

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 113 (2021)
Heft: 3

Artikel: Entlastungsstollen Thalwil : Stand und Ausblick
Autor: Stucki, Adrian
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-966188>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Entlastungstollen Thalwil – Stand und Ausblick

Adrian Stucki

Zusammenfassung

Bei einem Extremhochwasser der Sihl sind das untere Sihltal und die Stadt Zürich überschwemmungsgefährdet. Sollte die Sihl bei einem Extremhochwasser über die Ufer treten, wären grossflächige Überflutungen der Zürcher Innenstadt und des Hauptbahnhofs Zürich nicht zu verhindern. Deshalb setzte der Kanton Zürich verschiedene Massnahmen um, und es wurde ein grossräumiges Projekt zur Verbesserung des langfristigen Hochwasserschutzes im Einzugsgebiet von Sihl, Zürichsee und Limmat gestartet. Das Kernprojekt stellt der Entlastungstollen Thalwil dar, mit dem kritische Hochwasserspitzen aus der Sihl in den Zürichsee ausgeleitet werden sollen. Dadurch wird der Hochwasserschutz im Einflussbereich der Sihl unterhalb des Stolleneinflaufs auf das Schutzniveau auf ein 500-jährliches Hochwasser (HQ_{500}) erhöht. Notwendig macht diesen hohen Schutzgrad das grosse Schadenpotenzial im national bedeutenden Lebens- und Wirtschaftsraum im unteren Sihltal und in der Stadt Zürich. Heute ist in der Stadt Zürich etwa ab einem Sihl-Abfluss von rund $300\text{ m}^3/\text{s}$ (entspricht etwa einem HQ_{30}) mit Schäden zu rechnen.

1. Hochwasserschutz Sihl, Zürichsee, Limmat

1.1 Gefährdung durch Hochwasser der Sihl

Das Sihltal und Zürich hatten in der Vergangenheit immer wieder grosse Hochwasser der Sihl zu bewältigen. Bei den Hochwasserereignissen von 1846 und 1874 wurden viele Sihlbrücken zerstört und es kam zu grossflächigen Überflutungen. Weil die Siedlungsfläche auf dem Schwemmkegel der Sihl noch klein war, hielten sich die Schäden in Grenzen. Im Lauf seiner Entwicklung dehnte sich Zürich jedoch immer weiter auf das gefährdete Gebiet aus. So richtete 1910 ein Hochwasser in der stark gewachsenen Stadt bereits grosse Schäden an. Weite Teile von Zürich und die Ebene bis Schlieren standen unter Wasser. 1937 wurde das Etzel-Pumpspeicherkraftwerk fertiggestellt, das einen Teil der Hochwasserproblematik durch die Regulierung und die Schaffung von Rückhaltevolumen im Sihlsee entschärfte. Trotz des Sihl-Stausees können bei Extremereignissen grosse Hochwasser im Sihltal und in Zürich immer noch zu Überschwemmungen durch die Sihl mit erheblichem Ausmass führen.

2005 entging Zürich nur dank eines günstigen Wetterverlaufs grossen Hoch-

wasserschäden. Die anschliessende Lagebeurteilung zeigte, dass für den Schutz vor seltenen Hochwassern in Zürich ein grosser Handlungsbedarf besteht. Alleine in der Stadt Zürich wird das Schadenpo-

tenzial von der kantonalen Gebäudeversicherung auf bis zu 6,7 Mia. CHF geschätzt (Aller et al., 2017). Hinzu kämen volkswirtschaftliche Kosten durch Betriebsstörungen, Unterbrüche und der Ausfall oder die Zerstörung der Infrastruktur für Energie, Telekommunikation und Verkehr. Diese Folgekosten würden die materiellen Schäden bei Weitem übersteigen. Gefährdet ist auch der Zürcher Hauptbahnhof, die nationale Verkehrsdrehscheibe der Schweiz.

1.2 Umgesetzte und geplante

Hochwasserschutzmassnahmen

Das übergeordnete Projekt Hochwasserschutz «Sihl, Zürichsee, Limmat» hat zum Ziel, den Hochwasserschutz entlang der Sihl und der Limmat unter Einbezug des Zürichsees zu verbessern. Die einzelnen Teilprojekte dieses umfassenden Gesamtprojektes sind in Bild 1 dargestellt und nachfolgend beschrieben.

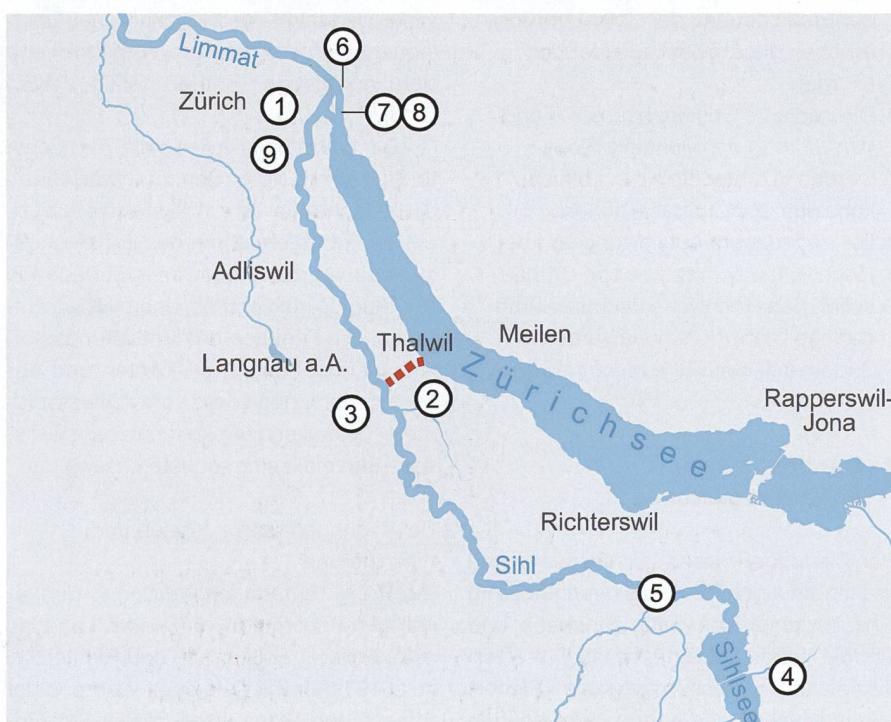


Bild 1: Übersicht über die verschiedenen Teilprojekte im Rahmen des Gesamtprojektes Hochwasserschutz Sihl, Zürichsee, Limmat.

1. Als Sofortmassnahme wurde die Flusssohle der Sihl im Bereich des Hauptbahnhofes um bis zu 60 cm abgesenkt.
2. Der geplante Entlastungsstollen Thalwil stellt das Kernstück des Gesamtprojekts dar und soll Hochwasserspitzen der Sihl in den Zürichsee überleiten. Damit wird der Hochwasserschutz des unteren Sihltals und der Stadt Zürich verbessert.
3. Der 2017 eingeweihte Schwemmholz-rechen Sihl oberhalb von Langnau a. A. verhindert Verklausungen durch Schwemmholz an kritischen Stellen wie Brücken oder den Durchlässen unter dem Hauptbahnhof Zürich.
4. Seit 2008 ist das Hochwasser-vorhersagesystem (IFKIS-Hydro Sihl) in Betrieb, das eine gezielte Vorabsenkung des Sihlsees ermöglicht. Hiermit kann ein Rückhalteraum zur Dämpfung von Hochwasserwellen bzw. Spitzenabflüssen der Sihl geschaffen werden.
5. Die aktive Sihlseesteuerung und Anpassung des Wehrreglements ist seit 2018 in Betrieb und ermöglicht bei erhöhter Wasserführung der Alp die Drosselung des Sihlsee-Ausflusses. Damit können Spitzenabflüsse der Sihl unterhalb des Zusammenflusses mit der Alp gedämpft werden.
6. Die geplante Erneuerung des Wehrs Platzspitz dient der Verbesserung der Regulierbarkeit des Zürichsees.
7. Die geplante Sohlenabsenkung und der Ersatzneubau der Rathausbrücke erhöhen die Abflusskapazität der Limmat.
8. Die geplante Sohlenabsenkung und Verstärkung der Münsterbrücke werden in erster Linie die Abflusskapazität der Limmat erhöhen.
9. Die angedachte Aufwertung und der Hochwasserschutz Allmend Brunau sollen den Hochwasserschutz durch gezielte Ufererhöhungen verbessern. Zudem soll der Sihlraum aufgewertet werden.

