Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 91 (1999)
Heft: 11-12

Artikel: Geschiebetransport in Wildbächen mit Sperrentreppen
Autor: Roth, Marcel / Bezzola, Gian Reto
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940096

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 23.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Geschiebetransport in Wildbächen mit Sperrentreppen

Marcel Roth, Gian Reto Bezzola

1. Einleitung

Wildbäche werden im Ober- und Mittellauf vielfach mit Sperren verbaut, um die Tiefen- und Seitenerosion des Bachbetts zu verhindern (ASF, 1973). Dadurch erhalten die rutschgefährdeten Seitenhänge einen sicheren Fuss. Weil eine einzelne Sperre nur einen begrenzten Gerinne- bzw. Hangabschnitt sichert, werden meistens mehrere Sperren als Sperrentreppe hintereinander angeordnet. Die Sperrentreppe bricht das Gefälle und damit die Schleppkraft des Wildbachs. Das Geschiebe kann sich zwischen den Sperren ablagern, wodurch sich die Sohle hebt und den Hangfuss stützt (Vischer und Huber, 1993).

Zur Abschätzung der Mobilisierung und der Verlagerung von Feststoffen in Wildbächen wurden bereits Verfahren erarbeitet und in die Praxis eingeführt (Landeshydrologie und -geologie, 1996, 1999). In Ergänzung dazu hat die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich das numerische Simulationsmodell «Treppe» entwickelt, das speziell zur Bestimmung des Geschiebetransports und der Sohlenveränderungen in Wildbächen geeignet ist, die mit Sperrentreppen verbaut sind. Das Modellkonzept wird im folgenden kurz vorgestellt. Seine Einsatzmöglichkeiten werden anhand eines Fallbeispiels dargestellt.

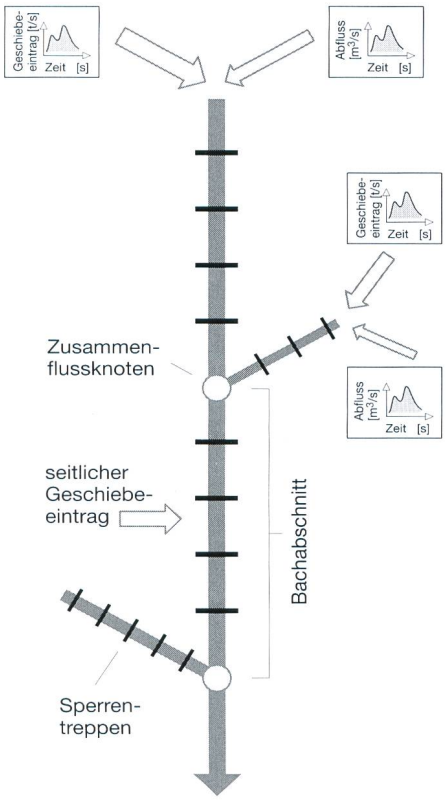

Bild 1. Modellierung eines Bachsystems.

2. Modellbildung

Im numerischen Modell wird die Topologie eines Wildbachsystems mit Hilfe von zwei Konstruktionselementen festgelegt: Sperrenfelder und Zusammenflussknoten. Die Geometrie des verbauten Gerinnes wird durch Sperrenfelder erfasst. Ein einzelnes Sperrenfeld ist durch seine Länge und Breite sowie durch das Ausgangsnettogefälle (Zwischenstreckengefälle) und das Bruttogefälle über die Sperrenkronen hinweg definiert. Innerhalb eines Sperrenfeldes wird die Gerinnebreite als konstant angenommen. Der Modellierung liegt die Vorstellung einer rechteckigen Querprofilgeometrie zugrunde, wobei der Einfluss der Uferberandung auf den Geschiebetransport vorerst vernachlässigt ist. Mehrere Sperrenfelder bilden zusammen einen Bachabschnitt. Die Zusammenflussknoten verbinden mehrere Bachabschnitte. Bild 1 zeigt schematisch die Modellierung eines Bachsystems mit vier Abschnitten und zwei Zusammenflussknoten.

