

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 110 (2018)
Heft: 1

Artikel: Schwemmholzrechen für den Hochwasserschutz im unteren Sihltal
Autor: Hochstrasser, Heinz / Schmockler, Lukas / Bösch, Max
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941572>

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: 01.04.2025

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

Schwemmholzrechen für den Hochwasserschutz im unteren Sihltal

Heinz Hochstrasser, Lukas Schmocker, Max Bösch, Matthias Oplatka

Zusammenfassung

2005 entgingen das untere Sihltal und die Stadt Zürich nur knapp grossen Hochwasserschäden. Wäre damals das Niederschlagszentrum über dem Einzugsgebiet der Sihl gelegen – statt über dem Berner Oberland –, dann wäre die Sihl über die Ufer getreten. Es wäre zu grossflächigen Überflutungen der Zürcher Innenstadt und des Hauptbahnhofs gekommen. Denn grosse Teile von Zürich liegen auf dem Schwemmkegel der Sihl, einem natürlichen Überschwemmungsgebiet.

Seit 2005 hat der Kanton Zürich den Hochwasserschutz laufend verbessert. Zudem wurde im breit abgestützten Projekt «Hochwasserschutz Sihl, Zürichsee, Limmat» eine langfristige Lösung erarbeitet. Im Oktober 2017 hat der Zürcher Regierungsrat beschlossen, den Hochwasser-Entlastungsstollen zwischen Langnau am Albis und Thalwil weiter zu projektieren. Der zwei Kilometer lange Entlastungsstollen Thalwil soll Hochwasserspitzen der Sihl in den Zürichsee überleiten und so das untere Sihltal und Zürich vor Extremhochwasser schützen.

Unabhängig von dieser langfristigen Lösung ist ein zuverlässiger Rückhalt von Schwemmholz in der Sihl nötig, um Verklausungen an kritischen Stellen wie Brücken oder den Durchlässen unter dem Hauptbahnhof Zürich zu verhindern. Dieses Problem, das andere Hochwasserschutzmassnahmen teilweise wirkungslos gemacht hätte, ist seit Frühling 2017 gelöst: Dank dem Schwemmholzrechen in der Sihl (Bild 1) oberhalb des möglichen Entlastungsstollens sind Langnau am Albis, Adliswil und Zürich wesentlich besser vor einem Sihlhochwasser geschützt. Modellversuche an der ETH Zürich haben gezeigt, dass der Parallelrechen im Hochwasserfall bis zu 95 Prozent des Schwemmholzes in der Sihl sicher zurückhält. Die Gesamtkosten für den Schwemmholzrechen beliefen sich auf rund 18 Millionen Franken.

1. Hochwassergefahr im unteren Sihltal und in Zürich

Das Einzugsgebiet der Sihl umfasst rund 340 km². In der Vergangenheit kam es im Sihltal und in Zürich immer wieder zu Überschwemmungen, letztmals 1910: Weite Teile von Zürich und die Ebene bis Schlieren standen unter Wasser. Seit der Inbetriebnahme des Etzel-Pumpspeicherkraftwerks 1937 wählte man sich in Sicherheit. Denn der Sihlsee fängt knapp die Hälfte der Abflüsse im Einzugsgebiet auf (Bild 2). Für kleinere und mittlere Hochwasserspitzen hat der Sihlsee eine gute Retentionswirkung. Grosse und sehr seltene Hochwasser können aber aufgrund der Stauanlagensicherheit nur noch wenig gedämpft werden. Sie würden ohne grosse Dämpfung ins Sihltal weitergeleitet.

1.1 Enormes Schadenpotenzial auf dem Schwemmkegel der Sihl

Beim letzten grossen Sihlhochwasser von

1910 hielten sich die Schäden in Grenzen, weil das Schadenpotenzial auf Stadtgebiet und im Hauptbahnhof Zürich noch nicht allzu gross war. Seither hat sich die Zahl der Gebäude in Zürich vervielfacht. In

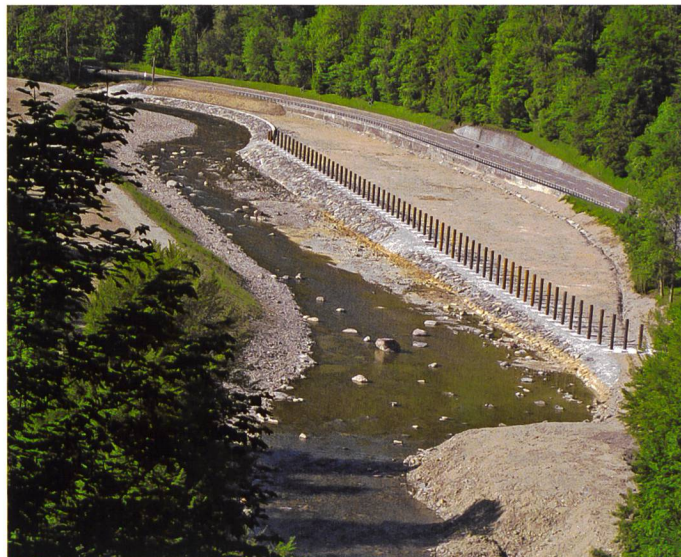


Bild 1. Der Schwemmholzrechen an der Sihl oberhalb von Langnau am Albis (Blick gegen die Fliessrichtung): Bei Hochwasser wird das Schwemmholz in der scharfen Rechtskurve über die gekrümmte linksufrige Wehrschwelle ausgeleitet und im Parallelrechen zurückgehalten.

den Untergeschossen vieler Gebäude befinden sich sensible Betriebseinrichtungen wie Rechenzentren und teure Sachwerte. Hinzu kommen unterirdische Verkehrsverbindungen wie Strassenunterführungen und Bahntunnels. Deshalb ist selbst bei einer geringen Wassertiefe an der Oberfläche mit hohen Schäden im Untergrund zu rechnen. Damit weist das Überflutungsgebiet auf dem Sihl-Schwemmkegel eines der grössten Hochwasserrisiken der Schweiz auf (Bild 4). Das Schadenpotenzial bei einem Extremhochwasser der Sihl wird auf bis zu 6.7 Milliarden Franken geschätzt. Hinzu kämen volkswirtschaftliche Kosten durch Betriebsstörungen, Unterbrüche und den Ausfall oder die Zerstörung der Infrastruktur für Energie, Telekommunikation und Verkehr. Diese Folgekosten würden die materiellen Schäden um ein Mehrfaches übersteigen.

1.2 Sihl durchfliesst den Hauptbahnhof

Gefährdet ist auch der Zürcher Hauptbahnhof, die nationale Verkehrsdrehscheibe der Schweiz. Auf Höhe der Sihl befinden sich unterirdische Passagen mit vielen Läden. Unter der Sihl sind in den letzten 30 Jahren drei Bahnhöfe entstanden: der S-Bahnhof Museumsstrasse, der Bahnhof der Sihltal-



Bild 2. Knapp die Hälfte des Einzugsgebiets der Sihl liegt oberhalb des Sihlsees.