2. Der Weg zum Entlastungsstollen

Der Planungsprozess zur Verbesserung des langfristigen Hochwasserschutzes im Einzugsgebiet von Sihl, Zürichsee und Limmat wurde 2009 gestartet. Drei interdisziplinär zusammengesetzte Planerteams erhielten den Auftrag, umfassende Lösungen für den Hochwasserschutz aufzuzeigen. Ausgangspunkt für die Erarbei-

tung der Lösungsansätze waren drei unterschiedliche Strategien für den Hochwasserschutz:

1. Rückhalten und Objektschutz
2. Durchleiten durch Vollausbau
3. Umleiten durch Entlastungsstollen

An mehreren Workshops mit Experten und einer Begleitgruppe wurden aus den 35 erarbeiteten Lösungsansätzen die fünf vielversprechendsten Varianten ausgewählt. Im weiteren Verlauf des Workshop-Verfahrens ergab die Kombination von Elementen der fünf Varianten zwei mögliche Konzepte für den langfristigen Hochwasserschutz:

- Kombilösung Energie
- Entlastungsstollen Thalwil

Bis ins Jahr 2017 wurden für den langfristigen Hochwasserschutz die Konzepte «Kombilösung Energie» – Erneuerung und Ausbau des Pumpspeicherkraftwerks Etzelwerk durch die SBB, mit dem rasch ein ausreichendes Rückhaltevolumen im Sihlsee hätte geschaffen werden können – und «Entlastungsstollen Thalwil» verfolgt (Marti et al., 2014). Im Oktober 2017 entschied der Zürcher Regierungsrat mit Beschluss RRB Nr. 943/2017, das Konzept «Entlastungsstollen Thalwil» weiter zu projektieren und die Varianten am Sihlsee nicht weiterzuverfolgen. Der Konzeptentscheid wurde auf Basis der technischen Untersuchungen, der umfassenden Risikobeurteilung, der (politischen) Umsetzbarkeit, dem Vergleich der ökologischen Auswirkungen sowie von wirtschaftlichen Überlegungen (Kosten-Nutzen-Verhältnis) und dem langfristigen Betrieb gefällt (AWEL, 2017).

Der Entlastungsstollen bietet die höchste Sicherheit, da er den zu erwartenden Jahresschaden am stärksten reduziert. Mit der Inbetriebnahme des Entlastungsstollens werden Hochwasserschäden in der Stadt Zürich erst ab einem HQ₅₀₀ auftreten. Die Funktion des Entlastungsstollens ist unabhängig von Wetter- und Abflussvorhersagen sowie vom Abflussvolumen – beides schwer abschätzbare Grössen – und stellt eine robuste Lösung dar.

Bewilligungsprozess, Kosten und Finanzierung

Die Projektunterlagen wurden in den jeweiligen Bauämtern von Thalwil, Langnau a. A., Adliswil, Rüschlikon und Richterswil im 2019 öffentlich aufgelegt. Während der öffentlichen Planauflage gingen 24 Einsprachen gegen das Projekt ein. Mit 22 Einsprechenden konnte eine Einigung er-

zielt werden. Auf eine Einsprache wurde wegen fehlender Legitimation der Einsprecher nicht eingegangen. Mit einem Einsprecher konnte bisher keine einvernehmliche Lösung gefunden werden.

Am 16. Dezember 2020 hat der Regierungsrat mit Beschluss RRB Nr. 1273/2020 das Projekt für den Entlastungsstollen sowie die erforderlichen ökologischen Ersatzmassnahmen festgesetzt. Die verbleibende Einsprache wurde vom Regierungsrat abgewiesen. Aufgrund des gegen den Festsetzungsentscheid erhobenen Rechtsmittels ist aktuell noch das Beschwerdeverfahren vor dem Verwaltungsgericht des Kantons Zürich hängig. Der Einsprache wurde jedoch die aufschiebende Wirkung entzogen. Somit können die Arbeiten zur Umsetzung weiter vorangetrieben werden.

Am 10. Mai 2021 wurde der Objektkredit von 175,5 Mio. CHF mit Beschluss Nr. 5642 vom Kantonsrat bewilligt. Neben dem Kanton beteiligen sich am Projektvorhaben auch der Bund mit mindestens 35% der anrechenbaren Kosten, die Stadt Zürich mit höchstens 15 Mio. CHF, die SBB mit rund 4 Mio. CHF sowie die SZU mit 1 Mio. CHF.

3. Projektübersicht

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 sieht daher vor, dass der Verursacher für Schutz, Wiederherstellung oder angemessenen Ersatz zu sorgen hat. Aus diesem Grund sind ökologische Ersatzmassnahmen an der Sihl im Bereich der Gemeinden Langnau a. A., Thalwil und Rüschlikon, am Gontenbach zwischen Langnau a. A. und Adliswil sowie am Zürichsee in Richterswil geplant. Zusammenfassend besteht das Projekt «Entlastungsstollen Thalwil» aus den nachfolgenden Teilprojekten (Bild 2):

- Entlastungsstollen
- Ökologische Ersatzmassnahmen Sihl
- Ökologische Ersatzmassnahmen Zürichsee

4. Entlastungsstollen

4.1 Lage und Konzept

Der Entlastungsstollen Thalwil soll das untere Sihltal und die Stadt Zürich vor einer Sihl-Hochwasserspitze von bis zu 600 m³/s schützen. Das entspricht einem Extremhochwasser mit einer statistischen



Bild 2: Zum Schutz des unteren Sihltals und der Stadt Zürich sollen mit dem Entlastungstollen Hochwasserspitzen der Sihl in den Zürichsee umgeleitet werden. Die gesetzlich vorgeschriebenen ökologischen Ersatzmassnahmen sind im Sihltal und am Zürichsee in Richterswil vorgesehen.

Eintretenswahrscheinlichkeit von einmal in 500 Jahren (HQ_{500}). Notwendig macht diesen hohen Schutzgrad das grosse Schadenpotenzial im national bedeutenden Lebens- und Wirtschaftsraum im unteren Sihltal und in der Stadt Zürich.

Der geplante Einlauf des Entlastungstollens befindet sich an der Sihl oberhalb

von Langnau a. A. und direkt unterhalb des im Jahr 2017 errichteten Schwemmholzrechens. Im Bereich des Seebads Bürger 1 in Thalwil sollen der Entlastungstollen bzw. das Auslaufbauwerk in den Zürichsee münden.

Die Hochwasserausleitung in Richtung Zürichsee erfolgt mit dem regulierten Ein-

laufbauwerk. Das Einlaufbauwerk kontrolliert den Zufluss in den Entlastungstollen und stellt sicher, dass im Entlastungstollen auch in Überlastsituationen noch schiessender Freispiegelabfluss herrscht. Beim Auslaufbauwerk erfolgt die Energie-dissipation in einer Toskammer. Anschliessend fliesst das Wasser in einem Kanal unter der Seestrasse und dem Seebad Bürger 1 hindurch und mündet mit geringer Fliessgeschwindigkeit und genügend Abstand zum Ufer in den Zürichsee.

4.2 Einlaufbauwerk

Das Einlaufbauwerk wird grösstenteils aus Ortbeton erstellt und kommt unterstrom des bereits realisierten Schwemmholzrechens Rütiboden bzw. oberhalb von Langnau a. A. zu liegen. Dort wird es in der Aussenkurve der Sihl als Seitenüberfall mit einer Überfalllänge von 80m angeordnet. Das Einlaufbauwerk ist so ausgelegt, dass kleinere und mittlere Hochwasser weiterhin die gesamte Sihl durchfliessen. Damit bleibt dem Fluss die nötige Dynamik erhalten, um gelegentlich Geschiebe zu transportieren und umzulagern. Dies ist nötig, um die Grundwasserträger im unteren Sihltal weiterhin mit Flusswasser zu alimentieren und um Fischlaichgründe zu schaffen und zu erhalten. Nur die Spitzen grosser Hochwasser sollen in den Entlastungstollen geleitet werden. Dafür sind automatisch regulierbare Schlauchwehre am Einlaufbauwerk geplant.



Bild 3: Der geplante Einlauf des Entlastungstollens befindet sich an der Sihl oberhalb von Langnau a. A., direkt unterhalb des neuen Schwemmholzrechens. Im Bereich des Seebads Bürger 1 in Thalwil soll er in den Zürichsee münden.

