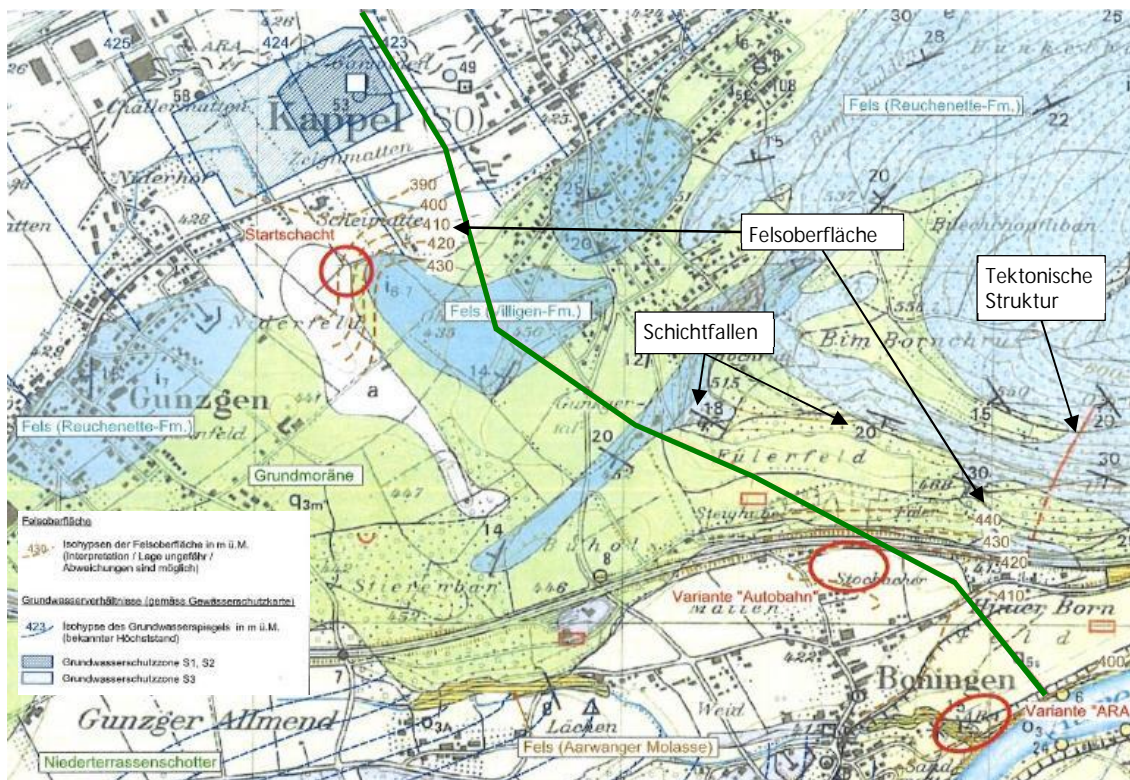


Abbildung 39: Geologische Übersicht Gunzgen-Boningen [Sieber Cassina + Partner AG, 2009]

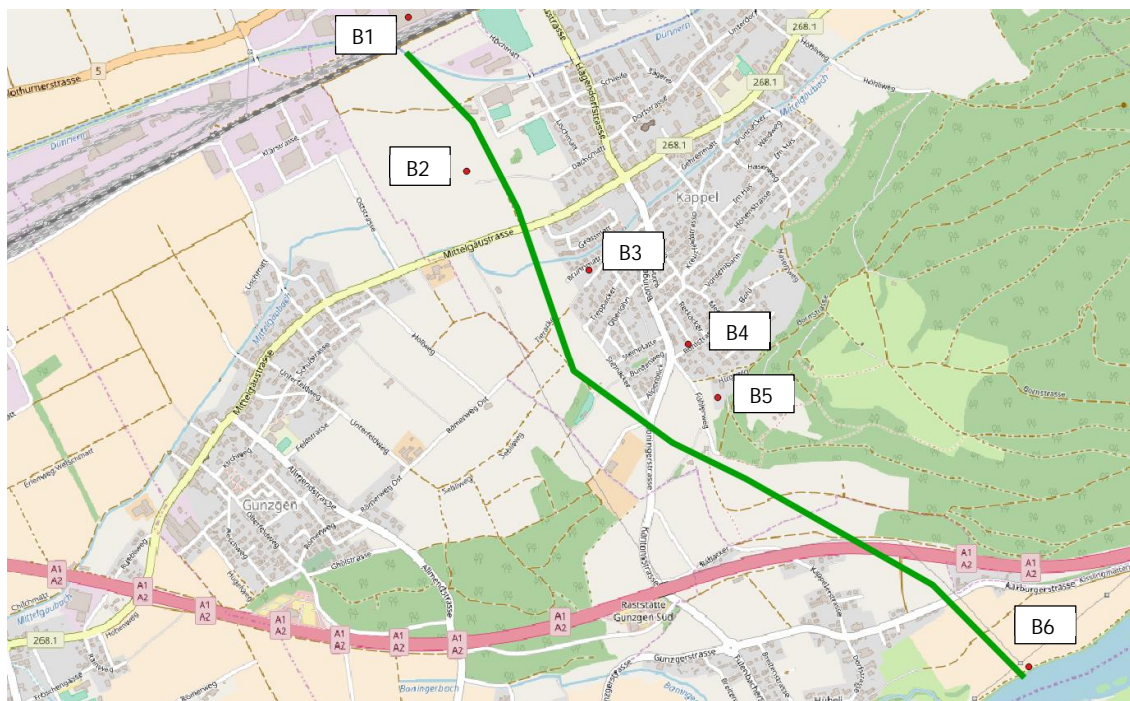


Abbildung 40: Lage der für die Grobberurteilung verwendeten Bohrprofile in Gunzgen-Boningen

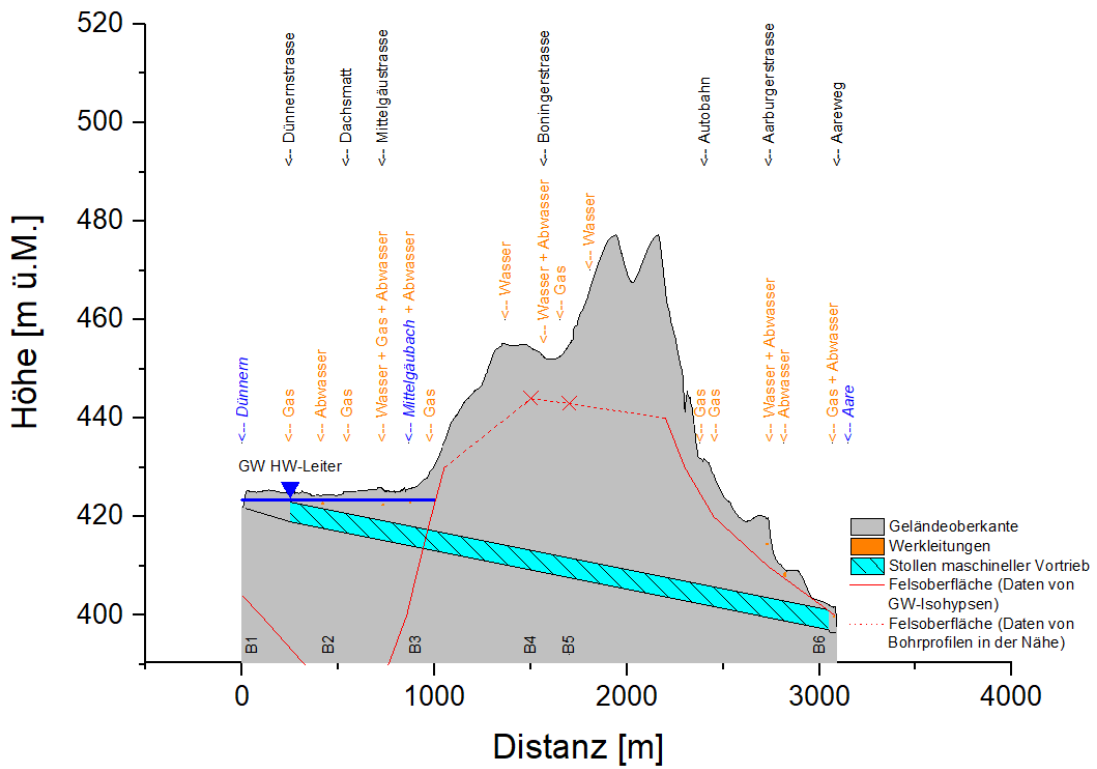


Abbildung 41: Längenprofil Variante 2) Gunzgen-Boningen, maschineller Vortrieb

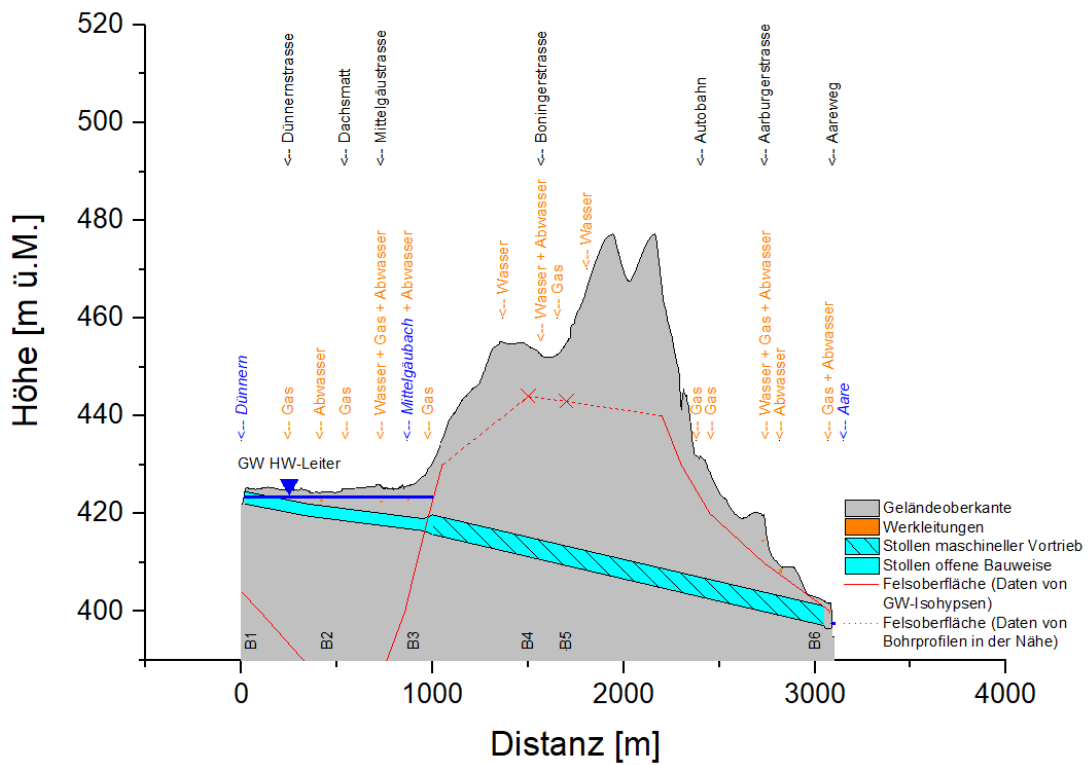


Abbildung 42: Längenprofil Variante 2) Gunzgen-Boningen, offene Bauweise und maschineller Vortrieb



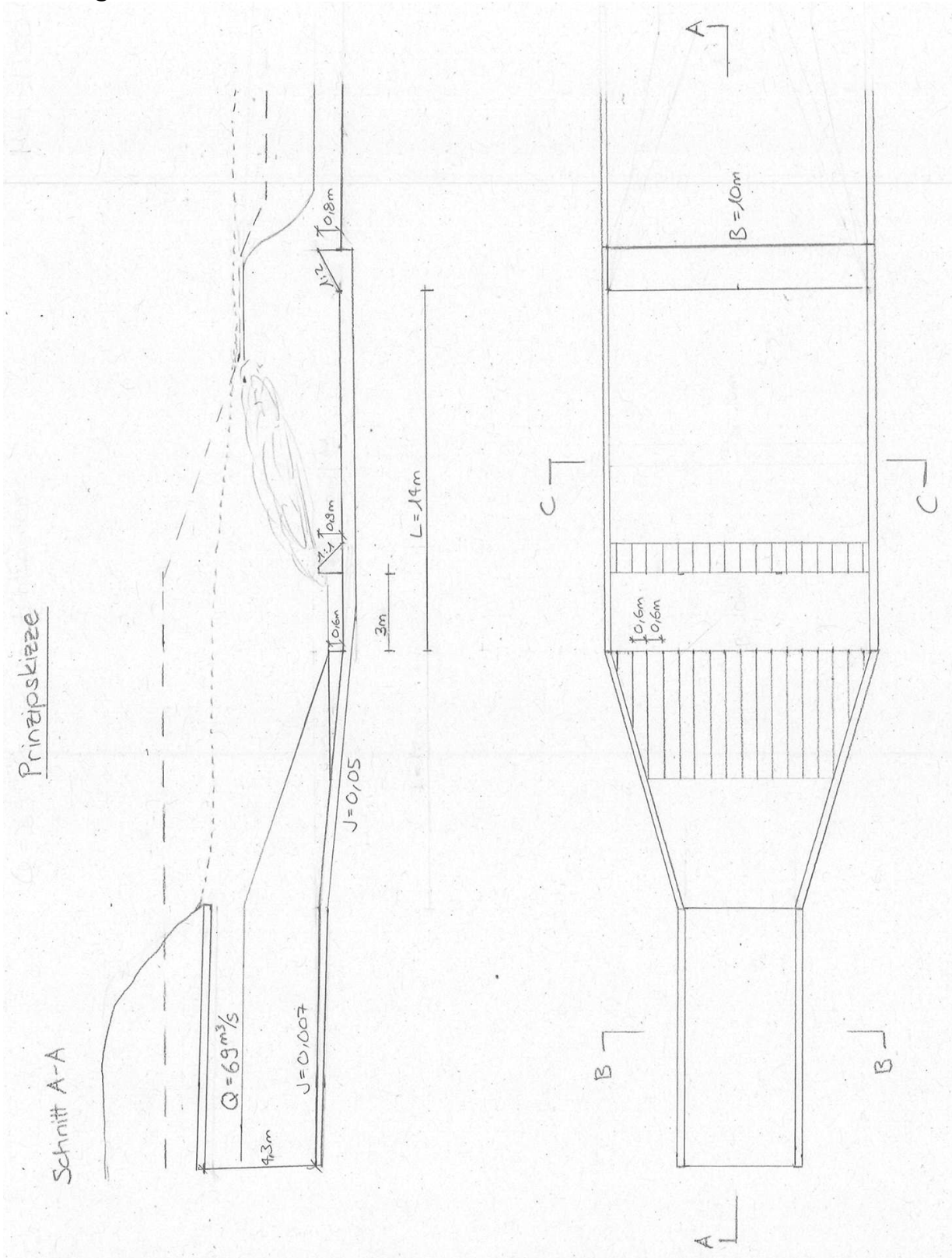
A2 – 4) Vergleich Linienführungen und Vortriebsarten - Grobbetrachtung

Tabelle 9 zeigt einen ersten zusammenfassenden Vergleich der Varianten 1a), 1b), 1c) und 2). Bei allen Varianten werden weder Liegenschaften unterfahren, noch GW-Schutzzonen oder Altlastenverdachtsflächen gequert. Bei allen Varianten ist stellenweise Grundwasser im Lockergestein zu erwarten.

