

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Kluckert, Katharina; Seidel Frank

Untersuchung des Einflusses veränderter hydraulischer Randbedingungen auf die Morphodynamik und den Geschiebehaushalt der Alb

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106554>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Kluckert, Katharina; Seidel Frank (2019): Untersuchung des Einflusses veränderter hydraulischer Randbedingungen auf die Morphodynamik und den Geschiebehaushalt der Alb. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): 21. Treffen junger WissenschaftlerInnen. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 45-52.

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.



Untersuchung des Einflusses veränderter hydraulischer Randbedingungen auf die Morphodynamik und den Geschiebehaushalt der Alb

Katharina Kluckert, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG)

Frank Seidel, Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG)

Veranlassung

Im Zusammenhang mit der Wiederherstellung des 100-jährlichen Hochwasserschutzes an der Alb für die Städte Ettlingen und Karlsruhe wird ein Hochwasserrückhaltebecken (HRB) im Albthal oberstrom von Ettlingen geplant, für das vier verschiedene bauliche Szenarien geprüft und bewertet werden (UNGER ingenieure 2012). Mit dem Betrieb eines HRB im Albthal kann es aufgrund der Kappung des Scheitelabflusses zu einer veränderten Abflussdynamik und zu einer Beeinflussung der Morphodynamik kommen.

Da die Alb aus ökologischer und fischbiologischer Sicht ein wertvolles Gewässer darstellt und hauptsächlich im Albthal bereits eigendynamische Entwicklungsbereiche der Alb identifiziert werden konnten (Renner 2004), muss sichergestellt werden, dass es im Zusammenhang mit dem HRB zu keiner Veränderung der vorhandenen Morphodynamik kommt.

Daher wurde im Auftrag der Städte Ettlingen und Karlsruhe der aktuelle morphologische Zustand der Alb auf einer ausgewählten Strecke unterstrom der geplanten Beckenstandorte dokumentiert und darauf aufbauend der Einfluss des HRB im Albthal auf die Morphodynamik weitergehend untersucht.

Methodik

Für die Dokumentation des morphologischen Zustands der Alb wurde ein an die besondere Fragestellung der morphologischen Aktivität angepasstes Kartierungsverfahren entwickelt und angewendet. Dabei wurden charakteristische Sohlmerkmale und Parameter zur Beschaffenheit des Ufers identifiziert und den Fließabschnitten zugeordnet (vgl. Bild 1). Insgesamt umfasst das Bewertungsverfahren einen Erhebungsbogen mit insgesamt zwölf Parametern der Bereiche Gewässersohle und Ufer sowie eine zusätzlich erstellte Kartieranleitung. Am Ende des Bewertungsverfahrens wurde eine Klassifizierung der Morphodynamik in den jeweiligen Fließabschnitten in morphologisch aktiv/ morphologisch inaktiv vorgenommen (vgl. Bild 1). Die Dokumentation anhand des Kartierungsverfahrens wurde zudem durch eine detaillierte Fotodokumentation ergänzt. Die gewonnenen Daten dienen als Beweissicherung der heutigen Situation und ermöglichen eine qualitative Beschreibung und Bewertung der ökologischen Wertigkeit der jeweiligen Fließabschnitte.

