

Technische Universität Graz
Dekanat für Bauingenieurwissenschaften
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft

Hochwasserschutz mit Schwerpunkt „Mobiler Hochwasserschutz“

Diplomarbeit
von
Alexandra PRAXL-ABEL

Vorgelegt zur Erlangung des
akademischen Grades eines Diplomingenieurs
der Studienrichtung Wirtschaftsingenieurwesen - Bauwesen

Graz, im Mai 2011

Betreuer der Diplomarbeit:
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Gerald ZENZ

.....

Mitbetreuender Assistent:
Dipl.-Ing. Dr. techn. Alfred HAMMER

.....

Eid (Ehrenwörtliche Erklärung)

Ich erkläre an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Ich versichere, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin oder einem Beurteiler) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Graz, im Mai 2011

.....

Danksagung

Bei meinem wissenschaftlichen Betreuer Herrn Dipl. Ing., Dr. techn. Alfred Hammer möchte ich mich für den vielseitigen Rat bedanken. Ich danke ihm und dem Team des Institutes für Wasserbau und Wasserwirtschaft für jede erdenkliche Fürsprache, hilfreiche Unterstützung und anregende Gespräche.

Herrn Dr. Alfred Pölzl MSc. und Herrn OBR Ing. Heimo Krajnc, Einsatzdirektor der Berufsfeuerwehr Graz, Abteilung Katastrophenschutz und Feuerwehr, sowie Herrn Dipl. Ing. Paul Seitz, Abteilungsleiter Abt. Siedlungswasserbau, Hydro Ingenieure Umwelttechnik GmbH, Krems – Stein, danke ich für die tatkräftige Unterstützung und die Bereitstellung hilfreicher Unterlagen.

Meinen Eltern, Herta und Anton Abel, die mich während meines gesamten Studiums und vor allem in letzter Zeit unerschöpflich unterstützt haben. Nochmals vielen Dank.

Meinen Ehemann Manfred Praxl danke ich, der mich durch alle Höhen und Tiefen mit unendlicher Geduld und Stütze begleitet hat.

Kurzfassung

Im Zuge der vorliegenden Diplomarbeit wird ein umfangreiches Literaturstudium zum Thema Hochwasserschutz – Mobiler Hochwasserschutz durchgeführt. Untersucht werden die Bereiche Hochwasser, allgemeiner Hochwasserschutz, rechtlichen Grundlagen des Hochwasserschutzes und mobiler Hochwasserschutz. Besonderes Augenmerk wird auf den mobilen Hochwasserschutz gelegt, wobei hier eine Unterteilung in planmäßigen und notfallmäßigen Hochwassereinsatz erfolgt.

Das Ziel der Diplomarbeit ist es einen Überblick über die im mobilen Hochwasserschutz verwendeten Schutzsysteme, die dafür verwendeten Materialien, ihre Einsatzmöglichkeiten bei verschiedenen Hochwasserszenarien, sowie Ablauf und Logistik (Alarm –und Einsatzplanung) bei einem Hochwassereinsatz zu geben.

Zuletzt wird die praxisorientierte Anwendung des mobilen Hochwasserschutzes und der Ablauf bei einem Hochwasserereignis am Beispiel der Städte Graz und Krems – Stein erläutert.

Abstract

This diploma thesis in its present form is based on elaborate literary studies concerning flood protection and mobile flood protection. The subjects which are being analyzed are ranging from the flood scenario itself to general flood protection and mobile flood protection as well as their legal basis. Special attention is being paid on mobile flood protection sub-divided into systematical flood protection and flood protection executed in case of emergency.

The final aim of the thesis is to give a review on all protection systems which are being used in flood protection as well as their fields of application in various high water scenarios. Further subjects of investigation are the materials which are being implemented and the operational and organisational structure of an applications planning in case of flood. Finally the actual events of flood in the cities of Graz and Krems - Stein are mentioned to serve as examples of implementation of mobile flood protection in practice.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung – Zielsetzung.....	1
2.	Hochwasser	2
2.1	Definition	2
2.2	Entstehung von Hochwasser	3
2.2.1	Einzugsgebiet	4
2.2.2	Niederschlag	4
2.2.3	Speichereigenschaft des Einzugsgebietes	8
2.3	Hochwasserarten	9
2.3.1	Sturzfluten.....	10
2.3.2	Flussüberschwemmungen.....	10
2.3.3	Überschwemmungen aus Starkniederschlägen	10
2.3.4	Sturmfluten	11
2.4	Hochwasserwarnungen, Hochwasservorhersagen, Vorwarnzeiten	11
2.5	Hochwasserschäden	13
2.5.1	Dynamische Überschwemmung	13
2.5.2	Statische Überschwemmung	14
2.5.3	Murenabgänge.....	15
2.5.4	Ufererosion	15
2.5.5	Grundwasseranstieg.....	16
3.	Rechtliche Grundlagen	17
3.1	Organisation des Hochwasserschutzes	17
3.2	Den Hochwasserschutz betreffende Gesetze und Richtlinien.....	18
3.2.1	Wasserrechtsgesetz (WRG 1959)	18
3.2.2	Wasserbautenförderungsgesetz (WBFG 1985).....	19
3.2.3	Technische Richtlinie für die Bundeswasserbauverwaltung (RIWA-T 2006)..	19
3.2.4	Forstgesetz	20
3.2.5	Raumordnungsgesetze und Baugesetze der Länder	20
3.2.6	Rechtliche Grundlagen am Beispiel Steiermark	21
3.3	Örtliche Raumplanung und Hochwasserschutz.....	22
3.3.1	Hochwasserabflussuntersuchungen	23
3.3.2	Gefahrenkarten und Gefahrenzonenplanung	24
3.3.3	Gliederung des Gefahrenzonenplans gemäß Bundeswasserbauverwaltung.	24

3.3.4	Gliederung des Gefahrenzonenplans gemäß Wildbach- und Lawinen- verbauung	28
3.3.5	Flächenwidmungsplan	30
3.3.6	Bebauungsplan und Bauvorschriften	31
3.4	Wasserbedingte Naturgefahren, die Vorgehensweise auf Gemeindeebene ..	31
3.4.1	Maßnahmen bei bekannten wasserbedingten Naturgefahren	31
3.4.2	Auswirkungen von einem bekannten Naturgefahrenrisiko auf bestehendes, vollwertiges Bauland und auf Sondernutzungen im Freiland	33
3.4.3	Auswirkungen von einem bekannten Naturgefahrenrisiko auf das Freiland ...	34
4.	Hochwasserschutz	35
4.1	Historischer Überblick	35
4.2	Passiver Hochwasserschutz oder auch natürlicher Wasserrückhalt	36
4.3	Technischer Hochwasserschutz	37
4.4	Überflutungsrisiken	40
4.4.1	Überflutungsrisiko zufolge unzureichender Entwässerung	40
4.4.2	Überflutungsrisiko aufgrund von Hangwasser	40
4.4.3	Überflutungsrisiko durch Verkehrsflächen	41
4.4.4	Überflutungsrisiko infolge gebäudetechnischer Mängel	41
4.5	Schutzziele	43
4.5.1	Schutz des Menschen	43
4.5.2	Schutz menschlicher Güter	43
4.5.3	Erhaltung/Verbesserung der ökologischen Funktionsfähigkeit der Gewässer	43
4.5.4	Operativer Hochwasserschutz ein ständiger Kreislauf	44
4.5.5	Effizienter Ressourceneinsatz	44
4.5.6	Flussgebietbezogene Betrachtung	44
4.5.7	Schutzziele in verschiedenen Ländern	45
4.5.8	Hochwasserschutzlinie Bemessungshochwasserstand	47
4.6	Objektschutz Selbstmaßnahmen Strategien	49
4.7	Hochwassereinwirkung auf Gebäude	51
4.7.1	Auftrieb und Wasserdruck	51
4.7.2	Eindringen von Wasser ins Gebäude	53
4.7.3	Strömung	54
4.8	Gebäudeschutz	55
4.8.1	Gebäudeschutz vor Oberflächengewässer	55
4.8.2	Gebäudeschutz vor eindringendem Grundwasser	56

4.8.3	Gebäudeschutz vor eindringendem Kanalisationswasser - Rückstau	56
4.9	Schema: Auswahl eines Hochwasserschutzsystems	57
5.	Mobiler Hochwasserschutz	58
5.1	Definition	58
5.2	Anwendungsbereiche des mobilen Hochwasserschutzes	58
5.2.1	Schutz bestehender Gebäudekomplexe	58
5.2.2	Einzelobjektschutz	59
5.2.3	Schutz unbebauter Flächen	59
5.3	Warnsysteme	60
5.3.1	Warnung aus fernübertragenden Stationen	60
5.3.2	Warnung aus prognostizierten Daten (Niederschlag, Temperatur etc.)	61
5.3.3	Warnmarken – Hochwasser in der Steiermark	61
5.4	Sicherheitszonen	64
5.5	Hochwasserrisikomanagementpläne nach der europäischen Hochwasser- risikomanagement - Richtlinie	65
5.5.1	Hochwasserrisikomanagement	67
5.5.2	Hochwasserrisikoplan	68
5.5.3	Mustergliederung eines Hochwasserrisikomanagementplans	69
5.6	Baustoffe für mobile Hochwassersysteme	71
5.6.1	Aluminium	71
5.6.2	Stahl	72
5.6.3	Holz	73
5.6.4	Kunststoffe und Kunststofffolien	74
5.7	Einteilung, Klassifizierung mobiler Hochwasserschutzsysteme	75
6.	Planmäßige mobile Hochwasserschutzsysteme	77
6.1	Empfehlungen zur Dimensionierung von planmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen	79
6.2	Randbedingungen für den Einsatz von planmäßigen HWS – Systemen	84
6.3	Rechtliche Grundlagen bei planmäßigen mobilen Hochwasserschutz- systemen	85
6.4	Standardsysteme des mobilen planmäßigen HWS	85
6.4.1	Dammbalken- und Dammtafelsystem	85
6.4.2	Torsysteme	95
6.5	Sondersysteme des mobilen planmäßigen Hochwasserschutzes	102
6.5.1	Klappbare Systeme	102

6.5.2	Aufschwimbare Systeme	106
6.5.3	Aufschwimbare, klappbare Wandsysteme.....	110
6.5.4	Schlauchwehrsysteme.....	111
6.5.5	Schlauchsystem mit mehr als zwei Schläuchen; Kofferwehr.....	116
6.5.6	Glaswandsysteme	117
6.6	Stand sicherheitsnachweise am planmäßigen mobilen Hochwasser- schutzsystemen	119
6.7	Nachweise am oberirdischen System.....	120
6.7.1	Ständige Lasten.....	121
6.7.2	Veränderliche Lasten.....	121
6.7.3	Außergewöhnliche Lasten	127
6.8	Geotechnische Nachweise	131
6.8.1	Lastfälle und Einwirkungskombinationen bei geotechnischen Nachweisen .	134
6.8.2	Teilsicherheitsbeiwerte und Grenzzustände GZ1 (Tragfähigkeit) und GZ2 (Gebrauchstauglichkeit) bei geotechnischen Nachweisen	137
6.8.3	Stand sicherheit vorhandener Böschungen.....	138
6.8.4	Nachweis der Auftriebssicherheit	139
6.8.5	Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch.....	139
6.8.6	Erosionssicherheit	139
6.9	Beschädigung mobiler planmäßiger Hochwasserschutzsysteme bei unterschiedlichen Gefährdungsmöglichkeiten	143
7.	Notfallmäßige mobile Hochwasserschutzsysteme.....	144
7.1	Empfohlene Schutzzonenbreiten bei dem notfallmäßigen Hochwasser- einsatz	145
7.2	Erschwerende Randbedingungen beim Einsatz notfallmäßiger HWS - Systemen.....	146
7.3	Systeme des notfallmäßigen mobilen HWS	147
7.4	Konservative notfallmäßige Hochwasserschutzsysteme	148
7.4.1	Einfache Tafelsysteme	148
7.4.2	Betonkörper - Massesysteme	148
7.4.3	Sandsäcke	150
7.4.4	Tandemsandsäcke	151
7.5	Sandsackersatzsysteme.....	153
7.5.1	Stellwandsysteme.....	153
7.5.2	Winkelwand aus mehreren Systemelementen, Ökosystem Fa. Kossbiel - Traismauer.....	156

7.5.3	Dreieckswand aus mehreren Systemelementen, Fa. Stari - Gumopldskirchen	157
7.5.4	Offene Behältersysteme	158
7.5.5	Klappsystem, Sonderform des offenen Behälters	160
7.5.6	Geschlossenes Behältersystem	160
7.5.7	Erdwälle	165
7.5.8	Conclusio	166
7.6	Standortsicherheitsnachweise am notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen	166
7.6.1	Notfallmäßiger Einsatz.....	167
7.6.2	Geplanter notfallmäßiger Einsatz	167
7.7	Lastannahmen am System	168
7.7.1	Hydrostatische Last	168
7.7.2	Hydrodynamische Last	168
7.7.3	Wellendruck für stehende Wellen	169
7.7.4	Personenlast.....	169
7.8	Schadensbilder des notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystems beim Systemeinsatz.....	170
7.8.1	Systemversagen	170
7.8.2	Überströmen	171
7.8.3	Rückstau, Grund- und Qualmwasser.....	172
7.9	Einsatzszenarien bei Hochwasser und Oberflächenwasser beim notfallmäßigen Hochwassereinsatz	172
7.9.1	Strömungslenkung und das Ableiten des Hochwassers bei Hanglage.....	172
7.9.2	Ringschutz bei einer Muldenlage.....	174
7.9.3	Sperren von Abflüssen auf Straßen.....	175
7.9.4	Linienchutz an Seen	176
7.9.5	Linienchutz bei Fließgewässern mit einem geringen bis mittleren Gefälle < 3%	177
7.9.6	Linienchutz bei Fließgewässern mit großem Gefälle > 3% (Wildbäche).....	178
7.9.7	Stauen von Fließgewässern	179
7.9.8	Rückhalt von Flüssigkeiten	180
7.9.9	Systemeignung nach Einsatzszenarien	181
8.	Alarm- und Einsatzplanung.....	182
8.1	Vorwarnzeit – Bereitstellungszeit.....	182
8.1.1	Vorwarnzeit.....	182

8.1.2	Bereitstellungszeit.....	183
8.2	Alarmplan.....	188
8.3	Einsatzplan	190
8.4	Logistik von mobilen Hochwasserschutzsystemen im planmäßigen Hochwassereinsatz.....	192
8.4.1	Allgemein	192
8.4.2	Einflussfaktoren	193
8.5	Logistik von mobilen Hochwasserschutzsystemen im notfallmäßigen Hochwassereinsatz.....	196
8.6	Systemanforderungen von mobilen Hochwasserschutzsystemen im Sinne der logistischen Einsatzplanung	198
8.6.1	Systemanforderungen von notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen	198
8.6.2	Systemanforderungen von planmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen	198
9.	Mobiler Hochwasserschutz am Beispiel Graz.....	202
9.1	Mobile Hochwasserschutzsysteme der Stadt Graz	202
9.2	Alarm- und Einsatzplan – Ampelsystem	204
9.2.1	Grüne Phase bzw. Vorwarnstufe I	207
9.2.2	Gelbe Phase bzw. Vorwarnstufe II	207
9.2.3	Rote Phase	208
10.	Mobiler Hochwasserschutz am Beispiel Krems - Stein.....	211
10.1	Bestehender Hochwasserschutz Krems – Stein, 1991 und Maßnahmen für die Zukunft.....	212
10.2	Hochwasserschutzsysteme der Stadt Krems – Stein	213
10.2.1	Lagerung der mobilen Hochwasserschutzsysteme	215
10.2.2	Kriterien zur Wahl des Hauptsystems.....	216
10.2.3	Logistik im Hochwassereinsatz.....	216
10.2.4	Alarm- und Einsatzplanung.....	217
11.	Zusammenfassung und Ausblick	218

1. Einleitung – Zielsetzung

Weltweit verursachen Hochwasserereignisse Sachschäden in Milliardenhöhe und kosten vielen Menschen das Leben. In Österreich haben die Hochwasserereignisse der letzten Jahre in den betroffenen Gebieten ebenfalls erheblichen Schaden angerichtet. Die Bevölkerung in den hochwassergeschädigten Regionen musste miterleben wie in wenigen Minuten ihre gesamte Existenzgrundlage zerstört wurde. Die Wetterprognosen und die darauf basierenden Hochwasservorhersagen haben sich in den letzten Jahren zwar deutlich verbessert, wann aber und vor allem wo das nächste Hochwasser auftritt ist jedoch nach wie vor nicht prognostizierbar.

Gemeinsam mit den Bundesländern wurde um das Jahr 2006 in Österreich ein „Hochwasserschutzpaket“ geschnürt, das dem Flussbau bis 2016 jährlich etwa 80 Millionen Euro für die Umsetzung der notwendigen Maßnahmen zur Erreichung der schutzwasserwirtschaftlichen Ziele zur Verfügung stellt.¹ In Regionen, wo natürliche Rückhaltemöglichkeiten nicht oder nur in geringem Maße vorhanden sind, werden technische Hochwasserschutzsysteme, wie Talsperren, Hochwasserrückhaltebecken, Deiche und Polder, zum Hochwasserschutz verwendet. Besonders kritische Gebiete sind dicht besiedelte und genutzte Uferzonen im städtischen Bereich und Industriegebieten. In diesen Regionen können Systeme des technischen Hochwasserschutzes auf Grund ihrer Größe nur bedingt eingesetzt werden. In diesem Fall kommen vor allem mobile Hochwasserschutzsysteme, teilweise in Kombination mit stationären Systemen zum Einsatz. Durch sie kann zudem das städtebauliche und landschaftliche Bild einer Region erhalten werden.

Das Ziel der vorliegenden Diplomarbeit ist es, Einblicke in den Hochwasserschutz, vor allem eine Übersicht der im mobilen Hochwasserschutz verwendeten Systeme, ihre Einsetzbarkeit in verschiedenen Szenarien und die zugrunde liegende Logistik zu geben.

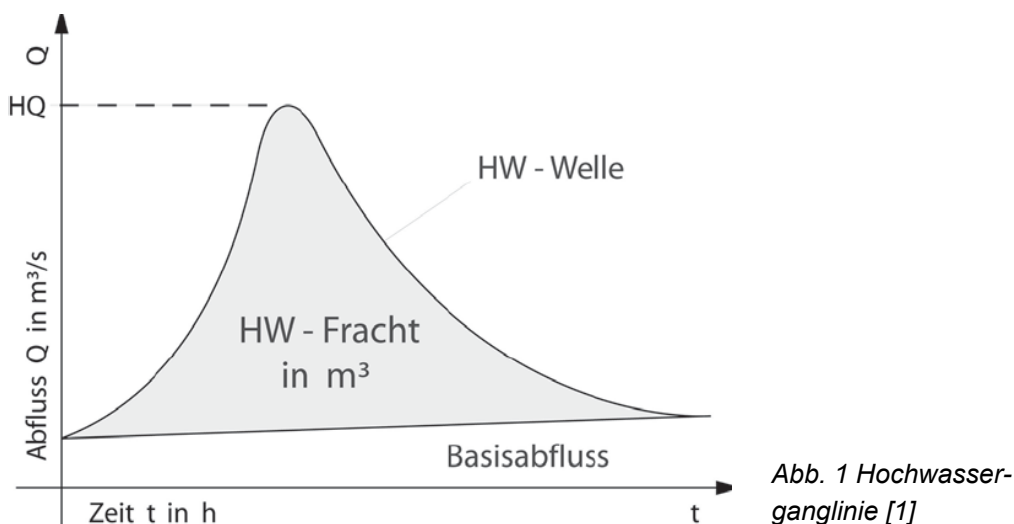
¹ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Sektion Wasser, Wien 2007: „Hochwasserschutz, Ziele - Strategien – Maßnahmen“, Vorwort

2. Hochwasser

2.1 Definition

Hochwasser ist jener Zustand bei Gewässern, bei dem der Wasserstand deutlich über dem normalen Pegelstand liegt. Man unterscheidet hier zwischen Meeren und Fließgewässern. Bei kleinen Fließgewässern und Flüssen spricht man dann von Hochwasser, wenn der normale Wasserstand für längere Zeit (Tage) überschritten wird.

Abhängig von der Temperatur erreicht der Niederschlag den Boden in Form von Schnee, Wasser oder Eis. Es hängt von der Menge, der Intensität, der Geländeform, des Bewuchses, der Art des Bodens und des Untergrundes ab, inwieweit der Niederschlag versickert, das Grundwasser anreichert, verdunstet oder an oberirdischen Gewässern wie, Flüssen, Bächen abfließt. Aufgrund der zeitlichen Verteilung sind die österreichischen Gewässer normalerweise ganzjährig Wasser führend. Dieser Basisabfluss der Gewässer ist von den natürlichen, jahreszeitlichen Schwankungen abhängig.



Der über dem Basisabfluss liegende Abfluss wird als Hochwasserwelle bezeichnet. Die Hochwasserwelle ist durch ihre maximale Höhe und Zeitdauer, die zum Erreichen der Hochwasserspitze benötigt wird, und die anschließende Abnahme zurück bis zum Basisabfluss gekennzeichnet.

Gemäß DIN 4049, 1994 wird Hochwasser als eine zeitlich begrenzte Anschwellung des Abflusses, die einen bestimmten Schwellenwert überschreitet definiert.

2.2 Entstehung von Hochwasser

Hochwasser sind Naturereignisse mit unterschiedlichen Ursachen und Ausprägungen und somit ein Teil des natürlichen Wasserkreislaufes (Niederschlag - Verdunstung - Versickerung - Abfluss). Entsprechend gilt auch für ein Hochwasserereignis die Wasserhaushaltsgleichung

$$N = V + A + (R - B) \dots^2$$

- N...Niederschlag
- V...Verdunstung
- A...Abfluss
- R-B...Speicherglied (Rücklage minus Aufbrauch)

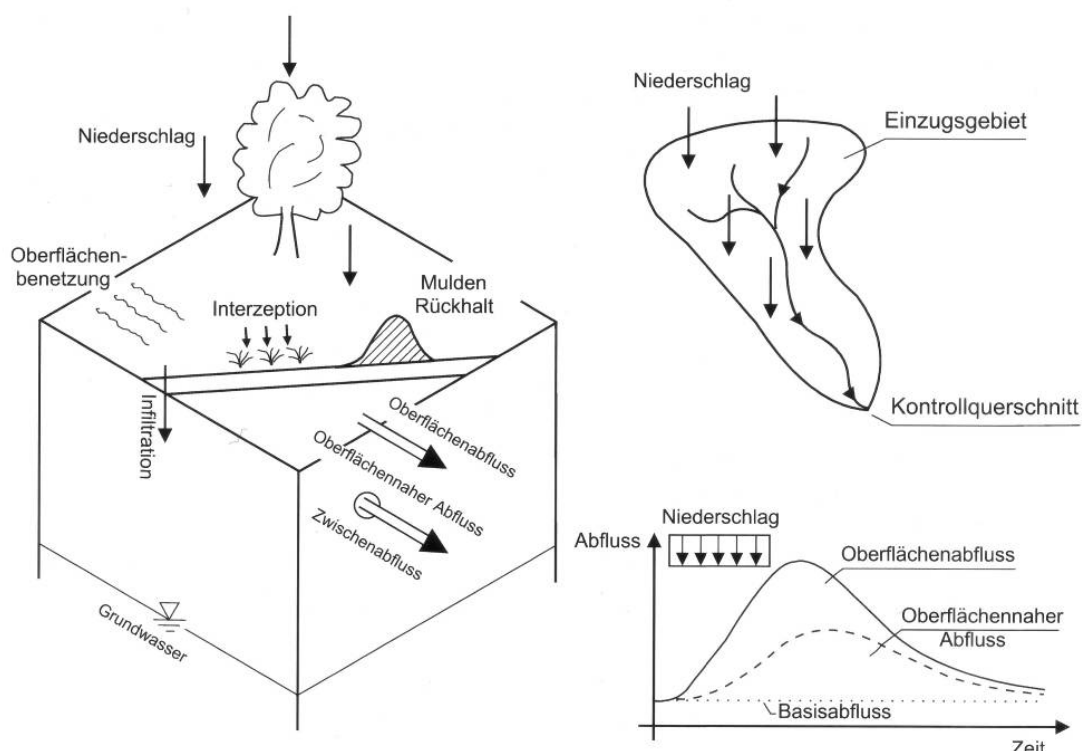


Abb. 2 Skizze zur Entstehung von Hochwasserabflüssen [2]

² H. Patt, 2001: „Hochwasser – Handbuch Auswirkungen und Schutz“, S 12, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York

Der Ablauf eines Hochwasserereignisses ist von der Größe, Lage und Ausprägung des Einzugsgebietes und der Art des Niederschlagsereignisses abhängig. Demgemäß ergeben sich folgende Randbedingungen:

- Einzugsgebiet
- Niederschlag
- Speichereigenschaften des Einzugsgebietes

2.2.1 Einzugsgebiet

Laut H. Patt, 2001: „Hochwasser – Handbuch Auswirkungen und Schutz“, Springer Verlag ist das oberirdische Einzugsgebiet maßgebend für ein Hochwasserereignis. Wasserscheiden (Sättel und Höhenrücken) begrenzen die Einzugsgebiete der Abflüsse. Die Geologie (Bodenauflage, Klüftigkeit, Talausbildung, Geländeneigung und auch die Bodennutzung) ist neben der Morphologie und der Fläche der wichtigste Parameter für die Erwartung von Hochwasserereignissen.

2.2.2 Niederschlag

Kenngößen des Niederschlages sind:

- Niederschlagsmenge [l/m^2]
- Niederschlagshöhe [mm]
- Niederschlagsintensität [mm/h]
- Niederschlagsspende [$l/s \cdot ha$]

Bei lokalen oder regional begrenzten Niederschlägen mit hoher Intensität treten lokal extreme Hochwasserereignisse (Wildbäche) auf. Sie sind durch einen steilen Anstieg des Wasserstandes in geringer Zeit, aber nach dem Erreichen des Scheitelwertes auch durch ein schnelles Absinken auf den Normalwert gekennzeichnet. Die Vorhersagen solcher Hochwässer sind nur kurzfristig in Form von Unwetterwarnungen möglich. Es ist hier lediglich eine sehr kurze Vorwarnzeit vorhanden, was Hochwasserschutzmaßnahmen fast unmöglich macht. Hochwasserwarnsysteme sind somit ein wesentliches Instrument, zur Risiko- und Verhaltensvorsorge und ebenso um Schäden minimal halten zu können.

Im Juni 1899 wurde der Wasserstands- und Nachrichtendienst im österreichischen Donaeinzugsgebiet, mit der k. k. hydrographischen Landesabteilung, mit Zentralbüro in Wien, gegründet. Der hydrographische Dienst Österreichs betreibt ein Basismessnetz zur Bestimmung der Durchflussdaten und der Wasserpegel an Gewässern (Flüsse, Seen etc.) in Österreich. Die Daten der wichtigsten Messstellen werden mit speziellen Einrichtungen an die hydrographischen Dienststellen in den Bundesländern und weiter an das Lebensministerium übermittelt. Diese Daten haben eine große Aussagekraft für den Betrieb von Prognosemodellen für die Abflussvorhersage und die Hochwasserwarnung und sind somit bezeichnend für die aktuelle Abflusssituation der Gewässer in Österreich.

Durch einen hydrographischen Datenverbund werden die gewonnenen Informationen stündlich an das Lebensministerium / Land und forstwirtschaftliche Rechenzentrum (LFRZ) weitergeleitet und in eine Datenbank eingefügt. Diese Daten werden in Abflussklassen unterteilt und mit unterschiedlichen Farben und Symbolen österreichweit einheitlich dargestellt. Dadurch werden Gebiete mit Nieder-, Mittel- bzw. Hochwasser deutlich ersichtlich. Die Abflusskategorien und Warn Grenzen unterschieden sich in den einzelnen Bundesländern in Österreich. Durch die Einführung einer „Pegel - Aktuell - WebGIS - Karte“ wird eine auf wenige Kriterien reduzierte Darstellung von Niederwasser bis zum extremen Hochwasser gezeigt. Darin werden Niederwasser-, Mittelwasser-, erhöhte Wasserführung und drei Kategorien für Hochwassersituationen dargestellt.

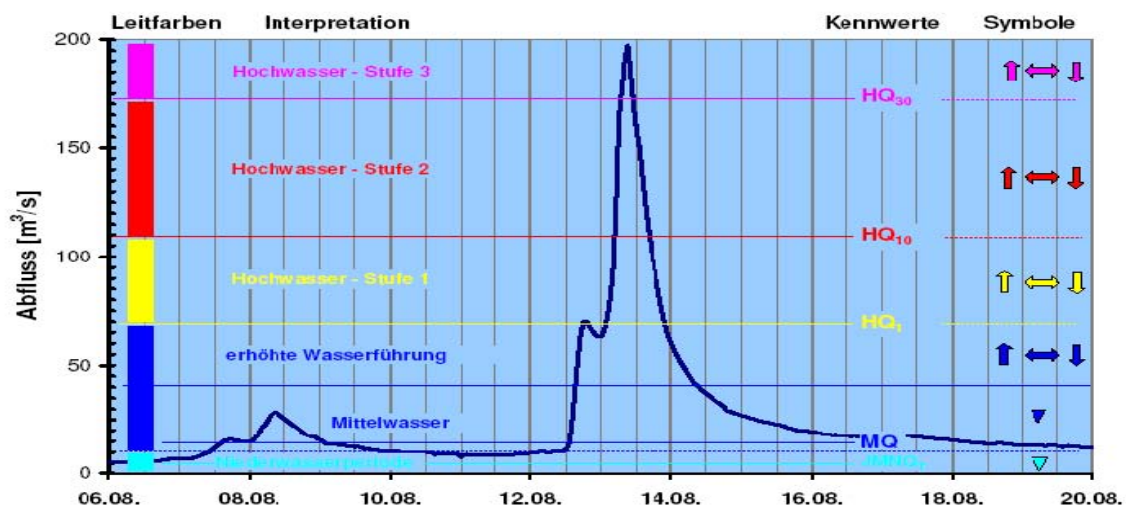


Abb. 3 Graphische Darstellung der Abflussklassen [3]

Niederwasser:

Niederwasserperioden beschreiben Abflüsse, die kleiner als $(MQ + JMNQ_T) \cdot \frac{1}{2}$

sind.

J	ein Wert pro Jahr
M	Mittelwert
N	kleinster Wert im Jahr
Index T	Tagesmittelwert

Mittelwasser:

Abflüsse in der Kategorie Mittelwasser werden mit Pfeilsymbolen, steigend, fallend gleich bleibend und in unterschiedlichen Farben, blau, gelb rot und violett gekennzeichnet.

Hochwasserstufe 1:

Abflüsse in der Hochwasserstufe 1 von HQ_1 bis HQ_{10} können zu leichten Ausuferungen in natürlichen bzw. landschaftlich genutzten Gebieten führen. Je näher der Abfluss dem HQ_{10} kommt, desto größer ist auch die Gefahr, für Objekte, die sich in unmittelbarer Umgebung befinden.

Hochwasserstufe 2:

Steigt der Abfluss über HQ_{10} befinden wir uns in der Hochwasserstufe 2. Hier ist es sehr wahrscheinlich, dass auch landwirtschaftliche Bereiche und Objekte ohne ausreichenden Hochwasserschutz gefährdet sind.

Hochwasserstufe 3:

Befinden sich nun mehrere Abflusspegel in einer Region in der Hochwasserstufe 3, dass heißt es herrscht ein $> HQ_{30}$, muss davon ausgegangen werden, dass dies zu großflächige Überflutungen von landwirtschaftlichen Gebieten, Siedlungen und einer extremen Behinderung der Infrastruktur (Straßen, Wasserversorgung und Wasserentsorgung) führen kann.

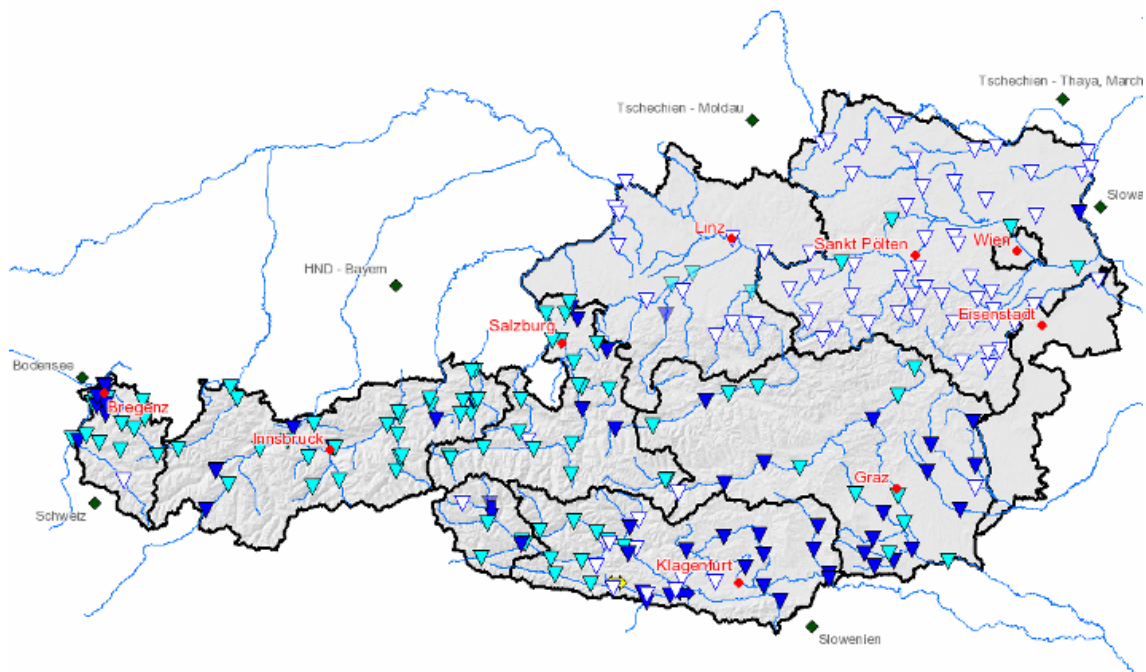


Abb. 4 Pegelstand 05.01.11 in Österreich [4]

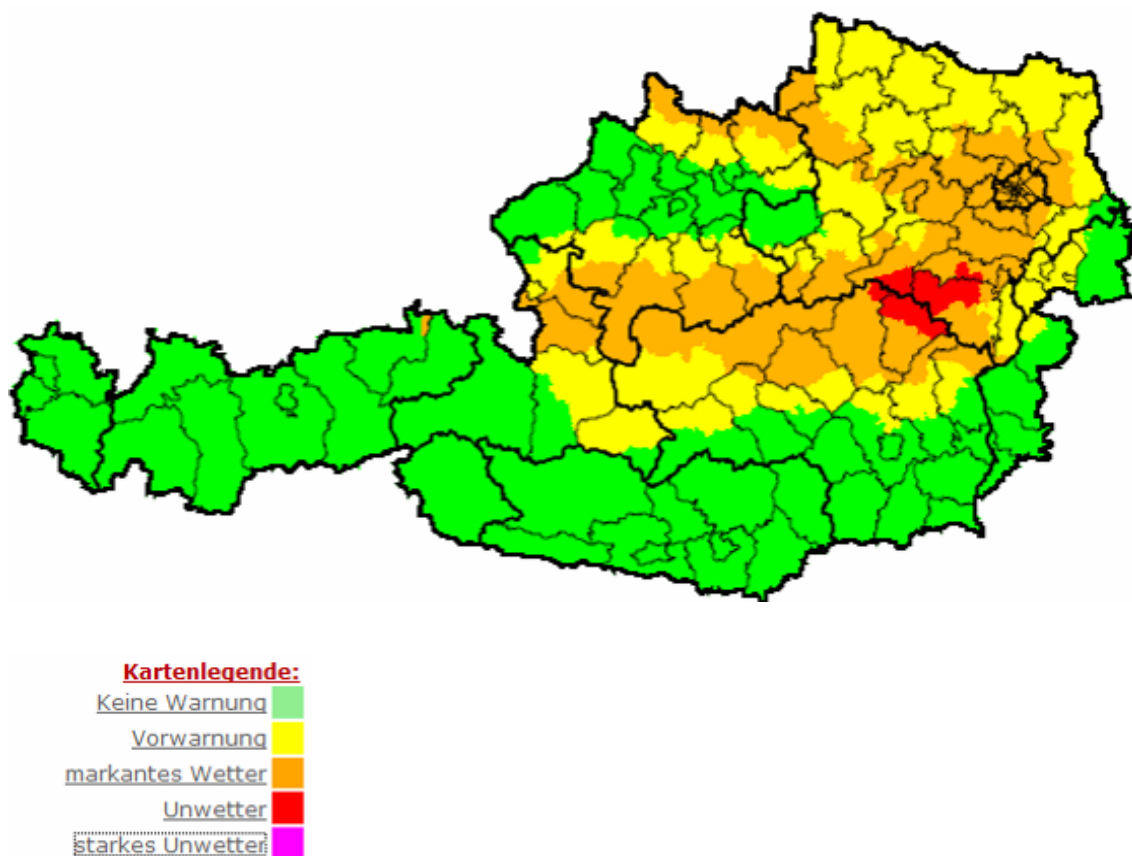


Abb. 5 Unwetterwarnung Österreich 05.02.2011 [5]

Bei lang andauernden Niederschlägen mit geringer Intensität baut sich die Hochwasserwelle in Flüssen erst durch das Zufließen der Nebenflüsse auf und fließt dann im Hauptgerinne flussabwärts. Aufgrund der langsamen Entwicklung dieser Hochwässer kann mit Hilfe von Prognosen und Vorhersagen der Wasserstand ermittelt werden. Dadurch können dann gezielt hochwasserabwehrende Maßnahmen eingeleitet werden.

2.2.3 Speichereigenschaft des Einzugsgebietes

Neben dem Niederschlag ist die Speichermöglichkeit des Einzugsgebietes maßgebend für die Höhe eines Hochwassers. Bewuchs, Boden, Gelände und das Gewässernetz beeinflussen die Speichermöglichkeit. Jeder Speicher kann eine gewisse Wassermenge für eine bestimmte Zeit zurückhalten. Große Speichervermögen verlangsamen den Wasseranstieg, wogegen kleinere Speicher zu einem raschen Ansteigen des Wassers und somit zu größeren Hochwassern führen. Die Speichereigenschaften des Einzugsgebietes werden laut H. Patt, 2001: „Hochwasser – Handbuch Auswirkungen und Schutz“, Springer Verlag durch den Abflussbeiwert α gekennzeichnet. Dieser Beiwert beschreibt das Verhältnis zwischen dem Hochwasservolumen, das ist das Wasservolumen, das im Einzugsgebiet abfließt und dem Niederschlagsvolumen.

$$\text{Abflussbeiwert } \alpha \equiv \frac{\text{Hochwasservolumen}}{\text{Niederschlagsvolumen}} \quad [\quad]$$

Der Abflussbeiwert liegt zwischen 0 und 1. Ein $\alpha = 0$ bedeutet, dass der gesamte Niederschlag im Einzugsgebiet zurückgehalten wird, $\alpha = 1$ bedeutet hingegen, dass der gesamte Niederschlag abfließt. Der Abflussbeiwert $\alpha = 1$ ist ein theoretischer Grenzwert, der in der Natur nicht erreicht wird. Der gängige Abflussbeiwert liegt zwischen 0,20 und 0,50. Für die Berechnung des Hochwasserabflussvolumens muss der Basisabfluss abgezogen werden.



Abb. 6 Hochwassermarken [6]

Extreme Hochwasserstände sind bei alten Gebäuden durch Hochwassermarken gekennzeichnet. Ebenso hat der Mensch einen großen Einfluss auf die Entstehung von Hochwasser. Als Beispiele sei hier die Versiegelung der Bodenoberfläche mit Verkehrswegen oder durch Besiedelung und die Beschleunigung des Hochwassers durch Einengung der Überschwemmungsflächen zu nennen. Die Haupteinflussfaktoren für Hochwasser sind dennoch die Niederschlagshöhe und Niederschlagsintensität. Hochwasser kann somit überall auftreten, und es ist umso gefährlicher, je weniger damit gerechnet wird.

2.3 Hochwasserarten

Hochwasserereignisse können verschiedene Ursachen haben. Auf Grund ihrer zeitlichen Dauer, Größe und der Art ihres Einzugsgebietes unterscheidet man laut H. Patt zwischen:

- Sturzfluten
- Flussüberschwemmungen
- Überschwemmungen aus Starkniederschlägen
- Sturmfluten.

2.3.1 Sturzfluten

Sturzfluten entstehen aus lokalen Starkniederschlägen (Gewitter). Gefährdet sind alle Gebiete, auch jene die nicht unmittelbar im Bereich von Gewässern liegen. Sturzfluten bewirken oft katastrophale Schäden, da es so gut wie keine Vorwarnzeiten gibt. Schäden können jedoch durch eine artgerechte Bauweise reduziert werden.

2.3.2 Flussüberschwemmungen

Flussüberschwemmungen entstehen durch andauernden und großräumigen Niederschlag oder durch Schneeschmelze. Im Gegensatz zu Sturzfluten können die Schäden hier mit gezielten Maßnahmen (technischer Hochwasserschutz, mobiler Hochwasserschutz) reduziert werden, da hier längere Vorwarnzeiten vorliegen. Gefährdet ist vor allem der flussnahe Bereich. Wie rasch die Wasserstände steigen hängt von der Einzugsgebietgröße und dem Einzugsgebietcharakter (Gefälle, Form des Gebietes, Bodenaufbau, Nutzung) ab. Das Ausmaß der Überschwemmung hängt von der Form und Ausdehnung der Täler und Auen ab. Bei breiten Tälern treten somit weite Überschwemmungen auf, wogegen bei schmalen Tälern eher die Wassertiefe und Fließgeschwindigkeiten maßgebend sind.

2.3.3 Überschwemmungen aus Starkniederschlägen

Überschwemmungen aus Starkniederschlägen entstehen wie Sturzfluten in kleinen Einzugsgebieten, aber in flachem Gebiet. Durch den Starkniederschlag kann das Wasser nicht rechtzeitig versickern oder durch die Kanalisation abgeleitet werden. Starkniederschlag kann als selten auftretender Niederschlag mit zerstörerischer Wirkung beschrieben werden.

Niederschlagshöhe	Dauer	Ort	Zeitraum
126mm	8 min	Füssen, Bayern	25.5.1920
200mm	1 h	Miltzow, Vorpommern	15.09.1968
260mm	24 h	Zeithain, Sachsen	06.-07.07.1906
391mm	3 d	Aschau, Bayern	08.-11.06.1965
38mm	1 min	Barot, Guadeloupe	26.11.1970
198mm	15 min	Plump Point, Jamaica	12.05.1916
1870mm	24 h	Cilaos, Reunion	15.-16.03.1952
9300mm	1 Monat	Cherrapunji, Indien	Juli 1861

Tab. 1 Größte gemessene Niederschläge [7]

2.3.4 Sturmfluten

Küstennahe Gebiete und große Seen sind durch Sturmfluten gefährdet. Sturmfluten entstehen bei hohem Wasserstand durch Windstau und hohe Wellen. Für das Binnenland Österreich haben Sturmfluten jedoch nur geringe Bedeutung.

2.4 Hochwasserwarnungen, Hochwasservorhersagen, Vorwarnzeiten

Hochwasserwarndienste sind bereits in vielen Teilen Österreichs (Tirol, Vorarlberg, Steiermark) eingerichtet. In Salzburg, Kärnten, Ober- und Niederösterreich sowie in Wien werden Hochwasservorhersagesysteme verwendet. Diese beziehen sich auf die Hauptflüsse, und sind somit nicht flächendeckend. Niederschlags- und Temperaturdaten können bei den Hydrografischen Landesabteilungen telefonisch bzw. über das Internet abgerufen werden. Ebenso haben einige Kraftwerksgesellschaften und die Verbundgesellschaft bereits Abflussprognosemodelle für einige Einzugsgebiete erstellt. Prognosen für längere Vorhersagezeiten (> 24h) gehen über die Fließzeit österreichischer Gewässer hinaus und benötigen daher die Vorhersage des meteorologischen Geschehens. Die derzeit verfügbaren Prognosemodelle der Verbundgesellschaft prognostizieren das Abflussgeschehen bis zu 4 Tagen an ca. 30 Pegeln in Österreich im

Voraus.³ Diese Pegel beziehen sich auf Hauptflüsse wie den Inn, Salzach, bayrische Donau, Traun, Enns, Donau und Drau, kleinere Gewässer werden nicht erfasst.

H. Patt, 2001: „Hochwasser – Handbuch Auswirkungen und Schutz“, S 12, Springer Verlag sagt, dass bei Hochwasservorhersagen jene Ansätze zu suchen sind, die unter realistischen und ökonomischen Bedingungen eine rechtzeitige und genügend genaue Vorhersage von Hochwasserereignissen ermöglichen. Eine Hochwasserwarnung, die auf einer Hochwasservorhersage beruht, ist nur dann sinnvoll, wenn Vorwarnzeiten von >12h erreicht werden. Je länger die Vorwarnzeiten sind, desto effektiver können die Schutzmaßnahmen ausfallen. Früher war die Hochwasservorhersage von der Erfahrung des Beobachters abhängig, heute kommen EDV – gestützte Rechenmodelle zum Einsatz. Bei jeder Änderung der Hochwasserlage sind Lageberichte herauszugeben, die neben der quantifizierten Terminvorhersage auch eine Szenarienabschätzung der weiteren längerfristigen Entwicklung enthalten sollten.⁴ Wesentliche Merkmale einer Vorhersage sind Verlässlichkeit und Glaubwürdigkeit, denn durch falsche Vorhersagen kann es bei Nutzern leicht zu einem Vertrauensbruch kommen.

Die Vorwarnzeit ist jene Zeit, die von der Gefahrenerkennung bis zum Überschwemmungsbeginn vergeht. Sie hängt sehr stark mit dem Einzugsgebiet zusammen. Handelt es sich um ein kleines Einzugsgebiet, können in sehr kurzer Zeit extreme Oberflächenabflüsse entstehen (Sturzfluten). Hier sind Vorwarnzeiten so gut wie nicht vorhanden, um einen ausreichenden Schutz rechtzeitig zu installieren (Katastropheneinsatz: Sandsackdeiche, Sandsackersatzsysteme, mobile Hochwasserschutzwände). Somit kommen bei kurzen Vorwarnzeiten hauptsächlich ortsfeste Anlagen zum Einsatz. Bei Einzugsgebieten $\leq 10\text{km}^2$ treten Hochwasserabflüsse innerhalb mehrerer Minuten bis zu wenigen Stunden auf. Bei Einzugsgebieten $> 10\text{km}^2$ können größere Vorwarnzeiten z.B.

³ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien: „Hochwasserschutz mit Mobilelementen Studie“, S 16

⁴ H. Patt, 2001: „Hochwasser – Handbuch Auswirkungen und Schutz“, S 55, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York

durch den Abfluss über Land oder durch die abflussverzögernde Wirkung des Gewässernetzes erzielt werden.

Bei Wildbächen beträgt die Vorwarnzeit oft nur einige Minuten, wogegen bei Talflüssen die Vorwarnzeit einige Stunden betragen kann.

Wichtige Parameter sind:

- Fließgeschwindigkeit: steiles Gelände (5-10%) 3 – 5m/s, wenn die Überschwemmungshöhe > 0,5m beträgt. Im flachen Gelände (< 2%) beträgt die Geschwindigkeit < 2m/s.
- Anstiegsgeschwindigkeit: sie beschreibt die Geschwindigkeit des Wasseranstieges. Hohe Anstiegsgeschwindigkeiten sind vor allem bei Verklausung (Verstopfung) oder Dambruch zu erwarten.

2.5 Hochwasserschäden

Es gibt verschiedene Hochwasserarten, die Schäden hervorrufen können. Man unterscheidet hier zwischen:

- Dynamischer Überschwemmung
- Statischer Überschwemmung
- Murenabgängen
- Ufererosion
- Grundwasseranstieg

Generell sind die Schäden von der Anstiegsgeschwindigkeit, der Überschwemmungsdauer und ebenso von dem Feststofftransport abhängig.

2.5.1 Dynamische Überschwemmung

Die dynamische Überschwemmung ist durch eine hohe Fließgeschwindigkeit ($v > 1\text{m/s}$) gekennzeichnet. Sie tritt hauptsächlich im geneigten Gelände auf (Wildbach, Gebirge). In flachen Gebieten sind vor allem dynamische Überschwemmung bei Engstellen zu erwarten, z.B. Unterführungen, Tore etc. Primäre Gefahr geht hier vom Strömungsdruck aus. Lokal können auch Erosionsschäden entstehen. Als zusätzliche Gefahr ist hier das Geschiebe zu nennen,

das mittransportiert werden kann. (Steine, Holz etc.) Die Überschwemmung dauert meist nur einige Stunden, da durch die geneigte Geländeform das Wasser schneller abfließen kann.



Abb. 7 Dynamische Überschwemmung [8]

2.5.2 Statische Überschwemmung

Bei statischen Überschwemmungen fließt das Wasser, wenn überhaupt sehr langsam ($v < 1\text{m/s}$). Ebenso geht auch der Wasseranstieg sehr langsam vor sich. Es kommt somit zu keiner dynamischen Beanspruchung der betroffenen Teile. Diese Art der Überschwemmung kommt im flachen Gelände und entlang von Seen vor. Maßgebender Schadensparameter ist hier die Überschwemmungstiefe.



Abb. 8 Statische Überschwemmung [9]

2.5.3 Murenabgänge

Ein Murgang oder Mure ist ein schnell talwärts fließender Strom aus Schlamm und Gesteinsmaterial. Murgänge haben einen hohen Feststoffgehalt, und somit eine hohe Dichte, und können demgemäß einige hunderttausend Kubikmeter Material transportieren. Durch diese freigesetzte Energie richten Murenabgänge extreme Schäden an. Eine Mure entsteht durch loses Material, das durch starken andauernden Niederschlag oder Schneeschmelze wasserübersättigt ist und wird durch die Schwerkraft ausgelöst. Murenabgänge treten hauptsächlich im Sommerhalbjahr auf.



Abb. 9 Auswirkungen einer Mure links [10], rechts [11]

2.5.4 Ufererosion

Ufererosion entsteht durch schnell fließendes Wasser. Wenn das Bach- bzw. Flussbett dieser Erosionskraft nicht standhält, werden Lockermaterial und Gesteine mitgerissen. Neben der Ufererosion kann es auch zu Sohlenerosionen kommen. Schäden können bei Straßen, die parallel zum Gewässer verlaufen auftreten, ebenso können durch Ufererosion Häuser und vor allem Brücken zum Einsturz gebracht werden.



Abb. 10 Ufererosion [12]

2.5.5 Grundwasseranstieg

Unwetter mit starken Niederschlägen und lang andauernde Regenfälle können zu einem Grundwasseranstieg führen. Im Gegensatz zu Hochwasser kommt der Grundwasseranstieg - meist unbemerkt - von unten. Durch den steigenden Grundwasserdruck kommt es zu Gefährdung von Gebäuden. Es entstehen hauptsächlich Schäden im Kellerbereich durch Vernässung, zudem kommt es auch zu Verunreinigungen von Brunnen und Feldvernässung.



Abb. 11 Grundwasseranstieg, nördl. Tullnerfeld [13], Feldvernässung durch Grundwasseraufstieg, Stetteldorf[14]

3. Rechtliche Grundlagen

3.1 Organisation des Hochwasserschutzes

Die Organisation des Hochwasserschutzes ist in Österreich auf Bundesebene in drei Bereiche gegliedert.

- Schutzwasserwirtschaft
- Wildbachverbauung
- Erhaltung und Entwicklung der Wasserstraßen

Diese Aufgabenbereiche werden nun in folgenden Verwaltungseinheiten gegliedert.

- Bundeswasserbauverwaltung BWV
- Wildbach- und Lawinenverbauung WLV
- Bundeswasserstraßenverwaltung

Bundeswasserbauverwaltung

Das Aufgabengebiet der Bundeswasserbauverwaltung umfasst die Betreuung aller Gewässer, ausgenommen Wildbäche und Wasserstraßen. Die Aufgaben werden gemeinsam von den Ämtern der Landesregierungen und dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), Abteilung VII 5 – Schutzwasserwirtschaft wahrgenommen.⁵

Wildbach- und Lawinenverbauung

Wildbäche und deren Einzugsgebiet fallen in den Aufgabenbereich des Forsttechnischen Dienstes für WLV im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Ein Wildbach im Sinne des Forstgesetzes ist ein dauernd oder zeitweise fließendes Gewässer, das durch rasch eintretende und nur kurze Zeit andauernde Anschwellungen Feststoffe aus seinem Einzugsgebiet oder aus seinem Bachbett in gefahrdrohendem Ausmaß entnimmt, diese mit sich führt und innerhalb oder außerhalb seines Bettes ablagert oder

⁵ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Sektion Wasser, Wien 2007: „Hochwasserschutz, Ziele - Strategien – Maßnahmen“, S 15

einem andern Gewässer zuführt.⁶ Es gibt in jedem Bundesland eine Sektion der Wildbach- und Lawinenverbauung. In Österreich sind etwa 11.000 Wildbacheinzugsgebiete erfasst, das entspricht ungefähr 62% des österreichischen Staatsgebietes.

Bundeswasserstraßenverwaltung

Wasserstraßen wie die Donau, March und Thaya fallen in den Aufgabenbereich des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT). Die Aufgaben der Bundeswasserstraßenverwaltung sind im Wasserstraßengesetz, Bundesgesetzblatt I Nr. 177/2004 geregelt.

3.2 Den Hochwasserschutz betreffende Gesetze und Richtlinien

Die rechtlichen Grundlagen für den Hochwasserschutz sind in Österreich im Wasserrechtsgesetz (WRG 1959), Wasserbautenförderungsgesetz (WBFG 1985), in den technischen Richtlinien für die Bundeswasserbauverwaltung (RI-WA-T 2006), sowie im Forstgesetz, Raumordnungs- und Baugesetz verankert. Das Raumordnungs- und Baugesetz werden von den jeweiligen Bundesländern geregelt.

3.2.1 Wasserrechtsgesetz (WRG 1959)

Das Wasserrechtsgesetz organisiert den Umgang mit Gewässern unter besonderem Augenmerk auf das öffentliche Interesse. Vor allem der vierte Abschnitt „von der Abwehr und der Pflege der Gewässer“ ist für den Hochwasserschutz ausschlaggebend. Im Allgemeinen ist jeder Grundbesitzer eines Ufergrundstückes selbst verantwortlich für eine entsprechende Hochwassersicherung zu sorgen. In vielen Fällen ist die Privatperson aber nicht in der Lage, die vom Wasserrechtsgesetz geforderten Anforderungen fachlich aber auch finanziell nachzukommen.

⁶ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Sektion Wasser, Wien 2007: „Hochwasserschutz, Ziele - Strategien – Maßnahmen“, S 16

3.2.2 Wasserbautenförderungsgesetz (WBFG 1985)

Dieses Gesetz hat die Aufgabe die Finanzierung, Förderung von Hochwasserschutzmaßnahmen und die dafür notwendige Planung zu regeln. Die Höhe der Förderung ist abhängig von dem Gewässer und der Art der Maßnahme. Das WBFG unterscheidet zwischen Grenzgewässern, Bundesgewässern und Interessentengewässern. Ausgenommen sind Wildbäche und Wasserstraßen, diese fallen in andere Zuständigkeitsbereiche.

3.2.3 Technische Richtlinie für die Bundeswasserbauverwaltung (RIWA-T 2006)

Hochwasserschutzmaßnahmen für ungenutztes Bauland in der roten Zone (Gefahrenzonenplan) sowie Schutzmaßnahmen für Bauten innerhalb des HQ₃₀- Abflussraum werden aus Bundesmitteln nicht gefördert.⁷ Bei Missachtung der gesetzlichen Vorschriften (Freihaltung von Hochwassergebieten, Gefahrenzonenplan) kann es im Falle eines Hochwassers dazu kommen, dass keine Entschädigung aus dem Katastrophenfond erfolgt. Die Bundeswasserbauverwaltung setzt die Hochwasserschutzmaßnahmen der Bundes- und Grenzgewässer und der Interessentengewässer im Sinne der Anforderungen des Wasserbautenförderungsgesetzes um. Sie ist ebenso für die Mitteilung der Bevölkerung über die Hochwasseranschlagslinien HQ₃₀ und HQ₁₀₀ und die Gefahrenzonenpläne zuständig.

Zu den Bundesgewässern zählen unter anderem:

Drau, Enns, Gail, Inn, Lech, Leitha, Mur, Saalach, Salzach, Traisen, Traun, Ybbs und Ziller.

In Summe sind in Österreich 2.800 km als Bundesgewässer ausgewiesen. Als Grenzgewässer werden jene Gewässerbereiche bezeichnet, die einen Grenzverlauf mit einem angrenzenden Staat bilden.

⁷ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Sektion Wasser, Wien 2007: „Hochwasserschutz, Ziele - Strategien – Maßnahmen“, S 17

3.2.4 Forstgesetz

Im Forstgesetz ist der Schutz vor Lawinen, Wildbächen und Muren geregelt.

Ein Wildbach ist ein steiler Gebirgsbach, der manchmal stark anschwillt und große Mengen an Gesteinsschutt, Geschiebe, Erdreich, Holz oder ganze Baumstämme mit sich führt. Hauptcharakteristika von Wildbächen im Alpenraum sind das starke Gefälle, sowie durch Schneeschmelze und heftige Gewitter innerhalb kurzer Zeit stark variierende Abflusswerte. Wildbäche kommen seltener auch im hügeligen Flachland vor. Dort treten sie an steilen Hügel-
flanken auf. Sie überwinden typischerweise keine große Höhendifferenz, aber weisen dafür häufig ein größeres Einzugsgebiet als Gebirgsbäche auf.

Wildbäche können prinzipiell in drei Abschnitte unterteilt werden. Im Sammeltrichter an den Berghängen sammelt sich das Wasser, erodiertes Erdreich und Steingestriebe. Durch eine Abflussrinne fließt es anschließend in hoher Geschwindigkeit in den Schwemmfächer, wo sich das Geschiebe ablagert.

Die dazugehörigen Einzugsgebiete der Wildbäche werden durch Verordnungen vom Landeshauptmann festgelegt. Die Gefahrenzonenpläne der Wildbacheinzugsgebiete, die von der WLW erstellt werden, sind in den Gemeindeämtern öffentlich zugänglich.

3.2.5 Raumordnungsgesetze und Baugesetze der Länder

Die Raumordnungsgesetze der einzelnen Länder sind für das Örtliche Entwicklungskonzept (ÖEK), dem Flächenwidmungsplan und für den Bebauungsplan zuständig. Alle Raumordnungsgesetze der einzelnen Bundesländer haben ähnliche Forderungen zur „gefahrlosen“ Entwicklung der Siedlungsräume.

Für den Hochwasserschutz, dies gilt für den stationären ebenso wie für den mobilen Hochwasserschutz ist in der Regel ein Planfeststellungsverfahren und eine Umweltverträglichkeitsprüfung notwendig. Hierfür sind dann die jeweiligen Raumordnungsgesetze, Landeswassergesetze und Verwaltungsverordnungen der einzelnen Länder zu berücksichtigen.

3.2.6 Rechtliche Grundlagen am Beispiel Steiermark

Für die Steiermark gelten folgende Gesetze:

- Steiermärkisches Raumordnungsgesetz
 - § 3 Abs. 1 und 2: Raumordnungsgrundsätze und –ziele
 - § 21 Abs. 1: ÖEK
 - § 22 Abs. 7, Zif. 3 und 4: Ersichtlichmachung von Gefahrenzonenplänen, Flächen, die durch Hochwasser udgl. gefährdet sind.
 - § 23 Abs. 1: Eignungskriterien für vollwertiges Bauland
 - § 23 Abs. 3 und 4: Aufschließungsgebiete und Sanierungsgebiete
 - § 30 Abs. 3: Änderung von ÖEK und Flächenwidmungsplänen

Wesentliche Regelungen im Sinne des Raumordnungsgesetzes erfolgen im Sachprogramm für die hochwassersichere Entwicklung von Siedlungsräumen (SAPRO)
- Steiermärkisches Baugesetz
 - § 5 Abs. 1 Zif. 5: Bauplatzeignung

Eine Grundstücksfläche ist als Bauplatz für die vorgesehene Bebauung geeignet, wenn ...

1. eine Bebauung nach dem Steiermärkischen Raumordnungsgesetz zulässig ist,
2. eine hygienisch einwandfreie und für den Verwendungszweck der geplanten baulichen Anlage ausreichende Wasserversorgung sowie
3. eine für den Verwendungszweck der geplanten baulichen Anlage entsprechende Energie- und Abwasserversorgung sichergestellt ist,
4. der Untergrund tragfähig ist sowie die vorgesehene Bebauung keine Gefährdung der Standsicherheit benachbarter baulicher Anlagen zur Folge hat,
5. Gefährdung durch Lawinen, Hochwasser, Grundwasser, Vermurungen, Steinschlag, Rutschungen und dergleichen nicht zu erwarten sind und

6. eine für den Verwendungszweck geeignete und rechtliche gesicherte Zufahrt von einer befahrbaren öffentlichen Verkehrsfläche besteht.

Die Bauplatzeignung wird in einem baubehördlichen Genehmigungsverfahren geprüft. Eine mögliche Gefährdung durch ein Hochwasserereignis wird in Abhängigkeit von der geplanten Nutzung und der technischen Gestaltung des Objektes sowie den zu erwartenden Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten bei einem HQ_{100} beurteilt. Bereiche des Grundstückes, die mit Gebäuden oder sonstigen Bauwerken wie Carports, Terrassen, Autoabstellflächen bebaut sind, müssen bis zu einem HQ_{100} gesichert sein.

- Wasserrechtsgesetz
§ 38: Vierter Abschnitt „Von der Abwehr und Pflege der Gewässer – besondere bauliche Herstellungen
- Forstgesetz
Verordnung 1976, Gefahrenzonenplan

Für die Bemessung und konstruktive Gestaltung sind anerkannte Regelwerke, Normen und Empfehlungen zu beachten.

3.3 Örtliche Raumplanung und Hochwasserschutz

Instrumente der örtlichen Raumplanung sind der Flächenwidmungsplan und der Bebauungsplan. Ebenfalls sind hier auch die Bauvorschriften der einzelnen Länder zu nennen, sie fließen auch in die örtliche Raumplanung ein.

Ziel bzw. Forderung an die örtliche Raumplanung ist ein passiver Gefahrenschutz, das heißt, dass in Gefahrenzonen keine Baulandwidmung erfolgen darf. Diese Gefahrenflächen sind im Flächenwidmungsplan deutlich zumachen. Die Hauptaufgabe hinsichtlich des Hochwasserschutzes ist somit das Betreiben eines Flächenmanagement.

3.3.1 Hochwasserabflussuntersuchungen

Hochwasserabflussuntersuchungen sind Gutachten, die das Hochwasserabflussgebiet bei einem bestimmten Hochwasserereignis darstellen und im jeweiligen behördlichen Bewilligungsverfahren zu berücksichtigen sind.⁸

- HQ₃₀
- HQ₁₀₀
- HQ₃₀₀

Das sind Hochwasserereignisse, die alle 30, 100 und 300 Jahre einmal auftreten.

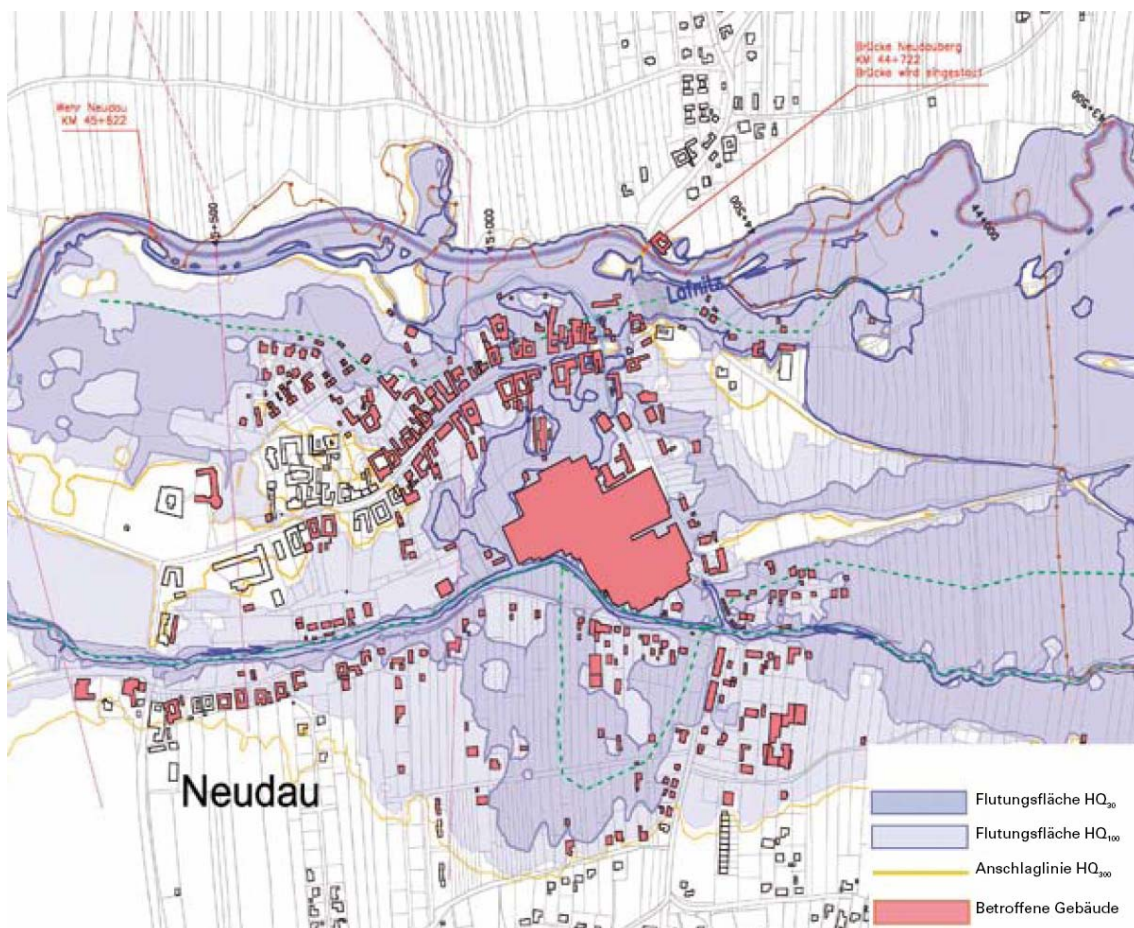


Abb. 12 Beispiel einer Hochwasserabflussuntersuchung der Bundeswasserbauverwaltung [15]

⁸ Amt der Steiermärkischen Landesregierung Fachabteilung 13B – Bau und Raumordnung Fachabteilung 19A – Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft, Graz im Dezember 2008: „Leitlinie für die Durchführung der örtlichen Raumordnung und von Bauverfahren bei Gefährdung durch wasserbedingte Naturgefahren“, S 6

3.3.2 Gefahrenkarten und Gefahrenzonenplanung

Gefahrenkarten zeigen für ein bestimmtes Gebiet, durch welche Gefahren es bedroht sein kann (Überschwemmung, Murgang, Lawine etc.) und werden durch Spezialisten erstellt. Seit 1983 werden analog zu den Gefahrenzonenplänen der Wildbach- und Lawinenverbauung, die bereits seit 1965/66 erarbeitet werden, auch Gefahrenzonenpläne für den Flussbau durch die Bundeswasserbauverwaltung erstellt.

Gefahrenkarten sind die Grundlage, um Gefahren wie Hochwasser, Lawinen etc. in der örtlichen Raumplanung (Flächenwidmungsplanung) zu berücksichtigen. Sie dienen ebenso der Planung und Realisierung von Schutzbauten und der organisatorischen Maßnahmen zum Beispiel zur Durchführung von Evakuierungen.

Maßgebend für die Erstellung von Gefahrenzonenplänen in Österreich waren die Hochwasser in Kärnten und Osttirol im Jahr 1965 und 1966.

Der Gefahrenzonenplan wird in Österreich durch die Wildbach- und Lawinenverbauung und von der Bundeswasserbauverwaltung für Wildbäche bzw. für Flüsse erstellt. Rechtliche Grundlage der Gefahrenzonenerstellung sind das Forstgesetz 1975 sowie die nachgefolgte Gefahrenzonenverordnung 1976. Diese Gefahrenzonen sind in den Flächenwidmungsplänen sichtbar zu machen. In der Steiermark sind diese Pläne seit 2005 verbindlich verordnet. Gefahrenzonen haben so lange Gültigkeit, bis sich die Verhältnisse im Einzugsgebiet ändern, nach Verbauungen oder durch neue Erkenntnisse nach Katastrophenereignissen.

3.3.3 Gliederung des Gefahrenzonenplans gemäß Bundeswasserbauverwaltung

In den technischen Richtlinien (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion Wasser, Fassung 2006: „Richtlinie zur Gefahrenzonenausweisung für die Bundeswasserbauverwaltung“) sind die Aufgaben und die Planungsgrundsätze der Gefahrenzonenpläne des Flussbaus erläutert. Sie werden durch die Bundeswasserbauverwaltung veranlasst

oder eigenständig erstellt. Die Hauptaufgabe eines Gefahrenzonenplans ist es die Art und das Ausmaß der Gefahren bei Eintritt des Bemessungsereignisses HQ_{100} darzustellen.

In der Richtlinie für die Bundeswasserbauverwaltung, „Technische Richtlinien gemäß § 3 Abs. 2 WBFVG, RIWA – T“, die am 23.11.1994 festgelegt wurde, wurden die Gefahrenzonen für Flüsse nur in Rote und Gelbe Gefahrenzonen unterteilt. Planungsgrundsätze waren ein HQ_{100} als maßgebliches Ereignis und die Ausweisung der Anschlaglinie eines HQ_{30} .

Wobei die

- Rote Gefahrenzone

jenen Abflussbereich und Uferzonen umfasst, in denen Zerstörung oder extreme Beschädigung von Bauobjekten und Verkehrsanlagen und ebenso von anderen beweglichen und unbeweglichen Gütern möglich ist. In dieser Gefahrenzone ist das Leben von Personen in Gefahr.

- Gelbe Gefahrenzone

umfasst jene Abflussbereiche, in denen für Gebäude und Verkehrsanlagen eine geringere Bedrohung besteht. Es sind hier Beschädigungen der Gebäude und Verkehrsanlagen möglich und es kann zu Verkehrsbehinderungen kommen.

Es gab 2004 einen neuen Richtlinienentwurf. Die Ausgangsbasis dafür war die „RIWA – T“. Planungsgrundsätze sind hier ein HQ_{100} als maßgebliches Ereignis und eine Ausweisung der Anschlaglinien eines HQ_{30} und HQ_{300} . Ebenso sind an Berührungspunkten mit Wildbacheinzugsgebieten die Gefahrenzonenpläne mit der Wildbach- und Lawinerverbauung abzustimmen. Daraus hat sich laut „Richtlinie zur Gefahrenzonenausweisung für die Bundeswasserbauverwaltung“ Fassung 2006, des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft folgende Zonenabgrenzung ergeben ...

- HQ_{30} Zone (wasserrechtliche Bewilligungszone)

Die HQ_{30} Anschlaglinie ist gemäß §38 Abs. 3 WRG ersichtlich zu machen.

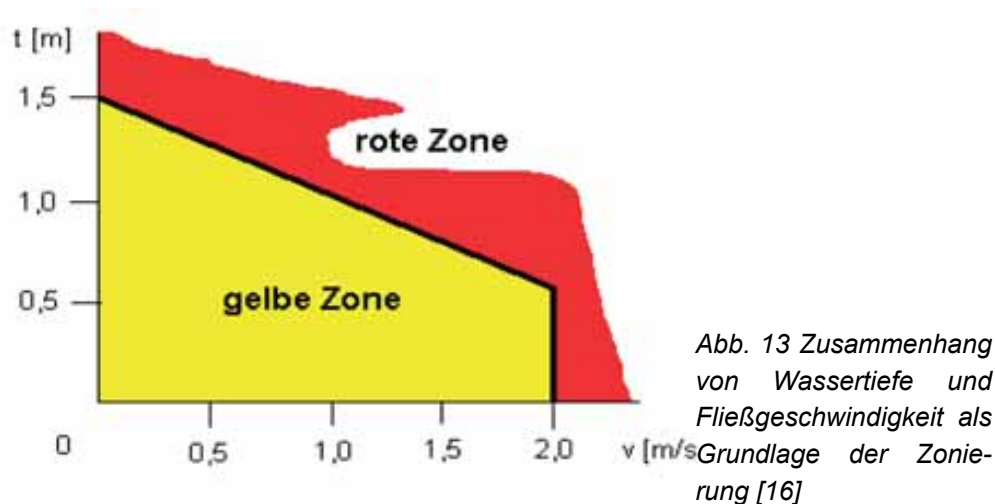
- Rote Zone (Bauverbotszone)

Rote Zonen sind jene Areale, die zur ständigen Nutzung von Siedlungs- und Verkehrszwecke, wegen der möglichen hohen Beschädigung durch das Bemessungsereignisses nicht geeignet sind. Das sind Abflussbereiche und Uferzonen von Gewässern, in denen Zerstörung oder extreme Beschädigung von Bauobjekten und Verkehrsanlagen und ebenso von beweglichen und unbeweglichen Gütern möglich ist. In dieser Zone ist das Leben von Personen in Gefahr.

Folgende Flächen sind als Rote Gefahrenzone auszuweisen:

- Überflutungsbereiche, bei denen die Kombination aus Wassertiefe t und Fließgeschwindigkeit v die nachstehenden Grenzwerte überschreitet:

$$t \geq 1,5 - 0,5 \cdot v \text{ oder } v \leq 3,0 - 2,0 \cdot t \text{ für } 0 \leq v \leq 2,0$$



- Bereiche mit Flächenerosion und Erosionsrinnenbildung bei der Überschreitung der für die jeweiligen Boden- und Geländeverhältnisse zulässigen Grenzwerte für Fließgeschwindigkeit v [m/s] und Schleppspannung τ [N/mm²]
- Gewässerbett und Bereiche möglicher Uferanbrüche unter Berücksichtigung der zu erwartender Nachböschung und Verwerfung einschließlich dadurch ausgelöster Rutschungen

- Rot – Gelbe Zone (Retentions-, Abfluss- und wasserwirtschaftliche Vorrangzone)

Die Rot – Gelbe Gefahrenzone sind Areale, die für den Hochwasserabfluss erforderlich sind oder wegen der zu erwartenden Auswirkungen bei abflussbeeinträchtigenden Maßnahmen auf das Gefahrenpotential und das Abflussverhalten des Gewässers eine entscheidende Funktion für den Hochwasserrückhalt aufweisen.

- Gelbe Zone (Gebots- und Vorsorgezone)

Die Gelben Zonen sind jene Abflussbereiche, die sich zwischen der Roten und der Rot – Gelben Zone und der Anschlaglinie des Bemessungsereignisses ausgewiesen sind. In ihnen können unterschiedliche Gefahren geringeren Ausmaßes auftreten. Es sind Beschädigungen von Bauobjekten und Verkehrsanlagen und Verkehrsbehinderungen möglich. Daher ist eine ständige Nutzung durch Siedlungs- und Verkehrszwecke nicht möglich.

- Blaue Zone (Wasserwirtschaftliche Bedarfzone)

Als Blaue Zonen werden Flächen bezeichnet, die für wasserwirtschaftliche Maßnahmen oder für die Aufrechterhaltung ihrer Funktion benötigt werden.

- Gefahrenbereich bis HQ_{300} (Hinweisbereich)

In diesen Bereichen wird das Bemessungsereignis bis zu einem HQ_{300} überschritten und bedingt das Versagen schutzwasserbaulicher Anlagen. Sie sind rot oder gelb schraffiert zu markieren. Dadurch wird ein Restrisiko deutlich gemacht.

Der Gefahrenzonenplan gliedert sich in einen Berichtteil und einer planerischen Darstellung. Inhalte des Berichtteils sind der Erhebungszeitpunkt, das Bearbeitungsgebiet, die für die Bearbeitung verwendeten Grundlagen und die dafür gewählte Methodik. Der planerische Teil beinhaltet Übersichtskarten, Katasterplan oder eine gleichwertige Luftbildaufnahme, in der die Gefahrenzonen farblich eingetragen sind.

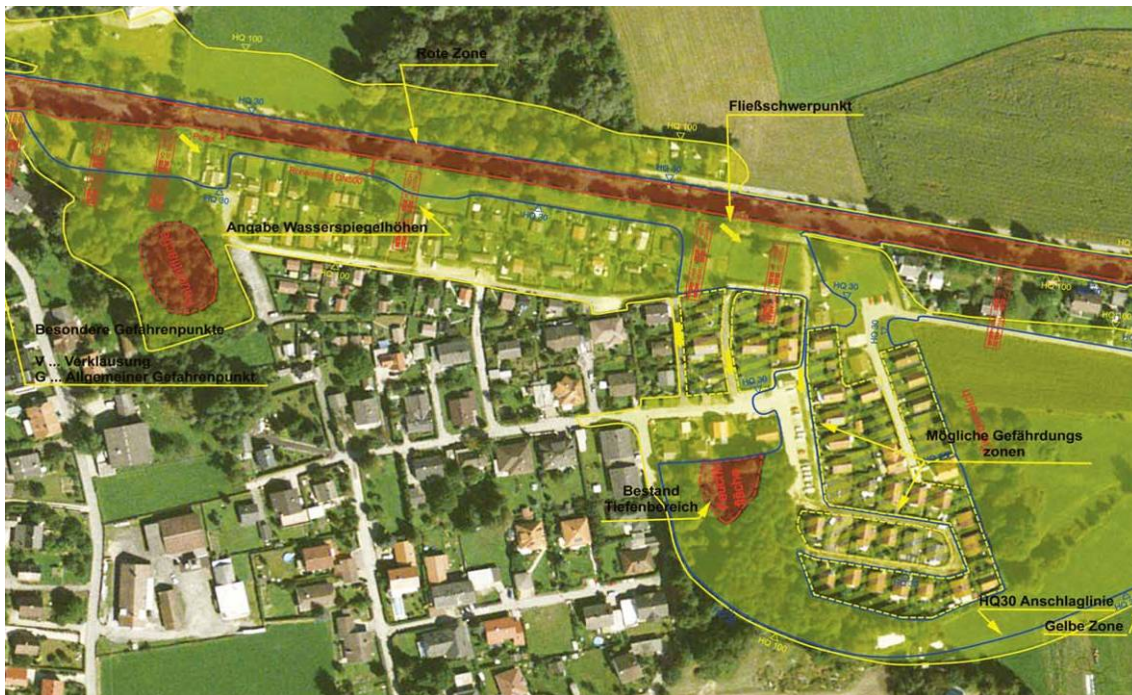


Abb. 14 Darstellung eines aktuellen Gefahrenzonenplan [17]

Wie bereits erwähnt erfolgt die Erstellung der Gefahrenpläne für Flüsse durch die Bundeswasserbauverwaltung. Im Wirkungsbereich der Länder kann die Gefahrenzonenplanung des Flussbaues auf Grund von landesgesetzlichen Vorschriften, die die örtliche Raumplanung betreffen, den erwünschten einschränkenden Einfluss auf die Siedlungstätigkeit ausüben.⁹ Durch die Bauordnungen der jeweiligen Bundesländer können Grundstücke, die durch natürliche Bedrohungen gefährdet sind, als nicht zur Bebauung geeignete Grundstücke gekennzeichnet werden.

Die genehmigten Gefahrenzonenpläne liegen beim BMLFUW, bei der Landesregierung und bei den betreffenden Gemeinden auf.

3.3.4 Gliederung des Gefahrenzonenplans gemäß Wildbach- und Lawinerverbauung

Der Gefahrenzonenplan der Wildbach- und Lawinerverbauung ist ein Gutachten über die Gefährdung durch Wildbäche, Lawinen und Erosionen. Er dient zur

⁹ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Sektion Wasser, Wien 2007: „Hochwasserschutz, Ziele - Strategien – Maßnahmen“, S 34

Unterstützung der Baubehörde, der örtlichen Raumordnung und dem Sicherheitswesen. Die rechtlichen Grundlagen des Gefahrenzonenplanes finden sich im Forstgesetz von 1975.

Gemäß der Wildbach- und Lawinenverbauung erfolgte folgende Gliederung:

- Rote Zone: eine Gefährdung durch Wildbäche oder Lawinen ist so groß, dass eine Besiedelung hier nicht, oder nur mit großen Aufwand möglich ist
- Gelbe Zone: eine ständige Benutzung für Siedlungs- und Verkehrszwecke ist hier beeinträchtigt, Bebauung ist hier nur eingeschränkt und unter Einhaltung von Auflagen möglich
- Blaue Zone: sind Vorbehaltsbereiche für zukünftige Schutzmaßnahmen
- Braune Zone: Hinweisbereiche, von Naturgefahren, die nicht von Lawinen oder Wildbächen hervorgerufen werden (Steinschlag, Rutschgebiete)
- Violette Zone: der gegenwärtige Zustand muss hier erhalten bleiben, um eine Schutzfunktion gewährleisten zu können (vorhandener Zustand bietet bereits Schutz, Hochwasserrückhalteräume, natürliche Ablenkdamme)

Der Gefahrenzonenplan wird unter Beachtung eines HQ_{150} und häufiger Ereignisse ermittelt.



Abb. 15 Gefahrenzonenpläne links [18], rechts [19]

Ebenso wie der Gefahrenzonenplan der Bundeswasserbauverwaltung liegt der Gefahrenzonenplan der WLVB bei der Landesregierung, der Bezirksverwaltungsbehörde, der betreffenden Gemeinde und der Gebietsbauleitung der Wildbach- und Lawinerverbauung auf.

3.3.5 Flächenwidmungsplan

Jede Gemeinde hat im Zuge der örtlichen Raumplanung einen Flächenwidmungsplan für ihr Gemeindegebiet zu erstellen. Der Flächenwidmungsplan legt die einzelne Nutzung von Grundstücken fest. In ihm wird das Gemeindegebiet (zum Beispiel in der Steiermark) in

- Bauland
- Verkehrsflächen und
- Freiland gegliedert.

Diese Unterteilung ist in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich. Hochwasserabflussberechnungen und Gefahrenzonenpläne sind in der Flächenwidmungsplanung zu berücksichtigen. Auf Basis der Flächenwidmungspläne sind nun von der örtlichen Raumplanung Bebauungspläne zu erstellen. Sie beinhalten erforderliche Einzelheiten für eine geordnete Verbauung, wie Bebauungsweise, Fluchtlinien, zulässige Gebäudehöhe usw.



Abb. 16 Beispiel für einen Flächenwidmungsplan [20]

3.3.6 Bebauungsplan und Bauvorschriften

Bebauungsplan und Bauvorschriften sind ebenfalls Instrumente der örtlichen Raumplanung. Sind Flächen im Flächenwidmungsplan als Bauland ausgewiesen, können für diese Bebauungspläne erstellt werden. Der Bebauungsplan regelt die räumliche Verteilung und die Gestaltung der Bebauung und der Freiflächen, Bauland sowie Art und Verlauf der Erschließung. Dadurch hat er eine große Bedeutung für Gebiete, die nicht unmittelbar („Gelben Zonen“) von Hochwasserereignisse gefährdet sind. Ebenso kann durch gefahrenbezogene Bauvorschriften das Schadensbild an Gebäuden deutlich verringert werden. (Hauseingänge werden beispielsweise auf der gefahrenabgewandten Seite errichtet, nur Nebengebäude mit untergeordneter Nutzung werden der Gefahrenseite zugewandt) Diese Mindestanforderungen können für das gesamte Gebiet in der Bebauungsplanung vorgesehen werden, was in der Praxis jedoch selten vorkommt. Die Berücksichtigung von Hochwassergefahren erfolgt meist in den Vorschriften der Landesbauordnung. Diese enthalten Mindesthöhenlagen von Fußbodenoberkanten, Fenstern auf der Gefahrenseite, Gestaltung von Einfriedungen, Erhaltung von Grünflächen oder Querschnittgestaltung von Verkehrsflächen.

3.4 Wasserbedingte Naturgefahren, die Vorgehensweise auf Gemeindeebene

3.4.1 Maßnahmen bei bekannten wasserbedingten Naturgefahren¹⁰

Wasserbedingte Naturgefahren werden mittels Hochwasserabflussuntersuchungen und Gefahrenzonenplänen aufgezeigt. Hochwasserabflussuntersuchungen werden an jenen Gewässern vorgenommen, für die die Bundeswasserbauverwaltung (Bundesflüsse) zuständig ist.

¹⁰ Amt der Steiermärkischen Landesregierung Fachabteilung 13B – Bau und Raumordnung Fachabteilung 19A – Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft, Graz im Dezember 2008: „Leitlinie für die Durchführung der örtlichen Raumordnung und von Bauverfahren bei Gefährdung durch wasserbedingte Naturgefahren“, S 6

Sind der Gemeinde Risiken aus wasserbedingten Naturgefahren bekannt, sind folgende Maßnahmen in Zusammenarbeit mit der Raumplanung zu ergreifen:

- Prüfung der Auswirkung der Ausweisung von Hochwasserabflussgebieten und Gefahrenzonen auf rechtswirksame Planungsfestlegungen in den einzelnen örtlichen Planungsinstrumenten
- Prüfung in wie weit potentiell, laut ÖEK (Örtliches Entwicklungskonzept) bzw. im Flächenwidmungsplan ausgewiesenes, Bauland betroffen ist.
- Information und Beratung der von der Abflussuntersuchung oder dem Gefahrenzonenplan betroffenen Grundeigentümer durch die Gemeinde in Zusammenhang mit Planungsbüros und zuständigen Verwaltungsdienststellen.

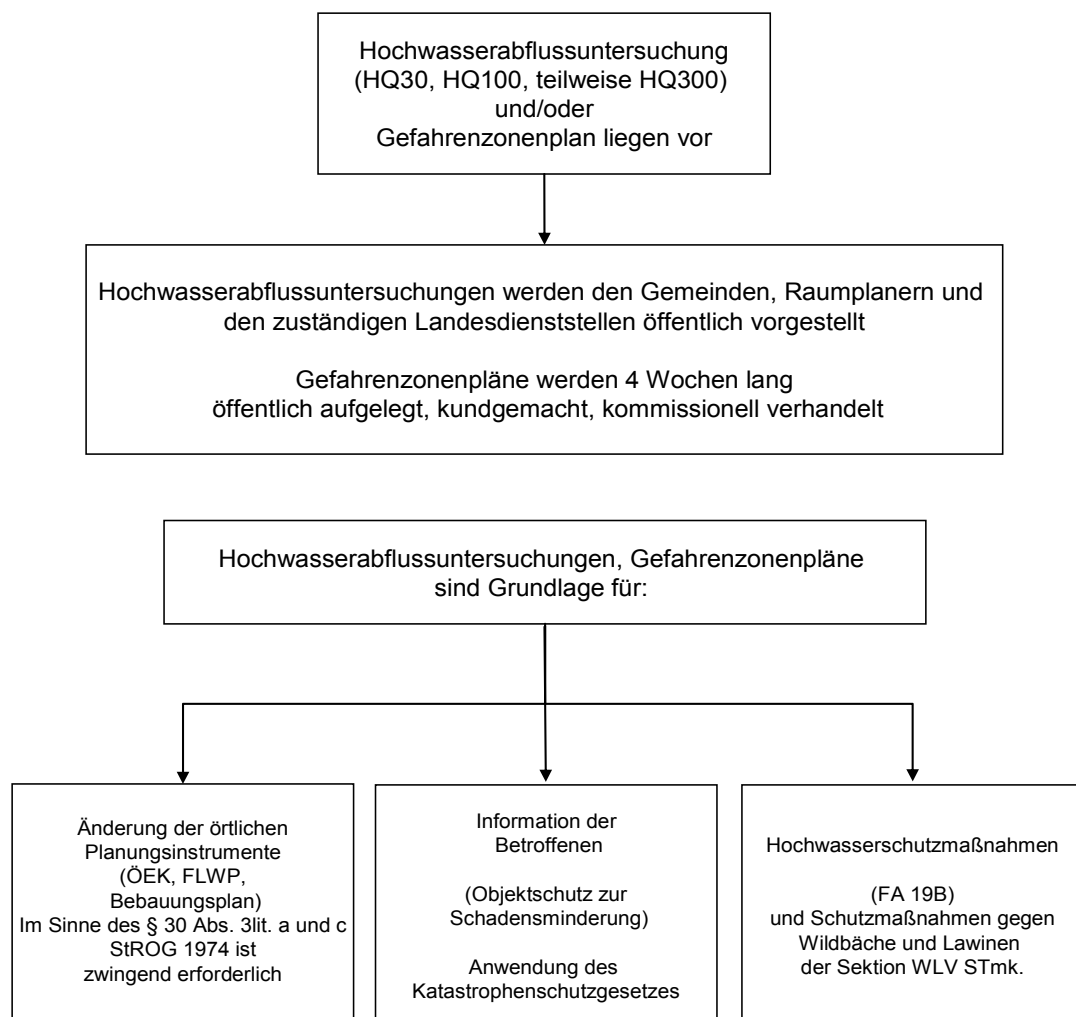


Abb. 17 Übersichtsschema für Maßnahmen bei bekannten wasserbedingten Naturgefahren [21]

3.4.2 Auswirkungen von einem bekannten Naturgefahrenrisiko auf bestehendes, vollwertiges Bauland und auf Sondernutzungen im Freiland

Die Gefährdung basiert auf dem HQ₁₀₀ bzw. der roten Zone im Gefahrenzonenplan.

