

SEDEX – EINE PRAXISTAUGLICHE METHODIK ZUR BEURTEILUNG DER FESTSTOFFLIEFERUNG IN WILDBÄCHEN

SEDEX – A PRACTICAL TOOL TO ESTIMATE SEDIMENT DELIVERIES IN MOUNTAIN TORRENTS

Eva Frick^{1/2}, Hans Kienholz², Heinz Roth³

ZUSAMMENFASSUNG

Die Beurteilung von Wildbächen erfordert die Erhebung, Analyse und Interpretation zahlreicher Daten und Informationen. Ein wichtiger Bestandteil ist die Abschätzung der Feststofflieferung. SEDEX (SEDiments and EXperts) ist eine neue Methodik zur Herleitung der Feststoff-Szenarien, welche neben den hydrologischen Kenngrössen und dem Verlagerungsprozess bestimmen, mit welchen Prozessen am Kegelhals gerechnet werden muss.

SEDEX führt den Anwender mittels eines Manuals mit Checklisten sowie einer dazugehörigen Software systematisch durch alle Geländeaufnahmen und Auswertungen.

Der Anspruch der Praxistauglichkeit bedingt, dass SEDEX effizient – d.h. innert nützlicher Frist – auf einen Wildbach anwendbar ist. Besonderen Wert wird dabei auf eine gute Nachvollziehbarkeit und hohe Transparenz gelegt. Entscheidend für die Qualität der Beurteilung ist, dass auch Informationen betreffend der Bandbreite der Resultate erhoben werden. Das Bewusstsein für diese Unsicherheiten ist wichtig, wenn die Ergebnisse der Gutachten beispielsweise in der Bemessung von Schutzbauten oder in der Raumplanung umgesetzt werden.

Keywords: Wildbachbeurteilung, Feststofflieferung, praxistaugliches Beurteilungsverfahren, Berücksichtigung der Unsicherheiten

ABSTRACT

For the evaluation of mountain numerous data and information have to be collected, analysed and interpreted. Thereby one important element is the assessment of sediment deliveries. SEDEX, an acronym standing for SEDiments and EXperts, is a project with the aim of

¹ tur gmbh, Promenade 129, CH-7260 Davos-Dorf, Switzerland (phone: +41(0)81 420 15 34, fax: +41(0)81 420 15 32, e-mail: frick@tur.ch)

² University of Bern, Geographical Institute, Hallerstrasse 12, CH-3012 Bern, Switzerland
(e-mail: efrick@giub.unibe.ch, kienholz@giub.unibe.ch)

³ Civil Engineering Office of the Canton of Berne, Department of Flood Protection, Reiterstrasse 11, CH-3011 Bern, Switzerland (e-mail: heinz.roth@bve.be.ch)

designing a practical method to estimate the sediment deliveries for events with certain recurrence periods. This tool needs to be linked with other assessment methods, such as runoff estimation and the debris flow potential.

SEDEX consists of different tools, such as a manual with checklist and a corresponding software. The method is designed to systematically guide a user through all the field work and analysis steps.

The requirement of being a method for practice implies that SEDEX is applicable to a catchment within a short time. This means it has to be a handy and very efficient tool. Furthermore, the new proceeding ensures a good traceability and transparency, which are both essential characteristics in the quality management of a project.

For the quality of the results, exact data is just as important as information about the range of uncertainty. The awareness of uncertainties is crucial when the findings of an expertise are implemented e.g. in the design of countermeasures or land use planning.

Keywords: Assessment of mountain torrents, sediment delivery, practical tool for assessment, awareness of uncertainties.

ZIELSETZUNG

SEDEX verfolgt das Ziel, ein praxistaugliches Beurteilungsverfahren für die Abschätzung von ereignisspezifischen Feststofffrachten in Wildbächen zur Verfügung zu stellen. Dies primär für Wildbäche mit Einzugsgebieten von weniger als 10 km² im alpinen und voralpinen Raum.

Die Methodik konzentriert sich auf die Erhebung, Analyse und Umsetzung der Grössen bezüglich Feststoffmobilisation und -verlagerung. Die Zahlen zur Feststofflieferung am Kegelhalss sind ein Teil der nötigen Grundlagen für die Gefahrenbeurteilung. Um Aussagen zur Gesamtbeurteilung eines Wildbaches zu formulieren, muss SEDEX mit Methoden zur Abflussabschätzung, Schwachstellenanalyse und Schutzbautenbeurteilung kombiniert werden.