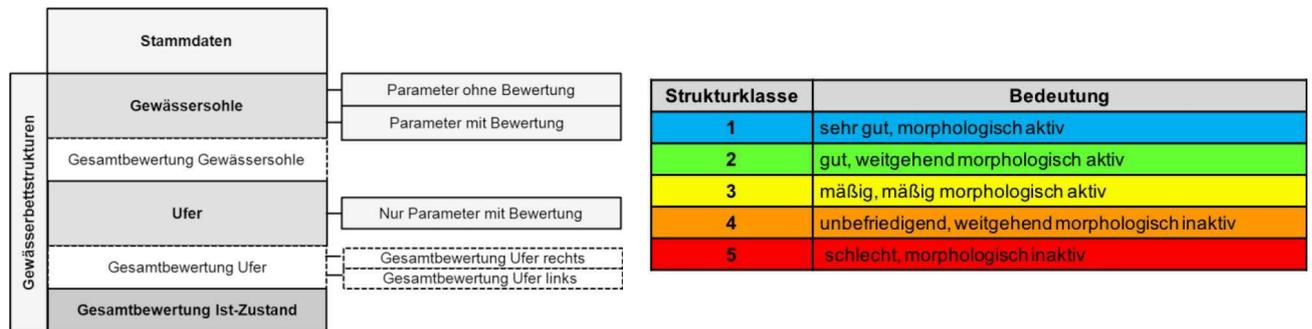


Bild 1: Aufbau des Erhebungsverfahrens mit dazugehörigen Bewertungsstufen und jeweiliger Bedeutung

Im zweiten Schritt wurden aufbauend auf den Ergebnissen einer 2D-hydrodynamisch-numerischen Simulation (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg 2018; UNGER ingenieure & Jestaedt + Partner 2015) die Sohlschubspannungen als Indikator für die Morphodynamik für die jeweiligen Fließabschnitte im heutigen Zustand (Ist-Zustand) und im Planzustand berechnet. Da für den betrachteten Fließabschnitt flächige Schubspannungsdaten für HQ₁₀ und HQ₁₀₀ und dem Planungszustand vorlagen, wurden für die Untersuchung die Schubspannungen im heutigen Zustand bei HQ₁₀ und HQ₁₀₀ mit dem pessimalen HRB-Szenario verglichen. Dadurch konnten diejenigen Fließabschnitte identifiziert werden, deren Abflussdynamik und Morphodynamik infolge des Baus und Betriebs des HRBs beeinflusst werden würden. In einem weiteren Schritt wurde die Größenordnung der Veränderung im Abflussverhalten und der Sohlschubspannungen betrachtet und mit den dokumentierten morphologischen Prozessen in Bezug gesetzt.

Für jeden Fließabschnitt wurde überprüft, ob infolge einer veränderten Abflussdynamik Schwellenwerte für morphologische Prozesse unterschritten werden und ob z.B. die Hochwasserereignisse innerhalb oder außerhalb des bettbildenden Abflussbereiches liegen. Der bettbildende Abfluss dokumentiert den Abflusszustand, der unter Berücksichtigung des Wiederkehrintervalles den signifikantesten Einfluss auf die Erscheinungsform eines Gewässers und die darin stattfindenden morphologischen Effekte, wie z.B. die Weiterentwicklung eines Prallhanges, hat.

Vor der eigentlichen Untersuchung mussten zunächst Randbedingungen aufgestellt sowie Grundlagen für die Berechnungen festgelegt werden. In einem ersten Untersuchungsschritt wurde die Charakteristik des untersuchten Albabschnittes in Bezug auf die Entwicklung der Sohlschubspannung bei einer Steigerung des Abflusses analysiert. Hierzu wurde ein 1DN-Modell auf Basis der vorliegenden Topographiedaten von einem repräsentativen Abschnitt erstellt und der Schubspannungsverlauf analysiert.

Das Sohlmaterial der Alb wurde in dem mit dem 1D Modell abgebildeten Bereich im Zusammenhang mit der Kartierung als Steinsohle mit teilweise vorhandener Abpflasterung und

Deckschichtbildung erfasst. Der für den Bewegungsbeginn einer nicht kohäsiven Sohle relevante Durchmesser liegt hier in der Größenordnung von 5 cm bis 10 cm. In Tabelle 1 sind die kritischen Sohlschubspannungen für verschiedene Korngrößen aufgetragen. Bei der Bewertung des morphologischen Einflusses wurde daher ein besonderer Fokus auf die für den Bewegungsbeginn maßgeblichen Schwellenwerte gelegt. Die Reduzierung der Sohlschubspannung infolge des Beckenbetriebes wurde dann als ökologisch nachteilig erachtet, wenn Schwellenwerte unterschritten werden.

