

Geschiebe und Schwebstoffe berücksichtigen in kleinen und mittleren Gewässerprojekten; Berichte aus der und für die Praxis.

Martin Schibli
Daniel Zimmermann

Zusammenfassung

Seit jeher ist bekannt, dass bei der Gefährdung durch Gewässer nicht nur Wasser, sondern auch das damit transportierte Geschiebe eine massgebende Rolle spielen kann. Traditionellerweise wird dieser Gefährdung hauptsächlich mit Geschieberückhalt und -entnahmen begegnet. Eher wenig bewusst ist man sich, dass auch ein Geschiebemangel zu Problemen führen kann. Das Geschiebe spielt also in vielen Gewässern eine komplexe Rolle. In der Gesetzgebung wird verlangt, dass bei der Renaturierung von Gewässern auch der Geschiebehaushalt «wiederhergestellt» werden soll. Die fachgerechte Umsetzung solcher Massnahmen erfordert ein hohes geschiebetechnisches Fachwissen. Darum stellt der Kanton Zürich den betroffenen Gemeinden eine Fachperson zur Verfügung, welche sie in dieser Thematik berät und begleitet. Erste Beratungen haben gezeigt, dass eine fachliche Unterstützung bei den Gemeinden grundsätzlich begrüsst wird. Erfahrungsgemäss wird das Wissen über den Geschiebetransport resp. -haushalt auf kommunaler Ebene noch zu wenig berücksichtigt. Althergebrachte, «bewährte Lösungen» stehen weiterhin im Vordergrund. Der Beizug einer «Fachperson Geschiebe» auch bei kleinen kommunalen Wasserbauprojekten oder für Optimierungen im Unterhalt hat sich bereits öfters bewährt. Mit Alleingängen im «konventionellen Stil» können die Ansprüche an einen zeitgemässen Wasserbau, insbesondere hinsichtlich Geschiebe, nicht mehr optimal erfüllt werden. Auch eine Zusammenarbeit von lokalen Ingenieuren mit ausgewiesenen Geschiebefachleuten kann durchaus befruchtend sein und zu einer Win-Win-Win-Situation führen.

Keywords

Geschiebe, Geschiebesanierung, Geschiebehaushalt, Geschiebesammler

Considérer le charriage et les matières en suspension dans les projets de cours d'eau de petite et moyenne taille ; rapports de et pour la pratique

Résumé

On sait depuis longtemps que non seulement l'eau, mais aussi le charriage, peuvent jouer un rôle décisif dans les risques posés par les cours d'eau. Traditionnellement, ce risque est principalement contré par la rétention et l'enlèvement des matériaux charriés. On est peu conscient du fait qu'un manque de charriage peut également entraîner des problèmes. Le charriage joue donc un rôle complexe dans de nombreuses cours d'eau.

La législation exige que le régime de charriage soit « rétabli » lors des renaturations de cours d'eau. La mise en œuvre professionnelle de ces mesures nécessite un haut niveau d'expertise en matière de connaissances sur les sédiments. C'est pourquoi le canton de Zurich met à la disposition des communes concernées un expert qui les conseille et les soutient dans ce domaine. Les premières consultations ont montré que le soutien technique est généralement bien apprécié par les communes.

L'expérience a montré que l'on accorde trop peu d'attention aux connaissances sur le transport et le régime de charriage au niveau communal. Les « solutions traditionnelles et éprouvées » viennent toujours au premier plan. L'intervention d'un « expert en charriage », même pour de petits projets d'aménagement hydraulique communal ou pour l'optimisation de l'entretien, a déjà fait ses preuves à de nombreuses reprises. Faire cavalier seul dans le « style conventionnel » n'est plus le meilleur moyen de répondre aux exigences de l'aménagement hydraulique moderne, notamment en ce qui concerne le charriage. La coopération entre les ingénieurs locaux et les experts en charriage peut également être fructueuse et aboutir à une situation win-win-win.

Mots-clés

Charriage, assainissement du charriage, régime de charriage, dépotoir à alluvions.

