



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

Gemeinden:
Langnau a. A.
Thalwil

Hochwasserschutz Sihl, Zürichsee, Limmat Entlastungsstollen Thalwil

Submission

C3.1 Technischer Bericht

18.11.2020

85W-745-12-0



c/o IUB Engineering AG
Heinrichstrasse 147, 8005 Zürich
- IUB Engineering AG
- IM Maggia Engineering AG
- Kissling + Zbinden AG
- Kellerhals + Haefeli AG
- Büro HQ, Ingenieurbüro für Wasserbau
- Eduard Imhof, dipl. Architekt

Impressum

Auftraggeber

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

Projektleiter
Adrian Stucki

Herausgeber

IG Sihl Entlastungsstollen
c/o IUB Engineering AG
Heinrichstrasse 147
8005 Zürich

Projektleiter: Yves Keller
Stellvertreter: Martin Andres
TPL Hydraulik: Michael Müller
TPL Geotechnik und Statik: Thomas Merz
TPL Untertagbau: Heinz Schmaus

Autoren:

Peter Billeter (IUB Engineering AG)
Yves Keller (IUB Engineering AG)
Michael Müller (IUB Engineering AG)
Thomas Merz (IUB Engineering AG)
Tobias Karrer (IUB Engineering AG)
Aristoteles Manouras (IM Maggia Eng. AG)
Joëlle Kitamura (IM Maggia Engineering AG)
Renato Hemund (IUB Engineering AG)
Martin Andres (Kissling + Zbinden AG)
Xander Steuri (Kissling + Zbinden AG)
Pascal Huwyler (Kissling + Zbinden AG)
Reto Wagner (Kellerhals + Haefeli AG)
Eduard Imhof (dipl. Arch. ETH SIA)
Yves Keller (IUB Engineering AG)
Peter Billeter (IUB Engineering AG)

Geprüft durch:
Freigegeben durch:

Büro / Bericht Nr.

IUB / 14.51330.41-707

Auflistung der Versionen und Änderungen

Version	Datum	Änderungen/ Information
0.9	04.05.2020	Entwurf Submissionsunterlagen
1.0	18.11.2020	Publikation SIMAP

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Hochwasserschutz Sihl, Zürichsee, Limmat: Entlastungstollen Thalwil und ergänzende Hochwasserschutzmassnahmen	5
1.2	Projektgeschichte und bisherige Arbeiten	7
2	Ausgangssituation und Grundlagen	8
2.1	Historische Hochwasserereignisse	8
2.2	Hydrologie	8
2.2.1	Einzugsgebiet	8
2.2.2	Hochwasserabflüsse der Sihl	8
2.2.3	Wasserspiegel Zürichsee	9
2.2.4	Hochwasserszenarien	9
2.3	Gewässerzustand und Umwelt	9
2.4	Geologie und Hydrogeologie	9
2.5	Mögliche Gefahrenarten	10
2.6	Topographie und Vermessung	11
2.6.1	Bezugsrahmen	11
2.6.2	Amtliche Vermessung und Plangrundlagen	11
2.6.3	Ergänzende geodätische Aufnahmen	11
2.7	Umfeld, Bauliche Anlagen	12
2.7.1	Werkleitungen	12
2.7.2	SZU-Bahnlinie	12
2.7.3	SBB-Bahnlinien Zürich - Chur und Zürich - Luzern	12
2.7.4	Seestrasse	12
2.7.5	Weitere Bauten im Bereich Auslaufbauwerk	12
2.8	Drittprojekte und externe Randbedingungen	13
2.8.1	Zimmerberg Basistunnel	13
2.8.2	Ausgebaute ARA Zimmerberg	14
2.8.3	Neugestaltung Seeufer Bürger	14
2.8.4	Umgestaltung Seestrasse	14
2.8.5	Verlegung Chapf-Leitung (Mischwasserleitung)	15
2.8.6	Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen	15
3	Projektannahmen	15
3.1	Hochwasserschutzziele	15
3.2	Dimensionierungsgrössen	15
3.3	Konzeption und Funktionsweise	16
3.4	Ökologie	18
4	Massnahmenplanung und Projektbeschrieb	19
4.1	Einlaufbauwerk	19
4.1.1	Übersicht Anlagenteile	19
4.1.2	Kontrollschwelle und Anpassung Sihl-Gerinne	20
4.1.2.1	Anpassung Sihl-Gerinne	20
4.1.2.2	Strukturierung Sihl-Gerinne	20
4.1.2.3	Kontrollschwelle	20
4.1.2.4	Sohlen- und Ufersicherung	21
4.1.2.5	Niederwasserrinne	22
4.1.2.6	Initialschüttung Verlandungskörper	22
4.1.3	Tauchwand und Grobrechen	23
4.1.4	Wehrrücken und Sammelbecken	24
4.1.5	Schlauchwehr	24
4.1.6	Drosselblende	25
4.1.7	Abschlussorgan	26
4.1.8	Profilübergang	26
4.1.9	Betriebs- und Antriebsgebäude	27
4.1.10	Ausrüstung	27
4.1.11	Foundation und Tragwerkskonzept	28

4.1.11.1	Stahlbeton - Tragwerk	28
4.1.11.2	Auftriebssicherung	29
4.1.12	Gestaltung und Umgebung	29
4.2	Entlastungstollen	31
4.2.1	Variantenstudien und Entscheide	31
4.2.2	Übersicht	32
4.2.3	Vortriebs- und Auskleidungskonzept	33
4.2.4	Startröhre	35
4.2.5	Unterquerung SBB-Bahnlinie	35
4.2.6	Ausrüstung	36
4.2.7	Tragwerkskonzept	36
4.3	Auslaufbauwerk	36
4.3.1	Variantenstudien und Entscheide	36
4.3.2	Übersicht Anlagenteile	37
4.3.3	Toskammer und Be-/Entlüftungsschacht	38
4.3.4	Rechteckkanal und Mündungsbauwerk	38
4.3.5	Seeseitige Abschlüsse	38
4.3.5.1	Dammbalkenverschluss / Revisionszugang	38
4.3.5.2	Nadelverschluss	39
4.3.6	Zugang und Ersatz Garagenplätze für Private	40
4.3.7	Zugänge für Anwohner	40
4.3.8	Ausrüstung des Bauwerks	40
4.3.9	Foundation und Tragwerkskonzept	40
4.3.9.1	Feld Hang	41
4.3.9.2	Feld Strasse und Feld Strandbad	41
4.3.9.3	Feld See	41
4.3.10	Gestaltung und Umgebung	42
4.3.11	Liftschacht (privates Drittprojekt)	42
5	Bauphase	42
5.1	Übergeordneter Bauablauf und Bauprogramm	42
5.2	Übergeordnete Baustelleninstallation und Erschliessung	43
5.3	Einlaufbauwerk	43
5.3.1	Bauablauf und Bauphasen	43
5.3.2	Baugruben	46
5.3.2.1	Baugrubensicherung wasserseitig	46
5.3.2.2	Baugrubensicherung landseitig	48
5.3.2.3	Felsaushub und Aushubflächen Bauwerksbereich EBW	48
5.3.2.4	Baugrubensicherung Portalbereich	51
5.3.3	Installationsflächen	53
5.3.4	Werkleitungen	53
5.4	Entlastungstollen	54
5.4.1	Bauablauf und Bauphasen	54
5.4.2	Installationsflächen	54
5.5	Auslaufbauwerk	55
5.5.1	Übersicht Baufelder	55
5.5.2	Bauablauf und Bauphasen	55
5.5.3	Baugruben	57
5.5.4	Installationsflächen	60
5.5.5	Werkleitungen	60
5.6	Materialbewirtschaftung	63
6	Betrieb und Unterhalt	64
6.1	Betriebskonzept	64
6.1.1	Überwachung und Instrumentierung der Anlage	64
6.1.2	Warnung, Alarmierung und Inbetriebnahme des Stollens	66
6.1.3	Leitsystem und Regelung nach Trenncharakteristik	67
6.1.4	Betriebssicherheitskonzept Schlauchwehr beim EBW	67
6.2	Zugänge	68
6.3	Zugangsschutz	69
6.4	Geschiebebewirtschaftung Sihl	69

1 Einleitung

1.1 Hochwasserschutz Sihl, Zürichsee, Limmat: Entlastungsstollen Thalwil und ergänzende Hochwasserschutzmassnahmen

Das Projekt Hochwasserschutz «Sihl, Zürichsee, Limmat» hat zum Ziel, den Hochwasserschutz entlang der Sihl und der Limmat unter Einbezug des Zürichsees zu verbessern. Die einzelnen Planungen dieses umfassenden Gesamtprojektes sind in Abbildung 1.1 dargestellt und nachfolgend beschrieben:

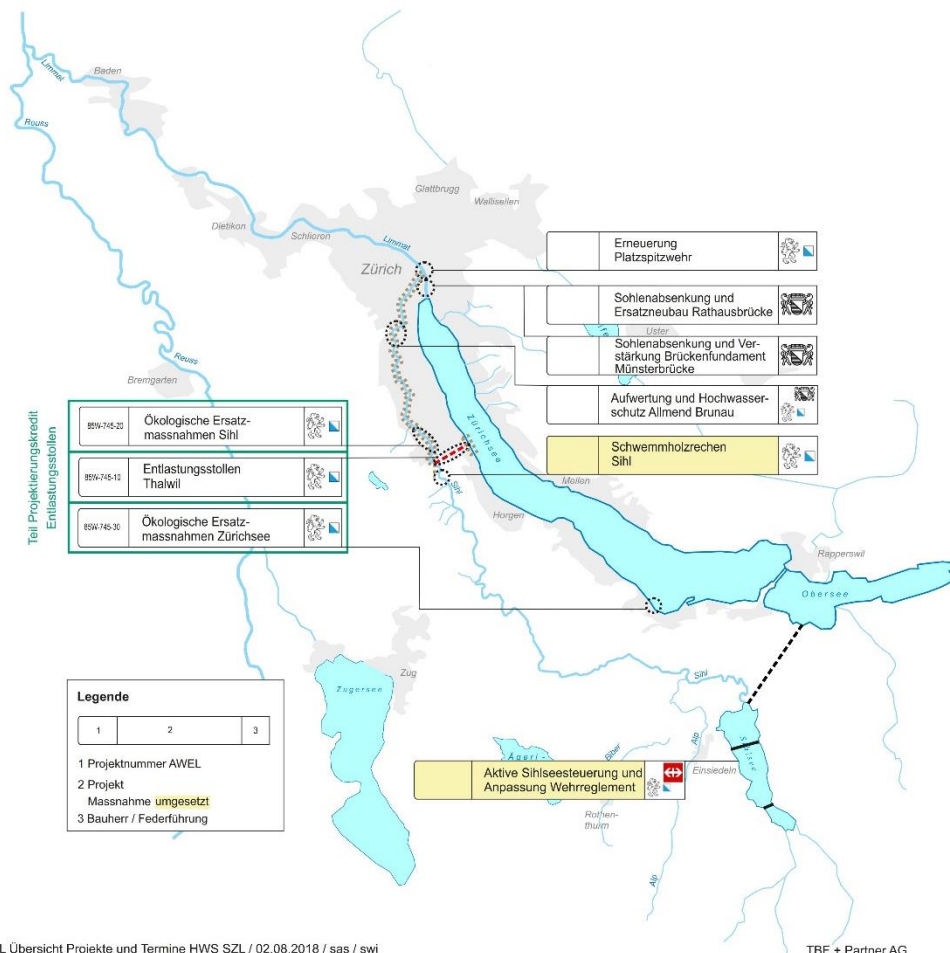
- Der rund zwei Kilometer lange **Entlastungsstollen Thalwil** soll Hochwasserspitzen der Sihl in den Zürichsee überleiten und so das untere Sihltal und Zürich vor Extremhochwasser schützen. Aufgrund der für den Bau des Entlastungsstollens erforderlichen Eingriffe in die Natur und Landschaft der Sihl und des Zürichsees, werden umfangreiche ökologischen Ersatzmassnahmen an der Sihl in Langnau am Albis und am Zürichsee in Richterswil umgesetzt.
- Der **Schwemmholzrechen Sihl** oberhalb von Langnau am Albis verhindert Verklauungen durch Schwemmholz an kritischen Stellen wie Brücken oder den Durchlässen unter dem Hauptbahnhof Zürich.
- Mit Hilfe eines **Hochwasservorhersagesystems** (IFKID-Hydro Sihl) kann der Sihlsee gezielt vorabgesenkt werden. Durch die Vorabsenkung wird ein Rückhaltevolumen im Sihlsee geschaffen, mit welchem ein Teil einer Hochwasserwelle aufgefangen und kritische Abflusswerte der Sihl nicht überschritten werden.
- Mit der *aktiven Sihlseesteuerung* und der **Anpassung des Wehrreglements** kann bei erhöhter Wasserführung der Alp – aufgrund von Hochwasserereignissen – der Ausfluss aus dem Sihlsee gedrosselt werden, sodass unterhalb des Zusammenflusses von Sihl und Alp kritische Abflusswerte nicht überschritten werden.
- Mit dem Projekt **Aufwertung und Hochwasserschutz Allmend Brunau** wird der Hochwasserschutz durch gezielte Ufererhöhungen am Ort mit der zurzeit kleinsten Abflusskapazität der Sihl in der Stadt Zürich verbessert. Zudem soll der Sihlraum aufgewertet werden.
- Die **Erneuerung des Wehrs Platzspitz** dient der Verbesserung der Regulierbarkeit und der Betriebssicherheit für die Regulierung des Zürichsees. Am Wehrreglement werden keine Änderungen vorgenommen.
- Mit der **Sohlenabsenkung und dem Ersatzneubau der Rathausbrücke** wird die Abflusskapazität der Limmat erhöht.
- Mit der **Sohlenabsenkung und Verstärkung der Münsterbrücke** werden die Abflusskapazität der Limmat erhöht und die Pfeilerkonstruktion angepasst resp. zusätzlich gesichert.

Bis ins Jahr 2017 wurden für den langfristigen Hochwasserschutz an Sihl, Zürichsee und Limmat die Konzepte «Kombilösung Energie» (Erneuerung und den Ausbau des Pumpspeicherkraftwerks Etzelwerk durch die SBB im Rahmen der Neukonzessionierung) und «Entlastungsstollen Thalwil» vertieft untersucht. Mit Beschluss Nr. 943 vom 04. Oktober 2017 hat der Zürcher Regierungsrat entschieden, nur noch den «Entlastungsstollen Thalwil» weiter zu projektieren. Die Hauptgründe für den Entscheid des Regierungsrates sind, dass der Entlastungsstollen:

- robust aufgrund von Unabhängigkeit von Wettervorhersagen und hohem Funktionsgrad ist.
- die höchste Sicherheit bietet und die grösste Reduktion des Jahresschadens aufweist.

- ökologisch verträglich ist.
- vom Kanton Zürich selbst, unabhängig von anderen Planungen, zügig umgesetzt werden kann.

Weitere Gründe für den Entscheid des Regierungsrates sind im Synthesebericht zum Konzeptentscheid «Entlastungsstollen Thalwil» vom 27.10.2017 zusammengefasst (der Bericht ist im Projektdossier enthalten).



18240-103-L Übersicht Projekte und Termine HWS SZL / 02.08.2018 / sas / swi

TBF + Partner AG

Abbildung 1.1: Übersicht über die verschiedenen Planungen im Rahmen des Gesamtprojektes Hochwasserschutz Sihl, Zürichsee, Limmat (Grafik TBF, 2018)

Gemäss nationaler Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV) untersteht der Entlastungsstollen als wasserbauliche Massnahme mit Kosten von mehr als 10 Millionen Franken der Umweltverträglichkeitsprüfung. In der Untersuchung zur Umweltverträglichkeit wird aufgezeigt, dass durch den Bau und den Betrieb des Entlastungsstollens schutzwürdige Biotope beeinträchtigt werden. Das nationale Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG) sieht daher vor, dass der Verursacher für Schutz, Wiederherstellung oder angemessenen Ersatz zu sorgen hat. Aus diesem Grund sieht der Kanton Zürich an der Sihl und am Zürichsee ökologische Ersatzmassnahmen vor.

Die Erkenntnisse aus den Abklärungen zum Umweltverträglichkeitsbericht (UVB) hatten dann auch Rückwirkungen auf das Projekt des Entlastungsstollens. Um den Geschiebetrieb und die morphologischen Prozesse in der Sihl unterstrom der Entlastung möglichst lange aufrecht zu erhalten und damit auch die Speisung des Sihl-Aquifer gewährleisten zu können, wurde eine regulierbare Entlastung mit angepasster Trenncharakteristik gewählt.

Der «Entlastungsstollen Thalwil» wird zusammen mit den «ökologischen Ersatzmassnahmen Sihl» und den «ökologischen Ersatzmassnahmen Zürichsee» in einem Projektierungskredit zusammengefasst.

Die Projekte Schwemmholzrechen Sihl, aktive Sihlseesteuerung und Anpassung des Wehreglements wurden bereits realisiert. Die übrigen in Abbildung 1.1 dargestellten Projekte befinden sich in Planung und werden in separaten Verfahren aufgelegt.

1.2 Projektgeschichte und bisherige Arbeiten

Das Projekt Entlastungsstollens Thalwil hat eine mehrjährige Geschichte. Im Jahr 2010 wurde von der IUB Engineering AG in einer ersten Studie ein breites Variantenstudium zum Standort eines möglichen Entlastungsstollens zwischen der Sihl und dem Zürichsee durchgeführt. Diese Abklärungen ergaben folgende Hauptresultate:

1. Hochwasserspitzen der Sihl sind in den Zürichsee umzuleiten. Dafür ist aus topographischen Gründen ein Stollen zu erstellen. Geeignete Linienführungen liegen zwischen Horgen und Thalwil (Abbildung 1.2).
2. Als beste Linienführung erwies sich die Verbindung zwischen der Sihl unterhalb des Schwemmholzrechens und dem Raum «Bürger» neben der ARA Thalwil.

Die grundsätzliche Machbarkeit eines Entlastungsstollens zwischen Sihl und Zürichsee wurde mit Abschluss der Machbarkeitsstudie per 23.12.2010 aufgezeigt.

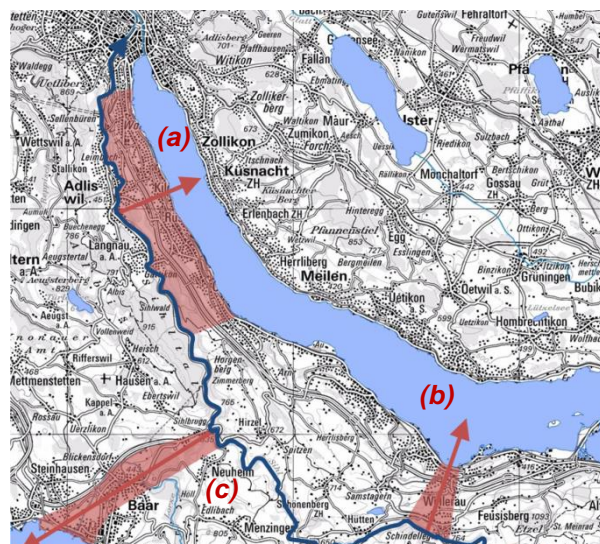


Abbildung 1.2: Geprüfte Entlastungskorridore von der Sihl in (a) den Zürichsee zwischen Horgen und Zürich, (b)

2 Ausgangssituation und Grundlagen

2.1 Historische Hochwasserereignisse

Historischen Hochwasserereignisse an Sihl und Zürichsee sind im Synthesebericht vom 15. Juni 2015 zu den vertieften Untersuchungen zusammengestellt (siehe Grundlagen).

2.2 Hydrologie

2.2.1 Einzugsgebiet

Das Einzugsgebiet der Sihl liegt im voralpinen Gebiet auf einer mittleren Höhe von rund 1040 m ü.M. Das Gebiet ist nicht vergletschert und umfasst bis zur Messstation Sihlhölzli in Zürich eine Fläche von 343 km². Geologisch liegt der grösste, obere Teil des Einzugsgebiets im Bereich der Helvetischen Decken und der Einsiedler Schuppenzone (Flysch). Im unteren Bereich läuft die Sihl durch die subalpine und die mittelländische Molasse (im Sihltal hauptsächlich durch die obere Süsswasser-Molasse). Damit ist das Gebiet topographisch stark gegliedert und hat Täler mit steilen Flanken und hochliegendem Felsen, was schnelle Abflussprozesse fördert.

Die Abflussprozesse in der Sihl werden durch zwei unterschiedliche Abflüsse aus Teileinzugsgebieten bestimmt:

1. Eher langsam variierende, kontrollierte Ausflüsse aus dem Sihlsee, in welchem je nach Betriebsregime und Sihl-Seeregulierung die Zuflüsse des oberhalb liegenden Einzugsgebiets gedämpft werden.
2. Ungedämpfte, schnelle Abflüsse der Alp und der Biber, welche die Dynamik des Abflussgeschehens in der Sihl unterhalb deren Mündung in die Sihl bei Dreiwässern (zwischen Biberbrugg und Schindellegi) prägen.

2.2.2 Hochwasserabflüsse der Sihl

Zur Auslegung des Entlastungsstollens sind die hydrologischen Verhältnisse der Sihl und des Zürichsees massgebend.

Die in der Machbarkeitsstudie angenommenen Hochwasserabflüsse der Sihl wurden basierend auf dem kombinierten hydrologisch-hydraulischen Prozessmodell PREVAH-FLORIS (Studie "Hochwasser-Hydrologie der Sihl", Scherrer AG, 2013) überarbeitet und angepasst. Das in der Gefahrenkarte der Stadt Zürich angegebene EHQ entspricht gemäss den neuen Erkenntnissen nur noch etwa einem HQ₃₀₀. Aus den vorgeschlagenen Bandbreiten der Hochwasserabflüsse der Sihl in Zürich wurden unter Berücksichtigung einer gewissen Dämpfung durch den Sihlsee neue Hochwasserabflüsse festgelegt (siehe Tabelle 2.1).

Ausgehend von den neuen Hochwasserabflüssen und angesichts des hohen Schadenpotenzials in der Stadt Zürich wird der Entlastungsstollen auf ein Dimensionierungsabfluss in der Sihl von 600 m³/s bzw. einem 500-jährlichen Hochwasserereignis ausgelegt. Die weiteren dem Projekt zugrunde gelegten Hochwasserabflüsse sind Tabelle 2.1 zu entnehmen.

Tabelle 2.1: Abflüsse bei der Station Zürich Sihlhölzli und Variation der Hochwasserabflüsse unterschiedlicher Grundlagen und Jährlichkeiten. Die für die Projektierung festgelegten Dimensionierungswerte basieren der Scherrer-Studie "Hochwasser-Hydrologie der Sihl"

	Gefahrenkarte Stadt Zürich [m³/s]	Studie "Hochwasser- Hydrologie der Sihl" [m³/s]	Festlegung Dimensio- nierung [m³/s]
HQ ₃₀	290	300 - 350	320
HQ ₁₀₀	360	400 - 490	430
HQ ₃₀₀	450	500 - 600	540
EHQ	550	650 - 800	700 - 800

Abflussganglinien sind für die Auslegung des Entlastungsstollens nicht erforderlich, da seine Kapazität auf die Abflussspitze ausgelegt wird. Joch sind Ganglinien für die Auswirkungen auf den Zürichsee relevant.

2.2.3 Wasserspiegel Zürichsee

Mit dem Platzspitzwehr wird der normale Schwankungsbereich des Zürichsees auf rund einen halben Meter begrenzt. Die Schadengrenze liegt auf 406.60 m ü.M. der mittlere Wasserspiegel auf 405.94 m ü.M., der Minimum-Wasserspiegel auf 405.47 m ü.M. (1952).

Das Zusammenspiel von reduziertem Sihl-Abfluss in Zürich, dem durch die Überleitung erhöhten Pegel des Zürichsees und dem Limmatabfluss wurde im Rahmen des Teilprojekts 1 (AWEL, Technischer Bericht vom 01.10.2015) untersucht. Die Studie zeigte auf, dass ein Pegelanstieg im Zürichsee durch einen geeigneten Neubau der Rathausbrücke in Zürich (Abflussengpass in der Limmat) kompensiert werden kann. Dieses Projekt wird nun umgesetzt.

2.2.4 Hochwasserszenarien

Der Sihl-Abfluss bei Sihlwald wird durch die Überlagerung des gedämpften Ausflusses aus dem Sihlsee und den ungedämpften Abflussspitzen von Alp und Biber bestimmt. Zur Illustration zeigt Abbildung 2.1 (a) die Ganglinie des Hochwassers vom Hochwasser 2005 am Pegel Zürich Sihlhölzli. In Abbildung 2.1 (b) ist beispielhaft die Ganglinie des Hochwasserszenarios E06 der WSL dargestellt. Typisch ist der rasante Abflussanstieg von bis zu 300 m³/s innert rund 4 Stunden.

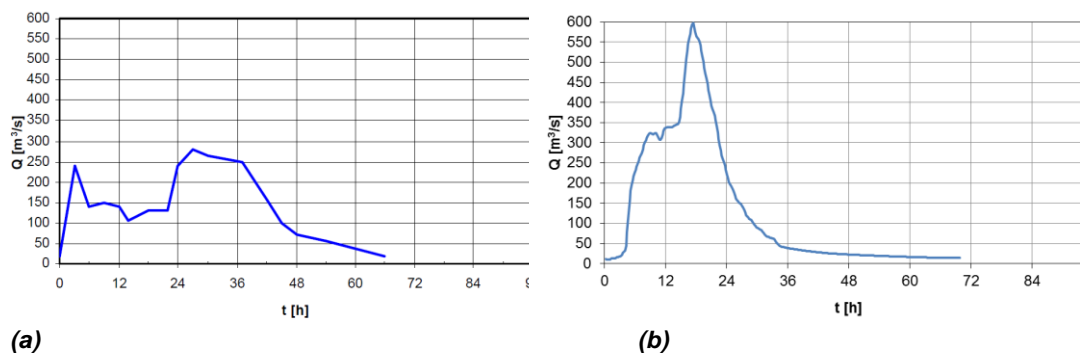


Abbildung 2.1: Verhalten der Abflussganglinien der Sihl beim Sihlhölzli: (a) Ganglinie beim Hochwasser 2005, (b) Ganglinie des WSL-Szenarios E06_Wet_Stauziel.

2.3 Gewässerzustand und Umwelt

Die Angaben dazu sind im Umweltverträglichkeitsbericht enthalten (siehe C3.5).

2.4 Geologie und Hydrogeologie

Siehe Dossier Geologie (Beilage C3.4)

2.5 Mögliche Gefahrenarten

Gemäss Naturgefahrenkarte des Kantons Zürich liegt das Einlaufbauwerk in der blauen Gefahrenzone (mittlere Gefährdung). Diese Gefährdung bezieht sich auf die Prozesse Hochwasser und Massenbewegungen.

Im Bereich des Auslaufbauwerks in Thalwil liegen gemäss Gefahrenkarte keine Gefährdungen vor. Die Hochwassergefährdung, ausgehend vom Zürichsee, ist jedoch für die Baustelle relevant.

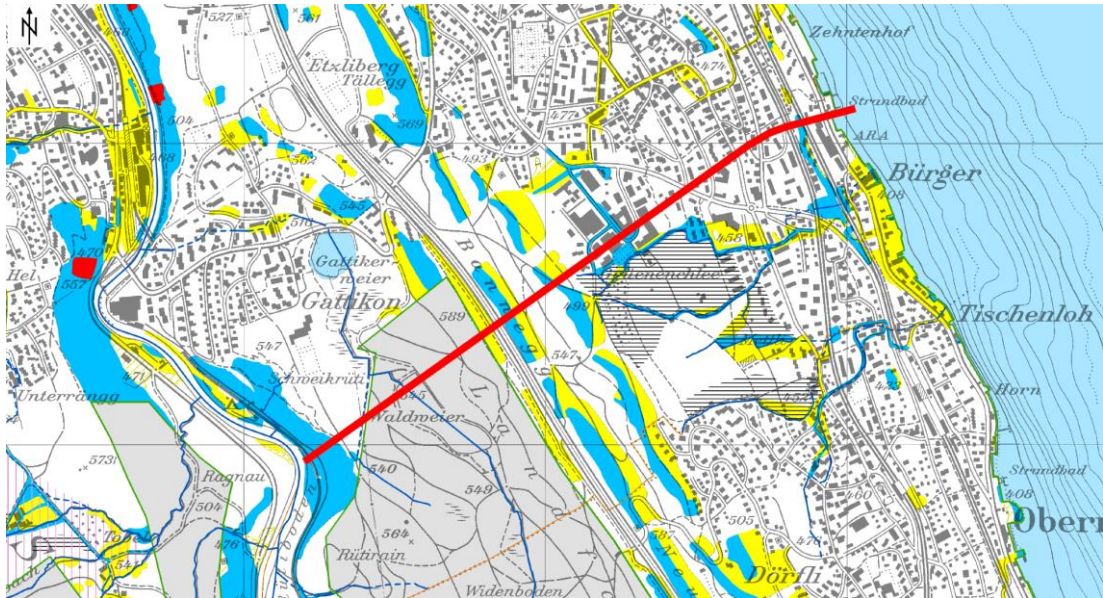


Abbildung 2.2: Gefahrenkarte im Projektgebiet (Quelle: GIS Kanton Zürich maps.zh.ch, Sept. 2018)

2.6 Topographie und Vermessung

2.6.1 Bezugsrahmen

Sämtliche Pläne sind entweder im LV95 aufgebaut oder in diesen Bezugsrahmen überführt worden.

2.6.2 Amtliche Vermessung und Plangrundlagen

Die amtliche Vermessung sowie weitere verwendete Plangrundlagen sind in Tabelle 2.2 zusammengestellt (Werkleitungen siehe 2.7.1).

Tabelle 2.2: Amtliche Vermessung und weitere Plangrundlagen

Typ	Werk / Quelle	Datenformat / Bezugsrahmen	Datum
AV Daten	Geoshop ZH	dxf / LV95	Juni 2016 / Mai 2018
DTM Laserscan	Geoshop ZH freier download	xyz / LV03	Juni 2016
belastete Standorte AL	Geoshop ZH	shp / LV03	Juni 2016
belastete Standorte ÖREB*	Geoshop ZH	shp / LV03	Juni 2016
Erdwärmesonden (Mastersonden und Sonden)	Geoshop ZH	shp / LV03	Juni 2016
BLN-Gebiete	Geoshop ZH	shp / LV03	Juni 2016
GW-Schutzzonen S1-S3 + prov.	Geoshop ZH	shp / LV03	Juni 2016
Quellstränge	Geoshop ZH	shp / LV03	Juni 2016
Pärke nationaler Bedeutung	Geoshop ZH	shp / LV03	Juni 2016
Schutzwald 1. + 2. Priorität	Geoshop ZH	shp / LV03	Juni 2016
Landeskarte 1:25000	Geoshop ZH	tif / LV03	Juni 2016
Orthophotos	Geoshop ZH	tif / LV03	
SBB-Trasse	SBB AG, Infrastruktur Projekte Engineering	prov. Dgn / LV95	Juni 2016
Uetliberg Bahn	Uetliberg Bahn AG	dgn / LV 03	Juni 2016

2.6.3 Ergänzende geodätische Aufnahmen

Die in Tabelle 2.3 zusammengestellten geodätischen Aufnahmen wurden zusätzlich für das Projekt durchgeführt.

Tabelle 2.3: Ergänzende geodätische Aufnahmen

Typ	Werk / Quelle	Datenformat / Bezugsrahmen	Datum
Bathymetrie Zürichsee	ETH Zürich	LV 03	
Gewässersohle Sihl	Meisser Vermessungen AG	dwg / LV95	Okt 2016
Seegrundaufnahmen im Bereich Auslaufbauwerk	AQUA PLUS	LV95	Aug. 2016
Terrestrische Vermessung im Bereich Einlaufbauwerk	Meisser Vermessungen AG	dxf / LV95	Nov. 2017
Terrestrische Vermessung im Bereich Auslaufbauwerk	Meisser Vermessungen AG	dxf / LV95	Nov. 2017

2.7 Umfeld, Bauliche Anlagen

2.7.1 Werkleitungen

Die in Tabelle 2.4 aufgeführten Werkleitungen liegen im Projektperimeter. Die entsprechenden Plangrundlagen wurden bei den Werken beschafft.

Tabelle 2.4: Werkleitungen

Typ	Werk / Quelle	Datenformat / Bezugsrahmen	Datum
Cablecom	Cablex ag, Rautistrasse 33 8047 Zürich	dxs / LV03	Juni 2016
Elektroleitungen	EKZ Elektrizitätswerke des Kantons Zürich	dxs / LV03	Juni 2016
Gasleitungen 5 bar	Energie 360° AG, Zürich	dxs / LV03	Juni 2016
Gasleitungen	Gemeinde Thalwil, DLZ Planung, Bau und Vermes- sung	dxs / LV95	Juni 2016 / März 2018
Abwasser	Gemeinde Thalwil, DLZ Planung, Bau und Vermes- sung	dxs / LV95	Juni 2016 / März 2018
Fernwärme	Gemeinde Thalwil, DLZ Planung, Bau und Vermes- sung EKZ	dxs / LV95	Juni 2016/ Mai 2018
Wasser	Gemeinde Thalwil, DLZ Planung, Bau und Vermes- sung	dxs / LV95	Juni 2016
Lichtsignalanlagen	TBA Thomas Schneider, Fachspezialist Verkehrs- steuerung Walcheplatz 2, 8090 Zürich	dxs / LV03	Juni 2016
Strassenentwässerung	Geoshop ZH	dxs / LV03	Juni 2016
Strassenentwässerung	TBA, ZH	nur pdf	Juni 2016/ Mai 2017
Swisscom	Lines.ZH@swisscom.com	dxs / LV03	Juni 2016
sunrise Kabel	sunrise	Verweis auf TBA	Juni 2016

2.7.2 SZU-Bahnlinie

Die SZU-Bahnlinie verläuft östlich des Einlaufbauwerks zwischen den Bahnhöfen Langnau - Gattikon und Sihlwald. Sie wird im Bereich des Einlaufbauwerks unterquert.

2.7.3 SBB-Bahnhöfen Zürich - Chur und Zürich - Luzern

Die zweispurigen SBB-Bahnhöfen Zürich - Luzern und Zürich - Chur werden vom Entlastungsstollen etwa orthogonal und mit einer Überdeckung von rund 29 m bzw. 15 m kurz vor dem Auslaufbauwerk unterfahren. Die Felsüberdeckung beträgt ca. 24 m bzw. 12 m, wobei der Fels auf den voraussichtlich auf den ersten ca. 5 m verwittert ist. Der Fels ist mit Moränenmaterial und künstlichen Auffüllungen überlagert.

2.7.4 Seestrasse

Mit dem Auslaufbauwerk wird die Seestrasse unterquert, wozu die Strasse während dem Bau umzulegen ist.

2.7.5 Weitere Bauten im Bereich Auslaufbauwerk

Im Bereich des Auslaufbauwerks sind in erster Linie folgende Bauwerke vom Bau des Entlastungsstollens betroffen:

- ARA Thalwil
- Seebad Bürger I
- Doppelgarage auf Parzelle Kat.-Nr. 9762
- Wohnhäuser der private Anrainer auf Parzellen Kat.-Nrn. 8838, 9993 und 9531

Die heutige ARA Thalwil soll zu einer regionalen Anlage, der ARA Zimmerberg, ausgebaut werden. Die ARA grenzt direkt an das geplante Auslaufbauwerk an, weswegen die Projektierung und gegebenenfalls auch die Ausführung eine enge Koordination mit dem Projekt Entlastungsstollen erfordert.