Tabelle 1: Kritische Schubspannungen für einzelne Kornfraktionen (Quelle: Schneider Bautabellen)

Sohlenmaterial	T_{cr} in N/m ²
festgelagerter Sand bzw. feiner Kies	8 - 10
kolloidaler Lehm und Ton	10 - 12,5
Kies, d = 5 bis 10 mm	12,5
Kies, d = 15 mm	15 - 20
Geröll, d = 50 mm	30 - 40
Geröll, d = 50 bis 100 mm	40 - 60
grobe Blöcke	240

Aufbauend auf dieser groben Einschätzung der morphologischen Gegebenheiten und Randbedingungen konnte anschließend der Einfluss des Beckenbetriebes auf die Sohlschubspannungen im Untersuchungsbereich berechnet und analysiert werden.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Dokumentation der heutigen Gewässerstruktur der Alb und deren Nebengewässer Reiherbach und Erlengraben zeigten, dass bei allen drei Gewässern ein mäßig morphologisch aktiver Gesamtzustand (Strukturklasse 3) dominiert (vgl. Bild 2 und 3). Hauptsächlich im Alb tal konnten jedoch auch morphologisch aktive Abschnitte (Strukturklasse 1) identifiziert werden. Einen weitgehend morphologisch inaktiven Zustand wies nur der Erlengraben vor seiner Mündung in die Alb auf. Bei der differenzierten Auswertung der Sohle und des Ufers zeigte sich, dass die relativ schlechte Gesamtbewertung häufig vom Zustand der (verbauten) Ufer dominiert wird und dass die Sohle ein höheres ökologisches Potential besitzt. Zudem konnte sowohl eine breitenentwicklungshemmende als auch eine die morphologische Aktivität fördernde Funktion der Ufergehölze festgestellt werden.

Beim Vergleich dieser kritischen Schubspannungen mit dem Verlauf der Schubspannungen im Untersuchungsgebiet wurde ersichtlich, dass bereits bei einem Abfluss von ca. 25 m³/s in der Alb mit einem einsetzenden Geschiebetrieb zu rechnen ist. Dies entspricht in etwa einem HQ₂.

Die Untersuchung der hydraulischen Randbedingungen der Bewertung ergab, dass sich die vier unterschiedlichen Beckenvarianten nur geringfügig in Bezug auf den Regelabfluss unterscheiden. Die größte Kappung der Hochwasserwelle stellt sich bei der dritten Variante mit einem projektierten Regelabfluss von 46,1 m³/s ein, der als HQ₁₃ (Pegel Ettlingen) einzustufen ist.

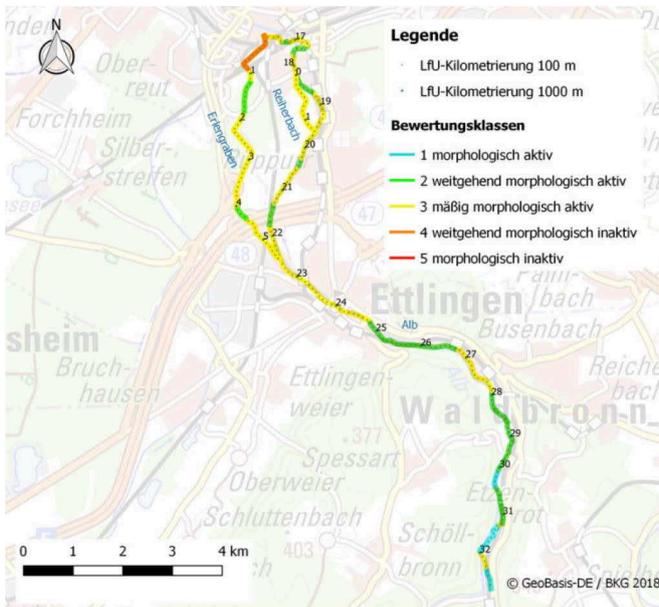


Bild 2: Morphologischer Gesamtzustand der Alb, des Erlengrabens und des Reiherbachs (Hintergrundkarte: TK 50 digital. BKG 2015)