Zürich-Uetliberg-Bahn (SZU) und der 2016 eröffnete Bahnhof Löwenstrasse für die Durchmesserlinie (Bild 3).

1.3 Jahrhunderthochwasser können sich wiederholen

Seit 1910 waren keine grösseren Schäden mehr zu beklagen. Das Freibord wurde hingegen schon mehrfach nicht eingehalten. Aufgrund von neueren hydrologischen Studien sind heute grössere Wassermengen zu erwarten. Die Auswertung von Abflussmessstationen und historischen Hochwassern sowie weitere hydrologische Überlegungen ergaben folgende Hochwasserabflüsse mit unterschiedlicher Jährlichkeit:

- HQ₃₀: 320 m³/s
- HQ₁₀₀: 430 m³/s
- HQ₃₀₀: 540 m³/s
- EHQ: 650–800 m³/s

1.4 Gemeinsames Entwickeln einer nachhaltigen Lösung

Die kritische Hochwassersituation in Zürich veranlasste das Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) dazu, eine umfassende Planung zur Verbesserung des langfristigen Hochwasserschutzes zu starten. Diese Planung erfolgt unter Einbezug der Anspruchsgruppen: Kantone, Bezirke, Gemeinden und Planungsgruppen, kantonale Gebäudeversicherung, Bund, SBB, Umwelt- und Naturschutzorganisationen. In Workshops wurden zwei mögliche Konzepte entwickelt:

1. Kombilösung Energie: Erneuerung des Etzel-Pumpspeicherkraftwerks der SBB mit Energiegewinnung und Hochwasserableitung vom Sihlsee via Druckstollen in den oberen Zürichsee

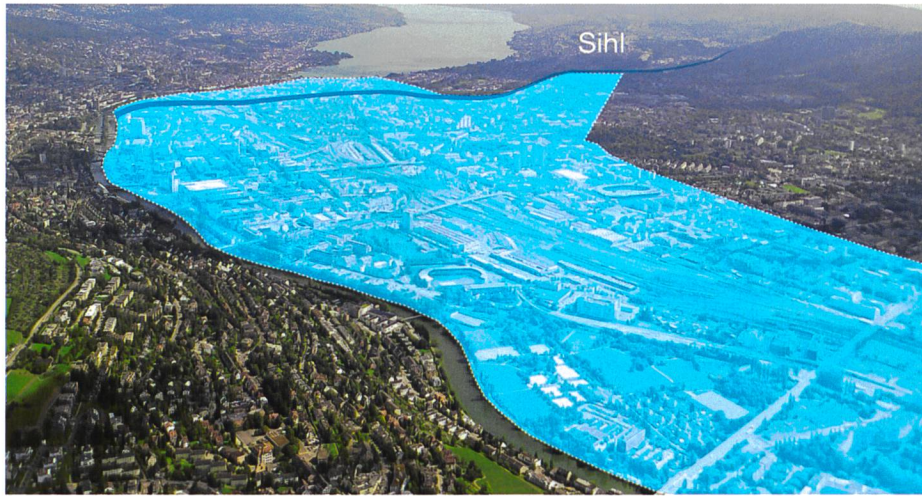


Bild 4. Weil grosse Teile von Zürich auf dem natürlichen Schwemmkegel der Sihl liegen, würde links austretendes Sihlwasser durch die Stadt der Limmat zufließen. Die Schäden wären enorm (Foto: H. J. Egger, Uster).

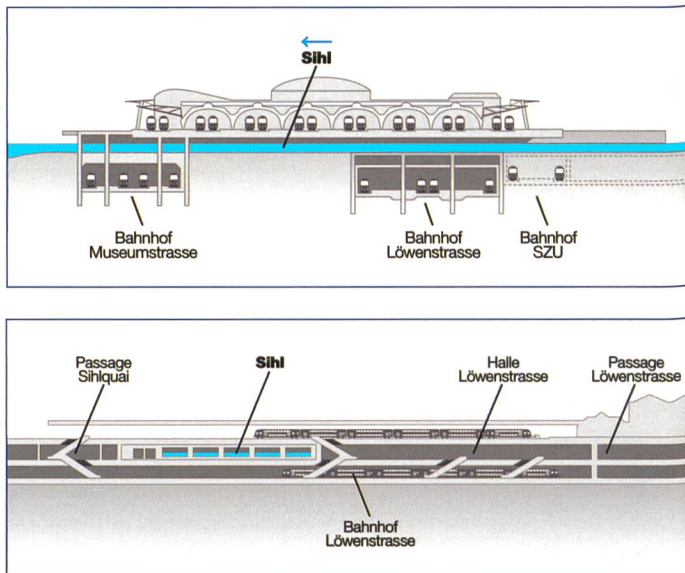


Bild 3. Die Hochwassersituation beim Hauptbahnhof Zürich ist sehr kritisch. Die unterirdischen Passagen, Bahnhöfe und Tunnels könnten überflutet werden. Oben: Querschnitt durch den Hauptbahnhof, längs zur Sihl, unten: Querschnitt durch den Hauptbahnhof, quer zur Sihl.

2. Entlastungsstollen zur Hochwasserableitung von der Sihl oberhalb von Langnau am Albis in den Zürichsee bei Thalwil

Nach vertieften Abklärungen hat sich der Zürcher Regierungsrat im Herbst 2017 für die Weiterprojektierung des Entlastungsstollens Thalwil entschieden. Der Stollen könnte frühestens 2023 zur Verfügung stehen. Er würde das untere Sihltal und Zürich nachhaltig vor Extremhochwassern der Sihl schützen.

1.5 Schwemmholzproblematik an der Sihl

Für alle Massnahmen zum Hochwasserschutz stellt das Schwemmholz ein erhebliches Risiko dar, weil die Sihl bereits bei kleineren und mittleren Hochwassern Schwemmholz mitführt. Deshalb ist ein zuverlässiger Schwemmholzrückhalt erforderlich. Würden im Sihltal und in Zürich Durchlässe oder Brücken durch Schwemmholz verstopfen, würde sich die Hochwassersituation enorm verschärfen. Die Hochwasser von 2005 und 2007 mit Abflüssen unter 300 m³/s (Jährlichkeit ca. HQ₂₀) führten bereits beträchtliche Schwemmholzmengen talwärts (Bild 5). Bei noch grösseren Hochwasserereignissen mit noch mehr Schwemmholz wäre die Verstopfungsfahr sehr viel grösser. Die Sihl würde dicht besiedelte und stark genutzte Gebiete überfluten und grosse Schäden anrichten.



