

Relevanz der Geländeaufnahmen für Geschiebeabschätzungen in Wildbächen

Eva Frick
Eva Gertsch-Gautschi
Christoph Lehmann

Zusammenfassung

Für die Geschiebeabschätzung in Wildbächen, wie sie heute durchgeführt werden kann, musste über viele Jahre lang ein Prozessverständnis anhand von Laborversuchen, systematischen Beobachtungen im Gelände und Ereignisanalysen aufgebaut werden. Damit entstand die Grundlage für die Entwicklung verschiedener Abschätzmethoden im Gelände zur Bestimmung von Geschiebefrachten unterschiedlicher Jährlichkeiten. Gegenüber den zunehmend populären Modellrechnungen weisen geländebasierte Erhebungen den Vorteil auf, Prozesse verschiedener Szenarien detailliert erfassen zu können. Nachteile der Abschätzverfahren sind neben einem erhöhten Aufwand die gegenüber den Modellrechnungen reduzierte Möglichkeit der Berechnung und Darstellung einzelner Schlüsselparameter. Oft wird die Arbeit im Gelände zugunsten von Modellrechnungen zurückgesteckt. Die Qualitätsanforderungen für die Praxis, mit Vorgaben zu Nachvollziehbarkeit und Dokumentation, werden dadurch nicht immer erfüllt. Dabei ist die Geschiebeabschätzung im Gelände für die Definition der Ereignisszenarien und somit der Gefahrenbeurteilung eines Wildbaches wichtig und ermöglicht, plausible Parameter und eine fachlich fundierte Kontrolle der Ergebnisse aus den Modellrechnungen auszuüben. Es wird in diesem Artikel aufgezeigt, dass sich bei der Geschiebeabschätzung in Wildbächen Geländeerhebungen und Modellrechnungen nicht ausschliessen, sondern ergänzen sollten.

Keywords

Wildbach, Geschiebe, Geschiebeabschätzung, Geländeanalyse, Expertenbeurteilung

Pertinence des enquêtes sur le terrain pour l'estimation de charriage dans les torrents

Résumé

Pour l'estimation de charriage dans les torrents, telle que cela se pratique de nos jours, une compréhension du processus devait être faite sur plusieurs années sur la base de tests en laboratoire, d'observations systématiques sur le terrain et d'analyses d'événements. On a ainsi créé la base pour le développement de différentes méthodes d'estimation sur le terrain pour la détermination des charriages de différentes annualités. Par rapport aux calculs de modélisation de plus en plus populaires, les enquêtes sur le terrain ont l'avantage de pouvoir capturer en détail les processus de différents scénarios. Les inconvénients de ces méthodes d'estimation sont, outre des frais plus élevés, la possibilité réduite de calculer et d'afficher des paramètres clés individuels par rapport aux calculs de modèle. Souvent, le travail

sur le terrain est affaibli en faveur des calculs de modélisation. Les exigences de qualité pour la pratique, avec des spécifications sur la traçabilité et la documentation, ne sont pas toujours satisfaites. L'estimation du charriage sur le terrain est importante pour la définition des scénarios d'événement et donc pour l'évaluation des dangers d'un torrent, et permet de mettre en pratique des paramètres plausibles et de contrôler techniquement les résultats des calculs de modèle. Cet article montre que les relevés de terrain et les calculs de modèle ne doivent pas s'exclure mutuellement dans l'estimation de la quantité de charriage des torrents.

Mots-clés

Torrent, charriage, estimation de charriage, analyse de terrain, expertise

Importanza dei rilievi del terreno per valutare la disponibilità di materiale nei torrenti

Riassunto

Per valutare l'apporto di materiale nei torrenti, così come viene eseguita oggi, è stato necessario durante diversi anni comprenderne i processi tramite esperimenti in laboratorio, osservazioni sistematiche sul terreno e analisi degli eventi. Si è così creata una base per sviluppare diversi metodi da applicare sul terreno per determinare l'apporto di materiale a seconda del periodo di ritorno. Rispetto ai sempre più popolari modelli numerici, le valutazioni sul terreno hanno il vantaggio di poter rilevare in dettaglio i processi per differenti scenari dell'evento. Gli svantaggi rispetto alle simulazioni sono, oltre al maggiore impiego di tempo e energie, la minore possibilità di calcolare e rappresentare singoli parametri chiave. Spesso il lavoro sul terreno viene sacrificato a favore di modellizzazioni. Le esigenze qualitative per la pratica, con prescrizioni per la riproducibilità dei risultati e per la documentazione, non sono sempre rispettati. Ciononostante la valutazione sul terreno del materiale mobilizzabile è importante per definire gli scenari e quindi per valutare il pericolo di un torrente. Permette inoltre di ottimizzare i parametri delle simulazioni e di validarne i risultati. L'articolo illustra come per la valutazione del materiale disponibile nei torrenti i rilievi sul terreno e i modelli numerici non si dovrebbero escludere, ma bensì completare.

Parole chiave

Torrente, materiale solido, apporto di materiale solido, analisi del terreno, valutazione degli esperti

1. Einleitung

Schon vor weit mehr als 100 Jahren haben Fachleute Wildbäche beurteilt [s. Abb. 1]. Aus diesen Zeiten sind in den Wildbächen immer noch zahlreiche Verbauungen vorhanden, welche von einem guten Prozessverständnis der damaligen Fachexperten zeugen. Heute steht den Wildbachexperten ein breites Spektrum an Methoden zur Geschiebeabschätzung zur Verfügung. Im Lauf dieser Entwicklung waren folgende Punkte wichtig:

- Die Prozesskenntnisse in Wildbächen sind durch Forschung und Ereignisanalysen vertieft und erweitert worden.
- Die Beurteilungsmethodik für Hochwasser und Murgänge wurde systematisiert und durch die Digitalisierung komplexer aufgebaut.
- Die Anforderungen an die Dokumentation der Beurteilung von Wassergefahren haben sich erhöht.