Bezüglich Jährlichkeiten orientiert sich SEDEX an den Szenarien, welche in der Praxis der Schweiz für die Gefahrenbeurteilung und Massnahmenplanung angewandt werden, d.h. an Ereignissen mit theoretischen Wiederkehrperioden von bis 30, bis 100 und bis 300 Jahren (BWW et al., 1997).

ZIELPUBLIKUM

SEDEX soll für verschiedene Anwendergruppen Nutzen bieten. Fachleute aus privaten Ingenieurbüros, welche mit Gefahrenbeurteilungen (für Gefahrenkarten, Verbauungsprojekte) beauftragt sind, sollen die Feststofflieferung – bei gleichem oder reduziertem Zeitaufwand – besser, vergleichbarer und vor allem mit grösserer Nachvollziehbarkeit für Aussenstehende beurteilen können. Für Wasserbaufachleute der Verwaltung soll die neue Beurteilungssystematik eine bessere Nachvollziehbarkeit der Gutachten und eine gut handhabbare Hilfe bei Stichproben im Gelände liefern. Wer in die Wildbachbeurteilung einsteigt, hat mit dem SEDEX Manual ein Nachschlagewerk, das mithilft, bestehende Gutachten und deren Herleitung nachvollziehen zu können.

Obwohl SEDEX auch für weniger erfahrene Benutzer anwendbar sein soll, sind für die Beurteilung eines Wildbaches umfassendes Expertenwissen und viel Erfahrung unerlässlich. Trotz Anleitungen und Vorgaben bleiben Ermessensspielräume, die stark von den lokalen Gegebenheiten abhängig sind.

NEUERUNGEN

SEDEX soll bezüglich inhaltlicher Aussagen zur Feststofflieferung in folgenden Elementen zu Neuerungen gegenüber bestehenden Methoden führen:

- Über ein ganzes Einzugsgebiet gesehen, können die für die Feststofflieferung und Ereignisabläufe entscheidenden Bausteine klar und nachvollziehbar identifiziert werden. Diese Informationen dienen auch als Grundlage für die allfällige Planung von Massnahmen.
- Auch für häufige und sehr seltene Ereignisse (30-jährlich, 300-jährlich) können Aussagen systematisch abschnittsweise hergeleitet werden. Dies ist insbesondere von Bedeutung, als dass diese Bemessungsgrössen für die Gefahrenbeurteilung benötigt werden und bisher kaum Anleitungen zu deren Bestimmung bestehen.
- Die Entscheidungshilfen von SEDEX ermöglichen es, die für den Ereignisablauf wichtigen Bausteine zu erkennen und die gegenseitigen Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zu ermitteln. So wird die Bandbreite von möglichen Szenarien systematisch erarbeitet und beschrieben.
- Zusätzlich zu den Resultaten bezüglich Feststofflieferung soll SEDEX Aussagen über die Qualität der Resultate ermöglichen. Die konsequente Aufnahme von Fehlerbereichen und möglichen Bandbreiten erleichtert die Deklaration der vorhandenen Unsicherheiten und deren Reflexion.

TEILPRODUKTE

SEDEX beinhaltet verschiedene Teilprodukte. Eine konzise Geländeversion des Manuals enthält alle Checklisten und Entscheidungsbäume zur zielgerichteten, rationellen und nachvollziehbaren Beurteilung der Geländeverhältnisse. Eine ausführliche Version des Manuals erläutert das Verfahren detailliert und soll als Nachschlagewerk oder zu Ausbildungszwecken dienen.

Zusätzlich wurde die Methodik in eine eigens entwickelte Software umgesetzt. Ein Erfassungsprogramm für PDA's (SEDEXfield) leitet den Benutzer systematisch durch die Erhebungen im Gelände und nimmt ihm die Berechnung der Kubatur ab. Ein Auswertungsprogramm (SEDEXoffice) ermöglicht die Überarbeitung, Auswertung und automatische Visualisierung der Geländedaten in Form von Grafiken und Tabellen.

BEURTEILUNGSABLAUF

Abbildung 1 gibt eine Übersicht über die Arbeitsschritte der Methodik SEDEX, welche sich in Vorarbeiten, Geländeaufnahmen und Auswertungen gliedern. In den nachfolgenden Abschnitten finden sich genauere Informationen zu den einzelnen Arbeitsschritten.

DEFINITION DER BEARBEITUNGSTIEFE

Die Genauigkeitsansprüche an die Aussagen variieren in Abhängigkeit des Zwecks eines Gutachtens, der zur Verfügung stehenden Mittel sowie der Charakteristik eines Wildbaches. Vor Beginn der Arbeiten muss deshalb die Bearbeitungstiefe definiert werden. Oft gibt bereits das Auftragsziel den benötigten Tiefgang der Untersuchungen vor. Ansonsten wird der Detaillierungsgrad in Absprache mit dem Auftraggeber festgelegt.

