

Anwendertreffen BASEMENT. Rapperswil, 27.01.2016

Beitrag: „Numerische Modellierung von Messstationen“

Autor: Andreas Kohler
Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Bundesamt für Umwelt, Abteilung Hydrologie,
Hydrometrie.

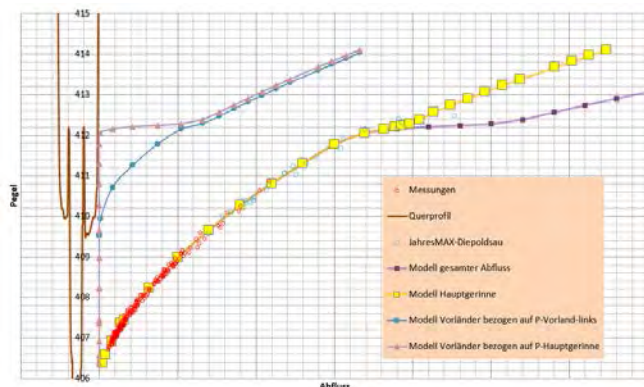
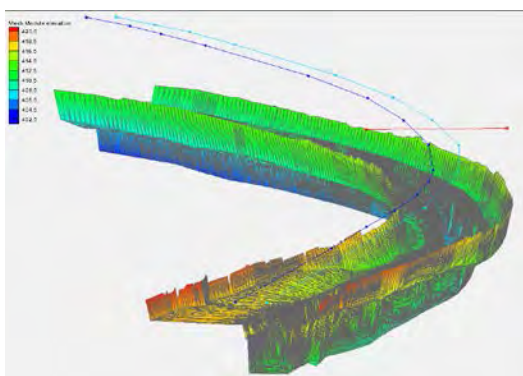
Das BAFU betreibt rund 260 Abflussmessstationen. In der überwiegenden Mehrheit wird der Abfluss der Messstationen indirekt aus der Pegelganglinie mittels der PQ-Kurve berechnet. Die Bestimmung der PQ-Kurve erfolgt aus Abflussmessungen, welche mit unterschiedlichen Messmethoden erfolgen. Im 2013 wurden an den 260 Messstationen insgesamt 1163 Messungen durchgeführt. Bei Abflussverhältnissen, welche eine ordentliche Durchführung einer Abflussmessung erlauben, können so die Abflüsse zuverlässig bestimmt werden.

Bei Hochwasser ist die Durchführung einer Abflussmessung wegen der kurzen Dauer und der Heftigkeit des Ereignisses oft nicht möglich. Entsprechend liegt es in der Natur vieler Messstationen, dass die PQ-Kurven besonders im Hochwasserbereich nicht vollkommen mit Abflussmessungen „belegt“ sind, sondern extrapoliert werden müssen. In der Sektion Hydrometrie des BAFU werden diese Extrapolationen mittels verschiedener Methoden durchgeführt. Bei den Extrapolationen bilden die Abflussmessungen mit zusätzlichen Informationen zur Fließgeschwindigkeit und der Querschnittsfläche eine wichtige Ausgangslage. Der Vergleich von Messungen vor und nach einem Ereignis lassen Rückschlüsse über Erosionen und Auflandungen zu. Es gibt jedoch Stationen, bei denen der Extrapolationsbereich sehr gross ist. Bei solchen Stationen ist der berechnete Abfluss mit grosser Unsicherheit behaftet. Es stellt sich die Frage, ob numerische Modelle für die Extrapolation der PQ-Kurven bei solchen schlecht „belegten“ Messstationen eingesetzt werden können.

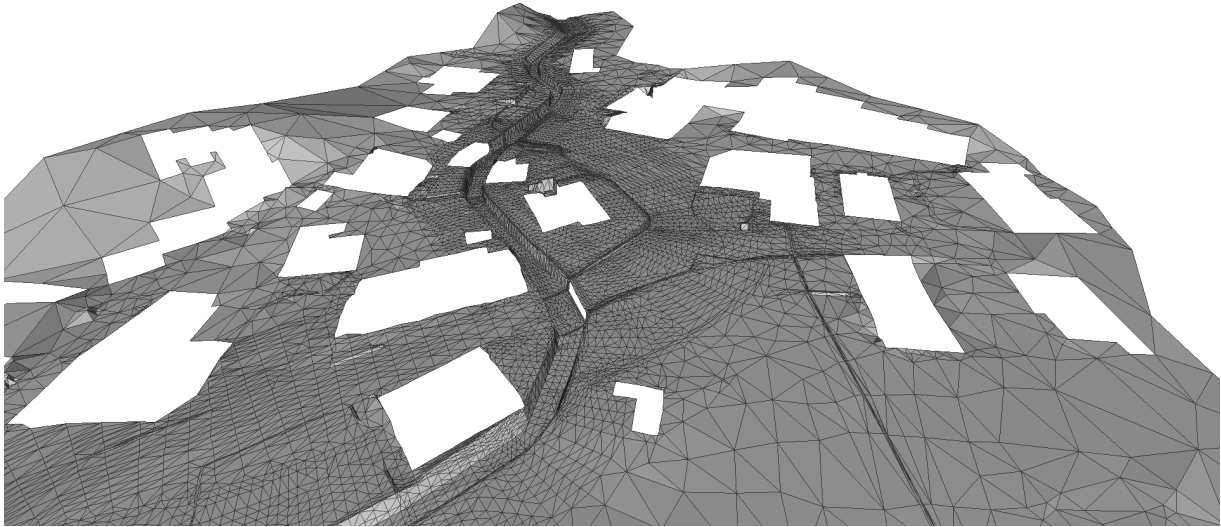
In der Sektion Hydrometrie wurde hierzu eine Modellierungsgruppe gebildet, welche sich mit der Frage befasst, welche Stationen wie modelliert werden sollen und welche Resultate man sich daraus erhoffen kann. Neben der rein hydraulischen Extrapolation der PQ-Kurve könnten eventuell auch Fragen bezüglich dem Stationsbau und dem Einfluss des Geschiebetransportes beantwortet werden.

Im Rahmen von Pilotprojekten wurden einzelne Stationen mit BASEMENT numerisch modelliert. Die daraus gewonnenen Erfahrungen bilden die Basis, um die Anwendung von numerischen Modellen in der Hydrometrie des BAFU festzulegen.

Beim BASEMENT-Anwendertreffen vom 27.01.2016 wird die Anwendung von BASEMENT bei Messstationen gezeigt und die daraus resultierenden Schlussfolgerungen für die Anwendung von numerischen Modellierungen zur Extrapolation von PQ-Kurven diskutiert.