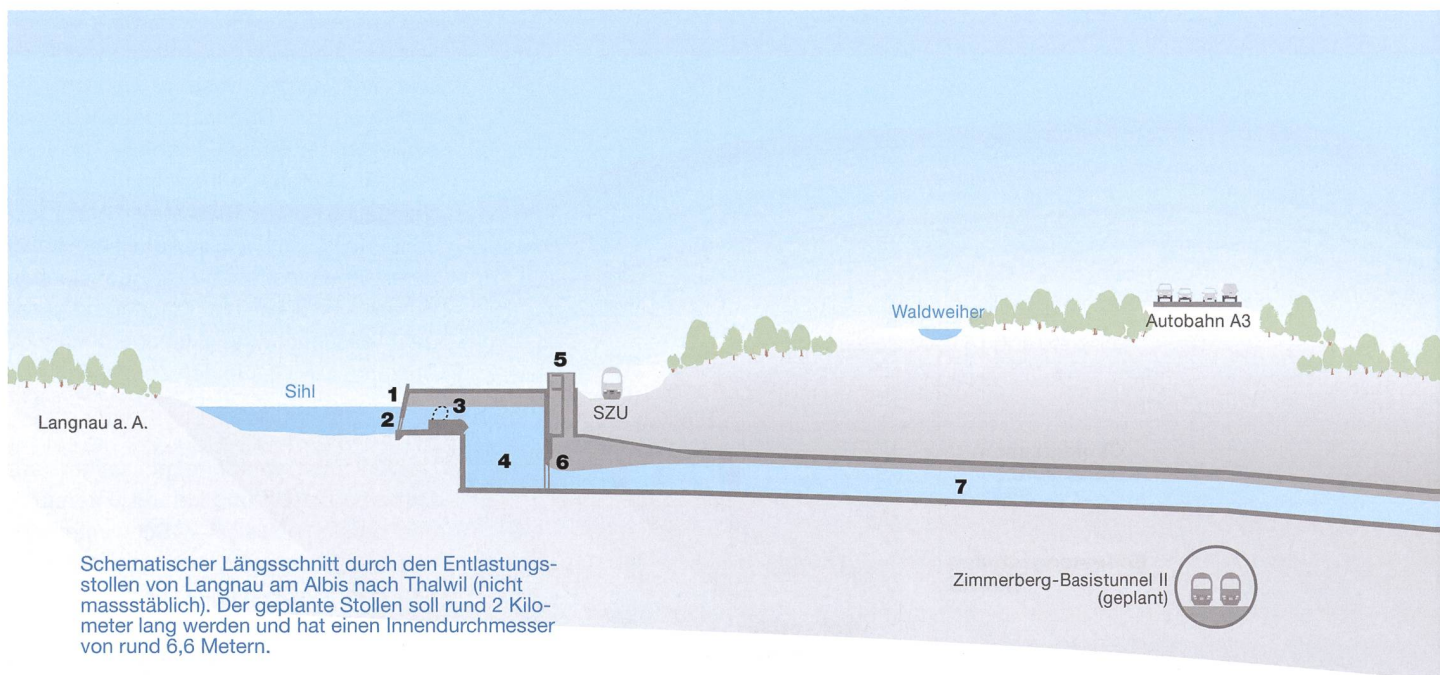


Bild 4: Schematischer Längsschnitt durch den Entlastungsstollen von Langnau a. A. nach Thalwil (nicht massstäblich).

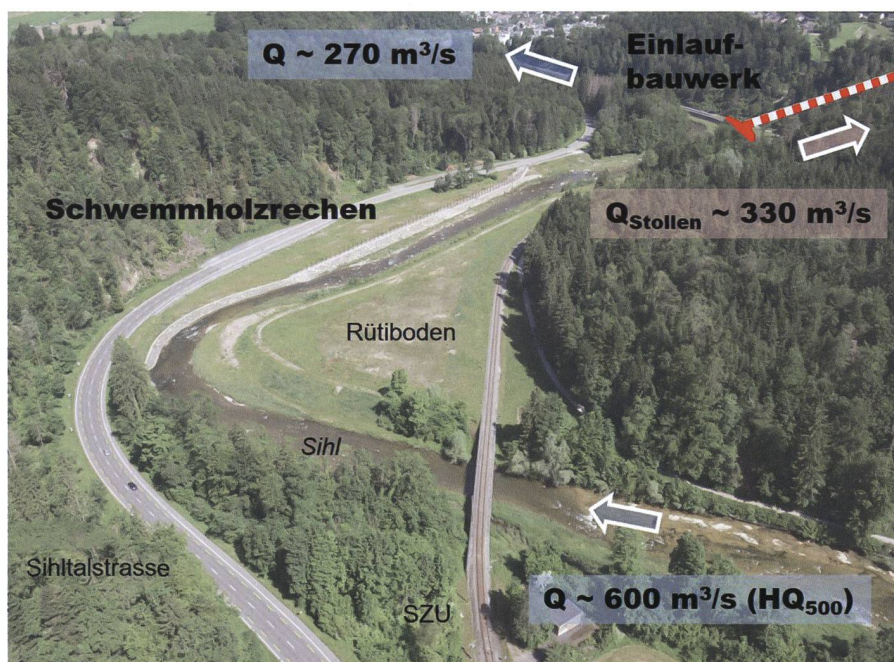


Bild 5: Aufteilung des Sihl-Abflusses (Q) im Bemessungsfall (HQ_{500}).

Die hydraulisch wichtigsten Bestandteile des Einlaufbauwerks sind im Längsschnitt in Bild 4 und in Bild 6 dargestellt. Vor dem Seitenüberfall sind eine Tauchwand (1) zur Abweisung von Schwemmholz und ein Grobrechen (2) mit lichtem Stababstand von 2m angebracht. Der Seitenüberfall selber besteht aus einer festen Wehrschwelle mit aufgesetzten Schlauchwehren (3), welche in zwei Wehrfeldern von je 40 m Überfalllänge angebracht sind. Die 2,5 m hohen Schlauchwehre können in drei verschiedenen Wehrstellungen betrieben werden: vollständig gefüllt (Bild 7a), teilweise abgesenkt (Bild 7b) und vollständig abgesenkt

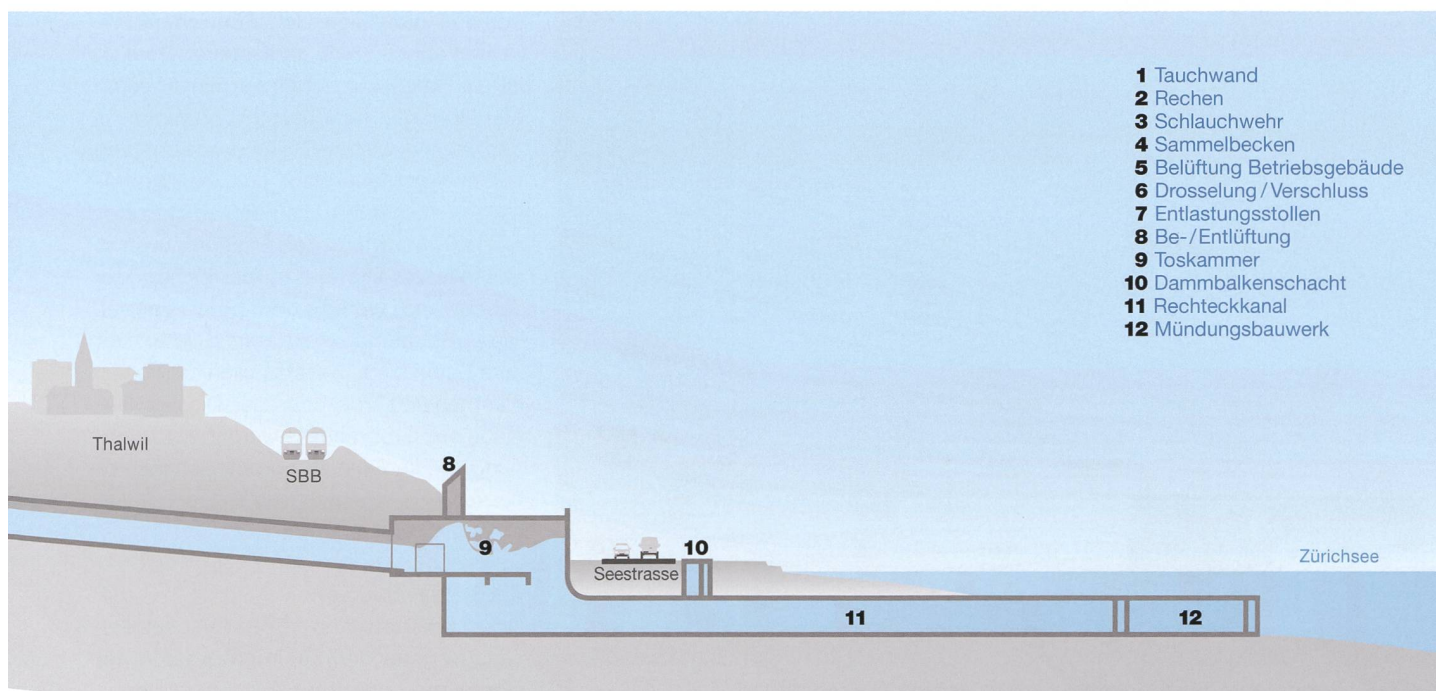
(Bild 7c). Die Stellung der Schlauchwehre bzw. die Lage der Überfallkante kontrolliert die Entlastung, sodass die Sihl unterhalb des Einlaufbauwerks den kritischen Abfluss von $300 \text{ m}^3/\text{s}$ nicht überschreitet.

