

Empfehlung zur Beutreibung der Gefahr von Ufererosion an Fliessgewässern

Autor(en): **Prise de position concernant les déversoirs latéraux aménagés sur des cours d'eaux**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **107 (2015)**

Heft 4

PDF erstellt am: **10.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-941862>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Empfehlung zur Beurteilung der Gefahr von Ufererosion an Fließgewässern

Fachleute Naturgefahren Schweiz (FAN) und Kommission für Hochwasserschutz (KOHS)

Zusammenfassung

Die Fachleute Naturgefahren Schweiz (FAN) und die Kommission für Hochwasserschutz, Wasserbau und Gewässerpflege (KOHS) haben eine Empfehlung zur Beurteilung der Gefahr von Ufererosion an Fließgewässern erarbeitet. Die Empfehlung beschreibt ein Vorgehen mit den Bearbeitungsschritten Grundszenarien, Schwachstellenanalyse und Wirkungsanalyse. Im Rahmen der Schwachstellenanalyse werden aufgrund der Morphologie und der bekannten Erosionsstellen die massgebenden Gefährdungsbilder identifiziert. Für jedes Gefährdungsbild werden die Belastungsgrößen auf das Ufer und der Erosionswiderstand des Ufers qualitativ oder quantitativ bestimmt. Ist nach dem Fazit der Schwachstellenanalyse für einen Gewässerabschnitt Ufererosion anzunehmen, werden in der Wirkungsanalyse deren Ausmass und räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit festgelegt. Anschliessend werden mögliche Folgeprozesse beurteilt. Die hier beschriebene Empfehlung kann in elektronischer Form und in deutscher Sprache auf den Internetseiten der FAN (www.fan-info.ch) und des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes (www.swv.ch) bezogen werden. Eine französische Fassung ist in Vorbereitung.

Résumé

Les experts suisses en dangers naturels Suisse (FAN) et la Commission pour la protection contre les crues (CIPC) ont élaboré une recommandation pour l'analyse du danger d'érosion de berges le long des cours d'eau.

La recommandation décrit une procédure avec les étapes: élaboration des scénarios de base, analyse de points faibles et analyse d'impact. Dans le cadre de l'analyse de points faibles, différents cas de charge sont identifiés en fonction de la morphologie et des sites d'érosion connus. Pour chaque cas de charge, les grandeurs de la charge et la résistance de la berge sont définies de manière qualitative ou quantitative. Si la comparaison des deux grandeurs montre qu'une érosion latérale est probable, on définit l'extension de l'érosion et sa probabilité spatiale. Les possibles processus consécutifs sont analysés par la suite.

La recommandation décrite peut être téléchargée en langue allemande sur les sites Internet de la FAN (www.fan-info.ch) et de l'association pour l'économie des eaux (www.swv.ch). Une version française est en préparation.

1. Einleitung

Die Ufererosion ist ein Gefahrenprozess, welcher flächenmässig zwar von untergeordneter Bedeutung ist, trotzdem aber immer wieder zu grossen Schäden an Gebäuden und Infrastrukturanlagen führt; nicht zuletzt während der Hochwasser von 2005, 2007 und 2011. Eine wichtige Grundlage, um den Schutz von Siedlungen und Verkehrswegen vor Ufererosion zu planen, ist eine qualitativ und quantitativ nachvollziehbare Gefahrenbeurteilung. Zur Beurteilung des Prozesses Uferero-

sion gibt es bis heute keine allgemein anerkannten Methoden oder Berechnungsgrundlagen.

Um diese Lücke zu schliessen, haben die Fachleute Naturgefahren Schweiz (FAN) und die Kommission für Hochwasserschutz, Wasserbau und Gewässerpflege des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes (KOHS) eine Empfehlung erarbeitet. Mit der Empfehlung wird angestrebt, dass der Prozess Ufererosion in zukünftigen Gefahrenbeurteilungen einheitlich und nachvollzieh-

bar beurteilt wird. Die Empfehlung ist für Wasserbau- und Naturgefahrenfachleute aus Privatwirtschaft und Verwaltung bestimmt und baut auf den Ausführungen in der Empfehlung des Bundes (Loat und Petrascheck, 1997) auf. Sie schlägt Vorgehensweisen vor, nach denen die Gefahr von Ufererosion beurteilt werden soll. Die Wahl eines geeigneten quantitativen Ansatzes zur Bestimmung des Ausmasses von Ufererosion wird hingegen dem Anwender überlassen.

