

Optimierung der Wirkung gesteuerter Flutpolder am bayerischen Inn mithilfe 2D-HN-Modellierung

Stefan Giehl, Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität München

Veranlassung und Forschungsfragen

Flussbauliche Maßnahmen in den letzten Jahrzehnten und Jahrhunderten haben viele Flüsse weltweit und insbesondere in Europa verändert, Deiche verhindern heutzutage häufig die Überschwemmung ihrer Auen. Diese wurden in der Folge besiedelt, was die Möglichkeiten beispielsweise für die Reaktivierung von Rückhalteräumen, Flutpoldern aber auch für die Verlegung von Deichen und die Wiederherstellung von Auen, begrenzt oder zumindest durch Bebauung, Industrie oder Infrastruktur beeinträchtigt wird. Die verbliebenen Rückhalteräume sollten daher möglichst optimal genutzt werden. Die gesteuerte Flutung von Rückhalteräumen kann ein effektives Mittel sein, um die Spitzen von Hochwasserwellen zu reduzieren, wie Studien am Beispiel von Rhein (Homagk und Bremicker 2006), Elbe (Vorogushyn et al. 2012) oder Donau (Asenkerschbaumer et al. 2012) zeigen. In den meisten Studien wurden potenzielle Maßnahmen für gesteuerten Hochwasserschutz hinsichtlich ihres Potenzials zur Reduktion und zeitlichen Verzögerung von Hochwasserspitzen bewertet, aber zumeist nur in ihrer Wirkung als Einzelmaßnahme analysiert. Die positiven oder auch negativen Effekte von Kombinationen mehrerer Rückhaltmaßnahmen, im speziellen Flutpolder, auf Hochwasserereignisse wurden in der Regel nicht berücksichtigt. Dabei hat sich beispielsweise insbesondere die Kombination mehrerer Flutpolder in einer Kette an der Donau in einer Studie von Giehl et al. (2017) wirksamer als einzelne Flutpolder erwiesen.

Angesichts meist begrenzter (finanzieller) Ressourcen müssen Kosten und Nutzen jeder Maßnahme sorgfältig bewertet werden. Entsprechende Werkzeuge zur Kosten-Nutzen-Analyse sind verfügbar (Merz et al. 2010) und werden heute für geplante Hochwasserschutzmaßnahmen mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad angewendet. Allerdings fehlen für gesteuerten Rückhalt in der Regel systematische Kosten-Nutzen-Analysen (Förster et al. 2005) oder können aufgrund fehlender Daten, Ressourcen und wissenschaftlicher Erkenntnisse nicht im erforderlichen Umfang durchgeführt werden. Meist nahmen oben erwähnte Studien eine theoretisch optimale Steuerung bei vollständiger Kenntnis der Hochwasserwellen und der Retention im Gebiet an. Herausfordernd an der (monetären) Bewertung der Wirkung gesteuerter Retention ist aber beispielsweise die Vielzahl an denkbaren Steuerungen, basierend auf Vorhersagen und der Definition der gewählten Zielfunktion(en). Daher sind unter anderem Methoden einer leicht anwendbaren Schadensbeurteilung und Risikoanalyse auf Fälle, in denen gesteuerter Rückhalt eine entscheidende Rolle für den Hochwasserschutz spielt, bisher nicht verfügbar.

Die Dissertation des Autors soll daher basierend auf einer Fallstudie Empfehlungen für ein integrales Management aller ungesteuerten und gesteuerten Maßnahmen zur Reduzierung potenzieller Schäden im Einzugsgebiet entwickeln. Mithilfe einer zu entwickelnden Methodik zur Risikoanalyse wird eine optimale Betriebsstrategie für steuerbare Maßnahmen wie Flutpolder oder Staustufen festgelegt. Das Optimum hängt dabei von den Orten und dem Schadenspotential der kritischen Bereiche ab, z.B. Siedlungen entlang des Flusses, die allerdings in jedem Einzugsgebiet unterschiedlich sind. Die Strategie sollte anschließend für Anwendungen in anderen Flusssystemen verallgemeinert werden.

Projektgebiet

Die Fallstudie wird an einem Teilabschnitt der beiden großen bayerischen Alpenflüsse Inn und Salzach im Rahmen der „Retentionspotential-Studie am Inn“ durchgeführt (Giehl und Rutschmann 2018). Momentane Überlegungen für ein verbessertes Hochwasserschutzsystem entlang des Flusses umfassen beispielsweise steuerbare seitliche Rückhalteräume (Flutpolder, FP) sowie Deichrückverlegungen (DRV) und die Wiederherstellung von Auen. Zusätzlich könnte eine veränderte Steuerung der Staustufenkette am Inn den Hochwasserrückhalt unterstützen.