2d-Strömungsmodellierung Haselbach in Knonau



3D-Netzansicht

- Auftraggeber:** Staubli, Kurath + Partner AG
- Software:** BASEMENT - Basic Simulation Environment for Computation of Environmental Flow and Natural Hazard Simulation, PEST - Modell-Independent Parameter Estimation and Uncertainty Analysis, FLORIS - 1D-Abfluss Modellierung
- Zeitraum:** 2014, 2015
- Beschreibung:** Die Gemeinde Knonau war durch den Haselbach in den Jahren 2007 und 2008 von schweren Hochwasser betroffen. Daraufhin wurde im Rahmen eines Vorprojektes eine Variante favorisiert, welche im Hochwasserfall ein Teil des Wassers über einen Hochwasserkorridor durch den Ortskern leitet. Nun, in der Projektphase, wird die Hydraulik sowohl im Gerinne als auch im Überflutungskorridor mit BASEMENT berechnet.
Das Berechnungsnetz basiert auf terrestrischen Punkt- und Bruckkantennmessungen. Verschiedene Optimierungsmethoden kamen zum Einsatz. So wurden zum einen die Rauigkeitsbeiwerte des Modells auf die Hochwasserspuren des Unwetters 2008 kalibriert und zum anderen wurden verschiedene Bauvarianten auf gewisse Zielwerte optimiert.
Der Perimeter umfasst zwei Brücken, die auch unter Einstau funktionieren sollen. Daher wurde zusätzlich ein 1D-Floris-Modell aufgesetzt, um eine HQ-Beziehung an den Brücken zu erzeugen.
Der Beitrag soll eine Diskussion über den Umgang mit Brücken und Durchlässen in 2D-Basement-Modellen anstossen.
- Stichworte:** 2D; Oberflächengewässer; Modellkalibrierung

2d-Modellierung Entwässerung Stettbacherholz

Problemstellung

Das Stettbacherholz in Dübendorf entwässert in eine Regenwasser-Kanalisation, die im Siedlungsgebiet in den Sagentobelbach mündet (blaue Pfeile in Abb. 1, das unterste Ende des Teileinzugsgebietes ist grün gepunktet angedeutet). Im Hochwasserfall überlastet die Kanalisation und der Abfluss auf der Strasse führt zu Schäden an diversen Liegenschaften.

Mit einem hydraulischen 2d-Modell ist zu eruieren, welche Terrainanpassungen nötig sind, um das Wasser direkt in den Sagentobelbach zu leiten (rote Pfeile in Abb. 1). Dabei soll die Hangentwässerung weiterhin gewährleistet sein, und die Weidefläche des neuen Entlastungskorridors so wenig wie möglich zusätzlich vernässt werden.

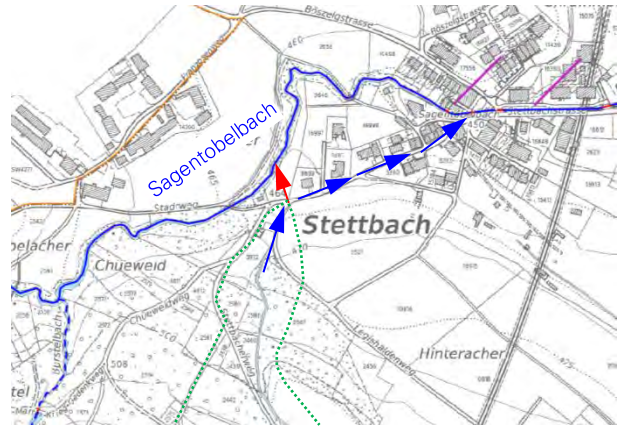


Abb. 1: Situation (Hintergrund: maps.zh.ch)

Modellierung

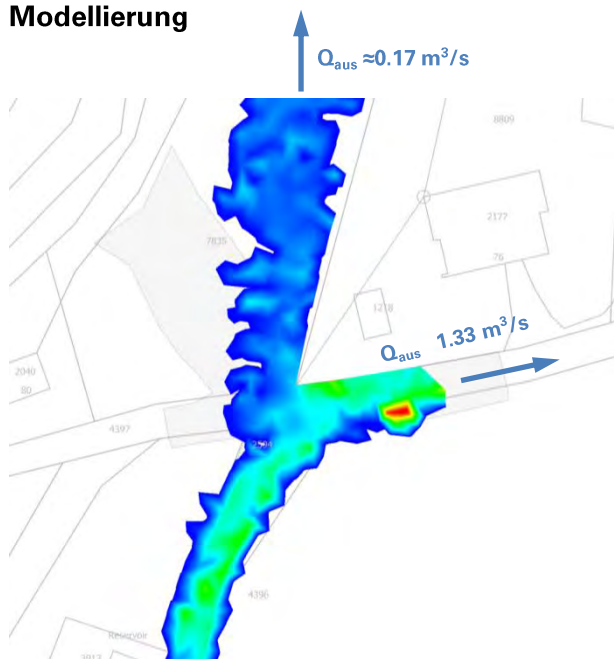


Abb. 2: Fliesstiefen Ist-Zustand HQ₁₀₀.

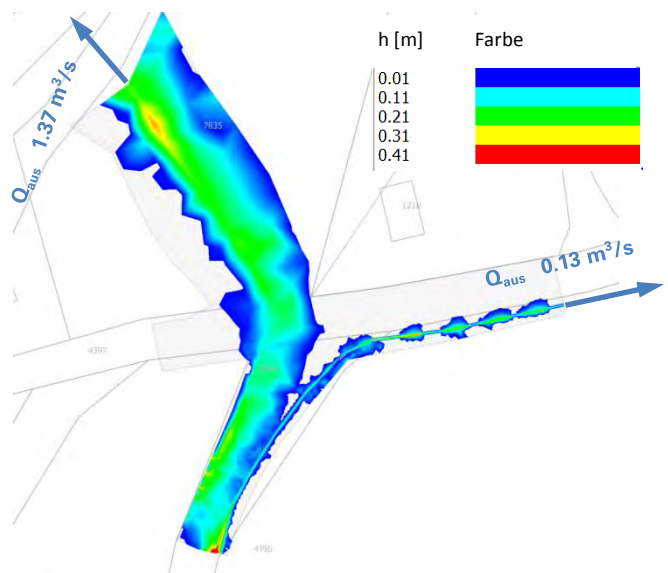


Abb. 3: Fliesstiefen Projekt-Zustand HQ₁₀₀.

Im Modell wurde die Trenncharakteristik im Ist-Zustand berechnet (Abb. 2). Zudem konnte gezeigt werden, dass der Hochwasserabfluss mit strassenbaulich nicht ganz alltäglichen Anpassungen grossmehrheitlich direkt in den Sagentobelbach geleitet werden und eine Entwässerungsrinne die Strassen- und Hangentwässerung bei leichter Nässe und Trockenwetter relativ gut gewährleisten kann (Abb. 3).

Hybride Geschiebemodellierung der Sihl am HB Zürich

Ausgangslage

Die Sihldurchlässe am HB Zürich bilden aus Sicht des Hochwasserschutzes eine Engstelle. Für die Dimensionierung zukünftiger Massnahmen bildet die Bestimmung der Abflusskapazität die Grundlage. Aufgrund der komplexen Gerinnegeometrie wurde die Situation mittels eines Modellversuchs an der VAW im Massstab 1:30 untersucht (VAW, 2015).

Motivation & Ziel

Sonderbauwerke, wie die fünf Durchlässe oder die Trennmauer zwischen Sihl und Schanzengraben, erzeugen dreidimensionale Strömungsstrukturen, welche in einem 2D-Modell nicht optimal abgebildet werden. Zudem basieren die heutigen Transportgleichungen zur Berücksichtigung des Geschiebetransports auf empirischen Ansätzen, wobei für die Kalibrierung der zahlreichen Parameter häufig hochaufgelöste Referenzdaten fehlen. Die Resultate des Modellversuchs (VAW, 2015) boten eine ideale Datengrundlage zur Erstellung und Kalibrierung eines **numerischen 2D-Geschiebemodells** (mit BASEMENT v2.4) in einem stark verbauten, städtischen Gerinne und zur **Verbesserung des Modellverständnisses**.

Hybrides Geschiebemodell

Modellaufbau

In dem bestehenden Netz wurde eine ebene, mittlere Sohle eingebaut und die Brückenpfeiler entfernt. Die Hydraulik basiert auf dem Ansatz von Manning-Strickler und die Parameter wurden von RELLSTAB (2013) übernommen.

Kalibrierung

Durch den Vergleich der berechneten Sohlenveränderungen bei einem Spitzenabfluss von $280 \text{ m}^3/\text{s}$ ($HQ_{(2005)}$) mit den Resultaten des Modellversuchs (VAW, 2015) konnte das 2D-Geschiebetransportmodell kalibriert werden (Abb. 1). Die Transportkapazität basiert auf dem Ansatz von Meyer-Peter & Müller.

