

## **Anhang 5**

Variantenstudium Teilprojekt 5 – Eindolung Haltenbach

## Grundlagen

Gemäss Vorprojekt der ribi AG vom 10. Juli 2019 wird für das Teilprojekt 5 ein oberflächlicher Abfluss durch das Siedlungsgebiet empfohlen. Erste Überprüfungen zeigten, dass ein Variantenstudium relevant ist.

Die nachfolgenden Kapitel 1 bis 3 zeigen verschiedene Varianten im Siedlungsgebiet, gemäss bestehender Linienführung des Haltenbach und Empfehlung im Vorprojekt:

- Kapitel 1: Einlaufbauwerk bis QP33
- Kapitel 2: Ausdolung QP33 bis QP30
- Kapitel 3: QP30 bis Pöppelbach

Die Kapitel 4 bis 7 zeigen neue Variante entlang oder ausserhalb des Siedlungsgebiets.

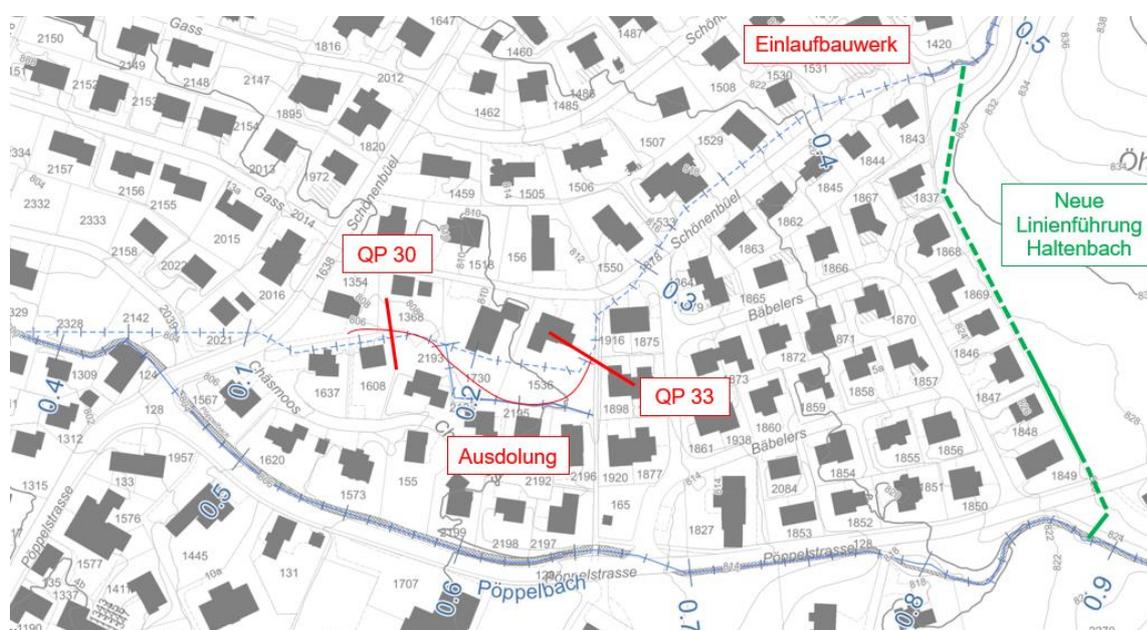


Abbildung 1: Übersicht über die Varianten und Unterteilungen.

Die Kosten sind auf Stufe einer Grobkostenschätzung, also mit einer Genauigkeit von +/- 25%.

## 1) Abschnitt Einlaufbauwerk bis Querprofil 33

### Variante A: Ausbau auf HQ<sub>100</sub> (D=1400mm) mit bestehender Linienführung

Die technisch einfachste Variante wäre die bestehende Leitung ab dem Einlaufbauwerk auf das HQ<sub>100</sub> auszubauen. Dafür wird hydraulisch ein Rohr mit dem Durchmesser 1400mm benötigt, sodass der Abfluss unter Druck abgeführt wird. Im Freispiegelabfluss wird ein Durchmesser 1800mm benötigt. Da aufgrund der Leitungslänge keine Längsvernetzung möglich ist, wird der Druckabfluss präferiert. Langfristig ist es eine akzeptable Lösung, jedoch sind die Baukosten immens und die Wasserhaltung nur mit hohem Aufwand möglich. Daher wird die Variante zwar bewertet aber nicht weiter verfolgt.

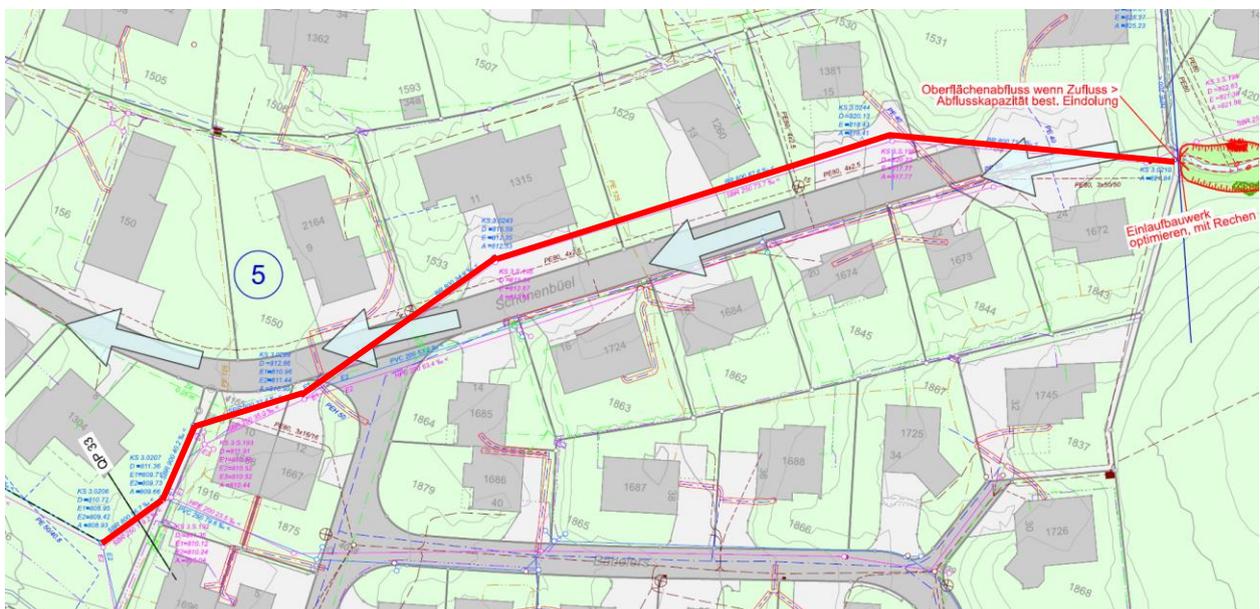


Abbildung 2: Ausbau des bestehenden Leitungsabschnitts auf einen Durchmesser von 1400mm.

Die Vor- und Nachteile werden für jede Variante zusammenfassend erfasst:

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfache Lösung</li> <li>• Höhere Akzeptanz durch Bevölkerung aufgrund                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Keine Anpassung Vorplätze, sondern nur in Zufahrtsstrasse (nur während Bauphase)</li> </ul> </li> <li>• Überlastfall (HQ<sub>300</sub>) abgedeckt</li> <li>• Wenig Werkleitungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr hohe Kosten</li> <li>• Teilweise Schwierigkeit Umlegung der Leitungen (besonders die bestehende Schmutzwasserleitung)</li> <li>• Wasserhaltung während der Bauphase in diesem Fall Killerkriterium</li> </ul>

Kosten:

• Ersatz Leitung auf DN1400 (GFK)	205 m'	CHF 5'500/m'	CHF 1'130'000.-
• Wasserhaltung			CHF 200'000.-
• Ein- und Auslaufbauwerk			CHF 100'000.-
• Diverses und Unvorhergesehenes, Honorare		30%	CHF 430'000.-
		<b>Total (ohne MwSt.)</b>	<b>CHF 1'860'000.-</b>

### Variante B: Ausbau auf HQ<sub>100</sub> mit neuer Linienführung

Da die Strasse Schönbüel saniert werden muss, ist ein neuer Kanal in der Strasse naheliegend. Dabei besteht die Möglichkeit die Leitung als Ortsbetonkanal oder als fertiges GFK-Rohr zu erstellen. Aufgrund einiger Werkleitungsquerungen und der bestehenden Schmutzwasserleitung ist von einem offenen Grabenbau auszugehen. Beim Ortsbetonkanal besteht die Möglichkeit mittels Lichtschächten eine Längsvernetzung zu ermöglichen, diese wird jedoch als nicht ansprechend genug eingestuft (aufgrund der hohen Distanz). In diesem Fall ist ein Querschnitt von 2 x 1.9 Meter, inklusive Freibord von 0.6 Meter<sup>1</sup> notwendig. Wie in der Variante A, ist für einen Druckabfluss mit Rohrquerschnitt ein DN 1400 notwendig.