Sowohl beim Manual wie auch in der SEDEX-Software kann je nach Fragestellung die Bearbeitungstiefe angepasst werden. Der Benutzer kann bei den einzelnen Beurteilungsschritten den Detaillierungsgrad seiner Angaben wählen.

FESTLEGUNG DES GRUNDSZENARIOS

Um schon zu Beginn der Geländeaufnahmen bereits Feststoffabschätzungen vornehmen zu können, muss der Gutachter von einem vorläufigen „Grundszenario“ ausgehen. Dieses definiert er aufgrund der Vorarbeiten und seiner Erfahrung. Erst nach der Begehung des ganzen Einzugsgebietes kann die definitive Festlegung der relevanten Szenarien erfolgen (s. Abschnitt Beurteilung von Zusatz-Szenarien).

PLANUNG DER GELÄNDEBEGEHUNG

Anhand der Auswertung des Ereigniskatasters, der Beurteilung des allgemeinen Gebietscharakters und der Gefällsverhältnisse wird hergeleitet, welche Flächen des Einzugsgebietes begangen werden müssen.

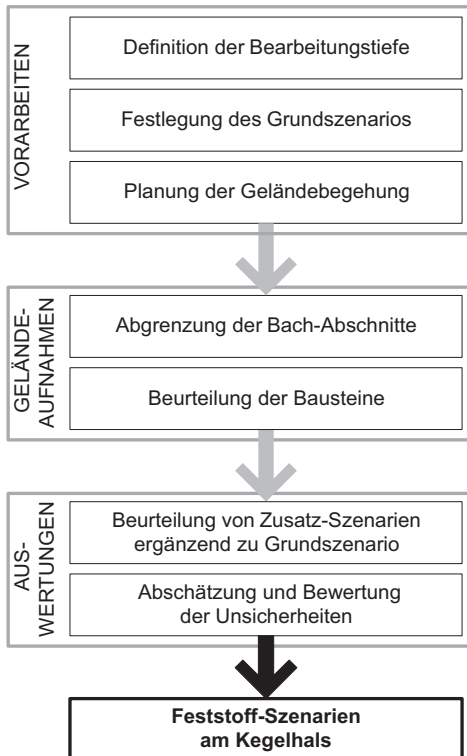


Abb1: Arbeitsschritte der Beurteilungssystematik SEDEX
Fig1: Work steps of the assessment systematics of SEDEX

ABGRENZUNG DER BACH-ABSCHNITTE

Grundlage für die Beurteilung nach SEDEX ist die Unterteilung eines Wildbaches in Abschnitte und Bausteine. In einem ersten Bearbeitungsschritt werden während der Geländebegehung die Gerinne in Abschnitte unterteilt, welche bezüglich der zu erwartenden Prozesse, deren Aktivität sowie der Feststoffkubaturen möglichst homogen sind.

BEURTEILUNG DER BAUSTEINE

Die SEDEX-Bausteine

Abbildung 2 zeigt schematisch, dass jeder Abschnitt aus einem bis fünf Bausteinen besteht, nämlich einem Gerinnebaustein, in der Regel beidseits je einem Böschungsbaustein und oft – seitlich anschliessend – beidseits je einem Hangbaustein. Diese räumlichen Einheiten werden folgendermassen definiert:

- Als Gerinne wird die eigentliche Sohle des Wildbaches bezeichnet, welche ständig oder zeitweise von Wasser überflossen wird. Hier finden Erosions-, Umlagerungs- oder Ablagerungsprozesse statt.
- Als Böschung wird jener Bereich des Hanges bezeichnet, welcher noch durch Gerinneprozesse beeinflusst werden kann. Die geschieberelevanten Prozesse in den so definierten Böschungen sind Seitenerosion innerhalb des Hochwasserprofils und Rutschungen, welche durch Böschungsfuss-Erosion ausgelöst werden. All diese Prozesse werden unter dem Begriff „Nachböschung“ zusammengefasst.
- Im Gegensatz zur Böschung finden in den Hangbereichen vom Geschehen im Gerinne (Hochwasserprofil) unabhängige Prozesse statt. Hier muss zusätzlich beurteilt werden, ein wie grosser Anteil der mobilisierten Feststoffe das Gerinne erreicht. Hang-Bausteine umfassen Rutschungs- und Runsenprozesse.

