Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 110 (2018)
Heft: 4

Artikel: Hochwasserschutz Stadt Winterthur
Autor: Aemmer, Martin / Diggelmann, Philemon / Zünd, Benno
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941597

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

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

Hochwasserschutz Stadt Winterthur

Martin Aemmer, Philemon Diggelmann, Benno Zünd, Max Bösch

Zusammenfassung

In der Innenstadt von Winterthur verläuft die Eulach grösstenteils kanalisiert und unterirdisch. Führt sie ein extremes Hochwasser, bilden Brücken und Bachdurchlässe unter dem Areal Schleife, dem Zentrumsbereich und dem Hauptbahnhof ein Nadelöhr für die Wassermassen. In einem solchen Fall drohen Überschwemmungen im Stadtzentrum, die im Extremfall Schäden von bis zu 400 Millionen Franken verursachen können.

Um einen besseren Hochwasserschutz für die Stadt Winterthur zu gewährleisten, hat das Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) zwischen 2015 und 2017 einen Hochwasserrückhalteraum im Gebiet Hegmatten zwischen Hegi und Oberwinterthur realisiert.

Seit Februar 2017 hält der Hochwasserrückhalteraum Hegmatten mögliche Hochwasser der Eulach zurück – und reduziert so das Schadenpotenzial in der Innenstadt um bis zu 300 Millionen Franken. Die Gesamtkosten des Bauwerks betrugen rund 33 Millionen Franken, wobei knapp 40 Prozent vom Bund übernommen wurden.

1. Einleitung

1.1 Historisches

Erste Ideen für ein Hochwasserschutzkonzept der Stadt Winterthur mit einem Rückhaltedamm im Raum Hegmatten wurden schon in den 80er-Jahren skizziert. Das schliesslich realisierte Konzept wurde in den Jahren 2007/2008 konkretisiert und mittels einem UVP- und einem Auflageverfahren festgelegt. 2012/13 wurde das Ausführungsprojekt durch die für die Realisierung neu gebildetete Ingenieurgemeinschaft (IG) Pöyry/Basler & Hofmann AG erstellt. Die Pöyry Schweiz AG war hauptsächlich für die Detailprojektierung und die übergeordneten Koordination zuständig, derweil die Basler & Hofmann AG die örtliche Bauleitung übernahm.

Die Submission der Baumeisterarbeiten, basierend auf einem konsolidierten Ausführungsprojekt, erfolgte zu Beginn des Jahres 2014. Der Spatenstich wurde dann aufgrund weiterer Abklärungen hinsichtlich eines allenfalls tangierenden Strassenbauprojekts erst im Frühling 2015 durchgeführt. Die Inbetriebnahme erfolgte im Februar 2017. Die letzten Abschluss- und Begrünungsarbeiten wurden im Mai 2017 ausgeführt. Die Gesamtdauer für die Realisierung des HRB Hegmatten betrug rund 25 Monate (von April 2015 bis Mai 2017).

1.2 Übersicht

Das Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Hegmatten soll zukünftig die Hochwasserspitzen der Eulach und des Riedbachs, eines rechtsseitigen Zuflusses der Eulach, dämpfen. Während der Riedbach direkt in das HRB fliesst, liegt die grössere Eulach im Nebenschluss.

Damit ist eine neue Verbindung zwischen der Eulach und dem HRB erforderlich, die mit einem unterirdischen Zuflusskanal sichergestellt wurde.

Allerdings wird das Wasser nicht direkt der Eulach selbst entnommen, sondern in einem streichwehrartig ausgebildeten Trennungsbauwerk, das neu im bestehenden Hochwasserkanal Hegi unter der Rümikerstrasse liegt. Der Hochwasserkanal entnimmt seinerseits die Eulachhochwasser in einem sogenannten Verzweigungsbauwerk und leitet diese schon seit den Siebzigerjahren am Quartier Hegi vorbei.

Bei Extremereignissen gelangt rund die Hälfte des in diesem Kanal abgeleiteten Hochwassers künftig über das Trennungsbauwerk und den Zuflusskanal in den Rückhalteraum Hegmatten. Für den Hochwasserrückhalt wurde der Bau eines rund 1440 m langen und ab umliegendem Terrain bis zu 3.5 m hohen Dammes notwendig. Im Einstaufall sind im Rückhalteraum ca. 37 ha Überschwemmungsfläche bei einer Staukote von 459.30 m ü. M. (entspricht einer Hochwasserwiederkehrperiode von etwas weniger als 300 Jahren) betroffen. Das im Rückhalteraum auf-

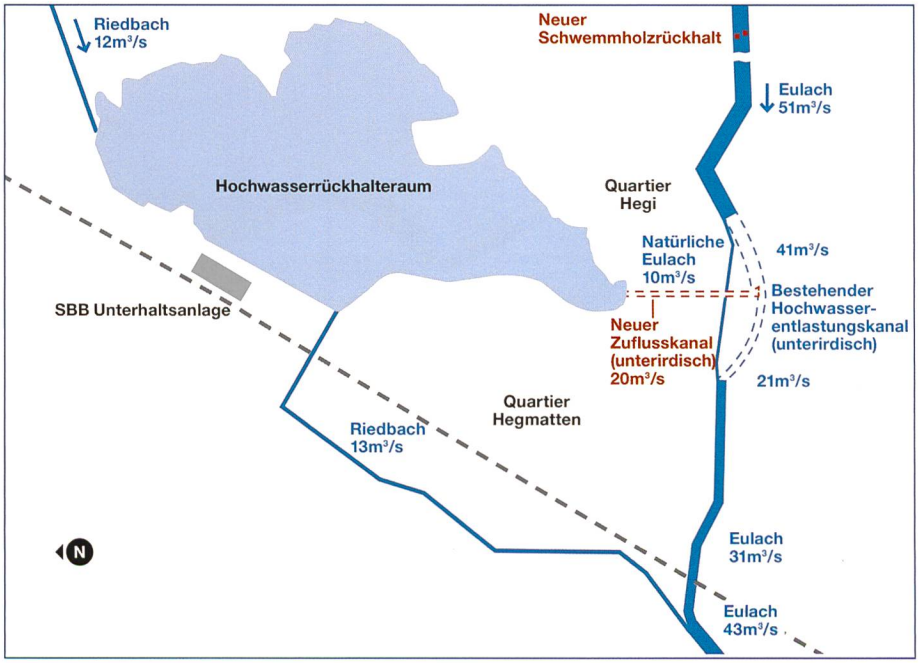

Bild 1. Funktionsschema des HRB Hegmatten mit Abflusswerte eines HQ_{100}.

gestaute Wasser wird danach gedrosselt über den Riedbach abgeleitet. Dieser wiederum fliesst unterhalb des Rückhalteraumes in die Eulach und führt somit die gedämpfte Abflussspitze der Eulach zurück.

Die in *Bild 1* angegebenen Abflussmengen entsprechen einem Hochwasser, wie es alle hundert Jahre einmal zu erwarten ist. Die Scheitelwerte der Eulach und des Riedbachs werden durch die realisierte Disposition von 63 m^3/s (51 m^3/s an der Eulach und 12 m^3/s am Riedbach) auf 43 m^3/s (nach der Einmündung des Riedbachs in die Eulach) gedrosselt. Die Wassermenge in der Eulach wird in diesem Fall zum Schutz des unterliegenden Stadtzentrums von Winterthur um rund 32 % reduziert und schützt so das unterliegende Stadtzentrum von Winterthur. Der Wasserspiegel im Rückhalteraum steigt dabei um rund 6 cm/10 min. Die Eulach entwässert beim Verzweigungsbauwerk ein Einzugsgebiet von 34.4 km^2. Der Riedbach weist beim Rückhaltedamm eine Einzugsgebietsgrösse von 9 km^2 auf.

