

Hochwasserschutz Andermatt (CH): Hydraulische Modellversuche zur Machbarkeit einer Druckbrücke

Marlene Scholz, Gabriel Zehnder, Volker Weitbrecht und Jürg Speerli

Zusammenfassung

In der Vergangenheit kam es bei Hochwasserereignissen an der Unteralpreuss in Andermatt zur Zerstörung von Infrastrukturanlagen und Ausuferungen im Dorfgebiet. Durch das Hochwasserschutzprojekt Andermatt konnten bereits zahlreiche Maßnahmen entlang der Unteralpreuss umgesetzt und die Hochwassersituation verbessert werden. Zusammen mit dem Umbau des Bahnhofs soll nun das Schutzdefizit durch eine Kombination aus neu erstellter Druckbrücke und bestehender seitlicher Notentlastung weiter verringert werden. Zur Überprüfung der hochwassertechnischen Machbarkeit des Brückenprojekts wurde der betreffende Flussabschnitt in einem hydraulischen Modell im Maßstab 1:30 untersucht. Neben der Analyse von kritischen Fließzuständen sollen potenziell kritische hydraulische Zustände im Bereich der Druckbrücke und negative Auswirkungen auf umliegende Brücken aufgezeigt und das Funktionieren der Notentlastung nachgewiesen werden. Die Kalibrierung des Modells erfolgte anhand der Hochwasserereignisse in den Jahren 2019 und 2020. Dabei konnten maßgebende hydraulische und morphologische Prozesse im Modell erfolgreich abgebildet werden. Im Rahmen der Modellversuche konnte die hydraulische und geschiebetechnische Machbarkeit des Brückenprojekts bis zu einem 300-jährlichen Hochwasser nachgewiesen werden. Neben Versuchen zur hochwassertechnischen Machbarkeit werden Versuche zur ökologischen Optimierung hinsichtlich Längsvernetzung durchgeführt und die Robustheit des Gesamtsystems im Überlastfall untersucht.

1 Ausgangslage

Im Jahr 1987 gab es schweizweit starke Niederschläge und Unwetter, welche im ganzen Alpenraum zu großflächigen Überschwemmungen führten. Ende August 1987 wurde Andermatt von den Folgen dieser Unwetter heimgesucht. Große Abflüsse in Kombination mit Geröll- und Schlammablagerungen führten zu der Beschädigung und Zerstörung von Brücken, Straßen- und Bahnanlagen. Aufgrund eines Gefällsknicks im Dorf Andermatt weist die Unteralpreuss zwischen der Mündung in die Reuss und der Eisenbahnbrücke der Matterhorn Gotthard Bahn (MGB-Brücke) (Abb. 1, Punkt 3) eine Auflandungstendenz auf. Die Ablagerung während des Hochwasserereignisses 1987 (ca. HQ_{100}) führte zu Ausuferungen im Dorf Andermatt und ist somit ein Grund für das bestehende Schutzdefizit (IG WBU, 2009). Mit der Umsetzung von zahlreichen Maßnahmen entlang der Unteralpreuss im Rahmen des Hochwasserschutzprojekts Andermatt aus dem Jahr 2009 konnte das Schutzdefizit größtenteils beseitigt werden.

Wesentliches Element des Schutzkonzepts ist ein neu gebauter Geschiebesammler (Abb. 1, Punkt 7), der während Hochwasserereignissen Geschiebe zurückhalten und so Ausuferungen aufgrund von Ablagerungen im Dorfkern verhindern soll. Zwei Grundöffnungen ermöglichen einen unbeeinträchtigten Geschiebehaushalt bis zu einem Abfluss von $30 \text{ m}^3/\text{s}$. Im Hochwasserfall wird nur eine Grundöffnung offengelassen, die andere (Rollschütz) schließt sich automatisch. Durch Rückstau im Geschiebesammler sollen beim Bemessungsereignis HQ_{100} (ca. $130 \text{ m}^3/\text{s}$) rund $20'000 \text{ m}^3$ Geschiebe zurückgehalten werden (IG WBU, 2009).