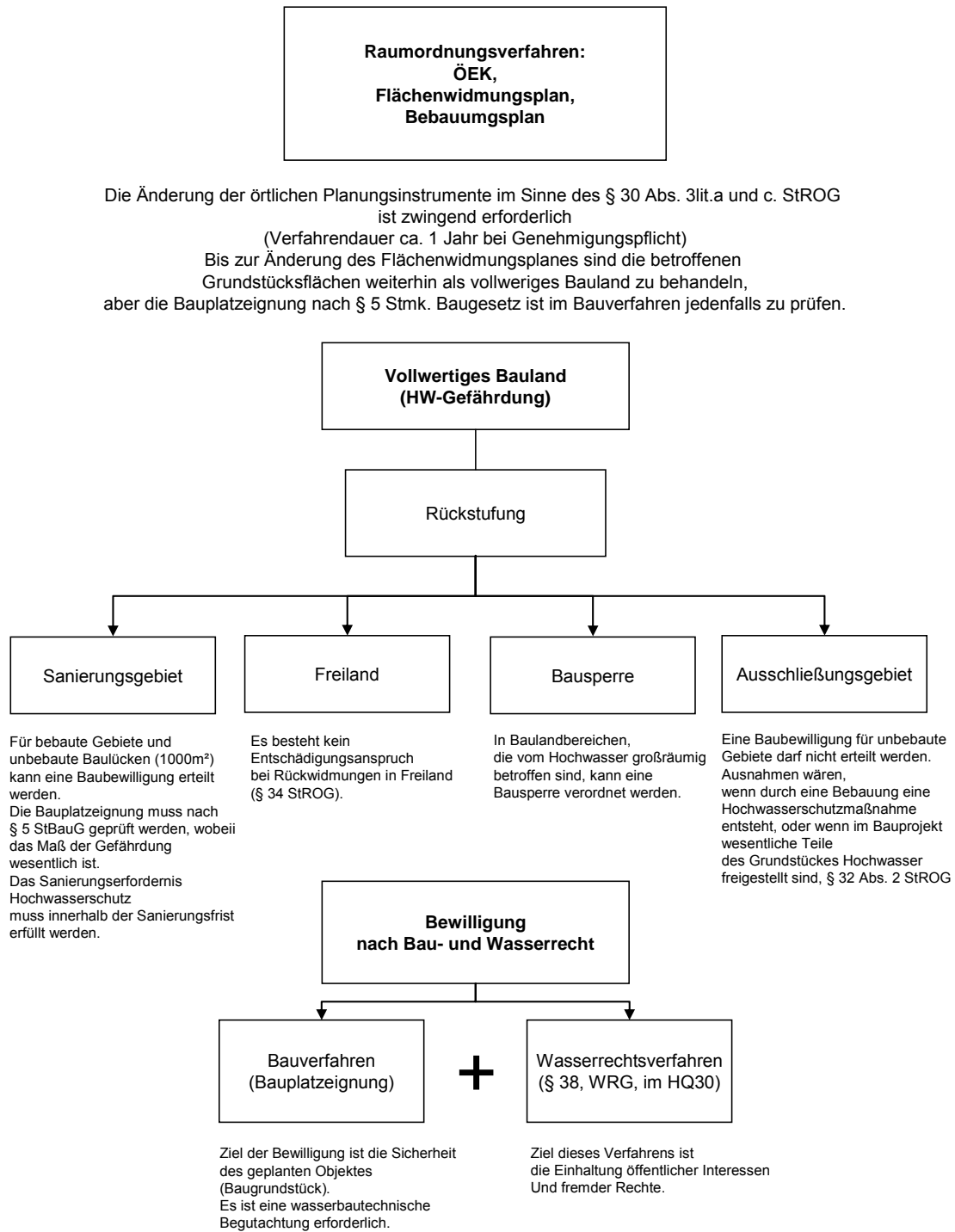


Abb. 18 Übersichtsschema betreffend die Auswirkungen von Abflussuntersuchungen auf Bauland [22]

3.4.3 Auswirkungen von einem bekannten Naturgefahrenrisiko auf das Freiland

Die Gefährdung basiert auf einer Ausweisung von HQ₁₀₀ bzw. der roten Zone im Gefahrenzonenplan. Laut SAPRO (Sachprogramm Grazer Bäche) ist derart vorzugehen:

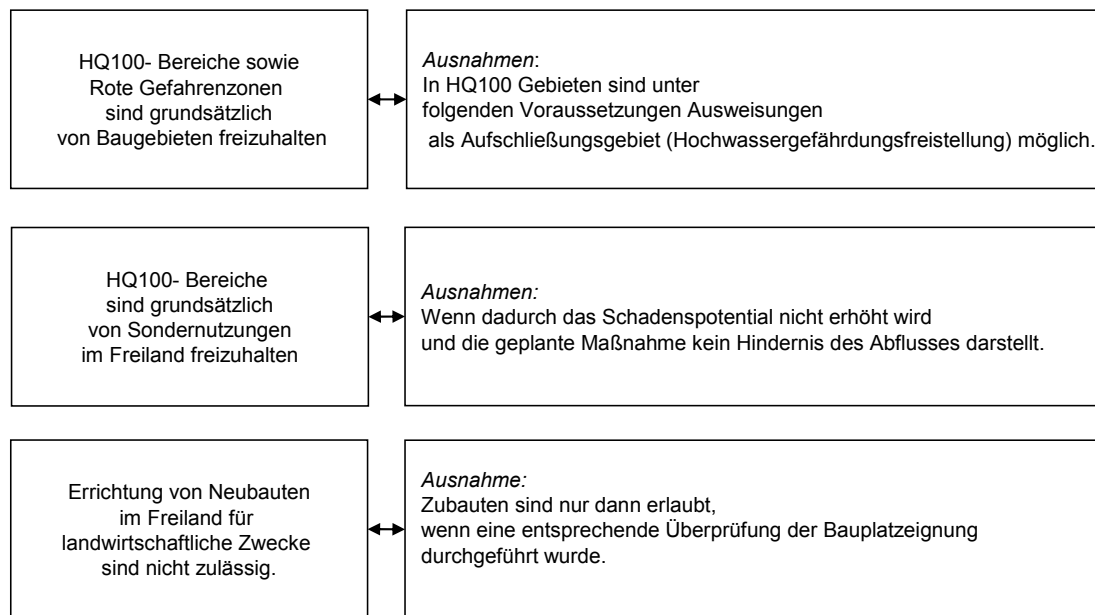


Abb. 19 Übersichtsschema betreffend der Auswirkungen von Abflussuntersuchungen bei der Umwidmung von Freiland [23]

4. Hochwasserschutz

4.1 Historischer Überblick

Städte sind in der Vergangenheit hauptsächlich aus wirtschaftlichen und strategischen Gründen an Gewässern entstanden. Die Gewässer und Flüsse wurden vielfältig genutzt, als Nahrungsquelle, Transportweg, und später auch zur Energiegewinnung. Der Hochwasserschutz findet in Österreich bereits mit der Besiedelung der Alpentäler seinen Beginn. Um der Hochwassergefahr entgegenzuwirken besiedelte man vor allem erhöhte Uferbereiche außerhalb der Gewässerauen. Für die Entstehung der staatlichen Schutzwasserwirtschaft waren die Schifffahrt auf den größeren Flüssen und die dafür notwendigen Räumungen und Regulierungen entscheidend.¹¹ Im Jahr 1788 wurden die Baudirektion und Kreisämter gegründet, diese waren nun für die Räumung der Flüsse, Bäche und für die Instandhaltung der Schleusen, Wehre und Abflüsse zuständig. Das Wasserbaunormale 1830 legt die, für Wasserbauten durchzuführende Verfahren fest. Das Reichswassergesetz von 1869 regelte das Wasserrecht, und ist somit die Grundlage unseres jetzigen Wasserrechtsgesetzes. Im 19. Jahrhundert wurde Österreich immer wieder von extremen Hochwassern erschüttert. Nachdem die Bewohner nicht mehr in der Lage waren sich selbst zu schützen entstanden 1884 das Wildbachverbauungsgesetz und das Meliorationsgesetz. Ab diesem Zeitpunkt wurden an nahezu allen größeren Flüssen schutzwasserbauliche Maßnahmen durchgeführt.¹² Ihr Ziel war die „Beherrschung“ des Gewässers und ihrer Umgebung. Die zunehmende wirtschaftliche Entwicklung und die damit verbundene steigende Population in den urbanen Gebieten führten auch zur Nutzung von flussnahen Flächen. Dadurch waren nun Menschen und Sachwerte vermehrt vom Hochwasser bedroht. Dies zog eine Erhöhung der Schutzmaßnahmen nach sich. Ziel war der Bau von Dämmen als Überschwemmungsschutz, Uferschutzbauwerke zum Schutz vor Seitenerosion, Begradigung der Flüsse, um eine Sohlerosion hervorzurufen und dadurch die

^{11, 12} Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Sektion Wasser, Wien 2007: „Hochwasserschutz, Ziele - Strategien – Maßnahmen“, S 18

Wasserspiegellage zu senken und die Zusammenlegung vielarmiger Gerinne in ein einheitliches Gewässer. Aus heutiger Sicht wurden die in der Vergangenheit gesetzten Ziele erreicht. Man hat aber die Langzeitwirkungen der einzelnen Eingriffe zu wenig beachtet bzw. einfach unterbewertet. Die dadurch entstandenen negativen Folgen, wie Sohleintiefung, Erhöhung und/oder Beschleunigung der Hochwasserwellen und auch die Geschiebeproblematik verlangen nun entsprechende Maßnahmen. Eine Aussiedelung bzw. Veränderung der Nutzung des gefährdeten Gebietes ist heute in den meisten Fällen nicht möglich. Man unterscheidet demgemäß in

- Passiven Hochwasserschutz und
- Technischen Hochwasserschutz

4.2 Passiver Hochwasserschutz oder auch natürlicher Wasserrückhalt

Unter passivem Hochwasserschutz (natürlicher Wasserrückhalt) versteht man in erster Linie die Vermeidung aller Maßnahmen, die Hochwasserabfluss intensivieren. Man versucht somit den natürlichen Wasserrückhalt zu erhöhen. Ziel ist es in

- Sicherstellung ökologischer Funktionsfähigkeit
- Wasserrückhalt in der Fläche
- Entsprechende Retentionsflächen
- Einlösung häufig überfluteter Areale
- Verlegung bestehender Nutzungen in nicht gefährdete Zonen
- Entsiegelung von Flächen
- Senkung der Hochwasserspitzen
- Verlängerung der Vorwarnzeiten
- Information der gefährdeten Bewohner

zu investieren.

Jeder Kubikmeter Wasser, der durch die Wiedergewinnung von Überschwemmungsgebieten, durch Gewässerrestrukturierungen, Entsiegelung, Versickerung und durch standortgerechte Land- und Forstbewirtschaftung sowie durch

Erhalt und Förderung von Kleinstrukturen zur Wasserrückhaltung in der Landschaft zurückgehalten wird, ist ein Gewinn für den Naturhaushalt und entlastet uns beim Hochwasser.¹³

4.3 Technischer Hochwasserschutz

Beim technischen Hochwasserschutz kann man nochmals zwischen passivem und aktivem Hochwasserschutz unterscheiden. Als passiver Hochwasserschutz sind hier jene Maßnahmen genannt, die dauerhaft Schutz gewähren. Das sind:

- Hochwasserrückhaltebecken



Abb. 20 Hochwasserrückhaltebecken [24], Grundablass [25]

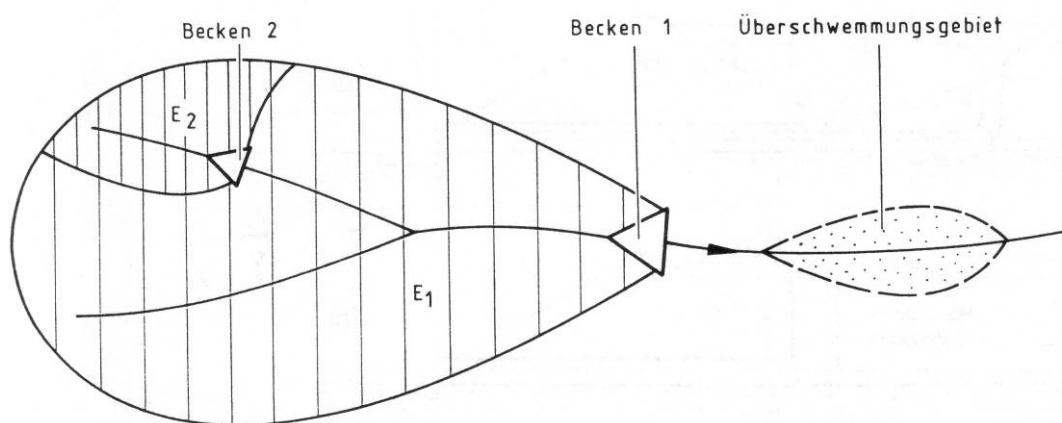


Abb. 21 Wirkung eines Hochwasserrückhaltebeckens [26]

¹³ Land Steiermark Wasserwirtschaft Land Steiermark, Passiver Hochwasserschutz: <http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/ziel/4664282/DE/>, Graz im Jänner 2011

- Talsperren



Abb. 22 Olefalsperre, Deutschland [27]

- Damm



Abb. 23 Speicher Soboth, Österreich [28]

- Deichbau und Deichrückverlegung



Abb. 24 Elbdeich Torgau Glacis- Polbitz [29]

- Schutz durch Polder

Polder sind Flächen, die durch Deiche vor Überschwemmungen geschützt werden und in denen der Wasserstand künstlich geregelt wird.



Abb. 25 Polder hinter dem Deich Koelhool Friesland, NL [30]

Alle Maßnahmen im akuten Hochwasserfall werden als aktiver Schutz bezeichnet. Dieser wird auch mobiler Hochwasserschutz genannt und in nachfolgenden Kapiteln behandelt.

Passiver Hochwasserschutz hat immer Vorrang gegenüber aktiven Hochwasserschutz

4.4 Überflutungsrisiken

Ein Überflutungsrisiko ist vielfach auch in Gebieten gegeben, für die keine Abflussuntersuchungen bzw. Gefahrenzonenpläne ausgewiesen sind¹⁴. Nachfolgende Überlegungen sollen eine grundsätzliche Bewertung von wasserbedingten Gefahren gestatten. Man unterscheidet hier zwischen:

- Überflutungsrisiko zufolge unzureichender Entwässerung
- Überflutungsrisiko aufgrund von Hangwasser
- Überflutungsrisiko durch Verkehrsflächen
- Überflutungsrisiko infolge gebäudetechnischer Mängel

4.4.1 Überflutungsrisiko zufolge unzureichender Entwässerung

Ein Überflutungsrisiko infolge unzureichender Entwässerung ist dann zu erwarten, wenn die Regenwasserkanalisation, Entwässerungs- und Straßengräben überlastet sind, wenn es zu einem Rückstau in Kanalisationsanlagen kommt, oder wenn unzureichende Vorflutgräben vorhanden sind. Als besonders problematisch zeigen sich hier Starkregenereignisse mit ihren kurzen Spitzenabflüssen.

4.4.2 Überflutungsrisiko aufgrund von Hangwasser

Das Überflutungsrisiko durch Hangwasser ist zu erwarten, wenn das Abflussverhalten durch neue Straßen, Wege, Bebauungen so genannte Versiegelungen verändert wurde. Ebenso ausschlaggebend sind eine Änderung der landschaftlichen Nutzung und die Sickerfähigkeit des Bodens und des Untergrundes. Auch hier müssen Untersuchungen vor allem mit Starkregenereignissen durchgeführt werden.

¹⁴ Amt der Steiermärkischen Landesregierung Fachabteilung 13B – Bau und Raumordnung Fachabteilung 19A – Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft, Graz im Dezember 2008: „Leitlinie für die Durchführung der örtlichen Raumordnung und von Bauverfahren bei Gefährdung durch wasserbedingte Naturgefahren“, S 10

4.4.3 Überflutungsrisiko durch Verkehrsflächen

Durch die Veränderung der Straßennivellette, der Querneigungen, der Errichtung von Gehsteigen und Randleisten kann sich das Abflussverhalten massiv verändern, wodurch sich das Überflutungsrisiko infolge Verkehrsflächen erhöht.

4.4.4 Überflutungsrisiko infolge gebäudetechnischer Mängel

Das Überflutungsrisiko, infolge gebäudetechnischer Mängel steigt, wenn Wasser- bzw. Hochwasserabflüsse in der Planung und Bauausführung nicht berücksichtigt werden. Dies ist der Fall, wenn Fenster, Türen, aber auch Lichtschächte unter dem Hochwasserabflussniveau liegen. Bei Überlastung kann es hier zu einem Rückstau kommen, wobei Wasser ins Gebäudeinnere eintritt. Es ist somit bei der Planung und Bauausführung besonders auf die wasserbedingten Gefahren zu achten (Grundwasser, Hangwasser, Ausufer von Bächen).

In der „Leitlinie für die Durchführung der örtlichen Raumordnung und von Bauverfahren bei Gefährdung durch wasserbedingte Naturgefahren“, der Steiermärkischen Landesregierung spricht man auch von Restrisikobereichen. Das sind jene Bereiche mit Hochwasserschutzeinrichtungen, die bei einem größeren Hochwasserereignis als das Bemessungshochwasser (z.B. HQ_{100}) oder bei Versagen der Schutzvorrichtungen geflutet werden. Durch bauliche Maßnahmen kann auch hier das Schadenspotential verringert werden.

- Dichte Keller, statisch sicher, auftriebsicher
- Tiefer liegende Öffnungen über das Bemessungsniveau heben (z.B. HQ_{100} plus 30cm)
- Kellerentwässerung
- Pumpen einplanen zur Tiefpunktentwässerung
- Notstromversorgung
- Abflussgasse, Flutmulden, Retentionsflächen freihalten
- Gebäudeteile an bekannte Hochwasserrisiken anpassen
- Einsatz von temporären Hochwasserschutzmaßnahmen Sandsäcke etc.



Abb. 26 Überflutungsszenarien 1 [31]



Abb. 27 Überflutungsszenarien 2 [32]

4.5 Schutzziele

Die Bundeswasserbauverwaltung orientiert sich bei ihrer Tätigkeit an nachstehenden Grundsätzen:

- Schutz des Menschen
- Schutz menschlicher Güter
- Erhaltung/Verbesserung der ökologischen Funktionsfähigkeit der Gewässer
- Hochwasserschutz als ständiger Kreislauf
- Effizienter Ressourceneinsatz
- Flussgebietsbezogene Betrachtung

4.5.1 Schutz des Menschen

Der Schutz von Menschenleben steht an höchster Stelle. Der Schutzwasserbau kann die Gefährdung der Bevölkerung nicht vollkommen ausschalten, er kann sie aber auf einem Minimum halten.

4.5.2 Schutz menschlicher Güter

Siedlungen und materielle Güter sind ausreichend zu sichern, wobei das Gemeinwohl über dem Einzelinteresse steht.

4.5.3 Erhaltung/Verbesserung der ökologischen Funktionsfähigkeit der Gewässer

Zur Sicherstellung der natürlichen Ressourcen für die Zukunft und für die Erhaltung der Natur sind bei der Planung, Ausführung und Erhaltung des Hochwasserschutzes Maßnahmen zur Sicherstellung bzw. Wiederherstellung des ökologischen Zustandes zu sichern.

4.5.4 Operativer Hochwasserschutz ein ständiger Kreislauf

- Information
- Vorbeugen
- Katastrophenabwehr
- Vorsorge
- Optimierung

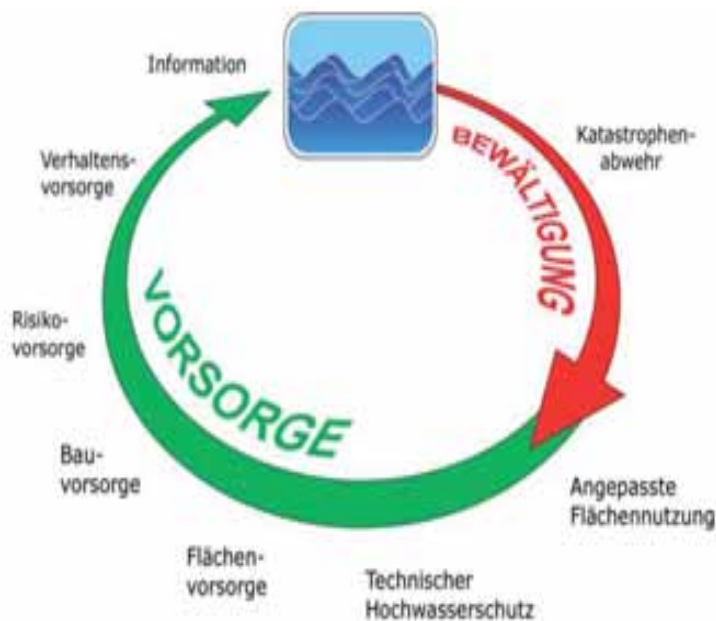


Abb. 28 Operativer Hochwasserschutz – ein ständiger Kreislauf [33]

4.5.5 Effizienter Ressourceneinsatz

Der Hochwasserschutz verbraucht viele Ressourcen, Arbeitskraft, Geldmittel, vor allem aber Grundfläche, um das festgesetzte Schutzziel zu erreichen. Es ist daher ein sorgfältiger Umgang mit den Ressourcen notwendig.

4.5.6 Flussgebietbezogene Betrachtung

Bei einem Gewässer kann eine Maßnahme nicht alleine auf das geplante Ziel ausgelegt werden, es müssen immer auch die Auswirkungen auf das gesamte Gewässer geprüft werden.

Das Ausmaß von Hochwasserereignissen wird nach ihrer sog. Jährlichkeit eingeteilt, die dem statistischen Wiederkehrintervall entspricht.

Definition HQ_n nach ÖNORM B2400:

HQ_n = n-jährliches Hochwasser: Hochwasser, dessen Überschreitungswahrscheinlichkeit gleich dem Reziprokwert von n ist. In einer unendlich lang gedachten Reihe von Beobachtungsjahren wird das n-jährliche Hochwasser im Durchschnitt alle n Jahre erreicht oder überschritten. Aus dieser Angabe ist der Zeitpunkt, wann dieses Ereignis eintritt, nicht bestimmbar.

Ein HQ_{100} wiederholt sich somit statistisch alle 100 Jahre. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass es in zwei auf einander folgenden Jahren auftritt. Schutzziele werden nun auf Basis dieser Auftretswahrscheinlichkeiten definiert. Für größere bebaute Gebiete ist ein Schutzziel im allgemeinen von HQ_{100} gefordert. Bei kleinen Siedlungen und dem Einzelobjektschutz ist die Definition des Schutzzieles vom erwarteten Schadenspotential abhängig. (Kosten für die Schutzmaßnahmen sollen nicht über den potentiellen Schaden liegen.) Als Richtwert gilt hier das HQ_{30} . Hauptziel bleibt aber – wie bereits oben erwähnt – immer noch der Schutz des Menschen.

4.5.7 Schutzziele in verschiedenen Ländern

Niederlande:

Nach der verheerenden Sturmflut 1953 beschloss das niederländische Parlament das Schutzziel im gesamten Land auf ein HQ_{1250} für den Küsten- und Flussbereich anzuheben. Dieses Schutzziel wurde innerhalb von 30 Jahren in den definierten Bereichen durch große Küstenbauwerke erreicht. Untersuchungen sollen nun zeigen, ob durch den Klimawandel ein HQ_{1250} noch ausreichend ist. Gegebenenfalls wird das Schutzziel nach oben angepasst und die Schutzmaßnahmen verstärkt.



Abb. 29 Sturmflut 1953 Niederlande, Deichbruch bei Oostdijk [34] und Verwüstungen nach der Flut in Stoofdijk [35]

Österreich:

In Österreich werden wie beschrieben folgende Schutzziele angestrebt:

- HQ₃₀ untergeordnete Objekte
- HQ₁₀₀ Standardschutz
- HQ₁₅₀ Ausbaugrad Wildbach

USA:

Von dem zuständigen US Army Corps of Engineers (Hauptkommando der US Army, die Leistungen aus dem Bereich Bauingenieurwesen mit Hilfe von Soldaten, aber auch Zivilisten anbietet.) wurde ein HQ₂₃₀ als Schutzziel festgelegt. Dieses Schutzniveau wurde auch überall baulich erreicht, erwies sich allerdings – wie man anhand der Katastrophe von New Orleans sieht – als nicht ausreichend.

Deutschland:

Gesetzliche Vorschriften für ein bestimmtes Schutzziel gibt es nicht. Laut einem Urteil des Bundesgerichtshofes, ist ein HQ₅₀ zu gewährleisten, da sonst der Hauseigentümer bei Hochwasserschäden einen Amtshaftungsanspruch gegenüber dem Träger des Hochwasserschutzes besitzt. Dieser Mindestschutz ist weitgehend, schon wegen der rechtlichen Lage erreicht. Dieses Wasserhaushaltsgesetz schreibt jedoch lediglich vor, dass Flächen, die statistisch einmal in hundert Jahren überschwemmt werden als Überschwemmungsflächen in amtlichen Karten erkenntlich gemacht werden müssen. Ebenso sind >HQ₁₀₀ gefährdete Flächen zu kennzeichnen (Bruch eines Dammes etc.) und die Kommunen

sind verpflichtet die Allgemeinheit auf mögliche Hochwassergefahren aufmerksam zu machen, damit eine private Vorsorge möglich ist. Am Oberrhein bis Basel besteht beispielsweise ein Schutz für ein HQ_{100} .

4.5.8 Hochwasserschutzlinie Bemessungshochwasserstand

Zu Beginn einer Hochwasserschutzplanung erfolgen zuerst eine Beschreibung der Notwendigkeit und eine Bestandsaufnahme der örtlichen Gegebenheiten. Es wird dadurch festgestellt, welche Hochwasserereignisse erwartet werden können und welche Schutzmaßnahmen sinnvoll wären. Dies erfolgt im Zuge einer Risikoanalyse und einer Risikobewertung. Nach diesem Arbeitsschritt kann dann das geforderte Schutzziel bzw. Hochwasserschutzlinie festgelegt werden. Laut H. Patt, 2001: „Hochwasser – Handbuch Auswirkungen und Schutz“, Springer Verlag ist somit ein wesentlicher Bestandteil der Planung, die Überlegung des Verlaufs der Hochwasserschutzlinie und die Bestimmung des Bemessungshochwasserstandes. Der Bemessungshochwasserstand ist jener Wasserstand, der für die Dimensionierung von Hochwasserschutzanlagen bzw. anderer wasserbaulicher Anlagen herangezogen wird. Das Bemessungshochwasser muss bei den Schutzanlagen ohne Schäden zu verursachen abgeleitet werden. Das Bemessungshochwasser wird je nach Bemessungsfall unter folgenden Gesichtspunkten festgelegt:

- Scheitelwertes einer Hochwasserganglinie HQ_n [m^3/s]
- Hochwasserganglinie oder Q_n [m^3]
- Hochwasserstandes HW_n [m. ü. NN]

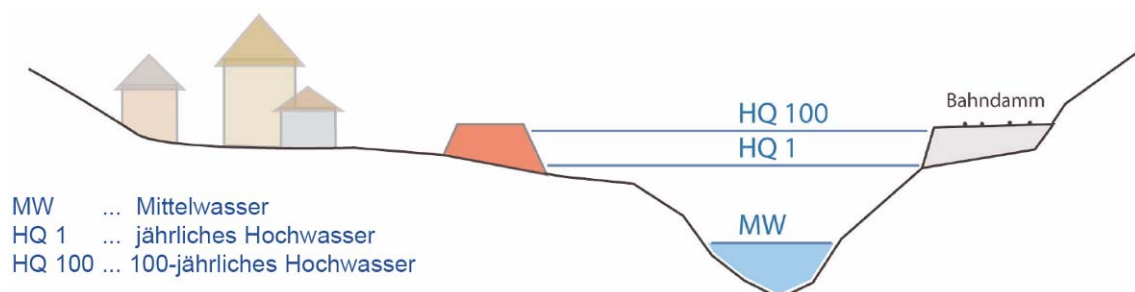


Abb. 30 Bemessungshochwasser [36]

- Verbleibende Gefährdung und Risiken bei der Realisierung einer Schutzlinie
- Bereits vorhandene Hochwasserschutzanlagen, Vervollständigung des bereits bestehenden Hochwasserschutzes, Einbeziehung der benachbarten Schutzlinie
- Bebauung und Nutzung der Uferbereiche, Empfindlichkeit der ufernahen Nutzung
- Vorrangig zu schützende Bereiche (Tanklager, Industriebereiche)
- Wirksamkeit der Schutzlinie gegenüber unterirdischen Wasser
- Schutz besonderer Infrastruktur wie Krankenhäuser, Verkehrsanlagen, E-Werke
- Einsparungen beim Maßnahmenmanagement
- Belange und Wünsche der Gewässeranlieger

4.6 Objektschutz Selbstmaßnahmen Strategien

Der technische Hochwasserschutz kann die Hochwassergefahr lediglich minimieren, jedoch nicht vollständig beseitigen. Daher ist es notwendig eine weitergehende Hochwasservorsorge zu installieren, die sich wie folgt zusammensetzt:

- Flächenvorsorge
- Bauvorsorge
- Verhaltensvorsorge
- Risikovorsorge

Eine funktionierende Hochwasservorsorge kann jedoch nur durch staatliche Vorkehrungen, die durch private Maßnahmen zu ergänzen sind, erreicht werden.

Wichtig ist daher die Fragestellung, ob und in wie weit eine Hochwasserbedrohung gegeben ist. Um dies beantworten zu können sind unter anderem folgende Beobachtungen der Umgebung erforderlich:

- Sind allgemein Gewässer in der Nähe?
- Hat es schon Hochwasserereignisse in der Umgebung gegeben?

- Wurde der Grundwasserspiegel vor Errichtung des Objektes überprüft?
- Droht die Gefahr das Bäume unterspült werden können?
- Kann die Kanalisation übergehen?
- Gibt es Hänge in der Umgebung? Besteht Gefahr einer Hangrutschung, oder Mure bei Starkregenereignissen
- Können bauliche Maßnahmen die Hochwassergefahr verändern oder erhöhen?

Allgemeine planerische Maßnahmen

Die effektivste planerische Maßnahme ist noch immer außerhalb des Einflussbereiches des Hochwassers zu bauen.

- Bauen außerhalb von roten und gelben Gefahrenzonen
- Bauen in erhöhten Lagen
- Verzicht auf Kellergeschosse
- Bauen von Gebäuden auf Stützen



Abb. 32 Hochwasserschutzstrategien [38]

4.7 Hochwassereinwirkung auf Gebäude

Für die Standsicherheit sind Auftrieb, Wasserdruck, Strömungsdruck, Erosion und Feinteilausspülung maßgeblich.¹⁵

4.7.1 Auftrieb und Wasserdruck

Steigt der Grundwasserspiegel über das Niveau der Gründungssohle entstehen Auftriebskräfte und Wasserdruck, die das Bauwerk belasten. Die Größe der Auftriebskraft hängt von dem durch das Gebäude verdrängte Wasservolumen ab und somit von der Höhe des Wasserspiegels.¹⁶ Die Auftriebskraft wird umso größer, je höher der Wasserspiegel und das verdrängte Volumen sind. Wird nun die Auftriebskraft größer als die Summe aller auf das Bauwerk wirkenden Kräfte schwimmt das Bauwerk auf. Im extremsten Fall kann dies zur Zerstörung führen. Daher muss die Standsicherheit des Bauwerks auch für das größte Hochwasserereignis gegeben sein. Vor allem in der Bauphase kann es zu Schwierigkeiten kommen, da hier die Auflasten noch relativ gering sind. Deshalb ist darauf zu achten das die Bauausführung in den richtigen (nicht typisch Hochwasser führenden) Jahreszeiten durchgeführt wird. Es sollte auch immer eine Flutung des Gebäudes möglich sein.

Gemäß „Hochwasserschutzfibel Bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen in hochwassergefährdeten Gebieten“¹⁶, gibt es folgende Maßnahmen gegen Auftrieb:

- Ausreichende Gebäudelasten, Wand- und Sohldimensionierung
Neben der Auftriebsicherheit, die durch ausreichende Dimensionierung der Gebäudelasten erreicht wird, müssen auch die einzelnen Gebäudeteile gegen Wasserdruck bemessen werden. Ebenso ist die Sohle gegen Aufschwimmen oder Aufbrechen mittels Verankerung zu sichern.

¹⁵ Österreichischer Zivilschutzverband (ÖZSV), Wien: „Safety Ratgeber – Hochwasser“, S 15

¹⁶ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin 2008: „Hochwasserschutzfibel Bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen in hochwassergefährdeten Gebieten“, 2. überarbeitete und ergänzte Auflage, S 10

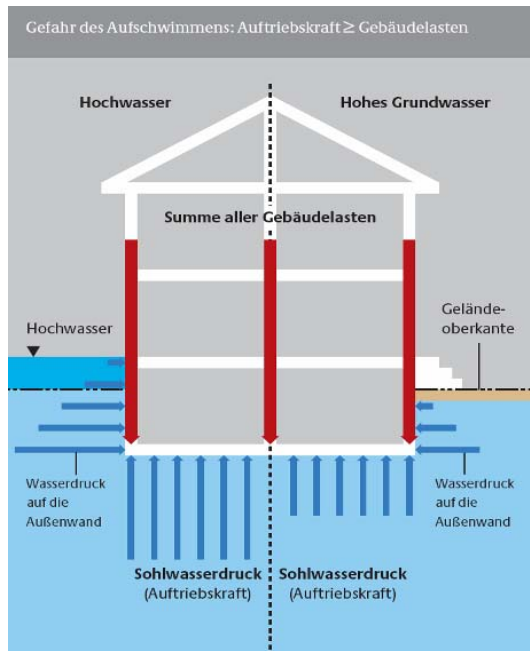


Abb. 33 Auftrieb und Wasserdruck [39]

- Flutung des Bauwerkes

Durch Flutung wird im Inneren ein Gegendruck aufgebaut, der die von außen wirkenden Kräfte deutlich verringert. Ferner kommt es zu einer Erhöhung der Gebäudelast durch das zusätzliche Wasser. Eine Flutung des Bauwerkes mit sauberem Wasser kann Folgeschäden verringern. Folgende Abbildung zeigt das Kräfteverhältnis bei Wasserverdrängung und Flutung.

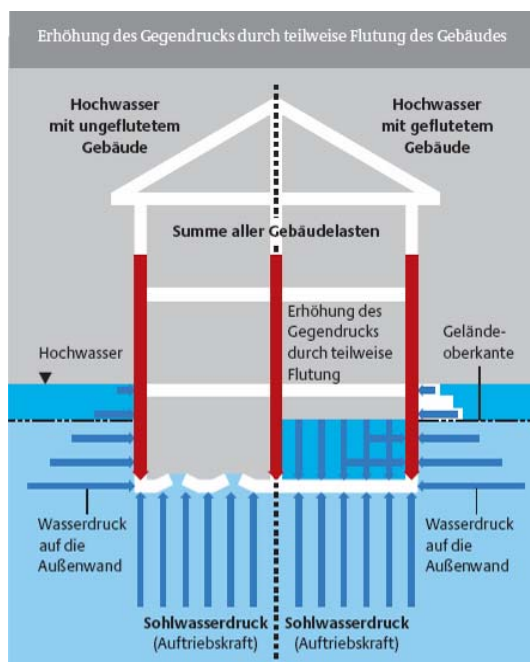


Abb. 34 Flutung eines Gebäudes [40]

4.7.2 Eindringen von Wasser ins Gebäude

Das Eindringen von Wasser gefährdet im Allgemeinen nicht die Standsicherheit des Gebäudes. Es entsteht dadurch meist „nur“ ein erheblicher Schaden (Türen, Fenster, Bodenbelag, Tapeten, Putz, Haustechnik, Inneneinrichtung).

Primäres Ziel ist es, das ungewollte Eindringen vom Wasser von vorn herein zu vermeiden oder zumindest zu verringern.

Wassereintrittsmöglichkeiten sind (siehe Abbildung):

- Grundwasser durch Kellerwand oder Sohle
- Rückstauwasser der Kanalisation
- Grundwasser durch Undichtheit bei Hausanschlüssen oder undichte Fugen
- Oberflächenwasser durch Gebäudeöffnungen (Fenster, Türen, Lichtschächte etc.)
- Oberflächenwasser durch Durchsickern der Außenwand

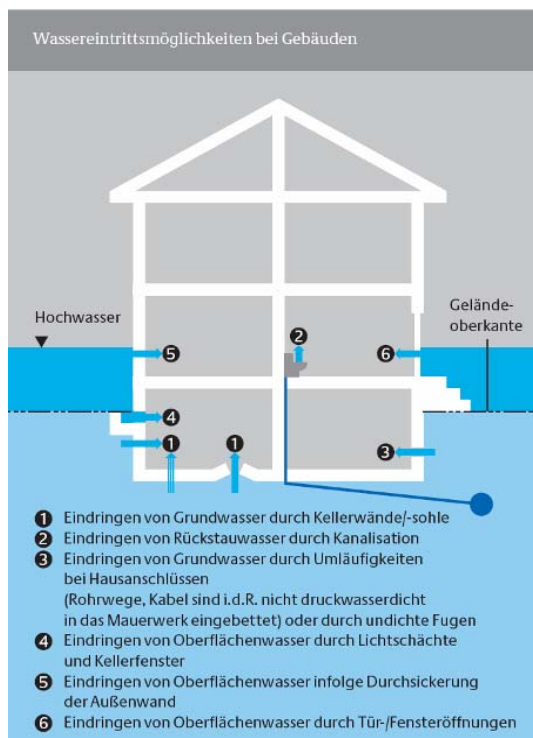


Abb. 35 Eintrittsmöglichkeiten von Oberflächenwassern [41]

4.7.3 Strömung

Gebäude, die in der Nähe von Gewässern, vor allem an Flüssen liegen werden auch durch Gewässerströmungen belastet. Starke Strömungen können insbesondere kleine, in geringer Tiefe gegründete Gebäude zum Einsturz bringen und mit sich reißen. Mitgeführtes Treibgut kann die Situation zusätzlich verschärfen.¹⁷ Durch die Strömung können Bodenteilchen aus dem Bodengefüge ausgeschwemmt werden, dies kann Hohlräume verursachen, die dann gegebenenfalls zu Schäden am Gebäude führen (Unterspülung, Setzungen bis hin zu Grundbrüchen). Laut Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin 2008: „Hochwasserschutzfibel Bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen in hochwassergefährdeten Gebieten“, 2. überarbeitete und ergänzte Auflage sollte bei erosionsgefährdeten Böden die Fundamentunterkante 1m unter der zu erwartenden Erosionsbasis liegen. Bei bereits bestehenden Gebäuden kann die Erosionsgefahr durch das nachträgliche Vorsetzen einer Betonwand verringert werden.



Abb. 36 Maßnahmen gegen Unterspülung [42]

¹⁷ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin 2008: „Hochwasserschutzfibel Bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen in hochwassergefährdeten Gebieten“, 2. überarbeitete und ergänzte Auflage, S 12

4.8 Gebäudeschutz

4.8.1 Gebäudeschutz vor Oberflächengewässer

Gebäude können durch Schutzanlagen im Außenbereich, die das Zufließen von Wasser verhindern, geschützt werden, oder auch durch Abdichtungs- und Schutzmaßnahmen direkt am Gebäude gegen das Eindringen von Wasser abgeschirmt werden. Dafür kommen mobile Systeme zum Einsatz. Damit kein Wasser durch die Außenwände sickern kann, sind Abdichtungen vorzunehmen. Hier sind die bauphysikalischen Folgen des Hochwasserschutzes mit dem Wärmeschutz zu beachten (Abdichtung mit dichtem Material, keine Öffnungen, keine Belüftung, schlechte Wasserdampfdiffusion). Aus diesem Grund ist auf die richtige Wahl der Baumaterialien zu achten.

Ebenso ist auf hochwassersichere Installationen und die Lage der Heizungsanlage zu achten. In hochwassergefährdeten Gebieten sollte grundsätzlich auf Ölheizungsanlagen verzichtet werden.¹⁸

Baustoff	Beispiel	Empfindlichkeit
Gipsbaustoffe	Gipskartonplatten Putzgipse Spachtelgips, Stuckgips,	ungeeignet ungeeignet ungeeignet
Kalkbaustoffe	Mörtel Kalksandstein Putz Beton Mauersteine Estrich Porenbeton Mantelbeton Leichtbeton	gut geeignet gut geeignet gut geeignet gut geeignet gut geeignet gut geeignet ungeeignet gut geeignet gut geeignet
Gebrannte Baustoffe	Vollziegel Hohllochziegel Klinger Steinzeugwaren Steingutwaren	gut geeignet mäßig geeignet gut geeignet gut geeignet mäßig geeignet

¹⁸ Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin 2008: „Hochwasserschutz-fibel Bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen in hochwassergefährdeten Gebieten“, 2. überarbeitete und ergänzte Auflage, S 21

Holzbaustoffe	Balken Bretter Spanplatten Holzwolleleichtbauplatten Parkett	mäßig geeignet ungeeignet ungeeignet ungeeignet ungeeignet
Bitumenbaustoffe	Anstriche Dichtungsbahnen	gut geeignet gut geeignet
Metalle	Stahlträger Kupfer- und Zinkbleche Bleischürze	gut geeignet gut geeignet gut geeignet
Kunststoffe	Plastomere (z.B. Polyethylen) Duromere (z.B. Polyester, Epoxidharz) Elastomere (z.B. Nitril-Kautschuk)	mäßig geeignet mäßig geeignet mäßig geeignet

Tab. 2 Baustoffe hinsichtlich ihrer Wasserempfindlichkeit [43]

4.8.2 Gebäudeschutz vor eindringendem Grundwasser

Bei gewässernahe liegenden Gebäuden kann es im Hochwasserfall zum Anstieg des Grundwassers kommen, wenn eine wasserdurchlässige Bodenart wie Kies oder Sand vorliegt. Diese Art wird als drückendes Grundwasser bezeichnet. Bei einem zu erwartenden Anstieg über die Gebäudesohle sind somit Dichtungsmaßnahmen durchzuführen. Als Schutzmaßnahmen kommen hier entweder die

- Weiße Wanne oder
- Schwarze Wanne

zum Einsatz.

Eine weitere, jedoch technisch schwierigere und teurere, Variante für den Gebäudeschutz vor eindringendem Grundwasser stellt die nachträgliche Abdichtung im Gebäudeinneren dar.

4.8.3 Gebäudeschutz vor eindringendem Kanalisationswasser - Rückstau

Bei Hochwasserereignissen kann der Wasserspiegel in der Kanalisation durch starke Niederschläge und Grundwasseranstieg so ansteigen, dass es zu einem Rückstau kommt. Sind nun keine Sicherheitseinrichtungen wie Rückstauklappen, Absperrschieber oder Abwasserhebeanlagen vorhanden setzt sich das

Wasser in den Hausleitungen bis ins Gebäudeinnere fort und kann zu Wasser-
austritten in den Sanitäreanlagen führen.

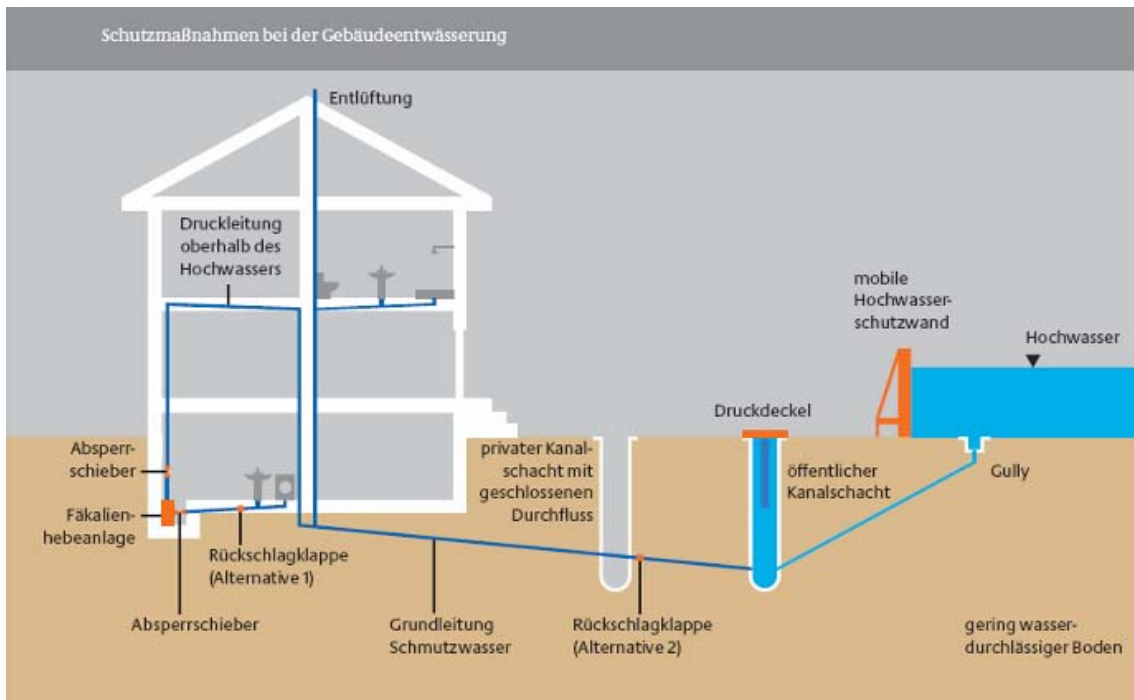


Abb. 37 Schutz vor Kanalwasser (Rückstau) [44]

4.9 Schema: Auswahl eines Hochwasserschutzsystems

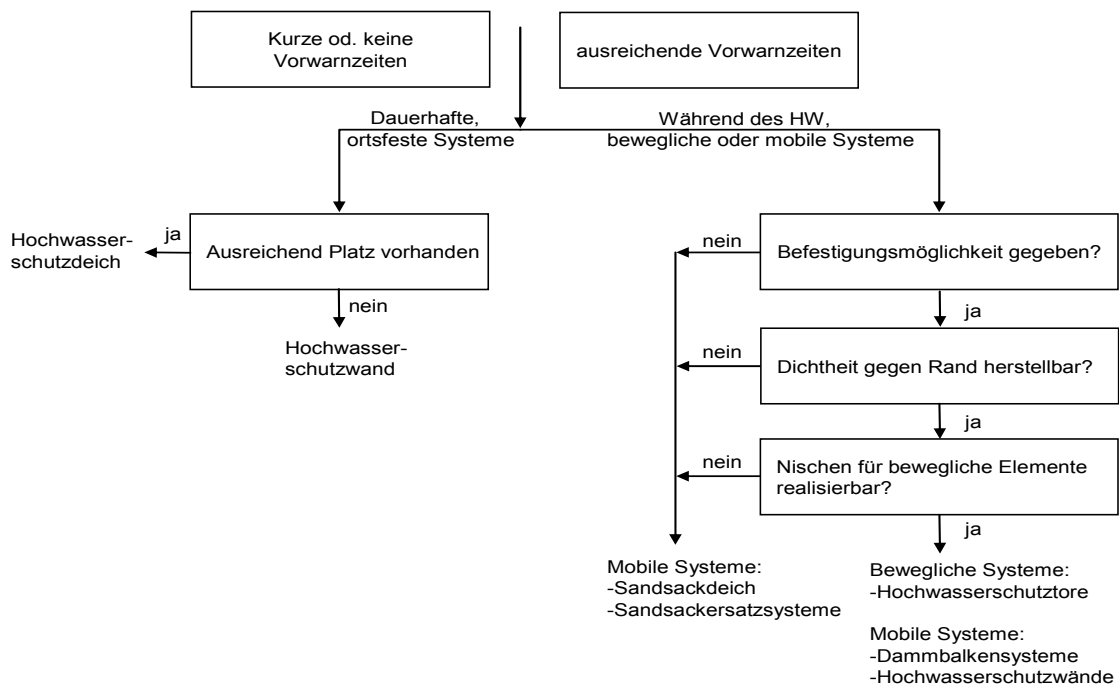


Abb. 38 Schema zur Auswahl einer Hochwasserschutzkonstruktion [46]

5. Mobiler Hochwasserschutz

5.1 Definition

Mobile Hochwasserschutzsysteme umfassen Konstruktionen aus Stahl, Leichtmetall, Holz, Kunststoff oder Gummi, mit denen temporär wasserdichte Konstruktionen hergestellt werden können, durch die sich Bereiche eines Überschwemmungsgebietes vom Hochwasser freihalten lassen. Sie werden nur für die Dauer des Hochwassers aufgestellt. Damit unterscheiden sie sich grundlegend zu konventionellen Hochwasserschutzanlagen, wie Deiche und Mauern, die fest in die Umgebung integriert sind und daher dauerhaft ihre Schutzfunktion erfüllen.¹⁹

5.2 Anwendungsbereiche des mobilen Hochwasserschutzes

Man unterscheidet aus der Sicht der Raumordnung je nach Nutzung der zu schützenden Flächen folgende Anwendungsbereiche:

- Schutz bestehender Gebäudekomplexe
- Einzelobjektschutz und der
- Schutz unbebauter Flächen

5.2.1 Schutz bestehender Gebäudekomplexe

Aus Recherchen in Österreich und Deutschland hat sich ergeben, dass sich der mobile Hochwasserschutz hauptsächlich auf Siedlungsgebiete mit hoher Bebauungsdichte beschränkt. Sie werden entweder als eigenständige Maßnahmen oder als Ergänzung bereits bestehender baulichen Anlagen verwendet.

