

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

**Moser, Markus; Mehlhorn Susanne; Janu, Stefan; Jäger, Gerald;
Kammerlander, Johannes**

Hydro-numerische Simulationen vs. Einschätzung – Instrumente zur Gefahrenbeurteilung in Wildbächen

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

**Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische
Hydromechanik**

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/107087>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Moser, Markus; Mehlhorn Susanne; Janu, Stefan; Jäger, Gerald; Kammerlander, Johannes (2020): Hydro-numerische Simulationen vs. Einschätzung – Instrumente zur Gefahrenbeurteilung in Wildbächen. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Interdisziplinärer Wasserbau im digitalen Wandel. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 63. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 433-442.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Hydro-numerische Simulationen vs. Einschätzung – Instrumente zur Ge- fahrenbeurteilung in Wildbächen

Markus Moser, Susanne Mehlhorn, Stefan Janu,
Gerald Jäger, Johannes Kammerlander

Die Arbeit in der Gefahrenbeurteilung und Ausweisung der Gefahrenzonen von Naturgefahren erfolgt in enger Kommunikation mit der Bevölkerung. Eine einheitliche, objektive sowie reproduzierbare Beurteilung ist in diesem Zusammenhang ein wichtiges Ziel. Die historische Methode, empirisch hergeleitete Kennwerte sowie Expertenwissen sind dabei entscheidende Eingangsgrößen mit einer mehr oder weniger subjektiven Bewertung. Die Fortschritte der letzten Jahre in der praktischen Anwendung von numerischen Modellen ergänzen die Beurteilung um eine zusätzliche Methode. Simulationen stellen daher mittlerweile ein wertvolles Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung dar. Durch benutzerfreundliche Oberflächen werden dem Anwender die Bedienung und Berechnung unterschiedlicher Szenarien erleichtert. In den Modellen sind aber empirisch hergeleitete Kennwerte bzw. Formelnätze implementiert, die aufgrund der Komplexität der zu berechnenden Prozesse jedoch meistens vereinfachten Verfahren abgeleitet werden. Dies führt dazu, dass jedes Modell viele Möglichkeiten, aber auch Grenzen der Anwendbarkeit mit sich bringt. Die Einschätzung bzw. Gewichtung der berechneten Ergebnisse durch den Anwender ist ein wichtiger Teil und wird als Ergebnisinterpretation bezeichnet.

Gefahrenbeurteilung, Hydro-numerische Simulationen, Steckbrief Qualitätssicherung, Berechnung vs. Einschätzung

1 Einleitung

In der Gefahrenzonenplanung kann man auf eine Vielzahl von Hilfsmitteln hinsichtlich Grundlagendaten und Programmen zur Aufbereitung sowie zur

Berechnung zurückgreifen. Die rasante Entwicklung in der elektronischen Datenverarbeitung führt aber dazu, dass Anwenderinnen und Anwender schnell den Überblick verlieren, welche Berechnungsmethoden und Modelle für gewisse Fragestellungen interessant sind. Besonders im Wildbachbereich hat man vorwiegend mit Fließprozessen zu tun, die nur schwer durch Modelle vollständig beschrieben werden können. Trotzdem versucht man in der Forschung und Entwicklung diese komplexen Prozesse nachzubilden und eine Verbesserung in der Berechnung von Naturgefahrenprozessen zu erzielen. Den Auftrag zur Umsetzung jener Maßnahmen, die dem Stand des Wissens und Technik entsprechen, hat man in der Gefahrenzonenplanverordnung 1976 §8. (1,2) festgeschrieben.

2 Historische Entwicklung

In Österreich bedient man sich in der Praxis im Zuge der Gefahrenzonenplanerstellung meist aus Dokumentationen historischer oder aktueller Ereignisse (Ereigniskataster, der Historische Methode, Stumme Zeugen, persönlichen Erfahrungen, Gemeinde-Kirchenchroniken), der Festlegung möglicher Prozesse (Information aus Begehungen im Naturraum, Prozessanalyse) und Bemessungswerten (Szenarien), die mit einer 150-jährlichen Eintrittswahrscheinlichkeit beschrieben werden. Aufgrund der zahlreichen Ereignisse der letzten Jahrzehnte konnten sehr viele Daten gesammelt werden.

