

Dimensionierung von Kiesschüttungen

Unterschiedliche Typen von Kiesschüttungen in Mittellandflüssen und steilen Gebirgsflüssen

Bisherige Erfahrungen und Erkenntnisse

L. Vonwiller, F. Friedl, D. F. Vetsch, V. Weitbrecht, R. M. Boes; ETH Zürich-VAW, Zürich (Mittellandflüsse); E. Battisacco, M. J. Franca, A. J. Schleiss; EPFL-LCH, Lausanne (Gebirgsflüsse)

Einleitung

Um dem Geschiebedefizit unterhalb von Staudämmen und Flusskraftwerken entgegenzuwirken, kann das Fliessgewässer mittels Kiesschüttungen mit Geschiebe angereichert werden. Die Hauptziele dabei sind (siehe z.B. Roni *et al.* 2008, Bunte 2004, Kondolf 2004):

- Wiederherstellung der Geschiebedurchgängigkeit
- Aufwertung aquatischer Lebensräume für Fische, Makroinvertebraten und Pflanzen
- Verhinderung einer fortschreitenden Sohlenerosion und Schutz der Flussinfrastruktur

Kiesschüttungen unterscheiden sich in der Art der Einbringung (direkte oder indirekte Kiesschüttung, Abb. 1), im räumlichen Umfang (lokal, Flussabschnitt oder Flusssystem) und im zeitlichen Umfang (einmalige, sich wiederholende Kiesschüttung) (Kondolf 2008, Bunte 2004).

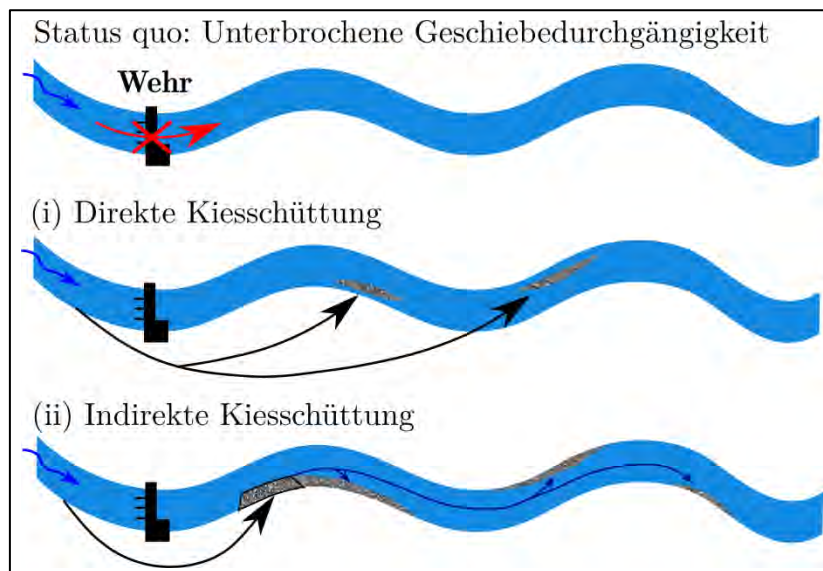


Abb. 1: Direkte und indirekte Kiesschüttung zur Förderung der Geschiebedurchgängigkeit

Direkte Kiesschüttung:

Die morphologischen Strukturen und aquatischen Lebensräume werden direkt an den gewünschten Standorten angelegt und entsprechend geformt. Zum Beispiel können an geeigneten strömungsberuhigten Standorten Geschiebebänke oder Furten (engl. riffle) geschaffen werden, welche den Fischen als Laichplätze dienen. Dieser Ansatz ist je nach Zugang zum Fliessgewässer nur eingeschränkt umsetzbar. Die angelegten morphologischen Strukturen können durch Hochwasserereignisse wieder umgeformt werden.

Indirekte Kiesschüttung:

Die Kiesschüttungen werden an logistisch und hydraulisch geeigneten Standorten vorgenommen. Der Kies kann entweder bei Niedrigwasser in den Fluss (Niedrigwasserkliesschüttung) oder auf die Vorländer (Hochwasserkliesschüttung) geschüttet werden. Ersteres wird eher im Falle von Mittellandflüssen verwendet, letzteres eher im Falle von Gebirgsflüssen. Das Wasser kann das Geschiebe beim vorgesehenen Abfluss mobilisieren und es auf natürliche Weise verteilen.