Hinter dem Überfall wird das Wasser in einem Sammelbecken (4) gefasst und fließt durch eine Drosselöffnung (6) in den Entlastungsstollen. Die rechteckige Drosselöffnung weist eine lichte Breite von 6,8 m und eine lichte Höhe von 5,0 m auf und beschränkt den Stollenabfluss bei hohen Gesamtabflüssen in der Sihl, wodurch der Freispiegelabfluss im Entlastungsstollen sichergestellt wird. Das hinter der Drossel-

öffnung angeordnete Belüftungsbauwerk (5) verbindet den Entlastungsstollen mit der freien Atmosphäre und sorgt für eine genügende Luftzufuhr in den Stollen. Das Belüftungsbauwerk ist in das Betriebsgebäude integriert, in dem einerseits die Arbeits- und Ruheräume für das Betriebspersonal und andererseits die Antriebs- und Steuerräume für das Schlauchwehr und das Abschlussorgan untergebracht sind. Zur Gewährleistung der Arbeitssicherheit kann das Einlaufbauwerk bei Inspektions- und Unterhaltsarbeiten am Entlastungsstollen mit dem Abschlussorgan (6, Tafelschütz aus Stahl) verschlossen werden.

Trenncharakteristik

Wenn die Pegelmessgeräte am Oberlauf der Sihl (Messstation Sihl-Blattweg) das Überschreiten der vordefinierten Pegelstände melden, werden die Schlauchwehre automatisiert schrittweise abgelassen. Der Anspringpunkt ist bei einem Sihl-Abfluss von $250 \text{ m}^3/\text{s}$ geplant, d. h. bis zu diesem Abfluss bleiben die Schlauchwehre vollständig gefüllt (Bild 7a). Rund alle zehn bis 15 Jahre bzw. bei Sihl-Abflüssen über $250 \text{ m}^3/\text{s}$ werden die Schlauchwehre teilweise und etwa alle 40 bis 50 Jahre bzw. ab rund $350 \text{ m}^3/\text{s}$ komplett entleert (Bild 7b und 7c), damit bei einem HQ_{500} von $600 \text{ m}^3/\text{s}$ (Bemessungsfall) beim Einlaufbauwerk rund $330 \text{ m}^3/\text{s}$ durch den Entlastungsstollen in den Zürichsee umgeleitet werden können. Zum Vergleich: Beim Hochwasser 2005 betrug die Hochwasserspitze in der Sihl rund $290 \text{ m}^3/\text{s}$.



- 1 Tauchwand
- 2 Rechen
- 3 Schlauchwehr
- 4 Sammelbecken
- 5 Belüftung Betriebsgebäude
- 6 Drosselung / Verschluss
- 7 Entlastungsstollen
- 8 Be-/Entlüftung
- 9 Toskammer
- 10 Dammbalkenschacht
- 11 Rechteckkanal
- 12 Mündungsbauwerk

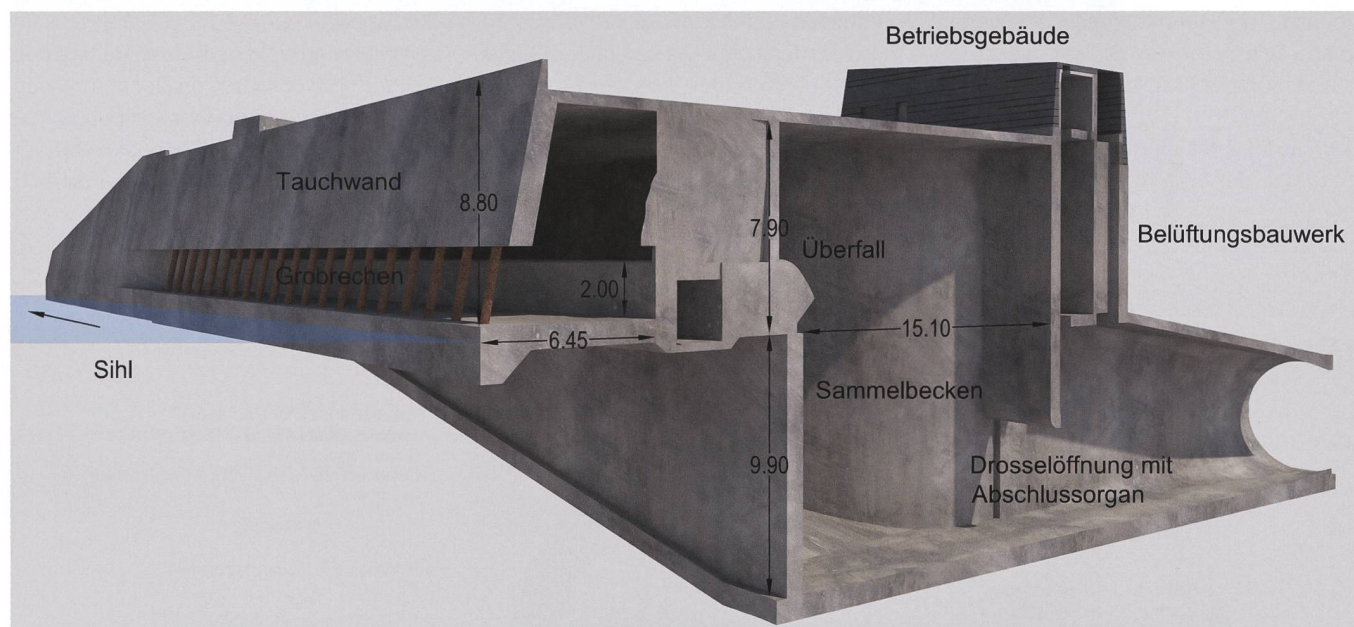


Bild 6: Schnitt durch das 3D-Modell des Einlaufbauwerks.

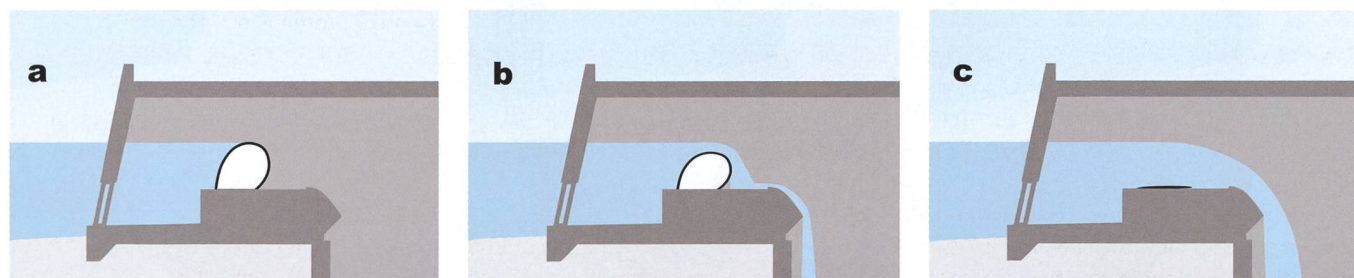


Bild 7: Betrieb des Einlaufbauwerks bei Sihl-Abfluss $Q < 250 \text{ m}^3/\text{s}$ (a), $250 \text{ m}^3/\text{s} < Q < 350 \text{ m}^3/\text{s}$ (b) und $Q > 350 \text{ m}^3/\text{s}$ (c).

Kontrollschwelle

Zusätzlich zu den vorgenannten Bestandteilen des Einlaufbauwerks sind die zwei Sohlswellen zu erwähnen, die in der Sihl unterstrom des Einlaufbauwerks quer zur

Fließrichtung eingebaut werden. Die Sohlswellen dienen als Kontrollquerschnitt und verursachen einen Rückstau, der für eine optimale Anströmung des Einlaufbauwerks sorgt. Der Aufbau der Schwellen

erfolgt mit Riegelsteinen mit einem Blockgewicht von rund 3,5 bis 4,5t (ca. 1,6m Vertikalachse), welche kraftschlüssig in die gefräste Sohle gesetzt und mit einer minimalen Einbindetiefe von 0,8m in den



Bild 8: Fotomontage des Einlaufbauwerks, Blick in Fließrichtung.

Felsen einbetoniert werden. Zur Sicherstellung der Fischgängigkeit bei Niedrigwasser wird in beiden Sohlswellen ein Wanderkorridor (Schlitz) ausgestaltet.