Die systematische Aufarbeitung im Ereigniskataster und eine intensive, standardisierte Ereignisdokumentation und -analyse förderten auch die Entwicklung zahlreicher neuer Berechnungsmethoden von einfachen profilweisen Ansätzen bis zu aufwändigen numerischen 1d-, 2d- oder 3d-Modellen. Mit der Anwendung dieser „neuen“ Modelle entwickelte sich ein zusätzliches - dem Stand der Technik entsprechendes - Hilfsmittel für die Gefahrenzonenplanung (Moser und Janu, 2008). Versuche, gänzlich alle Prozesse in Modellen abzubilden, sind auch unter Einbeziehung von verschiedenen Szenarien bis dato mit den entwickelten Modellen nicht möglich. Möglich und durchaus sinnvoll ist die Berechnung von bestimmten – durch Modelle „berechenbaren“ – Fließvorgängen und Transportprozessen, um eine weitere Aussage/Ergebnis für die Abgrenzung der Gefährdungsbereiche zu bekommen (Abb.1).

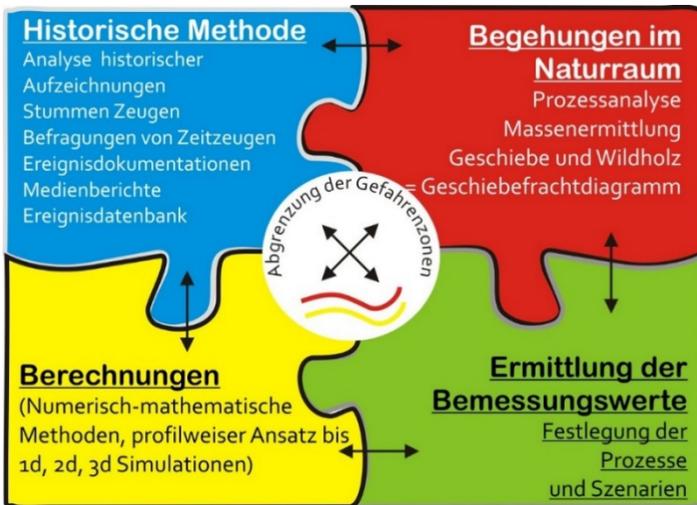


Abbildung 1: Methoden der Gefahrenbeurteilung in Wildbächen

3 Berechnungsmethoden und Modelle

Je nach Wildbachprozess hat man für die verschiedenen Verlagerungsprozesse gewisse Anforderungen an die Berechnungsmethoden und Modelle. Ein Blick in die Liste der gängigen Modelle macht deutlich, dass es für den Prozesstyp „Reinwasserabfluss“ deutlich mehr numerische Modelle gibt, als für Prozesse mit hohem Feststoffanteil. Feststoffreiche Wildbachprozesse sind nach wie vor ein Spezialfall und die Berechnungsmethoden sind weniger weit fortgeschritten wie in der Reinwasserhydraulik. Neben den grundsätzlichen Berechnungsmöglichkeiten für verschiedene Wildbachprozesse sind auch die sog. „Randbedingungen“ meistens schwierig zu bestimmen.

Je nach Fragestellung ergibt sich auch die Auswahl des Modells. Die Auswahl erfolgt nach dem charakteristischen Verlagerungsprozess nach ONR 24800 (meist Leitprozess) in Kombination mit relevanten Parametern, wie z.B.: Sohlneigung, Vorlandabfluss ja/nein, Verklauung ja/nein und führt zu einer groben Einschätzung, welches Modell grundsätzlich geeignet ist oder nicht. Zum anderen, wie zum Beispiel, maximale Geschiebetransportkapazität in verbauten Wildbachgerinnen für Projektierungen oder Berechnung von Überflutungsflächen für Gefahrenausweisungen.

