

1 Einführung

Naturgefahren sind Ereignisse in der Natur, die zu einer Bedrohung des Menschen, der Umwelt, von Sachwerten und Einkünften führen können.¹⁾ Sie können ihren Ursprung in der Atmosphäre (atmosphärische Naturgefahren) oder in der Erdkruste (geogene Naturgefahren) haben. Die Wirkungen von Naturgefahren werden u. a. an der Häufigkeit des Auftretens (Eintrittswahrscheinlichkeit), an der Intensität (Stärke) bzw. dem Zerstörungspotenzial (Schadenswirkung) bemessen. Naturgefahren führen nur sehr selten zu einer Katastrophe. Von einer Naturkatastrophe spricht man erst, wenn das Naturereignis so stark ist, dass Menschen und Sachwerte substanziell und großräumig geschädigt werden. Bei Eintritt einer Naturkatastrophe kann sich die Bevölkerung des betroffenen Gebietes in der Regel nicht mehr aus eigener Kraft helfen und benötigt Hilfe von außen. Eine wichtige Rolle im Zusammenhang mit Naturgefahren wird zukünftig der Klimawandel spielen, gleichzeitig führt die dynamische, wirtschaftliche und soziale Entwicklung der Gesellschaft zu einer Vervielfachung der Schadenspotenziale.

In Gebirgsregionen kommt aufgrund der naturräumlichen Gegebenheiten dem Schutz vor Naturgefahren eine besondere Bedeutung zu. *Alpine Naturgefahren* treten in Einzugsgebieten von Wildbächen und Lawinen ebenso wie in Georisikogebieten auf und werden durch energiereiche Prozesse ausgelöst, die mit hoher Geschwindigkeit ablaufen. Hochwasser, Muren, Steinschlag, Fließlawinen, Staublawinen, Felssturz, Rutschungen, Hangbewegungen und Erosion können katastrophale Ereignisse mit extremem Zerstörungspotenzial auslösen. Sie sind durch den raschen Eintritt (fehlende Vorwarnzeit) und die Bewegung großer Massen von Feststoffen (Fels, Geröll, Schotter, Schlamm, Holz) oder Schnee gekennzeichnet. Dieser Beitrag bezieht sich auf die von Wildbächen ausgehenden Naturgefahren und die diesen Prozessen entgegen wirkenden Schutzbauwerke.

Ein *Wildbach* ist ein natürliches, dauernd oder zeitweise fließendes Gewässer mit streckenweise großem Gefälle sowie rasch und stark wechselnden Abflussverhältnissen. Schnell ansteigende und kurze Zeit dauernde Hochwasserereignisse erodieren große Mengen von Feststoffen aus dem Einzugsgebiet und dem Bachbett, transportieren und lagern diese innerhalb oder außerhalb des

Bachbettes oder im Vorfluter ab. Das Einzugsgebiet eines Wildbaches umfasst das von diesem und seinen Zuflüssen entwässerte Niederschlagsgebiet (Sammelgebiet), außerdem schließt es auch den Ablagerungsbereich des Wildbaches (Schwemmkegel) ein. Zu den Wildbachprozessen zählen rasch anschwellendes Hochwasser und der damit verbundene Abtrag (die Mobilisierung), der Transport und die Ablagerung von Feststoffen.