Die indirekte Kiesschüttung kommt aufgrund der tieferen Kosten, der einfacheren Durchführbarkeit und dem oft beschränkten Zugang zum Fließgewässer häufiger zur Anwendung.

Für eine Abschätzung des Schüttvolumens sollten die jährliche Transportkapazität und der momentane Transport im relevanten Flussabschnitt bestimmt werden. Damit lässt sich das Sedimentdefizit bzw. der zusätzliche Sedimentbedarf abschätzen. Je nach Standort müssen Hochwasserschutzüberlegungen in die Planung der Kiesschüttungen miteinbezogen werden.

Fallstudien – Mittellandflüsse

An der Aare, einem Fluss in der Schweiz, wurden an zwei Standorten Kiesschüttungen vorgenommen (Aarwangen, Deitingen; Schälchli *et al.* 2010). Die Kiesschüttungen wurden im Grundriss als lange Geschiebebank geformt und als seitliche Inseln in der Nähe des Ufers mit der stärkeren Strömung angelegt (Niedrigwasserkliesschüttung). Die Höhe der Geschiebebank war so bemessen, dass sie bereits bei einem kleinen Hochwasserereignis vollständig überströmt wird und dass das Material erodiert und verteilt wird (indirekte Kiesschüttung). Am Standort Deitingen unterhalb des Flusskraftwerks Flumenthal wurde im Jahre 2005 ein Volumen von 12'000 m³ geschüttet. Am Standort Aarwangen unterhalb des Flusskraftwerks Bannwil wurde in den Jahren 2005 und 2010 ein Volumen von 11'000 m³ resp. 10'000 m³ geschüttet (Abb. 2). Das Material für die Kiesschüttung in Deitingen stammte aus dem Geschiebesammler der Mündung der Emme, einem stromaufwärts gelegenen Seitenzubringer. Das Material für die Kiesschüttung in Aarwangen stammte aus einer Kiesgrube, wobei das Feinmaterial ausgesiebt wurde, um eine Trübung des Wassers zu vermeiden. Der maximale Korndurchmesser der Kiesschüttungen in Aarwangen und in Deitingen betrug 50 mm resp. 60 mm. Die Kiesschüttung in Deitingen wurde aufgrund des geringeren Sohlgefälles und der gröberen Kornverteilung langsamer erodiert als die Kiesschüttung in Aarwangen. Das Hauptziel der Kiesschüttungen war die Wiederherstellung der Geschiebedurchgängigkeit und Verbesserung des aquatischen Lebensraumes. Unterhalb der Kiesschüttungen konnte eine höhere Dichte an Äschenlarven *Thymallus thymallus* beobachtet werden (Schälchli *et al.* 2010). Ähnliche Fallstudien wurden an der Moosach, am Lech und an der Isar, im Bundesland Bayern in Deutschland durchgeführt (Pulg 2007).



Abb. 2: Kiesschüttung an der Aare in Aarwangen (Photo: Flussbau AG)

Am Trinity River, einem Fluss im US-Bundesstaat Kalifornien, werden seit 1972 Kiesschüttungen durchgeführt (Krause 2012). Dabei sind die Hauptziele eine Vergrößerung und eine qualitative Aufwertung der Laichgründe für Lachse. Unterhalb des Lewiston Staudamms wird auf einer Flussstrecke von 20 km mit einem durchschnittlichen Gefälle von 0.25% an mehreren Standorten Kies geschüttet. Während der Niedrigwasserperioden werden Niedrigwasserkiesschüttungen vorgenommen, welche durch den Fluss kontinuierlich erodiert und verteilt werden. Während Hochwasserperioden wird zusätzlich Geschiebe mit Hilfe von Baggern zugegeben, welches vom Fluss sofort mitgenommen und verteilt wird (Krause 2012). Beide Geschiebezugaben können als indirekte Kiesschüttung bezeichnet werden. Die jährlich zugegebenen Geschiebevolumen hängen stark vom verfügbaren Wasseraufkommen ab. Jährlich wird durchschnittlich ein Volumen von 1'500 m³ geschüttet, wobei das Geschiebevolumen in wasserreichen Jahren auf bis zu 51'000 m³ ansteigen kann. Das Geschiebe stammt aus lokalen Kiesgruben und weist eine für laichende Lachse geeignete Kornverteilung auf. Im Zuge des Revitalisierungsprojekts *Trinity River Restoration Program* konnten die Laichgründe für Lachse aufgewertet werden. Trotzdem sollen in einer kommenden zweiten Projektphase zusätzliche Anstrengungen unternommen werden, um die Situation weiter zu verbessern (Buffington *et al.* 2014). An der Westküste von Nordamerika sind an mehreren Flüssen Geschiebesanierungsprojekte im Gange, wie z.B. an den Flüssen Merced (Stillwater Sciences 2001, 2002) oder Lower Tuolumne (McBain und Trush 2004).