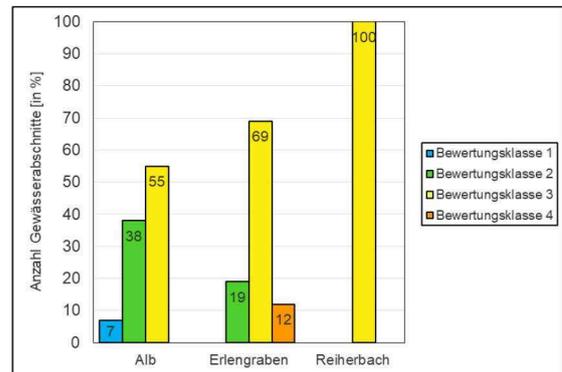


Bild 3: Häufigkeitsverteilung der Bewertungsklassen für den morphologischen Gesamtzustand an den Untersuchungsabschnitten der Alb, des Erlengrabens und des Reiherbachs

In den Bildern 4 und 5 sind exemplarisch für einen Abschnitt der Alb oberstrom der Stadtlage von Ettligen Schubspannungen dargestellt. In Bild 4 sind rechts die Schubspannungen bei HQ_{100} und links die Schubspannungen bei HQ_{10} aufgetragen. Bild 5 zeigt rechts die Schubspannungen bei HQ_{100} und links die Differenz der Schubspannung im Planungszustand verglichen mit dem Ist-Zustand HQ_{100} .

Aus Bild 4 wird ersichtlich, dass sich die Schubspannungen für HQ_{10} und HQ_{100} nur in geringem Maße verändern, was den Betrachtungen zum bettbildenden Abfluss bestätigt.

In der Darstellung der Differenzen der Sohl Schubspannungen (Bild 5, links) ist deutlich zu erkennen, dass über große Strecken hinweg die Sohl Schubspannung bei Betrieb des HRB im Vergleich zum Ist-Zustand HQ_{100} nicht bzw. nur sehr geringfügig verändert ist. In den Bereichen, in denen es eine Verringerung gibt, liegt diese großflächig in der Größenordnung von 0 N/m^2 bis 10 N/m^2 . In einzelnen lokalen Teilbereichen wird eine Verringerung von bis zu 50 N/m^2 ausgewiesen. Die Verschneidung der Ergebnisse der Sohlkartierung mit den Untersuchungen der Schubspannungen ergab zudem, dass die für die Morphodynamik relevanten Schwellenwerte auch bei Betrieb des HRB weiterhin überschritten werden und dass bezüglich der vier untersuchten Beckenszenarien keine wesentlichen Unterschiede vorhanden sind. Unter Hinzuziehung der kartierten Sohlcharakteristik kann aufgezeigt werden, dass die für die Morphodynamik relevanten Schwellenwerte (z.B. für das Aufbrechen der Deckschicht) schon bei Ereignissen $<HQ_{10}$ erreicht werden und dass diese damit unabhängig vom Betrieb eines HRB im Alb tal sind.

Darüber hinaus ist bei der Bewertung zu berücksichtigen, dass bis zum Regelabfluss nicht in das Abflussgeschehen und die Abflussdynamik der Alb eingegriffen wird. Die Regelabgabe liegt bei allen Beckenvarianten in der Größenordnung von HQ₁₃ bis HQ₂₀. Bei Abflüssen > HQ₁₀₀ wird systembedingt ebenfalls nicht in die Abflussdynamik eingegriffen, da dann das HRB in den Hochwasserentlastungsbetrieb geht und keine Retentionswirkung mehr ausübt.