Neben der Ausgangsgeometrie wird jedem Bachabschnitt eine Abflussganglinie zugeordnet. Das Modell eignet sich sowohl für die Untersuchung einzelner zeitlich begrenzter Hochwasserereignisse als auch für die Prognose länger andauernder Entwicklungen des Geschiebehaushalts. An den oberen Rändern des Bachsystems können zeitlich variable Geschiebeeinträge festgelegt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, bei den Sperrenfeldern seitliche Geschiebeeinträge zu definieren. Zur Quantifizierung dieser Geschiebeeinträge müssen vorgängig die beitragenden Feststoffherde und die massgebenden Mobilisierungsprozesse analysiert werden.

3. Berechnungsablauf

In Bild 2 ist der Simulationsablauf für einen einzelnen Bachabschnitt im Flussdiagramm dargestellt. Nach dem Einlesen der Anfangs- und Randbedingungen folgt der eigentliche Rechenvorgang. Die Abflussganglinie wird in vorgegebene Zeitschritte unterteilt (Zeitdiskretisierung). Das Programm beginnt im obersten Sperrenfeld des Bachabschnitts mit der Ermittlung der zeitabhängigen Geschiebetransportraten und der Bilanzierung der Geschiebekubaturen für die gesamte Simulationsdauer. Aus dieser Berechnung resultieren die Sohlenbewegungen im Sperrenfeld sowie der Geschiebeaustrag am unteren Rand des Feldes. Anschliessend wird dieselbe Berechnung für das nachfolgende Feld durchgeführt, wobei der Austrag vom obenliegenden Feld jeweils den Eintrag in das untenliegende bildet. Die Simulation ist abgeschlossen, sobald das unterste Feld des Bachabschnitts erreicht ist.

Das Modell entspricht einer Speicherkaskade, bei der die Sperrenfelder (Zwischenstrecken) als Geschiebespeicher wirken. Der Geschiebeaustrag am unteren Ende eines Sperrenfeldes wird gleich der Transportkapazität auf der dazugehörigen Zwischenstrecke gesetzt. Grundsätzlich kann dazu eine beliebige Geschiebetransportformel verwendet werden. Für Wildbachverhältnisse eignet sich beispielsweise die Formel von Smart und Jäggi (1983).

Bezüglich der Ablagerungs- und Erosionsgeometrie wird angenommen, dass das Nettogefälle innerhalb eines einzelnen Sperrenfeldes gleichmässig und die Sohle eben bleibt. Die Sohle rotiert dabei um den Fixpunkt bei der Überfallkrone der unteren Sperre (vgl.

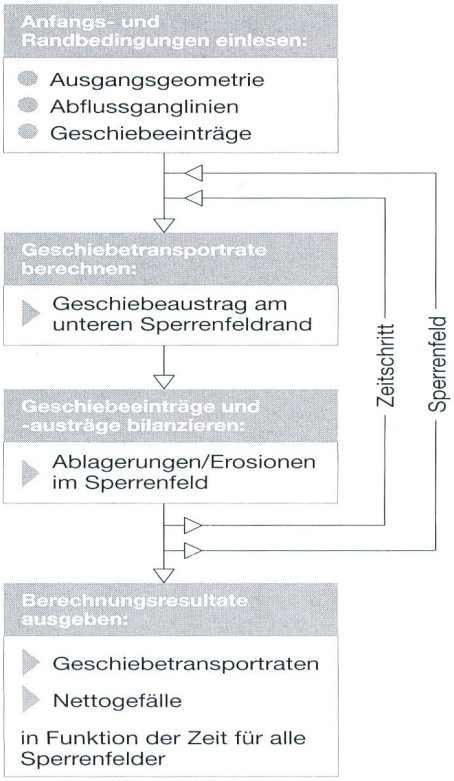

Bild 2. Simulationsablauf beim Programm «Treppe» für einen Bachabschnitt.

Bild 3). Bei einer Erosion kann das Nettogefälle bis auf Null abnehmen, bei einer Auflandung kann die Sohle das Bruttogefälle erreichen. Eine Auflandung über das Bruttogefälle hinaus ist prinzipiell denkbar, in diesem Fall ist aber zu beachten, dass die Sohlenbewegungen sich nach oben auswirken. Bei grossen Bruttogefällen, wie sie in verbauten Wildbächen oft vorkommen, bleibt jedoch das Nettogefälle meist kleiner als das Bruttogefälle.