Geschützt werden hauptsächlich hochwassergefährdete, ufernahe Altstadtbereiche und jene Siedlungsbereiche, bei denen ein Schutz vor einem 100-jährigen Hochwasserereignis nicht gewährleistet ist. Der mobile Hochwasser-

¹⁹ Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 10

schutz dient somit hauptsächlich der nachträglichen Gewährleistung des Schutzes vor Hochwasser, vor allem in Gebieten in denen durch fehlenden Raum bzw. durch den Denkmalschutz keine flussbaulichen oder sonstigen konstruktiven Maßnahmen getroffen werden können.

5.2.2 Einzelobjektschutz

Der Einzelobjektschutz bezieht sich auf die nachträgliche Sicherung von Einzelobjekten. Darunter sind Gebäude außerhalb geschlossener Siedlungsverbände zu verstehen.

5.2.3 Schutz un bebauter Flächen

Der Schutz un bebauter Flächen zieht durch die Gewährleistung der Hochwassersicherheit die Möglichkeit intensiverer Flächennutzung nach sich, wobei prinzipiell folgende Nutzungsoptionen erschlossen werden können:

- Baulandwidmung
- Widmung als Verkehrsfläche
- spezielle Widmungskategorien im Grünland, die mit lockerer Bebauung verbunden sein können (Freizeit- und Erholungsgebiete, Friedhöfe, landwirtschaftlich genutzte Objekte etc.)²⁰

Aus Sicht der Raumplanung ist der Schutz un bebauter Flächen mit Hilfe von mobilen Elementen kritisch zu bewerten. Das Ziel der Raumplanung ist die Retentionsräume durch eine gefahrenorientierte Flächenwidmung zu sichern. Diesem Ziel steht gegenüber durch Hochwasserschutz, Bauland oder Verkehrsflächen im hochwassergefährdeten Gebiet zu widmen. Dadurch wird aber das Schadenspotential erhöht. In hochwassergefährdeten Gebieten werden die Schutzmaßnahmen auf ein Bemessungshochwasser berechnet. Wird dieses Bemessungshochwasser überschritten fallen die Hochwasserschäden höher aus, wodurch sich dann ein erhöhtes Schadenspotential ergibt.

²⁰ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien: „Hochwasserschutz mit Mobilelementen Studie“, S 29

Fälle zum Schutz unbebauter Flächen aus Sicht der Raumordnung sind:

- Lückenschließung zw. bereits bebauten Bereichen
- Schutz von Gewerbegebieten, falls keine anderen Standorte möglich sind
- Sicherung zukünftiger Verkehrsflächen, wo keine andere Trassenführung möglich ist.

5.3 Warnsysteme

Hochwasserwarneinrichtungen sollten flächendeckend vorgesehen sein. Man unterscheidet zwischen Hochwasserwarnungen für die Unterläufe größerer Gewässer und die Oberläufe in alpinen Lagen. Bei Unterläufen kommen Oberliegerpegelmessungen und Wellenablaufmodelle zum Einsatz. Bei kleineren Einzugsgebieten werden Niederschlagsprognosen und Radarbilder als Frühwarnsysteme herangezogen, hier bleiben die Vorwarnzeiten dennoch sehr kurz.

5.3.1 Warnung aus fernübertragenden Stationen

Laut dem Hydrographiegesetz ist der Landeshauptmann für die Verbreitung hydrographischer Daten, die für die Schifffahrt, Wassernutzung und die Abwehr von Gefahr für Leben und Eigentum notwendig sind, verantwortlich. Diese Aufgaben werden durch den Wasserstands- und Hochwassernachrichtendienst der hydrographischen Landesstellen wahrgenommen.²¹ Daten aus dem Oberliegerbereich liefern relativ zuverlässige Prognosen. Voraussetzung dafür ist der direkte Zugriff (Telefon, Internet) zu Abflussdaten. Insgesamt werden derzeit ca. 200 Stationsdaten, die sich auf Wasserstand, Abfluss, Wassertemperatur, Niederschlag und Temperatur beziehen, in die Landeszentralen übertragen.²² Diese Informationen eignen sich nur für größere Flüsse in Österreich. Bei kleineren Einzugsgebieten gibt es keine Oberliegerpegel da die Fließzeiten zu kurz sind,

²¹ <http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/ziel/4653227/DE/>, Graz im Jänner 2011

²² Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien: „Hochwasserschutz mit Mobilelementen Studie“, S 14

um als Prognosen oder Warnungen dienen zu können. Hier kommen wie bereits oben erwähnt Niederschlagsprognosen und Wetterradar zum Einsatz.

5.3.2 Warnung aus prognostizierten Daten (Niederschlag, Temperatur etc.)

Mit einem Niederschlag – Abflussmodell wird das Abflussverhalten eines bestimmten Gebietes für spezielle Wettersituationen dargestellt. In einem Computermodell werden die Abflussganglinien auf mathematischem Weg aus einem Einzugsgebiet erstellt. Es werden dabei die Niederschlagshöhen und das Abflussverhalten des Einzugsgebietes berücksichtigt. Ein Niederschlag – Abflussmodell besteht aus Teilmodellen für Abflussbildung und Abflusskonzentration. Dadurch können genaue Analysen der Einzugsgebiete erstellt werden.

5.3.3 Warnmarken – Hochwasser in der Steiermark

Treten in der Steiermark Hochwässer auf, muss das angrenzende Ausland (Slowenien, Ungarn) davon unterrichtet werden. Der Hochwassernachrichtendienst hat für die Meldepegel nachstehende Warnmarken festgehalten, die jedoch in jedem Bundesland etwas anders gehandhabt werden. (siehe ZAMG Wasserstandswarnsysteme Österreich)

- grüne Marken: Mittelwert zw. Mittelwasser und einjährigen Hochwasser
- gelbe Marken: einjähriges Hochwasser, lokale Überschwemmung sind möglich
- rote Marken: Mittel zw. fünf- und zehnjährigen Hochwasser, weitflächige Überschwemmungen sind möglich

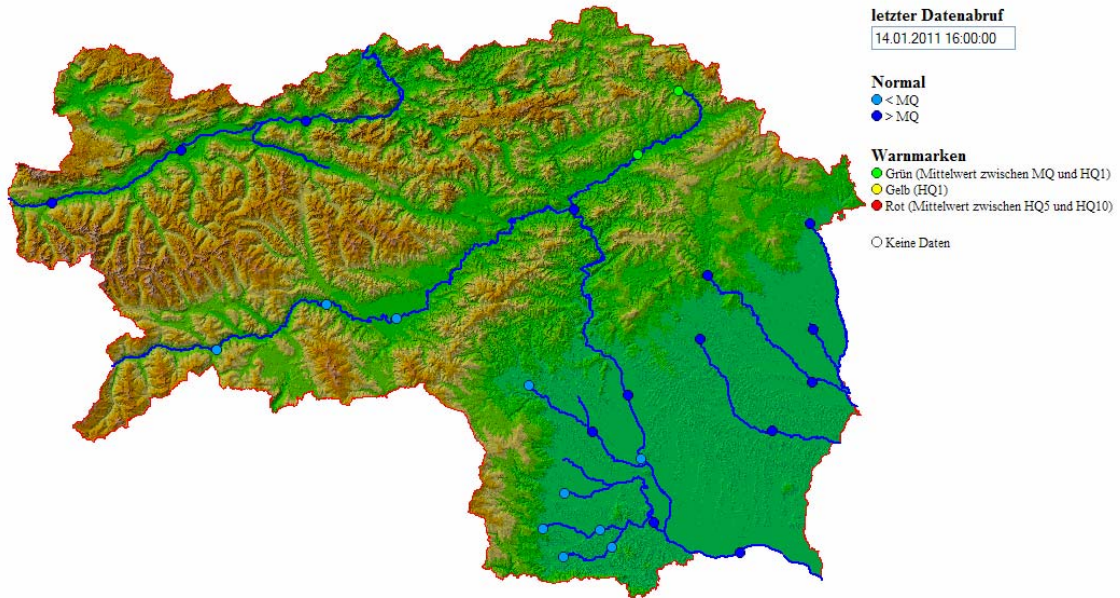


Abb. 39 Durchfluss- und Wasserstände des hydrograph. Dienstes in der Steiermark [46]

Wasserstände in cm bis 14.01.2011 15:00:00																	
Pegel / Gewässer	Warnmarken				Letzter übertragener Wert		Werte für n Stunden vor 14.01.2011 15:00:00										Letzter Wert
	MW	Grün	Gelb	Rot	Datum	Uhrzeit	Wert	-48	-24	-12	-6	-5	-4	-3	-2	-1	
1035 Schladming/Enns	86	145	185	235	2011-01-14	14.45	113	58	96	126	118	118	117	117	117	114	113
1140 Trautenfels/Enns	82	175	260	372	2011-01-14	02:15	112	60	72	-	-	-	-	-	-	-	112
1554 Admont/Enns	195	277	342	441	2011-01-14	14.45	275	126	149	260	264	263	262	263	267	273	275
2055 Gestühof/Mur	167	237	286	366	2011-01-14	14.45	152	135	137	156	158	156	156	154	154	152	152
2170 St. Georgen/Mur	236	327	389	480	2011-01-14	13.45	234	208	206	233	230	236	236	235	234	-	234
2400 Zeltweg/Mur	205	271	313	373	2011-01-14	14.45	202	174	174	188	202	201	201	215	205	201	202
2940 Neuberg/Mürz	149	219	268	334	2011-01-14	14.45	239	120	136	240	238	235	234	232	237	239	239
3008 Kindthal/Mürz	117	213	274	353	2011-01-14	14.45	235	110	112	204	238	234	237	230	238	238	235
3100 Bruck/Mur	297	386	453	548	2011-01-14	14.15	342	-	-	314	334	334	336	338	336	341	342
3397 Graz/Mur	273	352	419	528	2011-01-14	14.30	274	238	239	248	268	273	270	272	269	272	274
3500 Mellach/Mur	243	367	455	574	2011-01-14	14.30	240	204	196	195	222	236	243	243	234	241	240
3670 Voitsberg/Kainach	85	124	147	209	2011-01-14	14.00	76	77	76	76	76	76	76	76	76	-	76
3701 Lieboch/Kainach	242	347	420	588	2011-01-14	14.45	258	259	256	224	222	221	256	257	258	257	258
3770 Schwanberg/Schwarze Sulm	58	93	117	173	2011-01-14	14.15	53	-	-	-	-	79	53	53	54	53	53
3791 Gleinstätten/Sulm	111	202	264	401	2011-01-14	14.30	110	110	109	110	109	109	110	109	109	110	110
3800 Hörnsdorf/Saggau	104	165	205	283	2011-01-14	14.15	100	102	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3805 Gündorf/Saggau	73	272	369	477	2011-01-14	14.15	40	77	76	76	76	76	70	50	40	40	40
3822 Frauental/Lassnitz	158	213	245	303	2011-01-14	14.15	155	155	154	155	156	154	154	155	154	155	155
3856 Leibnitz/Sulm	174	276	339	426	2011-01-14	14.30	177	179	177	178	177	-	177	176	177	177	177
3902 Mureck/Mur	272	396	489	603	2011-01-14	14.45	284	254	252	264	263	260	264	280	276	283	284
4045 St. Ruprecht/Raab	145	255	322	451	2011-01-14	14.45	152	149	146	146	143	148	146	146	146	148	152
4240 Feldbach/Raab	171	280	346	436	2011-01-14	14.45	172	168	170	173	173	173	172	172	172	172	172
4540 Rohrbach/Lafnitz	198	285	324	390	2011-01-14	14.15	224	219	218	222	223	224	225	224	224	224	224
4580 Waltersdorf/Safen	141	217	267	368	2011-01-14	14.15	144	142	142	144	144	144	144	144	144	144	144
4640 Anger/Feistritz	229	304	346	428	2011-01-14	14.00	228	228	224	228	228	228	229	228	228	-	228
4667 Maierhofen/Feistritz	107	225	237	300	2011-01-14	14.45	178	978	978	177	177	177	177	177	177	178	178

Tab. 3 Wasserstände in der Steiermark [47]

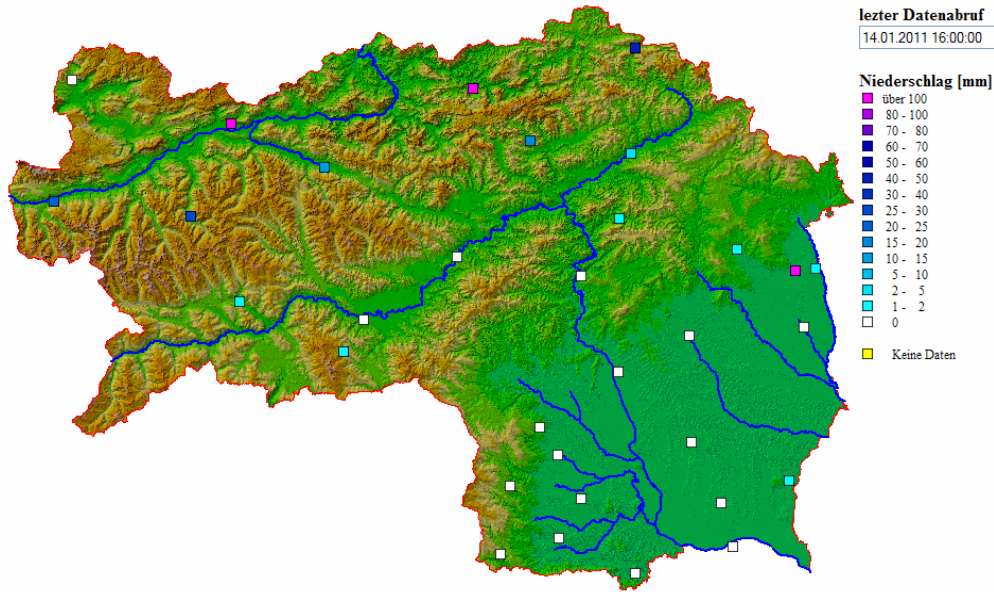


Abb. 40 Niederschlagsdaten Steiermark [48]

Durchflüsse in m ³ /s bis 14.01.2011 15:00:00																
Pegel / Gewässer	Warnmarken				Letzter übertragener Wert	Werte für n Stunden vor 14.01.2011 15:00:00										Letzter Wert
	MQ	Grün	Gelb	Rot		Datum Uhrzeit	Wert	-48	-24	-12	-6	-5	-4	-3	-2	
1035 Schladming/Enns	21.3	63.2	105	157.5	2011-01-14 14:45	39.9	10.6	28.4	50	43.1	43.4	42.8	42.7	42.4	40.2	39.9
1140 Trautenfels/Enns	45.9	126.9	208	330	2011-01-14 02:15	71.7	29.8	38.8	-	-	-	-	-	-	-	71.7
1554 Admont/Enns	80.3	180.2	280	470	2011-01-14 14:30	176	28.4	41.1	157.3	162.2	161.5	160.6	161.1	167.2	174.3	176
2055 Gestühof/Mur	36.1	118.1	200	365	2011-01-14 14:45	28.4	18.7	19.7	30.8	32.2	31.2	31.2	30.1	29.8	28.4	28.4
2170 St. Georgen/Mur	46.1	135.6	225	397.5	2011-01-14 13:45	41.4	26.4	25.4	40.7	38.4	43.1	42.4	42	41.4	-	41.4
2400 Zeltweg/Mur	57.3	153.6	250	430	2011-01-14 14:45	53.4	29.5	29.5	40.6	53.9	52.9	52.9	68.2	57.1	52.9	53.4
2940 Neuberg/Mürz	6.8	33.4	60	112	2011-01-14 14:45	55.6	3.7	6.6	56.6	54.9	52.8	51.9	50.8	54.4	55.8	55.6
3008 Kindthal/Mürz	13.8	49.4	85	152.5	2011-01-14 14:00	52.5	7.9	8	34.8	-	-	-	-	53.1	-	52.5
3100 Bruck/Mur	107.4	268.7	430	730	2011-01-14 14:15	142.3	-	-	98.3	129.4	128.6	131.8	135.8	132.6	139.9	142.3
3397 Graz/Mur	107.5	268.8	430	730	2011-01-13 00:00	69.8	66.2	-	-	-	-	-	-	-	-	69.8
3500 Mellach/Mur	110.4	285.2	460	767.5	2011-01-14 14:30	104.2	67.1	58.8	58.3	85.2	99.2	107.5	107.6	98.1	105.3	104.2
3670 Voitsberg/Kainach	2.8	16.4	30	90	2011-01-14 14:00	2.7	2.9	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.6	-	2.7
3701 Lieboch/Kainach	9.7	57.3	105	240	2011-01-14 14:45	21.2	21.8	20.5	8.7	8.1	8	20.2	20.9	21	20.9	21.2
3770 Schwanberg/Schwarze Sulm	1.9	9.9	18	42	2011-01-14 14:15	1.8	-	-	-	-	7.6	1.8	1.8	1.9	1.8	1.8
3791 Gleinstätten/Sulm	4.4	24.7	45	115	2011-01-14 14:30	4.1	4.2	4	4.1	4	4	4.2	4	4	4.1	4.1
3800 Hörnsdorf/Saggau	0.9	11	21	51	2011-01-14 14:15	0.6	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
3805 Gundorf/Saggau	2.7	38.8	75	145	2011-01-14 14:15	0	2	2	1.9	1.9	2	1.3	0.1	0	0	0
3822 Frauental/Lassnitz	1.5	10.3	19	41.5	2011-01-14 14:15	1.4	1.4	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.4	1.3	1.4	1.4
3856 Leibnitz/Sulm	15.8	97.9	180	325	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3902 Mureck/Mur	146.2	438.1	730	1125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4045 St. Ruprecht/Raab	2.7	23.8	45	111.5	2011-01-14 14:45	4.5	4.2	3.8	3.9	3.5	4	3.9	3.8	3.9	4.1	4.5
4240 Feldbach/Raab	5.7	47.8	90	165	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4540 Rohrbach/Lafnitz	2.6	18.8	35	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4580 Waltersdorf/Safen	2	18.5	35	77.5	2011-01-14 14:00	2.6	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	-	2.6
4640 Anger/Feistritz	5.5	30.2	55	127.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4667 Maierhofen/Feistritz	7.3	70	90	152.5	2011-01-13 07:00	7.5	6.8	-	-	-	-	-	-	-	-	7.5

Tab. 4 Durchflüsse in der Steiermark [49]

5.4 Sicherheitszonen

Mobile Hochwasserschutzsysteme werden häufig unter extremen Bedingungen aufgebaut. Dabei sind sie durch den vorherrschenden Wasserdruck belastet und müssen diesem auch standhalten. Trotz eines sorgfältigen Aufbaus können

- ein Überfluten des Systems,
- Vandalismus,
- unvorhersehbare zusätzliche Belastungen (Geschiebe, Bootstoß etc.) und
- Fehler beim Systemaufbau

nicht ausgeschlossen werden, wodurch die Stabilität des Systems geschwächt wird. Diese Einflüsse können im schlimmsten Fall zu einem Totalausfall der Schutzkonstruktionen über weite Strecken führen. Neben einer Begrenzung der Bauhöhe beweglicher und mobiler Schutzkonstruktionen trägt insbesondere die Ausweisung von Sicherheitszonen dazu bei, dass bei Versagen keine Personenschäden auftreten.²³ Schutzzonen sind abhängig von der Bauhöhe festzulegen. Sie sind durch Absperrungen erkenntlich zu machen und zu überwachen. Ebenso werden durch Sicherheitszonen Schaulustige ferngehalten, die das Gefährdungspotential zudem steigern könnten.

Die Zonierung von hochwassergefährdeten Gebieten erfolgt durch die Wasseranschlagslinien HQ_{30} und HQ_{100} . Der Überflutungsbereich ist oft durch Hochwasserschutzdeiche eingegrenzt. Somit ist der Schutz für das Bemessungshochwasser gegeben, das Risiko für ein Katastrophenhochwasser ($HQ > HQ_{\text{Bemessung}}$) ist aber unverändert. Die Gefahr, die mit dem Auftreten von Hochwässern verbunden ist, schließt immer eine Schadensfunktion $S(Q)$ mit ein.²⁴ Wird das Risiko nun als jährlicher Erwartungswert des Schadens $E(S)$ ausgedrückt erhält man:

²³ H. Patt, 2001: „Hochwasser – Handbuch Auswirkungen und Schutz“, S 297, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York

²⁴ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien: „Hochwasserschutz mit Mobilelementen Studie“, S 10

$$E(S) = \int_Q^{\infty} S(Q) \cdot f(Q) \cdot dQ \dots^{25}$$

- $f(Q)$ Dichtefunktion für Hochwässer
- Q jeweiliges Bemessungshochwasser

5.5 Hochwasserrisikomanagementpläne nach der europäischen Hochwasserrisikomanagement - Richtlinie

Am 26. November 2007 ist die Richtlinie 2007/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken in Kraft getreten.²⁶

Folgende Arbeitsschritte werden den einzelnen Mitgliedsstaaten vorgegeben:

- für jeden Flussgebietsbereich sollte eine vorläufige Wertung des Hochwasserrisikos durchgeführt werden. Basierend auf dieser Untersuchung sollen jene Gebiete herausgefiltert werden, bei denen ein großes Hochwasserrisiko besteht oder sehr wahrscheinlich ist.
- für die gefährdeten Gebiete sind Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten zu formulieren.
- diese Hochwasserrisiko- und Hochwassergefahrenkarten bilden die Grundlage für die zu erstellenden Hochwasserrisikopläne. In diesen Plänen werden von den einzelnen Mitgliedstaaten in eigener Verantwortung angemessene Ziele und die dafür erforderlichen Maßnahmen festgelegt. Die Richtlinie beinhaltet aber keine konkreten Vorgaben zur Art der durchzuführenden Schritte oder zum Zeitpunkt an dem die Maßnahmen ergriffen bzw. durchgesetzt sein müssen.

²⁵ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien: „Hochwasserschutz mit Mobilelementen Studie“, S 10

²⁶ Hochwasserrisikomanagementpläne nach der EG – Hochwasserrisikomanagement - Richtlinie, Zeitschrift Wasser und Abfall Jg.:2008, Nr. 12, 10, S 54

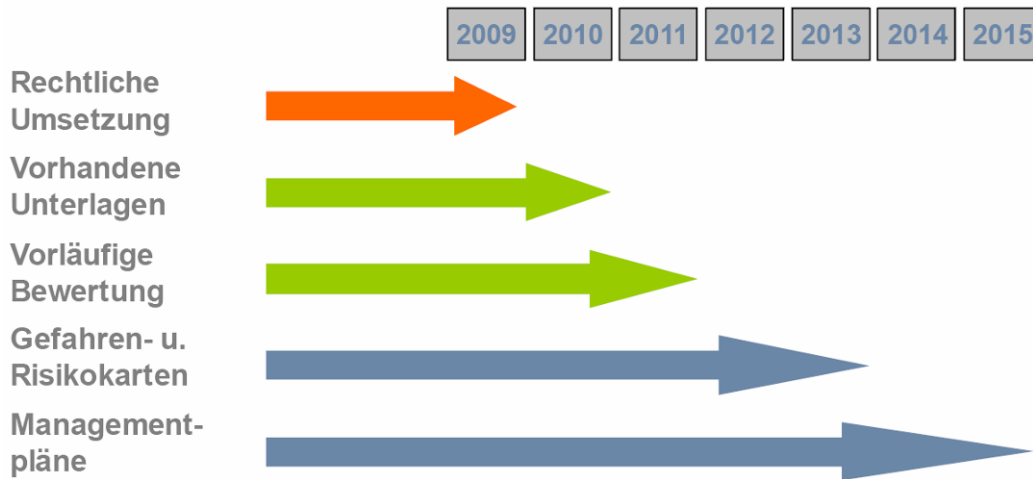


Abb. 41 Fahrplan zur Umsetzung der Hochwasserrisiko – Richtlinie [50]

Die Hochwasserrisikomanagement – Richtlinie unterstützt die bereits bestehenden Ziele der Hochwasserschutzstrategie der einzelnen Länder. Bei deren Umsetzung kommt es in Zukunft vor allem darauf an, bereits bestehende Elemente so einzuarbeiten, dass es zu keiner Doppelung oder Überfrachtung des Hochwasserrisikomanagements kommt.

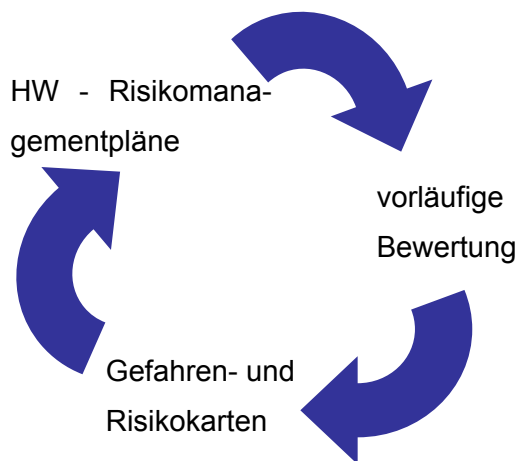


Abb. 42 Risikokreislauf [51]

5.5.1 Hochwasserrisikomanagement

Aufgabe der Richtlinie ist es, das hochwasserbedingte Risiko mit den Folgen auf die menschliche Gesundheit und Leben, die Umwelt, das Kulturerbe, wirtschaftliche Tätigkeiten und die Infrastruktur zu minimieren. Dies soll mit Maßnahmen auf der Gemeinschaftsebene durch ein Hochwasserrisikomanagement geschehen.

Hochwasserrisiko ist laut der Richtlinie definiert als die „Kombination der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Hochwasserereignisses und der hochwasserbedingten potenziellen nachteiligen Folgen auf die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeiten.“ Zu betrachten sind:

- Extremereignisse
- mittlere Hochwasser HQ₁₀₀ und
- Hochwasser, die mit einer hohen Wahrscheinlichkeit auftreten.

In der Richtlinie ist die Erstellung von Hochwasserrisikomanagementplänen ein eigenes Instrument. Durch sie sollen die nachteiligen Auswirkungen von Hochwasser verhindert bzw. minimiert werden. Den Schwerpunkt des Hochwasserrisikomanagementplans sollen somit die Vermeidung, der Schutz, die Vorsorge und zusätzlich auch die Hochwasservorhersage und die Frühwarnung bilden.

Der Risikokreislauf ist grundsätzlich auf folgenden Eckpfeilern aufgebaut:

- Vorbeugen
- Bewältigung
- Regeneration

Die Instrumente des Risikokreislaufs bedürfen jedoch einer stetigen Überprüfung und Verbesserung.

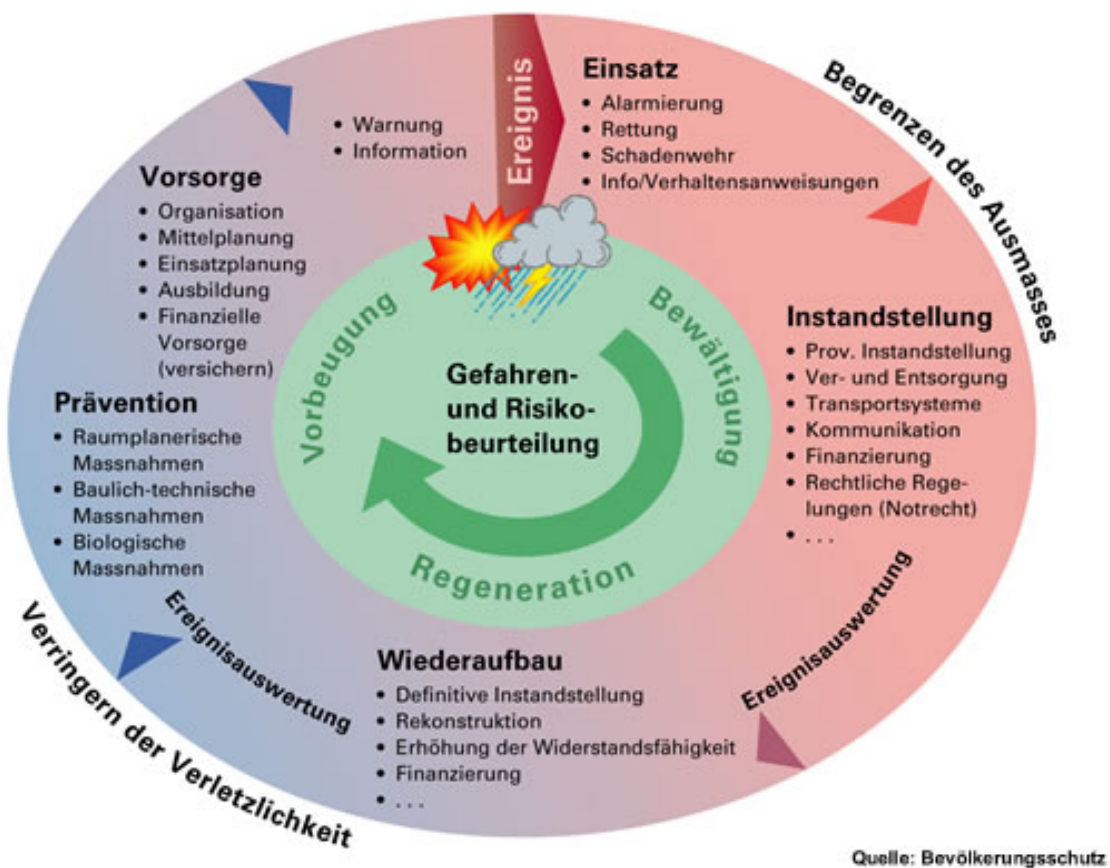


Abb. 43 Integraler Risikomanagementkreislauf [52]

5.5.2 Hochwasserrisikoplan

Der Hochwasserrisikoplan beinhaltet ein Programm zur Verbesserung des Hochwasserschutzes und des Hochwassermanagements in einem Einzugsgebiet. Die wesentlichen Inhalte der Hochwasserrisikomanagementpläne sind:

- Karten mit den Hochwasserrisikogebieten, die in der vorläufigen Bewertung erarbeitet worden sind
- Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten
- Beschreibung der festgelegten, angemessenen Ziele für das gesamte Hochwassermanagement
- Zusammenfassung der Maßnahmen und deren Reihung zur Verwirklichung der Ziele
- Beschreibung der Reihung der Maßnahmen und der Methode zur Überprüfung der Umsetzung

- Zusammenstellung der Maßnahmen zur Information und Anhörung der Öffentlichkeit
- Liste der zuständigen Behörden und Beschreibung der Koordination innerhalb internationaler Flussgebietseinheiten, sowie die Koordination mit der Wasserrahmenrichtlinie

5.5.3 Mustergliederung eines Hochwasserrisikomanagementplans²⁷

Vorbemerkung: Veranlassung, Zielsetzung unter Berücksichtigung von Art. 1 Abs. 1 HWRMRL (Hochwasserrisikomanagementrichtlinie), Bearbeitungsgebiet:

- 1) Vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos Art. 4, 5 HWRMRL
 - Karte des Untersuchungsgebietes mit Einzugsgebiet- oder Teileinzugsgebietgrenzen, Topographie, Flächennutzung
 - beobachtete und historische Hochwasser mit signifikanten Auswirkungen auf Mensch, Umwelt, Kulturerbe, wirtschaftliche Tätigkeiten
 - Vergleich der beschriebenen Hochwasser, Schlussfolgerungen auf eine Wahrscheinlichkeit einer Wiederholung und die Schwere des dann zu erwartenden Hochwasserrisikos, Bewertung der zu erwartenden Folgen für Mensch, Umwelt, Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeit
 - Bestimmung der Gebiete mit potentiell signifikantem Hochwasserrisiko

Wird kein bedeutsames Hochwasserrisiko festgestellt endet hier die Bearbeitung.

²⁷ H. Geyer, Freistaat Sachsen Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft: „Kommunale Aufgaben des Hochwasserrisikomanagements“

2) Hochwassergefahrenkarten Hochwasserrisikokarten Art. 6 HWRMRL

- Hochwassergefahrenkarten Intensität (Wassertiefen, Fließgeschwindigkeiten, Verklauungsgefahr, Erosions- bzw. Sedimentationszonen) bei HQ_{Extrem} , HQ_{100} , HQ_{25} o. ä.
- Hochwasserrisikokarten Anzahl der bei den genannten Szenarien betroffene Personen, Art der wirtschaftlichen Tätigkeit im Gebiet, Kritische Infrastrukturen: Umspannwerke, Energieerzeuger ab 50 MW, Anlagen der Wasserversorgung, Krankenhäuser, sonstige Industrieanlagen mit einem hohen Schaden- oder Gefährdungspotential, wichtige Verkehrswege für die Daseinsvorsorge

3) Hochwasserrisikomanagementplan

- Beschreibung des Einzugsgebietes (Flächennutzung, Gewässerausbau, wasserwirtschaftliche Anlagen)
- hydrologische Grundlagen
- hydraulische Berechnungen
- Ermittlung des vorhandenen HWS – Niveau, Gefährdungs- und Schadenpotential (Definition Schutzziele, Schadenpotential, Gefahrenanalyse)
- Entwicklung von Maßnahmen (präventive Hochwasserschutzmaßnahmen, Gewässerunterhaltung, Eigenvorsorge, Frühwarnung, operative Gefahrenabwehr) und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

4) Strategische Umweltprüfung

Der Hochwasserrisikomanagementplan ist somit Grundlage für Maßnahmen gegen Hochwassergefahren im gesamten Gewässereinzugsgebiet.

5.6 Baustoffe für mobile Hochwassersysteme

Die Baustoffe von Hochwasserschutzmaßnahmen sind extremen Bedingungen ausgesetzt. Die Ansprüche an die Baustoffe werden durch die jeweiligen Belastungen bzw. Beanspruchungen bestimmt.

- Beton
- Bitumen, Asphalt
- Natursteinmauern
- Aluminium
- Stahl
- Bitumenbahnen, Kunststoffbahnen und Metallbänder

finden ihren Einsatzbereich in den ortsfesten Hochwasserschutzmaßnahmen. Für mobile bzw. bewegliche Hochwasserschutzsysteme werden hauptsächlich

- Aluminium
- Stahl
- Holz
- Kunststoffe und Kunststofffolien

verwendet.

5.6.1 Aluminium

Aluminium gehört der Gruppe der Leichtmetalle an. Es besitzt aber eine große Festigkeit und einen hohen Korrosionswiderstand. Bei Hochwasserschutzsystemen findet Aluminium vor allem in Dammbalken, Absperrtafeln und mobilen Hochwasserschutzsystemen seinen Einsatz.

Eigenschaften:

Der E-Modul von Aluminium liegt bei 70.000 N/mm² und entspricht somit ungefähr 1/3 des Elastizitätsmoduls von Stahl. Die Wärmedehnzahl ist $\alpha_T = 23 \cdot 10^{-6}$ [1/K] und ist somit 2,3mal so groß wie die Wärmedehnzahl von Stahl. Bei ständigen Einwirkungen, die 50% der Gesamtbelastung überschreiten, ist der Ein-

fluss des Kriechens so groß, dass die zulässigen Belastungen von Aluminium - im ungünstigsten Fall - um den Faktor 0,8 abgemindert werden müssen.²⁸ Der hohe Korrosionsschutz entsteht durch eine Oxidschicht, die sofort an der Oberfläche von Aluminium gebildet wird. Nach Beschädigung der Oberfläche erneuert sich diese Oxidschicht wieder relativ schnell. Durch Beschichtungen kann die Korrosionsbeständigkeit von Aluminium weiter erhöht werden. Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass die Beschichtung nach einiger Zeit abgenutzt ist, und wieder erneuert werden muss.

5.6.2 Stahl

Werkstoffe werden dann als Stahl bezeichnet, wenn deren Eisenmassenanteil größer ist als jedes andere Element und der Kohlenstoffanteil kleiner als 2 Massenanteile ist. Da Stahl ein großes Eigengewicht $\rho = 7,85 \text{ g/cm}^3$, sowie hohe Zug- und Druckfestigkeit besitzt, kommt es vor allem da zum Einsatz wo eine hohe Festigkeit gefragt ist:

- Scharniere und Verankerungen von Hochwasserschutzwänden und
- Stützen z.B. von mobilen Schutzsystemen.

Man unterscheidet bei Stahl zwischen mechanischen Eigenschaften (Grundstahl, Qualitätsstahl, Edelstahl) und chemischer Zusammensetzung (legiert, niedrig legiert, unlegiert). Grundstähle sind nur unlegierte Stähle. Zu Edelstahl gehören fast alle legierten Stähle. Alle übrigen Stähle werden in

- Baustahlbau,
- wetterfester Baustahl,
- Feinkornbaustahl,
- korrosionsbeständiger Stahl,
- Betonstahl und
- Spannstahl

gegliedert.

²⁸ H. Patt, 2001: „Hochwasser – Handbuch Auswirkungen und Schutz“, S 217, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York

5.6.3 Holz

Holz hat im Hochwasserschutz ein Ablaufdatum. Einzige Anforderung die der Hochwasserschutz an Holz stellt, ist eine ausreichend hohe Festigkeit. Holz passt sich gut den lokalen Gegebenheiten an (kann entsprechend zugeschnitten werden) und ist somit vor allem für private Schutzkonstruktionen geeignet:

- Verschließen von Öffnungen
- Erstellen von Holzstegen
- Erhöhung von mobilen Schutzwänden
- Sicherung von Deichkronen
- etc.

Holz kann wie folgt unterteilt werden:

- Baurundholz
- Bauschnittholz
- Brettschichtholz und
- Holzwerkstoffe (Sammelbegriff für Sperrholz, Span- und Faserplatten)

Baurundholz wird entrindet, entastet und dann hauptsächlich ohne Weiterbearbeitung verwendet. Des Weiteren wird Baurundholz noch hinsichtlich seiner Güteklasse gegliedert.

- Güteklasse 1: besitzt besonders hohe Tragfähigkeit
- Güteklasse 2: besitzt gewöhnliche Tragfähigkeit
- Güteklasse 3: besitzt niedrige Tragfähigkeit

Bauschnittholz wird hingegen aus entrindeten Baumstämmen in verschiedenen Abmessungen geschnitten. Man unterscheidet im Zuge der virtuellen Kontrolle für Nadelschnittholz zwischen:

- Klasse S 7: mit geringer Tragfähigkeit
- Klasse S 10: mit üblicher Tragfähigkeit
- Klasse S 13: mit überdurchschnittlicher Tragfähigkeit

Bei der maschinellen Kontrolle unterscheidet man zwischen MS 7, MS 10 und MS 13.

Die Eigenschaften des Holzes ändern sich mit der Faserrichtung (längs bzw. quer zur Faser). Man spricht bei Holz somit von einem anisotropen Baustoff. Brettschichtholz besteht aus zumindest 3 Einzelbrettern. Diese werden miteinander verleimt und sind in verschiedenen Längen und Dicken herstellbar. Normalerweise werden Hölzer in Faserlängsrichtung beansprucht.²⁹ Tropenholzer sollten aus Natur- und Umweltschutzgründen nicht verwendet werden.

5.6.4 Kunststoffe und Kunststofffolien

Kunststoffe bestehen vor allem aus Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff. Kunststoffe werden im Hochwasserschutz hauptsächlich zum Abdichten und Abdecken von Flächen als Folien, oder als Dichtungsbänder und Arbeitsfugen verwendet. Ebenso kommen sie als Füllmasse bei kleinen Stellen zum Einsatz. Die Unterteilung der Kunststoffe erfolgt in:

- Thermoplaste oder auch Plastomere sind zäh - fest und schmelzen bei hohen Temperaturen.
- Duroplaste oder auch Duromere sind sehr hart und besitzen einen hohen chemischen Widerstand, wodurch sie bei hohen Temperaturen nicht weich werden.
- Elastomere besitzen eine große Dehnfähigkeit und Bruchfestigkeit. Sie kommen meist bei Arbeitsfugen zum Einsatz.

Bei der Gebäudeabdichtung verwendet man überwiegend Bautenschutzfolie und Abdichtungsbahnen. Abdichtungsbahnen werden, im Gegensatz zu Bautenschutzfolie, mit Heißbitumen - Klebmassen oder mit lösemittelhaltigen Klebstoffen auf den tragfähigen Untergrund geklebt.³⁰ Bauschutzfolie wird aus PVC (Polyvinylchlorid) oder PE (Polyethen) in einer Dicken von 0,02 - 0,4 mm gefertigt. Bei der Verwendung von Kunststoffen ist besonders auf die Versprödung,

^{29,30} H. Patt, 2001: „Hochwasser – Handbuch Auswirkungen und Schutz“, S 223, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York

die in folge Alterung auftritt zu achten. Bei der PVC Herstellung kommen 20 - 60 Massenprozent Weichmacher zum Einsatz. Je höher der Anteil von Weichmachern ist, desto größer ist auch die Dehnfähigkeit wobei die Festigkeit der Kunststoffe wieder reduziert wird.

5.7 Einteilung, Klassifizierung mobiler Hochwasserschutzsysteme

Mobile Hochwasserschutzsysteme lassen sich in planmäßige und notfallmäßige mobile Schutzsysteme unterteilen:

Planmäßige mobile Schutzsysteme sind jene Konstruktionen, die für Einsätze an einem bestimmten Ort vorgesehen sind. Sie werden für ihren Einsatzort bemessen und geplant, und können somit im Katastrophenfall nicht anderwärtig eingesetzt werden. Obwohl es sich hier um mobile Bestandteile des Hochwasserschutzes handelt, erfordern sie vor Ort dauerhafte Maßnahmen, um eine kraftschlüssige Verbindung mit dem Untergrund sichern zu können.

Notfallmäßige mobile Schutzsysteme sind im Gegensatz zu planmäßigen nicht auf diese dauerhaften Vorkehrungen angewiesen, und somit auch nicht ortsbezogen. Sie kommen hauptsächlich dann zum Einsatz, wenn das Bemessungshochwasser den vorhandenen Hochwasserschutz übersteigt. Sie sind somit außerplanmäßige Maßnahmen. Ihr Einsatzbereich befindet sich folglich überwiegend im Katastrophenschutz. Teilweise werden sie auch zur Überbrückung während der Planungs- und Genehmigungsdauer für planmäßige Hochwasserschutzsysteme verwendet.