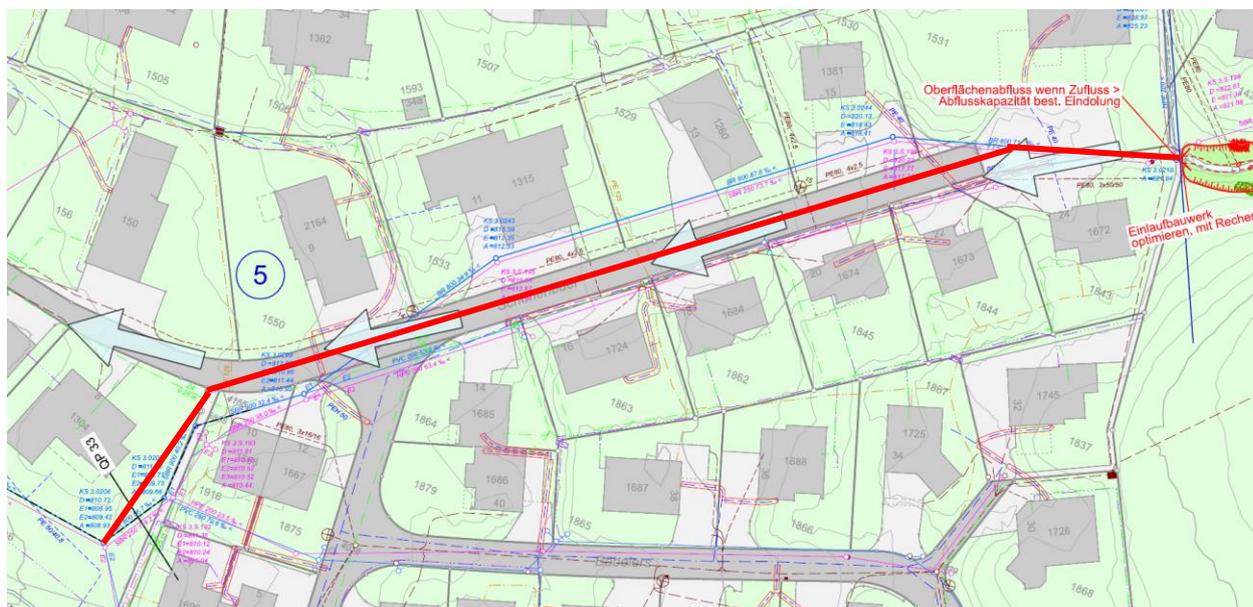


Abbildung 3: Ersatz der bestehenden Leitung durch einen Ortsbetonkanal mit Gitterrost

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfache Lösung</li> <li>• Höhere Akzeptanz durch Bevölkerung aufgrund                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Keine Anpassung Vorplätze, sondern nur in Zufahrtsstrasse (nur während Bauphase)</li> </ul> </li> <li>• Überlastfall (HQ<sub>300</sub>) abgedeckt</li> <li>• Kostenteiler mit Strassensanierung (in Kosten nicht berücksichtigt)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Kosten</li> <li>• Teilweise Schwierigkeit Umlegung der Leitungen (besonders die bestehende Schmutzwasserleitung)</li> </ul>

#### Kosten Ortsbetonkanal:

• Ortsbetonkanal	202 m'	CHF 6'500/m'	CHF 1'310'000.-
• Wasserhaltung			CHF 80'000.-
• Ein- und Auslaufbauwerk			CHF 100'000.-
• Diverses und Unvorhergesehenes, Honorare		30%	CHF 450'000.-
		<b>Total (ohne MwSt.)</b>	<b>CHF 1'940'000.-</b>

<sup>1</sup> Freibord bei Hochwasserschutzprojekten und Gefahrenbeurteilungen. Empfehlungen der Kommission Hochwasserschutz (KOHS), WEL 2013, Heft 1, Seiten 43 bis 53

Kosten Leitung DN1400:

• Ersatz Leitung auf DN1400 (GFK)	202 m'	CHF 4'000/m'	CHF 810'000.-
• Wasserhaltung			CHF 80'000.-
• Ein- und Auslaufbauwerk			CHF 100'000.-
• Diverses und Unvorhergesehenes, Honorare		30%	CHF 300'000.-
		<b>Total (ohne MwSt.)</b>	<b>CHF 1'290'000.-</b>

### Variante C: Ausbau auf HQ<sub>100</sub> mit ergänzender Leitung und Leitungsausbau

Auf der orografisch linken Seite besteht eine Regenwasserleitung (DN200), welche das oberflächliche Wasser sammelt und in den Haltenbach leitet. In dieser Variante wird ergänzend eine Leitung DN1000 in der Strasse verlegt, mit der Regenwasserleitung zusammengeführt und ab der bestehenden Linienführung auf einen Durchmesser 1400 mm erweitert. Bei dem Szenario HQ<sub>100</sub> ist der Abfluss im Leitungssystem unter Druck. In der Strasse befinden sich einige Werkleitungen, die mit kleinem Aufwand verlegt werden (Verlegung im offenen Graben).

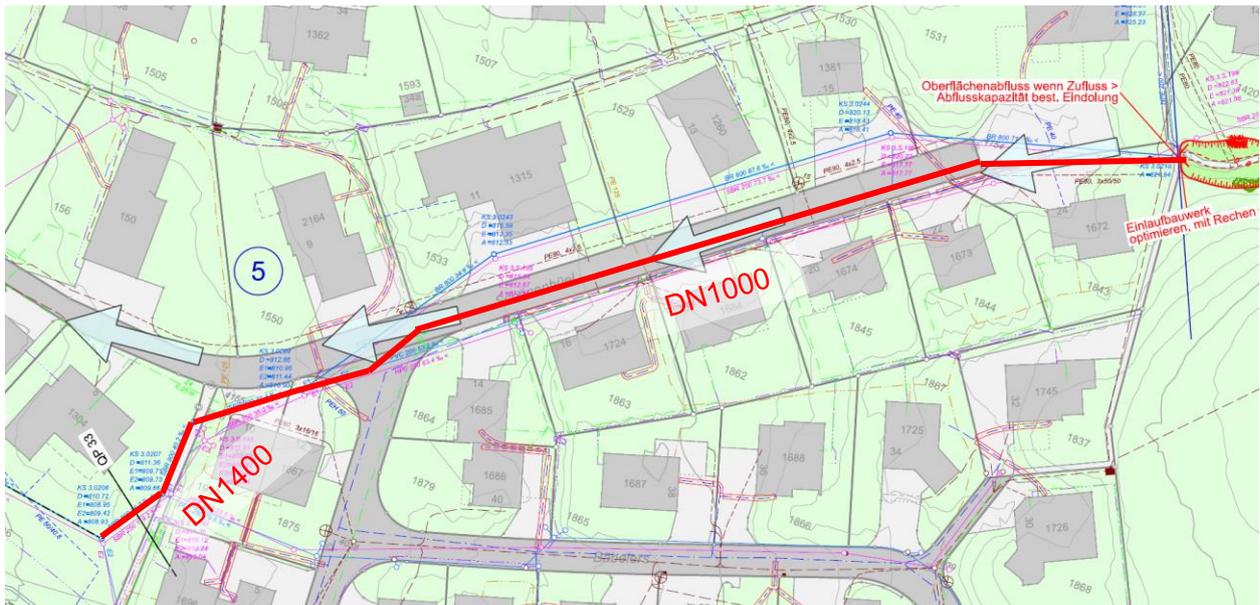


Abbildung 4: Verlängerung und Vergrößerung der orografisch linken Leitung

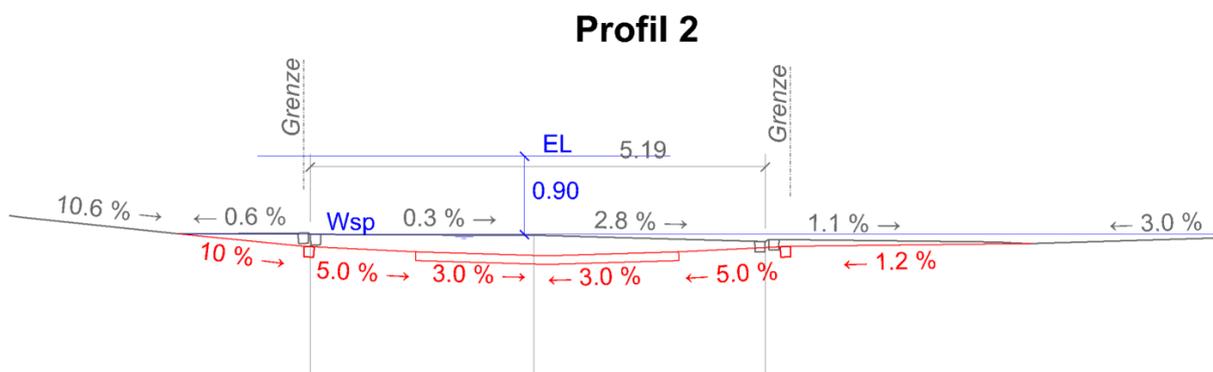
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusätzlich abgeführte Wassermenge ab Einlaufbauwerk</li> <li>• Anspringen der Zusatzleitung kann je nach Hochwasserfall gesteuert werden</li> <li>• Mittlere Kosten</li> <li>• Querung Schmutzwasserleitung KS 3.S.195 bis 3.S.194 machbar</li> <li>• Kostenteiler mit Strassensanierung (in Kosten nicht berücksichtigt)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausbau Leitung KS 3.0209 bis KS 3.0207 trotzdem auf vollen Abfluss notwendig</li> <li>• Oberirdischer Abfluss beim Überlastfall</li> </ul>

#### Kosten:

• Ersatz Leitung auf DN1000 (Beton)	150 m'	CHF 3'500/m'	CHF 530'000.-
• Ersatz Leitung auf DN1400 (GFK)	47 m'	CHF 4'000/m'	CHF 190'000.-
• Wasserhaltung			CHF 50'000.-
• Ein- und Auslaufbauwerk			CHF 100'000.-
• Diverses und Unvorhergesehenes, Honorare		30%	CHF 260'000.-
		<b>Total (ohne MwSt.)</b>	<b>CHF 1'130'000.-</b>

### Variante D: oberirdischer Abfluss mit Tieferlegung Fahrbahnoberfläche und Vorplätze

Durch eine Tieferlegung der Fahrbahnoberfläche wird die Strasse zu einer Sammelrinne umfunktioniert. Dazu wird das bestehende Dachgefälle bzw. einseitige Gefälle (im Querschnitt) auf ein umgekehrtes Dachgefälle umgestaltet und auf ein Trapezprofil verändert. Lokal wird ein einseitiges Gefälle benötigt (bspw. in der Rechtskurve bei GS 1536), um das oberflächliche Wasser in Richtung QP33 zu leiten. Fakt ist, dass die Querschnittsgestaltung der bestehenden Quartierstrasse bereits auf diesen Fliessweg ausgelegt ist, jedoch das Gerinne noch vertieft würde. Da eine Ausdolung zwischen QP 30 und 33 angestrebt wird, reduziert sich die Druckhöhe in der bestehenden Eindolung. Somit reduziert sich auch der Abfluss von 4.4 auf 3.3 m<sup>3</sup>/s. Der neue oberirdische Abfluss ist 8.6 – 3.3 = 5.3 m<sup>3</sup>/s. Nach Strickler-Normalabfluss ist eine Wassertiefe von rund 0.23 Meter bei rund 4.3 m/s vorhanden.



Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostengünstig</li> <li>• «Bewilligungsfähiger»</li> <li>• Einfache Integration in bereits geplante Strassensanierung (Kostenteiler nicht berücksichtigt)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akzeptanz der Anstösser bez. Anpassung der Vorplätze sowie Gärten/Rabatten (bes. GS1843 und 1531)</li> <li>• Kann bereits ab HQ20 eintreten, hoher Geschwindigkeitsaufbau und Abfluss (i=7.4%)</li> <li>• Hydraulik besitzt einige offene Punkte, aufgrund hohem Geschwindigkeitsaufbau (Wie verhält sich das Wasser bei der Ausleitung und bei Hindernissen?)</li> <li>• Überlastfall trifft Anwohner noch intensiver</li> </ul>

#### Kosten:

• Ersatz Fahrbahnoberfläche	250 m'	CHF 1'400/m'	CHF 350'000.-
• Anpassungen Vorplätze	250 m'	CHF 400/m'	CHF 100'000.-
• Diverses und Unvorhergesehenes, Honorare		30%	CHF 140'000.-
		<b>Total (ohne MwSt.)</b>	<b>CHF 590'000.-</b>

### Variante E: oberirdischer Abfluss nur Anpassung der Vorplätze und viel Objektschutz

Bei dieser Variante wird die bestehende Quartierstrasse beibehalten und eine Quergefälls- und Geländeanpassung an den Vorplätzen und den Grünflächen sowie teilweiser neuer Mauern vorgenommen. Nach Strickler-Normalabfluss ( $Q=5.3\text{m}^3/\text{s}$ ) ist die Fliesstiefe rund 0.225 Meter und die Energiehöhe rund 0.90 Meter. Dies bedeutet, dass optimalerweise einen beidseitigen Wall von 1.1 Meter besteht, aufgrund der regelmässigen Fließverhältnisse wird dieses auf 0.60 Meter reduziert. Da der zu entlastende oberirdische Abfluss hoch ist ( $Q=5.3\text{m}^3/\text{s}$ ) kann auch ein Teil weiter, über den zweiten vertikalen Absatz, bis zur Kreuzung Schönbüel (GS 1638) fließen. Eine vollständige Durchleitung ist jedoch nicht zu empfehlen, da die Massnahmen eine entsprechend grössere Distanz umfassen.  
 Die Abbildung 5 zeigt die lokalen Massnahmen (grün: vertikaler Versatz, orange: neue Mauer und Objektschutz, rot: Anpassung an Vorplätzen)

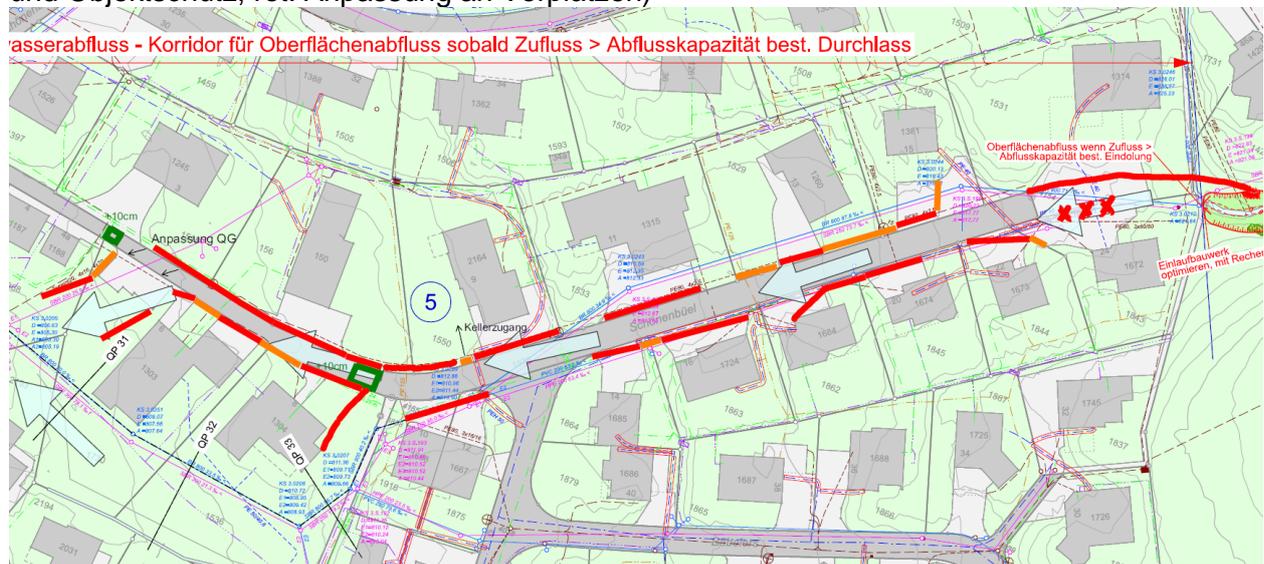


Abbildung 5: lokale Massnahmen zum Schutz vor dem oberirdischem Abfluss

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostengünstigste Variante</li> <li>• «Bewilligungsfähiger»</li> <li>• Einfache Integration in bereits geplante Strassensanierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akzeptanz der Anstösser bez. Anpassung der Vorplätze sowie Gärten/Rabatten (bes. GS1843 und 1531)</li> <li>• Kann bereits ab HQ20 eintreten, hoher Geschwindigkeitsaufbau und Abfluss (<math>i=7.4\%</math>)</li> <li>• Hydraulik besitzt einige offene Punkte, aufgrund hohem Geschwindigkeitsaufbau (Wie verhält sich das Wasser bei der Ausleitung und bei Hindernissen?)</li> <li>• Überlastfall trifft Anwohner noch intensiver</li> </ul>

**Kosten:**

• Ersatz Fahrbahnoberfläche	30 m'	CHF 1'400/m'	CHF 40'000.-
• Grössere Geländeanpassungen	300 m <sup>2</sup>	CHF 100/m <sup>2</sup>	CHF 30'000.-
• Anpassungen Vorplätze	250 m'	CHF 600/m'	CHF 150'000.-
• Diverse neue Mauern	100 m'	CHF 600/m'	CHF 60'000.-
• Diverses und Unvorhergesehenes, Honorare		30%	CHF 80'000.-
		<b>Total (ohne MwSt.)</b>	<b>CHF 360'000.-</b>

### Bewertungsmatrix der Varianten A bis E

Die Bewertung der verschiedenen Varianten wird anhand verschiedener Einflussparameter qualitativ und gewichtet durchgeführt. Die Einflussparameter sind:

- Komplexität: Wie komplex ist die Umsetzung? Ist die Chance vorhanden, dass grössere Probleme / Verzögerungen auftreten?
- Kosten: Wie viel kostet die Variante?
- Anwohner: Sind Anwohner intensiv betroffen bzw. ist die Akzeptanz vorhanden?
- Integration in bestehende Umgebung: Integriert sich das vollendete Werk in die bestehende Umgebung?
- Sicherheit: Ist die Sicherheit bei einem Ereignisfall unabhängig vom Ort gewährleistet?

Die qualitative Punkteverteilung ist folgendermassen erklärt:

- 1 Punkt: sehr schwierig / sehr teuer / nicht vorhanden / nicht gewährleistet
- 5 Punkte: sehr einfach / sehr günstig / vollständig vorhanden / hohe Sicherheit

		A		B		C		D		E	
	Gewichtung	Pkt	Gew. Pkt								
Komplexität	2	2	4	3	6	4	8	4	8	4	8
Kosten	3	1	3	2	6	3	9	4	12	5	15
Anwohner	1	2	2	3	3	4	4	3	3	2	2
Integration	1	5	5	5	5	5	5	3	3	1	1
Sicherheit	1	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1
<b>Total</b>			<b>19</b>		<b>25</b>		<b>31</b>		<b>27</b>		<b>27</b>

Weil theoretisch hydraulisch nur eine Kombination der Variante D und E funktioniert, wird in der künftigen Bewertung diese gemeinsam als DE betrachtet. Die Kosten sind die der Variante D inklusive der Mehrkosten für Stützmauern und grösseren Vorplatzanpassungen:

**Kosten Variante D/E = CHF 590'000.- + CHF 140'000.- + CHF 40'000.- · 0.3 = CHF 770'000.-**

Da es sich bei der Bestvariante C um eine hohe Investition handelt, wird anhand von BENUKo eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt:

- Variante C mit IK CHF 1'210'000.- (inkl. MwSt)      NK-Faktor = 0.4
- Variante DE mit IK CHF 830'000.- (inkl. MwSt)      NK-Faktor = 0.6
- Variante D mit IK CHF 640'000.- (inkl. MwSt)      NK Faktor = 0.7
- Variante E mit IK CHF 390'000.- (inkl. MwSt)      NK Faktor = 1.2

Diese Analyse zeigt, dass die Varianten A bis C nicht wirtschaftlich sind. Aufgrund der besseren Wirtschaftlichkeit und der Integration in die durchzuführende Strassensanierung wird eine Kombination der Varianten D und E angestrebt wird.