Am Rhein ist unterhalb der Staustufe Iffezheim ein Sedimentdefizit festzustellen. Um eine weitere Sohlenerosion zu verhindern und die Flussinfrastruktur zu schützen, wird dem betroffenen Flussabschnitt Geschiebe mit Hilfe von Frachtschiffen zugegeben (indirekte Kiesschüttungen). Um die Sohle langfristig zu stabilisieren, müssen die Geschiebezugaben fortlaufend durchgeführt werden. Jährlich werden durchschnittlich zwischen 100'000 m³ und 215'000 m³ Geschiebe eingebracht (WSA 2006, Kondolf 1997, Badische Zeitung 2010). Das Kies-Sandgemisch stammt aus lokalen Kiesgruben. Seit 1991 besteht das Kies-Sandgemisch aus 12 % Sand und Feinanteilen (< 2 mm), 12 % feinem Kies (2-8 mm), 26 % mittlerem Kies (8-16 mm), 25 % mittlerem bis grobem Kies (16-32 mm) und 25 % grobem Kies (BFG 2006).

Ein ähnliches Projekt zur Geschiebereaktivierung wurde an der Elbe zwischen Mühlberg und der Saalemündung durchgeführt (WSV 2008). Seit 1996 wird jährlich ein Kies-Sandgemisch von 30'000 bis 60'000 m³ beigegeben, um eine weitere Sohlenerosion zu verhindern. An der Donau wird unterhalb des Flusskraftwerkes Freudenu (Österreich) versucht, die Flusssohle ausschliesslich durch die Zugabe der groben Kiesfraktionen (40-70 mm) zu stabilisieren (Habersack und Doppler 2011).

Fallstudien – Steile Gebirgsflüsse

Unterhalb des Staudammes Keswick am Sacramento River in Kalifornien wurden zwischen 1978 und 2000 mehr als 230'000 m³ Kies zugegeben. Die Zugaben erfolgten sowohl im Flussbett (Niedrigwasserkiesschüttungen) als auch an den Ufern (Hochwasserkiesschüttungen). Die Korngrößen variierten zwischen 12 und 100 mm. Trotz des grossen finanziellen Aufwandes waren die Ergebnisse nicht zufriedenstellend: Der zugegebene Kies formte keine neuen Sohlstrukturen und wurde schnell stromabwärts transportiert, wobei die zugeführten Volumina nicht auf den Fluss zugeschnitten waren, da in der Planung weder die Transportkapazität noch das für den Fluss notwendige Sedimentvolumen berechnet worden waren (Kondolf und Minear 2000).

In Japan werden Kieszugaben häufig vorgenommen, mit dem Ziel, den Sedimenttransport zu dynamisieren, die natürliche Flussentwicklung zu fördern sowie die Sohlerosion zu verhindern (Ock *et al.* 2013). Mehrere Zugabestellen existieren unterstrom des Staudammes Nunome entlang des Flusses Kozu. Die Korngrößen des zugegebenen Kieses reichen von 0.075 mm bis 19 mm. Die Sedimente werden aus Geschiebesammlern entnommen und als Hochwasserkiesschüttungen entlang der Flussufer platziert.

Eine weitere Studie wurde am Staudamm Murou durchgeführt, der sich am Fluss Uda befindet (Kantoush *et al.* 2010). Der hier zugegebene Kies war feiner als 19 mm und wurde 150 m unterstrom des Staudammes trapezförmig entlang der Ufer platziert (Hochwasserkliesschüttung auf einer Breite von 12 m). Der Kies wurde überspült, wenn der Grundablass des Staudammes $14 \text{ m}^3/\text{s}$ überstieg, wobei der gebräuchliche Restwasserabfluss weniger als $2 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass das zugegebene Sediment zuerst am Fusse der Schüttung erodiert wird. So reduziert sich die Stabilität des verbleibenden Sediments, welches dann teilweise in das Flussbett abrutscht. Dadurch verbessert sich die Überströmbarkeit der Schüttung und in der Folge steigt die Erosionsrate an (Kantoush *et al.* 2010).

