

Umleitstollenbetrieb und ökologische Auswirkungen

Auswirkungen von Wasser- und Sedimentpulsen auf den Sedimenttransport und die Flussmorphologie

M. Facchini, A. Siviglia, R. M. Boes; ETH Zürich-VAW, Zürich

Einleitung

Staudämme unterbrechen den natürlichen Geschiebetransport und wirken als Geschiebebarriere. Das zurückgehaltene Geschiebe fehlt dem Fluss stromabwärts. In der Folge tieft sich das Flussbett immer wie mehr ein, und die Morphologie verändert sich entsprechend. Durch Geschiebeschüttungen oder Geschiebeumleitstollen soll die Geschiebedurchgängigkeit an einer Stauanlage wiederhergestellt werden. Dies hat Auswirkungen auf die Morphologie des aquatischen Ökosystems unterhalb der Stauanlage. Durch Geschiebeschüttungen kann dem Fließgewässer neues Geschiebe zugegeben werden. (vgl. Beitrag zur Dimensionierung von Geschiebeschüttungen). Im Gegensatz dazu leiten Geschiebeumleitstollen die Feststoffe (Geschiebe- und Schwebstoffe) um den Stausee um und führen sie somit vom Flussoberlauf direkt dem Flussunterlauf zu. Im besten Fall führt der Umleitstollen zu einer Wiederherstellung der Geschiebedurchgängigkeit und somit zu einer Aufwertung der Morphologie im Flussunterlauf. Im Falle des Geschiebeumleitstollens Asahi in Japan konnte eine Wiederherstellung einer Kolk-Furten-Sequenz erreicht werden (Fukuda *et al.* 2012).



Abb. 1 – Solis Umleitstollen in Betrieb, Kanton Graubünden, Schweiz (Bild A. Schlumpf, VAW)

Sedimentpulse

Hinsichtlich einer ganzheitlichen Gewässerbewirtschaftung sind die Auswirkungen von Geschiebeschüttungen und Geschiebeumleitstollen auf die Morphologie von grossem Interesse (Wohl *et al.* 2005). Die zugeführte Sedimentmenge, der erhöhte Sedimenttransport und die Sedimentwelle, welche sich im Flussabschnitt ausbreitet, können unter dem Begriff *Sedimentpuls* zusammengefasst werden (Humphries *et al.* 2012). Die Auswirkungen eines Sedimentpulses konnten nach dem Betrieb des Solis SBT während dem Hochwasserereignis vom August 2014

beobachtet werden (Facchini *et al.* 2015). Der Sedimentpuls beeinflusst die Flussmorphologie beispielsweise durch Veränderungen der Fließgeschwindigkeit, der Wassertiefe, der Sohl-schubspannung und der Substratzusammensetzung. Durch den verstärkten Sedimenttransport und die hervorgerufenen morphologischen Veränderungen können aquatische Lebensräume (z.B. für Fische oder Makrozoobenthos) geschaffen, aber auch zerstört werden.

Die Auswirkungen von Sedimentpulsen auf die Dynamik der Morphologie wurden bisher hauptsächlich anhand von Laborversuchen untersucht. Ein Sedimentpuls kann sich zum einen durch Translation verschieben oder zum anderen durch Dispersion ausbreiten. Oft überlagern sich diese zwei Prozesse, wobei das Zusammenwirken stark vom zugegebenen Sedimentvolumen und der Korngrößenverteilung abhängt. Die Experimente von Sklar *et al.* (2009) zeigen, dass

- je grösser das zugegebene Sedimentvolumen (relativ zur Gerinnedimension), desto stärker werden die Sedimente durch Dispersion verteilt, womit vor allem die lokale Flussmorphologie beeinflusst wird (siehe auch Lisle *et al.* 1997 und 2001.);
- je feiner die zugegebenen Korngrößen (in Vergleich mit dem bestehenden Sohlenaufbau), desto stärker werden die Sedimente durch Translation verschoben, oft einhergehend mit geringer Dispersion (siehe auch Cui *et al.* 2005).

Einflussgrößen

Neben dem Sedimentvolumen und der Korngrößenverteilung beeinflusst vor allem die Hydrologie den Sedimenttransport (z.B. Abfluss, Form und Dauer der Ganglinie, Zeitdauer zwischen intensiven Ereignissen). Insbesondere die Versuche von Humphries *et al.* (2012) zeigen, dass sich das Material bei konstantem Abfluss vor allem durch Dispersion verteilt und kaum stromabwärts verschiebt (schwache Translation). Hingegen verursachen rasch ansteigende Abflussganglinien eine Verschiebung und eine Dispersion der Sedimente. Flache Abflussganglinien verursachen eine Dispersion, ohne nennenswerte Translation. Im Falle einer dominanten Dispersion sammeln sich die Sedimente an bestehenden morphologischen Strukturen, die Strömung wird abgelenkt und es kommt somit vermehrt zu Seitenerosion und lateraler Gerinneverschiebung (Humphries *et al.* 2012). Die Interaktion von Sedimentpuls und Bettformen wurde von Cui *et al.* (2003) untersucht. Es konnte beobachtet werden, dass Sedimentpulse mit feineren Kornverteilungen bestehende morphologische Strukturen (z.B. Geschiebebänke) schneller abschwemmen.