Das Seebad Bürger I ist vor den Bauarbeiten durch den Bauunternehmer abzubauen und fachgerecht zu entsorgen (Asbestbelastung vorhanden).

Die bestehende Doppelgarage auf Parzelle Kat.-Nr. 9762 ist im Laufe der Projektrealisierung abzubauen und fachgerecht zu entsorgen. Die beiden Garagenparkplätze werden während der Bau- und der Betriebsphase ersetzt, siehe Kap. 4.3.6.

Bei den Eigentümern der Parzellen Kat.-Nrn. 8838, 9531 und 9993 sind die jeweiligen Zugänge und/oder Zufahrten zu den Liegenschaften während der Bau- und Betriebsphase zu gewährleisten. Weiter sind während der Bauphase wirkungsvolle Massnahmen zur Reduzierung von Immissionen zu ergreifen.

2.8 Drittprojekte und externe Randbedingungen

2.8.1 Zimmerberg Basistunnel

Der Zimmerberg-Basistunnel besteht aus dem in Betrieb stehenden Zimmerberg-Basistunnel Teil 1 (ZBT I) von Zürich nach Thalwil und dem geplanten südlichen Zimmerberg-Basistunnel Teil 2 (ZBT II) von Thalwil nach Littl nördlich von Zug.

Die Lage des ZBT II bestimmt die vertikale Linienführung des Entlastungsstollens wesentlich. Der Entlastungsstollen ist derzeit für die östlichste Linienführung des ZBT II ausgelegt. Eine weiter westliche Linienführung des ZBT II würde eine hydraulische Optimierung des Entlastungsstollens erlauben.

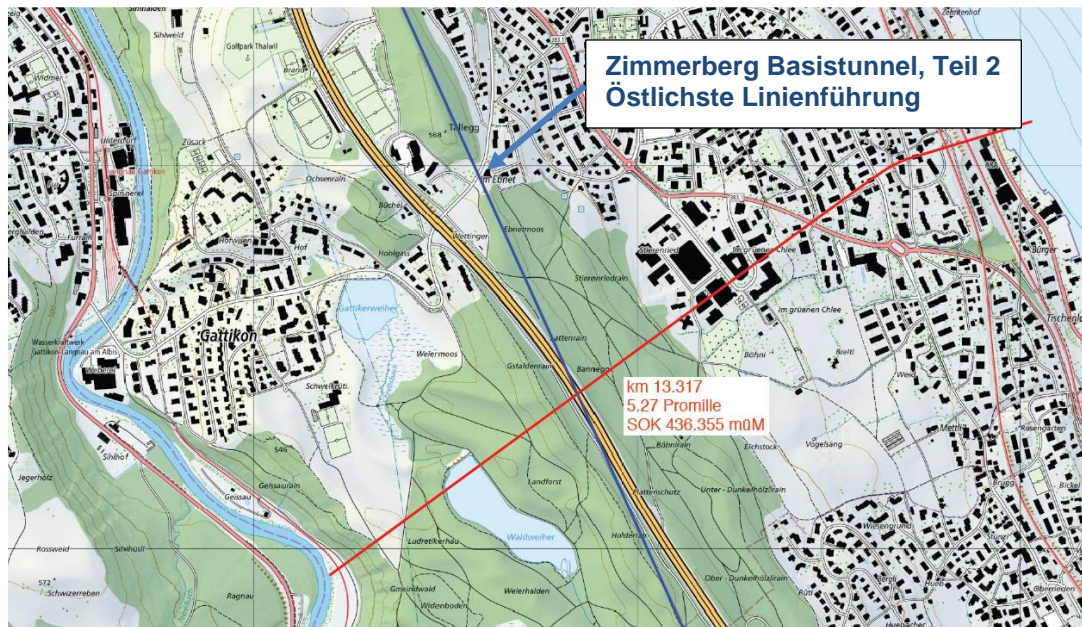


Abbildung 2.3: Östlichste Linienführung des ZBT II und Achse des Entlastungsstollens. Angegeben ist auch die Schienenoberkante (SOK) beim Kreuzungspunkt (Quelle SBB-I-FN, 17.11.2016)

2.8.2 Ausgebaute ARA Zimmerberg

Die heutige ARA Thalwil soll zu einer regionalen Anlage, der ARA Zimmerberg, ausgebaut werden und ab 2027 neben Abwasser aus Oberrieden, Rüschlikon und Thalwil auch das Abwasser der Gemeinde Horgen reinigen. Die ARA Zimmerberg soll dank kompakter Bauweise am heutigen Standort der ARA Thalwil ausgebaut werden. Das Bauprojekt wurde per Ende März 2020 ausgearbeitet. Die Realisierung ist für den Zeitraum 2021 - 2027 vorgesehen, mit Beginn der ersten Etappe («1a – c») im südlichen und mittleren Teil der ARA. Die Bauarbeiten im nördlichen Teil, der unmittelbar an das Auslaufbauwerk angrenzt, sind momentan ab 2024 («Etappe 2») vorgesehen.

Zwischen den Projekten Entlastungstollen und ARA Zimmerberg bestehen gewisse Schnittstellen resp. bauliche Abhängigkeiten aber auch Synergien, wie beispielsweise:

- Die nördliche Aussenwand der ausgebauten ARA Zimmerberg grenzt direkt an die südliche Aussenwand des Auslaufbauwerks. Voraussichtlich wird beim Ausbau der heutigen ARA das Auslaufbauwerk als nördlicher Baugrubenabschluss dienen. Die Bauten sind technisch und zeitlich aufeinander abzustimmen – dies betrifft insbesondere Installationsflächen und/oder Baustellenzugänge.
- Die hangseits zufließende Chapf-Leitung sowie die Zu- und Ableitungen der ARA führen zu räumlichen, bautechnischen und logistischen Schnittstellen mit dem Entlastungstollen. Die entsprechenden Leitungen sind in der Projektierung des Entlastungstollens berücksichtigt, zumal sie während der gesamten Bauphase des Entlastungstollens in Betrieb bleiben müssen.
- Die ausgebaute ARA Zimmerberg sieht einen neuen Anschluss der Fernwärmeleitung an der Westseite des ARA Gebäudes vor. Zwei bestehende Fernwärmeleitungen sowie ein Glasfaserkommunikationskabel sind nördlich an die bestehende ARA angeschlossen. Diese Leitungen müssen im Zuge der Aushubarbeiten für das Auslaufbauwerk umgelegt werden. Deshalb wird an den umgelegten Fernwärmeleitungen ein Anschluss für die ausgebaute ARA-Zimmerberg vorbereitet.

Die Projektierung der ARA Zimmerberg (Ausbau) erfolgt durch die IG Hunziker Betatech Holinger in Zürich und Winterthur. Die Durchführung regelmässiger Sitzungen für die gegenseitige Berücksichtigung und Abstimmung der Planungen wurden zwischen AWEL und Zweckverband ARA Thalwil vereinbart.

2.8.3 Neugestaltung Seeufer Bürger

Das Auslaufbauwerk des Entlastungstollens liegt inmitten des Thalwiler Siedlungskörpers und erfordert bauliche Eingriffe am Seeufer resp. Umgestaltungen des Seeuferbereichs. Die Gemeinde Thalwil plant deshalb die Neugestaltung des Seeufers Bürger bei der die Aufwertung des Seelerlebnisses im Vordergrund steht. Badende und Spaziergänger sollen von einem erweiterten Naherholungsangebot profitieren können. Auch ökologisch soll eine Aufwertung erfolgen, indem ein zusammenhängendes Naturufer entsteht.

Das Projekt sieht u.a. die Erweiterung der Badeanstalt Bürger II im Bereich der heutigen Bootshabe Bürger und des Seebads Bürger I vor. Es ist geplant, die wegfallenden Bootsplätze der Bootshabe Bürger durch die Erweiterung des Hafens Farbsteig in einem separaten Projekt zu ergänzen. Weiter ist ein öffentliches Stegbauwerk über dem Rechteckkanal geplant.

2.8.4 Umgestaltung Seestrasse

Das Tiefbauamt des Kantons Zürich sieht vor, nach Realisierung des Entlastungstollens die Seestrasse umzugestalten und die Fahrbahn zu sanieren. Dazu liegt zurzeit eine Bestvariante vor, die im Bereich des Auslaufbauwerks einen neuen Mehrzweckstreifen vorsieht.

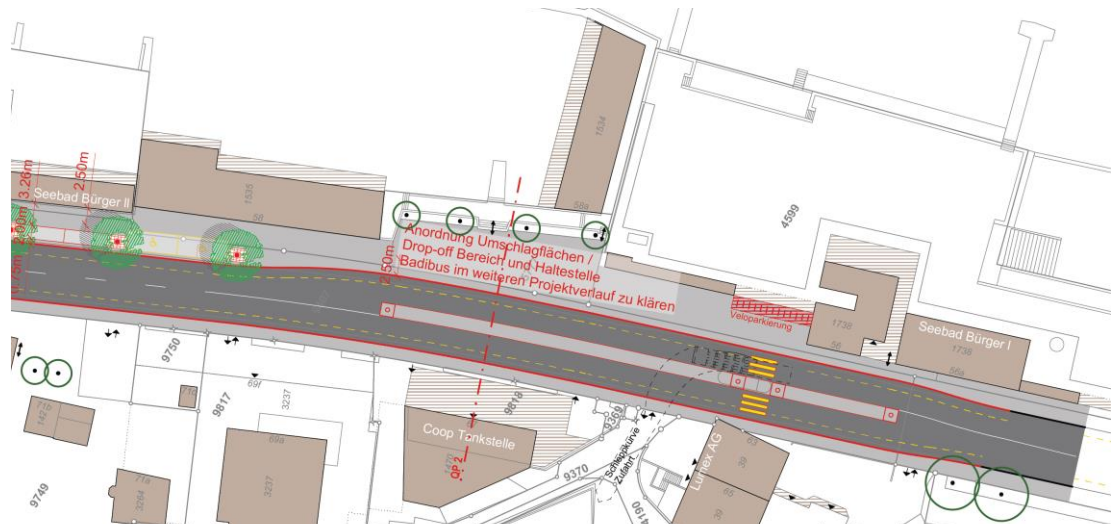


Abbildung 2.4: Ausschnitt aus Bestvariante vom 23.11.2016

2.8.5 Verlegung Chapf-Leitung (Mischwasserleitung)

Die Gemeinde Thalwil beabsichtigt die bestehende Chapf-Leitung (Mischwasserleitung) auf Parzelle Kat.-Nr. 9993 zu verlegen, sodass sie nicht mehr unter dem Wohnhaus hindurch verläuft. Sollte die Chapf-Leitung verlegt werden, ist die zeitgleiche Ausführung mit der Baugrube des Auslaufbauwerks sinnvoll.

2.8.6 Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen

In Sihl und Zürichsee finden in Zusammenhang mit dem Entlastungsstollen bauliche und betriebliche Eingriffe statt. Baulich betrifft dies das Einlauf- sowie das Auslaufbauwerk, welche Uferraum und Flachwasserzone beanspruchen. Die geplanten ökologischen Ersatzmassnahmen in der Sihl in Langnau am Albis führen zu unterschiedlichen Strömungsmustern, Uferstrukturen, mehr Breitenvariabilität und natürlicherer Dynamik. Damit sollen die Habitatbedingungen insbesondere für die aquatische Fauna verbessert und die Ufer naturnaher gestaltet werden. Die Erreichbarkeit des Gewässers für die Bevölkerung soll gewährleistet sowie dessen Erholungsfunktion erhöht werden. Die Ersatzmassnahmen am Zürichsee in Richterswil haben die Bildung von ökologisch wertvollen Flachuferbereichen sowie streckenweise Aufwertungen des Ufers für Erholungssuchende zum Ziel.

3 Projektannahmen

3.1 Hochwasserschutzziele

Mit der Tenncharakteristik des Entlastungsstollens sollen Hochwasserspitzen der Sihl bis zu einem 500-jährlichen Hochwasserereignis (HQ₅₀₀) teilweise in den Zürichsee umgeleitet werden (siehe Tabelle 3.1). Damit können im unteren Sihltal und der Stadt Zürich grössere Hochwasserschäden verhindert werden. Massgeblich dabei ist die Kapazität der Sihl in der Allmend Brunau und der Durchlässe unter dem Hauptbahnhof Zürich.

3.2 Dimensionierungsgrössen

Bei einem HQ₅₀₀ soll der Sihl-Abfluss auf ca. 270 m³/s reduziert werden (siehe Abbildung 3.1). Aufgrund von Zuflüssen aus Seitengewässern kann der Sihl-Abfluss bis in die Stadt Zürich auf rund 300 m³/s ansteigen. Ab einem Sihl-Abfluss von etwa 300 m³/s ist in der Stadt Zürich

mit Schäden zu rechnen. Daher sind an einzelnen Stellen der Sihl zur Erhöhung des Freibordes Massnahmen zu ergreifen – insbesondere im Bereich Allmend Brunau¹.

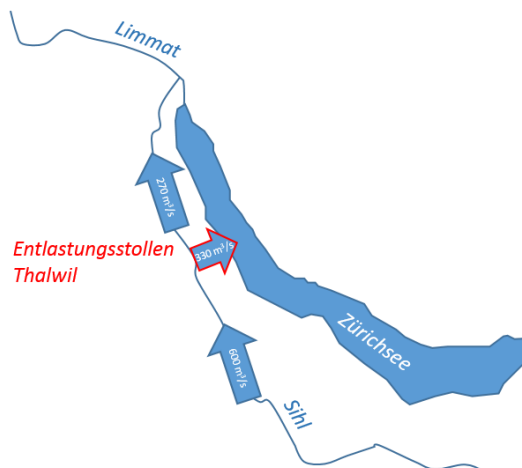


Abbildung 3.1: Abflussaufteilung im Dimensionierungsfall

Tabelle 3.1: Abflussaufteilung relevanter Hochwasserereignisse

	Zufluss Sihl [m³/s]	Entlastung in den Zürichsee [m³/s]	Restabfluss in der Sihl [m³/s]
HQ ₃₀	320	–50-70	–250-270
HQ ₁₀₀	430	240 - 245	185 – 190*
HQ ₃₀₀	540	ca. 315	ca. 225*
HQ ₅₀₀ = Q _{Dim}	600	ca. 330	ca. 270
EHQ	ca. 700	ca. 340	ca. 360
Überlastkapazität Stollen		ca. 400	

*Bei ansteigendem Hochwasser werden dennoch 270 m³/s erreicht. Die Werte beziehen sich auf die Abflussaufteilung beim Erreichen des Hochwasserspitzenabflusses.

Der Ansprungpunkt des Entlastungsstollens liegt bei Ereignissen von voraussichtlich > HQ₂₀ und wurde so gewählt, dass die morphologische Dynamik der Sihl unterhalb des Einlaufbauwerks erhalten und dadurch die Speisung des Grundwassers durch die Sihl auch zukünftig gewährleistet bleibt.

3.3 Konzeption und Funktionsweise

Die Ausleitung von Hochwasserspitzen in den Zürichsee erfolgt mit einer regulierten Seiteneinleitung (Schlauchwehren). Mit dem Einlaufbauwerk wird der Zufluss in den Entlastungsstollen kontrolliert. Das Einlaufbauwerk ist so dimensioniert, dass der Abfluss beschleunigt wird, so dass im Entlastungsstollen schiessender Freispiegelabfluss herrscht. Beim Auslaufbauwerk erfolgt die Energiedissipation in einer Toskammer. Anschliessend fliesst das Wasser im Rechteckkanal unter der Seestrasse und der Parzelle des Seebads Bürger I hindurch und mündet mit geringer Fliessgeschwindigkeit und genügend Abstand zum Ufer in den Zürichsee (Abbildung 3.2).

¹Ein Abfluss von 300 m³/s fliesst unter dem Hauptbahnhof mit einem Freibord von rund 80 cm ab, was tolerierbar ist. 270 m³/s können mit einem Freibord von 1.0 m abgeführt werden.

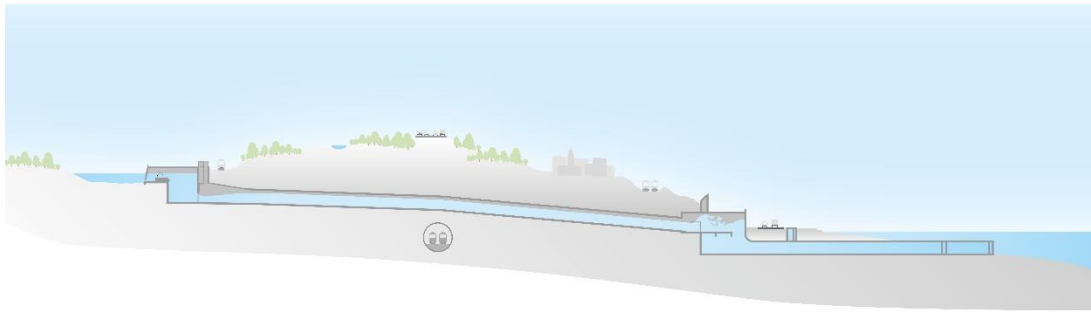
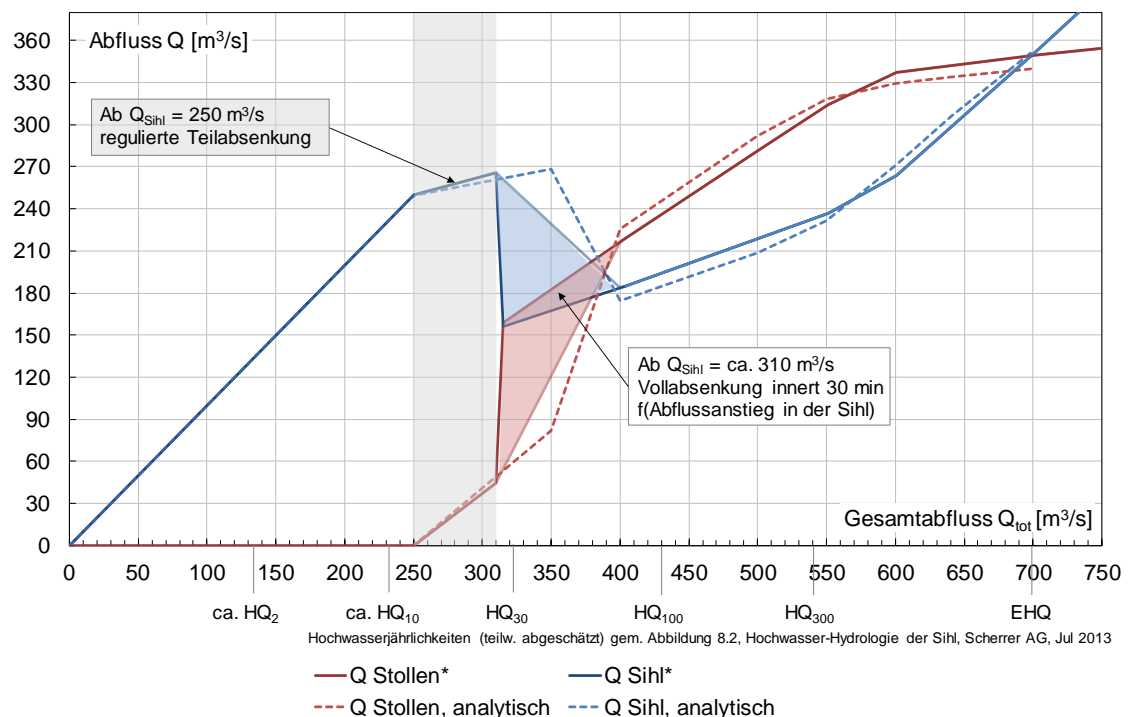


Abbildung 3.2: Schematischer Längsschnitt durch den Entlastungsstollen mit Ein- und Auslaufbauwerk

Projektziele Das Einlaufbauwerk ist so ausgelegt, dass mittlere Hochwässer in der Sihl bis zu einem Abfluss von rund $Q_{Sihl} = 250 \text{ m}^3/\text{s}$ abfliessen und keine Hochwasserausleitung stattfindet. In diesem Fall bleiben die Schlauchwehre gefüllt. Mit diesem möglichst späten Ansprungpunkt soll die Sihl unterhalb des Entlastungsstollens mit Hochwasserabflüssen belastet werden, so dass die hydromorphologischen Prozesse auch bei der Umleitung extremer Hochwasserspitzen erhalten bleiben.

Trotzdem muss der Ansprungsabfluss des Einlaufbauwerks so gewählt sein, dass extreme Hochwasserspitzen in den Entlastungsstollen abgeleitet werden. Die erforderliche Kapazität wird durch Entleerung resp. Ablegen der Schlauchwehre erreicht, so dass bei einem Bemessungsabfluss von $Q_{Sihl} = 600 \text{ m}^3/\text{s}$ rund $Q_{Entl.} = 330 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Entlastungsstollen abfliessen.

Diese beiden Anforderungen bestimmen zum einen die Schwellenhöhe und die Schwellenlänge des Einlaufbauwerks sowie auch die Höhe der Schlauchwehre und ergeben ein Bauwerk, welches die in Abbildung 3.3 illustrierte Trenncharakteristik aufweist.



* Trenncharakteristik aus Resultaten Modellversuchen VAW bei Teil- und Vollabsenkung Schlauchwehr, mit zusätzlich eingefügtem Übergangsbereich ab $Q_{Sihl} = 310 \text{ m}^3/\text{s}$ bis Vollabsenkung bei $Q_{Sihl} = 330 \text{ m}^3/\text{s}$, resp. $Q_{Sihl} = 400 \text{ m}^3/\text{s}$

Abbildung 3.3: Trenncharakteristik des Einlaufbauwerks mit reguliertem Wehr, Entlastungslänge $L = 80 \text{ m}$, feste Überfallkante auf 471.50 m ü.M. (analytische Rechnung, Resultate aus den physikalischen Modellversuchen VAW, ergänzt mit Übergangsbereich zwischen Teil- und Vollabsenkung).

Um den Geschiebetrieb in der Sihl aufrecht zu erhalten und nach Anspringen der Entlastung keinen Sprung in der Trenncharakteristik zu erhalten, wurde basierend auf den analytischen Berechnungen empfohlen, das Schlauchwehr nach Erreichen eines Sihl-Abflusses von $Q_{Sihl} = 250 \text{ m}^3/\text{s}$ in einem regulierten Zustand bis zu einer maximalen Absenkung von -0.50 m bei einem Sihl-Abfluss von $Q_{Sihl} = 350 \text{ m}^3/\text{s}$ zu betreiben und den Schlauch danach komplett zu entleeren. Die Modellversuche an der VAW bestätigen die Trenncharakteristik bei Vollöffnung sowie die Entlastungskapazität von $Q_{Entl.} = 330 \text{ m}^3/\text{s}$ bei $Q_{Sihl} = 600 \text{ m}^3/\text{s}$. Sie zeigen aber auch auf, dass die analytischen Berechnungen bei Teilöffnung eher zu günstige Resultate liefert und bei teilabgesenktem Wehr bei $Q_{Sihl} = 350 \text{ m}^3/\text{s}$ lediglich $Q_{Entl.} = 70 \text{ m}^3/\text{s}$ entlastet werden. Entsprechend wurde der Zeitpunkt der kompletten Entleerung des Schlauchs optimiert. Unter Berücksichtigung der erforderlichen Entleerungszeit der Schlauchwehre von ca. 30 Minuten ist ein gedämpfter Übergang vom teilgefüllten zum komplett entleerten Schlauch (ab einem Sihlabfluss von ca. $Q_{Sihl} = 310 \text{ m}^3/\text{s}$) und damit eine kontinuierliche Zunahme des Entlastungsabflusses zu erwarten (blau/rot-schraffierte Fläche in Abbildung 3.3).

3.4 Ökologie

Bereich Umwelt

Mit dem Projekt Entlastungsstollen Thalwil werden schützenswerte Lebensräume beeinträchtigt. Aufgrund der baulichen Eingriffe und den Auswirkungen des Betriebs in Sihl und im Zürichsee sind gemäss NHG neben geeigneten Schutzmassnahmen auch Ersatzmassnahmen erforderlich.

Es sollen ökologische Ersatzmassnahmen an einem rund 1.5 km langen Sihlabschnitt in Langnau am Albis und am Gontenbach (Grenzbach zwischen Langnau a.A. und Adliswil) umgesetzt werden. Weiter soll eine ökologische Ersatzmassnahme am Zürichseeufer in Richterswil – zwischen Seebad und Kantonsgrenze – auf einer Länge von ca. 220 m durchgeführt werden.

Zur Minimierung der betrieblichen Auswirkungen durch den Entlastungsstollen wurde das Projekt soweit optimiert, dass der Geschiebehalt und die Habitatsstrukturen der Sihl hat und auch die Alimentation der Grundwasserträger möglichst nicht zusätzlich beeinträchtigt wird. Weiter wird mit der Ausgestaltung des Auslaufbauwerks verfolgt, dass der Zürichsee und insbesondere die Trinkwasserfassungen durch die Einleitung von trübem Sihl-Wasser nicht nachhaltig beeinträchtigt werden.

Bereich Landschaft

Mit der ökologischen Ersatzmassnahme an der Sihl sollen die Natur in den Siedlungsraum eingebunden und das Landschaftsbild belebt werden. Ebenfalls sollen die Zugänglichkeit und auch die Erholungsnutzung entlang des Sihlufers punktuell verbessert werden.

Von der ökologischen Ersatzmassnahme in Richterswil ist die Umgebungszone V des ISOS-Objekts Richterswil betroffen. Durch eine ruhige und einheitliche Gestaltung und die Neupflanzung einer Baumreihe, soll das Ortsbild eine grösstmögliche Schonung erfahren.

4 Massnahmenplanung und Projektbeschreibung

4.1 Einlaufbauwerk

Die Hochwasserentlastung an der Sihl erfolgt mittels regulierter Seitenentnahme in Form eines Seitenwehrs mit aufgesetztem, luftgefülltem Schlauchwehr. Durch die Schaffung einer ausgeprägten Kurvensituation und die Anordnung des Einlaufbauwerks am Ende der Kurvenaussenseite, kann die Sekundärströmung bestmöglich genutzt werden um den Bereich vor dem Einlaufbauwerk geschiebefrei zu halten.

4.1.1 Übersicht Anlagenteile

Das Einlaufbauwerk kommt unterhalb des realisierten Schwemmholzrechens in der Sihl zu liegen. Die Wasserentnahme erfolgt entlang des rechten Sihlufers mit einem Seitenüberfall. Der Seitenüberfall besteht aus einem festen Wehrrücken mit zwei je ca. 40 m langen Wehrfeldern. Beide Wehrfelder weisen ein aufgesetztes, luftgefülltes Schlauchwehr auf.

Wenn Wasser aus der Sihl ausgeleitet wird fliesst es über den Wehrrücken bzw. die Schlauchwehre (Überfall) in ein trichterförmiges Sammelbecken und anschliessend durch eine Drosselblende in den Entlastungsstollen. Hinter der Drosselblende ist ein Revisions- und Sicherheitsorgan (Schütz) eingebaut, das erlaubt, den Entlastungsstollen gegen das Oberwasser resp. die Sihl abzuschotten.

Damit der Eintrag von Schwemmholz und/oder Geschwemmsel in den Entlastungsstollen reduziert werden kann, ist das Einlaufbauwerk mit einer Tauchwand und einem Grobrechen ausgerüstet. Das komplette Bauwerk ist in die rechtsufrige Böschung eingebunden und mit einer Betondecke abgeschlossen.

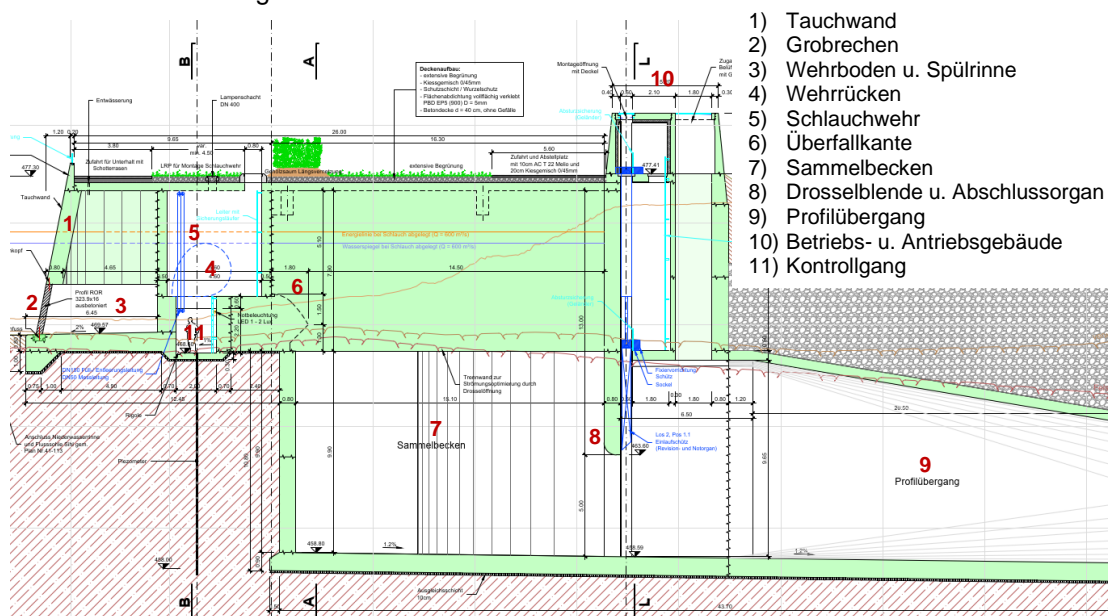


Abbildung 4.1: Längsschnitt durch das Einlaufbauwerk mit den wesentlichen Anlagenteilen

Die Seitenentnahme mit den aufgesetzten Schlauchwehren ist so bemessen, dass bei mittleren Hochwasserabflüssen der Sihl bis zu einem Abfluss von rund $Q_{Sihl} = 250 \text{ m}^3/\text{s}$ keine Entlastung stattfindet. Bei Hochwasserabflüssen $Q_{Sihl} > 250 \text{ m}^3/\text{s}$ (Anspringpunkt) beginnt die teilweise Ausleitung von Hochwasserspitzen in den Entlastungsstollen. Durch Ablegen der Schlauchwehre kann beim Bemessungsabfluss von $Q_{Sihl} = 600 \text{ m}^3/\text{s}$ rund $Q_{Entl.} = 330 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Entlastungsstollen eingeleitet werden (vgl. Abschnitt 3.3). Diese Anforderung definiert die Höhe und Länge des Wehrrückens und auch die Höhe der Schlauchwehre.

Damit im Anströmbereich des Einlaufbauwerks möglichst optimale Strömungsbedingungen herrschen, ist unterhalb des Bauwerks eine Kontrollschwelle in der Sihlsohle geplant. Weiter

wurde das Einlaufbauwerk so ausgebildet, dass möglichst alles Geschiebe in der Sihl weitertransportiert wird und der Eintrag von Schwemmgut soweit verhindert werden kann, dass sich keine Verkläusung im Entlastungsstollen bilden können.

4.1.2 Kontrollschwelle und Anpassung Sihl-Gerinne

Mit der Kontrollschwelle (Sohlschwelle) wird der Abfluss in der Sihl im Bereich des Einlaufbauwerks aufgestaut und dadurch eine optimale Anströmung und Überfallleistung erreicht.

4.1.2.1 Anpassung Sihl-Gerinne

Im Rahmen der physikalischen Modellversuche zum Einlaufbauwerk des Hochwasserentlastungsstollens (VAW 4293/2, Dez. 2013) wurde neben der Lage, Abmessung und Ausgestaltung des Einlaufbauwerks auch die Gerinnegeometrie der Sihl sowie die Sohlenstabilität im Bereich des Einlaufbauwerks untersucht und optimiert. Aus den Modellversuchen gehen folgende relevanten Erkenntnisse hervor (siehe Kapitel 1):

- Neue Linienführung Flusslauf Sihl im Bereich des Einlaufbauwerks: Verlegung Linkskurve flussaufwärts (Einlaufbauwerk am Ende der Kurve zur optimalen Nutzung der Sekundärströmung)
- Verengung Abflussquerschnitt von rund 40 m oberhalb Einlaufbauwerk auf minimal 15 m am unteren Rand der Ausleitung
- Ausgestaltung linkes Ufer mit einer durchgehenden Böschungsneigung von 1:2
- Praktisch kein Geschiebeeintrag in Entlastungsstollen. An der Aussenkurve Kolk bzw. Erosion bis auf Molassefels. Geschiebeablagerung oberhalb im Bereich Aufweitung Schwemmholzrechen und unterhalb Schwelle nach Einlaufbauwerk

Aus den hydraulischen 2D-Modellierungen gehen folgende Erkenntnisse bezüglich Ausgestaltung des Sihl-Gerinnes hervor:

- Sohl-Fixpunkt (Kontrollquerschnitt) am unteren Ende des Einlaufbauwerks auf Höhe 470.15 m ü.M. (anstelle 470.05 m ü.M.)
- Geringe Querneigung Sihl-Gerinne

Der physikalische Modellversuch zum regulierten Einlaufbauwerk zeigt, dass die hydraulische Funktion des Bauwerks gegeben ist.

4.1.2.2 Strukturierung Sihl-Gerinne

Die Sohle der Sihl soll oberhalb und unterhalb des Einlaufbauwerks mit Strukturelementen zur Strömungslenkung (Trichterbuhnen, Störsteine) und Totholz strukturiert werden. Die Gerinnestrukturierung beschränkt sich oberhalb des Einlaufbauwerks auf den Abschnitt zwischen Schwemmholzrechen und Beginn der Uferbefestigung des Einlaufbauwerks. Im Bereich des Einlaufbauwerks steht das optimale Funktionieren der Seitenentnahme im Vordergrund, weswegen auf eine Strukturierung in diesem Gerinnebereich verzichtet werden muss. Im Gerinne unterhalb der Sohlschwellen sollen weitere Strukturierungsmassnahmen vorgesehen werden.

4.1.2.3 Kontrollschwelle

Der zur Sicherstellung der Funktionalität bzw. Entlastungsleistung wird eine Kontrollschwelle (Sohlschwelle) aus Blocksteinen realisiert. Die hydraulisch wirksame Oberkante der Sohlschwelle liegt auf 470.15 m ü.M. Die Sohlschwelle überragt die aktuelle Sohlenlage der Sihl nur um ca. 0.45 m (mittlere Sohlenkote gemäss Vermessung 2016: 469.70 m ü.M.). Die Blocksteine werden in den gesunden Molassefels eingebunden. Der Aufbau der Schwelle erfolgt mit Riegelsteinen mit einem Blockgewicht von rund 3.5 - 4.5 t (ca. 1.6 m Vertikalachse), welche kraftschlüssig in die gefräste Sohle gesetzt und mit einer Mindest-Einbindetiefe von 0.8 m in den Felsen einbetoniert werden. Für den Betonverbund werden zudem Bewehrungsstäbe von 3.0 m Länge in den Molassefels verankert (Einbindetiefe der Anker beträgt ca. 2.0 m). Die Sohlschwelle wird beidseitig in den Hinterbeton vom Uferverbau eingebunden (linksufrig Uferblocksatz, rechtsufrig Flügelmauer).