Der vorliegende Artikel fasst die Empfehlung (FAN und KOHS, 2015) zusammen. Die vollständige Empfehlung mit Fallbeispielen kann in elektronischer Form und in deutscher Sprache auf den Internetseiten der FAN (www.fan-info.ch) und des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes (www.swv.ch) bezogen werden. Eine französische Fassung ist in Vorbereitung. Der Artikel erscheint zeitgleich in der Fachzeitschrift «Wasser Energie Luft» und in der FAN-Agenda.

2. Generelles Vorgehen

In der Empfehlung wird das Vorgehen für drei verschiedene Bearbeitungstiefen vorgestellt. Es hängt davon ab, ob eine Gefahrenbeurteilung auf Stufe Gefahrenhinweis, Gefahrenkarte oder Einzelgutachten erstellt wird (siehe Bild 2). Mit zunehmender Bearbeitungstiefe werden mehr quantitative Methoden angewandt und der Aufwand für die Erarbeitung von Grundlagen und die Beurteilung selber nimmt zu.

In der vorliegenden Zusammenfassung der Empfehlung Ufererosion wird lediglich die Bearbeitungstiefe «Gefahrenkarte» vorgestellt. Für eine Beschreibung des Vorgehens in allen drei Bearbeitungstiefen wird auf die ausführliche Empfehlung verwiesen (FAN und KOHS, 2015). Dort ist das Vorgehen auch anhand zweier Beispiele veranschaulicht.

Das Vorgehen lehnt sich an die Praxis der Gefahrenbeurteilung in der Schweiz an und ist in die üblichen Bearbeitungsschritte Grundszenarien, Schwachstel-

lenanalyse und Wirkungsanalyse unterteilt (Bild 3). Für jedes definierte Grund-szenario werden die Schwachstellen- und Wirkungsanalysen einzeln durchlaufen. Im Rahmen der Schwachstellenanalyse werden aufgrund der Morphologie des Gewässers und der bekannten Erosionsstellen die massgebenden Gefährdungsbilder definiert. Anschliessend werden für diese Gefährdungsbilder die Belastungsgrössen auf das Ufer und der Erosionswiderstand des Ufers beurteilt. Wird für einen Gewässerabschnitt die Möglichkeit der Ufererosion erkannt, werden im Rahmen der Wirkungsanalyse das Ausmass möglicher Erosionen und deren räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit bestimmt. Schliesslich muss abgeklärt werden, ob die Ufererosion Folgeprozesse auslösen kann.



Bild 1. Ufererosion an der Trueb beim Hochwasser 2005. Foto: Flussbau AG SAH.

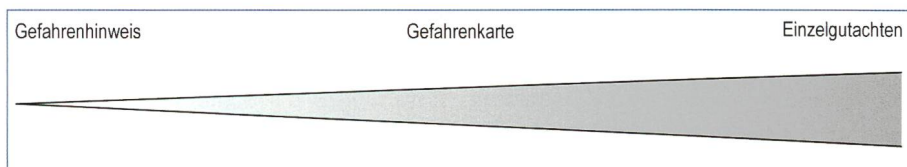


Bild 2. Bearbeitungstiefe in Abhängigkeit der Art des Gefahrengutachtens.

3. Grundszenarien

Die Grundszenarien für die Beurteilung der Gefahr von Ufererosion werden gleich definiert wie die Grundszenarien für die Beurteilung anderer Wassergefahren. Es werden der Abfluss Q , die Geschiebezufuhr G und die Holzzufuhr H für Hochwasser-szenarien unterschiedlicher Jährlichkeiten bestimmt.

4. Schwachstellenanalyse

4.1 Bekannte Erosionsstellen

Ein wichtiges Hilfsmittel bei der Beurteilung der Gefahr von Ufererosion sind Abklärungen zu bekannten Erosionsstellen am zu beurteilenden Gewässer. Sie liefern Hinweise dazu, wo Ufererosion möglich ist und welches Ausmass diese annehmen kann, geben aber kein abschliessendes Bild potenzieller Erosionsstellen. Mögliche Informationsquellen sind der Ereigniskataster, die Karte der Phänomene, eine Begehung vor Ort oder lokale Wissensträger.

4.2 Morphologie

Die Morphologie des Gewässers und die im Gerinne ablaufenden Prozesse (Abfluss, Auflandung, Sohlenerosion, Ufererosion) stehen in einer Wechselwirkung zueinander. Insbesondere bei grossen Hochwasserereignissen können übergeordnete morphologische Prozesse auftreten, welche die Morphologie grundlegend verändern und das Gerinne verlagern.