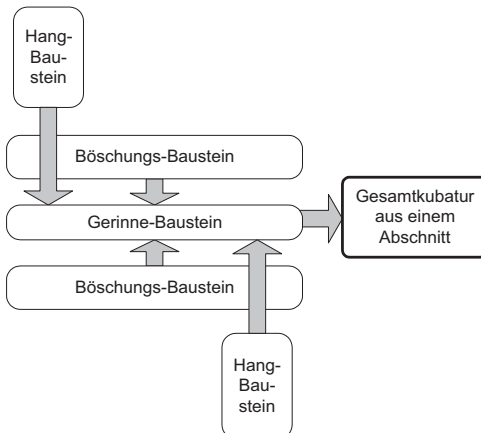
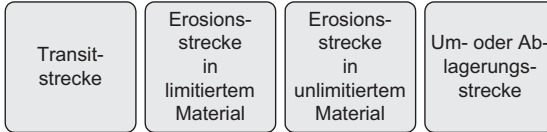


Abb2: Schematische Darstellung der Feststofflieferung aus den Hang- Böschung- und Gerinnebausteinen eines Bach-Abschnittes

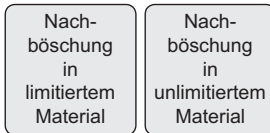
Fig2: Schematic diagram of sediment delivery from slope, embankment and channel units of one section

Es gibt je verschiedene Gerinne-, Böschungs- oder Hangbausteine (s. Abbildung 3). Jeder Baustein stellt eine funktionale Einheit im System Wildbach dar. Er steht für einen relativ homogenen Gerinne-, Böschungs- oder Hangabschnitt, der durch die gleichen feststoffrelevanten Prozesse dominiert wird und sich im Ereignisfall ähnlich verhält.

Gerinne-Bausteine



Böschungs-Bausteine



Hang-Bausteine

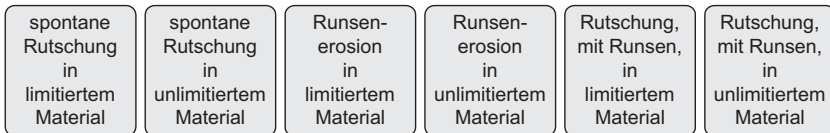


Abb3: Die zwölf SEDEX Bausteine
Fig3: 12 SEDEX units

Bei allen Bausteinen wird unterschieden, ob sie sich in „limitiertem“ oder „unlimitiertem“ Lockermaterial befinden. Diese Definition erfolgt in Anlehnung an die Unterteilung von Wildbach-Einzugsgebieten in Altschutt- und Jungschuttgebiete (Zimmermann et al., 1997 und Stiny, 1931).

In limitiertem Lockermaterial können einzelne Ereignisse sämtliche Feststoffe ausräumen. Diese Prozesse sind bis zu einem gewissen Grad als einmalig zu klassieren. Bis die gleiche Fläche bzw. der gleiche Gerinneabschnitt erneut geschieberelevant ist, muss sich das entsprechende Feststoffpotenzial erst wieder ansammeln. Bezüglich Entstehungsart handelt es sich meist um vor Ort entstandenen Verwitterungsschutt oder Bach- und Murschutt, der in Zwischendeponien abgelagert wurde. Es sind somit Jungschuttherde, bei denen die Menge der Feststofflieferung durch das Materialangebot begrenzt ist.

Unlimitiertes Lockermaterial kann durch ein einzelnes (oder auch mehrere) Ereignisse nicht ausgeräumt werden. Hier ist die Lieferungsrate durch die Transportkapazität limitiert. Diese Feststoffherde sind somit wiederholt von Bedeutung. Bezüglich Entstehungsart handelt es sich dabei meist um Altschuttherde, die nicht unter heutigen Bedingungen entstanden sind. Dies können eiszeitliche Sedimente (Moränen, Talverfüllungen), alte Sturzschutthalde oder Bach- und Murschutt sein.

Bestimmen der Aktivierungswahrscheinlichkeit

In einem zweiten Beurteilungsschritt interessiert es für jeden Baustein zu erfahren, bei welcher Ereignisgrösse eine Aktivierung und damit eine Feststofflieferung erfolgt. Der betrachtete Baustein muss somit einer von drei definierten Aktivierungswahrscheinlichkeiten (bis zu 30-jährlichen, bis zu 100-jährlichen, bis zu 300-jährlichem) zugeordnet werden (s. Abbildung 4).



Beispiel für Böschungsbaustein mit hoher Aktivierungswahrscheinlichkeit

Die Böschungen sind von einem kürzlichen Ereignis durchgehend aufgerissen und destabilisiert. Das feinkörnige Lockermaterial ist leicht mobilisierbar und es sind keine stabilisierenden Elemente vorhanden (Val Mulin, Domat-Ems, GR).



