

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Gerke, Eva; Vetsch, David; Boes, Robert

Einlassbauwerke von Retentionsräumen im Nebenschluss von Fließgewässern

VAW Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW)

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/108410>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Gerke, Eva; Vetsch, David; Boes, Robert (2021): Einlassbauwerke von Retentionsräumen im Nebenschluss von Fließgewässern. In: Boes, Robert (Hg.): Wasserbau-Symposium 2021. Wasserbau in Zeiten von Energiewende, Gewässerschutz und Klimawandel. Band 1. VAW Mitteilungen 262. Zürich: ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie. S. 239-247.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.

Verwertungsrechte: CC BY 4.0



Einlassbauwerke von Retentionsräumen im Nebenschluss von Fließgewässern

Intake structures in rivers to withdraw water to off-stream flood retention areas

Eva Gerke, David Vetsch, Robert Boes

Kurzfassung

Retentionsräume im Nebenschluss, sogenannte Flutpolder, werden mit dem Ziel errichtet, einen Teil der Hochwasserwelle zurückzuhalten und so die Hochwasserspitze zu reduzieren. Das Einlassbauwerk zur Flutung des Retentionsraums ist ein wesentlicher Bestandteil eines funktionierenden Rückhaltesystems. Einlassbauwerke können hinsichtlich ihrer Betriebsweise untergliedert werden. Generell werden ungesteuerte, bedingt gesteuerte und gesteuerte Betriebsweisen unterschieden. Welche Betriebsweise für die Rückhaltmassnahme geeignet ist, hängt im Wesentlichen mit der Einsatzhäufigkeit und dem Einsatzziel zusammen. Für die Auswahl der Bau- und Betriebsweise sind einerseits die gewünschte Wirkung und andererseits die lokalen Gegebenheiten miteinzubeziehen.

Abstract

The aim of an off-stream retention area at a river (a so-called flood polder) is to reduce the flood peak by diverting and retaining a part of the flood wave. The inlet structure of the retention area is an important component of a well-functioning flood retention system. In general, there is a distinction between uncontrolled, conditionally controlled, and fully controlled inlet structures. The evaluation of a suitable operation type mainly depends on the frequency of use and the objective of the retention measure. In addition, for an assessment of an appropriate type of inlet structure the local boundary conditions must be taken into account.

1 Einleitung

Der Ausbau von Fließgewässern führte dazu, dass heute vielerorts natürliche Rückhalteflächen für die Dämpfung von Hochwasserabflüssen fehlen. Längsdämme wurden entlang der Flüsse errichtet, um Flächen mit hohem Schadenpotential vor Überflutung zu schützen. Da die Längsdämme auf einen Hochwasserstand einer bestimmten Wiederkehrperiode bemessen sind, birgt das Überschreiten dieses Wasserstands die Gefahr eines unkontrollierten Versagens der Dämme und damit grosser Schäden im Hinterland.

Eine Massnahme zur Vermeidung solcher unkontrollierten Überflutungen ist die Abflusentlastung aus dem Hauptgerinne in eine Retentionsfläche im Nebenschluss, auch Flutpolder genannt. Aufgrund von Nutzungskonflikten mit landwirtschaftlich genutzten Flächen sowie Siedlungs- und Wirtschaftsräumen in Flussniederungen ist die Ausweisung solcher Retentionsflächen nur begrenzt möglich und deren effiziente Nutzung erforderlich. Damit im Hochwasserfall der gesamte Rückhalteraum ausgenutzt werden kann, ist zwischen der Retentionsfläche und dem Fliessgewässer ein Trenndamm angeordnet (Abbildung 1). So steht die Fläche bei normalen Abflussbedingungen trocken und wird erst ab dem Überschreiten des Bemessungshochwasserabflusses geflutet.