Szenarien

Unterschiedliche Geometrien (Sohlenhöhen, Material Durchlasssohlen) und Abflussszenarien wurden auf der vorbelasteten Sohle (Kalibrierung) simuliert, wobei kein Druckabfluss untersucht wurde (max. Abfluss ohne Freibord: $490 \text{ m}^3/\text{s}$).

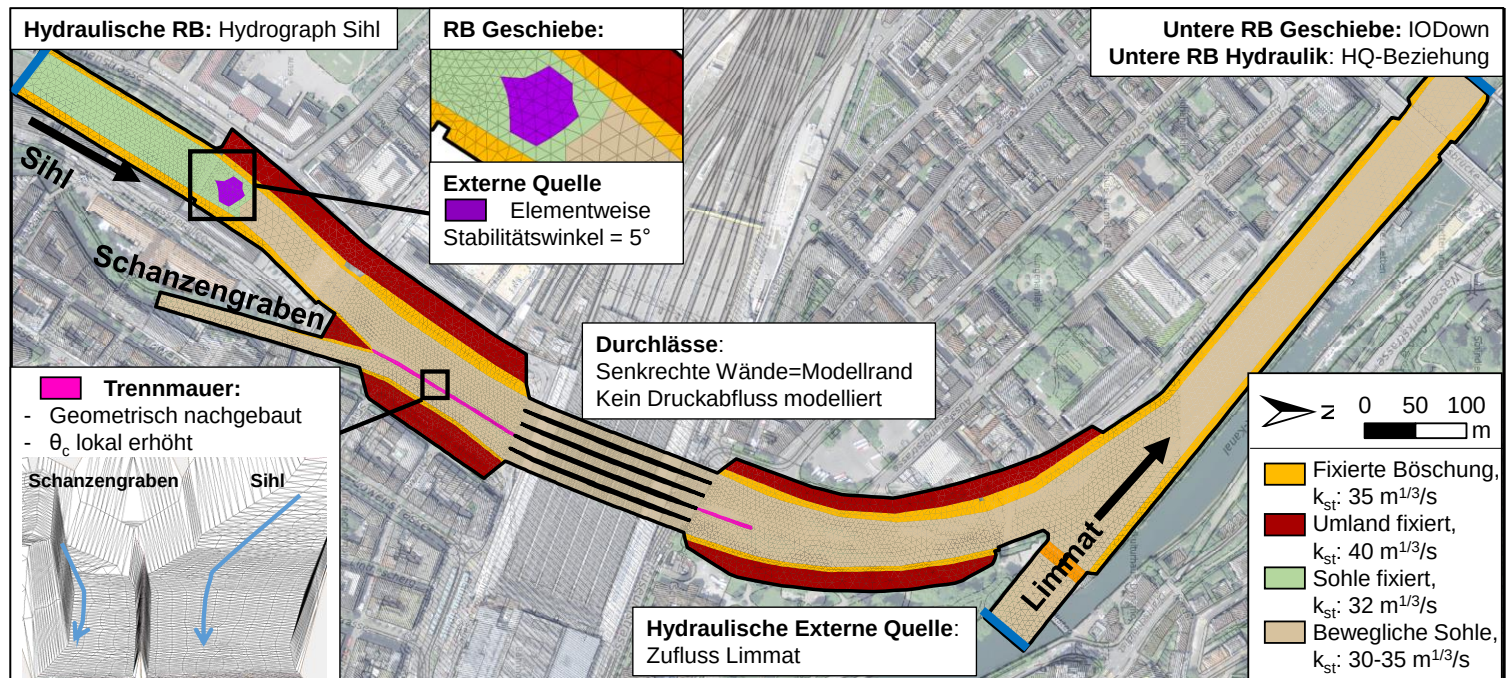


Abb.1 Modellaufbau 2D-Geschiebemodell (RB: Randbedingungen)

Resultate der Simulationen:

- **Modellqualität:** Berechnung der mittleren Sohlenlage mit einer Genauigkeit von $\pm 30 \text{ cm}$
- **Morphologie:** Bildung von flussabwärtswandernden Auflandungsfronten von bis zu 80 cm
- **Abflusskapazität:** Mit Freibord (1 m) $< 280 \text{ m}^3/\text{s}$ ($< HQ_{30}$, SCHERRER AG (2013))

Erkenntnisse Modellparameter

- Unterdrückung unerwünschter Erosionsprozesse am Böschungsfuss durch **Deaktivieren des Local Slope Lateral** Parameter
- Vorgabe der **Rauigkeit als k_{st}** bei durch Geschiebetransport veränderndem Sohlenmaterial (Auflandung auf betonierten Sohlen) ungeeignet

Referenzen:

SCHERRER AG (2013): Hochwasser-Hydrologie der Sihl. Reinach: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL).
RELLSTAB, T. (2013): Numerische 2D-Modellierung der Sihldurchlässe am HB Zürich mit BASEMENT. ETH Zürich, VAW.
VAW (2015): Hydraulische Modellierung der Sihldurchlässe Zürich. VAW-Bericht Nr. 4308 (Entwurf).

LIZERNE'S MOUTH IN THE RHONE

1. Context

In the context of the 3rd correction of the Rhône, sd ingénierie have the aim to revitalize the mouth of the Lizerne in the Rhone (cf picture). Our company is part of a group of different company with some sediment and hydraulic specialists. This revitalization is a part of the priority measure of Sion called MP Sion.



Figure 1 Situation of the mouth of the Lizerne.

2. Methodology

In this case, we have begun to build a digital elevation model in Excel and then export it in ArcGis. After this we have created a triangulation model that we have export in SMS Aquaveo. We have created our mesh to finally export it in Basement. Our levee elevation was defined using a Hec Ras model. After this we have compare the case with or without our project to understand the effect of it. In our case, we have developed a primary channel of the Lizerne to offer the possibility of the river to construct its own dynamic.

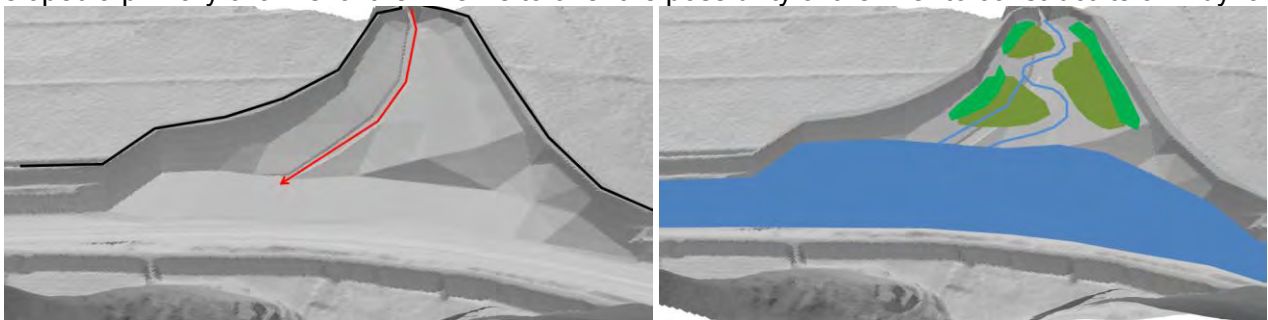


Figure 2 DEM of the project of the Lizerne's mouth compare to the expected evolution.

3. Problematic

In our case, we have compare the results of Hec Ras and Basement. It was really interesting to compare the backwater curve of the current. Our finally Basement model have offer the possibility to compare our dimension with the water surface elevation. In our case, we have try to add some sediment transport but we had some problem of the transport's parameters. Our hydraulic model was quite good but our sediment models have to be improved. This would be a good opportunity to speak with developers about it. We had a lot of deposit at the entry of the mesh. We had also no deposit in the mouth which was quite strange.