Sowohl zum Zeitpunkt des Fotos [Abb. 1] als auch in der heutigen Gefahrenbeurteilung «nach den Regeln der Kunst» sind fundierte Prozesskenntnisse notwendig. Der Fokus dieses Artikels liegt bei der Geschiebeabschätzung im Gelände, welche eine zentrale Bedeutung für die Definition der Ereignisszenarien und somit der Gefahrenbeurteilung eines Wildbaches hat. Der Artikel zeigt auf,

- dass die zahlreichen vorhandenen Methoden und Verfahren ergänzend und kombiniert angewandt werden können und sollen
- und dass mindestens auf Stufe Detailplanung in jedem Fall Geländeaufnahmen durch einen erfahrenen Experten nötig sind, um die Charakteristika eines Wildbaches für die Gefahrenbeurteilung abbilden zu können.



Abb. 1: Wildbachexperten im Gelände nach Ereignis 1920 im Val Luven [Sumvitg, GR] [Quelle: Archiv Aluis Maissen, Rabius]. | Fig. 1: Des experts en matière de cours d'eau sur le terrain après un événement en 1920 à Val Luven [Sumvitg, GR] [source : Archive Aluis Maissen, Rabius].

Unter Geländeaufnahmen verstehen die Autoren in diesem Artikel Erhebungen zur Gerinnecharakteristik, zur Geschiebesituation, zum Zustand von Böschungen und Hängen und zur Aktivität von geschiebeliefernden Prozessen in allen relevanten Gerinneabschnitten des Einzugsgebiets eines Wildbachs.

2. Entwicklung der Erkenntnisse und Methoden zur Geschiebeabschätzung

Die Geschiebeabschätzung von Wildbächen ist ein komplexes Problem. Anhand von Laborversuchen, systematischen Beobachtungen über längere Zeit sowie diversen Ereignisanalysen konnte ein immer grösseres Prozessverständnis über die im Wildbach ablaufenden Prozesse gewonnen werden. Dabei waren viele Institutionen, Wissenschaftler und Fachleute aus der Praxis beteiligt.

Von 1900 bis 1960 fanden verhältnismässig wenig Unwetterereignisse statt. Dementsprechend gibt es in dieser Zeit auch wenig Fachliteratur zur Wildbachbeurteilung.

Danach folgten von 1960 bis 1990 in einer – aus heutiger Sicht – «Pionierphase» zahlreiche Forschungsarbeiten und -erkenntnisse. Der Fokus in diesen Jahrzehnten lag in der Entwicklung von Abschätzformeln und dem Aufbau eines Beobachtungsnetzes. An den Technischen Hochschulen (ETHZ, EPFL) wurden unter anderem durch laborbasierte Arbeiten viele Erkenntnisse gewonnen und Formeln zum Geschiebetransport entwickelt. Gleichzeitig haben Fachleute wie Hampel, Kronfellner-Kraus und Aulitzky in Österreich, Bunza in Deutschland sowie Zeller, Smart und Jäggi in der Schweiz entscheidende Forschungsarbeiten durchgeführt. Die «Gruppe für Feststoffbeobachtung» der GHO [Gruppe für operationelle Hydrologie] baute anfangs der 1980er Jahre ein landesweites Beobachtungsnetz für die Auswertung von Geschiebedaten auf. Im Rahmen der Studie Emme 2050 [VAW/GIUB 1987] wurden für das Emmental erstmals systematische Geschiebeabschätzungen für den jährlichen Austrag aus Seiteneinzugsgebieten vorgenommen [Zimmermann 1989]. Als Ergebnis einzelner Untersuchungen resultierten für die Abschätzung der Geschiebefracht ausserdem verschiedene Formeln, welche jedoch für die jeweiligen Einzugsgebiete sehr unterschiedliche Ergebnisse liefern und sich daher als alleinige Abschätzmethode nicht eignen [Zimmermann & Lehmann 1999].

Aufgrund zahlreicher Ereignisse folgten im Zeitraum von 1990 bis heute weitere Studien zu Wildbächen. Hauptziel vieler Arbeiten waren die Erhöhung des Prozessverständnisses und die Entwicklung von komplexeren Abschätzverfahren. Neben der wachsenden Erkenntnis, dass sich die Natur nicht technisch beherrschen lässt, zeigten die Analysen des Unwetters von 1987 u. a. den Bedarf für weitere Untersuchungen für ein verbessertes Prozessverständnis auf [BWW, GIUB 1990]. In der Folge haben die Unwet-

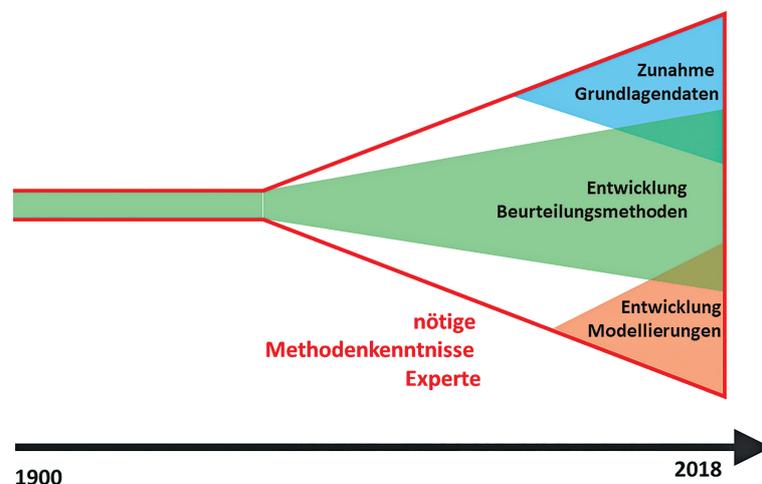


Abb. 2: Schematische Darstellung der Zunahme der Methodenvielfalt sowie der Menge vorhandener Grundlagendaten. | Fig. 2: Représentation schématique de l'augmentation de la variété des méthodes ainsi que de la quantité de données de base existantes.