Gestaltung und Umgebung

Die Gestalt des Einlaufbauwerks wird mass-

geblich geprägt von den Anforderungen an dessen Funktionalität und von der topografischen Lage. Die sorgfältige Gestaltung der sichtbaren Teile des Bauwerks erfolgte in Zusammenarbeit mit Fachleuten für Architektur und Landschaftsgestaltung. Die gewählte Materialisierung ist

auf den naheliegenden Schwemmholzrechen abgestimmt. Im flacheren Bereich ist die Böschung mit einem Blockbesatz aus Alpenkalk gesichert. Mit anwachsender Neigung wird die Böschungssicherung mit einem Mauerwerk aus Quarzsandsteinen ausgeführt, die dann an die betonierte Tauchwand des Einlaufbauwerks anschliesst. Die Betonoberflächen der Tauchwand werden mit einer speziell rauen Schalung strukturiert (Bild 8). Der raue Beton bietet Ansatzstellen für Moose, Flechten und Trockengräser. Die Rechenstäbe des Grobrechens werden – in Anlehnung an die Gestaltung des Schwemmholzrechens – als betonverfüllte rohe Stahlrohre ausgebildet.

4.3 Stollenbauwerk

Der rund 2 km lange Entlastungsstollen verläuft unter dem Zimmerberg und der Gemeinde Thalwil bis zum Zürichsee in der oberen Süsswassermolasse und weist einen Kreisquerschnitt mit einem Innendurchmesser von 6,60 m auf. Die vertikale Linienführung sieht eine Überquerung des von der Schweizerischen Bundesbahnen AG (SBB) geplanten Zimmerberg-Basistunnels II (ZBT II) vor. Deshalb weist der Entlastungsstollen im oberen Abschnitt

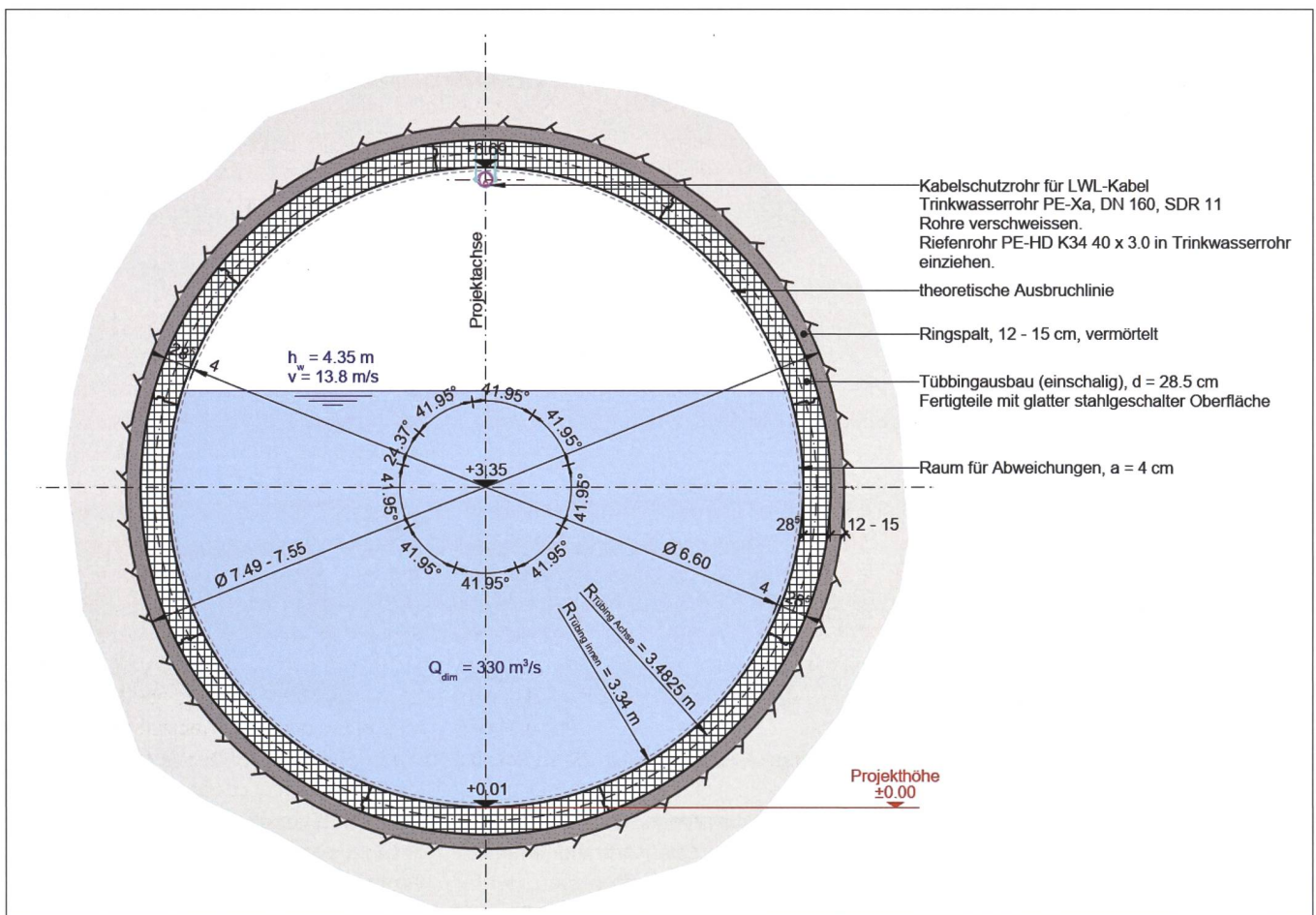


Bild 9: Normalprofil des Entlastungsstollens mit Tübbingausbau.

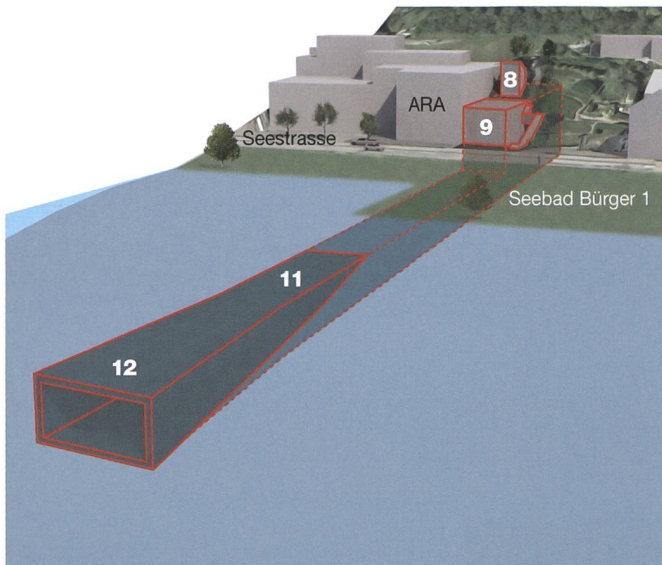


Bild 10: Schematische Darstellung des Auslaufbauwerks.

bis zur Überquerung des ZBT II ein Längsgefälle von rund 1,3 % und anschliessend ein Längsgefälle von rund 3,3 % auf.

Um Erschütterungen im bebauten Gebiet bestmöglich zu vermindern, wird der Entlastungsstollen mit einer Einfachschild-Tunnelbohrmaschine ausgebrochen. Die Ausbruchsicherung und Verkleidung wird mit Stahlbetontübbing hergestellt. Der Vortrieb erfolgt fallend vom Einlaufbauwerk bei «Rütiboden» in Richtung Zürichsee. Ein Vortrieb von Thalwil her kommt aufgrund der sehr engen Platzverhältnisse, der mit dem Vortrieb verbundenen Lärm- und Staubbelastung sowie der stark befahrenen Seestrasse nicht infrage. Beim Einlaufbauwerk ist ab dem bergmännischen Portal eine rund 20m lange Startrohre vorgesehen, die konventionell ausgebrochen wird. Oberhalb des Auslaufbauwerks unterquert der Entlastungsstollen die SBB-Bahnlinsen Zürich–Luzern bzw. Zürich–Chur. Die Unterquerung der SBB-Bahnlinie Zürich–Chur ist aufgrund der geringen Überdeckung bautechnisch anspruchsvoll und erfolgt im Gegenvortrieb. Der Gegenvortrieb hat eine Länge von rund 36m und wird konventionell ausgebrochen.

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 – insbesondere im flacheren Stollenabschnitt – und andererseits lokale Kavitationsschäden

vermieden werden können (IG Sihl-Entlastungsstollen, 2020).

