

HANDBUCH PIONIER

HOCHWASSERSCHUTZ

PROVISORISCHE AUSGABE

www.babs.admin.ch



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Verteidigung,
Bevölkerungsschutz und Sport VBS
Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS
Ausbildung

Impressum

Herausgegeben vom
Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS)
Geschäftsbereich Ausbildung

Version 2020-01 (provisorisch)



INHALT

1. Hochwasserereignisse	3
1.1 Ursachen und Ablauf von Schadenhochwasser	3
1.2 Prozesse im und am Gerinne	5
1.2.1 Übersicht	5
1.2.2 Überschwemmung und Übersarung	6
1.2.3 Verklausung	9
1.2.4 Murgang	10
1.2.5 Ufererosion / Uferrutschung	11
1.2.6 Schwemmholz	12
1.3 Gerinneunabhängige Prozesse	13
1.3.1 Übersicht	13
1.3.2 Oberflächenabfluss / Hangwasser	14
1.3.3 Grundwasseranstieg	15
1.3.4 Kanalisationsrückstau	15
2. Übersicht Hochwassereinsatz	17
2.1 Ziel des Hochwassereinsatzes	17
2.2 Vorwarnzeit und Interventionszeit	18
2.3 Mittel und Ausbildung	19
2.4 Typische Schwachstellen in Gerinnen	20
2.5 Übersicht über mögliche Massnahmen im Ereignisfall	21
3. Sicherheit im Hochwassereinsatz	23
3.1 Gefahren und Risiken	23
3.2 Taktische Grundsätze	25
3.3 Sicherheits- und Notfallmassnahmen	26
3.3.1 Sicherheitsvorschriften VSZS	26
3.3.2 Weitere Sicherheits- und Notfallmassnahmen	26
3.3.3 Checkliste: Beurteilung des Hochwasser- und Einsatzrisikos	28
4. Mobiler Hochwasserschutz	30
4.1 Stationäre Schutzsysteme	30
4.2 Mobile Schutzsysteme	30
4.2.1 Planmässige Systeme	30
4.2.2 Notfallmässige Systeme	31
4.3 Einsatzprozess mobiler Hochwasserschutz	33
4.4 Ortsungebundene Hochwasserschutzsysteme	34
4.4.1 Taktische Grundsätze	34
4.4.2 Einsatzszenarien	36
4.5 Systeme für den mobilen, ortsungebundenen Hochwasserschutz	43
4.5.1 Kommerzielle oder improvisierte Systeme	43

4.5.2 Sandsacksysteme	44
4.5.3 Tafelsysteme	55
4.5.4 Bocksysteme	58
4.5.5 Schlauchsysteme und geschlossene Behältersysteme.....	62
4.5.6 Klappsysteme	64
4.5.7 Beckensysteme	65
4.5.8 Betonelementsystem	67
4.5.9 Übersicht über die Systembedingungen	69
4.5.10 Entscheidungshilfe für den Einsatz	70
5. Dammverteidigung	72
5.1 Notfallmässige Massnahmen an Hochwasserschutzdämmen ..	72
5.2 System für die Klassifizierung von Schäden.....	73
5.3 Beschreibung und Klassifizierung von Schadenszenarien.....	73
5.3.1 Durchströmung oder Unterströmung des Dammes.....	74
5.3.2 Risse und Rutschungen im Damm	75
5.3.3 Erosion des Vorlandes	76
5.3.4 Überströmung des Dammes.....	77
5.4 Notfallmässige Massnahmen	77
5.4.1 Erkundungspatrouille / Dammwache	77
5.4.2 Dammstützung auf der Landseite	78
5.4.3 Wasserseitige Rutschungen und Risse sichern	79
5.4.4 Dichtefolie auf der Wasserseite	81
5.4.5 Dammerhöhung (Aufkaden)	82
6. Weitere Hochwasserschutzmassnahmen	83
6.1 Notfallmässiger Uferschutz mit Raubäumen.....	83
6.1.1 Zweck und Funktion	83
6.1.2 Grundsätze für den Einsatz	83
6.2 Notfallmässige Sicherungs- und Instandstellungsarbeiten.....	84
6.2.1 Sichern von Heizöltanks	84
6.2.2 Auspumpen von Untergeschossen	85
7. Bibliographie	87

1. HOCHWASSEREREIGNISSE

1.1 Ursachen und Ablauf von Schadenhochwasser

Die häufigste Ursache für Hochwasser und Überschwemmungen sind extreme Niederschläge (z. B. Starkregen, Gewitter, Dauerregen, Niederschläge in Kombination mit Schneeschmelze).

Entscheidende Einflussfaktoren für die Stärke eines Hochwasserereignisses sind die Niederschlagsintensität, die Niederschlagsdauer, die Bodenbeschaffenheit, die Geländeform (Gefälle) und die Ausprägung (Grösse) des Einzugsgebietes. Zunehmende Flächenversiegelung, fehlende Retentionsflächen und Begradigungen von Flussläufen begünstigen starke Hochwasserereignisse.

Hochwasser und Überschwemmungen können auch ohne Niederschlag entstehen und folgende Gründe haben:

- Ausbruch von Gletscherseen und Wassertaschen
- Bruch von Verkläunungen
- Fernwellen durch Rutschungen, Felsstürze oder Lawinen in einen See (Tsunami)
- Sturm am See
- Eisgang und Packeis
- Bruch von Stau- oder Schutzdämmen
- Bruch von Wasserleitungen

Während eines Hochwasserereignisses zeigt die Ganglinie den Wasserstand an einem bestimmten Ort (Abb. 1). Jedes Hochwasserereignis hat eine charakteristische Ganglinie. Wichtige Parameter für die Bedrohung von Personen und Schäden sind die Fliessgeschwindigkeit und die Anstiegsgeschwindigkeit. Eine hohe Fliessgeschwindigkeit und ein schneller Wasseranstieg treten häufig bei Wildbächen auf und können gefährlich werden. Ein solch dynamisches Ereignis birgt nicht nur grosse Gefahren – auch die Interventionsmöglichkeiten und die verfügbare Reaktionszeit der Einsatzkräfte sind meist begrenzt.

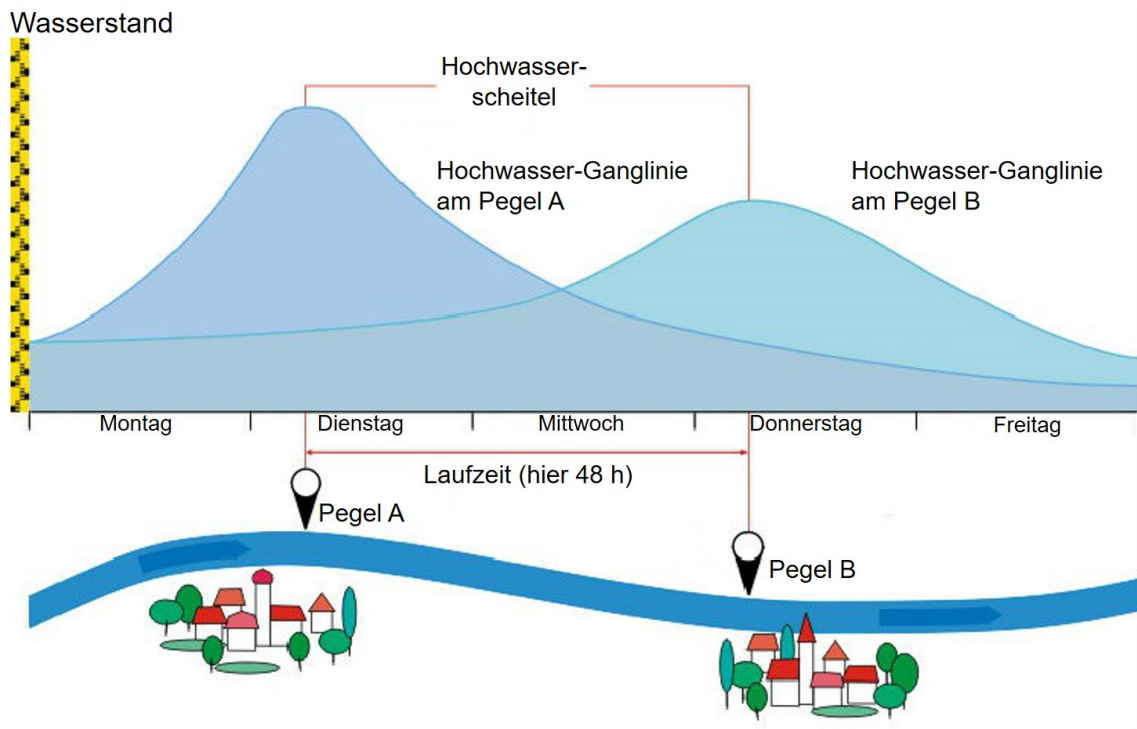


Abb. 1: Beispiel der Ganglinie an einem Fluss (Bayerisches Landesamt für Umwelt – LfU Bayern).

langsam	mittel	schnell
< 0.5 m/s	< 1.0 m/s	> 1.0 m/s

Tab. 1: Einordnung der Fließgeschwindigkeit.



Die Fließgeschwindigkeit nimmt zu mit:

- zunehmendem Gefälle,
- zunehmender Fließtiefe bzw. zunehmender Abflussmenge,
- abnehmender Rauigkeit des Gerinnes.

1.2 Prozesse im und am Gerinne

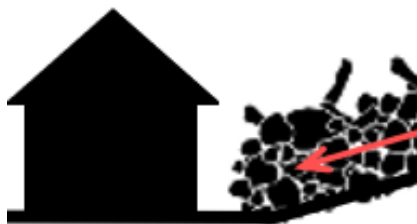
1.2.1 Übersicht



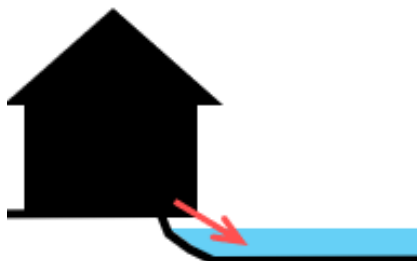
Überschwemmung statisch



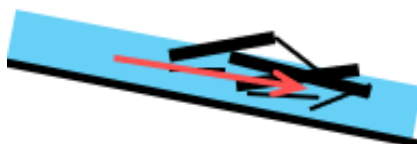
Überschwemmung dynamisch



Übersandung / Verkläusung / Murgang



Ufererosion / Uferrutschung



Schwemmholz

Abb. 2: Prozesse im und am Gerinne (Bruno Gerber, Tiefbauamt Kanton Bern).

1.2.2 Überschwemmung und Übersarung

Überschwemmung und Übersarung bezeichnen Zustände bzw. Prozesse, bei welchen der Wasserabfluss ganz oder teilweise ausserhalb des Gerinnes stattfindet.

Überschwemmung statisch



Abb. 3: Statische Überschwemmung in Schattdorf UR (Faktenblatt Hochwasser und Murgänge, BAFU).

Der Wasserspiegel steigt ohne nennenswerte Fliessbewegung an (flaches Gelände, z. B. Seehochwasser). Die Schadenwirkungen ergeben sich aus der Wassertiefe und der damit verbundenen Auflast.

Typische Schäden einer statischen Überschwemmung:

- Überflutung von Gebäuden und Verkehrsverbindungen
- Überflutung und Beschädigung bzw. Zerstörung von Dämmen oder notfallmässigen Hochwasserschutzsystemen
- Auffüllen und Verstopfen von Rohrleitungen sowie Rückstau in der Kanalisation
- Grossflächige Ablagerung von Schwebstoffen (Schlamm)
- Freisetzen von Gefahrenstoffen und Krankheitserregern
- Zerstörung oder Beschädigung von Bauwerken im Boden durch den Anstieg des Grundwasserspiegels (erhöhter Auftrieb / Wasserdruck)

Der Grundwasserspiegel kann aber auch ohne Überschwemmung durch langanhaltende Niederschläge oder, im Nahbereich, durch hochwasserführende Gerinne steigen und entsprechende Schäden verursachen.

Überschwemmung dynamisch



Abb. 4: Dynamische Überschwemmung im Lütschental BE
(Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT).

Starke Strömungen (z. B. bei Wildbächen, Gebirgsflüssen oder an Engstellen) verursachen den Transport von Geschiebe und eine grosse Stosswirkung auf Hindernisse.

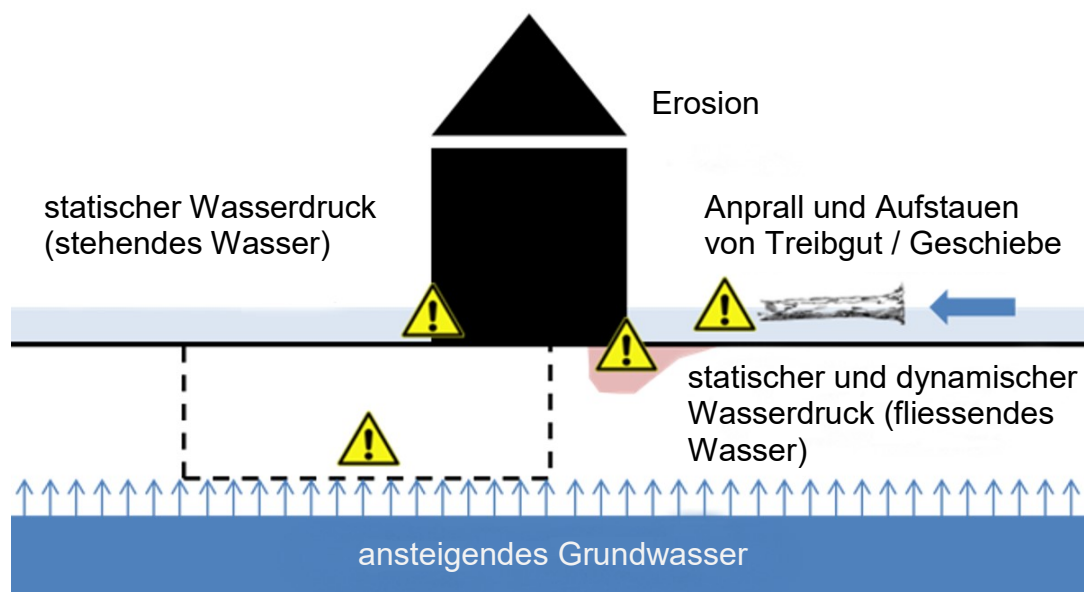


Abb. 5: Übersicht statische / dynamische Überschwemmung (Nils Hählen, Tiefbauamt Kanton Bern).

Übersarung



Abb. 6: Übersarung in Fully VS (Empfehlung Raumplanung und Naturgefahren, BAFU).

Die dynamische Überschwemmung besitzt eine hohe Fließgeschwindigkeit und führt grosse Mengen Geschiebe und Schwemmholz mit, welche die Stosswirkung auf Hindernisse enorm verstärken. Bleibt das Geschiebe nach Abfluss des Wassers liegen, wird von einer Übersarung gesprochen.

Typische Schäden durch eine dynamische Überschwemmung oder Übersarung:

- Personenschäden, sofern sie nicht geschützt oder evakuiert werden
- Erosion der Gerinnesohle oder der Uferböschung
- Verstopfen von Engstellen im Gerinne (Brücken, Durchlässe etc.)
- Bildung von Verklausungen
- Auflandung des Gerinnes an Flachstellen
- Überflutung und Beschädigung bzw. Zerstörung von Dämmen oder mobilen Hochwasserschutzsystemen
- Beschädigung oder Zerstörung von Bauwerken und Verkehrsverbindungen
- Füllen von Gebäuden mit Geschiebe
- Grossflächige Ablagerung von Geschiebe und Schwemmholz

Intensität	schwach	mittel	stark
Grenzwert	$h < 0.5 \text{ m}$ bzw. $v \times h < 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$	$0.5 < h < 2.0 \text{ m}$ bzw. $0.5 < v \times h < 2.0 \text{ m}^2/\text{s}$	$h > 2.0 \text{ m}$ bzw. $v \times h > 2.0 \text{ m}^2/\text{s}$
Wirkung	Füllen von Kellern, Abtreiben von Autos. Personen in Gebäuden sind nicht gefährdet.	Bersten von Fenstern und Türen. Personen im Freien und in Fahrzeugen sind gefährdet.	Erdgeschoss unter Wasser, Zerstörung von Gebäuden. Personen sind auch in Gebäuden gefährdet.

Tab. 2: Gefahrenbeurteilung Hochwasser und Übersarung (h = Fliesstiefe, v = Fließgeschwindigkeit).

1.2.3 Verklausung



Abb. 7: Verklausung in einem Wildbach (Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT).

Verklausung bezeichnet die Verstopfung eines Gerinnes (vor allem in Wildbächen) durch Holz, Geschiebe, Rutschungen oder Lawinen. Oft tritt diese an Engstellen oder Hindernissen (z. B. an Brücken, Durchlässen) auf. Daraus erfolgt eine Aufstauung im Gerinne (Ansteigen der Sohle infolge des Hindernisses). Eine Verklausung stellt eine unberechenbare potenzielle Gefahr dar. Häufig werden Verklausungen in abgelegenen und unzugänglichen Abschnitten eines Gerinnes gar nicht oder zu spät erkannt.

Eine Verklausung an sich richtet keine Schäden an. Durch die Überströmung des Hindernisses, den Ausbruch aus dem Gerinne oder, als

gefährlichste Variante, den Bruch der Verklausung entstehen jedoch dynamische Prozesse wie Überschwemmungen, Übersarungen oder Murgänge mit den entsprechenden Schadensbildern.

1.2.4 Murgang



Abb. 8: Auswirkungen eines Murgangs in Bondo GR (BAFU).

Ein Murgang ist ein schnellfliessendes Gemisch aus Wasser und Feststoffen (Feststoffanteil 30–70 %). Dabei können mehrere hundert Tonnen schwere Blöcke mitgeführt werden. Die Ursache ist meist der Bruch einer Verklausung oder die Verflüssigung der Gerinnesohle. Murgänge treten meist in steilen Wildbächen auf. In flachen Gerinnestrecken hingegen kommen Murgänge zum Stillstand.

Hangmuren entstehen nicht in Gerinnen, sondern bilden sich durch eine Hangverflüssigung an steilen Hängen.

Murgänge besitzen aufgrund extremer Stosswirkung, Erosion und Geröllablagerung (Übermürung) eine hohe Schadenwirkung.

Typische Schäden durch einen Murgang:

- Grosse Personenschäden, sofern die betroffenen Personen nicht geschützt oder evakuiert werden
- Zerstörung des Gerinnes inkl. unterdimensionierter Schutzbauwerke
- Zerstörung von Bauwerken und Verkehrsverbindungen
- Bildung von Verklausungen mit der Gefahr eines weiteren Murgangs
- Zerstörung von mobilen Hochwasserschutzsystemen
- Grosse Ablagerung von Geschiebe, Schwemmholz und mitgerissenen Gütern

Intensität	schwach	mittel	stark
Grenzwert	h < 0.5 m bzw. v x h < 0.5 m ² /s	h < 1.0 m bzw. v < 1.0 m ² /s	h > 1.0 m bzw. v > 1.0 m ² /s
Wirkung	Flüssiger Auslauf mit wenig Geschiebe (wie bei einer Überschwemmung).	Gebäude können grosse Schäden erleiden.	Plötzliche Zerstörung von Gebäuden, grosse Ablagerungen von Geschiebe, Blöcken und Holz.

Tab. 3: Gefahrenbeurteilung Murgang (h = Fliesstiefe, v = Fließgeschwindigkeit).

1.2.5 Ufererosion / Uferrutschung



Abb. 9: Seiten- und Tiefenerosion in Rueun GR (Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT).

Unter Ufererosion bzw. Uferrutschung wird das Abtragen bzw. Abrutschen von Uferböschungen aufgrund starker Strömung verstanden. Häufig betroffen sind Kurven und Engstellen.

Typische Schäden durch eine Ufererosion bzw. Uferrutschung:

- Beschädigung von Verkehrswegen und Bauwerken im Nahbereich des Gerinnes durch das Einstürzen des Baugrundes
- Brechen von Dämmen und Überfluten des Umfelds

- Aufstauung oder Verklauung im Gerinne und Gefahr einer Flutwelle, einer Ablagerung des erodierten Materials in Form von Übersarungen oder eines Murgangs

Intensität	schwach	mittel	stark
Grenzwert	$d < 0.5 \text{ m}$	$0.5 < d < 2.0 \text{ m}$	$d > 2.0 \text{ m}$
Wirkung	Humusabtrag und Kolkshäden an Engstellen und Prallhängen.	Beschädigung von normal fundierten oder unterkellerten Gebäuden bei Abflüssen bis $20 \text{ m}^3/\text{s}$ (ohne Gerinneverlagerung).	Plötzlicher Gebäudeeinsturz möglich. Personen in Gebäuden sind stark gefährdet. Gerinneverlagerung.

Tab. 4: Gefahrenbeurteilung Ufererosion / Uferrutschung (d = mittlere Mächtigkeit der Abtragung (senkrecht zur Böschung gemessen)).

1.2.6 Schwemmholz



Abb. 10: Schwemmholz in der Emme LU (energisch.ch).

Schwemmholz besteht aus Baumstämmen, Ästen und Wurzelstöcken, die während eines Hochwassers durch die Schleppkraft des Wassers und durch Rutschungen, Murgänge oder Ufererosion in das Gerinne gelangen. Dies kann nicht nur Wildholz, sondern auch Holz aus Sägereien oder Bauholzlagern sein. Die Schadenwirkung entsteht durch eine grosse Stosskraft und Verklauungen.

Typische Schäden von Schwemmholz:

- Personenschäden, sofern die betroffenen Personen nicht geschützt oder evakuiert werden
- Beschädigung oder Zerstörung von Bauwerken und Verkehrsverbindungen
- Bildung von Verklausungen mit der Gefahr einer Flutwelle oder eines Murgangs
- Zerstörung von mobilen Hochwasserschutzsystemen
- Ablagerung im Gerinne oder im Gelände

1.3 Gerinneunabhängige Prozesse

1.3.1 Übersicht

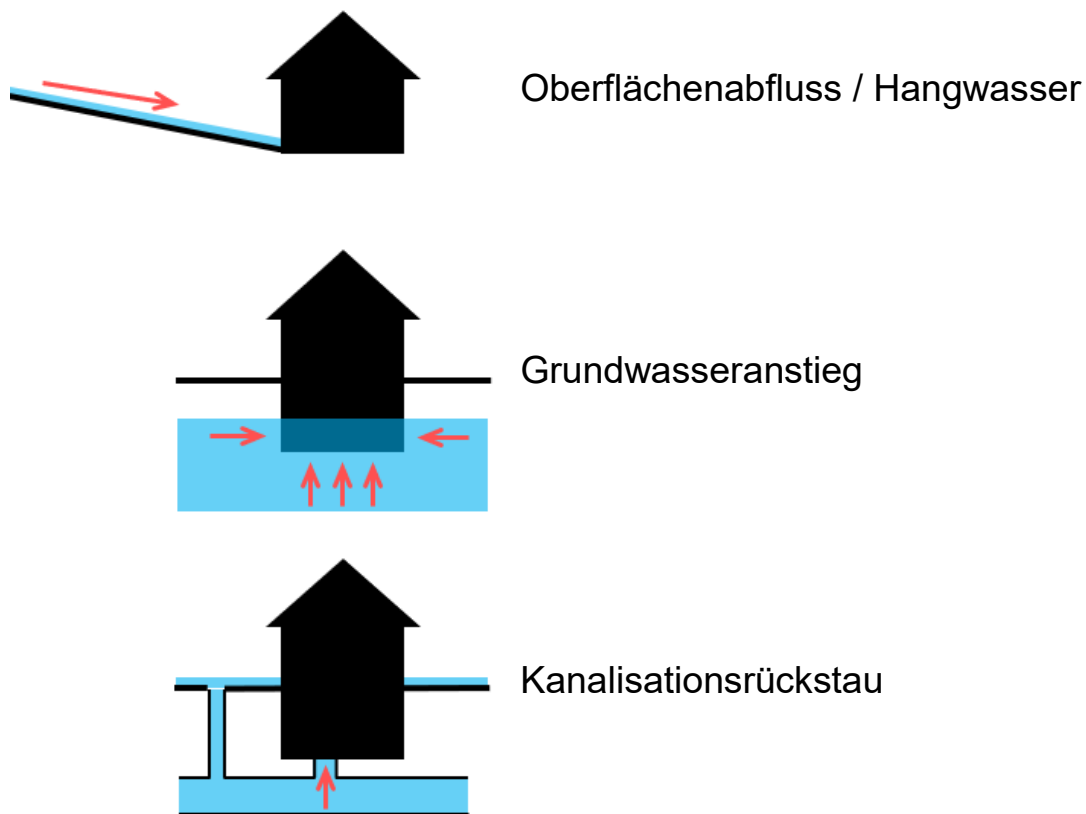


Abb. 11: Gerinneunabhängige Prozesse (Bruno Gerber, Tiefbauamt Kanton Bern).