Tabelle 9: Variantenvergleich der Längenprofile

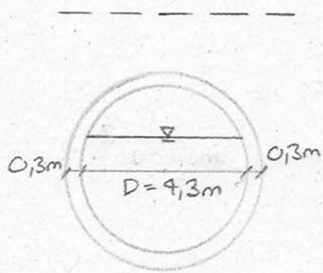
Abschnitt	Oensingen-Aare			Gunzgen-Boningen		
Variante	Variante 1a)	Variante 1b)		Variante 1c)	Variante 2)	
Vortriebsart	maschineller Vortrieb	maschineller Vortrieb	Tagebau und maschineller Vortrieb	maschineller Vortrieb	maschineller Vortrieb	Tagebau und maschineller Vortrieb
Geologie (geschätzt)	2000 m Fels 3300 m Lockergestein	4000 m Übergangsbereich 1800 m Lockergestein	4000 m Übergangsbereich 1800 m Lockergestein	1300 m Fels 3600 m Lockergestein	2100 m Fels 1000 m Lockergestein Evtl. tektonische Störung	2100 m Fels 1000 m Lockergestein Evtl. tektonische Störung
Gefälle	0.8 %	0.8 %	0.3 – 1.3 %	0.7 %	0.8 %	0.5 – 0.9 %
Werkleitungen in Stollennähe	2 Abwasser 1 Wasser	1 Abwasser	1 Abwasser 2 Wasser	Voraussichtlich keine	1 Abwasser	1 Abwasser

Anhang 3: Skizzen Auslaufbauwerk

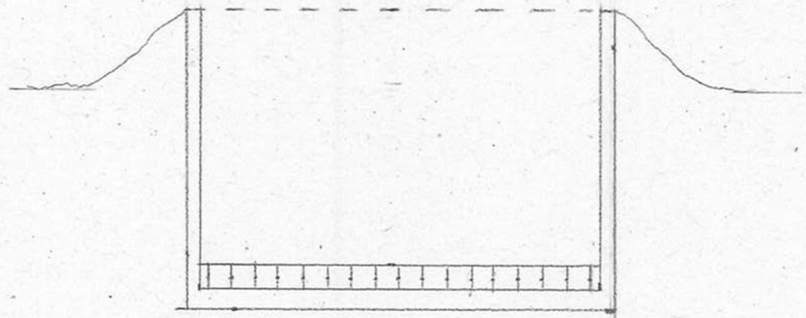


Prinzipskizze

Schnitt B-B



Schnitt C-C



Anhang 4: Bericht RLO

Datei-Nr. 17.05.18_Technischer_Bericht_HWS_Dünnern.pdf, 27 Seiten

Der Bericht geht teilweise von Annahmen aus, die in der Folge präzisiert wurden, siehe Kap. 8.1.



Hochwasserschutzstollen Dünnern

Vorstudie zur „Variante Umleiten“

Teilbericht Stollenbau

Olten, 17.05.2018



Rothpletz, Lienhard + Cie AG
Projektierende Bauingenieure SIA
Aarauerstrasse 50
4600 Olten
Telefon +41 62 287 13 11
Telefax +41 62 287 13 10
E-Mail rliolten@rothpletz.ch
Homepage www.rothpletz.ch

Hochwasserschutzstollen Dünnern

Vorstudie zur „Variante Umleiten“

Teilbericht Stollenbau

Olten, 17.05.2018



Rothpletz, Lienhard + Cie AG
Projektierende Bauingenieure SIA
Aarauerstrasse 50
4600 Olten
Telefon +41 62 287 13 11
Telefax +41 62 287 13 10
E-Mail rliolten@rothpletz.ch
Homepage www.rothpletz.ch

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Im Rahmen der Vorstudie für den Hochwasserschutz der Dünnern soll die Machbarkeit eines Hochwasserentlastungsstollens geprüft und für machbare Lösungen die Kosten ermittelt werden. Für die folgenden zwei Korridore sind Varianten für den Stollenbau (inkl. Ein- und Auslaufbauwerk) zu betrachten:

- Oensingen – Aare (Korridor 1)
- Gunzgen – Boningen (Korridor 2)

1.2 Auftrag

Am 09.01.2018 wurde das Ingenieurbüro Rothpletz, Lienhard + Cie AG von Hunziker Betatech AG beauftragt, einen Bericht zum Thema Stollenbau bei der Variante „Umleiten“ zu verfassen. Dabei soll in Zusammenarbeit mit einem Geologen im Rahmen einer Vorstudie die Variante „Umleiten“ bis auf Stufe Machbarkeit ausgearbeitet werden. Dies beinhaltet die Bestimmung der Linienführungen, die Erarbeitung der Bautechnik sowie die Ermittlung der Kosten mit einer Genauigkeit von +/- 25% (Kostenschätzung).

1.3 Vorgehen

Für die Ermittlung der Bestlösungen, wurde folgendermassen vorgegangen:

1. Aufarbeiten der geologischen und hydrologischen Grundlagen durch Sieber Casina + Partner AG, Olten
2. Festlegung von konkreten Linienführungen in den Korridoren.
3. Kontakt zu Bauunternehmer und Maschinenhersteller (Herrenknecht)
4. Analyse der Gefährdungsbilder und Aufzeigen von Baukonzepten für die gewählten Linienführungen
5. Ermittlung der Kosten
6. Überlegung zu Chancen und Risiken.
7. Fazit

2 Grundlagen

2.1 Dokumente

- [1] Vorstudie Umleiten, Hunziker Betatech
- [2] Hochwasserstollen Dünern, Varianten Pläne, Hunziker Betatech AG
- [3] Hochwasser-Schutzmassnahmen Dünern, Hydrogeologische Stollenprofile, SC+P, 20.02.2018, geologischer Bericht
- [4] Grundwasserschutzverordnung (GSchV), 01.01.2018
- [5] Smaragd-Gebiete, <https://www.bafu.admin.ch>, besucht: 08.02.2018

2.2 Anforderung an Hochwasserentlastungsstollen

Bei einem HQ₁₀₀ sollen je nach Querschnittsgrösse rund 30 - 50% der Abflussmenge durch den Stollen entlastet werden. Die dafür erforderlichen Querschnitte sind in Tabelle 1 und 2 aufgelistet. Optional wird der Einbau eines Bankettes betrachtet, welches eine Trockenwetterabflussrinne und eine Druckleitung aufnimmt.

Tabelle 1: Erforderlicher Innendurchmesser für Stollen, Angaben Hunziker Betatech

Stollenquerschnitt	Variante A (Q=45m ³ /s)	Variante B (Q=69m ³ /s)
Ausbruchdurchmesser	4.8m	5.3m
Innendurchmesser	4.0m	4.5m

Tabelle 2: Innendurchmesser für Tagbautunnel, Angaben Hunziker Betatech

Tagbauquerschnitt	Variante A (Q=45m ³ /s)	Variante B (Q=69m ³ /s)
Grubenbreite (B)	6.4m	8.3m
Innenabmessung (B/H)	4.4m / 2.5m	6.3m / 2.5m

Für die Ermittlung des Ausbruchquerschnitts wird angenommen, dass die erforderlichen Tübbing 30cm stark sind. Zudem ergibt sich beim Ausbruch ein Ringspalt von nochmals etwa 10cm. Daraus folgt, dass der Ausbruchdurchmesser 80cm grösser ist als der erforderliche Innendurchmesser.

Die erforderliche Längsneigung der Stollen ist in Tabelle 3 zusammengefasst:

Tabelle 3: Längsneigung, Angabe Hunziker Betatech AG

Korridor	Längsneigung
Oensingen – Aare	5 bis 7‰
Gunzgen – Boningen	5 bis 7‰

3 Linienführung

Gemäss [1] werden zwei mögliche Korridore für die Linienführung betrachtet (Abb. 1).

- Oensingen – Aare (1a bis 1c)
- Gunzgen – Boningen (2)

Für beide Korridore wurden in Zusammenarbeit mit dem beigezogenen Geologen konkrete Linienführungen beurteilt, wobei neben der Geologie auch Aspekte der Umwelt (Grundwasserschutz), Überbauungen, etc. berücksichtigt wurden.

Anzumerken ist, dass beide Korridore sich nahezu vollständig im Grundwasserschutzbereich A_u befinden.

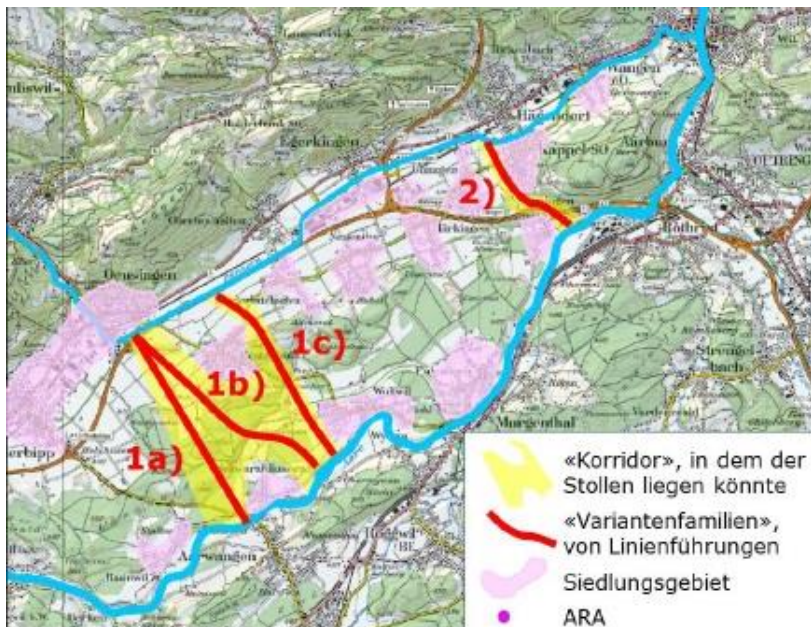


Abb. 1: Mögliche Korridore

3.1 Oensingen – Aare (O – A)

Für den Korridor Oensingen Aare ergeben sich grob drei Linienführungen (1a bis 1c, vgl. Abb. 1). Von Nordosten nach Südwesten liegen alle drei zunächst über rund 3 km im durchlässigen Lockergestein des Dünnern-Gäus (Niederterassenschotter), das hier eine Mächtigkeit von ca. 30 m und mehr hat. Der Grundwasserspiegel liegt rund 25 m unterhalb der Geländeoberfläche. Nach Süden steigt die Felsoberfläche an, so dass der Stollen zunächst in Moränenmaterial auf der Felsoberfläche, anschliessend in der unteren Süsswassermolasse verläuft. Die Felsoberfläche ist dabei von Wasserläufen übertieft und senkt sich zur Aare hin wieder ab, womit der Stollenausgang im Niederterassenschotter zu liegen kommt.

Linienführung 1c)

Die Lösung 1c) hat eine totale Länge von ca. 5 km und verläuft im Süden östlich von Kestenholz knapp an der Gewässerschutzzone S3 vorbei (vgl. Anhang 1). Zu beachten ist der Grundwasserschutz bei der Querung des Aquifers der Dünnern, wobei der Grundwasserstrom durch das Bauwerk um maximal 10% abgemindert werden darf (10%-Regel [4]). Da die Linienführung über längere Strecken über dem Grundwasserspiegel liegt, beurteilen wir diese Bedingung als erfüllt. Hingegen stufen wir bautechnische Erschwernisse bzw. Risiken für die Umwelt bei Bauarbeiten nahe an einer Grundwasserfassung als eher hoch ein (Bewilligungsfähigkeit).

Linienführung 1b)

Die Linienführung 1b) mit Länge von ca. 6 km weist im Vergleich zu 1a) keine Vorteile auf und ist zudem deutlich länger. Auch diese Linie führt knapp an der Schutzzone S3 vorbei. Sie deshalb nicht weiterverfolgt.

Linienführung 1a)

Es bleibt die Variante 1a) mit einer Länge von knapp 5.3 km. Diese tangiert keine Grundwasserschutzzonen und ist nur knapp länger als 1c). Für die Querung des Grundwasserstroms des Dünnern – Gäu gelten die gleichen Überlegungen.

Bei dieser Linienführung befindet sich das Auslaufbauwerk innerhalb des sogenannten Smaragd-Gebiets Oberaargau [5]. Der Einfluss auf die Bewilligungsfähigkeit des Projektes ist separat zu beurteilen.