Bei der Beurteilung der Gefahr von Ufererosion müssen deshalb die aktuelle Gerinneform (verzweigt, mäandrierend oder gestreckter Verlauf) sowie deren mögliche Veränderungen während eines Hochwasserereignisses berücksichtigt

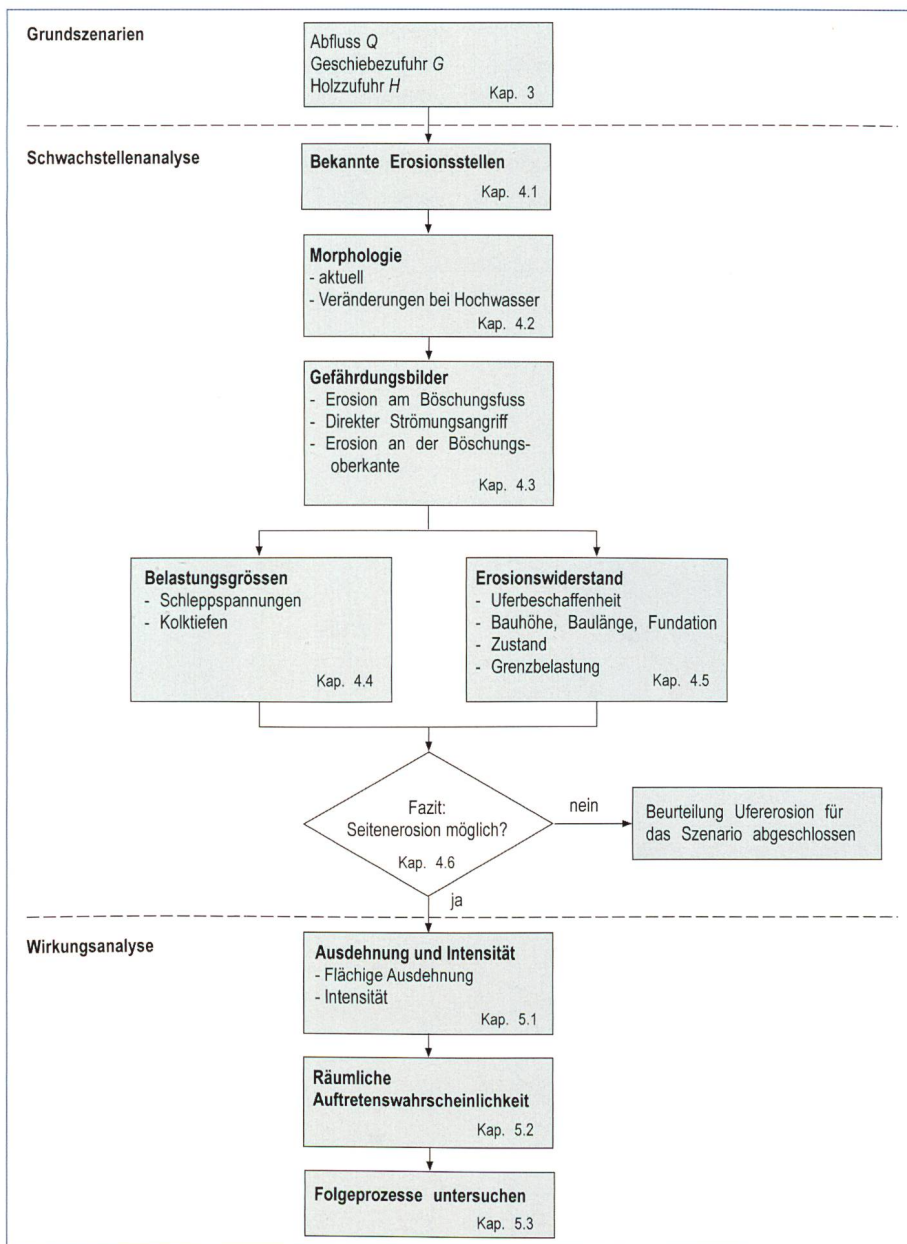


Bild 3. Genereller Ablauf zur Beurteilung der Gefahr von Ufererosion.

werden. Der Geschiebetransport sowie Auflandungs- und Erosionsprozesse während eines Hochwassereignisses spielen dabei eine wichtige Rolle. Sohlenveränderungen beeinflussen die Erosionsprozesse auch dann, wenn sich die Gerinneform selber nicht ändert: Bei Sohlenerosion kann eine Ufersicherung unterspült werden, wohingegen bei Auflandung das Wasser über die Ufer treten und die Böschungsoberkante erodiert werden kann.