Tenere conto del materiale solido di fondo e in sospensione in progetti fluviali piccoli e medi; rapporti da e per la pratica

Riassunto

Si è sempre saputo che non solo l'acqua, ma anche il materiale da essa trasportato può giocare un ruolo decisivo nei pericoli posti dai corsi d'acqua. Tradizionalmente, questo pericolo viene contrastato principalmente con la ritenzione e l'estrazione di sedimenti. C'è poca consapevolezza del fatto che anche una mancanza di materiale solido in alveo può portare a dei problemi. Il trasporto solido ha quindi un ruolo complesso in molti corsi d'acqua.

La legislazione richiede che anche il trasporto solido di materiale di fondo venga "ripristinato" quando i corsi d'acqua vengono rinaturati. L'implementazione professionale di tali misure richiede un alto livello di competenza e specializzazione. Per questo motivo, il Cantone di Zurigo mette a disposizione dei Comuni interessati uno specialista che li consiglia e li sostiene in questo ambito. I primi incontri hanno mostrato che il sostegno degli esperti è general-

mente ben accetto da parte dei Comuni.

L'esperienza ha dimostrato che la conoscenza del trasporto solido e della sua gestione non è ancora sufficientemente presa in considerazione a livello comunale. Le "soluzioni tradizionali e collaudate" sono ancora in primo piano. Il coinvolgimento di un "esperto del trasporto solido", anche per piccoli progetti di ingegneria idraulica comunale o per l'ottimizzazione della manutenzione, ha già dimostrato il suo valore molte volte. Scegliere da soli lo "stile convenzionale" non è più il modo migliore per soddisfare le richieste dell'ingegneria idraulica moderna, specialmente per quanto riguarda il materiale solido. La cooperazione tra gli ingegneri locali e gli esperti del trasporto solido può anche essere fruttuosa e portare a una situazione win-win-win.

Parole chiave

Materiale solido, Risanamento del trasporto solido, Camere di ritenuta

Geschiebesanierung auf Gemeindeebene

Seit jeher ist bekannt, dass bei der Gefährdung durch Gewässer nicht nur das Wasser, sondern auch das damit transportierte Geschiebe eine massgebende Rolle spielen kann. Direkt spürbar wird dies insbesondere bei Murgängen, Übersarungen und Schlammablagerungen. Traditionellerweise wird dieser Gefährdung hauptsächlich mit Geschieberückhalt und -entnahmen begegnet. Seit man sich jedoch vertiefter mit dem Thema Geschiebetransport beschäftigt hat, wurde klar, dass das Geschiebe in den Gewässern eine wesentlich komplexere Rolle spielt. So kann neben einem Überschuss an Geschiebe auch ein Geschiebemangel zu einer Gefährdung führen. Zudem bildet die Gewässersohle einen speziellen Lebensraum, dessen Dynamik und Struktur massgeblich durch das Geschiebe resp. den Geschiebetransport geprägt wird. Die bisherigen Erfahrungen mit kommunalen Kleinprojekten an Gewässern haben gezeigt, dass die damit betrauten, oft lokalen Ingenieure als «Allgemeinpraktiker» mit der Geschiebethematik vielfach nicht genügend vertraut oder zumindest nicht mehr auf dem aktuellen Stand der Kenntnisse sind. Zudem ist die Ansicht, klassische Geschiebesammler resp. -entnahmen seien das einzige – oder sicher das beste – Heilmittel gegen Hochwasser- resp. Auflandungen, in der Bevölkerung noch stark verankert. Entsprechend geniessen solche Projekte (vielleicht aber auch wegen der meist weniger aufwendigen Planung) oft eine breitere Unterstützung als zeitgemässe, jedoch weniger verbreitete Ansätze zur Optimierung des Geschiebehaushalts. Schlechte Erfahrungen mit Wasserbauprojekten, in denen dem Geschiebe zu wenig Beachtung geschenkt



Abbildung 2: oberer Geschiebeablagerungsplatz am Dürrbach. |
Figure 2 : Emplacement de dépôt des sédiments en amont sur le Dürrbach.