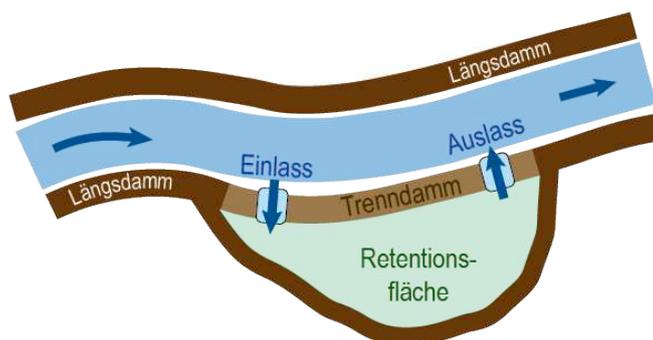


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines Retentionsraums im Nebenschluss

Als Einlassbauwerk kommen diverse Bautypen in Frage, deren Auswahl die Untersuchung verschiedener Varianten unter Berücksichtigung des Einsatzziels der Retentionsmassnahme erfordert. Im Rahmen einer Studie zur Gegenüberstellung von Bauweisen von Einlassbauwerken wurden Daten von Flutpoldern und seitlichen Entlastungen zusammengetragen. Das Ziel war, Erfahrungen mit dem Betrieb und Unterhalt der Einlassbauwerke gegenüberzustellen und darauf aufbauend systematisch Kriterien für deren Bewertung aufzustellen.

2 Einfluss des Einsatzziels auf die Betriebsweise

2.1 Einsatzziel und angestrebte Wirkung

Das Einsatzziel der Retentionsmassnahme und die Bewirtschaftungsstrategie, d.h. die Festlegung für den Beginn der Flutung sowie das Vorgehen zur Füllung des Retentionsraums, sind massgebend für die Dimensionierung des Einlassbauwerks. Retentionsflächen werden zum einen für die Flutung im Überlastfall eingesetzt, um ein Versagen der vorhandenen Hochwasserschutzmassnahmen, z.B. der Längsdämme, zu verhindern. Zum anderen dienen sie fallweise der Kompensation von natürlichen Überschwemmungsflächen, die durch den Gewässerausbau verloren gegangen sind. Retentionsflächen im Nebenschluss werden auf ein Hochwasserereignis einer bestimmten Wiederkehrperiode dimensioniert. Das Bemessungshochwasser haben in der Regel eine Wiederkehrperiode

von 30 oder 100 Jahren oder treten noch seltener ein. Die Einsatzhäufigkeit des Einlassbauwerks hängt damit unmittelbar zusammen.

Mit seitlichen Entlastungen werden je nach Schutzkonzept unterschiedliche Wirkungen unterstrom des Entlastungsbauwerks angestrebt. So können seitliche Entlastungen als Notentlastungsventile wirken, die ab einem definierten Wasserstand anspringen, um sicherzustellen, dass ein bestimmter Grenzabfluss im Unterwasser, z.B. zur Einhaltung des Freibords, eingehalten wird. Demgegenüber wird insbesondere bei verhältnismässig kleinen Rückhalteräumen das Ziel einer möglichst horizontalen Kappung der Hochwasserspitze verfolgt. Entscheidend für die Wirksamkeit der Retentionsmassnahme ist der Verlauf der Hochwasserganglinie und der Abflussfülle. Bei einer steil verlaufenden Abflussganglinie und einem spitzen Scheitel kann mit dem gleichen Retentionsvolumen der Abfluss stärker gedämpft werden als bei einem breiten und langgezogenem Abflussscheitel (Vischer und Hager, 1992).

Für viele Mittellandflüsse wurde anhand unterschiedlicher Hochwasserszenarien das Potential der Abflussdämpfung durch eine gezielte Nutzung der Rückhalteräume analysiert (Förster *et al.*, 2005; Homagk und Bremicker, 2006; Fischer, 2007). Häufig wird eine regulierte Ausleitung aus dem Fliessgewässer in die Retentionsfläche angenommen. Wichtig für die Konzeption der Retentionsmassnahme ist neben der Abflussfülle der Hochwasserwellen und des nutzbaren Retentionsvolumens auch die Betrachtung der Umsetzbarkeit der Betriebsweise des Einlassbauwerks.

2.2 Bewirtschaftungsstrategie und Betriebsweise

Bei den Betriebsweisen werden gesteuerte, bedingt gesteuerte und ungesteuerte Einlassbauwerke unterschieden. Nur eine adaptive, d.h. eine an das Hochwasserszenario angepasste Steuerung des Einlasses, erlaubt eine horizontale Hochwasserscheitelkappung (Abbildung 1, links). Ein gesteuertes Einlassbauwerk ist vergleichbar mit einem gesteuerten Wehr. Zur Abflussregulierung werden Wehrklappen oder Schützen eingesetzt. Die Entscheidungen zur Steuerung des Bauwerks während des Hochwasserrückhalts müssen im Einzelfall abhängig vom Verlauf der Hochwasserganglinie getroffen werden.