Die Beurteilung der Linienführung (gerade oder gekrümmt) gibt Hinweise zum Auftreten der Erosion. Bei gekrümmtem Verlauf erodieren die Ufer tendenziell am Prallhang, während dessen an gestreckten Gerinnen die Erosion beidseitig auftreten kann. Unregelmässigkeiten im Querschnitt wie Abstürze oder Einbauten können zu Querströmungen führen und geben ebenfalls Hinweise zum Auftreten der Ufererosion.

4.3 Gefährdungsbilder

Die drei nachfolgend aufgeführten Prozesse können eine Ufererosion auslösen und werden deshalb als Gefährdungsbilder bezeichnet. Sie können einzeln oder in Kombination auftreten. Oftmals lassen sie sich nicht scharf voneinander abgrenzen.

4.3.1 Erosion am Böschungsfuss
Sohlenerosion, Kolkbildung oder die Erosion des Böschungsfusses destabilisieren die Böschung, so dass diese nachrutscht (*Bild 4*). Sohlenerosion kann grossräumig oder lokal auftreten. Kolke können bei Unregelmässigkeiten im Querschnitt, aber auch als sekundärer Prozess auftreten, wenn zum Beispiel eine umgestürzte Ufermauer oder ein umgestürzter Baum den Abflussquerschnitt verengt.

4.3.2 Direkter Strömungsangriff

Der direkte Strömungsangriff führt zum Abtrag von Material aus der Böschung und kann auf der ganzen Höhe der Böschung auftreten (*Bild 5* links) oder nur auf einem unbefestigten oberen Teil der Uferböschung (*Bild 5* rechts). Der direkte Strömungsangriff tritt auf der Aussenseite von Krümmungen am häufigsten auf. Er kann aber auch, ähnlich wie die Kolkbildung, durch Einbauten im Gewässer verursacht werden.

Veränderungen der Sohlenlage während eines Hochwassereignisses führen dazu, dass sich der Angriffspunkt der Beanspruchung nach oben oder unten verschiebt.

4.3.3 Erosion an der Böschungsoberkante

Durch Überströmen der Böschungsoberkante oder durch Hinterspülen der Ufersicherung wird die Böschungsoberkante erodiert (*Bild 6*). Dieser Erosionsprozess ist an den Austritt von Wasser aus dem Gerinne gekoppelt und hängt unter anderem von der Sohlenlage während eines Hochwassers ab. Auch rückfliessendes Wasser kann zu einer Erosion der Böschungsoberkante führen.

4.4 Belastungsgrössen

Für die im vorangehenden Schritt als massgebend identifizierten Gefährdungsbilder werden die Grössen der Belastung ermittelt (*Tabelle 1*). In vielen Fällen ist man auf eine gutachterliche und qualitative Beurteilung angewiesen und diese reicht oftmals aus, um eine Gefahrenkarte zu erstellen. Bei komplexen Verhältnissen müssen die Belastungsgrössen jedoch berechnet werden, damit die Anforderungen an das Produkt Gefahrenkarte erfüllt werden können. Dementsprechend wird in den folgenden Tabellen erst das qualitative Vorgehen beschrieben und anschliessend, abgetrennt durch «erweitert», jeweils die quantitativen Ansätze vorgestellt.