Da die Gemeinde ein Hochwasserschutz-Gesamtkonzept über alle kommunalen Gewässer am erarbeiten war, wurde als Grundlage für entsprechende Massnahmen am Dürrbach ein vertiefter Bericht zur Geschiebesanierung in Auftrag gegeben. Dieser orientierte sich eng an der Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer, Modul Geschiebehaushalt – Massnahmen, Entwurf V15 vom 08.11.2018 [Hunzinger, BAFU 2018].

Beim Dürrbach handelt es sich um einen Wildbach mit einer tendenziell geraden Gerinneform. Insbesondere in den Arbeitsschritten 1-3 der Vollzugshilfe [Referenzzustand, Geschiebefracht, Sanierungsziel] konnte somit auf detaillierte Geschieberechnungen verzichtet werden. Der Referenzzustand wurde u.a. mit Hilfe historischer Karten festgelegt und der Zielzustand anhand der «erforderlichen Frachten» resp. der aufgrund der Transportkapazität im Unterlauf «zulässigen Frachten» definiert. Hier zeigte es sich, dass «irreversible Veränderungen am Gewässersystem» [im konkreten Fall die Folgen der Gewässerkorrekturen und Entwässerungsmassnahmen in der Linthebene] berücksichtigt werden müssen und dem Hochwasserschutz eine zentrale Rolle zugestanden werden kann. Mit Hilfe einer Geschiebebilanzierung, basierend auf den Transportkapazitäten einzelner Gewässerabschnitte, wurde die Wirkung der beiden Geschiebesammler auf verschiedene Abflussszenarien [bettbildende Abflüsse, Hochwasserereignisse] untersucht.

Es zeigte sich, dass der Einfluss des oberen Sammlers auf den Geschiebehaushalt des Dürrbachs als gering eingestuft werden muss. Seine Funktion beschränkt sich hauptsächlich auf den Rückhalt grösserer Blocksteine aus dem



Abbildung 3: unterer Geschiebeablagerungsplatz am Dürrbach. |
Figure 3 : Emplacement de dépôt des sédiments en aval sur le Dürrbach.

Einzugsgebiet, welche direkt am Hangfuss liegende Gebäude massiv beschädigen könnten. Das Geschiebe, das den Geschiebesammler passiert, genügt jedoch, um die Ziele zu erreichen resp. den naturnahen Zustand zu erhalten. Für diesen Sammler besteht demnach aus ökologischer Hinsicht kein Sanierungsbedarf, aus Gründen des Hochwasserschutzes sollte er jedoch weiterhin in angemessenem Rahmen unterhalten werden.

Der untere Sammler blockiert den natürlichen Geschiebetransport bei Abflüssen kleiner als HQ30 mehr oder weniger vollständig, insbesondere bei bettbildenden Abflüssen. Grundsätzlich besteht für diesen Sammler Sanierungsbedarf, da die natürliche Funktion des Dürrbachs als Fischgewässer verbessert resp. mindestens abschnittsweise wiederhergestellt werden muss. Spätestens im Dorfbereich ist aber eine Geschiebezufuhr aus Gründen des Hochwasserschutzes [Auflandungen] nicht mehr erwünscht. Daher sind Massnahmen zur Sanierung des Geschiebehaushalts unter gleichzeitiger Sicherstellung eines angemessenen Hochwasserschutzes zu planen [resp. vice versa].

Erfahrungen mit dem Geschiebesammler Flibach, Weesen

Im Rahmen der Sanierung des Flibachs im Jahre 2006 wurde das Gerinne im Siedlungsgebiet vollständig saniert und ein zweiter Geschiebesammler gebaut. Die ausgeführten Massnahmen hatten zum Ziel, den Hochwasserschutz im Siedlungsgebiet von Weesen bis zu einem 100-jährlichen Ereignis sicherzustellen und die ökologische Funktionalität des Flibachs soweit wie möglich wiederherzustellen. Nachfolgend werden die Planungsschritte für den Geschiebesammler chronologisch beschrieben:

Abschätzung des Geschiebeaufkommens und -transports für HQ_{30} und HQ_{100}

Das Geschiebeaufkommen wurde mittels Begehungen (Profilaufnahmen und Abschätzung des Mobilisierung- und Ablagerungspotentials pro charakteristischem Abschnitt) und Berechnungen (Geschiebetransportkapazität pro Abschnitt und Jährlichkeit) abgeschätzt. Die angewandte Methodik lehnt sich an das Handbuch «Empfehlung zur Abschätzung von Feststofffrachten in Wildbächen» an [Lehmann, 1996].