teranalysen der Ereignisse von 1993, 1999, 2005 und 2007 sowie die Arbeiten im Rahmen des NFP31 [Kienholz et al. 1998] zu einem erweiterten Verständnis der geschiebemässigen Vorgänge in Wildbachgebieten beigetragen. Auch die langjährigen Beobachtungen der WSL [Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft] im Sperbel- und Rappengraben, im Alphthal, und später im Illgraben sowie des Geografischen Instituts der Universität Bern im Spisibach haben zu einem verbesserten Prozessverständnis in Wildbächen geführt. Basierend auf diesen langjährigen Beobachtungen im Gelände und den Analysen wurden einerseits Geländemethoden für die Abschätzung von Geschiebe entwickelt [Kap. 3]. Andererseits wurden vom Bund verschiedene Publikationen, Anleitungen und Empfehlungen den Anwendern zur Verfügung gestellt, welche zu einer Harmonisierung der Methoden zur Erfassung von Geschiebefrachten in der Schweiz beitrugen [z. B. GHO 1987, 1996, Spreafico et al. 2005, Spreafico und Viviroli 2013]. Parallel zum Kenntnisstand für die Vorgänge in Wildbächen entwickelte sich die Computertechnik in den letzten 20 Jahren rasant. Anfänglich waren spezielle Rechenprogramme für die Abschätzung von Feststofffrachten als reine Unterstützung für die Praxis gedacht [GHO 1987], später ermöglichten komplexere Modellrechnungen eine erweiterte Unterstützung des Gutachters. Mit der Verwendung von Geografischen Informationssystemen konnten im Laufe der Zeit noch komplexere, jedoch für den Anwender oft auch weniger transparente Programme entwickelt werden.

Heute stehen dem Experten verschiedene Methoden für die Prozessbeurteilung im Gelände und Rechenprogramme zur Verfügung. Gleichermassen haben sich die vorhandenen Grundlagendaten [digitale Datensätze wie auch Archivun-

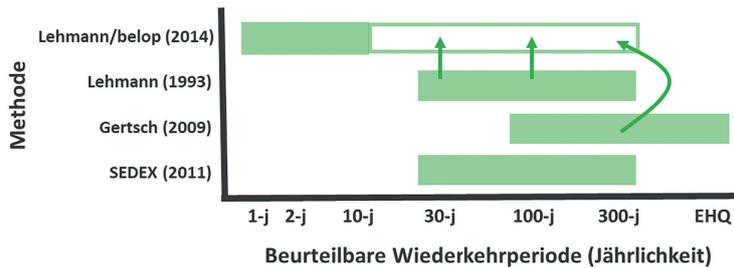


Abb. 3: Ausgewählte Geländebasierte Geschiebeabschätzverfahren und beurteilbare Wiederkehrperiode. | Fig. 3: Choix de méthodes d'estimation du charriage sur le terrain et période de récurrence évaluable.

terlagen] stark vermehrt. Gemäss der schematischen Abb. 2 muss der beurteilende Experte heute über umfassende Kenntnisse verfügen um das ganze Spektrum an vorhandenen Methoden anwenden zu können.

3. Ausgewählte geländebasierte und praxiserprobte Geschiebeabschätzverfahren

Am Geographischen Institut der Universität Bern wurden seit den Unwetterereignissen von 1987 verschiedene auf Geländearbeit basierende Geschiebeabschätzverfahren für Wildbäche entwickelt [Abb. 3].

- Mit der Methode «Lehmann» [Lehmann 1993; GHÖ 1996; Gertsch et al. 2012] entstand 1988 bis 1993 ein schweizweit erstes Abschätzverfahren. Es stützt sich vor allem auf detaillierte Geländearbeit ab. Die Datengrundlage für die Entwicklung bildete u.a. die Ereignisanalyse der Hochwasser 1987. Mit dem Verfahren kann die Geschiebefracht in einem Wildbach für ein 100-jährliches Ereignis und angepasst auch für ein 30- und 300-jährliches Ereignis für die Prozesse fluvialer Geschiebetransport und Murgang abgeschätzt werden.
- Die Methode «Gertsch» [Gertsch 2009; Gertsch et al. 2012; Rimböck et al. 2013] wurde in den Jahren 2004 bis 2009 entwickelt. Die Datengrundlage für die Entwicklung bildete die Analyse von 58 in den Schweizer Alpen abgelaufenen Großereignissen, v.a. Murgangereignisse zwischen 1987 und 2005. Mit dem Abschätzverfahren kann die Geschiebefracht auf Stufe Gefahrenhinweiskarte und Gefahrenkarte für Ereignisse mit einer Wiederkehrperiode von ≥ 100 Jahren bestimmt werden.
- Die Methode SEDEX (SEDIments and EXperts) [Frick et al. 2011; Frick 2013; Rimböck et al. 2013] entstand in Zusammenarbeit mit dem Tiefbauamt des Kantons Bern und dem Geographischen Institut der Universität Bern zwischen 2004 und 2011. Die Beurteilungssystematik beruht auf theoretischen Grundlagen, Lehren aus Unwettern, Erfahrungen aus der Praxis, aus Diskussionen in Workshops und Testläufen mit Experten. «SEDEX» ist ein Beurteilungsverfahren für die Abschätzung von ereignisspezifischen Geschiebefrachten am Kegelhals und/oder in einzelnen Gerinneabschnitten von Wildbächen.