Die hydraulischen Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit der Tübbinge unterscheiden sich im flacheren (bis zur Querung des ZBT II) und im steileren Stollenabschnitt. Im flacheren Stollenabschnitt wird eine möglichst glatte Oberfläche angestrebt, um die hydraulischen Verluste und damit den erforderlichen Abflussquerschnitt zu minimieren. Die mit einer Stahlschalung vorfabrizierten Tübbinge sollen eine glatte Betonoberfläche mit einer äquivalenten Sandrauigkeit von ca. $k_s = 0,5 \text{ mm}$ aufweisen. Im steileren Stollenabschnitt wird eine raue bzw. gerippte Betonoberfläche der Tübbinge angestrebt, um den Reibungswiderstand zu erhöhen und dadurch die Strömungsgeschwindigkeit zu reduzieren. Die gerippte Oberfläche soll mit einer Spezialschalung hergestellt werden und eine äquivalente Sandrauigkeit von ca. $k_s = 10 \text{ mm}$ aufweisen.

4.4 Auslaufbauwerk

Das Auslaufbauwerk wird aus Ort beton erstellt und kommt im Bereich des Seebades Bürger 1 und der ARA Thalwil am Zürichseeufer zu liegen. Das Auslaufbauwerk wird aufgrund der Topografie und Bebauung grösstenteils unterirdisch angeordnet.

Das im Entlastungsstollen abfliessende Wasser schiesst nach einem Profilübergang in die rechteckige, 8m breite, ca. 20m hohe und ca. 35m lange Toskammer (9). In der Toskammer erfolgen die Energiedissipation und der Wechsel vom Freispiegel- zum Druckabfluss. Die Toskammer wird mit dem sogenannten Balkenrost ausgerüstet. Auf dem 16m langen Balken-

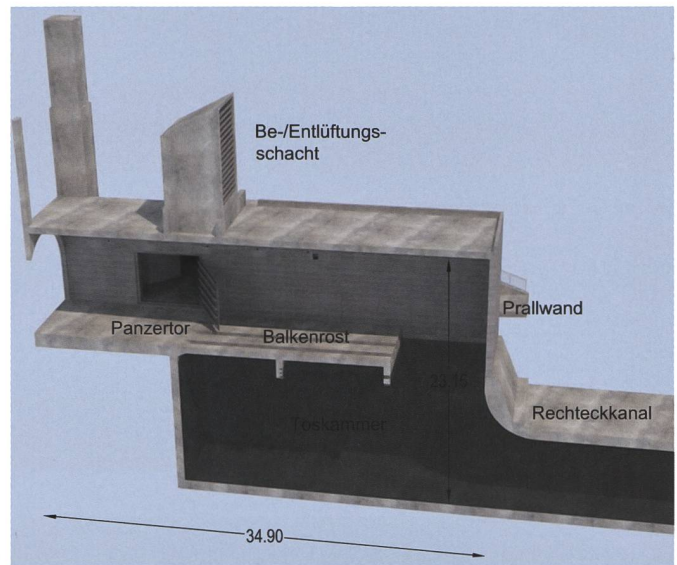


Bild 11: Toskammer mit Be-/Entlüftungsschacht und offenem Stahlpanzertor.

rost verläuft der Wasserstrahl horizontal als Oberflächenstrahl in Richtung Prallwand, während er zwischen den Längsbalken in die Tiefe abtaucht. Hierdurch werden die Energieumwandlung verbessert und der Lufteintrag in den anschliessenden Rechteckkanal reduziert. Für die Zu- und insbesondere Abfuhr der mittransportierten Luft ist ein Be-/Entlüftungsschacht (8) über der Toskammer vorgesehen.

Mit dem Rechteckkanal (11) wird das Wasser aus der Toskammer unter der Seestrasse und dem Seebad Bürger 1 rund 90m in den Zürichsee geführt. Im Bemessungsfall ($Q = 330 \text{ m}^3/\text{s}$) beträgt die mittlere Fließgeschwindigkeit rund 4 m/s. Mit der Anordnung des Rechteckkanals bzw. des Mündungsbauwerks (12) wird sichergestellt, dass sich das bei einer Entlastung übergeleitete Sihlwasser im Sommer entweder in die grösste Tiefe des Zürichsees (vermutlich vor allem zu Beginn bei grosser Partikeldichte) oder bei geringem bis mittlerem Partikelgehalt in der Sprungschicht des Zürichsees ausbreitet. Im Winter kann das Sihlwasser grundsätzlich in die Tiefe der Seewasserfassungen (rund 35m) gelangen, jedoch wird es sich wegen der schwachen Dichteschichtung über ein grosses Volumen (horizontal und vertikal) verteilen. Mit der gewählten Ausführung des Rechteckkanals ist eine Beeinträchtigung von Seewasserfassungen unwahrscheinlich oder mit wenigen g/m^3 gering und mit Sandfilteranlagen problemlos zu bewältigen.

Der Zugang in den Entlastungsstollen ist bei der Toskammer angeordnet und mit einem Panzertor versehen. Mit den Abmessungen von $5,00 \times 4,20 \text{ m}$ ist gewährleistet, dass im Bedarfsfall (Revision, In-

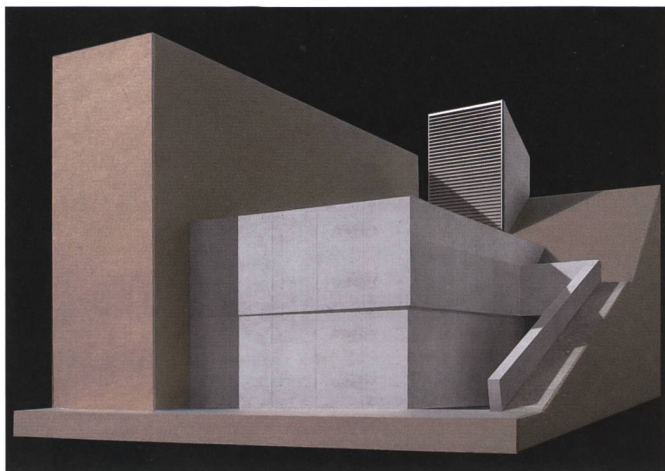


Bild 12: Modellfoto des sichtbaren Teils des Auslaufbauwerks (Toskammer, in der Bildmitte) mit der links anschliessenden neuen ARA Zimmerberg (brauner Quader). Der Zugang ist auf der rechten Seite angeordnet und in den Hang eingelassen.

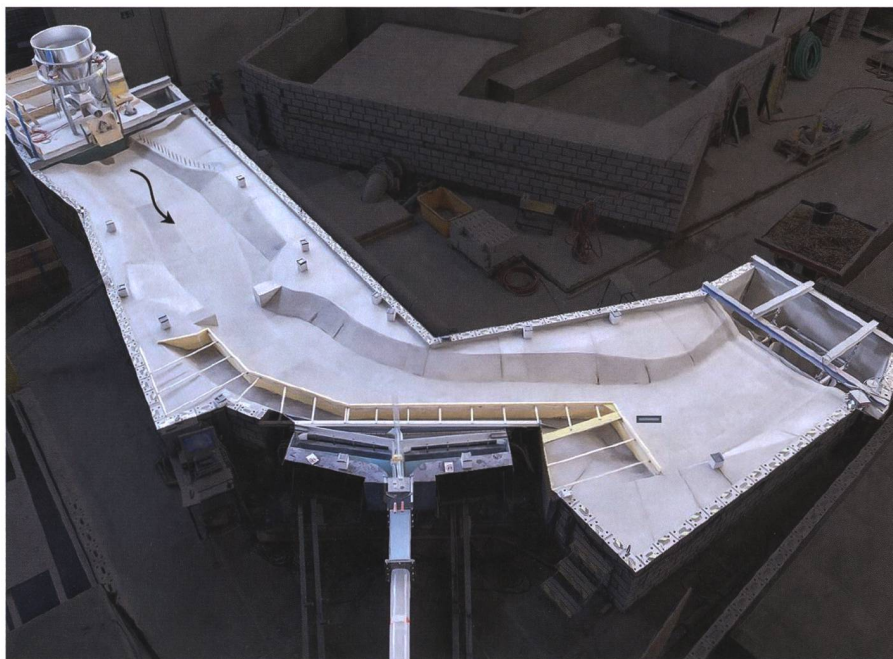


Bild 13: Modell des Einlaufbauwerks im Bauzustand.

spektion) ein Fahrzeug der Grösse eines PW resp. Lieferwagens in den Entlastungsstollen fahren kann. Für Revisionsarbeiten in der Toskammer und/oder dem Rechteckkanal kann das Bauwerk mit Damm-balken vom See abgeschottet und trockengelegt werden. Ein Gitter beim Mündungsbauwerk sorgt dafür, dass niemand in das Auslaufbauwerk eindringen kann.

Gestaltung und Umgebung

Das Auslaufbauwerk kommt in der Uferbebauung von Thalwil zu liegen. Teile des Auslaufbauwerks, 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.