Wildbachprozesse können Risiken für Menschen, den Lebens- und Siedlungsraum, sowie Verkehrswegen, Versorgungslinien, Infrastruktureinrichtungen und Kulturgütern erhöhen. Diese Risiken entsprechen im weiteren Sinne der Möglichkeit, dass aus den Vorgängen während eines Ereignisses ein Schaden entstehen kann bzw. im engeren Sinne dem Ausmaß (der Intensität) und Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines möglichen Schadens. Zu berücksichtigen ist das Risiko, dem eine einzelne Person ausgesetzt ist (Individualrisiko), und das Risiko, dem die Gemeinschaft als Ganzes ausgesetzt ist (Kollektivrisiko). Der Schutz umfasst die Gesamtheit aller Maßnahmen, welche das bestehende Risiko vermindern. Mit der Durchführung von Schutzmaßnahmen kann die Sicherheit vor Wildbachgefahren erhöht werden. Das Ausmaß der Schutzmaßnahmen orientiert sich am Schutzbedarf (Schutzbedürfnis), das ist jenes Bedürfnis nach Sicherheit vor den drohenden Gefahren, welches von den Betroffenen objektiv oder subjektiv wahrgenommen wird. Der objektive Nachweis des Schutzbedarfs erfolgt durch die Darstellung der gefährdeten Gebiete in Gefahrenzonenplänen, Gefahrenhinweiskarten oder Risikokarten.

Die *Wildbachverbauung* umfasst die Gesamtheit aller Maßnahmen, die in oder an einem Wildbach oder in seinem Einzugsgebiet ausgeführt werden, um insbesondere das Bachbett und die angrenzenden Hänge zu sichern, Hochwasser und Feststoffe schadlos abzuführen und die Wirkung von Hochwasserereignissen auf ein zumutbares Ausmaß zu senken (Tabelle 2). Sie zählt zu den aktiven Schutzmaßnahmen jene Maßnahmen, die dem Naturereignis entgegenwirken, um die Gefahr zu verringern oder um den Ablauf eines Ereignisses zu beeinflussen oder dessen Eintretenswahrscheinlichkeit wesentlich zu verringern. Man unterscheidet Maßnahmen, die die Ereignisdisposition beeinflussen und solche, die direkt auf den Prozess einwirken.

Ergänzung finden Verbaumaßnahmen durch passive Schutzmaßnahmen: das sind jene Maßnahmen, die zu einer Reduktion des Schadens führen sollen, ohne den Ablauf des Naturereignisses zu beeinflussen. Sie nehmen Einfluss auf die Schadensempfindlichkeit der Schutzgüter oder umfas-

¹⁾ Im Gegensatz dazu gibt es Gefahren, die von durch den Menschen errichteten Anlagen (Staudämme, Atomkraftwerke, Chemiewerke, Verkehrsanlagen) ausgehen.

Tabelle 1. Ursachen von Naturgefahren und Gefahrenarten (atmosphärische und geogene Naturgefahren) (nach [151])

Ursachen	Arten
Tektonische Naturgefahren	Erdbeben, Vulkanausbrüche, andere vulkanische Gefahren
Massenbewegungen	Hangerosion, Hanganbrüche, Hangrutschungen, Großhangbewegungen, Steinschlag, Felsstürze, Bergstürze, Muren, Lahars (vulkanische Aschemuren)
Klimatische/meteorologische Naturgefahren	Tropische Zyklonen, Tornados, Orkane, Hurrikans, Sandstürme, Blizzards (Winterstürme), Blitzschlag, Starkniederschlag (Starkregen, Hagel, Schneefall), Frost, Dürre
Hochwasser	Überschwemmungen, Sturzfluten, Feststofftransport (Geschiebe, Holz), Gletscherseeausbruch
Sturm	Sturmfluten, Tsunamis
Feuer	Waldbrand, Brände im Busch- und Grasland
Schneegefahren	Staublawinen, Fließlawinen, Eissturz, Gletschervorstöße

