

Umgang mit Randbedingungen in urbanen Gebieten am Beispiel «2D-Simulation Schwemmkegel Sihl»

Basement Anwender Treffen 2020, Rapperswil

Michel Kuhlmann

Kontakt: michel.kuhlmann@tkconsult.ch

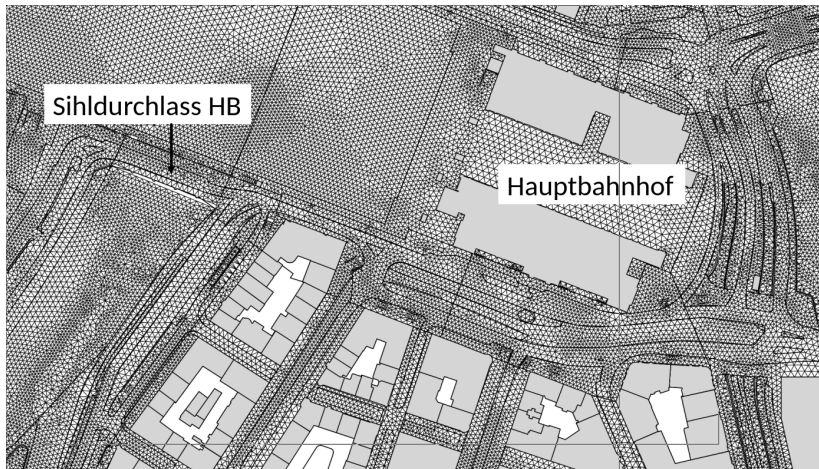
30.01.2020

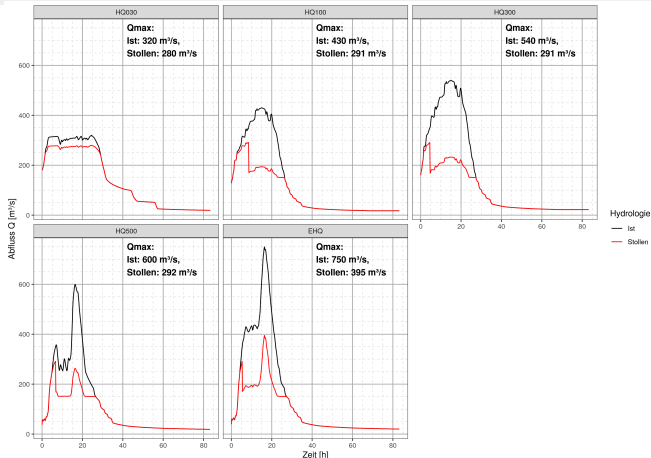
Einleitung

- Kurzvorstellung Projekt «2D-Simulation Schwemmkegel Sihl»
- Kenngrößen vom numerischen Modell
- Herausforderungen & Lösungsansätze
 - Brücken
 - Tunnelsysteme (z.B. Zimmerbergtunnel)
 - Strassenunterführung (z.B. Langstrasse)
 - Sihldurchlass Zürich HB



- **Modellperimeter:** 4.4 Mio. Berechnungszellen (17 km²)
- **Diskretisierung:** 0.35 bis 8 m
- **Urbanes Gebiet:** Mauern, Bahntunnel, Strassenunterführungen, Durchlässe
- **Flusskraftwerke:** Platzspitz, Höngg, Dietikon
- **Brücken:** 13 an der Sihl
- **Zuflüsse:** Sihl und Limmat
- **Ausflüsse:** Limmat, Schanzengraben und Tiefbahnhöfe
- **Hydrologie:**
 - Ist-Zustand und Entlastungsstollen
 - Instationäre Hochwasserganglinie (ca. 3 Tage)
- **Berechnungssoftware:** BASEMENT v3.0
 - 3 parallele Strassen (nvidia Quadro P5000); RTS \approx 1.0
- **Anzahl Rechenfälle:** > 150 Rechenfälle

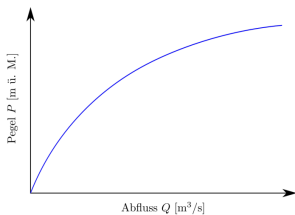




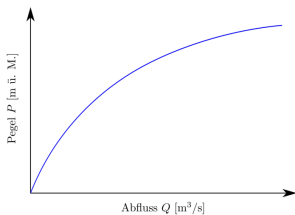
- Ganglinien basierend auf NA-Berechnungen WSL/TK [1]
- Skalierung auf HQx Scherrer AG [2].
- Trenncharakteristik aus phys. Modellversuchen VAW [3]