Methoden

Die Auswirkungen jeder einzelnen potentiellen Hochwasserschutzmaßnahme werden mithilfe von hydrodynamischen 2D-Modellen (2D-HN) untersucht. Die insgesamt etwa 260 km lange Fließstrecke von Inn und Salzach im Projektgebiet wird mit vier Teilmodellen abgebildet. Herausforderungen bestehen dabei z.B. in einer effektiven Modellstruktur, bestimmt durch die Gebietsgröße und der Anzahl der Varianten; Unsicherheiten der Pegelmessungen; Sohlveränderungen durch Transportprozesse der Feinsedimente; u.ä. (Giehl 2018). Zunächst wurden potentielle Standorte für reaktivierbare Rückhalteräume gesucht, die sich für einen Einsatz als Flutpolder eignen. Die Maßnahmen werden dabei relativ grob in den Modellen implementiert, entsprechend dem Charakter der Studie, die Potentiale aufzeigen soll, aber noch keine Planungen beinhaltet. Die potentiellen Flutpolder werden mit der von Asenkerschbaumer et al. (2012) angewendeten Vorgehensweise an der Donau zunächst hinsichtlich ihrer Einzelwirkung auf den Hochwasserwellenablauf untersucht (vgl. Bild 1), ebenso vereinzelt denkbare DRV. Die vielversprechendsten Standorte werden dann ausgewählt und mit verschiedenen „Kombinationswirkungsanalysen“ untersucht.

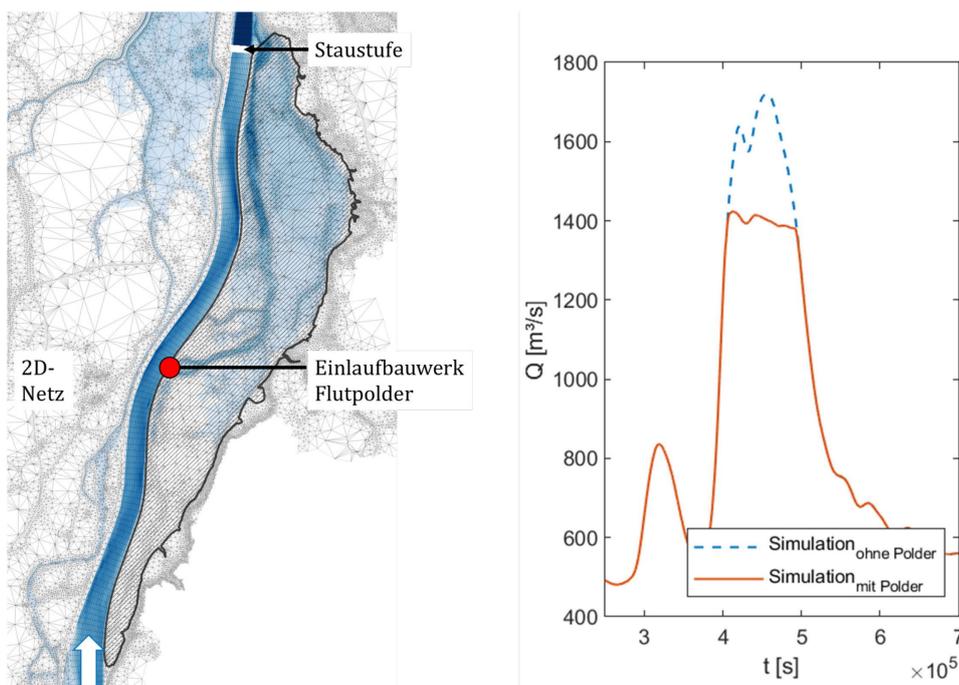


Bild 1: Beispiel für einen potentiellen Flutpolder am Inn mit durch Füllung des Polders veränderter Hochwasserwelle.

Für die Optimierung der Steuerung der potentiellen Flutpolder wird eine Risikoanalyse durchgeführt. Basierend auf den Ergebnissen der 2D-HN-Modellierung (Fließtiefen, -geschwindigkeiten, Einstaudauer), wird das Risiko mithilfe von Schadensfunktionen klassifiziert nach Landnutzungstyp ermittelt (Merz et al. 2010). Betrachtet werden hier nur die direkten Schäden, entsprechend der derzeit verfügbaren Ansätze, Daten und des Zeitrahmens (Apel et al. 2009). Zunächst wird das Schadenspotential bei Hochwasserereignissen verschiedener Jährlichkeiten im heutigen Zustand bestimmt. Dies wird verglichen mit dem Schadenspotential bzw. dessen Verringerung durch Einsatz von Flutpoldern oder anderen Maßnahmen wie Staustufenrückhalt und DRV.