Bild 5. Schwemmholzablagerung nach dem Hochwasser von 2005 bei Langnau am Albis (Blick in Fließrichtung).

2. Schwemmholzstudie: Ermittlung des Aufkommens

Aufgrund des hohen Verklauungsrisikos bei den Durchlässen und Brücken im Sihltal und in Zürich liess das AWEL 2009 eine Schwemmholzstudie erarbeiten (Flussbau AG, Zürich). Mit Begehungen und umfangreichen Kartierungen des Einzugsgebiets entlang der Fluss- und Bachläufe wurde das Schwemmholzaufkommen ermittelt (Bild 6). Verschiedene Szenarien ergaben, dass bei einem sehr seltenen und grossen Hochwasser bis Zürich mit einem Schwemmholzaufkommen von minimal 2500 m³ bis maximal 12 000 m³ zu rechnen ist. Ein Vergleich mit ähnlichen Gewässern und dem dort verzeichneten Schwemmholzaufkommen ergab in etwa die gleiche Grössenordnung.

2.1 Sicherer Schwemmholzrückhalt nötig

Die Gefährdung durch Verklauungen könnte durch die Verminderung des Eintrags von Schwemmholz entschärft werden. Dazu gehören die Waldpflege mit Abholzen der kritischen Bäume, der Uferverbau, damit keine Rutschungen entstehen, und ein umfassender Gewässerunterhalt. Mit verhältnismässigem Aufwand ist mit diesen Massnahmen jedoch keine entscheidende und zuverlässige Verbesserung zu erreichen. In Anbetracht des hohen Schadenpotenzials und unter Berücksichtigung eines noch bewältigbaren Unterhaltsaufwands strebte das AWEL als Lösung einen möglichst sicheren Schwemmholzrückhalt an.

3. Variantenstudium: Idee für einen Parallelrechen

In einem ersten Schritt wurden sechs Varianten für einen Schwemmholzrückhalt

Bild 6 (rechts). Das Schwemmholzaufkommen an der Sihl kann bis 12000 m³ erreichen (Quelle: Schwemmholzstudie Flussbau AG, Zürich).



oberhalb von Zürich erarbeitet. Aufgrund einer AWEL-Skizze wurde auch ein Vorschlag für einen Parallelrechen ausgearbeitet (Bild 7). Die Idee für einen Parallelrechen mit Schwemmholzrückhalt im Nebenschluss basiert auf zwei Erkenntnissen:

1. Schwemmholz wird zur Kurvenaußenseite transportiert:
In Flusskurven ergibt sich durch die Fliehkraft eine spiralförmige Wasserbewegung. Das Schwemmholz wird zur Kurvenaußenseite geleitet. Rechen in Kurvenaußenseiten funktionieren gut. Ihr Fassungsvermögen ist aber beschränkt.
2. Rechen als Querbauwerke können verstopfen:
Schräg oder V-förmig angeordnete Rechen ergeben zwar eine lockerere Lagerung; eine Verstopfung kann bei dieser Bauart aber nicht ausgeschlossen werden. Bei V-Rechen im In- und Ausland wurden häufig vollständige Verstopfungen beobachtet. Der Rechen wirkt dann als eigentliche Sperre, die viel Geschiebe zurückhält und zu Auflandungen führt. Es ist somit denkbar, dass im Überlastfall innert kürzes-

ter Zeit sehr viel Holz aus dem Rückhalt ausgetragen wird. Dadurch könnte sich die Situation im Unterlauf verschlimmern.

3.1 Parallelrechen als optimale Lösung

Der Parallelrechen wurde als Bestvariante weiterverfolgt. Mit der Anordnung einer tiefer liegenden Wehrschwelle wird das Schwemmholz in der Aussenkurve abgefangen und in den seitlich der Sihl angeordneten Rückhalteraum geleitet. Dort wird das Holz durch den Parallelrechen zurückgehalten. Folgende Vorteile sprechen für einen Parallelrechen:

- Reduzierter Aufstau: Durch die parallele Anströmung verstopft der Rechen kaum, womit der Aufstau kleiner ist als bei einem frontal angeströmten Rechen. Zudem bleibt das Sihlgerinne immer frei für den Hochwasserabfluss.
- Geschiebedurchgängigkeit: Durch die Anordnung des Rückhalteriums neben der Sihl bleibt das Gerinne der Sihl frei und der Geschiebetransport wird kaum beeinflusst.
- Unterhalt: Wasser wird erst ab einem ca. jährlichen und grösseres Holz ab