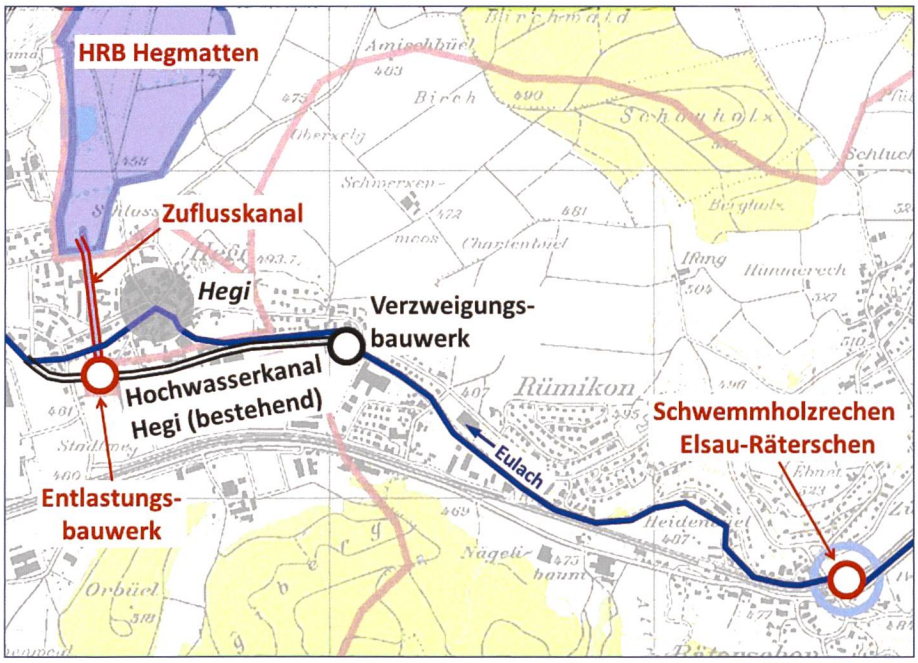

Bild 2. Projektübersicht HRB Hegmatten – rot: neu realisierte Projektelemente.

Um Verstopfungen des Trennungsbauwerks durch Schwemmholz entgegenzuwirken, wurden rund zwei Kilometer flussaufwärts in Elsau-Räterschen zwei je uferseitig angeordnete Schwemmholzrechen in der Eulach realisiert *(Bild 2)*.

Der Hochwasserschutz der Stadt Winterthur basiert somit auf dem Zusammenspiel von drei Elementen:

1. dem eigentlichen Rückhalteraum in Hegmatten, in dem sich etwa alle 30 Jahre Wasser aufstaut
2. dem neuen, unterirdischen Zuflusskanal, über den das Wasser in den Rückhalteraum gelangt
3. dem Schwemmholzrückhalt in Elsau-Räterschen, der Treibgut zum Schutz des Zuflusskanals zurückhalten soll

Die Stauanlagengesetzgebung definiert zwei Kriterienarten zum Entscheid, ob eine Stauanlage unter ihren Geltungsbereich fällt: (1) die Stauhöhe und der Stauraum (Grössenkriterium) und (2) das besondere Gefährdungspotenzial

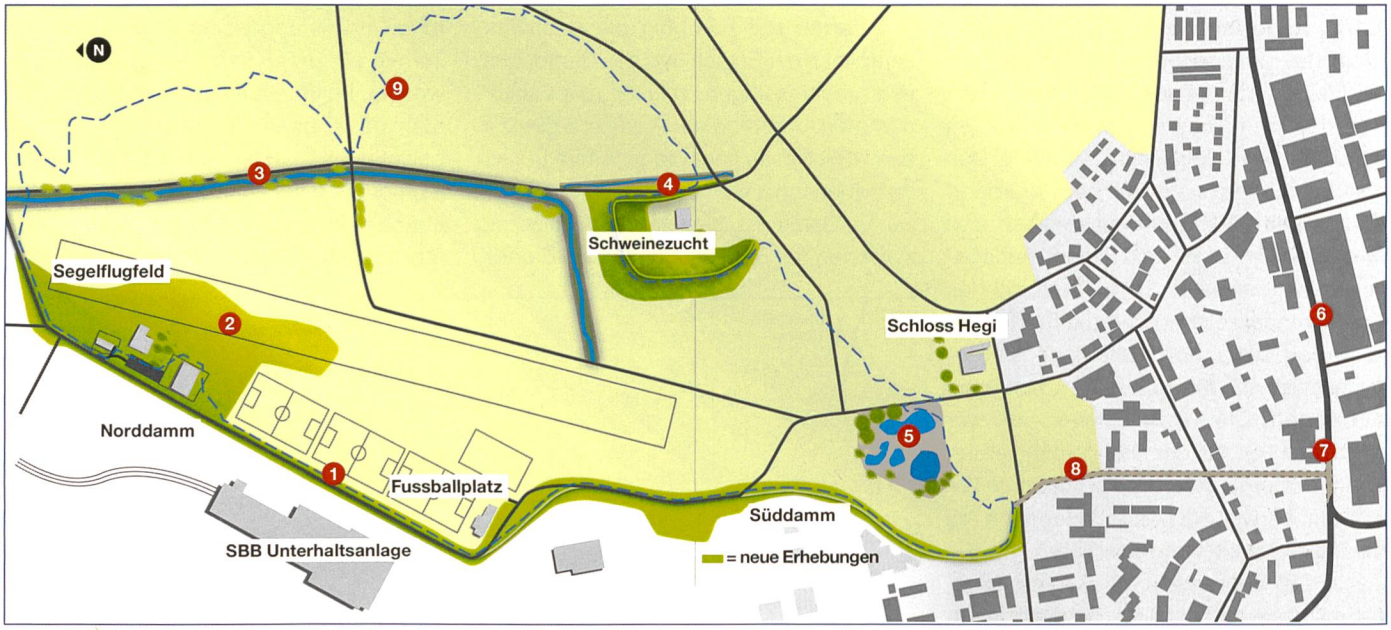

Bild 3. Übersicht Rückhalteraum: 1.) Schwach begrünter Damm mit Tribüne: Beim Fussballplatz entstand ein maximal 2.5 Meter hoher Damm mit Sitzgelegenheiten. 2.) Aufschüttung des Terrains: Der neue Hangar für Segelflugzeuge ist rund 2 Meter höher gelegt, um eine Überflutung im Einstaufall zu verhindern. 3.) Renaturierung des Riedbachs: Der ursprünglich kanalisierte Bach wurde auf die andere Seite des Flugfeldes in ein neues, naturnah gestaltetes Bett verlegt. 4.) Schutz für Landwirtschaftsgebäude: Der Schweinezuchtbetrieb wird mit einem Polder (Erdwall) geschützt. 5.) Zusätzliche Gewässer: Neu angelegte Weiher und Tümpel schaffen natürlichen Lebensraum für Tiere und Pflanzen. 6.) Bestehender Hochwasserkanal: Führt die Eulach Hochwasser, gelangt es in den unterirdischen Hochwasserentlastungskanal unter der Rümikerstrasse. 7.) Aufteilen der Wassermassen: Im Trennungsbauwerk im Entlastungskanal wird bei Extremereignissen ein Teil des Hochwassers abgezweigt. 8.) Zuflusskanal unter Wohnquartier: Über einen 390 Meter langen unterirdischen Zuflusskanal fliesst dieses Wasser dann in den Rückhalteraum. 9.) Bis zu dieser Linie würde ein Hochwasser zu stehen kommen – wie es statistisch etwa alle hundert Jahre auftritt – und innerhalb von 20 Stunden wieder abfliessen.

(Gefährdungskriterium). Das HRB Hegmatten erfüllt beide Kriterien nicht, da der künstlich ausgeführte Aushub im Bereich des Durchlassbauwerks bei der Bestimmung der Stauhöhe nicht berücksichtigt wird und keine besondere Gefahr bei den im Falle eines Dammbruchs betroffenen Bauten vorliegt. Aufgrund dieser Abklärungen untersteht die vorliegende Stauanlage nicht der Stauanlagengesetzgebung. Demgegenüber wurde in Absprache mit der Bauherrschaft im Rahmen der Projektierung und Realisierung fortwährend festgehalten, dass die Stauanlage nach den allgemeinen Regeln des Dammbaus und der Stauanlagenverordnung entsprechend ausgelegt und dimensioniert werden soll. Zudem soll mit den vorgesehenen Jahreskontrollen die Betriebssicherheit der Stauanlage und somit der Hochwasserschutz für die Stadt Winterthur langfristig sichergestellt werden.