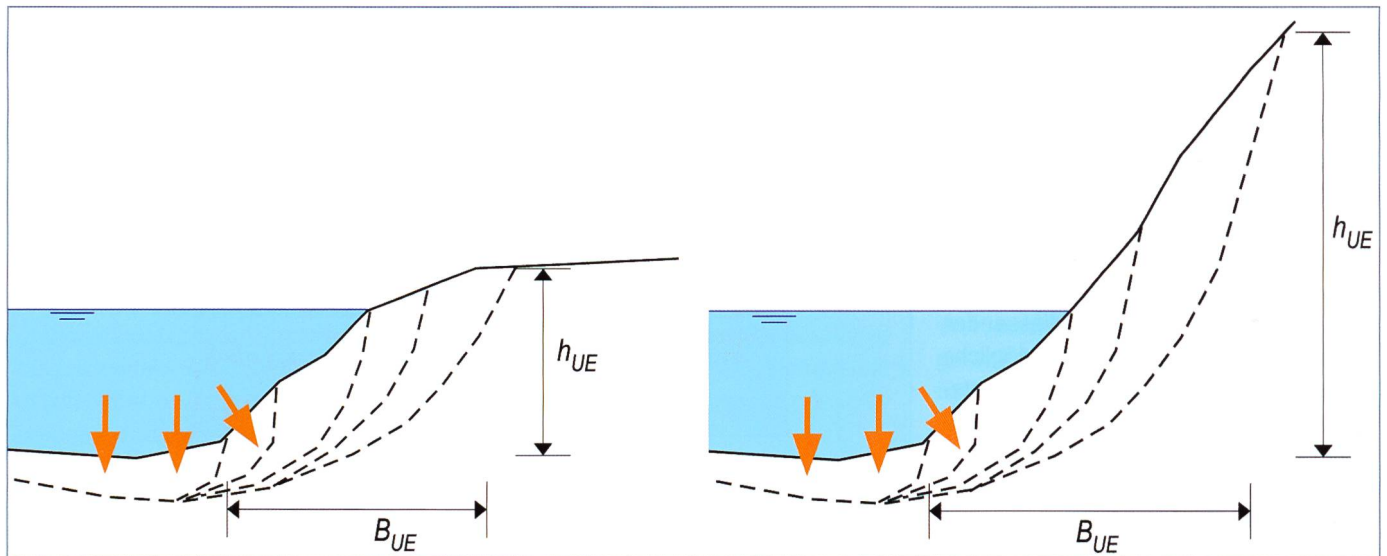


Bild 4. Sohlenerosion, Kolkbildung oder die Erosion des Böschungsfusses destabilisieren die Böschung (links bei niedriger Böschung, rechts bei hoher Böschung). Bedeutung der Bezeichnungen siehe Bild 7.

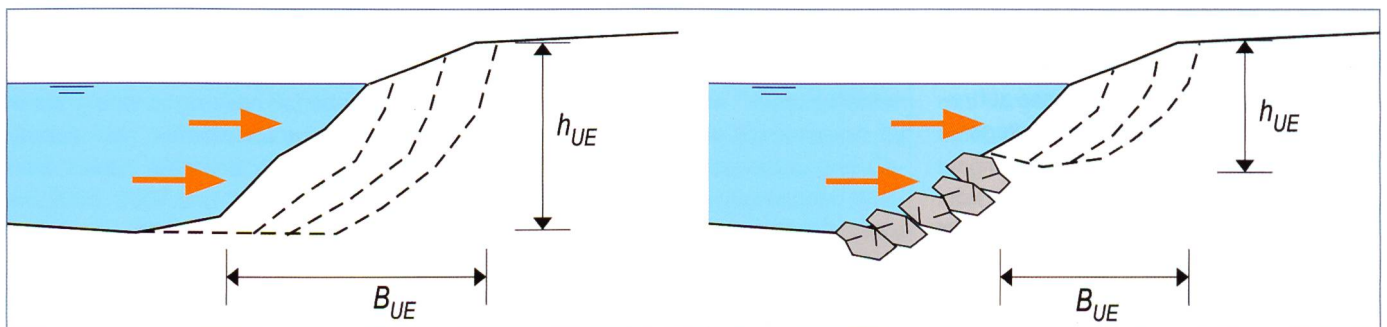


Bild 5. Ufererosion durch direkten Strömungsangriff.

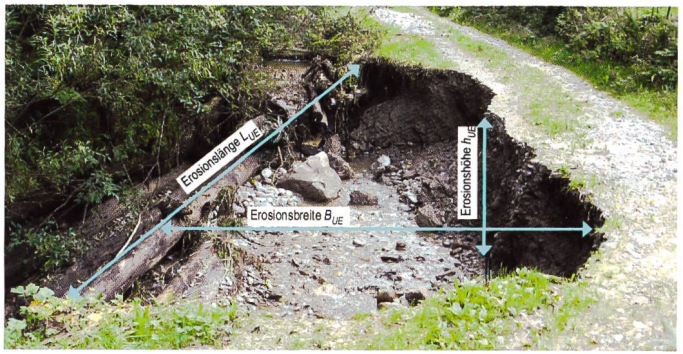
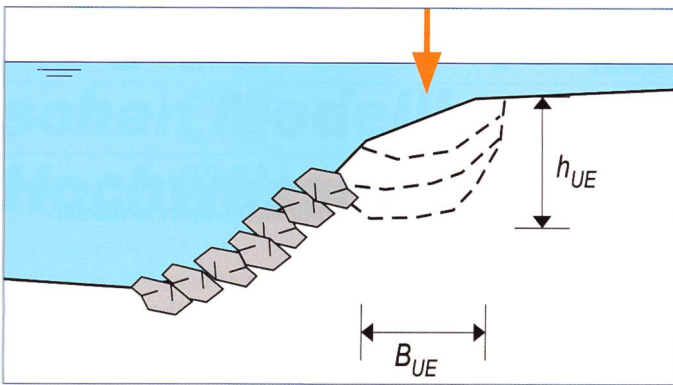


Bild 7. Bezeichnungen für das Ausmass der Erosion. Foto: Amt für Wald des Kantons Bern (KAWA), 2005.