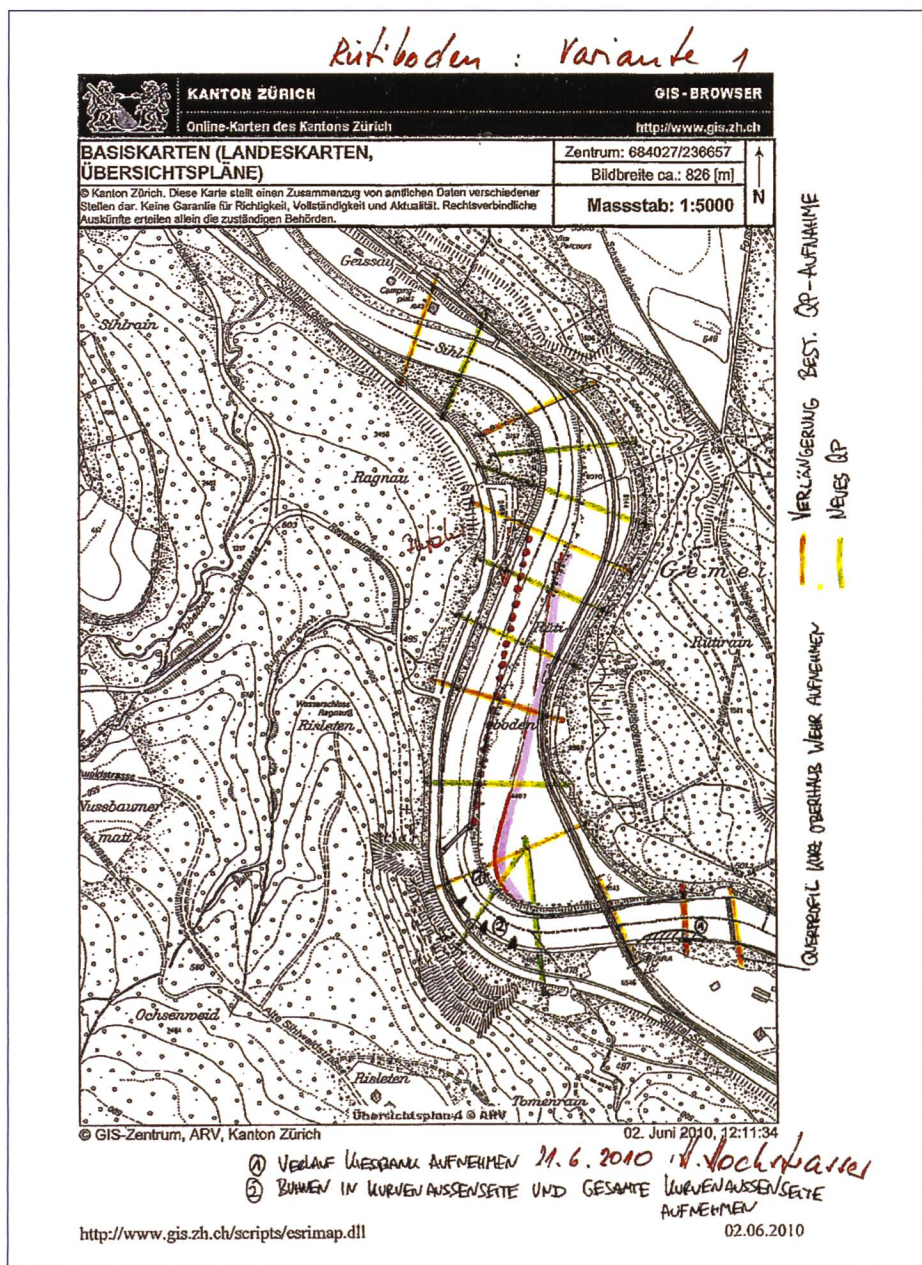


Bild 7. Die AWEL-Skizze als Vorschlag eines Parallelrechens und Beitrag zum Variantenstudium.

einem 5- bis 10-jährlichen Hochwasser in den Schwemmholzurückhalteraum geleitet. Der Rückhalteraum muss also sehr selten geräumt werden. Kleinere Hochwasser, die nur wenig Holz transportieren, stellen für die Durchlässe im unteren Sihltal und in Zürich keine Gefahr dar.

- Eisgang: An der Sihl können Eisgänge auftreten. Aufbrechendes Eis wird vor einer Wasserwelle meterhoch talwärts geschoben. Auch wenn Eisgänge selten sind, müssten bei einem Querrechen zusätzliche Massnahmen getroffen werden. Mit einem Parallelrechen kann ein Eisgang aufgefangen oder abgeleitet werden.
- Überlastfähigkeit: Ein voller Parallelrechen kann durch ein Extremhochwasser nicht ausgeräumt werden. Das

Wasser inklusive Geschiebe und Holz kann am Rechen vorbeifliessen, ohne dass zurückgehaltenes Holz aus dem Rechen ausgetragen wird.

4. Standortwahl: Ideale Lage oberhalb von Langnau am Albis

Der Kanton Zürich liess 16 Standorte an der Sihl zwischen Sihlbrugg und Zürich prüfen. Für die Wahl des optimalen Standorts mussten folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Damit das Schwemmholz sicher an die Kurvenaussenseite geschwemmt wird, ist eine starke Flusskrümmung erforderlich.
- Der Rückhalteraum ist gross genug für die maximal zu erwartenden 12 000 m³ Holz.

- Der Schwemmholzurückhalt sollte oberhalb des Einlaufs eines möglichen Hochwasser-Entlastungsstollens von der Sihl in den Zürichsee liegen. Der Schwemmholzrechen könnte auch diesen Stollen schützen.
- Der Schwemmholzurückhalt sollte aber auch möglichst nahe bei den Schadensgebieten liegen, damit unterhalb des Rechens nur noch wenig Schwemmholz mobilisiert werden kann.

Diese Bedingungen erfüllt der Standort Rütiboden oberhalb von Langnau am Albis am besten.

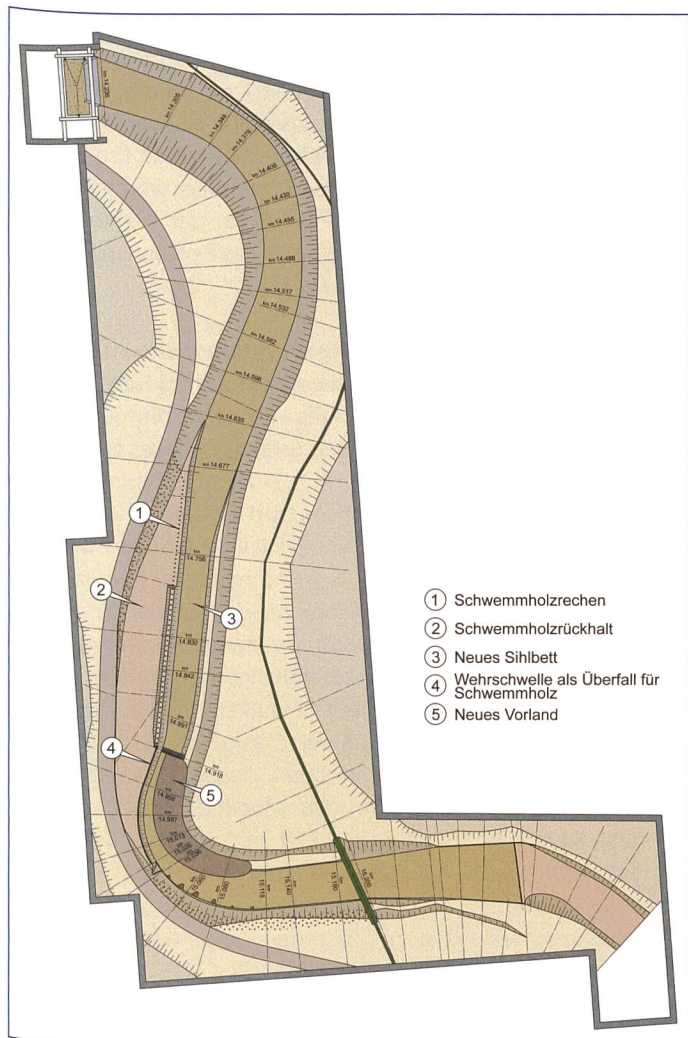
5. Hydraulische Modellversuche für sicheren Schwemmholzurückhalt

Die Bestvariante aus der Variantenstudie versprach einen innovativen und funktionierenden Schwemmholzurückhalt. Aber einige Unsicherheiten und Fragen blieben. Bei einem Parallelrechen werden Wasser und Holz aus dem Sihlbett abgeleitet. Daraus ergibt sich ein Zielkonflikt. Denn sobald Wasser abgeleitet wird, nimmt die Schleppspannung im Sihlbett ab. Wie viel Geschiebe bleibt liegen? Wie gross ist die Verminderung der Kapazität des Abflussprofils? Ab wann sollen Wasser und Schwemmholz ausgeleitet werden? Wie sind die Krümmung bei der Wehrschwelle und die Geometrie der ganzen Anlage festzulegen?