2. Rückhalteraum

2.1 Übersicht

Das Hauptelement des Hochwasserschutzes der Stadt Winterthur, der Hochwasserrückhalteraum Hegmatten, liegt auf dem Gebiet des Segelflugfeldes Hegmatten und der benachbarten Fussballplätze sowie auf angrenzendem Kulturland. Das mit diesem Hochwasserschutzprojekt geschaffene Rückhaltevolumen beträgt rund 570 000 m^3. Begrenzt wird der Rückhalteraum auf der einen Seite durch einen neu erstellten Dammkörper im Bereich des damaligen Riedbachs (Norddamm) und der Toggenburger Weiher (Süddamm). Der Norddamm hat beim Fussballplatz eine Höhe von maximal 2.5 m und bietet zudem den Zuschauern von Fussballspielen mittels dreireihiger Tribünenelemente Sitzgelegenheiten. Auf der gegenüberliegenden Seite wird der Rückhalteraum durch das bestehende ansteigende Gelände begrenzt, wodurch er sich ideal in die Landschaft einfügt. Der ursprünglich kanalisierte Riedbach wurde zudem grossräumig an seine ursprüngliche Lage vor 150 Jahren verlegt. Er erhielt ein neues, naturnah gestaltetes Bett. Auch wurden kleinere eingedolte Bäche geöffnet und ebenfalls naturnah gestaltet. In der Nähe des Schlosses Hegi wurde eine Weiherlandschaft mit mehreren Tümpeln angelegt, die regelmässig trockenfallen können. Diese bieten natürlichen Lebensraum für Tiere und Pflanzen und werten das Naherholungsgebiet Hegmatten zusätzlich auf.

Die Übersicht in *Bild 3* illustriert die verschiedenen Elemente im Rückhalteraum.

2.2 Rückhaltedamm

Aus technischen und ästhetischen Gründen wurde der Rückhaltedamm Hegmatten als Erdschüttdamm ausgeführt. Die minimalen Böschungsneigungen des Regelquerschnitts betragen luft- und wasserseitig 1:3. Aufgrund von landschaftsgestalterischen Anforderungen wurden die Böschungen des Damms bewusst flach projektiert.

Ein Durchlassbauwerk quert den Rückhaltedamm und dient im Normalfall als Durchlass für den Riedbach und im Hochwasserfall als Drosselbauwerk, um die Hochwasserfrachten des Riedbachs und der durch den Zuflusskanal in den Rückhalteraum geleiteten Eulach kontrolliert abzugeben. Eine zusätzlich angeordnete Hochwasserentlastung liegt im westlichen Bereich des Damms und besteht im Wesentlichen aus einer 40 m breiten Bresche, an die auf der luftseitigen Dämmböschung das befestigte Transportgerinne anschliesst. Mit dieser Hochwasserentlastung können bei Beckenvollstau zusätzlich bis zu 88 m^3/s sicher entlastet werden.

Im Bereich der beiden Dammenden wurde die Dammkrone um 0.25 m von 460.50 m ü. M. auf 460.25 m ü. M. abgesenkt. Das Sicherheitsfreibord beim Bemessungshochwasser (Becken zu Beginn voll, Drosselung ausser Betrieb) beträgt demnach in diesen beiden Seitenbereichen noch 0.16 m. Auch im Falle eines Sicherheitshochwassers werden diese beiden seitlichen zur Notentlastung vorgesehen Breschen nicht überströmt. Der Zweck dieser Absenkung der Dammenden dient einzig der Notentlastung im Überlastfall und stellt eine lokal kontrollierte Überlaufstelle sicher.

Der Damm wurde auf praktisch undurchlässige fluviale siltig-sandige Überschwemmungssedimente fundiert. Auch die darunter liegenden mittelfest gelagerten fluvialen Kiese und Sande wiesen im Allgemeinen eine geringe Wasserdurchlässigkeit auf. Im Bereich der Dammaufstandsfläche wurde die locker gelagerte und teilweise aufgeweichte Deckschicht vollflächig bis auf den tragfähigen Untergrund ausgehoben (um min. 80 cm). Nebst dem Abtrag von Ober- und Unterboden wurden ebenfalls erosionsgefährdete resp. feinkörnige Materialien entfernt und durch Schüttmaterial ersetzt.

Der Damm tangierte den bestehenden Toggenburger Weiher. Dessen Wasserspiegel liegt aufgrund von Regenwassereintrag etwas höher als der natürliche Grundwasserspiegel. Der Bauvorgang sah eine unter Wasser erfolgte Schüttung im Weiher als Bestandteil des luftseitigen Dammkörpers vor, um dann mit diesem Kofferdamm den Weiherbereich von der Dammaufstandsfläche zu trennen. Mit Pumpen wurde das verbleibende Wasser und der Grundwasserspiegel im Bereich der Dammaufstandsfläche so weit abgesenkt, sodass das Schüttmaterial im Hauptdammquerschnitt entsprechend den Qualitätsanforderungen eingebaut werden konnte. Die maximale Dammhöhe liegt in diesem Bereich und beträgt ca. 12 m (luftseitig).

2.3 Dammaufbau

Der Hochwasserrückhaltedamm Hegmatten besteht grundsätzlich aus einem homogenen Dammkörper aus gleichmässig verdichtetem Schüttmaterial. Am luftseitigen Dammfuss ist ein Entlastungsfilter in Form

Bild 4. Durchlass mit Grobrechen nach Fertigstellung, Blick Richtung Norden. Der Rückhalteraum befindet sich rechts.

Bild 5. Dammschüttung im Bereich Durchlass kurz vor Vollendung, Blick Richtung Norden. Der Rückhalteraum befindet sich rechts.

Bild 6. Vorbelastung im Bereich Durchlass während der Bauarbeiten im nachfolgenden Tosbecken, Blick Richtung Westen.

eines Filter-/ Drainageteppichs vorgesehen. Er dient der Auftriebssicherung und der Gewährleistung der Dammstabilität im Bereich des luftseitigen Dammfusses.

Die Böschungen wurden mit Heublumensaat mager begrünt (ohne Humusauftrag) und gegen Erosion infolge Niederschlag geschützt. Eine Baum- oder Strauchbepflanzung ist aufgrund der sich bildenden Sickerwege entlang von Wurzeln sowie aufgrund der Gefahr von Schäden am Damm durch Windwurf auf dem technischen Dammquerschnitt nicht zulässig.

Als Dammschüttmaterial wurden geeignete, ausreichend verdichtbare, moränenartige gemischtkörnige Böden der Bodenklassen GC-GM, GC und GM (nach Klassifikation USCS, SN 670 010b), welche nach dem Einbau eine Durchlässigkeit $k < 5 \times 10^{-5}$ m/s ausweisen, verwendet. Mögliche Materialbezugsquellen für das Dammbaumaterial wurden während der Realisierung durch den Unternehmer identifiziert. Die Eignung des Dammschüttmaterials musste vor dem Einbau vom Unternehmer durch entsprechende Versuche (Kornverteilung, Proctor- und Durchlässigkeitsversuche) belegt werden.

Die zukünftigen Setzungen des Untergrunds und des Dammkörpers liegen beim Norddamm bei wenigen Zentimetern und traten schon überwiegend während des Dammbaus auf. Die zeitabhängigen Setzungen infolge Konsolidierung der gering durchlässigen fluvialen Ablagerungen werden erst nach Bauende abklingen. Um das Gesamtfreibord gegenüber dem Stauziel (459.30 m ü. M.) von 1.20 m auch in Zukunft zu gewährleisten, wurde die Höhenlage der Dammkrone gegenüber der Sollkote 460.50 m ü. M. erhöht. Diese Dammüberhöhung kompensiert zukünftige Setzungen und beträgt 10 cm.

2.4 Instrumentierung

Für den Rückhaltedamm wurden in Übereinstimmung mit der Richtlinie über die Sicherheit der Stauanlagen zu dessen Beobachtung und Überwachung folgende Instrumentierungen vorgesehen: (1) Messpunkte entlang der Dammkrone und Hochwasserentlastung, (2) Messpunkte im Durchlass und Zuflusskanal, (3) Automatische Einstauüberwachung mit Alarmstufen mittels einer Drucksonde beim Einlauf vor dem Durchlass sowie (4) Standrohre (Piezometer) auf der luftseitigen Dammböschung.

2.5 Hochwasserentlastung

Die Hochwasserentlastung besteht aus einer Dammbresche und einer anschliessenden mit 1:2 geneigten Schussrinne, die im Bereich des luftseitigen Böschungsfusses in das Tosbecken führt. Das trapezförmige Transportgerinne hat eine Basisbreite von 40 m und eine maximale Überfallhöhe von 1.2 m. Die Überfallkrone liegt auf Kote 459.30 m ü. M. Zur Verringerung der Setzungsempfindlichkeit wurde das gesamte Transportgerinne in monolithischer Bauweise erstellt.