Die drei oben dargestellten Methoden haben viele Gemeinsamkeiten:

- Für alle drei Methoden wurden Anwenderhandbücher und Auswertungstools für die Praxis erstellt.
- Die Verfahren basieren auf umfassenden Geländeaufnahmen der geschieberelevanten Gerinneabschnitte und der angrenzenden Hänge. Voraussetzung für ihre Anwendung ist Erfahrung in der Geländeinterpretation und der Prozessansprache.

Neben den Geschiebebilanzen in den einzelnen Gerinneabschnitten wird die Geschiebefracht am Kegelhals für verschiedene Jährlichkeiten hergeleitet [s. Abb. 3]. Basierend auf den genannten Methoden wurden weitere Ansätze entwickelt: Mit der Anpassung der Gewässerschutzgesetzgebung und der bevorstehenden Sanierung des Geschiebehaushalts [Bundesgesetz über den Gewässerschutz GSchG, Art. 42; Gewässerschutzverordnung GSchV Art. 42] sind neben ereignisspezifischen Geschiebefrachten auch ökologisch bedingte Fragestellungen in Wildbächen gefragt. Gestützt auf den oben beschriebenen Methoden «Lehmann» und «Gertsch» wurde in den Jahren 2012 bis 2014 im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU eine Praxishilfe entwickelt [Hunziker, Zarn & Partner, Lehmann Hydrologie-Wasserbau, belop gmbh 2014], in welcher u.a. auch Methoden zur Abschätzung einer 10- und 2-jährlichen Geschiebefracht in Wildbächen vorgestellt werden. Unter Berücksichtigung der Bedingungen auf dem Schwemmkegel [geschiebelimitierende Elemente wie z.B. Geschiebeablagerungsplätze und Brücken] kann mit diesem Verfahren der mittlere jährliche Geschiebeeintrag in den Vorfluter bestimmt werden.

Die Ausführungen in diesem Kapitel zeigen auf, dass für die gefahrenkartenrelevanten Szenarien [30-, 100-, 300-jährlich] mehrere erprobte Methoden bestehen, anhand derer die Geschiebeabschätzung im Gelände systematisch erhoben werden kann. Für Fragen der Sanierung des Geschiebehaushaltes in steilen Gewässern ist auch die Abschätzung häufiger Ereignisfrachten sowie der mittleren jährlichen Geschiebefracht möglich [Abb. 3].

4. Heutige Anforderungen an die Geschiebeabschätzung

Angesichts der vorhandenen Methoden und Ansätze stellt sich folgende Grundsatzfrage: Wie ist eine Geschiebeabschätzung durchzuführen, damit sie die vorhandenen Qualitäts- und projektspezifischen Anforderungen erfüllt? Auf Bundesebene gibt die PLANAT [2000] in ihren Empfehlungen zur Qualitätssicherung bei Naturgefahren folgende drei Anforderungen an eine Gefahrenbeurteilung vor:

- Die fachliche Richtigkeit nach dem Stand der Fachkunde.
- Die Nachvollziehbarkeit der Beurteilung. Hier ist Trans-

parenz bezüglich des Vorgehens, der eingesetzten Methoden, der Bearbeitungstiefe und der verbleibenden Unsicherheiten gefragt.

- Die konsequente Umsetzung der gesetzlichen Grundlagen von Bund und Kantonen, der einschlägigen Normen, Richtlinien, Empfehlungen und Musterberichte [zitiert aus PLANAT 2000]

Die Interpretation dieser übergeordneten Qualitätsanforderungen auf die Durchführung von Geschiebeabschätzungen ist in der Praxis aus den nachfolgend beschriebenen Gründen nicht einfach.

4.1 Fachliche Richtigkeit

Die fachliche Richtigkeit wird umschrieben als ein Vorgehen «nach den Regeln der Kunst». In der Praxis der Schweiz zeigt es sich, dass die Geschiebeabschätzung nach denselben Grundprinzipien durchgeführt wird, dass jedoch kein standardisiertes Vorgehen über die ganze Schweiz dokumentiert ist. Es gibt keine Publikation mit der Übersicht über alle in der Schweiz entwickelten und angewandten Methoden mit Empfehlungen für ein entsprechendes standardisiertes Vorgehen. Ein solches Werk hat die österreichische Wildbach- und Lawinenverbauung im Projekt ETAlp [Angerer et al., 2003] erstellt. Ziel dieses Projektes war es, die Standards zu definieren, damit «österreichweit das Phänomen Wildbach mit den gleichen Methoden erhoben und beurteilt wird». Im Projekt OptiMeth wurden über den gesamten Alpenraum die verwendeten Methoden zusammengestellt [Rimböck et al., 2013]. Weiter bietet Rickenmann [2014] eine Übersicht über die quantitative Beurteilung von Wildbächen. In der Schweiz müssen sich die Fachleute das entsprechende Wissen aneignen und laufend aktualisieren, um eine Geschiebeabschätzung nach den «Regeln der Kunst» durchführen zu können.

4.2 Nachvollziehbarkeit

Die Anforderungen an die Nachvollziehbarkeit in Gefahrenbeurteilungen sind von Kienholz [1995] wie folgt beschrieben worden:

- Flächendeckende Dokumentation [kartografische Darstellung] des gesamten relevanten Perimeters [Gefahren-Entstehungsgebiet und Gefahren-Wirkungsgebiet, d.h. z.B. Wildbacheinzugsgebiet und Schwemmkegel]
- klare Methodenwahl und -kombination und deren Offenlegung
- klar umrissene Entscheidungskriterien bei der Bewertung
- Deklaration der Aussagen (z.B. mit Angaben zur Evidenz).