Die vom Geologen aufgeworfene Optimierung der Linie 1c) mit längerer Felsstrecke wird nicht weiterverfolgt, da die gewählte bautechnische Lösung auf einen Lockergesteinsvortrieb abgestimmt ist (vgl. Kapitel 5.1, Hydroschildvortrieb)



Abb. 2: Situation Oensingen - Aare

3.2 Gunzgen – Boningen (G – B)

Die Linienführung zwischen Gunzgen und Boningen entspricht weitgehend jener von Hunziker Betatech ins Auge gefassten Lösung, die nicht die Grundwasserschutzzone S3 quert (vgl. Anhang 2 und Abb. 3). Das Einlaufbauwerk wird mit Vorzug an der Stelle angeordnet, wo die Dünnern eine Kurve aufweist. Die Linienführung des Stollens quert das Dünnern-Gäu an der westlichen Grenze zur Kappel im Lockergestein und führt anschliessend nach Südosten durch den Ausläufer des Borns im Fels und unter der A1 hindurch. Stollenlänge ca. 3.2 km.

Für die Querung des Grundwasserleiters ist die Beeinträchtigung des gequerten Grundwasserstroms [4] zu beachten, wobei das Grundwasser hier höher liegt als weiter westlich.

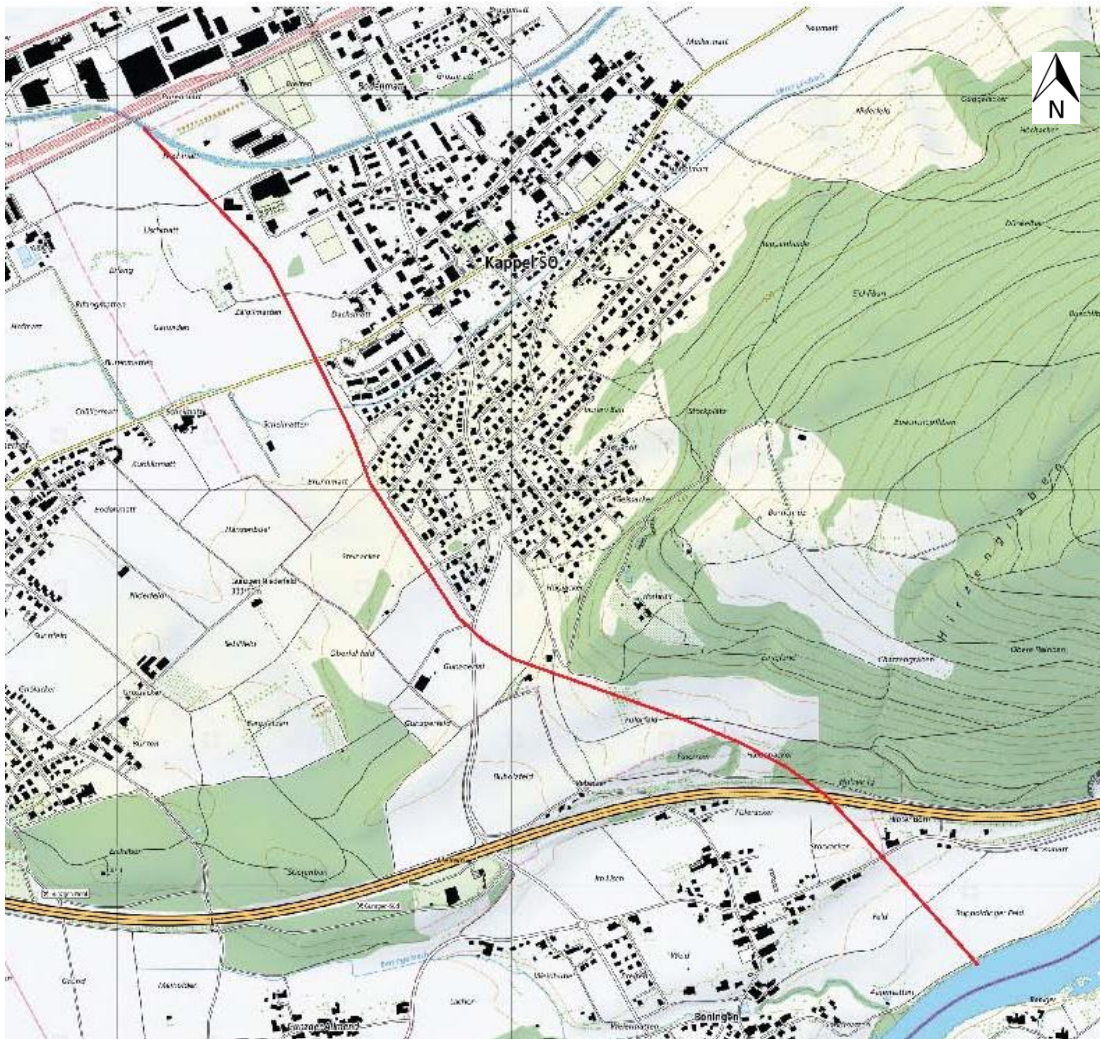


Abb. 3: Situation Gunzgen - Boningen

Die vom Geologen vorgeschlagene "Optimierungsmöglichkeit" mit einer kürzeren, gestreckten Linienführung in der Felsrippe und unterhalb der Siedlung [3] haben wir nicht separat in Betracht gezogen, da eine solche Lösung im grundwasserführenden Lockergestein nur maschinell mit Hydroschild machbar ist und Mehraufwendung zur Beherrschung der Risiken infolge Setzungen und allenfalls Verbrüchen erfordert (Überwachung, Bauhilfemassnahmen). Sie ist damit nicht von vorherein deutlich günstiger zu bewerten als die näher betrachtet leicht längere Strecke. Die Optimierung könnte in einer späteren Projektphase untersucht werden.

4 Stollenprofile

4.1 Oensingen – Aare (Oe-A)

Geologie

In diesem Korridor führt die Linie (vgl. Anhang 3) in der Ebene des Dünnerngäus in südöstlicher Richtung und unterquert ab etwa 2.9km den Buechban. Danach führt der Stollen westlich von Schwarzhäusern direkt in die Aare [3].

Der Stollen verläuft ab dem nördlichen Einlaufbauwerk im Lockergestein, welches aus sauberem Niederterrassenschotter besteht. Die Lockergesteinsüberdeckung des nimmt gegen Süden bis auf ca. 25 - 30 m zu.

Bei ca. km 2.95 befindet sich der Übergang vom Lockergestein in den Fels der Unteren Süßwassermolasse (USM, bestehend aus einer Wechsellagerung von Mergeln und Sandsteinen mit maximal Überdeckung von 20 – 30m). Bei km 3.8 befindet sich eine mit Lockergesteinen verfüllte Rinne, die möglicherweise bis auf Stollenniveau reicht. In einer nächsten Projektphase müsste die genaue Tiefenlage erkundet werden.

Beim südlichen Portal verläuft der Stollen wieder im Niederterrassenschotter.

Grundwasser

Der Grundwasserleiter besitzt hier eine Mächtigkeit von rund 40 – 50 m. Der Stollen quert das Gäu im Wesentlichen über dem Grundwasserspiegel bzw. liegt erst ab etwa km 2.5 liegt unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels. Im Randbereich verläuft der Stollen bis km 2.95 teilweise im geringmächtigen Grundwasservorkommen und reicht bis rund 5m unter den mittleren Grundwasserspiegel.

Die Untere Süßwassermolasse wirkt als Grundwasser-Stauer, womit im Fels kaum Wasseranfall zu erwarten ist. Beim Südportal ist der Grundwasserspiegel stark von der Aare beeinflusst und befindet sich unterhalb der Stollensohle [3].

Bauwerke, Werkleitungen

Unterquert die Nationalstrasse A1 bei Oensingen. Keine Überbauung im Bereich Gäu. Auslaufbauwerk südlich von Schwarzhäusern (Unterquerung Strasse).

4.2 Gunzgen – Boningen (G-B)

Geologie

Der Stollen verläuft im Norden zwischen der Grundwasserschutzzone der Fassung Kappel und dem Siedlungsgebiet von Kappel. Nach ca. 1.0 km quert der Stollen die westlichen Ausläufer des Born. Nach Süden unterquert der Tunnel landwirtschaftlich genutzte Flächen und mündet danach in die Aare.

Sowohl im Norden wie im Süden verläuft der Stollen im Niederterrassenschotter. Der Fels besteht aus geschichteten Jurakalken mit vereinzelt Mergellagen der Balsthal / Villigen Formation bzw. untergeordnet in der Reuchenette Formation. Weiter südlich folgen Mergel und Sandsteine der Unteren Süsswassermolasse.

Grundwasser

Das Lockergesteins-Grundwasser fliesst im Niederterrassenschotter mit einer Mächtigkeit von rund 40-50m in Richtung Nordosten quer zum Stollen. Die Sohle des Stollens verläuft hier auf der gesamten Strecke unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels.

Im Fels sind keine grossen Grundwasservorkommen zu erwarten. Lokale Karstwasserzutritte sind jedoch nicht auszuschliessen [3].

Im Süden der Linienführung ist der Grundwasserstand stark durch die Aare beeinflusst, womit der mittlere Grundwasserspiegel unterhalb der Stollensohle verläuft.

Bauwerke, Werkleitungen

Das Einlaufbauwerk befindet sich südlich der Bahnlinie. Westlich von Kappel werden mehrere Strassen bei geringer Überdeckung gequert (Werkleitungen). Im Bereich des Ausläufers Born nimmt die Überdeckung zu. Die Nationalstrasse A1 wird mit geringer Überdeckung im Lockergestein unterquert.

4.3 Erkundungsmassnahmen

Der Geologe hat die Kenntnislücken bezüglich Geologie und Hydrologie in seinem Bericht detailliert formuliert und dazu auch die nötigen Erkundungen definiert [3].

5 Bautechnik

5.1 Baumethoden

Für die genannten Linienführungen werden folgende Baumethoden in Betracht gezogen

Mixschild TBM-Vortrieb

Die Tunnelbohrmaschine (TBM) mit Durchmesser von ca. 5.4 m wird mit zwei Vortriebsvarianten ausgerüstet. Für den Vortrieb im standfesten Fels wird die Vortriebs-einrichtung offen gefahren. Das bedeutet, dass die Ortsbrust nicht gestützt ist. Das Ausbruchmaterial wird dabei im Stollen mit einem Förderband abtransportiert. Vor dem Eintritt in das Lockergestein wird die TBM für den geschlossenen Hydroschildvortrieb umgebaut. Die Ortsbrust wird durch Bentonit gestützt. Das Ausbruchmaterial wird in einer Leitung im Stollen in Bentonitsuspension zum Portal befördert, dort von der Suspension separiert und danach wieder in den Förderkreislauf eingespeist. Der Ausbau erfolgt einschalig mit dichten Tübbingringen (vgl. Abb. 4).

Diese Vortriebsart ist für die Linienführung G-B anwendbar.

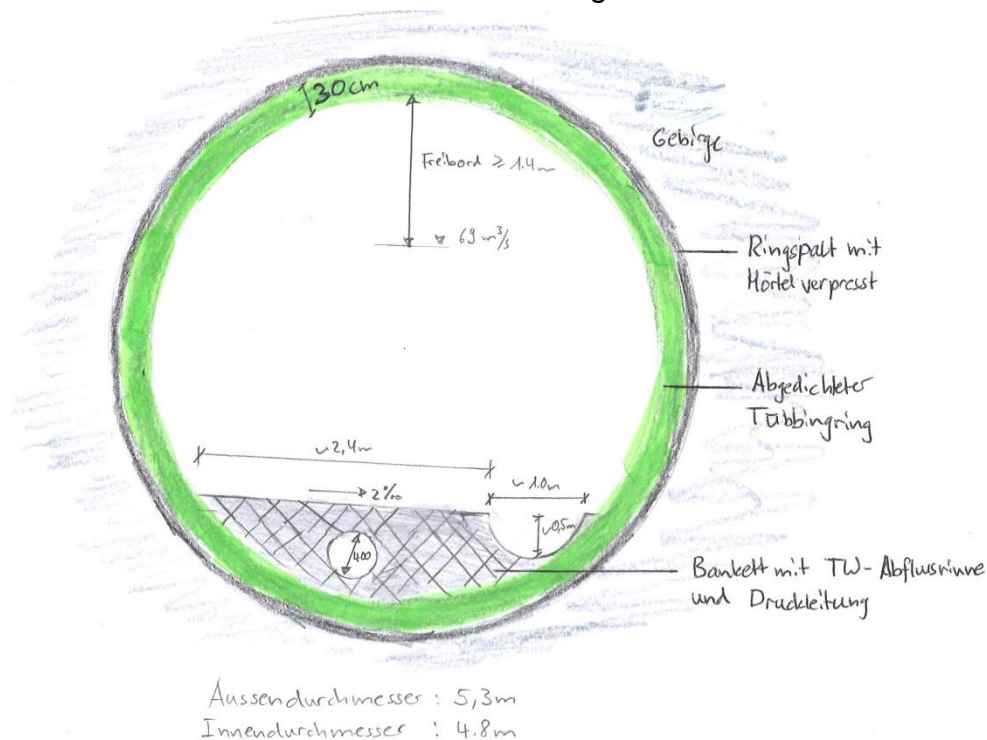


Abb. 4: Normalprofil maschineller Vortrieb für Profilvariante B ($69 \text{ m}^3/\text{s}$), mit Innenausbau, gilt auch sinngemäss für Profilvariante A ($45 \text{ m}^3/\text{s}$)

Hydroschildvortrieb

Sind mehrere Wechsel von Fels ins Lockergestein und umgekehrt zu erwarten bzw. die Felsstrecke von Lockergesteinsübertiefungen betroffen, kann es zweckmässig sein auf die Umstellungen zu verzichten und den geschlossenen Hydroschildvortrieb auch im Fels auszuführen. Die Vorteile sind die einheitliche Vortriebsart (höhere Leistungen, keine Unterbrüche beim Umbau, tiefere Kosten bei der Vortriebsinstallation und verbesserte Platzverhältnisse im Stollen während der Bauphase mit nur einem Förder-system).