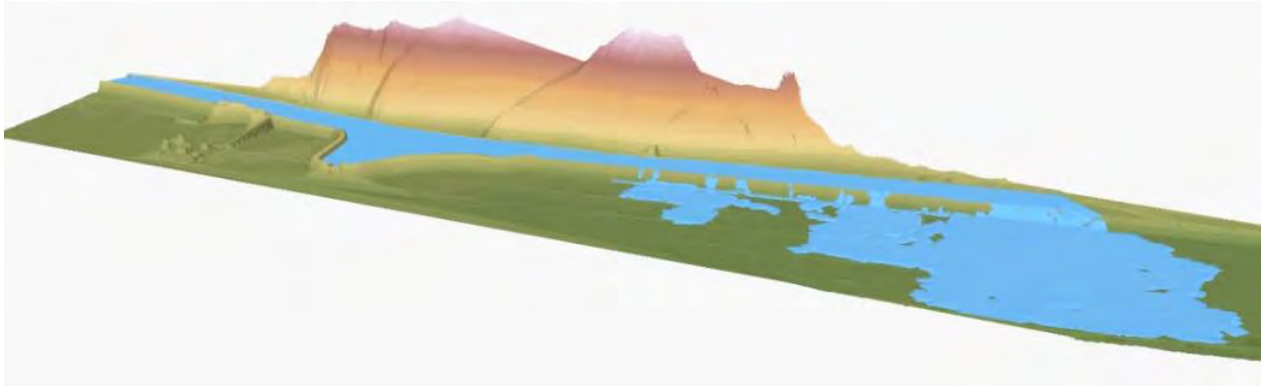


Figure 3 Model of Basement of our project.

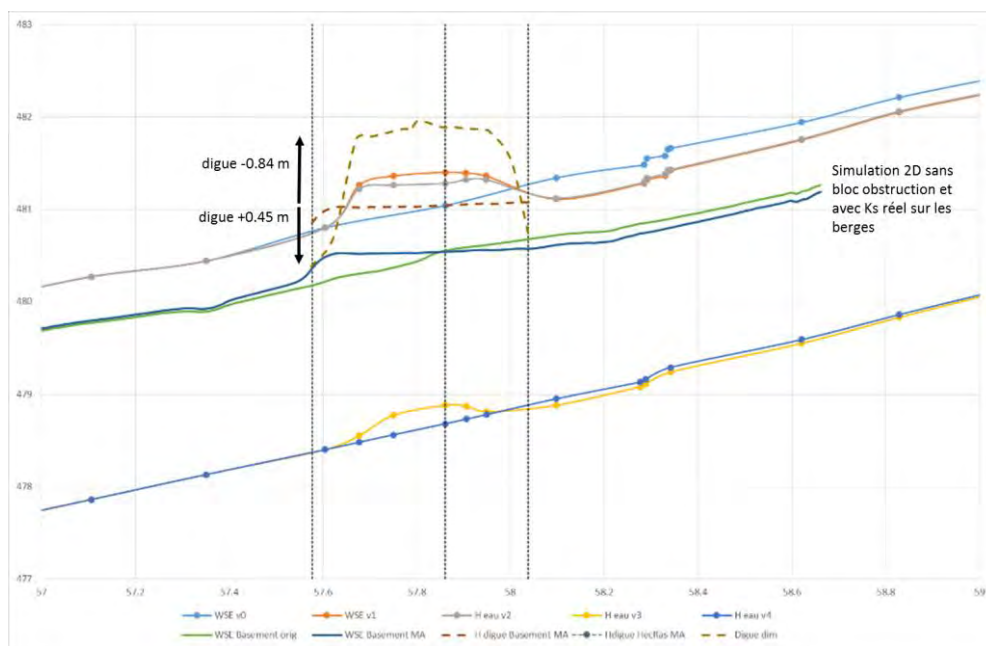


Figure 4 Water depth of Hec Ras model and Basement model

4. Conclusion

Our project is really interesting because we have compare a 1D model (Hec Ras) with a 2D model. It seems that our 2D model had a better explanation of the backwater curve because we are in a case of subcritical case. We have also use a lot of different software for the complete creation of our digital elevation model, which would be interesting to show the different steps we have used.



Vergleich einer numerischen und hydraulischen Modellierung am Beispiel der Geschiebedotierstrecke Aare Innertkirchen

(A comparison of numerical and hydraulic Model Studies of Sediment retaining Structures in the River Aare, Canton of Berne)

Martin Bettler, Beatrice Herzog, Manfred Lanz, Jürg Speerli

Kurzfassung

Im Hochwasserschutzprojekt Aare Innertkirchen wurde für das Geschiebemanagement eine offene 'Dotierstrecke' geplant, welche im Ereignisfall die transportierte Geschiebefracht auf die Transportkapazität des Gerinnes im Siedlungsgebiet limitiert.

Die Funktionalität des Bauwerkes wurde mittels hydraulischen Modellversuchen in einem Modell mit beweglicher Sohle im Massstab 1:30 überprüft und bestätigt. Parallel dazu wurden durch die Projektingenieure zweidimensionale numerische Berechnungen mit der Software 'Basement' mit Geschiebemodul durchgeführt.

Der Vergleich beider Modelle zeigt, dass die Entwicklungen im numerischen Bereich der Geschiebemodellierung viel versprechend sind und die grundlegenden Prozesse und Grössenordnungen realistisch abgebildet werden. Insbesondere ergeben sich interessante Anwendungen in der Vorprojekt- wie auch in der Betriebsphase. Erst eine grossen Anzahl von systematischen Vergleichen und die entsprechende Kalibrierung und damit laufende Verbesserung der Software kann aber das nötige Vertrauen in die numerische Modellierung herstellen, wie es heute z.B. bei Staukurvenprogrammen selbstverständlich ist.

Abstract

The river 'Aare' has a limited hydraulic capacity in the area of the village Innertkirchen, which is caused by the decrease of the cross-sectional area due to sediment deposition. The consulting engineers proposed to retain a proportion of the bed load, adapted to the natural transport capacity of the downstream reach length in the village. Therefore the river channel was adjusted to a smaller slope over a total length of approximately 450 m and two lateral deposition terraces were built.

The confirmation of functionality and optimising of structures was done by a hydraulic model at the HSR Hochschule für Technik Rapperswil. Simultaneously, a numerical model was operated by the Engineers. The article compares the results of both models.

The comparison shows, that the numerical approach is most promising for the future and offers interesting ways to supplement hydraulic studies or the operating phase of structures. However, this requires a great number of further case studies, where the results of numerical and hydraulic modelling are systematically evaluated. A wide experience with numerical studies, compared and evaluated with hydraulic models or natural phenomenon – and the according calibration of the software - are compulsory to provide the confidence in numerical modelling of bed load, e.g. as it is customary nowadays with one-dimensional numerical modelling.

1 Problemstellung und Ziele

Die Aare aus dem Grimselgebiet erreicht die Talebene von Innertkirchen im Gebiet 'Underürbach'. Das Sohlengefälle nimmt von rund 5 % auf ca. 1.2 % ab.

Seit der Aktivierung grosser murfähiger Seitengräben im Grimselgebiet kommt es im Siedlungsgebiet von Innertkirchen immer wieder zu Auflandungen. Dadurch wird die Abflusskapazität während Hochwasserereignissen stark verringert und es besteht ein erhebliches Hochwasserschutzdefizit.