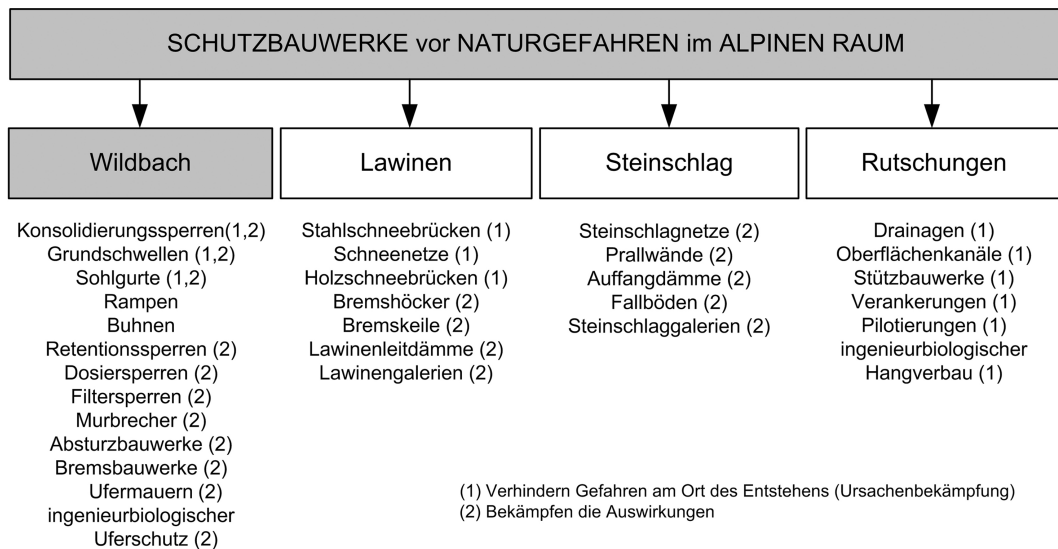


Bild 1. Übersicht über ausgewählte Schutzbauwerke gegen alpine Naturgefahren

sen unmittelbare Gegenmaßnahmen (Notmaßnahmen) im Fall des Eintritts eines Schadensereignisses. Die Wirkung von Schutzmaßnahmen ist permanent, wenn sie zu jeder Zeit und auf Dauer besteht, und temporär, wenn sie nur vorübergehend oder zeitlich begrenzt besteht.

Die *Maßnahmen der Wildbachverbauung* umfassen die Unterbindung der Geschiebebildung und den Rückhalt von Verwitterungsprodukten, die Ver-

besserung des Wasserhaushalts und die unschädliche Ableitung des Wassers und des Geschiebes in Wildbacheinzugsgebieten, die Beruhigung und Begrünung von Bruch- und Rutschungsflächen (Sicherung des Böschungsfußes, Hangentwässerung, Aufforstungs- und Bodenbindungsmaßnahmen), Maßnahmen, die der drohenden Entstehung von Runsen und Rutschungen entgegenwirken sowie die Betreuung und Instandhaltung der Wildbacheinzugsgebiete und der Maßnah-

Tabelle 2. Systematik der Schutzmaßnahmen gegen Wildbachgefahren

Schutzmaßnahmen			Permanente Wirkung	Temporäre Wirkung
Aktive	vorbeugende Wirkung	Ereignisdisposition beeinflussend	Bewirtschaftung der Einzugsgebiete, forstlich-biologische Maßnahmen, technische Schutzmaßnahmen	
		direkt auf den Prozess einwirkend	technische Schutzmaßnahmen	
	Reaktion auf das Ereignis			Sofortmaßnahmen (im Ereignisfall)
Passive	vorbeugende Wirkung		Gefahrenzonenplan, gefahrenangepasste Raumplanung und Landnutzung, Gebäudeschutz (Objektschutz), Katastrophenschutzpläne	Information, Warnung, Alarmierung
	Reaktion auf das Ereignis			Sperre, Evakuierung, Katastrophenmanagement

men der Wildbachverbauung. Zudem umfassen sie Sofortmaßnahmen, die bei Hochwasser- und Erosionsereignissen der unmittelbaren Vermeidung von Schäden dienen oder deren Ausweitung entgegenwirken [210].

Eine systematische Verbauung von Wildbächen wird im Alpenraum seit ca. 1870 durchgeführt. In großem Umfang werden Schutzbauwerke (Anlagen) gegenwärtig in fast allen Alpenländern (Deutschland, Frankreich, Italien, Liechtenstein, Österreich, Schweiz, Slowenien) aber auch in anderen von Naturgefahren besonders betroffenen Staaten wie Chile, China, Japan, Kanada, Norwegen, Russland, Südkorea, Taiwan oder Venezuela errichtet. Besondere Bedeutung haben Wildbachschutzbauwerke in jenen Regionen, in denen aufgrund einer intensiven Raumnutzung durch den Menschen Siedlungen und Verkehrswege in erheblichem Umfang in gefährdeten Zonen liegen.