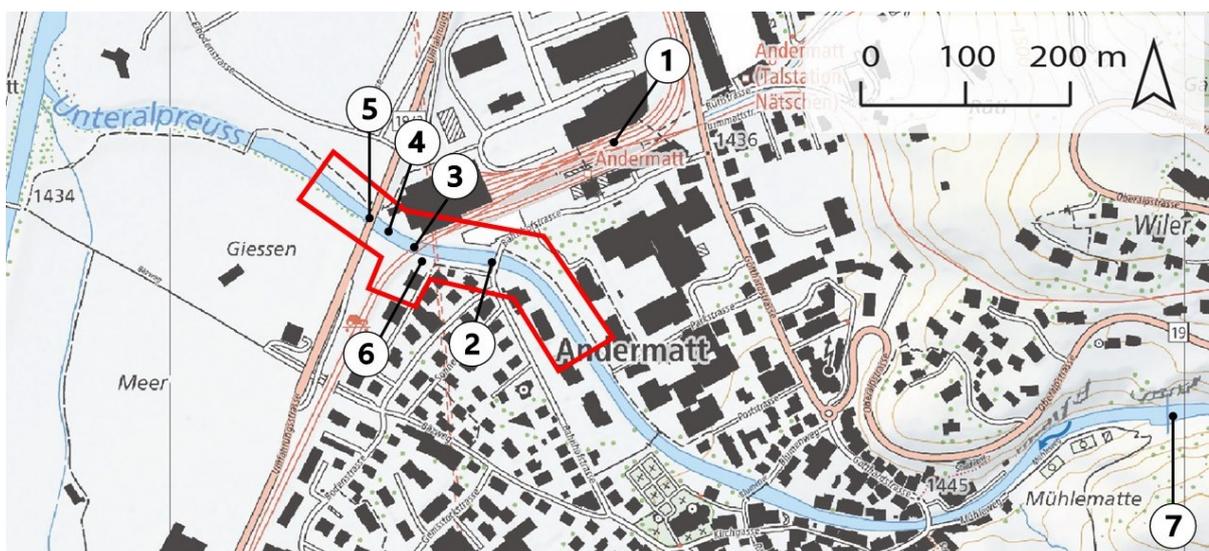


Abb. 1 Verlauf der Unteralpreuss im Dorf Andermatt und der Mündung in die Reuss, mit Modellperimeter in rot und (1) Bahnhof Andermatt, (2) Brücke Bahnhofstraße, (3) MGB-Brücke (bestehende Eisenbahnbrücke und Neubau Druckbrücke), (4) potentieller Standort Brücke Unterhaltstützpunkt, (5) ASTRA Brücke, (6) seitliche Notentlastung mit Entlastungskorridor, (7) Geschiebesammler. (Quelle: Bundesamt für Landestopographie)

Zum Schutz der Sohle im Hochwasserfall bei Geschieberückhalt wurde unterstrom des Geschiebesammlers bis zur MGB-Brücke ein Erosionsschutz in Form einer aufgelösten Blockrampe errichtet. Die Abflusskapazität im Bereich oberhalb der MGB-Brücke wurde durch den Neubau und die damit verbundene Höherlegung der Bahnhofstraßenbrücke (Abb. 1, Punkt 2) erhöht. Direkt oberstrom der MGB-Brücke wurde am orografisch linken Ufer eine Notentlastung errichtet (Abb. 1, Punkt 6), der anschließende Abflusskorridor mit zwei im Überlastfall unterströmten Gebäuden ist in Abb. 2 dargestellt.

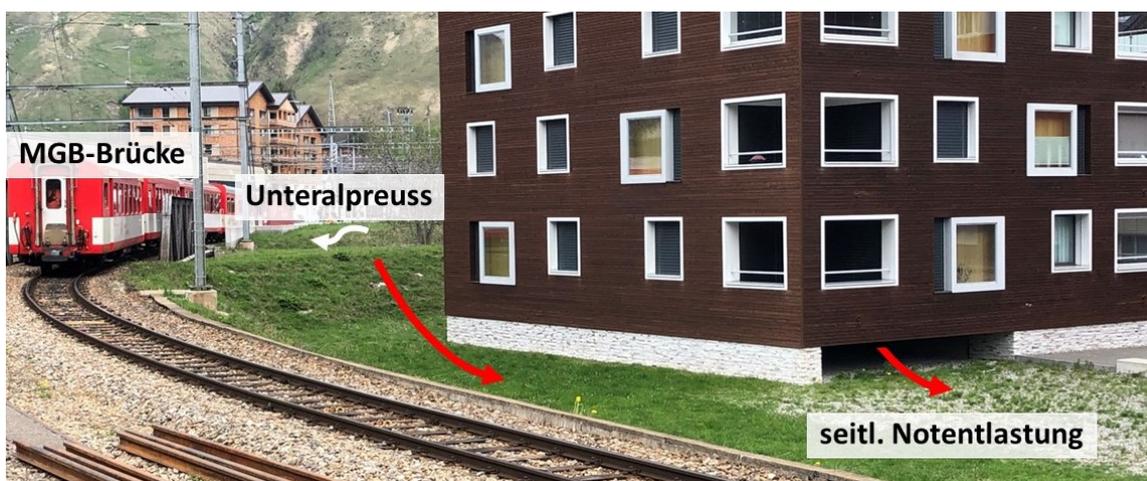


Abb. 2 Seitliche Notentlastung und Entlastungskorridor. Im Hochwasserfall fließt ein Teil des entlasteten Abflusses unter zwei Wohngebäuden hindurch

Als letzter Bestandteil des Projekts soll die MGB-Brücke direkt am Bahnhof Andermatt (Abb. 1, Punkt 3 und Abb. 2) angepasst werden, um ein verlässliches Anspringen der seitlichen Notentlastung, sowie ein robustes Verhalten zwischen der Brücke und der Notentlastung zu gewährleisten. Die bestehende Eisenbahnbrücke soll durch eine deutlich breitere 6-gleisige Druckbrücke ersetzt werden (Abb. 1, Punkt 3). Zusätzlich soll der Unterhaltstützpunkt (Abb. 1, Punkt 4)

erneuert werden, wozu eine zusätzliche Brücke im Unterwasser des Brückenneubaus realisiert werden soll (Speerli et al., 2022).

2 Hydraulisches Modell

Die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich wurde von der Matterhorn Gotthard Bahn (MGB) beauftragt, die Machbarkeit der Brückenprojekte in Bezug auf die Gewährleistung der Hochwassersicherheit für das Dorf Andermatt nachzuweisen. Mit der hydraulischen Modelluntersuchung soll aufgezeigt werden, dass keine ungünstigen hydraulischen und geschiebetechnischen Abflusszustände im Bereich der Brücken auftreten und dass die seitliche Notentlastung sowie das Gesamtsystem im Überlastfall robust funktionieren. Zu diesem Zweck wurde die Unteralpreuss im Bereich des Dorfes Andermatt im Maßstab 1:30 nachgebildet. Die Wassertiefen im Bereich der Notentlastung sind sehr klein und somit von Maßstabeffekten beeinflusst. Dies wird jedoch in Kauf genommen, da nicht die exakte Bestimmung der entlasteten Abflüsse von Interesse sind, sondern der ungefähre Zeitpunkt des Anspringens und die Größenordnung des Entlastungsabflusses.