Die Praxis in der Schweiz kennt in den Pflichtenheften zu Einzelprojekten kaum Vorgaben für die Geschiebeabschätzung. In den meisten Fällen ist der Detaillierungsgrad einer Dokumentation von Geschiebe-Szenarien dem Auftragnehmer überlassen. Dementsprechend unterschiedlich nach-

vollziehbar sind die Angaben in den Technischen Berichten. Die in Kapitel 3 vorgestellten Methoden und Verfahren ermöglichen eine nachvollziehbare Dokumentation der Geschiebeabschätzungen bis auf die Ebene eines einzelnen Gerinneabschnittes.

4.3 Umsetzung von Normen, Richtlinien und Empfehlungen

In den Empfehlungen des Bundes sind die allgemeinen Vorgaben zur Gefahrenbeurteilung beschrieben. In den Pflichtenheften für Gefahrenbeurteilungen der Kantone sind diese zwar als Arbeitsgrundlage aufgeführt, es bestehen jedoch meistens keine Vorgaben, wie die Abschätzung der Geschiebefracht konkret zu erfolgen hat. Somit liegen das Vorgehen und die Wahl der Methoden in der Verantwortung der Auftragnehmer. Sie bestimmen die Methode für den aktuellen Auftrag, um die Zielsetzung und die Qualitätsanforderungen zu erfüllen und gleichzeitig das Auftragsbudget einzuhalten.

5. Heutiger Stellenwert von Geländeaufnahmen bei Geschiebeabschätzungen und Gefahrenbeurteilungen

In der Praxis ist die Geländearbeit in den letzten Jahren aus verschiedenen Gründen vermehrt in den Hintergrund getreten. Geschiebeabschätzungen im Gelände erfordern viel Erfahrung und sind relativ zeitaufwändig. Die entsprechend etwas höheren Kosten führen oft zu einer Minimierung der Geländearbeit in der Praxis. Diese Entwicklung wirkt sich langfristig nachteilig auf die Qualität der Gefahrenbeurteilungen aus. Im Weiteren stehen heute immer mehr Programme und Modelle zur Berechnung des Feststofftransportes zur Verfügung, welche in Konkurrenz zur klassischen Geländeanalyse stehen. Gutachterliche Methoden implizieren einen «subjektiven» Eindruck, während Modelle einen mathematischen, «objektiven» Eindruck erwecken. Die «Geschiebeabschätzung» erfolgt im Gelände, die «Geschiebeberechnungen» im Modell. Somit ist ein angebliches Genauigkeitsdefizit der Geschiebeabschätzung im Gelände gegenüber einer Modellrechnung bereits verbal definiert. Ausserdem führen Visualisierungen der Prozesse in 3D über das digitale Geländemodell bei der Darstellung der Modellergebnisse auch visuell zum Eindruck einer exakteren Beurteilung als es bei der gutachterlichen Methode der Fall ist.

Für eine umfassende Gefahrenbeurteilung, welche die Anforderungen gemäss Kap. 4 erfüllt, sind Erhebungen im Gelände zur Gerinnecharakteristik, zur Geschiebesituation, zum Zustand von Böschungen und Hängen in allen relevanten Gerinneabschnitten unverzichtbar. Nur im Gelände kann ein Wildbach individuell beurteilt werden. Durch eine möglichst lückenlose Begehung der geschieberelevanten



Abb. 4: Wildbachexpertin bei Geländeaufnahmen für die Geschiebeabschätzung (Foto: tur gmbh). | Fig. 4: Une experte en matière de cours d'eau lors d'enquêtes sur le terrain pour l'évaluation du charriage (photo : tur gmbh).

Gerinneabschnitte [s. Abb. 4] und der angrenzenden Hänge können Spuren vergangener Ereignisse analysiert und die aktuelle Prozessaktivitäten interpretiert werden. Die Ausprägung der Disposition zu Geschiebeverlagerungsprozessen und die dabei ablaufenden Prozesse können aufgenommen und berücksichtigt werden. Durch diesen hohen Detaillierungsgrad mittels Geländeaufnahmen können allfällige Prozessverkettungen, mögliche Schwellenprozesse und auch die Wirkung von «zufälligen» Gegebenheiten und Abläufen berücksichtigt werden. So kann die gesamte Bandbreite möglicher Ereignisabläufe abgegrenzt und deren Auswirkungen auf die Geschiebefracht abgeschätzt werden.

Abb. 5 zeigt in einem schematischen Vergleich die verschiedenen Detaillierungsgrade in der Geschiebeabschätzung basierend auf einfachen Pauschalformeln, auf Geländeerhebungen und Modellierungen im System Wildbach auf. Während mit einer Interpretation der vorhandenen Grundlegenden Daten und einfachen Abschätzformeln lediglich pauschale Aussagen zu Geschiebefrachten möglich sind, können anhand von Verfahren im Gelände und Modellierung-