Bei steilen Bächen wie beim Flibach werden die Transportkapazitätsformeln von Smart/Jaeggi [1984] und Rickenmann [2014] verwendet. Bei flacheren Gewässern oder über dem Schwemmkegel kann der Ansatz von Meyer-Peter/Müller zur Anwendung kommen. Wichtige Eingangsgrößen für alle drei Ansätze sind eine gewässertypische Hochwasser-Abflussganglinie und die zu erwartende Kornverteilung im laufenden Geschiebe. Ersteres kann aufgrund von Abflussmessdaten vom Gewässer selber oder benachbarten Messstationen mit vergleichbarer Abflussscharakteristik, von Ereignisdokumentationen oder mittels eines Schätzverfahrens z.B. nach Kölla [Lehmann, 1996] abgeleitet werden. Die Kornverteilung lässt sich mit der Linienzahlanalyse nach Fehr oder mit dem vereinfachten Ansatz für Wildbäche nach Böll [1997] ermitteln.

Beim Flibachprojekt wurde zudem eine Sensitivitätsanalyse unter Einbezug eines Starkniederschlags mit hoher Abflussspitze und kurzer Gangliniendauer ($HQ_{100} = 60 \text{ m}^3/\text{s}$, $t = 6\text{h}$) sowie einem langanhaltenden Regenerereignis ($HQ_{\text{Dim}} = 7 \text{ m}^3/\text{s}$ konstant, $t = 72\text{h}$) durchgeführt. Das Langzeitszenario bewirkt im Einzugsgebiet des Flibachs ein erhöhtes Risiko an grossräumigen Rutschungen. Weiter wurden die Unsicherheiten bei der Wirkung der Wildbachsperrern berücksichtigt. Das Resultat der Untersuchung zeigte einen Streubereich des zu erwartenden Geschiebeeintrags in die Projektstrecke von 33'000–46'000 m^3 . Weil die hohen Werte nur mit der Gleichzeitigkeit eines grossen Hangrutsches und/oder einem teilweise Versagen der Sperrern erreicht wird, dürfte die Wahrscheinlichkeit eines hohen Geschiebeeintrags mit einem gleichzeitigen 100-jährlichen Abflussereignis seltener als 1/100 sein. Entsprechend wurde für das Bauprojekt bzw. für die Dimensionierung des Geschieberückhalts der untere Grenzwert der Volumenabschätzung herangezogen: 33'000–35'000 m^3 .

Abschätzung des erforderlichen Rückhaltevolumens

Danach stellte sich die Frage, wieviel Geschiebe muss wirklich zurückgehalten werden, bzw. wieviel Geschiebe vermag der Flibach im neuen Gerinne ohne ergänzende Rückhaltmassnahmen schadlos abzuleiten. Zur Beantwortung dieser Frage wurde die Stelle ermittelt, bei welcher ein

allfälliger Geschiebeausbruch hohe Schäden verursachen würde. Beim Flibach befindet sich diese Schlüsselstelle im Bereich der Kantonsstrassenbrücke. Dort beträgt die Transportkapazität noch ca. 10'000 m^3 . Aufgrund dieser Randbedingung wurde das erforderliche Rückhaltevolumen auf 23'000 bis 25'000 m^3 festgelegt.