1.3.2 Oberflächenabfluss / Hangwasser



Abb. 12: Oberflächenabfluss (Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF).

Ein Anteil des Regenwassers fliesst bei starken Niederschlägen direkt auf der Geländeoberfläche in Richtung eines Gerinnes oder einer Mulde. Begünstigend wirkt dabei versiegelter Untergrund (z. B. Verkehrsflächen, Plätze und verdichtete, wassergesättigte oder stark ausgetrocknete Kulturlflächen).

Charakteristisch sind kurze Vorwarnzeiten, hohe Fliessgeschwindigkeiten und eine geringe Wassertiefe (wenige Zentimeter). Im Gegensatz zu Gerinneprozessen ist es meist schwierig, die potenziellen Schwachstellen und Überschwemmungsräume direkt vor Ort zu lokalisieren. Eine gute Grundlage bildet die Gefährdungskarte für Oberflächenabfluss des Bundesamts für Umwelt.

Typische Schäden durch Oberflächenabfluss:

- Beschädigung von Verkehrswegen
- Personen- und Sachschäden durch Überflutung in Untergeschossen von Gebäuden



30-50 % aller dynamischen Hochwasserschäden entstehen nicht durch ausufernde Fliessgewässer oder Seen, sondern durch Oberflächenabfluss.

1.3.3 Grundwasseranstieg

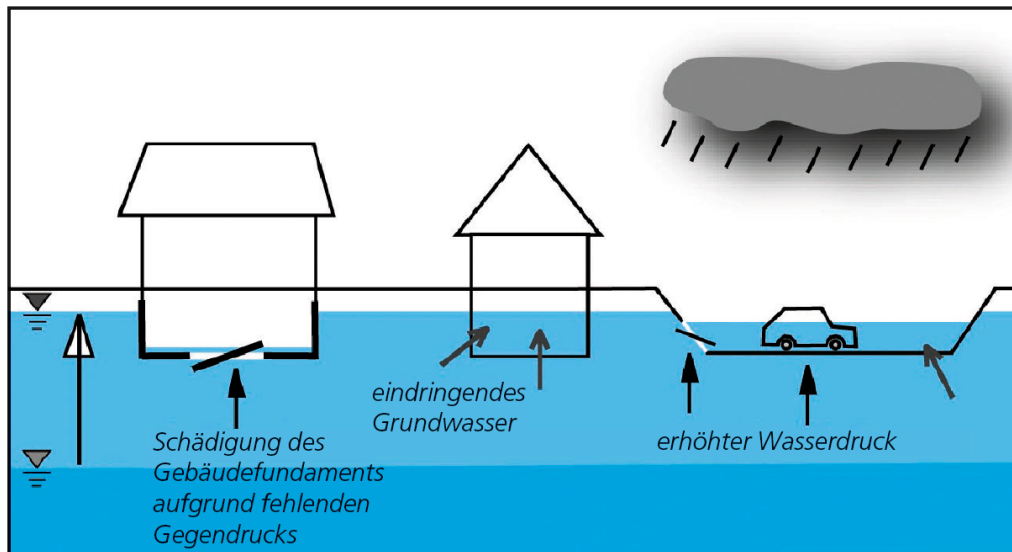


Abb. 13: Flutung und Beschädigung durch Grundwasseranstieg (Marc Schürch, BAFU).

Durch Niederschläge oder Überschwemmungen steigt zeitverzögert auch der Grundwasserspiegel an. Die Geschwindigkeit des Grundwasseranstieges hängt im Wesentlichen von der Beschaffenheit des Untergrunds ab.

Typische Schäden durch Grundwasseranstieg:

- Sachschäden durch Eindringen von Wasser in Untergeschosse von Gebäuden
- Beschädigung oder Zerstörung von Wänden oder Bodenplatten durch den statischen Wasserdruck in Untergeschossen
- Aufschwimmen oder Kippen von ganzen Gebäuden durch den Auftrieb

1.3.4 Kanalisationsrückstau



Abb. 14: Rückstau über die Kanalisation (Bruno Gerber, Tiefbauamt Kanton Bern).

Bei Überschwemmungen fließt das Wasser auch in die Kanalisation und zurück in die Gebäude. Verfügen diese nicht über Rückstauklappen, werden die Untergeschosse von innen geflutet.

Typische Schäden durch Kanalisationsrückstau:

- Personenschäden beim Aufenthalt in Untergeschossen
- Sach- und Gebäudeschäden



Hochwasserprozesse können sich gegenseitig überlagern und dadurch verstärken.

2. ÜBERSICHT HOCHWASSEREINSATZ

2.1 Ziel des Hochwassereinsatzes

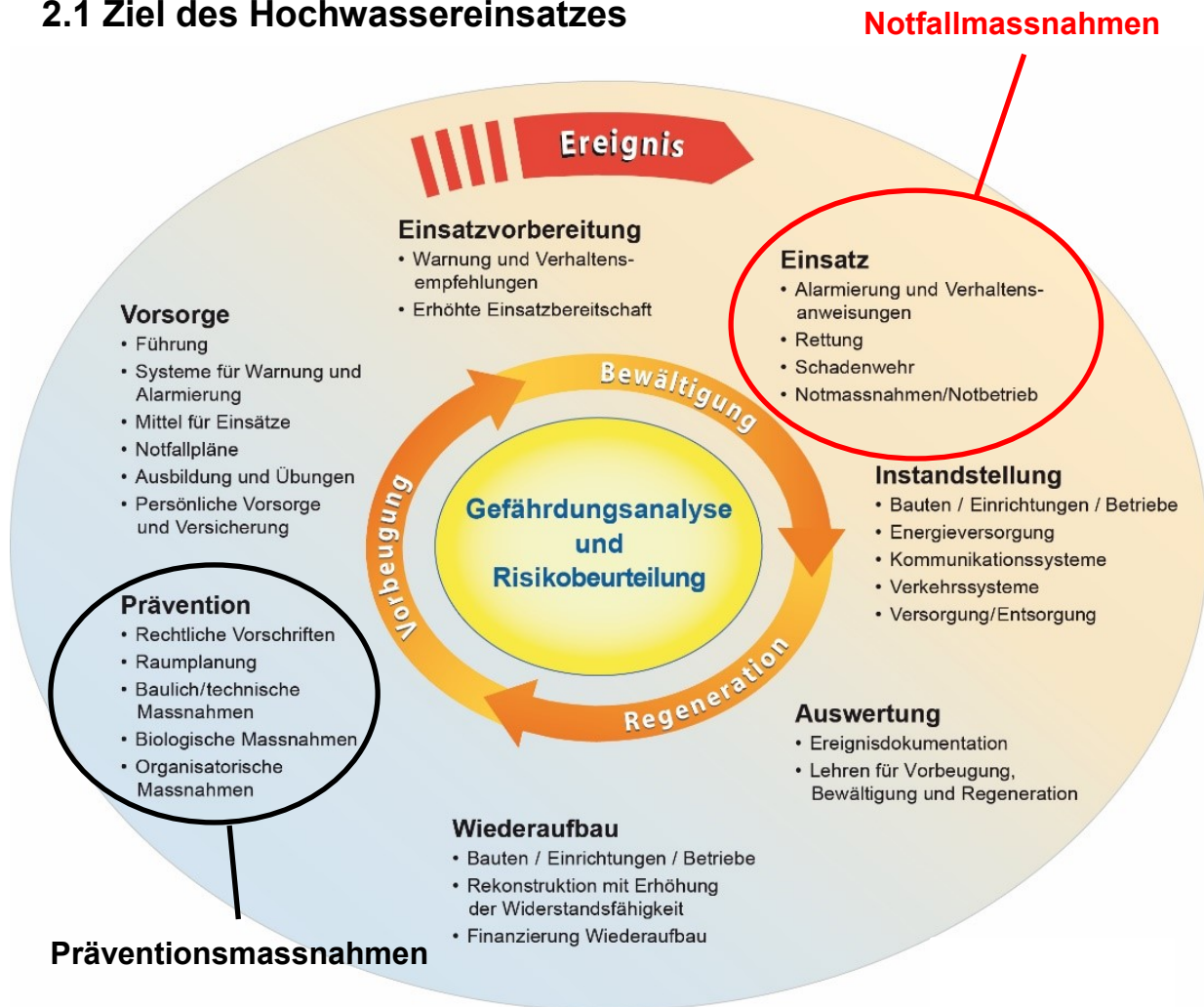


Abb. 15: Integrales Risikomanagement (BABS).

Ziel des Hochwassereinsatzes ist das Verhindern oder Begrenzen von Schäden an Personen, Sachwerten und der Umwelt. Im Gegensatz zu ständigen, präventiven Schutzmassnahmen (Schutzbauwerke, Aufforstungen etc.) handelt es sich dabei um Notfallmassnahmen, welche die vorhandenen Restrisiken abdecken sollen. Sie werden erst kurz vor oder während eines Ereignisses aktiviert. Im Idealfall werden diese Notfallmassnahmen im Rahmen der Interventionsplanung und der Einsatzvorbereitung bereits im Vorfeld geplant, vorbereitet und eintrainiert.

2.2 Vorwarnzeit und Interventionszeit

Die Möglichkeiten und Grenzen eines Hochwassereinsatzes hängen von der Vorwarnzeit und dem Hochwasserprozess ab. Die Vorwarnzeit ist die Zeitspanne vom Prognostizieren bzw. Erkennen eines Hochwasserereignisses bis zum Eintreffen des Schadenhochwassers. Je früher ein Hochwasser vorausgesagt wird, desto mehr Zeit bleibt für Interventionsmassnahmen. Für das Festlegen von Massnahmen müssen wir also abschätzen können, wo auf der Ganglinie wir uns zeitlich etwa befinden. Die erforderliche Interventionszeit für eine Massnahme muss kürzer sein als die Vorwarnzeit.

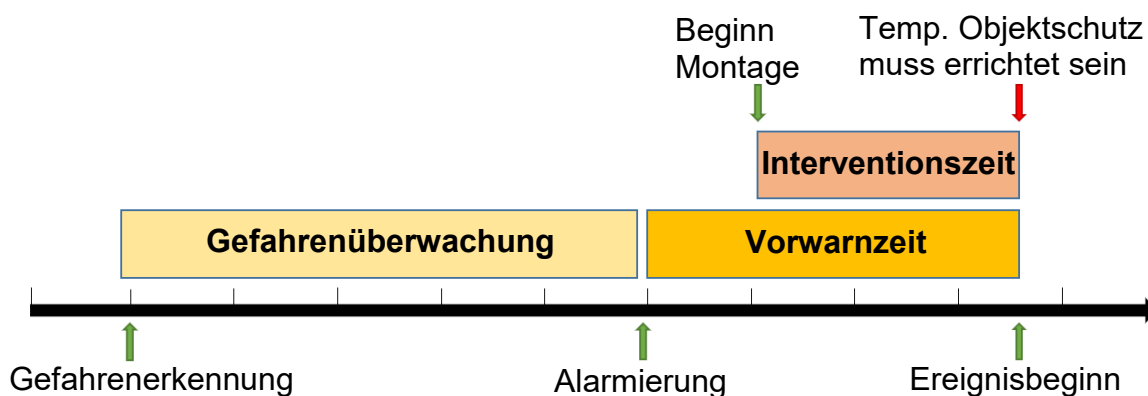


Abb. 16: Zeitlicher Ablauf eines Ereignisses (Thomas Egli, Egli Engineering AG).

Gefahrenerkennung	Zeitpunkt, zu dem eine Gefahr erkannt wird
Gefahrenüberwachung	Zeitdauer vom Abfragen der Messungen und Prognosen bis zum Entscheid zur Durchführung eines Einsatzes
Alarmierung	Alarmierung des notwendigen Einsatzpersonals
Beginn Montage	Beginn der Interventionszeit
Vorwarnzeit	Zeitdauer von der Alarmierung bis zum Ereignisbeginn
Interventionszeit	Erforderliche Zeit für die Montage der Massnahme

Tab. 5: Phasen eines Ereignisses.

Es ist wichtig, möglichst früh, schon bei ersten Anzeichen eines Hochwasserereignisses (z. B. Wetterbericht, Niederschlagssituation, Hochwasser im Oberlauf eines Einzugsgebietes etc.), erste Massnahmen zu ergreifen (z. B. laufende Lagebeurteilung durch das Überwachen von Pegelständen oder kritischen Stellen), damit bei zunehmender Eskalation genügend Zeit für weitere Massnahmen zur Verfügung steht.

Bei steilen Einzugsgebieten und Gerinnen ist die Vorwarnzeit in der Regel sehr kurz (z. B. bei Wildbächen ca. 30 bis 60 min). Das Ereignis ist dynamisch mit hohem Zerstörungspotenzial (hohe Fliessgeschwindigkeit, Flutwellen, Murgänge, Geschiebetransport etc.) und von kurzer Dauer (steil ansteigende und abfallende Ganglinie). Für Interventionsmassnahmen vor dem Ereignis bleibt meist sehr wenig oder keine Zeit. Während des Ereignisses (Scheitelpunkt) sind Massnahmen im Gefahrenbereich aus Sicherheitsgründen in der Regel auch für Einsatzkräfte verboten. Technische Massnahmen erfordern aufgrund der einwirkenden Kräfte zudem schwere Mittel (grosse Bagger, mobile Hochwasserschutzsysteme aus massiven Betonelementen etc.).

Im Unterlauf von grossen Gewässern kann die Vorwarnzeit mehrere Tage betragen (z. B. bei Seen). Das Ereignis ist in der Regel weniger dynamisch, dauert dafür aber länger (flach ansteigende und abfallende Ganglinie). Folglich steht für Interventionsmassnahmen genügend Zeit zur Verfügung. Die Gefahren sind aber auch hier nicht zu unterschätzen (z. B. unerwartete Uferrutschungen, Systemversagen oder Überströmen). Aufgrund der geringeren Dynamik und der verfügbaren Zeit können auch mit einfachen technischen Massnahmen (Sandsäcke, improvisierte Paletten-/Tafelsysteme etc.) Schäden erfolgreich verhindert oder verringert werden.

2.3 Mittel und Ausbildung

Mit technischen Mitteln, welche schnell verfügbar sind und in kurzer Zeit eingesetzt bzw. aufgebaut werden können, sind auch bei knappen Vorwarnzeiten erfolgversprechende Schutzmassnahmen möglich. Werden diese Mittel im Rahmen einer vorgängigen Interventionsplanung gezielt beschafft und dimensioniert, kann ihre Funktionstauglichkeit und Standsicherheit optimiert werden. Schwere bzw. massive Mittel können teilweise auch bei dynamischen Ereignissen eingesetzt werden. Mit einer leichten Ausrüstung sind solche technischen Massnahmen nur begrenzt möglich.

Werden aufgrund einer Interventionsplanung festgelegte Massnahmen von den Einsatzkräften eingeübt und regelmässig trainiert, verkürzt sich die erforderliche Interventionszeit im Ereignisfall. Der Einsatzleiterin / dem Einsatzleiter stehen für ihre/seine Planung nicht nur grobe Schätzungen, sondern zuverlässige Zeitvorgaben zur Verfügung.

2.4 Typische Schwachstellen in Gerinnen

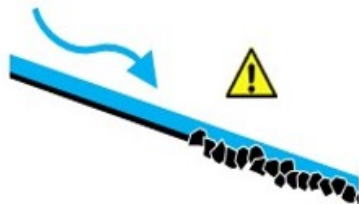
Typische Schwachstellen in einem Gerinne sind Stellen oder Abschnitte, wo der Gerinnequerschnitt, die Fließgeschwindigkeit oder die Fließrichtung ändern.



Querschnittsverengung



Abnahme Gefälle



Zunahme Rauigkeit



Hindernisse im Abflussquerschnitt

Abb. 17: Schwachstellen in Gerinnen (Nils Hählen, Tiefbauamt Kanton Bern).



Schwachstellen sollten schon vor einem Ereignis bekannt sein und müssen während des Ereignisses zwingend im Auge behalten werden.

2.5 Übersicht über mögliche Massnahmen im Ereignisfall

In Abhängigkeit des Hochwasserprozesses und der Eskalationsstufe ergeben sich folgende mögliche Massnahmen:

Massnahme	Einsatz Zivilschutz
Warnung und Verhaltensanweisungen für die Bevölkerung: – Meiden von Gewässern – Räumen von Sachwerten aus tiefergelegenen Standorten (Autos aus Tiefgaragen) – Schützen von Gebäudeöffnungen – Kein Aufenthalt in Untergeschossen von Gebäuden	Evtl. Unterstützen der Bevölkerung beim Sichern von Sachwerten.
Überwachen / Kontrollieren: – Pegelstände – Schwachstellen im Gerinne – Schutzbauwerke (Dämme, Sperren, Gesschiebesammler etc.) – Wichtige Objekte und Infrastrukturen im potentiellen Überschwemmungsbereich	Möglich Die AdZS müssen nach erfolgtem Aufgebot aber in kurzer Zeit vor Ort verfügbar sein.
Absperren/Zutrittsbegrenzung gefährdeter Zonen: – Überschwemmungs-/Risikozone – Verkehrswege, Brücken, Unterführungen	Möglich
Freihalten des Abflussquerschnitts und Verhindern von Verklausungen durch laufendes Entfernen von Geschiebe und Schwemmholz an kritischen Stellen mit schweren Baugeräten.	Unwahrscheinlich Erfordert schwere Mittel.
Sichern von Gebäuden, Sachwerten, Heizöltanks etc.	Möglich
Aufbauen von mobilen Hochwasserschutzsystemen: – Geplante Systeme – Notfallmässige Systeme	Kernaufgabe des ZS
Verstärken/Sichern von überlasteten oder beschädigten Schutzdämmen.	Möglich Erfordert entsprechende Transportkapazitäten (nur unter Leitung einer Fachspezialistin / eines Fachspezialisten).

Massnahme	Einsatz Zivilschutz
Erstellen von notfallmässigen Uferschutzmassnahmen an gefährdeten Stellen.	Kernaufgabe des ZS
Evakuieren von Personen, Tieren und Sachwerten aus stark gefährdeten Gebieten.	Möglich
Retten von eingeschlossenen Personen und Tieren.	Möglich Nur in Zusammenarbeit mit spezialisierten Rettungskräften.
Aufbauen von Hochwasserstegen für die Bevölkerung in statisch überschwemmten, urbanen Zonen.	Kernaufgabe des ZS
Auspumpen und Freilegen von überschwemmten Zonen oder Objekten: – Keller – Durchlässe / Unterführungen – Etc.	Kernaufgabe des ZS Wird in der Regel erst nach dem Ereignis während der Instandstellung ausgeführt.

Tab. 6: Massnahmen bei Hochwasserereignissen.



Der Einsatz des Zivilschutzes erfolgt immer im Auftrag der Einsatzleitung.

3. SICHERHEIT IM HOCHWASSEREINSATZ

3.1 Gefahren und Risiken

Die Arbeit im strömenden Hochwasser ist durch die Gefahr des Mitreissens oder Abdriftens gekennzeichnet. Die Wasserkraft wird oft unterschätzt. Schon bei geringer Wassertiefe ist bei strömendem Abfluss die Standfestigkeit selbst von trainierten Personen nicht mehr gewährleistet.





	ohne Strömung	mit Strömung
Einsatz möglich	 Stiefelhöhe (ca. 30 cm)	 Knöchelhöhe (ca. 10 cm)
Grenzen der Einsatzmöglichkeit	 Hüfthöhe (ca. 100 cm)	 Stiefelhöhe (ca. 30 cm)

Abb. 18: Zu beachtende Vorgaben bei Einsätzen im Wasser (Nils Hählen, Tiefbauamt Kanton Bern).

Faustregel für das Bestehen von Gefahr für erwachsene Personen:
Fliessgeschwindigkeit x Wassertiefe > 0.5

Ab 50 bis 60 cm Wasserhöhe schwimmt auch ein Auto. Bei Fliessgeschwindigkeiten von 3 m/s reichen schon 20 bis 30 cm, um ein Fahrzeug mitzureissen. Es besteht die Gefahr des Abrutschens in überflutete Keller, Gruben, Schächte oder die Kanalisation. Beim Freilegen von verstopften Einläufen entsteht eine starke Sogwirkung, welche Personen mitreissen kann. Des Weiteren droht die Gefahr des Ertrinkens von angeseilten Personen in strömendem Wasser oder, weil die Wathosen vollgelaufen sind.



Arbeiten im trüben Wasser: Einsturzgefahr in überschwemmte Bodenöffnungen und Löcher. Aufgrund des trüben Wassers kann bereits bei geringer Wasserhöhe nicht mehr erkannt werden, was sich darunter verbirgt. Diese Gefahr besteht nicht nur für Personen, sondern besonders auch für Einsatzfahrzeuge.



Abb. 19: Fahrzeugeinsturz wegen unterspülter Strasse (Luxemburger Wort).

Weitere Gefahren:

- Einstürzen von Bauteilen, Gebäuden, Strassen oder Brücken (z. B. durch Ufererosion)
- Von plötzlich eintretenden Flutwellen oder Murgängen (z. B. durch das Brechen von Verkläunungen) überrascht werden
- Versagen von Schutzbauwerken oder mobilen Hochwasserschutzsystemen mit anschliessender Flutwelle
- Anprall von Treibgut (z. B. Holz, Container, Geschiebe etc.)
- Stromschlag (z. B. in Gebäuden)
- Abschneiden des Rückzugsweges (z. B. Umfliessen der Einsatzstelle oder in Gebäuden)
- Schlagartiges Herausdrücken von Kanaldeckeln
- Explosionsartiges Aufschlagen von Türen mit anschliessender Flutwelle beim Öffnen von gefluteten Räumen (z. B. Kellerräume, Schutzräume). Der Wasserdruck auf eine Türe beträgt bei einer Wasserhöhe von 2 m ca. 2 t.
- Auftreiben toter Haus- und Nutztiere und Verbreitung infektiöser Stoffe (z. B. Klärgrubeninhalte und Kanalisation)
- Aufschwemmen brennbarer Flüssigkeiten und anderer Gefahrstoffe
- Chemische Reaktion zwischen verschiedenen gelagerten Stoffen in Industrieanlagen durch das Eindringen von Wasser
- Bei grosser Sommerhitze Dehydrierung und Überhitzung bzw. Hitzschlag
- Unterkühlung und Erschöpfung

3.2 Taktische Grundsätze

Ein Einsatz erfolgt, wenn immer möglich, erst nach Absprache mit einer Fachperson (Wasserbauingenieur/in, lokale/r Naturgefahrenberater/in etc.). Ein Hochwassereinsatz ist eine Tätigkeit mit besonderen Gefahren. Die Vorgesetzten sind grundsätzlich verpflichtet, ein Sicherheitskonzept zu erstellen und umzusetzen. Dazu gehören:

- eine Gefahren- und Risikoanalyse,
- das Festlegen und Anordnen von Sicherheitsmassnahmen,
- die Überprüfung der Einhaltung bzw. Wirksamkeit der Sicherheitsmassnahmen,
- ein Notfall- und Rettungsplan.

Bei der Gefahren- und Risikoanalyse müssen nicht nur der Schadenplatz bzw. die Einsatzstelle und die aktuelle Situation beurteilt werden, sondern auch der ganze Prozess bzw. Prozessraum sowie die darin vorhandenen potenziellen Gefahren:

- Prozessart (Dynamik, Anstieg, Dauer, Fliessgeschwindigkeit etc.)
- Was kann (noch) passieren?
- Gefahr von Flutwellen, Rutschungen oder Murgängen
- Wetter
- usw.