2.1 Modell und Messtechnik

Das Modell umfasst eine Fließstrecke von ca. 400 m mit einer Gerinnebreite von 8-12 m sowie der Nachbildung der seitliche Notentlastung mit Entlastungskorridor (Abb. 3, Punkt 6). Das Gerinne wird mit einer beweglichen Sohle mit einer Mächtigkeit von bis zu 6 m (Naturmaßstab) ausgebildet und ermöglicht neben Geschiebeablagerungen die Ausbildung von entsprechenden Kolk-tiefen. Die Kornverteilung des Sohlenmaterials wurde anhand von Naturdaten skaliert ($d_m = 7.1$ cm, $d_{30} = 2.4$ cm, $d_{50} = 5.6$ cm, $d_{90} = 14.7$ cm). Die Unteralpreuss ist kaum bewachsen und es ist mit keinem großen Schwemmholzaufkommen zu rechnen. Das Hochwasserschutzprojekt wurde auf schwemmholzfreien Abfluss ausgelegt (IG WBU, 2009). In den Modellversuchen ist Schwemmholz nicht zu berücksichtigen (Speerli et al, 2022).

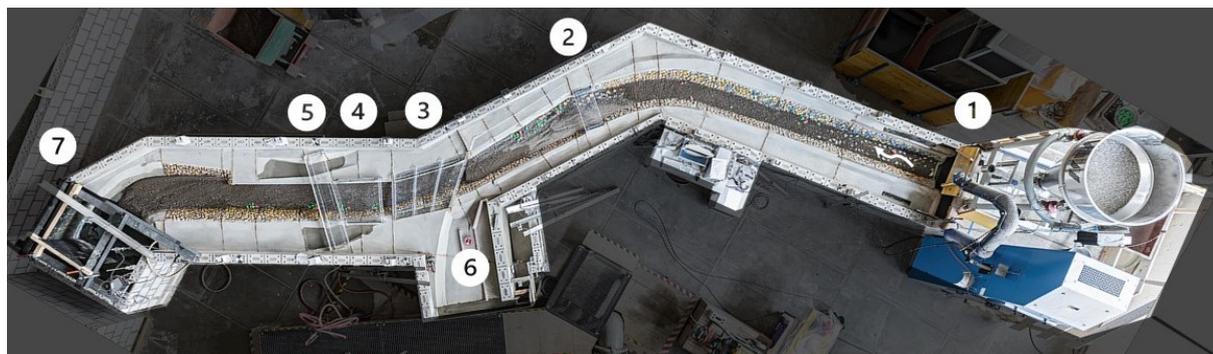


Abb. 3 Foto des hydraulischen Modells in der Versuchshalle der VAW mit (1) Modelleinlauf mit Geschiebezugabe, (2) Bahnhofstraßenbrücke, (3) Neubau MGB-Brücke (Druckbrücke), (4) Neubau Brücke Unterhaltstützpunkt, (5) ASTRA Brücke, (6) seitliche Notentlastung mit Entlastungskorridor, (7) Modellauslauf mit Geschiebefang

In den Versuchsreihen werden die folgenden Größen messtechnisch erfasst: (i) Modellzufluss (MID), (ii) Abfluss über die Notentlastung (Ultraschallsensoren und Messkasten mit Thomson Wehr), (iii) Geschiebezugaberate (Dosieranlage), (iv) Geschiebeaustragsrate (Wägezellen), (v) Wasserspiegellagen und Wellenhöhen (Ultraschallsensoren und Stechpegel), sowie (vi) Sohlenlagen (Kolk-tiefen und Ablagerungshöhen) vor sowie nach jedem Versuch (Laserscanner).

2.2 Neubau MGB-Brücke

Der Neubau der rund 33 m langen MGB-Brücke soll als Druckbrücke ausgeführt werden. Der oberseitige Brückenrand wird mit einem Stauschild versehen und die Brüstung abgerundet, um die hydraulischen Verluste beim Aufstau an der Brücke beim Übergang zum Druckabfluss zu minimieren. Abb. 4 zeigt eine vereinfachte Darstellung des Systems.

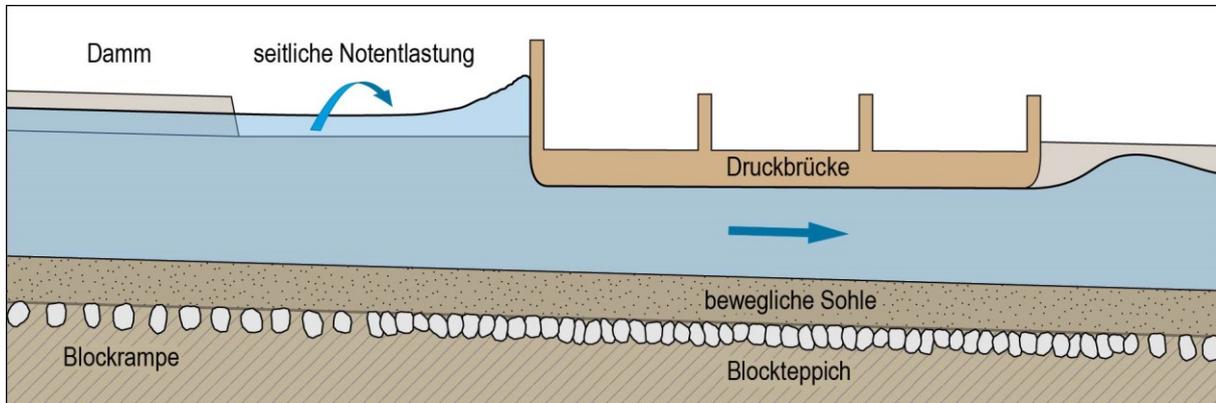


Abb. 4 Schematische Darstellung der neu geplanten Druckbrücke mit seitlicher Notentlastung im Hochwasserfall

