



Basement Anwendertreffen vom 25.1.2017 in Rapperswil

Rekonstruktion eines ausserordentlichen Hochwasser- und Geschiebetransportereignisses am Gebirgsfluss Saltina in 1D und 2D

Kontakt Ingrid Senn
wasser/schnee/lawinen Ingenieurbüro A. Burkard AG
Sebastiansplatz 1
3900 Brig
027 924 54 23
I.Senn@wasserschneelawinen.ch

Ausgangslage

Die Saltina (vom lateinischen «saltare» - «springen») ist ein Wildbach im Simplongebiet (VS). Das Einzugsgebiet hat eine Fläche von 78 km², das HQ₁₀₀ beträgt 137 m³/s, die Geschiebeführung ist gross und die Kornverteilung sehr breit. Die Saltina mündet in die Rhone. Auf dem Schwemmkegel der Saltina liegt die Stadt Brig-Glis. Im Siedlungsbereich ist die Saltina auf 1.5 km kanalisiert (Breite des Kanals: 10-12 m, Sohle: grösstenteils natürlich). Aufgrund der abnehmenden Neigung des Längensprofils und der damit abnehmenden Transportkapazität besteht im Hochwasserfall die Gefahr von Auflandungen. Verschiedene bauliche und organisatorische Schutzmassnahmen wurden in den letzten ca. 150 Jahren umgesetzt. Ein Kernstück des Hochwasserschutzkonzepts sind die beiden Geschiebekammern im Gebiet «Grindji», oberstrom vor den Toren Brigs. Dieses Gebiet ist vom Kanal durch die 6 m hohe Napoleonsperre getrennt. Modellversuche, Berechnungen und Beobachtungen haben gezeigt, dass bei einem Geschiebeeintrag von 85'000 m³ (Hochwasser Oktober 2000) 60'000 m³ Geschiebe in den Geschiebekammern im Grindji abgelagert und somit die Gefährdung der Stadt Brig wesentlich reduziert werden kann. Profile, Auflandungsmächtigkeiten bzw. -Gefälle, Hochwasser- und Geschiebeganlinie, Kornverteilungskurve etc. für das Ereignis im Oktober 2000 sind bekannt bzw. rekonstruiert worden. Das Systemverständnis soll durch die Simulation mit BASEMENT weiter verbessert werden. Hier werden die Resultate der Rekonstruktion des Hochwasserereignisses Oktober 2000 mit BASEchain und BASEplane präsentiert.

BASEMENT 1D (BASEchain)

Geometrie und Input-Daten: Für die 1D Simulation des Gebiets Grindji (Gewässerabschnitt ca. 700 m lang, 1.5% bis > 5% steil) wurden 26 Querprofile aus HEC-RAS übernommen. Die

Hochwasserganglinie ist bekannt (Hydrometrische Messstation Brig). Die Kornverteilung des Geschiebes und die Ablagerungsmächtigkeiten wurden nach dem Hochwasser im Oktober 2000 erhoben. Daraus wurde in früheren Projektphasen mit den Programmen GESMAT und TomSed die Geschiebeganglinie rekonstruiert.

Modellparameter Basement 1D: Der Geschiebetransport wurde modelliert durch Einkorn-Simulationen (Rickenmann, Smart&Jäggi, $d_{30} = 30$ mm, $d_{90} = 250$ mm) sowie durch die Mehrkorn-Simulation mit «smartjäggi_multi» (5 Klassen). Das Geschiebe wurde mittels «External Source» ca. 50 m unterhalb des hydraulischen Modellrandes eingegeben, um Randeffekte zu vermeiden. Die Sohle wurde quasi-fix angesetzt (Layer bottom elevation = - 0.1).

Resultate und Bewertung: Bei der Reinwasser-Simulation zeigt der Verlauf von Wasserspiegel und Energielinie keine Instabilitäten und entspricht den Erwartungen. Die Wasserspiegellage ist allgemein eher tiefer als beobachtet (es bestehen jedoch keine quantitativen Vergleichswerte). Diese Diskrepanz kann vermutlich auf das «ebemässige» Fliessverhalten in der Simulation zurückgeführt werden – im Gegensatz zum Vorhandensein von grossen Formrauigkeiten, lokalen Hindernissen, Schwemmholz etc. in der Realität. Die simulierten Sohlschubspannungen korrelieren mit dem Längensprofil (tiefer in den flachen Abschnitten).

In allen Modellen mit Geschiebetransport wird ein Grossteil des Geschiebes aller Fraktionen direkt am Ort der Eingabe abgelagert, was zu einem unrealistisch hohen «Berg» von abgelagertem Geschiebe und teilweise zu Instabilitäten des Modells an dieser Stelle führt. Die Geschiebekammern weiter unterstrom bleiben indes mangels dort noch verfügbarem Geschiebe leer. Verbessern lässt sich dieses Verhalten, wenn die Geschiebequelle weiter stromabwärts verlegt und somit die erste Flachstrecke «umgangen» wird. Jedoch entsprechen auch dann die Ablagerungen nicht den Beobachtungen. Die besten Resultate werden mit der Mehrkorn-Simulation nach «smartjäggi_multi» erzielt.