Oftmals ist aufgrund der Gegebenheiten und/oder der Fragestellung auch eine Kombination mehrerer Modelle sinnvoll. Zum Beispiel kann eine Detailberechnung eines Querbauwerks oder einer Gerinnestrecke mit einem 1d-Modell und die Simulation von Überflutungsflächen im Vorland für bestimmte Szenarien (Brückverklausungen, kritische Gerinnestellen) mit einem 2d-Modell durchgeführt werden.

4 Wann ist eine Simulation (numerisch-mathematische Methode) hilfreich und wenn ja – Was muss ich wissen?

Für die Abgrenzung von Wildbachgefahrenzonen gibt es lt. „Richtlinie Gefahrenzonenplanung“ zahlreiche anwendbare Methoden. Es liegt an dem/der Planverfasser/in mit welchen Methoden eine schlüssige Aussage getroffen werden kann. Wichtig ist jedenfalls die Anwendung mehrerer Methoden, obgleich ihre Ergebnisse in Abhängigkeit der naturräumlichen Gegebenheiten unterschiedlich stark gewichtet werden können.

Je nach Ausgangslage und naturräumlichen Gegebenheiten hat die numerische-mathematische Methode (Anwendung von Simulationsmodellen) einen höheren oder geringeren Mehrwert gegenüber den anderen Methoden. Vorausgesetzt die Ergebnisse wurden plausibilisiert und die berechneten Prozesseinwirkungen anhand von Chronikdaten oder Stummen Zeugen mit den bisher Beobachteten gegenübergestellt, können Simulationen einen hohen Mehrwert für nachfolgende Fragestellungen haben:

- ◁ Überflutungsgebiet in Vorländern mit schwach ausgeprägten Fließwegen: Talbäche über flache, breite Schwemmkegel bis zum Vorfluter
- ◁ Verklausungen von Brücken mit Abflüssen ins Vorland (möglicherweise dicht bebaut und daher auch anthropogen stark überprägt), Abflussrelevante Einfriedungen
- ◁ Auswirkung von verschiedenen Szenarien, die durch die historischen Ereignisse nicht abgebildet wurden (z.B.: links- und rechtsufrige Bachverwerfungen am Schwemmkegel)
- ◁ Geschiebetransportvermögen anhand der Bemessungsganglinie (Geschiebefracht), Geschiebeanlandungen in Unterlaufgerinnen
- ◁ Fließgeschwindigkeiten und Abflusstiefen je Knoten und Zeitschritt im Simulationsbereich für unterschiedliche Szenarien und Prozess-typen (Reinwasser bis Murgang lt. Verlagerungsprozesse)

Die Entscheidung welches Simulationsmodell die auszugsweise genannten Fragestellungen abbilden kann, ist dann von dem/der Planverfasser/in zu treffen. Sehr entscheidend dabei ist auch die sog. Ausgangslage. Welche Datengrundlagen stehen zur Verfügung? Fragen wie das hydrologische Belastungsbild und dessen Auswirkung auf den Wildbachprozess sind ebenso zu beantworten, wie sämtliche zur Prozessbeurteilung maßgebenden Eingangsgrößen. Sind diese dann geklärt oder ermittelt, sind noch zusätzliche Randbedingungen wie z.B.: Geländemorphologie, Stumme Zeugen und Fließwege zur Definition der „Visitenkarte“ eines Einzugsgebietes bzw. „Raumrelevanten Bereichs“ notwendig.