Um solche Auflandungen zu verhindern und den Geschiebedurchgang trotzdem zu ermöglichen (Ökologie, Unterhaltskosten, Geschiebemanagement im Aaredelta), wurde ein offenes Rückhaltesystem entworfen, welches mindestens soviel Geschiebe zurückhalten soll, dass die Transportkapazität innerorts nicht überschritten wird.

Dazu wurde auf einer rund 450 m langen Strecke oberhalb des Dorfes das Sohlengefälle reduziert und die so erzeugten Höhendifferenzen mittels dreier Blockrampen gesichert. Die Steuerung des Ansprungpunktes erfolgt über das Sohlengefälle und die Uferhöhe des Mittelgerinnes. Lateral wurden Ablagerungsräume ausgehoben.

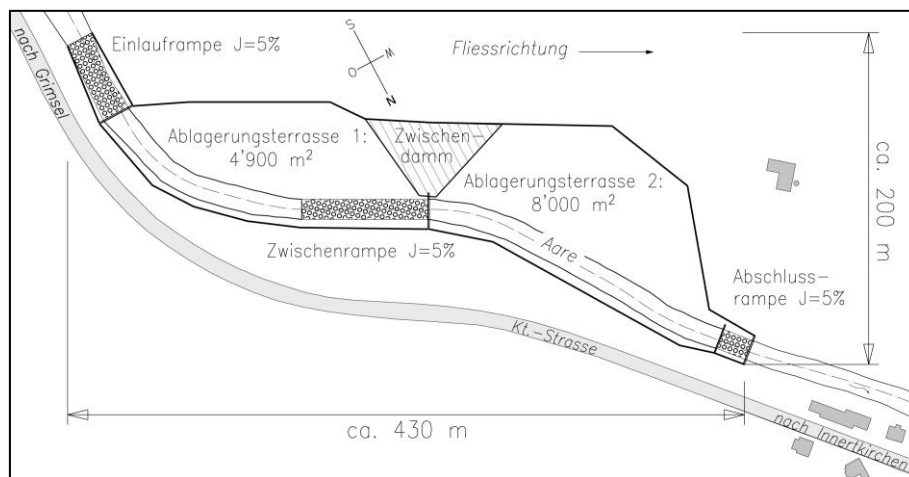


Abb. 1: Geschiebedotierstrecke Innertkirchen, Situation, ohne Massstab, Fließrichtung von links nach rechts.

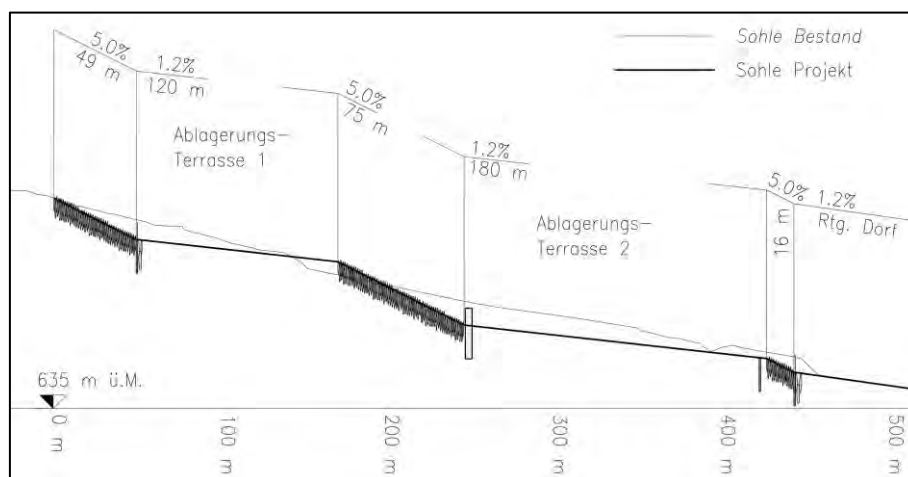


Abb. 2: Geschiebedotierstrecke Innertkirchen, Längenprofil, ohne Massstab. Abflachung der Gerinnesohle auf das Zielgefälle (= Gefälle innerorts) mittels dreier Blockrampen.

Die so geschaffene Geschiebedotierstrecke (nachfolgend 'GDS') wurde parallel zur Projektierung in einem hydraulischen Modellversuch auf ihre Funktionalität überprüft und optimiert.

2 Untersuchte Szenarien

Im Rahmen des hydraulischen Modellversuchs [2] wurden zahlreiche Szenarien untersucht, auf die hier aus Platzgründen nicht umfassend eingegangen werden kann. Für den vorliegenden Beitrag werden folgende Ganglinien näher betrachtet:

- Ereignis mit Spitzenabfluss HQ_{100} , Geschiebeinput $30'000 \text{ m}^3$ (V_111)
- Ereignis mit Spitzenabfluss HQ_{100} , Geschiebeinput $60'000 \text{ m}^3$ (V_112)
- Ereignis mit Spitzenabfluss HQ_{300} , Geschiebeinput $100'000 \text{ m}^3$ (V_113)

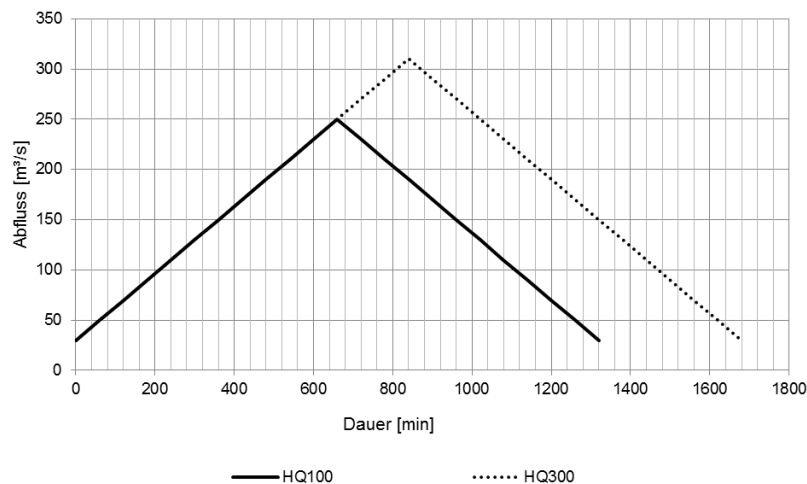


Abb. 3: Gewählte Abflussganglinien für verschiedene Jährlichkeiten, aus [2].

Die Geschieberaten wurden ab Transportbeginn als proportional zum Abfluss angenommen. Die maximale Geschieberate ist demnach durch das totale Geschiebevolumen definiert.

3 Hydraulisches Modell (HM)

Das hydraulische Modell (nachfolgend 'HM' genannt) wurde im Massstab 1:30 in Froud'scher Ähnlichkeit mit beweglicher Sohle erstellt. Messparameter waren Abfluss, Fliesstiefen, Ablagerungshöhen sowie der Geschiebeein- und -austrag (kontinuierlich).

Das Modell erlaubte es, die Geometrie so zu optimieren, dass das Ablagerungsverhalten verbessert und die Belastung der Bauwerke verringert wurde. Es zeigte sich, dass keine Geometrie eine konstante Transportrate im Geschiebeaustrag für alle Zuflüsse erlaubte. Entweder wird generell eher 'zuviel' Geschiebe zurück gehalten oder – bei Ausrichtung auf den praktisch freien Geschiebedurchgang bei kleinen Ereignissen – im Bemessungsfall 'zuwenig'. Jede Geometrie ist diesbezüglich ein Kompromiss.