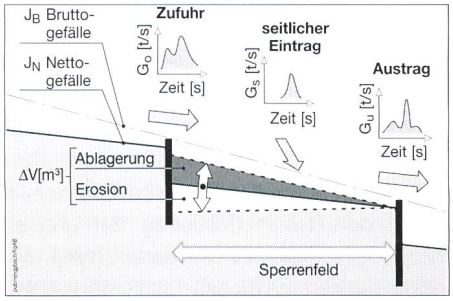

Bild 3. Geschiebebilanzierung innerhalb eines einzelnen Sperrenfeldes.

4. Anwendung

Um die Möglichkeiten des Simulationsmodells zu veranschaulichen, ist in Bild 4 ein hypothetisches Fallbeispiel dargestellt. In diesem Illustrationsbeispiel wird von einer Sperrentreppe mit vier geometrisch identischen Feldern ausgegangen. Die Bruttogefälle betragen 10 %, die Ausgangsnettogefälle 2 %. Die Felder sind je 20 m lang und 7,5 m breit. Simuliert wird ein kurzes Ereignis, bei dem der Abfluss in 7 Minuten von Null auf 10 m^3/s ansteigt, um dann wieder abzuklingen. Die Gesamtdauer des Ereignisses ist auf 20 Minuten begrenzt. Am oberen Rand der Sperrentreppe wird ein intensiver Geschiebeeintrag angenommen. Die Eintragsrate steigt in 7 Minuten von Null auf 1,6 t/s und nimmt bis Ereignisende wieder auf Null ab. Der Geschiebeeintrag verläuft folglich synchron mit dem Abfluss und entspricht ungefähr der Transportkapazität für ein Sohlengefälle von 10 %.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass von den gesamthaft rund 950 t Geschiebe, die in die Sperrentreppe eingetragen werden, nur ungefähr 160 t oder 17 % des Eintrages am unteren Ende der Sperrentreppe ausgetragen werden. Die restlichen rund 790 t Geschiebe lagern sich in den vier Sperrenfeldern ab und führen dort zu einer Vergrösserung der Nettogefälle. Diese Geschiebefrachten entsprechen den Flächen unter den jeweiligen Diagrammkurven der zeitabhängigen Geschiebeführung in Bild 4. Eine genauere Analyse der Resultate zeigt, dass die Felder 1 und 2 bis zum Ende des Ereignisses fast vollständig verlanden, während in den Feldern 3 und 4 Nettogefälle von rund 9 bzw. 8 % erreicht werden. Das Fallbeispiel zeigt weiter, dass Sperrentreppen nicht nur Erosionen des Bachbetts verhindern, sondern auch eine «Dämpfung» des Geschiebetransports bewirken können. Diese Dämpfung wird durch die Speicherung von Geschiebe in den Feldern hervorgerufen. Die Ganglinien der Geschiebeführung zeigen im Fallbeispiel Verläufe, die für Retentionsprozesse charakteristisch sind. So erfolgt der Anstieg der Geschiebeführung zeitlich verzögert, und die Spitzenwerte sind abgemindert.

Nach ersten Testläufen wurde das Programm «Treppe» erfolgreich bei der Untersuchung eines Wildbachsystems im Kanton Luzern eingesetzt (Roth et al., in prep.). Dabei wurden seltene Hochwasserereignisse simuliert, die hohe Spitzenabflüsse erreichen, mehrere Stunden andauern und Geschiebefrachten bis rund 50 000 m^3 transportieren. Das modellierte Gesamtsystem umfasste acht Bachabschnitte mit gesamthaft rund 300 Sperrenfeldern.