Bild 6. Erosion an der Böschungsoberkante.

Erosion am Böschungsfuss	<ul style="list-style-type: none"> - Sohlenerosion und Kolkiefen gutachterlich schätzen. - Kolke aufgrund von Unregelmässigkeiten besonders beachten. <i>erweitert:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Sohlenerosion durch Geschiebetransportrechnung bestimmen. - Kolkiefen berechnen.
Direkter Strömungsangriff	<ul style="list-style-type: none"> - Belastung gutachterlich schätzen. - Unregelmässigkeiten besonders beachten. <i>erweitert:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Schlepptension auf der Böschung berechnen. - Belastungsspitzen bei Unregelmässigkeiten schätzen.
Erosion an der Böschungsoberkante	<ul style="list-style-type: none"> - In Abhängigkeit der Überflutung gutachterlich beurteilen. <i>erweitert:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Schlepptension auf dem Terrain berechnen.

Tabelle 1. Vorgehen zur Beurteilung der Belastung auf die Ufer.

Erosion am Böschungsfuss	<ul style="list-style-type: none"> - Beschaffenheit, Zustand und Dauerhaftigkeit des Böschungsfusses im Feld bestimmen (Fels oder Lockermaterial, verbaut oder unverbaut, Kornzusammensetzung, Böschungsneigung, etc.). - Fundationstiefe der Ufersicherung im Feld schätzen. - Widerstand des Böschungsfusses qualitativ beschreiben. <i>erweitert:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Zusätzlich zur Beschreibung der Beschaffenheit Fundationstiefe aus Projektplänen ermitteln. - Grenzscherpspannung des Böschungsfusses berechnen.
Direkter Strömungsangriff	<ul style="list-style-type: none"> - Beschaffenheit, Zustand und Dauerhaftigkeit der Böschung im Feld bestimmen (Fels oder Lockermaterial, verbaut oder unverbaut, Bauhöhe der Ufersicherung, Kornzusammensetzung, Bewuchs, Böschungsneigung, etc.). - Widerstand der Böschung qualitativ beschreiben. <i>erweitert:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Zusätzlich zur Beschreibung der Beschaffenheit Grenzscherpspannung der Böschung berechnen.
Erosion an der Böschungsoberkante	<ul style="list-style-type: none"> - Beschaffenheit und Zustand des Terrains im Feld bestimmen (Fels oder Lockermaterial, Kornzusammensetzung, Bewuchs, Böschungsneigung, etc.). - Widerstand des Terrains gegenüber Beanspruchung durch Strömung qualitativ beschreiben. <i>erweitert:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Zusätzlich zur Beschreibung der Beschaffenheit Grenzscherpspannung des Terrains oberhalb der Böschung berechnen.

Tabelle 2. Vorgehen zur Beurteilung des Widerstandes der Böschung.

Erosion am Böschungsfuss	<ul style="list-style-type: none"> - Bei unverbauten Ufern wird bei Sohlenerosion oder Kolkbildung immer eine Erosion des Ufers angenommen. - Bei verbauten Ufern wird eine Ufererosion angenommen, wenn die Sohlenerosion oder der Kolk unter die Fundation der Ufersicherung reicht.
Direkter Strömungsangriff	<ul style="list-style-type: none"> - Bei unverbauten Ufern in Lockermaterial wird immer Erosion angenommen. - Bei verbauten Ufern wird die Grobbeurteilung nach Protect (Romang 2008) durchgeführt. <i>erweitert:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Die Schlepptension wird der Grenzscherpspannung der Böschung gegenübergestellt.
Erosion an der Böschungsoberkante	<ul style="list-style-type: none"> - Eine mögliche Erosion der Böschungsoberkante wird in Abhängigkeit der Überflutung gutachterlich beurteilt. <i>erweitert:</i> <ul style="list-style-type: none"> - Die Schlepptension wird der Grenzscherpspannung des Terrains gegenübergestellt.

Tabelle 3. Vorgehen zum Fazit der Schwachstellenanalyse.