4 Numerisches Modell (NM)

Das numerische Modell (nachfolgend 'NM') wurde auf der Software BASEMENT aufgebaut [3]. Das Berechnungsgitter wurde basierend auf dem vorhandenen digitalen Projektterrain der GDS erstellt. Dasselbe Terrain wurde auch für die finale Version des hydraulischen Modellversuchs verwendet, die Vergleichbarkeit ist somit gegeben. Die Wahl der Parameter wurde bewusst unter der Prämisse durchgeführt, dass keine Möglichkeit für Kalibrierungsläufe resp. Vergleiche mit einem hydraulischen Modellversuch vorhanden sei. Wo keine gesicherten Erkenntnisse über die einzelnen Parameter zur Verfügung

standen, wurde mit Standardwerten aus der Literatur, resp. den im Handbuch zu BASEMENT vorgeschlagenen Standardwerten gearbeitet.

Für die vorliegenden Modellierungen wurde das Geschiebemodul (BEDLOAD) verwendet, hingegen wurde kein Transport in Suspension berechnet (SUSPENDED_LOAD). Die Geschiebemischung entspricht derjenigen des HM. Für die Berechnung des Geschiebetransports wurde der Ansatz von Meyer-Peter und Müller für multiple Kornfraktionen gewählt. Sämtliche Kalibrierungsfaktoren wurden auf ihren Standardwerten belassen.

5 Vergleich

Beispielhaft wird im vorliegenden Kapitel auf den Versuch V_413 (HQ₃₀₀, 100'000 m³ Geschiebe) eingegangen.

5.1 Prozesse

- In beiden Modellen läuft der Auflandungsprozess ähnlich ab. Zuerst landet das Gerinne zwischen den Blockrampen gleichmässig auf, bis der Abfluss über das linke Ufer tritt. Auf den Ablagerungsterrassen findet gleichzeitig eine Vorwärtsauflandung (nach dem Austritt) wie auch eine Rückwärtsauflandung (durch den Rückstau am unteren Ende) statt.
- Es bildet sich in beiden Modellen ein Auflandungskörper mit ähnlicher Form.
- In beiden Modellen ist in der Ablagerungsterrasse 2 eine Seebildung feststellbar, dies weil das Wasser beim Rücklauf am unteren Ende der GDS durch einen Kontrollquerschnitt aufgestaut wird.
- Im HM findet während einer längeren Zeit kein nennenswerter Austrag von Geschiebe aus der GDS statt, während im NM der Geschiebeaustrag über die ganze Versuchsdauer annähernd konstant ist.
- In beiden Modellen ist keine nennenswerte Remobilisation von grösseren Geschiebemengen im absteigenden Ast des Hochwasserereignisses feststellbar.

5.2 Ereignisablauf

Im Folgenden wird der Ereignisablauf in den beiden Modellen qualitativ verglichen.

- Im HM wird tendenziell zuerst die Ablagerungsterrasse 1 verfüllt, während im NM beide Ablagerungsterrassen praktisch gleichzeitig auflanden.

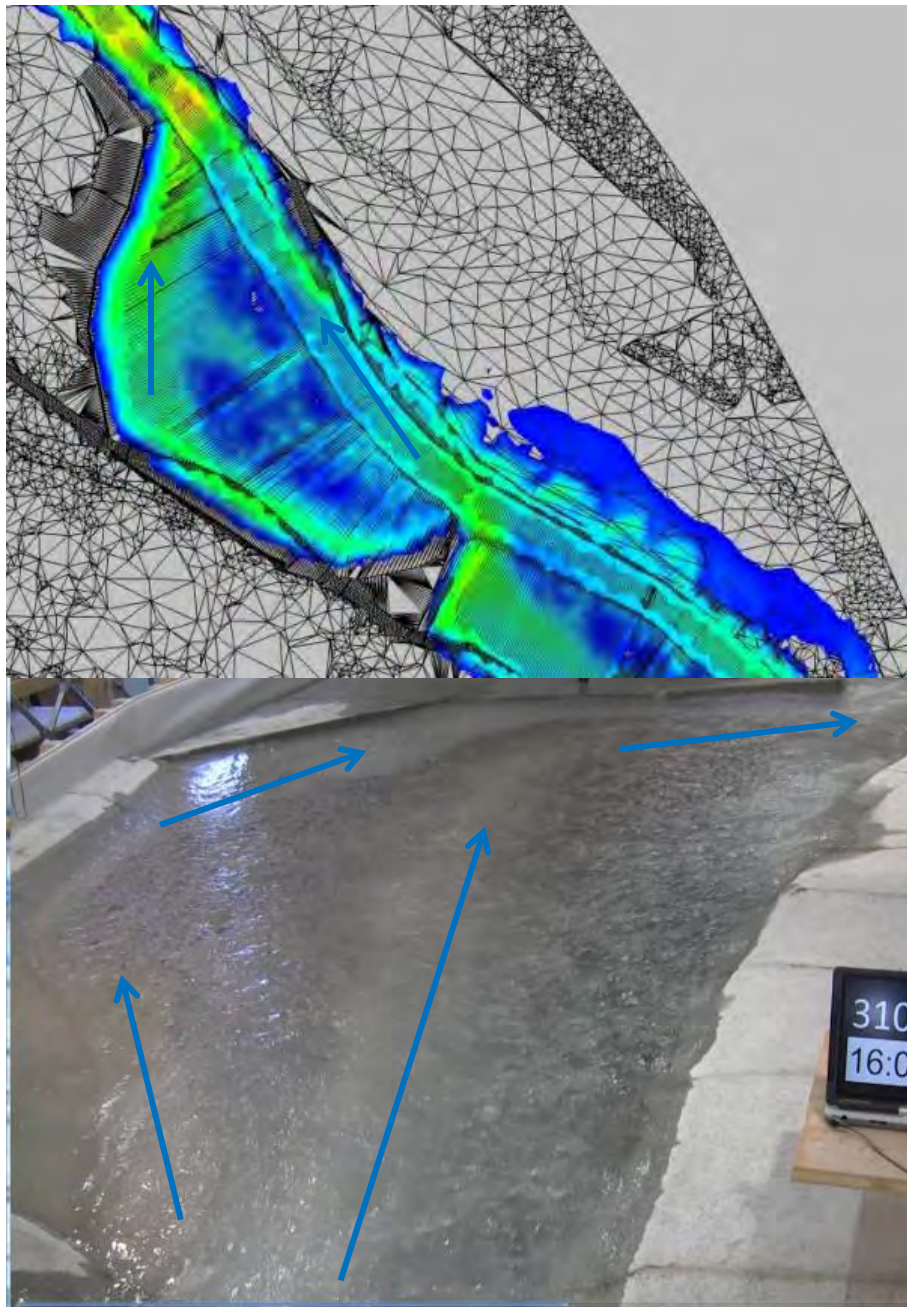


Abb. 4: Hauptströmungen Versuch V_413 bei Abflussspitze. Die blauen Pfeile symbolisieren die Hauptfließwege auf der Ablagerungsterrasse 2.