Der sichtbare Teil der Toskammer wird mit der gleichen Sichtbetonoberfläche aus-

gebildet wie die Tauchwand des Einlaufbauwerks. Das Auslaufbauwerk ist das Pendant zum Einlaufbauwerk und drückt das mit der analogen Art der Ausbildung der Betonoberflächen aus. Der speziell strukturierte Beton stellt jedoch das einzige gemeinsame optische Merkmal dar, das die sichtbaren Bauten des Einlaufbauwerks mit denen des Auslaufbauwerks verbindet.

4.5 Hydraulische Modellversuche

Zur Überprüfung und Optimierung der Funktionsfähigkeit des Einlauf- und Auslaufbauwerks wurden an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich zwischen 2018 und 2020 hydraulische Modellversuche durchgeführt. Damit konnten die Funktionsfähigkeit der beiden Bauwerke nachgewiesen und diverse weitere Fragestellungen beantwortet werden. Die Resultate der Modellversuche werden in der nächs-

ten Ausgabe von «Wasser Energie Luft» (113. Jahrgang, 2021, Heft 4) vorgestellt.

4.6 Wirkung

Für die Erstellung der Gefahrenkarte Hochwasser von Sihl, Limmat und Zürichsee für die Stadt Zürich wurde ein hoch aufgelöstes 2D-Modell erstellt (TK Consult, 2020). Die den durchgeführten Überflutungssimulationen in der Stadt Zürich zu Grunde liegenden Szenarien beinhalteten sowohl den Ist-Zustand als auch den zukünftigen Zustand mit der Wirkung des Entlastungsstollens (Zustand 2026). Der Vergleich zwischen Bild 14 und 15 zeigt, wie sich die Überflutungsflächen in der Stadt Zürich aufgrund der Inbetriebnahme des Entlastungsstollens verändern. Der jährliche Schaden-erwartungswert von rund 67 Mio. CHF (ohne Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hochwasserschutzmassnahmen) kann durch die Wirkung des Entlastungsstollens auf rund 5 Mio. CHF gesenkt werden.

5. Ökologische Ersatzmassnahmen an der Sihl

Die ökologischen Ersatzmassnahmen an der Sihl umfassen zum einen den 1,7 km langen Sihlabschnitt zwischen dem Bahnhof Langnau-Gattikon und der Wehrschwelle Gartendörfli und zum anderen den 70m langen Mündungsabschnitt des Gontenbachs an der Gemeindegrenze von Langnau a. A. und der Stadt Adliswil (ARGE AquaFluss, 2019a). Die wichtigsten Projektbestandteile sind in Bild 16 dargestellt.

Der Sihlabschnitt wird naturnah gestaltet (2), womit neue Lebensräume geschaffen bzw. bestehende Lebensräume aufgewertet und die Vernetzung der natürlichen Lebensräume im und entlang des Gewässers verbessert werden. Dafür wird die Wehrschwelle Gartendörfli durch eine Riegelrampe ersetzt (1). Die Riegelrampe ist so ausgelegt, dass neben der Längsvernetzung der Sihl für Wasserlebewesen auch der Hochwasserschutz gewährleistet ist und die Unterfangungskosten für das linke Ufer möglichst gering gehalten werden können. Weiter wird zur Schaffung eines natürlichen Prallhangs am rechten Sihlufer ein rund 500m langes Wanderwegstück rückgebaut (4) und ein weiteres Stück nicht mehr unterhalten (5). Mit dem Verzicht auf den Wegunterhalt wird der Wanderweg mittelfristig nicht mehr begehbar sein, da durch die gezielte Entfernung des Uferschutzes der Hangfuss erodieren wird und in der Folge Hangrutschungen auftreten können. Als Ersatz wird der Wanderweg neu auf der linken Sihlseite geführt (6). Dazu

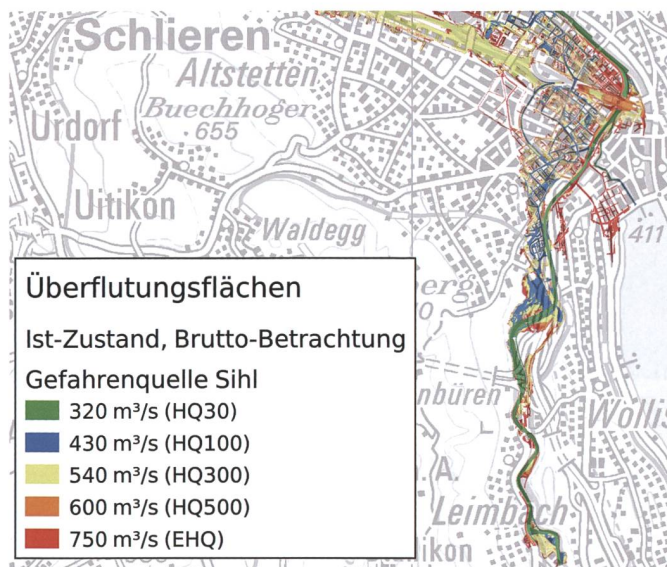


Bild 14: Überflutungsflächen in der Stadt Zürich im Ist-Zustand.

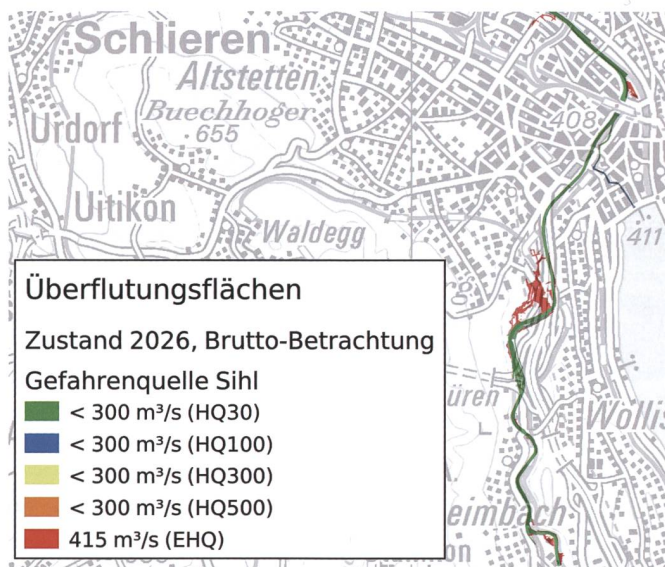


Bild 15: Überflutungsflächen in der Stadt Zürich nach der Inbetriebnahme des Entlastungstollens.

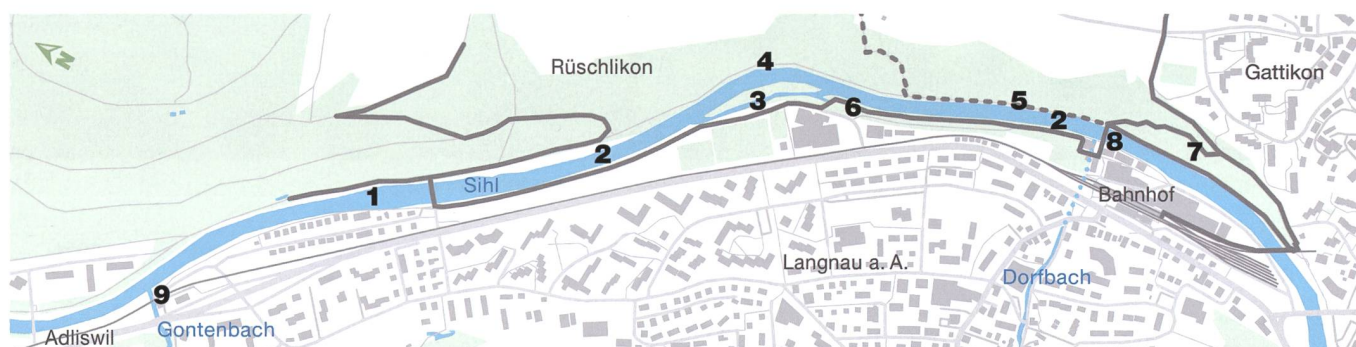


Bild 16: Projektübersicht mit den geplanten ökologischen Ersatzmassnahmen an der Sihl.

wird etwa auf Höhe des Bahnhofs Langnau-Gattikon mit dem Sihlsteg Spinnerei (8) ein neuer, hindernisfreier Fussgängersteg über die Sihl gebaut. Beim Stirnemannsteg wechselt der Wanderweg wieder auf die rechte Sihlseite zurück. Um die Anbindung des Thalwiler Ortsteils Gattikon an den Bahnhof Langnau-Gattikon zu verbessern, wird zwischen dem Sihlsteg Spinnerei und Gattikon der neue Verbindungsweg Züsack erstellt (7). Der im Projektperimeter auf der linken Sihlseite verlaufende Veloweg wird durch das Projekt streckenweise angepasst. Das Projekt sieht weiter vor, auf einer Länge von rund 270m ein permanent durchströmtes Seitengerinne anzulegen (3). Dazu wird die im Gelände vorgezeichnete Linie des ehemaligen Unterwasserkanals des Kleinkraftwerks der Spinnerei Langnau durch Aushubarbeiten flussaufwärts fortgesetzt und an die Sihl angeschlossen.