Je nach Streckenabschnitten und Felsverhältnissen ergibt sich damit aber der Nachteil der aufwändigeren Separierung der Bentonitsuspension. Die Mergel- und Tonanteile in der Molasse weisen in etwa die gleiche Korngrösse wie Bentonit auf, womit die Separierung aufwändiger wird bzw. nicht vollständig ausgeführt werden kann. Damit muss die Suspension häufiger ausgetauscht werden.

Für die Unterquerung der Nationalstrasse N1 sind Zusatzmassnahmen (Bauhilfemassnahmen Injektionen) und eine systematische Überwachung erforderlich, um den Strassenbetrieb sicher zu gewährleisten.

Dieses Vortriebskonzept ist auf der ganzen Strecke Oe-A anwendbar.

Konventioneller Vortrieb (SPV oder MUF), Tagbaustrecke

Die Felsstrecke (hauptsächlich Kalk) wird konventionell im Sprengvortrieb (SPV) oder Maschinenunterstützter Vortrieb im Fels (MUF) ausgebrochen. Die Schutterung erfolgt über eine Stollenbahn, Pneubetrieb oder allenfalls Förderband.

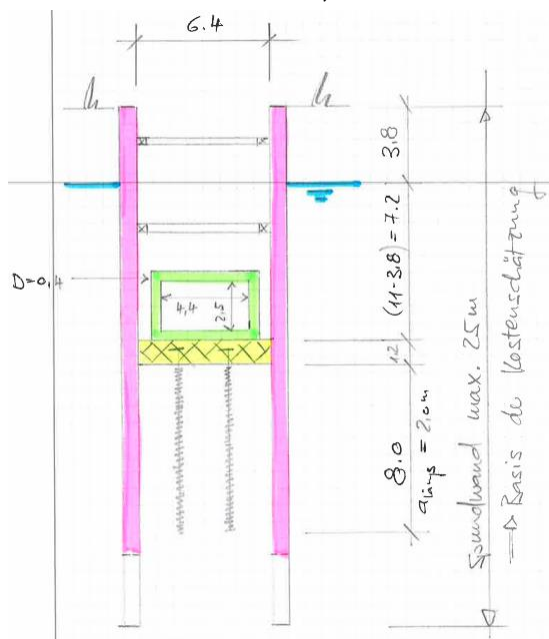


Abb. 5: Typisches Querprofil Tagbaustrecke (Bauzustand)

Der Streckenabschnitt im Lockergestein wird im Tagbau erstellt. Aufgrund der Grundwasserverhältnisse wird ein abgedichteter Baugrubenabschluss, beispielweise mit Spundwänden gespriesst, und einer Unterwasserbetonsohle erstellt, die mit Mikropfählen gegen Auftrieb gesichert wird (vgl. Abb. 5: für die Kostenschätzung verwendetes Querprofil). Im Endzustand können die Spundwände gezogen werden, im Bauzustand führen sie zu einem lokalen Aufstau des Grundwassers, weshalb die Ausführung mit einer Etappierung (und Querschotts) zu planen ist. Die Mikropfähle sind voraussichtlich mit Strümpfen zu injizieren, um eine Beeinträchtigung des Grundwassers zu minimieren. In einer nächsten Projektphase sind die Baumassnahmen auf Verträglichkeit mit dem Grundwasserschutz (Genehmigungsfähigkeit der Einbauten in Grundwasserschutzzone A_U) zu prüfen.

Im bergmännischen Teil wird der Stollen zweischalig mit einer Innenschale aus Ortbeeton erstellt (vgl. Abb. 5). Im Tagbaubereich wird ein Rechteckprofil (Annahme: ohne flächige Abdichtung) erstellt. Das Erfordernis einer flächigen Abdichtung muss in einer nächsten Projektphase definiert werden (Nutzung auch als Abwasserstollen).

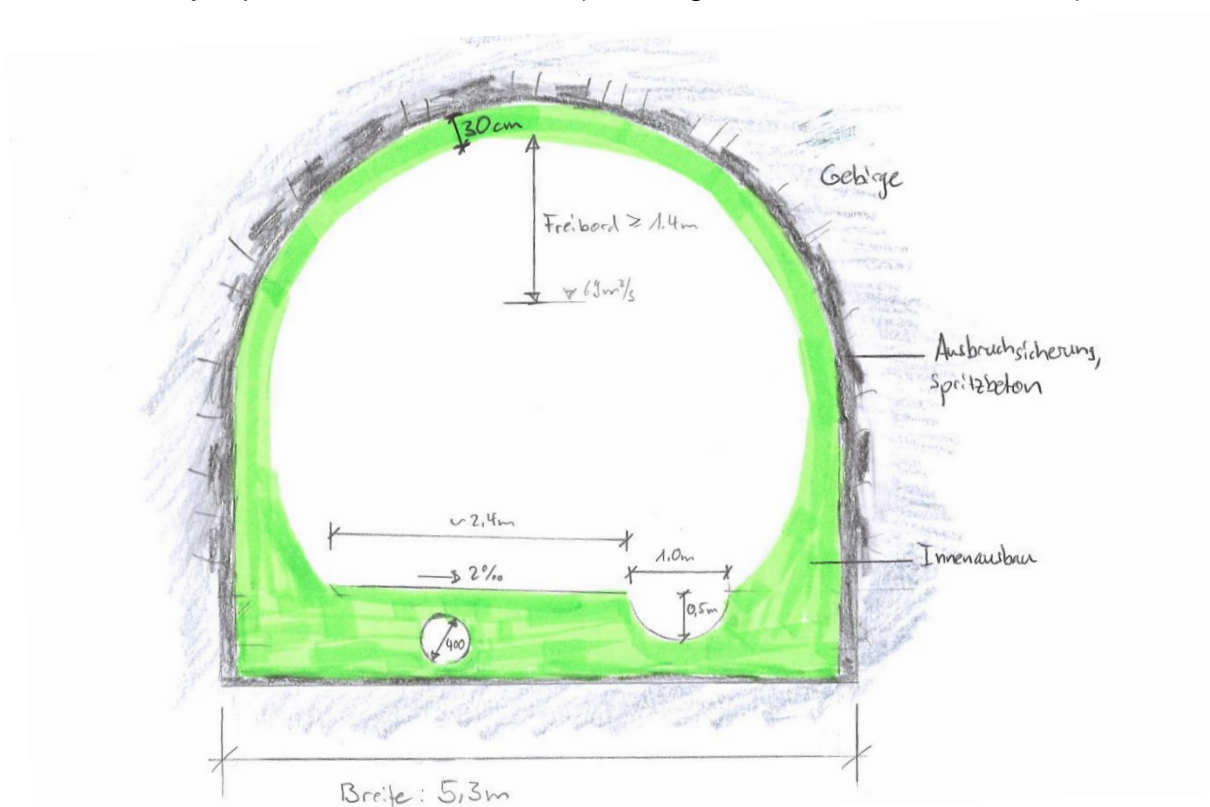


Abb. 6: Typisches Normalprofil Profilvariante B ($69 \text{ m}^3/\text{s}$), konventioneller Vortrieb mit Innenausbau, gilt auch sinngemäss für Profilvariante A

Die Konventionelle Lösung für den Stollenbau (MUL bzw. SPV im Fels, Tagbau im Lockergestein) wird nur für die kürzere Strecke G-B betrachtet.

MUL: Maschinenunterstützter Vortrieb im Lockergestein (Unterquerung A1)

Die Nationalstrasse A1 wird bergmännisch unterquert. Dazu sind eine vorauseilende Gewölbesicherung mit Rohrschirmen und eine systematische Sicherung der Ortsbrust mit langen Ankern erforderlich. Bei der geringen Überdeckung ist zudem mindestens teilweise eine vorgängige Verfestigung der Überdeckung zur Nationalstrasse mit Injektionen in Betracht zu ziehen. Der Ausbruch erfolgt in kurzen Etappen mit raschem Ringschluss der Ausbruchsicherung. Die Beeinflussung der Oberfläche wird systematisch überwacht und ein Massnahmenpaket vorgesehen, um den Autobahnbetrieb sicher zu gewährleisten.

5.2 Gefährdungsbilder

Beide Linienführungen durchörtern verschiedene geologische Schichten und Streckenabschnitte mit entsprechend unterschiedlichen Gefährdungsbildern. Diese sind in den Längenprofilen wie folgt dargestellt:

- Stabilität (Instabilität der Gewölbeleibung oder Ortsbrust, Tagbrüche, Setzungen)
- Werkleitungen (Mehraufwendungen für Umliegung von Leitungen)
- Grundwasser und deren Schutzstufe (Gefährdung der Bewilligungsfähigkeit, Zusatzmassnahmen)
- Unterfahren von Überbauungen (Setzungen, Tagbrüche)
- Unterfahrene Infrastruktur (Setzungen, Tagbrüche)
- Quellpotential des Gebirges bzw. Mergelschichten in der USM (Versagen des Stollenausbaues)

Im Anhang 3 und 4 befindet sich für jede Linienführungsvariante eine Einteilung mit den zu erwartenden Begebenheiten. Die nachfolgend aufgezeigten Baukonzepte tragen diesen Gefährdungen Rechnung.

5.3 Baukonzepte

Oensingen – Aare (Oe-A): TBM Hydroschild

Der Vortrieb erfolgt steigend von Süden nach Norden aufgrund der einfacheren Wasserhaltung. Das Baukonzept gilt sowohl für die Stollenquerschnitt A (69 m³/s) und B (45 m³/s).

- Erstellen des Voreinschnitts im Süden
- Installation Hydroschild TBM, steigender Vortrieb bis zum Einlaufbauwerk im Norden, L = 5.3 km
- Parallel dazu: Erstellen des Zielschachtes im Norden
- Demontage der TBM und Schild und Zurückziehen der Nachläufermodule zum Startschacht
- Innenausbau

Gunzgen – Boningen (G-B)

Bei beiden Varianten wird der Vortrieb steigend ausgeführt. Auch gilt das Vorgehen sowohl für Querschnitt A (69 m³/s) wie auch B (45 m³/s).

Variante 1: Maschineller Vortrieb

- Erstellen des Voreinschnitts im Süden
- Konventionelle Unterquerung der Nationalstrasse (MUL)
- Installation der Mixschild-TBM
- Start offener Vortrieb
- Umbau im Fels
- Vortrieb Lockergestein im Hydroschildverfahren bis in den Zielschacht
- Parallel dazu: Erstellen Zielschacht
- Demontage der TBM und Schild und Zurückziehen der Nachläufermodule zum Startschacht
- Innenausbau

Variante 2: Konventioneller Vortrieb

- Erstellen des Voreinschnitts im Süden
- Konventionelle Unterquerung der Nationalstrasse (MUL)
- Konventioneller Vortrieb (SPV oder MUF)
- Im Norden kann parallel dazu die Tagbaustrecke, z.B. ab dem Einlaufbauwerk bei der Dünnern, erstellt werden.
- Verkleidung (bergmännisch), Tragkonstruktion, Auffüllung und Rückbau Spundwände (Tagbau)
- Innenausbau

5.4 Installationsplatzbedarf

Grundsätzlich besteht für die Baustelleneinrichtung ein Flächenbedarf von 2000 bis 4000 m² bei konventionellen Vortrieben für die Vortriebseinrichtungen, Lagerplätze, Zwischendepots, Logistikflächen sowie Büro- und Personalcontainer.

Für einen maschinellen Vortrieb ist zudem der Raum beim Portal bzw. im Voreinschnitt für die Montage der TBM entlang der Trasse vorzusehen, inkl. seitlicher Raum für Kran und Montagearbeiten. Hoch ist der Platzbedarf für die Separierung beim Hydroschildvortrieb (rund 5'000 bis 6'000 m²), den Materialumschlag und die Lagerflächen für die Tübbinge. Für einen maschinellen Vortrieb mit Hydroschild ist ein Raumbedarf von rund 8000 m² einzuplanen.

Der Zielschacht für den TBM-Vortrieb muss es ermöglichen, die Vortriebseinrichtung (minimal Schneidrad und Schild) zu bergen (ca. 12.5x8.5m).

Bei der Erstellung des Stollens im Tagbau beschränkt sich der Platz im Wesentlichen auf einen Korridor von 10 bis 15m Breite entlang der Strecke.

Für die Lösung Oe-A mit Hydroschildvortrieb wäre der Hauptinstallationsplatz im Feld westlich von Schwarzhäusern sicher möglich. Die Transportwege über die Hauptstrasse von der A1 (hier: Jurastrasse) erlauben den Antransport der Vortriebseinrichtung. Auch beim Südportal der Lösung G-B im Bereich Boningen findet der Hauptinstallationsplatz ausreichend Raum, die Erschliessung erfolgt über die Aarburgerstrasse.

Für die Zielschächte inkl. Installationsflächen bei beiden Lösungen in der Gäu-Ebene ist ausreichend Raum vorhanden.

5.5 Deponie des Ausbruchmaterials

Für die Deponie des Ausbruchmaterials sind geeignete Standorte zu suchen. Ausbruchmaterial aus konventionellen Vortrieben im Fels ist zu reinigen (Trennung von Spritzbetonrückprall, Verschmutzung und Leichtstoffe). Für Sprengvortriebe ist zudem die Verschmutzung des Ausbruchmaterials mit Nitrit zu beachten ("Reinigung" durch Zwischenlagerung). Material aus konventionellem Vortrieb wird zum Grossteil unver schmutzt deponiert.

Für den Hydroschildvortrieb wird das separierte Material erfahrungsgemäss jeweils etwa zur Hälfte inert deponiert.

6 Kostenschätzung (Baukosten) und Bauzeit

Für die in Kapitel 5.3 definierten Baukonzepte wurden die Kosten aufgrund des heute vorliegenden Kenntnisstandes und dem aktuellen Stand der Vortriebstechnik ermittelt. Die Kosten verstehen sich mit Basis Februar 2018, exkl. MWSt. und mit einer Genauigkeit von +/- 25%.