5. Folgerungen und Ausblick

Der Bau von Sperrentreppen beeinflusst den Geschiebehaushalt von Wildbächen in vielfältiger Weise. Die Sperren bilden zum einen erosionshemmende Fixpunkte im Bachbett und begrenzen so das mobilisierbare Geschiebepotential, zum andern wirken sie sich auf die Geschiebeführung durch das Füllen und Leeren der «Geschiebespeicher» in den Sperrenfeldern aus. Das Programm «Treppe» eignet sich für die Modellierung der zeitlich veränderlichen Geschiebeführung und Bewirtschaftung der Geschiebespeicher. Das Modellierungskonzept ist programmtechnisch mit geringem Aufwand zu implementieren und berücksichtigt die wichtigsten geschiebetechnischen Prozesse. Die Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie plant, das Modell fortlaufend zu erweitern und die Berechnungsergebnisse mit Beobachtungen in der Natur und in physikalischen Modellversuchen zu vergleichen.

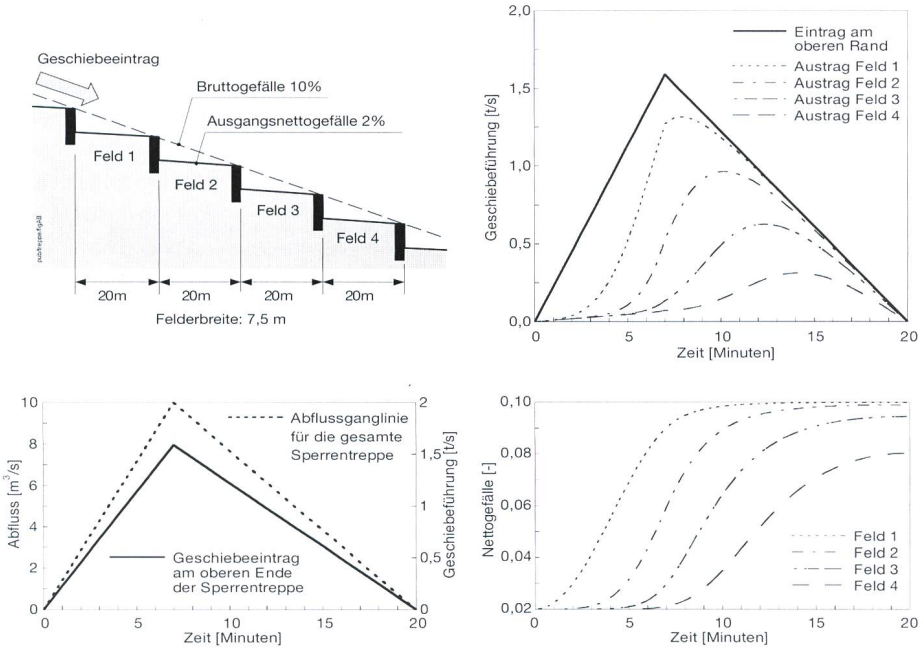

Bild 4. Anwendungsbeispiel für das Simulationsprogramm «Treppe».

Literatur

ASF, Eidg. Amt für Strassen- und Flussbau (heute Bundesamt für Wasserwirtschaft) (Hrsg.) 1973: Dimensionierung von Wildbachsperren aus Beton und Stahlbeton. Richtlinie 1973. EDMZ, Bern.

Landeshydrologie und -geologie (Hrsg.) 1996a: Empfehlung zur Abschätzung von Feststofffrachten in Wildbächen. Teil I, Handbuch. EDMZ, Bern.

Landeshydrologie und -geologie (Hrsg.) 1996b: Empfehlung zur Abschätzung von Feststofffrachten in Wildbächen. Teil II, Fachliche Grundlagen und Fallbeispiele. EDMZ, Bern.

Landeshydrologie und -geologie (Hrsg.) 1999: Feststoffverlagerung in steilen Fliessgewässern. Erhebung und Dokumentation nach Unwetterereignissen. EDMZ, Bern.

Roth, M., Bezzola, G. R., Hunzinger, L., Fäh, R. (in prep.): Risikountersuchung an einem Wildbach bei Luzern. Interpraevent 2000, Klagenfurt.

Smart, G. M., Jäggi, M. 1983: Sedimenttransport in steilen Gerinnen. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Mitteilung 64, ETH Zürich.

Vischer, D., Huber, A. 1993: Wasserbau. Springer-Verlag, Berlin.

Adresse der Verfasser

Marcel Roth, Gian Reto Bezzola, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Gloriastrasse 37/39, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich. E-mail: mroth@vaw.baum.ethz.ch, bezzola@vaw.baum.ethz.ch.