Beispiel für Böschungsbaustein mit mittlerer Aktivierungswahrscheinlichkeit

Entlang dieses Abschnittes kam es lokal zu Nachrutschungsprozessen. Die übrigen Bereiche weisen momentan keine Anzeichen von Aktivität auf. Die Grunddisposition ist jedoch gegeben, dass bei grösseren Ereignissen weitere Nachböschungen möglich sind (Schauensteintobel, Cazis, GR).



Beispiel für Böschungsbaustein mit geringer Aktivierungswahrscheinlichkeit

Diese Böschungen zeigen keinerlei Spuren von aktiven Prozessen. Die gleichmässige Morphologie weist darauf hin, dass hier die Grunddisposition für Nachböschungen gering ist (Stadlerbach, Davos, GR).

Abb4: Beispiele für Böschungsabschnitte mit unterschiedlicher Aktivierungswahrscheinlichkeit (tur gmbh)

Fig4: Examples for embankment sections with different activation probability (tur gmbh)

Die Bestimmung der Aktivierungswahrscheinlichkeit wird in SEDEX durch sog. Aktivierungs-Checklisten unterstützt. Diese sind Beobachtungshilfen, welche den Anwender Schritt für Schritt durch die notwendigen Überlegungen leiten. Dazu werden qualitative und semi-quantitative Merkmale so dargestellt, dass der Anwender die Ergebnisse seiner Beobachtungen zusammenfassend bewerten kann.

Die Funktionsweise der Checklisten ist in Abbildung 5 illustriert: In einer Tabelle sind Beurteilungskriterien aufgeführt. In den Zeilen befinden sich verschiedene Abstufungen eines Merkmales. Je weiter rechts sich die Abstufung pro Merkmal befindet, umso stärker weist diese auf Stabilität hin. Im Gelände werden alle beobachtbaren Merkmale markiert. Über den visuellen Schwerpunkt aller Markierungen wird schliesslich bestimmt, welche Aktivierungsstufe dem betreffenden Baustein zuzuordnen ist. Sind die beobachteten Merkmale stark verteilt und der visuelle Schwerpunkt nicht eindeutig, gelangt man über einen Vergleich mit dem allgemeinen Eindruck oder über eine subjektive Gewichtung der Merkmale zu einem Resultat.

Indem die Spalten oder Aktivierungsstufen bestimmten Ereignisgrössen zugeordnet sind, resultiert eine Aussage, ab welchem Ereignis mit einer Aktivierung des betrachteten Bausteines zu rechnen ist.

AKTIVIERUNGS-CHECKLISTE NACHBÖSCHUNG				
Stabilität der Böschung	Neigung	mittel (ca. 20-50°)	niedrig (ca. < 20°) hoch (ca. > 50°)	
	Morphologie	strukturiert	gleichmässig	
	Korngrössen	grösstenteils mobilisierbar	grösstenteils nicht mobilisierbar	
	Verfestigung	unverfestigt, locker	verfestigt	stark verfestigt
	Wasserhaushalt	Wasseraustritte, Vernässungen		
	Vegetation Böschungsfäche	keine Vegetationsdecke	Vegetationsdecke (fast) geschlossen	
	Vegetation Böschungsfuss	Böschungsfuss offen	Böschungsfuss bewachsen	
Erosionskraft	Zuverlässigkeit Bauwerke bei G ₁₀₀	gering	eingeschränkt	hoch
	Böschungsfuss	leicht mobilisierbares Material	meist grosse Blöcke	
	Gerinnelauf	oft deutliche Prallhänge	Gerinne meist gestreckt	
	Gerinnegefälle	steil oder deutlich steiler als in Abschnitt oberhalb	flach oder Verflachung gegenüber Abschnitt oberhalb	
	Gerinnebreite	eng oder Verengung gegenüber oben	breit oder Verbreiterung gegenüber oben	
Prozessspuren	Prozess in Gerinnesohle	starke Tiefenerosion erwartet		
	Anbrüche	offene Anrissflächen	überwachsene Anrissflächen	Geländemorphologie mit Hohlformen
	Unterspülung	unterspült, aktive Gerinnerosion		
	Materiallieferung	nachgerutschtes Material im Gerinne		
Böschungskanten	zahlreiche aktive Anrissränder		einzelne aktive Anrissränder	
		zumindest lokal leicht aktivierbar	über ganzen Böschungsbereich gewisse Stabilität, bei seltenen Ereignissen Aufreissen über Grossteil der Fläche möglich	zumindest lokal sehr hohe Stabilität
	30-jährliches Ereignis	100-jährliches Ereignis	300-jährliches Ereignis	