Die Konzeption und Bemessung dieser Bauwerke stellt aufgrund der von ihnen ausgehenden Schutzwirkung besondere Anforderungen an den Planer und erfordert umfassende Kenntnisse der in den Einzugs- und Risikogebieten ablaufenden Prozesse sowie der Einwirkungen auf die Bauwerke. Obwohl sich die Wildbachverbauung zu einer bedeutenden Ingenieurdisziplin entwickelt hat, sind Normen und Standards, die den Stand der Technik für die Planung und Ausführung der Bauwerke

allgemeingültig abbilden, nur lückenhaft vorhanden. Für die Schweiz liegt zur Dimensionierung von Wildbachsperrern in Beton und Stahlbeton eine Richtlinie des Eidgenössischen Amts für Straßen- und Flussbau [66] aus dem Jahr 1973 vor. Für Deutschland regelt die DIN 19 663 [55] Begriffe, Planung und Bau der Wildbachverbauung. In Österreich wurde das System der Wildbachverbauung vor allem aus der Praxis des Forsttechnischen Dienstes heraus entwickelt, das System der Schutzbauwerke und ihrer Wirkungen geht vor allem auf die Arbeiten von *Leys* [133, 134, 136–138], *Aulitzky* [12], *Hampel* [81], *Kronfellner-Kraus* [127], *Üblagger* [209] und *Kettl* [116, 117] zurück, die Bemessung der Bauwerke erfolgte entsprechend den von *Czerny* [34, 43] entwickelten Standards. Für die nicht von diesen Planungsstandards abgedeckten Bereiche finden in der Praxis die einschlägigen Normen der Hydrologie, des Wasserbaus, des konstruktiven Betonbaus und der Geotechnik Anwendung.

Der offensichtliche Mangel an spezifischen technischen Normen für die Wildbachverbauung ist primär auf die bis heute bestehenden Unsicherheiten bei der Festlegung der Prozessabläufe und Einwirkungen auf die Bauwerke zurückzuführen. Beispielsweise konnte trotz intensiver Forschung und Entwicklung noch kein allgemeingültiger Standard für die Einwirkung von Muren auf Bauwerke entwickelt werden, ebenso waren die für

die Standsicherheitsnachweise von Schutzbauwerken relevanten Lastfälle (Einwirkungskombinationen) bisher nur in Grundzügen bekannt. Die größte Unsicherheit besteht jedoch in der Festlegung des Bemessungsereignisses (BHQ) für Schutzbauwerke, bedingt durch die schwierige Abschätzbarkeit der Häufigkeit und Intensität von Niederschlag, Abfluss und Feststofftransport in Wildbacheinzugsgebieten. Die Unsicherheiten haben großen Einfluss auf die Ergebnisse der Bauwerksbemessung und relativieren die Qualität „exakter“ Nachweisverfahren.

Erst in jüngster Zeit werden wieder intensive Bemühungen für eine umfassende Standardisierung (Normung) der Grundlagen für Planung, Errichtung und Betrieb von Schutzbauwerken (Anlagen) der Wildbachverbauung unternommen. Die Ergebnisse einer systematischen Aufbereitung dieser Grundlagen durch die Autoren wird Eingang in die für Österreich geltenden ON-Regeln „Schutzbauwerke der Wildbachverbauung“ ONR 24 800 (Begriffsbestimmungen und Klassifizierung) [157], ONR 24 801 (Statische und dynamische Einwirkungen) [158], ONR 24 802 (Bemessung und konstruktive Durchbildung) [159] und ONR 24 803 (Betrieb, Überwachung und Instandhaltung) [160] finden, die die erste umfassende Norm für den Bereich der Wildbachverbauung darstellen wird. Darin wird auch ein für Wildbachschutzbauwerke geeignetes Sicherheitskonzept entwickelt, welches auf dem in der europäischen Normung festgelegten Teilsicherheitskonzept basiert.