Das System mit Druckbrücke und seitlichen Notentlastung soll folgendermaßen funktionieren: Mit steigenden Abflüssen kommt es zum Anstieg des Wasserspiegels. Der Abfluss unter der Brücke schlägt an der Tragwerksunterkante an und gerät unter Druck. Gleichzeitig kommt es zu einem deutlichen Wasserspiegelanstieg im Oberwasser, verbunden mit einer Anhebung des Druckniveaus oberstrom der Brücke und des Energieliniengefälles entlang der Brücke. Durch die Anhebung der Sohle im Oberwasser der Brücke steigen die Wasserspiegellagen weiter an. Gleichzeitig kommt es unterhalb der Brücke in Folge der verringerten Geschiebezufuhr und erhöhten Transportkapazität durch den Druckabfluss zu Erosionen der Sohle. Die Tiefenerosion wird durch den 1 m unterhalb der Sohle verbauten Blockteppich begrenzt, um die Standsicherheit der Brücke zu gewährleisten. Durch den Rückstau im Oberwasser der Brücke wird die Überfallkante der seitlichen Notentlastung überströmt. Ein Teil des Abflusses wird in einen Abflusskorridor geleitet und unterströmt zwei Gebäude (Abb. 1, Punkt 6). Der Ansprungpunkt der Notentlastung liegt je nach Szenario des Geschiebeaufkommens zwischen einem 100- und 300-jährlichen Hochwasserereignis.

2.3 Versuchsprogramm

Das Versuchsprogramm kann in folgende Versuchsreihen unterteilt werden: (i) Kalibrierung des Modells anhand der Hochwasserereignisse 2019 und 2020, (ii) Versuche zur hydraulischen Machbarkeit der Brückenprojekte bis EHQ (ca. 200 m³/s) ohne Geschiebezugabe, (iii) Versuche zur geschiebetechnischen Machbarkeit der Brückenprojekte bis HQ₃₀₀ mit Geschiebezugabe, (iv) Ökologische Optimierungen der Brückenprojekte, (v) Nachweis der Machbarkeit des finalen Systems mit Geschiebezugabe, (vi) Untersuchung der Robustheit des Gesamtsystems im Überlastfall. Im vorliegenden Bericht sind die Resultate der Versuchsreihen (i) bis (iii) dargestellt.

3 Kalibrierung anhand der Hochwasserereignisse 2019 und 2020

In den Jahren 2019 und 2020 ereigneten sich an der Unteralpreuss zwei Hochwasser mit Spitzenabflüssen von bis zu 107 m³/s (ca. HQ₅₀). Die Kalibrierung des hydraulischen Modells erfolgte

anhand der Simulation der beiden Hochwasserereignisse. Ziel war neben der Prüfung der Messtechnik die Validierung des hydraulischen Modells durch Plausibilisierung der Ablagerungsorte und -kubaturen während dieser Ereignisse. Für die Kalibrierung wurden drei Vorversuche durchgeführt. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse sowie Projektrecherche wurde das Modell sowie die Geschiebeganglinie angepasst und ein vierter abschließender Kalibrierungsversuch durchgeführt. Die Veränderung der Sohlentopografie vor sowie nach Durchführung der Versuche wurde mittels Laserscanning erfasst und mit Naturwerten aus den Flussvermessungen aus den Jahren 2017 vor und 2020 nach den Hochwasserereignissen verglichen. Abb. 5 zeigt die Abflusskennwerte der Hochwasserereignisse sowie die Geschiebezugaberaten am Modelleinlauf. Beim Ereignis 2019 hat der Rollschütz nicht selbstständig geschlossen und es kam zum Austrag von großen Geschiebemengen. Beim Ereignis 2020 schloss der Rollschütz zum ersten Mal selbstständig und Geschiebe wurde zurückgehalten (Abb. 5, Geschiebezugabe Vorversuch 1).

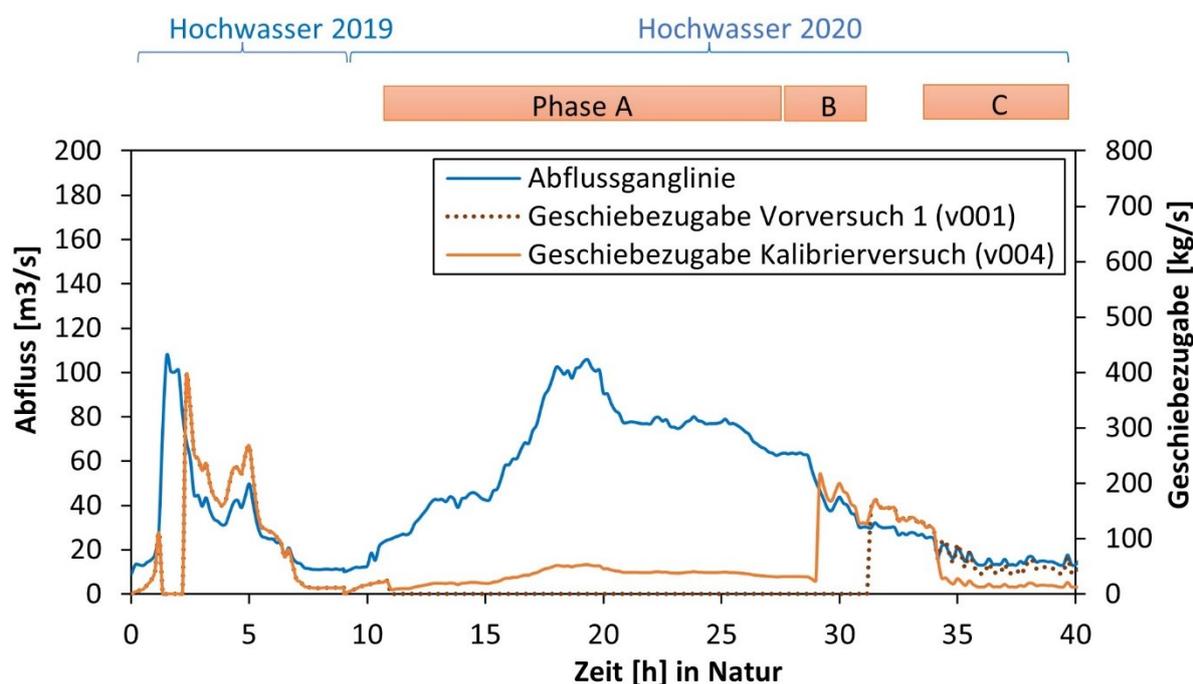


Abb. 5 Abflussganglinie und vom Geschiebesammler beeinflusste und optimierte Geschiebeganglinien der Kalibrierversuche