Herausforderungen & Lösungsansätze

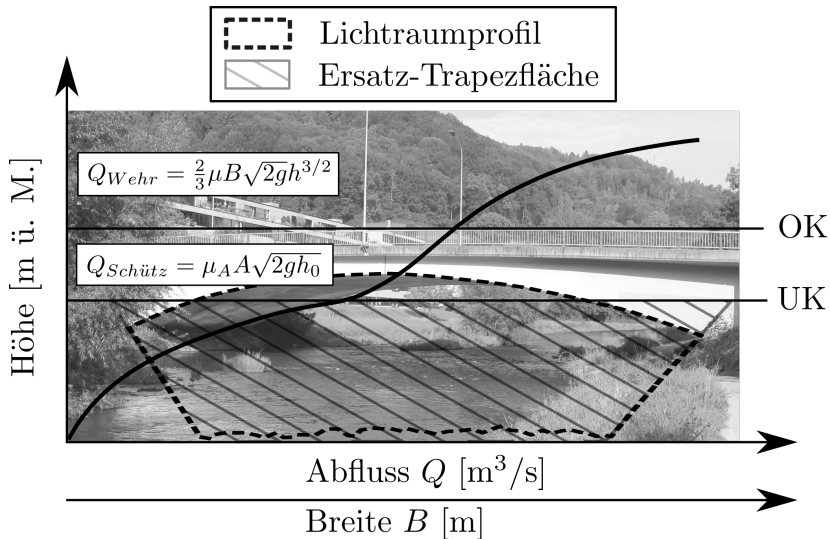
- Verwendung vordefinierter innerer Randbedingungen (z.B. Wehr, Schütz (BMv2.x) oder zhydrograph)
 - Manchmal nicht die geeignete Abstraktion
 - z.B. Brücke als Schütz in 2.x: Verhalten nicht klar bei unebenem Terrain oder Trapezfläche
- Erhöhte Flexibilität basierend auf Pegel-Abfluss (P-Q)- Beziehungen, z.B. Durchlässe und Brücken



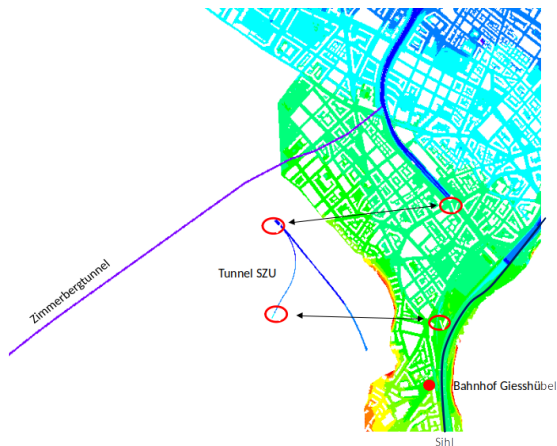
- Verwendung vordefinierter innerer Randbedingungen (z.B. Wehr, Schütz (BMv2.x) oder zhydrograph)
 - Manchmal nicht die geeignete Abstraktion
 - z.B. Brücke als Schütz in 2.x: Verhalten nicht klar bei unebenem Terrain oder Trapezfläche
- Erhöhte Flexibilität basierend auf Pegel-Abfluss (P-Q)- Beziehungen, z.B. Durchlässe und Brücken



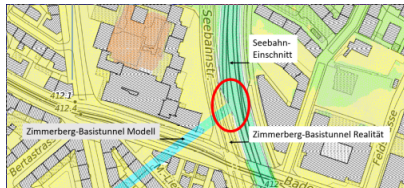
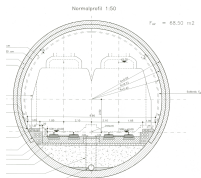
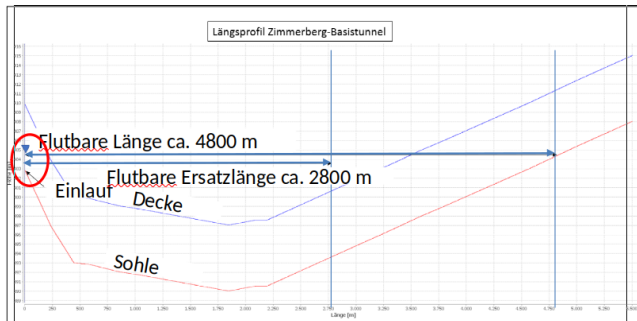
- Aber: Nur eine Fließrichtung, keine Rückkopplung/Rückstau