## 2) Abschnitt QP 33 bis QP 30

### Ausdolung und naturnahe Gestaltung

Im Bereich zwischen dem QP33 und QP30 besteht eine grössere Grünfläche mit einem kleinen Busch- und Baumsaum. Ursprünglich floss der Haltenbach durch dieses Gebiet. Ziel ist es, denn Haltenbach so weit wie möglich auszdolen und in einen naturnahen Zustand zu führen. Die mögliche Linienführung führt entlang der natürlichen Senke, beginnt auf dem Grundstück 1536 und endet vor dem Vorplatz vom Grundstück 1354. Die mögliche Ausdolungslänge ist rund 110 Meter.

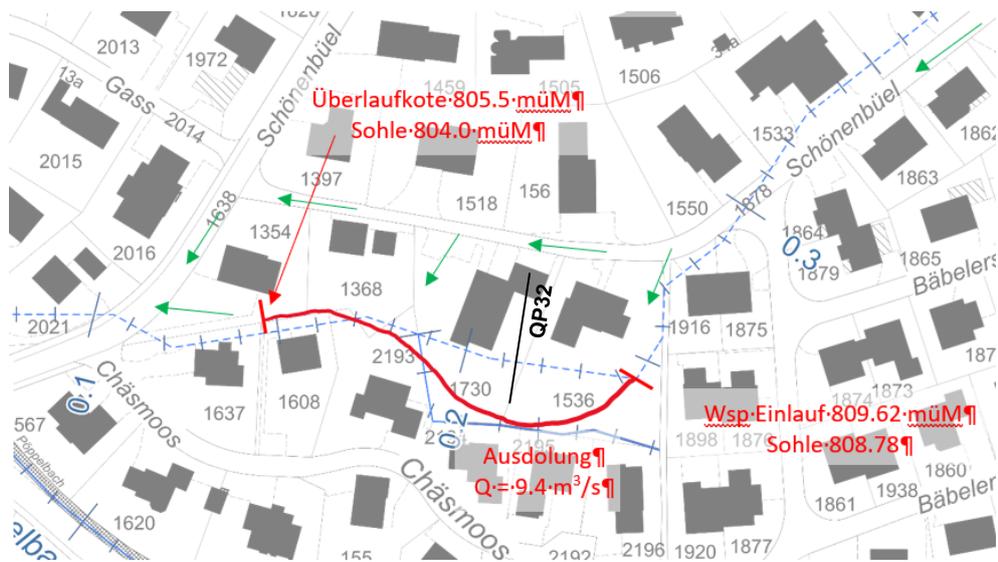


Abbildung 6: mögliche Linienführung der Ausdolung.

Das konzeptionelle Querprofile sieht eine Sohlenbreite  $b$  von 1.50 und beidseitige Böschungsneigungen von 1:2 vor. Mit einem mittleren Gefälle von 5% ergibt sich nach Strickler-Normalabfluss eine Abflusstiefe  $h$  von 0.84 Meter und eine Energiehöhe von 0.60 Meter.

### QP 32 1:100

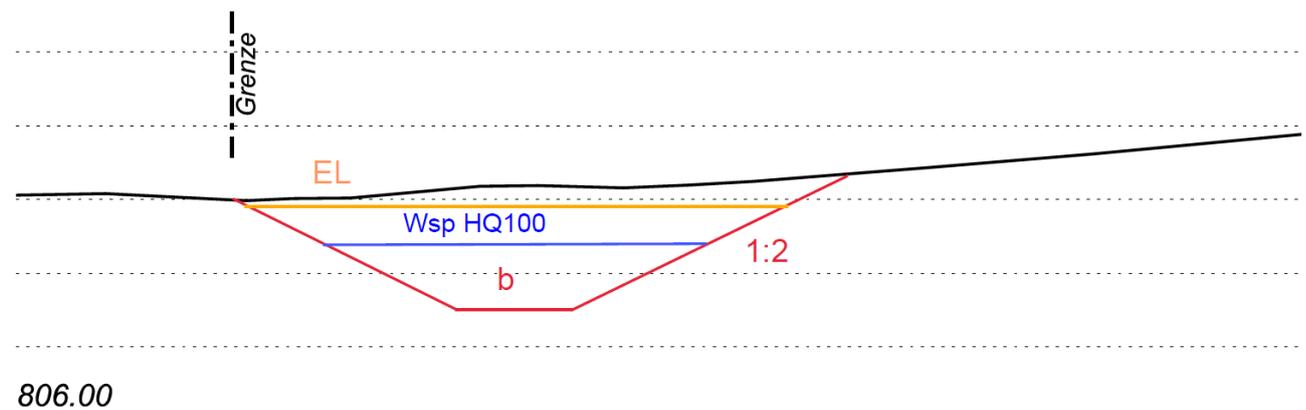


Abbildung 7: vorgeschlagenes Querprofil als Beispiel am Querprofil 32 (Lage siehe Abbildung 6)

Kosten Ausdolung und naturnahe Gestaltung:

• Revitalisierung	110 m'	CHF 1'500/m'	CHF 170'000.-
• Diverses und Unvorhergesehenes, Honorare		30%	CHF 50'000.-
		<b>Total (ohne MwSt.)</b>	<b>CHF 220'000.-</b>

### 3) Abschnitt QP 30 bis Einleitung in den Pöppelbach

#### Variante A: neues Rohr auf HQ<sub>100</sub> (D=1800mm) im Freispiegelabfluss

Die technisch einfachste Variante wäre der Ersatz beider bestehenden Leitungen auf das Dimensionierungshochwasser HQ<sub>100</sub> mit einem Durchmesser 1800 mm.

Bei dieser Dimensionierung ist ein Teilfüllungsgrad von 85% vorhanden und die Längsvernetzung in den Bereich der Ausdolung wird gewährleistet.

Um genügend Überdeckung im Bereich der Strasse zu gewährleisten, muss die Kote im Einlaufbauwerk und anschliessend das Längsgefälle reduziert werden.

Bei einem Abfluss unter Druck muss das Rohr einen minimalen Durchmesser von 1700 mm besitzen.

Alternativ besteht die Möglichkeit, dieselbe Linienführung für einen Rechteckquerschnitt anzuwenden. Die Abmessung wäre 3.0 x 1.7 Meter, inklusive 0.6 Meter Freibord<sup>2</sup>.

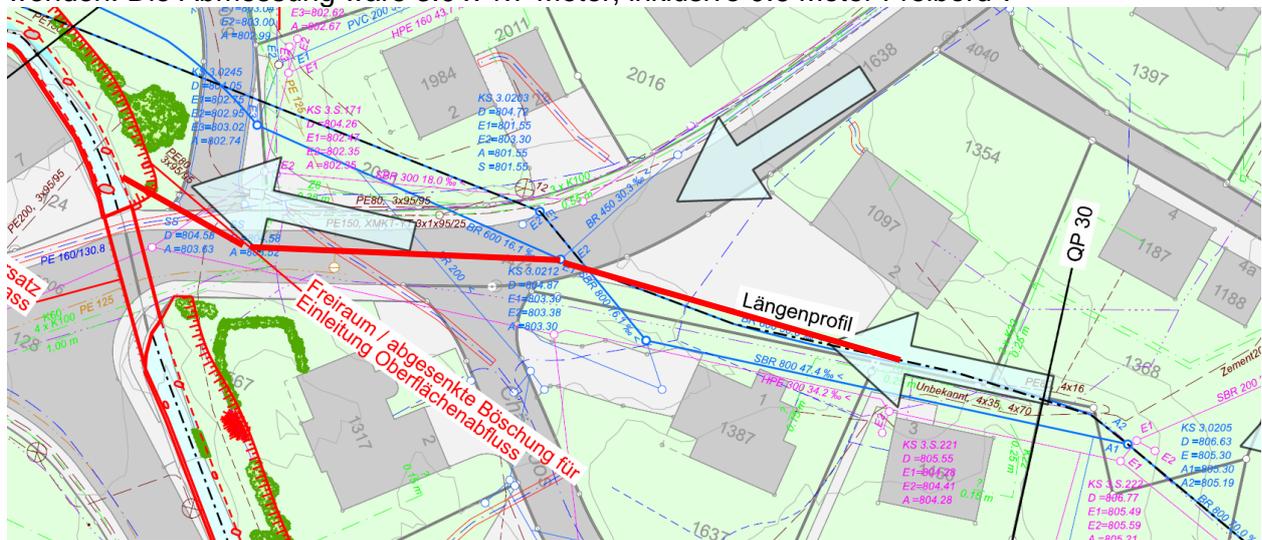


Abbildung 8: Ersatz der bestehenden Leitungen auf eine neue Leitung mit D=1800mm

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>Machbarkeit mit Vorbehalt vorhanden</li> <li>Vollständige Wassermenge wird abgeführt</li> <li>Mit passendem Rohr (seitlichem Bankett) wird Längsvernetzung aufgewertet</li> <li>Überlastfall durch bestehende oberflächliche Entlastung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kosten geg. Variante vom oberirdischem Abfluss</li> <li>Viele Leitungen in der Kreuzung Schönbüel – Gass, welche angepasst werden müssen</li> </ul>

#### Kosten Ortsbetonkanal:

• Ortsbetonkanal	80 m'	CHF 10'000/m'	CHF 800'000.-
• Ein- und Auslaufbauwerk			CHF 100'000.-
• Diverses und Unvorhergesehenes, Honorare		30%	CHF 270'000.-
		<b>Total (ohne MwSt.)</b>	<b>CHF 1'170'000.-</b>

<sup>2</sup> Freibord bei Hochwasserschutzprojekten und Gefahrenbeurteilungen. Empfehlungen der Kommission Hochwasserschutz (KOHS), WEL 2013, Heft 1, Seiten 43 bis 53

Kosten Leitung DN1800:

• Ersatz Leitung auf DN1800 (GFK)	80 m'	CHF 6'000/m'	CHF 480'000.-
• Ein- und Auslaufbauwerk			CHF 100'000.-
• Diverses und Unvorhergesehenes, Honorare		30%	CHF 170'000.-
		<b>Total (ohne MwSt.)</b>	<b>CHF 750'000.-</b>

### Variante B: Ausbau Leitung DN600 und leichter oberirdischer Abfluss

Eine Vergrößerung der bestehenden Leitung DN600 ist technisch bis zum Durchmesser 1200 mm machbar. Bei der Kreuzung der beiden Haltenbachleitungen ist die Überdeckung der DN800 Leitung zur DN1200 nur 0.2 Meter und zur Strassenoberfläche 0.4 Meter (wird als Minimum betrachtet). Bei den Grünflächen ist keine Überdeckung vorhanden, jedoch kann diese durch eine Geländeanpassung behoben werden. Der Abfluss ist unter Druck. Der restliche oberirdische Abfluss beläuft sich auf 1.7 m³/s. Dieser Teilabfluss kann durch leichte Geländeanpassungen in den Pöppelbach geführt werden.