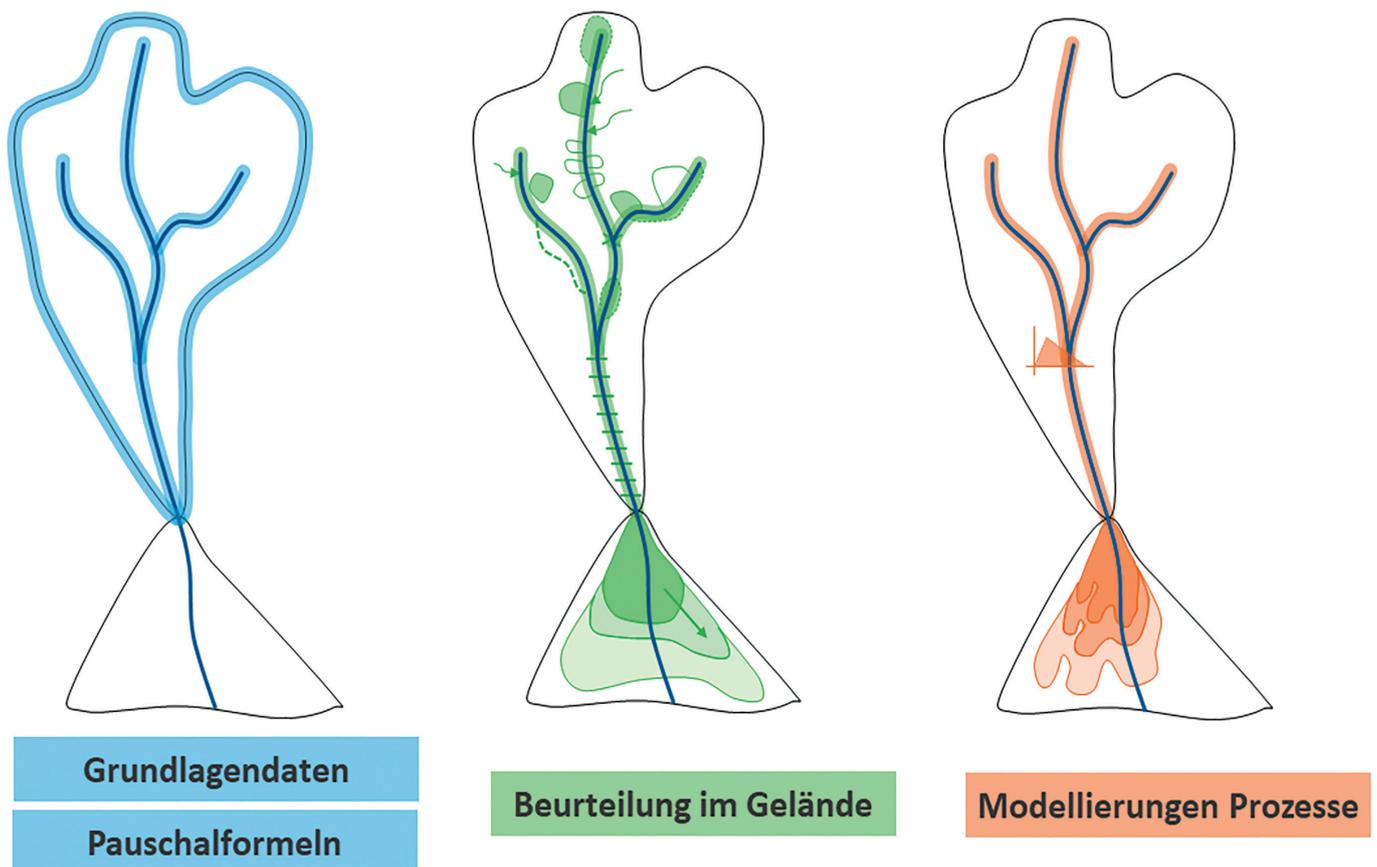


Abb. 5: Schematischer Vergleich des Detaillierungsgrads der Beurteilung mit Pauschalformeln, Geländemethoden und Prozessmodellierungen. | Fig. 5: Comparaison schématique du degré de détail de l'évaluation avec des formules générales, des méthodes de terrain et une modélisation du processus.

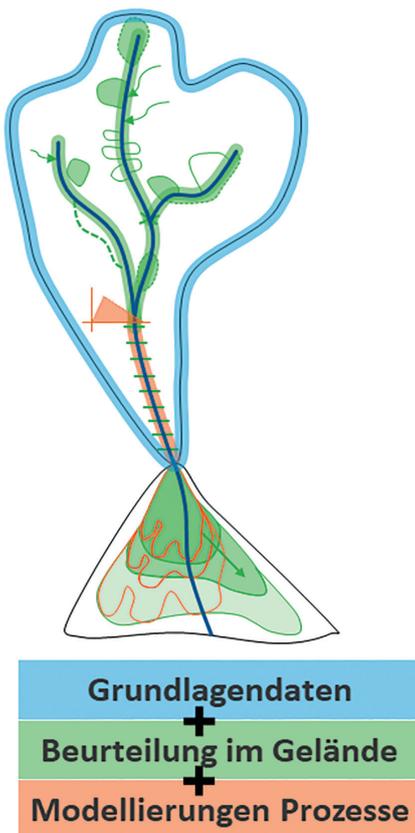


Abb. 6: Schematische Darstellung Kombination von Interpretation Grundlagen, Anwendung geländebasierter Methoden und Prozessmodellierungen. | Fig. 6: Représentation schématique, combinaison des principes d'interprétation, application de méthodes basées sur le terrain et modélisation de processus.

gen detailliertere Ergebnisse erzielt werden. Sowohl Geländearbeit als auch Modellierung haben Vor- und Nachteile:

- Systematische und gut dokumentierte Geschiebeabschätzungen im Gelände führen im Vergleich zu den Modellierungen zu detaillierteren Angaben über Eigenschaften und Zustand von Gerinnen und Einhängen sowie der möglichen Prozesse im Einzugsgebiet.
- Demgegenüber sind Modelle in der Lage, Reichweiten, Geschwindigkeiten und Ablagerungshöhen im Wirkungsbereich auf dem Schwemmkegel detaillierter abzubilden als eine Geländebeurteilung allein. Ein Modell führt in kurzer Zeit eine grosse Anzahl von vorgegebenen Rechenoperationen in bestimmter Reihenfolge durchzuführen. In der Regel ist eine geringe Anzahl Parameter als Eingabe erforderlich, was bei der Komplexität im Wesen der natürlichen Prozesse eine starke Vereinfachung darstellt. Bei der Bedienung von Modellen ist – gleich wie bei den Geländeaufnahmen – viel Sorgfalt und Fachwissen nötig:
- Sorgfalt heisst eine umfassende Abwägung der Eingabeparameter vorzunehmen, deren Vereinfachung gegenüber der Wirklichkeit zu beurteilen und die Grenzen der Anwendung zu erkennen.