4.5 Erosionswiderstand

Für die als massgebend bezeichneten Gefährdungsbilder wird der Widerstand des Ufers gegenüber der erwarteten Belastung bestimmt. Dazu müssen die Beschaffenheit und der Zustand des Ufers beziehungsweise des umliegenden Terrains erfasst werden (Tabelle 2).

4.6 Fazit der Schwachstellenanalyse

Zum Schluss der Schwachstellenanalyse wird aufgrund der in den vorangehenden Schritten gewonnenen Erkenntnissen entschieden, ob an einer bestimmten Stelle des Gewässers Ufererosion auftreten kann. Dabei werden für jedes Grundscenario die möglichen Gefährdungsbilder betrachtet und die jeweilige Belastung auf das Ufer seinem Widerstand gegenüber gestellt (Tabelle 3). Ist die Belastung grösser als der Widerstand, ist grundsätzlich Ufererosion anzunehmen.

5. Wirkungsanalyse

5.1 Ausdehnung und Intensität

Wird im Rahmen der Schwachstellenanalyse ein Ufer als erosionsgefährdet eingestuft, muss das Ausmass der Erosion bestimmt werden. Das Ausmass der Erosion wird durch die Erosionsbreite B_{UE} , Erosionshöhe h_{UE} und Erosionslänge L_{UE} beschrieben (Bild 7). Verschiedene Untersuchungen von vergangenen Hochwasserereignissen, bei welchen typische Erosionslängen und Erosionsbreiten beziffert wurden, geben Hinweise zur Bestimmung des Erosionsausmasses (Bachmann, 2012, Krapesch et al., 2011, Hunzinger und Durrer, 2008).

5.1.1 Erosionsbreite und Erosionslänge

Die oben zitierten Untersuchungen zeigen, dass die Erosionsbreite bei übergeordneten morphologischen Prozessen wesentlich grösser ist, als wenn sie durch lokale Phänomene (Einbauten, Unregel-

Intensität	Erosionshöhe (h_{UE})
Schwach	$h_{UE} < 0.5 \text{ m}$
Mittel	$0.5 \text{ m} < h_{UE} < 2 \text{ m}$
Stark	$h_{UE} > 2 \text{ m}$

Tabelle 4. Intensitätsstufen der Ufererosion.

mässigkeiten) verursacht wird. Bei morphologischen Prozessen lässt sich die Erosionsbreite aus historischen Karten oder morphologischen Berechnungen herleiten. In gestreckten Gerinnen kann sie mit einer Betrachtung der Grenzbreite abgeschätzt werden. Die Grenzbreite ist jene Breite des Querschnitts, bei welcher die Schlepptension auf die Ufer kleiner ist als die Grenzschlepptension. Wenn keine Schlepptensionen berechnet werden, lässt sich das Ausmass von Erosionen eventuell aus Beobachtungen früherer Ereignisse ableiten.

Eine Erosionslänge kann dort sinnvoll abgegrenzt werden, wo eine Ufererosion klar lokalisiert werden kann. Dies ist der Fall, wenn sie durch eine Einbaute ausgelöst wird oder in einer Flusskrümmung erwartet wird. Auf geraden Flussabschnitten oder auf Abschnitten mit verzweigten Gerinnen ist unter Umständen die gesamte Uferlänge erosionsgefährdet, auch wenn beim konkreten Ereignis das Ufer nicht auf der ganzen Länge erodiert.

5.1.2 Intensität

Als Mass für die Intensität der Ufererosion wird die Erosionshöhe (h_{UE}) herangezogen. Sie wird lotrecht von der Böschungsoberkante bis zur ursprünglichen Sohle der Erosionsstelle gemessen (Bild 7). Es gelten die Intensitätsklassen, wie sie bereits in der Bundesempfehlung von 1997 (Loat und Petrascheck, 1997) bezeichnet wurden (Tabelle 4). Mit der Erosionsbreite wird die Intensitätsklasse nicht verändert.

5.2 Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit (p_{RA})

Für Risikobetrachtungen wird dem Prozess Ufererosion eine räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit p_{RA} zugeordnet. Sie hängt von der Gerinneform und der Linienführung ab.