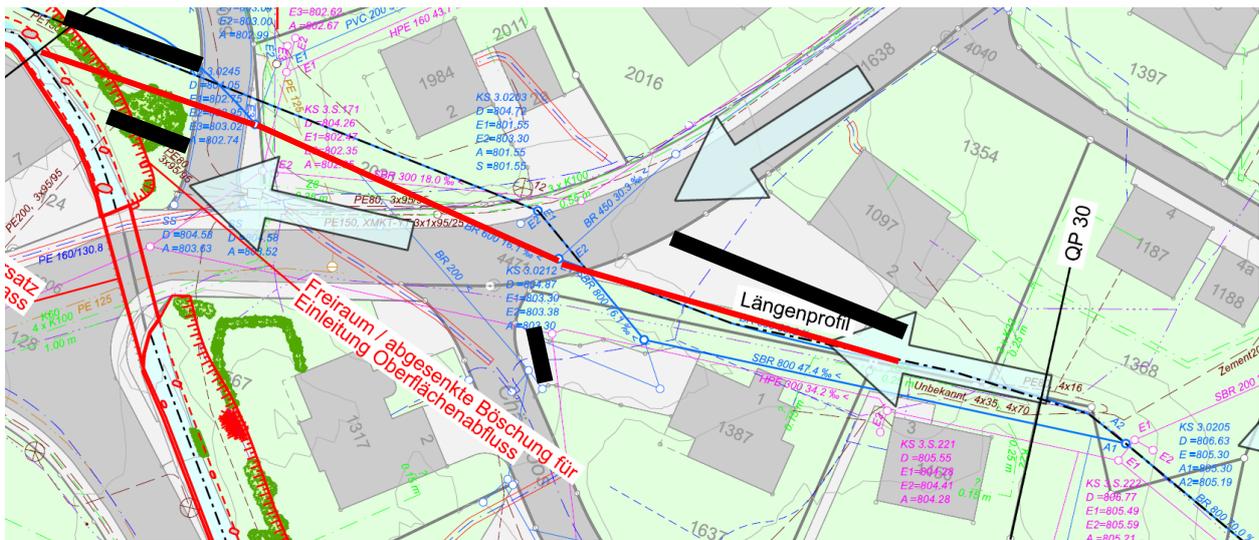


Abbildung 9: Ersatz Leitung DN600 auf DN1200 (rot) und leichte Geländeanpassungen (grün)

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Machbarkeit vorhanden</li> <li>• Vollständige Wassermenge wird abgeführt</li> <li>• Mit passendem Rohr (seitlichem Bankett) wird Längsnetzwerk aufgewertet</li> <li>• Überlastfall durch bestehende oberflächliche Entlastung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosten</li> <li>• Machbarkeit vorhanden. Jedoch problematische Kreuzung der beiden Einzelleitungen</li> </ul>

**Kosten:**

• Ersatz Leitung auf DN1200 (Beton)	92 m'	CHF 3'800/m'	CHF 350'000.-
• Anpassungen Vorplätze, Mauern	100 m'	CHF 400/m'	CHF 40'000.-
• Ein- und Auslaufbauwerk			CHF 100'000.-
• Diverses und Unvorhergesehenes, Honorare		30%	CHF 150'000.-
		<b>Total (ohne MwSt.)</b>	<b>CHF 640'000.-</b>

**Variante C: Bestehende Leitungen beibehalten und Restwasser oberirdisch entlasten**

Durch die angestrebte Öffnung des Haltenbachs im Bereich von QP 33 bis QP30 verändert sich gegenüber Anhang 2 – Hydraulik der entlastete Abfluss durch die beiden bestehenden Leitungen auf 2.5 m<sup>3</sup>/s. Oberirdisch muss einen Abfluss von 5.8 m<sup>3</sup>/s in den Pöppelbach geführt werden. Trotzdem bietet sich eine oberirdische Entlastung an, da bereits einige Massnahmen umgesetzt wurden (z.B. vertikaler Absatz in Schönbüelstrasse, Entlastungsöffnung bei GS 2021). Von dieser Massnahme ist keine Skizze vorhanden, da es den ganzen Bereich beinhaltet.

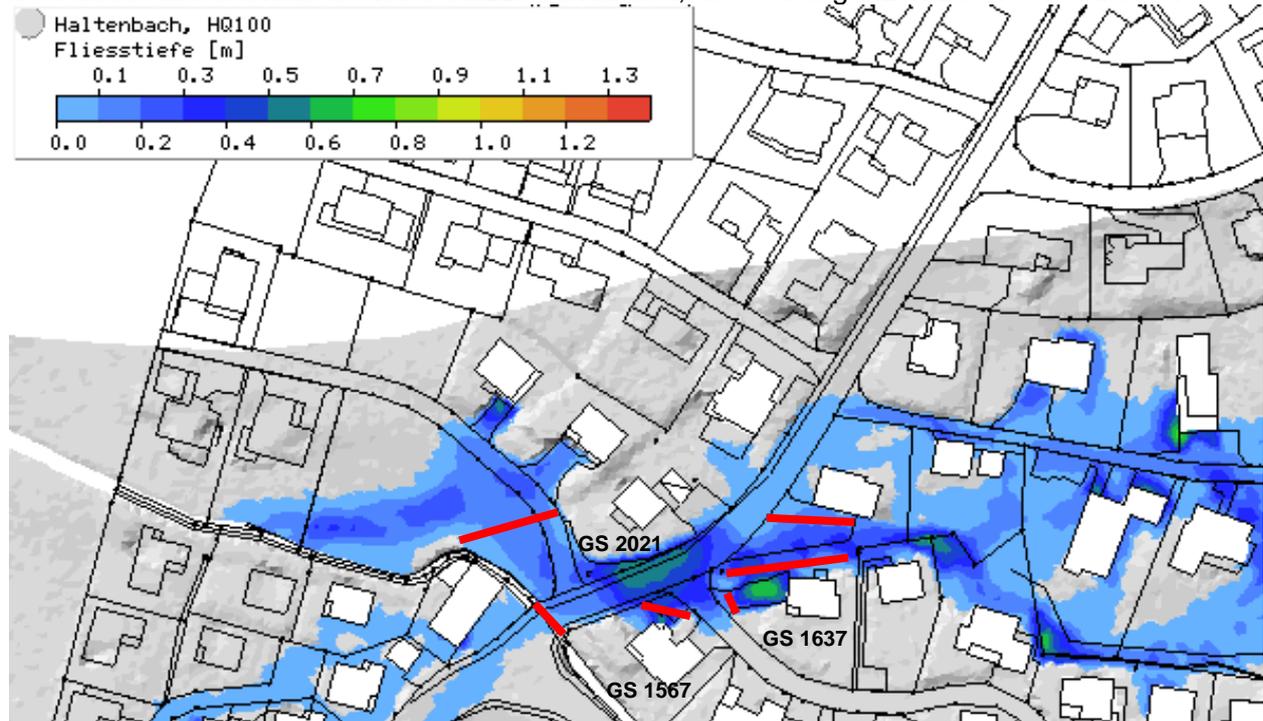


Abbildung 10: Überflutungskarte bei einem oberirdischen Abfluss von 4.2 m<sup>3</sup>/s<sup>3</sup> und oberflächliche Anpassung bei einem Abfluss von 5.8 m<sup>3</sup>/s.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Machbarkeit vorhanden</li> <li>• Nur oberflächliche Optimierungen</li> <li>• Entlastungsöffnung unter Vorgarten von GS 2021 vorhanden</li> <li>• Gefährdungskarte Oberflächenabfluss</li> <li>• Günstigste Variante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GS 1567 und GS1637 bei oberirdischem Abfluss besonders vulnerabel</li> <li>• Längsgefällsanpassung einiger Strassen, entsprechend Anpassung vieler Leitungs-oberbauten</li> <li>• Überlastfall</li> <li>• Wert von angestrebter Ausdolung geringfügig durch diese Variante</li> </ul>

**Kosten:**

• Ersatz Fahrbahnoberfläche	25 m'	CHF 1'400/m'	CHF 40'000.-
• Grössere Geländeanpassungen	100 m <sup>2</sup>	CHF 100/m'	CHF 10'000.-
• Anpassungen Vorplätze	50 m'	CHF 600/m'	CHF 30'000.-
• Diverse neue Mauern	50 m'	CHF 600/m'	CHF 30'000.-
• Diverses und Unvorhergesehenes, Honorare		30%	CHF 30'000.-
		<b>Total (ohne MwSt.)</b>	<b>CHF 140'000.-</b>

<sup>3</sup> Boffa Tognacca GmbH Steinen

## Bewertungsmatrix der Varianten A bis C

Die Bewertung der verschiedenen Varianten wird anhand verschiedener Einflussparameter qualitativ und gewichtet durchgeführt. Die Einflussparameter sind:

- Komplexität: Wie komplex ist die Umsetzung? Ist die Chance vorhanden, dass grössere Probleme / Verzögerungen auftreten?
- Kosten: Wie viel kostet die Variante?
- Anwohner: Sind Anwohner intensiv betroffen bzw. ist die Akzeptanz vorhanden?
- Ökologie: Wird eine Längsvernetzung zur angestrebten Ausdolung erreicht / gewährleistet?
- Integration in bestehende Umgebung: Integriert sich das vollendete Werk in die bestehende Umgebung?
- Sicherheit: Ist die Sicherheit bei einem Ereignisfall unabhängig vom Ort gewährleistet?