Der Aufbau der Schussrinne besteht aus folgenden Elementen:

- 20 cm Magerbeton
- 40–50 cm Wasserbausteine zyklopisch; Fugen bis zur halben Höhe mit Beton verfüllt
- Extensive Begrünung durch Auffüllen der Fugen mit kiesigem Material

Durch die extensive Begrünung der Schussrinnensohle mittels Auffüllen der Fugen wird die Pflästerung etwas verdeckt. Es ist damit zu rechnen, dass sich mit der Zeit eine relativ mager bewachsene Vegetation einstellt. Das lose Material in den Fugen wird ab einer bestimmten Überfallmenge wegerodiert. Dabei gilt zu beachten, dass das Anspringen der Hochwasserentlastung einem Ereignis mit einer Wiederkehrperiode von knapp 200 Jahren entspricht. Die vollständige Erosion des geschütteten Materials tritt zudem erst beim Erreichen einer höheren Entlastungsmenge auf.

2.6 Durchlassbauwerk

Das 55 m lange Durchlassbauwerk führt unter dem Rückhaltedamm durch und stellt ein gedrosseltes Durchleiten des Riedbach und der in den Hochwasserrückhalteraum geleiteten Hochwasserfrachten der Eulach sicher (*Bild 4* & *5*). Der Durch-

Bild 7. Bei der Renaturierung haben Schulklassen aus dem Quartier kräftig mitangepackt.

lass ist als Rechteckkanal mit Vouten im Deckenbereich ausgebildet, ist 3 m breit, 2.8 m hoch und besitzt ein Gefälle von 0.6 %. Die Sohle ist mittels in Beton eingelegter kleinerer Blöcke naturnah gestaltet, um die Durchgängigkeit von Kleinstlebewesen zu gewährleisten. Die Gestaltung orientiert sich an der selbigen Oberflächenstruktur der nachfolgenden Tosbeckensohle.

Aufgrund der Retentionsberechnungen ist die Drosselöffnung auf eine Fläche von 1.60 m (Breite) × 1.45 m (Höhe) beschränkt, so dass die Durchlasskapazität im Bemessungsfall maximal 13 m^3/s beträgt. In der stirnseitigen Abschlusswand des oberwasserseitigen Portals wurde eine leicht grössere Öffnung von 1.60 m (Breite) × 1.80 m (Höhe) erstellt. Die erforderliche Drosselöffnung wurde mit dem Einbau eines verstellbaren Blechs (Drosselblende) bewerkstelligt, das mit einem Schliesssystem vandalensicher fixiert wurde. In der wasserseitigen linken Flügelmauer des Einlaufbauwerks ist die Niveausonde zur automatischen Einstauüberwachung untergebracht. Die Verbindungsleitung wurde in einem oberflächennah verlegten Kunststoffrohr in die auf der Dammkrone gelegene Messkabine geführt. Oberwasserseitig der Drosselöffnung wurde ein Grobrechen für den Geschwemmselrückhalt eingesetzt.

Im Durchlass wurde auf beiden Seiten ein Bankett vorgesehen, sodass Inspektionen trockenen Fusses durchgeführt werden können. Im linken Bankett wurden die verschiedenen Werkleitungen, im rechten die Sammelleitung des im Rückhalteraum liegenden Drainagesystems durch das Durchlassbauwerk geführt. Sämtliche bestehenden Werkleitungen (Elektrizität, Festnetz, Wasser, TV) der im Rückhalteraum liegenden Erschliessungen wurden durch das Durchlassbauwerk geführt. Damit werden die Risiken von potenziellen unkontrollierten Durchsickerungen bei einem direkten Verlegen dieser Werkleitungen im Dammkörper ausgeschlossen. Zudem tangieren zukünftige Revisionsarbeiten an den Werkleitungen nicht den eigentlichen Dammkörper. Gleiches gilt auch für die Drainageleitungen im Rückhalteraum, welche teilweise aufgehoben und neu durch das Durchlassbauwerk umgelegt wurden.

Zur Vorwegnahme der Konsolidationssetzung unter dem Durchlassbauwerk wurde eine Vorbelastung mit vertikalen Sanddrainagen ausgeführt. Die vertikalen Sanddrainagen von 8 cm Durchmesser sind in einem Raster von 2 × 2 m über eine Tiefe von 12 m eingelassen, und die Dammschüttung mit einer Überschüttung von 25 % (ca. 4.10 m ab Terrainoberfläche) ist aufgebracht worden *(Bild 6)*. Zur Überprüfung der Konsolidation während der Vorbelastungsdauer wurden drei Höhenfixpunkte sowie drei Piezometer installiert, um den Setzungsverlauf und ein allfälliger Auf- und Abbau der Porenwasserüberdrücke mitzuverfolgen.

Aufgrund des inhomogenen Bodens und der ungleichmässigen Belastung durch den Dammkörper sind differenzielle Setzungen des Durchlassbauwerks von mehreren Zentimetern im Endzustand auch nach erfolgter Vorbelastung immer noch zu erwarten. Um die daraus entstehenden Rissebildung zu minimieren, wurde das Durchlassbauwerk in ähnlich lange Elemente ohne durchgehende Armierung (rund 8 m Länge) unterteilt und mittels Körperfugenband (rundum) wasserdicht ausgebildet. An beiden Enden der Elemente wurde unter der Sohle ein Fundamentstreifen (d = 0.3 m) für einen allfälligen konzentrierten Lastabtrag infolge der differenziellen Deformationen der benachbarten Elemente vorgesehen.

2.7 Notentleerung

Damit eine sichere Entleerung des Rückhaltebeckens auch bei einer Verklausung des Grobrechens oder des Drosselquerschnitts möglich bleibt, wurde im oberflächennahen Bereich des wasserseitigen Dammkörpers zusätzlich eine von Hand bedienbare Notentlastung vorgesehen. Die Notentleerung wird durch einen schrägen, parallel zur wasserseitigen Dammböschung liegenden Notentleerungsschieber ermöglicht. Der Einlauf zum Notauslass ist örtlich vom Einlauf zum Drosselquerschnitt getrennt, was das Eintreten einer Verklausung des Noteinlaufs praktisch verunmöglicht. Die Notentleerung ist grundsätzlich geschlossen und kann bei Bedarf von der Dammkrone her geöffnet werden.

Die Bedienungsvorrichtung der ölhydraulischen Notentlastung befindet sich im Betriebsschacht auf der Dammkrone und ist somit jederzeit zugänglich, auch wenn ein Betriebszustand mit Hochwasserüberfall herrscht. Der Einlauf der Notentleerung ist mit einem schrägen Tafelschieber verschlossen, der über einen, in der wasserseitigen Dammböschung eingebetteten ölhydraulischen Hubzylinder geöffnet wird. Das Öffnen des Tafelschiebers hat im Notfall unter Wasserdruck zu erfolgen.

Im Betriebsfall funktioniert diese Notentleerung vorerst als Drucksystem, sodass eine möglichst hohe Entleerungskapazität erreicht werden kann. Gegen Ende des Entleerungsvorganges und mit der Reduktion der Druckhöhe stellt sich im Entleerungsrohr (D = 1.2 m) ein Freispiegelabfluss ein. Eine Belüftungsleitung vom Betriebsschacht stellt dabei eine genügende Luftzufuhr sicher. Ebenso entwässert diese Belüftungsleitung den Betriebsschacht in das Durchlassbauwerk.

Eine Entleerung des HRB ist somit bis zur Kote von 456.60 m ü. M. möglich, welche der Einlaufkote der Notentleerung entspricht. Das verbleibende Rückhaltevolumen unterhalb dieser Kote beträgt rund 20 000 m^3 und liegt ausschliesslich innerhalb des ausgehobenen Zufluss- und Riedbachgerinnes. Der Wasserspiegel nach der Entleerung liegt somit tiefer als das umliegende Terrain des Rückhalteraumes. Der Grobrechen ragt dann zur Hälfte aus dem Wasser.