Ein bedingt gesteuertes Einlassbauwerk wird ab einem bestimmten Wasserstand an einer Pegelstation oder auch ab einem bestimmten prognostizierten Wasserstand geöffnet und bis zum Abklingen des Hochwassers nicht mehr geschlossen. Eine Steuerung während der Flutung des Retentionsraums ist ebenfalls nicht möglich oder beabsichtigt. Mit dem Einsatz bedingt gesteuerter Bauwerke wird die Wirkung eines Dammbrochs nachgeahmt (Abbildung 1, Mitte). Unkontrollierte Dammbüche zeigten zum Beispiel beim Juni-Hochwasser 2013 bei Fischbeck

an der Elbe oder bei Hofkirchen an der Donau die Dämpfungswirkung solcher unbeabsichtigten seitlichen Entlastungen (BfG, 2013). Eine bedingt gesteuerte Betriebsweise wird etwa mittels Öffnung von Dammscharten durch Sprengung oder Baggerung umgesetzt.

Ein ungesteuertes Bauwerk funktioniert komplett ohne Eingriffe durch den Menschen. Als ungesteuerte Einlassbauwerke kommen Streichwehre oder gegen Erosion geschützte überströmbare Dammsektionen zum Einsatz. Die Entlastung des Abflusses beginnt dann, wenn der Wasserstand im Fluss die Überlaufschwelle des Einlassbauwerks erreicht. Damit im Bemessungshochwasserfall die Abflusskapazität der seitlichen Entlastung für eine wirksame Hochwasserdämpfung ausreicht, muss die Entastung bereits im ansteigenden Ast der Hochwasserwelle beginnen (Abbildung 1, links). Dies erfordert ein im Vergleich zu gesteuerten oder bedingt gesteuerten Einlassbauwerken relativ grosses nutzbares Retentionsvolumen. Die Situation kann durch Einlassbauwerke, deren Kapazität nach Beginn des Überströmens schlagartig erhöht wird, verbessert werden. Dafür können Kippelemente oder erodierbare Dammsektionen eingesetzt werden (Bühlmann und Boes, 2014).

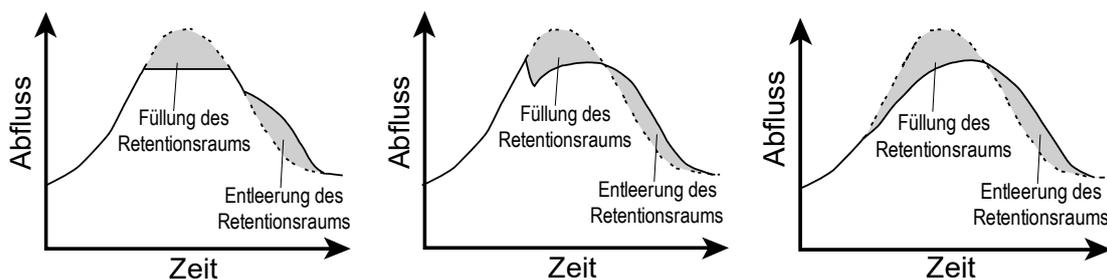


Abbildung 2: Retentionswirkung mit unterschiedlichen Betriebsweisen (- - Abflussganglinie ohne Retentionsmassnahme, — Abflussganglinie mit Retentionsmassnahme); Links: Ge-steuerter Einlass, Mitte: Bedingt gesteuerter Einlass, Rechts: Ungesteuerter Einlass.

3 Voraussetzungen für die Betriebsweise des Einlassbauwerks

3.1 Zielkonflikte hinsichtlich Betriebsweise

An das Einlassbauwerk werden hohe Anforderung bezüglich Betriebssicherheit gestellt, vor allem im Hinblick auf die seltene Nutzung. Robuste Bauweisen ohne Steuerung bieten somit einige Vorteile. Eine effiziente Hochwasserscheitelkap-pung kann hingegen nur mit einer flexiblen Steuerung des Einlassbauwerks er-zielt werden, welche wiederum dem Gedanken einer robusten Bauweise wider-spricht. Um die Zuverlässigkeit von gesteuerten Einlassbauwerken sicherzustel-len, sind daher regelmässige Funktionskontrollen und Einsatzübungen notwen-dig.