Die qualitative Punkteverteilung ist folgendermassen erklärt:

- 1 Punkt: sehr schwierig / sehr teuer / nicht vorhanden / nicht gewährleistet
- 5 Punkte: sehr einfach / sehr günstig / vollständig vorhanden / hohe Sicherheit

		<b>A</b>		<b>B</b>		<b>C</b>	
	Gewichtung	Pkt	Gew. Pkt	Pkt	Gew. Pkt	Pkt	Gew. Pkt
Komplexität	2	2	4	3	6	4	8
Kosten	3	1	3	2	6	5	15
Anwohner	1	2	2	2	2	2	2
Ökologie	1	5	5	5	5	1	1
Integration	1	5	5	5	5	3	3
Sicherheit	1	5	5	4	4	1	1
<b>Total</b>			<b>24</b>		<b>28</b>		<b>30</b>

Die Bewertung zeigt, dass die Variante C zur Bestvariante weiterempfohlen wird. Zusätzlich ist die Wirtschaftlichkeit der Varianten A und B nicht gewährleistet, was die Wahl der oberirdischen Entlastung, Variante C bekräftigt.

## Gesamtkosten Bestvarianten

Abschnitt ELB bis QP 33: Variante D/E	CHF 770'000.-
Ausdolung und naturnahe Gestaltung QP 33 bis QP 30	CHF 220'000.-
Abschnitt QP 30 bis Pöppelbach: Variante C	CHF 140'000.-
<b>Total (ohne MwSt.)</b>	<b>CHF 1'130'000.-</b>
<b>Total (mit 7.7% MwSt.)</b>	<b>CHF 1'217'010.-</b>

#### 4) Alternative Linienführung Haltenbach entlang des Siedlungsgebiets

Der Bau eines neuen Gerinnes entlang des Siedlungsgebiets auf dem Grundstück 164 ist eine Variante um die vielen Anstösser nicht zu behindern. Dabei würde die bestehende Leitung beibehalten werden und neu nur beim Hochwasserereignis benötigt werden. Bei einem  $HQ_{100}$  würde die Kapazität bei  $4.4 \text{ m}^3/\text{s}$  beibehalten werden. Somit ist der Dimensionierungsabfluss auf dem GS 164 bei  $4.2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Reserven sind sinnvoll, um den Überlastfall abzudecken. Damit das Längsgefälle nicht zu knapp wird, kann die Eindolung Richtung Pöppelbach weiter im Oberwasser vom Haltenbach angeordnet werden. Eine grosse, unbekannte Komponente sind die Bodenverhältnisse, in den Kosten wurden diese als einigermaßen normal angenommen (kein Fels oder Fliesssand)

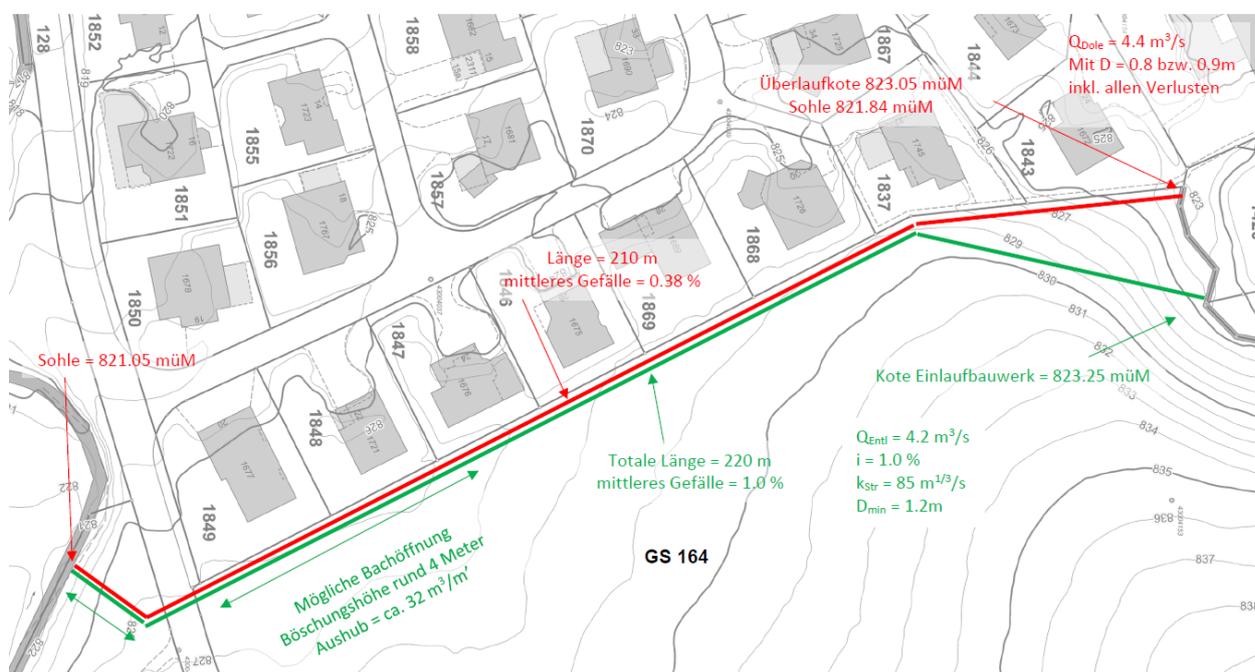


Abbildung 11: Linienführung in den Pöppelbach entlang des Siedlungsgebiets

#### Kosten:

• Eindolung im Pressvortrieb	165 m'	CHF 5'000/m'	CHF 825'000.-
• Bachoffenlegung und naturnahe Gestaltung	55 m'	CHF 1'500/m'	CHF 80'000.-
• Ein- und Auslaufbauwerk			CHF 100'000.-
• Diverses und Unvorhergesehenes, Honorare		30%	CHF 300'000.-
		Total (ohne MwSt.)	CHF 1'310'000.-
		<b>Total (mit 7.7% MwSt.)</b>	<b>CHF 1'410'870.-</b>

#### Mehrkosten auf Teilprojekt 3 - Pöppelbach infolge erhöhtem Abfluss:

• Gerinneaufweitung und Revitalisierung	430 m'	CHF 250/m'	CHF 110'000.-
• Durchlass Pöppelstrasse vergrössern	24 m'	CHF 4'500/m'	CHF 110'000.-
• Fussgängerbrücke ersetzen	12 m²	CHF 5'000/m²	CHF 60'000.-
• Diverses und Unvorhergesehenes, Honorare		30%	CHF 80'000.-
		Total (ohne MwSt.)	CHF 360'000.-
		<b>Total (mit 7.7% MwSt.)</b>	<b>CHF 387'720.-</b>

## 5) Hochwasserrückhaltebecken (HWRB) Pöppelstrasse Hermes

Beim Fliesskilometer 0.90 nach GN10 führt die Pöppelstrasse über den Haltenbach. Der Haltenbach ist hier rund 120 m' eingedolt. Gemäss dem Werkhofleiter des Landesbauamtes staut sich der Haltenbach bei Starkniederschlägen ein. Das Rückhaltevolumen liegt etwa bei 300 m<sup>3</sup>, anschliessend überströmt das Wasser die Pöppelstrasse in Richtung Appenzell Steinegg. Grob berechnet, wird ein Rückhaltevolumen von rund 4000 m<sup>3</sup> benötigt, damit der Durchfluss (inkl. zus. anfallendes Regenwasser aus dem tieferen Teileinzugsgebiet) nicht die Kapazitätsgrenze von 4.4 m<sup>3</sup>/s der Dole übersteigt.

Eine Erhöhung der Pöppelstrasse um rund 2 Meter auf 852.00 Meter ergibt das Rückhaltevolumen von rund 4000 m<sup>3</sup>. Der Überlastfall wird durch eine Senke der Pöppelstrasse abgeleitet. Durch den Bau eines HWRB lohnt es sich ebenfalls, rund 100 Meter Eindolung aufzuheben. Die Landwirtschaft muss miteinbezogen werden, da diese markant tangiert wird.