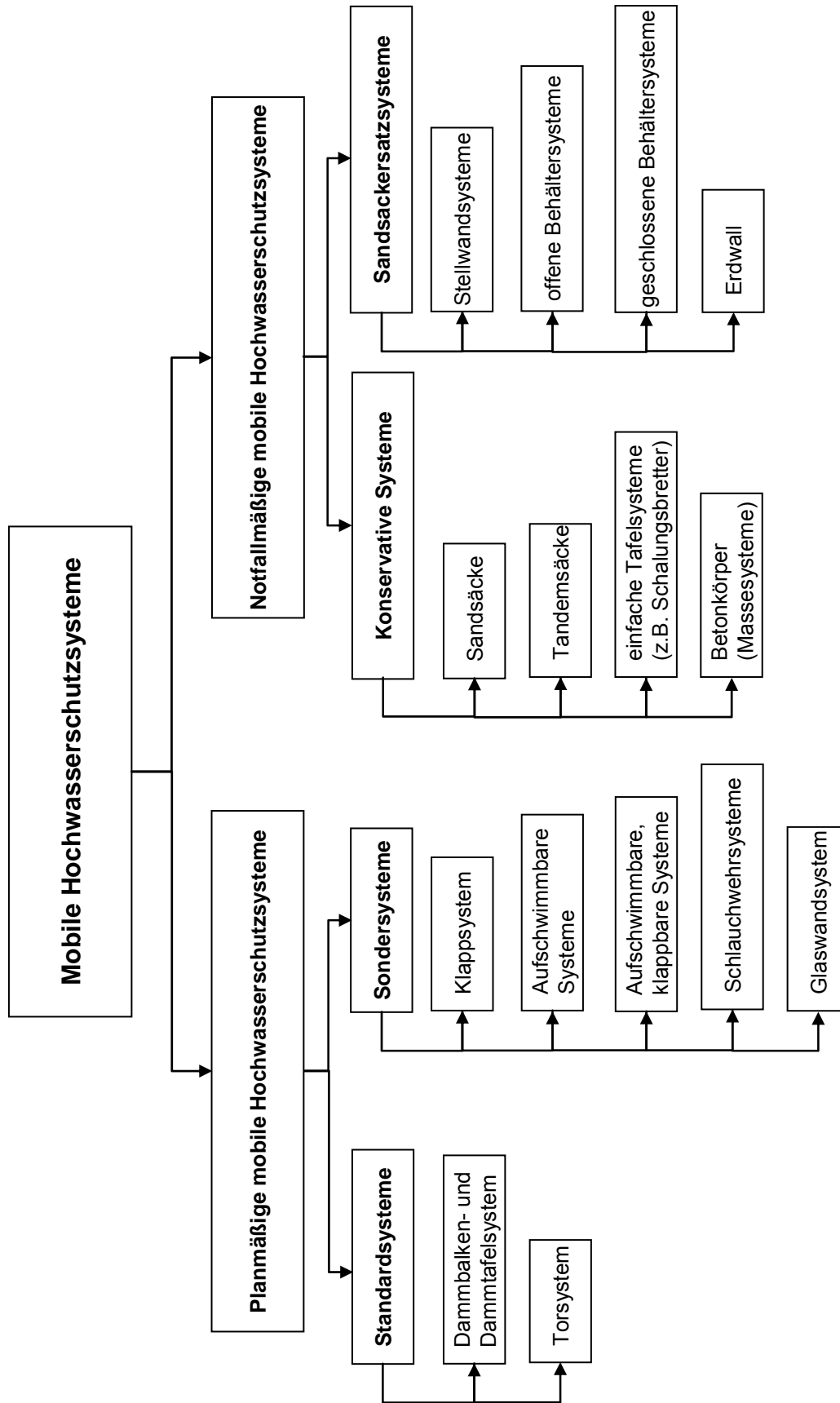


Abb. 44 Schematische Darstellung der mobilen HW - Schutzsysteme [53]

6. Planmäßige mobile Hochwasserschutzsysteme

Man kann laut Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK zwischen folgenden Systemarten unterscheiden:

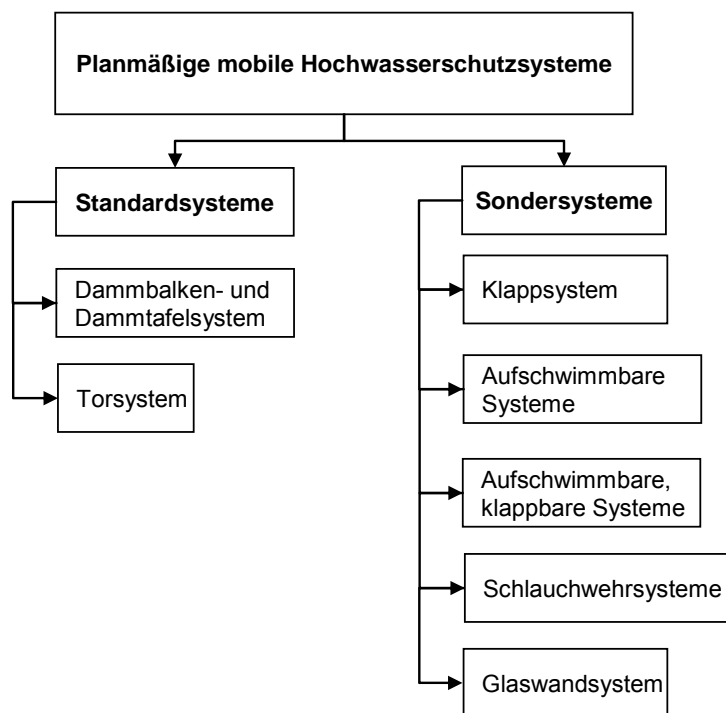


Abb. 45 Einteilung der planmäßig mobilen Hochwasserschutzsysteme [54]

Planmäßige mobile Hochwasserschutzsysteme sind immer Bestandteil einer Gesamtanlage des technischen Hochwasserschutzes. Diese umfasst neben den oberirdischen Schutzeinrichtungen (stationär und mobil) auch Maßnahmen der Untergrundabdichtung, der Binnenwasserregelung sowie des Retentionsausgleiches.³¹

³¹ Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 14

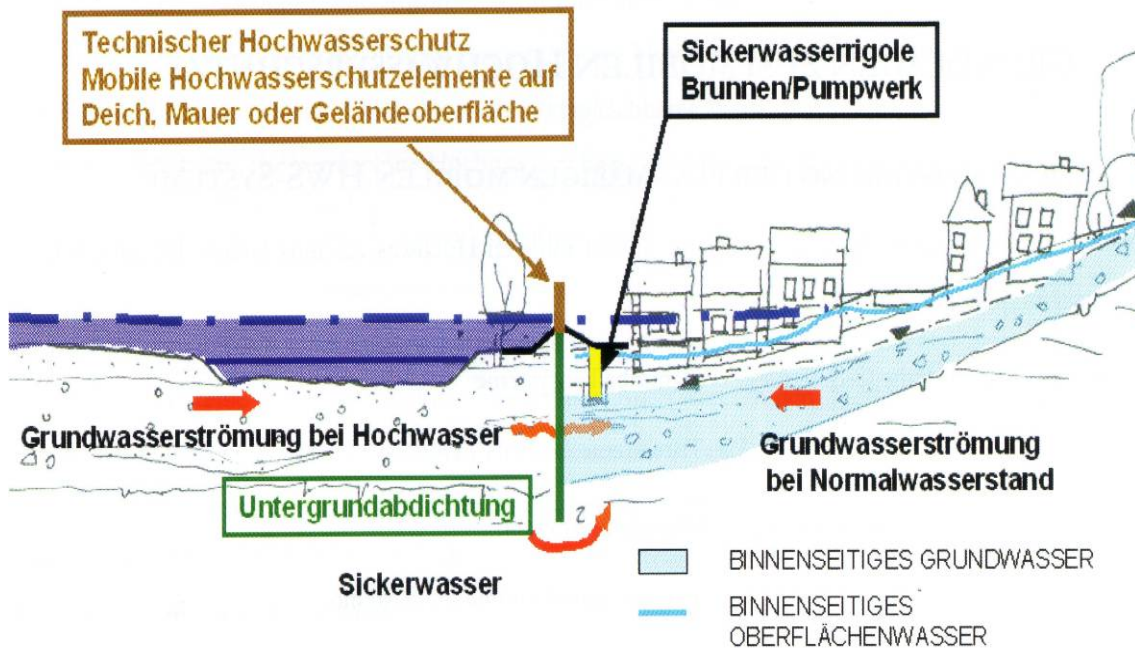


Abb. 46 Planmäßiges mobiles Hochwasserschutzsystem als Teil einer stationären Hochwasseranlage [55]

Eine Unterscheidung nach Art der Verwendung erfolgt prinzipiell nach ...

- punktförmig (verriegeln von Deich- und Mauerscharten)
- linienförmig (z.B. direkt auf der GOK)
- linienförmig auf einem stationären Hochwasserschutzsystem

Diese Systeme bergen ein höheres Risiko als stationäre Schutzsysteme, da für sie erst die Betriebsbereitschaft hergestellt werden muss, ehe ihre Schutzfunktion wirksam wird. Deshalb sollte hier das Minimierungsgebot zur Anwendung kommen, das heißt, dass der Anteil an planmäßigen Schutzsystemen zu stationären Schutzsystemen minimal gehalten werden soll. Meist existieren gute Möglichkeiten sie auf festen Bauteilen im Landschaftsbild mit einzubinden. Planmäßige Hochwasserschutzsysteme übernehmen hier dann bestimmte Funktionen wie, Sitz- oder Brüstungsmauern, oder werden bewusst als Trennelemente eingesetzt.

6.1 Empfehlungen zur Dimensionierung von planmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen

Gemäß Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK werden folgende Parameter zur Dimensionierung von planmäßigen mobilen HWS – Systemen genannt:

- Konstruktionshöhe

Betreffend der Konstruktionshöhe gibt es bei den Standardsystemen eigentlich keine technischen Grenzen. In der Praxis kommt jedoch eine maximale Schutzhöhe von 5,0 m zum Einsatz.

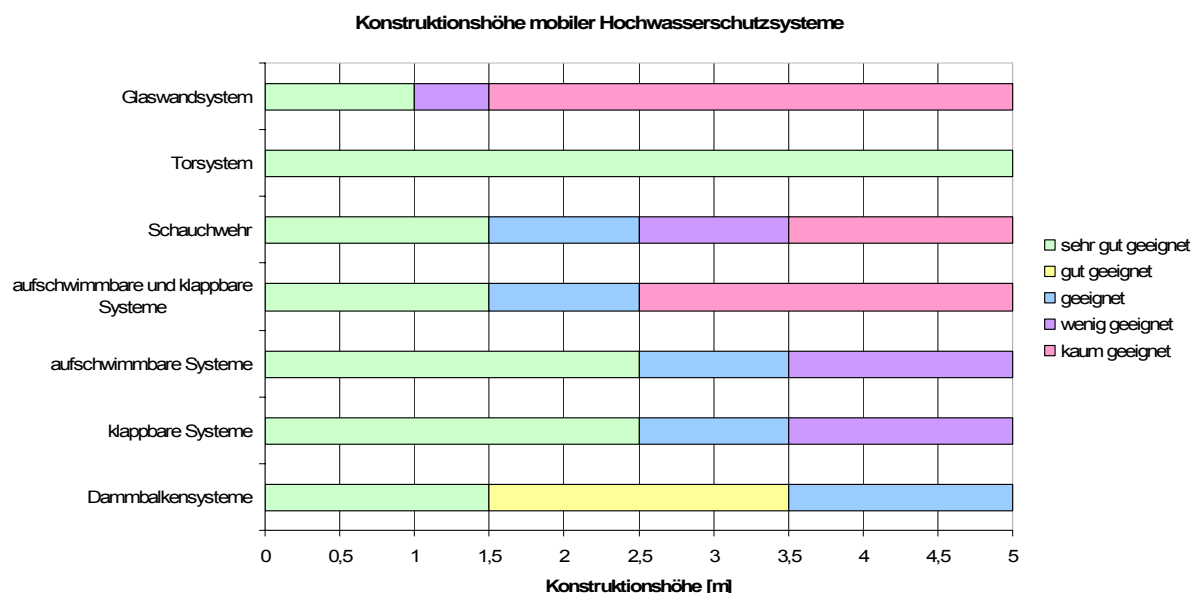


Abb. 47 Durchführbare Schutzhöhen bei mobilen HWS – Systemen [56]

Dammbalkensysteme ohne Abspreizung beschränken sich auf eine max. Schutzhöhe von 1,5m. Bis zu dieser Höhe können Stützen den hydrostatischen Wasserdruck ohne zusätzliche Abspreizung aufnehmen. Des Weiteren würden bei größeren Höhen Hebewerkzeuge zum Aufbau erforderlich sein.

- Konstruktion und Aufstellung

Um Fehler beim Aufbau einer planmäßigen mobilen Schutzanlage zu minimieren, versucht man komplizierte Montageabläufe zu vermeiden und die Konstruktionen so einfach wie möglich zu gestalten. Es sollte demnach immer möglich sein die Schutzelemente auf der Binnenseite zu errichten. Um Verwechslungen beim Aufbau zu vermeiden sollten die Formen der Elemente symmetrisch gestaltet werden.

Das Lösen bzw. Befestigen von Schraubverbindungen sollte nur durch spezielles Werkzeug möglich sein, damit hier eine Fremdeinwirkung oder Zerstörung von außen minimal gehalten werden kann.

Die Einzelteile der planmäßigen mobilen Schutzanlage sind gegen Aufschwimmen und Verschiebung zu sichern. Es sollte weiters möglich sein, dass dammbalkenartige Systeme auch während des Einstaus noch stufenweise erhöht werden können.

Die Zufahrt zum Einsatzort muss jederzeit für das Einsatzpersonal passierbar sein.

Die DIN 19712 „Deiche“ verlangt einen doppelten Verschluss zum Verschließen von Deichscharten. Bei planmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen kann hierauf verzichtet werden, wenn die Anlage dauernd beaufsichtigt wird, die in der statischen Bemessung angenommenen Lastfälle im Hochwasserfall nicht überschritten werden und die Risikobewertung zu einem entsprechenden Ergebnis kommt.

Wenn Öffnungen punktförmig verschlossen werden, wird der Einbau von zwei Ebenen für mobilen Verschluss laut Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK empfohlen. Versagt nun der Verschluss in der ersten Schutzebene, kann auch im Hochwasserfall noch ein zweiter Verschluss hinter dem bereits vorhandenen Verschluss erstellt werden.

Beim Errichten von planmäßig mobilen Hochwasserschutzsystemen auf stationären Systemen und beim linienförmigen Lückenschluss wird empfohlen, auf der Wasserseite Opfersysteme zu errichten. Diese können zum Beispiel bei erhöhtem Treibgut als Vertikalstabgeländer oder als an Pollern eingehängte Blechkonstrukte ausgebildet sein.

Um einen Schiffsanprall an mobile Schutzsysteme zu vermeiden, sollte die angrenzende Wassertiefe bei der Schutzwand kleiner 1m sein oder durch eine Dalbenreihe gesichert werden.



Abb. 48 Dalbenreihe als Schutz vor Schiffsanprall [57]

Um abnorme Belastungen durch Verkehr und Personen an der Binnen-seite zu vermeiden werden zudem Sicherheitszonen eingerichtet. Diese Sicherheitszonen werden in 3 Schutzbereiche gegliedert.

- Sperrzone (rot): nur für Kontrollpersonal, Aufenthaltsdauer klein halten
- Gefahrenzone (gelb): nur für Befugte falls unbedingt notwendig
- Überschwemmungszone (blau)

Eine Einkreisung bezeichnet eine Gebäuderäumung innerhalb der Sperrzone.

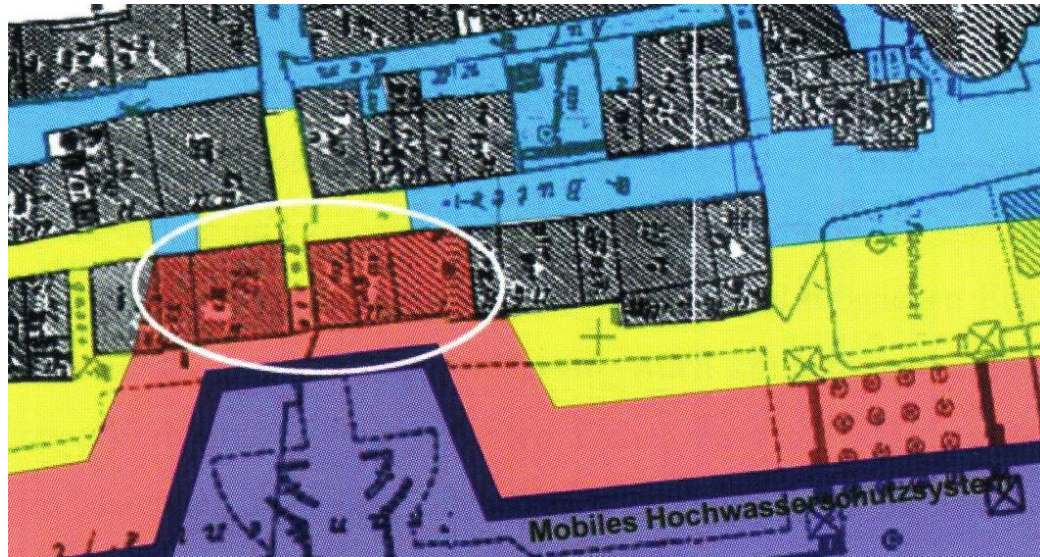


Abb. 49 Binnenseitige Sicherheitszone [58]

Ist es nicht möglich den Sicherheitsbereich frei von fließendem Verkehr zu halten, ist dieser Sicherheitsbereich auf der Binnenseite durch einen erhöhten Geländesprung oder durch ein Opfersystem wie Poller, Betonschwellen oder mobile Leitplanken zu sichern.

- Freibord, Überströmbarkeit

Aus dem gewählten Schutzziel und dem davon abhängigen Bemessungshochwasser ergibt sich die geodätische Höhe. Neben der aus einem gewählten Schutzziel entstandenen Bemessungshöhe ist auch auf nachstehende Beanspruchungen einzugehen. Bei Fließgewässern sind hier Windstau, Wellenaufbau, aber auch Eis, Treibzeug oder Wellen aufgrund von Strömung zu nennen. Um diesen Beanspruchungen entgegenzuwirken ist ein Freibord vorzusehen. Die Freibordhöhe ist gemäß

DVWK 246/1997 (Freibordbemessung an Stauanlagen) oder DIN 19712:1997 (Flussdeiche) oder DWA E 2006 zu berechnen.

- Bereitstellungszeit

Die Zeit, die zur Herstellung der Betriebsbereitstellung eines planmäßigen HWS – Systems benötigt wird, ist ausschlaggebend für die Einsatzmöglichkeiten dieser Art von Schutzsystemen. Die Bereitstellungszeit muss auf jeden Fall kürzer sein als die Vorwarnzeit.

$$t_{\text{Vorwarn}} > (t_{\text{Alarmierung}} + t_{\text{Beladung}} + t_{\text{Transport}} + t_{\text{Sicherung}} + t_{\text{Aufbau}}) \cdot C_{\text{Sicherheit}} \dots^{32}$$

Sie beinhaltet die Zeiten die für Alarmierung, Beladung, Transport, Sicherung und Aufbau notwendig sind. Ebenso ist ein Sicherheitszuschlag mit einzuberechnen. Die Bereitstellung der mobilen Hochwasserschutzsysteme ist in erster Linie eine logistische Aufgabe und macht infolgedessen einen wesentlichen Teil des Gesamtsystems aus. Die erforderlichen Maßnahmen sind daher bereits in der Entwurfsphase konkret zu planen. Zusätzlich müssen die Einzelzeiten, die für die Herstellung der Betriebsbereitstellung benötigt werden nachgewiesen werden. Örtliche Gegebenheiten, verfügbares Personal und technische Hilfsgeräte sind Faktoren, die die Bereitstellungszeit ebenfalls beeinflussen. Diese Faktoren können in der logistischen Planung nur abgeschätzt werden - daher versucht man Unsicherheiten mit einem Sicherheitszuschlag $C_{\text{Sicherheit}}$ entgegen zu wirken. Diese Schätzfaktoren werden bei einem Probeaufbau erstmalig kontrolliert und bei den nachfolgenden Einsätzen laufend durch die dazu gewonnenen Erfahrungen evaluiert und angepasst. Die maßgebliche Vorwarnzeit geht aus Hochwasserprognosen hervor.³³

^{32, 33} Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 17, 18

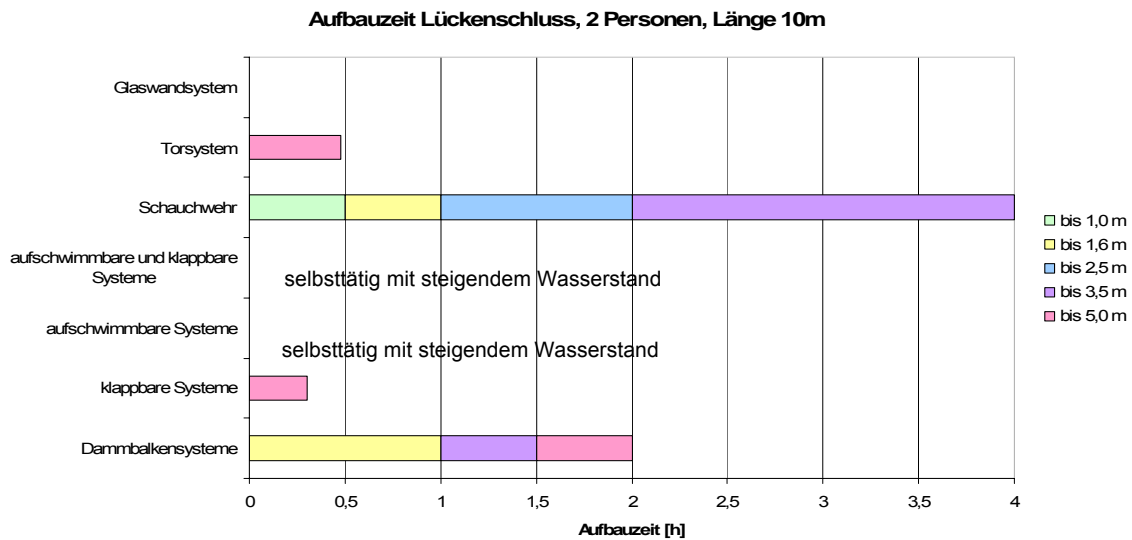


Abb. 50 Aufbauzeit mobiler HWS – Systeme im Lückenschluss (10m) mit 2 Personen [59]

6.2 Randbedingungen für den Einsatz von planmäßigen HWS – Systemen

Die Möglichkeit planmäßige mobile Hochwasserschutzsysteme einzusetzen, hängt in erster Linie von den lokalen Randbedingungen ab. Diese müssen vor der eigentlichen Planung erhoben und auf das Genaueste geprüft werden. Als wichtigste Randbedingungen für die Wahl eines planmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystems sind die Hydrologie und das Hochwasserrisiko zu nennen.

Zusammenfassend sind folgend aufgezählte Randbedingungen für den Einsatz von planmäßigen HWS - Systemen zu beachten:

- Hydrologie:
 - HW – Abflüsse
 - Stauhöhen
 - Anlaufzeit/Vorwarnzeit
- Hydro- und Morphodynamik:
 - Fließgeschwindigkeit
 - Wellen
 - Treibgutanteil
 - Sediment- und Geschiebefrachten
 - Schwebstoffe
- Infrastruktur:
 - Zugänglichkeit
 - topographische Gegebenheit
 - Versorgungsleitungen

- Baugrund: Baugrundgegebenheit
Gründung
- Städtebau: städtebauliche Ziele
historische Bebauung
- Logistik: Personalverfügbarkeit
Einsatzdienste
Platzbedarf, Arbeitsfläche
Transportkapazität und –wege
- Risiko: Überflutungswahrscheinlichkeit
Schadensarten und –potential
Gefährdung der Bevölkerung
Risikoakzeptanz
Restrisiko

6.3 Rechtliche Grundlagen bei planmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen

Die rechtlichen Grundlagen des planmäßigen mobilen Hochwasserschutzes unterliegen den gleichen Anforderungen wie die des stationären Hochwasserschutzes. Wie bereits erwähnt ist für die Genehmigung von mobilen Schutzsystemen ein Planfeststellungsverfahren und eine Umweltverträglichkeitsprüfung gemäß UVP – Gesetz notwendig. Dabei sind die in den jeweiligen Ländern maßgeblichen Gesetze und Verordnungen Beachtung zu schenken. Für die Bemessung und baulichen Gestaltung ist auf anerkannte Regelwerke, DIN - Normen und Empfehlungen zurückzugreifen.

6.4 Standardsysteme des mobilen planmäßigen HWS

6.4.1 Dammbalken- und Dammtafelsystem

Diese beiden Dammsysteme unterscheiden sich lediglich durch den unterschiedlichen Aufbau ihrer mobilen Wände. Ihre Fundamente, das Konstruktionsprinzip und auch die Art und der Aufbau ihrer Abstützungen sind hingegen ident. Beim Dammbalkensystem bilden übereinander gesetzte Balken die mobi-

le Hochwasserschutzwand. Die senkrechten bzw. schrägen Wände werden seitlich an Wandstützen (Halterungen od. Wandanschlussprofile) und zwischen festen oder mobilen Mittel- und Eckstützen eingesetzt. Mittel- und Eckstützen werden mittels Ankerplatten mit dem Untergrund verbunden. Beim Dammtafel-system werden an Stelle von einzelnen Dammbalken Flächenelemente - so genannte Dammtafeln oder Dammplatten verwendet. Diese Tafeln bzw. Platten besitzen bereits die volle Schutzhöhe. Sie werden nicht wie die Dammbalken übereinander geordnet, sondern einfach nebeneinander gereiht und durch eine Hinterstützung gehalten. Als tragende Elemente dieser Stützen, Balken oder Tafeln kommen vor allem Aluminium, Stahl und Edelstahl zum Einsatz. Als Dichtungen verwendet man in der Regel Kunststoffe oder Gummimischungen.

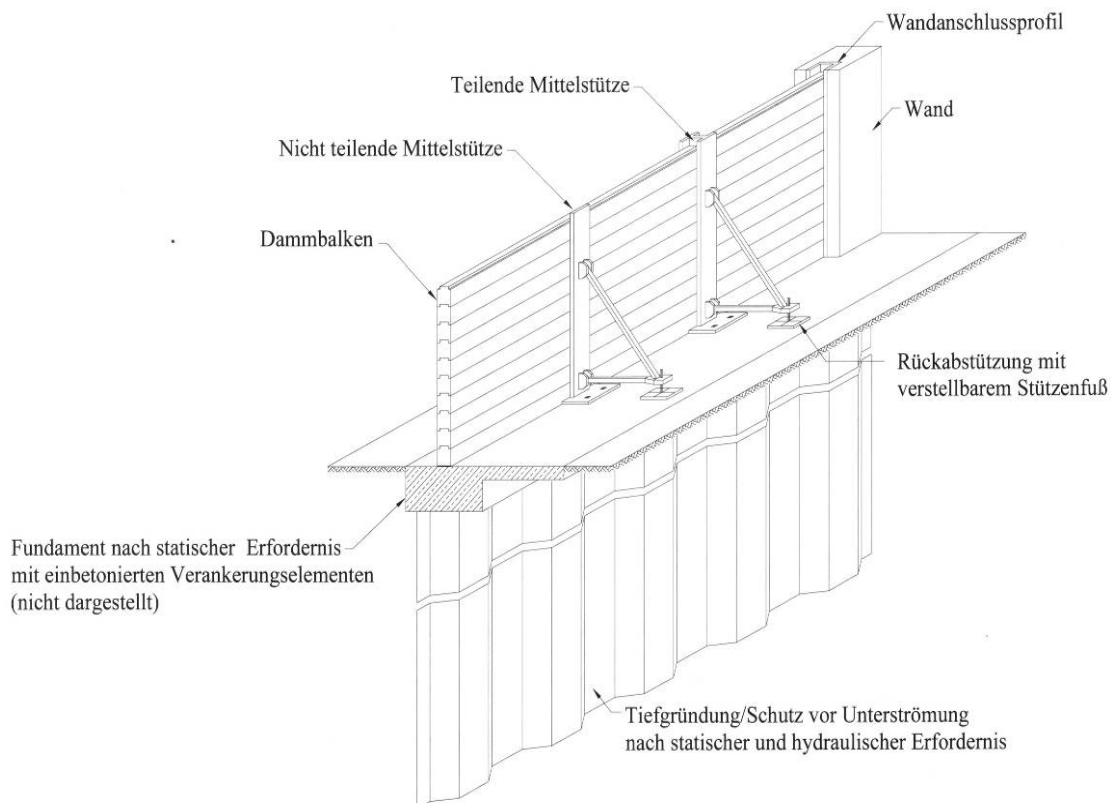


Abb. 51 Aufbau eines Dammbalkensystems [60]



Abb. 52 Dammbalkensystem im Hochwasserfall [61]



Abb. 53 Dammbalkensystem [62]

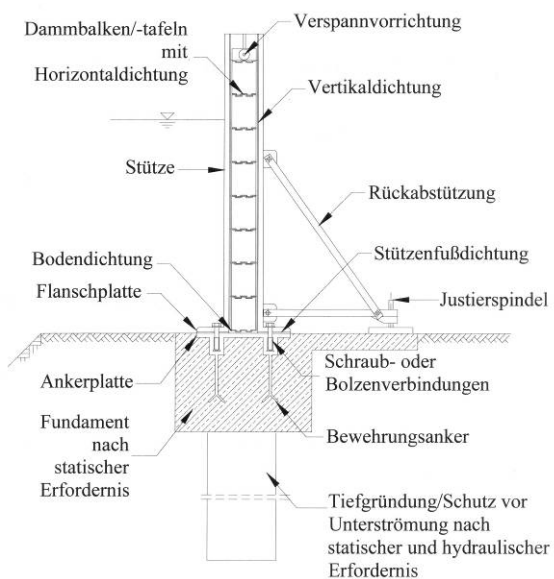


Abb. 54 Vertikales Dammbalkensystem [63]



Abb. 55 Aufbau eines Dammbalkensystems in Linz [64]

Dammbalken- und Dammtafelsysteme werden bis zu einer Wandhöhe von 5m eingesetzt. Die Stützweite ist vor allem von der Systemhöhe und der Durchbiegung abhängig. Am häufigsten werden Stützweiten zwischen 3 und 4m verwendet, es sind aber Stützweiten bis maximal 6m möglich. Ab einer Höhe von etwa 1,50m beanspruchen diese mobilen Hochwassersysteme eine zusätzliche Rückabstützung, als Ausnahmefall sind hier schräge Dammbalkensysteme zu nennen.

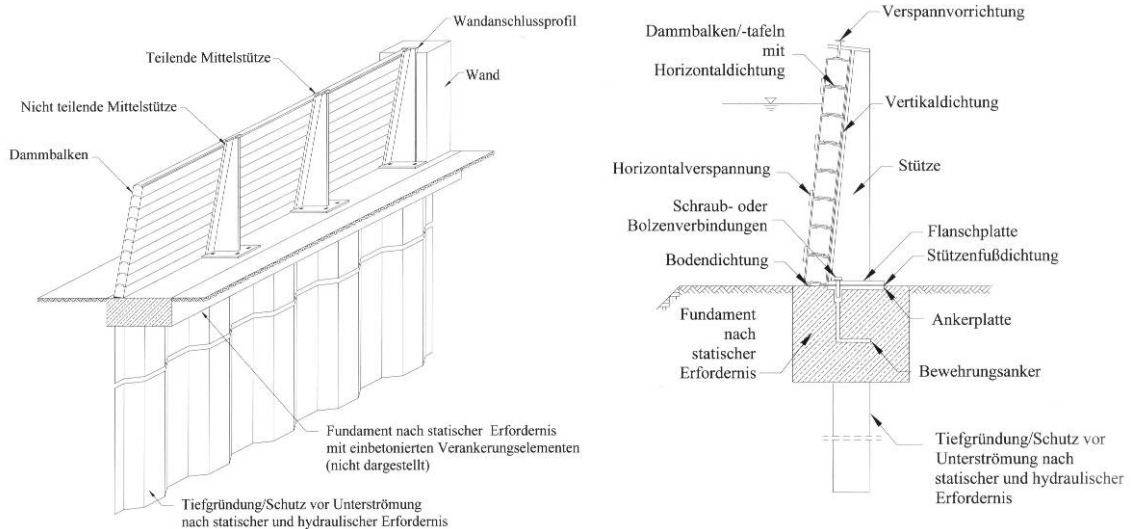


Abb. 56 Schräge Ausführung eines Dammbalkensystems [65]

Ab einer Höhe über 3 m sind auch hier zusätzliche Maßnahmen (verstärkter Anker, Bodenplatte, Stützen mit Knotenblechverstärkungen) erforderlich. Für die Rückabstützung wird oft eine Strebe mit der Stütze verschweißt oder über eine Bolzenverbindung befestigt. Der Fuß der Abstützung kann verstellbar mit einer Spindelplatte oder als starre Bolzenverbindung zum Fundament hin hergestellt sein.

Das System wird komplett auf- und abgebaut. Das Gewicht hängt von der Systemhöhe ab.

Systemhöhe	Gewicht pro lfdm mit allen Bauteilen
<u>Dammbalkensystem:</u>	
1m	0,03 t pro lfdm
5m	0,75 t pro lfdm
<u>Dammtafelsystem:</u>	
1m	0,05 – 0,10 t pro lfdm

Tab. 5 Gewicht abhängig von der Systemhöhe [66]

Die wichtigsten Konstruktionselemente sind:

- Stützen: Man unterscheidet zwischen Wand-, Mittel- und Eckstützen. Diese kann man wiederum in teilende und nicht teilende Stützen unterteilen. Sie dienen den übereinander angeordneten Dammbalken oder den nebeneinander liegenden Dammtafeln als Auflager, nehmen die horizontalen Kräfte auf und leiten sie in den Untergrund ab. Stützen werden hauptsächlich auf Biegung beansprucht. Die Horizontalkräfte am Stützenfuß werden durch Reibung am Stützenfuß und Untergrund übertragen. Die Verbindungselemente werden somit auf Abscheren beansprucht. Eine wichtige Aufgabe der Stützen ist auch die Lagerfixierung von Dammbalken und Dammtafeln in horizontaler und auch vertikaler Richtung. Die Fixierung dieser Wände erfolgt vor allem durch Klemmhebeln, Klemmschrauben und Klemmleisten. In der Regel werden teilende Stützen verwendet. Dieser Stützentypus unterteilt die mobile Hochwasserschutzwand, wodurch ein spezielles Augenmerk auf die Dichtungsebenen (Kontaktfläche zu den Elementen und auch zw. Stützenfußplatte und Bodenplatte) zu legen ist.

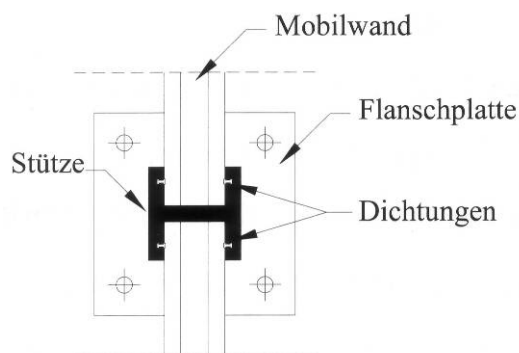


Abb. 57 Teilende Stütze [67]

Nicht teilende Stützen kommen luftseitig zur zusätzlichen Stützung zum Einsatz. Hier sind keine Dichtungen erforderlich, da durch diese Stützenart auch keine Dichtungsebenen durchtrennt werden.

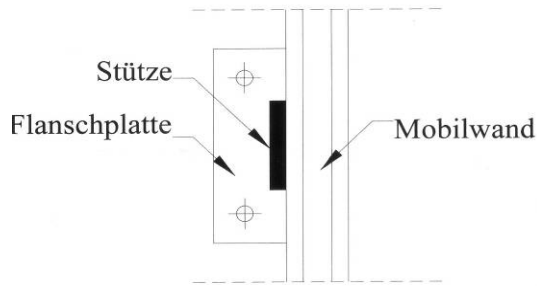


Abb. 58 Nichtteilende Stütze [68]

Die Mittelstützen bilden den Übergang von einem Schutzbereich zum nächsten.

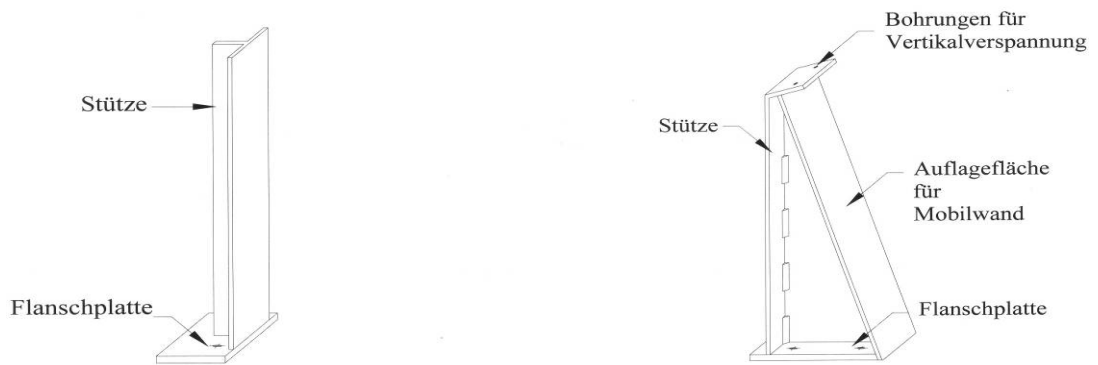


Abb. 59 Nicht teilende vertikale Mittelstütze, nicht teilende schräge Mittelstütze [69]

Eckstützen sind Stützen, die dazu ausgebildet sind Ecken und Knicke zu überwinden.

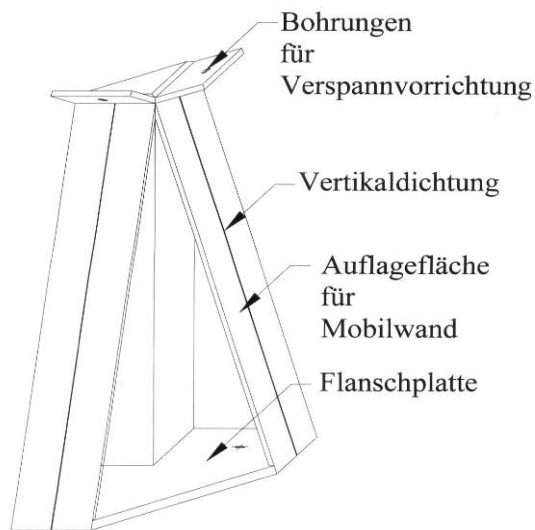


Abb. 60 Ausführung einer schrägen Eckstütze für Dammbalken [70]

Hingegen bilden Wandstützen oder auch seitliche Wandauflager die seitliche Verbindung der mobilen Hochwasserschutzwand zu Gebäuden, Deichen oder Schutzmauern. Sie sind fest mit dem angrenzenden Bauteil verankert. Seitliche Wandauflager und ihre Dichtungen müssen vor allem in Zeiten ohne Hochwasser besonders gewartet und geschützt werden, da sie ständig den Umwelteinflüssen und gegebenenfalls Vandalismus ausgesetzt sind.

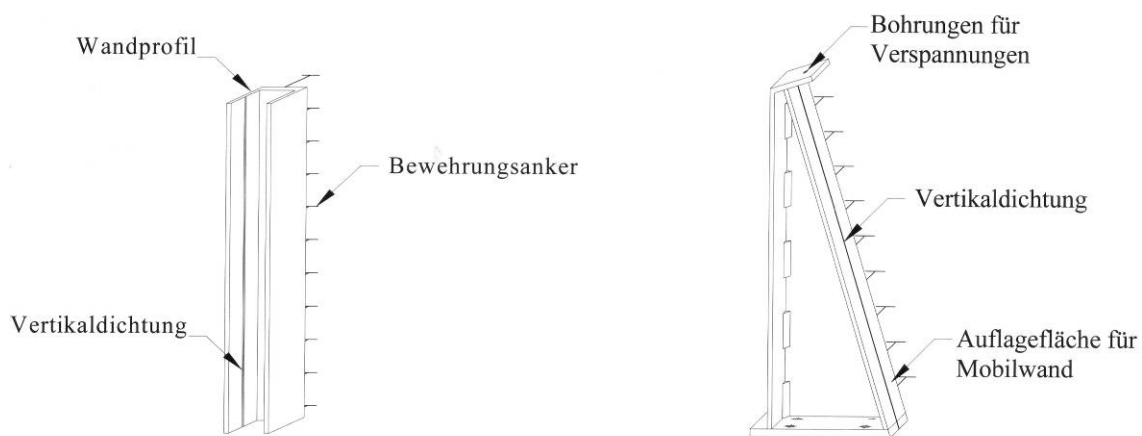


Abb. 61 Senkrechte Wandstütze für Dammbalken, schräge Wandstütze für Dammbalken [71]

- Wandelemente: Grundsätzlich dienen Dammbalken und Dammtafeln als Wandelemente bei planmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen.

Dammbalkensystem:

Die einzelnen Balken werden hier übereinander geordnet, wobei jeder Balken eine primäre Dichtungsfunktion übernimmt. Die Balken nehmen den vorhandenen Wasserdruck auf und leiten ihn an die Stützen weiter. Es kommen hauptsächlich Hohlprofile als Dammbalken zum Einsatz, die jedoch je nach Hersteller variieren können. Dichtungen werden hier horizontal zwischen allen Balken und vertikal bei den Stützen verwendet. Um eine Erneuerung bzw. Reinigung der Dichtung zu erleichtern, werden die Balken demontierbar eingebaut. Um einer Verwechslung zu entgehen werden sie zudem luft- und wasserseitig symmetrisch eingebaut. Die Abdichtung zum Untergrund kann entweder stationär (Dichtung ist im Untergrund eingelassen) erfolgen oder man verwendet dickere, elastischere Dichtungen an der Balkenunterseite des untersten Balkens, die

gegebenenfalls Unebenheiten ausgleichen. Bei der Bemessung muss auf die Durchbiegung der einzelnen Balken besonderes geachtet werden. Jeder einzelne Dammbalken muss die angreifende Kraft so aufnehmen können, dass die daraus resultierende Durchbiegung nicht zu einem Systemversagen führt. Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit und für die Dichtwirkung wird hier ein Kriterium $l/300$ verlangt.

Dammtafelsystem:

Hier kommen große Flächenelemente zum Einsatz. Wie bereits erwähnt werden die einzelnen Tafeln nebeneinander angeordnet, wobei man besonders auf den genauen Nut und Feder Einbau achten muss, der in der Regel von oben erfolgt. Daher sind für den Einbau mehrere Personen und Hebegeräte erforderlich. Als Material kommt hier zumeist wie auch bei den Dammbalken Aluminium zur Anwendung. Kunststoff oder Gummi wird auch hier als Dichtung eingesetzt.

- Fixierungsvorrichtungen: Vorspanneinrichtungen der mobilen Wand werden zur Verhinderung des Aufschwimmens und für die Herstellung einer ausreichenden Dichtigkeit verwendet.

Möglichkeiten:

- Einzelverschraubungs- oder Einzelverspannungsvorrichtung für jeden einzelnen Dammbalken und Dammtafel
 - Verschraubungs- oder Verspannungsvorrichtung für mehrere Balken bzw. Tafeln
 - Grobgewindestäbe an Stützen oder in der Feldmitte eines Wandelementbereiches
- Verbindungen mit dem Untergrund erfolgen bei Dammbalken- und Dammtafelsystemen über Stützen entweder durch eine direkte Verankerung, oder ab einer Höhe von etwa 1,50m durch eine zusätzliche Rückabstützung. Wird eine Dammbalkenwand schräg ausgeführt, erfolgt die Verankerung mit dem Untergrund allein über eine Stützenfußverbindung. Für all jene Bauteile, die mit dem Fundament oder dem Erdreich in Berührung kommen, werden korrosionsgeschützter Stahl bzw. Edelstahl verwendet.

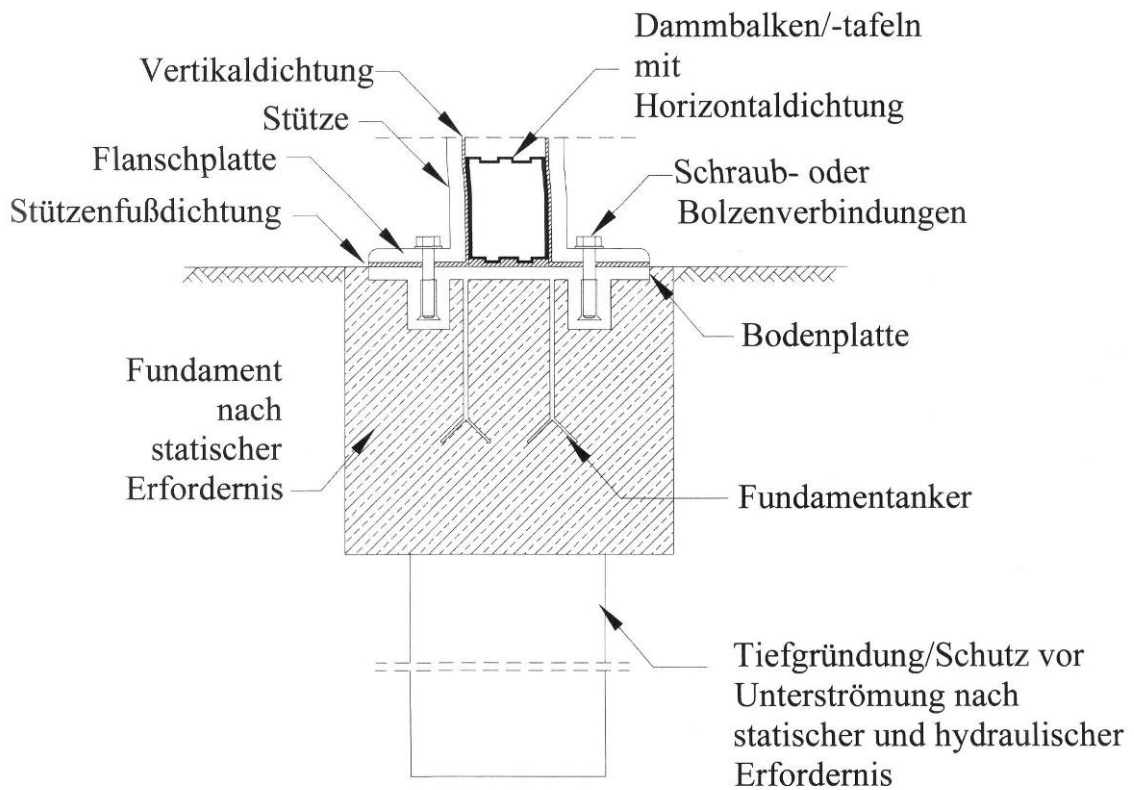


Abb. 62 Verbindung einer Dammbecken/-tafelwand mit dem Untergrund [72]

- Dichtungen kommen bei Balken- und Tafelsystemen unterhalb des Stützenfußes, vertikal an der Stütze, horizontal zwischen den Dammbecken (nicht bei Dammtafelsystemen) und zwischen dem untersten Dammbecken bzw. der Unterseite der Dammtafel und dem Untergrund zur Anwendung. Zum Einsatz kommen vor allem Elastomere, Chloroprene, Kautschuk oder Hartgummi.

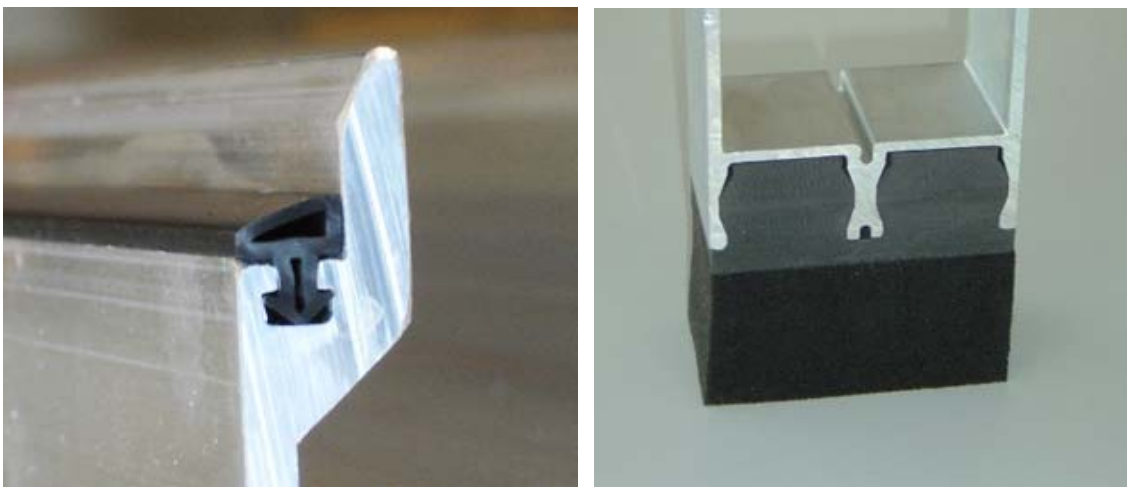


Abb. 63 links: Dammbecken – Zwischendichtung, rechts: Bodendichtung [73]

6.4.2 Torsysteme

Torsysteme sind Absperrvorrichtungen für Öffnungen in Wänden oder Straßendämmen und können - ein- oder mehrteilig - wasserseitig vor bzw. in der Öffnung montiert werden.³⁴ Man unterscheidet gemäß ihrer Bauweise zwischen:

- Schutztore aus Dammbalken bzw. Dammtafeln
- Klappbaren Schutztoren
- Aufschwimbaren Schutztoren

auf Grund ihrer Funktionsweise werden sie wie folgt unterteilt:

- Schiebetor
- Schwenk- bzw. Stemmtor
- Hubschwenktor
- Senktor
- Klapptor

Für Schutztore werden hauptsächlich verzinkter Stahl oder Edelstahl verwendet, bei kleineren Schutztoren wird Aluminium verwendet. Beim Torblatt handelt es sich meist um eine doppelwandige Stahlschweißkonstruktion. Die innere Aussteifung und die Blechstärke sind gemäß dem jeweiligen Bemessungshochwasserdruck auszulegen. Als Dichtung kommen Kunststoffe und Gummimischungen zum Einsatz. Der Einsatzbereich dieses mobilen Hochwasserschutzsystems ist in erster Linie der Verschluss von Öffnungen, z.B. bei Brücken, Dämmen, in Gebäuden oder bei stationären Hochwasserschutzanlagen. Die Stauhöhen der Schutztore ergeben sich aus der lokalen Lage. Torsysteme können jedoch nicht für einen linienhaften Hochwasserschutz verwendet werden.