Da die Retentionsräume im Nebenschluss durch Trenndämme vom Fließgewässer abgeschnitten sind und die Überflutung statistisch gesehen nur alle 30 Jahre oder noch seltener erfolgt, unterbindet dies eine dynamische Aueentwicklung (Pfarr, 2014). Deshalb werden neben dem Einsatzziel „Rückhalt im Hochwasserfall“ mittlerweile häufig ökologische Flutungen gefordert. Dabei werden die Retentionsflächen regelmässig bereits bei kleinen Hochwasserereignissen durchströmt mit dem Ziel, eine aueähnliche Dynamik nachzuahmen (DWA, 2014). Für die ökologischen Flutungen muss das Einlassbauwerk in der Lage sein, die im Vergleich zum Hochwasserbemessungsabfluss geringen Abflussmengen abzuführen. Dies wird jedoch dadurch erschwert, dass die Einlassbauwerke im Allgemeinen darauf bemessen werden, im seltenen Hochwasserfall rasch eine hohe Leistungsfähigkeit zu erreichen. Zudem werden die Einlassbauwerke erst ab Hochwasserabflüssen mit einer bestimmten Wiederkehrperiode angeströmt, weshalb eine seitliche Entlastung bei kleinen Abflüssen je nach Situation aufgrund der niedrigeren Wasserspiegellagen nicht möglich ist. Aus diesen Gründen wird für ökologische Flutungen häufig ein separates Durchlassbauwerk angeordnet. Um bei einem Bemessungshochwasserereignis für die Entlastung des Hauptgerinnes das gesamte nutzbare Retentionsvolumen ausnutzen zu können, ist bei der Prognose eines entsprechenden Hochwasserereignisses eine Unterbrechung der ökologischen Flutung und eine Entleerung der Retentionsfläche vorzusehen.

3.2 Kriterien für die Wahl einer Betriebsweise

Damit eine bestimmte Betriebsweise umgesetzt und auch erfolgreich für eine wirksame Retention im Hochwasserfall eingesetzt werden kann, sind bei der Konzeption des Einlassbauwerks bestimmte Kriterien zu prüfen. Je komplexer die Betriebsweise ist, desto mehr Kriterien müssen für die Gewährleistung der Funktionsfähigkeit erfüllt sein. Eine horizontale Scheitelkappung mittels ereignisangepasster Steuerung ist nur durchführbar, wenn der Verlauf der Hochwasserganglinie und die Abflussfülle bekannt sind. Dafür ist eine genaue Abflussprognose, die auch bei seltenen Hochwasserereignissen zuverlässig funktioniert, für den Zeitraum des Rückhalts notwendig. Bei Abweichungen des tatsächlichen Abflusses von der Prognose wird die Dämpfungswirkung der gesteuerten Retentionsmassnahme bereits deutlich reduziert (Fischer, 2007). Eine ausreichende Vorwarnzeit ist für die Vorbereitungen einer gezielten Flutung sowie zur Vorhaltung des Personals für die Steuerung erforderlich. Diese Voraussetzung muss auch bei bedingt steuerbaren Einlassbauwerken für die Öffnung des Einlasses erfüllt sein.

Daneben ist die Überwachung des Abflusses im Fließgewässer anhand von Kontrollpegeln und der Füllung des Retentionsraums für eine ereignisangepasste

Steuerung zwingend notwendig. Auch bei Hochwasser müssen die Pegel noch zuverlässig Messwerte liefern. Für den Ausfall der Pegeldaten ist alternativ zur ereignisangepassten Steuerung eine vereinfachte Vorgehensweise vorzusehen, die auch mit dem Ablesen von Lattenpegeln noch bewerkstelligt werden kann.

Die Voraussetzungen für eine bedingt gesteuerte Betriebsweise sind insgesamt weniger komplex als für eine ereignisabhängige Steuerung des Einlasses. Für den Beginn der Flutung des Rückhalteriums werden einfache Regeln in Abhängigkeit von Wasserständen im Hauptgerinne oder, sofern möglich, von prognostizierten Abflüssen in einem bestimmten Zeitraum formuliert.