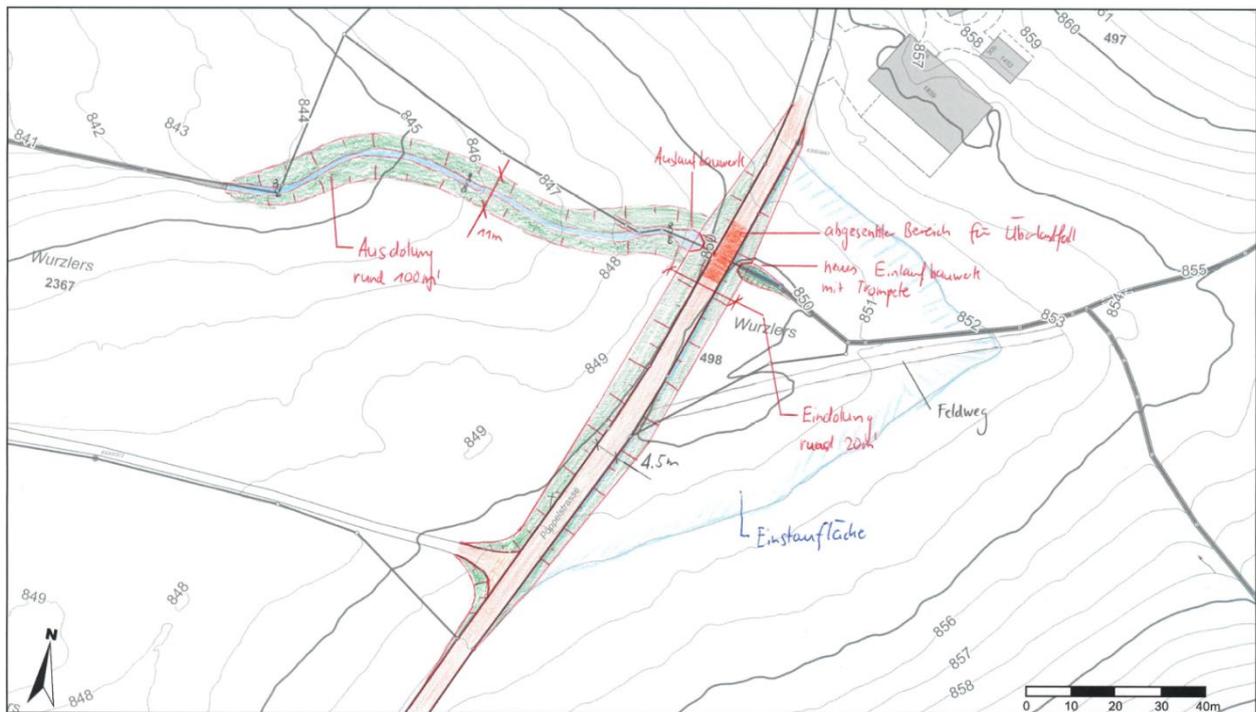


Abbildung 12: Erhöhung der Pöppelstrasse und Erstellung eines HWRB mit rund 100 Meter Ausdolung.

### Kosten:

• Abbrüche			CHF 50'000.-
• Erhöhung und Neuerstellung Pöppelstrasse	150 m'		CHF 260'000.-
• Ein- und Auslaufbauwerk			CHF 70'000.-
• Erstellung Durchlass Pöppelstrasse	15 m'	CHF 1'500/m'	CHF 20'000.-
• Ausdolung Haltenbach inkl. Revitalisierung	100 m'	CHF 1'500/m'	CHF 150'000.-
• Wasserhaltung			CHF 20'000.-
• Diverses und Unvorhergesehenes, Honorare		30%	CHF 170'000.-
		Total (ohne MwSt.)	CHF 740'000.-
		<b>Total (mit MwSt.)</b>	<b>CHF 796'980.-</b>

## 6) Umlegung Haltenbach in den Pöppelbach bei Bleiers

Im Gebiet Bleiers (Landwirtschaftsland zwischen Pöppel- und Haltenbach) ist eine natürliche, leichte Geländevertiefung in Richtung Pöppelbach vorhanden. Es ist möglich, diese Vertiefung für den Haltenbach auszunutzen. Gleichzeitig bietet sich an, die Pöppelstrasse in Richtung Eggerstanden mitumzulegen. Der bestehende Haltenbach kann als Hochwasserentlastung genutzt werden, damit die Belastung auf den Pöppelbach reduziert wird (analog Variante HWE, Kapitel 4).

Der Bach würde auf rund 270 m' umgelegt werden. Dies führt zu grossen Masseumlagerungen, da die Bachsohle gegenüber der Pöppelstrasse rund 1.5 Meter tief liegt. Im steileren Abschnitt (vor der Mündung in den Pöppelbach) beträgt das Längsgefälle über 6% und muss daher zusätzlich und über eine lange Distanz gesichert werden. Als positiv zu betrachten ist die Längsnetzwerk, welche bis in den oberen Bereich des Einzugsgebiets des Haltenbachs gewährleistet werden kann.

Eine grosse, unbekannte Komponente sind die Bodenverhältnisse, in den Kosten wurden diese als eingermassen normal angenommen (kein Fels oder Fliesssand)

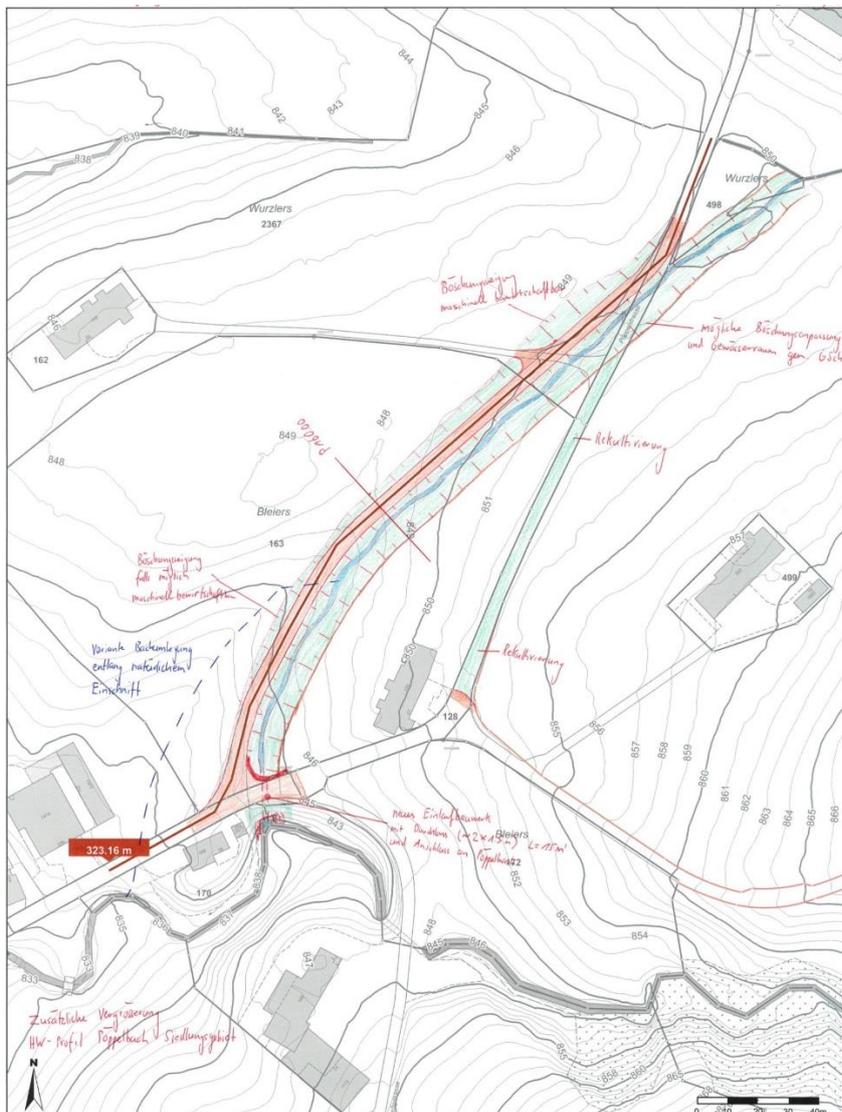


Abbildung 13: Bach- und Strassenumlegung in das Gebiet Bleiers

Kosten:

• Abbruch best. Strasse und Aushub Strassen- sowie Bachkörper		CHF 290'000.-
• Neugestaltung Pöppelstrasse inkl. Vorplätze		CHF 120'000.-
• Bachoffenlegung und naturnahe Gestaltung	270 m' CHF 1'500/m'	CHF 410'000.-
• Ein- und Auslaufbauwerk inkl. Durchlass		CHF 110'000.-
• Diverses und Unvorhergesehenes, Honorare	30%	CHF 280'000.-
	Total (ohne MwSt.)	CHF 1'210'000.-
	<b>Total (mit 7.7% MwSt.)</b>	<b>CHF 1'303'170.-</b>

Mehrkosten auf Teilprojekt 3 - Pöppelbach infolge erhöhtem Abfluss:

• Gerinneaufweitung und Revitalisierung	430 m' CHF 250/m'	CHF 110'000.-
• Durchlass Pöppelstrasse vergrössern	24 m' CHF 4'500/m'	CHF 110'000.-
• Fussgängerbrücke ersetzen	12 m <sup>2</sup> CHF 5'000/m <sup>2</sup>	CHF 60'000.-
• Diverses und Unvorhergesehenes, Honorare	30%	CHF 80'000.-
	Total (ohne MwSt.)	CHF 360'000.-
	<b>Total (mit 7.7% MwSt.)</b>	<b>CHF 387'720.-</b>

## 7) Staustufen Haltenbach

Der Haltenbach fliesst ab dem Durchlass Pöppelstrasse (Gebiet Hermes) in einem engen Einschnitt in Richtung Siedlungsgebiet. Es sind auch zwei natürliche S-Kurven mit Vorländern vorhanden. Diese etwas breiteren Abschnitte bieten sich an, um hintereinander liegende Staustufen umzusetzen. Wie im Kapitel 5, Hochwasserrückhaltebecken (HWRB) Pöppelstrasse Hermes erwähnt, wird ein Rückhaltevolumen von rund 4000 m<sup>3</sup> benötigt.

Der Haltenbach besitzt in diesem Abschnitt ein Längsgefälle von rund 7%. Damit würden viele aufeinanderfolgender, schwer bewirtschaftbare Dämme benötigt. Zusätzlich würde ein Teil des Gewässers wiedereingedolt werden, was gegen den Auftrag im GSchG spricht. Aus hydraulischer Sicht kritisch ist die Wellenbildung beim Eintritt in die Retentionsfläche. Dagegen müssten unbewirtschaftbare und mit Freibord versehene Dämme (oberwasserseitig) gebaut werden.