Rechenzeit: Die Rechenzeiten variieren sehr stark: in optimalen Fällen beträgt die Rechenzeit für das «Grindji» wenige Minuten. Sehr rechenintensiv wird hingegen das Anhängen des Kanals unterhalb des Grindji: die Napoleonsperre, vollkommener Überfall von 6 m am Eingang des Kanals, verursacht vermutlich Instabilitäten. Versuchshalber wurde die Napoleonsperre auch als Inner Boundary implementiert. Letzteres Modell konnte wegen Rechenzeiten im Bereich von Tagen bis Wochen nicht weiterverfolgt werden.

Die Koppelung des Modells mit der Rhone ist vorgesehen. Vorerst sollten jedoch die Rechenzeiten für das Gesamtmodell deutlich verkürzt und die Probleme mit dem Geschiebetransport behoben werden.

BASEMENT 2D (BASEplane)

Geometrie und Input-Daten: Die Geometrie wurde mittels QGIS-Plugin Basemesh gestaltet. Die Grösse der triangulären Elemente im zentralen Bereich (Flussbett) beträgt 10 – 30 m². Die Input-Daten sind dieselben wie in der 1D-Simulation.

Modellparameter Basement 2D: Wiederum wurden verschiedene Geschiebetransportformeln getestet: Einkorn-simulationen mit den Formeln von Rickenmann resp. Smart&Jäggi, Mehrkorn-Simulationen mit den Formeln smartjäggi_multi und mpm_multi. Der Block «Gravitational Transport» wurde aktiviert. Das Geschiebe wurde direkt am oberen Modellrand eingegeben, da dies im 2D-Fall zu besseren Resultaten führte als mit einer Geschiebequelle. Die Sohle ist analog zur 1D-Simulation in allen Bereichen quasi-fix.

Resultate und Bewertung: Die Reinwasser-Simulation ist grösstenteils zufriedenstellend. Auch das verzweigte Gerinne in einigen Partien des Flusses wird gut abgebildet. Am Rand oberstrom entstehen bei kleinem Zufluss einzelne numerische Probleme (Zufluss zu klein für Benetzung der Elemente). In den Geschiebekammern kann ein Absinken der Sohlschubspannungen beobachtet werden, was den Erwartungen entspricht.

Die Resultate für die Geschiebeablagerungen unterscheiden sich stark zwischen den Einkorn- und Mehrkorn-Simulationen. Bei der Einkorn-Simulation mit Formel nach Smart&Jäggi (Rickenmann: ähnlich, aber mehr Instabilitäten) entspricht die örtliche Verteilung der Ablagerungen den Erwartungen. Die Mächtigkeiten der Auflandung entsprechen mindestens lokal grob den Beobachtungen, jedoch wird gesamthaft nur rund ein Drittel so viel Geschiebe abgelagert wie beobachtet.

Bei der Mehrkorn-Simulation nach Smart&Jäggi (mpm: ähnlich, aber gesamthaft mehr Ablagerungen) sind die Geschiebeablagerungen am oberen Rand des Modells am Grössten (lokal bis 9 m). Dieses Verhalten mit der Bildung eines «Haufens» ist ähnlich dem 1D Modell, jedoch ist die steile Anhäufung in BASEplane weniger ausgeprägt. In der unteren Geschiebekammer werden stellenweise noch Ablagerungen von bis zu 3.5 Metern modelliert. Die Geschiebeablagerungen entsprechen in der unteren Modellhälfte tendenzmässig den Erwartungen, nicht jedoch im oberen Teil, wo zu viel Geschiebe in einer steilen Strecke abgelagert wird. Obwohl die Verteilung des abgelagerten Geschiebes nicht der real beobachteten Situation entspricht, wird jedoch gesamthaft die Geschiebebilanz realitätsnah simuliert: rund 80% des zugegebenen Geschiebes werden im Modell im Grindji abgelagert, 20% fliessen weiter in den Kanal (beim Hochwasser 2000 beobachtete resp. rekonstruierte Anteile: 70% / 30%).

Rechenzeit: Die Rechenzeiten von 1 – 4 Stunden für den rund 1 km langen Gerinneabschnitt sind praxistauglich.

Fragen / Diskussion

Die Resultate sind im hinsichtlich Geschiebetransport und -Ablagerung bisher nicht zufriedenstellend. Zur Diskussion schlagen wir folgende Punkte vor:

- Verbesserungsvorschläge für die Simulationen und Kalibration, ähnliche Erfahrungen?
- Geschiebetransportformeln vs. Formrauigkeit, Gebirgsfluss, Topographie etc.
- Grenzen von Basement: (a) für Gebirgsflüsse, (b) für Extremereignisse
- Coupling für 1D Modell, Rechenzeit