5.1 Prüfung und Optimierung des Parallelrechens

Der vom AWEL skizzierte Vorschlag eines Parallelrechens wurde durch die beauftragte Ingenieurunternehmung Basler & Hofmann AG, Zürich, und die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETH) überarbeitet (Bild 8).

Das überarbeitete Konzept wurde dann an der VAW mittels Modellversuch im Massstab 1:40 (Bild 9) geprüft und optimiert. Beim Modellversuch berücksichtigte die VAW die im Auftrag des AWEL erarbeitete Geschiebehaushaltstudie Sihl-Limmat (Flussbau AG, 2010). Berücksichtigt wurde auch, dass ab einem ca. 30-jährlichen Hochwasser die Deckschicht der Sohle aufbricht. Die Rohdaten der Schwemmholzstudie (Kapitel 2) wurden analysiert und mit dem Schwemmholzaufkommen weiterer voralpiner Schweizer Flüsse beim Hochwasser von 2005 verglichen.



- ① Schwemmholzrechen
- ② Schwemmholzurückhalt
- ③ Neues Sihlbett
- ④ Wehrschwelle als Überfall für Schwemmholz
- ⑤ Neues Vorland

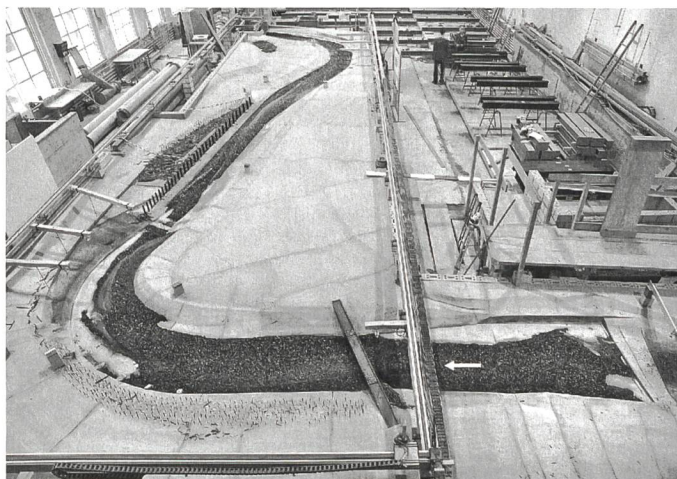


Bild 9. Das an der VAW gebaute Modell im Massstab 1: 40: Als Grössenvergleich dienen die beiden Personen am oberen rechten Bildrand.

Bild 8. Finales Design des Parallelrechens im Rütiboden oberhalb von Langnau am Albis.

Der Auftrag des AWEL an die VAW umfasste folgende Fragestellungen:

- Funktioniert das Grundkonzept des Schwemmholzurückhalts?
- Wie viel Schwemmholz kann prozentual zurückgehalten werden?
- Wie reagiert der Schwemmholzurückhalt auf die Höhe der Wehrschwelle?
- Wie kann die Geometrie der Wehrschwelle, des Rückhalteraums und des Rechenbauwerks optimiert werden?
- Welche Abmessungen haben die Holzablagerungen?
- Wie wirkt sich der Schwemmholzurückhalt auf den Geschiebetransport aus?
- Wie gross ist der Einfluss der Rechenverlegung auf die Situation bei der oberhalb des Rückhalts liegenden Brücke der SZU?
- Wie verhält sich der Schwemmholzurückhalt im Überlastfall?

5.2 Resultate der hydraulischen Modellversuche

- Mit dem Schwemmholzurückhalt können bei Hochwasserabflüssen 95 % des anfallenden Schwemmholzes zurückgehalten werden.
- Bei einem HQ_{300} ist der Schwemm-

holzurückhalt zu 75 % gefüllt. Es besteht eine Reserve, wenn mehr Schwemmholz als angenommen transportiert werden sollte.

- Im hydraulischen Modell wurden verschiedene Überlastfälle getestet (Maximalabflüsse bis $600 \text{ m}^3/\text{s}$). Der Parallelrechen verhält sich bezüglich Holz und Geschiebe «gutmütig». Ein Versagen oder ein Austragen von Holz aus dem Schwemmholzurückhalt im Überlastfall ist nicht zu befürchten.
- Der Geschiebetransport wird durch den Schwemmholzurückhalt beeinflusst. Aufgrund der in den Rückhalteraum ausgeleiteten Wassermenge sinkt die Transportkapazität in der Sihl. Je mehr Wasser ausgeleitet wird, desto mehr Geschiebe wird sich in der Sihl ablagern. Es ist ein Konzept für die Bewirtschaftung des Geschiebes vorgesehen. Nach einem grossen oder mehreren kleinen Hochwasserereignissen muss die ursprüngliche Sohlenlage wiederhergestellt werden. Ab welcher Sohlenhebung die Geschiebepflicht einsetzt, wird nach den ersten Hochwasserereignissen festgelegt.

- Dank den Modellversuchen liess sich der Rückhalteraum verkleinern.

6. Projektierung und Bau: Abschluss im Frühling 2017

Geologische Sondierungen an den Sihlufnern und im Bereich des verlegten Sihlbetts zeigten die Art und die Menge der Altlasten sowie den Felsverlauf auf. Trotz den umfangreichen Kampagnen ergaben sich gegenüber der Bauausschreibung Mehrkosten. Die Entsorgung der Altlasten war im Vergleich zur Prognose umfangreicher. Die Felsoberfläche überraschte zudem mit starken unregelmässigen und nicht vorhersehbaren Vertiefungen. Vermutlich handelt es sich um Felsrinnen früherer Sihlläufe.

Die Bauzeit betrug rund 15 Monate, von März 2016 bis Mai 2017. Die Gesamtkosten für den Schwemmholzrechen betragen rund 18 Millionen Franken, wovon der Bund einen Anteil von 45 % übernimmt.

6.1 Realisierung in zwei Etappen

Die Sihl ist ein wilder Fluss. Hochwasserspitzen können in sehr kurzer Zeit erreicht werden. Deshalb war die Wasserhaltung für den Bau zentral, insbesondere, weil die Zufahrt nur von der linken Uferseite her möglich war. Über eine Brücke konnte das rechte Ufer erschlossen werden. Das neue Sihlgerinne, das etwa um eine Sihlbreite nach rechts verschoben werden musste, wurde als Erstes gebaut. In dieser Phase wurden auch die umfangreichen Altlasten ausgehoben und entsorgt. Nachdem die Sihl in das neue Gerinne umgeleitet worden war, konnte mit dem Bau der Wehrschwelle und des Rechens begonnen werden (Bild 10). Das Streifenfundament der Wehrschwelle konnte auf den Molassefels fundiert werden. Für den Längsrechen war



Sichtbar sind die Fundamente der Wehrschwelle und der Anfang des Streifenfundaments des Parallelrechens. Der Installationsplatz auf der rechten Sihlseite wurde zu einer ökologisch wertvollen Ruderalfläche umgestaltet.