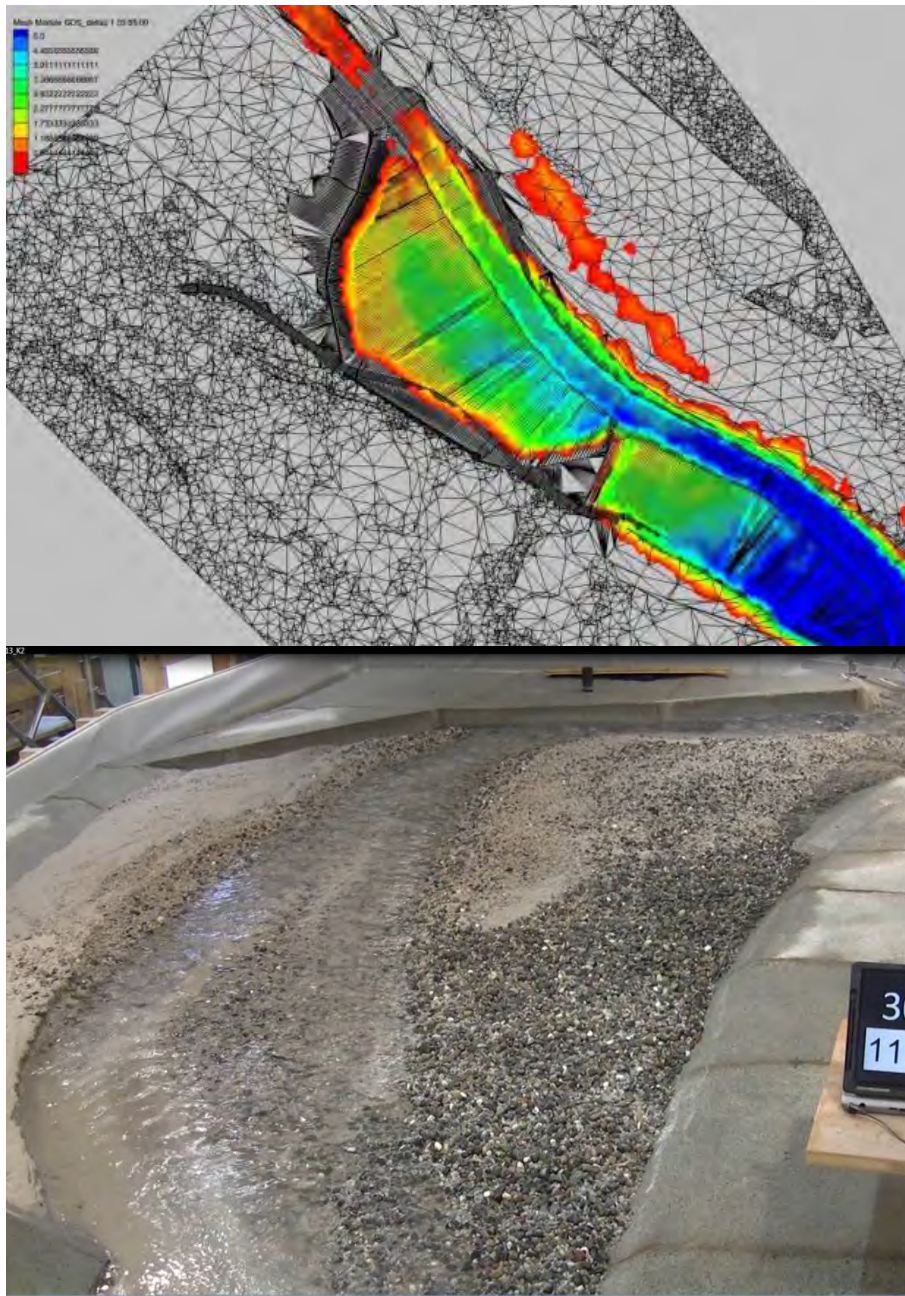


Abb. 5: Auflandungskörper Versuch V_413 nach Versuchsende. Im NM ist die Veränderung der Sohlenlage im Vergleich zum Ausgangs-DTM dargestellt (tiefblau entspricht einer Auflandung von bis zu 5 m, rot einer Auflandung von 0.1 m).

- Der Abfluss wird in beiden Modellen bedingt durch die Auflandungen aus dem Transportgerinne gezwungen und anschliessend zweigeteilt. Im HM folgt der Hauptabfluss tendenziell der Richtung der Zwischenrampe und trifft damit stärker auf die Abschlussmauer als im NM, wo der Hauptabfluss auch in der verlandeten Terrasse ungefähr im Bereich des Transportgerinnes verbleibt. In beiden Modellen bildet sich ein Nebenabfluss, welcher praktisch der linken Begrenzung der Ablagerungsterrasse 2 folgt und sich anschliessend im Bereich der Abschlussmauer wieder mit dem Hauptabfluss vereint.

5.3 Phänomene

- Es bildet sich in beiden Modellen ein Auflandungskörper mit ähnlicher Form.
- Lokale Phänomene im HM und solche mit ausgeprägter 3-dimensionaler Strömung, insbesondere die Bildung von Kolken (z.B. am Rampenfuss) sind im NM nicht sichtbar.
- Das NM zeigt ein deutlich stärkeres Verlanden im Bereich des Einlaufes der GDS sowie in Teilen der Ablagerungsterrasse 1. Die Ablagerungshöhen betragen hier teilweise über 5 m. Im HM verteilen sich die Ablagerungen insgesamt gleichmässiger.
- Die Eintiefung des Abflusses in den Auflandungskörper im HM ist im NM nicht ersichtlich. Deutlich zu erkennen ist im NM ein starkes Auflanden im Bereich des Einlasses der GDS welches sich bis oberstrom in die Aare fortsetzt.

5.4 Geschiebebilanzen

Eine der wichtigsten Vergleichsgrössen für den projektierenden Ingenieur war im vorliegenden Fall der erzielte Geschieberückhalt, resp. der Geschiebeaustrag während des Ereignisses aus der GDS.

Tab. 1: Vergleich des Geschiebeaustrags im hydraulischen und numerischen Modell.

Versuch (Jährlichkeit Abflussganglinie)	Input Geschiebe [m ³]	Austrag Geschiebe HM [m ³] / [% des Inputs]	Austrag Geschiebe NM [m ³] / [% des Inputs]
V_411 (HQ ₁₀₀)	30'000	6'100 / 20%	20'000 / 67%
V_412 (HQ ₁₀₀)	60'000	7'500 / 13%	23'000 / 38%
V_413 (HQ ₃₀₀)	100'000	35'000 / 35%	27'000 / 27%

Es zeigte sich, dass bei kleineren Geschiebeinputs der Austrag im numerischen Modell deutlich grösser ist als im hydraulischen Modell. Die Modellierung eines extremen Ereignisses (Geschiebeinput $100'000 \text{ m}^3$) führte hingegen in beiden Modellen zu einem ähnlich hohen Austrag.

6 Erkenntnisse und Folgerungen

Der Vergleich der numerischen Geschiebemodellierung mit dem hydraulischen Modell zeigt, dass die Entwicklungen im numerischen Bereich viel versprechend sind und die grundlegenden Prozesse und Grössenordnungen realistisch abgebildet werden.

Er zeigt aber auch, dass die Projektierung eines derart komplexen Bauwerkes heute noch nicht rein numerisch erfolgen kann. So wären insbesondere das Auftreten und die Auswirkungen örtlich konzentrierter Fliesswege und die daraus folgenden Bauwerksbelastungen falsch eingeschätzt worden.

Der zuverlässige Einsatz von numerischen Geschiebemodellierungen bedingt in erster Linie eine grosse Anzahl systematischer Evaluationen von numerischen Berechnungen im Vergleich mit hydraulischen Modellversuchen, sowie die entsprechende Kalibrierung und Weiterentwicklung der Software und der Kenntnisse über die zielführende Parametrisierung. Wenn dies in den nächsten Jahren erfolgt, die Modelle damit genauer und zuverlässiger werden und die Ingenieure so das entsprechende Vertrauen in die Numerik fassen können, sehen wir die Chance für wertvolle Anwendungen in folgenden Bereichen:

1. Vorprojektphase

Für einfachere Fälle dürfte künftig die Funktionalität von Projektgeometrien in der Vorprojektphase mit numerischen Modellen nachweisbar sein, ähnlich wie dies heute für rein hydraulische Fragestellungen ohne Feststofftransport der Fall ist.