In einem kleinen Trainingsgebiet (Mikro-Skala) wird zuerst die Methodik erarbeitet und die Wahl der Schadensfunktionen überprüft. Zudem müssen die Ergebnisse auf ein gröberes Raster (Meso-Skala) transferiert werden (Bild 2), um die Methodik auf das Gesamtgebiet von ca. 260 Flusskilometern und die Vielzahl von zu erwartenden Kombinationen anwenden zu können. Der Transfer umfasst eine Kalibrierung der detaillierten Schadenfunktionen auf dem Raster und eine Sensitivitätsanalyse, um später ergänzend die Unsicherheiten der Steuerung aufzeigen zu können.

Letztendlich bedarf die Optimierung der Steuerung des Systems der Definition einer oder mehrerer Zielfunktionen. Die Zielfunktionen könnten zum Beispiel lauten: Minimierung des Risikos lokal unterstrom eines oder mehrerer Flutpolderstandorte; „globale“ Minimierung des Risikos im System.

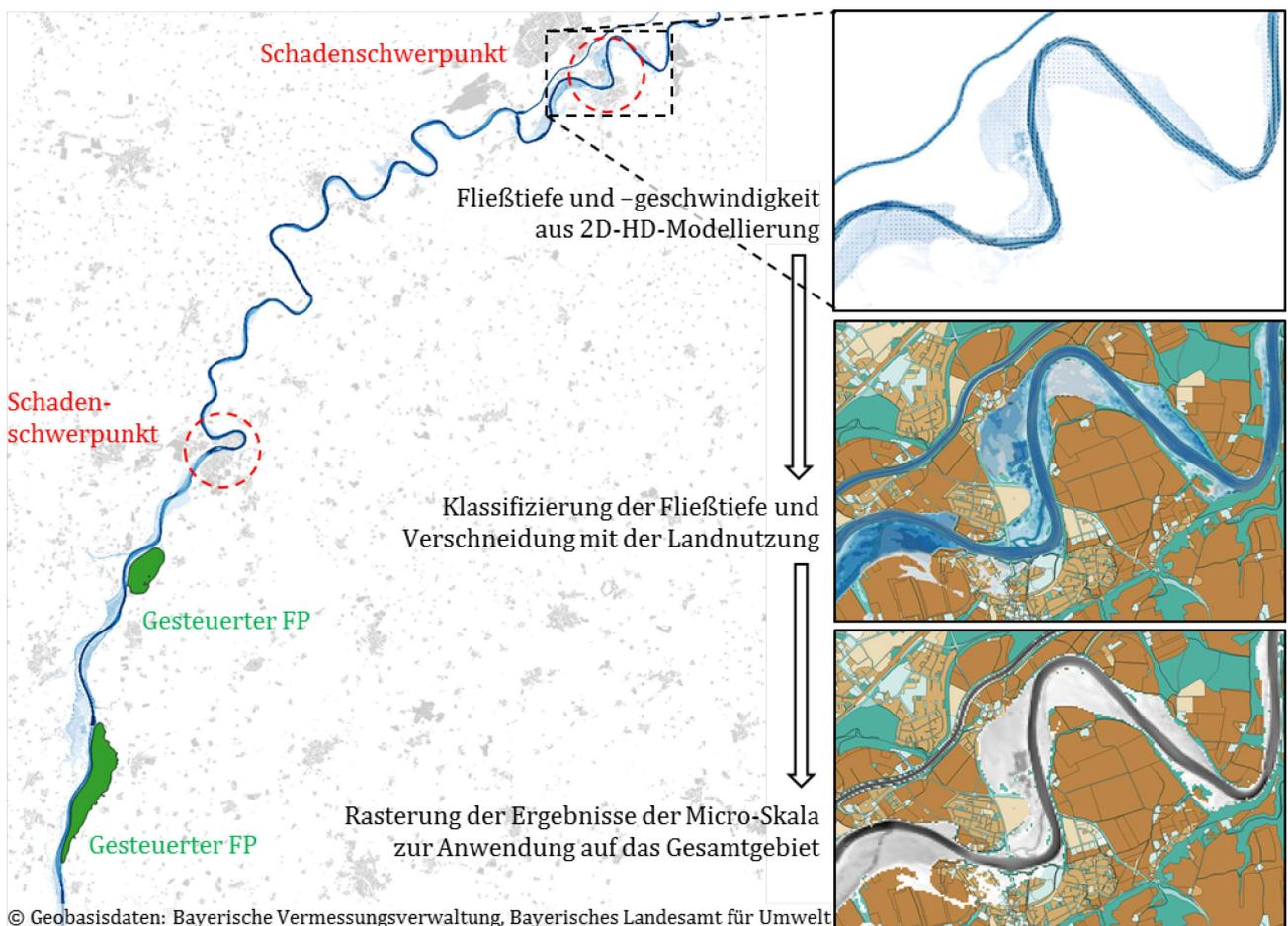


Bild 2: Beispiel für die Prozessierung der Ergebnisdaten zur Risikoanalyse

Ausblick

Momentan werden die bereits gefundenen potentiell für den Hochwasserrückhalt reaktivierbaren Flächen in einem ersten Schritt hinsichtlich ihrer Machbarkeit bewertet und Simulationen verschiedener Hochwasserszenarien im heutigen Zustand durchgeführt. In Kürze folgen die Wirkungsanalysen mit Flutpoldern und die Ermittlung des Risikos.

Die Ermittlung von Hochwasserrisiken wird in den letzten Jahren vermehrt auch umfassend durchgeführt, allerdings hauptsächlich für „einfache Flusssysteme“ ohne Berücksichtigung steuerbarer Elemente des Hochwasserschutzes. Die Verknüpfung verschiedener Steuerstrategien, die mit Hilfe einer 2D-HN-Modellierung entwickelt werden sollen, und einer Hochwasserrisikoanalyse eines Systems von Rückhaltmaßnahmen stellt daher einen neuartigen wissenschaftlichen Ansatz dar.

Literatur

- Apel, H.; Aronica, G. T.; Kreibich, H.; Thielen, A. H. (2009): Flood risk analyses – how detailed do we need to be? In: *Natural Hazards* 49 (1), S. 79–98. DOI: 10.1007/s11069-008-9277-8.
- Asenkerschbaumer, M.; Skublics, D.; Rutschmann, P. (2012): Verzögerung und Abschätzung von Hochwasserwellen entlang der bayerischen Donau. Technische Universität München. München.