Die Tabelle 4 zeigt die Baukosten für die erläuterten Konzepte. Die Kosten sind explizit für das grössere Normalprofil (B) ermittelt. Aufgrund unserer Erfahrung gilt dieser Preis in der betrachteten Genauigkeit auch für das kleinere Profil (A), da sich Minderaufwendungen (weniger Ausbruchkubatur) in der Regel mit den Behinderungen und Zusatzaufwendungen für kleinere Profile kompensiert. Dies gilt insbesondere für die Vortriebseinrichtung, von der beim Maschinenhersteller explizit Kosten für eine konkrete Maschine für Profil B berücksichtigt wurden.

Im Preis sind die Planungskosten sowie die zusätzlich erforderlichen geologischen Erkundungen nicht inbegriffen. Die detaillierten Kosten sind im Anhang 5 ersichtlich.

Tabelle 4: Baukosten und Bauzeit für die verschiedenen Konzepte

Baukonzepte		Baukosten: Basis 2018, exkl. MWSt. +/- 25%	Baukosten: Basis 2018, exkl. MWSt. +/- 25%	Bauzeit
	Linie	Mio CHF	CHF/Tm	[Jahre]
TBM Hydroschild	Oe-A	88.0	ca. 17'100	ca. 4
Maschineller Vortrieb (Variante 1)	G-B	67.0	ca. 21'600	ca. 3
Konventioneller Vortrieb (Variante 2)	G-B	102.6	ca. 33'100	ca. 3.5

Die tiefsten Baukosten ergeben sich für die Linienführung Gunzgen – Boningen mit Mixschildvortrieb. Jedoch ist die Machbarkeit aus Sicht Umwelt (Gewässerschutz) bei der Querung der Grundwasserleiter fraglich. Insgesamt realistisch ist deshalb die Realisierung des Stollens im Korridor Oe-A für rund **CHF 88.0 Mio**.

Der längste Stollen weist die tiefsten Laufmeterkosten auf. Das ist auch dem Umstand der ansonsten, im Vergleich zur Stollenlänge, hohen Fixkosten der Vortriebseinrichtung geschuldet. Der konventionelle Vortrieb ist pro Meter verglichen mit den anderen Varianten deutlich teurer und kommt deswegen nur für kürzere Strecken in Frage. Die Kosten für die Baugrubensicherung bei der Tagbaustrecke sind hoch.

7 Technische Machbarkeit, Risiken / Chancen

Für beide Linienführungen können Lösungen für den Stollenbau aufgezeigt werden, die technisch machbar sind.

Für den Korridor Gunzgen – Boningen bestehen aufgrund umweltrechtlicher Aspekte (Grundwasserschutz 10% - Regel der Beeinträchtigung Grundwasserstrom, Injektionen in den Baugrund und mögliche verbleibende Sicherungsmassnahmen im Boden) Risiken für die Bewilligungsfähigkeit, die näher abzuklären sind. Dies gilt für beide aufgezeigten Bauvarianten.

Die Risiken und Chancen für die betrachteten Baukonzepte lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Variante Oensingen – Aare (Anhang 3)

Die Strecke ist zwar deutlich länger als zwischen Gunzgen und Boningen, die Chance liegt darin, dass sich der gesamte Vortrieb mit einer Vortriebeinrichtung realisieren lässt. Zudem ist der Grossteil der Strecke im Lockergestein, welches für die Hydroschildmaschine am besten geeignet ist. Werkleitungen und Infrastrukturen sind durch diesen Vortrieb gar nicht betroffen.

Die Risiken bestehen hier in den Übergängen (gemischte Verhältnisse) und beim Mehraufwand für die Separierung der tonigen und mergeligen Schichten der USM. Zudem muss in der nächsten Phase das Quellpotential näher betrachtet werden. Die in Kapitel 4.1 erwähnte Lockergesteinsrinne kann mit dieser Vortriebsmethode ohne zusätzliche Risiken beherrscht werden.

Die Unterquerung der Nationalstrasse N1 erfolgt im Hydroschildvortrieb mit Zusatzmassnahmen und ist eine Schlüsselstelle.

Gunzgen – Boningen (vgl. Anhang 4)

Karstvorkommen im Fels stellt je nach Ausmass bei beiden Vortriebsvarianten ein Risiko dar (Kosten, Bauzeit). Die Karstgefahr ist in der nächsten Projektphase zu klären und gegebenenfalls Zusatzmassnahmen einzuplanen.

Maschinelles Vortrieb (Variante 1)

Der TBM-Vortrieb im Fels mit dem offenen Schild ist eine sehr wirtschaftliche Lösung, Die Lösung erfordert jedoch den Umbau der Vortriebseinrichtung für die nachfolgende Lockergesteinsstrecke auf Nassbetrieb (Bentonitstützung). Mit dem bergmännischen

Vortrieb im Lockergestein müssen keine Strassen oder Werkleitungen umgelegt werden. Aufgrund einer ersten Abschätzung ist der Auftrieb des Stollenquerschnittes im Grundwasser ohne Zusatzmassnahmen beherrschbar.

Aufgrund des Grundwasserschutzes (10% Regel) ist es bei einer maximalen Grundwassermächtigkeit von 40-50m kaum möglich, den Stollen mit Aussendurchmesser von 5.5m zu erstellen. In Betracht zu ziehen ist, dass Vortriebseinrichtung mit beiden Installationen (offener und geschlossener Modus) für die kurze Strecke eher teuer und technisch mit Kompromissen verbunden ist (Platzverhältnisse). In einer nächsten Phase müsste hier auch der Einsatz eines durchgehenden Hydroschildvortriebes geprüft werden (Machbarkeit Vortrieb im Kalk?).

Konventioneller Vortrieb (Variante 2)

Bei dieser Variante kann die 10% Regel im Endzustand eingehalten werden, da der Stollen wenig verbleibende Einbauten im Grundwasser birgt.

Hinsichtlich der Bauzeit besteht die Möglichkeit an mehreren Stellen gleichzeitig anzugreifen. Der Sprengvortrieb im kleinen Querschnitt ist unter Berücksichtigung von Zusatzausbrüchen für die Logistik (Kreuzungsnischen, etc.) gut machbar.

Andererseits birgt das Bauverfahren im Tagbau im Norden durchaus Risiken. Aufgrund der grossen Baugrubentiefe, erreicht der Baugrubenabschluss mit Spundwänden seine Grenzen (Ramm-/ Vibrierfähigkeit des Baugrundes). Werden andere Verfahren für den Baugrubenabschluss erforderlich (Schlitzwand oder Bohrpfahlwand), erhöht sich der Kostenaufwand um Faktoren. Zudem ist es aufgrund der Lage in einem Grundwasserschutzbereich fraglich, ob in den Baugrund ohne Zusatzmassnahmen injiziert werden darf. Die Querungen von Strassen und Werkleitungen stellen zusätzliche Hindernisse dar.

8 Folgerung und Empfehlung

Für die beiden Korridoren Oensingen – Aare sowie Gunzgen – Boningen konnte die technische Machbarkeit für einen Hochwasserentlastungsstollen aufgezeigt werden. Als Bestlösung kristallisiert sich der Stollen mit $L = 5.3$ km zwischen Oensingen und Aare heraus, der komplett maschinell mit einer Hydroschild – TBM aufgefahren wird. Die Kosten betragen CHF 88.0 Mio. (Preisbasis Feb. 2018, exkl. MWSt., +/- 25 %).

Der kürzere Korridor zwischen Gunzgen und Boningen, $L = 3.2$ km kann mit maschinellen Mitteln zwar grundsätzlich mit tieferen Kosten von CHF 67.0 Mio. realisiert werden. Da der Stollen den Aquifer im Dünnern-Gäu unterhalb des Grundwasserspiegels quert, sehen wir hier Risiken für die Bewilligungsfähigkeit aufgrund des Gewässerschutzes ("10 % - Regel"). Würde die Ableitung im Tagbau erstellt, so könnte sie im Endzustand dem Gewässerschutz genügen und es wären lediglich die Risiken im Bauzustand näher zu betrachten. Allerdings liegen die Kosten für eine solche Lösung mit CHF 102.6 Mio. deutlich höher. Eine Verbesserung könnte mit einer Reduktion des Längsgefälles erreicht werden.

Die gemachten Angaben gelten grundsätzlich für die grösseren Stollenquerschnitte mit Abflusswerten von $Q = 69$ m³/s. Für die kleineren Stollenprofile (Abflusswerte $Q = 45$ m³/s) ist in der betrachteten Genauigkeit keine wesentliche Reduktion der Kosten zu erwarten, da neben den reduzierten Massen für Ausbruch / Aushub und Einbauten die Erschwernisse infolge engerer Platzverhältnisse zunehmen. Die Vortriebeinrichtungen, Installationen für Separierung weisen ähnliche Kosten auf.

Die Kosten beim maschinellen Vortrieb können dadurch gesenkt werden, dass eine Vortriebeinrichtung verwendet wird, welche im Durchmesser bereits auf dem Markt existiert. Nach Angaben von Herrenknecht ist zurzeit in England eine solche im Einsatz, die einen Ausbruchdurchmesser von 5.2 m (entsprechend Profil für $Q = 69$ m³/s) aufweist. Bei einem solchen „Recycling“ müsste lediglich das Schneidrad auf die vorherrschende Geologie angepasst werden.

Falls im Projekt Hochwasserschutz Dünnern die Varianten "Umleiten" mit einem Entlastungsstollen zum Tragen kommt, empfehlen wir, den Korridor Oensingen – Aare weiter zu verfolgen. Mit der Klärung der umweltrechtlichen Risiken beim maschinellen Vortrieb im Grundwasser des Lockergesteins im Korridor Gunzgen – Boningen besteht die Chance für eine leicht kostengünstigere Realisierung des Stollens.

Für die nächste Projektphase sind die Kenntnisse über die Geologie gezielt zu untersuchen, damit die Linienführung und die Bauverfahren vertieft werden können.

9 Anhang

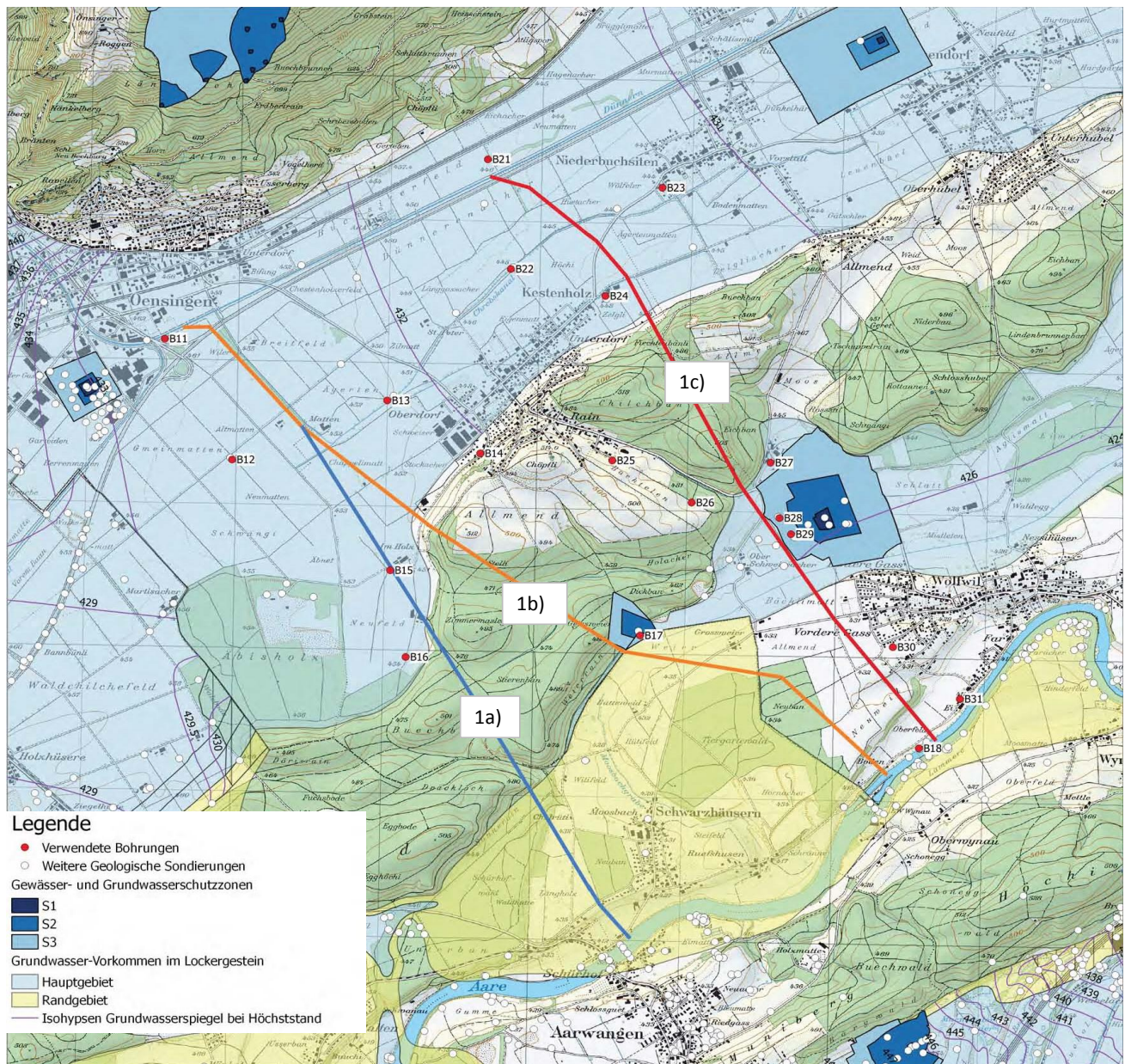
Anhang 1: Linienführung von Hunziker Betatech, Oensingen – Aare