3.1 Erkenntnisse aus den Vorversuchen

• Überreste von historischen Bauten mit sohlstabilisierender Wirkung

Während der Vorversuche konnte im Bereich der MGB-Brücke eine Erosionstendenz am linken Ufer festgestellt werden, welche in Natur nicht beobachtet wird. Der Verlauf der Unteralpreuss folgt einer Rechtskurve in diesem Bereich, weshalb eine linksseitige Erosion am Prallufer auch zu erwarten wäre. Im Rahmen einer umfassenden Recherche von älterem Bild- und Kartenmaterial sowie Aufnahmen der Unteralpreuss konnten Teile von zerfallenen Lenkungsstrukturen der Strömung in der Gerinnesohle identifiziert werden, welche in Natur eine sohlstabilisierende Wirkung aufweisen. Im Modell wurden entsprechend dieser Erkenntnis zusätzliche Blöcke in der Sohle eingebaut. Durch die Blöcke konnte die Erosionstiefe bei der Hochwasserspitze begrenzt werden und die Sohlenlagen wurden maßgebend beeinflusst.

• Einfluss der Pufferstrecke zwischen Geschiebesammler und Modellperimeter

Die Geschiebeganglinie (Abb. 5, Vorversuch 1) entspricht der Geschiebetransportrate direkt unterhalb des Geschiebesammlers. Die Vorversuche zeigten, dass die Pufferstrecke zwischen Geschiebesammler (km 1.3) und Modelleinlauf (km 0.65) den Geschiebetransport maßgebend beeinflusst. Im absteigenden Ast von Hochwasserereignissen wird aus dem Geschiebesammler vermutlich mehr Geschiebe ausgetragen, als in der Pufferstrecke transportiert werden kann. Vermessungen in den Jahren 2009 direkt nach der Umsetzung der Sohlensicherung in der Zwischenstrecke und 2017 bestätigen dieses Verhalten. In den Jahren von 2009 bis 2017 wurden rund 2'000 m³ Geschiebe in der Zwischenstrecke abgelagert. Bei Hochwasserereignissen und dem Unterbruch des Geschiebeaustrags aus dem Sammler werden diese Geschiebeablagerungen in der Pufferstrecke erneut mobilisiert und bis auf die Sohlensicherung abgetragen. Im Rahmen der Vorversuche wurde das in der Pufferstrecke mobilisierte Geschiebe in der Geschiebeganglinie ergänzt (Abb. 5, Phase A). Die Vorversuche konnten zeigen, dass die Mobilisierung dieser Kubaturen für die Nachbildung der Sohlenveränderung während der Hochwasserereignisse 2019 und 2020 entscheidend ist.

Die Pufferstrecke hat neben der Beeinflussung der transportierten Geschiebemenge auch einen Einfluss auf die transportierte Kornverteilung. Bei kleineren Abflüssen bildet sich im gesamten Bereich unterhalb des Geschiebesammlers eine Deckschicht aus. Das gröbere Geschiebe wird in der Sohle abgelagert und das feinere Material nach unterstrom transportiert. Während der Versuche wurde die Geschiebetransportrate bei kleinen Abflüssen variiert (Abb. 5, Phase C). Die Vorversuche konnten zeigen, bis zu welchem Abfluss alle Kornfraktionen transportiert werden und ab welchen Abflüssen nur feineres Geschiebe durch die Pufferstrecke transportiert wird. Entsprechend der Resultate wurden in den weiteren Versuchen lediglich die Abflüsse mit vollständigem Geschiebetransport berücksichtigt, da bei kleineren Abflüssen keine signifikanten Sohlenveränderungen im Modell beobachtet wurden.

• Unsicherheit Geschiebeaustrag aus Sammler

Im Hochwasserfall kommt es im ansteigenden Ast ab ca. 30 m³/s zum Einstau der Grundöffnung und zum Schließen des Rollschützes im Geschiebesammler und zu einem Rückstau, wodurch im Bereich der Stauwurzel Geschiebe abgelagert wird. Während der Hochwasserspitze wird kein Geschiebe aus dem Sammler ausgetragen und das Geschiebe von oberstrom bis auf Schwebstofffraktionen vollständig zurückgehalten. Im absteigenden Ast senkt sich der Wasserspiegel kontinuierlich ab. Durch das Absenken wird erneut Geschiebe im Sammler mobilisiert. Ab welchem Abfluss Geschiebe ausgetragen wird, kann lediglich abgeschätzt werden und ist abhängig von der Ablagerungsmächtigkeit im Sammler. Je früher es zum Geschiebeaustrag kommt, desto mehr Geschiebe wird während der abklingenden Hochwasserwelle ausgetragen. Während der Versuche wurde der Abfluss, bei dem der Geschiebeaustrag aus dem Sammler beginnt, zwischen 30 und 40 m³/s variiert (Abb. 5, Phase B).