Die Abflüsse grosser Hochwasserereignisse führen unterhalb der Kontrollschwelle zu Auskolkungen, wodurch sich das Längsgefälle bei Niederwasser erhöht. Zur Abflachung des

Längsgefälles ist 10 m flussabwärts der Kontrollschwelle eine zweite Blockschwelle vorgesehen. Die Konstruktionsweise erfolgt analog zur oberen Kontroll- resp. Sohlschwelle. Die Oberkante der zweiten Sohlschwelle liegt auf rund 469.90 m ü.M.

Unterhalb der zweiten Sohlschwelle wird für eine bessere Energieumwandlung ein Kolk ausgebildet, welcher teils in den anstehenden Felsen gefräst werden muss. Der Kolk ist mehrheitlich mit Geschiebe verfüllt.

4.1.2.4 Sohlen- und Ufersicherung

Die Sohle der Sihl verläuft im Bereich des Einlaufbauwerks weitgehend nahe dem Molassefels, teils ist der Fels sogar anstehend. Im Rahmen von Sondierbohrungen und Baggerschlitzsondierungen am linken und rechten Sihlufer wurde der Molassefels durchgängig ca. 0.5 m bis maximal 2.0 m unterhalb der mittleren Sihlsohle aufgeschlossen. Deswegen sind, abgesehen von den Sohlswellen (Abschnitt 4.1.2.3), im Projektperimeter keine weiteren Sohlensicherungen notwendig.

Um die angestrebte Entlastungsleistung sicherzustellen, muss der Abflussquerschnitt im Bereich des Einlaufbauwerks, und insbesondere bei der Kontrollschwelle, auch während grossen Hochwasserereignissen erhalten bleiben. Deshalb sind die Ufer erosionssicher ausgestaltet. Linksufrig wird der Uferverbau durchgehend mit einem Blocksatz-/Blockwurf mit einer Böschungsneigung von 1:2 ausgebildet. Die Blöcke werden weitgehend mit einer Vorschüttung aus Sohlenmaterial überdeckt. Im oberen Bereich wird der einlagig verlegte Blockwurf mit Aushubmaterial überschüttet, was einer Spontanbegrünung Platz bietet. Der obere Böschungsbereich wird mit standortgerechtem Ufergehölz bepflanzt. Sichtbar als Blocksatz sind die Blöcke voraussichtlich nur temporär linksufrig im letzten Bereich der Gerinneverengung von 40 m auf 15 m (Bereich Sohlswellen), da hier im Hochwasserfall besonders grosse hydraulische Belastungen auf den Uferverbau wirken und die Überdeckung teils umgelagert werden kann. Durch einen formwilden Versatz der Blöcke bleibt das Ufer auch in diesem Fall gut strukturiert.

Auf der rechten Uferseite wird der Übergang von der betonierten Flügelmauer des Einlaufbauwerks zur flacheren Uferböschung mit einer hinterbetonierten Quarzsandsteinmauer erstellt. Die Quarzsandsteinmauer hat anfänglich eine Neigung von 5:1 und wird über eine Länge von rund 33 m sukzessive auf eine Neigung von 2:3 abgeflacht. Anschliessend wird die Ufersicherung mit einem auf einer Filterschicht erstellten Blockwurf fortgeführt. Die Neigung des Blockwurfes wird Richtung Oberwasser auf 1:2 angepasst (siehe Abbildung 4.2).



Abbildung 4.2: Gestaltung Einlaufbauwerk, Bereich Böschungsübergang, Blick in Fließrichtung (E. Imhof, 2018)

Oberhalb des Verengungsbereichs (Kontrollschwelle) soll der beidseitige Blockwurf mit Fussblöcken von rund 1.5 t/Block erstellt werden. Über den Fussblöcken und bis rund 0.6 m unterhalb des Wasserspiegels bei Q_{Dim} ist der Blocksatz mit kleineren Blöcken von rund 0.5 - 0.8 t/Block fortzusetzen. Die Blöcke werden auch im Bereich, wo der Blocksatz im Fels eingebunden ist, auf einer Filterschicht versetzt. Die Filterschicht wird basierend auf der Korngrößenverteilung der Sihl mit $d_m = 10 - 12$ cm gewählt.

Rund 30 m oberhalb der Sohlschwelle bis zum Kolkbereich unterhalb der Sohlswellen nimmt die hydraulische Belastung auf den Uferverbau resp. Blocksatz zu. In diesem Abschnitt sollen die Blockgewichte der Fussblöcke 2.5 t/Block betragen. Anschliessend soll der Blocksatz bis 1.0 m über die mittlere Sihl-Sohle mit 1.5 t/Block schweren Blöcken und bis zum Wasserspiegel Q_{Dim} mit rund 0.5 - 0.8 t/Block schweren Blöcken ausgeführt werden. Im Bereich der Sohlswellen wird der Blocksatz im Fussbereich in Hinterbeton ausgeführt.

Bei anstehender Molasse sollen die Fussblöcke mindestens 0.8 m im Fels eingebunden sein. Wenn der Fels tiefer liegt, sind die Fussblöcke des Uferblocksatzes mindestens 2 m ins kiesige Sohlenmaterial zu fundieren.

Unterhalb des Einlaufbauwerkes fließt rechtsufrig der Schweikrütibach in die Sihl. Die Ufermauern im Einlaufbereich werden zusätzlich mit einem Blocksatz gesichert, da die Fundationstiefen der Mauern unbekannt sind.

Unterhalb der Einmündung des Schweikrütibachs liegt der Campingplatz Geissau. In diesem Bereich wird 2.5 m ab Böschungsoberkante eine Beobachtungslinie und 5.0 m ab Böschungsoberkante eine Interventionslinie definiert. Erreicht das Gerinne durch Seitenerosion die Beurteilungslinie, erfolgt eine Beurteilung, ob Massnahmen zu ergreifen sind oder ob sich die Sihl weiterentfalten darf. Erreicht das Gerinne die Interventionslinie, werden wasserbauliche Massnahmen ergriffen.

4.1.2.5 Niederwasserrinne

Zur Sicherstellung der Fischgängigkeit bei Niederwasser, wird in beiden Sohlsschwellen jeweils 1 Wanderkorridor (Schlitz) ausgestaltet. Im Bereich des Wanderkorridors werden flachere Blöcke versetzt, sodass die Oberkante der Blocksteine im Vergleich zur übrigen Schwelle rund 0.8 m - 1.20 m tiefer liegt. Dadurch wird im Wanderkorridor ganzjährig eine minimale Abflusstiefe sichergestellt (bei Niederwasser $Q_{347} = 2.7 \text{ m}^3/\text{s}$: mind. 0.7 m).

Entlang des Einlaufbauwerkes wird eine Niederwasserrinne mit einer Tiefe von ca. 35 - 50 cm (gegenüber betoniertem Vorboden) und einer Breite von ca. 4 - 5 m erstellt. Hierdurch wird sichergestellt, dass der Abfluss bei Niederwasser nicht über den betonierten Vorboden des Einlaufbauwerkes, sondern in einer naturnahen Niederwasserrinne abfließt. Wo die Niederwasserrinne im Fels verläuft und daher mit dem Abbauhammer ausgebrochen werden muss, erfolgt der Aushub grob bzw. rau, damit sich die Zwischenräume mit Kies verfüllen können. Der Übergang von der Niederwasserrinne zum Vorboden des Einlaufbauwerkes wird mit einer Reihe von Blöcken in Hinterbeton ausgestaltet (vgl. Plan 41-113).

4.1.2.6 Initialschüttung Verlandungskörper

Die VAW hat umfassende Versuche zur Geschiebedurchgängigkeit im Bereich des geplanten Einlaufbauwerkes durchgeführt. Aus diesen Versuchsergebnissen kann geschlossen werden, dass eine angepasste Gerinnegeometrie, d.h. eine Ausgangssohle mit geschütteten Verlandungskörpern (Initialschüttungen), die Geschiebedurchgängigkeit am Einlaufbauwerk wesentlich verbessert, ohne dass sich diese Vorschüttungen nachteilig auf die Entlastungsleistung und damit auf die Hochwassersicherheit auswirken.

Mithilfe der Gerinnebeschaffenheit nach Durchgang eines HQ_{500} bei Versuchsende wurden zwei Vorschüttungen im Sihlgerinne modelliert und ins Projekt integriert.

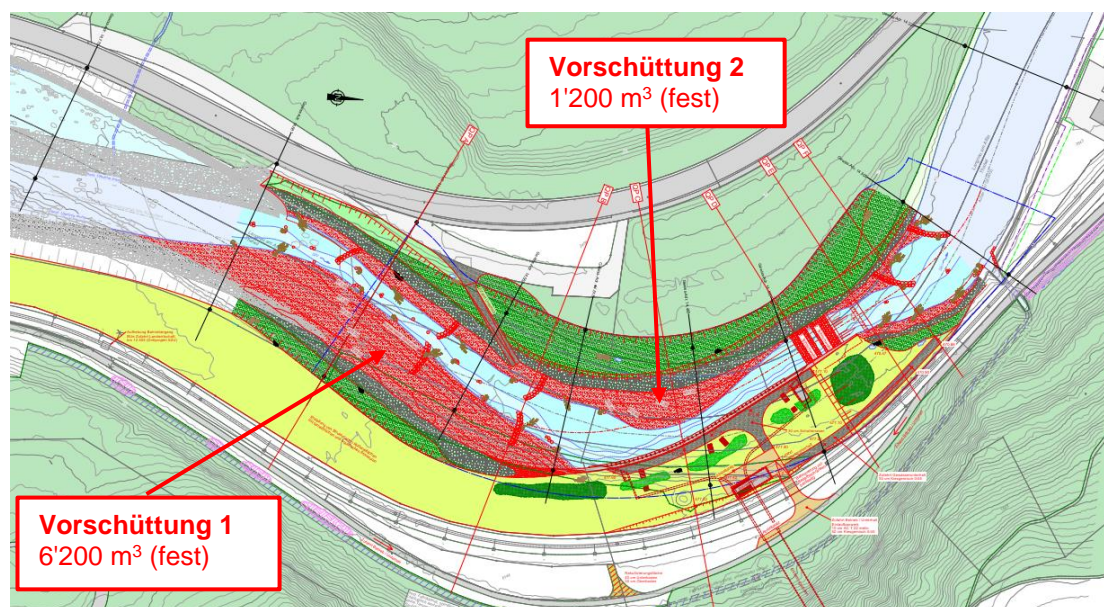


Abbildung 4.3: Situation mit den zwei Vorschüttungen im Bereich des Einlaufbauwerkes.

Die Kubaturen belaufen sich auf ca. 6'200 m³ (fest) für die rechtsufrige **Vorschüttung 1** und ca. 1'200 m³ (fest) für die linksufrige **Vorschüttung 2**. Insgesamt wird somit ca. 7'300 m³ (fest) Material benötigt.

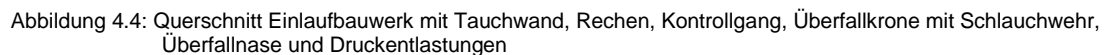
4.1.3 Tauchwand und Grobrechen

Die Gesamtlänge des Einlaufbereiches beträgt rund 100 m, mit einer zum oberwasserseitigen Terrain anschliessenden Stützmauer zur Anbindung an die bestehende rechtsufrige Böschung. Das Einlaufbauwerk weist eine Tauchwand auf, mit der zum einen der Eintrag von Schwemmholz verhindert und zum andern die Anströmungsbedingungen im Bereich des Entlastungsbauwerks verbessert werden. Wie die hydraulische Versuchsreihe an der VAW (2013) zeigte, nimmt die Entlastungskapazität mit einer Tauchwand im Vergleich zum Versuch ohne Tauchwand nur geringfügig um 4 % ab. In den Modellversuchen zeigte sich weiter, dass ohne Tauchwand am oberen und unteren Ende des Einlaufbauwerks starke Wellen auftreten, die mit der Tauchwand minimiert werden können. Die Unterkante der Tauchwand liegt konstant 0.5 m oberhalb des festen Wehrrückens. Damit ist gewährleistet, dass die Tauchwand bei funktionierender Entlastung stets eingetaucht bleibt. Die lichte Höhe zwischen vorgelagertem Wehrboden und UK Tauchwand beträgt $H = 2.50$ m.

Zur Abweisung von Schwemmholz und anderem Treibgut wird das Einlaufbauwerk d.h. der Einlaufquerschnitt mit einem Grobrechen ausgerüstet. Der lichte Stababstand beträgt 2 m und ist deutlich kleiner als die nachfolgenden Querschnitte des Entlastungsstollens. Hiermit kann gewährleistet werden, dass eingetragene Schwemmholzstücke keine Verklausungen im Entlastungsstollen hervorrufen. Wenn der Grobrechen mit Schwemmholz verlegt werden sollte, nimmt die Kapazität des Wehrrüberfalls ab. Da jedoch nicht der Wehrrüberfall, sondern die Drosselblende das abflusslimitierende Element darstellt, kann das Einlaufbauwerk seine Funktion auch bei einer Teilverlegung des Grobrechens von 10 % eine ausreichende Entlastungskapazität sicherstellen.

Bei einer Bauwerkslänge von total 100 m (Länge des durchströmbaren Rechenquerschnitts) beträgt der Einlaufquerschnitt rund 250 m², womit die mittlere Strömungsgeschwindigkeit bei $Q_{dim.} = 330$ m³/s knapp $v = 1.4$ m/s beträgt. Dies ist hinsichtlich des grossen Rechenstababstands und der relativ geringen Anzahl Rechenstäbe ein akzeptabler Wert, der jedoch hinsichtlich Schwemmholzeintrag nicht weiter erhöht werden sollte.

Es ist zu erwarten, dass die grösste Menge an Schwemmgut mit der ansteigenden Hochwasserwelle und während der Hochwasserspitze transportiert wird. In dieser Phase sollte der Schwemmholzurückhalt wirken und einen Grossteil des Schwemmholzes zurückhalten. Damit ist das Restrisiko von Schwemmguteintrag relativ gering.



Der Wehrrücken ist in zwei ca. 40 m lange Wehrfelder unterteilt und werden durch einen strömungsrichtenden Mittelpfeiler getrennt. Die Wehrfelder sollen mit aufgesetzten Schlauchwehren ausgerüstet werden. Die Schlauchwehre machen einen relativ breiten Wehrrücken erforderlich, da die Schlauchwehre im leerem Zustand horizontal auf Wehrrücken liegen. In diesem Fall entspricht der Wehrrücken aus hydraulischer Sicht einem breitkronigen Wehr. Die Überfallkote beider Wehrfelder liegt bei entleerten Schlauchwehren auf 471.50 m ü.M. und bei vollgefüllten Schlauchwehren auf 474.00 m ü.M.

Die Überfallnase ist so ausgebildet, dass der Wasserstrahl je nach Abfluss frei oder eingestaut ins Sammelbecken eintauchen kann. Eine Strahlbelüftung ist nicht vorgesehen, da sich ein freier Strahl lediglich bei kleinen Wassermengen ausbildet und ein allfälliges Ansaugen von Luft als unproblematisch beurteilt wird. Bei grossen Abflüssen ist das Sammelbecken eingestaut und der Strahl somit eingetaucht. Dies führt ab einem gewissen Pegel zu einem unvollkommenen Überfall und reduziert die Abflusskapazität.

Die beiden luftgefüllten Schlauchwehre haben eine Länge von jeweils rund 40 m und eine Höhe von 2.50 m. Wenn die Schlauchwehre vollgefüllt sind wird gewährleistet, dass bis zu

einem Sihl-Abfluss von $250 \text{ m}^3/\text{s}$ kein Wasser aus der Sihl in den Entlastungsstollen eingeleitet wird. Für das Schlauchwehrsystem sollen drei Betriebszustände möglich sein:

- 1) Vollgefüllte Schlauchwehre (Regelbetrieb, $Q < 250 \text{ m}^3/\text{s}$), mit konstantem Innendruck und Schlauchkrone auf 474.00 m ü.M.
- 2) Teilentleerte Schlauchwehre (Hochwasserfall, $Q > 250 \text{ m}^3/\text{s}$), die Schlauchwehrhöhe wird um bis zu 20 % resp. 0.50 m reduziert
- 3) Komplette Entleerung der Schlauchwehre (Hochwasserfall, $Q > 310 \text{ m}^3/\text{s}$).

Für beide Schlauchwehre ist je eine unabhängige redundante und netzunabhängige Regel- und Steuereinrichtung vorgesehen. Die Druckluftleitungen können vom Betriebsraum durch die Decke und den Mittelpfeiler in den Kontrollgang zu den Wehrschläuchen geführt werden. Um bei einem raschen Abflussanstieg (siehe Abschnitt 2.2.4) die Schläuche genügend rasch ablegen zu können, müssen diese in 50 - 60 Minuten vollständig entleert werden können. Die Entleerungsleitungen sowie die verschiedenen Ventile und Öffnungen werden so ausgelegt, dass ein vollständiges Ablegen bzw. Entleeren der Schläuche in 30 Minuten möglich ist.

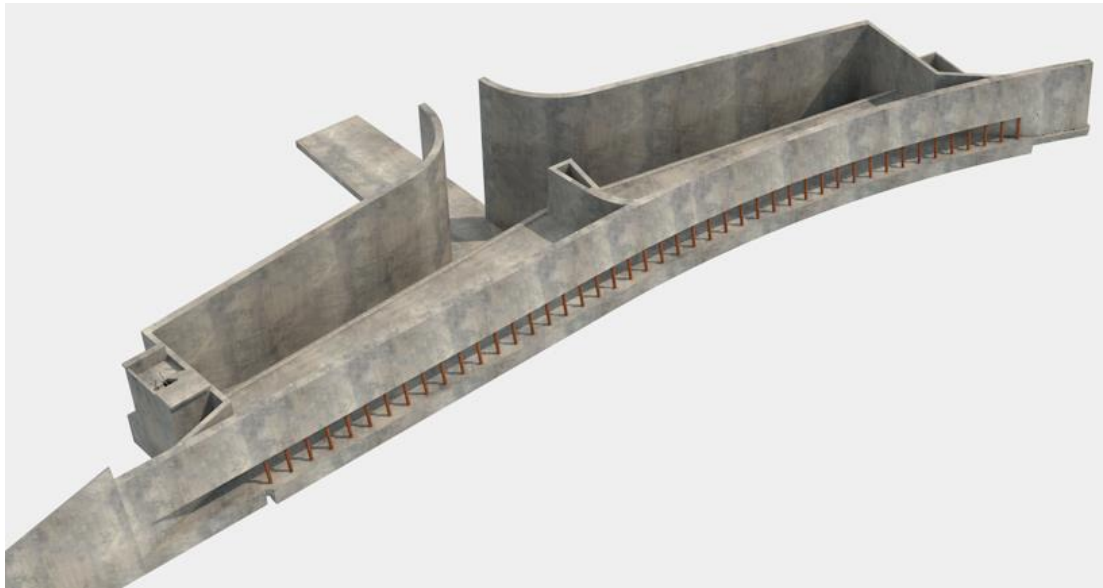


Abbildung 4.5: Geometrie des Einlaufbauwerks, 3D-Ansicht, Blick vom linken Sihlufer Richtung Oberwasser. Von Sihl Richtung Entlastungsstollen: Grobrechen und Tauchwand, Wehrkörper mit Hohlpfeiler (Schlauchwehr nicht dargestellt), Sammelbecken und Einlauftrichter. Modellende am Querschnitt der zukünftigen Drosselblende mit Schützentafel.

4.1.6 Drosselblende

Das ausgeleitete Sihl-Wasser fließt nach dem Sammelbecken durch eine Drosselblende (hydraulischer Kontrollquerschnitt) mit einer Breite von $B = 6.8 \text{ m}$ und Höhe von $H = 5.00 \text{ m}$ (Abbildung 4.6). Die Drosselblende stellt das abflussregulierende Element des Einlaufbauwerks dar und stellt sicher, dass der Entlastungsstollen nicht überlastet wird und zuschlägt.

Ab einem gewissen Entlastungsabfluss läuft die Drosselblende unter Druck, d.h. der Pegel im Oberwasser (Sammelbecken) steigt an. Da in dieser Konfiguration jedoch die Drosselblende und nicht der Überfall als limitierendes Element wirkt, spielt der Einstau des Sammelbeckens eine untergeordnete Rolle.

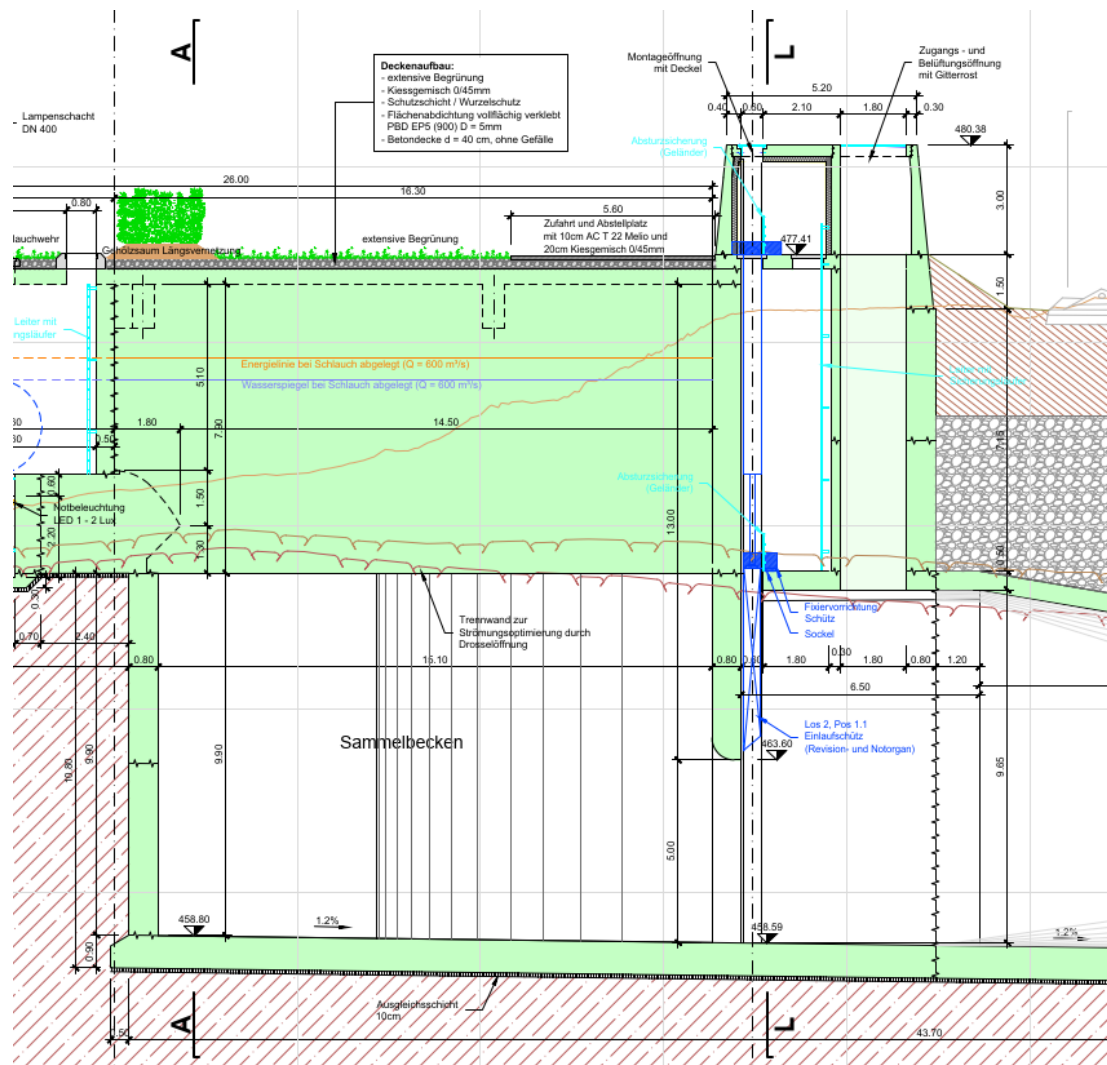


Abbildung 4.6: Drosselblende und Abschlussorgan (Tafelschütz)

4.1.7 Abschlussorgan

Für Inspektion und Unterhalt am Entlastungsstollen muss der Einlauf aus Arbeitssicherheitsgründen abgeschlossen werden können. Dafür ist ein Abschlussorgan resp. Tafelschütz aus Stahl vorgesehen, der hinter der Drosselblende angeordnet wird (Abbildung 4.6). Die Schützentafel hat eine Spannweite von 6.80 m, eine Höhe von 5.3 m und eine Stärke von 50 cm um die Wasserdrücke aufnehmen zu können. Die erforderliche Staublechdicke beträgt 12 mm. Das Gewicht der Schützentafel beträgt ca. 12 t. Damit die Schützentafel nicht immer "im Öl hängt", ist eine Abstützvorrichtung geplant, auf der das Organ im Normalfall aufliegt und gesichert ist. Um das Organ absenken zu können ist ein Antrieb mit einem Hydraulikzylinder vorgesehen.

Die Schützentafel ist in seitlichen Nuten aus rostfreiem Stahl geführt und seitlich auf Rollen gelagert, so dass sie mit dem hydraulischen Antrieb auch bei einseitigem Wasserdruck geöffnet und geschlossen werden kann.

Das Hydraulikaggregat ist über dem Abschlussorgan im vorgesehenen oberirdischen Betriebsraum angeordnet. Sämtliche Antriebe werden redundant und zusätzlich mit einer Möglichkeit zum Handbetrieb ausgerüstet.

4.1.8 Profilübergang

Im Anschluss an die Drosselblende und das Abschlussorgan wird der rechteckige Drosselquerschnitt zum runden Stollenquerschnitt geformt. Die Übergangsstrecke hat eine Länge

von 26.5 m. Über den Zugangs- und Belüftungsschachtes muss Luft in den Entlastungsstollen eingeleitet werden, damit der Luftunterdruck unterstrom der Drosselblende begrenzt und der strömungsinduzierte Lufttransport im Stollen aufrecht erhalten werden kann. Um eine optimale Belüftung des Stollens zu gewährleisten ist der Querschnitt zu Beginn des Profilübergangs knapp 10 m hoch.

4.1.9 Betriebs- und Antriebsgebäude

Das Betriebsgebäude umfasst einerseits die Arbeits- und Ruheräume für das Betriebspersonal und andererseits die Antriebs- und Steuerräume für das Schlauchwehr und das Abschlusorgan. Der Betrieb der luftgefüllten Schlauchwehre erfordert einen Betriebsraum für die pneumatische und elektrische Regel- und Steuereinrichtung. Dieser muss über dem höchsten Hochwasserpegel liegen und ist oberirdisch, anschliessend an die nördliche Seite des Zugangs- und Belüftungsschachtes angeordnet.

4.1.10 Ausrüstung

Als Ausrüstung des Bauwerks sind folgende Anlagenteile vorgesehen:

- Redundante Pegelmessung vor und im Einlaufbauwerk
- Durchflussmessung
- Positionsgeber Schlauchwehre
- Beleuchtung und Elektroanschlüsse Betriebsräume und Kontrollgang (min. 1-2 Lux)
- Kameras Einlaufbauwerk: 1 × mit Blick Einlauföffnungen, 1 × an Decke Einlaufbauwerk (mit Blick auf Sammelbecken und Seitenüberfall)
- Beleuchtung (LED-Scheinwerfer) in der Bauwerksdecke (Inspektionen, Unterhalt)
- Zwangslüftung Betriebsräume und Kontrollgang
- Frostschutzheizung Betriebsräume
- Metallbau- und Spenglerarbeiten: Türen, Deckel, Geländer, etc.
- Brandschutz- und Alarmanlage (Zutrittsschutz)
- Wasseranschluss
- Kommunikationsanschluss, redundante Verbindungen (Kabel und Mobilfunk/GSM)
- Pumpenanlage Entwässerung Kontrollgang
- Mobile Sanitäranlage (WC, Lavabo) für Betriebspersonal, wenn die Anlage besetzt wird
- Arbeits- sowie Ruheraum für Betriebspersonal wenn die Anlage besetzt wird
- Mobile Pumpenanlage für Entleerung Betriebsgebäude und Treppenhaus bzw. Kontrollgang

4.1.11 Foundation und Tragwerkskonzept

4.1.11.1 Stahlbeton - Tragwerk

Das Einlaufbauwerk wird aus Ortbeton erstellt und weist eine Länge von ca. 100 m sowie eine Breite von ca. 14 - 28 m auf (Abbildung 4.7). Auf der Flussseite dient die Tauchwand, die auf den Stahlprofilen des Grobrechens gestützt ist, als Lagerung der Decke. Auf der Hangseite ist die Decke in der Rückwand eingespannt.

Die Decke des Einlaufbauwerks weist eine Plattendicke von 0.4 m auf. Der Lastabtrag erfolgt über ein System von Stützen und Unterzügen. Die kreisrunden Stützen kommen auf dem Wehrrücken zu liegen und haben einen Durchmesser von 50 cm und eine Höhe von 5.60 m. Ein Unterzug verläuft auf Höhe der Stützen in Längsrichtung des Bauwerks. Insgesamt neun Unterzüge sind senkrecht zum Wehrrücken, sprich in Querrichtung des Bauwerks angeordnet (Abbildung 4.8). Die Unterzüge haben eine Gesamthöhe von 1.60 m und eine Breite von 0.6 m. Die Spannweite der Deckenunterzüge liegt zwischen 8.50 und 10 m. Aus strömungstechnischen Gründen wird zwischen dem Mittelpfeiler und der hangseitigen Abschlusswand eine Trennwand eingebaut, die ab UK Decke 7.90 m in das Bauwerk hinabragt. Der Abstand zwischen den Stützen beträgt 8.0 m und entspricht jenem der Unterzüge.

Als Tragwerksmodell werden Stab-, Platten und Scheiben-Modelle eingesetzt.

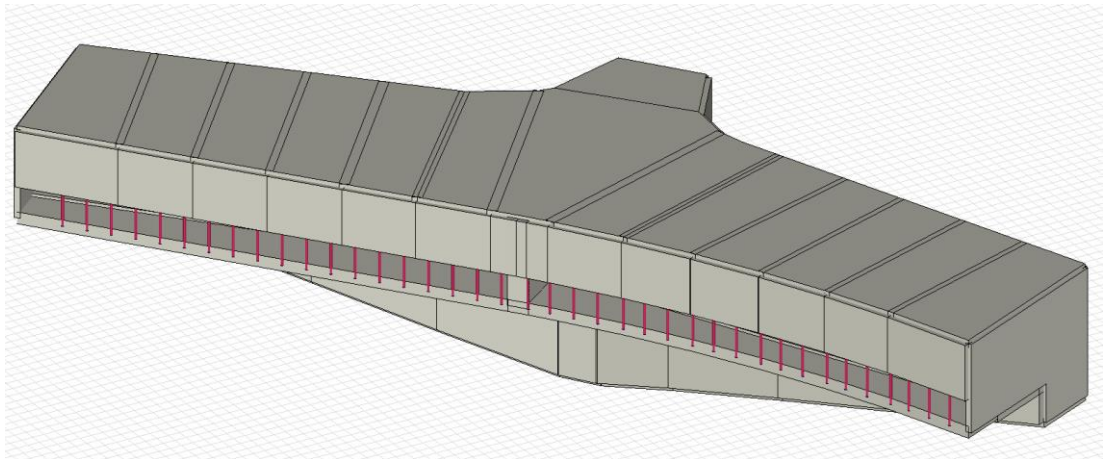
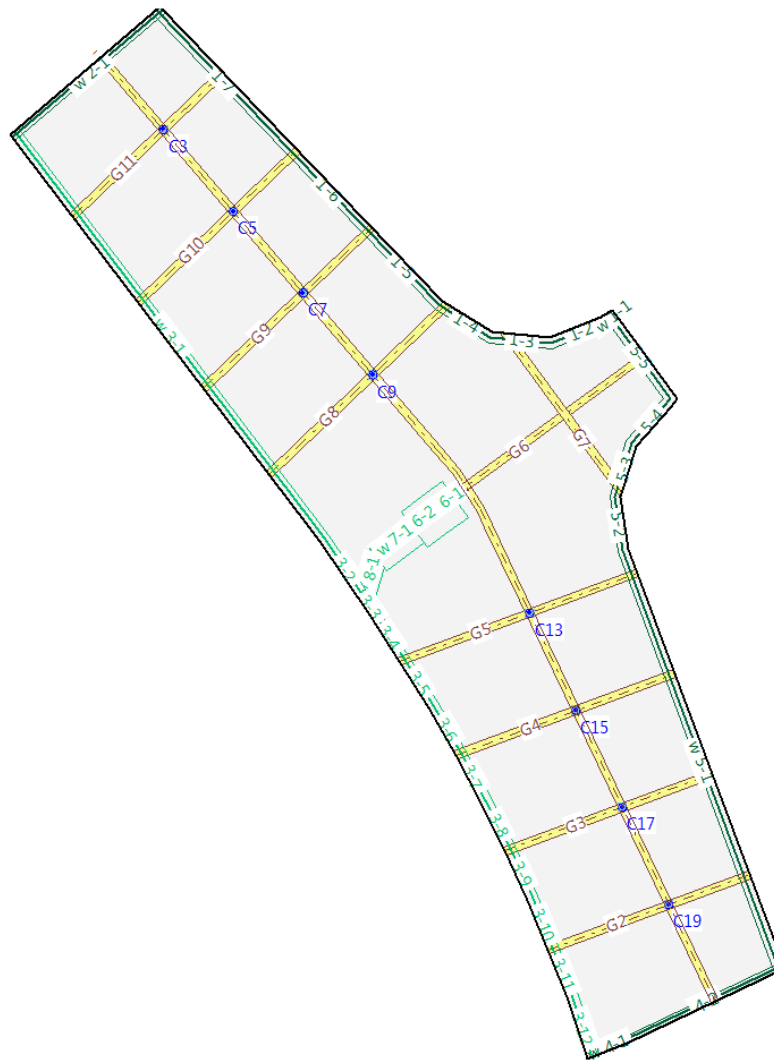


Abbildung 4.7: Betonbau Einlaufbauwerk (3D-Modell)

Geometrische Optimierungen der Tragwerksteile können im Laufe der Planung noch vorgenommen werden.

Als Einwirkungen wirken die Eigenlast, eine Auflast von 0.3 m Substrat, eine Schneelast nach SIA 261 und eine Verkehrslast für die Bewirtschaftung. Aus dem Baugrund kommen die Lastfälle für den Erddruck oberhalb des Felshorizontes und eine Last infolge Wasserdruck. Als aussergewöhnlicher Lastfall wird eine Erdbebenkraft auf die Decke angesetzt.

In der Deckenplatte müssen Öffnungen für den Unterhalt und Erneuerung der Schlauchwehre vorgesehen werden. Die Öffnungen dienen gleichzeitig der Belüftung des Bauwerks.