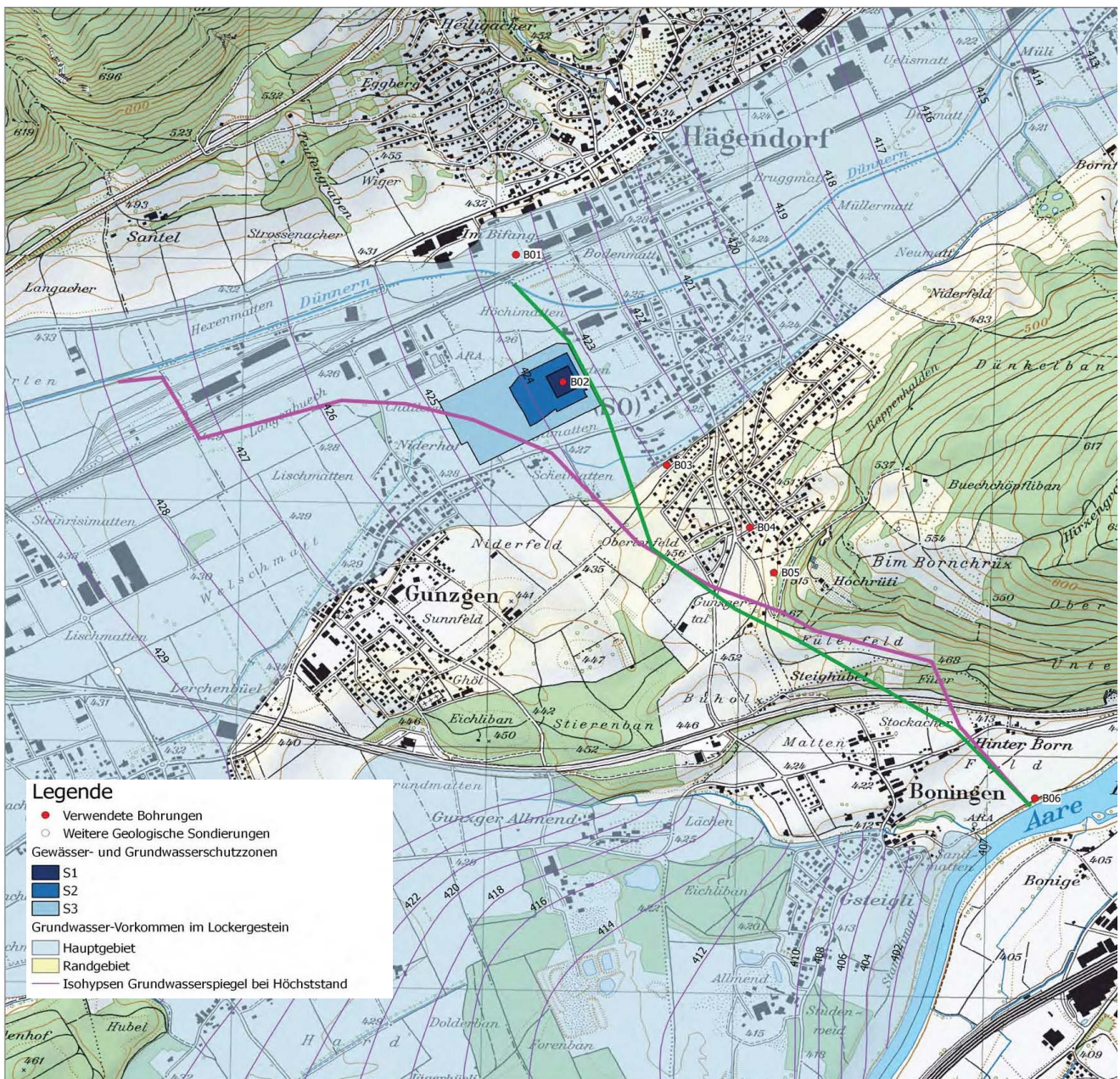
Anhang 2: Linienführung von Hunziker Betatech, Gunzgen – Boningen

Anhang 3: Geologisches Längsprofil mit Gefährdung, Oensingen – Aare

Anhang 4: Geologisches Längsprofil mit Gefährdung, Gunzgen – Boningen

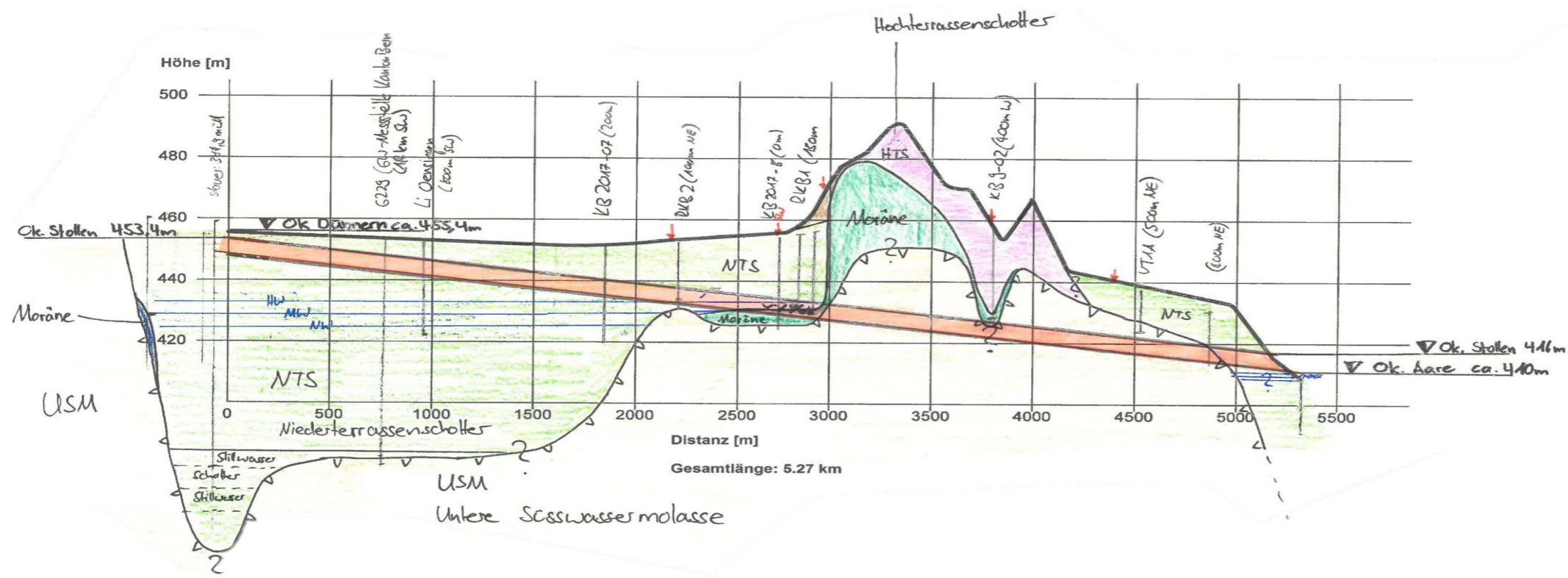
Anhang 5: Kostenschätzung



**Bemerkung:**

Hier wurde nur die grüne Strecke betrachtet. Die Volette Linienführung wird aufgrund der Schutzzonenquerung zum vornherein ausgeschlossen.

Längenprofil Oe - A



Streckenabschnitt [m]	0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	4250	4500	4750	5000	5250
-----------------------	---	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Gefährdungsbilder (Risiken)

Stabilität																							
Ortsbrust/ Gewölbe																							
Werkleitungen																							
Quellpotential Gebirge																							
Grundwasser																							
Unterquerte Überbauung																							
Unterquerte Infrastruktur																							

Bautechnik

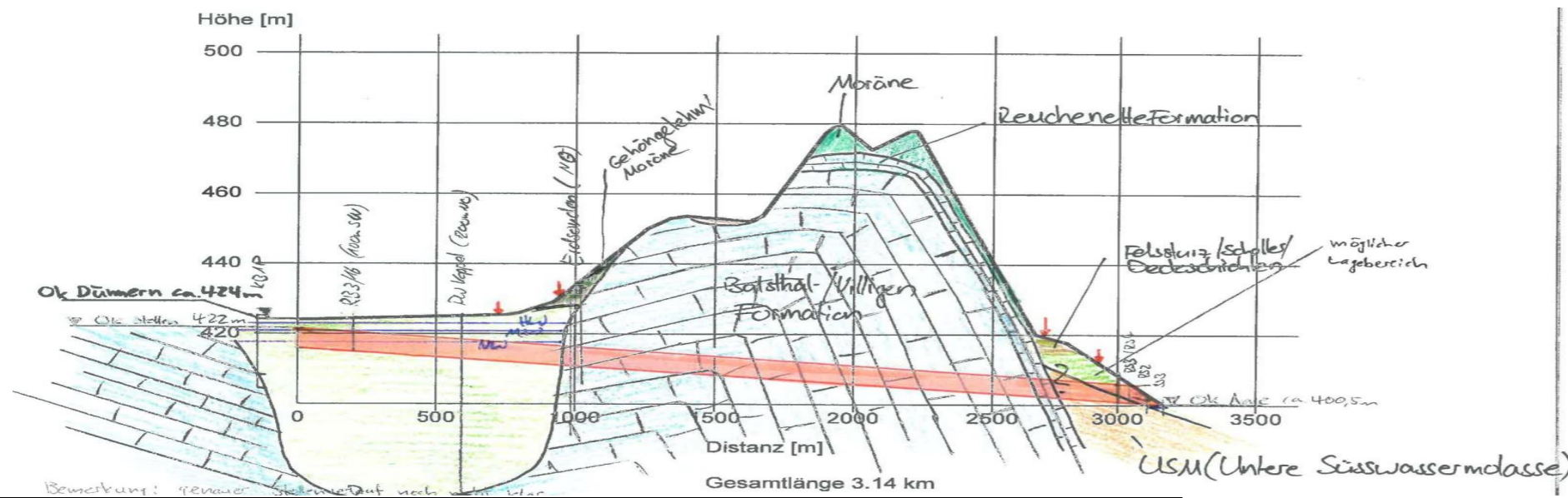
Tunnelmeter [m]	0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	4250	4500	4750	5000	5250	
[m]		15																					
Variante 1		Schacht																					

Total [m]
5200

Einteilung

Stabilität Fels Fels mit Lockergesteineinschnitt Lockergestein ohne Grundwasser Lockergestein im Grundwasser		Überbauung keine Überbauung Überbauung im Fels Überbauung im Überbauung im	
Werkleitung Keine Anschlussleitung Elektro/ Telekom Hauptleitung		Infrastruktur keine/ Landstrasse Quartierstrasse Kantonsstrasse/ Autobahn/ Bahnlinie	
Grundwasser Kein Grundwasser Grundwasser ohne Schutz Schutzbereich Schutzzone		Quellpotential Gebirge Kein Quellen geringes Quellpotential hohes Quellpotential	

Längenprofil G - B



Streckenabschnitt [m]	0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3250
-----------------------	---	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Gefährdungsbilder (Risiken)

Stabilität														
Ortsbrust/ Gewölbe														
Werkleitungen	k.A.			k.A.	k.A.									
Quellpotential Gebirge														
Grundwasser														
Unterquerte Überbauung														
Unterquerte Infrastruktur														

Bautechnik

Tunnelmeter [m]	0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3250		
Bauwerkslänge [m]			1000					1750					75	275		
Variante 1			Tagbau					SPV/ MUF				MUL	Tagbau			
Variante 2			Schacht	Mixschild Fels, Mixschild Lockergestein											MUL	Tagbau

Total
3100 m

Einteilung

Stabilität		Überbauung	
Fels	■	keine Überbauung	■
Fels mit Lockergesteineinschnitt	■	Überbauung im Fels	■
Lockergestein ohne Grundwasser	■	Überbauung im	■
Lockergestein im Grundwasser	■	Überbauung im	■
Werkleitung		Infrastruktur	
Keine	■	keine/ Landstrasse	■
Anschlussleitung	■	Quartierstrasse	■
Elektro/ Telekom	■	Kantonsstrasse/	■
Hauptleitung	■	Autobahn/ Bahnlinie	■
Grundwasser		Quellpotential Gebirge	
Kein Grundwasser	■	Kein Quellen	■
Grundwasser ohne Schutz	■	geringes Quellpotential	■
Schutzbereich	■	hohes Quellpotential	■
Schutzzone	■		

KOSTENSCHÄTZUNG

+/- 25 %, Stand 2018, exkl. MWSt.

Linienführung Oensingen - Aare

Baukonzept			Kosten pro EH		Kosten pro Bauteil, Abschnitt	
			TBM Hydroschild		TBM Hydroschild	
Profilgrösse	$\varnothing_{\text{aussern}}$	4.5-5.5m				
Bauteil, Streckenabschnitt		EH	CHF	CHF/Tm	CHF	CHF/m
Installation allg.	g	1	5'000'000		5'000'000	
Installation Vortrieb	g	1	15'000'000		15'000'000	
Fels	m	2985		11'500	34'327'500	
Lockergestein	m	2150		11'500	24'725'000	
Voreinschnitt Tagbau	m	50		20'000	1'000'000	
Schacht	stk	1	300'000		300'000	
Zusatzmassnahmen N1	m	75		20'000	1'500'000	
Unvorhergesehenes		10%			6'185'250	
TOTAL		5135	m		88'037'750	17'145
Optional:						
Innenausbau mit Rinne	m	5135		1'200	6'162'000	
Total mit Innenausbau					94'199'750	18'345

8%

KOSTENSCHÄTZUNG

+/- 25 %, Stand 2018, exkl. MWSt.