Unterstützend zur Notentleerung wirkt bei einem hohen Stauspiegel auch das Trennungsbauwerk. Die Kote des Streichwehrs liegt bei rund 458.80 m ü. M. Sofern sich der HRB im Ereignisfalle über die Streichwehrkote aufstaut, wird sich der HRB nach dem Abklingen eines Hochwassers auch über das Streichwehr in den bestehenden Hochwasserkanal Hegi entleeren. Diese Entleerungskapazität ist jedoch relativ klein, sodass sich die Entleerungszeit nur unwesentlich verringert.

2.8 Revitalisierungen im Rückhalteraum

Aufgrund der Lage des Norddamms musste das alte Riedbachgerinne auf einer Strecke von 800 m aufgegeben und neu

durch ein 1200 m langes und naturnah gestaltetes Gerinne ersetzt werden, welches im Rückhalteraum entlang des Flugplatzwegs führt. Das neue Gerinne ist auf ein HQ_{50} plus Freibord bemessen.

Als Ersatzmassnahme für die Weiherauffüllung im Bereich Toggenburger wurden drei kleinere Tümpel, ein grosser Tümpel und ein Weiher östlich des Zuflussgerinnes realisiert. Diese weisen Tiefen von maximal 2 m und Durchmesser von je etwa 10–60 m mit unregelmässigem Umriss auf. Da die neuen Weiher über den Grundwasserspiegel liegen, wurden sie mit einer Bentonitmatte gegenüber dem kiesigen Untergrund abgedichtet, die anschliessend mit anstehendem Aushubmaterial überdeckt wurde. Eine Speisung durch ein Oberflächengewässer ist nicht vorhanden, damit der Nährstoffeintrag (und somit Algenbildung) möglichst minimiert ist. Die Tümpel und Weiher werden sich somit im Laufe der Jahre mit Meteorwasser füllen und allenfalls auch wieder infolge Verdunstung trockenfallen. Gegebenenfalls können diese Tümpel mittels einem Schieber entleert werden.

Ufer- und Flachwasserbereiche wurden mit Steinhaufen und Wurzelstöcken strukturiert. Die Strukturelemente mit den beiden realisierten Koppeln dienen auch zur Personenlenkung, damit zwischen den Tümpel keine «wilden» Trampelpfade entstehen.

3. Zuflusskanal

3.1 Allgemeiner Überblick

Das unterirdisch angelegte Trennungsbauwerk und der Zuflusskanal bilden das zweite Hauptelement des Projekts Hochwasserrückhalteraum Hegmatten. Der Zuflusskanal leitet, ausgehend vom Hochwasserkanal Hegi mit einer definierten Trenncharakteristik einen signifikanten Anteil des Hochwassers aus der Eulach in den Rückhalteraum Hegmatten. Dabei unterquert der Zuflusskanal die Eulach selbst und quert bestehende Werkleitungen und Kanalisationen. Der Kanalquerschnitt ist rechteckförmig (B × H = 5.00 m × 2.30 m) und weist eine Länge von ca. 390 m auf.

Für Kontrollen und Reinigungsarbeiten sind das Trennungsbauwerk und der Zuflusskanal zugänglich. Der Hochwasserkanal Hegi ist sowohl vom oberwasserseitigen, bestehenden Verzweigungsbauwerk als auch von der Mündung her begehbar. Die Interventionsöffnung beim Trennungsbauwerk ermöglicht einen weiteren Zugang ausserhalb des Verkehrsbereiches der Rümikerstrasse, durch welche im Falle von allfälligen Verstopfungen während eines Hochwassers interveniert werden kann. Als Absturzsicherung wurden Gitterroste montiert, welche im Ereignisfall abgeschraubt werden müssen. Grundsätzlich ist für Inspektionen oder Unterhaltsarbeiten der Zugang zum Trennungsbauwerk durch den Zuflusskanal her möglich.

Eine Absperrung (z. B. mittels eines Gitters am Ende) des Zuflusskanals wurde nicht vorgesehen. Damit soll sichergestellt werden, dass im Hochwasserfall die Absperrung nicht durch mitgeführtes Geschwemmsel verklaust wird und somit der Rückhalteraum nicht seine geplante Wirkung entfalten kann.

3.2 Trennungsbauwerk

Den Entnahmepunkt im Hochwasserkanal Hegi bildet das unterirdische Trennungsbauwerk, dessen Aufgabe die Aufteilung der zuströmenden Hochwasser ist. Das Bauwerk besteht im Wesentlichen aus einer seitlichen Drosselung des Querschnitts sowie einem Streichwehr. Dieses leitet das abgetrennte Wasser in den seitlich anschliessenden Zuflusskanal zum HRB aus. Ungefähr die Hälfte der Hochwassermenge verbleibt im Hochwasserkanal und gelangt wieder in die Eulach.

3.3 Entwurf des Trennungsbauwerks in den Vorphasen

Das Trennungsbauwerk besteht aus einer konischen Drosselstrecke, die vor der eigentlichen Drossel liegt und einem Streichwehr in den Zuflusskanal. Die Geometrie wurde in den Vorphasen sukzessive entwickelt, und zwar massgeblich anhand hydraulischer Modellversuche an der Versuchsanstalt für Wasserbau der ETH Zürich (VAW) im Massstab 1:20. Vom Hochwasserkanal wurden oberstrom die letzten 80 m und unterstrom die ersten 30 m modelliert, vom Zuflusskanal die ersten 130 m. Die Randbedingungen an den Modellgrenzen wurden rechnerisch bestimmt. Das Ziel war das Erreichen einer Trenncharakteristik, welche zwar das Anspringen bis zu einem Zufluss von ca. 10 m^3/s hinauszögert, grössere Zuflüsse aber etwa zur Hälfte in den HRB ausleitet. Mehrere Entwürfe wurden untersucht, die letztendlich zu einer Konfiguration mit einer 3 m breiten Drossel und mit einer asymmetrischen Anordnung der Drosselstrecke führte.

Die VAW erwähnte in ihrem Schlussbericht, dass die «Funktionstüchtigkeit ...

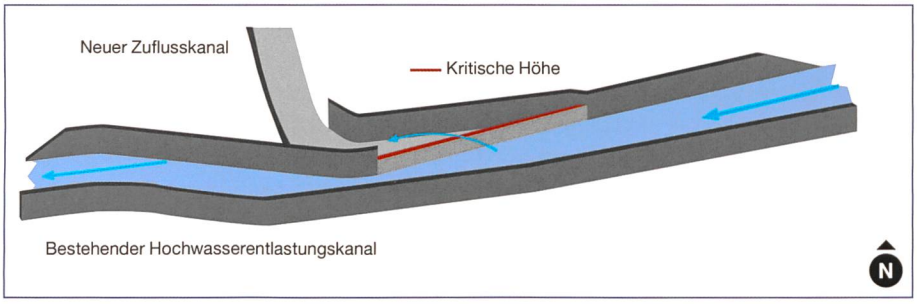

Bild 8. Visualisierung der Funktionsweise des Trennungsbauwerks.

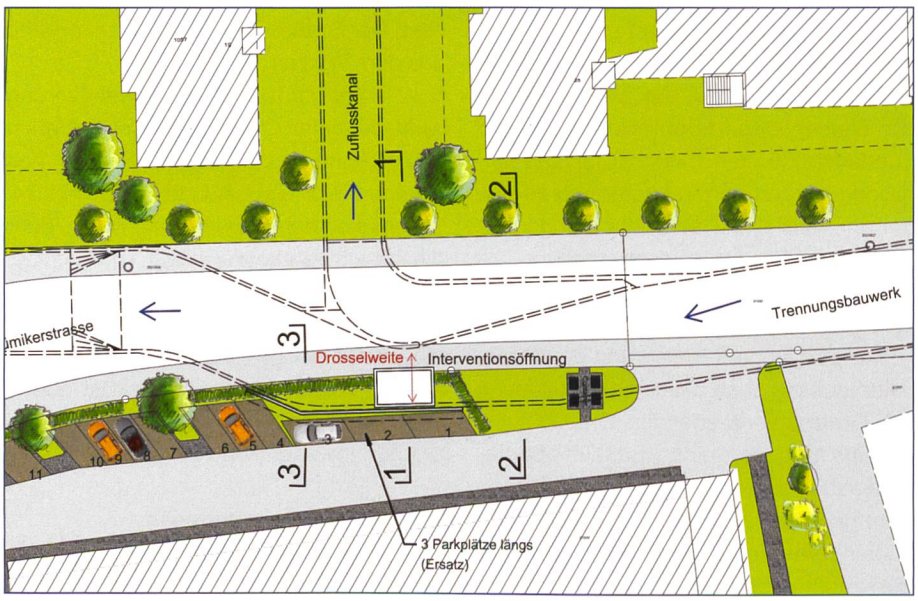

Bild 9. Verschwenkung des Trennungsbauwerks aus der Achse des bestehenden Hochwasserkanals.

bei einem stossweisen Schwemmholzanfall stark gefährdet» sei. Aus diesem Grund wurde – zusätzlich zum knapp 2 km oberhalb des Verzweigungsbauwerks geplanten Schwemmholzrechen – eine Interventionsöffnung über der Drossel vorgesehen. Da der Hochwasserkanal aber unter einer Hauptstrasse verläuft, wäre diese Öffnung in den Strassenbereich zu liegen gekommen. Um dies zu vermeiden, wurde das gesamte Trennungsbauwerk aus der Achse des Hochwasserkanals heraus «verschwenkt».