³⁴ Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 37

Je nach Ausführung des Schutztores, kann es innerhalb einer Öffnung als:

- allseitig wasserdichtes Tor
- auf der Wasserseite des Bauwerkes als allseitig oder dreiseitig dichtend
- oder falls auf der Wasserseite zu wenig Platz vorhanden ist auf der Binnenseite des Bauwerkes hergestellt bzw. angeordnet werden.

Die wichtigsten Konstruktionselemente für die verschiedenen Schutz Tore werden nachstehend beschrieben:

- o Tortypen

6.4.2.1 Schiebetor

Ein Schiebetor wird in der Regel auf schienengeführten Rollen gelagert, in seltenen Fällen verwendet man Boden- und Wandschienen. Sie werden entweder manuell oder mechanisch vor die Verschlussöffnung gerollt und befestigt. Der vorhandene Wasserdruck wird über die Schienen im Boden und der Wand an die Fundamente weitergeleitet.

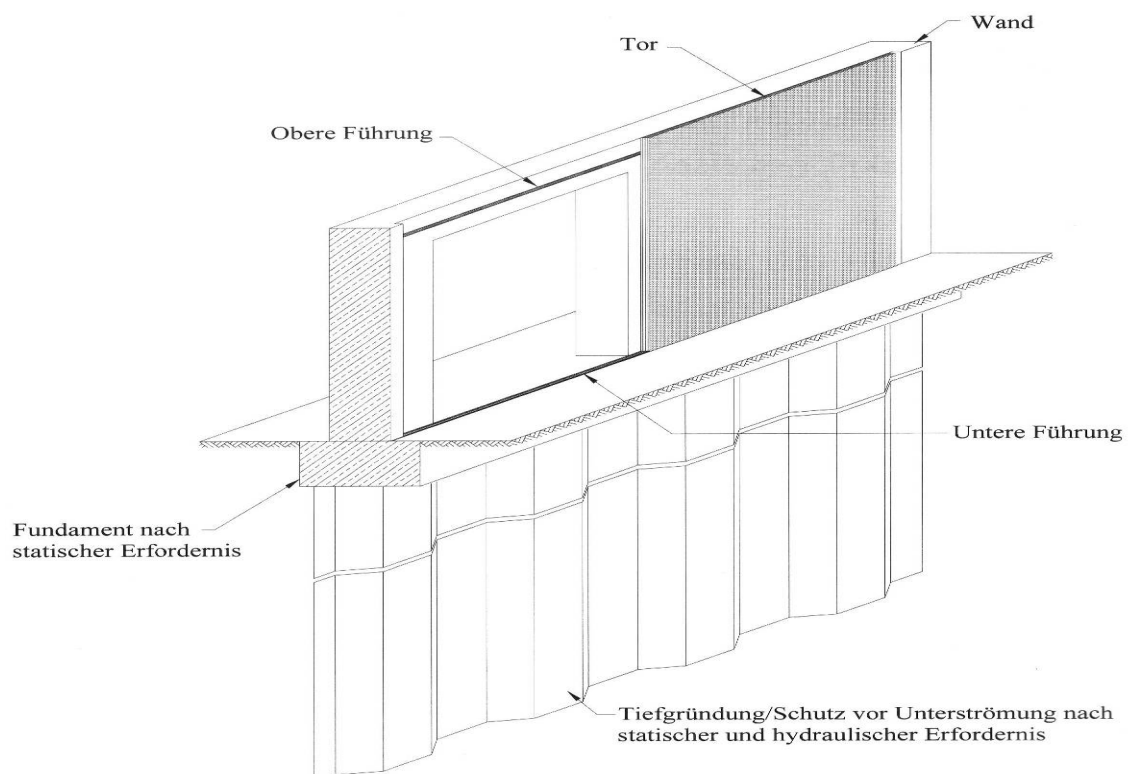


Abb. 64 Aufbau und Funktionsweise eines Schiebetors [74]



Abb. 65 Schiebetorsysteme: links [75], rechts [76]

6.4.2.2 Schwenk- bzw. Stemmtor

Im Notfall kann das einflügelige Schwenktor bis zu 180° geöffnet werden. Es wird nach Bedarf vor die zu verschließende Öffnung geschwenkt und abgeriegelt. Im Gegensatz dazu besitzt das Stemmtor zwei Torflügel, die beim Schließen zueinander geschwenkt werden. Im Bodenbereich wird für die Dichtung eine Schwelle oder Anschlagschiene angebracht. Der durch Hochwasser steigende Wasserdruck wirkt sich positiv auf die Dichtwirkung aus, da durch ihn der Anpressdruck erhöht wird. Die Wasserdruckableitung erfolgt über die zwei Torflügel auf die vorhandene Tragkonstruktion. Stemmtore können im Normalfall 90° geöffnet werden.



Abb. 66 Schwenktor [77]

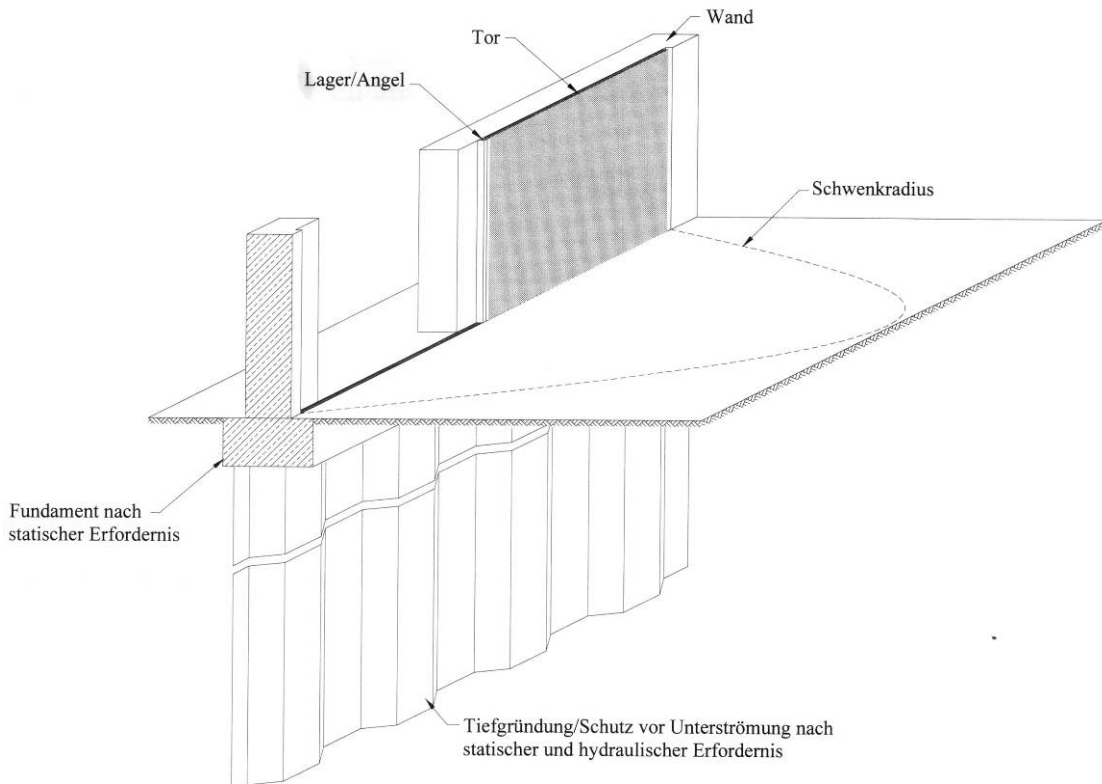


Abb. 67 Aufbau eines Schwenktors [78]

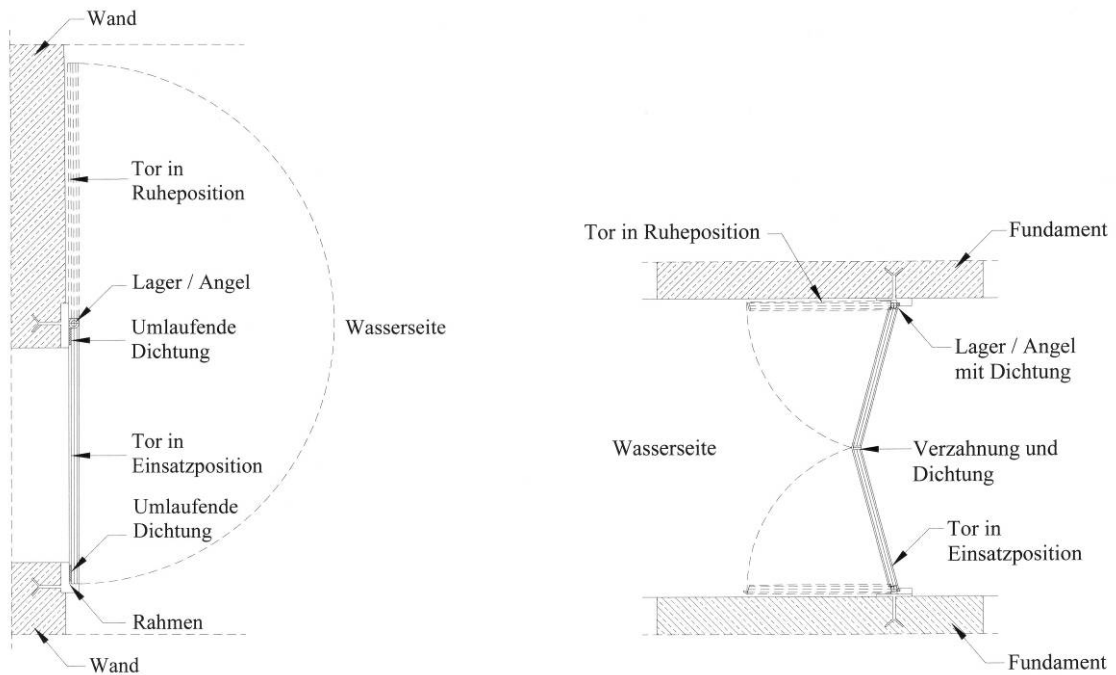


Abb. 68 Draufsicht eines Schwenktors (links) und eines Stemmtors (rechts) [79]



Abb. 69 Stemmtor im geschlossenen und geöffneten Zustand [80]

6.4.2.3 Hubschwenktor

Dieser Tortypus kommt zum Einsatz, wenn auf Wunsch einer allseitigen Dichtung keine Schwelle im Boden eingearbeitet werden kann. Es besteht aus einem Torflügel und ist im Normalfall bis zu 180° zu öffnen und ein wenig angehoben. Im Hochwassereinsatz wird das Tor in die zu verschließende Öffnung geschwenkt und durch eine Hubvorrichtung in eine Bodenrinne herabgesetzt. Außerhalb eines Hochwassereinsatzes ist die Bodenrinne durch eine Metallabdeckung verschlossen. Nachdem das Schutztor herabgesenkt wurde, wird es mit Gewindespindeln an der Torzarge verriegelt, dadurch wird die an dem Tor befestigte Gummiprofildichtung angepresst.

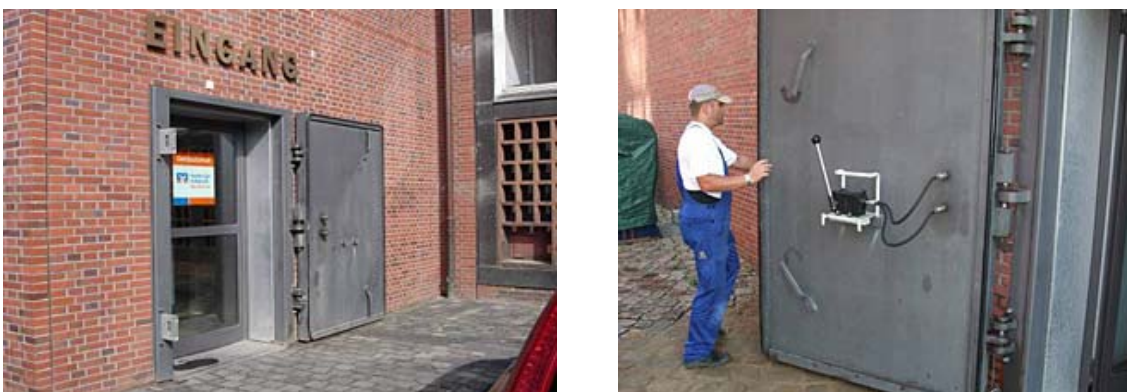


Abb. 70 Hubschwenktor [81]

6.4.2.4 Senktor

Außerhalb eines Hochwasserereignisses wird das Tor oberhalb der Toröffnung befestigt. Beim Einsatzfall wird dieses Senktor in vertikal eingelassenen Führungsschienen heruntergelassen.

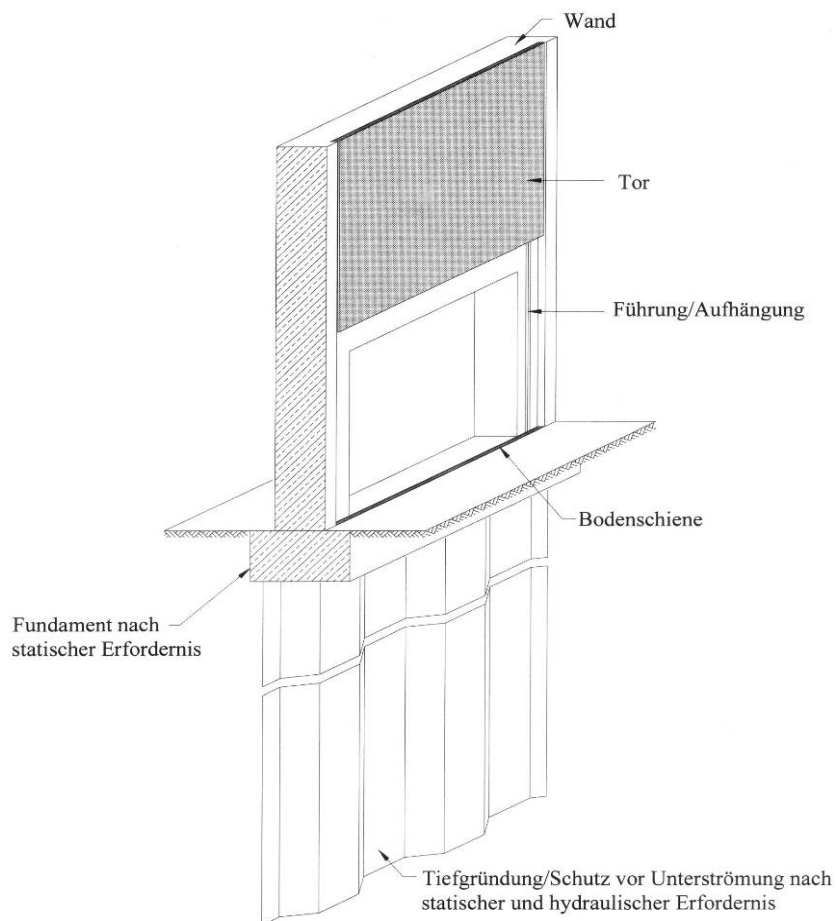


Abb. 71 Darstellung eines geöffneten Senktors [82]



Abb. 72 Senktor aus Verbundglasplatte [83]

6.4.2.5 Klapptor

Das Klapptor ist wie ein Garagentor oberhalb der Öffnung befestigt und wird mit einem hydraulischen Gestänge oder einer Gasdruckfeder bei einem Öffnungswinkel von 90° gehalten. Im Hochwasserfall wird es hydraulisch bzw. manuell abgesenkt und verriegelt. Auch hier wird wie beim Hubschwenktor eine Gummiprofildichtung verwendet.

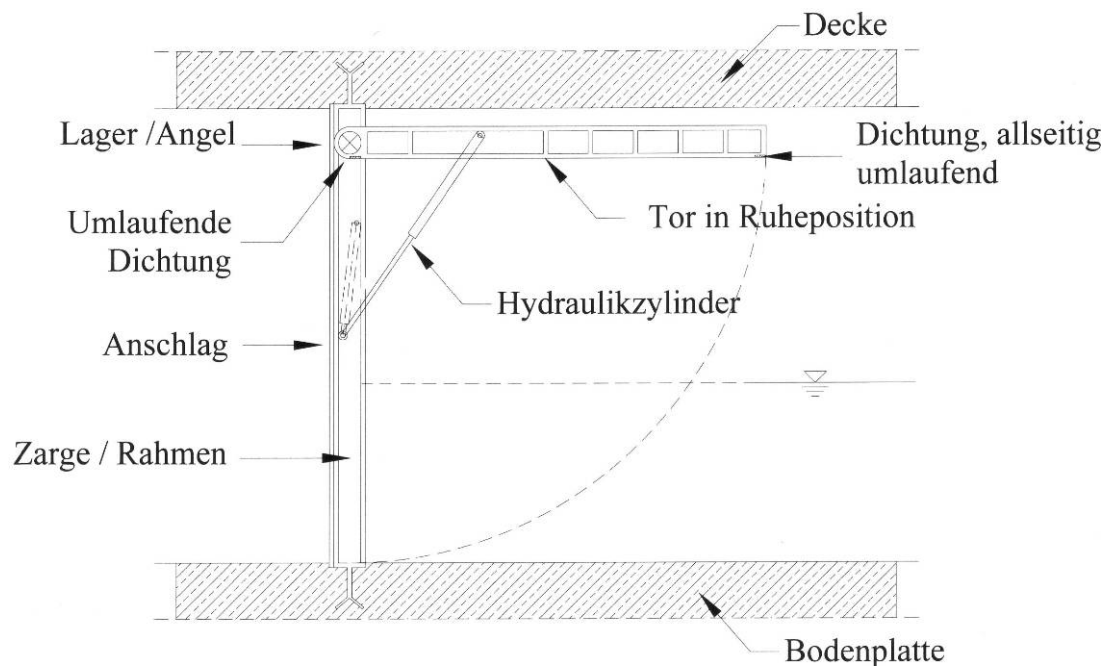


Abb. 73 Geöffnetes Klapptor [84]

- Befestigungssystem: Schwenk- und Stemmtore werden mit vertikal angeordneten Scharnieren oder Angeln, die an Rahmen befestigt sind in der Wand verankert.

Schiebe- und Senktore werden über Boden- und entweder horizontal bzw. vertikal verlaufende Wandschienen geschlossen bzw. geöffnet, die wiederum in Wänden oder der Bodenplatte verankert sind.

Klapptore werden mit waagrecht angeordneten Angeln in einem Rahmen gehalten.

- Dichtungen: Die Dichtungen werden bei Torsystemen umlaufend am Tor angebracht. Sie müssen vor Umwelteinflüssen geschützt und aus diesem Grund regelmäßig kontrolliert werden.

6.5 Sondersysteme des mobilen planmäßigen Hochwasserschutzes

6.5.1 Klappbare Systeme

Generell sind klappbare Systeme im Untergrund fix eingebaut. Kommen diese Systeme nicht zum Einsatz liegen sie in vertieften Auflagebrettern im Untergrund, so dass ein planer Übergang zwischen Gelände und Wandrückseite gegeben ist. Durch zusätzliche Verstärkungen können diese Wände auch von Fahrzeugen befahren werden. Im Einsatzfall werden sie entweder manuell oder maschinell in die Vertikale geklappt, wobei sie mit Wandauflagern bei angrenzenden Bauwerken abschließen. Als Material wird vorwiegend Aluminium und Edelstahl, aber auch Stahlbeton mit Oberflächengestaltung verwendet. Als Dichtung werden chemisch beständige Kunststoffe und Gummimischungen verwendet. Klappbare Wände bestehen aus unbegrenzt aneinander gereihten Elementen in unterschiedlichen Längen. Es gibt hier keine maximale Stützweite. Wird das Klappelement nun manuell hochgeklappt, ergibt sich hier eine maximale Systemhöhe zwischen 1,0 und 1,5m. Dieses Maß ergibt sich daraus, dass die Elemente im Einsatzfall noch von Personen manuell bewältigt werden können. Aus dem selbem Grund pendeln sich die Systemlängen ebenfalls zwischen 1,0 und 1,5m ein. Erfolgt das Aufklappen maschinell, können die Systemhöhe bis 5m und die Systemlänge bis zu 10m betragen. Um bei diesem Mobilien Hochwasserschutzsystem ein Gesamtsystemversagen „Dominoeffekt“ zu minimieren, versucht man jedoch längere Systemabschnitte zu vermeiden. In der Regel erfolgt bei langen Abschnitten eine Kombination mit stationären Hochwasserwänden.

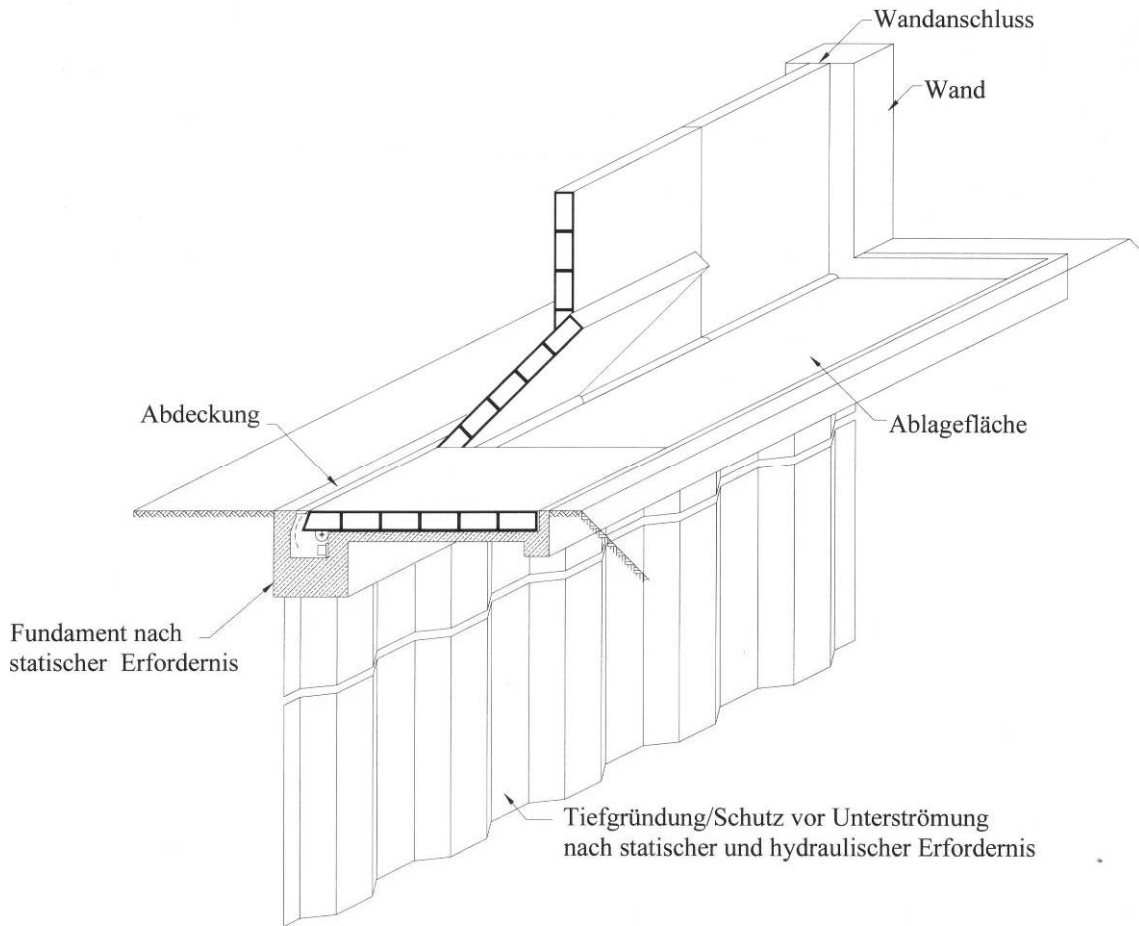


Abb. 74 Darstellung einer Klappwand [85]



Abb. 75 Klappwand [86]



Abb. 76 Klappwand im Einsatz und in Normalposition, Oberfläche ist der Umgebung angepasst [87]



Abb. 77 Hochwasserrückhaltebecken in Form einer Klappwand [88]

Konstruktionselemente der Klappwand sind:

- Manuell aufklappbare Wand: Da bei dieser Variante besonders auf das Gewicht zu achten ist, wird vor allem ausgesteifter Edelstahl oder Aluminium für die Wandkonstruktionen verwendet. Um eine Befahrbarkeit der Wand in der einsatzfreien Zeit zu ermöglichen können die Elemente mit einem Gitterrost ausgestattet werden. Verriegelt werden die einzelnen Elemente untereinander immer mit der angrenzenden festen Wand bzw. mit dem mobilen Wandelement.

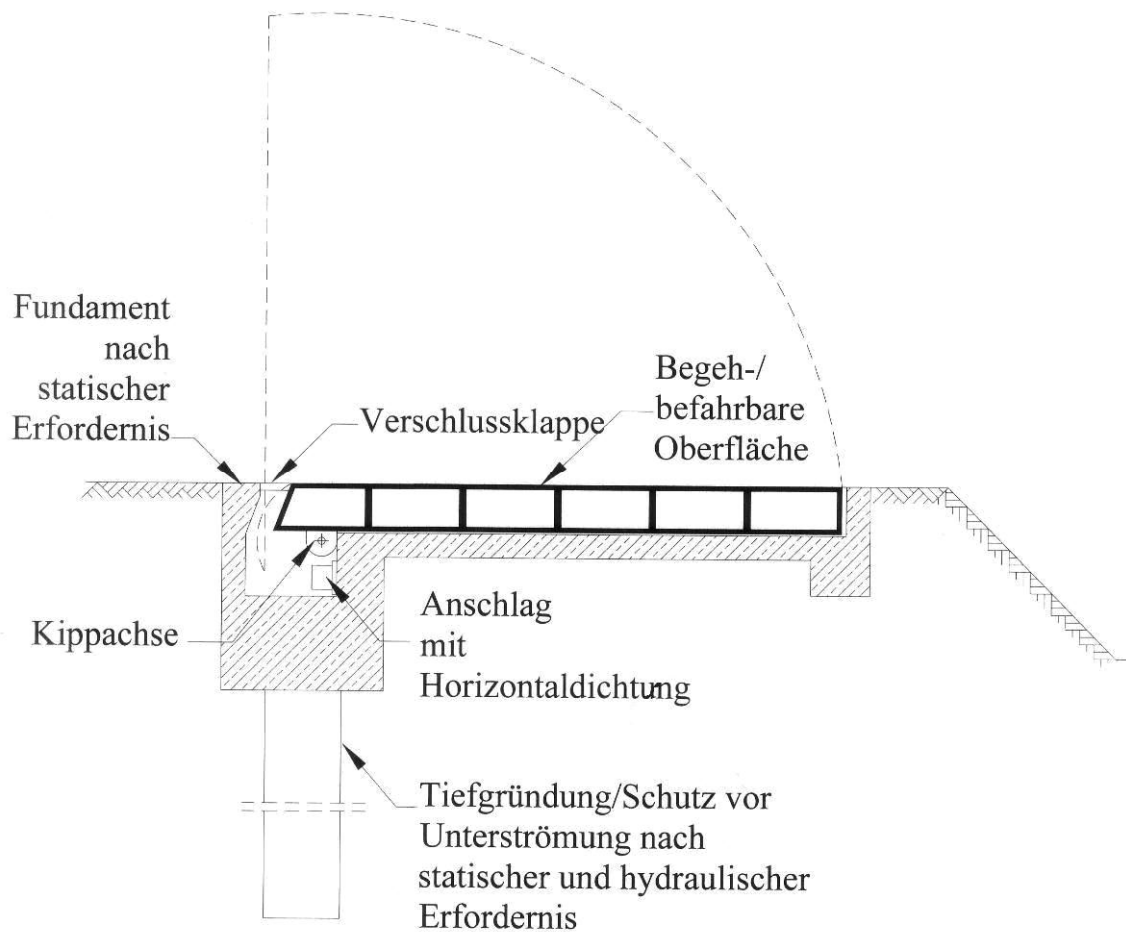


Abb. 78 Manuell aufklappbares Wandsystem [89]

- Maschinell aufklappbare Wand: Bei dieser Ausführung können schwere Konstruktionen verwendet werden, da nicht mehr so sehr auf das Gewicht geachtet werden muss. Zusätzlich zu Edelstahl und Aluminium kommt hier auch Stahlbeton zum Einsatz. Ein wasserdichter Elektromotor klappt hier die einzelnen Wandelemente auf. Falls es zu einem Versagen des Aufrichtmotors kommt, kann das mobile Wandelement manuell mittels eines Handrades aufgestellt werden.
- Dichtung: Die Dichtungsbahn liegt hier jeweils an den seitlichen Rändern des Klappsystems, wodurch sich die Wandelemente gegeneinander abdichten. Die Dichtung besteht aus einer Gummimischung. Ebenso ist eine Bodendichtung erforderlich, die an der Wandunterseite anzubringen ist. Alle Dichtungen sind so befestigt, dass die mit steigendem Wasserdruck immer mehr zusammengepresst werden.

- **Fundament:** Die Fundamente sind so ausgebildet, dass im Einsatz jede Wand verankert wird und die Belastungen der Klappwand an den Untergrund weitergeleitet werden. Liegt die Klappwand horizontal in Ruhelage, schließt sie bündig mit der Geländeoberkante ab. Aus diesem Grund kann das Fundament verschieden ausgeführt werden:

Entweder als Bodenkammer, die die gesamte Wandlänge aufnimmt, oder als Klappwand, die als Kragarm in das Gewässer ragt. In zweitem Fall kann sie gegebenenfalls als Uferpromenade genutzt werden.

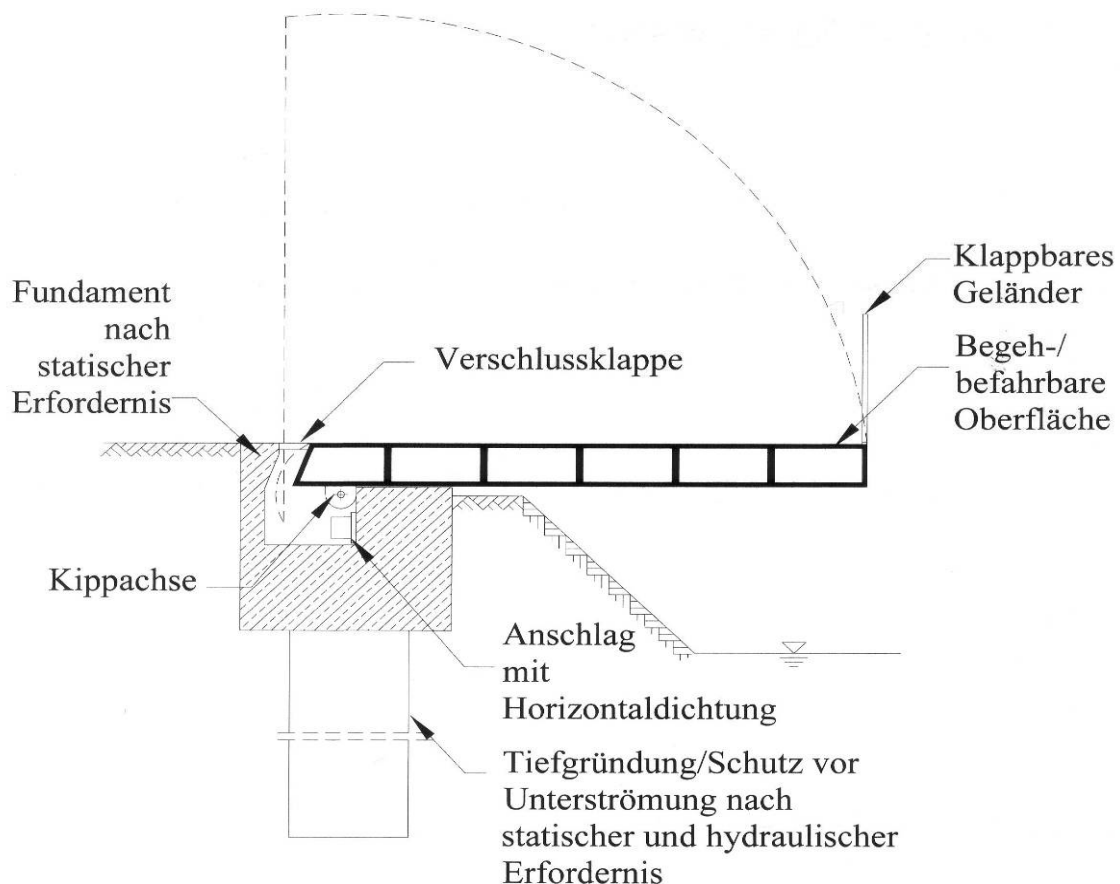


Abb. 79 Ausführung einer Klappwand als Kragarm [90]

6.5.2 Aufschwimbare Systeme

Bei dieser Systemart verwendet man bei den mobilen Wandelementen wasserdichte, selbst aufschwimmende Hohlkörper, die mit der Pontontechnik im Schiffsbau vergleichbar sind. Die Wandelemente werden in einer kanalähnlichen Bodenkammer im Untergrund gruppiert. Im Ruhezustand schließt die

Oberkante des aufschwimmenden Systems mit der Geländeoberkante eben ab. Sie wird mit einer Kopfplatte geschützt. Im Einsatzfall füllt sich der Hohlkörper, der mit einem Füllrohr verbunden ist, mit dem ansteigenden Wasser. An der Kammerwand sind Schienen befestigt, an denen die mobile Hochwasserschutzwand sich ähnlich einem Ponton aufrichtet. Ist nun die volle Stauhöhe erreicht wird durch eine horizontale Dichtbahn am oberen Kammerrand abgedichtet. Mit steigendem Wasserdruck steigt somit auch der Anpressdruck der Dichtung. Durch die Erstellung der erforderlichen Bodenkammer sind bei diesem mobilen Schutzsystem aufwendige Tiefbauarbeiten erforderlich. Für die Hohlkörper wird meist korrosionsgeschützter Stahl und Kunststoffe verwendet. Alternativ gibt es ein System aus geleimtem Holz. Die Bodenkammer wird entweder aus Stahlbeton vor Ort gebaut oder man verwendet Stahlbetonfertigteile bzw. wiederum korrosionsgeschützten Stahl. Als Dichtung kommen verschiedene Kunststoffe, Gummi- oder Spezialgummimischungen zur Verwendung.

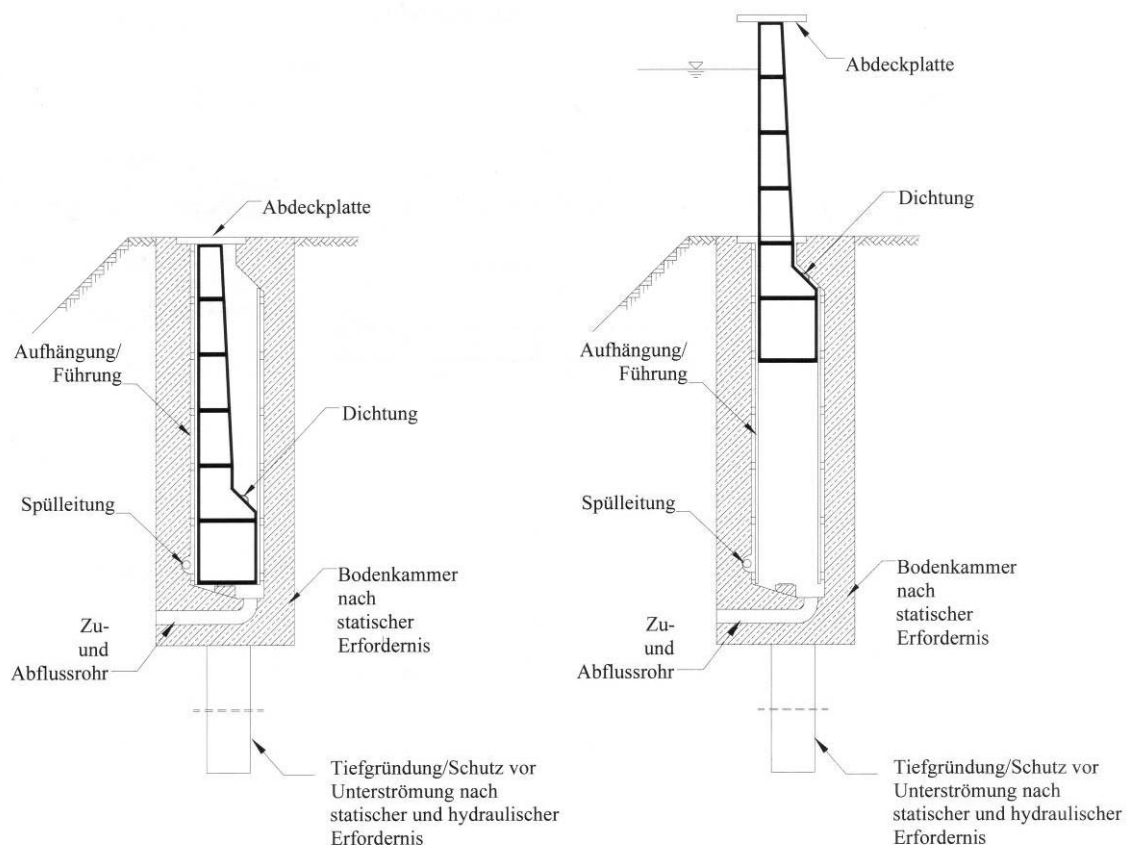


Abb. 80 Ruhe- und Einsatzzustand eines aufschwimmenden Systems [91]

Das aufschwimmende Wandsystem setzt sich aus aneinander reihbaren, aufschwimmenden Wandelementen zusammen. Es gibt sie in unterschiedlichen Längen und Stauhöhen. Die Längen der Einzelwandelemente gehen von 1,0 – 18,0m. Systemhöhen sind bis 5,0m möglich. Die einzelnen Wandteile werden miteinander verkoppelt und an Auflagern angeschlossen und abgedichtet.

Problematisch kann der Einsatz bei Vereisung, Versandung oder Verschlammung werden. Es ist zudem bei diesem Hochwasserschutzsystem mit einem großen Unterhaltsaufwand zu rechnen.

Konstruktionselemente der aufschwimmenden Wand sind:

- Wasserdichter, aufschwimmbarer Hohlkörper: Man kann hier unter folgenden Ausführungsmöglichkeiten unterscheiden:
 - wasserdichter, korrosionsgeschützter Stahlhohlkörper
 - Kunststoffhohlkörper
 - eine so genannte „Mischlösung“ bei der eine leichte korrosionsgeschützte Stahlwand auf einen aufschwimmenden Kunststoffhohlkörper sitzt
 - Ausführung aus Spezialholz, bei dem die Quell- und Schwinderscheinungen sehr gering gehalten sind, z.B. Leimholzhubwand

Die Schutzwand ist mit einer befahrbaren Kopfplatte ausgestattet, die aus Edelstahl gefertigt ist. Sie kann gleich wie die Klappwand über eine beliebige Oberflächengestaltung verfügen.

- Aufhängung und Führung: Die Schutzwand muss im Ruhezustand in der Bodenkammer verharren, und im Einsatz an Schienen an die Oberfläche geführt werden. Dies geschieht über schienengeführte Laufräder. Die Kräfte werden über die Wand auf die Schienen und weiter an die Kammerwände weitergeleitet. Die Laufräder sind mit Gleitlagern ausgestattet, für die Gleitschienen wird Edelstahl bzw. korrosionsfester Stahl oder Kunststoff verwendet.
- Fundament und Bodenkammer: Das Wandsystem wird in einer kanalähnlichen Kammer aneinander gereiht. Die Bodenkammer wird entweder

vor Ort gefertigt, oder als Fertigteil geliefert. Materialien sind Stahlbeton, Glasfaserbeton oder verzinkter Stahl. Am oberen Rand der Kammerwand wird die Dichtung angebracht. Von Vorteil ist es, wenn die Bodenkammer begehbar ausgeführt ist. Ebenso weist sie ein Gefälle auf, damit eine vollständige Entleerung nach dem Hochwasserfall möglich ist.

- Dichtung: Ist die volle Stauhöhe erreicht, schließt die horizontal angebrachte Dichtung ab. Je höher der Wasserdruck ist, desto höher ist auch der Anpressdruck der Dichtung. Zwischen den einzelnen Wandelementen und den Wandanschlüssen kommen Vertikaldichtungen zum Einsatz. Da diese Dichtungen keinen Kraftfluss übernehmen, sind die einzelnen Wandelemente mit Stahlgelenken verbunden. Dichtungsmaterialien sind Kunststoffe und Gummimischungen.
- Füll- und Entwässerungsrohr: Das Füll- bzw. Entwässerungsrohr kann entweder gemeinsam in einem Rohr oder auch getrennt gefertigt sein. Mit steigendem Hochwasser steigt über das Füllrohr Wasser in den Hohlkörper. Um den Sedimenteintrag in der Bodenkammer gering zu halten, ist es sinnvoll am Zulauf des Rohres Filter bzw. Siebe einzubauen. Nach Rückgang des Hochwassers erfolgt die Entleerung der Bodenkammer selbstständig, oder sie wird ausgepumpt.
- Spülleitung: Sind nun nach einem Hochwasserereignis Sedimente etc. in die Bodenkammer eingedrungen, können diese mit der Spülleitung über das Entwässerungsrohr beseitigt werden. Aus diesem Grund sollte die Bodenkammer begehbar- aber zumindest spülbar ausgeführt sein.
- Belüftungseinrichtung: Verwendet man Holzkörper, ist es zwingend erforderlich eine Belüftungseinrichtung zu installieren, da es sonst zum Faulen des Materials kommt. Demgemäß wird Außenluft am Kammerboden mit einem Druckluftaggregat durch ein Rohr eingeblasen, und die feuchte Luft über ein Abluftrohr nach außen geführt.

6.5.3 Aufschwimbare, klappbare Wandsysteme

Aufschwimbare, klappbare Schutzsysteme sind analog zu Klappsyste­men vor Ort im Untergrund befestigt. Im Normalfall, also außerhalb eines Hochwasserereignisses, liegt dieser Schutzwandtyp auf hierfür gefertigten Auflagebrettern. Die Rückseite der Wand und das umliegende Gelände liegen somit auf einer Ebene. Durch eine konstruktive Verstärkung kann die oben liegende Wandseite von Fahrzeugen befahren werden. Die einzelnen Wandelemente sind entweder vollständig oder teilweise als aufschwimbare Hohlkörper ausgeführt. Kommt es zu einem Hochwasserfall wird durch eine unterirdische Leitung Wasser in das Bodenbett geleitet. Die aufschwimbare Klappwand beginnt nun zu steigen bis sie in der Senkrechten steht. Nach Sinken des Hochwassers gehen die Wandelemente von allein in ihre Ausgangssituation zurück. Als Material wird hier korrosionsfester Stahl und Kunststoff verwendet. Das Auflagerbett wird entweder aus Ort­beton oder Stahlbetonfertigteile hergestellt.

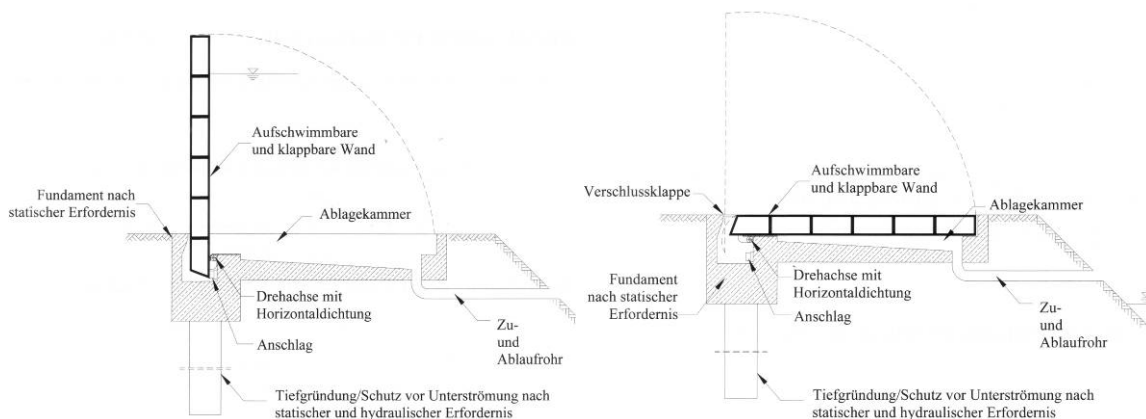


Abb. 81 Aufschwimmendes, klappbares Wandsystem, im Einsatz und im Ruhezustand [92]

Konstruktionselemente sind hier:

- Bodenaufleger mit Zu- und Ablauf: Das Wandsystem wird in einer im Untergrund befindlichen flachen Kammer aneinandergereiht. Sie ist 0,5 m tief und meist aus Ort­beton oder als Fertigteil hergestellt. Die Kammer ist mit einem Zu- und Ablaufsystem ausgestattet. Im Hochwasserfall wird über das Zulaufsystem Wasser in die Kammer geleitet, wodurch die Hohlkörper aufschwimmen und die Wand in einem

Bogen nach oben klappt. Nach dem Hochwasser kann das Wasser durch das Ablaufsystem abgeleitet werden.

- Aufschwimbare, klappbare Wand: Das Wandelement wird entweder als korrosionsgeschützter, ausgesteifter Hohlkörper, der von Fahrzeugen befahren werden kann, oder als Kunststoffhohlkörper, der teilweise befahrbar und gestalterisch der Umgebung angepasst werden kann ausgeführt.