Bild 10. Der Schwemmholzrechen im Bauzustand (Blick in Fliessrichtung): Die Sihl fliesst bereits in ihrem neuen Bett.

der Fels für das Streifenfundament praktisch über die ganze Länge zu tief. Als Vorarbeiten mussten zur Abstützung des Fundaments je zwei Mikropfähle pro Rechenstab gebohrt werden (Bild 12).

6.2 Wehrschwelle wird jährlich überströmt

Den Einlauf zum Schwemmholzrückhalteraum bestimmt eine gekrümmte, 104 m lange Wehrschwelle (Bild 11). Gegenüber der Sihlsohle ist sie 1.75–1.90 m hoch und wird ab einem Abfluss von 85 m³/s überströmt, was etwa einem jährlichen Hochwasser (HQ₁) entspricht. Bei einem zehnjährlichen Hochwasser (HQ₁₀) mit einem Abfluss von 200 m³/s erreicht die Abflusstiefe über der Schwelle 30 cm. Ab diesem Abfluss gelangen 95 % des Schwemmholzes in den Rückhalteraum. Kleinere Hochwasser bringen zwar auch Holz; sie stellen aber für die Durchlässe

und Brücken keine Gefahr dar. Die Höhe der Wehrschwelle wurde mit umfangreichen Modellversuchen ermittelt. Es galt, das Optimum aus dem Zielkonflikt herauszuholen: Eine hohe Wehrschwelle führt zu einem späteren Eintrag von Holz, dafür bleibt die Transportkapazität für das Geschiebe im Sihlgerinne hoch. Eine tiefe Wehrschwelle begünstigt einen frühen Eintrag von Holz, führt aber zu einer reduzierten Transportkapazität und grösseren Auflandungen in der Sihl. Um das auf der rechten Flussseite antransportierte Holz in den Rückhalteraum zu leiten, wurde zudem die Kiesbank auf der Kurveninnenseite der Sihl vergrössert.

6.3 Sohlschwelle als Fixpunkt für die Höhenlage

Die Funktion des Schwemmholzrückhalts ist massgeblich von der Überfallhöhe der Wehrschwelle abhängig. Die Flusssohle

entlang der Wehrschwelle muss somit in ihrer Höhenlage konstant bleiben, damit die Wehrschwelle wie vorgesehen anspringt und das Holz ausgeleitet werden kann. Um insbesondere eine Erosion der Flusssohle zu verhindern, wurde deshalb im Sihlbett am Ende der Wehrschwelle eine Sohlschwelle als Sohlenfixpunkt eingebaut (Bild 11).

6.4 Längs- und Querrechen für den Schwemmholzrückhalt

Der 248 m lange Parallelrechen ist in einen Längsrechen und einen Querrechen aufgeteilt (Bild 11). Die Rechenstäbe des Längsrechens sind auf einem 1.0 m hohen Leitdamm gesetzt. Der Leitdamm bewirkt, dass das Schwemmholz zu Beginn eines Hochwassers an das untere Ende des Rückhalteraus transportiert wird und sich nicht bereits im oberen Bereich ablagert. Der Rückhalteraum füllt sich somit von unten her. Das Wasser fliesst durch den Querrechen, dessen Stäbe auf Terrainhöhe des Rückhalteraus gesetzt sind, in die Sihl zurück. Bei teilgefülltem Schwemmholzrückhalt und hohen Abflüssen fliesst das Wasser auch über den Leitdamm durch den Längsrechen zurück in das neue Sihlbett (Bild 11).

6.5 Rechenstäbe halten grossen Druck aus

Als Rechenstäbe wurden ausbetonierte, oben geschlossene Stahlprofile verwendet. Sie sind unbehandelt und werden sich mit der Zeit gleichmässig rostbraun verfärben. Versetzt sind die Rechenstäbe in runde Aussparungen im Fundament. Nach dem Richten wurden sie mit Sand einge-

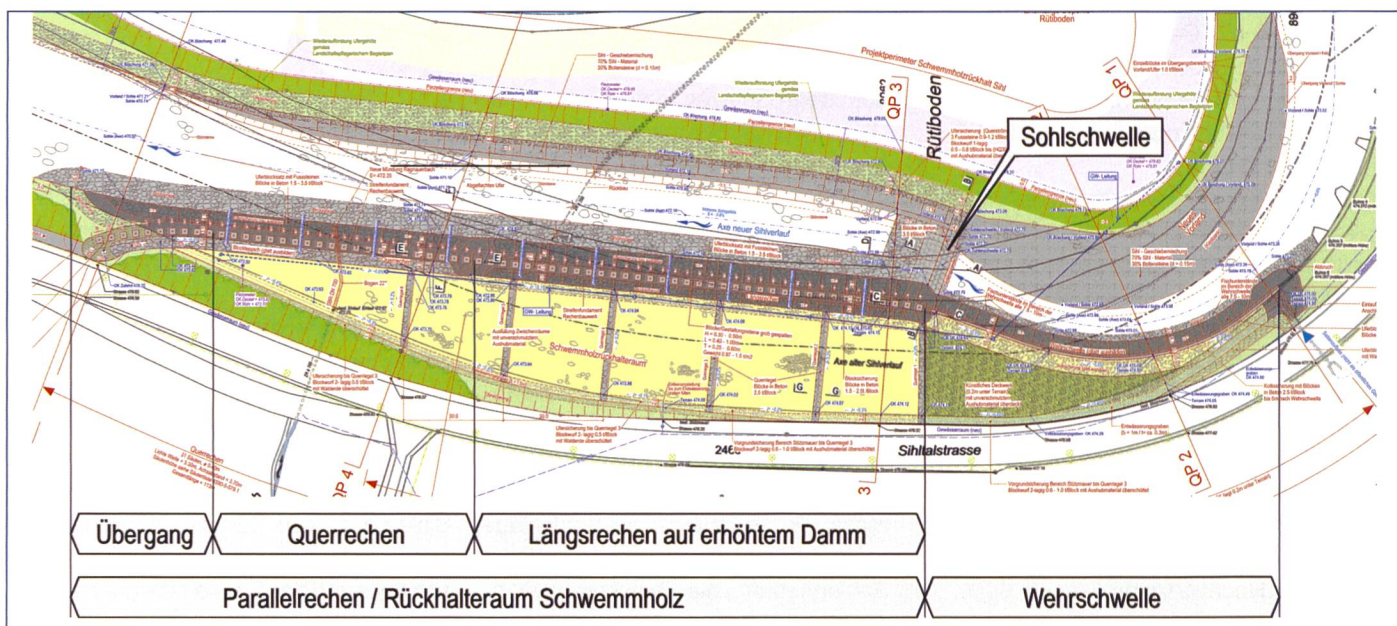


Bild 11. Situation des Sihl-Schwemmholzrechens: Die Höhen der Sohlschwelle und der Wehrschwelle sind mit einem hydraulischen Modellversuch bestimmt worden. Diese Höhen bestimmen massgebend die Funktion des Schwemmholzrückhalts.