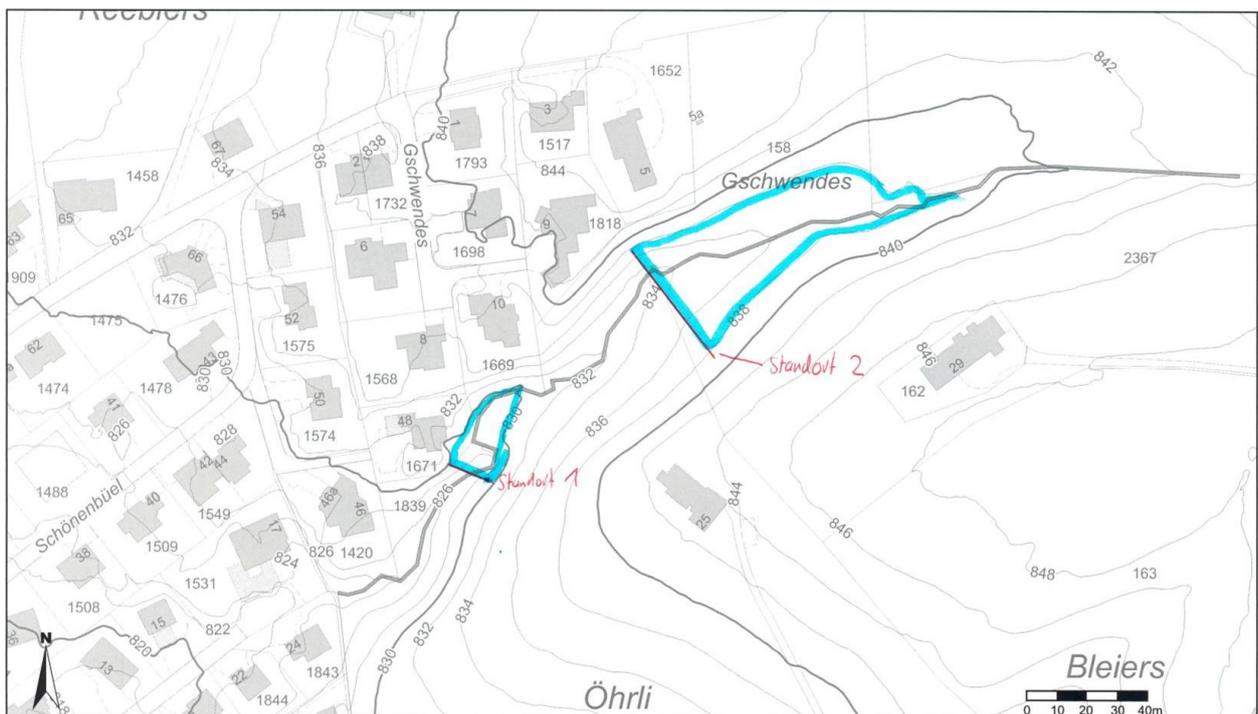


Abbildung 14: mögliche Standorte für Staustufen.

Da diese Variante, aufgrund vieler offener Punkte, als nicht umsetzbar eingestuft wird, wird auf eine Kostenschätzung verzichtet.

## Zusammenfassung Varianten

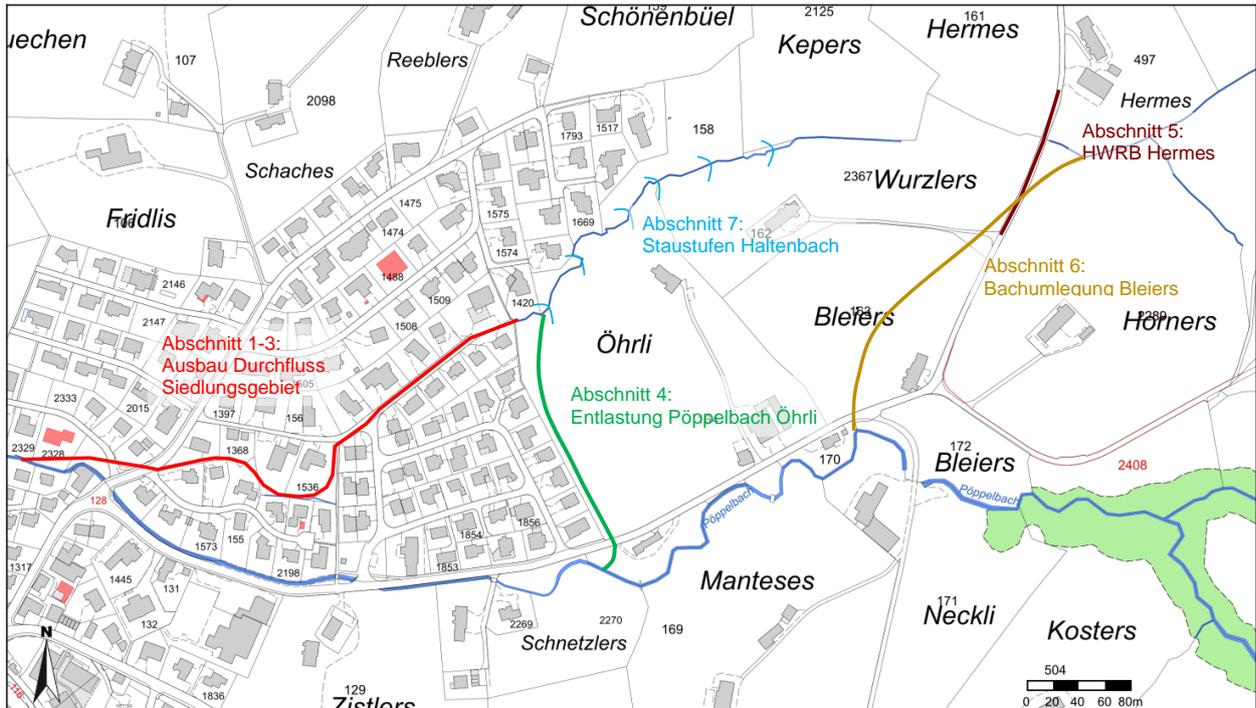


Abbildung 15: Übersicht aller geprüften Varianten zur Gewährleistung des Hochwasserschutzes am Haltenbach.

Die gewählte Bestvariante aus den Abschnitten 1 bis 3 ist aus hydraulischer und prozesstechnischer Sicht mit diversen Unsicherheiten behaftet:

- Die mit der Strickler-Normalabfluss berechneten Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit wird in der Realität nicht auftreten und wenn, ist es im Ereignisfall im Strassenbereich überaus gefährlich. (schwächere Personen fallen bereits ab 20 cm Wassertiefe und  $3 \text{ m/s}^4$ ). Organisatorisch muss die Strasse Schönbüel im Ereignisfall gesperrt für den Strassenverkehr und Fussgänger gesperrt werden.
- Der oben benannte Punkt kann durch eine ähnliche, bereits durchgeführte 2D-Modellierung, hydraulisch verlässlich untersucht werden (inkl. Fließvektoren). Es ist davon auszugehen, dass das Resultat gegenüber der bisherigen Modellierung intensiver ausfällt ( $Q_{\text{Entlastung}}$  neu 5.3 anstatt 4.2  $\text{m}^3/\text{s}$ )
- Freiborde sollten auch bei einem sekundären Fließweg einberechnet werden, dadurch erhöht sich die benötigte Aufbahrung der Vorplätze.
- Eine Anpassung aller Vorplätze benötigt die Zusammenarbeit mit vielen Anwohnern. Diese müssen klar informiert werden und auch hinter dieser Variante stehen. Hinsichtlich akzeptiertem und nicht akzeptiertem Risiko wird eingeschätzt, dass verschiedene Blickwinkel vorherrschen. Gemäss Wasserbaugesetz des Kantons Appenzell Innerrhoden werden die Massnahmen (nach Abzug aller Beiträge) durch die Anstösser beglichen (Perimeterverfahren).
- Mit der Zunahme des Klimawandels muss auch mit einem vermehrten Auftreten von Extremereignissen gerechnet werden. Im vorliegenden Fall bedeutet dies eine zukünftig höhere Eintretenswahrscheinlichkeit eines oberirdischen Abflusses.

<sup>4</sup> <https://www.munichre.com/topics-online/de/climate-change-and-natural-disasters/natural-disasters/flash-floods-unexpected-destructive-deadly.html>, 11.08.2022

Eine neue Linienführung entlang des Siedlungsgebiets in den Pöppelbach bietet hingegen die höhere Planungssicherheit sowie geringere Einschränkung gegenüber Anwohner. Durch eine höhere Investition von rund CHF 200'000.- (sowie Mehrkosten am Pöppelbach) wird das Risiko im Siedlungsgebiet rund um die Strasse Schönbüel massiv reduziert. Dies auch im Falle eines Überlastfalls. Dasselbe gilt für die im Abschnitt 6 betrachtete Variante Bachumlegung Bleiers.

Das HWRB ist gegenüber den beiden anderen Varianten markant günstiger und tangiert weniger Anwohnende. Mit der Ausdolung können aufgrund der ökologischen Relevanz zugleich höhere Bundesbeiträge bezogen werden. Rundum besitzt die Variante mehr positive Punkte (Kosten und Beiträge, Ausdolungslänge, Risikoreduktion, Bauprozess, Werkleitungen)

Bei einer groben Abschätzung von Kosten-Nutzen anhand der Grundlage von BeNuKo ist bei beiden Varianten ein Verhältnis von 0.50 vorhanden. Die des HWRB ist höher.

Eine detailliertere Untersuchung bezüglich Machbarkeit und Kosten-Nutzen der drei favorisierenden Varianten ist notwendig.