Ausbildung und Dimensionierung des Geschiebeablagerungsplatzes

Das grundsätzliche Ziel der Gerinnesanierung war, die geforderte Hochwassersicherheit zu gewährleisten und die ökologische Funktionalität so weit wie möglich wiederherzustellen. Deshalb versuchten wir einen Rückhalt zu entwickeln, welcher ohne Rückhaltesperrern oder -pfähle auskommt. Die Ablagerung soll alleine durch eine Gefällsreduktion und Sohlenverbreiterung ausgelöst werden. Das Geschiebe soll sich so lange ablagern, bis auf dem Schwemmkegel das kritische Verlandungsgefälle erreicht bzw. bis die vom Gefälle direkt abhängige Transportkapazität wieder positiv wird. In einem ersten Schritt haben wir das Ablagerungsvolumen mit den oben erwähnten Transportkapazitätsformeln berechnet und in einem zweiten Schritt die Berechnungsergebnisse mit physikalischen Modellversuchen an der HSR Rapperswil (neu OST) überprüft. Neben dem Ablagerungsverhalten konnten auch das Einlaufbauwerk (Blockrampe $J=20\%$) und die nach dem Ablagerungsplatz folgende Rampenkaskade modelliert und auf deren Stabilität überprüft werden. Die Modellresultate bestätigten das abgeschätzte Ablagerungsvolumen. Bei den steilen Rampen zeigten die physikalischen Modellversuche eine deutlich höhere Belastung am Rampenfuss und einen grösseren Kolk als mit empirischen Ansätzen berechnet, entsprechend wurde dieser deutlich verstärkt und verlängert. Insbesondere betrifft dies die Rampe unmittelbar talseitig des Sammlers. Würde diese kollabieren, käme es zu einer sofortigen Entleerung des im Sammler abgelagerten Geschiebes. So ist auch bei Geschiebeablagerungsplätzen ohne Rückhaltesperrern auf eine stabile Sohlenlage im Bereich des Auslaufbauwerks zu achten.

Ein wesentlicher Vorteil eines nach unten offenen Geschiebeablagerungsplatzes ist, dass Feingeschiebe und Sediment zu einem grossen Teil durchgespült werden, weil kein Einstau bzw. keine Seebildung erfolgt. Primär werden grössere Komponenten zurückgehalten, welche im unteren Abschnitt wegen reduzierter Transportkapazität Probleme verursachen könnten. Der gegen unten offene Sammler wird sich bei kleineren und mittleren Ablagerungen auch wieder selbsttätig entleeren. Dies reduziert den Unterhaltsaufwand. Ein Nachteil ist, dass ein solcher Ablagerungsplatz für gleiches Rückhaltevolumen mehr Raum benötigt als ein Geschiebesammler mit einer Rückhaltesperre.



Abbildung 4: Geschiebeablagerungsplatz Schlifeli am Flibach in Weesen in Flussrichtung. | Figure 4 : Emplacement de dépôt des sédiments Schlifeli sur le Flibach à Weesen dans le sens d'écoulement.



Abbildung 5: Geschiebeablagerungsplatz Schlifeli am Flibach in Weesen aus Drahtsicht. | Figure 5 : Emplacement de dépôt des sédiments Schlifeli sur le Flibach à Weesen, vue par un drone.

Erfahrungen mit dem Sammler

Seit Inbetriebnahme des Sammlers hat sich noch kein Ereignis grösser HQ_{30} ereignet, welches zu einer Überlastung des weiter oben liegenden Geschiebesammlers Mietsack und damit zu einer massgebenden Beschickung des neuen Geschiebeablagerungsplatzes geführt hätte. Im neuen Sammler hat sich in der Zwischenzeit eine naturnahe Sohlenmorphologie mit verzweigtem Gerinne ausgebildet. Im Rahmen einer Abfischung konnten zahlreiche Forellen in diversen Grössen festgestellt werden. Bei häufigen Hochwasserereignissen wirkt der neuen Geschiebeablagerungsplatz eher als Umlagerungsstrecke, entsprechend häufig ändern sich auch die Fliesswege. Der Sammler musste seit Inbetriebnahme noch nie geleert werden. Aufkommen-

de Bestockung stabilisiert die Kiesbänke und wird bis zu einer Stammdicke von ca. 5–6 cm toleriert. Der naturnahe Ablagerungsplatz ist bei Erholungssuchenden beliebt, sei es zum «Sönnele» oder für Kinder mit Affinität für den Wasserbau.