6.5.4 Schlauchwehrsysteme

Vereinfacht dargestellt wird ein Gummischlauch als planmäßiger mobiler Hochwasserschutz verwendet. Er wird bei einem Hochwasserereignis entweder mit Luft oder Wasser befüllt. Im Ruhezustand ist der Schlauch in einer speziellen Bodenkammer mit einer befahrbaren Abdeckung fest eingebaut. Im Hochwasserfall wird nun die Abdeckung entfernt und der Schlauch durch eine unterirdische Leitung befüllt. Der Schlauch ist am Kammerboden mittels Schienen befestigt. Ist der Schlauch aufgefüllt, werden die Seitenteile mittels Schienen an Wandauflagern (Mauer, Gebäude ...) befestigt.

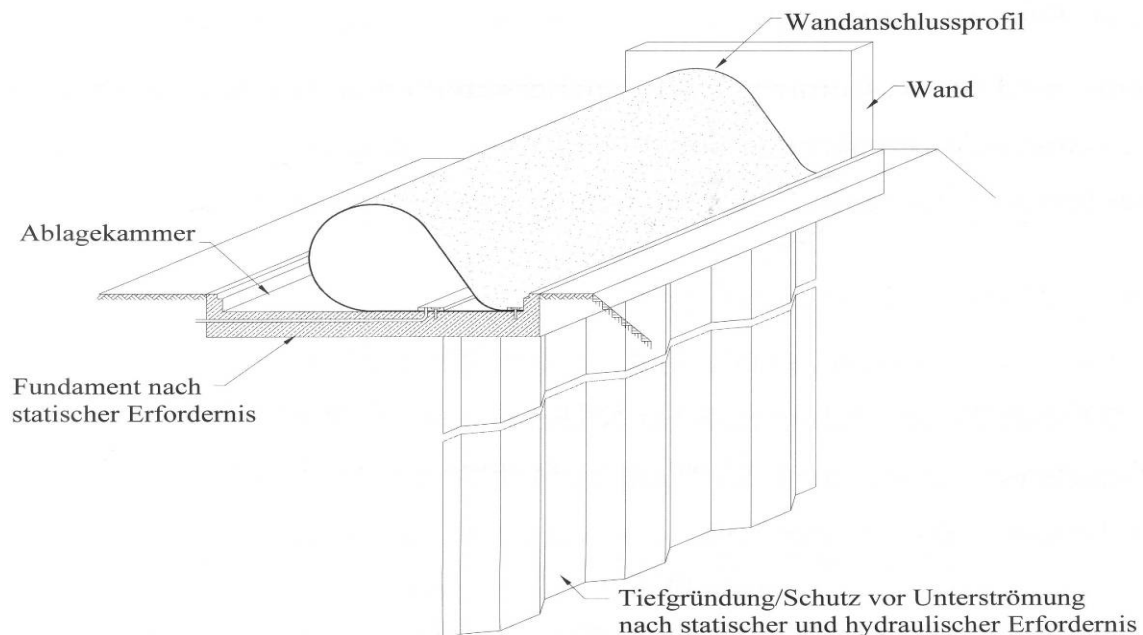


Abb. 82 Aufbau eines Schlauchwehrsystems [93]

Für das Befüllen, Entleeren und die ständige Druckkontrolle der Schläuche im Einsatz, ist ein Schaltschrank mit einem speziellen Regulierungssystem erforderlich. Dieses mobile Hochwasserschutzsystem eignet sich vor allem bei kurzen Vorwarnzeiten und einer häufigen Wiederkehrrate.

Als Schlauchmaterial wird ein robustes Gummigewebe, für die Halteschienen und Schrauben korrosionsgeschützter Stahl verwendet. Die Fundamente werden aus Stahlbeton hergestellt.

Der Einsatzbereich dieses Systems liegt zwischen 0,4m und 6m Stauhöhe. Die Gesamtbreite eines einteiligen Schlauchsystems kann bis zu 150m betragen.

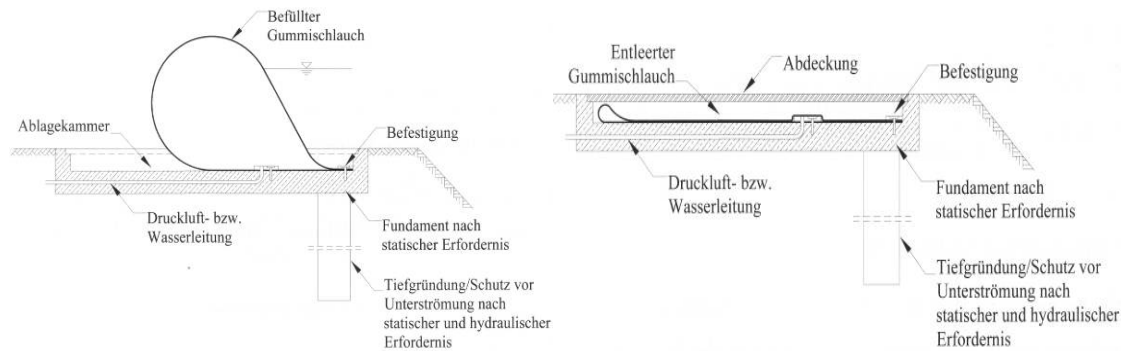


Abb. 83 Schlauchwehrsystem im Hochwasser- und im Normalfall [94]



Abb. 84 Luftbefülltes Schlauchwehrsystem [95]



Abb. 85 Luftgefülltes Schlauchwehrsystem als Ölsperre, Trockenübung [96]

Konstruktionselemente sind hier:

- Schlauch: Der Schlauch besteht aus einem robusten, elastischen Gummigewebe, mit einer Materialdicke zwischen 9,6 und 28mm. Bei Nichtbenutzung ist er relativ haltbar. Eine regelmäßige Wartung des Schlauchsystems, der Pumpen und Ventile sind jedoch unverzichtbar, da das Versagen eines einzelnen Schutzabschnittes meist ein Totalversagen der gesamten Hochwasserschutzanlage nach sich zieht. Das Überströmen der Schlauchanlage ist hier ohne Probleme möglich. Die Wahl des Gummimaterials erfolgt speziell in Hinblick auf den Schlauchinnendruck (mind. 8-fache Sicherheit durch Gewebelagen), chemische Belastung im Gewässer, UV-Strahlung und atmosphärischen Ozon, auf Abrieb und Stöße. Teilweise wird der Gummiwulst zusätzlich gepanzert.
- Befüllung: Der Schlauch kann mit Wasser oder Luft befüllt werden.

Die wesentlichen Vorteile der Luftbefüllung liegen in den geringen Kosten, der hohen Aufstellgeschwindigkeit und der Möglichkeit des Winterbetriebes.

Die Wasserbefüllung ist hingegen jahreszeitlich begrenzt (Eisbildung, Aufsprengen bei Winterhochwässern). Als Vorteile sind jedoch der langsame Volumenverlust bei Leckagen sowie die einfachere Reparatur dieser anzuführen.

- Regulierungssystem: Ein Kompressor und ein entsprechendes Regulierungssystem wird für die Regelung und die ständige Kontrolle beim Befüllen, Entleeren und der Druckverteilung im Schlauch benötigt. Über eine Fernüberwachung ist eine extrem genaue Stauhöhenhaltung möglich. Zudem ist die Stauhaltung bei Netzausfall energieunabhängig möglich und gegebenenfalls auch eine Notabsenkung ohne äußere Energie durchführbar.
- Befestigungssystem: Über das am Kammerboden montierte Befestigungssystem (Schiene) werden die Kräfte des Schlauchinnendruckes und des Staudrucks auf das Fundament abgeleitet, gleichzeitig ist es für die Dichtheit des Schutzsystems verantwortlich. Es werden vor allem profilierte, angeschraubte Unter- und Oberschienen als Befestigung verwendet. Die Schienen sind feuerverzinkt, Schrauben und Muttern werden aus Edelstahl gefertigt. Zusätzlich gibt es Hilfsschienen für die Montage und Anker im Seitenwandbereich.
- Bodenkammer: Um Schäden am Schlauch zu vermeiden ist dieser bei Nichtbenützung möglichst faltenfrei in der Bodenkammer zu verstauen. Durch eine patentierte Verbindung zwischen einer oberen und einer unteren Gummiplatte in Form einer ca. 100 bis 300 mm breiten Vulkanisationsnaht ist eine spannungs- und faltenfreie Ablage des entleerten Schlauches in der Bodenkammer möglich.³⁵ Die Dimensionierung der Kammerbreite kann mit ca. der 1,8-fachen Höhe des aufgeblasenen Schlauches erfolgen.

³⁵ Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 55



Abb. 86 Befestigung und Befüllung eines Schlauchsystems (Luftbefüllung) [97]



Abb. 87 Einsatzbilder eines luftbefüllten Schlauchsystems [98]



Abb. 88 Wasserbefülltes Schlauchsystem [99]

6.5.5 Schlauchsystem mit mehr als zwei Schläuchen; Kofferwehr

Bei diesem System kommen mehrere kleine Schläuche, die pyramidenartig neben- und übereinander angeordnet werden, zum Einsatz. Die Schläuche sind ortsfest und werden mittels Wasser befüllt. Die Kunststoffschläuche sind mit dem Untergrund verbunden. Sie dichten gegen diesen ab. Es muss eine Vertiefung vorhanden sein, die die entleerten Schläuche aufnehmen kann. Das pyramidenartige Schlauchsystem ist mit einem Kunststofftextil ummantelt, in das ein Stahlgewebe integriert ist. Dadurch versucht man Beschädigungen zu minimieren. Auf der Spitze des Schlauchsystems befindet sich die Abdeckung, die das Schlauchsystem schützt, wenn es in der Bodenkammer zusammengefaltet verstaут wird. Die Befüllung des Schutzsystems erfolgt wie bereits erwähnt mit Wasser. Durch eine Mauer wird das Unterströmen des Schlauchsystems weitgehend verhindert. Ein Vorteil dieses Systems ist, dass es – falls ein Schlauch beschädigt wird – zu keinem Totalversagen der gesamten Schutzanlage kommt. Es kann nur zu einer Verringerung der Stauleistung der Höhe kommen. Ein Gesamtversagen tritt nur dann auf, wenn sämtliche Schläuche beschädigt sind und in sich zusammenfallen. Bei diesem System ist eine Reparatur im Einsatzfall nicht möglich. Für diese Art der mobilen Hochwasserschutz Elemente ist keine Reinigung nach einem Einsatzfall notwendig, aber es werden große Wassermassen für die Befüllung benötigt.

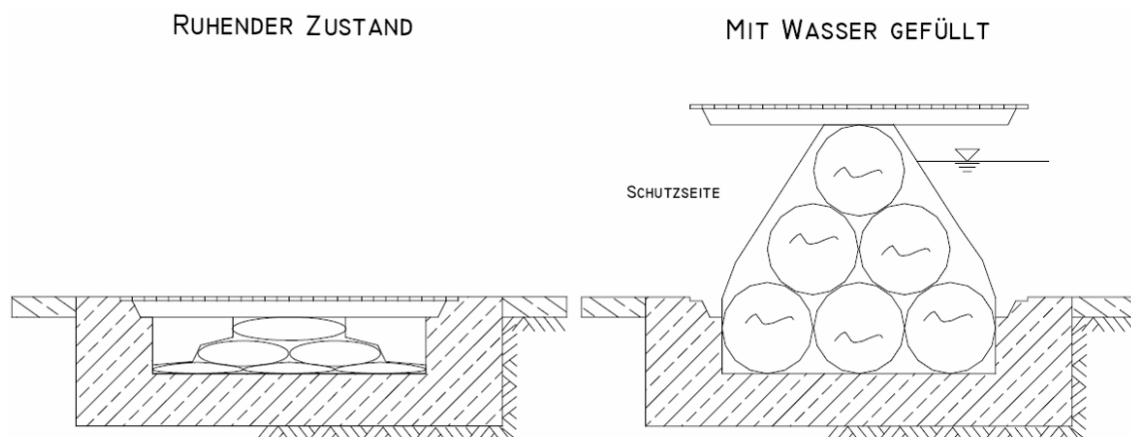


Abb. 89 Darstellung eines Kofferwehrs [100]

6.5.6 Glaswandsysteme

Bei diesem Hochwasserschutzsystems handelt es sich im Gegensatz zu den anderen Systemen um ein stationäres Schutzsystem. Es wird vor allem wegen seiner Optik eingesetzt. Zusätzlich erfüllt das Glaswandsystem noch die Funktionen des Wind- und Lärmschutzes.

Da Glaswandsysteme - wie normale Fensterscheiben – verschmutzen, bedürfen sie einer regelmäßigen Pflege und Wartung und bei ungünstiger Sonneneinstrahlung können sie zu Blendungen im Straßenverkehr führen. Glaswandsysteme sollten dann verwendet werden, wenn aus logistischen Gründen kein planmäßig mobiles Hochwasserschutzsystem angewendet werden kann.

Die Ausführung dieser Schutzwand kann entweder senkrecht oder schräg erfolgen. Es besteht aus Flachglaselementen, die linienförmig zwischen Stützen angeordnet sind. Als Material kommt ein mehrschichtiges Verbundglas zur Anwendung. Das Glaswandsystem kann bis zu einer Stauhöhe von 1,20m zum Einsatz kommen, die Stützweiten sind mit max. 3m begrenzt.

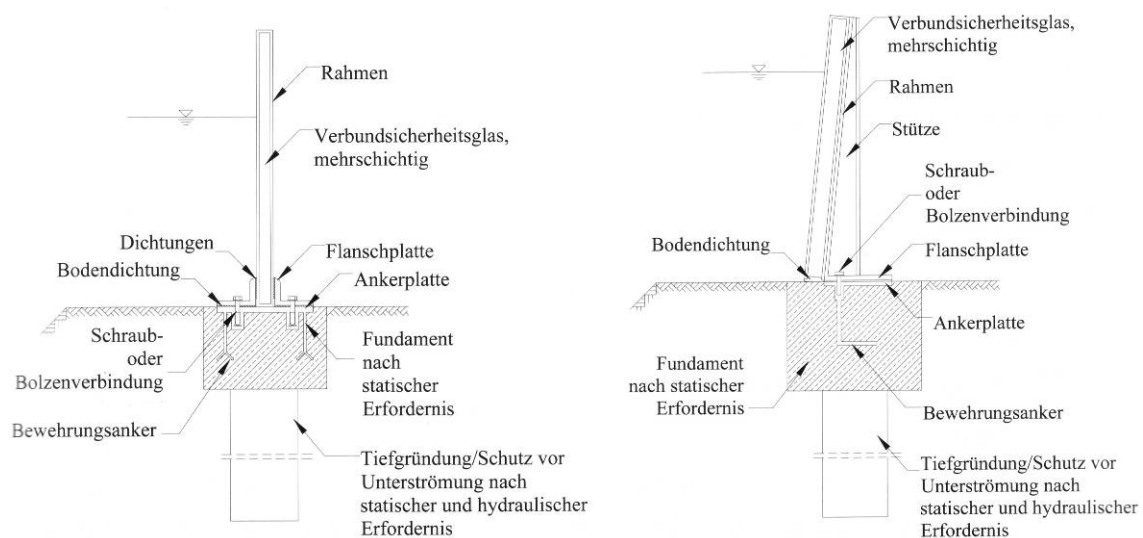


Abb. 90 Darstellung einer senkrechten und schrägen Glaswandelement [101]



Abb. 91 Aufstockung einer Schwergewichtsmauer mit 40 cm Glaswandsystem in Köln Westhoven am Rhein um das geforderte Schutzziel zu erreichen [102]

Konstruktionselemente sind:

- Glaswand: Aus Sicherheitsgründen verwendet man ein vielschichtiges Sicherheitsglas. An den Außenflächen werden so genannte Opferscheiben arrangiert, die die inneren Scheiben schützen. Sie können beschädigt werden, ohne dass das Gesamtsystem versagt. Zwischen diesen Opferscheiben befindet sich das eigentliche Wandsystem, das je nach Bedarf zwei oder mehr Tragscheiben aus Einscheibensicherheitsglas beinhaltet.

Als Richtwert für eine Stauhöhe von etwa 1m kann eine Glasdicke zwischen 35 – 45 mm angesetzt werden.

Die Scheiben können entweder direkt zwischen zwei Stützen gelagert werden, wobei ihre Ober- und Unterseite mit einer Aluminiumleiste abgedeckt ist, oder sie sind in einem umlaufenden Aluminiumrahmen gefasst und dann zwischen zwei Stützen gelagert.

- Stützen: Die hierbei verwendete Stützenkonstruktion ist mit der Stützenkonstruktion der Dammbalken- und Dammtafelsystemen vergleichbar. Man unterscheidet zwischen Mittel-, Eck- und Wandstützen. In der Regel kommen Aluminiumlegierungen wegen der geringen Stauhöhe von ungefähr 1m zum Einsatz. Aufgrund der niedrigen Systemhöhe kann eine zusätzliche Rückabstützung entfallen. Die Kraftableitung erfolgt somit über die Verbindung am Stützenfuß.

- Dichtung: Die Dichtungsverlegung und das Dichtmaterial entsprechen genau dem Dammbalken- und Dammtafelsystem. Sie werden unter der Glaswand zum Untergrund und an den Berührungsflächen der Stützen angebracht. Auch die Stützen werden zum Untergrund hin mit Dichtungen ausgebildet.

6.6 Standsicherheitsnachweise am planmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen

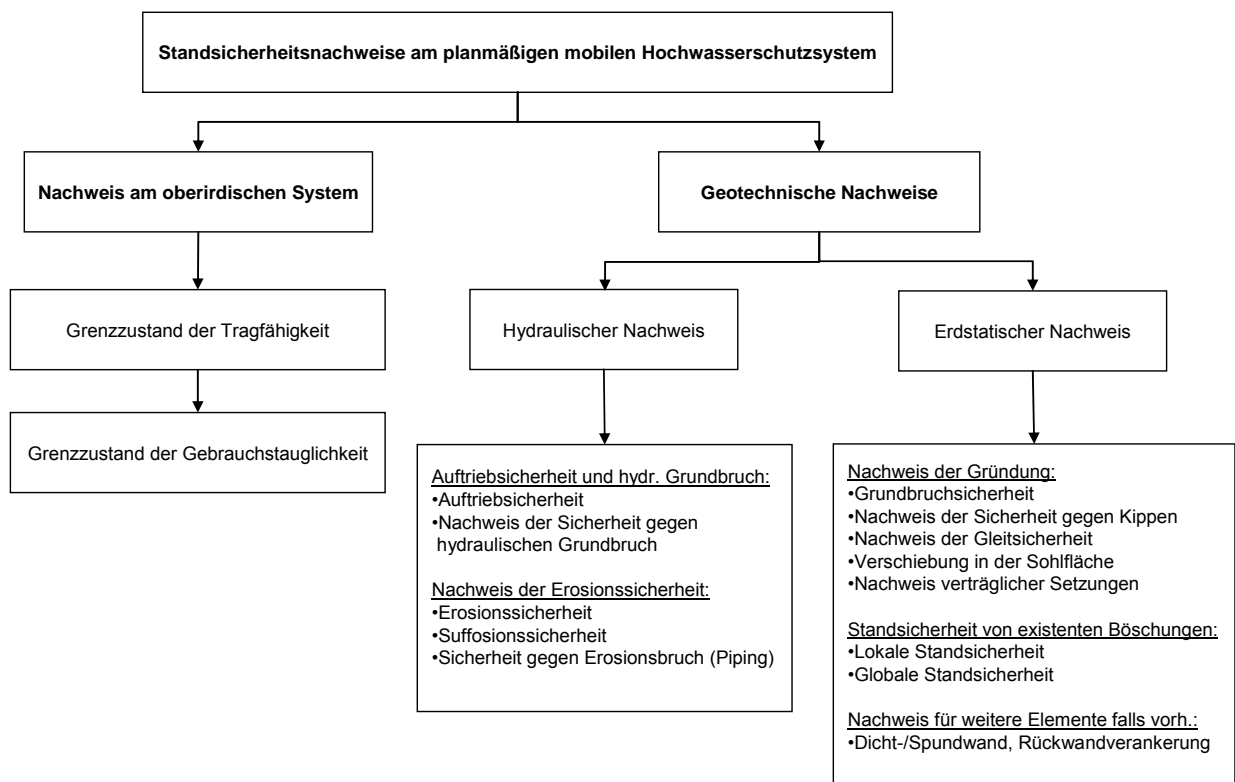


Abb. 92 Standsicherheitsnachweise am planmäßigen mobilen HWS - System [103]

Die Nachweise für das Tragwerk und für die Bauteile der mobilen HWS – Wand sowie für den Baugrund sind entsprechend den gültigen Baustoffnormen zu führen.³⁶ Um eine Qualitätssicherung der geforderten Bauteilwiderstände gewährleisten zu können, werden von den Herstellern mobiler Hochwasserschutzsysteme Nachweise ihrer Qualifikation verlangt. Diese sind in den betref-

³⁶ Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 70

fenden Baustoffnormen dargelegt. Für die Herstellung von Stahlbauteilen gilt die DIN 18800-7. Geschweißte Stahlbauteile von HWS - Systemen werden für Stahlwasserbauten DIN 19704 dem Geltungsbereich der Klasse E nach DIN 18800-7 zugeordnet. Die Hersteller müssen sich an diese Ansprüche halten. Abweichungen dieser Anforderungen sind nur bei untergeordneten Bauteilen zulässig und sind vom Bauherrn oder dem Planer mit der Genehmigungsbehörde abzuklären. Für geschweißte Aluminiumkonstruktionen gelten gemäß Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK die Anforderungen gemäß DIN 4113.

Die Nachweisführung erfolgt an einem Dammbalkensystem mit rückwärtiger Abstützung. Die Nachweise sind aber auf alle planmäßigen mobilen Hochwasserschutzsysteme anwendbar.

6.7 Nachweise am oberirdischen System

- Lastannahmen

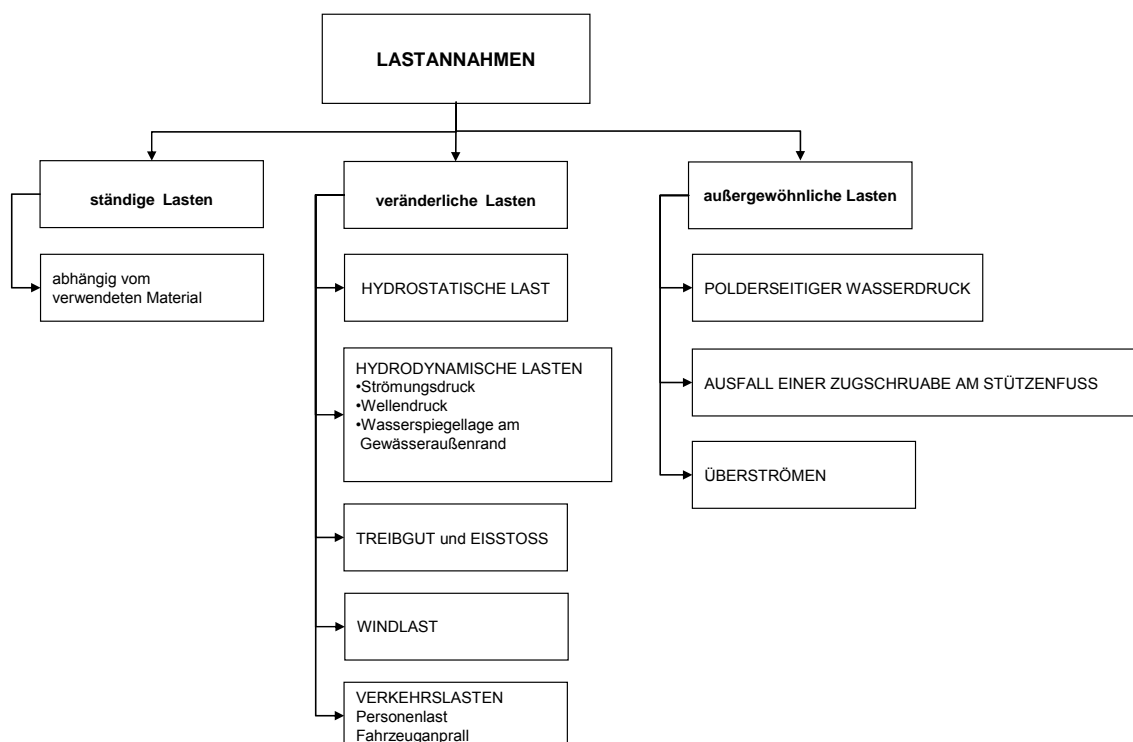


Abb. 93 Schematische Darstellung der mögliche Lastannahmen [104]

6.7.1 Ständige Lasten

Die ständigen Lasten hängen von den verwendeten Baustoffen ab. Ihre Wichten sind anhand DIN 1055 - 1 zu bestimmen.

6.7.2 Veränderliche Lasten

- Hydrostatische Lasten

Hydrostatische Lasten gehören zu den veränderlichen Lasten. Der hydrostatische Wasserdruck ist mit 10kN/m^3 zu anzusetzen. Er ist mit der ungünstigsten Einstauhöhe H zu berechnen. Besitzt das mobile Hochwasserschutzsystem nun keine vertikale, sondern eine geneigte Stauwand, so sind die Vertikalkomponenten des statischen Wasserdruckes für die Bemessung zu berücksichtigen.

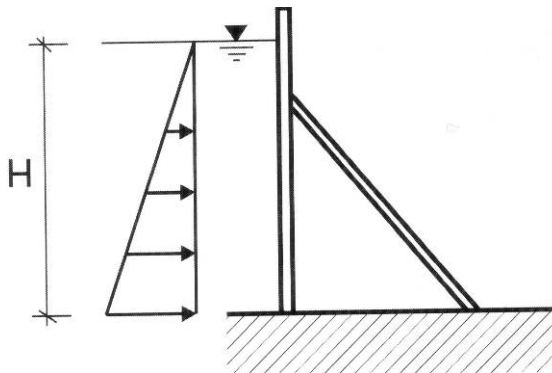


Abb. 94 Statischer Wasserdruck [105]

- Hydrodynamische Lasten

Hydrodynamische Lasten sind auch Teil der veränderlichen Lasten, zu ihnen zählen: Strömungsdruck, Wellendruck, Wasserspiegellage am Gewässeraußenbogen.

- Strömungsdruck

Der Strömungsdruck (Druck anlässlich der Strömungsgeschwindigkeit) ist dann zu berücksichtigen, wenn die Längsachse einer planmäßigen mobilen

Hochwasserschutzanlage nicht parallel zur Strömung verläuft. Die Strömungsgeschwindigkeit ist anhand von Messdaten zu ermitteln.

$$p_{Str} = \rho \cdot v^2$$

mit p_{Str} = Strömungsdruck [N/m²]

ρ = Dichte des Wassers (1000kg/m³)

v = Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

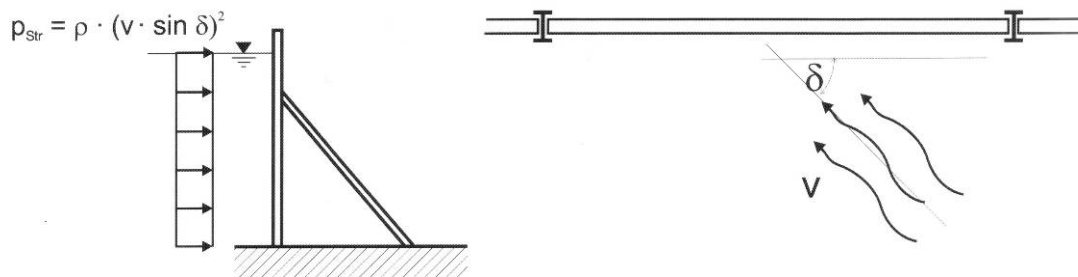


Abb. 95 Strömungsdruck bzw. Definition Anströmwinkel δ [106]

Der Strömungsdruck hängt vom Winkel δ ab. Das ist der Winkel zwischen mobiler Hochwasserwand und Strömungsrichtung. Besitzt die Hochwasserwand nur wenige Bauteile die aus der Ebene herausragen, so kann der Ansatz des Strömungsdruck parallel zur Wand entfallen. Bei Gebirgsflüssen und Wildbächen ist wegen einer starken Schwebstoffführung mit einer höheren Dichte $\rho = 1100 - 1300 \text{ kg/m}^3$ zu arbeiten.

- o Wellendruck

Bei küstennahen Gebieten ist auch der Wellendruck an mobilen Schutzsystemen zu beachten. Man unterscheidet hier, ob stehende bzw. gebrochene Wellen, oder auch Sturzbrecher zu erwarten sind. Sind Daten zur Wellendrucklast verfügbar, ist auch mit diesen zu arbeiten. Stehen keine genauen Angaben zu Verfügung kann mit Ersatzlasten bemessen werden. Die Wellenhöhe H_{ds} kann aus verschiedenen Rechenverfahren (Bretschneider, Saville, Boschitsch, Krylow II) ermittelt werden. Als Ersatzlast für Sturzbrecher kann eine Stoßzahl $\varphi = 1,2$ verwendet werden (entspricht einer nachgiebigen Stützung). Auch bei Binnengewässern, die eine große Fläche aufweisen - bei denen somit eine Wellenbildung möglich ist - oder falls die Schifffahrt

auch im Hochwasserfall gewährleistet sein soll, ist der Wellendruck zu berücksichtigen.

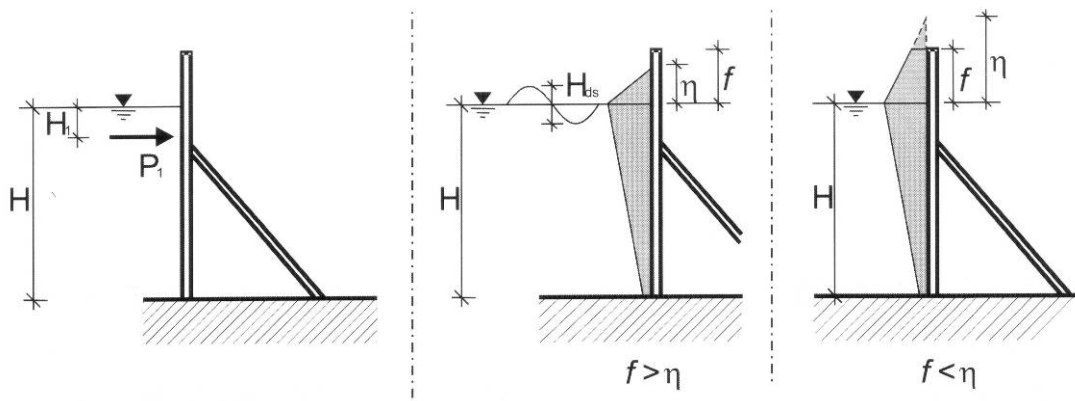


Abb. 96 Ersatzlast für Wellendruck (links), Wellendruckbelastung allg. (rechts) [107]

- o Wasserspiegellage am Gewässeraußenrand

Wird nun in einem Fließgewässer an einem Außenbogen eine planmäßige mobile Hochwasserwand errichtet, ist die Überhöhung des Wasserspiegels am Außenbogen gegenüber dem mittleren Wasserspiegel bei der Bemessung zu beachten. Ist diese Überhöhung nicht bekannt, kann sie mittels der Gleichung

$$\Delta H = 1,5 \cdot \frac{B}{R} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

ermittelt werden, wobei:

ΔH = Überhöhung des Wasserspiegels am Fließgewässeraußenbogen

B = Fließgewässerbreite

R = Krümmungsradius des Fließgewässers

v = Strömungsgeschwindigkeit

g = Erdbeschleunigung

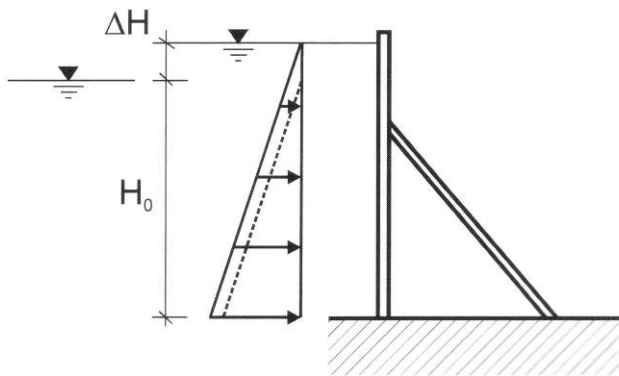


Abb. 97 Überhöhung ΔH des horizontalen WS H_0 am Fließgewässeraußenbogen [108]

Die Strömungsgeschwindigkeit und die benetzte Gewässerbreite müssen falls nicht vorhanden, mittels Messdaten z.B. räumlich, mit einer zweidimensionalen Strömungsberechnung festgelegt werden.

- Treibgut und Eisstoß

Bei Aufprall von Schiffen ist die Standsicherheit von planmäßig mobilen Hochwasserschutzsystemen in der Regel nicht vorhanden. Es besteht somit ein Restrisiko. Im allgemeinen ist dieser Lastfall sehr selten, da im Hochwasserfall die Schifffahrt eingestellt wird. Der Aufprall von Treibgut und Eisstoß ist aber möglich, daher ist hier die Tragsicherheit der mobilen Schutzwand unter diesem Lastfall zu untersuchen. Es wird hierbei mit einer Ersatzlast F , die auf der Höhe des Wasserspiegels normal zu Hochwasserschutzwand mit einer Fläche von $0,5\text{m} \times 0,5\text{m}$ angesetzt ist, gerechnet. Die Ersatzkraft ist vom Anströmwinkel δ , der Hochwasserfließgeschwindigkeit v , der Treibgutmasse m und der Federsteifigkeit c_F der Schutzwand abhängig. Die Aufpralllast F wird über den Ansatz der Energieerhaltung formuliert. Die Umwandlung der Bewegungsenergie durch den Aufprall des Treibgutes m mit der Fließgeschwindigkeit v , in Verformungsenergie, oder auch Federenergie mit Federkraft \times Federweg, der mobilen Schutzwand. Man unterscheidet somit zwischen einem senkrechten Aufprall $F = v \cdot \sqrt{m \cdot c_F}$ und einem geneigten Aufprall $F = v \cdot \sin \delta \cdot \sqrt{m \cdot c_F}$. Das statische Ersatzsystem ent-

spricht einer Feder mit entsprechender Federsteifigkeit c_F (hängt vom E-Modul des Materials, der Geometrie des Systems und des Lastangriffes ab).

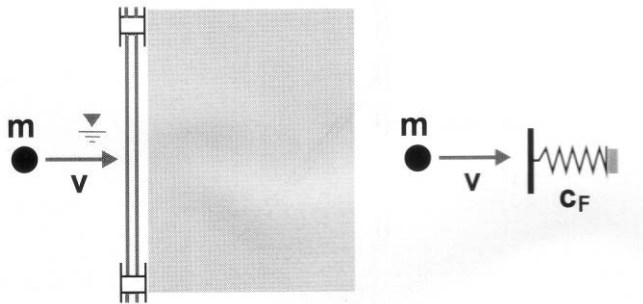


Abb. 98 Ersatz des statischen Systems durch eine Feder mit Federsteifigkeit c_F [109]

Es kann aber auch mit Aufpralllast F vereinfacht ein Einfeldbalken (Damm-balken) belastet werden.

Fließgeschwindigkeit v [m/s]	Anströmwinkel in [°]					
	15	30	45	60	75	90
1,0	4	7	10	12	14	14
2,0	7	14	20	24	27	28
3,0	11	21	30	37	41	42
4,0	15	28	40	49	55	56

Tab. 6 Ersatzlasten für Treibgutaufprall [kN] [110]

Zwischen den Tabellenwerten darf interpoliert werden. Sind die Eingangsdaten zu verschieden muss eine exakte Berechnung erfolgen.

- Windlast

Die Windlast wird über $w = c_{pe,net} \cdot q$ mit

w = Winddruck

$c_{pe,net}$ = Netto – Druckbeiwert (1,2 für Hochwasserschutzwände)

q = Böenstaudruck

berechnet.

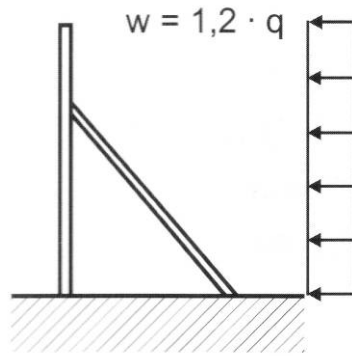


Abb. 99 Ansatz für Windbelastung [111]

Staudrücke werden von der Höhenlage und der Geländeform beeinflusst. Daher ist beim Festlegen der Bezugshöhe, um den Staudruck zu ermitteln, auf erhöhte Anordnungen (Deichkronen, Geländesprünge) der mobilen Wände zu achten.

- Verkehrslasten

Verkehrslasten sind ebenfalls Teil der veränderlichen Lasten, man unterscheidet zwischen:

- Personenlasten

Um die Zug- bzw. Druckkraft von Schaulustigen an der Oberkante der mobilen Hochwasserschutzwand zu simulieren, wird eine waagrechte Gleichstreckenlast an der Oberkante von 0,5kN/m angesetzt.

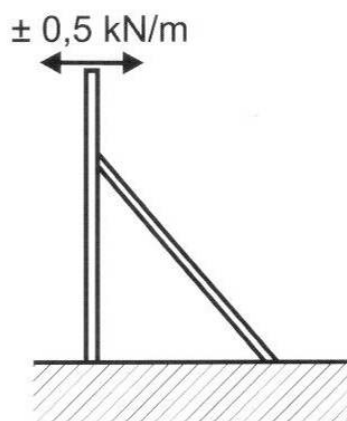


Abb. 100 Ansatz für Personenlast [112]

- Fahrzeuganprall

In befahrenen Bereichen muss auch ein Fahrzeuganprall berücksichtigt werden. Dieser Lastfall kann entfallen, wenn Schutzmaßnahmen wie z.B. Leitplanken zum Einsatz kommen. Bei diesem Lastfall werden aber nur langsam fahrende Fahrzeuge berücksichtigt. Einem frontalen Anprall eines schnell fahrenden Fahrzeuges hält eine mobile Hochwasserschutzwand in der Regel nicht stand. Als Ersatzlast wird hier eine Gleichstreckenlast von $q=5,00 \text{ kN/m}$ in der Höhe von $1,20 \text{ m}$ binnenseitig der Schutzwand angesetzt.

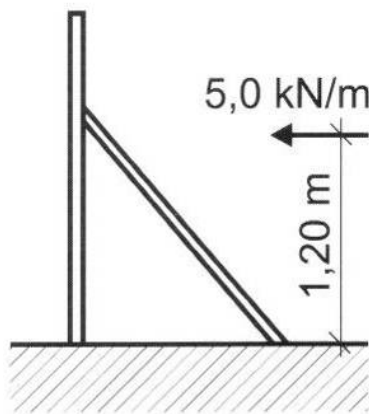


Abb. 101 Ansatz für die Ersatzlast als Gleichstreckenlast für Fahrzeuganprall [113]

6.7.3 Außergewöhnliche Lasten

- Polderseitiger Wasserdruck

„Polderseitiger Wasserdruck“ ist bei jenen Standorten zu beachten, bei denen ein langsamer Abfluss polderseitigen Wassers anzunehmen ist. In diesem Fall muss das Bauwerk den Lastfall „polderseitige anstehenden Wasserdruck“ standhalten, wenn kein Hochwasser mehr herrscht. Die polderseitige Einstauhöhe H ist entsprechend örtlichen Erfahrungen anzunehmen. Dieser Lastfall wird meist in jenen Gebieten relevant, wo in kurzen zeitlichen Intervallen mehrere Hochwasserwellen (Höckerwellen) auftreten. Hier ist dann nachzuweisen, dass das mobile Hochwasserschutzsystem auch bei

abgeflossenem Hochwasser einen polderseitigen Wasserdruck abwehren kann, um auch vor weiteren Wellen den Hochwasserschutz zu sichern.

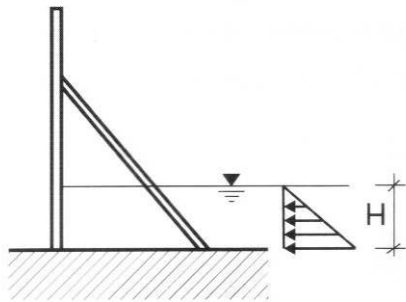


Abb. 102 Polderseitiger Wasserdruck [114]

Ein mobiles Hochwasserschutzsystem bietet normalerweise keinen planmäßigen Schutz gegen das „Überströmen“. Dies zieht eine sofortige Räumung des betroffenen Bereiches nach sich, falls die Belastung „Überströmen“ droht.

- Ausfall einer Zugschraube am Stützenfuß

Es ist hier die Tragfähigkeit und die Gebrauchstauglichkeit nach Ausfall der Zugschraube nachzuweisen. Der Lastfall bezieht sich nur auf planmäßig demontierbare Verbindungselemente und soll den Fall berücksichtigen, dass deren Einbringung entweder bei der Montage unsachgemäß erfolgte oder dass diese mutwillig infolge Vandalismus entfernt wurde.³⁷

Nachzuweisen sind der Grenzzustand der Tragfähigkeit und der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit am System und an Bauteilen.

³⁷ Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 68

Grenzzustand der Tragfähigkeit:

Der Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit ist nach folgender Formel zu führen:

$$\frac{R_K}{\gamma_M} \geq G_k \cdot \gamma_F \cdot \psi \cdot \sum_{i=1}^i Q_{k,i} \dots^{38}$$

- γ_F = Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen
- γ_M = Teilsicherheitsbeiwert der Widerstandsseite (Materialabhängig)
- ψ = Kombinationsbeiwert
- R_K = charakteristische Wert des Bauteilwiderstandes
- G_k = charakteristische Wert der Beanspruchung Eigengewicht
- $Q_{k,i}$ = charakteristische Wert der Beanspruchung veränderliche Lasten

Folgende Lastfallkombinationen sind durchzuführen:

	*1 Lastfall	ständige Last	Hydrostatik		Hydrodynamik		poldereitiger Wasserdruck	Treibgut- und Eisstoß	Windlast	Personenlast	Fahrzeuganprall
			BHW	Volleinstau	BHW	Volleinstau					
Grundlastfälle	1	$\gamma_F=1.35$	$\gamma_F=1.35$		$\gamma_F=1.35$						
	1	$\gamma_F=1.35$	$\gamma_F=1.35$		$\gamma_F=1.35$					$\gamma_F=1.35$	
	1	$\gamma_F=1.35$								$\gamma_F=1.35$	
	1	$\gamma_F=1.35$							$\Psi \gamma_F=0.9 \cdot 1.35$	$\Psi \gamma_F=0.9 \cdot 1.35$	
	2	$\gamma_F=1.35$		$\Psi \gamma_F=0.9 \cdot 1.35$		$\Psi \gamma_F=0.9 \cdot 1.35$		$\Psi \gamma_F=0.9 \cdot 1.35$			
	2	$\gamma_F=1.35$	$\gamma_F=1.35$		$\gamma_F=1.35$			$\gamma_F=1.35$			
	2	$\gamma_F=1.35$	$\gamma_F=1.35$		$\gamma_F=1.35$						$\gamma_F=1.35$
	2	$\gamma_F=1.35$									$\gamma_F=1.35$
	2	$\gamma_F=1.35$							$\Psi \gamma_F=0.9 \cdot 1.35$		$\Psi \gamma_F=0.9 \cdot 1.35$
*außer-gewöhnlich	3	$\gamma_F=1.00$					$\gamma_F=1.00$		$\gamma_F=1.00$		
	***	$\gamma_F=1.00$		$\gamma_F=1.00$		$\gamma_F=1.00$		$\gamma_F=1.00$			

Abb. 103 Lastfallkombinationen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit [115]

In Abb. 103 sind die Teilsicherheits- und Kombinationsbeiwerte, die die ungünstige Auswirkung hervorrufen, angegeben. Im Falle von günstig wirkenden Ein-

³⁸ Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 68

wirkungen (entlastend) wird für ständige Lasten $\gamma_F = 1,0$ und für veränderliche Lasten $\gamma_F = 0,0$ ersetzt.

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit:

Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist nachzuweisen, dass die Verformung Δx unter planmäßigen hydrostatischen sowie hydrodynamischen Einwirkungen aus Strömungsdruck mind. mit dem Kriterium

$$\frac{\Delta x}{L} \leq \frac{1}{150}$$

genügen, wobei L die charakteristische Länge des betrachteten Bauteils ist. Bei Systemen, bei denen eine Wiederverwendbarkeit bei Verformung über das o. g. Grenzmaß hinaus nicht gegeben ist, sollte das strengere Kriterium

$$\frac{\Delta x}{L} \leq \frac{1}{300}$$

verwendet werden.³⁹ Dies ist vor allem bei Dammbalkensystemen, die durch ein Nut-Feder-System verbunden sind, einzuhalten. Beim Nachweis sind nun die Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_g = \gamma_m = 1,0$ und der Kombinationsbeiwert $\psi = 1,0$ für alle Lastfallkombinationen aus Abb. 103 anzunehmen. Für günstig wirkende veränderliche Lasten ist $\gamma_F = 0,0$ und für ungünstig wirkende veränderliche Lasten ist $\gamma_F = 1,0$ zu setzen. Für außergewöhnliche Lasten ist kein Nachweis der Gebrauchstauglichkeit zu führen.