Defensiv vorgehen	In bereits überschwemmten Gebieten nur noch Rettungen vollziehen, aber keine Massnahmen zum Schutz von Sachwerten umsetzen.
Abstand halten	Fahrzeuge und Material mit genügend Abstand zum Wasser positionieren.
Standssicherheit	Bei notfallmässig erstellten Hochwasserschutzsystemen ohne Standssicherheitsnachweis immer damit rechnen, dass diese jederzeit und ohne Vorwarnung brechen können.
Risikozonen	Risikozonen mit Aufenthaltsberechtigung definieren, beispielsweise: Heisse Zone = Akute Lebensgefahr Warme Zone = Gefahr (nur Einsatzkräfte erlaubt) Kalte Zone = Keine Gefahr

Tab. 7: Taktische Grundsätze für das Vorgehen bei einem Hochwasserereignis.

3.3 Sicherheits- und Notfallmassnahmen

3.3.1 Sicherheitsvorschriften VSZS

Auszug aus den "Weisungen des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz über die Sicherheitsvorschriften im Zivilschutz" (Stand 01.03.2020).

Art. 20

¹ Schutzdienstpflichtige müssen bei Arbeiten am oder über dem Wasser Rettungswesten tragen:

- a. wenn Ertrinkungsgefahr besteht;
- b. bei Übersetzfahrten.

² Ertrinkungsgefahr besteht, wenn:

- a. die Wassertiefe mehr als einen Meter beträgt;
- b. die Fliessgeschwindigkeit des Wassers mehr als einen Meter in der Sekunde beträgt und die Wassertiefe mehr als 50 cm beträgt.

Bei Ertrinkungsgefahr dürfen sich keine Schutzdienstpflichtigen im Wasser aufhalten.

³ Personen, die an oder über einem Fliessgewässer mit einem Seil gesichert werden, müssen so gesichert sein, dass sie nicht ins Wasser stürzen können.

3.3.2 Weitere Sicherheits- und Notfallmassnahmen

Eigene Sicherheit	Geht immer vor und muss immer berücksichtigt werden.
	Undenkbares erwarten.
	Persönliche Schutzausrüstung verwenden.
Überwachung / Beobachtung	Keine Alleinarbeit.
	Einsatzstelle und potenzielle Gefahrenherde.
Warnposten	Mit genügend Abstand zur Einsatzstelle postieren und mit Kommunikationsmitteln ausrüsten (immer zwei unabhängige Systeme, z. B. Funk und Mobiltelefon).
Alarm-/Rückzugskriterien	Klare Vorgaben definieren (z. B. Wasserspiegel, Schwemmholz, Anzeichen von Überströmung, plötzlicher Rückgang des Abflusses, Poltern im Oberlauf etc.).

Alarmierung	An Einsatzstelle organisieren und das Verhalten bei einem Alarm allen bekanntgeben.
Fluchtwege / Sammelplatz	Definieren, markieren und freihalten.
Rettung	Interne/externe Rettung (Rettungsmaterial, Standort, Verbindung, Rettungsachse) und Sanitätsdienst sicherstellen.
Verbindung	Die Verbindung zu anderen Einsatzformationen oberhalb und unterhalb der Einsatzstelle sicherstellen.
Seilsicherung	Wenn erforderlich, Einsatzkräfte mit Seilen sichern (wenn möglich nur senkrecht von oben, die Person muss jederzeit hochgehoben werden können). Fällt eine Person in strömendes Wasser, kann sie aufgrund der Seilsicherung unter Wasser gezogen werden und ertrinken. Keine Wathosen tragen.
Nichtschwimmer	Nichtschwimmer sind besonders zu kennzeichnen und unter Aufsicht zu halten. Unmittelbar am, im oder über dem Wasser arbeitende Einsatzkräfte müssen schwimmen können.
Wathosen	Der Einsatz von Wathosen ist nur in stehenden Gewässern bis max. 50 cm Wassertiefe erlaubt. Kein Einsatz in strömendem Wasser oder in Booten.
Begehen überschwemmter Gebiete vermeiden	Trübes oder stark fließendes Wasser nicht begehen (wenn doch, ist es erforderlich, den Weg mit einer Stange laufend zu sondieren).
Überflutete Bereiche möglichst nicht befahren	Ausnahme: Mit schweren Fahrzeugen bis 30 cm Wassertiefe im Schrittempo nach vorgängiger Erkundung durch eine mit einem Stock vorangehende Person.
Uferbereich	Bei Unterspülung nicht begehen.
Beleuchtung	Bei Arbeiten in der Nacht: Einsatz- und Beobachtungsstellen immer gut beleuchten.
Ohne Auftrag	Abstand zum Gewässer halten.
Umweltgefahren	Viel trinken und Sonnenschutz verwenden.
Hygiene	Beim Verlassen des Arbeitsortes zuerst die Hände waschen bzw. desinfizieren und stark verschmutzte Kleidung reinigen bzw. wechseln.

	"Sauber" arbeiten, Schleimhäute während der Arbeit nicht berühren (Ansteckungsgefahr mit gefährlichen Krankheitserregern).
	Erholungsraum und Verpflegungsort klar vom Arbeitsort trennen.

Tab. 8: Überblick über verschiedene Sicherheits- und Notfallmassnahmen.

3.3.3 Checkliste: Beurteilung des Hochwasser- und Einsatzrisikos

		R	A	P	S	Hochwasserrisiko (Max. Stufe aus allen Kriterien links)
Kriterium	Regenintensität	Abfluss	Schwellenprozesse	Zustand der Schutzbauten		
Zustand	↗	↗	Unmöglich	Leicht belastet	Mässig	
	↗	↗	Möglich	Stark belastet	Gross	
	↗	↗	Wahrscheinlich	Überlastet	Sehr gross	
	?	?	Unbekannt	Unbekannt	Unberechenbar	
Hinweis	<ul style="list-style-type: none"> – Beobachtung Messstellen – Radar 	<ul style="list-style-type: none"> – Beobachtung Messstellen 	<ul style="list-style-type: none"> – Verkläusung Oberlauf – Rutschung 	<ul style="list-style-type: none"> – Freibord Gerinne – Verfügbares Rückhaltevolumen – Sammler 		

		Ti	Fli	Na	Einsatzrisiko (Max. Stufe aus allen Kriterien links)
Kriterium	Wassertiefe	Fließgeschwindigkeit	Gewässernähe		
Zustand	Trocken	Keine	Gewässerfern	Mässig	
	Bis 0.3 m	Leicht < 1.0 m/s	Gewässernah $\Delta h > 5 \text{ m}, \Delta L > 20^\circ$ Gewässerbreite	Gross	
	Über 0.3 m	Stark > 1.0 m/s	Auf/am Gewässer $\Delta h < 5 \text{ m}, \Delta L < 20^\circ$ Gewässerbreite	Sehr gross	

Abb. 20: Checkliste Sicherheit im Hochwassereinsatz (Niels Hählen, Tiefbauamt Kanton Bern).

4. MOBILER HOCHWASSERSCHUTZ

4.1 Stationäre Schutzsysteme

Stationäre Schutzsysteme sind permanente bauliche Schutzmassnahmen, die weitgehend ohne fremdes Handeln einsatzbereit sind und die vorgesehene Schutzwirkung dauerhaft gewährleisten (Schutzdämme/-wände, Geschiebestausperren, Wildbachsperrern etc.).

4.2 Mobile Schutzsysteme

Mobile Schutzsysteme werden erst im Einsatzfall vor Ort gebracht und aufgebaut. Dabei wird zwischen planmässigen und notfallmässigen Systemen unterschieden.

4.2.1 Planmässige Systeme

Planmässige Systeme sind solche, die vorgängig für einen Standort geplant und bemessen wurden. Es kann sich dabei um ortsgebundene oder ortsungebundene Systeme handeln. Ortsgebundene Systeme erfordern vorgängig bauliche Massnahmen am Einsatzort (z. B. Dammbalkensysteme).



Abb. 21: Dammbalkensystem (Weber Hochwasserschutz Systeme WHS).

4.2.2 Notfallmässige Systeme

Notfallmässige Systeme sind ortsungebundene Systeme ohne vorgängige Planung und Bemessung. Sie sind flexibel einsetzbar (z. B. Sandsacksysteme, Tafelsysteme, Schlauchsysteme).



Abb. 22: Sandsacksystem (Herbert Götschmann, BABS).

Werden notfallmässige Systeme vorgängig geplant und bemessen (z. B. im Rahmen einer Interventionsplanung), können sie den planmässigen Systemen gleichgesetzt werden.

Das Erstellen von ortsungebundenen, mobilen Hochwasserschutzsystemen ist eine Kernaufgabe des Zivilschutzes. Die nachfolgenden Ausführungen konzentrieren sich deshalb vor allem auf diese Art von Schutzsystemen.

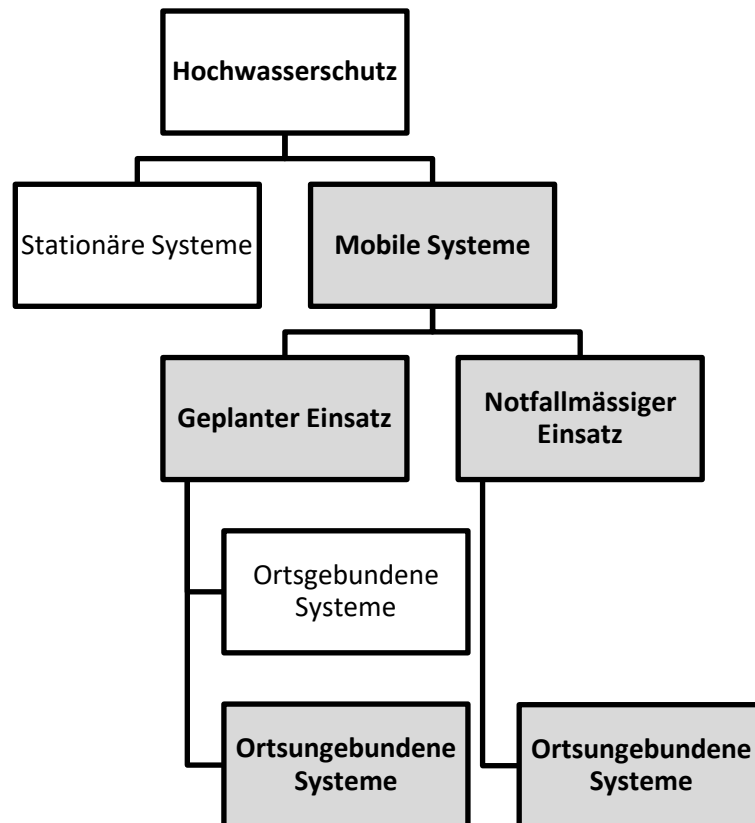


Abb. 23: Systematik der Hochwasserschutzsysteme.

4.3 Einsatzprozess mobiler Hochwasserschutz

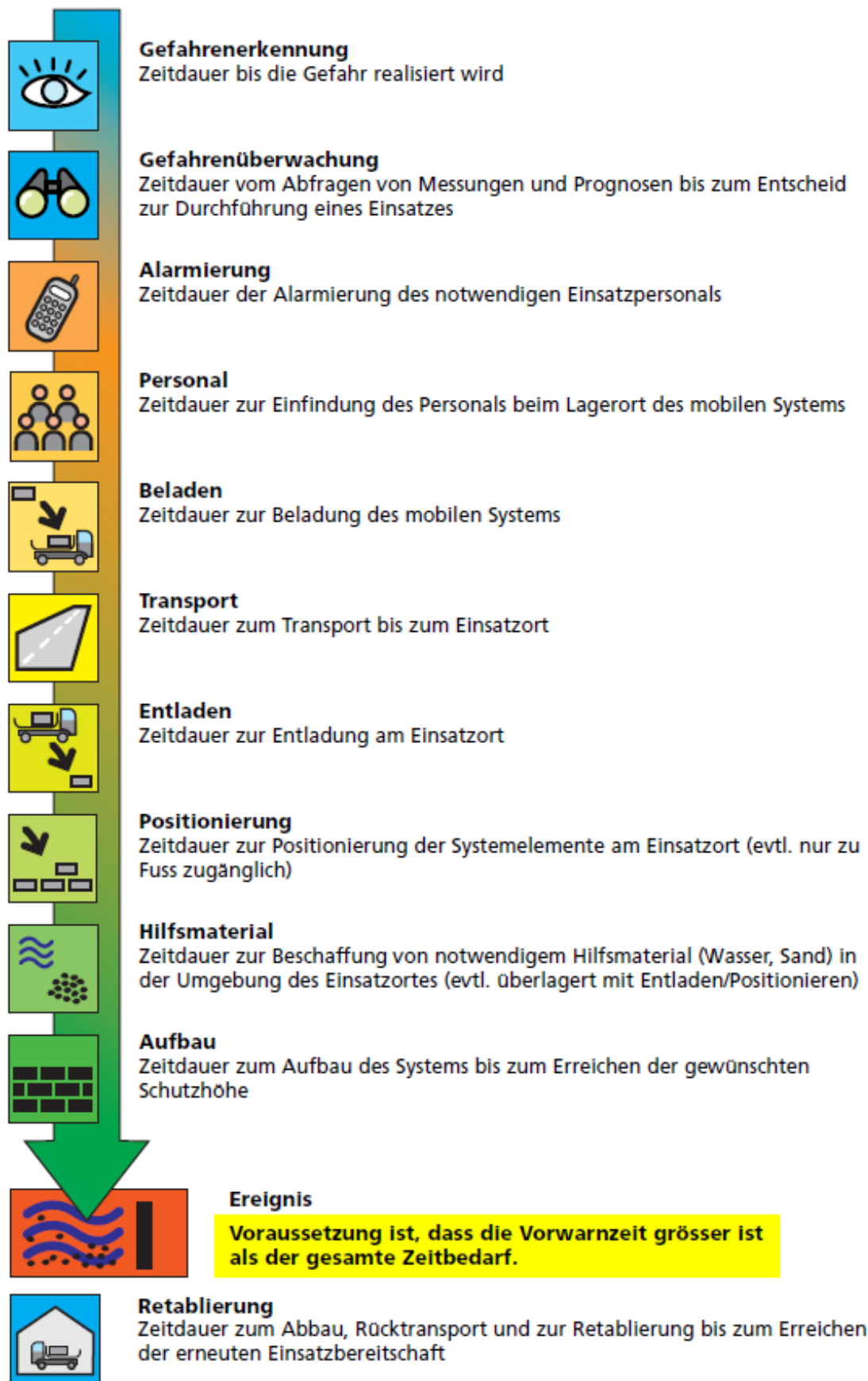


Abb. 24: Einsatzprozess Hochwasserschutz (Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF).

4.4 Ortsungebundene Hochwasserschutzsysteme

4.4.1 Taktische Grundsätze

Systeme für den ortsungebundenen mobilen Hochwasserschutz sind immer mit einer gewissen Unsicherheit verbunden. Sie können nicht nur Schutz generieren, sondern bei unüberlegtem Einsatz auch eine zusätzliche Gefahr darstellen. Bei einem Bruch des Systems darf keine erhöhte Gefährdung von Personen entstehen. Um dies sicherzustellen, sind folgende Sicherheitsmassnahmen einzuhalten:



Ortsungebundene mobile Hochwasserschutzsysteme dienen nur der Verhinderung von Sachschäden und nicht dem Personenschutz.



Ortsungebundene mobile Hochwasserschutzsysteme eignen sich grundsätzlich nur bei Überschwemmungen mit geringer Intensität. Bei mittlerer Überschwemmungstiefe (0.5-2.0 m) und kurzer Vorwarnzeit sind diese Systeme nur sehr beschränkt einsetzbar.

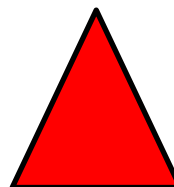


Maximal empfohlene Schutzhöhe:



0.6 m

Notfallmässiger Einsatz



1.2 m

Geplanter Einsatz



Im Bereich des Systems müssen Risikozonen definiert und für Passanten gesperrt werden:

Schutzhöhe bis 0.6 m → Breite der Risikozone 5–10 m

Schutzhöhe 0.6–1.2 m → Breite der Risikozone 10–20 m

Schutzhöhe 1.2–2.0 m → Breite der Risikozone 20–50 m

Faustregel: Risikozone = 20 x Systemhöhe

Die Risikozone dient dem Auffangen oder Abschwächen von allfälligen Flutwellen (Reduktion der Intensität). Sie dürfen nur von Einsatzkräften für Kontrollgänge betreten werden. Der Zustand der Schutzsysteme ist durch regelmässige Kontrollgänge zu überprüfen. In der Risikozone sind keine Materiallager oder Installationen erlaubt.

Kriterium	Notfallmässiger Einsatz	Geplanter Einsatz
Einsatzort	Unbekannt	Bekannt
Vorwarnzeit	Ausrücken bei Alarmierung	Vorwarnung oder Alarmierung
Systemwahl	Verfügbarkeit bei Ereignis	Systemwahl vor Ereignis
Bemessung / Lastfälle	Keine Bemessung	Bemessung durch Fachspezialistinnen/-spezialisten
Empfohlene max. Schutzhöhe	0.6 m	1.2 m
Systemaufbau	Gemäss Einsatzleiter/in vor Ort	Gemäss Notfallplan
Einbaukontrolle	Empfohlen	Notwendig
Risikozonen	Empfohlen	Notwendig
Kontrollgänge	Notwendig	Notwendig
Systemabbau	Gemäss Einsatzleiter/in	Gemäss Notfallplan

Tab. 9: Gegenüberstellung der Einsatzarten von Hochwasserschutzsystemen.

Bei strömendem Wasser sollten Schutzsysteme nie senkrecht zur Strömung, sondern möglichst parallel oder schräg aufgebaut werden. Im Nahbereich eines Gerinnes treten die grössten Energien auf. Steht genügend freier "Überschwemmungsraum" zur Verfügung, sollten die Schutzsysteme nie direkt am Gerinne, sondern mit genügend Abstand installiert werden. Die Gründe dafür sind folgende:

- Das Wasser verteilt sich auf eine grosse Fläche und verliert stark an Fliesshöhe und Energie.
- Die Standsicherheit und Funktionstauglichkeit des Schutzsystems ist besser gewährleistet.
- Es können allenfalls auch einfachere, weniger widerstandsfähige Schutzsysteme eingesetzt werden. Dadurch können in der gleichen Zeit mehr Systeme aufgebaut werden.
- Die Einsatzkräfte sind bei den Installationsarbeiten weniger gefährdet.



Werden notfallmässige mobile Hochwasserschutzsysteme überströmt, muss jederzeit mit dem Versagen des Systems gerechnet werden.

Weitere Gründe für ein Systemversagen sind Gleiten, Kippen, inneres Stabilitätsversagen, Undichtheit, Grundbruch, unterirdischer Wasserabfluss oder Grundwasseranstieg. Drohen bei einem Versagen des Hochwasserschutzsystems grosse Schäden, so kann bei genügend Material und Zeit hinter dem ersten System als Redundanz ein zweites System aufgebaut werden (mit genügend Abstand zum ersten System).

Sind die topografischen Höhenunterschiede im Gelände nicht offensichtlich erkennbar (leicht kupiertes oder flaches Gelände), ist es zweckmässig, einfache Vermessungsgeräte (z. B. Nivelliergerät, Messlatte, Baulaser etc.) einzusetzen, um die Hochwasserschutzsysteme taktisch an den optimalen Standorten platzieren zu können.

4.4.2 Einsatzszenarien

Abgrenzung

Im Hochwasserschutz kann allgemein zwischen dem Schutz einzelner Objekte (Objektschutz) und kollektiven Schutzmassnahmen (mehrere Objekte, Dörfer / Dorfteile, Quartiere etc.) unterschieden werden.

Für den Schutz eines Objekts ist grundsätzlich der/die Eigentümer/in verantwortlich. Er/sie trägt die Eigenverantwortung, wobei die Einsatzkräfte nach Möglichkeit mithelfen. Die Erfahrungen zeigen aber, dass die Einsatzkräfte besonders in städtischen Gebieten sehr schnell an ihre Leistungsgrenzen stossen. Sie müssen Prioritäten setzen und sich deshalb meist auf kollektive Schutzmassnahmen und/oder auf die Sicherung einzelner, wichtiger Infrastrukturen konzentrieren.

Ableiten in Hanglagen

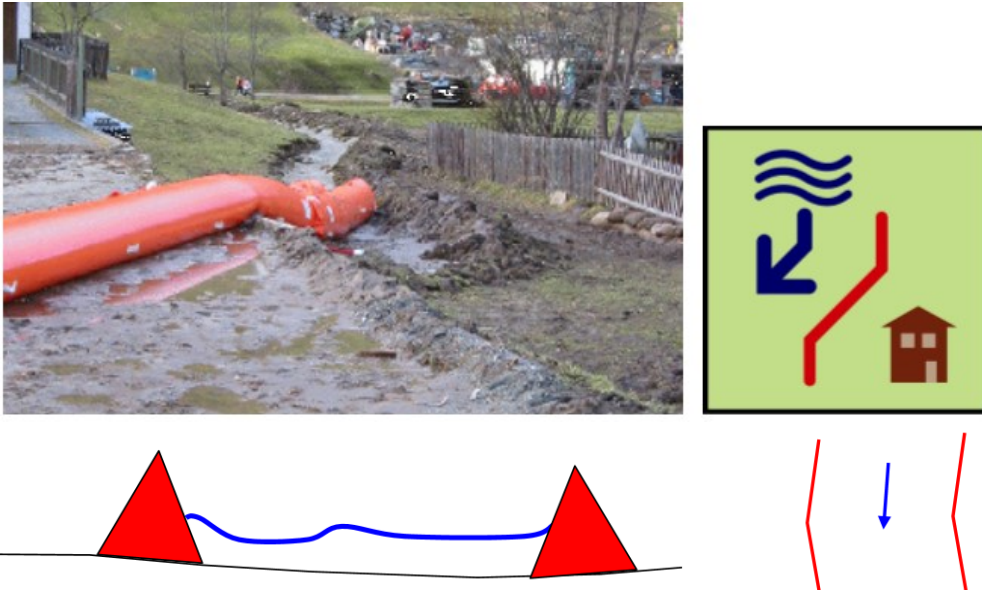


Abb. 25: Beispiel für das Ableiten in Hanglagen (Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF).

Diese Technik wird in Gebirgsräumen, in flacheren Gebieten und in Siedlungsräumen zum Ableiten von Wasser eingesetzt. Mit dem System wird ein Abflussskorridor zu einem Vorfluter gebildet. Das System muss Bodenunebenheiten, Neigungen, Bordsteinübergänge und Krümmungen in der Längsneigung bewältigen können, wobei die erforderliche Stauhöhe eher gering ist.

An Kurvenaussenseiten ist eine Überhöhung vorzusehen. Auf das System wirkt statischer und dynamischer Wasserdruck ein, welcher parallel oder angewinkelt auf das System trifft. Die Fließgeschwindigkeit des abfließenden Wassers liegt in der Größenordnung von 0.5 bis 3 m/s. Des Weiteren ist es sehr wahrscheinlich, dass das Wasser Erde und Kies mitführt.



Hangstabilität beachten: Durch die Umleitung dürfen keine Hangmuren ausgelöst werden.

Ringschutz bei Muldenlage

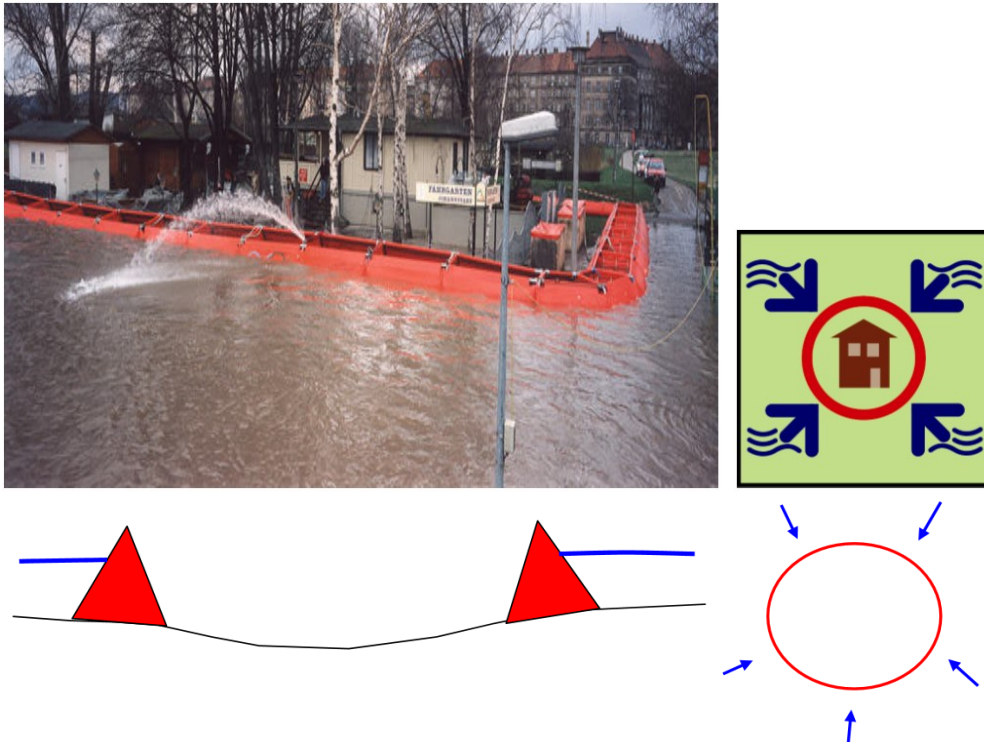


Abb. 26: Beispiel für ein ringförmiges Hochwasserschutzsystem (Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF).