An Prallhängen ist die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit hoch. Wird eine Erosionsgefahr beidseits eines Flusslaufes ausgeschieden, zum Beispiel bei verzweigten Gerinnen, ist die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit geringer. Tabelle 5 gibt einen Hinweis auf mögliche Werte, mit denen die räumliche Auftretens-

Gerinneform und Linienführung	PRA
Prallhang	0.50 - 1.00
Gerades Gerinne	0.10 - 0.50
Prallhang im Mäander	0.50 - 1.00
Verzweigung	0.25 - 0.75

Tabelle 5. Mögliche Werte für die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit p_{RA} von Ufererosion.

wahrscheinlichkeit beziffert werden kann. Die Werte müssen im Einzelfall festgelegt und begründet werden. Wenn die Lage der wahrscheinlichsten Erosionsstelle durch die Situation vorgezeichnet ist, wird ein Wert an der oberen Grenze der Bandbreite gewählt. Gibt es keine Hinweise darauf, wo eine Erosion am wahrscheinlichsten ist, wird ein kleinerer Wert für die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit gewählt.

5.3 Folgeprozesse

Die Ufererosion in einem Fliessgewässer kann folgende Prozesse auslösen:

- Es werden Feststoffe mobilisiert (Geschiebe, Schwemmholz, am Ufer gelagerte Gegenstände), welche weiter flussabwärts transportiert werden und dort durch Ablagerung oder Verklauung neue Gefahrenprozesse verursachen.
- Die Erosion am Fuss einer hohen Böschung löst einen Hangrutsch aus oder beschleunigt eine bestehende Rutschung.
- Im durch Ufererosion verbreiterten Gerinne vermindert sich die Transportkapazität und Geschiebe und Schwemmholz lagern sich auf der Sohle ab.

Im Rahmen einer Gefahrenbeurteilung muss die Möglichkeit solcher Folgeprozesse und deren Auswirkungen untersucht werden. Unter Umständen muss der oder die Bearbeiter/in der Gefahrenbeurteilung dazu eine Fachperson aus einer anderen Disziplin beiziehen.

6. Anwendbarkeit und Ausblick

Die in diesem Artikel beschriebene Empfehlung ist grundsätzlich auf sämtliche Fliessgewässertypen anwendbar. Werden empirische Formeln für die Berechnung von Belastungsgrössen angewandt ist, allerdings auf deren Gültigkeitsbereich zu achten. Viele Ansätze wurden für Gewässer mit geringem Gefälle erarbeitet und können nur bedingt in steilen Wildbächen und bei Murgängen angewandt werden.

In der Empfehlung werden mögliche Unsicherheiten in der Beurteilung diskutiert. So bestehen beispielsweise Unsicherheiten in der Bestimmung von Belastungsgrössen in Gerinnen mit unre-

gelmässigem Querschnitt oder Unsicherheiten bei der Bestimmung von Fundationstiefen von alten Uferverbauungen. Um Unsicherheiten gering zu halten, ist oft ein grosser Aufwand für die Erhebung von Grundlagendaten notwendig. Unsicherheiten können aber auch eingegrenzt werden, indem verschiedene Berechnungsansätze angewandt und miteinander verglichen werden.

Literatur

- Bachmann, A., 2012. Ausmass und Auftreten von Seitenerosionen bei Hochwasserereignissen. Geographisches Institut der Universität Bern, Bern.
- FAN KOHS, 2015. Empfehlung zur Beurteilung der Gefahr von Ufererosion an Fliessgewässern. www.fan-info.ch bzw. www.swv.ch.
- Hunzinger, L., Durrer, S. Seitenerosion in Bezola, G.R., Hegg, C. (Ed.), 2008. Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 2 – Analyse von Prozessen, Massnahmen und Gefahregrundlagen. Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. Umwelt-Wissen Nr. 0825: 429 S.
- Krapesch, G., Hauer, C., Habersack, H., 2011. Scale orientated analysis of river width changes due to extreme flood hazards. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 11, 2137–2147.
- Loat, R., Petrascheck, A., 1997. Empfehlungen zur Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Bundesamt für Wasserwirtschaft BWW, Bundesamt für Raumplanung BRP, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL.
- Romang, Hans (Ed.), 2008: Wirkung von Schutzmassnahmen. Nationale Plattform für Naturgefahren PLANAT, Bern.

Dank

Die Arbeitsgruppe dankt allen, die mit ihren Diskussionsbeiträgen an der Empfehlung mitgewirkt haben und dankt dem Bundesamt für Umwelt für die Finanzierung des Projektes.

Autoren

Mitglieder der Arbeitsgruppe Ufererosion der Fachleute Naturgefahren Schweiz (FAN) und der Kommission für Hochwasserschutz, Wasserbau und Gewässerpflege (KOHS): Lukas Hunzinger, Annette Bachmann, Ralph Brändle, Paul Dändliker, David Jud und Mario Koksch.