Linienführung Gunzgen - Boningen konventionell

Baukonzept	Profilgrösse	Ø _{aussern}	4.5-5.5m	Kosten pro EH		Kosten pro Bauteil, Abschnitt		
				konventionell SPV		konventionell SPV		
Bauteil, Streckenabschnitt			EH	CHF	CHF/Tm	CHF	CHF/m	
Installation allg.	g		1	19'500'000		19'500'000		26%
Vortrieb Fels	m		1750		15'000	26'250'000		
Tagbau-/ Lockergesteinsstrecke	m		1000		40'000	40'000'000		
Fels / Unterquerung N1	m		75		50'000	3'750'000		
Voreinschnitt und Tagbau Süd	m		275		20'000	5'500'000		
Unvorhergesehenes			10%			7'550'000		
TOTAL			3100	m		102'550'000	33'081	

Optional:							
Innenausbau mit Rinne	m		3100		1'200	3'720'000	

Total mit Innenausbau **106'270'000** **34'281**

Linienführung Gunzgen - Boningen Maschinell

Baukonzept	Profilgrösse	Ø _{aussern}	4.5-5.5m	Kosten pro EH		Kosten pro Bauteil, Abschnitt		
				TBM Mixschild		TBM Mixschild		
Bauteil, Streckenabschnitt			EH	CHF	CHF/Tm	CHF	CHF/m	
Installation allg.	g		1	7'500'000		7'500'000		19%
Masch. Vortriebseinrichtung	g		1	15'000'000		15'000'000		
Mixschild Fels	m		1750		10'500	18'375'000		
Mixschild Lockergestein, Hydroschild	m		1000		11'500	11'500'000		
Umstellung Fels / Locker	stk		1	1'000'000		1'000'000		
Fels / Unterquerung N1	m		75		50'000	3'750'000		
Voreinschnitt und Tagbau Süd	m		275		20'000	5'500'000		
Schacht Nordseite	stk		1		300'000	300'000		
Unvorhergesehenes			10%			4'042'500		
Total			3100	m		66'967'500	21'602	

Optional:							
Innenausbau mit Rinne	m		3100		1'200	3'720'000	

Total mit Innenausbau **70'687'500** **22'802**




Anhang 5: Bericht Sieber Cassina

Datei Nr. SO1727A_KB_HW-Dünnern_v1.2.pdf, 9 Seiten (inkl. Anhang)

Sieber Cassina + Partner AG
Ingenieure Geologen Planer

Hochwasser-Schutzmassnahmen Dünnern
Hydrogeologische Stollenprofile



Auftraggeber	Datum	Projekt-Nr.
Rothpletz, Lienhard + Cie AG, Olten	20.02.2018	SO1727A

Anhang	Titel
A1	Stollen Gunzgen, Handentwurf 1:20'000 / 1:1'000
A2	Stollen Oensingen, Handentwurf 1:20'000 / 1:1'000

1. Einleitung

Im Rahmen des Projektes „Hochwasserschutz und Revitalisierung Dünnern, Oensingen bis Oberbuchsiten“ wird eine Vorstudie zur Variante „Umleiten“ durchgeführt. Dabei sind insbesondere die Linienführung und das geologische Profil eines Entlastungsstollens zu bestimmen [1]. *Projekt*

Zur Diskussion stehen zwei Linienführungen für Stollen (Ø 5 m) mit einem Gefälle von 7 ‰, eine bei Gunzgen und eine zweite bei Oensingen. Für beide Linienführungen waren hydrogeologische Stollenprofile (Handentwürfe) anhand der verfügbaren Bohrprofile und Grundwasserdaten (vgl. Grundlagen) zu entwerfen. In den Anhängen A1 (Gunzgen) und A2 (Oensingen) sind die Stollenprofile dargestellt (20-fach überhöht). *Auftrag*

2. Hydrogeologische Stollenprofile

2.1. Gunzgen – Boningen

In dieser Variante hat der Stollen eine Länge von ca. 3.14 km und verläuft zwischen der Grundwasserschutzzone der Fassung Kappel und dem Siedlungsgebiet von Kappel in Richtung Südsüdost. Nach ca. 1.0 km quert der Stollen die westlichen Ausläufer des Born in südöstlicher Richtung. Weiter südlich verläuft der Stollen unter den landwirtschaftlich genutzten Flächen östlich von Boningen und mündet dort in die Aare (vgl. Abbildung 1). *Linienführung*

Bern

Wollerau

Zürich

Olten Jurastrasse 6
4600 Olten
062 205 54 00
scpalten@scpag.ch
www.scpag.ch

Hochwasser-Schutzmassnahmen Dünnern

Hydrogeologische Stollenprofile

Auftraggeber Rothpletz, Lienhard + Cie AG, Olten	Datum 20.02.2018	Projekt-Nr. SO1727A
Anhang	Titel	
A1	Stollen Gunzgen, Handentwurf 1:20'000 / 1:1'000	
A2	Stollen Oensingen, Handentwurf 1:20'000 / 1:1'000	

1. Einleitung

Im Rahmen des Projektes „Hochwasserschutz und Revitalisierung Dünnern, Oensingen bis Oberbuchsiten“ wird eine Vorstudie zur Variante „Umleiten“ durchgeführt. Dabei sind insbesondere die Linienführung und das geologische Profil eines Entlastungsstollens zu bestimmen [1].

Projekt

Zur Diskussion stehen zwei Linienführungen für Stollen (\varnothing 5 m) mit einem Gefälle von 7 ‰, eine bei Gunzgen und eine zweite bei Oensingen. Für beide Linienführungen waren hydrogeologische Stollenprofile (Handentwürfe) anhand der verfügbaren Bohrprofile und Grundwasserdaten (vgl. Grundlagen) zu entwerfen. In den Anhängen A1 (Gunzgen) und A2 (Oensingen) sind die Stollenprofile dargestellt (20-fach überhöht).

Auftrag

2. Hydrogeologische Stollenprofile

2.1. Gunzgen – Boningen

In dieser Variante hat der Stollen eine Länge von ca. 3.14 km und verläuft zwischen der Grundwasserschutzzone der Fassung Kappel und dem Siedlungsgebiet von Kappel in Richtung Südsüdost. Nach ca. 1.0 km quert der Stollen die westlichen Ausläufer des Born in südöstlicher Richtung. Weiter südlich verläuft der Stollen unter den landwirtschaftlich genutzten Flächen östlich von Boningen und mündet dort in die Aare (vgl. Abbildung 1).

Linienführung

Bern

Wollerau

Zürich

Olten Jurastrasse 6
4600 Olten
062 205 54 00
scpolten@scpag.ch
www.scpag.ch

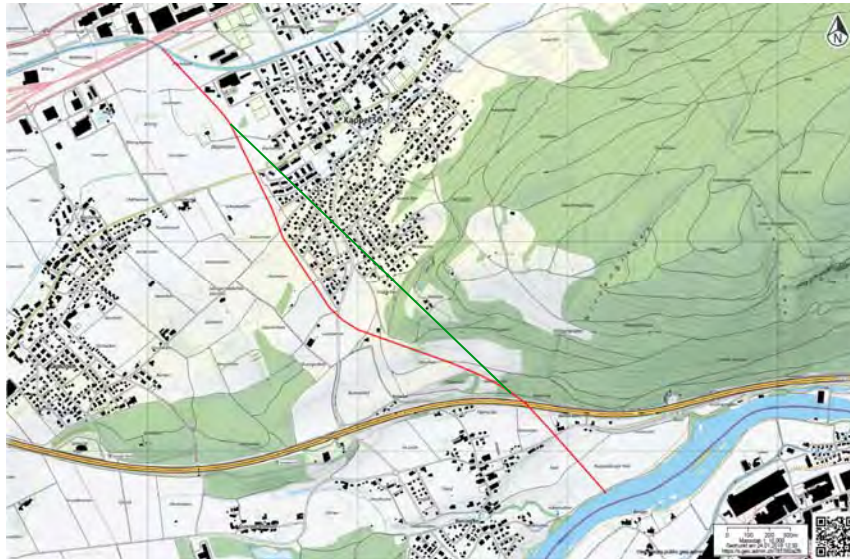


Abbildung 1 – Situationsplan Gunzgen – Boningen mit geplanter Linienführung (rot) und alternativer Linienführung gemäss Kapitel 5 (grün)

SC + P

2.1.1.

Geologie

Zwischen dem nördlichen Stolleneingang und dem Übergang in den Fels bei rund km 0.95 verläuft der Stollen im Niederterrassenschotter des Dünnerngäus. Die Überdeckung mit Lockergesteinen nimmt gegen Süden bis auf ca. 10 m zu.

*Lockergesteine
Nord*

Die Sohle des geplanten Stollens verläuft von etwa km 0.95 bis km 2.75 im Fels der Balsthal/Villigen Formation bzw. untergeordnet in der Reuchenette Formation. Der Fels besteht vorwiegend aus geschichteten Jurakalken mit vereinzelt Mergellagen. Die Kalkbänke fallen nördlich von km 1.5 leicht gegen Norden und südlich davon stark gegen Süden ein. Ab km 2.75 stehen Mergel und Sandsteine der Unteren Süsswassermolasse an.

Fels

Der Übergang zu Lockergesteinen (NTS) entlang der Aare ist ab etwa km 2.9 zu erwarten. Die maximale Überdeckung mit Niederterrassenschotter beträgt hier rund 10 m und nimmt gegen Süden ab.

*Lockergesteine
Süd*

2.1.2.

Grundwasser

Das Lockergesteins-Grundwasser des Dünnerngäus fliesst im Niederterrassenschotter mit einer Mächtigkeit von rund 40 – 50 m in Richtung Nordosten. Die Sohle des Stollens verläuft hier auf der gesamten Lockergesteins-Strecke unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels (Kote ca. 412.2 m ü.M.). Die Einbindung unter die Grundwasser-Oberfläche beträgt am Nordende des Stollens rund 5 m und nimmt gegen Süden auf rund 10 m zu.

*Grundwasser
Nord*

In den im Fels verlaufenden Stollenabschnitten sind keine grösseren Grundwasservorkommen zu erwarten. Lokale Karstwasserzutritte sind jedoch nicht auszuschliessen.

Karstwasser

Das Grundwasser im Niederterrassenschotter entlang der Aare dürfte vom Wasserstand der Aare stark beeinflusst werden. Daher ist zu erwarten dass die Kote des mittleren Grundwasserstandes hier unterhalb der Stollenssohle verläuft. Es gilt zu berücksichtigen, dass über der nach Südosten abfallenden Felsoberfläche der USM lokale Hangwasservorkommen im Lockergestein nicht ausgeschlossen werden können.

*Grundwasser
Süd*

2.2.

Oensingen - Aare

Die bei Oensingen favorisierte Variante des Stollens hat eine Länge von ca. 5.27 km und verläuft in der Ebene des Dünnerngäus in südöstlicher Richtung. Ab etwa 2.9 km unterquert der Stollen den Buechban. Westlich von Schwarzhäusern soll der Stollen direkt zur Aare geführt werden (vgl. Abbildung 2).

Linienführung

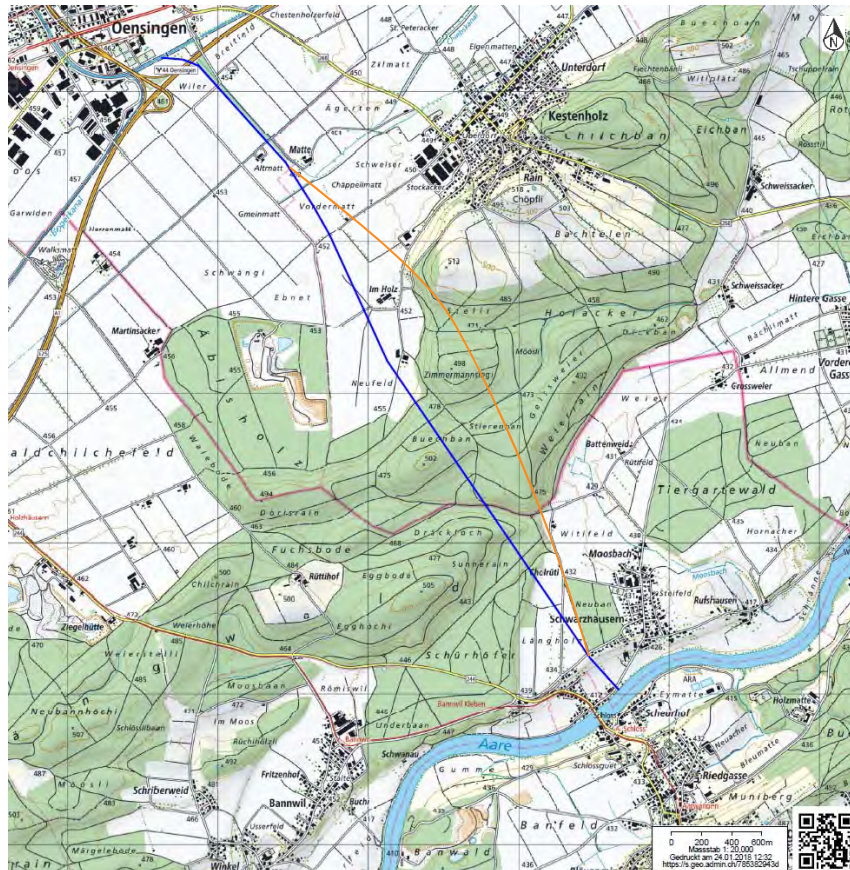


Abbildung 2 – Situationsplan Oensingen – Aare mit geplanter Linienführung (blau) und alternativer Linienführung (orange) gemäss Kapitel 5

2.2.1.

Geologie

Ab dem nördlichen Stolleneingang bis ca. km 2.95 verläuft der geplante Stollen weitgehend in Lockergesteinen. Diese bestehen grossmehrheitlich aus sauberm Niederterrassenschotter (NTS). Ab etwa km 2.5 dürfte unter den Niederterrassenschottern eine teilweise verschwemmte Moräne vorliegen. Die Überdeckung mit Lockergesteinen nimmt gegen Süden bis auf ca. 25 – 30 m zu (vgl. Anhang A2).

*Lockergesteine
Nord*

Der Übergang von den Lockergesteinen in den Fels der Unteren Süsswassermolasse (USM) ist ca. bei km 2.95 zu erwarten. Der Fels der USM besteht aus einer Wechsellagerung von Mergeln und Sandsteinen. Die Mächtigkeit der Fels-Überdeckung des Stollens beträgt maximal 20 – 30 m und nimmt gegen Süden sukzessive ab. Bei etwa km 3.8 existiert eine mit Lockergesteinen (Moräne oder Hochterrassenschotter) verfüllte Felsrinne in der USM, die möglicherweise bis auf das Stollenniveau reicht.