3.2 Resultat der Kalibrierung

Im Rahmen der Vorversuche konnten die Unsicherheiten der Modellierung des Flusssysteme ermittelt werden. Für den abschließenden Kalibrierungsversuch konnte so eine plausible Grundlage für die Definition der oberen Randbedingung und des Sohlenaufbaus ermittelt werden. Der finale Kalibrierungsversuch konnte durch die vorgenommenen Anpassungen die Veränderung der Sohle in der Natur zwischen 2017 und 2020 (Abb. 6, „vermessene Sohle“) im Modell (Abb. 6,

„Scan“) abbilden. Unter den gewählten Randbedingungen ergab sich eine plausible Geschiebebilanz, welche die Sohlenveränderungen bestätigte. In Abb. 6 ist beispielhaft ein Querprofil mit der sich einstellenden Kurvenverkipfung im Bereich der Brücke Bahnhofstraße bei Versuchsbeginn und bei Versuchsende dargestellt.

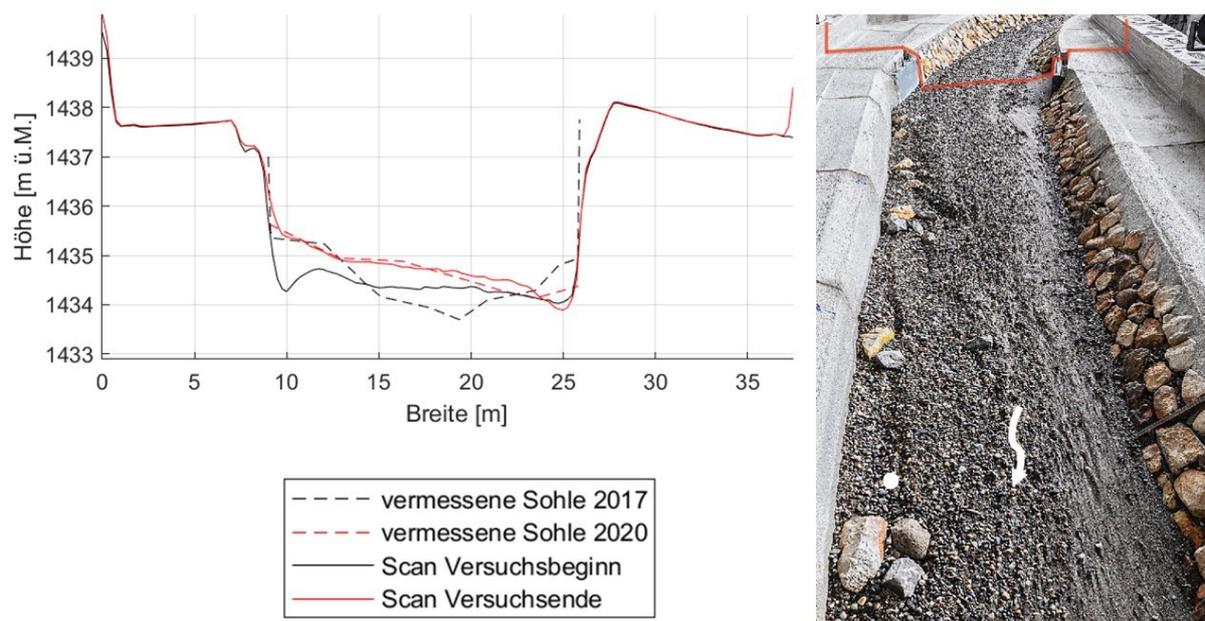


Abb. 6 Links: Querprofil mit Sohlenlagen des Kalibrierversuchs bei Versuchsbeginn und bei Versuchsende; rechts: Überblick der Modellsohle im Bereich der Brücke Bahnhofstraße bei Versuchsende, mit Lage des Querprofils in rot

Durch die Kalibrierung des hydraulischen Modells konnten die erstellte Kornverteilung sowie die im Modell verbaute Rauheit und Topografie plausibilisiert werden. Durch die Versuche konnte ein Systemverständnis gewonnen werden, welches die Grundlage für die Definition der weiteren Szenarien darstellte. Außerdem konnte aufgezeigt werden, dass bereits einzelne, aus ehemaligen Verbauungen noch in der Sohle liegende Blöcke Erosionsprozesse und Sohlenlagen maßgeblich beeinflussen können.

4 Machbarkeitsversuche

Die weiteren Versuche sollen aufzeigen, wie robust sich die Kombination aus seitlicher Notentlastung und neu gebauter Druckbrücke verhält. Es soll zudem geprüft werden, ob sich Rückkopplungen mit den weiteren Brücken im Modellperimeter bzw. ungünstige hydraulische Zustände durch periodisches Umschlagen von Freispiegel- zu Druckabfluss ergeben. Dazu wurden Szenarien ausgearbeitet, welche für die Lastfälle HQ_{100} und HQ_{300} eine Bandbreite an möglichen Abflüssen und Geschiebeeinträgen widerspiegeln.

Grundvoraussetzung für die Definition der Szenarien in diesem Kapitel war die Funktionalität des Geschiebesammlers. Das Versagen des Sammlers bzw. ein Versagen des Rollschützes führt zu einem erhöhten Geschiebeaustrag und wird zu einem späteren Zeitpunkt im Rahmen der Überlastszenarien untersucht.

4.1 Variabilität der Szenarien

Im Hochwasserschutzprojekt von 2009 wurden verschiedene Abflussganglinien abhängig von Dauer und Intensität der vorangegangenen Niederschläge definiert. Bei gleicher Dauer bis zum Spitzenabfluss und identischer Jährlichkeit des Ereignisses kann das Abflussvolumen eines Hochwasserereignis um das Doppelte variieren. Je nach Anstiegsgeschwindigkeit des Abflusses und Dauer des absteigenden Asts variiert die Geschiebezugabe ebenfalls. Mit den gewählten Szenarien soll die gesamte Bandbreite an möglichen Hochwasserereignissen abgebildet werden und so die Robustheit des Entlastungssystems im Hochwasserfall nachgewiesen werden. In Abb. 7 sind die Abfluss- und Geschiebeganglinien der Szenarien A und B dargestellt.