4.1.11.2 Auftriebssicherung

4.1.12 Gestaltung und Umgebung

Das Einlaufbauwerk ist ein weiteres Infrastrukturbauwerk im Sihltal, das sich in seiner Lage, Form und Ausdehnung am mäandrierenden Fluss orientiert. So, wie es andere bereits bestehende Bauwerke tun, die Sihltalstrasse am linken und die SZU-Trasse am rechten Ufer. Lange, sanft schwingende Kurven zeichnen diese Bauten aus, affin zu denen des Flusses ausgebildet. Insbesondere der Schwemmholzrechen am linken Ufer, mit dem das Einlaufbauwerk eine wasserbautechnische Einheit bildet, dient als architektonische Referenz, auf die sich die Gestaltung des Einlaufbauwerks und die Ausformung der oberwasserseitig anschliessenden Uferböschung bezieht.

Die Gestalt des Einlaufbauwerks wird massgeblich geprägt von Anforderungen an dessen Funktionalität einerseits und von der topografischen Lage in einem Linksbogen der Sihl andererseits. Die wasserbautechnischen Randbedingungen sind einschneidend, sie bestimmen die Lage, die Länge und die Grundrissgeometrie des Baus. Formbestimmend, und damit signifikant für dessen architektonischen Ausdruck, ist der geschwungene Seitenüberfall, der einer Kurve des rechten Sihlufers folgt und die ehemals unregelmässig geformte natürliche Krümmung des Flusses in präzise Form überführt. Hinter der markant geschwungenen Front ist das Sammelbecken angefügt. Diese Komponente ist nicht unmittelbar einsehbar. Sie wird von einer eingegrünten Decke überdacht. Die flussseitige Deckenstirn ist als 5:1 geneigtes Betonband ausgebildet, dass exakt der Kante des Seitenüberfalls folgt. Das Band stützt sich auf der Überfallkante ab, die Stützen dienen gleichzeitig als Grobrechen. Unterwasserseitig wird die Tauchwand mit einem ca. 1:3 fallenden Keil abgeschlossen.

Geometrischer und materieller Vermittler zwischen der 5:1 geneigten Tauchwand in Beton und dem 1:2 geneigten und naturnahe ausgebildeten Ufer auf der Oberwasserseite ist die speziell ausgebildete Böschung. Auf einer Länge von ungefähr 80 m stellt sie sich allmählich auf, wobei sie mit zunehmender Steilheit die Materialisierung ändert. Die gewählte Materialisierung ist auf den naheliegenden Schwemmholzrechen abgestimmt. Im flacheren Bereich mit einem Blockbesatz aus Alpenkalk gesichert und geht mit anwachsender Neigung in ein Mauerwerk aus Quarzsandsteinen über, das an den Beton anschliesst. Die Böschung verdichtet sich vom Unpräzisen, Weichen hin zum Exakten, Harten. Dank der ungewöhnlichen Ausbildung der Böschung ordnet sich das Bauwerk gut in das gestalterische Regelwerk des Bestandes ein und verwebt sich mit dem Flusssufer.

Die Betonoberflächen der Tauchwand werden mit einer speziell rauen Schalung strukturiert (Abbildung 4.9). Der raue Beton bietet Ansatzstellen für Moose, Flechten und Trockengräser. Die Rechenstäbe des Grobrechens werden als betonverfüllte rohe Stahlrohre ausgebildet, eine weitere Anlehnung an den Schwemmholzrechen, dessen Stäbe gleich materialisiert sind.



Abbildung 4.9: Fotomontage Einlaufbauwerk, Blick in Fließrichtung (E. Imhof, 2020)

Im Bereich des Überganges vom Sammelbecken zum Stollen ist das Betriebsgebäude, das als relativ kleiner Volumenkörper die Terrainhülle durchstösst und einen räumlichen Akzent setzt. Es ist über eine befestigte Zufahrt und einen davor liegender Abstellplatz erschlossen. Die Zufahrten zur Tauchwand und ans Ostufer (für den Gewässerunterhalt im Sihlgerinne unterhalb der Sohlschwellen) werden als optisch kaum wahrnehmbare Schotterrasenstreifen

ausgebildet. Die Erschliessung bis zur Sihltalstrasse erfolgt über die Strasse entlang der SZU Richtung Langnau.

Gemäss den Erkenntnissen aus den physikalischen Modellversuchen werden während grösseren Hochwasserereignissen Geschiebemengen oberhalb und unterhalb des Einlaufbauwerks abgelagert. Für eine allfällig notwendige Geschiebemanagement, Unterhaltmassnahmen im Bereich der Tauchwand resp. Grobrechen sowie für den ordentlichen Gewässerunterhalt wird linksseitig von der bestehenden Ausfahrt an der Sihltalstrasse eine Rampe ins Sihl-Gerinne erstellt. Von dort kann mit einer Furt durch die Sihl eine Zufahrt zum Einlaufbauwerk geschaffen werden.

Die Ufer im Bereich der temporären Gerinneführung während der Bauphase sowie die Terraingestaltung im Umfeld des Einlaufbauwerks im Endzustand werden mit anfallendem Aushubmaterial geschüttet und je nach vorgesehener Bodenbedeckung mit Unter- und Oberboden überdeckt. Linksseitig wird über dem Uferverbau durchgängig ein dichtes Ufergehölz angestrebt (Wiederaufforstung). Rechtsufrig wird im Bereich der Überdeckung des Sammelbeckens vom Einlaufbauwerk wenig Unterboden oder kiesiges Material aufgetragen und die Fläche extensiv begrünt. In dieser Ruderalfläche können noch Strukturen für Kleintiere wie Holzhaufen, Steinhaufen, Sandlinsen, Totholzelemente geschaffen werden. Die Abgrenzung der Ruderalfläche vom Unterhaltungsweg wird durch eine dichte Hecke geschaffen. Seite SZU-Linie wird entlang der Wegführungen eine lockere Hecke gepflanzt. Auf den übrigen Flächen entlang der SZU ist eine Magerwiese vorgesehen.

4.2 Entlastungsstollen

4.2.1 Variantenstudien und Entscheide

Vortriebsverfahren und Auskleidungskonzept

Eine detaillierte Evaluation des Vortriebsverfahrens wurde im Nachgang zum Vorprojekt von 2017 durchgeführt. Für den Vortrieb des Entlastungsstollens kommen aus Akzeptanzgründen lediglich erschütterungsarme, maschinelle Vortriebsmethoden in Frage. Ein konventioneller Vortrieb im Sprengverfahren wird für das Auffahren des über ca. 1 km Länge unter bebautem Gebiet liegenden Stollens als nicht geeignet beurteilt. Ein konventioneller Vortrieb mittels einer Teilschnittmaschine (TSM) ist beim gegebenen Ausbruchsquerschnitt aufgrund der damit verbundenen Staubentwicklung aus Gesundheitsschutzgründen nicht anwendbar. Das vorgängige Erstellen eines Pilotstollens für eine durchgehende Lüftung beim Einsatz einer TSM ist im vorliegenden Projekt kaum wirtschaftlich und wurde in Anbetracht der erforderlichen Lüftungs- und Entstaubungsanlagen in Thalwil sowie Staub- und Lärmimmissionen als nicht geeignet beurteilt.

Aufgrund der Kosten, des zuverlässigen, sicheren und industrieähnlichen Vortriebs, der Qualität der Auskleidung und der kürzeren Bauzeit wird der Schild-TBM-Vortrieb mit einem Tübbingausbau als einziges zulässiges Bauverfahren festgelegt.

Die Auskleidungsvarianten "Spritzbetonverkleidung" und "Ortbetonverkleidung" wurden als alternative Vortriebs- bzw. Auskleidungsvarianten untersucht. Allerdings hat sich bei der statischen Überprüfung gezeigt, dass in Bereichen mit hoher Überlagerung eine sofort belastbare Ausbruchsicherung bestehend aus ca. 30 cm Spritzbeton erforderlich wäre. Eine nachträglich eingezogene Ortbetonschale wäre aus bautechnischen Gründen nochmals mindestens 25 cm dick. Ein über 50 cm mächtiger Ausbau ist keine massvolle Variante und würde zudem einen grösseren Ausbruchdurchmesser erfordern. Aus diesem Grund wurden die beiden Auskleidungsvarianten verworfen und werden nicht als Unternehmervarianten zugelassen.

Lage des Entlastungsstollens, horizontale Linienführung

Für die Lage des Entlastungsstollens resp. des Einlauf- und Auslaufbauwerks wurden bereits in der Machbarkeitsstudie von 2010 verschiedene Linienführungen untersucht. Anhand eines umfangreichen Kriterienkataloges wurden die Standorte in Thalwil sowie im Sihltal bestimmt und die horizontale Linienführung festgelegt (siehe Abschnitt 1.2).

Vertikale Linienführung

Für die vertikale Linienführung wurden im Vorprojekt von 2017 verschiedene Linienführungen studiert. Dabei stellte sich heraus, dass die Überquerung des projektierten Zimmerberg-Basistunnels II (ZBT II) bezüglich Funktionalität vorteilhaft ist.

4.2.2 Übersicht

Die horizontale Linienführung des Entlastungsstollens verläuft vom Einlaufbauwerk über eine Länge von rund 1'700 m gerade in Richtung Osten. Rund 300 m vor dem Auslaufbauwerk weist die Linienführung eine Rechtskurve (Radius = 500 m) auf, sodass der Entlastungsstollen etwa senkrecht zum Zürichseeufer bis zum Auslaufbauwerk in Thalwil verläuft. Die Gesamtlänge des Entlastungsstollens beträgt rund 1'995 m.

Die gewählte vertikale Linienführung des Entlastungsstollens weist im oberen Abschnitt bis zur Überquerung des ZBT II ein Längsgefälle von rund 1.3 % und anschliessend ein Längsgefälle von rund 3.3 % auf.

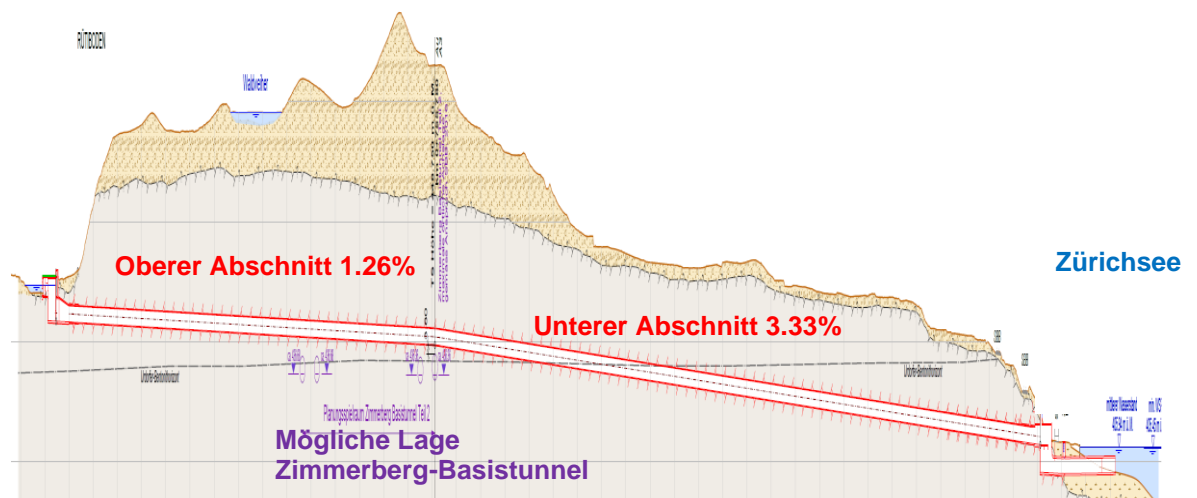


Abbildung 4.10: Fünffach überhöhtes Längenprofil des Entlastungsstollens

Die aus der Sihl entlastete Wassermenge wird durch den Entlastungsstollen im schiessenden Freispiegelabfluss bis zum Auslaufbauwerk Zürichsee geleitet. Die Abflusstiefen und Fließgeschwindigkeiten beim Dimensionierungsabfluss von 330 m³/s sind in Abbildung 4.11 angegeben. Massgebend für die Wahl des Innendurchmessers ist dabei der obere Abschnitt mit geringerem Gefälle und grösserer Wassertiefe. Der maximale Teilfüllungsgrad beim Dimensionierungsabfluss beträgt 66 % und liegt damit unter dem Richtwert von 75 %. Damit ist ein Zuschlagen des Entlastungsstollens nicht zu erwarten. Aufgrund der hohen Fließgeschwindigkeiten wird die Luftmenge über dem Wasserspiegel in Fließrichtung mitgerissen. Die Luft muss beim Einlaufbauwerk zugeführt und beim Auslaufbauwerk abgeführt werden können.

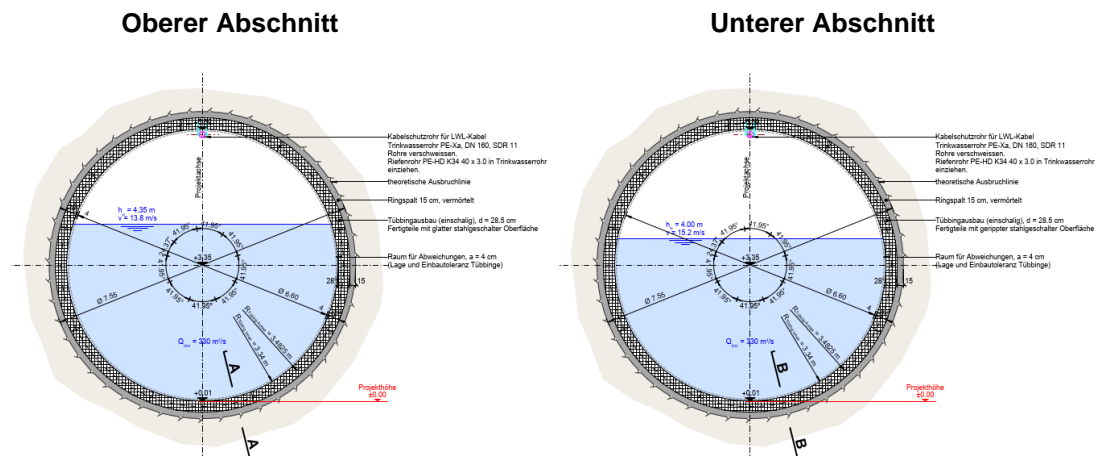


Abbildung 4.11: Normalprofile des Entlastungsstollens mit Abflusstiefe im Dimensionierungsfall

Direkt im Anschluss an das Einlaufbauwerk ist eine konventionell ausgebrochene Startröhre von 20 m Länge vorgesehen. Zwischen Tunnelmeter (Tm) 480 und 760 überquert der Entlastungsstollen den geplanten ZBT II. Wobei die für die Auslegung der Linienführung massgebende Querung der Oströhre bei Tm 755.78 liegt. In genannten Stollenabschnitt unterquert der Entlastungsstollen zudem die Autobahn A3. Ab Tm 1075 unterquert der Entlastungsstollen überbautes Gebiet resp. den Ort Thalwil. Etwa bei Tm 1918 und 1974 unterquert der Entlastungsstollen die SBB-Bahnlinien Zürich - Luzern bzw. Zürich - Chur. Die Unterquerung der SBB-Bahnlinie Zürich - Chur erfolgt im Gegenvortrieb. Der Gegenvortrieb hat eine Länge von rund 36 m und wird konventionell ausgebrochen.

4.2.3 Vortriebs- und Auskleidungskonzept

Die Ausbruchsicherung und Verkleidung erfolgt mit 28.5 cm starken Stahlbetontübbing, welche im Schutze des Schildes eingebaut werden (Abbildung 4.12). Der Tübbingring wird über den ganzen Umfang mit Ringspaltmörtel verpresst. Dabei muss der Ringspaltmörtel über Verpressdüsen, die am Schild angebaut sind rundherum eingebracht werden, damit eine Vollfüllung des Ringspalts bis zum Schild erreicht wird. Eine hohe Versetzgenauigkeit der Tübbinge ist erforderlich, um einerseits zu verhindern, dass die hydraulische Rauigkeit erhöht wird (v.a. im oberen Abschnitt) und anderseits lokale Kavitationsschäden vermieden werden können.

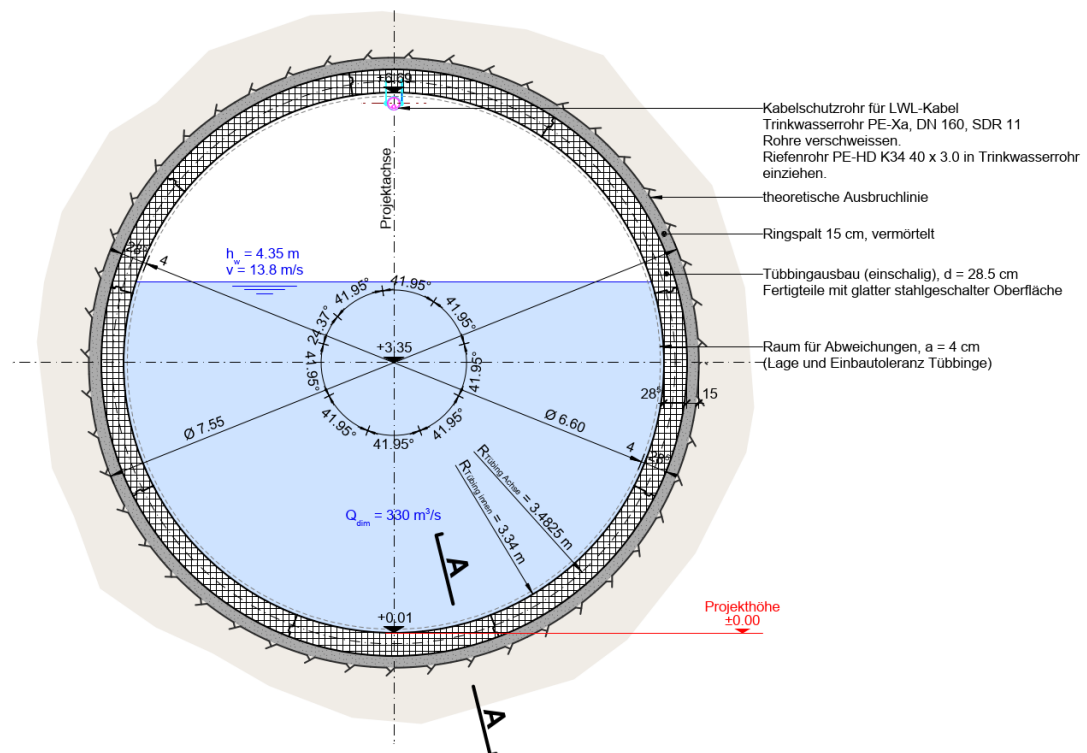


Abbildung 4.12: Normalprofil des Entlastungsstollens mit Tübbingausbau (Plan 41-201)

Der Entlastungsstollen wird in der oberen Süsswassermolasse erstellt und weist einen runden Querschnitt mit einem Innendurchmesser von 6.60 m auf. Es sind 4 cm Raum für Abweichungen im Radius vorgesehen. Als bautechnischer Nutzraum wird damit lediglich der Anteil für (zufällige) Abweichungen (Herstellungungenauigkeiten und Verformungen des Gebirges von max. 2 cm) berücksichtigt. Er ist jedoch kleiner als in der SIA 197 beschrieben (15 cm für TBM-Vortrieb im Fels). Kleinere Abweichungen infolge Vermessungenungenauigkeiten bzw. Abweichungen von der Soll-Lage müssen aus hydraulischer Sicht nicht ausgeglichen werden. Lediglich Abweichungen von der Soll-Grösse und -Form könnten den erforderlichen hydraulischen Querschnitt beeinträchtigen. Raum für spätere bauliche Massnahmen ist nicht vorgesehen.

Die hydraulischen Anforderungen an das Normalprofil unterscheiden sich im oberen flachen (bis zur Querung des ZBT II) und unteren steilen Stollenabschnitt. Im oberen Stollenabschnitt (Tm 0.00 bis 755.78) wird eine möglichst glatte Oberfläche angestrebt, um die hydraulischen Verluste zu minimieren und damit den erforderlichen Abflussquerschnitt zu minimieren. Die

mit einer Stahlschalung vorfabrizierten Tübbinge sollen eine glatte Oberfläche mit einer Rauheit von ca. $k_s = 0.5 \text{ mm}$ aufweisen.

Im unteren steilen Stollenabschnitt (Tm 755.78 bis 1994.46) wird eine raue Oberfläche angestrebt. Um diese zu erreichen, soll für diesen Abschnitt eine Spezialschalung hergestellt werden, die eine gerippte Oberfläche des Tübbings herstellt (siehe Abbildung 4.13). Dadurch kann eine Rauheit von ca. $k_s = 10 \text{ mm}$ erreicht werden (vgl. dazu Ansatz für die Ermittlung der Rauheit von Riffel z.B. in Blevins, 1992). Bei der Wahl des Greifers für die Tübbingelemente sind die unterschiedlichen Oberflächen der Tübbinge zu berücksichtigen.

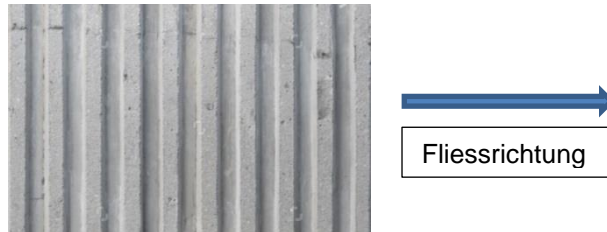
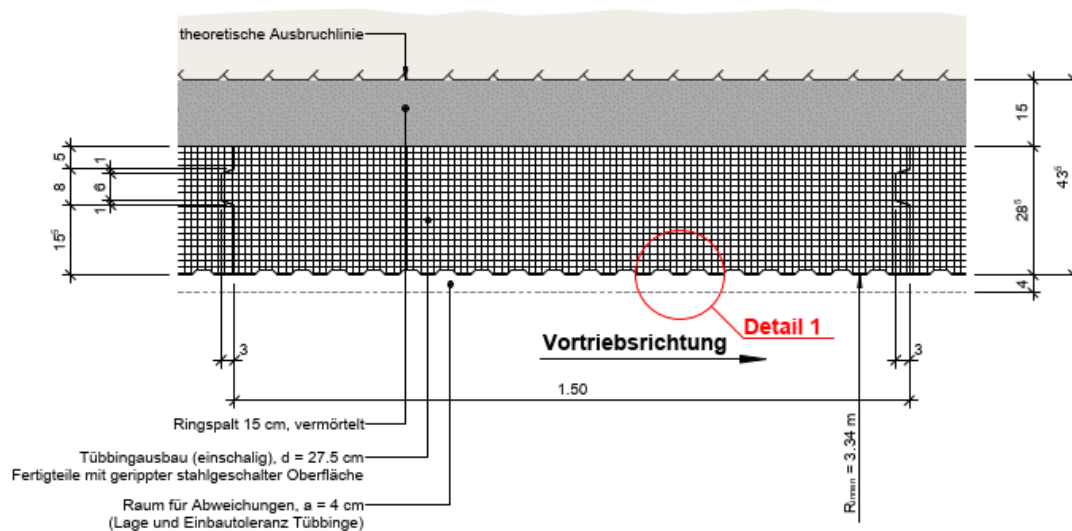


Abbildung 4.13: Tübbingoberfläche mit erhöhter Rauheit (ca. $k_s = 10 \text{ mm}$)



Detail 1 1 : 5

- Rippen -

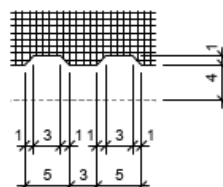


Abbildung 4.14: Tübbingoberfläche mit erhöhter Rauheit

Der Tübbingring hat eine Breite von 1.5 m und besteht aus 9 Elementen. Die Ring- und Längsfugen des Tübbingausbaus werden nicht generell abgedichtet. Nur im Bereich der geplanten Überquerung des ZBT II ist auf ca. 200 m Länge der Einbau abgedichteter Tübbingelemente vorgesehen. Alle Elementfugen werden für eine höhere Setzgenauigkeit mit Nut-Feder-Kopplung ausgebildet. Die Tübbinge werden im Bauzustand bis der Ringspaltmörtel vollständig

erhärtert ist, temporär verschraubt (Ring- und Längsfugen). Für den Endzustand wird die Verschraubung der Längsfugen in den Portalbereichen über eine Länge von je ca. 40 m belasten. Damit soll verhindert werden, dass sich die Längsfugen bei einem Zuschlagen durch den Innenwasserdruck öffnen.

4.2.4 Startröhre

Beim Einlaufbauwerk ist ab dem bergmännischen Portal eine 20 m lange Startröhre vorgesehen. Die Felsüberdeckung beim vorgesehenen bergmännischen Portal ist sehr gering (Größenordnung 1.0 m). Darüber liegen Moränenmaterial und Schwemmlagerungen. Dieser geologisch schwierige Abschnitt soll mit einem Rohrschirm vorausseilend gesichert werden, um einem Niederbruch oder Tagbruch zu verhindern.

Die Startröhre wird konventionell (maschinenunterstützt oder sprengtechnisch) ausgebrochen. Geplant ist ab der Baugrube des Einlaufbauwerks ein Rohrschirm bestehend aus 23 ROR $\varnothing = 139$ mm Rohren mit einer Länge von 18 m (eine Etappe) zu erstellen. Die Ausbruchsicherung besteht aus einer 30 cm dicken Spritzbetonschale, HEB 120 Ausbaubögen im Abstand von 1 m und K335 Bewehrungsnetzen innen und aussen. Der Paramentfuss wird 50 cm über der Sauberkeitsschicht mit 20° geneigten Mörtelankern $L = 3.5$ m rückverankert.

Die TBM kann bei der Installation in die Startröhre hineingeschoben werden, sodass mehr Platz für die Montage der Nachläufer geschaffen werden kann. Insgesamt stehen ca. 70 m Baugrube und Startröhre für die Montage der TBM zur Verfügung.

In der Startröhre ist die Aufnahme der Pressenkräfte in Tunnellängsrichtung (bei einer Schildmaschine) möglich. Damit wird ein richtungsgenauer TBM-Anfahrvorgang erleichtert.

Der freie Querschnitt der Startröhre soll einen Innenradius von 3.9 m inkl. mind. 15 cm Toleranz für den Verschiebe- und Montageprozess aufweisen. Um die hohen Auflasten der TBM auch bei möglicherweise mergeligem Untergrund abtragen zu können und einen sicheren Verschiebevorgang der TBM zu ermöglichen, wird über der 10 cm starken Sauberkeitsschicht eine Schildwiege betoniert. Die Schildwiege wird aus unbewehrtem Ort beton erstellt. Die Parameter und der First der Startröhre werden vor dem Setzen der Tübbinge möglichst profilgenau an das Ausbruchsprofil der TBM mit Spritzbeton aufgespritzt.

4.2.5 Unterquerung SBB-Bahnlinie

Vor dem Auslaufbauwerk wird bei Tm 1974 das Trasse der SBB Linie Zürich - Chur mit einer Überdeckung von 14 m unterquert. Die Überdeckung besteht aus rund 7 m potenziell verwitterter Molasse und rund 7 m Moränenmaterial. Der Entlastungstollen kommt im kompakten Molassefels zu liegen.

Zur Reduzierung des Vortriebsrisikos unter der SBB-Bahnlinie wird ein konventioneller Gegenvortrieb mit kurzen Abschlüssen von maximal 1 m von der Baugrube des Auslaufbauwerks bis ca. 12 m hinter das Gleis der Linie Zürich - Chur geplant. Vorausseilend werden Rohrschirme bestehend aus 23 ROR $\varnothing = 139$ mm Rohren in Etappen von 12.00 m (3 Etappen) eingebaut. Die Ausbruchsicherung besteht aus einer 30 cm dicken Spritzbetonschale, HEB 120 Ausbaubögen im Abstand von 1.0 m und K335 Bewehrungsnetzen zweilagig. Der Paramentfuss wird 50 cm über der Sauberkeitsschicht mit 20° geneigten Mörtelankern $L = 3.5$ m rückverankert.

Die TBM kann nach dem Einfahren in den ausgebrochenen Gegenvortrieb in die Baugrube des Auslaufbauwerks gezogen werden. Der Gegenvortriebstollen wird mit Ort beton und Spritzbeton auf das Sollprofil des kreisrunden Entlastungstollens verkleidet. Auf den letzten 12 Stollenmetern wird der Profilübergang zum Auslaufbauwerk in Ort beton hergestellt.

Die Überwachung der SBB Bahnlinien Zürich - Luzern bzw. Zürich - Chur während und nach den Vortriebsarbeiten, erfolgt zusammen mit der messtechnischen Überwachung der Baugrube beim Auslaufbauwerk. Ziel der messtechnischen Überwachung ist es sicher zu stellen, dass der Normalbetrieb der SBB aufrechterhalten werden kann.

Die Berechnungen mittels 3D FEM-Modell prognostizieren rund 0.4 mm Vertikalverschiebungen an der Oberfläche (Bahnlinie). Die Ergebnisse der zweidimensionalen Modellierung des Abschnitts unter dem Bahntrasse zeigen etwas grössere Vertikalverschiebungen von rund

1.25 mm unter dem Gleis. Die geringen Oberflächensetzungen im Bereich der SBB-Bahnlinie Zürich - Chur liegen deutlich unter dem Aufmerksamkeitswert von rund 6 mm.

Die Bahnlinie Zürich - Luzern wird bei Tm 1918 unterquert. Der Abstand zum Portal beträgt 75 m. Gemäss geologischem Prognoseprofil steigt die Felsüberdeckung mit zunehmendem Abstand zum Portal Auslaufbauwerk rasch an und erreicht unter der Bahnlinie Zürich - Luzern bereits eine Mächtigkeit von über 18 m. Aufgrund der grossen Felsüberdeckung werden an dieser Stelle keine Setzungsprobleme erwartet.

4.2.6 Ausrüstung

Für die Kommunikationsleitung sowie die Anbindung an das Leitsystem des Kantons Zürich ist eine Verbindung von Ein- und Auslaufbauwerk mit einem im Scheitel fest montierten Kabelschutzrohr aus wasserdicht verschweissten HDPE-Trinkwasserrohren vorgesehen. Die Kommunikationsleitungen werden durch eine vertikale Richtbohrung (siehe Abschnitt 5.3.4) und einen Kabelrohrblock neben der Autobahn A3 an das kantonale Leitsystem angeschlossen.

Eine dauerhafte Beleuchtung des Stollens ist nicht vorgesehen.

4.2.7 Tragwerkskonzept

Das Tragwerk besteht aus einem kreisrunden Ausbruchprofil, das mit einem einschaligen 28.5 cm dicken Tübbingring aus vorfabrizierten Betonelementen ausgebaut wird. Aufgrund der erwarteten Gebirgs- und Wasserdrucklasten wird ein Beton C40/50 für die Betonelemente erforderlich. Der Kraftschluss zum Gebirge wird durch den vollflächigen Einbau eines schwindarmen Ringspaltmörtels mit der Festigkeit von 30 N/mm² über den gesamten Umfang hergestellt.

4.3 Auslaufbauwerk

4.3.1 Variantenstudien und Entscheide

Gestaltung der oberirdisch sichtbaren Bauwerksteile

Für die Gestaltung des Auslaufbauwerks wurden verschiedene Varianten untersucht und diskutiert. Das Zusammenspiel mit dem Ausbau der ARA Thalwil hat auf die Gestaltung einen wesentlichen Einfluss. Hierfür fanden mehrere Koordinationssitzungen zwischen den jeweiligen Projektverfassern und Bauherren statt. Die gewählte Lösung ist im Plan 41-301 ersichtlich.

Zufahrt und Garagen

Um den Landerwerb auf der Parzelle Kat.-Nr. 8838 minimal zu halten, wurde entschieden, auf unterirdische Garagenplätze zu verzichten. Stattdessen kann ein unterirdischer Parkplatz im Zugang zur Verfügung gestellt werden. Der zweite Einstellplatz wird an einem externen Standort ersetzt. Die aktuelle Situation ist auf den Plänen 41-301, 41-302 und 41-304 dargestellt.

Hydraulische Optimierung

Die Toskammer ist ein hydraulisch anspruchsvolles Bauwerk, da die Energieumwandlung und der Wechsel vom Freispiegelabfluss im Entlastungsstollen zum Druckabfluss im Auslaufbauwerk auf sehr engem Raum stattfinden. Zur Überprüfung der geplanten Toskammer und einer weiteren Optimierung der Einbauten wurden an der Versuchsanstalt für Wasserbau der ETH Zürich physikalische Modellversuche durchgeführt.

Baugrube im See

Für die Baugrube im Zürichsee beim Auslaufbauwerk wurden verschiedene Varianten studiert. Folgende Varianten wurden untersucht:

- V1, gespriesste Spundwand (Grundlösung)
- V2, gespriesste Spundwand als Schalung verwendet
- V3, Vershub und Absenken

- V4, Einschwimmen

Die Varianten V3 und V4 bieten keine Kostenvorteile gegenüber V1, haben aber Nachteile bezüglich Bautechnik/Risiken und Arbeitssicherheit. V4 kann als Unternehmervariante zugelassen werden.

Ursprünglich war mit der ARA Thalwil festgelegt worden, dass die neue Ablaufleitung parallel zum Rechteckkanal im Zürichsee verlaufen soll, weshalb V2 weiterverfolgt wurde. Zwischenzeitlich wurde für die ARA-Ablaufleitung eine andere, vom Projekt Entlastungsstollen Thalwil unabhängige Lösung gefunden. An V1 wird dennoch festgehalten. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass die Mikropfähle mittig unter den Wandscheiben erstellt werden können. V1 und V2 sind etwa kostenneutral.

4.3.2 Übersicht Anlagenteile

Das Auslaufbauwerk befindet sich im Bereich des Seebades Bürger I und der ARA Thalwil. Die Platzverhältnisse am vorgesehenen Standort sind knapp.

Aus dem Entlastungsstollen schiesst das Wasser im Freispiegel in die Toskammer. Dort erfolgt die Energiedissipation und der Wechsel vom Freispiegel- zum Druckabfluss. Für die Zu- und insbesondere Abfuhr der mittransportierten Luft ist ein Be-/Entlüftungsschacht über der Toskammer vorgesehen. Unter Druck strömt das Wasser mit einer Fließgeschwindigkeit von ca. 7 m/s (bei $Q_{\text{dim}} = 330 \text{ m}^3/\text{s}$) durch den Rechteckkanal unter der Seestrasse und der Parzelle des Seebadbad Bürger I hindurch bis zum Mündungsbauwerk im Zürichsee.

Für Inspektions- und Revisionsarbeiten ist ein befahrbarer Zugang auf Höhe des Entlastungsstollens nördlich der Toskammer vorgesehen. Für die Trockenlegung des Rechteckkanals und der Toskammer ist am seeseitigen Rand der Seestrasse ein Dammbalkenabschluss – mit Pumpensumpf im Revisionszugangsschacht – geplant. Der Einstieg in den Rechteckkanal (Revisionszugang) ist nördlich des Dammbalkenschachts vorgesehen. Falls der Rechteckkanal komplett trockengelegt werden muss, kann temporär ein Nadelverschluss am Mündungsbauwerk gesetzt werden.