- Fachwissen ist erforderlich, um die Plausibilität der Ergebnisse abzuschätzen und allfällige Korrekturen der Eingaben in das Programm vornehmen zu können. Mittels Erhebungen und Beurteilungen im Gelände können die für die Modellrechnung relevanten Prozesse im Einzugsgebiet erkannt und definiert werden. Dies stärkt die Plausibilität der Eingabeparameter und führt dazu, die Forderung nach Sorgfalt und erforderlichem Fachwissen zu erfüllen. Für eine möglichst detaillierte Beurteilung vom Einzugs- bis ins Wirkungsgebiet liegt der grösste Nutzen somit in einer kombinierten Anwendung von Geländemethoden und Modellrechnungen.

6. Fazit

Wenn immer möglich und sinnvoll, besonders jedoch bei der Forderung nach detaillierten Ergebnissen (Stufe Gefahrenkarte, Bauprojekt), sollten Methoden in Kombination durchgeführt werden (s. Abb. 6):

- Ein wichtiges Element der Beurteilung ist die Interpretation der vorhandenen Grundlagen. Dazu gehört die Wildbachgeschichte, welche Einblick in bereits abgelauene Prozesse verschafft (Dokumente, stumme Zeugen, Befragung Anwohner). Dies schafft eine erste Grundlage für die Prozessbeurteilung sowie für spätere Fragen zur Plausibilisierung.
- Die Geländeanalyse und gutachterliche Abschätzung darf nie fehlen. Nur so können die Charakteristik des einzelnen Wildbaches und der aktuelle Zustand des Einzugsgebietes erfasst werden.
- Mit den fundierten Erkenntnissen aus der Geländeerhebung können Modellrechnungen aufgesetzt und durchgeführt werden. Modelle und Methoden mit Geländearbeit ergänzen sich gegenseitig. Für eine möglichst detaillierte Beurteilung vom Einzugsgebiet bis ins Wirkungsgebiet im Rahmen von Gefahrenbeurteilungen oder Dimensionierungsgrundlagen für Schutzbauten liegt der grösste Nutzen deshalb in einer kombinierten Anwendung von Methoden der Geländearbeit und Modellen.
- Ein Vergleich der Ergebnisse aus Geländebeurteilung und Modellrechnung ist wichtiger Bestandteil einer Gesamtbeurteilung. Unterschiedliche Ergebnisse aus beiden Verfahren wird es immer geben. Die Gründe dafür müssen jedoch erkannt und dargelegt werden. Dies erhöht die Plausibilität und Glaubwürdigkeit gegenüber dem Auftraggeber. Wichtig ist in diesem Zusammenhang eine kritische Auseinandersetzung mit dem eigenen Vorgehen und den Ergebnissen. Dabei sind Konflikte aufzuzeigen und die vorhandenen Unschärfen zu diskutieren.

Verdankungen

Wir danken Kathrin Niederer und Hans Kienholz ganz herzlich für das Review dieses Artikels.

Literaturverzeichnis

Angerer H., Pitracher M., Schiegg H.O., Mayer R. 2003: ETAlp – Gesamtheitliche Erfassung und Bewertung von Erosions- und Transportvorgängen in Wildbacheinzugsgebieten. ETAlp-Handbücher und Kompendien, WLV und BMLFUW 2003.

Bundesgesetz über den Gewässerschutz (Gewässerschutzgesetz GSchG) vom 24. Januar 1992 (Stand am 1. Januar 2017). Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft.

BWW, GIUB 1990: Ursachenanalyse Unwetterereignisse 1987, A5 Geschiebelieferung durch Wildbäche, Schlussbericht. Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW), Geographisches Institut der Universität Bern (GIUB), Bern.

Frick, E., Kienholz, H., Romang, H. 2011: SEDEX (SEDiments and EXperts), Anwenderhandbuch. Geographica Bernensia P42. Geographisches Institut der Universität Bern, Bern.

Frick, E. 2013: SEDEX – (SEDiments and EXperts), Entwicklung einer praxistauglichen Methode zur Beurteilung der Geschiebe-Szenarien in Wildbächen. Dissertation am Geografischen Institut der Universität Bern, Bern.

Gertsch, E. 2009: Geschiebelieferung alpiner Wildbachsysteme bei Großereignissen – Ereignisanalysen und Entwicklung eines Abschätzverfahrens. Dissertation am Geographischen Institut der Universität Bern. Download unter www.zb.unibe.ch/download/eldiss/09gertsch_e.pdf.

Gertsch, E., Lehmann, Ch., Spreafico, M. 2012: Methods for the Estimation of Erosion, Sediment Transport and Deposition in Steep Mountain Catchments – A contribution to the International Sediment Initiative of UNESCO/International Hydrological Programme. Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebiets KHR/CHR, Report No II-21 of the CHR. ISBN 978-90-70980-36-8 (englische Übersetzung Handbuch). Download unter https://www.chr-khr.org/sites/default/files/chrpublications/rapport_ii_-_21.pdf.