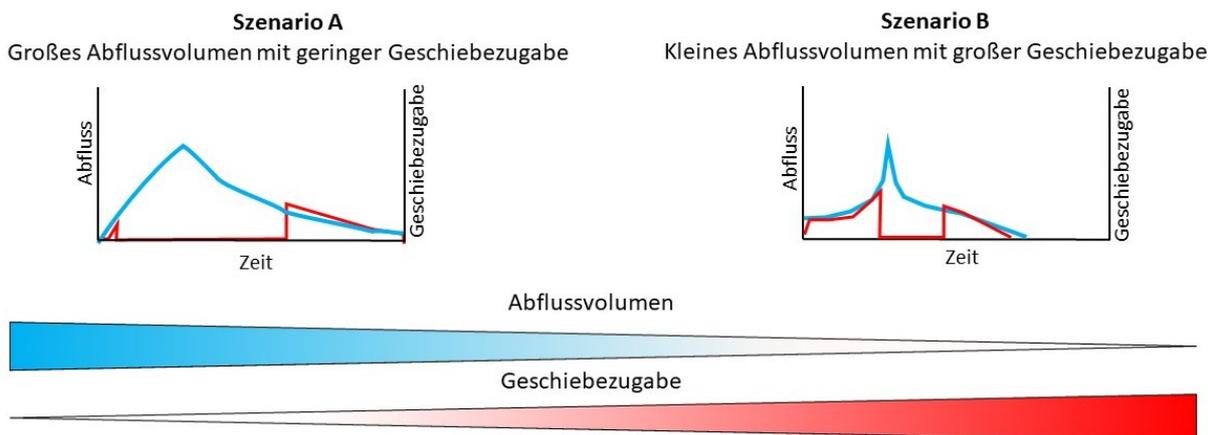


Abb. 7 Visualisierung der möglichen Abfluss- und Geschiebeganglinien im Hochwasserfall bei funktionierendem Rollschütz (noch kein Überlastszenario)

Beide Szenarien wurden mit den Ganglinien eines 100-jährlichen Hochwasserereignisses geprüft. Die Modellversuche konnten zeigen, dass die Variation zwischen Szenario A und Szenario B deutliche Auswirkungen auf die Sohlenlage bei der Hochwasserspitze hat. Im Fall des kontinuierlichen Anstiegs des Abflusses (Szenario A) wird der Zeitpunkt, an dem der Geschiebesammler eingestaut wird, deutlich früher erreicht. Der Abfluss wird dadurch für eine längere Zeit ohne Geschiebezugabe simuliert. In diesem Fall wird Geschiebe aus der Sohle mobilisiert. In großen Teilen des Modells wird dadurch die Sohle im Zeitraum bis zur Hochwasserspitze bereits vollständig bis zur Sohlensicherung erodiert (ca. 1 m unterhalb der Startsohle). Die Ganglinie mit geringerem Abflussvolumen (Szenario B) bleibt länger bei einem mittleren Abfluss, bevor der steile Anstieg bis zum Spitzenabfluss beginnt. Dadurch wird länger Geschiebe durch den Sammler transportiert und die Erosionen im Modellperimeter können großflächig verhindert werden.

Im Versuch der HQ_{100} Ganglinie mit kleinem Abflussvolumen (Szenario B) war die Sohle oberstrom der Druckbrücke nahezu 1 m höher als beim Versuch mit großem Abflussvolumen (Szenario A). Bei gleichem Spitzenabfluss führt die höhere Sohlenlage zu einer entsprechend höheren Wasserspiegellage (vgl. Abb. 8). Da die Wasserspiegellage in direkter Rückkoppelung mit dem entlasteten Abfluss steht, wird im Szenario B bei insgesamt kleinerem Abflussvolumen mehr Abfluss entlastet. Für die Beurteilung der Funktionalität des Systems zeigt sich mit dem Vergleich der beiden Szenarien, dass für die Wasserspiegel Szenario B den kritischen Fall darstellt, dagegen Szenario A für die Belastung der Sohlensicherung maßgebend ist.