In diesem Beitrag werden die wichtigsten Grundlagen und Regeln für die Planung, Konstruktion, Bemessung und Errichtung von Schutzbauwerken der Wildbachverbauung zusammengefasst. Der Beitrag gibt einen Überblick über die

grundlegenden Wildbachprozesse und die davon ausgehenden Einwirkungen, enthält eine funktionale und konstruktive Systematik der Schutzbauwerke, stellt die Grundlagen des Entwurfs und der Bemessung (hydrologisch, hydraulisch, statisch) dar, fasst die wichtigsten Bautypen der Wildbachverbauung, ihre Bauteile und Funktionsorgane zusammen und enthält ausgeführte Beispiele. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf den Sperrenbauwerken (Querwerken) der Wildbachverbauung. Der letzte Abschnitt 8 behandelt auch die Erhaltung und Lebensdauer von Schutzbauwerken.

2 Wildbachsystematik

2.1 Wildbacheinzugsgebiet

Das Einzugsgebiet eines Wildbaches umfasst die Fläche des von ihm entwässerten Niederschlagsgebietes (*Sammelgebiet*) und den Ablagerungsbereich (*Ablagerungsgebiet*).

Die *Wildbäche des Hochgebirges* sind durch einen kurzen und steilen Lauf charakterisiert. Das Sammelgebiet ist zumeist deutlich durch eine Schluchtstrecke vom Ablagerungsgebiet getrennt (Bild 2 A).

Die *Wildbäche des Berg- und Hügellandes* weisen einen langen Lauf mit geringem Gefälle auf. Das Sammelgebiet ist vom Ablagerungsgebiet nicht scharf getrennt. Oft fehlen diesen Bächen deutlich ausgeprägte Schwemmkegel, dafür treten in diesen Geschiebeumlagerungsstrecken auf (Bild 2 B).

2.1.1 Sammelgebiet

Das *Sammelgebiet* wird entsprechend den oberirdischen Wasserscheiden als orografisches oder entsprechend den natürlichen Verhältnissen als

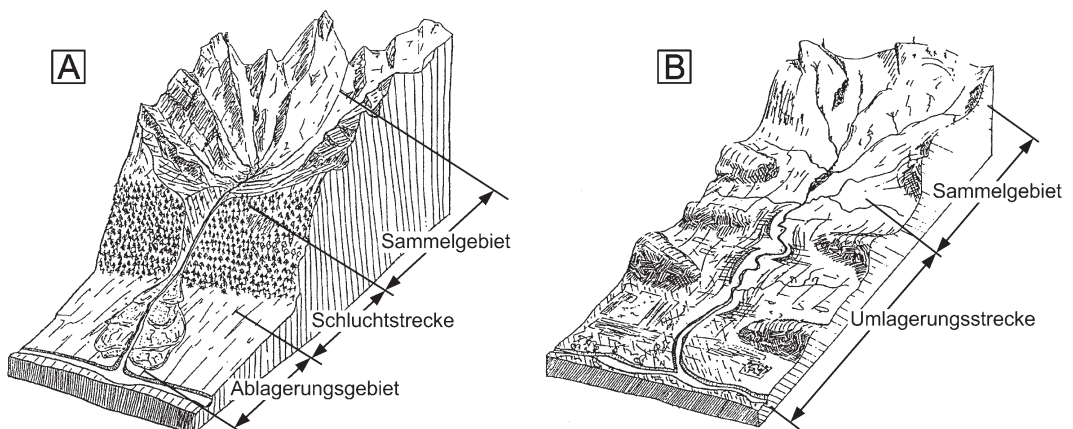


Bild 2. (A) Wildbach des Hochgebirges; (B) Wildbach des Berg- und Hügellandes (nach Weinmeister [215])