Abbildung 4.15: Schematische Linienführung Entlastungsstollen und Auslaufbauwerk in den Zürichsee

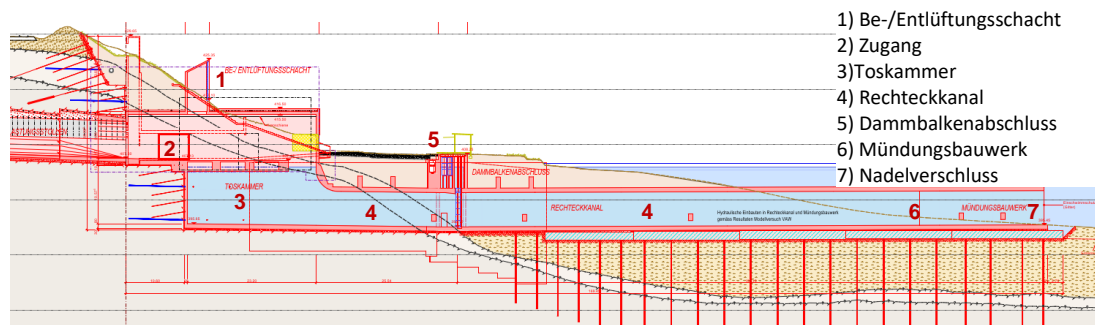


Abbildung 4.16: Längsschnitt durch das Auslaufbauwerk

4.3.3 Toskammer und Be-/Entlüftungsschacht

Die Auslegung der Toskammer ist aufgrund der umliegenden Infrastrukturbauten und Wohnbauten eingeschränkt. Um die kinetische Energie des in die Toskammer schiessenden Wassers im verfügbaren Raum der Toskammer umwandeln zu können, sind Einbauten erforderlich. Für die Überprüfung der Funktionalität und Optimierung der Toskammer wurden hydraulische Modellversuche an der VAW, ETH Zürich, durchgeführt. Die Modellversuche haben gezeigt, dass für die kontrollierte Energieumwandlung Einbauten erforderlich sind.

Der Be-/Entlüftungsschacht dient der Ableitung der bei Stollenbetrieb mitgeführten Luft sowie der Luftzufuhr in den Wechselsprung. Massgebend ist die im Stollen mitgeführte Luftmenge von maximal $Q_{Luft} = 50 \text{ m}^3/\text{s}$. Der minimal freie Strömungsquerschnitt beträgt 12.5 m^2 . Der Auslass des Be-/Entlüftungsschachtes ist mit einer verschliessbaren Lüftungsjalousie ausgerüstet. Diese ist im Normalfall geschlossen, nur beim Betrieb des Entlastungsstollens sowie bei Revisionsarbeiten ist sie offen. Ein mechanischer Antrieb öffnet oder schliesst die Jalousie. Aufgrund der Druckverluste im Querschnitt der Lüftungsjalousie ist gemäss diversen Klappenherstellern die Auslassquerschnittsfläche um das ca. $1/0.45 = 2.22$ -fache des minimal freien Strömungsquerschnittes vorzusehen, was $A_{Kamin-Klappe} = 28 \text{ m}^2$ ergibt.

Der Auslass ist gegen die Seestrasse ausgerichtet, und der Be-/Entlüftungsschacht ist innen mit Schalldämmplatten verkleidet, sodass die Schallemissionen möglichst beschränkt werden.

4.3.4 Rechteckkanal und Mündungsbauwerk

Der Querschnitt des Rechteckkanals hat über die Länge von rund 155 m eine lichte Breite von 8 m und eine lichte Höhe von 6 m. Der Rechteckkanal hat seinen Tiefpunkt beim Dammbalkenabschluss, damit dort vor einer Revision / Begehung eine mobile Pumpe (im Revisionszugang, siehe Kap. 4.3.5.1) installiert und der Rechteckkanal trockengelegt werden kann.

Da im Betriebsfall ein Lufteintrag in den Rechteckkanal nicht verhindert werden kann, soll die Betondecke des Rechteckkanals perforiert ausgeführt werden. Durch die Perforierung kann die in den Rechteckkanal eingetragene Luft in kleineren Blasen in den Zürichsee zu entweichen. Hierdurch wird die Bildung von grossen Luftblasen im Rechteckkanal sowie ein stossartiger Austritt dieser Luftblasen beim Mündungsbauwerk verhindert.

Der Rechteckkanal geht am Ende in das Mündungsbauwerk über, dessen Breite mit einem Winkel von $2 \times 6^\circ$ von 8 m auf 13 m zunimmt. Mit dieser Diffusorgeometrie wird die Strömungsgeschwindigkeit des in den Zürichsee fliessenden Wasserstrahls auf ca. 4 m/s reduziert.

Auf eine Sicherung des Seegrundes im Anschluss an das Auslaufbauwerk wird verzichtet. Insofern wird in Kauf genommen, dass bei der Hochwasserausleitung in den Zürichsee lokale Erosionen am Seegrund auftreten.

4.3.5 Seeseitige Abschlüsse

4.3.5.1 Dammbalkenverschluss / Revisionszugang

Im Bereich Strandbad kann mit einem zweiteiligen Dammbalkenabschluss ein Teil des Rechteckkanals sowie die Toskammer zum Zürichsee hin abgetrennt und anschliessend leergepumpt werden.

Die Dammbalken haben eine Spannweite von jeweils 8 m, eine Höhe von ca. $2 \times 3.25 \text{ m} = 6.5 \text{ m}$ und eine Stärke von 80 cm. Um die Wasserdrücke aufnehmen zu können ist eine Blechstärke von 10 mm erforderlich. Das Gewicht pro Dammbalken beträgt ca. 7.5 t.

Die zwei Dammbalken werden vor Ort in einem Schacht gelagert und können mit einem Mobilkran eingesetzt werden. Der Mobilkran kann nach Rücksprache mit dem TBA des Kantons Zürich auf der Seestrasse platziert werden.

Damit nicht Wasser und/oder Luft über das Dammbalkenlager austritt, wird die Montageöffnung der Dammbalken mit einem druckdichten Deckel verschlossen. Da die Öffnung immer unter Wasser ist, wird der Druckdeckel über eine Stempelkonstruktion (siehe Abbildung 4.17) gehalten und seitlich in den Dammbalkennuten über eine zusätzliche Nische verspannt.

Die Schachtabdeckung besteht aus mehrteiligen (10 Stück à je ca. 7.7 t) und befahrbaren Stahlbetondeckeln. Eine wasserdichte Abdichtung dieser Deckel ist nicht vorgesehen, da sie nur zu einem Aufbau eines Innendruckes durch die im Rechteckkanal mitgeführte Luft führen könnte.

Ein Schacht mit Pumpensumpf für die Entleerung des Rechteckkanales, der gleichzeitig Revisionszugang ist, wird auf der linken Kanalseite vorgesehen. Eine Öffnung in der Kanalwand ermöglicht bei eingesetzten Dammbalken den Zugang in den Rechteckkanal.

In den beiden seitlich angeordneten Zugangsschächten (Revisionszugang mit Pumpensumpf auf der nördlichen Seite, Reserveschacht auf der südlichen Seite) wird ein Gitterrost als Zwischenniveau und Spritzschutz vorgesehen. Der Einstieg erfolgt bei beiden Zugangsschächten über einen Einstiegsdeckel sowie eine Leiter im Schacht.

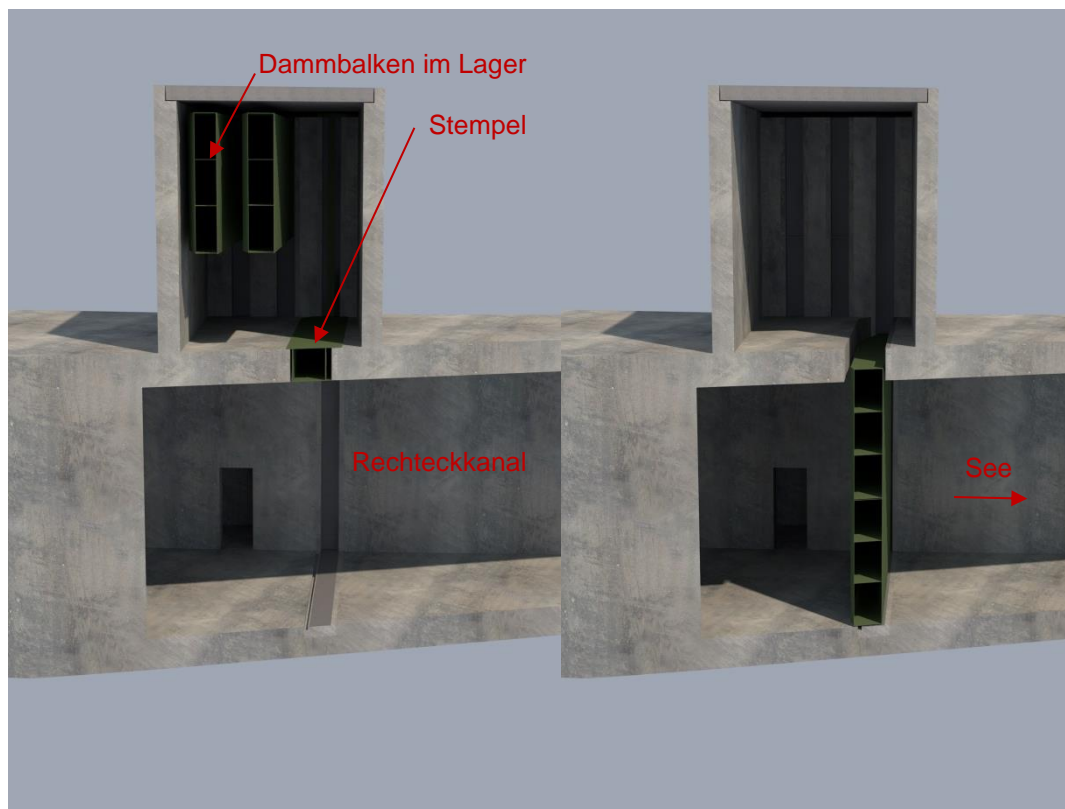


Abbildung 4.17: Schnitt durch Dammbalkenschacht und Revisionszugang, Dammbalken in Lagerposition (links) und Dammbalken eingesetzt (rechts)

4.3.5.2 Nadelverschluss

Wenn der Abschnitt zwischen Dammbalkenabschluss und Mündungsbauwerk begangen werden muss, besteht die Möglichkeit an der Seeseite Nadeln zu versetzen. Am Mündungsbauwerk werden dafür entsprechende Nuten vorgesehen, damit bei Bedarf ein wasserdichter Abschluss erstellt werden kann. Dies kann mit handelsüblichen Spundbohlen erfolgen z.B. Typ PU28, die erst im Bedarfsfall beschafft werden.

4.3.6 Zugang und Ersatz Garagenplätze für Private

Beim Auslaufbauwerk ist ein Zugang in die Toskammer bzw. den Entlastungsstollen vorgesehen. Dieser ist über den Vorplatz direkt ab der Seestrasse erreichbar. Da die Platzverhältnisse durch den Neubau der ARA Zimmerberg auf der südlichen Seite der Toskammer begrenzt sind, wird der Zugang zum Entlastungsstollen auf der nördlichen Seite vorgesehen. Dadurch wird die Parzelle Kat.-Nr. 8838 (Herr F. Müller) teilweise unterirdisch beansprucht. Ausserdem ist für die Anwohner D. Fruchi und A. Demarmels (Eigentümer der Parzelle Kat.-Nr. 9531) ein Ersatz ihrer Garagenplätze vorzusehen.

Der befahrbare Zugang in den Entlastungsstollen ist nördlich der Toskammer angeordnet und das Portal ist in den Hang eingepasst. Die Abmessungen des Portaltors mit 3.10 m x 4.20 m ist auf das Lichtraumprofil eines Lastwagens abgestimmt. In der Wand zwischen Zufahrt und Toskammer ist ein Panzertor 5.00 m x 4.20 m vorgesehen. Damit ist gewährleistet, dass im Bedarfsfall (Revisionen, Inspektion) ein Fahrzeug der Grösse eines PW resp. Lieferwagens in den Entlastungsstollen fahren kann. Wenn ein Lastwagen in den Entlastungsstollen fahren muss (Schadenfall, Instandsetzung), ist ein Wandabbruch an vordefinierter Stelle notwendig.

Das allfällige Leck- und Sickerwasser der Zufahrt wird mittels befahrbaren Einlaufrinnen und entsprechenden Neigungen der Bodenplatte beim Tiefpunkt vor dem Panzertor gesammelt und in die Kanalisation eingeleitet.

In der Toskammer wird auf fixe Kraninstallationen verzichtet, da diese durch Spritzwasser beim Stollenbetrieb sehr wahrscheinlich beschädigt wird. Stattdessen kann eine an der Decke befestigte Kranschiene vorgesehen und bei Bedarf ein Kran montiert werden.

4.3.7 Zugänge für Anwohner

Der Zugang zur Parzelle Kat.-Nr. 9993 (Frau und Herr Fruchi) erfolgt heute über eine Aussentreppe, die im Bauperimeter des Auslaufbauwerks liegt. Die Aussentreppe muss sowohl im Bau- als auch im Endzustand ersetzt werden. Im Endzustand wird die bestehende Aussentreppe in angepasster Form wiederhergestellt. Als neuer Zugang zur Parzelle Kat.-Nr. 9993 wird von den Eigentümern ein Lift geplant (privates Drittprojekt). Sollte der Lift realisiert werden können, ist der entsprechende Liftschacht am Ende des Zugangs zum Entlastungsstollen vorgesehen.

4.3.8 Ausrüstung des Bauwerks

Als Ausrüstung des Bauwerks sind folgende Anlagenteile vorgesehen:

- Beleuchtung und Elektroanschlüsse Zugangsstollen
- Frischwasseranschluss im Zugang
- Beleuchtung Toskammer über dem Wasserspiegel
- Kamera Auslaufbauwerk: 1 × Toskammer Auslaufbauwerk, 1 × Mündungsbereich im Zürichsee
- Elektroanschluss Dammbalkenlager/ Pumpenschacht
- Metallbau- und Spenglerarbeiten: Panzertor, Türen, Tore, Deckel, Geländer, etc.
- Brandschutz- und Alarmanlage (Zutrittsschutz)
- Anschlüsse Kommunikation, redundante Verbindungen (Kabel und Mobilfunk/GSM)
- Ableitung Sickerwasser in Zugang und Platzentwässerung
- Mobile Pumpenanlage für Entleerung Rechteckkanal und Toskammer

4.3.9 Foundation und Tragwerkskonzept

Das Auslaufbauwerk ist in folgende Felder unterteilt (siehe Abbildung 4.18):

- Feld Hang
- Feld Strasse
- Feld Strandbad

- **Feld See**

Nachfolgend sind die baulichen Strukturen pro Feld und deren Tragwerkssystem umschrieben.

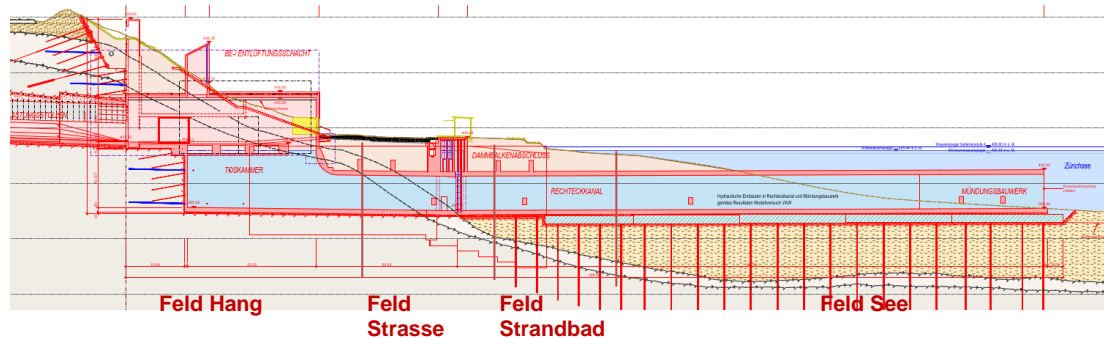


Abbildung 4.18: Längsschnitt durch das Auslaufbauwerk

4.3.9.1 **Feld Hang**

Im Feld Hang ist das Auslaufbauwerk direkt auf Fels (obere Süsswassermolasse) fundiert. Die im Fels zu liegen kommenden Baugrubenwände werden möglichst vertikal ausgeführt und mit Spritzbeton und Ankern gesicherten. So können die Aussenwände der Toskammer einhäutig geschalt und direkt gegen den Felsen betoniert werden. Damit sind die Wände im unteren Teil des Bauwerks nicht noch zusätzlich durch den Erddruck einer Hinterfüllung belastet. Neben dem Wasserdruck wurde ein Auflockerungsdruck infolge Bildung von Kluftkörpern im Fels berücksichtigt. Als Belastung wurde dabei die Fliesslast der zur Felssicherung dienenden Nägel angesetzt. Der obere Teil des Bauwerks liegt teilweise im Lockergestein bzw. oberhalb der Terrainoberfläche. Nach Abschluss der Betonarbeiten wird das Bauwerk, wo nötig, hinterfüllt und überschüttet. Wände und Decken im oberen Teil des Bauwerks werden deshalb vor allem durch Erddruck und Erdauflasten beansprucht. Das Tragwerk wird mit Scheiben und Platten modelliert. Querstreben, Wand- und Deckenelemente (je nach Ausführungsvariante der Toskammer) dienen als Zwischenabstützung der sehr hohen und langen Aussenwände.

4.3.9.2 **Feld Strasse und Feld Strandbad**

In den Feldern Strasse und Strandbad ist das Auslaufbauwerk teilweise auf Fels, teilweise auf Lockergestein fundiert. Die Fundation des Bauwerks im Lockergesteinsbereich (glaziale Seeablagerungen) erfolgt als Flachfundation. Als Baugrubenabschluss dienen überschneitene Bohrpfahlwände.

Im Bereich Strasse sowie im Feld Strandbad beim Dammbalkenverschluss wird das Bauwerk direkt gegen die Bohrpfahlwand betoniert. Die Bohrpfahlwände werden auch für den Endzustand zur Aufnahme der Erddruckkräfte berücksichtigt. Der Rechteckkanal trägt damit nur die Erdauflasten und die Wasserdrücke. Das Tragwerk des Rechteckkanals wird als Rahmen modelliert.

Im Bereich des Abschnitts Strandbad liegt der Rechteckkanal innerhalb der Baugrube und kann deshalb nicht gegen die Bohrpfahlwand betoniert werden. Der Rechteckkanal ist in diesem Bereich zusätzlich auf einen Hinterfüllungserddruck zu dimensionieren.

4.3.9.3 **Feld See**

Im Feld See kommt das Auslaufbauwerk komplett im Lockergestein (Seekreide und glaziale Seeablagerungen) zu liegen. Als Baugrubenabschlüsse kommen gespriesste Spundwände zum Einsatz. Das Auslaufbauwerk ist auf Mikropfählen gegründet. Diese dienen einerseits zum Abtrag des Eigengewichts des Bauwerks und allfälliger Auflasten (z.B. Aufbauten). Andererseits sichern die Mikropfähle das im Unterhaltsfall trockengelegte Bauwerk gegen Auftrieb. Der Rechteckkanal wird durch Wasserdruck, Erddruck, Erdauflasten sowie durch allfällige späteren Auflasten belastet. Das Tragwerk des Rechteckkanals wird als Rahmen modelliert. Die Mikropfähle werden statisch günstig direkt unter den Wandscheiben und in der Mittelachse des Rechteckkanals angeordnet.

4.3.10 Gestaltung und Umgebung

Das Auslaufbauwerk kommt in der Uferbebauung von Thalwil zu liegen. Teile des Auslaufbauwerkes, das Tosbecken und der Entlüftungskamin werden, unmittelbar neben der bestehenden und künftig erweiterten ARA liegend, Teil der neuen Uferfront Thalwils und sind gut sichtbar. Im Endzustand kaum in Erscheinung treten wird der unter der Seestrasse in den Zürichsee führende Rechteckkanal.

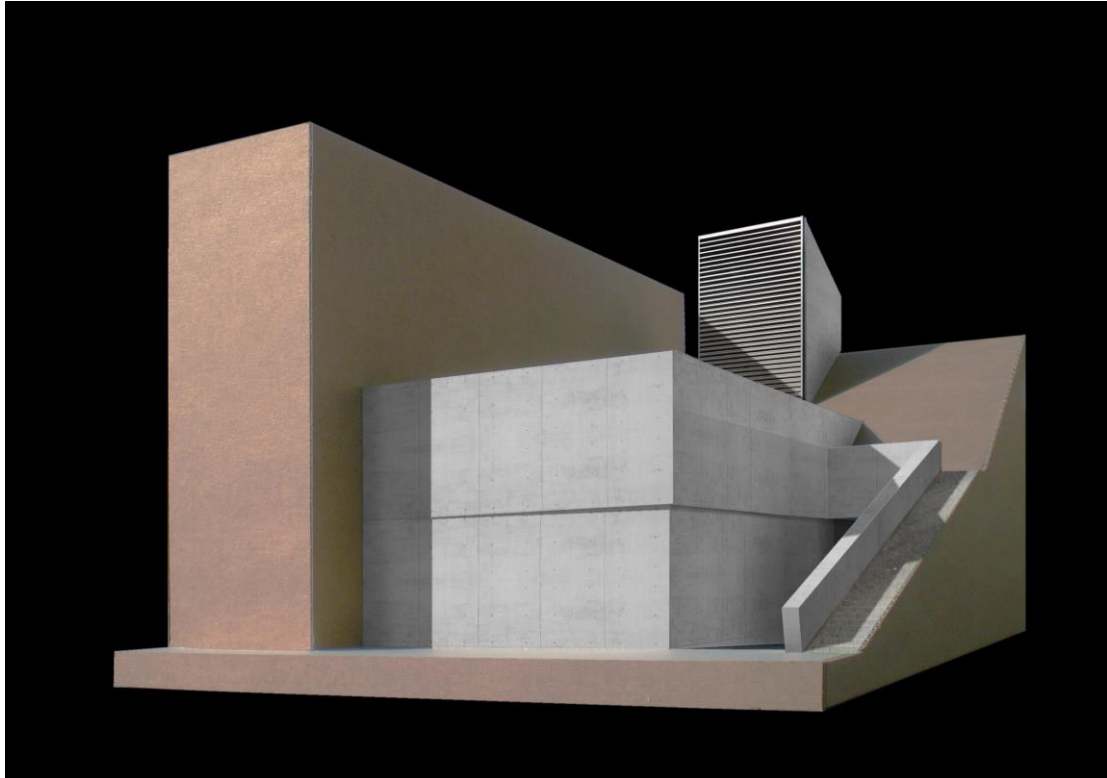


Abbildung 4.19: Visualisierung sichtbare Teile Auslaufbauwerk, links anschliessend ausgebaute ARA Zimmerberg (nur einen Teil als Volumen dargestellt ohne Materialisierung, Öffnungen etc.)

4.3.11 Liftschacht (privates Drittprojekt)

Herr und Frau Fruchi, Eigentümer der Parzelle Kat.-Nr. 9993, planen einen Liftzugang vom Zugang des Auslaufbauwerks zu ihrer Liegenschaft. Die Baugrube für das Auslaufbauwerk bietet hier die Möglichkeit einen Lift zu erstellen, ohne dass dafür die Baugrube vergrössert werden muss. Der Rohbau dieses Bauwerks wird im Rahmen der Realisierung des Entlastungsstollens Thalwil durch den Unternehmer Los 1 erstellt und dem Eigentümer der Parzelle Kat.-Nr. 9993 in Rechnung gestellt.

5 Bauphase

5.1 Übergeordneter Bauablauf und Bauprogramm

Im Dokument C3.3 ist ein Projektterminplan in Form eines Balkendiagrammes enthalten resp. dargestellt. Das Balkendiagramm zeigt einen möglichen Ablauf für die Realisierung des gesamten Bauvorhabens mit der geschätzten Dauer für die verschiedenen Arbeiten. Dieses Programm ist informativ und kann sich je nach Vorgehensweise des ausführenden Unternehmers noch ändern.

Nach dem Baustart wird sowohl beim Ein- als auch beim Auslaufbauwerk mit den Installationen begonnen. Beim Einlaufbauwerk werden die Baugrubenabschlüsse erstellt, damit im An-

schluss die TBM installiert und mit dem Vortrieb begonnen werden kann. Beim Auslaufbauwerk wird auf den Baufeldern Strandbad und See mit den Arbeiten begonnen (Bauzustand 1) und etwas später mit dem Voreinschnitt und dem Gegenvortrieb.

Nach Abschluss des Vortriebes erfolgen beim Einlaufbauwerk die Betonarbeiten. Beim Auslaufbauwerk folgen nach Demontage und Abtransport der TBM die Aushub- und Betonarbeiten im Feld Hang und Strasse.

5.2 Übergeordnete Baustelleninstallation und Erschliessung

Beim Einlaufbauwerk befindet sich der Hauptinstallationsplatz, weil hier vergleichsweise viel Platz für die Materialbewirtschaftung vorhanden ist. Zudem kann die SZU-Bahnlinie für den Abtransport des Ausbruchmaterials genutzt werden. Ein grosser Vorteil ist auch, dass die Region des Einlaufbauwerks kaum besiedelt ist und somit nur wenige Menschen durch die Bautätigkeit gestört werden (siehe Abschnitt 5.4.1). Der Vortrieb des Entlastungsstollens erfolgt vom Einlaufbauwerk aus, fallend in Richtung Auslaufbauwerk. Das vorgesehene Installationskonzept ist in Abschnitt 5.3.3 beschrieben und auf Plan 41-119 dargestellt.

Die verfügbaren Flächen beim Auslaufbauwerk sind sehr knapp. Daher muss hier in mehreren Etappen gearbeitet werden. Die vorgesehenen Installationen sind in Abschnitt 5.5.4 beschrieben und auf den Plänen 41-308 bis 41-310 dargestellt.

Die Erschliessung der Baustelle beim Ein- und Auslaufbauwerk erfolgt über das öffentliche Bahn- und Strassennetz. Beim Einlaufbauwerk wird der Installationsplatz ab dem bestehenden Parkplatz neben der Sihltalstrasse erschlossen. Eine temporäre Baubrücke über die Sihl erschliesst die Baustelle auf der gegenüberliegenden Flussseite. Das direkt neben dem Einlaufbauwerk liegende Bahnlinie der SZU soll – wie bereits erwähnt – für den Abtransport des Ausbruchmaterials genutzt werden.

Die Baustelle beim Auslaufbauwerk wird über die Seestrasse, sowie mit Pontons und Schiffen über den Zürichsee erschlossen. Der Wasserweg über den Zürichsee kann allenfalls für den Abtransport von Aushubmaterial vom Feld See sowie für den Antransport der langen Spundbohlen und Stahlträger für die Spriessungen und Gurtungen genutzt werden.

5.3 Einlaufbauwerk

5.3.1 Bauablauf und Bauphasen

Die Arbeiten beim Einlaufbauwerk (EBW) beginnen mit dem Erstellen der Installationsplätze und des temporären Zugangs zum Baufeld vom Westufer aus. Ab dem bestehenden Unterhaltsplatz wird eine Bauzufahrt mit einer Hilfsbrücke über die Sihl erstellt. Nach der Schaffung des Zugangs kann mit den effektiven Baustellentätigkeiten zur Erstellung des Bauwerks am linken Sihlufer begonnen werden. Der gesamte Bauablauf beim Einlaufbauwerk lässt sich in 12 Bauphasen gliedern (siehe Plan 41-118):

Phase 1 Vorlose

Die Bautätigkeiten für das Einlaufbauwerk starten mit den Rodungen der beiden Waldflächen am Westufer, sowie der Rodung der Uferbestockung am Ostufer. Ebenfalls als Vorlos in dieser ersten Phase werden die Umlegungsarbeiten von bestehenden Werkleitungen und die Erschliessung mit neuen Werkleitungen für die Baustellenversorgung (Spülbohrungen) ausgeführt.

Phase 2 Installationen Westufer und Erschliessung Baufeld

Auf den verfügbaren Flächen können westufig die Installationen des Unternehmers eingerichtet werden. Für die Schaffung des Zugangs zum Baufeld wird vom Westufer aus zuerst an beiden Ufern eine Aufschüttung in das heutige Sihl-Gerinne mit wasserseitiger Sicherung (Blocksatz) ausgeführt. Die Aufschüttungen dienen als Widerlager der temporären Zugangsbrücke.

Phase 3 Vorbereitung Baufeld und Gewässeraufweitung

Nach Erschliessung des Baufelds werden Ober- und Unterboden auf einer Fläche von rund 9'000 m² abgetragen und die Zwischenlager erstellt.

Zeitgleich wird die linksufrige Gewässeraufweitung ausgeführt. Die natürliche, bestehende Gerinneböschung wird bis auf die Gewässersohle abgetragen und das Sihl-Gerinne um bis zu 15 m landeinwärts (westseitig) verschoben, um die Durchflusskapazität für ein HQ₁₀₀ (Bemessungsfall Baugrubensicherung) zu gewährleisten.

Die neue Böschung werden mit einer Neigung 2:3 ausgebildet und im Fussbereich mittels Blocksatz geschützt. Es entsteht eine hydraulisch erforderliche Gerinnebreite von Böschungsfuss bis Aussenkante Fangedamm von 18.5 m an der engsten Stelle. Die Böschungsausbildung mit Neigung 2:3 bedingt in zwei Bereichen kleine Aufschüttungen bis auf das gewachsene Terrain.

Im Zuge der Gerinneverbreiterung ist die Erstellung des westlichen Teils der Sohlschwellen geplant.

Phase 4 Baugrubensicherung

In dieser Phase wird der Fangedamm als wasserseitiger Baugrubenabschluss sowie die Schottwand (Abtrennung Grundwasserleiter [Sihlschotter] und Unterbindung Zuströmung Grundwasser aus der Sihl) erstellt.

Die zusätzlich vorgesehene Bauzufahrt 3 (vgl. Planbeilage Baugrubensicherung Situation 41-115) für die Erschliessung des Baufelds von der Nordseite her wird bis zum Portalbereich erstellt. Hier ist auf Horizont des gewachsenen Terrains (≈ 476.0 m ü.M.) eine Installations- und Lagerfläche für die Spundwandarbeiten Portalbereich einzurichten. Die Spundwände für die Sicherung des Aushubs im Portalbereich (Abwicklungslänge L ≈ 100 m) werden rund 8.0 m tief, abgestuft auf das gegen Osten ansteigende gewachsene Terrain bis auf den Horizont der verwitterten Molasse eingerammt.

Im Bereich der Querung der SZU-Bahnlinie, muss während einem temporären Bahnunterbruch vorgängig der Gleisausbau, sowie die Erstellung der Widerlager für die Bahnhilfsbrücke und der Einbau der Bahnhilfsbrücke mit anschliessender Gleisinstandsetzung ausgeführt werden. Die Gleisbauarbeiten erfolgen durch die SZU.

Der Gleisausbau, die Spundwandarbeiten und die Wiederinstandsetzung des Gleises im Bereich der Schottwandquerung werden ebenfalls im gleichen Bahnbetriebsunterbruch erstellt.

Temporärer Unterbruch Bahnbetrieb: ≈ 20 Tage

Phase 5 Aushub Bereich Süd + Bauzufahrten

Nach der Fertigstellung der wasser- und hangseitigen Baugrubensicherung, wird mit den Aushubarbeiten im Lockergestein begonnen. Hier werden zuerst die Bauzufahrt 1 bis auf eine festgelegte Höhe zur Gewährleistung der Befahrbarkeit mit dem Raupenkran (für die Installation der TBM) ausgehoben. Der Lockergesteinsaushub und Regelaufbau der Bauzufahrt 2 mit gleichem Längsgefälle ausgeführt.

Der Lockergesteinsaushub im Portalbereich zieht die etappenweise Ausführung der Verankerung der Spundwände im Flügelwandbereich und die Erstellung der Spriesskränze im Spundwandkasten im Bereich Bahnunterquerung (vgl. Planbeilage Baugrubensicherung Schnitte und Details 41-116) mit sich.

Bei Erreichen der Felsoberfläche (etwa 471 m ü.M.) wird ab Felsaushubhöhe von 2.0 m eine Felssicherung mittels Verdübelung mit Felsnägeln und netzbewehrter Spritzbetonhaut erstellt.

Vor Abtiefen des Felsaushubs im Bereich Installationsfeld TBM (Sammelkanal des Einlaufbauwerks) wird der Stützriegel zur Sicherung der Felskante im Kopfbereich am Rand der Standortfläche für den Raupenkran erstellt (Stahlbetonriegel, rückverankert mit Felsnägeln).

An der Ostseite werden auf Oberfläche der gesunden, standfesten Molasse die Sickergräben mit Drainageleitungen erstellt und die freien Böschungen mit Erosionsschutz abgedeckt.

Phase 6 Vorausbuch Startbereich Stollenvortrieb

In dieser Phase erfolgt der Transport der Teilschnittmaschine über die fertiggestellte Bauzufahrt 2 für den Ausbruch der Startröhre. Vorgängig wird der Startbereich mittels Rohrschirm/Spiessschirm gesichert.

Zeitgleich werden im Bereich Nordwest der Felsaushub für die Foundation von Grobrechen/Tauchwand, Wehrboden und -rücken und Kontrollgang, Zugangsgebäudeteil Nord ausgehoben. Die Foundation der Leitwand Unterwasser kann ebenfalls in dieser Arbeitsphase erstellt werden.

Von der Nordseite her (Zugang über Bauzufahrt 1) ist die Bauzufahrt 3 fertigzustellen.

Zur Fassung von anfallendem Hangwasser und Grundwasser, muss in dieser Phase die Verbindung und Ableitung der Sickergräben auf Seite Ost und entlang des Fangedamms und die Ableitung in den Vorfluter erstellt werden. Das Absetzbecken zur Behandlung des getrübbten, nicht verschmutzten Sickerwassers wird idealerweise in der Bauwerksecke Nordost eingerichtet.

Phase 7 Installation TBM

Über die Bauzufahrt 1 (minimale Durchfahrtsbreite $B_{\min} = 10.0$ m, maximale Längsneigung $i_{\max} = 12\%$) erfolgt der Transport des (komplett zusammengebauten) Raupenkrans auf die vorbereitete Standortfläche in die Baugrube. Von der Standortfläche Raupenkran (an der nördlichen Flügelwand Portalbereich) kann der Raupenkran die Installation der TBM und des Nachläufers (NL) durchführen.

Phase 8 Stollenvortrieb und Betonarbeiten Feld Nord

Die Installationsphase der TBM ist abgeschlossen und der Stollenvortrieb wird gestartet.

Nach Start des TBM-Vortriebs wird der Einbau der Elementbrücke auf vorgängig vorbereiteten Stahlbeton-Widerlagern ausgeführt und somit die Bauzufahrt 3 komplettiert.

Ebenfalls in dieser Phase werden der noch ausstehende Felsaushub vom Sammelbecken Nord, welcher nach Abzug Raupenkran gestartet werden kann, sowie die Stahlbetonarbeiten für die Bauwerksteile im nördlichen Bereich bis zum Portalbereich ausgeführt.

Phase 9 Betonarbeiten Feld Süd

Diese Phase wird erst nach Abschluss des Stollenvortriebs ausgeführt.

In dieser Phase werden die Stahlbetonarbeiten des Einlaufbauwerks vom südlichen Teil her (ab Portalbereich) ausgeführt.