Für die Simulation von Reinwasserabflüssen stehen sehr viele Modelle zur Verfügung. Wichtige Eingangsgrößen sind:

- ◁ die Abflussganglinie (oder der Scheitelwert), sowie
- ◁ Daten zu Fließrauigkeiten und -geschwindigkeiten

In flachen Wildbächen stehen viele Tabellenwerke zur Verfügung, die Fließrauigkeiten in steilen, glatten Künetten sind aber bereits schwieriger festzulegen. Hierfür werden vom Fachzentrum Wildbachprozesse der Wildbach- und Lawinenverbauung regelmäßig Geschwindigkeitsmessungen durchgeführt und die entsprechenden Fließrauigkeiten rückgerechnet (Moser et al., 2018). Zusätzliche Daten sind zur Plausibilisierung oder sogar Validierung und Kalibrierung der Eingangsdaten oder Ergebnisse notwendig (z.B.: Ereignisdokumentationen, Pegeldata).

Bei Prozessen mit fluvialem bzw. murartigem Feststofftransport sind dann die Eingangsgrößen sehr schwierig zu bestimmen. Beispiele dazu sind etwa:

- ◁ Wieviel Geschiebeanteil muss angesetzt werden (% Reinwasser – transportierbare Menge realistisch?)
- ◁ Welche Korngrößen sind maßgebend?
- ◁ Sind Rückstaueffekte durch den Vorfluter möglich und werden diese im Modell berücksichtigt?

Noch viel aufwändiger bis fast unmöglich sind Berechnungen von Murgängen. Der sehr komplexe Prozess ist keinesfalls umfassend zu modellieren, zahlreiche Vereinfachungen sind in den Modellen enthalten. Aus dieser Ausgangslage wird klar, dass nur bestimmte Teile eines Murgangs numerisch nachgebildet werden können. Entsprechend dieser Rahmenbedingungen sind auch die Ergebnisse zu werten und zu interpretieren.

5 Modellergebnis – Was steckt dahinter?

Die Aussage, dass das Modellergebnis so gut wie die Eingangsdaten ist, stimmt zwar grundsätzlich, man sollte diese Aussage aber noch um die Beurteilung (Ergebnisinterpretation) erweitern. Auch in diesem Fall sind Erfahrungen mit Simulationsprogrammen und die entsprechende Gebietskenntnis zur umfassenden Beurteilung eines Ergebnisses sehr wichtig. Die Interpretation eines Berechnungsergebnisses unter Berücksichtigung der zugrundeliegenden Modellannahmen, Szenarien und der planlichen Darstellungsmöglichkeiten sind auch mit Expertenwissen oftmals ein schwieriges Unterfangen. Fragen wie:

Welche Geländedaten wurden verwendet?

Wie grob ist die Auflösung des Modells?

Sind Kunstbauten integriert worden?

Wo befindet sich der Zulauf, wo der Auslauf?

Wie groß ist das Modellgebiet?

sind Standardfragen am Beginn einer Interpretation. Hinzu kommen dann noch verschiedene Szenarien, die aufgrund der Bachcharakteristik und der einzelnen Wildbachprozesse als Ergebnis zu bewerten sind.

6 Steckbrief zur Qualitätssicherung

Zur Qualitätssicherung wird ein „Steckbrief“ empfohlen. Zu jeder planlichen Darstellung von Simulationsergebnissen (z.B. Überflutungsflächen) sollte dieses Datenblatt beigefügt werden, da es die oben genannten Infos zu den Simulationsgrundlagen enthält. Die eingangs beschriebene, objektive sowie reproduzierbare Beurteilung wird durch diese Vorgehensweise erfüllt. Grundsätzlich sind Angaben zum verwendeten Modell inkl. dessen Berechnungsansatz und der Verfügbarkeit (Link zum Entwickler), zu den Eingangsdaten, wie z.B. Geländedaten, Modelldaten, Kunstbauten, Widerstände (Fließrauigkeiten), Zuflussmengen und -ort sowie auch zu den Ausflussbereichen und sonstigen Wildbachprozessen (Geschiebe berücksichtigt ja/nein, Erosion berücksichtigt ja/nein) zu machen. Wichtig im Steckbrief ist das am Plan dargestellte Szenario (sh. Tabelle1: Steckbrief am Beispiel HEC-RAS 5.0.6).