Das System kommt in flachen Überschwemmungsebenen und Muldenlagen zum Einsatz. Das Objekt wird ringförmig vor Hochwasser geschützt. Leckagen, Rückstau aus der Kanalisation, Grund- und Qualmwasser können trotzdem zu einer inneren Überflutung führen. Mittels Pumpen kann eingedrungenes Wasser laufend wieder nach aussen gepumpt werden. Auf dem System wirkt der statische Wasserdruck. Die Anströmung ist von geringer Intensität und wirkt in der Regel frontal auf das System ein. Bei grösseren umgebenden Wasserflächen muss mit Wellenschlag gerechnet werden.

Absperren von Abflüssen auf Strassen

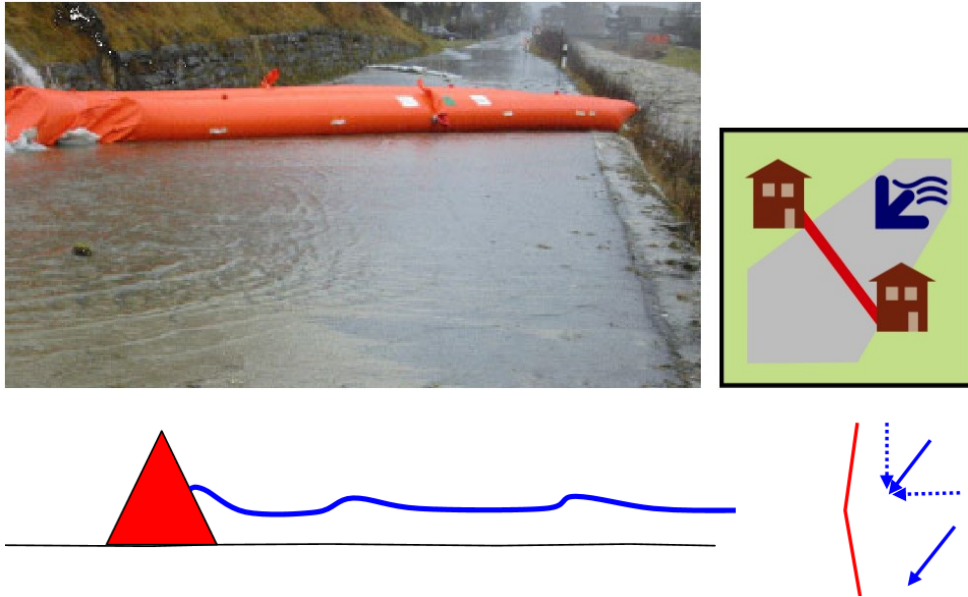


Abb. 27: Beispiel für das Absperren eines Abflusses auf einer Strasse, wodurch das Abfliessen des Wassers über die Strasse verhindert wird (Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF).

Mit dem System soll eine Abschottung quer zu einer Strasse erreicht werden. Eine Hauptanforderung an das System ist der wasserdichte Anschluss an die obere, seitliche Begrenzung (Mauer, Fassade, Böschung etc.). Hierzu muss das System in seiner Länge flexibel angepasst werden können.

Es wirken der statische und der dynamische Wasserdruck. Zusätzlich muss mit dem Anprallen von Treibholz und Geschiebe gerechnet werden. Die Fliessgeschwindigkeit erreicht eine Grössenordnung von 0.5–3 m/s.

Linienschutz an Seen

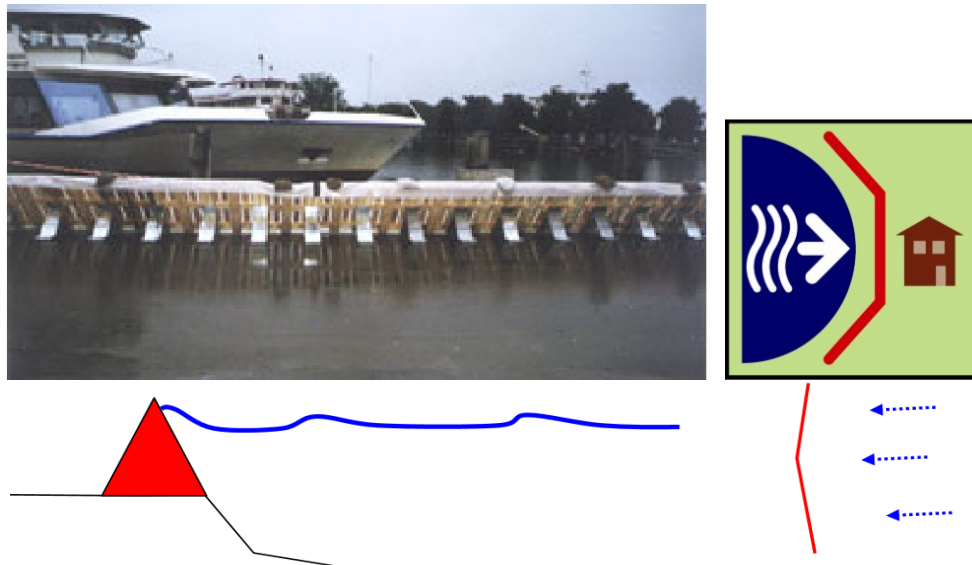


Abb. 28: Beispiel für ein System entlang des Ufers eines Sees (Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF).

Das System wirkt als Linienschutz entlang des zu schützenden Ufers. Die Dichtheit gegenüber verschiedenen Terrainbeschaffenheiten und Niveauübergängen ist notwendig. Durch Leckagen, Rückstau aus der Kanalisation sowie Grund- und Qualmwasser kann trotzdem Wasser eindringen. Dies kann mithilfe von Pumpen laufend zurückgepumpt werden.

Für den Aufbau steht in der Regel mehr Zeit zur Verfügung, als dies bei Flüssen der Fall ist. Die Standzeit bis zum Abbau beträgt Tage bis Wochen. Dem Vandalismus und der Überwachung muss die notwendige Beachtung geschenkt werden. Auf das System wirkt der statische Wasserdruck. Bei Sturmereignissen, Sturmbrechern und Wellenschlag muss das System mit höchster Aufmerksamkeit überwacht werden.

Linienschutz an Flüssen (Gefälle < 5 %)

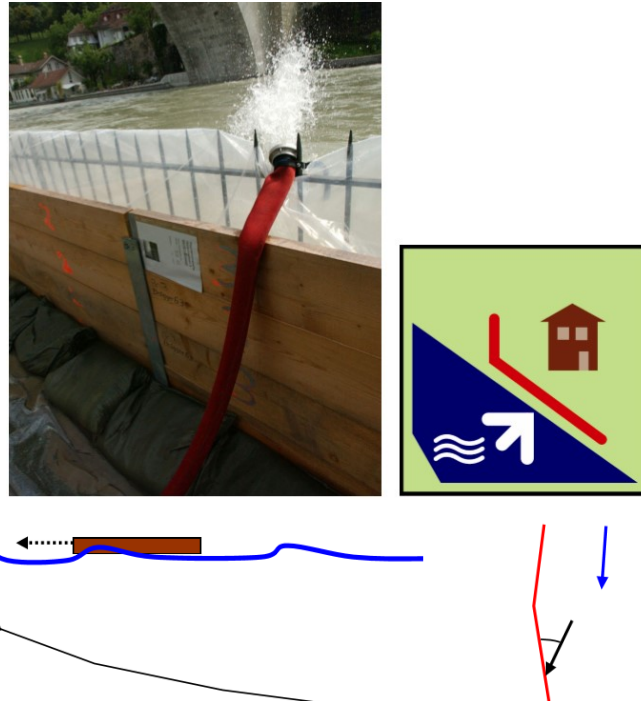


Abb. 29: Beispiel für ein System, das parallel zum Flusslauf verläuft
(Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF).

Das System bietet Schutz für Siedlungsräume an Bächen und Flüssen. Es muss aufgrund der (meist) kurzen Vorwarnzeit innert wenigen Stunden aufgebaut werden können (oft beidseitig). Dichtheit gegenüber verschiedenen Terrainbeschaffenheiten und Niveauübergängen ist zentral. Die Stauhöhen sind wesentlich höher als beim Szenario "Ableiten in Hanglagen" (vgl. Kap. 4.4.2). Auf das System wirken sowohl der statische als auch der dynamische Wasserdruck. Die Fließgeschwindigkeit liegt in der Grössenordnung von 0.5 bis 3 m/s. Es ist mit Vandalismus, dem Anprall von Treibholz und, bei breiten Flüssen, mit Wellenschlag zu rechnen.

Linienschutz an Wildbächen (Gefälle > 5 %)

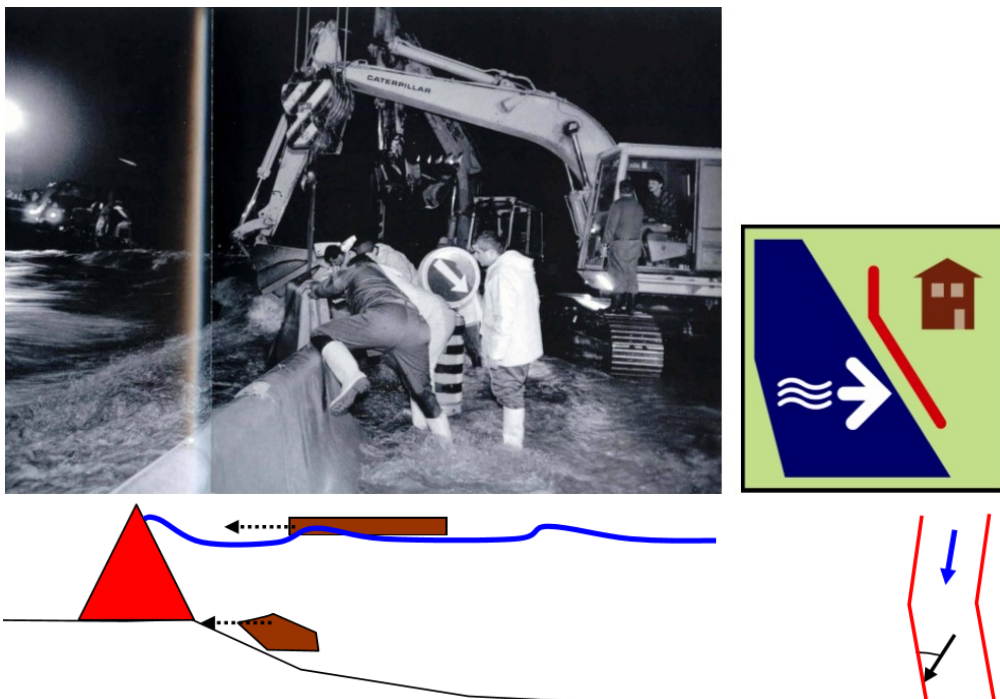


Abb. 30: Beispiel für ein Linienschutzsystem an einem Wildbach. Treibgut und Geschiebe beanspruchen das System zusätzlich (Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF).

Dieses Szenario stellt die härtesten Anforderungen an das System und an die Einsatzkräfte. Durch die Dynamik sind die Einwirkungen auf das System wesentlich erhöht (Treibholz, Geschiebe, Murgangschübe). Aufgrund der (meist) kurzen Vorwarnzeit muss es in kurzer Zeit aufgebaut sein. Nicht die Dichtheit ist das Ziel, sondern die Fähigkeit, den hohen dynamischen Einwirkungen bis zum Abklingen des Hochwassers standzuhalten. Auf das System wirken der statische und der dynamische Wasserdruck. Die Fließgeschwindigkeit liegt in der Größenordnung von 2 bis 4 m/s. Nebst dem Treibholzanprall muss mit einer Belastung durch Geschiebe und dem Auftreten von Wellen gerechnet werden.



Das System ist so aufzubauen, dass der Anströmwinkel nicht mehr als 45° beträgt.



Die Einsatzkräfte sind einer grossen Gefahr ausgesetzt, wenn sie sich während des Hochwassers im Nahbereich des Systems aufhalten.

4.5 Systeme für den mobilen, ortsungebundenen Hochwasserschutz

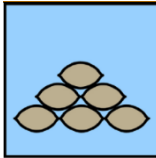
4.5.1 Kommerzielle oder improvisierte Systeme

Kommerzielle Systeme werden speziell für den Hochwasserschutz entwickelt. Der Hersteller legt die Einsatzoptionen, die Sicherheitsvorschriften, die Installation und den Unterhalt genau fest. Die Systeme werden für den vorgesehenen Einsatz bemessen und es gilt die Produkthaftpflicht des Herstellers. Einzig die Tragsicherheit des Baugrundes muss durch den/die Anwender/in vor Ort selber beurteilt werden. Kommerzielle Systeme sind in der Regel schneller aufgebaut. Sie werden deshalb im Rahmen dieser Fachunterlage erwähnt, jedoch nicht vertieft behandelt.

Improvisierte Systeme werden aus einfachen, leicht zu beschaffenen Baumaterialien (z. B. Schalttafeln, Europaletten, Plastikfolien, Sandsäcken, Armierungseisen, Bauholz) zusammengebaut. Die Konstruktionen basieren auf Erfahrungen und Ideen der Einsatzkräfte. Je nach Land, Region oder Organisation gibt es unterschiedlichste Konstruktionen und Ausprägungen. Dementsprechend gibt es keine verbindlichen Vorschriften oder Aufbauanleitungen. Man basiert auf Erfahrungswerten und punktuell auf Berechnungen oder Konstruktionsunterlagen der Einsatzorganisationen. Für die Gebrauchstauglichkeit und die Tragsicherheit einer Konstruktion ist letztlich der/die Erbauer/in selber verantwortlich.

Improvisierte Systeme benötigen für den Aufbau mehr Zeit, sind jedoch flexibler und können praktisch an jede Situation angepasst werden. Deshalb werden improvisierte Systeme in dieser Fachunterlage vertieft behandelt. Die Angaben sollen dem/der Anwender/in als Richtwerte und Orientierungshilfen dienen und so mithelfen, Fehler im Einsatz zu vermeiden. Die Angaben basieren auf Fachunterlagen und Untersuchungen anerkannter Einsatzorganisationen und Fachstellen. Aufgrund der grossen Flexibilität und der praktisch unbegrenzten Möglichkeiten müssen die Einsatzorganisationen aber letztlich selber entscheiden, wie sie die verfügbaren Mittel optimal einsetzen wollen.

4.5.2 Sandsacksysteme



Sandsacksysteme sind weltweit bekannt und werden aufgrund ihrer Einfachheit am häufigsten gegen Hochwasser eingesetzt. Auch Laien können damit umgehen.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none">– Hohe Flexibilität: Können praktisch an jedes Gelände angepasst werden– Relativ hohe Standfestigkeit (Schwergewichtssystem)– Hohe Verfügbarkeit des Materials (Säcke, Sand)– Einfach und miliztauglich– Von einer Person tragbare Elemente– Benötigt keine Spezialausrüstung	<ul style="list-style-type: none">– Zeitaufwändig– Personalintensiv– Erfordert eine durchdachte Logistikkette

Einsatzoptionen

- Schützen kleinerer Bereiche im Objektschutz (Kellerfenster, Türen, Bodenöffnungen, Toreinfahrten etc.)
- Beliebig lange Schutzdämme zum Schutz grösserer Bereiche
- Aufstocken von bestehenden Deichen, Dämmen oder Mauern
- Sicherung von angeschlagenen Dämmen gegen Bruch oder Schliessen von Durchbrüchen
- Abdichten, Beschweren oder Anschliessen anderer mobiler Hochwasserschutzsysteme

Einsatz von Sandsäcken

Sandsack:

- Jute oder Kunststoff. Jute ist rutschfester als Kunststoff und passt sich besser an den Untergrund an. Auf dem Markt gibt es auch miteinander verbundene Tandemsäcke. Mit diesen können stabilere Verbauungen realisiert werden.
- Gängige Abmessungen L x B (leer): 70 x 35 cm, 80 x 40 cm
- Höhe (gefüllt) ca. 10 cm

Füllmaterial:

- Sand 0–8 mm
- Sand-Kiesgemisch 0–16 mm
- Brechsand, Splitter, Glassplitter

Befüllung:

- $\frac{2}{3}$ bis max. $\frac{3}{4}$ des Volumens sollen gefüllt werden. Nur mit verform- und anschmiegsamen Sandsäcken können stabile und dichte Verbauungen erstellt werden. Prall gefüllte Sandsäcke sind unbrauchbar.
- Tipp: Den offenen Sandsack zu ca. 50 % füllen. Dies ergibt beim zugebundenen Sandsack einen Füllgrad von ca. $\frac{2}{3}$.

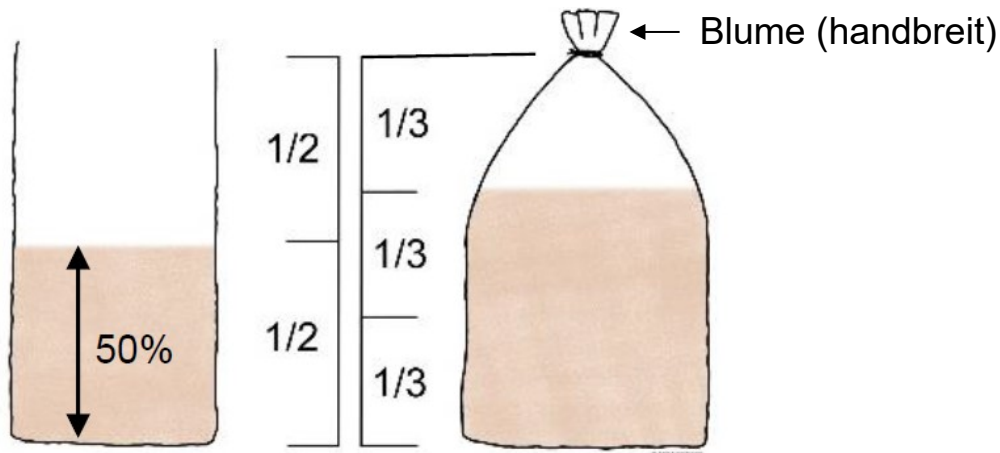


Abb. 31: Abfüllen von Sandsäcken (Technisches Hilfswerk THW).

Materialbedarf:

- 1 m³ Sand \approx 70 Säcke
- 1 t Sand \approx 50 Säcke

Gewicht pro Sack:

- 12–20 kg
- Die Säcke sollten nicht schwerer sein als 15 kg, da sie auf der letzten Strecke meist von Hand transportiert (Menschenkette) und eingebaut werden müssen. Sind die Säcke zu schwer, ermüden die Einsatzkräfte sehr schnell und sie müssen schon nach kurzer Zeit ausgewechselt werden. Zusätzlich erhöht sich die Unfallgefahr.

Füllmethoden:

- Mit der Schaufel, Rutschen, einfachen Handfüllhilfen wie Metalltrichtern, abgeschnittenen Pylonen und einer Leiter, speziellen Fülltrichtern usw. (Abb. 32–35).
- Mit speziellen Abfüllmaschinen. Diese sind teilweise sogar mit Nähmaschinen zum Zunähen der Säcke ausgerüstet. Mit solchen Spezialgeräten können viel höhere Leistungen erzielt werden. Sie müssen allerdings verfügbar sein und erfordern für das Beschicken teilweise zusätzlich eine kleine Baumaschine (Abb. 36).
- Mit einem Umschlaggerät oder einem Fahrmischer (mobil) aus dem Bausektor (Abb. 37/38).

Beispiele für einfache Füllhilfen:



Abb. 32: Sandrutsche (Herbert Götschmann, BABS).



Abb. 33: Handfülltrichter (Herbert Götschmann, BABS).



Abb. 34: Fülltrichter (SAQUICK) (Technisches Hilfswerk THW).



Abb. 35: Pylonen mit Leiter (Technisches Hilfswerk THW).

Beispiele von Abfüllgeräten aus dem Bausektor:



Abb. 36: Abfüllmaschine mit vier Füllstationen (Herbert Götschmann, BABS).



Abb. 37: Fahrmischer (Wikipedia).



Abb. 38: Umschlaggerät (BAKO AG).

Füllleistung von Hand (ohne Abfüllmaschine):

2 Personen	→	50 bis 100 Säcke/h
10 Personen	→	500 bis 800 Säcke/h
50 Personen	→	2'500 bis 4'000 Säcke/h

Zubinden:

- Sandsäcke immer zubinden (integrierte Bindschnur, Schnur, Kabelbinder, Drilldraht für Armierungseisen, Sandsacknämaschine etc.).
- Die Grösse der Blume ist etwa eine Handbreite.
- In Notfällen kann die Öffnung des Sandsacks ausnahmsweise ohne zuzubinden nur umgeschlagen werden.

Transport mit einer Helferkette:

- Im Nahbereich der Einbaustelle müssen die Sandsäcke meist von Hand an den Einbauort transportiert werden. Dafür eignet sich eine Helferkette (Abb. 39).
- Grundregel: Pro Meter eine Person. Sandsäcke nicht werfen, sondern von Person zu Person weiterreichen.

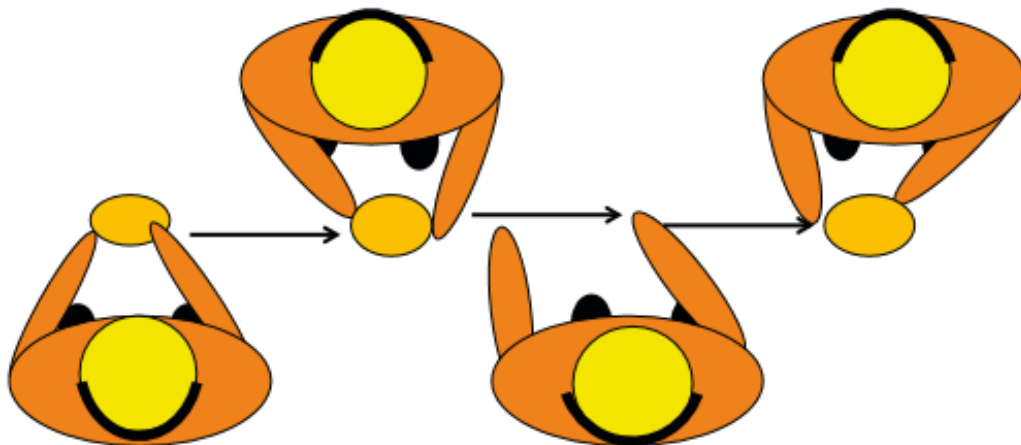


Abb. 39: Schematische Darstellung einer Helferkette für den Transport von Sandsäcken (Landesfeuerwehrschule Baden-Württemberg).

Entsorgen:

- Sandsäcke sind in der Regel nach einem Einsatz so verunreinigt bzw. kontaminiert, dass sie nicht mehr weiterverwendet werden können, sondern fachgerecht entsorgt werden müssen.

Erstellen von Sandsackdämmen

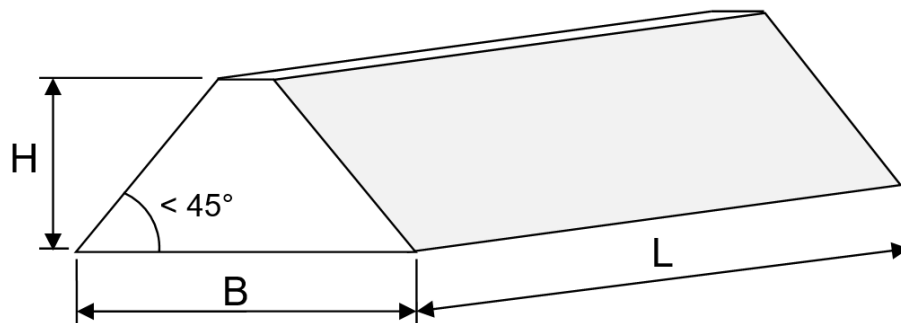


Abb. 40: Grundform eines Sandsackdamms.