Auswirkungen auf die Deltaentwicklung im Unterlauf

Bei häufigen Hochwasserereignissen transportiert der Flibach das Geschiebe in reduziertem Umfang weiterhin bis zum See und bildet ein Delta. Dieses musste seit Inbetriebnahme einmal bewirtschaftet werden, weil sich eine rückschreitende Auflandungstendenz abzeichnete. In Zusammenarbeit mit den Fachstellen des Kantons St. Gallen und der Gemeinde wurde eine Zielmorphologie für das Delta festgelegt, welche nach einem Eingriff die ökologische Funktion und den Erholungswert auch bereits unmittelbar danach gewährleistet. Durch die Entnahmen wurde somit eine gezielte Morphologie geschaffen. Nach Abschluss des Eingriffs wurde der bearbeitete Bereich mit GPS vermessen und ein 2d-Geländemodell erstellt. Bei zukünftigen Bewirtschaftungsmassnahmen kann dieses Geländemodell einer Unternehmung übergeben werden, welche die Zielmorphologie mit einem GPS-gesteuerten Bagger «wiederherstellen» kann. Dies vereinfacht das Bewilligungsverfahren und ermöglicht eine ausgewogene Bewirtschaftung, welche von allen massgebenden Interessenvertretern getragen wird. Anpassungen aufgrund gemachter Erfahrungen können mit geringem Aufwand in das Geländemodell integriert und bei einem nächsten Eingriff umgesetzt werden.

Erfahrungen bei anderen Geschiebeablagerungsplätzen

Rückhaltesperre mit Dammbalken (Beispiel Schänis)

Der Rückhalt ist sehr effektiv, womit die angestrebte Hochwassersicherheit gewährleistet ist. Durch den Einstau bei hohen Abflüssen oder infolge eines durch Schwemmholz belegten Auslaufs werden jedoch auch Sand und Feingeschiebe zurückgehalten. Die Durchgängigkeit für Feststoffe ist damit deutlich eingeschränkt. Bei solchen Bauwerken ist zu prüfen, ob der Balkenabstand vergrössert werden kann, um während des Ereignisses die Durchgängigkeit für unproblematisches Feingeschiebe sowie eine selbsttätige Entleerung nach grösseren Hochwasserereignissen zu ermöglichen. Bei diesem Beispiel münden zwei Bäche in den Sammler. Der grössere bringt deutlich mehr Geschiebe, fällt jedoch oft trocken. Der kleinere (Mühlebach) führt permanent Wasser und häufig auch Feinsedimente. Letzterer kann im Sammler selbsttätig jedoch kaum eine Niederwasserrinne schaffen. So versickert ein Grossteil des Wassers im Sammler, v.a. in den trockenen Sommermonaten, und das Feinsediment kumuliert sich. Bei Sammlern, welche zwei Bäche mit unterschiedlichen Abflussregimen fassen, sollte geprüft werden,



Abbildung 6: Geschiebeablagerungsplatz Rappenbach/Mühlebach in Schönis aus Drohnensicht. | Figure 6 : Emplacement de dépôt des sédiments Rappenbach/Mühlebach à Schönis, vue par un drone.



Abbildung 7: Geschiebeablagerungsplatz Rappenbach/Mühlebach in Schönis: Dambalkensperre. | Figure 7 : Emplacement de dépôt des sédiments Rappenbach/Mühlebach in Schönis : barrage en poutres.

ob für das kleinere Gewässer am Rande des Geschiebesammlers eine vorgeformte Niederwasserrinne bis in den Unterlauf geführt werden kann, oder dass die Einmündung so nah wie möglich am Auslaufbauwerk positioniert wird, um die wertvolle Durchgängigkeit für Wasser und Feinsedimente zu gewährleisten.