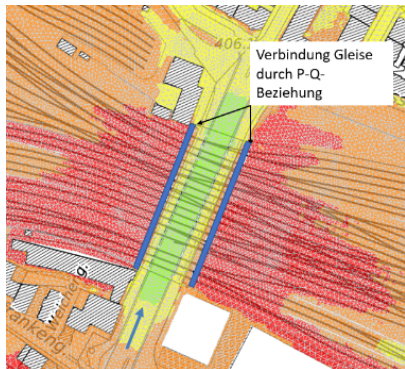
- Ober- und unterirdischer Abfluss am selben Ort nicht möglich!
- Optionen:
 - Verlinkung Tunnelsystem via PQ-Beziehung (SZU)
 - Direkter Einbau Tunnel (Zimmerbergtunnel)



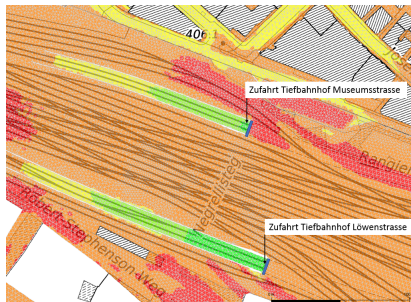
- Rückhaltevolumen: ca 330'000 m³



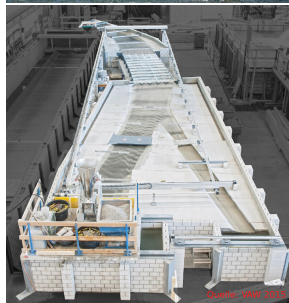
- **Unterführung** Langstrasse als direkte hydraulische Verbindung mit oberirdischer Verbindung (P-Q Beziehung)



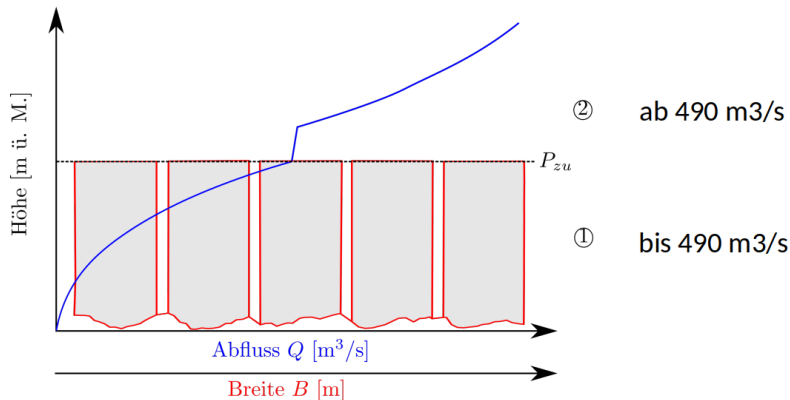
- **Tiefbahnhöfe** als Ausflussrand mit Volumenbilanzierung



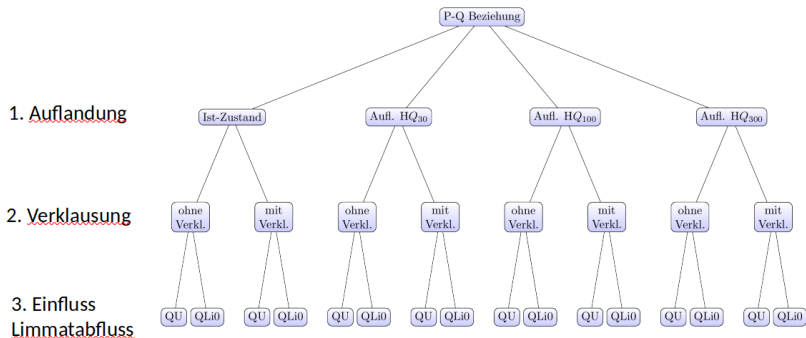
- 5 Durchlassfelder mit je 12 m Breite
- Höhe: ca. 3.35 m
- Länge Durchlass: ca. 190 m
- Laborversuche an der VAW (2015) zur Durchflusskapazität [4]
 - Im Zustand 2014: Ab $490 \text{ m}^3/\text{s}$ erstes Anschlagen im unteren Drittel der Durchlassdecke