Allgemeine Grundsätze:

- Sandsäcke müssen sowohl horizontal als auch vertikal versetzt verlegt werden. Keine durchgehenden Fugen bilden.
- Flach, nicht überlappend verlegen.
- Sandsäcke immer mit der Blume nach innen (dem Wasser abgewandt) verlegen (Ausnahme: Umgeschlagene, nicht zugebundene Sandsäcke müssen mit der Öffnung gegen die Wasserseite verlegt werden).
- Säcke mit Schwung aufbringen (aber nicht werfen) und vorsichtig festtreten.
- Zur Verbesserung der Stabilität und der Wasserdichtigkeit kann direkt aussen auf der Wasserseite oder, zum Schutz der Folie, hinter der ersten Sandsackschicht eine Plastikfolie eingebaut werden.



Wird ein Sandsackdamm überströmt, können die obersten Säcke mitgerissen werden. Wird die Bresche größer, nimmt die Strömung zu – der Damm kann in sehr kurzer Zeit zerstört werden.



Abb. 41: Überströmter Sandsackdamm (Herbert Götschmann, BABS).

Normaler Damm:

- Für eine normale Belastung und eine einfache Verlegetechnik.
- In der Basis und in jeder weiteren ungeraden Lage zeigt der Sandsackboden (unterster Teil eines Sackes) zum Wasser.
- In den geraden Lagen werden die Sandsäcke um 90° gedreht.

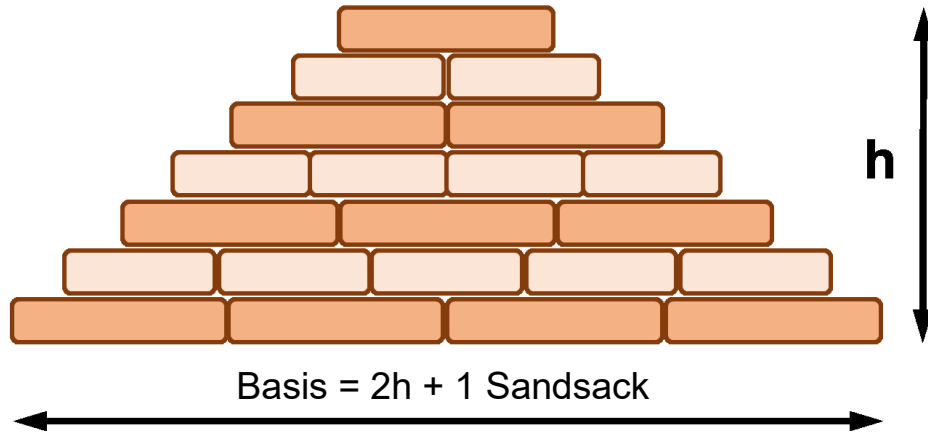


Abb. 42: Aufbau eines normalen Sandsackdammes.

Regeldamm:

- Für eine erhöhte Belastung. Erfordert eine spezielle Verlegetechnik (Längs- und Querverband).
- Mit diesem Schichtsystem lassen sich mit wenig Material- und Zeitaufwand sehr stabile Dämme bauen.
- Entscheidend ist die präzise Schichtung der Sandsäcke im Längs- und Querverbund gemäss Schema.
- **$B \geq 2 \times H$**

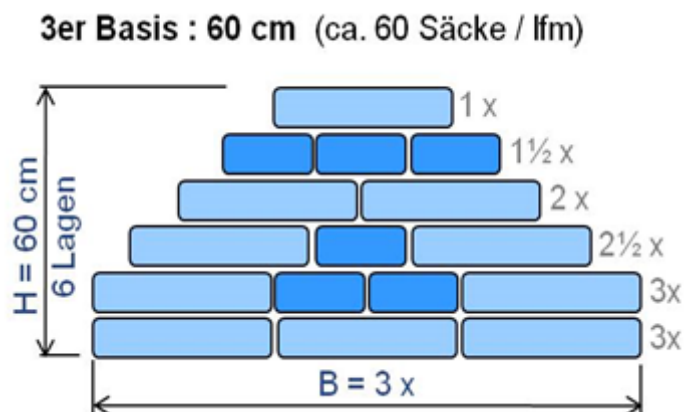


Abb. 43: Aufbau eines Regeldamms mit 3er-Basis (Technisches Hilfswerk THW).

Der oberste Teil eines 4er- oder 5er-Dammes besteht immer aus den kleineren Dämmen:

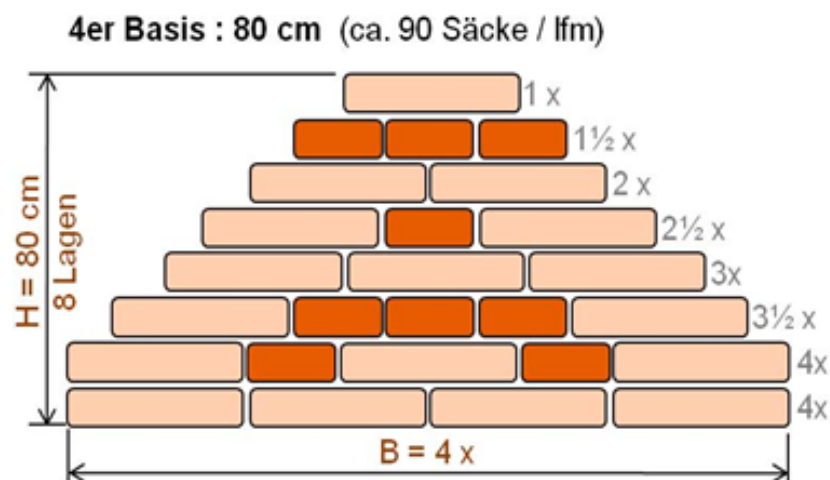


Abb. 46: Aufbau eines Regeldammes mit 4er-Basis (Technisches Hilfswerk THW).

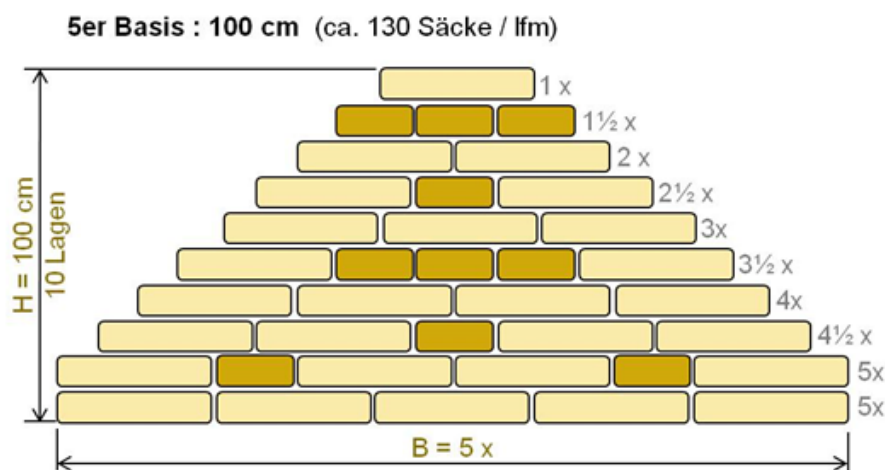


Abb. 45: Aufbau eines Regeldammes mit 5er-Basis (Technisches Hilfswerk THW).

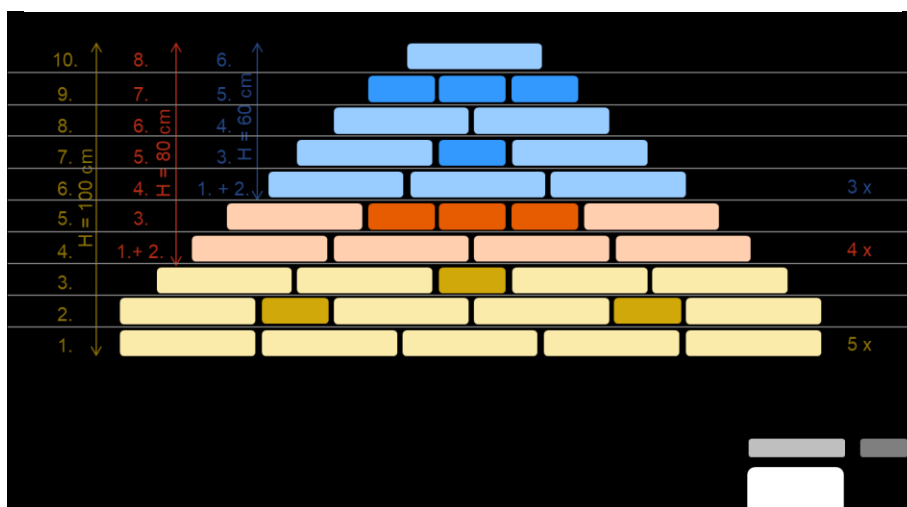


Abb. 44: Aufbau eines Regeldammes (Technisches Hilfswerk THW).



Abb. 47: Beispiel eines Regeldamms (Herbert Götschmann, BABS).

Not-Damm:

- Bei fehlender Zeit kann ein Notdamm erstellt werden.
- Zuerst wird die erste Hälfte des Dammes in einem Verhältnis $h : b = 1 : 1$ erstellt (45° auf der Wasserseite, senkrecht auf der Landseite (Abb. 45)). Er bietet den ersten Schutz gegen das Hochwasser.
- Die schräge Seite ist immer gegen das Wasser gerichtet und nie umgekehrt. Durch den vertikalen Wasserdruck wird der Notdamm zusätzlich stabilisiert.
- Um die Gleitsicherheit zu verbessern, sollten wenn möglich nur Jutesäcke verwendet werden.
- Da ein halber Damm weniger wasserdicht ist, ist der Einbau einer Folie auf der Wasserseite erforderlich.
- In einem zweiten Schritt wird anschliessend analog dazu die zweite Hälfte des Dammes auf der Landseite errichtet.

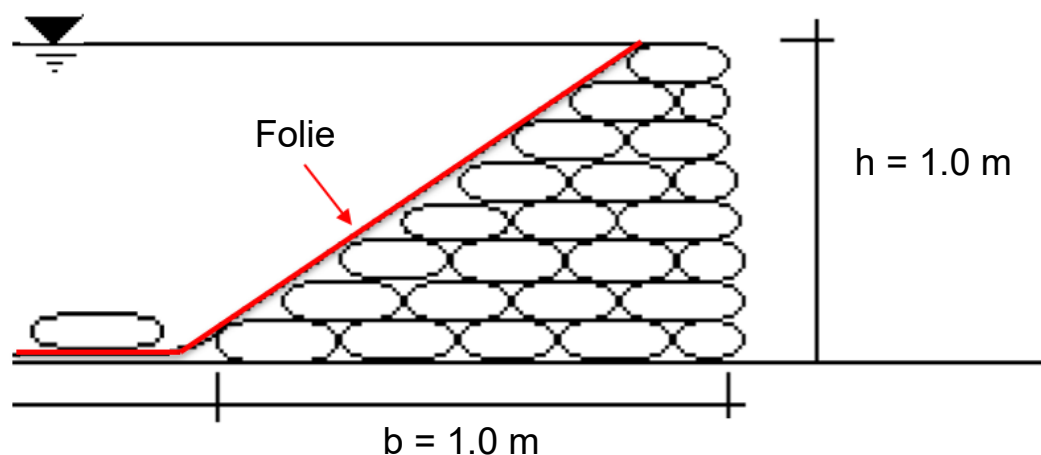


Abb. 48: Aufbau eines Not-Damms (Bauhandbuch der Armee).

Erstellen von einfachen Sandsackmauern

Für begrenzte Schutzmassnahmen im Objektschutz (Kellerfenster, Türöffnungen etc.) kann auch mit einfachen "Sandsackmauern" eine brauchbare Schutzwirkung erzielt werden.

Beispiele einfacher Sandsackmauern:



Abb. 49: Sicherung eines Kellerfensters bzw. eines Durchgangs (Gebäudeversicherung Bern GVB).

Vorteile:

- Einfach aufzubauen und kann im Ereignisfall nach einer kurzen Anleitung auch von Hausbewohnern problemlos selber aufgebaut werden
- Benötigt wenig Zeit, Material und Platz

Grundsätze für den Einsatz:

- Breite \geq Länge eines Sandsacks
- **Höhe \leq 50 cm**
- Maximale Länge einer Verbauung \approx 1–2 m. Nicht für lange Bauwerke verwenden.
- Sandsäcke immer lageweise versetzt anordnen (Abb. 49)
- Evtl. zusätzlich Plastikfolie und Schalungsbretter (vor den Öffnungen) einsetzen.

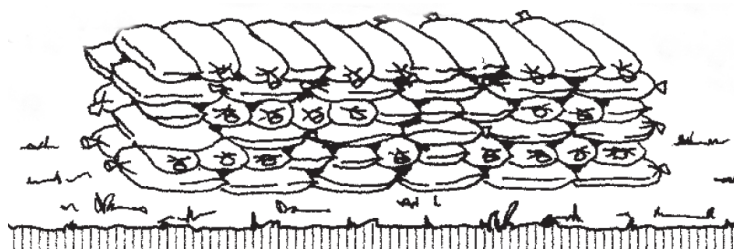


Abb. 50: Stapel versetzter Sandsäcke (Bauhandbuch der Armee).



Das System ist einer grösseren dynamischen Belastung nicht gewachsen. Deshalb grundsätzlich nur bei statischen Überschwemmungen einsetzen.

Logistik

Ein entscheidender Erfolgsfaktor für das Erstellen von grösseren Hochwasserschutzsystemen mit Sandsäcken ist eine durchdachte, funktionierende Personal-, Material- und Transportlogistik. Dabei stellen sich bei der Planung verschiedene Fragen.

Abfüllen: Wo und mit welchen Mitteln können die Sandsäcke abgefüllt werden?

- Zentral ausserhalb des Einsatzraums (z. B. im Kieswerk)
- An einem vorgeschobenen Standort im Einsatzraum
- Direkt an der Einbaustelle

Bereitstellen: Wie sollen die Sandsäcke für den Transport bereitgestellt werden (z. B. auf Europaletten 120 x 80 cm evtl. mit Rahmen)?

- 9 Säcke pro Lage
- 9–10 Lagen
- Jede Lage um 180° drehen
- Auf einer Europalette können 50–80 Sandsäcke gestapelt werden, was einem Gewicht von 1.2–1.5 t entspricht

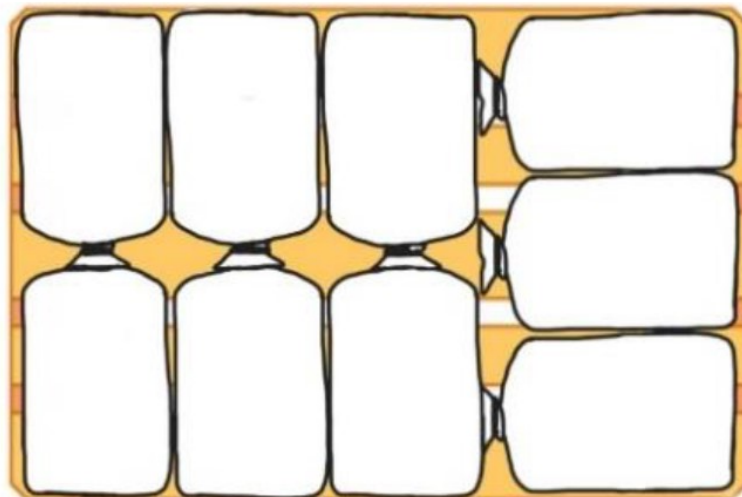


Abb. 51: Sandsäcke auf Europaletten bereitstellen (Technisches Hilfswerk THW).

Transportieren: Wie können die Sandsäcke umgeschlagen und zur Einbaustelle transportiert werden?

- Stapler, Teleskoplader
- Strassentransport mit Lastwagen
- Geländetransport mit Teleskoplader, Landwirtschaftstransporter, Raupendumper (mit Kippbrücke)
- Handwagen, Karrette
- Helferkette



Sand ist schwer. Ohne geeignete Fahrzeuge zum effizienten Umschlagen und Transportieren der Sandsäcke kann keine grössere Sandsackverbauung realisiert werden.

Personal: Wie viele Einsatzkräfte werden benötigt und in welchen Zeitintervallen müssen sie ausgewechselt werden?

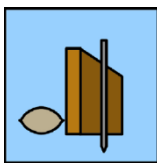
10 Einsatzkräfte können pro Stunde (inkl. Pausen) entweder:

- 500 Sandsäcke abfüllen,
- 800 Sandsäcke entladen und transportieren (max. 10 m) oder
- 800 Sandsäcke verlegen.

Benötigte Leistungen	Sandsackdamm von 100 m Länge	
	Dammhöhe 0.5 m	Dammhöhe 1.0 m
Sandsäcke à 16 kg	3'500	14'000
LKW (5 t Nutzlast)	12	48
Umschlaggeräte	4	8
Anzahl Personen für den Aufbau	40 während 1 h	50 während 3 h

Tab. 10: Ungefähr benötigte Leistungen für den Aufbau eines Sandsackdamms.

4.5.3 Tafelsysteme



Tafelsysteme gehören zu den improvisierten Systemen. Sie werden in der Regel mit Schalungstafeln, Armierungseisen, Holzpfählen, Plastikfolien und Sandsäcken zusammengebaut.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – Einfach und miliztauglich – Benötigt nur wenig Personal – Hohe Leistung (abhängig vom Gelände) – Hohe Verfügbarkeit des Materials (Baustellen, Baumärkte) – Kleine, von einer Person tragbare Elemente – Benötigt keine Spezialausrüstung 	<ul style="list-style-type: none"> – Nicht geeignet für sehr unebenen oder harten Untergrund (Fels, Beton) – Beschränkte Aufbauhöhe (50 cm) – Beschränkte Standfestigkeit

Einsatzoptionen

- Ableiten von Hochwasser an Strassen oder im Wiesland
- Schützen von Garageneinfahrten oder Gebäudezugängen
- Ausbrechen von Hochwasser aus einem Gerinne verhindern
- Linienschutz auf leicht geneigtem Terrain
- Ziel ist nicht in erster Linie das Abdichten, sondern das Ab- oder Umleiten des Wassers

Grundsätze für den Einsatz

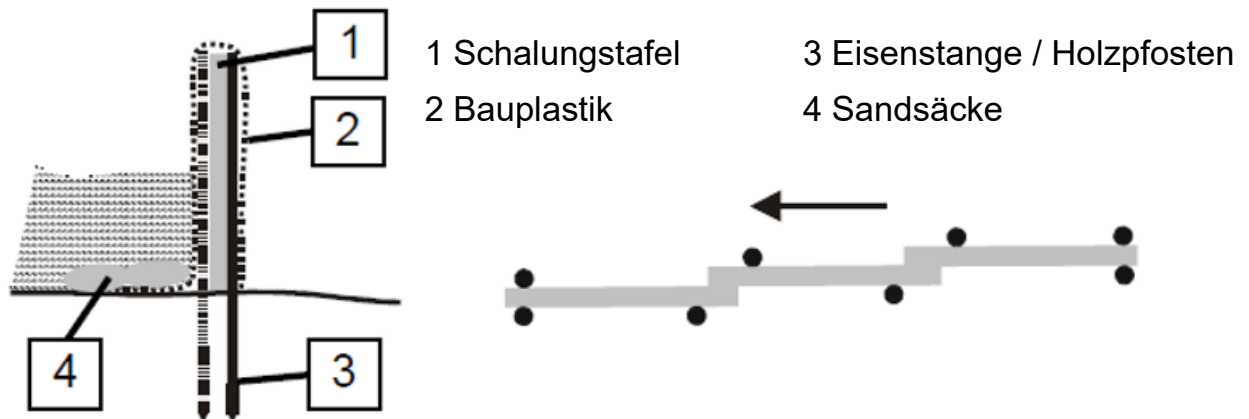


Abb. 52: Querschnitt und Ansicht Tafelsystem (Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF).

Aufbau:

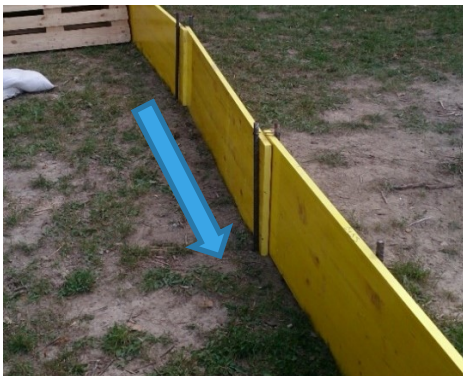
- Das System ist nur für Wasserhöhen bis ca. 40 cm geeignet.
- Schalungstafeln überlappend anordnen (Fließrichtung beachten).
- Schalungsbretter durch wechselseitiges Einschlagen von Armierungseisen (bei weichem Boden Holzpflocken) stabilisieren.
- Je nach Untergrund ist die Standfestigkeit gegen dynamische Einwirkungen aufgrund der Hebelwirkung nicht sehr gross. Sollte mit grösseren Belastungen gerechnet werden, muss das System mit Schrägabstützungen zusätzlich stabilisiert werden.
- Mithilfe von Folien und einer Reihe Sandsäcke auf der Wasserseite können die Dichtheit und die Stabilität verbessert werden.

Logistik

Benötigte Leistungen ca.	Tafelsystem von 100 m Länge und 50 cm Höhe
Sandsäcke à 16 kg	150
LKW (5 t Nutzlast)	1
Schalungstafeln	50
Armierungseisen / Holzpflocke (Länge ca. 1 m)	100
Plastikfolie	250 m ²
Umschlaggeräte	1
Anzahl Personen für den Aufbau	4–8 während 1 h

Tab. 11: Ungefähr benötigte Leistungen für den Aufbau eines Tafelsystems.

Praktische Beispiele:



Grundaufbau



Sicherung der Armierungseisen mit Drill-draht



Zusätzliche Abstützung mit Kantholz



Sicherung mit verstellbaren Abschälböcken aus dem Bausektor

Abb. 53: Aufbau verschiedener Tafelsysteme (Herbert Götschmann, BABS).

4.5.4 Bocksysteme



Bocksysteme bestehen aus einem Stützelement, einem Wandelement, einer Dichtungsfolie und Befestigungsmaterial. Es werden sowohl kommerzielle als auch improvisierte Systeme eingesetzt.

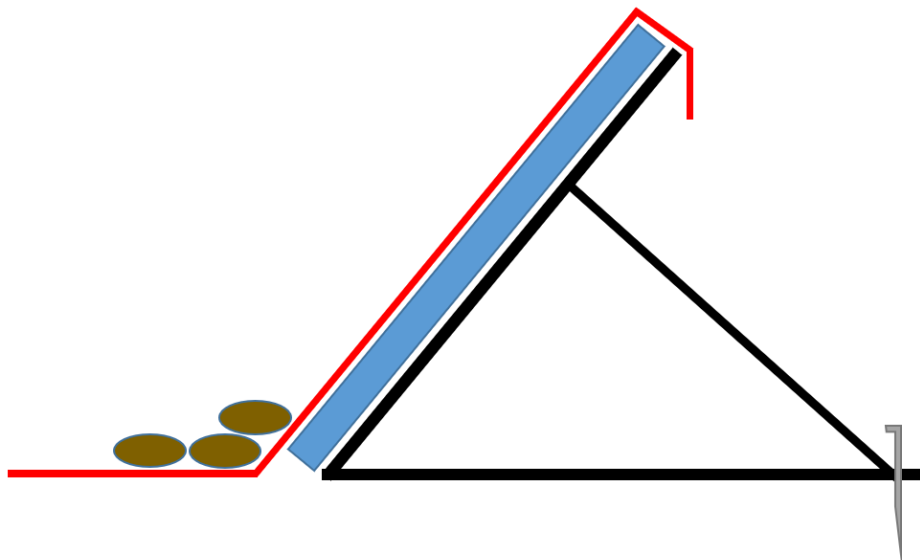


Abb. 54: Aufbau eines Bocksystems (Herbert Götschmann, BABS).