Die robusteste Betriebsweise wird mit einem ungesteuerten Einlassbauwerk erreicht. Ungesteuerte Einlassbauwerke eignen sich daher vor allem, wenn keine Abflussprognosen in ausreichender Qualität zur Verfügung stehen und aufgrund steiler Abflussganglinien, z.B. in (vor-)alpinen Einzugsgebieten, die Vorwarnzeit bis zum Hochwasser gering ist. Nachteilig ist im Vergleich zu gesteuerten oder bedingt gesteuerten Einlässen allerdings, dass das Anspringen des Einlasses von der Wasserspiegellage im Hauptgerinne abhängt. Auf unterschiedliche Hochwasserszenarien kann bei der Füllung des Retentionsraums nicht reagiert werden.

4 Berücksichtigung der örtlichen Randbedingungen für die Umsetzbarkeit eines Einlassbauwerks

Es ist zu beachten, dass für die Auswahl der Bau- und Betriebsweise eines Einlassbauwerks neben den allgemeinen Vor- und Nachteilen die örtlichen Gegebenheiten eine entscheidende Rolle spielen. Neben der Bauweise sind auch die Anordnung und die Anströmung des Entlastungsbauwerks in die Konzeption mit einzubeziehen.

Fliessgewässer können bei Hochwasser eine beträchtliche Menge an Schwemmholz und Geschiebe mit sich führen. Bei überströmten Bauweisen ist das Abführen von Schwemmholz unproblematisch. Bei gesteuerten Bauweisen können Verklausungen hingegen eine Blockade der Antriebe verursachen, sodass diese nicht mehr bedient werden können. Generell sollte versucht werden, Schwemmholz und Treibgut bereits weiter oberstrom im Fluss zurückzuhalten (z.B. mittels Rückhalterechen (Schmocker und Weitbrecht, 2013), sodass diese nicht bis zum Einlassbauwerk gelangt.

Durch die Abflussentlastung verändert sich die Geschiebedynamik im Fluss. Die Wasserspiegellage an Steuerpegeln ist entscheidend für die Steuerung der Einlassbauwerke. Sohlenlagenänderungen im Bereich des Steuerpegels bewirken jedoch eine Veränderung der Wasserstands-Abfluss-Beziehung. Erosionen am

Steuerpegel würden beispielsweise dazu führen, dass Flutpolder später geflutet würden und der Retentionsraum letztlich nicht ausreichend ausgenutzt würde (Baumgartner *et al.*, 2017). Unmittelbar an der seitlichen Entlastung kommt es aufgrund der Abflussentlastung zu einer reduzierten Sedimenttransportkapazität. Geschiebematerial lagert sich im Gerinneabschnitt unterstrom des Einlassbauwerks ab. Die Auflandungen an der Sohle bedingen einen Rückstauereffekt und somit eine grössere Druckhöhe am Wehrüberfall (Rosier *et al.*, 2008). Vor allem bei ungesteuerten Einlässen ist zu beachten, dass sich die Überfallcharakteristik ändert und die abgeleitete Überfallwassermenge nicht mehr über die Wasserstands-Abfluss-Beziehung im Fluss hergeleitet werden kann.

Die Anströmung ist entscheidend für die hydraulische Leistungsfähigkeit eines Einlassbauwerks. Eine hohe Leistungsfähigkeit wird durch eine frontale Anströmung, z.B. in der Aussenkurve eines Fliessgewässers erreicht. Da Geschiebe eher in der Kurveninnenseite transportiert wird, ist bei Entlastung in der Aussenkurve die Gefahr des Geschiebeeintrags geringer, vor allem, wenn dies erst unterstrom des Krümmungsscheitels erfolgt. Allerdings wird das Schwemmholz eher in der Aussenkurve zum Einlassbauwerk hin transportiert. Allenfalls sind weitere Massnahmen zum Schwemmholzurückhalt vorzusehen, z.B. mittels Tauchwänden und Einlaufrechen.