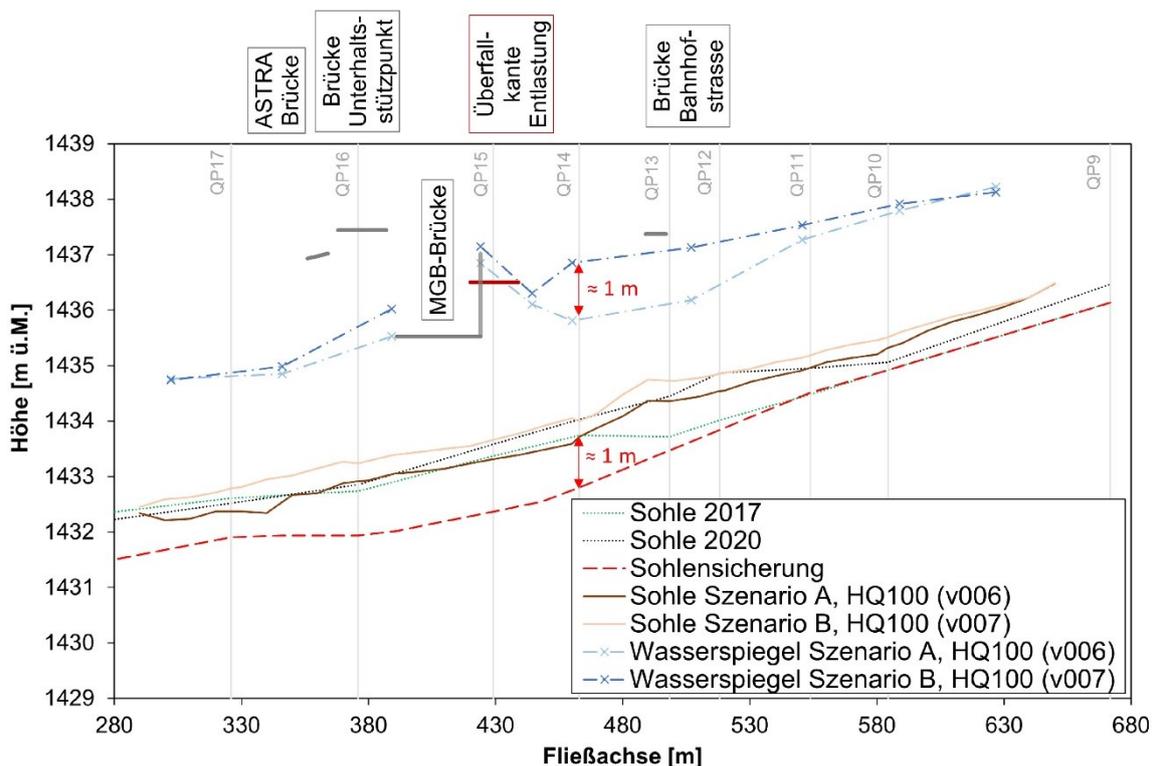


Abb. 8 Längsprofil der Versuche HQ₁₀₀ der Szenarien A und B mit vermessenen mittleren Sohlenlagen zum Versuchsende sowie Wasserspiegellagen während der Hochwasserspitze

4.2 Fazit Machbarkeitsversuche

Mit den Modellversuchen konnte bestätigt werden, dass es zu keinen kritischen Abflusszuständen im Bereich der neu geplanten Brücken und zu keiner Rückkopplung mit anderen Brücken kommt und das System mit den definierten Randbedingungen bis zu einem 300-jährlichen Hochwasserereignis robust funktioniert. Dabei konnte der dimensionierte Ansprungpunkt sowie der Entlastungsabfluss der seitlichen Notentlastung hinreichend genau abgebildet werden. Zusätzlich konnte die Intensitätskarte eines HQ₃₀₀ anhand lokaler Ausuferungen im Modell plausibilisiert werden. Die gemessenen Wellenhöhen am Stauschild der Druckbrücke werden bei der weiteren Planung der Druckbrücke berücksichtigt.

5 Ausblick

Wasserbauliche Maßnahmen stellen immer auch einen ökologischen Eingriff in Fließgewässer dar. Bereits heute ist die Gerinnesohle der Unteralpreuss als Lebensraum im Bereich der bestehenden MGB-Brücke stark beeinträchtigt. Mit der Planung der neuen Druckbrücke sind nun weitere Maßnahmen zur ökologischen Verbesserung dieses Flussabschnitts in Abklärung.

5.1 Verbesserung der aquatischen Längsvernetzung durch Rauheitselemente

Aus hydraulischer Sicht werden ein geschlossenes Tragwerk und glatte Böschungen im Bereich des Gerinnes angestrebt, um Reibungsverluste und die Verkläuserung von mittransportierten großen Feststoffen zu minimieren. Für aquatische Lebewesen stellen Fließabschnitte ohne lokale, strömungsberuhigte Bereiche eine Barriere dar. Durch das Errichten von Strukturelementen in der direkten Umgebung der Druckbrücke und befestigten Störsteine im Ufer unter der Druckbrücke sollen strömungsberuhigte Bereiche geschaffen und die aquatische Längsvernetzung verbessert werden. Die Störsteine unter der Brücke sollen fest verankert werden, so dass nach

Hochwasserereignissen keine aufwändigen Instandhaltungsmaßnahmen notwendig sind. Im Rahmen der Versuche wird untersucht, ob diese geometrischen Veränderungen einen negativen Einfluss auf die Hochwassersicherheit haben. Zusätzlich soll die aquatische Längsvernetzung durch künstliche Beleuchtung oder natürlichen Tageslichteintrag mit Lichtschächten sichergestellt werden.

5.2 Verbesserung der terrestrischen Längsvernetzung durch Längsbermen

Im Bereich der neuen Druckbrücke sind momentan beide Ufer recht steil und stellen damit ein Hindernis für an Land lebende Kleintiere dar. Durch das Errichten künstlicher Wanderkorridore soll die terrestrische Längsvernetzung in diesem Flussabschnitt sichergestellt werden. In den bisherigen Versuchen hat sich gezeigt, dass sich am rechten Ufer eine reproduzierbare, natürliche Kiesbank ausbildet. Mit dem Nachweis, dass Größe und Mächtigkeit den ökologischen Anforderungen entsprechen, könnte damit auf einen künstlichen Wanderkorridor verzichtet werden. Auch hier ist auf einen ausreichenden Lichteinfall zu achten.

Danksagung

Die VAW bedankt sich bei der Matterhorn Gotthard Bahn für die Beauftragung der Studie sowie die gute Zusammenarbeit.

Literatur

IG WBU, 2009. Technischer Bericht zum Bau- und Auflagenprojekt Hochwasserschutz Andermatt, Unteralpreuss, Reuss, Dürstelenbach, Altdorf, 30.11.2009.

Speerli et al., 2022. Pflichtenheft hydraulische Modellversuche Unteralpreuss. Bahnhof Andermatt Projekt-Nr. 410370. Im Auftrag der Matterhorn Gotthard Bahn (MGB).

Anschrift der Verfasser

Marlene Scholz

Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich
Hönggerbergring 26, CH-8093 Zürich
scholz@vaw.baug.ethz.ch

Gabriel Zehnder

Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich
Hönggerbergring 26, CH-8093 Zürich
zehnder@vaw.baug.ethz.ch

Dr. Volker Weitbrecht

Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW), ETH Zürich
Hönggerbergring 26, CH-8093 Zürich
weitbrecht@vaw.baug.ethz.ch

Dr. Jürg Speerli

Ingenieurbüro Speerli GmbH
Fuchsberg 11, 8846 Willerzell
speerli@iswb.ch