3.4 Modifikationen im Ausführungsprojekt

In der Zwischenzeit hatten hydrologische Studien im Zusammenhang mit der Gefahrenkarte der Stadt Winterthur höhere Hochwasserwerte ergeben. Zudem wuchsen die Bedenken hinsichtlich einer möglichen Verklausung der Drossel, etwa durch grosse Gegenstände wie Autos oder Container. Die Bauherrschaft wünschte daher die Untersuchung von Drosselbreiten bis zu 5 m. Aus Kosten- und Zeitgründen kam ein numerisches 3-D-Modell zur Anwendung. Die Untersuchung, die durch die Pöyry Schweiz AG durchgeführt wurde, erfolgte in zwei Phasen:

- Phase 1: Validierung anhand der Geometrie, wie sie im physikalischen Modell getestet wurde
- Phase 2: Untersuchung alternativer Geometrien mit breiteren Drosseln

Wie schon das physikalische Modell der VAW bildete auch das numerische Modell nur kurze Abschnitte des angrenzenden Hochwasser- und Zuflusskanals ab, so dass auch hier wie bei den früheren VAW-Untersuchungen die Randbedingungen gerechnet werden mussten.

3.5 Validierung

Die Validierung ergab eine gute Übereinstimmung mit dem physikalischen Modell der VAW. Die Aufteilung der Abflüsse konnte bis auf 2 bis 3 % reproduziert werden. Eine grössere Abweichung trat nur bei einem sehr grossen Abfluss mit Rückstau aus dem HRB auf, bei welchem an der Decke Luft eingeschlossen wird. In diesem Fall sind aber sowohl das physikalische wie auch das numerische Modell in ihren Aussagen eingeschränkt, weil die Abflussverhältnisse im Einlauf nicht abgebildet waren.

3.6 Revidierte Geometrie

In der zweiten Phase – der Untersuchung geometrischer Alternativen – wurde die Drossel auf 5 m verbreitert und im Gegenzug das Streichwehr auf vorerst 1.0 m abgesenkt. Zu befürchten war, dass sich für diesen Entwurf ein Zustand einstellen würde, indem der Zufluss nicht ausreichend in den Hochwasserkanal rückgestaut wird und die Funktion des Streichwehrs beeinträchtigt ist. Die Nachbildung des Entwurfs mit einer 3 m breiten Drossel im numerischen Modell schien diese Gefahr zunächst zu bestätigen: Sie zeigt,

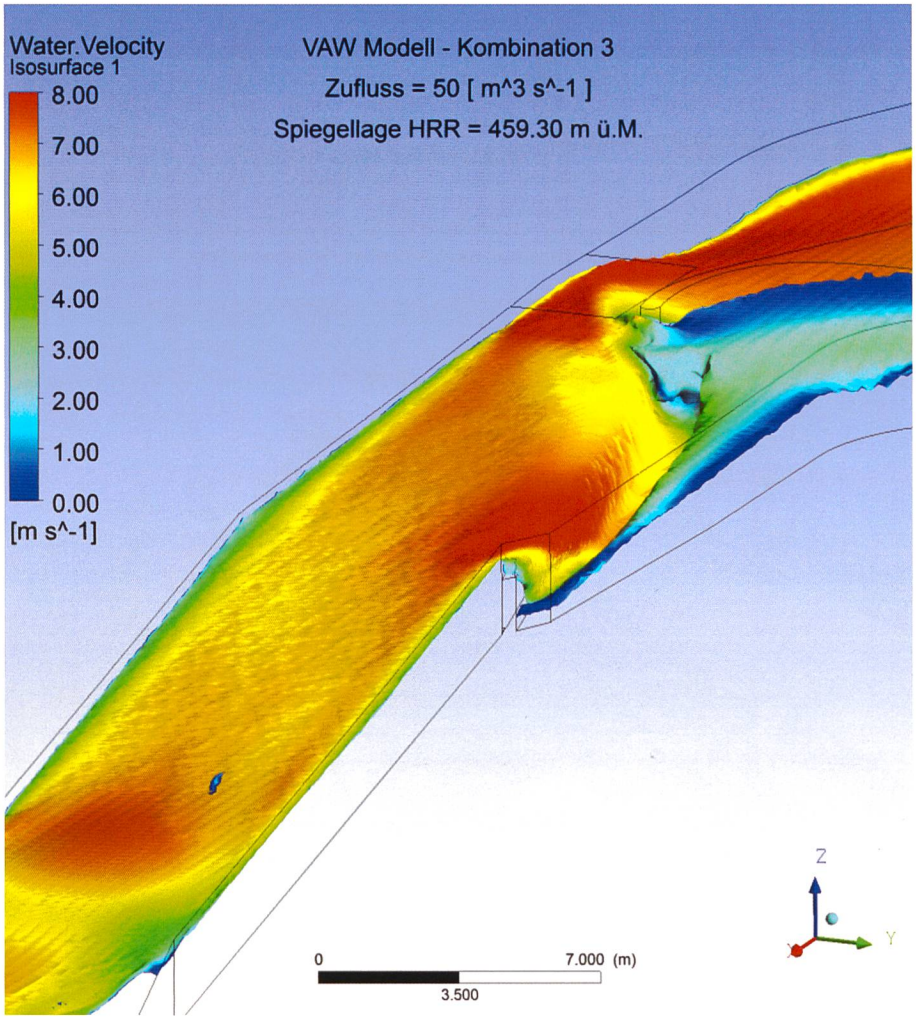

Bild 10. Resultierendes Abflussbild im numerischen Modell für die Drosselbreite von 3 m.

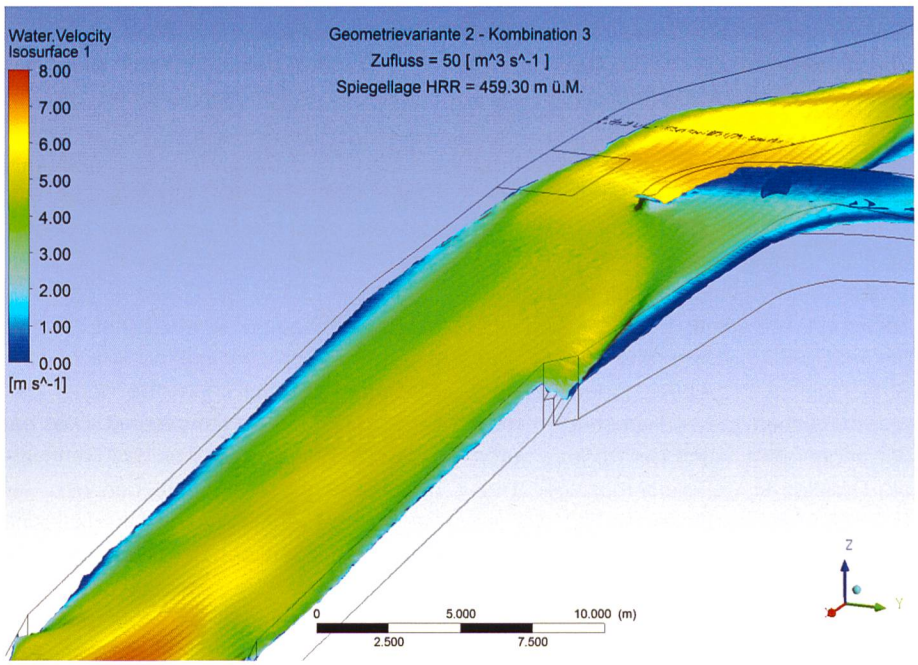

Bild 11. Resultierendes Abflussbild im numerischen Modell für die Drosselbreite von 5 m.