2. Begleitung und Ergänzung der hydraulischen Modellierung

Sobald ein numerisches Modell mittels einer genügenden Anzahl hydraulischer Modellversuche kalibriert ist, kann es für die kostengünstige und zeiteffiziente Untersuchung zusätzlicher Geometrien oder Szenarien herangezogen werden, ohne dass für jede Variante ein aufwändiger Modellversuch neu aufgebaut werden muss. Damit lässt sich der Aufwand des Labors in der Optimierungsphase reduzieren.

3. Unterstützung in der Betriebsphase

Bereits heute kann empfohlen werden, ein am hydraulischen Modell kalibriertes numerisches Modell in der Betriebsphase der Bauwerke weiter

zu betreiben. Anhand von Naturbeobachtungen kann das Modell laufend weiter verfeinert werden und wird so immer naturnähere Ergebnisse ermöglichen. Daraus ergeben sich wertvolle Antworten auf betriebliche Fragen, im vorliegenden Fall z.B. ab welcher Sohlenlage und wie oft das Gerinne oder die Ablagerungsflächen geräumt werden müssen.

Diese Anwendung erfordert eine Abflussmessstelle am Gewässer, so dass zu den beobachteten Ablagerungs- und Erosionsmengen jeweils auch die zugehörigen hydrologischen Ereignisse bekannt sind und die Prozesse nachgerechnet werden können.

In keinem Fall können numerische Modelle bis heute die Fragen der Stabilität von Böschungen oder Einbauten verlässlich wiedergeben (Uferverbauungen, Kolkschutz, Stabilität der Blockrampen, etc.).

Adressen der Autoren

Martin Bettler, Dipl. Natw. ETH (korrespondierender Autor)

Beatrice Herzog, Dipl. Ing. ETH

Herzog Ingenieure AG

CH-7270 Davos Platz, Promenade 75

Email: buero@herzog-ingenieure.ch

Prof. Jürg Speerli

Manfred Lanz, Dipl. Ing. FH

HSR Hochschule für Technik Rapperswil, Institut für Bau und Umwelt

CH-8640 Rapperswil, Oberseestrasse 10

Email: juerg.speerli@hsr.ch

Literatur

- [1] Herzog Ingenieure AG, HWS Innertkirchen, Bauprojekt, Gümligen 2010 und Ausführungsprojekt, Gümligen, 2012
- [2] HSR Hochschule für Technik Rapperswil, Modelluntersuchung Dotierstrecke Underölbach, Schlussbericht, Rapperswil, August 2012
- [3] ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Software 'BASEMENT', Version 2.2.1 und System Manuals, Stand August 2011

Hydromorphologische Analyse

Flussaufweitung Hasliaare, Sandey (Kt. BE)

Auftraggeber

Kraftwerke Oberhasli AG

Bearbeitungszeitraum

Seit 2012

Unsere Leistungen

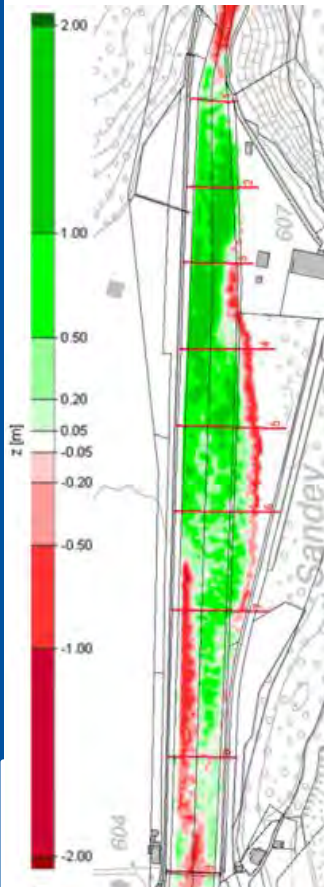
- Situationsanalyse
- Erstellung Aufwertungskonzept
- 2D-Modellierung
 - Geschiebe
 - Morphologie
 - Jungfischhabitate
 - Schwall/Sunk

Problemstellung

Die Hasliaare ist ab der Aareschlucht bis in den Brienzersee kanalisiert. Die morphodynamischen Prozesse sind stark eingeschränkt. Es stellt sich die Frage, ob die ökologische Funktionalität mit einer abschnittswisen Flussaufweitung massgeblich verbessert werden kann, ohne negative Auswirkungen auf den Geschiebehalt und den Hochwasserschutz zur Folge haben. Hauptziel der Aufwertung ist die Schaffung von Jungfischhabitaten (Flachufer) und autentische Lebensräume.



Projektperimeter mit Aareschlucht im Hintergrund



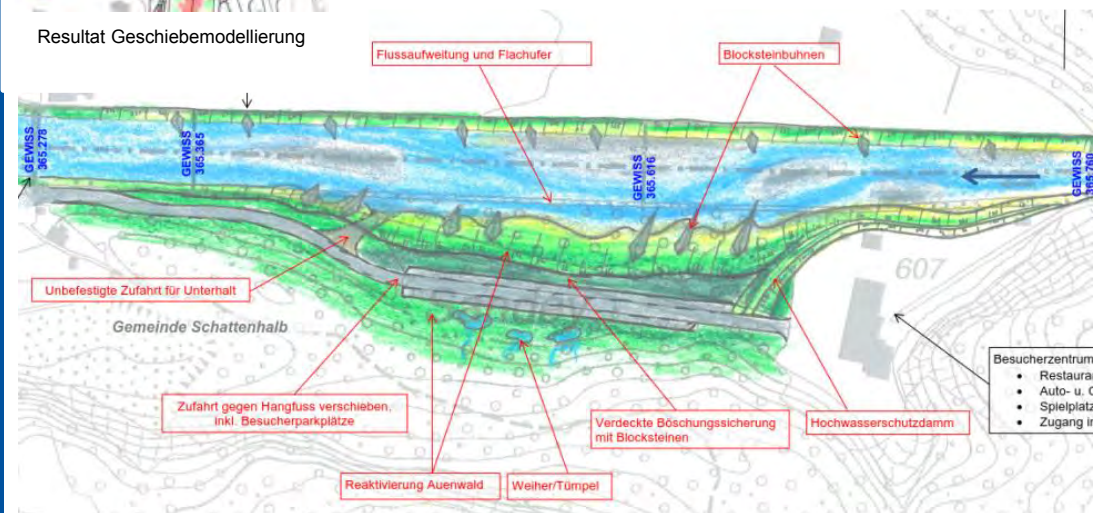
2D-Modellierung (Geschiebe / Hydraulik)

Die morphologische Wirkung der Ausweitung wurde mit einem 2D-Geschiebmodell berechnet. In einem ersten Schritt wurde die bestehende Morphologie mittels Parametervariation numerisch nachgebildet. Danach wurde die Aufweitung ins Modell eingebaut, deren Wirkung auf den Geschiebetrieb untersucht und eine Prognose für die sich neu einstellende Sohlenmorphologie gemacht. Die bestehende und die prognostizierte Sohlenmorphologie wurden anschliessend mit einem 2D-Modell bezüglich Lebensraumqualität für Jungfische und Fischlarven bei verschiedenen Abflüssen bzw. Pegelrückgangsraten untersucht und die Ergebnisse verglichen.

Konzept

Die Untersuchungen zeigen, dass die Lebensraumqualität für Jungfische mit der neu gebildeten Sohlenmorphologie massgeblich verbessert werden kann. Zudem kann mit ergänzenden Strukturen, wie z.B. mit Flachbuhnen eine übermässige Rinnenbildung entlang dem Böschungsfuss verhindert und die kleinräumige Tiefen- und Breitenvariabilität erhöht werden. Weiter konnte nachgewiesen werden, dass sich die Ausweitung nicht negativ auf den Geschiebehalt und den Hochwasserschutz auswirken.

Resultat Geschiebmodellierung



Konzeptskizze: Aufwertung Aare, Sandey

(5.11.2015/sc/tm)

