

Numerische Modellierung Alpenrhein Hochwasserschutzprojekt RHESI

Durch das Hochwasserschutzprojekt «Rhein - Erholung und Sicherheit» (Rhesi) soll in den kommenden Jahrzehnten die Abflusskapazität auf der internationalen Strecke des Alpenrheins von derzeit 3'100 m³/s (ca. HQ₁₀₀) auf mindestens 4'300 m³/s (ca. HQ₃₀₀) ausgebaut werden (www.rhesi.org).

Die im Projekt vorgesehenen wasser- und flussbaulichen Massnahmen werden von der VAW über einen Zeitraum von vier Jahren mittels hybrider Modellversuche geprüft und optimiert. Zu diesem Zweck werden zwei gegenständliche Modelle im Massstab 1:50 betrieben sowie aufwändige numerische Simulationen mit der Software BASEMENT durchgeführt. Diese Simulationen stellen elementare Grundlagen für die Definition und Überprüfung der Randbedingungen der gegenständlichen Modelle, die Validierung der Ergebnisse sowie die Durchführung von Sensitivitätsanalysen dar.

Herausforderungen

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde der Alpenrhein massiv verändert, indem das natürliche Gerinne zu einem technischen Gerinne mit charakteristischem Doppeltrapezprofil umgebaut wurde. Die mittlere Gerinnebreite auf dieser Strecke wurde bei 70-90 m definiert und wird von beidseitig angeordneten Wuhren und anderen kleinräumigen Einbauten fixiert. Die dadurch resultierende Querschnittsaufteilung stellt eine anspruchsvolle Herausforderung für die Abflusssimulation dar und erfordert eine aufwändige Kalibrierung.

Durch das Projekt Rhesi soll dem Rhein wieder ein sehr breites Gerinne zur Verfügung gestellt, wobei über die gesamte Fliessstrecke von 26 km mit der Bildung von alternierenden Bänken sowie verzweigten Gerinnen zu rechnen ist. Die numerische Simulation dieser vielfältigen und dynamischen Morphologie stellt eine grosse Herausforderung dar.

Modellaufbau

Es werden für die gesamte internationale Strecke des Alpenrheins von km 65 bis km 91 Berechnungsgitter für den Bestand (Stand 2011) sowie für den projektierten Zustand «Rhesi» (Stand 2066) erstellt. Die entsprechenden Grundlagen bilden detaillierte Geländemodelle des aktuellen Zustands sowie das generelle Projekt (GP) der Planungsgemeinschaft. Für die numerische Modellierung wird das 2D Modell von BASEMENT in den Versionen 2.8 und 3.0/3.1 verwendet.

Kalibrierung

Die numerischen Simulationsparameter werden durch die Kalibrierung des Bestandsmodells auf Basis von vergangenen Hochwasserereignissen bestimmt. Für die Hydraulik ist aufgrund der Querschnittsaufteilung eine doppelte Kalibrierung erforderlich: innerhalb der Wuhren (mittels zwei Pegel-Abfluss-Messtationen) und auf den Vorländern (mittels Hochwasseranschlagslinien). Die morphologische Kalibrierung erfolgt auf Basis von historischen Jahresganglinien und den entsprechenden Sohlenvermessungen.

Zwischenergebnisse / aktueller Stand

Die hydrodynamische Kalibrierung wurde erfolgreich abgeschlossen, die Ergebnisse des numerischen Modells werden seitdem erfolgreich für die Ermittlung der Randbedingungen des gegenständlichen Modells eingesetzt. Im Projektzustand werden mit den kalibrierten hydrodynamischen Parametern ebenfalls plausible Wasserspiegel berechnet, welche mit dem gegenständlichen Modell und dem GP vergleichbar sind. Erste morphodynamische Simulationen des Projektzustands zeigen vielversprechende Ergebnisse. Es sind jedoch weitere Anpassungen erforderlich, um die Ergebnisse aus dem gegenständlichen Modell zu reproduzieren.

Ausblick

Die Parameter der morphologischen Simulationen werden iterativ optimiert, bis eine bestmögliche Übereinstimmung mit den Ergebnissen des gegenständlichen Modells erreicht ist. Anschliessend sollen ebenfalls die BASEMENT-Module für Schwebstofftransport und Vegetation eingesetzt werden.



Abb. 1: Alpenrhein im Abschnitt "Oberriet-Koblach", Blick in Fliessrichtung. Oben rechts: aktueller Zustand, links unten: projektierte Zustand nach Rhesi (Quelle: rhesi.org)