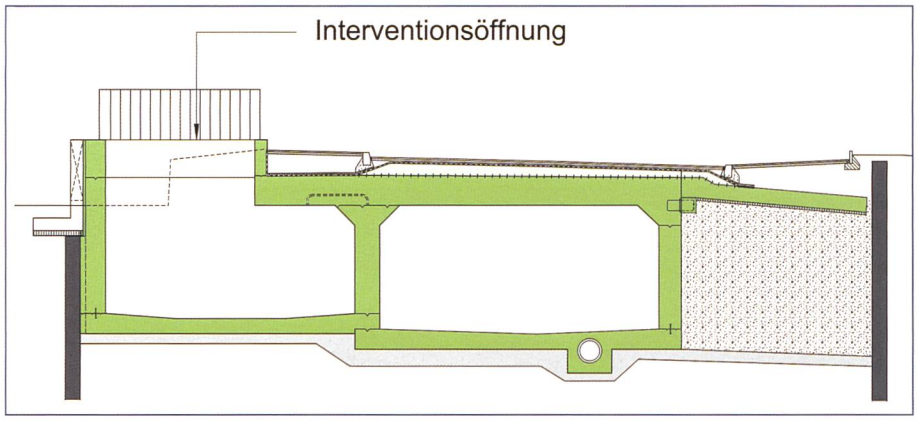

Bild 12. Schnitt durch das Trennungsbauwerk, Blick in Fliessrichtung.

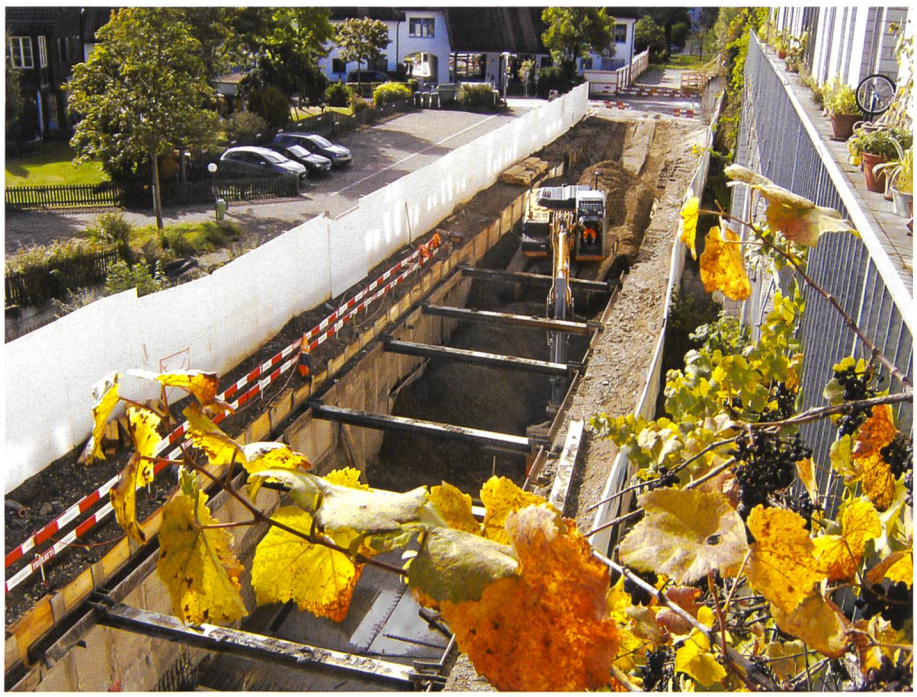

Bild 13. Baugrube Zuflusskanal, während den Aushubarbeiten.

wie schon die Filmaufnahmen des physikalischen Modellversuchs, eine unruhige Anströmung des Streichwehrs an seinem oberen Ende. Auch reichte bei höheren Wasserspiegeln im HRB der Einfluss des Rückstaus bis in die Drossel und führte dort zu einem ungleichmässigen Abfluss (ebenfalls *Bild 10*). Die Simulation der breiteren Drossel zeigte dann aber ein deutlich günstigeres Bild *(Bild 11)*. Der schiessende Zufluss dissipiert einen erheblichen Teil seiner Energie im Zulauf, der jetzt auf 8.8 m verbreitert wurde. Das Streichwehr wird dadurch gegenüber dem ursprünglichen Entwurf wesentlich ruhiger angeströmt. Auch der Abfluss durch die Drossel ist viel gleichmässiger. Hinsichtlich Verklausungssicherheit werden keine Nachteile erwartet. Zwar könnte die langsamere Anströmung theoretisch ein Querstellen von Schwemmholz begünstigen. Dieses richtete sich aber schon in den VAW-Modellversuchen oft nicht nach der Strömung aus. Positiv dürfte sich die beruhigte Strömung auf allfällige Interventionen an der dafür vorgesehenen Öffnung auswirken *(Bild 12)*.

Ferner dokumentieren die Filmaufnahmen der Modellversuche, wie das Schwemmholz bei hohen Abflüssen an die Decke gedrückt wird und dort hängen bleibt. Auch dies wird jetzt weniger vorkommen, weil die Spiegellagen bei gleichen Abflüssen deutlich tiefer sind.

Die Charakteristik der an der VAW getesteten Geometrie wurde mit der modifizierten Geometrie aber noch nicht ganz erreicht. Nachträglich wurde daher das Streichwehr auf 80 cm gesenkt. Dies hat zur Konsequenz, dass sich das Trennverhalten weniger scharf ausbilden wird. Als Gegenmassnahme wird die Überfallkrone halbrund ausgebildet. Bei gleicher Kapazität im höheren Abflussbereich ermöglicht diese Form ein späteres Anspringen.

Das tiefere Streichwehr hat auch zur Folge, dass sich der HRB beim Abflauen grösserer Hochwasser teilweise über das Trennungsbauwerk, also «rückwärts», entleeren wird. Eine zweite Hochwasserspitze entsteht dadurch zwar nicht, der Vorgang zeigt aber, dass mit dieser Drosselbreite von 5 m eine Grenze erreicht sein dürfte, weil sonst die Gefällsverhältnisse zwischen Trennungsbauwerk und HRB zu flach werden.

Um die vorgesehene Trenncharakteristik im Ereignisfall zu überprüfen, wurden ober- und unterstrom des Trennungsbauwerks (berührungslose) Radarsonden in der Decke des bestehenden Hochwasserkanals eingelassen, welche mittels einer Schlüsselkurve die jeweiligen Abflussmengen überwachen werden. In Richtung Zuflusskanal wurden rund 50 m nach dem Streichwehr nebst einer Radarsonde in der Decke zusätzlich Ultraschallsensoren in der Wand eingebaut, welche die Fliessgeschwindigkeit des Richtung HRB fliessenden Wassers messen können. Durch den Rückstaueinfluss des vollaufenden HRB kann hier nämlich keine vordefinierte Schlüsselkurve erstellt werden. Gegebenenfalls kann dadurch nachträglich eine Feinjustierung der Streichwehrhöhe begründet werden, sollten die Messungen zeigen, dass die Trenncharakteristik nicht wie gewünscht funktioniert.

3.7 Bauablauf

Der Zuflusskanal und das Trennungsbauwerk wurden je als oberirdische Linienbaustellen in mehreren Etappen erstellt. Der Kanal wurde konventionell von unten nach oben in Ortbeton erstellt (Ausbildung als Rahmen). Der Unternehmer installierte auf temporären Gleisen einen Baukran, der sukzessive von Norden nach Süden verschoben wurde. Auf der Kanaldecke sind Polymerbitumen-Dichtungsbahnen als Schutzfunktion gegen Chlorideintrag z. B. durch Streusalz mit einer zusätzlichen Schutzmörtelschicht aufgebracht.