Tabelle 1: Steckbrief einer Simulation am Beispiel HEC-RAS 5.0.6

Steckbrief Simulation – Piberbach			
Verwendetes Modell - HEC-RAS 5.0.6 - Hersteller: US Army Corps of Engineers, www.hec.usace.army.mil			
Numerische Berechnung: 1DFinite Differenzen Methode mit dynamischer Welle (instationär), 2D Finite Volumen Methode;			
Räumliche Diskretisierung: 1D, unstrukturierte Querprofile; 2D, unstrukturierte und strukturierte Gitter. Die unstrukturierten Gitter sind auf 8 Kanten limitiert;			
Zeitliche Diskretisierung: explizites Verfahren mit vorgegebenem Zeitschritt			
Simulationsgrundlagen:			
Geländedaten:			
z.B.: Laserdaten (Auflösung: 0,5x0,5 m ² , Flugjahr: 2012-2013); <i>Terrestrische Vermessung des Unteraufgerinnes - Querprofilaten verwendet; Civil3D-Modell der Planung</i>			
Modelldaten:			
Fläche des Modellgebiets: 1,0 km ² ; Zellengröße (GRID): xm; Anzahl an Berechnungselementen: xx			
Kunstabauten:	Ja	Nein	Tw. <i>Zusatzinformationen</i>
Gerinne ins Modell eingebaut:	x	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <i>Vermessung</i>
Brücken berücksichtigt:	x	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <i>Daten aus Vermessung</i>
Brücken verklaust?	<input type="checkbox"/>	x	<input type="checkbox"/>
Durchlässe berücksichtigt:	<input type="checkbox"/>	x	<input type="checkbox"/>
Durchlässe verlegt?	<input type="checkbox"/>	x	<input type="checkbox"/>
Abflussundurchlässige Bauten (Häuser,...) berücksichtigt:	x	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <i>Häuser im DHM integriert</i>
Abflussrelevante Einfriedungen (Gartenmauern,...) berücksichtigt:	<input type="checkbox"/>	x	<input type="checkbox"/>
Fließrauigkeiten:			
<i>Umgrenzung aus Landnutzung und gutachterlich via Orthofoto digitalisiert; Vorland: aus DKM-Landnutzung und Orthofotos digitalisiert; Gerinne: gutachterlich auf Basis von direkten Abflussmessungen</i>			
Zufluss Wasser:			
<i>Instationäre Berechnung; Ganglinie berechnet mit N/A Modell (vereinfachtes SCS-Verfahren); Ort der Abflusszugabe: am oberen Modellrand im Gerinnehektometer 2,5 lt. WLK; Vorfluter: berücksichtigt</i>			
Ausfluss Wasser:			
<i>Unterer Modellrand (bei Ortseingang Radstadt) mit konst. Energieliniengefälle</i>			
Zufluss Geschiebe/Feststoffe: <i>Kein Geschiebe berücksichtigt</i>			
Berechnete Szenarien: Variante 1: BE, Variante 2: BE mit Teilverklausung der Brücke hm 1,2			
Planlich dargestellte Variante 1			
<i>Spitzenabfluss 17 m³/s (=HQ150) und Wasserfracht 127.000 m³; Dargestellte Berechnungsergebnisse: Maximale Fließtiefen gesamte Simulation (mit Orthofoto im Hintergrund), Plausibilitätsprüfung: ja</i>			
Ergebnisse: jpg, shapes, in digitaler Form vorhanden und unter: xxx Exchange Conny			

7 Empfehlungen für die Praxis

Unterschiedliche Modelle werden in der Praxis als Grundlage für die Erstellung von Gefahrenzonenplänen bereits angewendet und bringen einen entscheidenden Mehrwert in der Abgrenzung der Gefahrenzonen für Wildbäche. Einige Empfehlungen für die praktische Anwendung sollen im Folgenden zusammenfassend angeführt werden:

Vom einfachen Ansatz zu komplizierten, aufwändigen Modellen

Ausgehend von der Fragestellung „Was will ich simulieren?“ ist ein guter Zugang die Berechnungen mit einfachen Ansätzen, wie profilweise ingenieurmäßige Berechnungen oder 1d-Simulationen durchzuführen. Nicht selten werden damit schon sehr gute Ergebnisse erreicht und auf eine aufwändige 2d-Simulation kann verzichtet werden. Die einfachen Berechnungen liefern auch bei einer Notwendigkeit einer 2d-Berechnung wichtige Inputs für das Modell. Kenngrößen, wie kritische Abschnitte (Verengungen, Verklausungen) mit möglichen Gerinneüberbordungen und daraus resultierender Abfluss ins Vorland können werden aufgezeigt und das 2d-Modell dann hinsichtlich Modellausschnitt optimiert werden. Für diesen Ausschnitt kann man dann auch gezielt genauere Datengrundlagen ins Modell einbauen, sodass die Qualität des Ergebnisses verbessert werden kann.

Vom GROBEN ins FEINE

Mehrere Simulationsmodelle beginnend mit zunächst grober räumlicher Diskretisierung (große Auflösung der Zellen) zeigt mögliche Fließwege und die Ausdehnung an. Im feineren Modell kann dann der Simulationsbereich gut eingegrenzt und das Modell im Detail auch für die wichtigen Abschnitte/Flächen erstellt werden. Hinsichtlich Netzstruktur haben sich für Feststofftransportberechnungen die Dreiecksnetze als günstiger gegenüber Rechtecksnetzen herauskristallisiert.

Bandbreiten rechnen

Die zu berechnenden Prozesse sind mit Ausnahme vom Reinwasserabfluss mit großen Unsicherheiten - aufgrund der vereinfachten Berechnungsansätze - behaftet. Aus diesem Grund sind verschiedene Modellvariationen (Parameter, Formelansätze) zu rechnen, um die Bandbreite möglicher Ergebnisse zu bekommen. Letztlich bleibt es dem Planverfasser als Experte überlassen, diese Ergebnisse zu „Werten“ und in die Beurteilung einfließen zu lassen.

Varianten mit und ohne Kunstbauten

Kunstbauten (Brücken, Dämme, Einfriedungen) bewirken eine starke Änderung der Fließwege, Ablagerungen und Erosionen. Zur Ermittlung der Änderungen und Auswirkungen sind immer Berechnungen mit und ohne Kunstbauten empfehlenswert. Auch die Angabe, ob verschiedene Varianten berechenbar sind oder nicht, sollte unbedingt im Qualitätsdatenblatt einfließen (z.B.: Rückstau durch Vorfluter oder See möglich: ja/nein).

Modellplausibilisierung

Geländemodellgrundlagen durch Ortsaugenschein plausibilisieren – besonders bei (neuen) Gebäuden, Mauern, Geländeänderungen (Aufschüttungen, Straßenneu oder -umbau)

Ergebnisplausibilisierung/ Ergebnisdarstellung

Qualitätsverbesserung durch Steckbrief mit den Datengrundlagen der Simulationsvariante sowie des Modells. Stichprobenweise Kontrolle berechneter Fließgeschwindigkeiten und -höhen. Bei 2d-Modellen sollten auch einfache 1d-Berechnungen an neuralgischen Punkten zur Kontrolle und Plausibilisierung durchgeführt werden.