Literaturverzeichnis

- Badische Zeitung, 2010, March 24th: Kies-Affäre, Rechnungshof blamiert Gundolf Fleischer, online: <http://www.badische-zeitung.de/suedwest-1/rechnungshof-blamiert-gundolf-fleischer--28719253.html> [30.09.2014]
- Buffington, J., Jordan, C., Merigliano, M., Peterson, J., Stalnaker, C., 2014: Review of the Trinity River restoration program following phase 1, with emphasis on the program's channel rehabilitation strategy. Technical report prepared for Trinity River Restoration Program, California.
- Bunte, K., 2004: State of the Science Review Gravel Mitigation and Augmentation below Hydroelectric Dams: A Geomorphological Perspective. Technical report prepared for Streams Systems Technology Center, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Colorado.
- Habersack, H., Doppler, C. (2011): Sediment management along rivers in Austria. Presentation at International workshop on sediment transport, Platform Water Management in the Alps of the Alpine Conference, 2011, December 16th, Vienna, online: <http://www.alpconv.org/en/organization/groups/WGWater/workshopsediment/Documents/Habersack-BOKU7.pdf>
- Kantoush, S. A., T., Sumi, T., Suzuki, A., Kubota, 2010: Impacts of sediment replenishment below dams on flow and bed morphology of river. First International Conference on Coastal Zone Management of River Deltas and Low Land Coastlines.
- Kondolf, M. G., 1997: Hungry Water: Effects of Dams and Gravel Mining on River Channels. *Environmental Management* 21(4): 533-551.
- Kondolf, M., 2008: Hungry Water: Managing Sediment in Rivers. Presentation, Mekong River Commission (MRC) Sediment Workshop, Vientiane, Lao PDR, 21-22 Oktober 2008, online: http://ns1.mrcmekong.org/download/Presentations/sediment-monitoring/S4_Kondolf_HungryWater_managing%20sediment%20in%20rivers.pdf
- Kondolf, M. G., Minear, T. J., 2004: Coarse Sediment Augmentation on the Trinity River Below Lewiston Dam: Geomorphic Perspectives and Review of Past Projects. Technical report prepared for Trinity River Restoration Program, California.
- Krause, A. F., 2012: History of Mechanical Sediment Augmentation and Extraction on the Trinity River, California, 1912-2011. Technical report prepared for Trinity River Restoration Program, California.
- McBain and Trush, 2004: Coarse Sediment Management Plan for the Lower Tuolumne River. Technical report prepared for Tuolumne River Technical Advisory Committee, Trulock and Modesto Irrigation Districts, USFWS Anadromus Fish Restoration Program, California Bay-Delta Authority.
- Ock, G., T. Sumi, Y. Takemon, 2013: Sediment replenishment to downstream reaches below dams: implementation perspectives. *Hydrological Research Letters*, 54-59.
- Pulg, U., 2007: Die Restaurierung von Kieslaichplätzen. Landesfischereiverband Bayern e.V., München.
- Roni, P., Hanson, K., Beechie, T., 2008: Global review of the physical and biological effectiveness of stream habitat rehabilitation techniques. *North American Journal of Fisheries Management* 28(3): 856-890.
- Schälchli, U., Breitenstein, M., Kirchofer, A., 2010: Kiesschüttungen zur Reaktivierung des Geschiebehaushalts der Aare - die kieslaichenden Fische freut's. *Wasser Energie Luft* 102: 209-213.
- Stillwater Sciences, 2002: Merced River Corridor Restoration Plan.
- Stillwater Sciences, 2001: Merced River Restoration Baseline Studies Volume II: Geomorphic and Riparian Vegetation Investigation report.

Trinity River Restoration Program (TRRP), online: <http://www.trrp.net>

WSA, 2006: Tracerversuch Iffezheim. Wasser- und Schifffahrtsamt Freiburg (WSA), Bundesamt für Gewässerkunde (BFG), Freiburg/Koblenz (in German, unpublished).

WSV, 2008: Sohlstabilisierungskonzept für die Elbe – von Mühlberg bis zur Saalemündung. Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), Bundesanstalt für Gewässerkunde (BFG), Bundesanstalt für Wasserbau (BAW).