Vorteilhaft für die Anströmung ist eine Strömungsberuhigung am Einlassbauwerk. Dies hat auch für die Steuerung des Einlasses den Vorteil einer klaren hydraulischen Kontrolle. Eine Strömungsberuhigung ist vorhanden, wenn sich das Einlassbauwerk in einem durch eine Staustufe rückgestauten Flussabschnitt befindet und der Stau durchgehend, auch während des Hochwassers, gehalten wird. Eine Strömungsberuhigung am Einlassbauwerk wird auch erreicht, wenn sich vor dem gesteuerten Retentionsraum ein ungesteuerter Rückhalteraum (z.B. durch eine Deichrückverlegung) befindet (Beispiel Flutpolder Wörth/Jockgrim am Oberrhein, DWA, 2014). Es ist jedoch zu beachten, dass in diesem Fall nicht mehr das ganze Volumen für den gesteuerten Rückhalt zur Verfügung steht.

5 Schlussfolgerungen

Grundsätzlich wird mit Retentionsräumen im Nebenschluss eine möglichst effiziente Hochwasserscheiteldämpfung angestrebt. Die gewünschte Wirkung ist bestimmend für die Bewirtschaftungsstrategie. Unter Beachtung der gegebenen Randbedingungen, insbesondere der Güte der Hochwasserprognose, sollten die Aspekte Flexibilität bei der Steuerung gegenüber der Betriebssicherheit und Robustheit des Bewirtschaftungskonzepts abgewogen werden. Mittels Wirksamkeitsanalysen ist zu prüfen, ob bereits mit einer einfacheren Bewirtschaftungsstrategie, beispielsweise mit festen Vorgaben, eine ähnliche Dämpfungswirkung

im Vergleich zur komplexen Steuerstrategie mit Entscheidungen im Einzelfall erreicht werden kann.

Danksagung

Die VAW bedankt sich beim Bayerischen Landesamt für Umwelt für die Beauftragung der Studie zur Unterstützung der Planung von Flutpolder-Einlassbauwerken und für die gute Zusammenarbeit.

Referenzen

- Baumgartner, K., Gems, B., Walder, S., Auer, F., Federspiel, M., Aufleger, M. (2017). Bedeutung des Geschiebetransportes für die Planung von Hochwasserschutz- und Retentionsmaßnahmen in Talflüssen – Numerische Modellierung des Inns im Tiroler Unterinntal. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft* 69(3), S. 155-170
- BfG (2013). Länderübergreifende Analyse des Juni-Hochwassers 2013. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Bericht BfG-1797
- Bühlmann, M., Boes, R.M. (2014). Lateral flood discharge at rivers: Concepts and challenges. *River Flow 2014*, Taylor & Francis Group, London, S. 1799-1806
- DWA (2014). Flutpolder. DWA-Themen T1/14, DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, Deutschland
- Fischer, M. (2007). Hydrologische Bemessung von Flutpoldern, Steuerung und Wirkungsweise unter Berücksichtigung der Vorhersage. Fachtagung Flutpolder, Hochwasserrückhaltebecken im Nebenschluss, Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität München, Heft Nr. 113
- Förster, S., Kneis, D., Gocht, M., Bronsert, A. (2005). Flood risk reduction by the use of retention areas at the Elbe River. *International Journal of River Basin Management*, Vol. 3, No. 1(2005), S. 21–29
- Homagk, P., Bremicker, M. (2006). Steuerungsstrategien für die Rückhaltemaßnahmen am Oberrhein. *Proceedings zum Kongress Wasser Berlin 2006*, 3. - 7. April 2006
- Pfarr, U. (2014). Erfahrung mit ökologischen Flutungen der Polder Altenheim – Umweltverträglicher Hochwasserschutz im Integrierten Rheinprogramm. *Auenmagazin, Magazin des Auenzentrums Neuburg an der Donau* 06/2014
- Rosier, B., Boillat, J.-L., Schleiss, A. (2008). Berücksichtigung von morphologischen Prozessen bei der Bemessung einer seitlichen Notentlastung an Flüssen. *Wasser Energie Luft* 100. Jahrgang, Heft 1, S. 1-12
- Schmocker, L., Weitbrecht, V., (2013), Driftwood: Risk Analysis and Engineering Measures. *Journal of Hydraulic Engineering*, 139(7), S. 683-695
- Vischer, D., Hager, W.H. (1992). Hochwasserrückhaltebecken. vdf-Verlag, Zürich

Adressen der AutorInnen

Eva Gerke (korrespondierende Autorin)

Dr. David Vetsch, Prof. Dr. Robert Boes

Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH Zürich

CH-8093 Zürich, Hönggerberggring 26

gerke@vaw.baug.ethz.ch