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – In der Regel einfach aufzubauen – Benötigt wenig Personal – Hohe Leistung (abhängig vom Gelände) bei wenig Personal – Hohe Verfügbarkeit des Materials (improvisierte Systeme) – Es können teilweise hohe Stauhöhen erreicht werden (kommerzielle Systeme) – Tragbare Einzelteile 	<ul style="list-style-type: none"> – Nicht geeignet für unebenen Untergrund – Bei der Verwendung von Europaletten nicht für den Anprall von Treibgut geeignet – Bei improvisierten Systemen sind Richtungswechsel schwierig zu realisieren

Einsatzoptionen

- Linienschutzwände in beliebiger Länge
- Ringschutz zum Schützen von Objekten

Kommerzielle Systeme

Auf dem Markt werden viele verschiedene Systeme angeboten. Teilweise sollen bis zu 3 m Stauhöhe möglich sein. Die Stützen bestehen meist aus Stahl und sind zusammenklappbar, während die Wandelemente aus Holz-, Kunststoff- oder Stahlplatten bestehen. Mit speziellen Eckelementen können Richtungsänderungen realisiert werden.

Auf dem Markt werden auch stabile Dreieckkonstruktionen unter dem Begriff "Dammsysteme" angeboten. Für alle Systeme gelten die Herstellervorschriften.

Beispiel eines kommerziellen Bocksystems:



Abb. 55: Stützbock mit Metallplatten ohne Folie (Flood Control International).

Improvisierte Systeme

Die improvisierten Bocksysteme bestehen fast ausschliesslich aus Europaletten (Grundmasse 120 x 80 cm). Europaletten sind praktisch überall in grosser Anzahl verfügbar, können von einer Person transportiert werden und sind einfach aufzubauen. Nachteile sind die festen Abmessungen und die fehlende Flexibilität bei Richtungsänderungen.

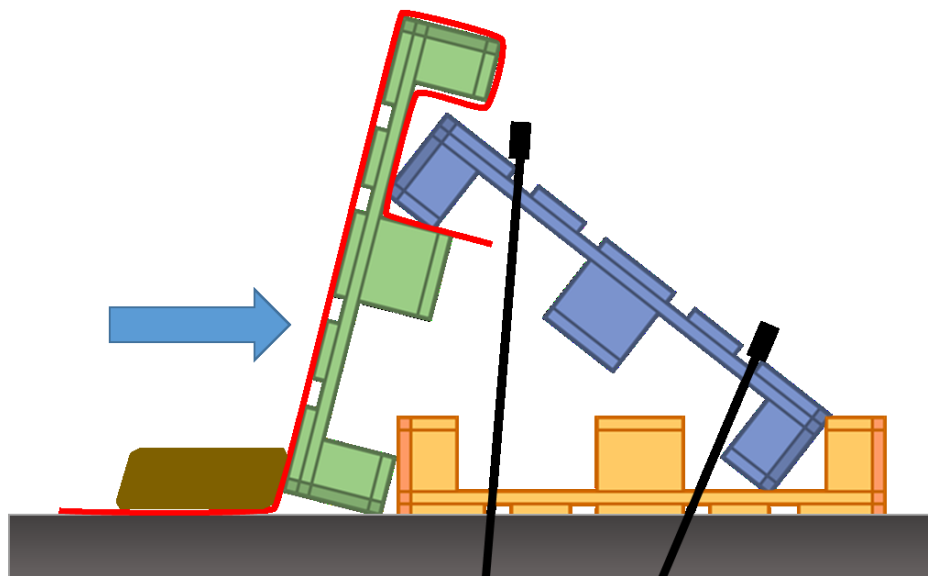


Abb. 56: Konstruktionsprinzip mit drei Paletten (Herbert Götschmann, BABS).

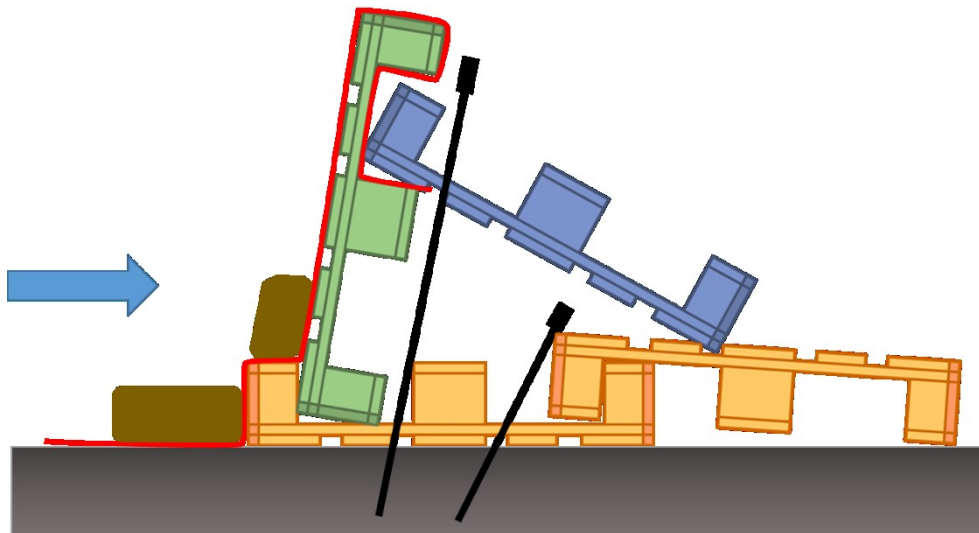


Abb. 57: Konstruktionsprinzip mit vier Paletten (Herbert Götschmann, BABS).

Grundsätze für den Einsatz:

- Das System mit drei Paletten ist einfacher und braucht weniger Paletten.
- Die Paletten sind immer versetzt anzuordnen und es sind keine durchgehenden Fugen zu bilden.
- Holz schwimmt, deshalb müssen die Paletten immer mit Erdnägeln oder Sandsäcken gesichert werden.

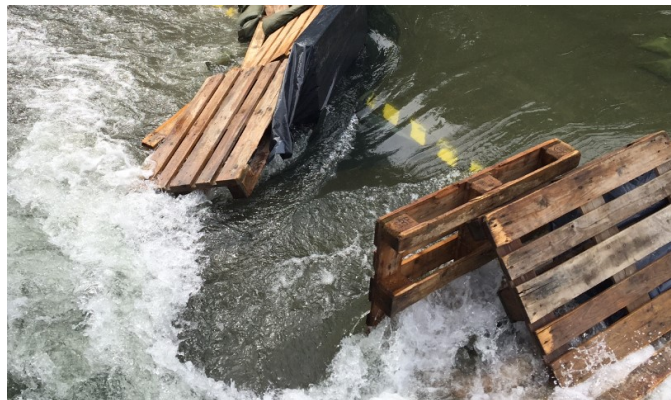


Abb. 58: Weggeschwemmtes Palettenwehr (Herbert Götschmann, BABS).

- Aufgrund der Schlitze in den Paletten ist die Dichtfolie das schwächste Glied im System. Sie muss dem direkten Wasserdruck standhalten und besonders reissfest sein.
- Das System ist aus diesem Grund nicht für anprallendes Geschiebe und Treibgut geeignet.
- Richtungswechsel und Anschlüsse an andere Systeme sind nur bedingt bzw. schwer realisierbar.



Mit ca. 80 cm Stauhöhe übersteigt dieses System die empfohlene Maximalhöhe von 60 cm für notfallmässige Systeme. Die Risiken im Fall eines Versagens müssen deshalb besonders detailliert abgeklärt werden. Wand-Paletten dürfen nie hochkant (Stauhöhe 120 cm) eingesetzt werden.

Praktische Beispiele:



Abb. 59: Palettenwehr mit drei Paletten (Gebäudeversicherung Bern GVB) und Palettenwehr mit vier Paletten (BABS).

Logistik

Benötigte Leistungen	Bocksystem von 100 m Länge	
	Stahlblech 1.5 mm, 0.6 m Höhe	Stahlblech 3 mm, 1.5 m Höhe
LKW für Transport	1	1
Stützelemente	85 à 8 kg	85 à 60 kg
Platten à 10 kg	85 à 10 kg	255 à 30 kg
Folie	250 m ²	400 m ²
Sandsäcke à 16 kg	150	150
Bodenanker	100	100
Personen für Aufbau	4 während 1 h	8 während 1 h

Tab. 12: Ungefähr benötigte Leistungen für den Aufbau eines kommerziellen Systems aus Stahlblech (Beispiel).

4.5.5 Schlauchsysteme und geschlossene Behältersysteme



Bei den Schlauch- und Behältersystemen handelt es sich um kommerzielle Hochwasserschutzsysteme. Entsprechend gelten die Herstellervorschriften. Auf dem Markt werden sehr viele verschiedene Ausführungsvarianten angeboten. Die Behälterhülle besteht aus Kunststoff und wird mit Wasser, Sand oder Luft gefüllt.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none">– Einfach und schnell aufzubauen– Benötigt wenig Personal– Hohe Leistung– Sehr flexibel, unebener Untergrund oder Richtungswechsel sind kein Problem (Schlauchsysteme)– Es können teilweise hohe Stauhöhen erreicht werden– Sehr stabil (Schwergewichtssysteme)	<ul style="list-style-type: none">– Über mittlere Strecken nicht tragbar, da es maschinelle Mittel erfordert– Für den Anprall von Treibgut nicht geeignet– Wassergefüllte Systeme sind bei Frost problematisch– Gefahr von Vandalismus

In der Schweiz sind die wassergefüllten Schlauchsysteme am weitesten verbreitet. Es müssen immer zwei Schläuche parallel nebeneinander verlegt werden, da ein Schlauch alleine wegrollen würde. Um eine grössere Stauhöhe zu erreichen, kann ein dritter Schlauch aufgesetzt werden.



Wassergefüllte Schläuche sind sehr schwer. Sie können bei glatter Oberfläche (z. B. nassem Gras) bereits bei wenig Seitenneigung wegrutschen und sind mit einfachen Mitteln nicht mehr zu halten. Durch ihr grosses Gewicht können sie eine Gefahr für Personen darstellen.

Standardaufbau:

- Schläuche ausrollen
- Schläuche mit Luft füllen
- Schläuche positionieren und verbinden
- Schläuche mit Wasser füllen (gleichzeitig entlüften)

Einsatzoptionen

- Linienschutz in beliebiger Länge
- Ringschutz von Objekten
- Ableiten bzw. Kanalisieren von Wasser
- Erhöhen von Schutzdämmen
- Erstellen von Wasserbecken

Praktische Beispiele:



Abb. 60: Wassergefülltes Schlauchsystem (Beaver) und wassergefüllte Kunststoffelemente mit Stecksystem (Aeschlimann Hochwasserschutz AG).

Logistik

Benötigte Leistungen ca.	Schlauchsystem 100 m Länge, 60 cm Höhe
LKW (5 t Nutzlast)	1
Schlauchdoppelemente à 10 m (je 50 kg)	10
Gebläse für die Luftfüllung	1–2
Pumpe inkl. Schläuche für die Wasserfüllung	1
Wasser	60 m ³
Personen für den Aufbau	4 während 1 h

Tab. 13: Ungefähr benötigte Leistungen für den Aufbau eines Schlauchsystems.

4.5.6 Klappsysteme



Klappsysteme sind kommerzielle Systeme. Sie bestehen aus Kunststoffolie und funktionieren wie eine zusammengefaltete, mit der Öffnung gegen das Wasser gerichtete Tasche. Bei anströmendem Wasser füllen sich die Taschen und richten sich dabei selbstständig auf.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none">– Einfach und sehr schnell aufzubauen– Benötigt nur wenig Personal– Kann in geschlossenem, unbelastetem Zustand noch überquert werden (teilweise sogar mit Fahrzeugen)– Keine zusätzlichen Einrichtungen erforderlich	<ul style="list-style-type: none">– Nicht geeignet für sehr unebenen Untergrund– Gefahr von Vandalismus

Einsatzoptionen

Klappsysteme dienen dem Sperren von frontal zufließendem Wasser.

Praktisches Beispiel:



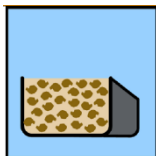
Abb. 61: Klappsystem im Einsatz (MegaSecur Europe).

Logistik

Benötigte Leistungen ca.	Klappsystem 100 m Länge, 50 cm Höhe
PW für Transport	1
Klappenelemente à 15 m (je 34 kg)	10
Bodenanker (je nach Untergrund)	200
Personen für den Aufbau	2–4 während 30 min

Tab. 14: Ungefähr benötigte Leistungen für den Aufbau eines Klappsystems.

4.5.7 Beckensysteme



Beckensysteme bestehen aus einer Rahmenkonstruktion und einer Aussenhülle. Sie werden mit Wasser, Sand oder Erde gefüllt. Die Dichtheit der Stossfugen zwischen den einzelnen Becken wird durch den Anpressdruck gewährleistet. Es werden sowohl kommerzielle als auch improvisierte Systeme eingesetzt, wobei in der Schweiz praktisch keine kommerziellen Systeme existieren.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – Einfach aufzubauen – Beliebig lange Schutzwerke möglich – Richtungswechsel möglich – Sehr stabil (Schwergewichtssystem) 	<ul style="list-style-type: none"> – Nicht geeignet für sehr unebenen Untergrund – Gefahr von Vandalismus – Systeme mit Sand- oder Erdfüllung erfordern den Einsatz von leichten Baumaschinen

Einsatzoptionen

Ein Beckensystem wird zum Linien- oder Ringschutz im flachen Gelände eingesetzt.



Abb. 62: Improvisiertes Behältersystem mit Industriesäcken (Technisches Hilfswerk THW).

Improvisierte Systeme

- Mit Industriesäcken oder Schwerlastsäcken (Big Bags) und Sand können auf einfache Weise funktionstüchtige Behältersysteme aufgebaut werden.

Grundsätze für den Einsatz von Big Bags:

- Voraussetzung ist ein tragfähiger Untergrund. Die Industriesäcke dürfen nicht kippen.
- Befüllen mit einem Pneulader oder einem Fahrmischer direkt vor Ort oder vorgängiges Füllen der Industriesäcke und Transport an den Hebeschlaufen an die Einbaustelle mit einer Baumaschine oder einem Gabelstapler.
- Die Behälter müssen dicht aneinander gestapelt werden.
- Die Industriesäcke haben keine Aussteifung und können sich deshalb mit der Zeit verformen. Um dies zu verhindern, können als Aussteifung vor dem Füllen einfache Holzrahmen eingeschoben werden.
- 2–4 Säcke können zusätzlich durch das Zusammenschrauben der Holzrahmen wie eine Handorgel miteinander verbunden werden und stabilisieren so das System (solche Systeme werden auch kommerziell angeboten).



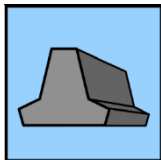
Abb. 63: Abfüllen von versteiften Big Bags mit einem Fahrmischer (INN-PACK).

Logistik

Benötigte Leistungen ca.	Beckensystem 100 m Länge, 100 cm Höhe
LKW (5 t Nutzlast) für Sandtransport	26
LKW für Beckentransport	1
Beckenelemente à 2 m (je 40 kg)	10
Pneulader für das Füllen mit Sand	2
Sand	80 m ³
Personen für den Aufbau	4 während 1 h

Tab. 15: Ungefähr benötigte Leistungen für den Aufbau eines kommerziellen Beckensystems (Sandfüllung).

4.5.8 Betonelementensystem



Es handelt sich grundsätzlich um ein improvisiertes System. Als Elemente werden mobile Betonschutzwände aus dem Bausektor verwendet (z. B. temporäre Strassenabsperungen). Sie sind ca. 2 m lang und widerstehen hohen dynamischen Kräften.



Das System ist so aufzubauen, dass der Anströmwinkel nicht mehr als 45° beträgt.



Abb. 64: Elemente mobiler Betonschutzwände (Wikipedia).

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> – Hoher Widerstand gegen dynamische Einwirkungen – Sehr standfest (Schwergewichtssystem) – Richtungswechsel möglich – Bei Baugeschäften und Werkhöfen verfügbar 	<ul style="list-style-type: none"> – Erfordert für das Transportieren und Aufbauen schwere Geräte – Nicht wasserdicht

Einsatzoptionen

- Anwendung bei sehr hoher dynamischer Einwirkung des Wassers.
- Lokales Ausbrechen von Wildbächen verhindern (Kurvenaußenseite, bei Brücken, einsturzgefährdeten Ufermauern etc.).
- An Seen zum Schutz vor hohen Wellen.

Logistik

Benötigte Leistungen ca.	Betonelementensystem 100 m Länge, 100 cm Höhe
LKW (6.5 t Nutzlast) für Transport	13
Betonelemente à 2 m (je 1'600 kg)	50
Baumaschinen zum Heben und Verschieben	2
Personen für den Aufbau	4 während 1 h

Tab. 16: Ungefähr benötigte Leistungen für den Aufbau eines Betonelementensystems.

4.5.9 Übersicht über die Systembedingungen

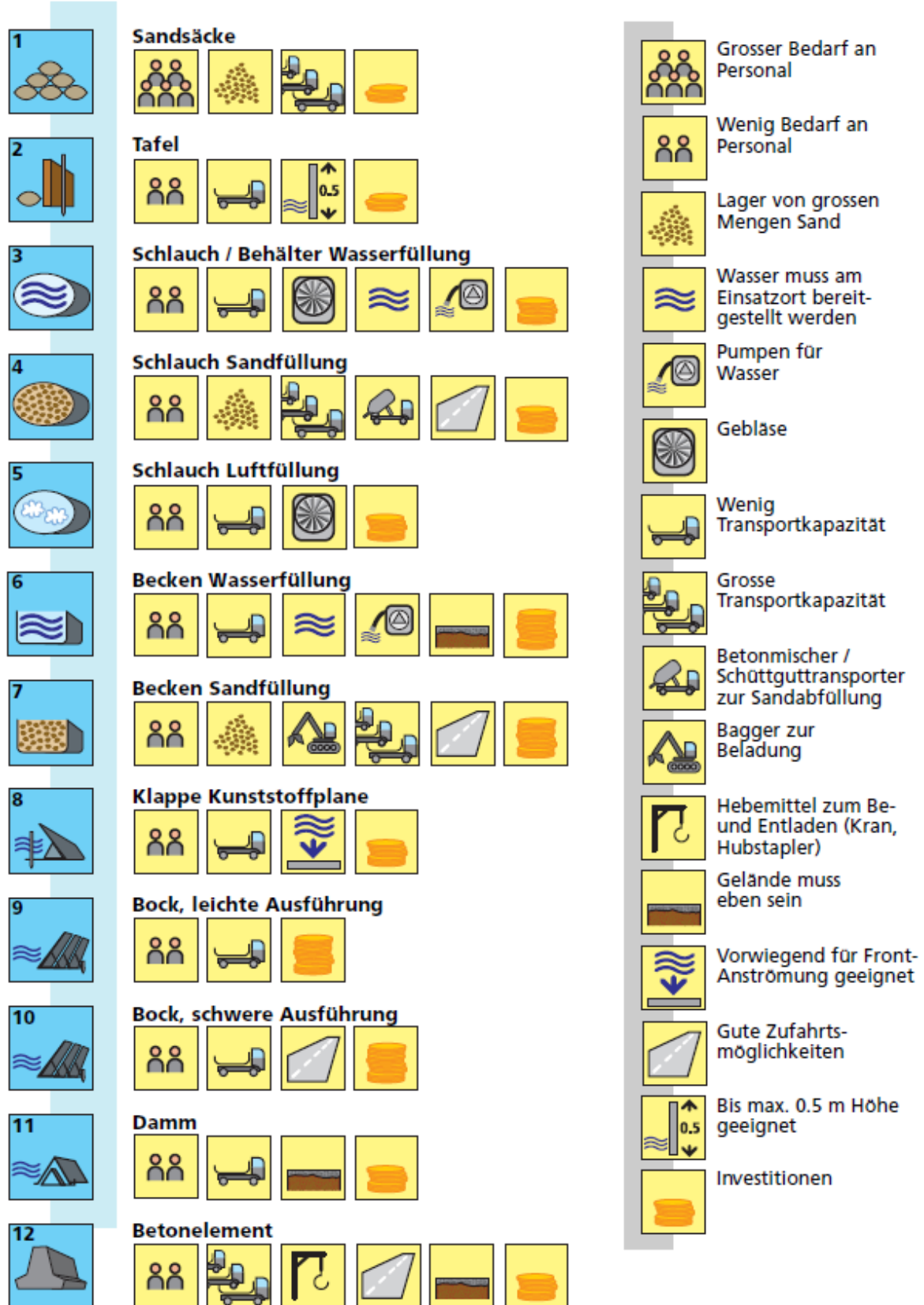


Abb. 65: Zusammenfassung der einzelnen Systeme (Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF).

4.5.10 Entscheidungshilfe für den Einsatz








Systemtyp	Sack	Sack	Tafel	Schlauch/ Behälter	Schlauch	Schlauch	Becken
Spezifizierung	Sandsack	Tandemsack	Schalttafel	Wasserfüllung	Sandfüllung	Luftfüllung	Wasserfüllung
1. Ableiten Hanglage	■	■	■	■	●	■	●
2. Ringschutz Muldenlage	■	■	●	■	▲	■	■
3. Absperren Strassenab- fluss	■	■	■	■	■	■	■
4. Linienschutz See	▲	▲		■	■	■	■
5. Linienschutz Fluss	▲	■	■	■	■	■	■
6. Linienschutz Wildbach	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
7. Stauen Fluss	▲	▲	●	●	●	●	●
8. Rückhalt Flüssig- keiten	▲	▲	●	■	●	■	▲
Bild							

Abb. 66: Entscheidungshilfe betreffend die Systeme und deren Anwendungsmöglichkeit, Teil 1 (Feuerwehr Koordination Schweiz FKS).







Systemtyp	Becken	Klappe	Bock	Bock	Damm	Masse
Spezifizierung	Sandfüllung	Kunststoffmembranen	Leichte Variante	Schwere Variante	Kunststoffelement	Betonelement
1. Ableiten Hanglage	●	●	▲	●	●	●
2. Ringschutz Muldenlage	■	▲	■	■	▲	●
3. Absperren Strassenabfluss	■	■	■	■	■	▲
4. Linienschutz See	■	▲	■	■	■	●
5. Linienschutz Fluss	■	▲	■	■	■	●
6. Linienschutz Wildbach	▲	●	▲	▲	●	■
7. Stauen Fluss	▲	■	■	●	●	▲
8. Rückhalt Flüssigkeiten	▲	▲	▲	▲	▲	●
Bild						

Abb. 67: Entscheidungshilfe betreffend die Systeme und deren Anwendungsmöglichkeit, Teil 2 (Feuerwehr Koordination Schweiz FKS).

5. DAMMVERTEIDIGUNG



Abb. 68: Deichbruch (Robert Jüpner, Technische Universität Kaiserslautern).

5.1 Notfallmässige Massnahmen an Hochwasserschutzdämmen

In der Fachsprache wird zwischen Dämmen und Deichen unterschieden. Dämme sind immer eingestaut, wobei Deiche nur gelegentlich (bei Hochwasser) eingestaut sind. In dieser Dokumentation wird nicht zwischen Damm und Deich unterschieden und nur der Begriff Damm verwendet.



Dämme können für einen Laien ohne ersichtlichen Grund unerwartet brechen. Hochwasserschutzzeinsätze an Dämmen dürfen nur unter der Leitung einer fachkundigen Person erfolgen.