Im Gontenbach wird an einzelnen Stellen die Bachsohle abgesenkt und bei der Mündung in die Sihl eine Riegelrampe gebaut (9). Mit diesen Massnahmen werden einerseits Einstiegsmöglichkeiten für Fische geschaffen und andererseits die Vernetzung für Wasserlebewesen gefördert.

6. Ökologische Ersatzmassnahmen am Zürichsee

Die ökologischen Ersatzmassnahmen am Zürichsee sind in der Gemeinde Richterswil im Uferabschnitt «Garnhänki» zwischen dem Seebad Richterswil und der Kantonsgrenze vorgesehen. Geplant ist die Schaffung eines Flachufers mit Wasserwechselzone, wofür seeseitig der Bahnlinie die Entfernung der Uferbefestigung, die Abflachung des Ufers und die Pflanzung von Schilf erforderlich sind. Ein solches Flachufer ist ein vielfältiger Lebensraum, der durch den weitgehenden Verbau der Seeufer sowie die Regulierung des Seespiegels rar geworden ist. Der bestehende Seeuferweg wird etwas landeinwärts verlegt und für eine bessere Aussicht erhöht geführt (ARGE AquaFluss, 2019b).

Das Projekt beinhaltet auch Aufwertungen für die Bevölkerung. Der im Bereich der Unterführung zum Bahnhof gelegene Aufenthaltsbereich wird durch Sitzbänke und Picknicktische aufgewertet und mit einem Zugang zum Wasser ergänzt (Abtreppe/Sitzstufen). Angrenzend an das Seebad werden neue Auf-

enthaltsmöglichkeiten mit Sitzbänken geschaffen. Der bestehende Seeuferweg wird etwas landeinwärts verlegt und für eine bessere Aussicht etwas erhöht. Eine Plattform ermöglicht Einblicke in das neue naturnahe Flachufer.

Die Baudirektion und die Gemeinde Richterswil planen und finanzieren die ökologischen Ersatzmassnahmen in der «Garnhänki» gemeinsam. Damit wird die Gemeinde ihre gesetzliche Kompensationspflicht aus der Erstellung eines neuen Bootshafens von 2003 erfüllen können. Die Stimmberechtigten von Richterswil haben die finanzielle Beteiligung der Gemeinde an der Urnenabstimmung vom 7. März 2021 gutgeheissen.

7. Ausblick

Die Realisierungsphase des Entlastungstollens beginnt im Herbst 2021. Dabei werden Forst- und Vorarbeiten im Sihltal durchgeführt. Der Baustart des Entlastungstollens ist voraussichtlich im März 2022. Die Bauzeit beträgt rund 3,5 Jahre, womit der Entlastungstollen voraussichtlich im 2026 in Betrieb genommen werden kann.



Bild 17: Heutiger Zustand des Seeuferabschnitts «Garnhänki» in Richterswil.

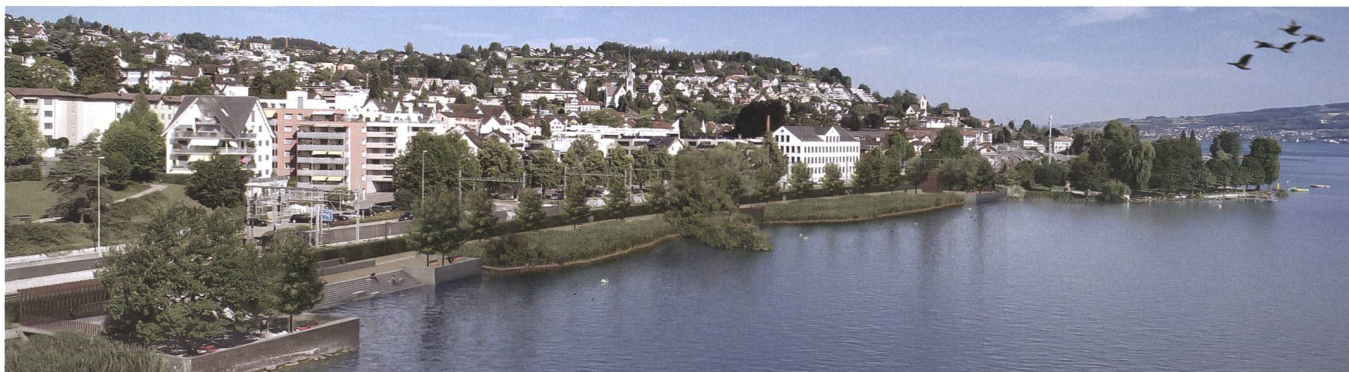


Bild 18: Geplanter Zustand des Seeuferabschnitts «Garnhänki» nach der Projektumsetzung.

	2020				2021				2022				2023				2024				2025				2026			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Finanzierung																												
Genehmigung Objektkreditantrag																												
Subventionsgesuch / Verfügung BAFU																												
Bewilligung																												
Projektfestsetzung																												
Ausführung																												
Vorarbeiten																												
Entlastungsstollen																												
Ökologische Ersatzmassnahmen Zürichsee																												
Ökologische Ersatzmassnahmen Sihl																												
Inbetriebnahme und Tests																												

Hauptbeteiligte Projekt und Bauausführung:
 Bauherr / Gesamtprojektleitung: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, CH-8090 Zürich
 Bauherrenunterstützung: Amberg Engineering AG, CH-8105 Regensdorf-Watt
 Kommunikation: Weissgrund AG, CH-8031 Zürich
 Entlastungsstollen:
 Oberbauleitung: Tiefbauamt Kanton Zürich, CH-8090 Zürich; Chefbauleitung/Bauleitung: AFRY Schweiz AG, CH-8048 Zürich; UBB/BBB: B+S AG, CH-8050 Zürich; Projektverfasser: IG Sihl-Entlastungsstollen, c/o IUB Engineering AG, CH-8005 Zürich;
 Hydraulische Modellversuche: Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich, CH-8093 Zürich; Gestaltung: egü Landschaftsarchitekten, CH-8049 Zürich und Eduard Imhof, CH-6003 Luzern
 Ökologische Ersatzmassnahmen an der Sihl:
 Projektverfasser: ARGE AquaFluss, c/o Flussbau AG (SAH), CH-8090 Zürich

Ökologische Ersatzmassnahmen am Zürichsee: Projektverfasser: ARGE AquaFluss, c/o Flussbau AG (SAH), CH-8090 Zürich; Gestaltung: Hager Partner AG, CH-8032 Zürich

Quellen:

Aller, D., Kleinn, J., Oplatka, M. (2017). Risiko der Langfristkonzepte beim Hochwasserschutz Sihl, Zürichsee, Limmat. Technischer Bericht ARGE AquaFluss (2019a). Hochwasserschutz an Sihl, Zürichsee und Limmat. Entlastungsstollen Thalwil. Ökologische Ersatzmassnahmen Sihl. Technischer Bericht Auflageprojekt Nr. ÖMS-BER ARGE AquaFluss (2019b). Hochwasserschutz an Sihl, Zürichsee und Limmat. Entlastungsstollen Thalwil. Ökologische Ersatzmassnahmen Zürichsee. Technischer Bericht Auflageprojekt Nr. ÖMZ-BER AWEL (2017). Hochwasserschutz an Sihl, Zürichsee und Limmat. Synthesebericht zum Konzeptentscheid «Entlastungsstollen Thalwil». Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL), Zürich

IG Sihl-Entlastungsstollen (2020). Hochwasserschutz an Sihl, Zürichsee und Limmat. Entlastungsstollen Thalwil. Technischer Bericht Submission Nr. 14.51330.41-707 Marti, C., Oplatka, M., Scapozza, C. (2014). Hochwasserschutz Sihl – Zürichsee – Limmat, Internationales Symposium «Wasser- und Flussbau im Alpenraum», VAW-Mitteilung 228 (R. Boes, ed.), VAW, ETH Zürich, 577-589
 TK Consult AG (2020). Überflutungsmodellierung Stadt Zürich und Limmattal – Gefahrenquellen Sihl, Limmat, Seebecken, Schanzengraben. Technischer Bericht Nr. TKC 24.038

Autor:

Adrian Stucki, Gesamtprojektleiter, Baudirektion des Kantons Zürich, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL), Abteilung Wasserbau, Sektion Bau, Walcheplatz 2, CH-8090 Zürich, adrian.stucki@bd.zh.ch