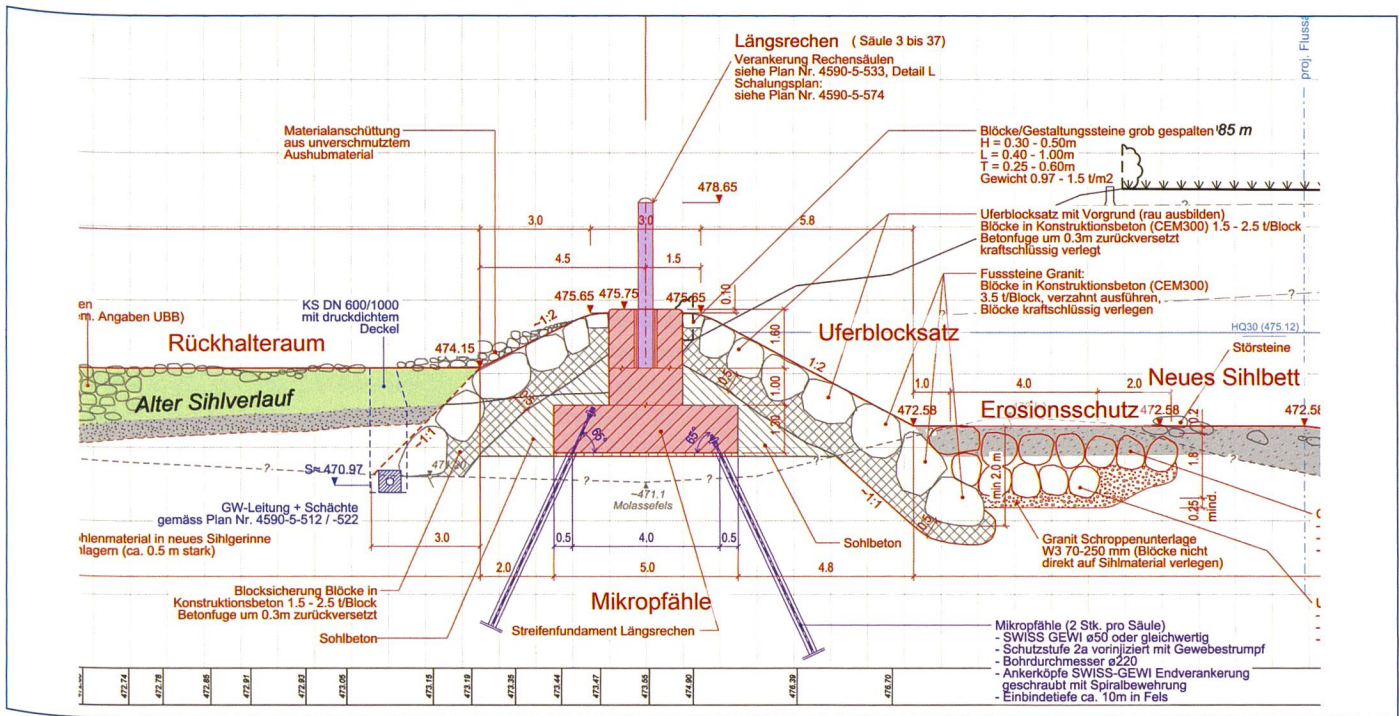


Bild 12. Querschnitt beim Längsrechen: Die Rechenstäbe stehen auf einem Leitdamm. Dieser Damm bewirkt, dass die Abflusstiefe bis zum unteren Ende des Holzurückhalts genügend gross ist, damit dieser von unten her aufgefüllt wird. Das Streifenfundament der Rechenstäbe ist auf zwei Mikropfähle (Zug- und Druckpfahl) pro Rechenstab abgestützt.



Bild 13. Die Rechenstäbe aus Stahl sind ausbetoniert und oben mit einer Stahlkappe geschlossen. Die leicht vorstehenden Köcherfundamente zeigen die Verankerung der Rechenstäbe im Fundament. Die Stäbe des Querrechens stehen auf Terrainhöhe des Rückhalteriums.



Bild 14. Modell des Landschaftsarchitekten im Massstab 1:50 als Vorlage für die Bauausführung: Übergang Wehrschwelle – Längsdamm, leicht vorstehende Köcherfundamente.



Bild 15. Umgesetzte Vorgabe am Bau: Die Übergänge zum Uferblocksatz aus formwilden Alpenkalksteinen bestehen aus gerichteten Quarzsandsteinen.

Gossen und die Aussparung mit einem Mörtelring geschlossen (Bild 12).

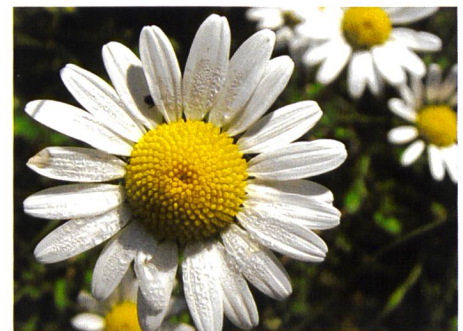
Die Stäbe des Längsrechens haben eine Höhe von 3.14–3.56 m ab dem Leitdamm. Die Stäbe des Querrechens stehen auf dem Terrain des Rückhalteriums und erreichen Höhen von 4.55–4.63 m. Für die statische Dimensionierung waren die Annahmen aus den Lastfällen Holz inklusive Anpralllast und Wasserdruck massgebend. Berücksichtigt wurden auch die Annahmen aus dem bei Überlast (EHQ-Abfluss) resultierenden Aufstau.

6.6 Gestaltung: Einpassung in die Landschaft

Der Schwemmholzrechen liegt zwischen zwei Gebieten, die im Bundesinventar der



Bilder 16 und 17. Auf dem ehemaligen Installationsplatz und der nicht beanspruchten Fläche zwischen der Sihl und der Sihltal-Bahnlinie entstanden neue Lebensräume für Pflanzen und Tiere.



Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung (BLN) aufgeführt sind. Aufgrund dieser speziellen Lage zwischen zwei BLN-Gebieten verlangte die Natur- und Heimatschutzkommission des Kantons Zürich einen Landschaftsar-

chitekten im Projektteam. Die Firma égü, Landschaftsarchitekten, Zürich, übernahm das Design des Parallelrechens und die Einpassung in die Landschaft.

Zu erwähnen sind die leicht vorstehenden Köcherfundamente (Bild 13)

Weitere Informationen

Filme über die Funktionsweise des Schwemmholzrechens und die Bauarbeiten im Zeitraffer:

www.hochwasserschutz-zuerich.zh.ch (Umgesetzte Massnahmen/Sihl-Schwemmholzrechen).

Technische Daten

Wehrschwelle (Einlauf zum Schwemmholzrückhalt)	
Länge	104 m
Höhe gegenüber der Sihlsohle	1.75–1.90 m
wird überströmt bei einem HQ ₁ von	ca. 85 m ³ /s
Überfallhöhe bei 200 m ³ /s (HQ ₁₀)	30 cm
Schwemmholzrückhalt:	
Rückhaltevolumen (lose, 75 % gefüllt)	12 000 m ³
Fläche (ca.)	6 900 m ²
mittlere Länge (ca.)	230 m
mittlere Breite (ca.)	30 m
Parallelrechen:	
Gesamtlänge	248 m
Länge Längsrechen	135 m
(Rechenstäbe auf Damm 0.8–1.5 m über Terrain Rückhalteraum)	
Länge Querrechen	113 m
(Rechenstäbe auf Terrainhöhe Rückhalteraum)	
Anzahl Rechenstäbe	68
Höhe der Rechenstäbe	bis 4.63 m
Achsabstand der Rechenstäbe	3.70 m
lichte Weite der Rechenstäbe	3.30 m
Schwemmholzrückhalt ab 200 m ³ /s (HQ ₁₀)	95 %
Sohlenbreite des neuen Sihlgerinnes	rund 20–30 m

und die Übergangsbereiche beim Uferblocksatz, die als Pflasterung mit gerichteten kleineren Quarzsandsteinen ausgeführt wurden. Der Landschaftsarchitekt hat seine Idee in einem Modell umgesetzt (Bild 14), das eine grosse Hilfe bei der Bauausführung war (Bild 15).

7. Ökologie: Massnahmen zugunsten der Umwelt

Der vormalige Installationsplatz auf der rechten Sihlseite wurde ökologisch aufgewertet. Anstelle des abgetragenen Oberbodens wurden Sand und Kies eingebracht (Bild 16). Auf diesen Ruderalflächen gedeihen ökologisch wertvolle Pionierpflanzen. Vertiefungen ergaben wechselfeuchte Standorte. Es entstanden Tümpel, die zeitweise austrocknen. Diese Vielfalt an Standorten ermöglicht sukzessive eine Vielfalt von Flora und Fauna.

Bereits während der Bauphase ist die Gelbbauchunke zahlreich in die Tümpel eingewandert. Die Unken wurden eingesammelt, gehütet und nach Bauende wieder ausgesetzt. Als Ergänzung zu den neuen Ruderalflächen wird die während des Baus nicht beanspruchte Fläche extensiv genutzt. Eine Magerwiese mit einer Vielfalt von Gräsern und Blumen ist die Folge (Bild 17).

Im neuen Sihlgerinne wurden viele Störsteine versetzt und Fischunterstände geschaffen. Die Strömung ist dadurch deutlich vielfältiger und bietet auch vermehrt Ruhe zonen für die Fische. Die Vegetation wird für die notwendige Beschattung sorgen. Ein Teil des Aushubmaterials wurde zur Geschiebeanreicherung in der Sihl belassen.

8. Monitoring mit Videokameras

Der Schwemmholzrechen wird durch zwei Videokameras mit Tag- und Nacht-Objektiven überwacht. Aufgestellt sind sie auf hohen Holzpfählen am oberen und unteren Ende der Anlage (Bild 18). Alle zehn Minuten nehmen die Kameras ein Bild auf. So kann das Geschehen aktuell oder im Nachhinein betrachtet und beurteilt werden. Schon während des Baus waren die Kameras in Betrieb. Dies erlaubte es, den ganzen Bauablauf gerafft zu dokumentieren. Die Videokameras bleiben mindestens für die nächsten zehn Jahre in Betrieb.

Hauptbeteiligte Projekt und Bauausführung:

- Bauherr/Projektleitung: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, CH-8090 Zürich.
- Projekt und Bauleitung: Basler & Hofmann, CH-8133 Esslingen
- Hydraulische Modellversuche: Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich, CH-8092 Zürich
- Bauherrenunterstützung: Heinz Hochstrasser, Beraten/Planen/Bauen, CH-8134 Adliswil

Bild 18. (Videoaufnahme, Blick in Fließrichtung): Hochwasser am 3. September 2017 (rund 100 m³/s, ca. HQ₁). Die Wehrschwelle wurde, wie aus den Modellversuchen zu erwarten war, leicht überströmt und es wurde wenig Holz in den Rückhalt eingetragen.



- Gestaltung: égü Landschaftsarchitekten, CH-8049 Zürich
- Bauausführung: ARGE SHR, Eberhard Bau AG/wsb AG, CH-8302 Kloten
- Kommunikation: Urs Neuwenschwander, Unternehmensberater für Kommunikation, CH-8055 Zürich
- Film: Tobias Volkamer, VBvisual, CH-8005 Zürich
- Koordination Variantenstudien: TBF + Partner AG, CH-8006 Zürich

Literatur

- Schwemmholzstudie Sihl: Flussbau AG, CH-8008 Zürich (15. Dezember 2009)
- Geschiebehaushaltstudie Sihl – Limmat: Flussbau AG, CH-8008 Zürich (20. August 2010)
- Variantenstudium: Basler & Hofmann, CH-8133 Esslingen
- Hochwasser-Hydrologie der Sihl: Scherrer AG, CH-4153 Reinach (Juli 2013)
- Hydraulische Modellversuche: Versuchsanstalt für Wasserbau, CH-8092 Zürich (2012)
- Auflage- und Ausführungsprojekt: Basler & Hofmann, CH-8133 Esslingen (3. April 2014)

Anschriften der Verfasser

- Heinz Hochstrasser, Beraten/Planen/Bauen (ehemals AWEL), Risweg 3, CH-8134 Adliswil
heinz.hochstrasser@bluewin.ch
- Dr. Lukas Schmocker, Basler & Hofmann AG
Bachweg 1, Postfach, CH-8133 Esslingen
lukas.schmocker@baslerhofmann.ch
- Max Bösch, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Projektleiter, CH-8090 Zürich
max.boesch@bd.zh.ch
- Dr. Matthias Oplatka, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Sektionsleiter Bau
CH-8090 Zürich, matthias.oplatka@bd.zh.ch