Die Deckenstärke des Trennungsbauwerks musste aufgrund der vergrösserten Drosselbreite resp. Spannweite im Vergleich zu den vorherigen Projektphasen deutlich erhöht werden. Dies wiederum bedingte eine grossräumige Umlegung sämtlicher Werkleitungen um die Baugrube des Trennungsbauwerks, da der verbliebene Zwischenraum zwischen Strassenbelag und Oberkante der Trennungsbauwerkdecke zu knapp war. Im Übrigen musste oberhalb des Trennungsbauwerks ein dünnerer Strassenoberbau mit Gussasphalt (analog zu einer Strassenbrücke) vorgesehen werden *(Bild 12)*. Der Baugrubenabschluss bestand aus einer gebohrten Rühlwand, welche mit Ortbeton

resp. oberhalb Oberkante (OK) Kanal mit Holzbohlen ausgefacht wurde *(Bild 13)*. Die Bohrungen wurden vorauseilend erstellt. Mit dem gewählten Bauverfahren wurden die Körperschallimmissionen und die Erschütterungen gering gehalten.

Die Bauarbeiten fanden in unmittelbarer Nähe diverser privater Grundstücke, Gebäude, Strassen (Hegifeldstrasse, Reismühleweg und Rümikerstrasse) und Vorplätze statt *(Bild 14)*.

Die Bauherrschaft schuf mittels in der Region quartalsweise verteilter Infoletter, Grill- und Infoabenden für die Betroffenen und öffentlicher Führungen in relativ kurzer Zeit eine breite Akzeptanz. Eine Direktwahl, publiziert an den Baustellentafeln, ermöglichte zudem einen direkten Draht zum Projektleiter der Bauherrschaft. Direkte Behinderungen von Bauarbeiten oder Opposition mittels Briefmeldungen wurden nicht registriert.

Die Bauleitung wiederum ging direkt auf die Betroffenen zu, kommunizierte mit Newslettern und einer allzeit erreichbaren Kontaktnummer und schuf somit weiteres Vertrauen. Anliegen von Anwohnern wurden grundsätzlich umgehend und in Absprache mit der Bauherrschaft bearbeitet. Oft konnte schon mit einer direkten Begegnung unter Beteiligung der Betroffenen eine Lösung gefunden werden.

Ein detailliertes Überwachungsprogramm im Perimeter (z. B. öffentliche Strassen, Vorplätze, private Strassen, Gebäude, Garagen, Baugrube), welcher durch die Bautätigkeiten der Teilprojekte Zuflusskanal und Trennungsbauwerk betroffen war, ergab keine Auffälligkeiten bezüglich aussergewöhnlicher Deformationen infolge der Bautätigkeiten. Die Überwachungsaufgaben während der Bauausführung umfassten Setzungs- und Lagemessungen, Verformungsmessungen des Baugrundes und die Überwachung der Spriesskräfte

Bild 14. Baugrube Trennungsbauwerk, Fliessrichtung im Hochwasserfall von unten nach oben. Beim verschiebbaren blauen Baustellenkran zweigt der Zuflusskanal nach rechts Richtung Rückhalteraum ab und unterquert anschliessend die Eulach.

Bild 15. Unterer Schwemmholzrechen in der Linkskurve der Eulach, Blick gegen Fliessrichtung.

4. Schwemmholzrechen

Aufgrund der Verklausungsanfälligkeit des Verzweigungs- wie auch des Trennungsbauwerks, wurde in der Eulach in Elsau-Räterschen ein Schwemmholzrückhalt angelegt. Das Bauwerk ist seit August 2015 fertiggestellt. Es soll verhindern, dass der Rückhalteraum infolge Verklausung von Schwemmholz wirkungslos wird. Der Schwemmholzrechen besteht aus zwei Einzelrechen, die ober - und unterstrom der SBB-Querung in Elsau in einer S-Kurve jeweils in der Flussaussenkurve angebracht sind und etwa bis zur Hälfte in das ursprüngliche Gerinne hineinragen *(Bild 15)*. Die Rechen sind so ausgebildet, dass ein Schwemmholzrückhalt bis zu einem 300-jährlichen Hochwasserereignis möglich ist und ein Schwemmholzvolumen von je ca. 50 m^3 zurückgehalten wird. Das Gerinne wurde im Bereich des Rechens aufgeweitet, sodass bei einer Vollverklausung des Rechenbauwerks noch ein genügend grosser Abflussquerschnitt zur Hochwasserableitung seitlich vorhanden ist. Dadurch kann auch eine Rückstauwirkung weitgehend verhindert werden. Beide Rechen sind nach dem gleichen Prinzip ausgebildet, aufgrund der räumlichen Gegebenheiten sind sie jedoch unterschiedlich gross. Der Rechen 1 besteht aus zwei Rechensäulen und drei waagerechten sowie vier senkrechten Stahlträgern (Hohlprofile), die zusammen die Rechenfläche bilden. Der weiter oberstrom liegende Rechen 2 besteht aus drei Rechensäulen und ebenfalls drei waagrechten sowie vier senkrechten Stahlträgern. Die vertikalen Hauptträger wurden ausbetoniert und mittels Köcher im Fundament eingespannt. Beide Rechen wurden mit einem Blockfundament in den anstehenden kiesigen Sedimenten fundiert. An den beiden

äusseren Enden (Seite Ufer) wurde jeweils ein zusätzliches Einzelfundament erstellt. Sämtliche Träger sind auswechselbar konzipiert.

Rechen 2 hat ab Sohle eine Höhe von 3.00 m und eine maximal sichtbare Breite von 8.70 m. Bei Rechen 1 beträgt die Höhe 3.05 m und die Breite ca. 7.30 m.

Die Gerinnesohle ist im Bereich der Rechen mit einbetonierten Blöcken mit einem Gewicht von 0.5–0.7 t/Block gesichert. Diese Blocksicherung ist mit 30 cm Sohlmaterial überdeckt und somit nicht sichtbar. Die Tieferlegung der Blöcke inkl. der Überdeckung wurden vorgesehen, um einer zukünftigen Sohlabsenkung, die an diesem Standort geplant ist, bereits heute Rechnung zu tragen und das Bauwerk zukünftig nicht zu schwächen.

5. Schlusswort

Winterthur hat letztmals 1876 ein extremes Hochwasser erlebt. Bei einem solchen Ereignis, wie es statistisch gesehen alle 100 Jahre eintritt, müsste Winterthur heute mit Schäden von über 400 Millionen Franken rechnen. Vor allem Bewohner, Gewerbe und Infrastruktur in der Innenstadt wären davon stark betroffen. Dank dem Hochwasserrückhalteraum Hegmatten wird dieses Schadenpotenzial im Stadtzentrum um rund 300 Millionen Franken verringert. Dem Restrisiko kann voraussichtlich mit der Realisierung zusätzlicher Rückhaltebecken am Mattenbach, welcher unterhalb des HRB in die Eulach mündet, begegnet werden.

Die realisierte Disposition mit Schwemmholzrechen im Zulauf, Trennungsbauwerk mit breiter Drosselweite und Interventionsöffnung, Rückhaltedamm mit Durchlassbauwerk und vorgeschaltetem Grobrechen sowie Hochwasserentlastung zur Ableitung von Extremereignissen entsprechen dem heutigen Stand der Technik und stellen ein sicheres und redundantes Hochwasserschutzsystem dar.

Der Raum Hegmatten verbleibt auch nach dem Bau des Hochwasserrückhalteraums ein wichtiges Naherholungsgebiet für die Bevölkerung von Winterthur. Durch die verschiedenen Revitalisierungsmassnahmen erfährt das Gebiet gar eine Aufwertung für Mensch und Natur.

Projektieren im urbanen Raum bedingt eine vorausschauende und integrative Planung und Realisierung. Auswirkungen hinsichtlich Machbarkeit und Kosten von Projektänderungen im städtischen Gebiet sind aufgrund der gemachten Erfahrungen möglichst unter Berücksichtigung aller Parameter bis ins letzte Detail im Voraus vorzusehen und bis zur Ausführungsreife zu planen. Nebst technischen Lösungen sind möglichst sämtliche Schnittstellen mit den Betroffenen und Beteiligten vorgängig zur Realisierung im Detail abzuklären. Diese sind meistens kostenrelevant und müssen risikomindernd Bestandteil der Submission und des Werkvertrags werden.

Anschrift der Verfasser
Pöyry Schweiz AG
Martin Aemmer, martin.aemmer@poyry.com, *Philemon Diggelmann*, philemon.diggelmann@poyry.com, *Benno Zünd*, benno.zuend@poyry.com
Max Bösch, max.boesch@bd.zh.ch
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL), Baudirektion, Kanton Zürich.