Im Schutze des Fangedamms werden die beiden seitlichen Anschlussbereiche mit der Leitwand Oberwasser und der weiterführenden Uferböschung Süd erstellt. Somit können sämtliche Betonierarbeiten innerhalb der geschlossenen Baugrube ausgeführt und abgeschlossen werden.

Phase 10 Innenausbau EBW, Hinterfüllung und Rückbau Baugrubensicherung Ost-seite

Mit dem etappenweisen Hinterfüllen des Einlaufbauwerks werden die Verankerungslagen der Flügelwände, sowie die Spriessungen im Spundwandkasten beim Portalbereich etappenweise ausgebaut.

Anschliessend können die Elementbrücke von Bauzufahrt 3, sowie die Bahnhilfsbrücke im Portalbereich rückgebaut werden, wofür der Bahnbetrieb zu unterbrechen ist. Während des Bahnbetriebsunterbruchs (Dauer ≈ 5 Tage) werden die Bahnquerungsabschnitte der Schottwand sowie das nördliche Ende des Fangedamms rückgebaut. In allen drei Bereichen wird das Gleis im selben Unterbruch wieder instandgesetzt.

Nach dem Ziehen der Spundwände im Portalbereich und der erfolgten Hinterfüllung bis auf Kote 474.0 m ü.M. wird das Betriebsgebäude erstellt.

Mit der Ausführung des Rampenbereichs an die Leitwand Unterwasser als nördlicher Abschluss ist Einlaufbauwerk vollständig hinterfüllt und für die Endgestaltung vorbereitet.

Phase 11 Rückbau Fangedamm und Wasserbauelemente

In dieser Phase wird der Fangedamm von der Nordseite her rückgebaut.

Gleichzeitig werden die Auffüllung und Terraingestaltung sowie die Ufersicherung mittels Blocksatz linksufrig, südlich der Zugangsbrücke erstellt (vgl. Planbeilage Bauphasenplan 41-118). Weiter werden auf der rechtsufrigen Seite die Uferböschung gestaltet und der Uferschutz zwischen dem bestehenden Blocksatz des Schwemmholzrechens Sihl und der innerhalb des Fangedamms ausgeführten Uferböschung (Blocksatz) erstellt.

Nach erfolgtem Rückbau des nördlichen Drittels des Fangedamms, kann mittels temporärem Schutzdamm und Baupiste der östliche, ans Einlaufbauwerk angrenzende Teil der beiden Sohlschwellen ausgeführt werden (vgl. Planbeilage Detailplan Sohlschwellen 41-114).

Phase 12 Endgestaltung Ufer, Erstellung Zufahrten

In der letzten Bauphase kann die Endgestaltung der linksufrigen Böschung nördlich der temporären Zugangsbrücke erstellt werden (vgl. Planbeilage Detailplan Sohlschwellen 41-114).

Nach Abschluss der Installationsarbeiten der Nebenunternehmer (Lose 2-6) kann der Rückbau der Zugangsbrücke erfolgen. Anschliessend können linksufrig die Zufahrt für den Unterhalt erstellt und rechtsufrig die Uferböschung mittels Blocksatz fertiggestellt werden. Schliesslich folgen die Erstellung der Zufahrten für Betrieb und Unterhalt sowie der Zugang zum Rechen für die Reinigung, sowie die Bestockung und die Endgestaltung des Geländes.

Die Arbeiten der Sohlschwellen müssen ausserhalb der Fischeschonzeit ausgeführt werden.

5.3.2 Baugruben

5.3.2.1 Baugrubensicherung wasserseitig

Konstruktion Kastenfangedamm

Die wasserseitige Baugrubensicherung mittels Kastenfangedamm wird über rund 220 m Länge erstellt. Hierzu wird vorgängig ein temporärer Hilfsdamm geschüttet, auf welchem die Spundwandarbeiten ausgeführt werden. Die Aufschüttung des Hilfsdamms wird idealerweise gleich mit dem definitiven Füllmaterial des Fangedamms ausgeführt. Die restliche Auffüllung wird mit anfallendem Sihlschotter und mit Auffüllmaterial im Kopfbereich aus dem Baugrubenaushub erstellt. An das Auffüllmaterial im Kopfbereich sind, ausser der Vorgabe keine organischen Bestandteile aufzuweisen, keine spezifischen Qualitäts- oder Zusammensetzungsanforderungen gestellt.

Im Fussbereich des Fangedamms muss ein hochdurchlässiger Keilkörper mit Sickerkies 16/32 mm geschüttet werden. Darüber wird die Auffüllung mit Sihlschotter ausgeführt, wobei im Vorfeld Holzreste und/oder Fremdstoffe aus dem Sihlschotter zu entfernen sind.

Die Konstruktion wird aus zwei Spundwandseiten mit Profiltyp PU22 (S355) erstellt. Die Spundbohle sind bis zur maximal möglichen Einbringtiefe in die Verwitterungszone der Molasse oder bis auf den gesunden Molassefels zu rammen. Ausführungstechnisch ist in der verwitterten, mürben Molasse (Schicht e) eine Einbindetiefe von 20 - 30 cm realistisch. Hingegen dürfte beim Antreffen von Rinnensandsteinen das Einrammen der Spundbohle nicht möglich sein. In gesundem Sand- oder Siltstein (Schicht f) wird eine Einbindetiefe von maximal 10 cm möglich. Alternativ können die Spundbohle direkt auf dem Fels stehen.

Die Spundwandseiten werden etappenweise verfüllt und mit leichtem Gerät verdichtet. Die innere Stabilität des Fangedamms wird durch Zugbänder aus Vollstahl-Zuggliedern mit Durchmesser Ø40 mm gewährleistet. Diese werden vertikal auf drei Ebenen (bei Fangedammhöhe 6.0 m) oder zwei Ebenen (bei Fangedammhöhe 4.5 m), angeordnet. In Spundbohlenmitte werden die Stahlglieder durch vorbereitete Löcher versetzt und auf der Aussen-seite auf Longarinen mittels Kopfplatte befestigt. Die Zugglieder bleiben ungespannt, werden aber kraftschlüssig auf den Longarinen festgezogen. Die Longarinen bestehen aus 2 UNP- oder UPE-Profilen 200 und gewährleisten die innere Stabilität und Torsionssteifigkeit des Fangedamms. Die Zugglieder werden in einem horizontalen Abstand von $a_h = 2.4$ m erstellt.

Zusätzlich sollen in regelmässigem Abstand von max. 20 m Querwände aus Spundwandprofilen erstellt werden. Das ermöglicht eine etappenweise Erstellung und einen etappenweisen Rückbau des Fangedamms. Der Dammkörper wird auf dem verwitterten Fels aufgebaut. Der Sihlschotter im Dammkörperbereich ist vorgängig auszuräumen/auszuheben.

Im Bereich Nord wird die horizontale Linienführung des Fangedamms abgelenkt und fast rechtwinklig zur Bahnlinie bis an den Sicherheitsperimeter der SZU geführt. Zwischen der Stirnseite des Fangedamms und bestehenden Stützmauer der SZU (Natursteinmauer) verbleibt ein Zwischenraum, der mit dichtendem Material auszufüllen ist.

Entwässerung Fangedamm

Durch das Einrammen bzw. Aufsitzen auf dem verwitterten oder gesunden Molassefels entsteht am Fangedammfuss eine versetzte Fusslinie, welche potentiell Lücken und Versätze offenlässt. In diesem Fall wird der Fangedammfuss als nicht dicht angenommen, wobei das einsickernde Sihl-Wasser den Fangedammkörper durchströmen und gegebenenfalls auffüllen kann. Das Funktionieren der Fussabdichtung könnte mit zementhaltigen Injektionen sichergestellt werden, wird aber im Gewässerschutzbereich nicht in Betracht gezogen.

Eine Sättigung des Auffüllmaterials und damit ein Verlust des Eigengewichts des Damms infolge Auftriebskräfte muss verhindert werden. Deshalb ist ein Entwässerungssystem für den Fangedamm vorgesehen. Der Fangedammkörper wird mit Filterbrunnen entwässert. Da die Sihl oft nur Niedrigwasserabfluss aufweist (Restwasserstrecke), sind die Filterbrunnen wahrscheinlich während einem Grossteil der Bauzeit ausser Betrieb.

Wie vorher erwähnt, wird der Fangedamm regelmässig mit Querwänden unterteilt. Dadurch entstehen abgeschottete, einzelne Kompartimente, die mit jeweils 2 Filterbrunnen entwässert werden können. Sollten widererwarten grössere Wassereinträge auftreten, werden durch die Querwände die restlichen Abschnitte des Fangedamms geschützt.

Die Filterbrunnen werden bis etwa 1.0 m unter die Unterkante Spundwände resp. OK Verwitterungszone bis in die gesunde Molasse eingebohrt, um mit dem Einbau eines Vollrohrstücks einen Schlammraum von 1.0 m Länge unterhalb der erforderlichen Entwässerungstrecke zu schaffen. Oberhalb wird ein Filterrohr aus Stahl mit 300 mm Durchmesser und Schlitzweite $s_w < 2.0$ mm eingebaut. Der vorgesehene Bohrdurchmesser beträgt 900 mm. Die Verfüllung des Ringraums wird mit Splitt oder Feinkies 4 - 8 mm ausgeführt.

Sämtliche Pumpen der Filterbrunnen sind an die Notstromversorgung anzubinden und stetig zu überwachen. Zusätzlich sind in den baugrubenseitigen Spundwänden Entwässerungsöffnungen vorgesehen. Im baugrubenseitigen Fussbereich ist unterhalb der Entwässerungsöffnungen ein Drainagegraben mit Sickerleitungen vorgesehen (Abbildung 5.1).

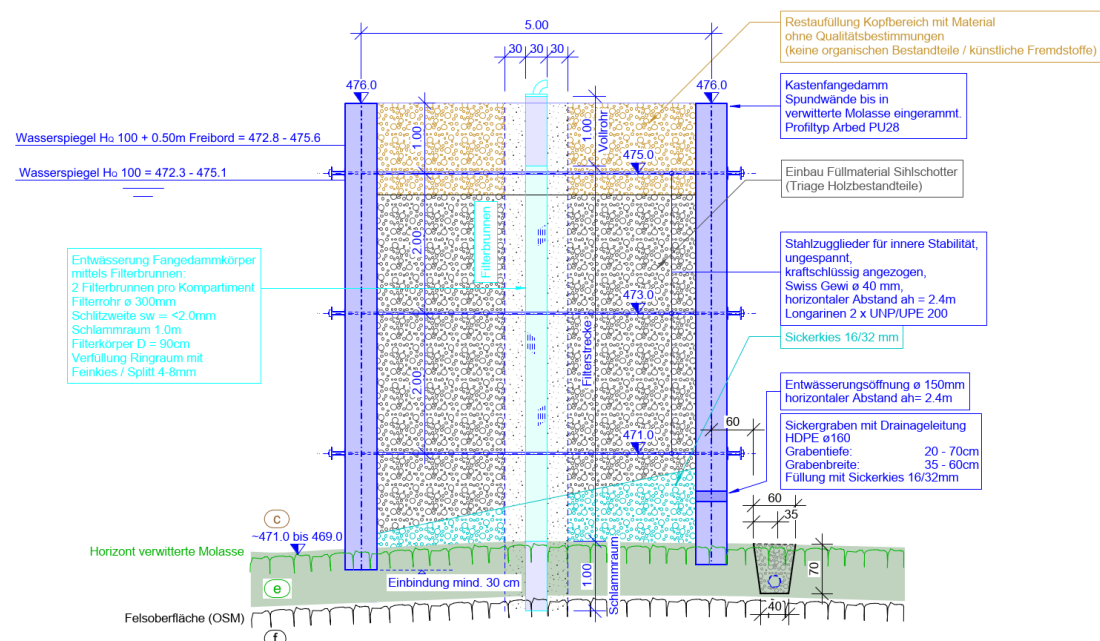


Abbildung 5.1: Systemschnitt Konstruktion Kastenfangedamm

Stabilitätsnachweise und Dimensionierung

Für die Nachweise der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit wurden die Einwirkungen Hochwasserfall HQ₁₀₀ und Windeinwirkung, sowie Kombinationen davon überprüft.

Die Erfüllung der Nachweise der Gesamtstabilität des Bauwerks (Grenzzustand Typ 2) – Nachweise Kippen und Gleiten – sind für den massgebenden Hochwasserspiegel HQ₁₀₀ und Windeinwirkungskombinationen erfüllt.

Die Nachweise der inneren Stabilität (Torsion, horizontales Auslenken Gesamtkonstruktion) sowie die Nachweise der Spundwandseiten (Spannungsnachweise Spundbohlen) und der Zugbänder sind geführt und für die obengenannten Systemkomponenten erfüllt.

5.3.2.2 Baugrubensicherung landseitig

Landseitig der geplanten Baugrube steht ein relativ grosser, freier Bereich bis zur Bahnlinie der SZU zur Verfügung. Der Lockergesteinaushub kann frei geböscht werden, sodass keine aufwändige Baugrubensicherung mit Spundwänden oder Bohrpfählen erforderlich wird. Unter Berücksichtigung des Bauprogramms stehen die ostseitigen Böschungen relativ lange offen und müssen dementsprechend geschützt/gesichert werden.

Die Böschungen an der Ostseite der Baugrube werden mit Neigung 2:3 ausgeführt. Als Schutz vor Ausschwemmung von Feinanteilen im Sihlschotter und Destabilisierung des Fussbereichs bei Wasseraustritten wird im unteren Böschungsbereich eine Sickerbetonschicht mit Stärke 10 - 15 cm auf die Böschung aufgebracht. Dieser Sickerbetonschutz wird bis über OK Sihlschotter eingebaut. Im oberen Bereich (Anschnitt Schwemmmablagerungen und künstliche Auffüllungen) wird eine ingenieurbioologische Böschungssicherung (Holzwollematten mit anschliessender Ansaat/Begrünung) vorgesehen.

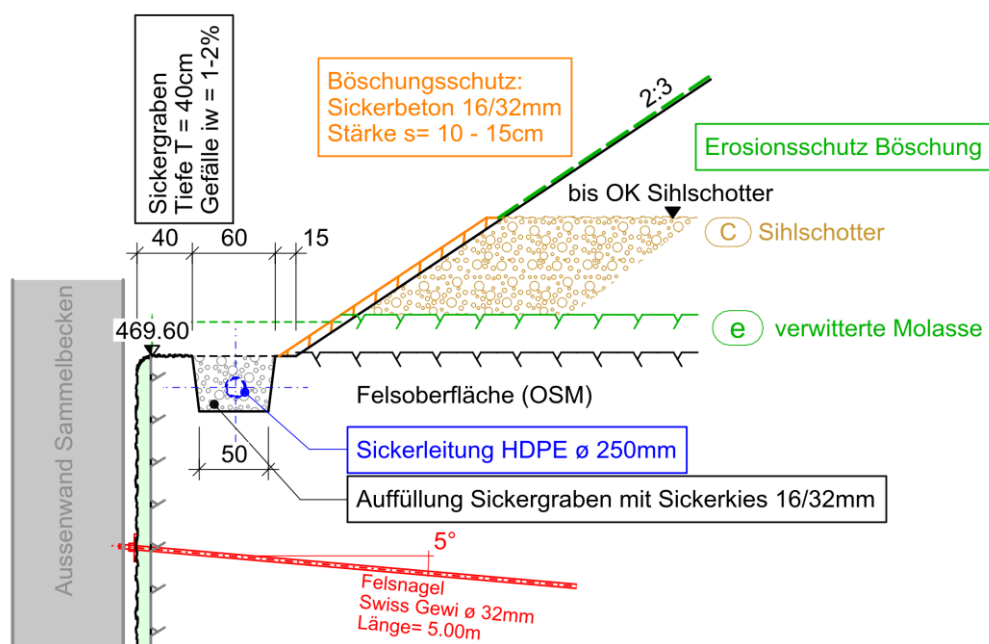


Abbildung 5.2: Systemschnitt freie Böschung Seite Ost

5.3.2.3 Felsaushub und Aushubflächen Bauwerksbereich EBW

Der Felsaushub wird möglichst senkrecht ausgeführt und mit einem Abstand von 20 cm zur Aussenkante des Betonbauwerks in vertikalen Etappen von maximal 2.0 m Höhe ausgebrochen. Die Sicherung der Felsoberfläche wird mit einer netzbewehrten Spritzbetonhaut (Typ SC 2-8, Stärke $s = 10$ cm, Bewehrungsnetz K335) und Felsnägeln (Verdübelung, horizontaler Abstand $a_h = 4.0$ m, vertikaler Abstand $a_v = 2.0$ m) mit Nägeln aus Vollstahlglied, $\varnothing 32$ mm gesichert. Die Felsnägeln sind ungespannt und werden mit einer Kopfplatte $25 \times 25 \times 2.0$ cm auf der Spritzbetonhaut befestigt.

In Bereichen wo das Einlaufbauwerk einhäutig direkt an die Felssicherung betoniert wird (vgl. Abbildung 5.2), werden die Nagelköpfe und Kopfplatten mit einem Korrosionsschutzanstrich geschützt. Hier wird ein Spritzbeton SC 4 - 8 mit einer höheren Druckfestigkeit und ein Bewehrungsnetz B524 eingesetzt, um eine qualitativ hochwertigere Schale an den Aussenwänden zu erhalten.

Die Felssicherung ist planerisch für alle Felsanschnitte über 1.8 m Höhe vorgesehen. Lokal kann, beim Auftreten von kompaktem und gut standfestem Sandstein, die Verdübelung im Raster aufgeweitet oder weggelassen werden. Eine enge geotechnische Begleitung vor Ort durch Geologen und Projektgenieur ist erforderlich.

Besonderes Augenmerk gilt dem sofortigen Witterungsschutz von offenstehenden Felsoberflächen. Insbesondere Siltstein und Mergelpartien dürfen nicht von Meteorwasser- und Frosteinflüssen betroffen werden. Es werden alle im Aushub befindlichen Felsoberflächen vertikal wie horizontal mit einer Schutzschicht aus Magerbeton (Stärke 10 cm) abgedeckt. Dies gilt auch für die Bauzufahrten wo die Magerbetonschicht als Witterungsschutz dient und anschliessend als Sauberkeitsschicht für den Aufbau des Bauwerks EBW verwendet werden kann. Allenfalls müssen beschädigte Stellen (insbesondere bei der Befahrung durch Schwergewichte (Raupekrane auf Bauzufahrt 1, Teilschnittmaschine auf Bauzufahrt 2) nachgebessert und wiederverfüllt werden.

Die Gefälle und Aushubkoten der Bauzufahrten und die Höhen von Standortfläche und Manövrierräumen des Raupekrans (für die Installation TBM) sind so projektiert, dass in den folgenden Bauabläufen keine Aufschüttungen/keine Abtragungen der Felsoberfläche für die Erreichung der Sohlenhöhen Bauwerk EBW ausgeführt werden müssen. Die einzubauende Schutzschicht von 10 cm Magerbeton kann folglich als Sauberkeitsschicht auf Höhe UK Bauwerksohle genutzt werden.

Systemschnitt Felsaushub und Felssicherung 1:20

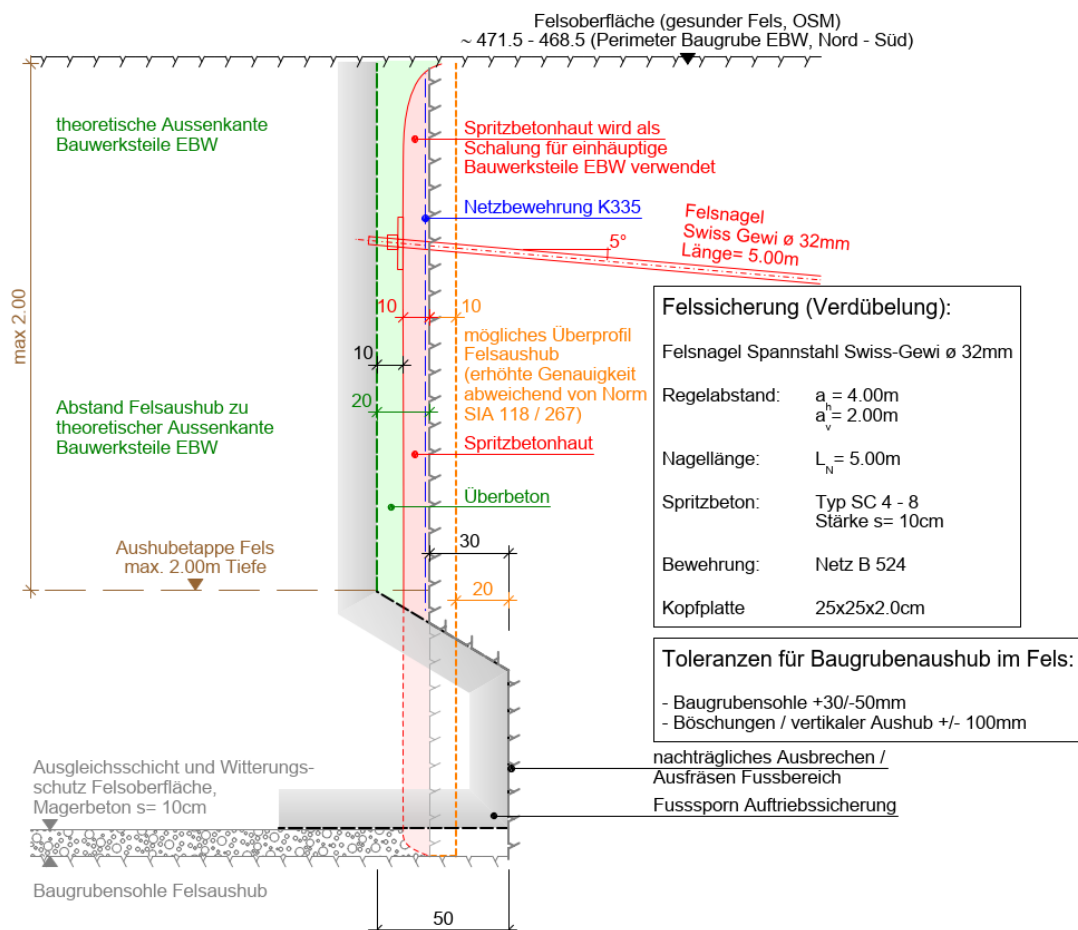


Abbildung 5.3: Systemschnitt Felsaushub und -sicherung

Schnitt 7, 1:100
Portalbereich

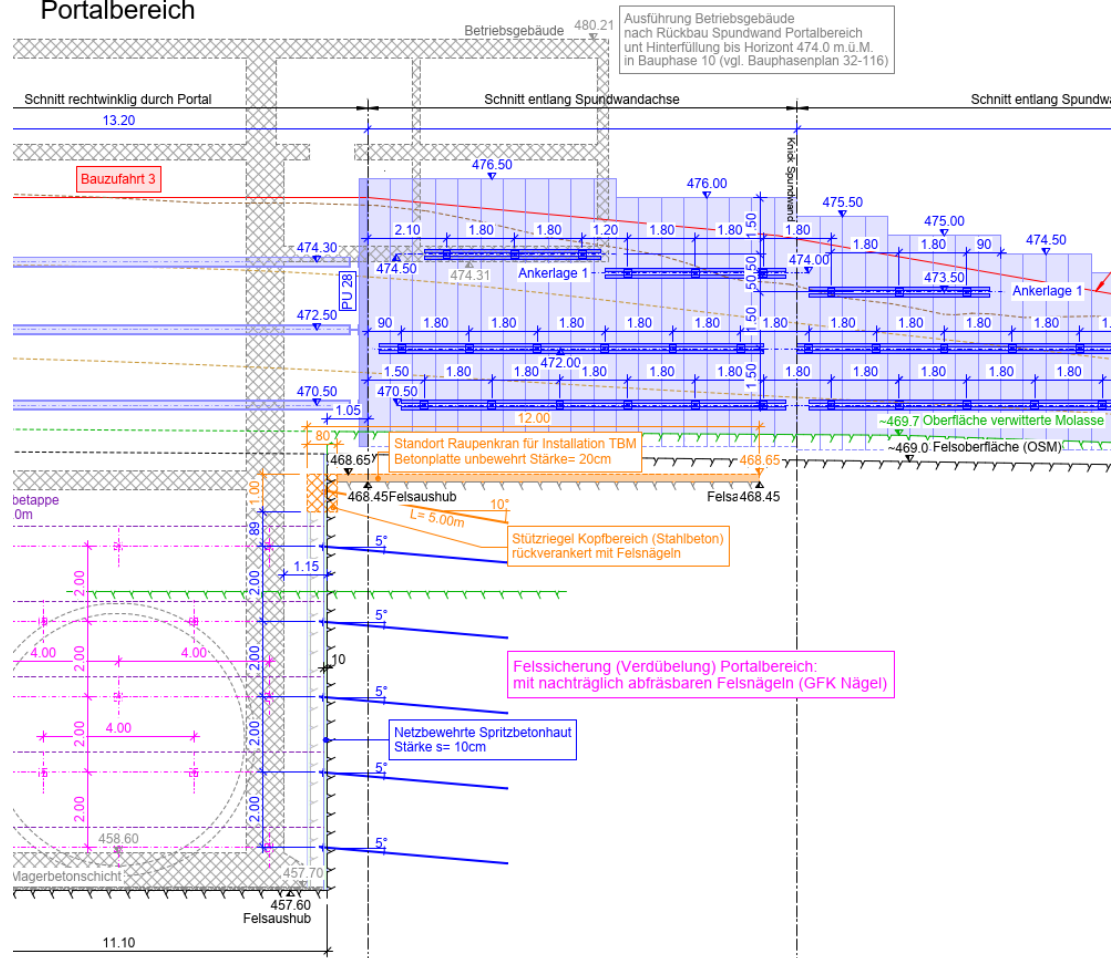


Abbildung 5.4: Schnitzauszug Standort Raupenkran mit Sicherung Felskante Kopfbereich

Auf der anderen Seite des Portalbereichs wird der Felsaushub bis auf den Horizont des gesunden Molassefels (≈ 468.5 m ü.M.) erstellt, um ein standfestes Felspodest zur Auflagerung des Kranfundaments (Baustellenkran) zu schaffen.

Schnitt 7, 1:100
Portalbereich

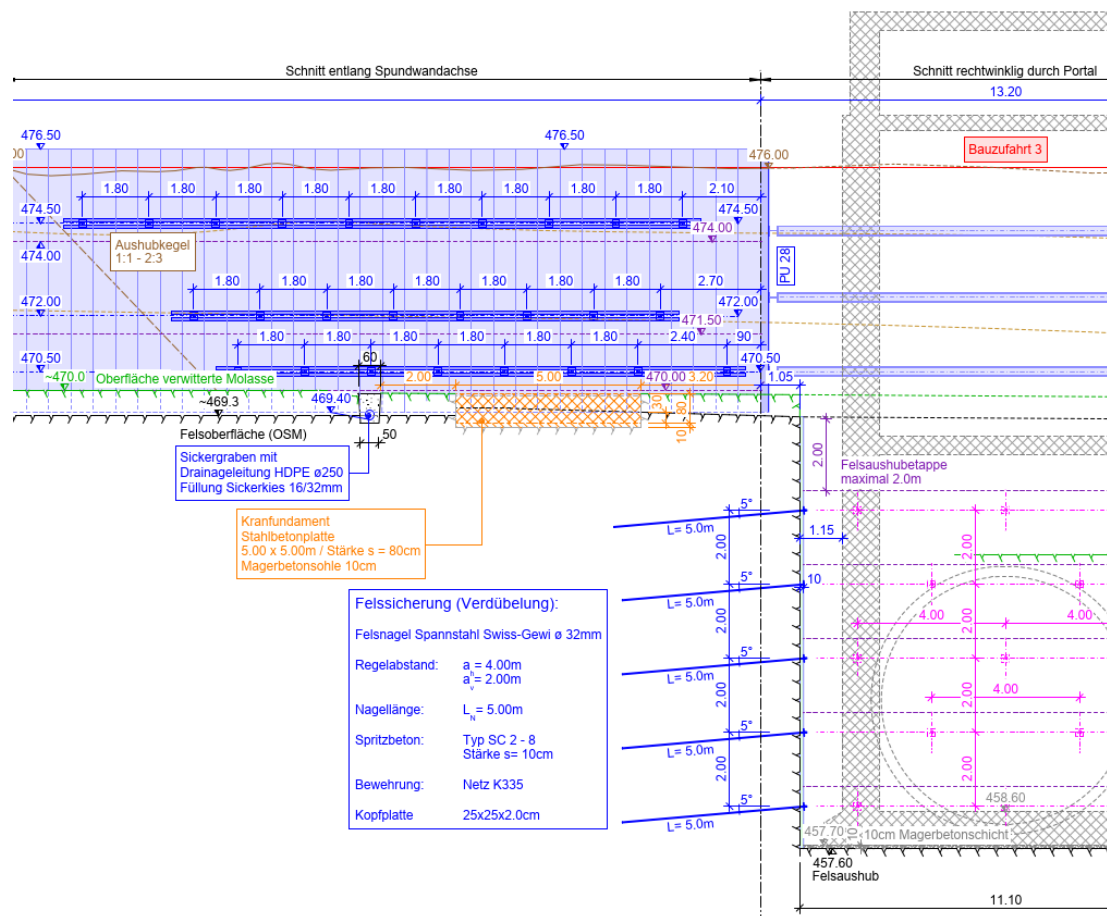


Abbildung 5.5: Schnitzauszug Standort Kranfundament, nördlicher Portalbereich

5.3.2.4 Baugrubensicherung Portalbereich

Der Profilübergang (Verzug) zwischen Drosselblende und Entlastungsstollen wird in offener Bauweise erstellt. Eine bergmännische Erstellung im Schutze eines Rohrschirmes wird aufgrund von möglichen Setzungen bei der SZU-Bahnlinie verworfen. Die Sicherung der Baugrube erfolgt in Form eines gespriessten Spundwandkastens. Im Bereich der Unterquerung der SZU-Bahnlinie ist der Einbau einer SBB-Hilfsbrücke vorgesehen. Aufgrund der Geometrie der SZU-Bahnlinie (Vollradius $R = 200$ m und bestehende Überhöhung von $\ddot{u} = 138$ mm), kann nur eine SBB-Hilfsbrücken des Typs 411.8 eingebaut werden. Die Hilfsbrücke reicht mit ihrer Länge von 12.5 m und einer Stützweite von 11.8 m nicht über die Seiten des Spundwandkastens mit der erforderlichen Breite von 13.20 m (Achsenabstand Spundwände) hinaus. Die Befahrbarkeit für diesen Hilfsbrückentyp ist auf 50 km/h beschränkt.

Es wird somit eine gegen die Baugrubenninnenseite auskragende Widerlagerlösung mittig aufgelagert auf die Spundwände und erdseitig aufgelagert auf je zwei Mikropfählen vorgesehen. Die Widerlager werden als Stahlbetonquader mit Abmessungen 2.6 x 3.0 x 1.2 m (Länge x Breite x Höhe) ausgebildet und direkt auf die Spundwände aufgelagert. Die Mikropfähle müssen aufgrund der quer zur Bahnachse verlaufenden Verankerung der Flügel-Spundwände mit einer Neigung von 20 - 23° aus der Vertikalen erstellt werden, um Konfliktpunkte und Doppelbelastungsbereiche zu verhindern.

Die Mikropfähle werden aufgrund der erhöhten Anforderungen an die Ausführungsgenauigkeit mit einer verrohrten Bohrung ausgeführt. Je nach Lastfall werden die Mikropfähle (Vollstahlglied $\varnothing 63.5$ mm) auf Druck oder auf Zug belastet und werden im Kopfbereich mit Spiralbewehrungsaufsatz beidseits der Kopfplatte eingebaut.

Während einem Bahnbetriebsunterbruch werden in einem ersten Schritt die Mikropfähle gebohrt und erstellt und der Spundwandkasten mit Höhenversatz im Bereich der Hilfsbrücke für

den späteren Aushub erstellt. Darauffolgend können die Widerlager über die Spundwandköpfe bewehrt und betoniert werden. Anschliessend kann die Hilfsbrücke eingehoben und die Gleise verlegt, zusammengeschlossen und ausgerichtet werden.



Abbildung 5.6: Beispiel Unterquerung Bahnlinie mit einer Hilfsbrücke und Sicherung vertikaler Baugrubenwände (HWS Lyssbach)

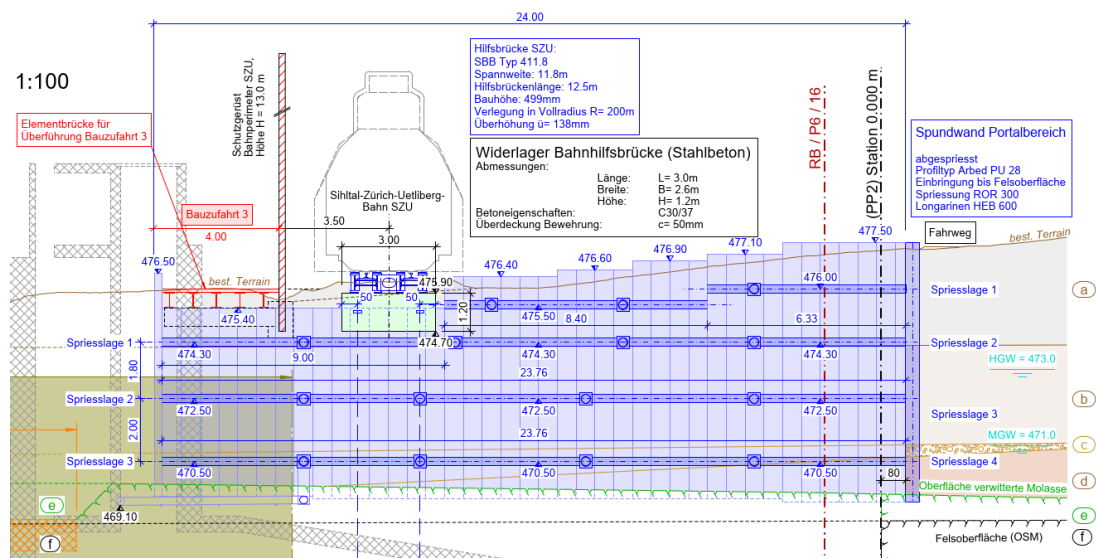


Abbildung 5.7: Schnitzauszug Spundwandkasten Portalbereich mit Spriesslayout

Die beiden Flügelwände (Bereich Süd: Länge L = 20.0 m, Bereich Nord: Länge L = 25 m, abgewinkelt) werden mit einer Rückverankerung gesichert. Es werden drei Ankerlagen mit ungespannten Selbstbohrankern (R51/28 mm, B500) mit 9.0 und 10.0 m Länge und Neigungen von 10 - 15° vorgesehen. Die Anker sind mit einem horizontalen Abstand von 1.8 m projektiert. Im Bereich der Mikropfähle müssen die Anker mit erhöhter Ausführungsgenauigkeiten und den exakten, angegebenen horizontalen und vertikalen Neigungen ausgeführt werden.

Für den Nachweis des Gefährdungsbilds Ankerausfall werden Longarinen (2x U-Profile 220) als Verbindungs- und Aussteifungselemente vorgesehen. Die Verformungen können mit diesem Rückverankerungslayout im für den Bahnbetrieb verträglichen Rahmen gehalten werden.