Gewässerschutzverordnung, GSchV vom 28. Oktober 1998 (Stand am 1. Juni 2018). Schweizerischer Bundesrat.

GHO (Arbeitsgruppe für operationelle Hydrologie) 1987: Feststoffbeobachtung in schweizerischen Gewässern. Die mengenmässige Erfassung von Schwebstoffen und Geschiebefrachten. Erfahrungen und Empfehlungen, Bern.

GHO (Arbeitsgruppe für operationelle Hydrologie) 1996: Empfehlung zur Abschätzung von Feststofffrachten in Wildbächen. Arbeitsgruppe für operationelle Hydrologie GHO, Mitteilung Nr. 4, Bern.

Hunziker, Zarn & Partner, Lehmann Hydrologie-Wasserbau, belop gmbh 2014: Abschätzung der mittleren jährlichen

Geschiebelieferung in Vorfluter. Praxishilfe im Auftrag des Bundesamts für Umwelt BAFU. Bern. Download unter https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wasser/externe-studien-berichte/abschaetzung_der_mittleren_jaehrlichengeschiebelieferunginvorflute.pdf.

Kienholz, H. 1995: Gefahrenbeurteilung und -bewertung – auf dem Weg zu einem Gesamtkonzept. In: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 146.

Kienholz, H., Keller, H.M., Ammann, W., Weingartner, R., Germann, P.F, Hegg, Ch., Mani, P., Rickenmann, D. 1998: Zur Sensitivität von Wildbachsystemen. Projektschlussbericht im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes «Klimaveränderung und Naturkatastrophen», NFP 31. Vdf, Hochsch.-Verl. an der ETH, Zürich.

Lehmann, Ch. 1993: Zur Abschätzung der Feststofffracht in Wildbächen – Grundlagen und Anleitung. Geographica Bernensia G42, Geografisches Institut der Universität Bern, Bern.

PLANAT (Plattform Naturgefahren) (Hrsg.) 2000: Empfehlungen zur Qualitätssicherung bei der Beurteilung von Naturgefahren. PLANAT-Reihe 2/2000.

Rickenmann, D. 2014: Methoden zur quantitativen Beurteilung von Gerinneprozessen in Wildbächen. WSL Berichte Heft 9, Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL.

Rimböck, A., Barben, M., Gruber, H., Hübl, J., Moser, M., Rickenmann, D., Schwaller, G. 2013. OptiMeth. Beitrag zur optimalen Anwendung von Methoden zur Beschreibung von Wildbachprozessen. Schlussbericht. Schriftenreihe 1: Vol. Handbuch 3. Internationale Forschungsgesellschaft INTERPRAEVENT, Klagenfurt. Download unter http://www.interpraevent.at/palm-cms/upload_files/Publikationen/Handbooks/OPTIMETH_2013.pdf und Anhang unter <http://www.interpraevent.at/templates/downloads.php?kat=453&file=180>.

Spreafico, M, Lehmann, Ch., Jakob, A., Grasso, A, 2005: Feststoffbeobachtung in der Schweiz. Ein Tätigkeitsgebiet der Landeshydrologie. Berichte des Bundesamts für Wasser und Geologie BWG, Serie Wasser Nr. 8. Bern.

Spreafico, M., Viviroli, D. 2013: Ausgewählte Beiträge zur Abschätzung von Hochwasser und Feststofftransport in der Schweiz. Grundlagen, Methoden, Fallbeispiele. Beiträge zur Hydrologie der Schweiz Nr. 40. Schweizerische Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie (SGHL) und Schweizerische Hydrologische Kommission (CHy), Bern.

VAW/GIUB 1987: Emme 2050 – Studie über die Entwicklung des Klimas, der Bodenbedeckung, der Besiedlung, der Wasserwirtschaft und des Geschiebeaufkommens

im Emmental, sowie über die Sohlenentwicklung und den Geschiebehaushalt in der Emme und mögliche zukünftige Verbauungskonzepte. Bericht im Auftrag des Oberingenieurkreises IV, Tiefbauamt des Kt. Bern und des Kt. Solothurn; Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich / Geogr. Institut der Universität Bern, 4 Bände, [unveröff. Auftragsstudie].

Zimmermann, M. 1989: Geschiebeaufkommen und Geschiebebewirtschaftung - Grundlagen zur Abschätzung des Geschiebehaushaltes im Emmental. Geographica Bernensia, G34, Geogr. Inst. Univ. Bern.

Zimmermann, M., Lehmann, C. 1999: Geschiebefracht in Wildbächen: Grundlagen und Schätzverfahren. Geschiebetransport und Hochwasser. Verbandsschrift 59 des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes. Baden. 77- 84.

Kontaktadresse

Eva Frick
 Dr. phil. nat., Dipl. Geografin
 tur gmbh
 Promenade 129
 7260 Davos Dorf
 Tel. 081 420 15 31
 frick@tur.ch



Eva Frick

Eva Gertsch-Gautschi
 Dr. phil. nat., Dipl. Geografin
 Bundesamt für Umwelt BAFU
 Abt. Gefahrenprävention
 3003 Bern
 Tel. 058 464 09 29
 eva.gertsch@bafu.admin.ch



Eva Gertsch

Christoph Lehmann
 Dr. phil. nat., Dipl. Geograf
 Lehmann Hydrologie – Wasserbau
 Staldenstrasse 11c
 3322 Urtenen-Schönbühl
 Tel. 031 859 46 81
 Tel. 077 444 39 93
 hydrologie@solnet.ch



Christoph Lehmann