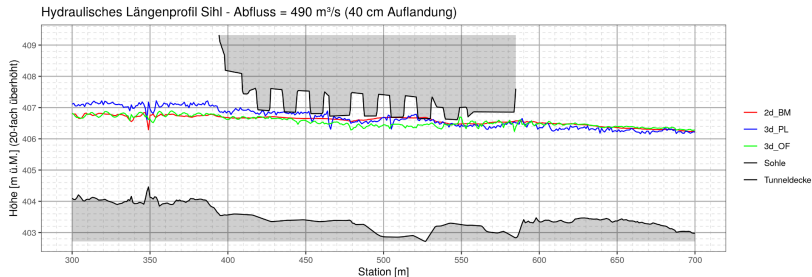
1. Freispiegelabfluss
2. Ab Zuschlagen (P_{zu}) Druckabfluss

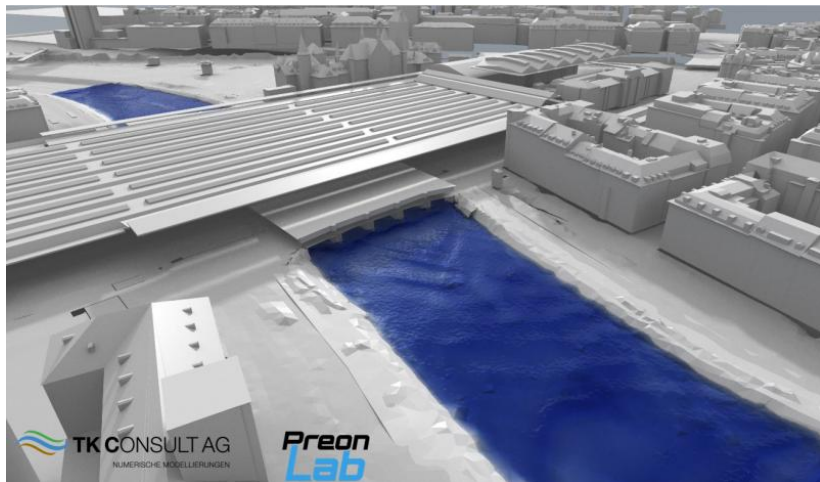


- Durchlassverhalten als Funktion von Auflandung ($f(HQ_x)$), Verklausung und Unterwasser (Limmat)
- Kombinatorik liefert PQ-Beziehungen

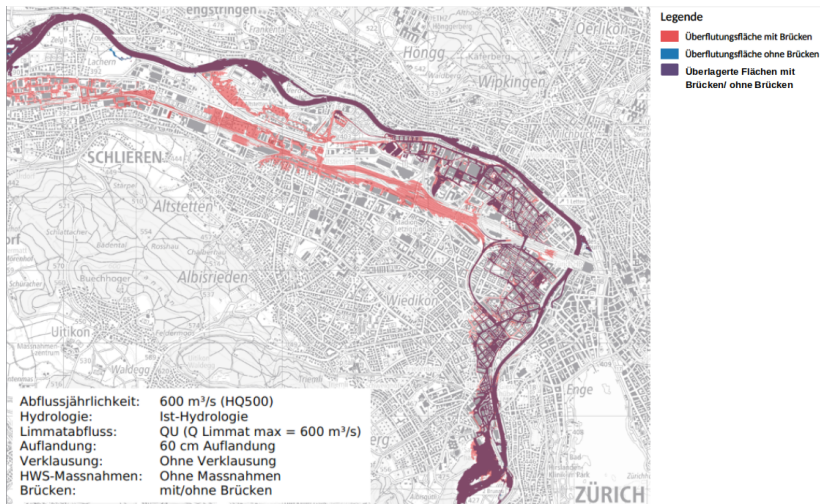


- 3D-Berechnungen zur Plausibilisierung PQ-Beziehung (Software: OpenFoam & PreonLab)
 - 3D-Ergebnisse decken sich gut mit physikalischen Modellversuchen (VAW 2015) für $Q_{krit} = 490 \text{ m}^3/\text{s}$ und Überlast
 - Berechnung Überlastfälle mit 3D
 - Eichung PQ-Beziehung Sihldurchlass Zürich HB an 3D