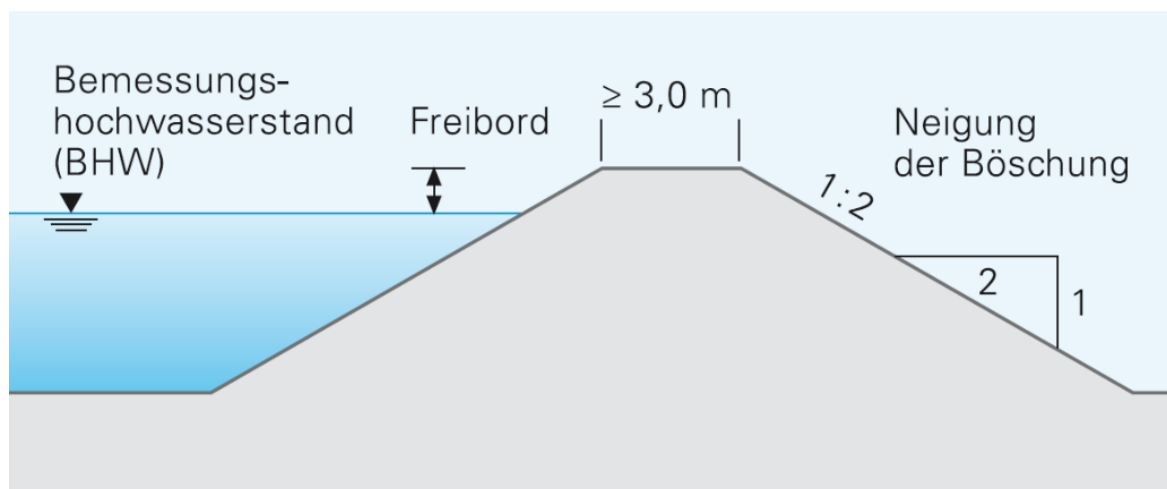





Abb. 69: Geometrie eines Hochwasserschutzdammes (Bayerisches Landesamt für Umwelt).

Die Beurteilung der Standsicherheit eines Dammes aufgrund von rein visuellen Eindrücken ist oft schwierig und ungenügend. Für eine objektive Beurteilung und die Ableitung von wirksamen Massnahmen müssen auch der Aufbau und die Geschichte des Dammes bekannt sein.

Grundregeln:

- Immer ein Sicherheitskonzept erstellen und umsetzen.
- Dammkrone, Dammböschungen und Dammhinterland nicht unnötig belasten oder befahren. Erschütterungen vermeiden.
- Abfluss von Sickerwasser nicht behindern oder unterbinden.
- Nicht in Sickerwasseraustritten herumstochern.
- Abgerutschtes Dammmaterial nicht entfernen.
- Keine Pflöcke oder sonstiges in den Damm schlagen.
- Abdichtungen (z. B. Folien) nur wasserseitig, nie landseitig anbringen.
- Landseitige Massnahmen immer wasserdurchlässig herstellen.

5.2 System für die Klassifizierung von Schäden

Klassifizierung		Konsequenzen
 Problematisch	Stabilität reduziert Standsicherheit noch nicht gefährdet	Beobachtung und Vorbereitung Dammverteidigung
 Gefährlich	Standsicherheit stark reduziert Dambruch möglich	Dammverteidigung Evakuierungen prüfen Rettungsmaterial für Einsatzkräfte bereithalten
 Sehr gefährlich	Dambruch innerhalb kürzester Zeit wahrscheinlich	Sofortige, massive Dammverteidigung Auf Sicherheit der Einsatzkräfte achten Im Zweifelsfall sofortiger Rückzug

Tab. 17: System für die Klassifizierung von Schäden und dazugehörige Konsequenzen.

5.3 Beschreibung und Klassifizierung von Schadensszenarien

5.3.1 Durchströmung oder Unterströmung des Damms

Durchströmung und Unterströmung bezeichnen den Austritt von Wasser an unterschiedlichen Stellen auf der Luftseite des Dammhinterlandes. Generell gilt ein Damm als schwach und gefährlich, wenn:

- das Sickerwasser sehr trüb ist (innere Erosion des Damms),
- der Wasseraustritt im oberen Bereich des Damms erfolgt,
- der Wasseraustritt stark zunimmt,
- die Sickerwassermenge rapide zunimmt.

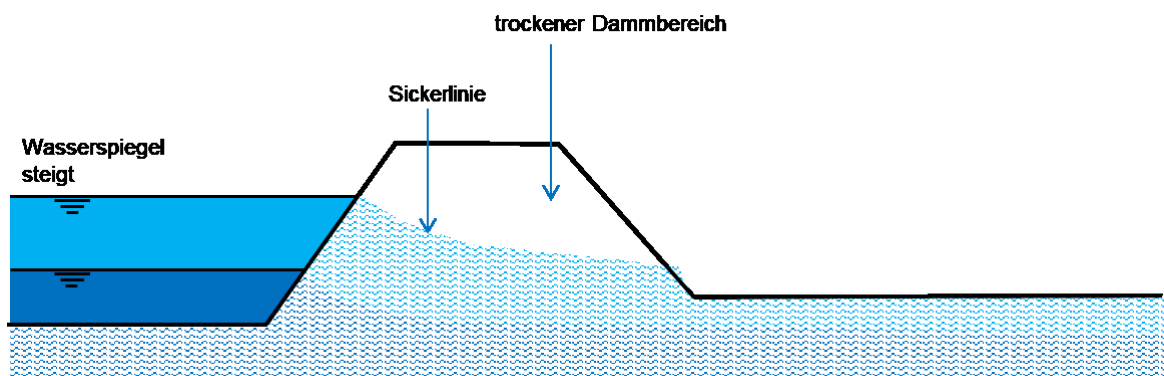


Abb. 71: Sickerlinie am Hochwasserschutzdamm (Bruno Gerber, Tiefbauamt Kanton Bern).

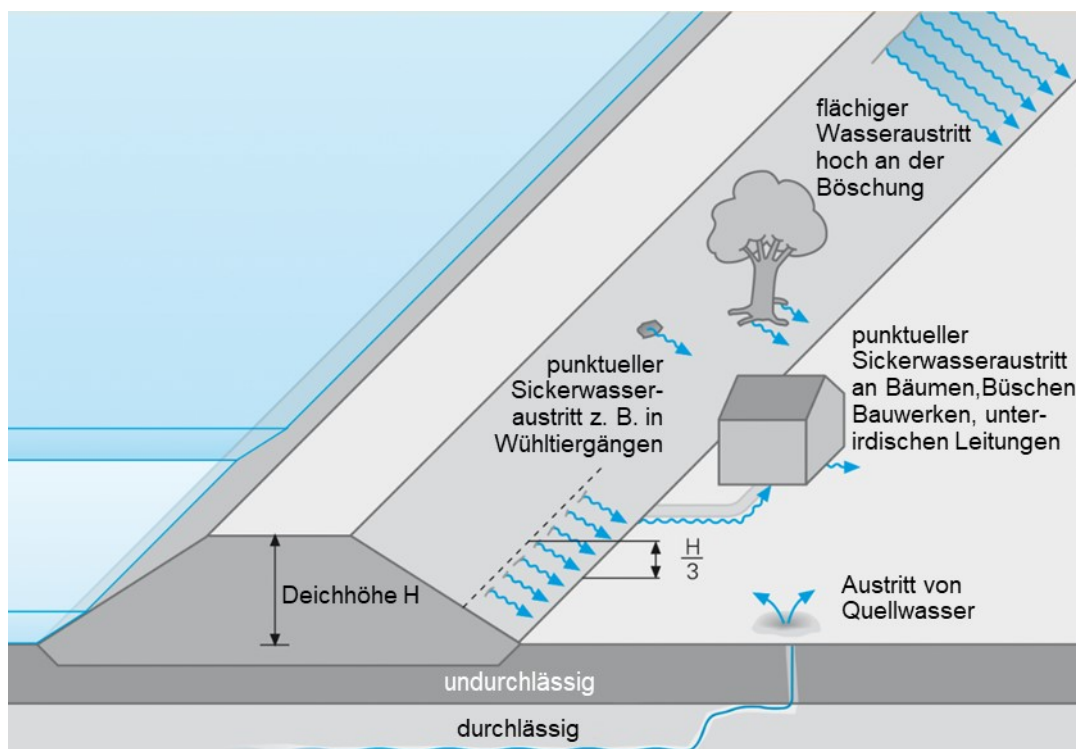





Abb. 70: Sickerwasseraustritte (Bayerisches Landesamt für Umwelt).

Feststellungen	Klassifizierung
<ul style="list-style-type: none"> – Klares Sickerwasser in oberen $\frac{2}{3}$ DH – Starker, klarer Wasseraustritt und Dammeigung > 1:2 	
<ul style="list-style-type: none"> – Flächiger Austritt von trübem Sickerwasser – Trübes Sickerwasser in unteren $\frac{1}{2}$ DH – Schneller Sickerwasseranstieg in oberen $\frac{2}{3}$ DH – Quellaustritte im Dammhinterland 	
<ul style="list-style-type: none"> – Sickerstellen mit Dammmaterialaustrag – Trübes Sickerwasser in oberen $\frac{1}{2}$ DH – Schneller Sickerwasseranstieg in unteren $\frac{1}{3}$ DH – Starker Quellaustritt im Dammhinterland mit Materialaustrag – Verformung des Dammes 	

Tab. 18: Klassifizierung von Schadensszenarien bei Durchströmung oder Unterströmung von Dämmen (DH = Dammhöhe).

5.3.2 Risse und Rutschungen im Damm

Verformungen wie Risse, Rutschungen und Hebungen auf der Wasser- oder Luftseite des Dammes sind gefährlicher als Sickerwasser-austritte. Ungefährliche Verformungen gibt es nicht. Risse und Rutschungen machen den Damm schwächer und gefährlicher, wenn:

- sie nahe am Wasser sind,
- sie grossflächig, lang und tief sind,
- der intakte Dammkörper reduziert ist.

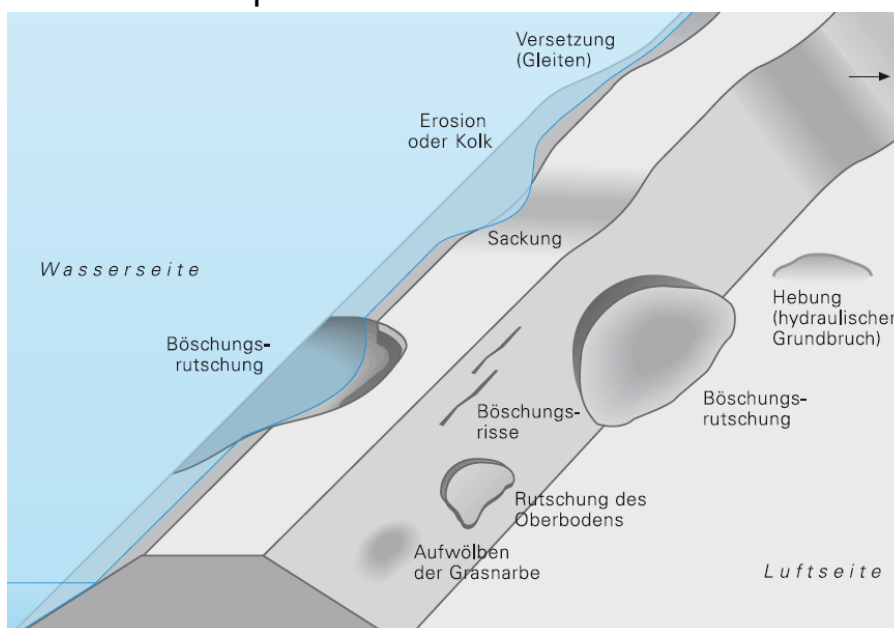







Abb. 72: Verformungen und Rutschungen an Dämmen (Bayerisches Landesamt für Umwelt).

Feststellungen	Klassifizierung
<ul style="list-style-type: none"> – Oberflächliche Risse oder Rutschungen – Beschädigung ist über dem Wasserspiegel und dieser steigt nicht mehr an 	
<ul style="list-style-type: none"> – Oberflächliche Risse oder Rutschungen bei DK < 3 m oder Damm steiler als 1:2 – Stärkeres Eindringen von Wasser in den Damm – Vergrößerung der Schadenstellen – Risse im unteren 1/3 DH 	
<ul style="list-style-type: none"> – Dammkrone abgesackt und Überströmung droht – Anstieg des Wasserspiegels bei vorhandenen Rutschungen – Tiefe Risse in Krone oder Böschung – Verformung der luftseitigen Böschung 	

Tab. 19: Klassifizierung von Schadenszenarien bei Rissen und Rutschungen (DH = Dammhöhe, DK = Breite der Dammkrone).

5.3.3 Erosion des Vorlandes

Eine Erosion des Vorlandes kann besonders bei steil abfallendem Dammvorland eintreten.

Feststellungen	Klassifizierung
<ul style="list-style-type: none"> – Erosion Vorland bis Dammfuss und Beginn Kolkbildung und Unterspülung 	
<ul style="list-style-type: none"> – Rutschung mit Gefahr eines Dammbrochs – Gefährdung der Standsicherheit des Dammes bei weiterer Erosion 	

Tab. 20: Klassifizierung von Schadenszenarien bei einer Erosion des Vorlandes.

5.3.4 Überströmung des Dammes

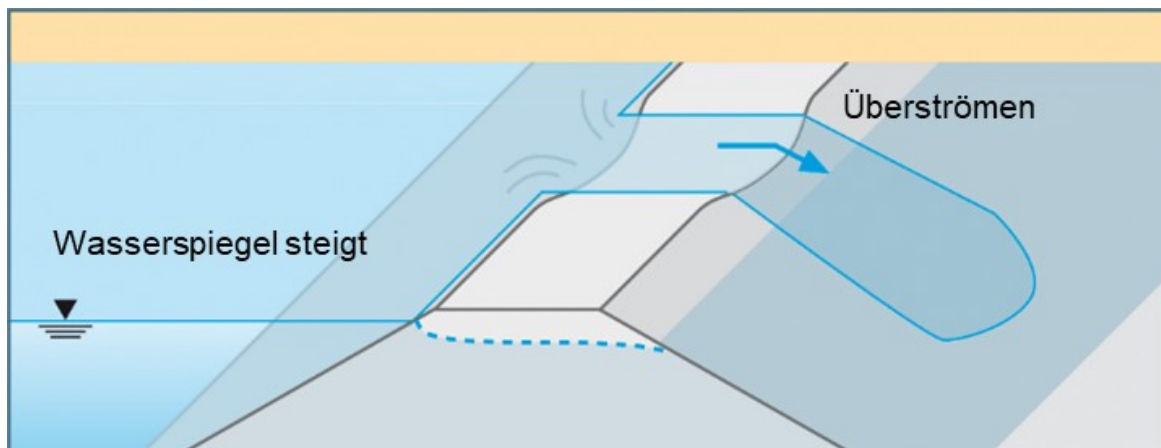




Abb. 73: Überströmung eines Dammes (Bayerisches Landesamt für Umwelt).

Feststellungen	Klassifizierung
<ul style="list-style-type: none"> – Nur leichte Überspülung, luftseitige Böschung ist befestigt (Beton, Asphalt) 	
<ul style="list-style-type: none"> – Starke oder rasch zunehmende Überspülung – Luftseitige Böschung ist steiler 1:2 – Luftseitige Böschung ist unbefestigt ⇒ Dambruchgefahr, sofortiger Rückzug! 	

Tab. 21: Klassifizierung von Schadenereignissen bei einer Überströmung des Dammes.

5.4 Notfallmässige Massnahmen

5.4.1 Erkundungspatrouille / Dammwache

Aufgaben und Verhalten:

- Den Damm meiden und wenn möglich aus sicherer Entfernung beobachten.
- Erkennen von Sickerstellen an luftseitiger Dammböschung und am Dammfuss (Menge, Trübung, Zu- bzw. Abnahme).
- Feststellen von Veränderungen am Dammkörper (Setzungen, Risse, Rutschungen, Aufwölbungen).
- Ablesen des Hochwasserpegels.
- Beobachten der Wasseroberfläche auf starke Strudelbildung (möglicher Hinweis auf eine Entstehung von Kolken bzw. Uferanrissen).
- Kontrolle des Wasserstands und des vorhandenen Freibords.

5.4.2 Dammstützung auf der Landseite

Das Ziel einer Dammstützung auf der Landseite ist es, mit einer Auflast einen genügend starken Dammaufbau herzustellen. Dabei wird am Dammfuss begonnen und danach werden gleichmässig Sandsäcke sowohl den Damm hoch als auch ins Hinterland gelegt (bis ca. $\frac{2}{3}$ Böschungslänge).

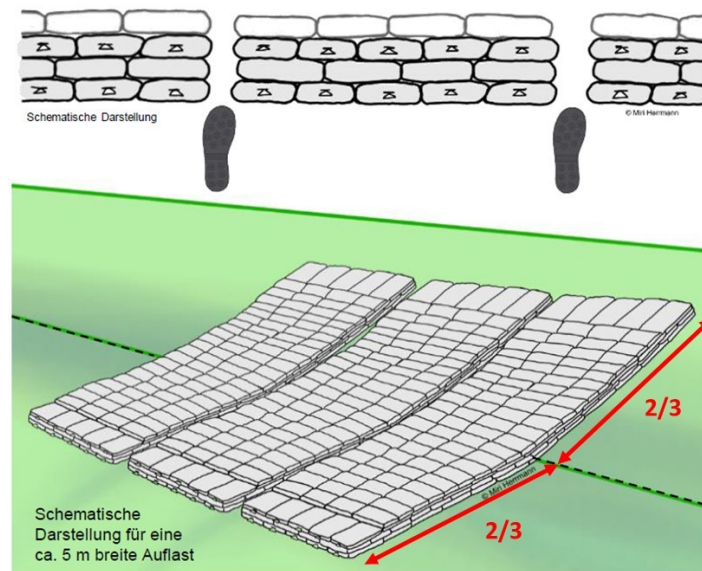


Abb. 74: Prinzip einer Dammstützung mit Sandsäcken
(Technisches Hilfswerk THW).



Wird die Stützung nicht weit genug ins Hinterland gezogen, wird die Stabilität des Dammes nicht erhöht, sondern geschwächt.

Die erste Lage wird mit dem Sackboden zum Wasser längst gerichtet gelegt. Jeweils alle fünf Sandsäcke soll eine Schuhbreite (ca. 5 cm) als Entwässerungsfuge frei gelassen werden ("Das Gras muss den Himmel sehen"). Alternativ kann zuerst eine Filterschicht aufgebracht werden, welche das Sickerwasser durchlässt, jedoch gleichzeitig die Bodenteilchen zurückhält (z. B. Geotextil, Armierungsmatten aus Stahl, Holzstangen, Drainagekies). Keinesfalls darf der Sickerwasser-austritt behindert oder gar gestoppt werden. Danach können mindestens vier Lagen Sandsäcke aufgebracht werden. Jede Lage wird um 90° gedreht. Erschütterungen müssen vermieden werden (Säcke nicht werfen). Alternativ können anstelle von Sandsäcken auch mobile Schlauchsysteme, Schüttungen mit Kies oder Sand (kein bindiges Material) oder sandgefüllte Industriesäcke (Big Bags) als Auflast verwendet werden.

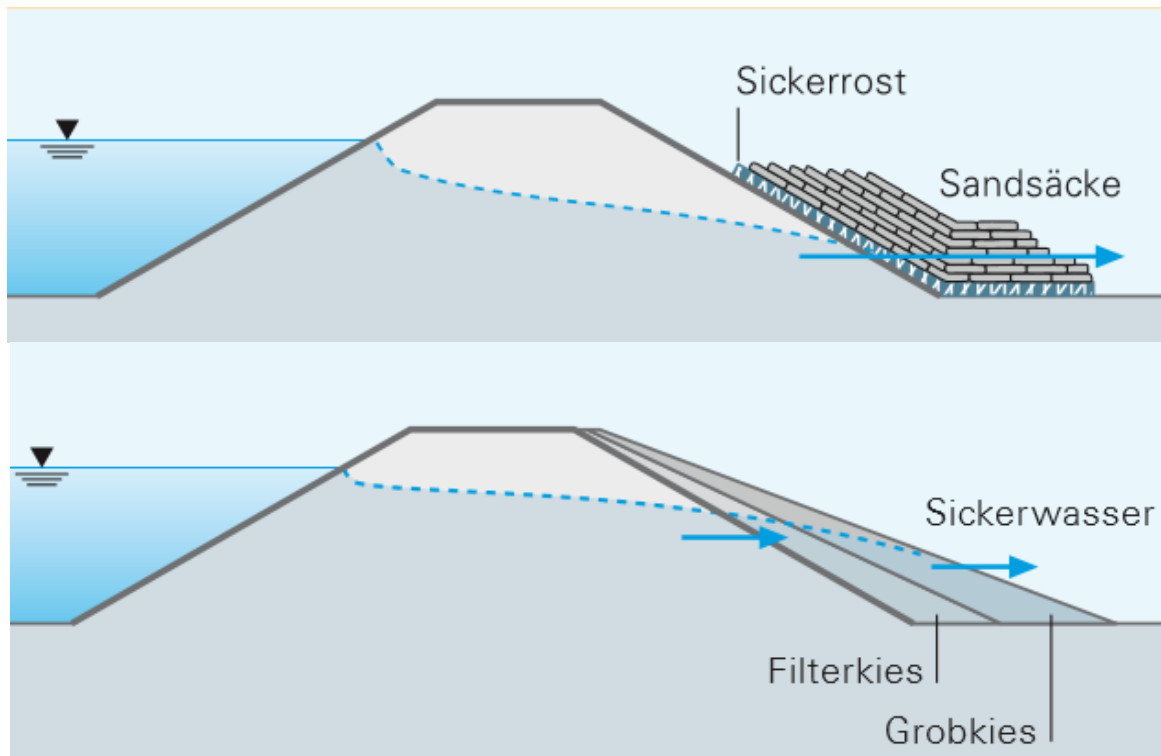


Abb. 75: Stützung eines Dammes mit Sandsäcken oder mit Kiesschüttung (Bayerisches Landesamt für Umwelt).

5.4.3 Wasserseitige Rutschungen und Risse sichern

Das Ziel bei der Sicherung von wasserseitigen Rutschungen und Rissen ist es, die Stabilität des Dammes zu erhalten und weitere Erosion zu verhindern.

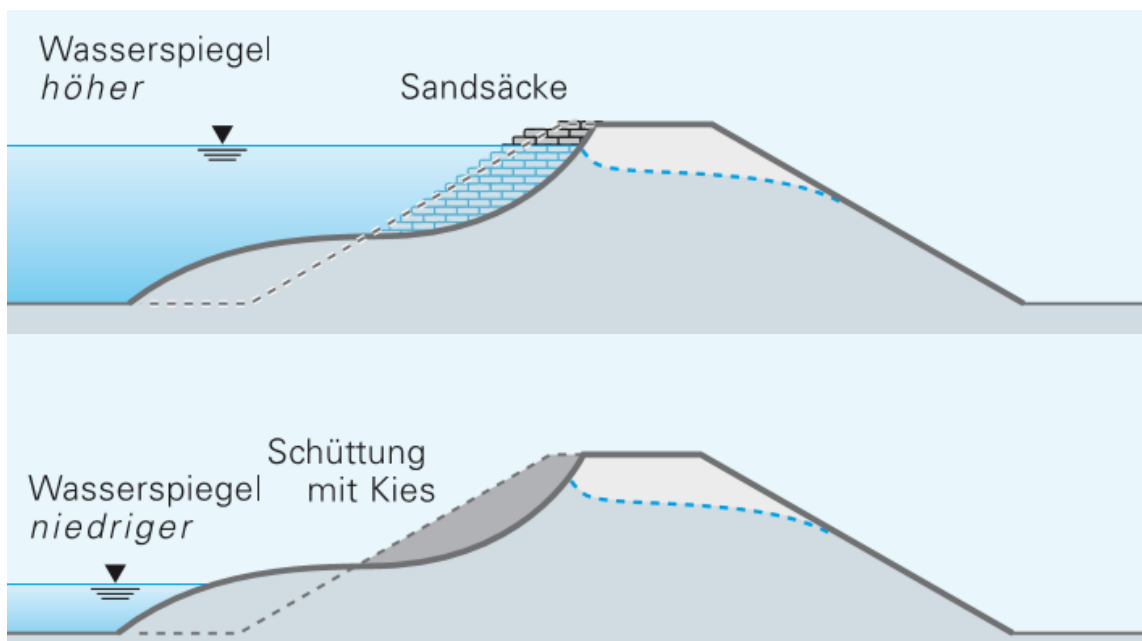


Abb. 76: Sichern von wasserseitigen Rutschungen mit Sandsäcken oder Kies (Bayerisches Landesamt für Umwelt).

Zur Sicherung von wasserseitigen Rutschungen und Rissen werden Mulden, Löcher und Risse durch das Einwerfen von Sandsäcken aufgefüllt. Um die Böschung nicht zusätzlich zu schwächen, sollte wenn möglich am Dammfuss begonnen und die Säcke sollten nur aus geringer Höhe hineingeworfen werden. Alternativ können Mulden und Löcher auch mit Steinschüttungen aufgefüllt werden. Um abgerutschte Böschungen vor weiterer Erosion zu schützen, können Raubäume (vgl. Kap. 6.1) oder, bei genügend Zeit, Faschinen eingebaut werden.