Abb5: Anwendungsbeispiel Checkliste Nachböschung mit dem Beispiel einer möglichen Beurteilung (markiert)

Fig5: Checklist for the assessment of the activity of bank failure with an example of a possible assessment (marked)

Abschätzung der Feststofflieferung

Schliesslich muss für jede Ereignisgrösse, bei der ein Baustein aktiv ist, abgeschätzt werden, wie viele Feststoffe mobilisiert werden können. Bei Erosionsprozessen oder Nachböschungprozessen ist diese Kubatur v.a. abhängig von der Widerstandsfähigkeit des Lockermaterials sowie der lokalen Schleppkraft des Gewässers. Bei Rutschungen bestimmen Eigenschaften des Untergrundes sowie des Wasserhaushaltes das bewegte Volumen. SEDEX stellt für die Abschätzung der Feststofflieferung Checklisten zur Verfügung. Die vorgeschlagene Berechnungsart basiert bei allen Bausteinen auf geometrisch einfachen Anriss- und Erosionsformen bzw. vordefinierten Querschnittsflächen, welche die natürlichen Prozesse näherungsweise abbilden.

Von zentraler Bedeutung in der Systematik SEDEX ist das seltene – so genannt „100-jährliche“ – Ereignis mit einer theoretischen Wiederkehrperiode von bis zu 100 Jahren. Es wird hier als Referenzereignis bezeichnet, wofür die Beurteilung in erster Linie durchgeführt wird. Die Beurteilung der kleineren und grösseren Ereignisse wird meist durch eine Abminderung bzw. Verschärfung der Schätzwerte mittels von Faktoren von diesem Referenzereignis hergeleitet. (s. Abbildung 6). Dieses Vorgehen bietet den Vorteil, dass die Nichtlinearität zwischen den Ereignisgrössen besser abgebildet werden kann als wenn ein Faktor über den ganzen Wildbach festgelegt wird. Zudem erlaubt die Implementierung der Faktoreingaben im PDA-Programm die Durchführung einfacher Sensitivitätsanalysen durch das Verändern einzelner Faktoren.

Wichtig bei der Betrachtung verschiedener Ereignisgrössen ist, dass dabei nicht nur die Feststoff-Quantitäten angepasst werden, sondern auch andersartige Prozessabläufe in Betracht gezogen werden. So kann beispielsweise in einem Wildbach das Szenario für das Referenzereignis einen Murgang zugrunde legen, bei einem 30-jährlichen Ereignis beinhaltet das Szenario dagegen nur fluvialen Geschiebetransport.



Abb6: Herleitung der Feststofflieferung von 30- und 300-jährlichen Ereignissen basierend auf 100-jährlichen Referenzereignis und mittels Faktoren

Fig6: Derivation of sediment deliveries of events with recurrence period of 30 and 300 years by means of the reference event and factors

Die Gesamtkubatur aus einem Abschnitt ergibt sich aus der Summe der Feststofflieferungen aller Bausteine (Gerinne, Böschungen, Hänge). Die Aufsummierung der Feststoffkubaturen aus allen Abschnitten eines Wildbaches ergibt ein vorläufiges Resultat für die Feststofflieferung am Kegelhals. Die Bausteine und Abschnitte stehen jedoch nicht isoliert da. Es muss nun beurteilt werden, ob die Transportkapazität in jedem Abschnitt ausreicht, um die Geschiebefracht aus den oberhalb liegenden Abschnitten auch weiterzutransportieren. In transportlimitierten Abschnitten muss die während eines Ereignisses transportierbare Geschiebefracht basierend auf Transportkapazitäts-Formeln berechnet oder vor Ort gutachtlich abgeschätzt werden.

BEURTEILUNG VON ZUSATZ-SZENARIEN ERGÄNZEND ZU GRUNDSZENARIO

Die vorläufige Feststofflieferung am Kegelhals wird durch die einfache Bilanzierung aller Bausteine berechnet. Dabei erfolgt die Beurteilung eines einzelnen Bausteines immer für den Ereignisablauf, welcher als Grundszenario definiert wurde. In einem weiteren Beurteilungsschritt geht es darum, das angenommene Grundszenario zu verifizieren und falls nötig die abgeschätzten Geländedaten anzupassen. Anschliessend erfolgt die Überprüfung, ob ergänzend zum Grundszenario Zusatz-Szenarien berücksichtigen werden sollen, weil sie aufgrund der vorkommenden Bausteine, der Charakteristika des Wildbaches oder erwarteten Teilereignissen als wahrscheinlich betrachtet werden (s. Abbildung 7).