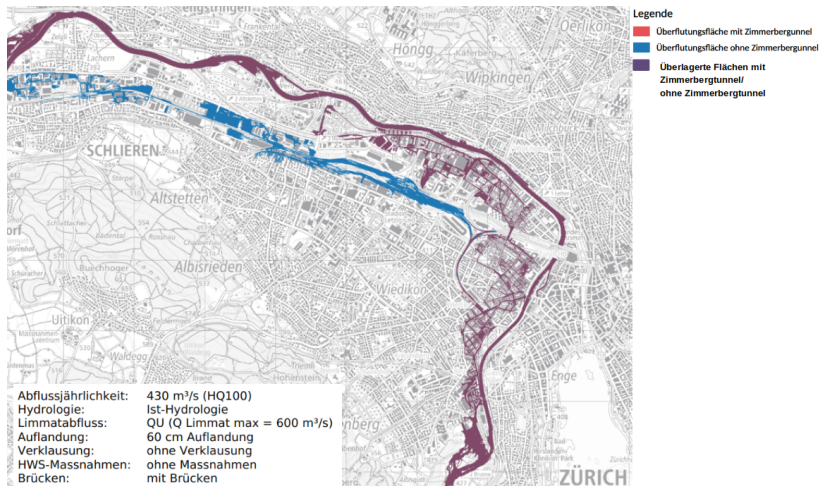


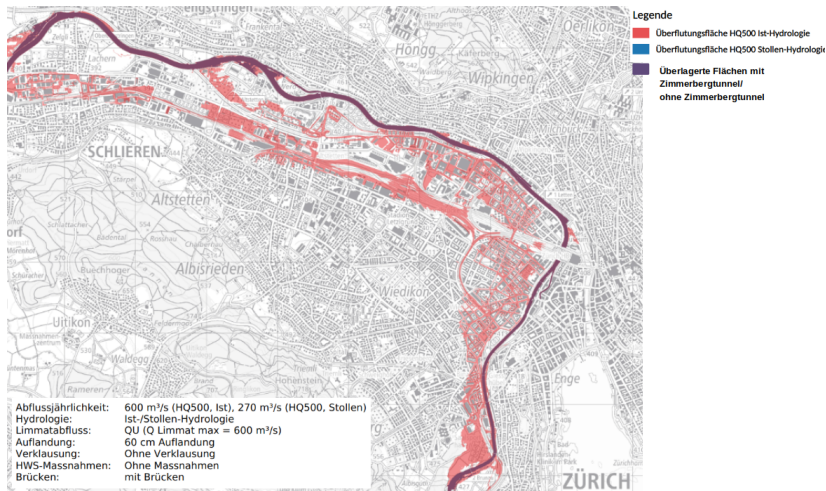


Sensitivitäten



Einfluss Zimmerbergtunnel (HQ₁₀₀)





The End

- Pegel-Abfluss Beziehungen stellen eine elegante Möglichkeit dar hydraulische Bauwerke explizit zu beschreiben
- Der Modellierer nimmt mit seinen Abstraktionsentscheiden der inneren Randbedingungen massgeblichen Einfluss auf das Ergebnis
- Teamarbeit: Gegenseitig Austausch und Stimulation
- Feature Request BMv3.0:
 - Hydraulische Kommunikation über innere Randbedingung (Rückkopplung/zwei Fliessrichtungen).
 - Monitoring Framework (Volumenbilanzierung, Live-Ausflüsse, ...)



2D Simulation

von Hochwasserszenarien
auf dem Schwemmkegel
der Sihl in Zürich

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Auftraggeber

- Schweizerische Bundesbahn AG (SBB), Dr. Marc Hauser
- Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL), Dr. Matthias Oplatka

Externe

- Rüdiger Mach, mach:idee
- Dr. Markus Ihmsen, Fifty2 (PreonLab)
- Dr. David Vetsch, VAW ETH Zürich

[1] WSL, Pöyry, TK CONSULT AG, „Hochwasserschutz Sihl Zürichsee Limmat, Teilprojekt 1“, Auftraggeber: AWEL, 2014.

[2] SCHERRER AG, „Hochwasser-Hydrologie der Sihl Hochwasserabschätzung unterhalb des Sihlsees bis Zürich“, Auftraggeber: AWEL, 2013.

[3] Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie VAW, ETH Zürich, „Entlastungsbauwerk Thalwil, Hydraulische Modellversuche. Trenncharakteristik“, Auftraggeber: AWEL, 2013.

[4] Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie VAW, ETH Zürich, „Sihldurchlässe Hauptbahnhof Zürich, Hydraulische Modellversuche. Technischer Bericht, VAW Nr. 4308“, 2015.