- Förster, S.; Kneis, D.; Gocht, M.; Bronstert, A. (2005): Flood risk reduction by the use of retention areas at the elbe river. In: *International Journal of River Basin Management* 3 (1), S. 21–29. DOI: 10.1080/15715124.2005.9635242.
- Giehl, S. (2018): Herausforderungen bei der 2D-HN-Modellierung im Projekt „Retentionspotential-Studie am Inn“. In: B. Lehmann und B. Schmalz (Hg.): Tagungsband zum 20. Treffen junger WissenschaftlerInnen deutschsprachiger Wasserbauinstitute. Darmstadt, 29. bis 31. August 2018. Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische Universität Darmstadt. Darmstadt (Heft 156), S. 168–173.
- Giehl, S.; Rutschmann, P. (2018): Die Retentionspotential-Studie am Inn - Herausfordernde hydraulische und morphologische Fragestellungen. In: N. Schütze, U. Müller, R. Schwarze, T. Wöhling und J. Grundmann (Hg.): *M³ - Messen, Modellieren, Managen in Hydrologie und Wasserressourcenbewirtschaftung. Abstractband. Tag der Hydrologie 2018*. Dresden, 22. und 23. März 2018. Technische Universität Dresden. Dresden, S. 17.
- Giehl, S.; Skublics, D.; Scandroglio, R.; Rutschmann, P. (2017): Vertiefte Wirkungsanalyse zu: „Verzögerung und Abschätzung von Hochwasserwellen entlang der bayerischen Donau“. Schlussbericht Teil I. Technische Universität München. München.
- Homagk, P.; Bremicker, M. (2006): Steuerungsstrategien für die Rückhaltmaßnahmen am Oberrhein. In: *Proceedings zum Kongress Wasser Berlin 2006*. Berlin, 3.-7.04.2006.
- Merz, B.; Kreibich, H.; Schwarze, R.; Thielen, A. (2010): Assessment of economic flood damage. In: *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 10 (8), S. 1697–1724. DOI: 10.5194/nhess-10-1697-2010.

Vorogushyn, S.; Lindenschmidt, K.-E.; Kreibich, H.; Apel, H.; Merz, B. (2012): Analysis of a detention basin impact on dike failure probabilities and flood risk for a channel-dike-floodplain system along the river Elbe, Germany. In: *Journal of Hydrology* 436-437, S. 120–131. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2012.03.006.