SEDEX berücksichtigt sechs solche Zusatz-Szenarien, für deren Beurteilung Checklisten zur Verfügung stehen. Die Checklisten sollen in erster Linie ein systematisches Durchdenken verschiedener Zusatz-Szenarien ermöglichen. Sie können aber keine abschliessende Anleitung zur Auswirkung dieser Zusatz-Szenarien bieten. Dies muss der Experte – unter Miteinbezug der lokalen Verhältnisse – beurteilen

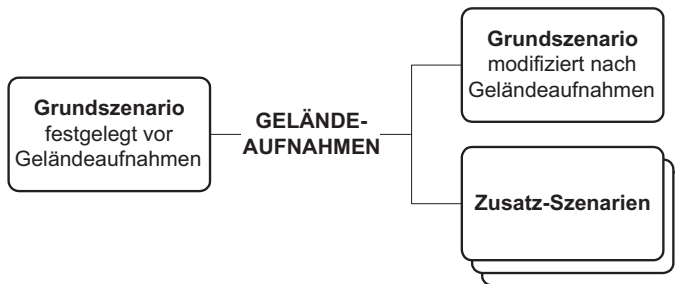


Abb7: Schematische Darstellung der Modifizierung und Erweiterung des Grundszenarios nach Abschluss der Geländeaufnahmen

Fig7: Schematic diagram on modification and completion of basic scenario after completion of field work

Es muss somit in jedem Wildbach beurteilt werden, ob Elemente vorhanden sind, welche zu unterschiedlichen Szenarien führen können. Folgende Elemente können szenarienrelevant sein:

- Einzelne Bausteine, bei welchen verschiedene Feststofflieferungs-Szenarien zu einer relevanten Veränderung des Ereignisablaufes führen können. Das können Geschiebeherde mit sehr hohen Feststoffeinträgen (z.B. tiefgründige Rutschkörper), Abschnitte mit erwartetem Bauwerksversagen und der plötzlichen Freisetzung von hohen Kubaturen oder auch Umlagerungsstrecken mit wechselnder Funktion sein.
- Teilereignisse, welche eine deutliche Verstärkung oder Abschwächung der Feststofflieferung zur Folge haben können. Dabei handelt es sich um punktuell zufällige Ereignisse wie Verklausungen oder das Anhalten/Bremsen eines Murganges. Solche Teilereignisse können anhand von Bausteinen, Bausteinkombinationen oder anderen Charakteristika abgeleitet werden.
- Künftige Veränderung der Disposition eines Wildbaches, welche berücksichtigt werden soll. Darunter fallen z.B. die Erhöhung des Feststoffpotenzials durch sehr aktive

Verwitterungsprozesse oder die Stabilisierung oder Destabilisierung grösserer Geschiebeherde.

Bezüglich der möglichen Auswirkungen auf die Gefahrenbeurteilung ist zu bemerken, dass die betrachteten Zusatz-Szenarien nicht nur eine Erhöhung oder Reduktion der Ereigniskubatur zur Folge haben können. Für die weitere Beurteilung von Ausbruchs-, Ausbreitungs- und Einwirkungs-Szenarien ist gleichermaßen von Bedeutung, ob eine relevanten Abschwächung oder Verstärkung der Prozessintensität im Kegelbereich möglich ist. Dies kann beispielsweise bei einer Abschwächung oder Verstärkung von Murgängen oder Hochwasserwellen der Fall sein.

ABSCHÄTZUNG UND BEWERTUNG DER UNSICHERHEITEN

Jeder Arbeitsschritt in der Beurteilung von Wildbachgefahren ist mit Unsicherheiten verbunden. Je nach Wildbachcharakteristik bestehen kleinere oder grössere Unsicherheiten in der Beurteilung der Murfähigkeit, des Spitzenabflusses, der Ereignisfrachten, der möglichen Ereignisabläufe sowie der Ausbreitung und Prozessintensitäten im Wirkungsbereich.

Bei der Quantifizierung der Feststofflieferung muss sich der Bearbeiter pro Szenario auf einen Wert innerhalb einer oft grossen möglichen Bandbreite festlegen. Um Aussagen über die Qualität dieses Wertes zumachen, ist eine Fehleranalyse im statistischen Sinn nicht anwendbar, da die Bestimmung des möglichen Fehlerbereiches gleich subjektiv ist wie die Festlegung des relevanten Wertes. Generell ist die Qualitätskontrolle eine der Herausforderungen in der Abschätzung der Feststofflieferung. Es existieren zwar Daten über Ereigniskubaturen von abgelaufenen Wildbachereignissen, die Zuordnung von Wiederkehrperioden zu diesen Ereignissen ist jedoch schwierig. Sie erfolgt aufgrund von semi-quantitativen Erwägungen und lässt sich kaum hart begründen.