Nicht zuletzt können sich Schwebstoffe entscheidend auf die Gewässerökologie auswirken. Einerseits kann bereits ein kleines Schwebstoffvolumen (relativ zur Gerinnedimension) zu einem Aufreißen der Deckschicht (2010a Venditti *et al.*) und zur Aufwertung eines verarmten aquatischen Lebensraums beitragen (Venditti *et al.* 2010b. Evans & Wilcox 2014). Andererseits steigt bei hohen Schwebstoffvolumen die Wahrscheinlichkeit der Kolmation der Flusssohle (Schlächli 1992, Brunke & Gonser 1997, Datry *et al.* 2014). Dies führt zur Unterbrechung des vertikalen Wasser- und Nährstoffaustauschs im Hyporheos und hat negative ökologische Konsequenzen (Stanford & Ward 1988 Nogaro *et al.* 2010, Bruno *et al.*, 2010).

Literature references

- Brunke, M., Gonser, T., 1997: The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater, *Freshwater biology*, 37(1): 1-33.
- Bruno, M. C., Maiolini, B., Carolli, M., Silveri, L., 2010: Short time-scale impacts of hydropeaking on benthic invertebrates in an Alpine stream (Trentino, Italy), *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters*, 40(4): 281-290.
- Cui, Y., Parker, G., Lisle, T. E., Gott, J., Hansler-Ball, M. E., Pizzuto, J. E., Allmendinger, N. E., Reed, J. M., 2003: Sediment pulses in mountain rivers: 1. Experiments, *Water Resources Research*, 39(9): 1239.

- Cui, Y., Parker, G., Lisle, T. E., Pizzuto, J. E., Dodd, A. M., 2005: More on the evolution of bed material waves in alluvial rivers, *Earth Surface Processes and Landforms*, 30(1): 107-114.
- Datry, T., Lamouroux, N., Thivin, G., Descloux, S., Baudoin, J. M., 2014: Estimation of sediment hydraulic conductivity in river reaches and its potential use to evaluate streambed clogging, published online: in press.
- Evans, E., Wilcox, A. C., 2014: Fine sediment infiltration dynamics in a gravel-bed river following a sediment pulse, *River Research and Applications*, 30(3): in press.
- Facchini, M., Siviglia, A., Boes R. M., 2015: Downstream morphological impact of a sediment bypass tunnel – preliminary results and forthcoming actions, *International Workshop on Sediment Bypass Tunnels*, ETH Zurich, April 2015.
- Fukuda, T., Yamashita, K., Osada, K., Fukuoka, S., 2012: Study on flushing mechanism of dam reservoir sedimentation and recovery of riffle-pool in downstream reach by a flushing bypass tunnel, *Proc. Intl. Symp. on Dams for a Changing World*, Kyoto, Japan.
- Humphries, R.J., Venditti, J. G., Sklar, L. S., Wooster, J. K., 2012: Experimental evidence for the effect of hydrographs on sediment pulse dynamics in gravel-bedded rivers, *Water Resources Research*, 48(1): W01533.
- Lisle, T. E., Cui, Y., Parker, G., Pizzuto, J. E., Dodd, A. M., 2001: The dominance of dispersion in the evolution of bed material waves in gravel-bed rivers, *Earth Surface Processes and Landforms*, 26(13): 1409-1420.
- Lisle, T. E., Pizzuto, J. E., Ikeda, H., Iseya, F., Kodama, Y., 1997: Evolution of a sediment wave in an experimental channel, *Water Resources Research*, 33(8): 1971 – 1981.
- Nogaro, G., Datry, T., Mermillod-Blondin, F., Descloux, S., Montuelle, B., 2010: Influence of streambed sediment clogging on microbial processes in the hyporheic zone, *Freshwater Biology*, 55(6):1288 - 1302.
- Schälchli, U., 1992: The clogging of coarse gravel river beds by fine sediment, *Hydrobiologia*, 235-236(1): 189 - 197.
- Sklar, L. S., Fadde, J., Venditti, J. G., Nelson, P. A., Wydzga, M. A., Cui, Y., Dietrich, W. E., 2009: Translation and dispersion of sediment pulses in flume experiments simulating gravel augmentation below dams, *Water Resources Research*, 45(8): W08439.
- Stanford, J. A., Ward, J. V., 1988: The hyporheic habitat of river ecosystems, *Nature*, 335(6185): 64 - 66.
- Venditti, J. G., Dietrich, W. E., Nelson, P. A., Wydzga, M. A., Fadde, J., Sklar, L. S., 2010a: Mobilization of coarse surface layers in gravel-bedded rivers by finer gravel bed load, *Water Resources Research*, 46(7), F03039: 1-19.
- Venditti, J. G., Dietrich, W. E., Nelson, P. A., Wydzga, M. A., Fadde, J., Sklar, L. S., 2010b: Effect of sediment pulse grain size on sediment transport rates and bed mobility in gravel bed rivers, *Journal of Geophysical Research*, 115(F3): W07506.
- Wohl, E., Angermeier, P. L., Bledsoe, B., Kondolf, G. M., MacDonnell, L., Merritt, D. M., Palmer, M. A., Poff, N. L., Tarboton, D., 2005: River Restoration, *Water Resources Research*, 41(10): W10301.