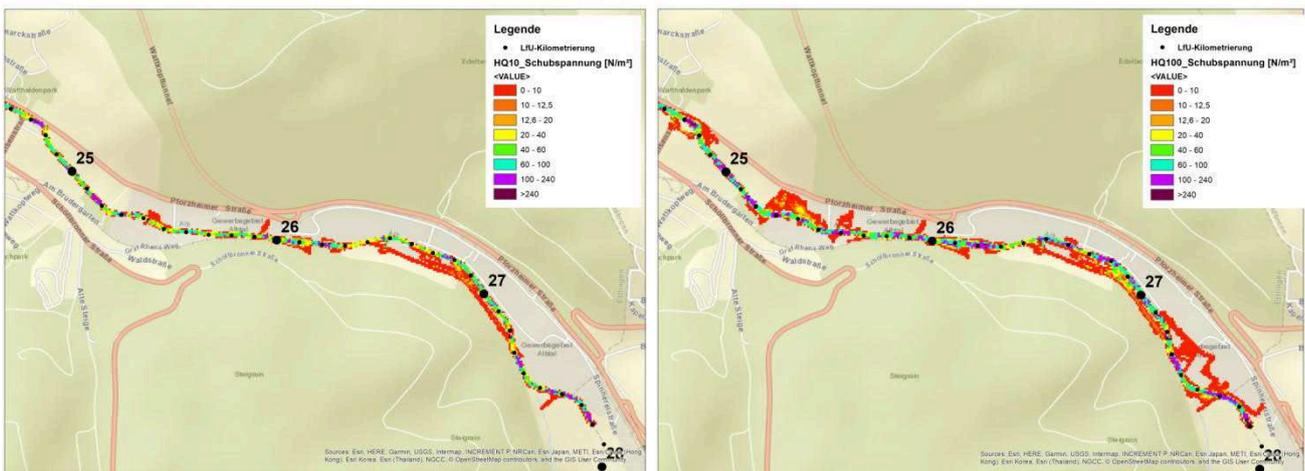


Bild 4: Vergleich Schubspannungen eines Abschnittes oberstrom der Stadtlage von Ettlingen für HQ₁₀ (links) mit HQ₁₀₀ (rechts)

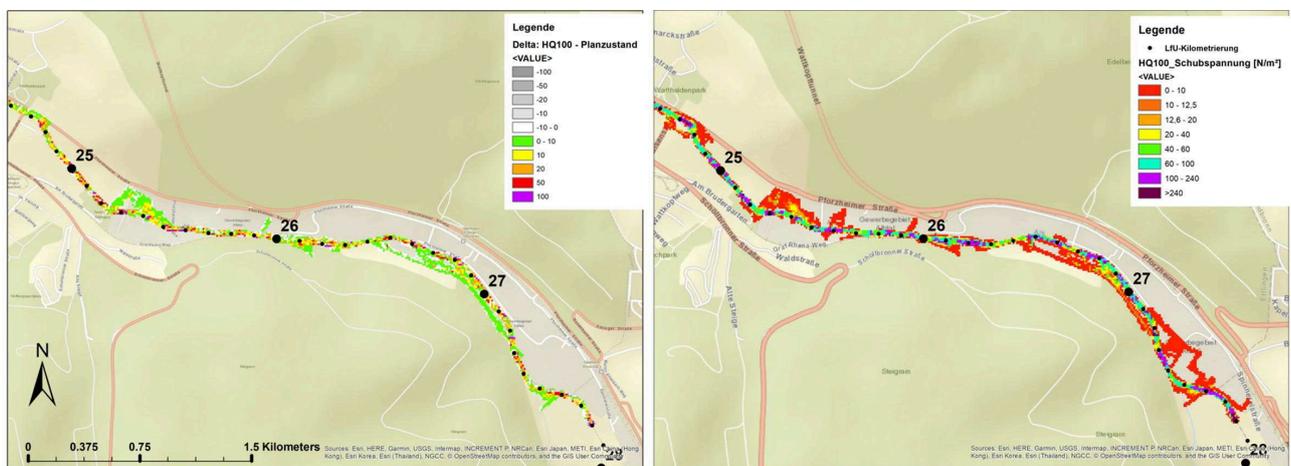


Bild 5: Differenz der Schubspannung Ist-Zustand HQ₁₀₀ und Planungszustand (links); Schubspannungen Ist-Zustand HQ₁₀₀ (rechts)