Untersuchungen und eigene Fallbeispiele zeigen jedoch, dass mehrere Gutachten bei der gleichzeitigen Beurteilung desselben Baches zu ähnlichen Resultaten kommen. Bei der Abschätzung der Feststofflieferung eines Abschnittes waren die Ergebnisse durchwegs vergleichbar. Die grössten Unterschiede entstanden durch die Festlegung verschiedener Ereignisszenarien (Herzog et al., 2000).

Nachvollziehbare Beurteilung der Unsicherheiten in SEDEX

Die von SEDEX entwickelten Tools sollen es dem Experten ermöglichen, den Einfluss der Unsicherheiten auf das Endresultat der Feststofflieferung zu beurteilen und die Konsistenz seiner Beurteilung zu überprüfen. Es soll ein standardisiertes Vorgehen angeboten werden, welches die Erkenntnisse, welche ein Experte nach seiner Beurteilung hat, ausformuliert und visualisiert.

Bereits auf Bausteinebene kann in SEDEX beurteilt werden, wie gross der Unsicherheitsbereich für die abgeschätzte Feststofflieferung ist. Diese Angabe wird als positive und negative Abweichung von der geschätzten Kubatur in % formuliert. Solche Unsicherheitsbereiche sind grundsätzlich besonders hoch bei Bausteinen in unlimitiertem Lockermaterial, bei Bausteinen mit hohen freisetzbaren Kubaturen bedingt durch Bauwerkversagen, bei Hangbausteinen und bei Um- oder Ablagerungsstrecken.

Die Unsicherheiten sind auch abhängig von der Ereignisgrösse. Bei Bausteinen in unlimitiertem Lockermaterial wird es mit zunehmender Ereignisgrösse immer schwieriger abzuschätzen, ein wie grosser Anteil des unbegrenzt vorhandenen Materials mobilisiert wird. Im Gegensatz dazu ist die Beurteilung bei Bausteinen in limitiertem Material für ein grösseres

Ereignis sicherer, da hier oft davon ausgegangen werden kann, dass sämtliches bereit liegende Material mobilisiert wird.

Aufsummiert über das ganze Einzugsgebiet ergeben die pro Baustein definierten Unsicherheitsbereiche die Bandbreite der möglichen Kubatur für das betrachtete Grundscenario. Die Plausibilisierung der Feststofffracht muss jedoch auch anhand der Unsicherheiten bezüglich des Ereignisablaufes und den definierten Zusatz-Szenarien erfolgen. Die wichtigsten dieser Unsicherheitsfaktoren können in SEDEX anhand einer Checkliste nachvollziehbar beurteilt werden.

Es resultiert eine qualitative Aussage, ob die Unsicherheiten „hoch“ oder „gering“ sind. Werden die Unsicherheiten als hoch eingeschätzt, muss der Gutachter beurteilen

- ob die resultierende Bandbreite der Feststofflieferung weiter eingegrenzt werden kann,
- und ob das Resultat den Projektanforderungen genügt oder ob weitere Abklärungen nötig – und fachlich auch möglich – sind.

Kommunikation von Unsicherheiten

Bei den Evaluationen von SEDEX durch beteiligte Experten bestand ein Konsens, dass die vorhandenen Unsicherheiten offen gelegt und berücksichtigt werden müssen. Man war sich zudem auch einig, dass es in der Verantwortung des jeweiligen Gutachters liegt, aus der möglichen Bandbreite von Ereigniskubaturen einen Wert festzulegen, welcher den Genauigkeitsanforderungen des Projektziels entspricht. Schliesslich ist es der Gutachter selber, der über die besten Entscheidungsgrundlagen verfügt, um die meist grosse Bandbreite – soweit als möglich – einzugrenzen.

LITERATUR

- BWW, BRP, BUWAL (1997): „Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten“, Bern.
- Herzog, B., Lehmann, C., Spreafico, M., 2000: „Fehlerquellen und Ermessensspielraum bei der Beurteilung des Feststoffpotentials in Wildbächen“. Internationales Symposium Interprävent 2000, Klagenfurt.
- Stiny, J. (1931): „Die geologischen Grundlagen der Verbauung der Geschiebeherde in Gewässern“. Springer, Wien.
- Zimmermann, M., Mani, P., Gamma, P., Gsteiger, P., Heiniger, O., Hunziker, G. (1997): „Murganggefahr und Klimaänderung – ein GIS-basierter Ansatz“. vdf Hochschulverlag, Zürich.