Alle Anker werden am Kopf kraftschlüssig an die Longarinen angezogen.

Der Felsaushub wird ebenfalls im unteren Bereich im Portalbereich in Etappen von maximal 2.0 m Höhe ausgebrochen und mit Mörtelankern, Netzen und Spritzbeton gesichert.

5.3.3 Installationsflächen

Die beiden Installationsflächen sind auf Plan Nr. 41-119 dargestellt. Der auf der linken Uferseite liegende Installationsplatz wird direkt an der Sihltalstrasse im Bereich des bestehenden Stellplatzes erstellt. Von der linken Uferseite führt eine temporäre Baupiste und Bauhilfsbrücke über die Sihl und erschliesst den auf der rechten Uferseite der Sihl liegenden Installationsplatz. Die Unterkante der Bauhilfsbrücke soll nicht tiefer als 476.35 m ü.M. liegen, da die Kote auf ein HQ₁₀₀ der Sihl mit einem Freibord von 1.1 m ausgelegt ist. Auf dem linksseitigen Installationsplatz ist Platz für Büros, Unterkünfte und Kantine vorgesehen. Der Installationsplatz und die Baupisten werden nach Fertigstellung wieder rückgebaut und rekultiviert.

Insgesamt ist ein Oberbodendepot von ca. 2'100 m² (auf Parzelle 5224, Langnau a.A.), ein Zwischenlager Hinterfüllung 9'200 m², ein Zwischenlager für Wiederherstellung / Aufwertung Rütiboden von ca. 2'500 m² sowie ein Zwischendepotfläche von ca. 2'700 m² für Ausbruchmaterial vorgesehen.

An- und Abtransporte können über die Sihltalstrasse erfolgen, wobei das Stollenausbruchmaterial grösstenteils über die SZU-Bahnlinie abzuführen ist.

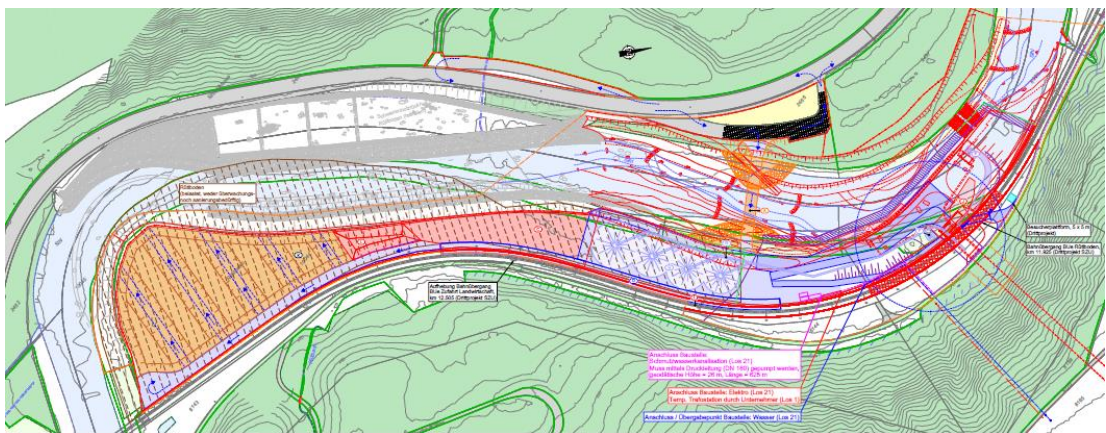


Abbildung 5.8: Planausschnitt «Einlaufbauwerk, Sihl Materialbewirtschaftung, Installation» Plan-Nr. 41-119

5.3.4 Werkleitungen

Im Baustellenperimeter des Einlaufbauwerkes gibt es bestehende Strom-, Wasser- und Elektro-Leitungen. Sowohl im Bauzustand wie im Endzustand werden einige Werkleitungsmedien benötigt.

In der geplanten Baugrube verläuft von West nach Ost eine Quellwasser-Transportleitung (Ø120) von 1895. In Absprache mit der Gemeinde Thalwil wird die Leitung in Zusammenhang mit den Bauarbeiten des Entlastungstollens ersetzt. Um den Unterbruch für die privaten Wasserbezüger minimal zu halten, wird die Umlegung der Quellwasser-Transportleitung vor den Arbeiten des Einlaufbauwerkes und in Zusammenarbeit mit der Gemeinde Thalwil stattfinden (Vorlos Werkleitungen - Los 21). Zur Unterquerung der Sihl ist eine Spülbohrung vorgesehen. Für den Bau der neuen Leitung sollen Rohre Gerofit PE 100-RC DE180/di 147.2 verwendet werden.

Die Erschliessung der Baustellen mit Wasser, Elektro und Abwasser ist im Plan Nr. 41-112 dargestellt. Zur Unterquerung der SZU-Bahnlinie, Vermeidung von Rodungen sowie Schonung der Landschaft (Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler, Objekt Nr. 1306 «Albiskette – Reppischtal») werden die am linksseitigen Hang zwischen dem Schweißkrütiweg und der Baustelle geplanten Strom-, Wasser- und Abwasserleitungen im Spülbohrverfahren erstellt. In Absprache mit der SZU wird die Spülbohrung bei der SZU-Unterquerung mit einem «Casing» kombiniert. Bei diesem Verfahren mit geringeren Risiken wird das SZU-Trasse auf 3.0 m unter SOK mit einem Stahlrohr im Rammvortrieb gequert. Nachgelagert erfolgt die Spülbohrung im Schutz dieses Stahlrohres. Mit dieser Lösung kann die Sicherheit eines Rammvortriebes mit den Vorteilen der Spülbohrung für die Hangquerung kombiniert werden. Im Rahmen dieser Arbeiten wird auch die Quellwasser-Transportleitung der Gemeinde Thalwil ersetzt.

Das Baustellenabwasser muss mittels einer Pumpe in die höherliegende Kanalisation gepumpt werden. Um Schäden am Anschlussschacht der Kanalisation zu vermeiden (wegen hohem Druck), wird vor dem Anschlussschacht ein Sammelschacht (Bauzustand) erstellt.

Um den Strombedarf der TBM (bis zu 5 MVA) zu decken, ist die Installation einer eigenen Trafostation nötig. Für den Bauzustand ist vorgesehen, von der 16kV-Leitung, welche entlang des Schweikrütiwegs verläuft, ein PE-Rohr (Ø150) zur temporären Trafostation zu installieren. Für den Endzustand wird beim Einlaufbauwerk ein Strombedarf von ca. 200 A benötigt. Dafür werden von der Trafostation Schweikrüti zwei PE-Rohre (2x Ø150) bis zum Betriebsgebäude gezogen.

Sowohl für den Bau- als auch den Endzustand wird das Frischwasser von der bestehenden Trinkwasserleitung, welche ebenfalls entlang des Schweikrütiwegs verläuft, bezogen. Die Werkleitungsarbeiten (Bau- und Endzustand) werden soweit möglich im Vorlos Werkleitungen (Los 21) durchgeführt. Im Hauptlos (Los 1) werden beim Baustellenabschluss alle provisorischen Abschnitte für den Bauzustand rückgebaut und der Abschnitt bis zum Betriebsgebäude für den Endzustand erstellt.

Die Überwachung und Steuerung des Entlastungsstollens ist an das übergeordnete Leitsystem (UeLs) anzubinden. Dafür wird eine verrohrte Bohrung (Bohrdurchmesser ca. 300 mm Länge ca. 110 m) von der Autobahn bis in den Entlastungsstollen erstellt. Die Bohrung wird verrohrt ausgeführt wobei das Bohrrohr in der Bohrung verbleibt. Die Bohrung wird mit einem Trinkwasserrohr DN 160 SDR 11 ausgebaut. Der Ringspalt zwischen Trinkwasserrohr und Stahlrohr wird mit Zementmörtel vergossen. In das Trinkwasserrohr werden für den Kabelzug 2 Riefenrohre der Dimension K34 40 x 3.0 eingebaut. Diese Rohre sind am Schacht aufzuhängen.

Im Durchstichpunkt der Tiefenbohrung im Stollenfirst soll ein wasserdichter Verteilkasten aus Stahl V4A montiert werden. Vom Verteilkasten verlaufen Kabelzugrohre zum Einlauf- und Auslaufbauwerk. Bei den Kabelzugrohren handelt es sich um Trinkwasserrohre HDPE DN 160 SDR 11, die als Schutzrohre für die LWL-Kabel dienen und mit Rohrschellen und Gewindestangen aus rostfreiem Stahl am Stollenfirst befestigt werden. In den Kabelzugrohren soll ein Riefenrohr K34 40 x 3.0 eingebaut werden, in die je ein LWL-Kabel bis zum Einlauf- resp. Auslaufbauwerk gezogen werden.

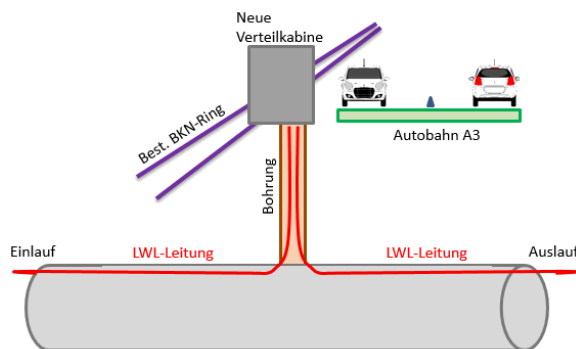


Abbildung 5.9: Anbindung an das BKN mittels Bohrung zwischen Autobahn und Entlastungsstollen

5.4 Entlastungsstollen

5.4.1 Bauablauf und Bauphasen

In einem ersten Schritt wird beim Einlaufbauwerk die Startröhre erstellt. Im Anschluss erfolgt die Montage der TBM und der TBM Vortrieb. Der Vortrieb erfolgt fallend vom Einlaufbauwerk im Rütiboden in Richtung Zürichsee mit einer Schild-TBM Während den fallenden Vortriebsarbeiten wird rechtzeitig der Voreinschnitt beim Auslaufbauwerk erstellt mit dem anschließenden Gegenvortrieb unter den SBB Bahnlinien hindurch.

5.4.2 Installationsflächen

Siehe Einlaufbauwerk und Auslaufbauwerk.

5.5 Auslaufbauwerk

5.5.1 Übersicht Baufelder

Das Auslaufbauwerk in den Zürichsee wird im Tagbau erstellt. Die Bauarbeiten werden wie in Abbildung 5.10 dargestellt in insgesamt vier Abschnitte resp. Baufelder unterteilt.

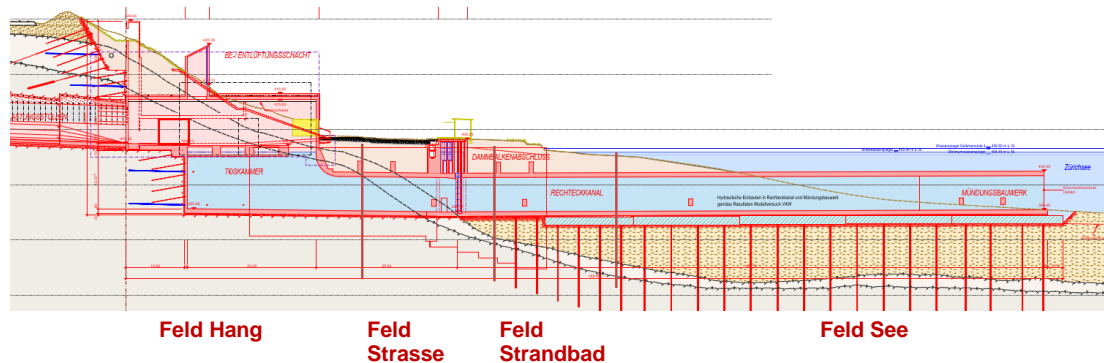


Abbildung 5.10: Unterteilung des Auslaufbauwerks in Bauetappen

Das «Feld Hang» liegt grösstenteils im Fels. Als Baugrubenabschlüsse kommen hier sowohl im Fels, als auch im Lockergestein Nagelwände zum Einsatz. Das «Feld Strasse» und «Feld Strandbad» wird mit Bohrpfehlwänden gesichert. Aufgrund der Pfahlarbeiten muss die Seestrasse zeitweise auf das Gelände des Strandbads umgelegt werden. Die Baugrubensicherung im «Feld See» besteht aus einer gespriessten Spundwand.

5.5.2 Bauablauf und Bauphasen

Die Bauarbeiten beginnen mit den Abbrucharbeiten im Bereich des Seebades Bürger I (Asbesthaltiges Material, vgl. C3.15 Bauschadstoffdiagnose Seebad Bürger I) und der Vorbereitung der Installationsplätze.

Bauzustand 1, Arbeiten Felder Strandbad und See (siehe Plan 41-308)

Die Bauarbeiten im «Feld See» starten gleichzeitig mit jenen im «Feld Strandbad».

Im «Feld See» werden die Bauarbeiten in fünf Schotten unterteilt. Die Schotten werden vom Ufer ausgehend nacheinander ausgeführt. Der Ablauf pro Schott läuft wie folgt ab:

- Voraushub Unterwasser bis auf Niveau 402.00 m ü.M.
- Erstellen der Filterbrunnen, Vorbohren für die Spundwände
- Einbau der Aussteifungsrahmen, abgestützt auf in den Boden gerammte Stahlrohre
- Rammen der Spundwände, wobei die Aussteifungsrahmen als Rammschablone dienen
- Aushub Unterwasser
- Erstellen der Spriessplatte mit Unterwasserbeton
- Erstellen der Mikropfähle
- Lenzen der Baugrube und Ortbetonbau
- Überschütten des Bauwerks, Fluten der Baugrube und Rückbau der Spriesse
- Ziehen der Spundwände

Die Arbeiten im «Feld Strandbad» dienen als Vorbereitung für die Bauphase im «Feld Strasse». Als erstes werden die Baugrubenabschlüsse mit Bohrpfehlwänden ausgeführt. Währenddessen erfolgt das Umlegen des querenden ARA-Kanals sowie weiterer Werkleitungen. Anschliessend folgen schrittweise das Abpumpen des Wassers in der Baugrube, der Aushub und der Einbau der zwei Spriesslagen. Der Rechteckkanal wird in Ortbeton erstellt. Für das Dammbalkenbauwerk dienen die Bohrpfehlwände als negative Schalung. Der Rechteckkanal ist konventionell mittels zweihäuptiger Wandschalung zu erstellen. Anschliessend wird der Betonbau wieder überschüttet, sodass die Seestrasse für die Arbeiten im «Feld

Strasse» in diesen Bereich umgelegt werden kann. Die Dammbalken werden als seeseitiger Abschluss eingesetzt, um den landseitigen Teil des Bauwerks vom See abzuschotten. Das Auslaufbauwerk in den Feldern Strandbad und See ist mit Abschluss dieser Bauphase komplett fertiggestellt.

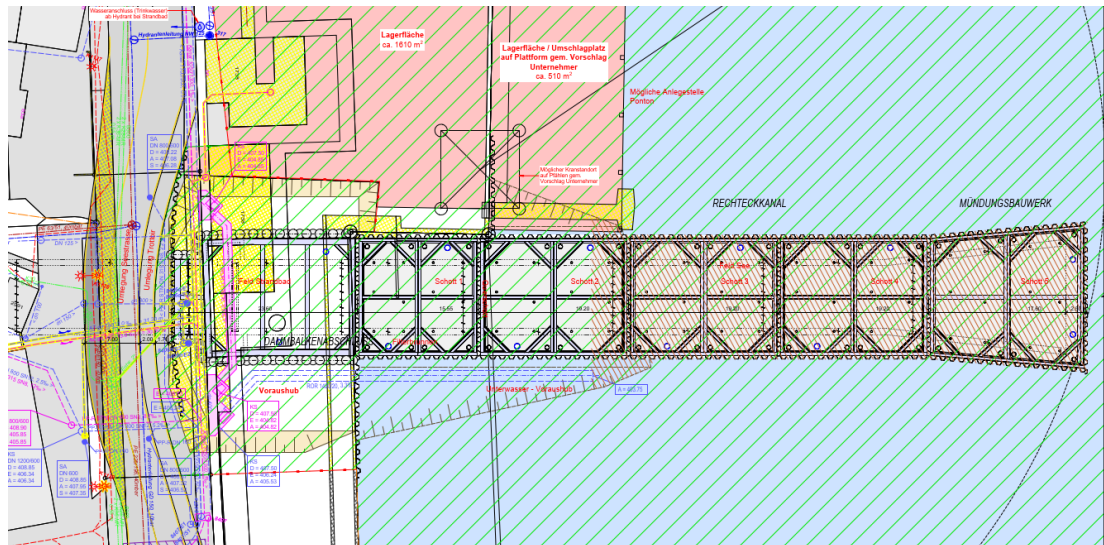


Abbildung 5.11: Bauphase 1: Arbeiten in den Feldern Strandbad und See (Auszug aus Plan 41-308)

Bauzustand 2, Voreinschnitt Feld Hang und Demontage TBM (siehe Plan 41-309)

Nach Abschluss der Arbeiten im «Feld Strandbad» starten die Arbeiten im «Feld Hang». Nach der Fertigstellung der Betonarbeiten des Felds Strandbad kann die Seestrasse umgelegt werden und mit den Werkleitungsumlegungen begonnen werden.

Der Voreinschnitt wird bis auf das Niveau des Stollenausgangs auf 406.35 m ü.M. erstellt. Der Felsabbau erfolgt durch Schrämen mittels Teilschnittmaschine und/oder Sprengen.

Von der Portalwand wird ein 30 m langer konventioneller Gegenvortrieb mit Rohrschirmen bis hinter die SBB-Bahnlinien erstellt. Der vom Sihltal her mit der TBM fallend vorgetriebene Entlastungsstollen durchsticht zu einem späteren Zeitpunkt den Gegenvortrieb. Anschliessend wird die TBM in die Baugrube gezogen und dort demontiert.

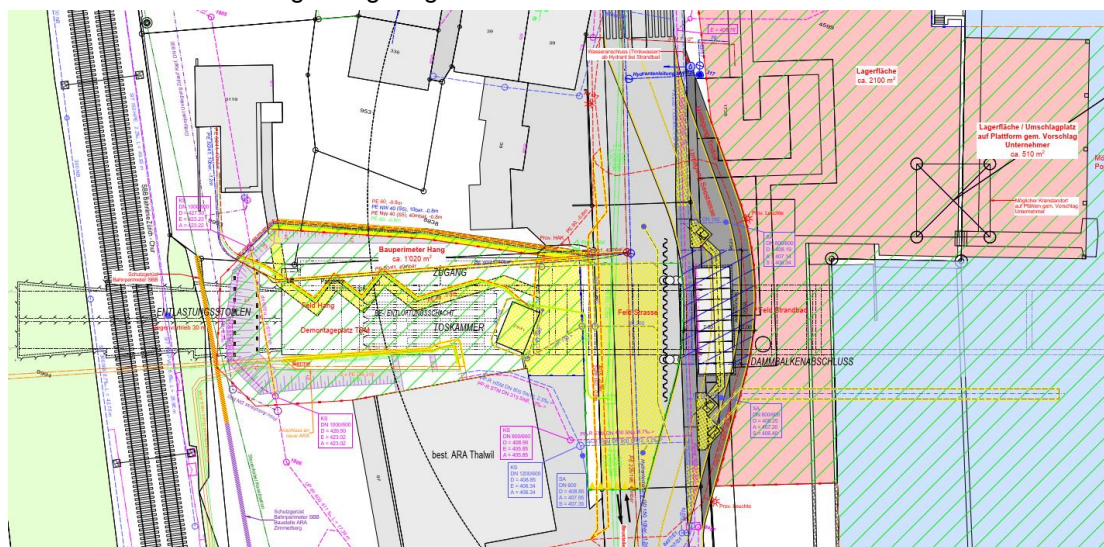


Abbildung 5.12: Bauphase 2: Arbeiten im Feld Hang (Auszug aus Plan 41-309)

Bauzustand 3, Arbeiten Feld Hang und Strasse (siehe Plan 41-310)

Zu Beginn werden die fehlenden Bohrpfehlwände im «Feld Strasse» erstellt. Anschliessend ist die Baugrube schrittweise mithilfe von Pumpen trocken zu legen und mit dem Aushub und Einbau der Spriessen zu beginnen. Nach Abschluss der Betonarbeiten wird das Bauwerk überschüttet, woraufhin die Seestrasse wieder an ihre ursprüngliche Lage zurückverlegt wird.

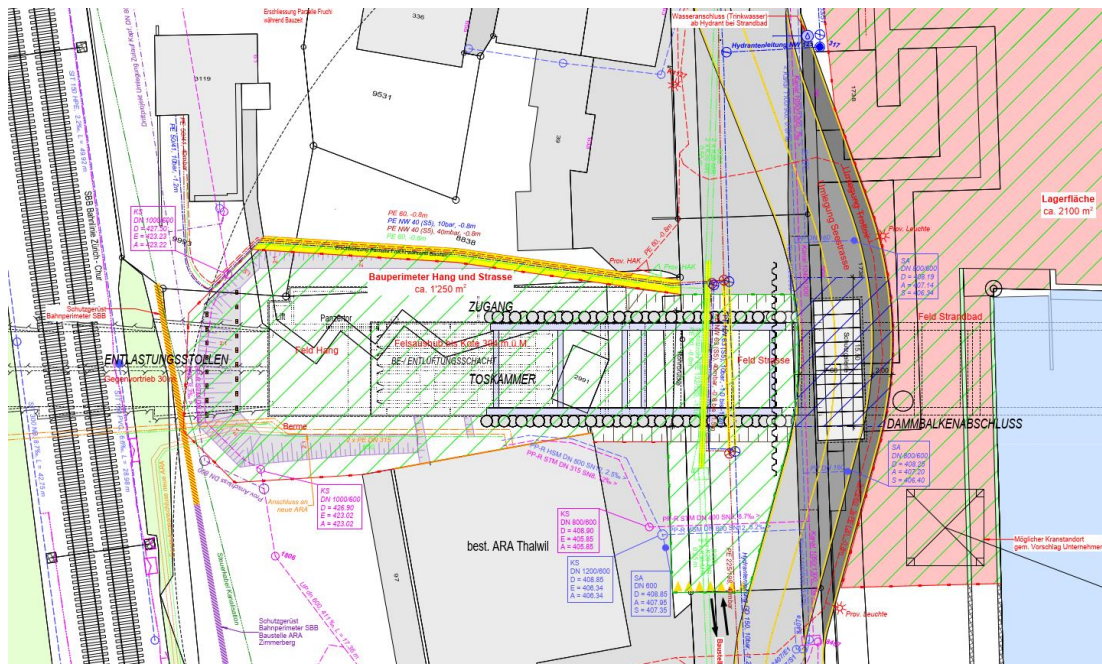


Abbildung 5.13: Bauphase 3: Arbeiten in den Feldern Hang und Strasse (Auszug aus Plan 41-310)

5.5.3 Baugruben

Feld Hang

Die Baugrube im «Feld Hang» liegt im unteren Bereich im Fels der Oberen Süsswassermolasse. Die obersten ca. 6 m der Süsswassermolasse sind stark verwittert und als lockergesteinsähnlich zu betrachten. Überlagert wird der verwitterte Fels durch eine ca. 3 m mächtige Lockergesteinsschicht (Moräne, Auffüllungen). Die Baugrubensicherung erfolgt mittels Spritzbeton und Ankern. Der Felsaushub erfolgt vertikal, sodass die Baugrubensicherung später als negative Schalung für den Betonbau verwendet werden kann. Der Fels wird mit Spritzbeton und 6.00 m langen Mörtelankern Ø25 mm gesichert. Die Anker sind in einem Raster von 2.00 x 2.00 m angeordnet und 10° geneigt. Eine Aushubetappe ist jeweils 2.00 m hoch. Ergänzt wird die Felssicherung durch 10.00 m lange Drainagebohrungen. Diese werden verrohrt, mit einem gelochten PEHD-Rohr Ø90 mm, ausgeführt. Die Lockergesteinsbereiche werden mittels Nagelwänden gesichert. Die Nagelwände sind 2:1 geneigt und erhalten eine 2 - 3 m breite Berme zu den vertikalen Felswänden. Als Nägel kommen 6.00 bis 8.00 m lange Selbstbohranker Ø32/22 mm zum Einsatz. Diese werden in einem Raster von 1.50 x 1.50 m (Portalwand) bzw. 1.50 x 2.00 m (seitliche Wände) und mit einer Neigung von 20° angeordnet. Eine Aushubetappe ist im Lockergestein jeweils 1.50 m hoch. Zur Reduzierung der Verformungen neben dem SBB-Trasseee wird die Vernagelung durch die Anordnung zweier vorgespannter Ankerlagen ergänzt. Der Verankerungskörper werden im intakten Fels der Oberen Süsswassermolasse ausgeführt, um Hebungen beim Verpressen der Anker mit Injektionsgut zu vermeiden. Die vorgespannten Anker werden mit einer Länge von 22.0 m (obere Lage) bzw. 15.0 m (untere Lage) ausgeführt. Wie im Felsbereich, wird die Böschungssicherung durch 10.00 m lange, verrohrt ausgeführte Drainagebohrungen ergänzt.

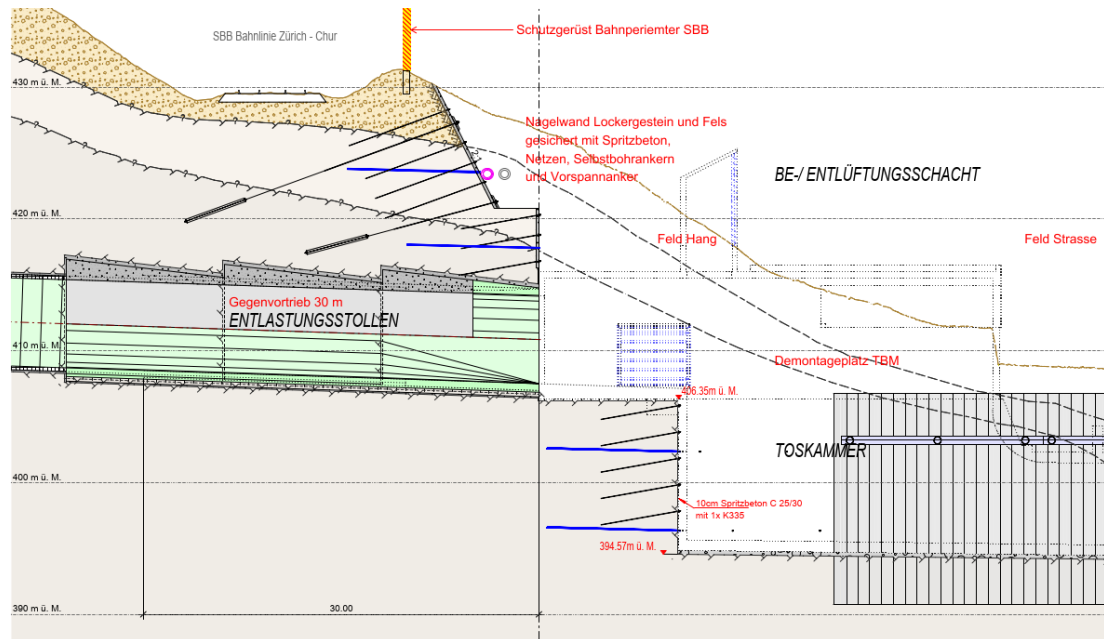


Abbildung 5.14: Voreinschnitt Abschnitt Hang (Bauzustand 3)

Feld Strandbad und Strasse

Die Baugrube in den Feldern Strandbad und Strasse liegt grösstenteils im Lockergestein. Der Grundwasserspiegel, welcher mit dem Zürichsee korrespondiert, steht knapp unter der Terrainoberfläche an. Als Baugrubenabschlüsse kommen deshalb überschrittene Bohrpfahlwände zum Einsatz. Die Pfahloberkante liegt auf 406.75 m ü.M. Die Bohrpfähle weisen einen Durchmesser von ca. 1.20 m auf und werden ca. 2 - 3 m unter die Baugrubensohle eingebunden. Jeder zweite Pfahl ist bewehrt. Die Bohrpfahlwände müssen eine genügende Dauerhaftigkeit aufweisen, sodass sie im Endzustand die auf das Auslaufbauwerk wirkenden Erddruckkräfte abtragen können.

Beim Übergang vom «Feld See» auf das «Feld Strandbad» findet auch der Wechsel im Baugrubenabschluss von Spundwänden auf Bohrpfahlwände statt. Zur Abdichtung des Übergangs Spundwand-Bohrpfahlwand dienen Injektionskörper, welche sich von der Unterkante der Spundwand bis zur Oberkante der Baugrube erstrecken. Diese werden zwischen den Ecken des mit Spundwänden umschlossenen «Feld See» und den jeweils ersten Bohrpfählen des «Feld Strandbad» erstellt.

Im «Feld Strandbad» werden für den Bauzustand zwei Spriesslagen benötigt, welche schrittweise mit dem Aushub eingebaut werden. Die erste Spriesslage wird auf 403.20 m ü.M. angeordnet und kommt oberhalb der Decke des Betonkanals zu liegen. Spriesslage zwei auf 398.70 m ü.M. liegt unterhalb der Decke des Rechteckkanals. Nach dem Betonieren der Bodenplatte, welche ihrerseits als Spriess wirkt, kann die zweite Spriesslage entfernt werden. Anschliessend können Wände und Decke des Rechteckkanals erstellt und hinterfüllt werden. Im Feld Strasse wird aufgrund der höher anstehenden Felsoberfläche nur die obere Spriesslage auf 403.20 m ü.M. erforderlich. Für die Aussteifung kommen Longarinen 2 x HEB 800 und Spriessen ROR 559 · 20. zum Einsatz. Im Feld Strandbad werden zudem Eckaussteifungen 2 x HEB 400 eingebaut. Aufgrund der hohen Lasten wird für beide Spriesslagen die Stahlsorte S355 verwendet.

Feld See

Das «Feld See» bezeichnet jenen Teil des Auslaufbauwerks, welcher im Zürichsee zu liegen kommt. Die Baugrube muss hier komplett im Lockergestein erstellt werden, wobei die meisten Arbeiten im Wasser stattfinden. Als Baugrubenabschlüsse kommen hier Spundwände zum Einsatz. Als Spundwandprofil wird ein PU28 der Stahlsorte S355 benötigt. Die Spundwände werden mit einer Länge von 27.00 m ausgeführt und in den Felsen der Oberen Süsswassermolasse eingebunden. Für das Einbringen der Spundwände sind Vorbohrungen erforderlich. Die Einbindung der Spundwände in den Felsen ist statisch aufgrund der ungenügenden Stützung des Spundwandfusses in den weichen Seesedimenten erforderlich. Zur Reduktion der

zu pumpenden Wassermengen wird die Baugrube in fünf mit Querschotten abgetrennte Bereiche unterteilt. Dies hat auch den Vorteil, dass die Bohr-, Ramm-, Aushub und Betonarbeiten zum Teil parallel erfolgen können. Die Baugrube wird mit zwei Stahlspiesslagen, sowie der 1.00 m dicken Baugrubensohle aus Unterwasserbeton gestützt.

Die erste Spiesslage auf 406.20 m ü.M. kommt knapp oberhalb des mittleren Wasserspiegels des Zürichsees zu liegen. Sie besteht aus Longarinen HEB 400 und Spiessen ROR 298.5 · 16.0. Die zweite Spiesslage auf 403.20 m ü.M. wird knapp oberhalb der Decke des Auslaufbauwerks angeordnet. Diese wird aus Longarinen 2 x HEB 600 und Spiessen ROR 559 · 20 der Stahlqualität S355 gebildet. Für die Eckaussteifungen kommen 2 x HEB 400 Profile zum Einsatz. Die Aussteifungsrahmen werden so konstruiert, dass sie an Land vorgefertigt und in zwei Elementen einfach versetzt und verbunden werden können. Die beiden Spiesslagen stützen sich auf gerammte Stahlrohre ab und dienen als Ramm-schablone für die Spundwände. Beide Spiesslagen werden mit den Spundbohlen verschweisst. Zur Aufnahme von möglichen Toleranzen zwischen Spundwand und Spiesslagen dienen Unterlagsplatten aus Stahl. Die Obere Spiesslage wird durch die Spundwände auf Zug beansprucht. Auf der Höhe der zweiten Spiesslage hingegen werden die Spundwände gegen die Spiessen gedrückt, was in den Spiessen zu einer Druckbeanspruchung führt. Die dritte Spiesslage stellt die 1.00 m dicke Unterwasserbetonplatte dar. Nach dem Erstellen dieser dritten Spiesslage kann die Baugrube gelenzt werden. Die Baugrubensicherung ist in Abbildung 5.15 veranschaulicht. Die Spundwände werden nach dem Erstellen des Betonbaus wieder soweit möglich zurückgewonnen. Sollte dies aufgrund von verklemmten Bohlen nicht möglich sein, werden diese unter dem Niveau des Seegrundes abgetrennt und überdeckt. Zur Reduktion der Gefahr des Verklemmens wird vor dem Einbringen der Unterwasserbetonplatte der Wasserspiegel im jeweiligen Schott leicht abgesenkt. Damit wird eine leichte Vorverformung der Spundbohlen erreicht, welche sich bei ausgeglichenem Wasserspiegel wieder zurückbilden kann. Die Querschotts werden im Boden belassen auf dem Niveau des Unterwasserbetons abgetrennt.

Die Fahrroute der Zürichsee Schifffahrtsgesellschaft ZSG liegt im Bereich der Baugrube ca. 110 m vom Ufer entfernt. Somit tangiert sie den Bauperimeter nicht. Die von einem vorbeifahrenden Schiff entstehenden Wellen sind im Freibord der Baugrubensicherung berücksichtigt.

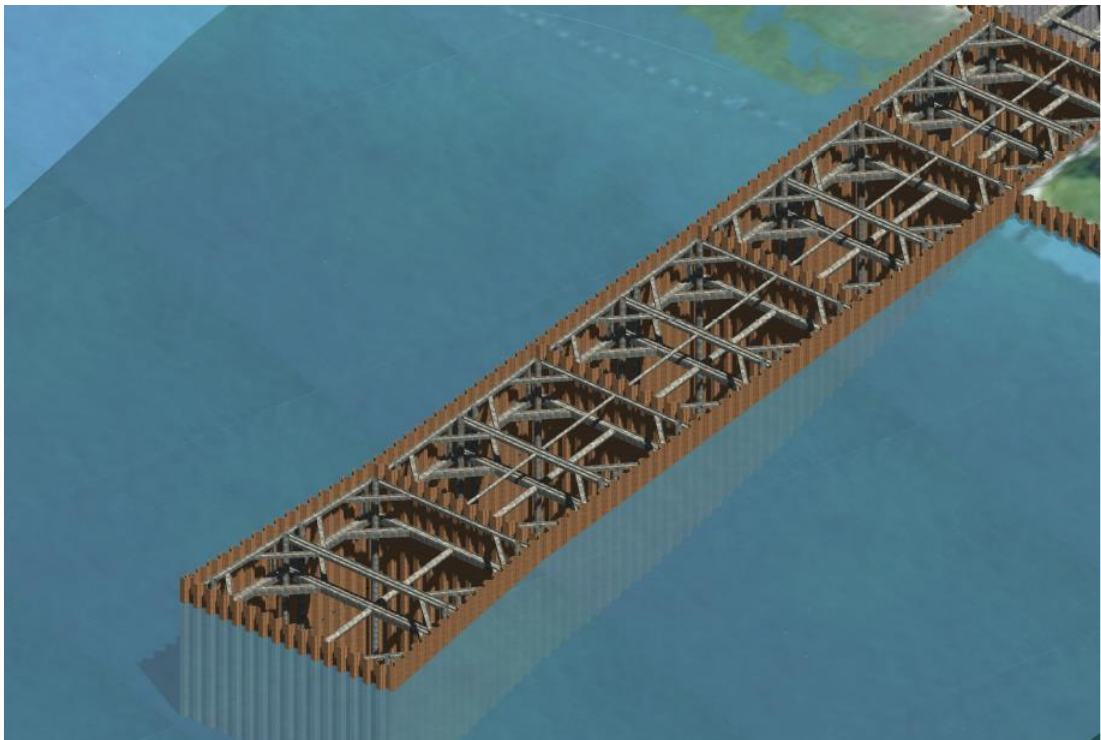


Abbildung 5.15: Spundwände und Aussteifung Feld See

5.5.4 Installationsflächen

Als Hauptinstallationsfläche für das Auslaufbauwerk dient das Grundstück des Seebades Bürger I. Mit einem Turmdrehkran können die Felder Strasse, Strandbad und See sowie die gesamte Installationsfläche bedient werden.