Schlitzsperre mit vorgelagertem Pfahlrechen [Beispiel Uznach]

Beim Geschiebesammler Ernetschwilerbach wurde ein Verengungsbauwerk und davor ein Stabrechen für den Rückhalt von Schwemmholz eingebaut. Dieser Sammler ist bis zu einem gewissen Grad durchgängig. Er erfordert aber regelmässigen Unterhalt, denn sobald sich grössere Schwemmholzmengen ansammeln, bilden diese eine Sperre und halten auch das für den Unterlauf unproblematische Sediment und feineres Geschiebe zurück. In der Folge kommt es zu einer Auswaschung des nachfolgenden Gerinnes und damit zu einer Verarmung des aquatischen Lebensraums. Diese Bauweise

lässt eine Dotierung von geeignetem Geschiebe zu, indem bei Leerung triagiert wird und das geeignete Material talseitig des Stabrechens zur Wiedermobilisierung seitlich angeschüttet werden kann. Das Ablagerungsverhalten wird beobachtet. Falls sich zeigen sollte, dass die Stababstände zu gering sind, können einzelne Stäbe mit einem Greifer entnommen werden. Gleichwohl muss erwähnt werden, dass Anpassungen infolge gemachter Erfahrungen nicht ganz einfach sind, weil die Variabilität der Ereignisabläufe relativ gross ist und sich diese unterschiedlich auf das Ablagerungsverhalten auswirken [Langzeit-, Kurzzeitergebnisse, grosser vs. kleiner Schwemmholtzanfall, etc.]. Entsprechend sollte die Wirkungskontrolle über eine längere Beobachtungsdauer erfolgen.



Abbildung 8: Geschiebeablagerungsplatz Ernetschwilerbach in Uznach aus Drohnensicht. | Figure 8 : Emplacement de dépôt des sédiments Ernetschwilerbach à Uznach, vue par un drone.



Abbildung 9: Geschiebeablagerungsplatz Ernetschwilerbach in Uznach: Verengungsbauwerk mit Pfahlrechen. | Figure 9 : Emplacement de dépôt des sédiments Ernetschwilerbach à Uznach : ouvrage de rétrécissement avec râteau à pieux.

Literaturverzeichnis

- Messner S. [2019]: Geschiebesanierung schafft wertvolle Lebensräume. www.umweltschutz.zh.ch/zup; ZUP Nr. 95
- Hunzinger L. et al. [2018]: Vollzugshilfe Renaturierung der Gewässer, Modul Geschiebehaushalt – Massnahmen [BAFU, Entwurf V15 vom 08.11.2018]
- Zollinger M. [1983]: Die Vorgänge in einem Geschiebeablagerungsplatz: Ihre Morphologie und die Möglichkeiten einer Steuerung, Diss. ETH Nr. 7419, Zürich 1983
- Lehmann Ch. et al., Arbeitsgruppe für operative Hydrologie [1996]: Empfehlungen zur Abschätzung von Feststofffrachten in Wildbächen Teil 1 u. Teil 2, Handbuch, Mitteilung Nr. 4, Landeshydrologie und -geologie, 3003 Bern
- Böll, A. [1997]: Wildbach- und Hangverbau, Berichte der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Nr. 343, 123p.
- Rickenmann, D. [2014]: Methoden zur quantitativen Beurteilung von Gerinneprozessen in Wildbächen, WSL Berichte, Nr. 9, 105p.
- Jäggi, M. [1984]: Bestimmung der Feststofftransportkapazität in Steilgerinnen, Symposium Interpraevent, 10p.

Kontaktadresse

Martin Schibli
c/o Niederer + Pozzi Umwelt AG
Burgerrietstrasse 13
8730 Uznach
055 285 91 80
Martin.Schibli@nipo.ch



Daniel Zimmermann
c/o Niederer + Pozzi Umwelt AG
Burgerrietstrasse 13
8730 Uznach
055 285 91 80
Daniel.Zimmermann@nipo.ch



Begrünungen Hunn
Mit der Natur als Partner

Begrünungen
Samenmatten
Sedumatten

Erosionsschutz
und
Böschungsbegrünung

Begrünungen Hunn AG
Pilatusstrasse 14, 5630 Muri
www.begrueenungen-hunn.ch