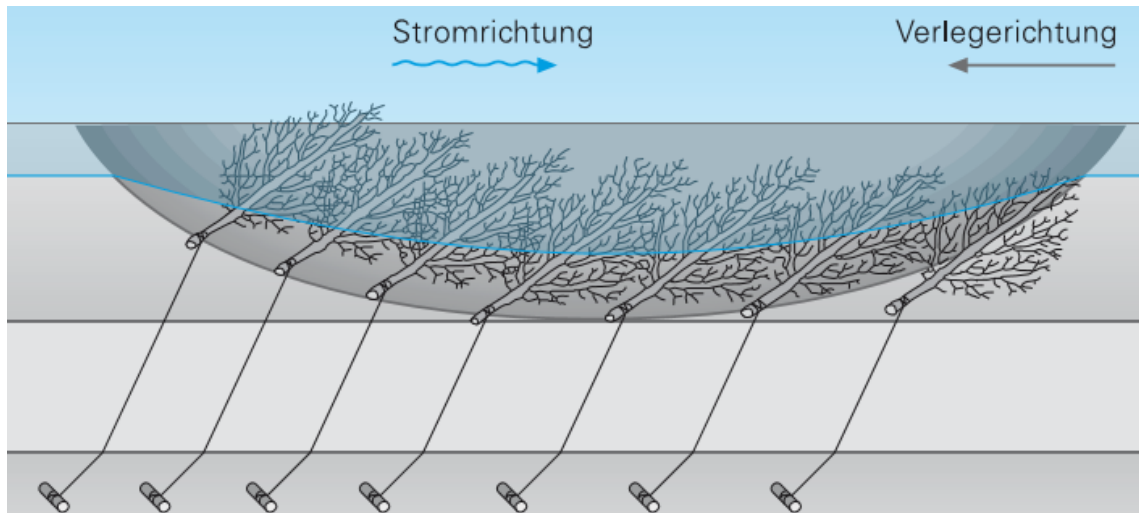


Abb. 77: Eingehängte Raubäume (Bayerisches Landesamt für Umwelt).

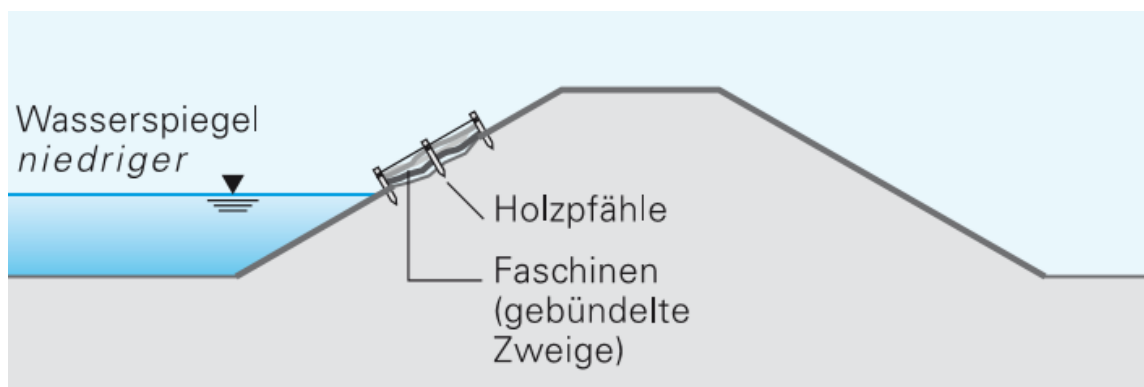


Abb. 77: Einbauen von Faschinen in einen Damm (Bayerisches Landesamt für Umwelt).

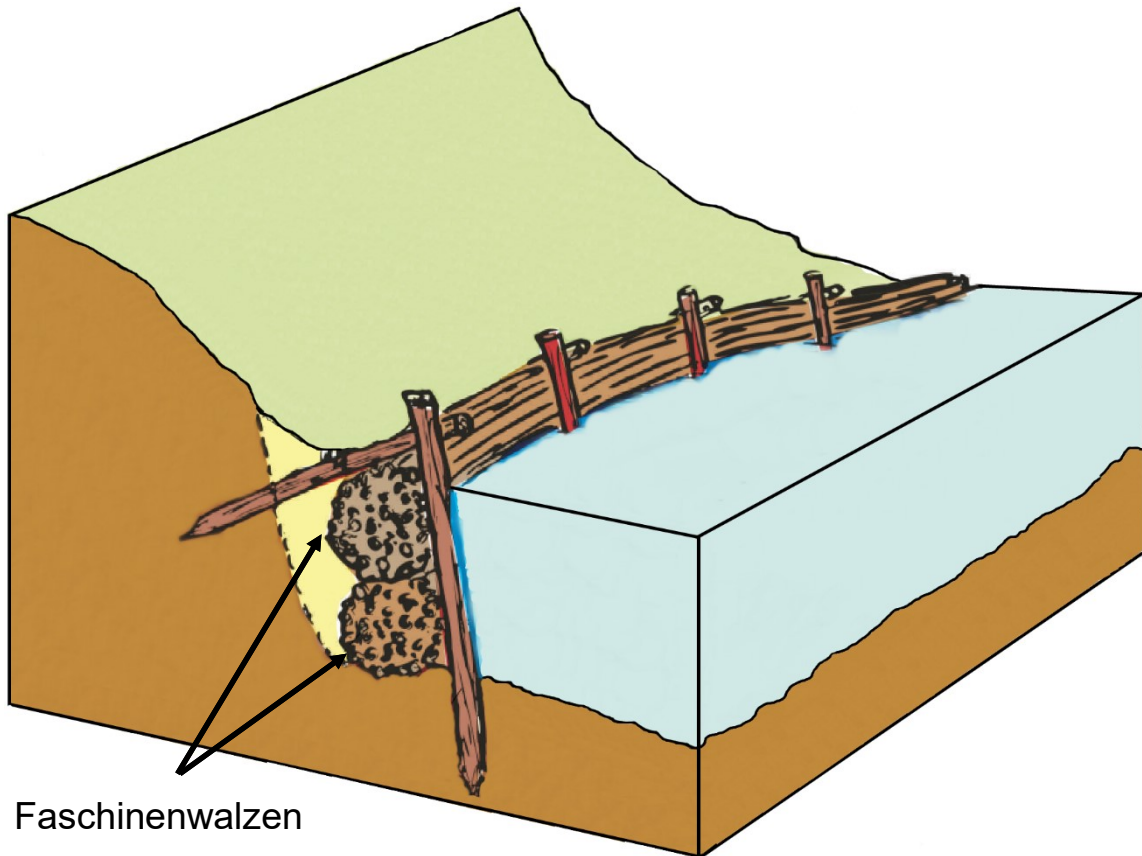


Abb. 78: Einbauen von Faschinenwalzen am Ufer (Herbert Götschmann, BABS).

5.4.4 Dichtefolie auf der Wasserseite

Das Anbringen von Dichtefolie hat zum Ziel, den Wassereintritt in den Damm zu verhindern. Lokale Wassereintrittsstellen oder Beschädigungen auf der Wasserseite können mit einer Folie abgedeckt werden. Die Folie muss dicht auf der Böschung aufliegen (Rohr oder Eisenstange am unteren Ende der Folie als Beschwerung anbringen und Folie an den Rändern mit Sandsäcken beschweren).

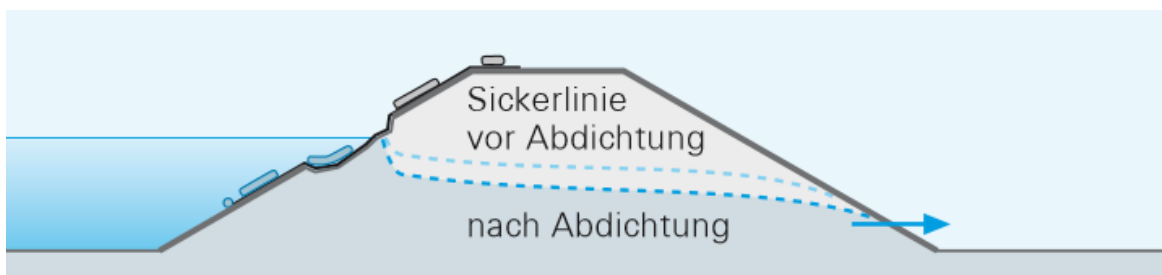


Abb. 79: Abdichten des Damms mittels Folie (Bayerisches Landesamt für Umwelt).

Die Folie dichtet nur dann ab, wenn sie durch die Sogwirkung des ausfliessenden Wassers auf die undichte Stelle gepresst wird. Ist kein Sog vorhanden, ist die Folie unwirksam. Diese Massnahme ist nur sinnvoll, wenn die Böschungsoberfläche relativ glatt ist. Grössere Löcher sollten vorher aufgefüllt werden.

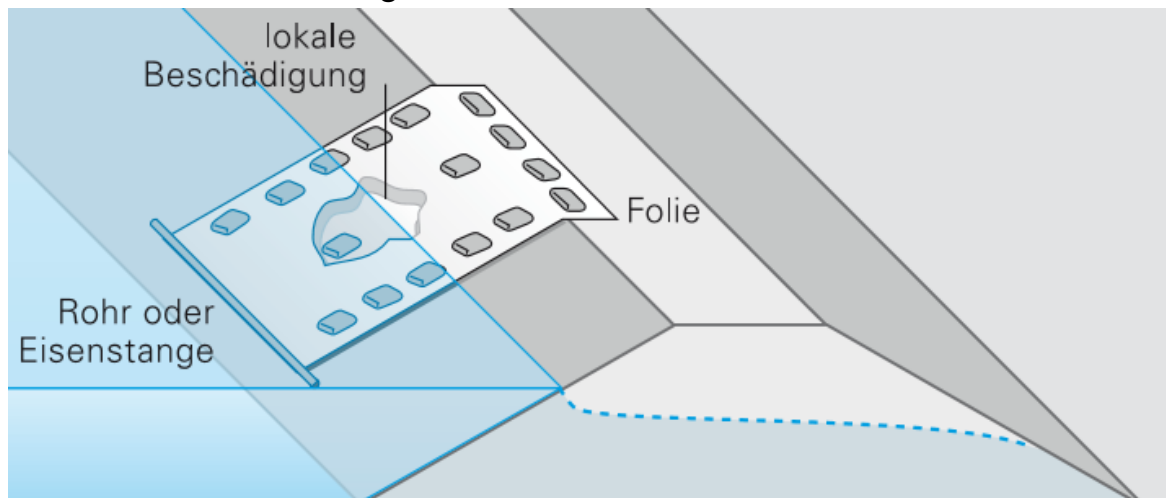


Abb. 80: Sicherung der Dichtungsfolie (Bayerisches Landesamt für Umwelt).

5.4.5 Dammerhöhung (Aufkaden)

Die Dammerhöhung, auch Aufkaden genannt, hat zum Ziel, das Freibord zu erhöhen und so die Überströmung des Dammes zu verhindern. Droht der Wasserspiegel über die Dammkrone zu steigen, kann der Damm mit Sandsäcken oder mobilen Hochwasserschutzsystemen erhöht werden.



Durch die Auflast wird der Damm zusätzlich stark belastet und kann ohne Vorwarnung brechen. Dammerhöhungen dürfen nur unter der Anweisung von Fachpersonen ausgeführt werden.

Überzähliges Personal muss aus dem Gefahrengebiet abgezogen werden. Ausserdem muss ein Dambruch in die Gefahrenbeurteilung miteinbezogen werden. Ist die luftseitige Neigung steiler als 1:2 oder die Kronenbreite < 3 m, sollte der Damm zuerst luftseitig gestützt werden (vgl. Kap. 5.4.2).

6. WEITERE HOCHWASSERSCHUTZMASSNAHMEN

6.1 Notfallmässiger Uferschutz mit Raubäumen

6.1.1 Zweck und Funktion

Raubäume können als improvisierte Hochwasserschutzmassnahme in folgenden Situationen eingesetzt werden:

- Erosionsschutz von Uferböschungen
- Begrenzen von Schäden auf der Wasserseite von Hochwasserschutzdämmen
- Verhindern eines Dammbbruchs
- Schliessen einer Bresche in einem Damm

Durch den Einbau von Raubäumen wird die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers reduziert und das Ufer im Bereich der Erosionsstelle oder Bruchstrecke geschützt. Der Vorteil dabei ist, dass bei geringem Zeit- und Materialaufwand ein grosser Effekt erzielt wird.

6.1.2 Grundsätze für den Einsatz

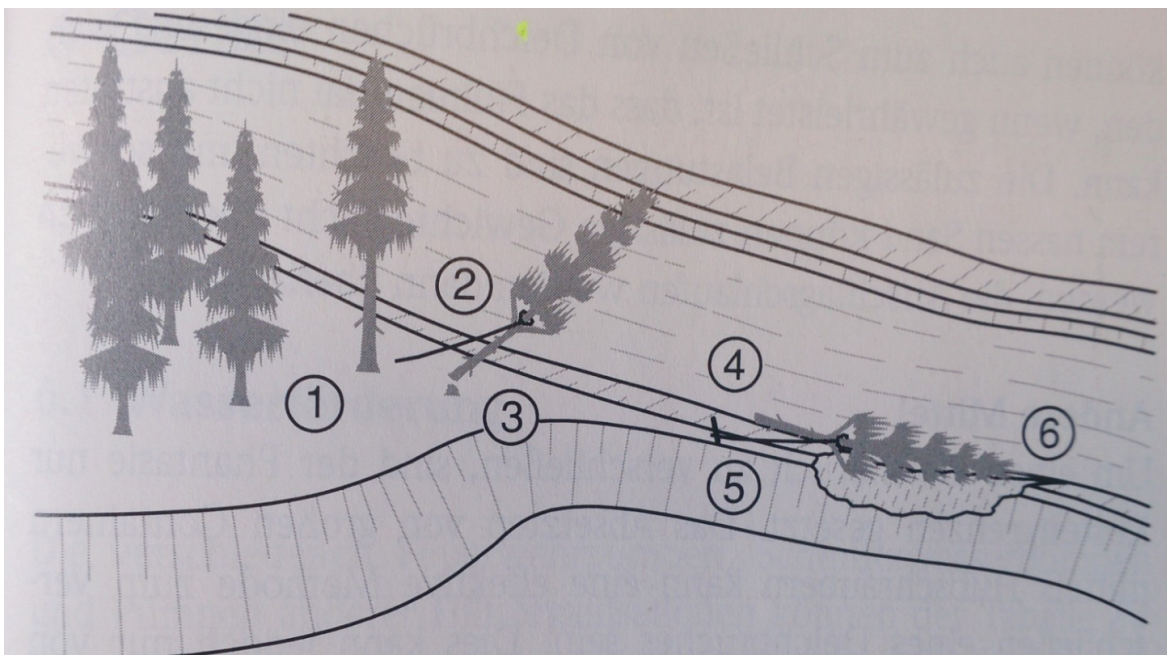


Abb. 81: Einbauen eines Raubaumes (Rote Hefte 82, Kohlhammer Verlag).

Eine kräftige, astreiche Fichte oder Tanne, welche möglichst nahe am Wasser steht, wird zuunterst (ca. 1 m) entastet (1). Der Stammfuss wird an Drahtseilen angeschlagen und von der zu schützenden Zone flussaufwärts an einem geeigneten Anschlagpunkt gesichert (2). Nun wird der Baum wenn möglich direkt ins Wasser gefällt (3). Er soll im

Wasser bis an die vorgesehene Stelle getrieben lassen (4) und am Anschlagpunkt fest verankert werden (5). Je nach Situation kann der Baum zusätzlich am Wipfel mit einem Drahtseil gesichert werden (6). Der Raubbaum muss länger sein als die zu schützende Zone. Reicht ein Baum nicht, können mehrere Bäume hintereinander eingebaut werden. Dabei wird flussabwärts mit dem Einbau begonnen.

6.2 Notfallmässige Sicherungs- und Instandstellungsarbeiten

6.2.1 Sichern von Heizöltanks

Werden Räume mit ungenügend gesicherten Heizöltanks geflutet, können die Tanks im Wasser auftreiben. Die Anschlussleitungen werden abgerissen und es besteht die Gefahr, dass die Tanks kippen. Dadurch können grosse Mengen Heizöl in die Umwelt gelangen. Um solch gravierende Umweltverschmutzungen zu vermeiden, lohnt es sich, die Heizöltanks bei genügend Vorwarnzeit gegen Auftrieb zu sichern. Auf einen fast leeren Tank wirken enorme Auftriebskräfte (mehrere Tonnen), entsprechend massiv muss die Sicherung sein. Sind Wände und Decke des Heizölraums genügend stabil, empfiehlt sich folgende improvisierte Sicherungsmethode:

- Heizöltank gegen seitliches Ausbrechen mit Baustützen sichern
- Tank zusätzlich gegen die Decke abstützen



Abb. 82: Sicherung eines Heizöltanks (Gebäudeversicherung Bern GVB).

Diese Massnahmen bedingen, dass der Tank genügend fest ist und nicht durch die einwirkenden Kräfte zusammengedrückt wird. Bei weniger stabilen Tanks ist es unter Umständen besser, nur die seitlichen Sicherungen anzubringen. So kann er zwar auftreiben und gegen die

Decke gedrückt werden, jedoch nicht kippen. Dabei sind die Anschlussleitungen zu beachten, damit ein Ausreissen verhindert wird.

Wird der Raum nicht voll geflutet, wirken weniger grosse Kräfte auf den Tank ein. Als Alternative können Tanks mit Spanngurten auf die Bodenplatte verankert werden.

6.2.2 Auspumpen von Untergeschossen

Im Rahmen von Hochwassereinsätzen wird meist sehr schnell mit dem Auspumpen von gefluteten Untergeschossen begonnen. Dabei muss die Sicherheit der Einsatzkräfte, der Bewohner und des Gebäudes immer gewährleistet sein.



Stromschlaggefahr: Das Wasser kann unter Spannung stehen. Mit den Arbeiten darf erst begonnen werden, wenn die Stromzufuhr durch ein/e Spezialist/in der Feuerwehr oder durch den Netzbetreiber freigeschaltet worden ist.



Gefahrenstoffe: Das Wasser kann mit Gefahrenstoffen (Heizöl, Chemikalien etc.) kontaminiert sein. Arbeiten dürfen erst nach Rücksprache mit Fachspezialistinnen und Fachspezialisten begonnen werden. Ausserdem muss Schutzkleidung getragen werden.

Durch unterschiedliche Wasserniveaus (Grundwasseranstieg, Auspumpen einzelner Räume) können enorme Druckkräfte entstehen. Dadurch ergeben sich neue Gefahren und Risiken, welche nicht immer offensichtlich erkennbar sind:

- Bei Arbeiten in einem geschlossenen Raum können nach innen öffnende Türen bereits ab einer Wasserhöhe von 30 cm durch eine Person nicht mehr geöffnet werden. Der Rückzugsweg ist folglich abgeschnitten.
- Öffnen die Türen nach aussen, können sie mit enormer Wucht explosionsartig aufschlagen. Es besteht höchste Lebensgefahr.



Kein Aufenthalt in Räumen, in welchen der Überflutungsprozess noch im Gang ist. Keine Türen öffnen, die unter hohem Wasserdruk stehen.

- Bei einem vollgelaufenen Untergeschoss muss angenommen werden, dass der Grundwasserspiegel ebenfalls gestiegen und mindestens gleich hoch ist wie der Wasserspiegel im Gebäude. Wird das Untergeschoss sehr schnell leergepumpt, erfolgt ein grosser Unter-

schied in den Wasserniveaus. Es entsteht Auftrieb auf das Gebäude. Bodenplatten und Wände des Untergeschosses werden grossen Kräften ausgesetzt. Die Bodenplatte kann brechen, Wände können einbrechen oder das ganze Gebäude kann aufschwimmen.

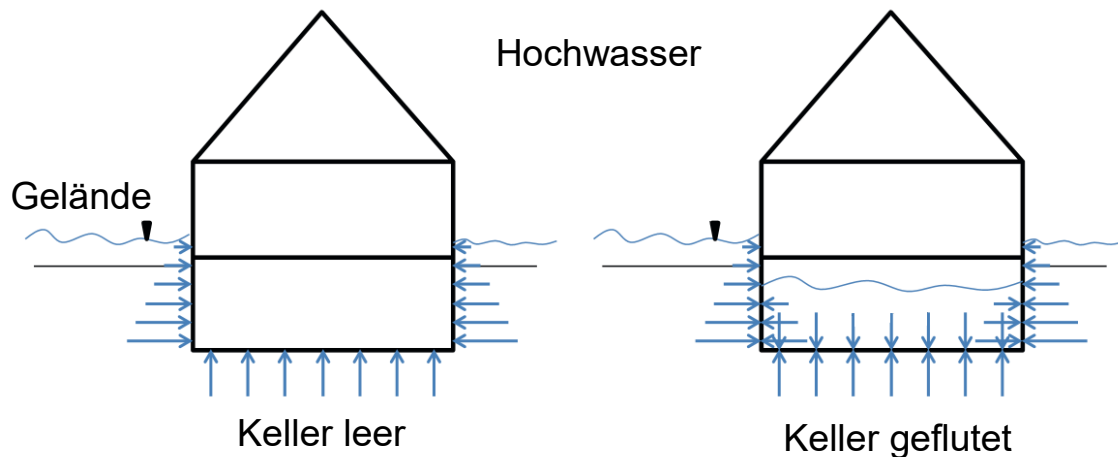


Abb. 83: Wasserdruck bei einem leeren und einem gefluteten Keller (Landesfeuerwehrschule Baden-Württemberg).

Diese Schäden kündigen sich nicht an und es sind keine Gegenmassnahmen mehr möglich. Sie können das ganze Gebäude zum Einsturz bringen.



Es besteht grösste Gefahr für die Einsatzkräfte und die Bewohner/innen. Gebäude immer erst nach einer Beurteilung durch eine Baufachspezialistin / einen Baufachspezialisten auspumpen.

Bei hohem Grundwasserstand und schwacher Bausubstanz (geringe Gebäudelast) kann es sogar erforderlich sein, noch nicht vollgelauene Untergeschosse bewusst mit sauberem Wasser zu fluten, um so einen Druckausgleich herzustellen und das Gebäude vor grösseren Schäden zu schützen.

7. BIBLIOGRAPHIE

Bundesamt für Raumentwicklung ARE; Bundesamt für Umwelt BAFU, Empfehlung Raumplanung und Naturgefahren (2005), URL: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/publikationen-studien/publikationen/empfehlung-raumplanung-und-naturgefahren.html> (Zugriff: 12.11.2019).

Bundesamt für Umwelt BAFU, Hochwasser und Murgang, Faktenblätter Gefahrenprozesse (2015), URL: www.bafu.admin.ch/gefahrenprozesse (Zugriff: 12.11.2019).

Bundesamt für Umwelt BAFU, Klimaerwärmung: Instabiler Permafrost führt zu häufigeren Bergstürzen, URL: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/dossiers/klimaerwärmung-und-bergstuerzen.html> (Zugriff: 12.11.2019).

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Landesverband Sachsen/Thüringen (Hg.) (2011): Hochwasseralarmstufe 4 – Alles zu spät? Möglichkeiten und Grenzen des operativen Hochwasserschutzes, Dresden.

Jüpner, Robert; Weichel, Thilo (2013): Inundation caused by dike break – real-time forecast and monitoring during the Flood 2013, in: EVAN 2013, Proceedings of the 1st International Short Conference on Advances in Extreme Value Analysis and Application to Natural Hazards. S. 105-114.

Kanton Bern (Hg.) (2012), Kursunterlagen Wassergefahren, Bern.

Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT, Entstehung von Überschwemmungen, URL: <http://www.planat.ch/de/wissen/hochwasser/ueberschwemmung/entstehung-us/> (Zugriff: 12.11.2019).

Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT, Ufererosion, URL: <http://www.planat.ch/de/wissen/hochwasser/ufererosion/> (Zugriff: 12.11.2019).

Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT, Verklausung, URL:
<http://www.planat.ch/?id=499> (Zugriff: 12.11.2019).

Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen, Bundesamt fur Wasser
und Geologie (Hg.) (2004): Mobiler Hochwasserschutz. Systeme fur
den Notfall, Biel.