Für den Pontonbetrieb wird eine Seefläche in der Breite des Grundstücks des Strandbads und in der Länge des Feldes See zuzüglich mindestens 35 m benötigt. An der bestehenden Seemauer im Bereich des Strandbads kann eine Installationsplattform auf gerammten Stelzen errichtet werden.

Für die Pfahlarbeiten in den Feldern Strasse und Strandbad wird ein Teil der Seestrasse als Baufläche beansprucht. Während den Pfahlarbeiten im «Feld Strandbad» und dem Neubau des ARA-Kanals wird die Fahrbahnbreite der Seestrasse verkleinert und das hangseitige Trottoir aufgehoben. Während den Pfahlarbeiten im «Feld Strasse» wird die Seestrasse auf das Grundstück des Seebades umgelegt.

Für die Erstellung der Baugrube und des Betonbaus im «Feld Hang» werden weitere Flächen verschiedener Grundstücke beansprucht. Diese ergeben sich aus den minimal benötigten Abmessungen der Baugrube. Von Einschränkungen betroffen sind Garagen und Gebäudezugänge, für welche während der Bauzeit Ersatz geschaffen werden muss.

5.5.5 Werkleitungen

Im Bauperimeter des Auslaufbauwerks liegen diverse Werkleitungen, die für den Bauzustand umgelegt werden müssen und grösstenteils für den Endzustand an gleicher oder an anderer Stelle wieder erstellt werden. Die bestehenden Werkleitungen, die Umlegungen und Provisorien sowie die projektierten Werkleitungen sind in den Bauzustandsplänen (41-308 bis 41-310), im Plan Endzustand (41-303) dargestellt sowie in den Planskizzen der Werkleitungsumlegungen C3.13 dargestellt. Detaillierte Bauabläufe der Werkleitungsumlegungen im Bauzustand 1 sind in den Plänen 41-316 und 41-317 ersichtlich. Die geplanten Provisorien und die Wiederherstellung der Werkleitungen sind weitgehend mit den jeweiligen Verantwortlichen der Anlagen abgestimmt. Sie müssen im Rahmen der Ausführungsplanung mit den Werkeigentümern weiter mit den Werkeigentümern abgesprochen werden.

Tabelle 5.1: Massnahmen Werkleitungen

Leitung	Während Bau	Endzustand
Mischabwasser-Zulaufkanal 1050/1300	Provisorium BZ 1: Umleitung mit Stahlrohr über Baugrube Feld Strandbad	Wiederherstellung an gleicher Lage
Reinabwasser-Ablaufkanal 1100/900	Bauprovisorium BZ 1: Umleitung mit Stahlrohr in Zürichsee	Wiederherstellung an gleicher Lage
Leitung Reinabwasser: Leitung DN400	Aufheben in Baugrube	
Mischabwasser: AZ-R DN 300 von der bestehenden ARA	Umleitung BZ 1: Umleitung durch ARA-Gebäude, neue Strassenquerung und Neuanschluss an ARA-Kanal	
Reinabwasser: AZ-R DN 700 von der bestehenden ARA	Umleitung BZ 1: Umleitung durch ARA-Gebäude, neue Strassenquerung und Neuanschluss an ARA-Kanal	
Mischabwasser «Chapf»: DN 600 zur bestehenden ARA	Bauprovisorium BZ 2 und 3 frostsicher: Umlegen entlang Nagelwand	Wiederherstellung an gleicher Lage

Leitung	Während Bau	Endzustand
Platzentwässerung	Bauprovisorium: Umhängen an neue Reinabwasserleitung DN 800, anschliessend im Zuge der Aushubarbeiten abbrechen.	Neuerstellung Platzentwässerung an leicht angepasster Lage
Strassenentwässerung	Bauprovisorium: Umlegungen im Zuge der Strassenumlegung, Anschlüsse an Reinabwasserleitungen oder ARA-Kanal	Neuerstellung Strassenentwässerung an leicht angepasster Lage
Wasserversorgung: duktile Gussleitung mit FZM-Ummantelung, DN 150, Betriebsdruck 10 bar	Bauprovisorium BZ 3	Wiederherstellung an ursprünglicher Stelle
Hauszuleitung Wasser, Gas, Elektro und Kommunikation zu Parzelle 9993	Bauprovisorium BZ 2 und 3 (Wasser frostsicher)	Wiederherstellung an leicht angepasster Lage
Gasversorgung: PE-Leitung, NW 225, Betriebsdruck 40 mbar	Bauprovisorium BZ 3	Wiederherstellung an ursprünglicher Stelle
Neue Erschliessungen Auslaufbauwerk mit Wasser, Elektro und Kommunikation		Neue Zuleitungen ab Hauptleitungen
Kommunikation Glasfaser KSR PE 80	Umlegung BZ 2	
Kabelrohrblock Seestrasse Swisscom	Bauprovisorium BZ 3	Wiederherstellung an ursprünglicher Stelle
Fernwärmeleitungen: 2x PE 300 zur bestehenden ARA	Umlegung BZ 2	
Elektroleitungen und Kandelaber	Bauprovisorium	Wiederherstellung an leicht angepasster Lage

Zwischen den Werkleitungsumlegungen und den übrigen Bauarbeiten bestehen komplexe Abhängigkeiten im Bauablauf. Die Bauabläufe und Abhängigkeiten sind in den Bauzustands- und Detailplänen sowie im generellen Terminprogramm C3.3 dargestellt.

Tabelle 5.2: Abhängigkeiten der Werkleitungsumlegungen

Leitung	Bauzustand	Abhängigkeit
Mischabwasser-Zulaufkanal 1050/1300 und Reinabwasser-Ablaufkanal 1100/900	BZ 1	<ul style="list-style-type: none"> - Umleitung und Abbruch gemäss Plan Bauablauf Baumleitung ARA-Kanal (41-317). - Das Dammbalkenlager kann erst gebaut werden, wenn der ARA-Kanal wiederhergestellt wurde.
Mischabwasser: AZ-R DN 300 von der bestehenden ARA	BZ 1	<ul style="list-style-type: none"> - Umleitung und Abbruch gemäss Plan Bauablauf Baumleitung ARA-Kanal (41-317). - Neuanschluss an ARA-Kanal gleichzeitig mit Baumleitung ARA-Kanal. - Umleitung und Abbruch zusammen mit Reinabwasserleitung AZ-R DN 700. - Während den Umleitungsarbeiten muss der Verkehr auf der Seestrasse zeitweise einspurig geführt werden.
Reinabwasser: AZ-R DN 700 von der bestehenden ARA	BZ 1	<ul style="list-style-type: none"> - Umleitung und Abbruch gemäss Plan Bauablauf Baumleitung ARA-Kanal (41-317).

Leitung	Bauzustand	Abhängigkeit
		<ul style="list-style-type: none"> - Neuanschluss an ARA-Kanal gleichzeitig mit Bauumleitung ARA-Kanal. - Umleitung und Abbruch zusammen mit Reinabwasserleitung AZ-R DN 700. - Während den Umleitungsarbeiten muss der Verkehr auf der Seestrasse zeitweise einspurig geführt werden.
Mischabwasser «Chapf»: DN 600 zur bestehenden ARA	BZ 2	- Freilegen, umlegen und sichern im Zuge der Aushubarbeiten.
	Endzustand	- Rückverlegung in ursprüngliche Lage im Zuge der Baugrubenauffüllung
Platzentwässerung	BZ 1	- Leitungen müssen vor dem Einbau der stirnseitigen Spundwand der Baugrube Feld Strandbad umgelegt werden. Umlegung an neue Reinabwasserleitung DN 800.
	Endzustand	- Die Platzentwässerung muss vor dem Einbau des Deckbelags fertiggestellt sein.
Strassenentwässerung	BZ 1 bis 3, Endzustand	<ul style="list-style-type: none"> - Die Strassenentwässerung muss vor dem Einbau des Deckbelags fertiggestellt sein. Dies gilt für die Strassenumlegungen und die Wiederherstellung der Seestrasse. - Die Strassenentwässerung muss jederzeit gewährleistet sein.
Wasserversorgung: duktile Gussleitung mit FZM-Ummantelung, DN 150, Betriebsdruck 10 bar	BZ 3	<ul style="list-style-type: none"> - Die Wasserleitung muss vor dem Einbau der Bohrpfahlwände ausser Betrieb genommen und mit Armaturen zur Umlegung vorbereitet werden. - Die provisorische Umlegung erfolgt nach dem Einbau der Bohrpfahlwände. - Die prov. Wasserleitung wird zusammen mit der Gas- und zwei Swisscomleitungen auf einer Rohrbrücke über die Baugrube Feld Strasse geführt.
	Endzustand	- Die Wasserleitung wird während der Wiederherstellung der Seestrasse an ihre ursprüngliche Lage zurückverlegt.
Hauszuleitung Wasser, Gas, Elektro und Kommunikation zu Parzelle 9993	BZ 2	- Die Hauszuleitungen müssen vor dem Vorraushub im Feld Hang unter den prov. Erschliessungsweg zur Parzelle 9993 verlegt werden.
	Endzustand	- Die Hauszuleitungen werden nach Beendigung des Betonbaus und im Zuge der Baugrubenauffüllung neu verlegt.
Gasversorgung: PE-Leitung, NW 225, Betriebsdruck 40 mbar	BZ 3	<ul style="list-style-type: none"> - Die Wasserleitung muss vor dem Einbau der Bohrpfahlwände ausser Betrieb genommen und mit Armaturen zur Umlegung vorbereitet werden. - Die provisorische Umlegung erfolgt nach dem Einbau der Bohrpfahlwände. - Die prov. Gasleitung wird zusammen mit der Wasser- und zwei Swisscomleitungen auf einer Rohrbrücke über die Baugrube Feld Strasse geführt.
	Endzustand	- Die Wasserleitung wird während der Wiederherstellung der Seestrasse an ihre ursprüngliche Lage zurückverlegt.

Leitung	Bauzustand	Abhängigkeit
Neue Erschliessungen Auslaufbauwerk mit Wasser, Elektro und Kommunikation	Endzustand	<ul style="list-style-type: none"> - Die Leitungen liegen unter der Bodenplatte des Zugangs und der Garage des Auslaufbauwerks. Deshalb müssen sie vor dem Bau der Bodenplatte Zugang und Garage verlegt werden. - Der Anschluss an die Hauptleitungen erfolgt, wenn alle Hauptleitungen an ihrer endgültige Lage versetzt wurden.
Kabelrohrblock Seestrasse Swisscom	BZ 3	<ul style="list-style-type: none"> - Die Kabel im Kabelrohrblock müssen vor dem Bau der Bohrpfehlwände in ein Schlitzrohr verlegt werden. Dazu wird der Kabelrohrblock bis zu einem Abstand von min. 5m zur Bohrpfehlwand abgebrochen. Die freigelegten Kabel werden durch die Swisscom in das Schlitzrohr eingelegt. - Das Schlitzrohr wird ca. 1.5 m zur Seite gedrückt. Anschliessend können die Bohrpfähle bis zum Schlitzrohr eingebaut werden. Vor dem Einbau der restlichen Bohrpfähle wird das Schlitzrohr wieder an seine ursprüngliche Lage zurückverlegt. - Das Schlitzrohr wird zusammen mit den prov. Gas- und Wasserleitungen sowie einem Swisscom-Hausanschlusskabel auf einer Rohrbrücke über die Baugrube Feld Strasse geführt.
	Endzustand	<ul style="list-style-type: none"> - Während der Wiederherstellung der Seestrasse werden die Kabel aus dem Schlitzrohr ausgepackt und in zwei Betonhalbschalen eingelegt.
Fernwärmeleitungen: 2x PE 300 zur bestehenden ARA	BZ 2	<ul style="list-style-type: none"> - Die Fernwärmeleitungen werden im Zuge des Baugrubenaushubs im Feld Hang freigelegt. Sie werden anschliessend seitlich, ausserhalb des Auslaufbauwerks, auf die Berme umgelegt.
Kommunikation Glasfaser KSR PE 80	BZ 2	<ul style="list-style-type: none"> - Die Glasfaserkommunikationsleitung wird zusammen mit den Fernwärmeleitungen umgelegt.
Elektroleitungen und Kandela-ber	BZ 2	<ul style="list-style-type: none"> - Die Elektroleitungen werden während dem Bau der Strassenumleitung in ihr provisorisches Trasse umgelegt. Die Leitungen queren dabei die Seestrasse. Dadurch muss der Verkehr zeitweise einspurig geführt werden.
	Endzustand	<ul style="list-style-type: none"> - Während der Wiederherstellung der Seestrasse werden die Elektroleitungen gemäss den Anforderungen der EKZ zurückverlegt.

5.6 Materialbewirtschaftung

Das Materialbewirtschaftungskonzept ist in der Beilage C3.7 abgehandelt.

6 Betrieb und Unterhalt

6.1 Betriebskonzept

Für den Betrieb des Entlastungsstollens in ordentlichen und ausserordentlichen Lagen gelten folgende Grundsätze

- Die Entlastung von der Sihl in den Zürichsee ist reguliert
- Die Regulierung geschieht im Normalbetrieb (ordentlicher Betrieb) selbsttätig. Sie wird auf Basis der Messstellen und einer implementierten Regelungsfunktion durch die Leittechnik im Einlaufbauwerk sichergestellt.
- Die Regulierung folgt der festgelegten Trenncharakteristik (vgl. Abschnitt 3.3 und Abbildung 3.3). Damit wird sichergestellt, dass (a) in der Sihl noch immer mittlere Hochwässer bis rund 270 m³/s auftreten können und (b) nur in Extremsituationen (Überlastfälle) grösser Abflüsse als 270' m³/s ab dem Einlaufbauwerk in der Sihl verbleiben.
- Für den Betrieb des Stollens wird ein Warn- und Alarmierungskonzept installiert, mit dem die vom Stollenbetrieb Betroffenen über den erwarteten oder effektiven Betrieb des Stollens informiert werden.
- Für ausserordentliche Betriebssituationen wird eine Interventions- und Notfallplanung vorbereitet, um auf Abweichungen vom Normalbetrieb reagieren zu können.

Dieses Betriebskonzept wird im Zuge der Ausführungsprojektierung bzw. bei Projektabschluss in ein Betriebshandbuch eingearbeitet, das u.a. die folgenden Themen abdeckt:

- Funktionsbeschreibung der Gesamtanlage
- Regulierung im Normalbetrieb
- Warnung und Alarmierung
- Ausserordentliche Betriebssituationen
- Interventions- und Notfallplanung
- Überwachung und Kontrollen
- Unterhaltsplan und Revisionsintervalle

6.1.1 Überwachung und Instrumentierung der Anlage

Für die Überwachung und Steuerung bzw. Regulierung der Anlage ist wird derzeit folgende Instrumentierung vorgeschlagen (Abbildung 6.1 und Abbildung 6.2). Die Steuerung und Regulierung des Stollens wird in der Realisierungsphase zusammen mit dem Werkeigentümer und dem zukünftigen Betreiber noch weiter ausgearbeitet und präzisiert:

- Redundante Pegelmessung vor dem Einlaufbauwerk
- Pegelmessung im Einlaufbauwerk
- Redundante Pegel und Durchflussmessung im Entlastungsstollen (EBW, ABW)
- Positionsgeber der Schlauchwehre
- Kameras Einlaufbauwerk: 1 × mit Blick Einlauföffnungen, 1 × an Decke Einlaufbauwerk (mit Blick auf Sammelbecken und Seitenüberfall)
- Kamera Auslaufbauwerk: 1 × Toskammer Auslaufbauwerk, 1 × Mündungsbereich in den Zürichsee
- Pegellatte mit Höhenangabe und Markierung der relevanten Wasserspiegel gemäss Tabelle 6.1

Weiter sind für die Warnung und Alarmierung hinsichtlich eines möglichen Entlastungsbetriebs des Stollens die folgenden Abfluss- und Pegelmessstationen von Bund und Kanton in das Leitsystem des Entlastungsstollens zu integrieren: Abflüsse Biber Biberbrugg, Alp Einsiedeln, Sihl-Blattweg, Sihl Sihlhölzli, Limmat Unterhard, Pegel Sihlsee und Zürichsee.

Der Betrieb des Entlastungsstollens wird mittels Warnleuchten beim Einlaufbauwerk und beim Auslaufbauwerk angezeigt. Zurzeit ist eine zur Sturmwarnung vergleichbare Signalfolge vorgesehen:

- Warnung = Voralarm, Stollenbetrieb erwartet ⇒ oranges Blinklicht ca. 40 mal pro Minute
- Alarmierung = Stollen in Betrieb ⇒ rotes Blinklicht ca. 90 mal pro Minute



Abbildung 6.1: Instrumentierung des Entlastungsstollens und Lage der Messstellen im weiteren Umfeld.

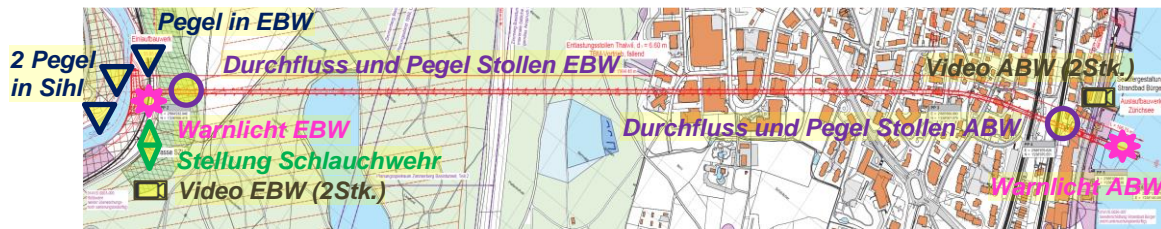


Abbildung 6.2: Instrumentierung des Entlastungsstollens und Lage der Messstellen im Nahbereich.

6.1.2 Warnung, Alarmierung und Inbetriebnahme des Stollens

Für den zu erwartenden und den effektiven Entlastungsbetrieb des Stollens wird ein Warn- und Alarmierungskonzept erarbeitet. Damit wird sichergestellt, dass Personen und Anlagen, die sich im Einflussbereich des Entlastungsausflusses am Zürichsee befinden, angemessen und rechtzeitig auf den Stollenbetrieb reagieren können. Die Warnung und Alarmierung geht voraussichtlich an folgende Stellen:

- BSA Betriebsleitzentrale Gebietseinheit VII, Urdorf
- Certas Zürich (Alarmierungsstelle) und/oder Notrufnummer ZH (Alarmauslösung)
- Fachstelle Hochwasserschutz des AWEL (Führung und Koordination)
- Kantonspolizei, v.a. Seepolizei Oberrieden und Seerettung (Überwachung Intervention)
- Feuerwehren Thalwil und Langnau am Albis sowie ev. Gemeindebetriebe Thalwil (Intervention)
- Seewasserwerke am Zürichsee SWW und HTRK (Intervention)
- Zürichsee Schifffahrtsgesellschaft ZSG
- NAZ, BAFU und Nachbargemeinden (nur zur Information)

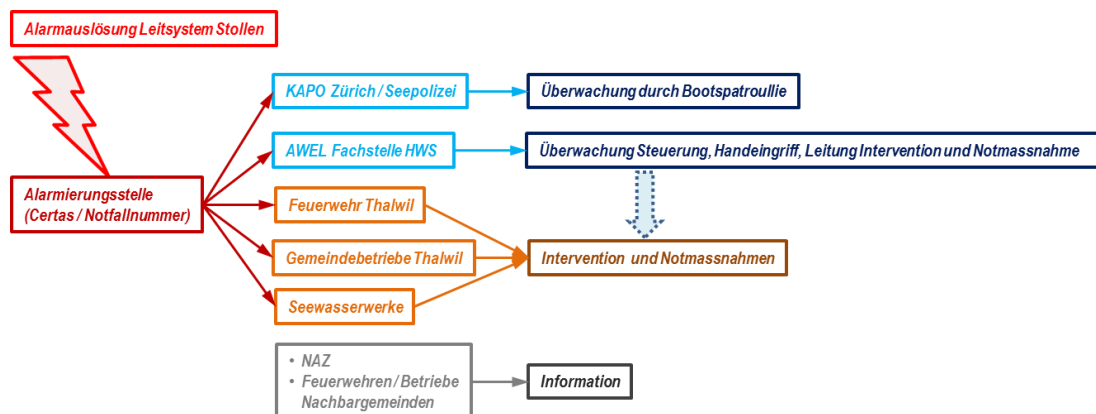


Abbildung 6.3: Entwurf Ablauf Warnung- und Alarmierung für den Betrieb des Entlastungsstollens

Die Warnung und Alarmierung geschieht nach einem stufenweisen Alarmkonzept, wie es in

Tabelle 6.1 dargelegt ist. Die Vorwarnzeit zwischen dem Voralarm II und frühesten Inbetriebnahme des Stollens beträgt rund 75 Min.

Die Interventionsmassnahmen, die durch die Alarmierung und den Betrieb des Stollens anfallen und wer diese Aufgaben übernehmen könnte, ist in Abschnitt 6.1.3 beschrieben. Das Alarmierungskonzept wie auch die mit der Alarmierung und dem Betrieb des Entlastungsstollens einhergehenden Aufgaben sowie die Zuständigkeiten sind im Zuge der Realisierung zusammen mit dem Werkseigentümer, dem Betreiber und den zuständigen Diensten der betroffenen Gemeinden noch weiter auszuarbeiten bzw. festzulegen.

Tabelle 6.1: Warnungs- und Alarmkonzept mit Kriterien der Auslösung

Bezeichnung		Zustand	Kriterium ⁽¹⁾ (und / oder = logische Verknüpfungen)
Warnung	Voralarm I	Hochwasser mit eventueller Entlastung	Abfluss Pegel Sihl-Blattweg $Q > 150 \text{ m}^3/\text{s}$ <u>und</u> Pegel Alp-Einsiedeln und Biber-Biberbrugg steigend <u>oder</u> Wasserspiegel Beginn EBW $> 473.40 \text{ m ü.M.}$
	Voralarm II	Hochwasser mit erwarteter Entlastung	Abfluss Pegel Sihl-Blattweg $Q > 200 \text{ m}^3/\text{s}$ <u>und</u> Pegel Alp-Einsiedeln und Biber-Biberbrugg steigend <u>oder</u> Wasserspiegel Beginn EBW $> 473.80 \text{ m ü.M.}$
Alarm HWE		Entlastung in Betrieb	Wasserspiegel Beginn EBW $> 474.20 \text{ m ü.M.}$ <u>oder</u> $Q_{\text{Stollen}} > 1 \text{ m}^3/\text{s}$

⁽¹⁾ Die definitiven Kriterien werden im Ausführungsprojekt festgelegt

6.1.3 Leitsystem und Regelung nach Trenncharakteristik

Der Entlastungsstollen ist mit einem regeltechnischen Leitsystem ausgerüstet, das es ermöglicht, die definierte Trenncharakteristik (gemäss Abschnitt 3.3 und Abbildung 3.3) im Normalbetrieb automatisch und ohne Fremdeinwirkung umzusetzen. Das Leitsystem hat folgende Aufgaben:

- Warnung und Alarmierung gemäss Abschnitt 6.1.2
- Aufzeichnung und Auswertung der installierten Messstellen
- automatische Regelung nach der Trenncharakteristik (mit separater untergeordneter Schlauchwehrsteuerung)
- Dokumentation des Betriebs
- Absetzen von Alarmen beim Versagen von Systemteilen (Auslösung Intervention und Notfallmassnahmen)

6.1.4 Betriebssicherheitskonzept Schlauchwehr beim EBW

An die Betriebssicherheit des Schlauchwehres werden sehr hohe Anforderungen gestellt. Der Verschluss muss bei einem Hochwasser, das grösser als $250 \text{ m}^3/\text{s}$ ist innerhalb von 30 Minuten selbständig öffnen bzw. sich ablegen. Um diese Anforderungen zu erfüllen sind folgende unabhängigen Systeme vorgesehen, die sicherstellen, dass der Luftdruck im Schlauch abgelassen wird und sich dieser ablegt:

1. Normalbetrieb mit elektrischer Steuerung: beim Erreichen eines definierten Pegels vor dem Wehr regelt die Steuerung den Druck in den Schläuchen so, dass die Abflussmenge in der Sihl unterhalb des Einlaufbauwerks ca. 250 bis $270 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt. Bei einer Absenkung des Schlauchwehrverschlusses von 50 cm bzw. eines Abflusses von ca. $80 \text{ m}^3/\text{s}$ wird das Schlauchwehr komplett abgelegt (siehe Trenncharakteristik in Abbildung 3.3.) Das wieder Anheben erfolgt mittels Kompressor. Die Pegelmessung und die Steuerungssysteme sowie die mechanischen Systeme werden redundant ausgebildet (zwei parallele unabhängige Systeme).
2. Bei Stromausfall wird die Energieversorgung der Steuerung und der Ventile mit einer USV Anlage sichergestellt (Batterie und evtl. ein Aggregat)
3. Erste mechanische Sicherheitsebene: Das Regelöffnungsventil wird selbstöffnend ausgebildet (Federmechanismus / Gegengewicht), d.h. es wird durch die Druckluft geschlossen gehalten. Entfällt die Druckluft oder fällt die Stromversorgung ganz aus, öffnet sich das Ventil stromlos.
4. Zweite mechanische Sicherheitsebene: bei zu hohem Wasserspiegel der Sihl vor dem Wehr bewirkt ein Notventil mit Schwerkraftantrieb, dass sich der Schlauch ablegt. Dieses wird mit Hilfe eines Schwimmers beim Überschreiten eines bestimmten, vordefinierten Wasserspiegels ausgelöst und das Schlauchwehr legt sich ab.

5. Dritte mechanische Sicherheitsebene: Steigt der Wasserspiegel der Sihl über den Schlauch an, steigt auch der Innendruck im Schlauch. Ein mechanisches Überdruckventil lässt die Luft im Schlauch ab sobald der Innendruck einen einstellbaren Wert überschreitet (entspricht dem Überlauf im wassergefüllten System).
6. Vierte Sicherheitsebene: Manuelle Betätigung Schieber an separater Entleerungsleitung zum Ablegen des Schlauches.

6.2 Zugänge

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die vorgesehenen Zugänge in das Bauwerk und deren Funktion:

Tabelle 6.2: Überblick Zugänge

Ort	Funktion	Abmessungen
Einlaufbauwerk Betriebsraum	Personenzugang zum Betriebsraum	B = 1.5 m, H = 2.2 m
Einlaufbauwerk Kontrollgang	Personenzugang in den Kontrollgang und über ein Panzertor auf das untere Niveau des Einlaufbauwerks bzw. in den Entlastungsstollen	B = 1 m, H = 2.2 m
Auslaufbauwerk Zugangsstollen	Zugang für Personen und Lieferwagen in den Entlastungsstollen und das ABW auf dem oberen Niveau 407.50 m ü.M.	B = 5 m, H = 4 m
Auslaufbauwerk Zugangsstollen	LKW Zugang in den Entlastungsstollen für Bauarbeiten (Sanierung, Erneuerung Entlastungsstollen)	Wand, die abgebrochen werden muss: B = 8 m, H = 4 m
Auslaufbauwerk Dammbalkenschacht	Personenzugang auf das untere Niveau des Auslaufbauwerks 395 m ü.M.	B = 1.0 m, H = 2.5 m

Für die Zufahrt während dem Betrieb und Unterhalt erfolgt über folgende Wege:

1. **Inspektion:**
Die Zufahrt erfolgt in diesem Fall entlang des Campings mit PW oder Lieferwagen (Zufahrt 2 gemäss Abbildung 6.4).
2. **Ereignisfall:**
Der Zugang muss mit Bagger und LKW (Breite max. 2.8 m) gewährleistet sein. Dafür ist prioritär die Zufahrt 1 gemäss Abbildung 6.4 zu benützen (Forstweg, rot). Als redundante Alternative ist auch der Zugang über die Zufahrt 2 (orange) möglich. Diese ist jedoch exponierter für mögliche Rutschereignisse.
3. **Austausch Schlauchwehr:**
Für den Austausch des Schlauchwehres ist ein grosser Pneukran notwendig. Mit geringfügiger Ertüchtigung ist die Erschliessung über die Zufahrt 1 (Forstweg, rot) möglich oder als Alternative über eine Furt in der Sihl.

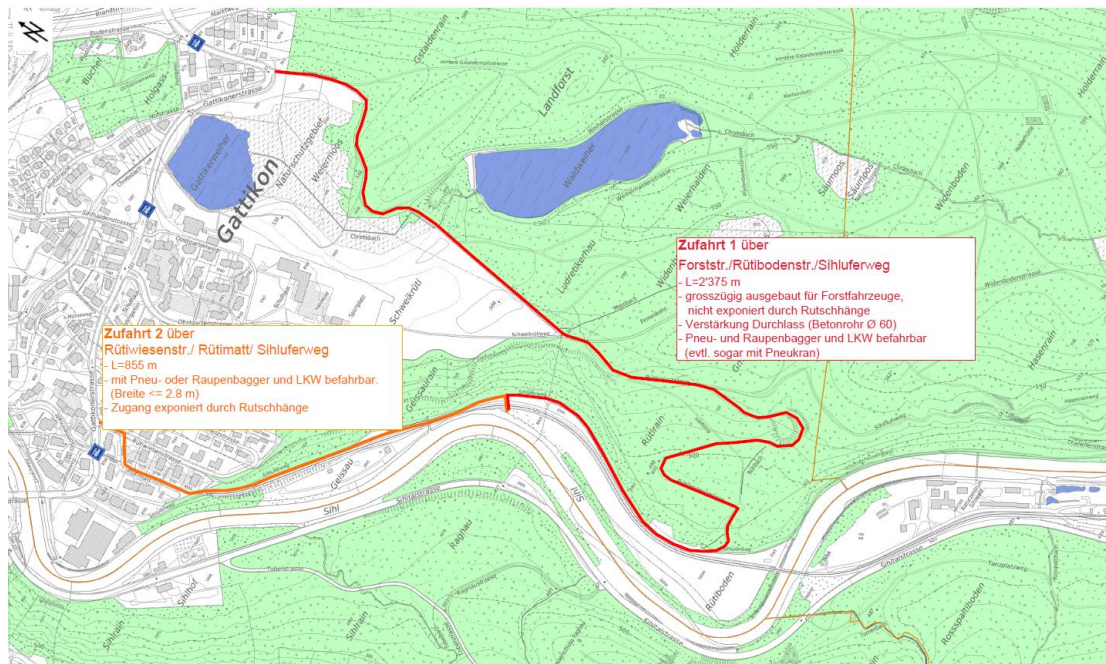


Abbildung 6.4: Zufahrtsmöglichkeiten zum Einlaufbauwerk im Betriebszustand nach Bauvollendung.

6.3 Zugangsschutz

Als Zugangsschutz gegen unbefugtes Betreten der Bauwerke sind untenstehende Massnahmen vorgesehen.

- Abschliessbare Türen und Tore.
- Alarmanlage für den Betriebsraum des Einlaufbauwerks.
- Eine rund 2 m hohe Wand und 2.5 m Schlauewehr erschweren beim Einlaufbauwerk das Eindringen von der Sihl über die Wehrschwelle. Die Wand zur Sihl kann mit einer Hinweistafel zur Absturzgefahr versehen werden.
- Bewegungsmelder in der Toskammer beim Auslaufbauwerk
- Beim Auslaufbauwerk verhindert ein leichtes Gitter bei der Mündung in den Zürichsee, dass keine Hobbytaucher einschwimmen können. Dieses muss Sollbruchstellen aufweisen, so dass es schon bei leichter Belegung mit Schwemmgut durch den Wasserdruck aufgedrückt wird.

6.4 Geschiebemanagement Sihl

Im hydraulischen Modellversuch wurde bzw. wird das Verhalten des Geschiebes im Nahbereich des Einlaufbauwerks untersucht. Es ist stromabwärts des Entlastungsbauwerks jedoch potentiell mit Geschiebeablagerungen zu rechnen, da infolge der seitlichen Entlastung die Transportkapazität in der Sihl abnehmen wird. Mit der gewählten Trenncharakteristik für den Sihl- und den Stollenabfluss kann Geschiebe bei mittleren Hochwasser weitertransportiert werden.

In den hydraulischen-geschiebetechnischen Ganglinierversuchen zur Einlaufgeometrie mit fester Wehrschwelle erreichte gegen Versuchsende eine Geschiebefront das Einlaufbauwerk an der Kurvenaussenseite und die Geschiebeablagerungen auf der Kurveninnenseite waren beträchtlich angewachsen. Eine Nachbelastung der Sohle mit einem stationären HQ₁₀₀ hat gezeigt, dass die Geschiebefront auf der rechten Seite nicht in das Einlaufbauwerk und den Stollen eingetragen wird, sondern vorbeitransportiert wird. Trotz dieser guten Ergebnisse aus

den Modellversuchen sollte nach grösseren Hochwasserereignissen die Sohlenlage im Bereich des Einlaufbauwerks kontrolliert werden, um sowohl einen tiefen Ansprungpunkt wie auch einen erhöhten Geschiebeeintrag in den Stollen zu verhindern. Bei mehreren aufeinanderfolgenden kleineren Hochwassern ohne Entlastung in den Zürichsee kann es zu Geschiebeablagerungen am oberen Ende des Einlaufbauwerks kommen, die erst wieder durch ein grösseres Ereignis mobilisiert werden.

Bleiben im Nachgang an ein Hochwasser grössere Geschiebeablagerungen oberhalb oder unterhalb des Einlaufbauwerks liegen, welche die Hochwassersicherheit oder den korrekten Betrieb des Einlaufbauwerks gefährden, müssen diese entfernt und an einer geeigneten Stelle unterhalb wieder der Sihl in Form von Schüttungen wieder zugegeben werden. Eine geeignete Geschiebebewirtschaftung ist nach dem Vorliegen der Ergebnisse der aktuell durchgeführten Modellversuche auszuarbeiten.