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde der gewässermorphologische Zustand der Alb und deren Nebengewässer Erlengraben und Reiherbach auf einer ausgewählten Untersuchungsstrecke im Nordschwarzwald und in der oberrheinischen Tiefebene dokumentiert. Dafür wurde ein spezifisch an die Beurteilung der morphologischen Aktivität und des Geschiebehaltungs angepasstes Bewertungsverfahren entwickelt und angewendet. Den Hintergrund dieser Untersuchung stellte

der geplante Bau eines Hochwasserrückhaltebeckens am Beginn des Untersuchungsgebietes im Albtal dar, für den vier unterschiedliche Planungsvarianten vorliegen. Das Projekt könnte die dort stellenweise dokumentierte Morphodynamik und eigendynamische Entwicklung der Alb infolge einer veränderten Abflussdynamik und einer damit einhergehenden möglichen Veränderung des Geschiebehaushaltes negativ beeinflussen. Daher wurde aufbauend auf der Kartierung eine zusätzliche Bewertung des Einflusses des Hochwasserrückhaltebeckens im Albtal auf die Morphodynamik durchgeführt. Grundlage hierfür waren Berechnungen der Schubspannungen im Hochwasserfall auf Basis von 2D- hydrodynamischen Simulationen.

Die entwickelte Kartierungsmethode erwies sich in der Praxis als gut anwendbar. Die Ergebnisse zeigen, dass bei allen drei untersuchten Gewässern ein mäßig morphologisch aktiver Gesamtzustand dominiert. Morphologisch aktive Abschnitte wurden nur im oberstromigen Bereich des Albtals dokumentiert. Anhand der Auswertung der Schubspannungen aus dem numerischen Modell konnte zudem gezeigt werden, dass es zu keiner signifikanten Verminderung der morphologischen Aktivität in Folge des Beckenbetriebs kommt und dass die Schwellenwerte für den Bewegungsbeginn der Größtkörner bzw. für das Aufbrechen der Deckschicht auch im Planungszustand weiterhin überschritten werden.

Die in diesem Projekt weitergehend analysierten Sohlschubspannungen wurden aus dem Datensatz der Berechnungen zu den Hochwassergefahrenkarten (HWGK) extrahiert. Eigene Berechnungen wurden nicht durchgeführt. Unter Beachtung der Tatsache, dass in Baden-Württemberg für über 11.000 Flusskilometer HWGK-Berechnungen vorliegen, zeigt die Untersuchung auch auf, welches Potential in dieser Datenbasis liegt, um neben der Hochwassersituation auch morphologische Fragestellungen zu beantworten.

Literatur

BKG, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2017) (Hrsg.): Digitale Topographische Karte 1 : 250.000 (DTK250). Georeferenzierte Rasterdaten der Karte "Bundesrepublik Deutschland 1 : 250.000" (D250). Online verfügbar unter: <http://www.bkg.bund.de>

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2018): Hochwasser Risikomanagement Baden-Württemberg. Hochwassergefahrenkarten. Umwelt-Daten und – Karten Online (UDO). Stuttgart. Online verfügbar unter: <https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/pages/map/default/index.xhtml>

Renner, J. (2004): Eigendynamische Entwicklung der Alb im Nordschwarzwald. Morphologische Untersuchungen an einem Mittelgebirgsbach im Buntsandstein. (No. Heft 17), Karlsruher Berichte zur Geographie und Geoökologie. Karlsruhe.

Schneider Bautabellen (2018): Bautabellen für Ingenieure mit Berechnungshinweisen und Beispielen, 23. Auflage, Schneider Verlag, ISBN 978-3-8462-0880-9.

UNGER ingenieure & Jestaedt + Partner (2015): HWS Alb. Wiederherstellung des 100-jährlichen Hochwasserschutzes an der Alb für die Städte Ettlingen und Karlsruhe am Standort Spinnerei. Scoping-Verfahren. Unterlagen für die Besprechung des voraussichtlichen Untersuchungsrahmens gemäß § 5 UVPG. Freiburg/Mainz.

UNGER ingenieure (2012): HWS Alb. Wiederherstellung des 100-jährlichen Hochwasserschutzes an der Alb für die Städte Ettlingen und Karlsruhe (Technischer Bericht). unveröffentlicht.