Layout: Legende ab 5 cm Fließtiefen darstellen; Fließtiefen und -geschwindigkeiten planlich je Variante und Zeitschritt darstellen, Fließwege durch Fließvektoren oder Stromlinien zeigen Anströmrichtung und Dauer sowie starke Sohlschubspannungen an, Film/Animationen von Teilbereichen für die Gefahrenzonenplan-Koordinierungen sowie Öffentlichkeitsarbeit erstellen

8 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Fortschritte der letzten Jahre in der praktischen Anwendung von numerischen Modellen ergänzen die Beurteilung gestützt auf die historische Methode, empirisch hergeleitete Kennwerte sowie Expertenwissen um eine zusätzliche objektive Methode. Simulationen stellen daher mittlerweile ein wertvolles Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung dar. Auch wenn aufgrund immer benutzerfreundlicher Oberflächen die Bedienung der Modelle einen großen Fortschritt gemacht hat, sollten die einfachen Ansätze wie profilweiser ingenieurmäßiger Ansatz oder 1d-Berechnungen grundsätzlich zur ersten Abschätzung herangezogen werden. Die einfachen Berechnungen liefern wichtige Inputs, Kenngrößen wie kritische Abschnitte (Verengungen, Verklausungen) mit möglichen Gerinneüberbordungen und in weiterer Folge der Abfluss ins Vorland werden aufgezeigt. Auch das Abfuhrvermögen eines Gerinnes nach Verbauung kann mittels einfachem 1d-Modell wesentlich einfacher und fachlich gleichwertig berechnet und dargestellt werden. Sobald jedoch Gerinneüberbordungen auftreten, ist eine Berechnung der Ausbreitung der Fließwege entweder aus einer Kombination von 1d- und 2d-Modellen (HEC-RAS 5.0.6) oder reinen 2d-Modellen (FLO-2D, HYDRO_AS-2D, BASEMENT) möglich. Aufgrund der großen Unsicherheiten der Berechnung von Prozessen mit Feststofftransport oder Murgängen sind hier verschiedene Modellvariationen (Parameter, Formelan-

sätze) zu rechnen, um eine entsprechende Bandbreite zu bekommen. Letztlich bleibt es den Expertinnen und Experten überlassen, diese Ergebnisse zu „werten“ und in die Beurteilung einfließen zu lassen. Der hier vorgestellte Steckbrief zur Qualitätssicherung leistet einen Beitrag zur eingangs beschriebenen, objektiven sowie reproduzierbaren Beurteilung von berechneten Werten.

9 Literatur

- ON-institut (Hrsg.) 24800 (2009): Schutzbauwerke der Wildbachverbauung
Begriffe und ihre Definitionen sowie Klassifizierung
- Jäger, G.; Moser, M.; Habersack, H. (2012): Methoden und Modelle zur
Berechnung von Abflusskapazitäten und Geschiebetransport in alpinen
Fließgewässern, Wildbach- und Lawinenverbau; Zeitschrift für Wildbach-,
Lawinen, Erosions- und Steinschlagschutz, Heft Nr. 169
- Moser, M.; Kammerlander, J.; Tritthart, M.; Janu, St.; Burger, H. (2018):
Abflussmessungen in Wildbachgerinnen mit FlowSens – Fließge-
schwindigkeit und abgeleitete Fließrauigkeiten, Wildbach- und
Lawinenverbau; Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen, Erosions- und
Steinschlagschutz, Heft Nr. 180

Autoren:

DI Markus Moser
Fachzentrum Wildbachprozesse
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Lungau
Johann Löcker Str. 3, 5580 Tamsweg
markus.moser@die-wildbach.at

DI Gerald Jäger
Fachzentrum Wildbachprozesse
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Bregenz
Rheinstraße 32/4, 6900 Bregenz
gerald.jaeger@die-wildbach.at

DI Stefan Janu
Fachzentrum Wildbachprozesse
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Steiermark Nord
Schönaustraße 50, 8940 Liezen
stefan.janu@die-wildbach.at

Dipl.Geogr. Susanne Mehlhorn
Fachzentrum Wildbachprozesse
Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektion Wien, NÖ und Bgld.
Marxergasse 2, 1030 Wien
susanne.mehlhorn@die-wildbach.at

DI Dr. Johannes Kammerlander
Fachzentrum Wildbachprozesse
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Außerfern
Buchenort 2a, 6600 Lechaschau
johannes.kammerlander@die-wildbach.at