Fels

Ab km 4.9 verläuft der Stollen im Niederterrassenschotter entlang der Aare. Die maximale Überdeckung mit NTS beträgt hier rund 15 m.

*Lockergesteine
Süd*

2.2.2.**Grundwasser**

Der geplante Stollen verläuft südöstlich von Oensingen über einem genutzten Grundwassergebiet. Das Grundwasser strömt hier nordöstlich von einer nahegelegenen Grundwasserscheide durch die gut durchlässigen Niederterrassenschotter in Richtung Nordosten und hat eine Mächtigkeit von rund 40 – 50 m. Der mittlere Grundwasserspiegel liegt auf einer Kote von ca. 428.4 m ü.M. und somit am nördlichen Ende des Stollens deutlich tiefer als der Stollen (vgl. Anhang A2). Bei etwa km 2.5 erreicht der Stollen die Kote des mittleren Grundwasserspiegels im Grundwasser-Randbereich. Ab dort verläuft der Stollen bis zum Grundwasser-Rand bei km 2.95 teilweise im geringmächtigen Grundwasservorkommen. Die Stollensohle reicht hier bis rund 5 m unter den mittleren Grundwasserspiegel.

Die Untere Süsswassermolasse wirkt als Grundwasser-Stauer. Daher ist im Fels kein Grundwasser zu erwarten. Es gilt jedoch zu beachten, dass die Tiefe des mit Lockergesteinen verfüllten Felsrinne bei km 3.8 nicht im Detail bekannt ist und daher dort kleinräumige Grundwasservorkommen nicht ausgeschlossen werden können (vgl. Anhang A2).

Das Grundwasser im Niederterrassenschotter entlang der Aare dürfte vom Wasserstand der Aare stark beeinflusst werden. Daher ist zu erwarten, dass die Kote des mittleren Grundwasserstandes hier unterhalb der Stollensohle liegt.

*Grundwasser
Dünnerngäu*

*Kein Fels-
Grundwasser*

*Grundwasser
Aare*



3. Problematische Stollenabschnitte

Die dargestellten Längsprofile stellen zwischen den teilweise weit auseinander liegenden, bestehenden Sondierungen eine Interpolation der Untergrundverhältnisse dar. Insbesondere bezüglich der genauen Lage der Felsoberfläche bzw. der Übergänge vom Lockergestein zum Fels muss daher mit Abweichungen von den dargestellten Verhältnissen gerechnet werden.

Felsoberfläche

3.1.**Gunzgen – Boningen**

Im Dünnerngäu kommt der geplante Stollen auf dem gesamten Abschnitt ins Lockergesteinsgrundwasser zu liegen und verläuft quer zur Fließrichtung des Grundwassers. Bei einer Einbindung von 5 – 7 m unter dem mittleren Grundwasserspiegel und einer Grundwasser-Mächtigkeit von 40 – 50 m kann die 10% Regel der Gewässerschutzverordnung [7] voraussichtlich nur mit entsprechenden baulichen Massnahmen eingehalten werden.

10% Regel

3.2.**Oensingen – Aare**

Bei etwa km 2.2 dürfte ein unterirdischer Felshügel bis wenige Meter unter die vorgesehene Stollensohle reichen. Die genaue Lage der verwitterten Felsoberfläche ist jedoch nicht bekannt. Bei km 3.8 existiert eine Felsrinne in der USM, dessen maximale Tiefe unbekannt ist. Grundwasserführende Lockergesteinschichten können daher auf der Kote des geplanten Stollens nicht ausgeschlossen werden.

*Verlauf Fels-
oberfläche*

Im Grundwasser-Randbereich bei km 2.5 - 3.0 dürfte der mittlere Grundwasserspiegel bis zu rund 3 m über der Sohle des Stollens liegen. Aufgrund der geringen GW-Mächtigkeit ist das Einhalten der 10% Regel der

*Grundwasser
Randbereich*

Gewässerschutzverordnung [7] im Grundwasser-Randbereich für den definitiven Stollenverlauf anhand der lokalen Grundwasserverhältnisse zu beurteilen.

4. Mögliche Sondierstandorte

Nachfolgend werden die notwendigen Sondier-Stellen bezeichnet, welche für die Ausarbeitung eines Vorprojektes erforderlich erscheinen.

4.1. Gunzgen – Boningen

Im Dünnerngäu sind die Untergrundverhältnisse recht gut bekannt. Einzig im südöstlichen Randbereich erscheint **eine Sondierbohrungen** zur Erkundung der Felsoberfläche sinnvoll (ca. km 0.7).

GW-Randbereich

Bei ca. km 0.95 und 2.9 wäre die Lage der Felsoberfläche an den Übergängen von Fels zu Lockergesteinen mittels **zwei Sondierbohrungen** zu erkunden. **Eine** zusätzliche **Sondierbohrung** könnte im Übergangsbereich von den Jurakalken zur USM abgeteuft werden (ca. km 2.7). Dieser Sondierung würde ausserdem Erkenntnisse zur Mächtigkeit der Lockergesteine sowie der USM über dem geplanten Stollen liefern.

Fels

4.2. Oensingen - Aare

Die Untergrundverhältnisse im Dünnerngäu (bis ca. km 2.0) sind relativ gut bekannt, daher dürften für die aktuelle Planungsphase die bestehenden Sondierungen genügen.

*Dünnerngäu
Bekannt*

Bei km 2.2 wäre mit **einer Sondierbohrung** die genaue Lage der Felsoberfläche unter dem Stollen zu ermitteln. Wir empfehlen ausserdem den Ausbau von einer vorhandenen Bohrung im Grundwasser-Randbereich zu **einer** kontinuierlich aufzeichnenden **Grundwasser-Messstelle** in Betracht zu ziehen (ca. km 2.7). Weiter südlich könnte die Lage der Felsoberfläche an den Übergängen von Fels zu Lockergesteinen mittels **zwei Sondierbohrungen** (ca. km 2.95 und km 4.9) erkundet werden. **Eine** weitere **Sondierbohrung** wäre zur Bestimmung der Felsüberdeckung bei km 3.8 abzuteufen.

Felsoberfläche

5. Alternative Linienführung

Durch geringfügige Anpassungen bezüglich der Linienführung, lassen sich insbesondere Konflikte im Zusammenhang mit Grundwasser-Vorkommen vermindern.

*Potential für
Optimierung*

5.1. Gunzgen – Boningen

Für einen leicht nach Nordosten in den Siedlungsbereich von Kappel verschobenen Linienführung des Stollens (bis ca. 250 m, vgl. Abbildung 1), dürfte der Übergang vom Fels zu Lockergesteinen weiter im Nordwesten liegen als bei der aktuellen Variante. Dies führt zu einer kürzeren Strecke in den Lockergesteinen des Dünnerngäus und damit zu einer Verringerung der maximalen Einbindetiefe unter den mittleren Grundwasserspiegel. Auch die Gesamtlänge des geplanten Stollens wird durch die „Begradigung“ leicht verkürzt.

Geringere Einbindung in GW

5.2.

Oensingen - Aare

Als Variante für den Stollen bei Oensingen empfehlen wir eine Verlegung der aktuellen Linienführung im mittleren Abschnitt (ca. km 2.0 – 4.0) um rund 200 m nach Osten (vgl. Abbildung 2). Damit wird der Lockergesteins-Abschnitt im Norden deutlich verkürzt, was dazu führt, dass der Stollen dort voraussichtlich komplett über dem mittleren Grundwasserspiegel zu liegen kommt.

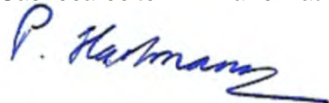
Im Süden des im Fels verlaufenden Abschnittes kann bei einer in Richtung Osten verschobenen Linienführung die mit Unsicherheiten behaftete Felsrinne bei km 3.8 möglicherweise umgangen werden.

*Über GW**Einschnitt vermeiden*The logo consists of a green square with the white text "SC + P" inside.

Olten, 20.02.2018

SC+P SIEBER CASSINA + PARTNER AG

Sachbearbeiter-/in: David Baumann

Handwritten signature of Peter Hartmann in blue ink.

Peter Hartmann
Dr. sc. nat. Geologe ETH

Handwritten signature of David Baumann in blue ink.

David Baumann
MSc Erdwissenschaften ETH

Grundlagen

- [1] Besprechung Geologie und Geotechnik vom 09. Januar 2018, Hunziker Betatech, 20.12.2017
- [2] Geografische und Geologische Grundlagen (map.geo.admin.ch), swisstopo, Wabern, Stand 01.02.2018
- [3] Geoportal des Kanton Solothurn (geoweb.so.ch), Grundwasserbewirtschaftungskarte, Grundwasserkarte, Bohrdaten, Solothurn, Stand 01.02.2018
- [4] Geoportal des Kantons Bern (geo.apps.be.ch), Felsreliefkarte, Grundwasserkarte, Bohrdaten, Bern, Stand 01.02.2018
- [5] Jahrbuchblätter und Grundwasserdaten des Kanton Solothurn, Solothurn, Stand 01.02.2018
- [6] Jahrbuchblätter und Grundwasserdaten des Kanton Bern, Bern, Stand 01.02.2018



Gesetze und Verordnungen

Jeweils zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes geltende Version:

- [7] Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998

Impressum:

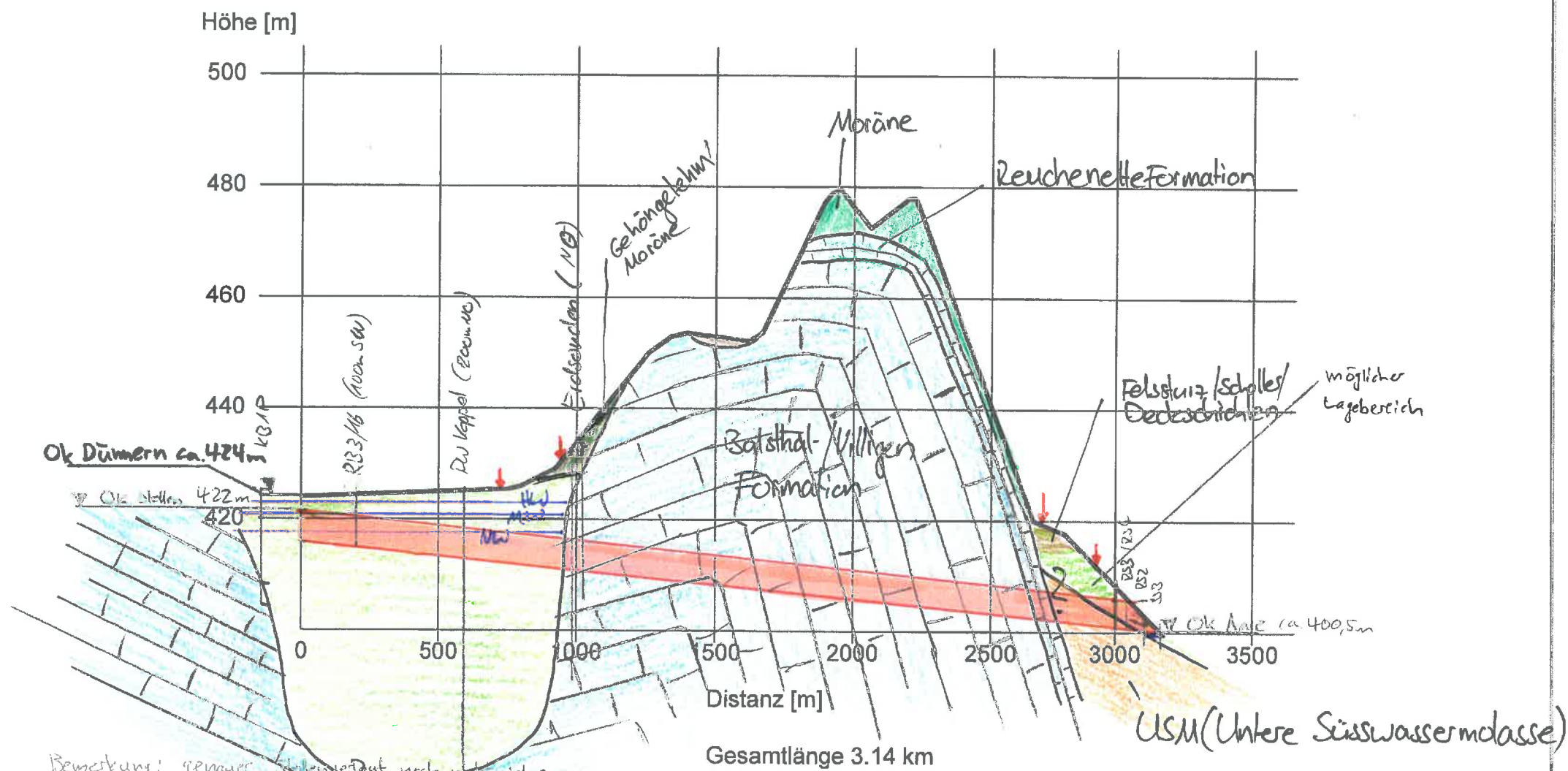
Filename / Version	Verfasser	Koreferat	Versand an	Datum
SO1727A_KB_HW-Dünnern_v1.2	Bm – 19.02.18	Hm – 20.02.18	1	20.02.18
Empfänger	Name	Firma		
1	Herr Alex Schneider	Rothpletz, Lienhard + Cie AG, Olten		

20.2.2018 Bin

1:20'000 / 1:10'000 (20-fach überhöht)
Längenprofil Gunzgen - Boningen

↓ mögliche Sondierstandorte

Grundwasser Gou:
(PW-Kappel)
HW: 423,65
MW: 421,22
NW: 418,11



Bemerkung: genauer Stellenort noch nicht klar, da nach meiner Ansicht ein Stollen mit 7% Neigung nicht im Profil paßt. Kommt zu früh an Oberfläche / geht unter OK von Aare

1:20'000 | 1:1000 (20fach überhöht)

Längenprofil Oensingen - Aare

↓ Mögliche Sondierstandorte

Grundwasser
(Li Oensingerfeld)

HW: 431,66
MW: 428,42
NW: 425,26