³⁹ Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 69

6.8 Geotechnische Nachweise

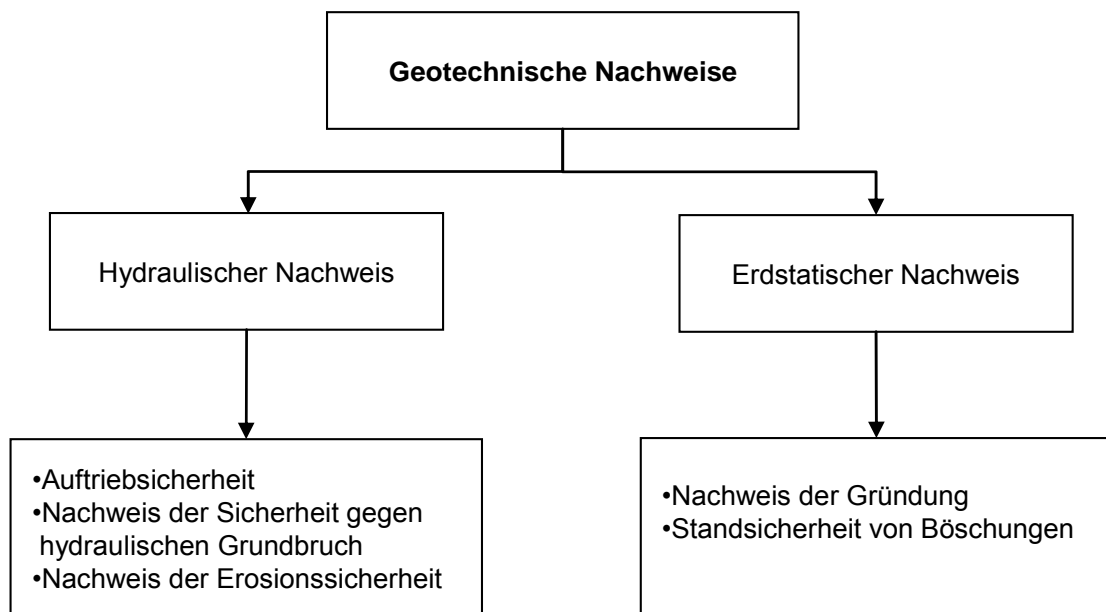


Abb. 104 Gliederung der geotechnischen Nachweise [116]

Mobile Hochwasserschutzwände weisen im „Einstaufall“ hinsichtlich der Gründungssicherheit und der erhöhten hydraulischen Untergrundbelastung ein großes Versagensrisiko auf. Daher sind die Nachweise der geotechnischen Stand- und Erosionssicherheit ein wichtiger Bestandteil des Hochwasserschutzes. Mobile Hochwasserschutzsysteme sind hinsichtlich geotechnischer Fragen und der Standsicherheitsnachweise ähnlich wie Hochwasserschutzmauern zu beurteilen. Man geht davon aus, dass das mobile Schutzsystem, deren Gründung und der Untergrund eine Einheit bilden. Die Elemente des Schutzsystems und der Untergrund bilden somit ein gemeinsames Tragwerk und müssen daher als Ganzes tragsicher sein.

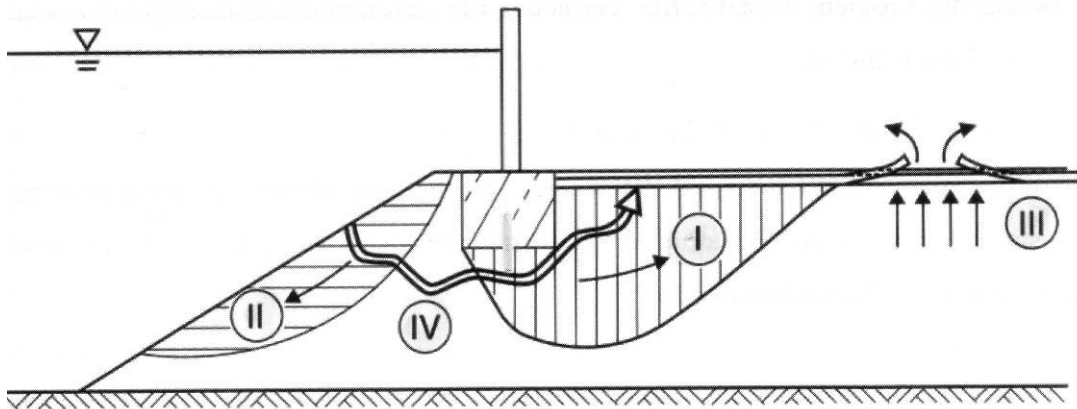


Abb. 105 Probleme, die bei der geotechnischen Standsicherheit auftreten können [117]

- I. Standsicherheit des mobilen Hochwasserschutzsystems auf Grund seiner Gründung: Die Einwirkungen auf das Tragwerk sind hier sicher in den Untergrund abzuleiten. Daraus ergeben sich folgende erdstatische Nachweise:
 - Grundbruchnachweis
 - Kippnachweis
 - Gleitsicherheit
 - Wasserseitige Grundbruchsicherung, bei planmäßiger Polderräumfüllung

- II. Standsicherheit vorhandener Böschungen in der Nähe von mobilen HWS – Systemen: Zu führende Nachweise sind hier lokale Standsicherheit und globale Standsicherheit.

- III. Auftriebssicherheit, hydraulischen Grundbruchsicherheit des Gründungsbereiches der mobilen Schutzwand und der gefährdeten Umgebung hinter dem Schutzsystems.

- IV. Nachweis der Erosionssicherheit des Untergrundes: Erosionssicherheit, Suffosionssicherheit und Erosionsgrundbruch.

Wurden auch Dichtungs- und Stützelemente im Untergrund verwendet, sind die dafür erforderlichen Nachweise ebenfalls durchzuführen. Zudem ist darauf zu achten, dass die Standsicherheit von z. B. Rohrleitungen, Kanälen, Leitungen und Gebäuden bezüglich Außenwasserdruck und Auftrieb durch die Sicherstellung der geotechnischen Standsicherheit von mobilen Schutzsystemen nicht

beeinträchtigt wird. Leitungen und Bauwerke, die parallel zu einer Schutzanlage verlaufen sind einer besonderen Versagensgefahr ausgeliefert, deshalb sollte hier gelten, dass Leitungen um das zweifache der Gesamtschutzhöhe, aber mind. 5m von der mobilen Hochwasserschutzanlage entfernt sind. (DIN 19712, Abschnitt 11.3)

Mobile Hochwasserschutzsysteme werden hinsichtlich ihrer Gesamtschutzhöhe, landseitig von der GOK gemessen, in verschiedene geotechnische Kategorien GK nach DIN 4020:2003-09 unterteilt. Diese Kategorien liefern Mindestanforderungen von geotechnischen Untersuchungen, Berechnungen und Überwachungsmaßnahmen.

Gesamtschutzhöhe	Geotechnische Kategorie GK nach Din 4020
bis 0,5 m	GK 1
bis 1,5 m	GK 2
über 1,5 m	GK 3

Tab. 7 Einordnung mobiler HWS – Elementen in geotechnische Kategorien [118]

Die Gesamtschutzhöhe ist hier die Gesamthöhe der Schutzanlage, zwischen OK (BHW + Freibord) und binnenseitigen Geländeoberkante.

Für die GK1 ist es ausreichend, wenn die Gründungs- und Untergrundverhältnisse im unmittelbaren Umland (doppelte Tiefe und Entfernung von der Hochwasserschutzanlage) aus lokalen Bauerfahrungen in der Nachbarschaft bekannt sind oder sie durch Schürfen, Kleinbohrungen oder Sondierungen ermittelt wurden.

Fälle entsprechend der Kategorien GK2 und GK3 sind geotechnische Untersuchungen nach DIN 4020 zwingend durchzuführen. In Zweifelsfällen oder bei Besonderheiten kommt es gegebenenfalls zu einer Höherstufung der geotechnischen Kategorien durch einen Experten.

6.8.1 Lastfälle und Einwirkungskombinationen bei geotechnischen Nachweisen

Einwirkungen, die auf das Tragwerk wirken, vertikale und horizontale Schnittkräfte, werden vom Gründungssystem aufgenommen und in den Untergrund abgeleitet.

Einwirkungen werden im Grundbau für ihre Nachweisführung bezüglich DIN 1054 in drei Einwirkungskombinationen unterteilt. Dies erfolgt in Abhängigkeit ihrer Dauer und Häufigkeit.

- EK1 – Regelkombination: ständige od. häufig wiederkehrende Einwirkungen
- EK2 – Seltene Kombination: zusätzlich zu EK1: seltene od. zeitlich begrenzte Einwirkungen
- EK3 – außergewöhnliche Kombination: zusätzlich zu EK1: gleichzeitig mögliche außergewöhnliche Einwirkungen, insbesondere bei Katastrophen und Unfällen

Die Einwirkungen, die aus der Belastung des Tragwerkes herrühren können aus der Abb. 103 (S.129) „Nachweis am oberirdischen System“ übernommen werden. Zusatzlasten wären noch relevante Bauteile wie z.B. Hochwasserschutzmauern und übrige im Zusammenhang stehende Baulichkeiten.

Die Belastungen werden für die geotechnischen Nachweise in Gründungslasten zusammengefasst und sind als charakteristische Größen in der Höhe der Oberkante der Gründungskonstruktion für jede Einwirkungskombination in den maßgebenden Bemessungssituationen zu ermitteln. Die Belastungen werden weiter in ständige Lasten V_G , H_G und veränderliche Lasten V_P , H_P unterteilt.

Zusätzlich gibt es auch Einwirkungen, die das Gründungssystem belasten. Diese können den Einwirkungskombinationen EK1 – EK3 zugeordnet werden.

Grundbauspezifische Einwirkungen EK1:

- Eigengewicht des Gründungskörpers und Boden (G)
- Erddruck (E)
- Lasten aus Wasserdruck (A_{BHW}) und Strömungskräfte (S_{BHW}) im Untergrund während BHW
- Lasten aus Wasserdruck (A_{Ab1}) und Strömungskräfte (S_{Ab1}) im Untergrund während ablaufender Welle

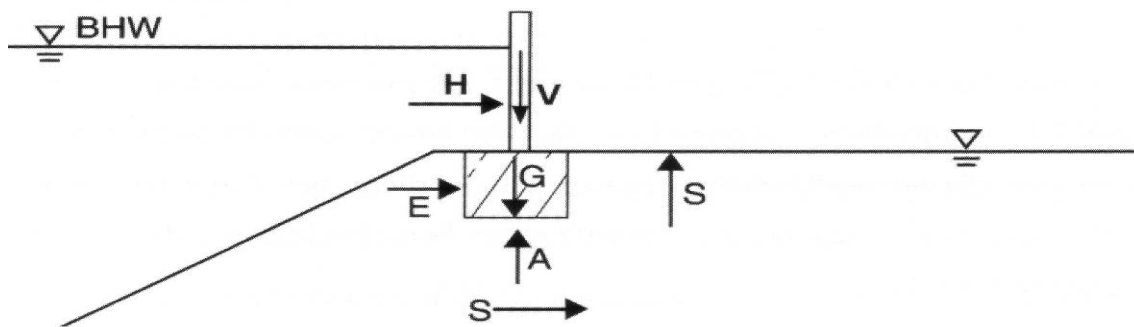


Abb. 106 Einwirkungen bei Bemessungshochwasser [119]

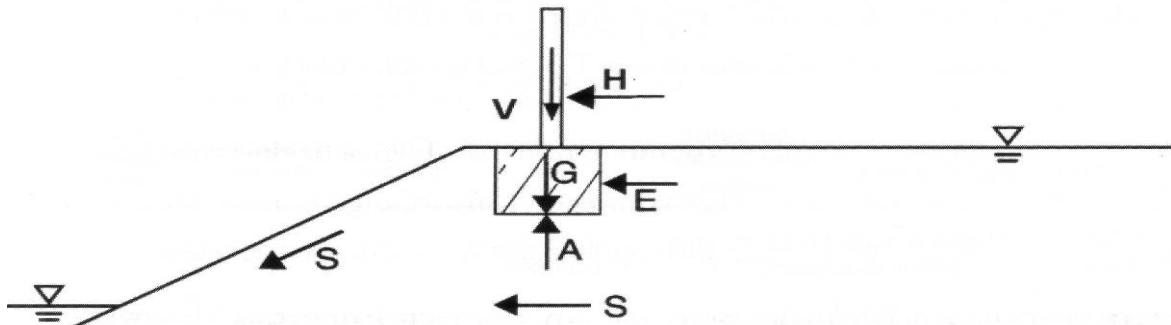


Abb. 107 Einwirkungen bei ablaufender Welle [120]

Grundbauspezifische Einwirkungen EK2:

Zusätzlich zu EK1 gegebene bzw. veränderliche Lasten:

- Lasten aus Wasserdruck (A_{OK}) und Strömungskräften (S_{OK}) im Untergrund bei Stau bis OK des mobilen Hochwasserschutzsystems
- Lasten aus Wasserdruck (A_{Ab2}) und Strömungskräften (S_{Ab2}) im Untergrund bei ablaufender Welle nach einem Stau bis zur OK des mobilen Hochwasserschutzsystems und max. Grundwasserstand im Hinterland

Grundbauspezifische Einwirkungen EK3:

Zusätzlich zu den Einwirkungen aus EK1:

- Lasten aus Wasserdruck (A_{Ab13}) und Strömungskräften (S_{Ab13}) im Untergrund bei ablaufender Welle und polderseitigen Wasserdruck
- Erdbeben

Mobile Hochwasserschutzsysteme werden nicht auf das Überströmen bemessen, da dies in der Regel einem Katastrophenszenarium zugeordnet wird. Wenn aber ein Überströmen planmäßig erfolgen soll, so sind diese Einwirkungen den Kombinationen EK2 oder EK3 je nach Schutzgrad zuzuordnen.

Die zu berücksichtigenden Einwirkungskombinationen EK werden nun in Lastfälle LF1, LF2 und LF3 für den Grenzzustand GZ1 (Grenzzustand der Tragfähigkeit) zusammengefasst. Durch Einführung diese Lastfälle für die entsprechenden geotechnischen Bauwerkselemente werden aussagenstarke Werte der unabhängigen Einwirkungen sofort bestimmt. Dadurch können - wie in der Tragwerksstatik üblich - die Kombinationswerte, die gleichzeitig auftretende Lasten berücksichtigen, vernachlässigt werden.

Lastfall		ständige Last	veränderliche Lasten	ständige Zusatzlasten	veränderliche Zusatzlasten	ständige Last	Erd- druck	Wasser- druck	Strömungs- kräfte
		charak. Größen aus mob. HWS		charak. Werte aus Bau- teilen		aus Funda- ment	im Untergrund		
LF 1	A	V_G, H_G^*	V_P, H_{Pc}^*	$V_{z,G}, H_{z,G}$	$V_{z,P}, H_{z,P}$	G	E	A_{BHW}	S_{BHW}
	B	V_G, H_G^*	V_P, H_P^*	$V_{z,G}, H_{z,G}$	$V_{z,P}, H_{z,P}$	G	E	A_{Ab1}	S_{Ab1}
LF 2	A	V_G, H_G^{**}	V_P, H_P^{**}	$V_{z,G}, H_{z,G}$	$V_{z,P}, H_{z,P}$	G	E	A_{OK}	S_{OK}
	B	V_G, H_G^{**}	V_P, H_P^{**}	$V_{z,G}, H_{z,G}$	$V_{z,P}, H_{z,P}$	G	E	A_{Ab2}	S_{Ab2}
LF 3		V_G, H_G^{***}	V_P, H_P^{***}	$V_{z,G}, H_{z,G}$	$V_{z,P}, H_{z,P}$	G	E	A_{Ab3}	S_{Ab3}

Tab. 8 Zu berücksichtigende Lastfälle für den Grenzzustand GZ [121]

* jeweils maßgebender Lastfall 1 aus Grundlastfällen LF 1 des mob. Tragwerks

** jeweils maßgebender Lastfall 2 aus Grundlastfällen LF 2 des mob. Tragwerks

*** Lastfall 3 aus mob. Tragwerks

In Tabelle 8 sind die zu berücksichtigenden Lastfälle, kombiniert mit den Einwirkungen aus den betreffenden Lastfällen aus der Tragwerksberechnung der mobilen Schutzelementen, zusammengestellt.

6.8.2 Teilsicherheitsbeiwerte und Grenzzustände GZ1 (Tragfähigkeit) und GZ2 (Gebrauchstauglichkeit) bei geotechnischen Nachweisen

Die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen in Abhängigkeit der Lastfälle sind in der DIN 1054:2005-01, Tab.2 ersichtlich. Hierbei sind laut Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK auch unterschiedliche Grenzzustände der Tragfähigkeit GZ1 zu beachten:

- GZ1A: Grenzzustand des Verlustes der Lagesicherheit
- GZ1B: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken und Bauteilen
- GZ1C: Grenzzustand des Verlustes der Gesamtstandsicherheit

Für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit GZ2 sind die Teilsicherheitsbeiwerte ebenso der DIN 1054:2005-01 Tab.2 zu entnehmen. Die Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände sind gemäß Tabelle 3 der DIN 1054:2005-01 zu verwenden.

Gründungsnachweis:

Gründungselemente der planmäßig mobilen Hochwasserschutzsysteme, wie Fundamente, Spund- und Dichtwand, teilweise auch Verankerungen sind für alle oben genannten Einwirkungen erdstatisch in allen Lastfällen laut DIN 1054 nachzuweisen. Der Nachweis für eine Grundbruchsicherung erfolgt nach DIN 1054:2003-01 im Zusammenhang mit der DIN V 4017-100:1996-04. Eine Setzungsberechnung hat dann zu erfolgen, wenn:

- außer den Konstruktionslasten des Schutzelements noch weitere wesentliche Lasten an der Schutzanlage angreifen
- im Gründungsbereich weicher Boden vorhanden ist

- empfindliche Leitungen im Einflussbereich der mobilen Hochwasserschutzanlage liegen.

Wenn die Gebrauchstauglichkeit gesichert ist, kann auf eine Setzungsberechnung verzichtet werden.

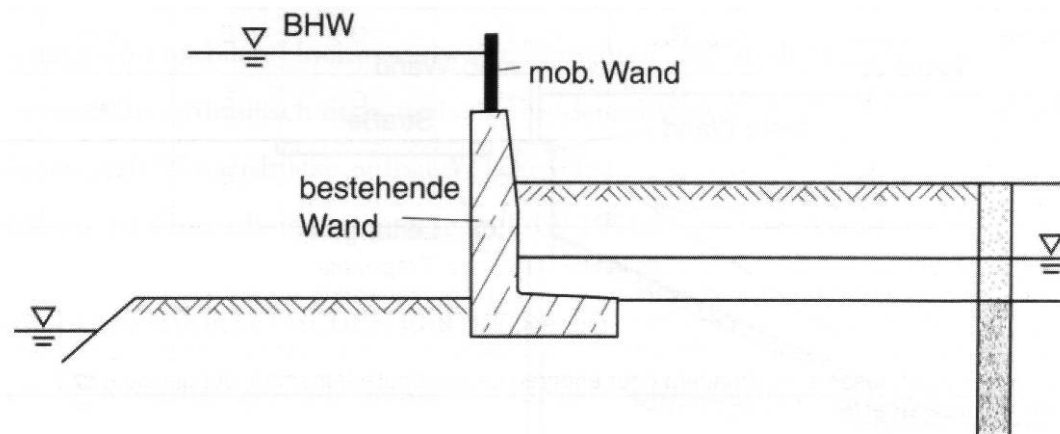


Abb. 108 Gründung mit mobilen HWS – Anlage [122]

Der Nachweis gegen Kippen und Gleiten erfolgt ebenso nach DIN 1054:2005-01.

6.8.3 Standsicherheit vorhandener Böschungen

Die Gesamtstandsicherheit und auch die lokale Standsicherheit unter Strömungsbelastung der Böschungen, die sich im Einflussbereich von mobilen Schutzanlagen befinden werden nach DIN V 4084-100 nachgewiesen. Um das nach einem Hochwasser in Richtung Vorfluter rückfließende Grundwasser ohne Beschädigung der Böschung abzuleiten, ist eine wasserseitige Böschungsneigung von 1:3,5 nötig. In Sonderfällen kann es auch notwendig sein, bei der luftseitigen Böschung die Standsicherheit nachzuweisen. Falls das mobile Schutzsystem planmäßig überströmbar ausgeführt wird, ist der gesamte betroffene Bereich der Schutzanlage entsprechend zu dimensionieren und hydraulisch (Wasserführung, Oberflächenerosion) und geotechnisch (Durchströmung, innere Erosion, Erdstatik) nachzuweisen.

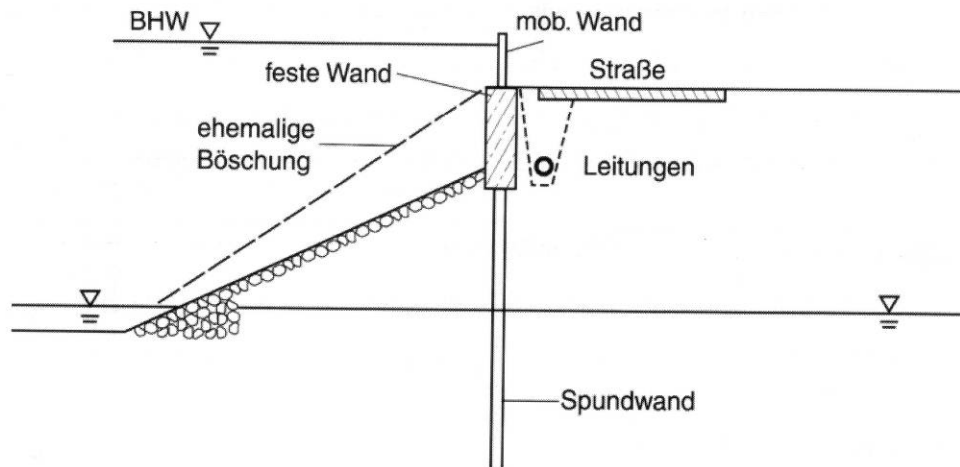


Abb. 109 Wasserseitige Böschung mit mobiler Schutzwand [123]

Hydraulische Nachweise beziehen sich auf den Untergrund und auf Weg- und Straßenkörper im Hinterland der mobilen Schutzanlage.

6.8.4 Nachweis der Auftriebssicherheit

Dieser Nachweis ist dann durchzuführen, wenn im Einsatzbereich von mobilen Schutzanlagen an der landseitigen Oberfläche oder auch im Untergrund hydraulisch dicht wirkende Bodenschichten oder auch Straßenbeläge vorhanden sind, unter denen sich Wasserdrücke aufbauen können.

6.8.5 Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch

Ein hydraulischer Grundbruch tritt meist plötzlich auf, und richtet daher großen Schaden an. Die Grundbruchsicherung kann nach der Vorgabe von DIN 1054:2005-01 nachgewiesen werden.

6.8.6 Erosionssicherheit

Erosionsgrundbruch entsteht, wenn durch Sickerwasser Bodenteilchen erodieren und weggeschwemmt werden. Es wird somit das tragende Korngerüst zerstört. Dadurch entsteht eine Erosionsröhre (piping). Setzt sich dieser Vorgang fort, weitet sich diese Erosionsröhre entgegen der Strömungsrichtung auf, was

schließlich zu einem vollständigen Standsicherheitsverlust (Erosionsgrundbruch) des Bauwerkes führen kann.

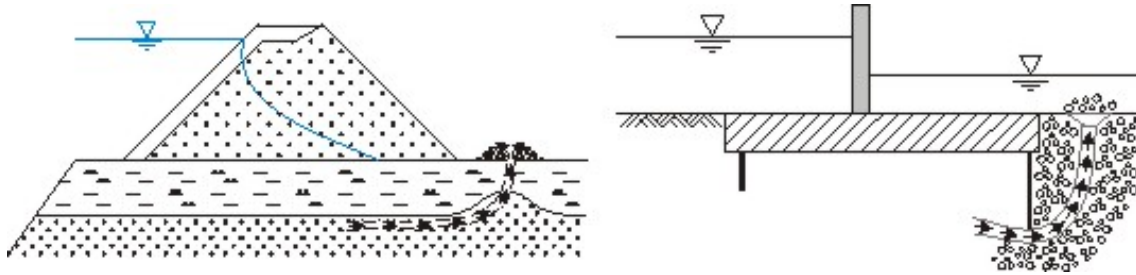


Abb. 110 Erosionsgrundbruch, Universität Leipzig [123]

Suffosionssicherheit: Bei der Suffosion kommt es durch Porenwasserströmung zu Umlagerungen und Ausspülungen von Feinteilchen des Bodens. Das tragende Korngerüst wird dabei nicht verändert, es ändern sich nur die Porenzahl und die Durchlässigkeit des Bodens. Die Suffosionssicherheit ist bei nicht bindigen Böden mit Ausfallkörnung oder bei nicht bindigen Böden mit einer Ungleichförmigkeitszahl ≥ 8 nachzuweisen⁴⁰.

Kontakterosion sind Erosionen in Grenzbereichen innerhalb von Bodenkörpern, Festgesteinen und Gebäuden und ebenso dazwischen. Sie tritt vor allem an Schichtgrenzen, Bauwerksfugen, Kluffüllungen und Trennflächen auf. Dabei werden Feinkornanteile durch strömendes Wasser in einer durchlässigeren Schicht aus der angrenzenden, undurchlässigen Schicht ausgewaschen. Bei der Kontakterosion wird das an die durchlässige Schicht angrenzende Material der undurchlässigen Schicht vollständig erodiert und verfrachtet. Im Gegensatz dazu wird bei der Kontaktsuffosion, nur die in kornabgestuften Erdstoffen enthaltenen Feinkornanteile ausgewaschen.

⁴⁰ Bundesanstalt für Wasserbau (BAW): „Merkblatt Anwendung von Kornfilter an Wasserstraßen (MAK)“, S 6

Um die Sicherung gegen Erosion zu erhöhen sind folgende bautechnische Maßnahmen möglich:

- Tiefreichende Bauelemente, wie Spundwände, Bohrpfahlwände, mineralische Dichtwand oder MIX – Wände (mixed in place)
- Verlängerung der Sickerwege, durch flächenhaft ausgedehnte Gründungskörper
- für die Erhöhung der Auftriebssicherheit können längsseitige Dränagen und Rigolen eingesetzt werden.
- Abdichtungen im wasserseitigen Vorland können ebenfalls Strömungskräfte und –wirkungen zur sicheren Seite hin beeinflussen

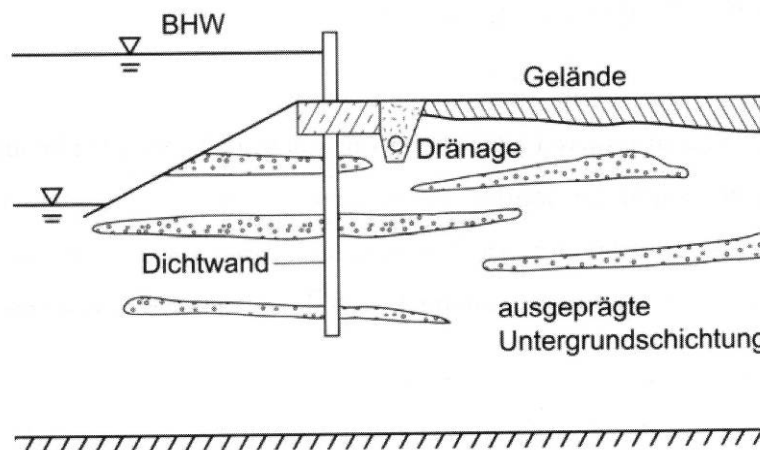


Abb. 111 Durchlässiger, geschichteter, erosionsanfälliger Untergrund mit einer mobilen HWS – Anlage [125]

In nachstehend angeführter Tabelle sind die vorher beschriebenen geotechnischen Nachweise für mobile Hochwasserschutzsysteme der geotechnischen Kategorien GK2 und GK3 zusammenfassend dargestellt:

Nachweise	Grenzzustand	DIN/Regelwerk
hydrologische Nachweise		
Auftriebsicherheit und hydraulischer Grundbruch:		
• Auftriebsicherheit	GZ 1A	DIN 1054:2005-01 Abs. 11 bzw. DIN 19712 Abs. 9.5
• Sicherung gegen hydraulischen Grundbruch	GZ 1A	DIN 1054:2005-01 Abs. 11

Nachweis der Erosionssicherheit:		
• Erosionssicherheit	GZ 1B	BAW (1989) od. DWA E 2006
• Suffosionssicherheit	GZ 1B	BAW (1989) od. DWA E 2006
• Sicherung gegen Erosionsgrundbruch, (piping)	GZ 1B	DWA E 2006, EAU 1996 (E 116)
Erdstatische Nachweise:		
Nachweis der Gründung:		
• Grundbruchsicherheit	GZ 1B	DIN 1054:2005-01 Abs. 7.5.2, DIN 4017-100
• Kippsicherheit	GZ 1A	DIN 1054:2005-01 Abs. 7.5.1
• Gleitsicherheit	GZ 1B	DIN 1054:2005-01 Abs. 7.4.3
• Sohlfächenverschiebung	GZ 2	DIN 1054:2005-01 Abs. 7.6.2
• verträgliche Setzungen	GZ 2	DIN 1054:2005-01 Abs. 7.6.3
Standsicherheit von Böschungen:		
• lokale Standsicherheit	GZ 1C	DIN 1054:2005-01 Abs. 12 mit DIN 4084-100
• globale Standsicherheit	GZ 1C	DIN 1054:2005-01 Abs. 12 mit DIN 4084-100
Nachweis weiterer Elemente:		
• Dichtwand, Spundwand, Rückverankerungen etc.	GZ 1B und GZ 2	DIN 1054:2005-01 Abs. 8 - 11

Tab. 9 Aufstellung der geotechn. NW für mobile Hochwasserschutzsysteme der geotechn. Kategorien GK2 und GK3 [126]

6.9 Beschädigung mobiler planmäßiger Hochwasserschutzsysteme bei unterschiedlichen Gefährdungsmöglichkeiten

Mobile Hochwasserschutzsysteme	Gefährdungsmöglichkeiten											
	Treibgutaufprall	Schiffsaufprall	Fahrzeugaufprall	Überströmen	Geschiebe / Verlegung	Korrosion / Alterung	Ausfall	Fremdeinwirkung	Diebstahl	Lagerung / Wartung	Auf- und Abbau	Transport
Dammbalkensysteme	Red	Red	Red	Orange	Green	Red	Green	Orange	Orange	Red	Red	Orange
Dammtafelsysteme	Orange	Red	Red	Orange	Green	Orange	Green	Orange	Orange	Orange	Red	Orange
Klappbare Systeme	Orange	Red	Orange	Orange	Green	Orange	Orange	Green	Orange	Green	Orange	Green
Aufschwimbare Systeme	Red	Red	Orange	Orange	Red	Orange	Green	Red	Green	Orange	Red	Green
Aufschwimbare, klappbare Systeme	Red	Red	Orange	Orange	Orange	Orange	Green	Red	Green	Orange	Red	Green
Schlauchwehrsysteme	Red	Red	Red	Green	Green	Red	Orange	Red	Green	Red	Orange	Green
Torsysteme	Orange	Orange	Orange	Orange	Green	Orange	Red	Red	Green	Red	Orange	Green
Glaswandsysteme	Red	Red	Red	Orange	Green	Orange	Green	Red	Green	Green	Green	Green

Legende:

- Keine bzw. geringe Beschädigung des Systems durch genannte Gefährdungsmöglichkeiten
- Relevante Beschädigungen des Systems durch genannte Gefährdungsmöglichkeiten
- Besonders relevante Beschädigungen des Systems durch genannte Gefährdungsmöglichkeiten

Tab. 10 Beschädigungen mobiler planmäßiger Hochwasserschutzsysteme bei unterschiedlicher Gefährdungsmöglichkeiten [127]

7. Notfallmäßige mobile Hochwasserschutzsysteme

Der notfallmäßige, ortsungebundene mobile Hochwasserschutz wird als Ergänzung zum planmäßigen mobilen Hochwasserschutz eingesetzt. Bisher wurden für einen Linienschutz, oder zum Schließen von Lücken in der Hochwasserschutzlinie hauptsächlich Sandsäcke verwendet. Der Einsatz von Sandsäcken bringt aber auch Nachteile mit sich, nämlich:

- Hoher Personalaufwand und hoher Materialverbrauch
- Lange Aufbauzeiten
- Sehr beschränkte Stauhöhen
- Meist nicht wieder verwendbar
- Hohe Entsorgungskosten bei Kontaminationen

Daher wurden Alternativsysteme entwickelt, die ebenso wie der Sandsack ortsungebunden sind und auch im Katastrophenfall provisorischen Schutz für Mensch und Güter sicherstellen können. Mit den notfallmäßigen, ortsungebundenen mobilen HWS – Systemen lassen sich Ausuferungen geringer Intensität meist vermeiden. Der Einsatz dieser mobilen Hochwasserschutzsysteme ist vor allem bei einer kurzen Vorwarnzeit möglich. Bei großen Überflutungstiefen, bei hoher Intensität (Wellenschlag, großer Treibguldichte, Geschiebebetrieb, Fließgeschwindigkeit) ist ihr Einsatz jedoch beschränkt.

Systeme des Katastrophen – Hochwasserschutzes werden im Katastrophenfall notfallmäßig an den jeweiligen Ort der Katastrophe ohne umfassende Kenntnisse über den Einsatzort (notfallmäßiger Einsatz) eingesetzt.⁴¹ Teilweise werden sie auch geplant eingesetzt, das heißt die Einsatzleitung kennt den Einsatzort und besitzt umfassende Kenntnisse über seine lokalen Gegebenheiten. Hier bilden sie dann eine so genannte zweite Verteidigungslinie z.B. wenn die planmäßige Hochwasserschutzanlage droht überströmt zu werden oder auch als Übergangslösung bis die planmäßige HWS – Anlage vor Ort fertig gestellt ist.

⁴¹ Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 133

Beim notfallmäßigen Einsatz ist das Risiko des Versagens wesentlich größer als bei planmäßigen Einsätzen. Man versucht dieses Risiko mit dem Einführen maximaler Schutzhöhen zu minimieren, das heißt: ab einer gewissen Schutzhöhe wird ein notfallmäßiger Einsatz nicht mehr empfohlen. Darüber hinausgehende Schutzhöhen sind je nach Hersteller möglich, sollten aber in jedem Fall einer expliziten Risikobetrachtung unterzogen werden.

Um das Versagensrisiko zu minimieren, sollte die Systemhöhe bei notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen demnach auf 0,60 - max. 1,20 m Stauhöhe beschränkt sein. Höhere Schutzziele sollten mit einem städtebaulich verträglichen, stationären Hochwasserschutz und einem wirtschaftlich vertretbaren planmäßigen mobilen Hochwasserschutz erreicht werden.

	notfallmäßiger Einsatz	geplanter, notfallmäßiger Einsatz
Einsatzort	unbekannt	bekannt
Vorwarnzeit	ausrücken bei Alarmierung	Vorwarnung od. Alarmierung
Systemauswahl	verfügbares System	Systemauswahl vor Einsatz
Bemessung/Lastfälle	keine Bemessung	Bemessung
Systemaufbau	durch Einsatzleiter vor Ort	lt. Notfallplan
Einbaukontrolle	empfohlen	notwendig
Schutzzonen	empfohlen	notwendig
Kontrollgänge	notwendig	notwendig
Systemabbau	lt. Einsatzleiter	lt. Notfallplan
empfohlene max. Schutzhöhe	0,6 m	1,2 m

Tab. 11 Unterschiede zw. einen notfallmäßigen oder geplanten notfallmäßigen Einsatz [128]

7.1 Empfohlene Schutzzonenbreiten bei dem notfallmäßigen Hochwassereinsatz

- Systemhöhen bis 0,60 m 3 - 10 m Schutzzone
- Systemhöhen von 0,60 - 1,20 m 10 - 20 m Schutzzone
- Systemhöhen von 1,20 - 2,00 m 20 - 50 m Schutzzone

7.2 Erschwerende Randbedingungen beim Einsatz notfallmäßiger HWS - Systemen

Während beim geplanten Einsatz, bei dem die lokalen Gegebenheiten bekannt sind, das System im Voraus optimiert werden kann, ist beim notfallmäßigen Einsatz diese Möglichkeit nicht vorhanden. Hier muss jeder Einsatz den örtlichen Gegebenheiten spontan angepasst werden. Daher ist vor allem bei diesen Hochwassereinsätzen ein speziell geschultes und erfahrenes Personal erforderlich. Folgende Parameter sind hierbei von Bedeutung:

- **Topographie:** Gefälle in Längs- und Querrichtung ist bestimmend für die Gleit- und Kippsicherheit.
- **Geländebeschaffenheit:** Beschaffenheit der Oberfläche und ihr augenblicklicher Zustand (Trocken, nass, vereist etc.) sind Parameter für die Gleitsicherheit des Systems.
- **Flutung vor Aufbau:** der Aufbau kann in stehendem od. strömendem Wasser stattfinden, daher müssen Bodenverankerungen und Dichtungen unter Wasser verlegt werden.
- **Zufahrtsmöglichkeit:** eine Zufahrt zum Einsatzort ist nicht immer möglich; daher müssen Elemente mit einem tragbaren (max. 30 kg) Gewicht verwendet werden.
- **Verfügbarkeit der Befüllstoffe:** Systeme benötigen teilweise Wasser, Sand oder Kies, gibt es diese Materialien nicht vor Ort, sind zusätzliche Zeitverzögerungen zu kalkulieren.

- Dunkelheit: erschwert den Systemaufbau, vor allem wenn viele Kleinteile montiert werden müssen.
- Kälte / Frost: Kälte behindert die Verlegung von Kunststoffprodukten und erschwert den Abbau von wasserbefüllten Systemen.

7.3 Systeme des notfallmäßigen mobilen HWS

Man unterscheidet beim notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutz, auch Katastrophen – Hochwasserschutz, zwei Gruppen von Schutzsystemen. Die konservativen Systeme mit Sandsäcken, Tandemsacksack, einfache Tafelsysteme und Betonkörper, sowie die neu entwickelten Sandsackersatzsysteme die man wiederum in Stallwandsysteme, offene und geschlossene Behältersysteme und Erdwall zusammenfassen kann.

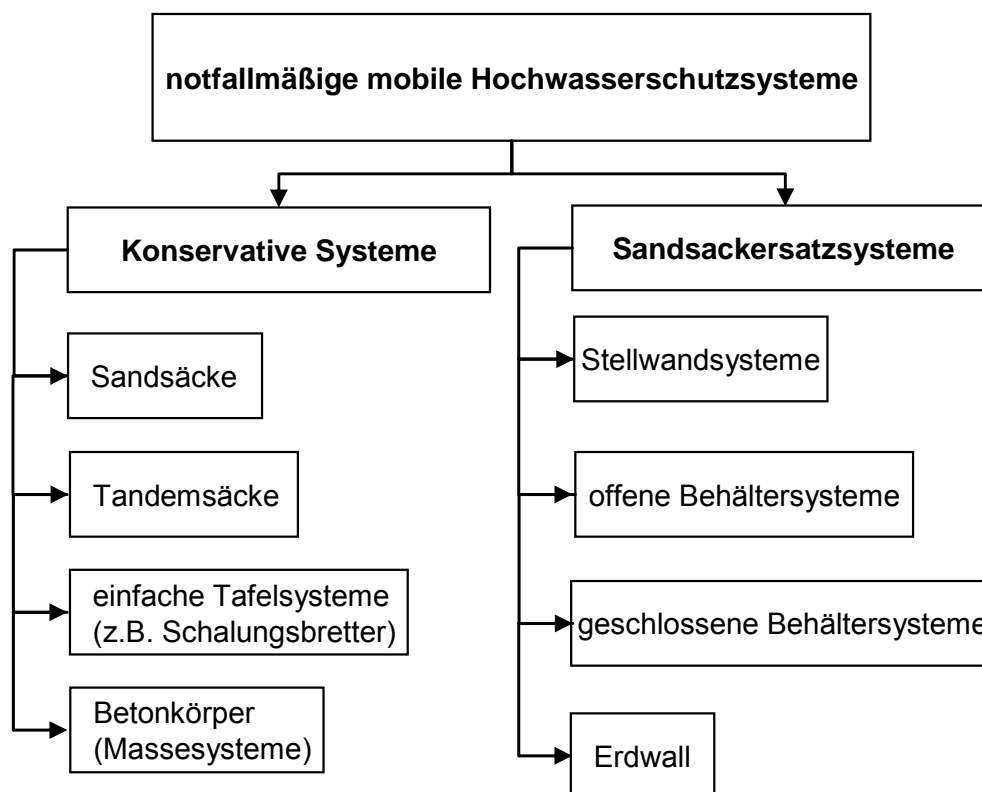


Abb. 112 Systeme des notfallmäßigen mobilen HW - Schutzes [129]

7.4 Konservative notfallmäßige Hochwasserschutzsysteme

7.4.1 Einfache Tafelsysteme

Einfache Tafelsysteme sind Schalungsbretter, die mit in den Untergrund eingeschlagenen Armierungseisen aufgestellt und gehalten werden. Mit darüber gelegten Kunststofffolien, die mit Sandsäcken wasserseitig befestigt sind kann man ein notfallmäßiges Schutzsystem mit einer Schutzhöhe von kleiner 0,50 m errichten. Sie werden für den Einzelobjektschutz oder zur Strömungsumleitung verwendet.

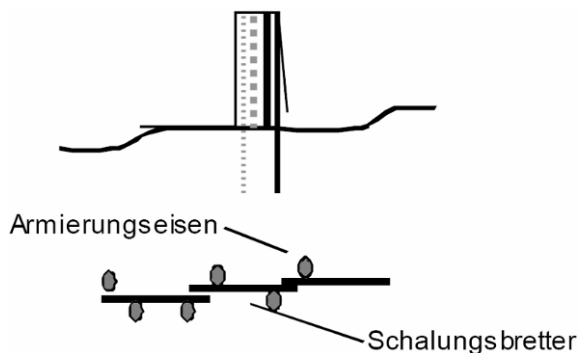


Abb. 113 Systemskizze Schalungsbretter mit Armierungseisen gehalten [130], Einsatz von Schalungsbretter gesichert mit Sandsäcken [131]

7.4.2 Betonkörper - Massesysteme

Betonelementsysteme werden hauptsächlich für den Linienschutz für Wildbäche und auch zur Verhinderung des Ausbrechens aus einem Gerinne zum Einsatz gebracht. Die Systemelemente sind rund 2m lang und besitzen das Aussehen einer Winkelstützmauer. Wie auch das einfache Tafelsystem, handelt es sich beim Massesystem um ein Behelfssystem. Die Lagerung solcher Betonteile erfolgt in Werkhöfen der Straßenverwaltung oder auf extra dafür errichteten Lagerplätzen entlang der Autobahnen. Die Masselemente müssen eine hohe Sicherheit gegen Kippen aufweisen und mit Vorrichtungen für das Verladen mit Hebemittel ausgerüstet sein.

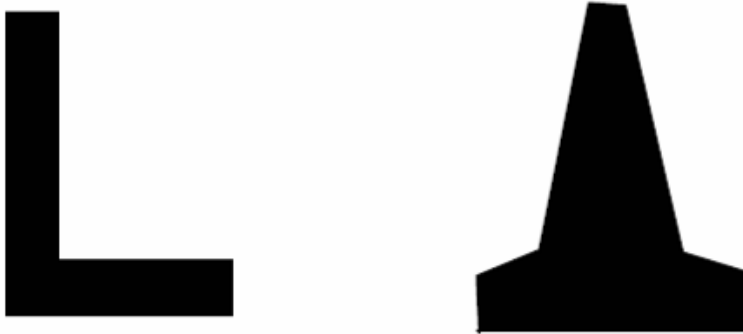


Abb. 114 Konstruktionsformen von Masseelementen [132]

Als Einsatzbereiche gelten:

- Wildbäche, bei denen das Ausbrechen von Hochwasser verhindert werden soll
- bei Bogenaußenseiten von Gewässer
- bei Brücken oder einsturzgefährdeten Ufermauern
- bei hoher Wellenbeanspruchung an Seen, dahinter erfolgt dann ein Überflutungsschutz z. B. mit einem Dammbalkensystem.

Linienschutz mit Hilfe eines Massesystems von 100m Länge und einer Stauhöhe von 1m

Transport	13 LKW
Betonelemente	50 à 2m Länge Stückgewicht ungefähr 1600kg
Hebemittel	2, z. B Bagger, Kran
Personal	4 Personen während einer Stunde Aufbau

Tab. 12 Aufwand zu Erstellung eines Linienschutzes mit Hilfe eines Massesystems [133]

Wenn ein entsprechendes Transportmittel zur Verfügung steht, können auch Betonklötze die Funktion der Schalungsbretter und Armierungseisen übernehmen.

Diese Nothilfesysteme kommen jedoch nur dann zum Einsatz, wenn keine andere Möglichkeit besteht.

7.4.3 Sandsäcke

Das gängigste in den letzten Jahrzehnten zum Einsatz gekommene notfallmäßige Hochwasserschutzsystem ist der Sandsack. Die für ihn verwendeten Materialien sind meist Jute aber nun auch immer wieder Kunststoffe (Polypropylen). Sie sind mit Sand befüllt und werden am Einsatzort zu einem Damm aufgestapelt. Durch ihr Eigengewicht entsteht eine annähernd dichte Wand. Die Dichtheit kann zudem mit zusätzlichen Kunststofffolien durch Ein- bzw. Darüberlegen erhöht werden.

Die Sandsäcke werden im Hochwasserfall einfach manuell dammartig aufgeschichtet. Um ihre Standsicherheit zu erhöhen, werden die Sandsäcke abwechselnd in Längs- bzw. Querrichtung gestapelt. Durch ein sorgfältiges Aufschichten kann eine Schutzhöhe von 1,0 m, bei sehr großem Aufwand auch bis zu 2,0 m erreicht werden.

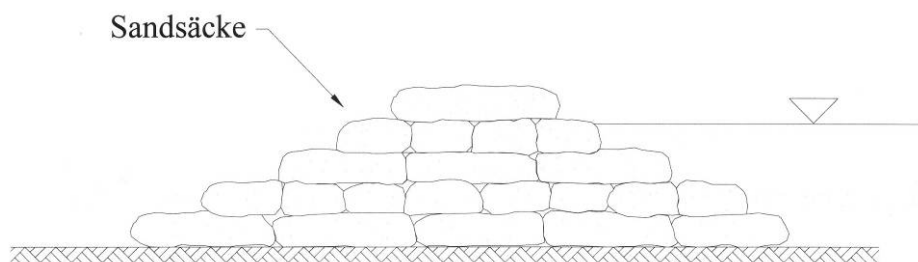


Abb. 115 Sandsackdamm [134]

Sandsäcke sind sehr flexibel einsetzbar. Sie werden ebenso bei dem örtlichen Objektschutz in kleinen Ausmaßen wie Toreinfahrten, Kellerfenster, Türöffnungen, aber auch als beliebig langer Schutzdamm zum Schutz größerer Bereiche, wie bei einem Gebäudekomplex oder ganzen Straßenzügen eingesetzt. Zusätzlich kann ein bestehender stationärer Hochwasserschutz wie Deiche, Dämme und Mauern durch Aufstockung mit Sandsäcken erhöht werden. Hier ist jedoch auf die Standsicherheit des stationären Schutzsystems zu achten.

Zudem können Sandsäcke auch, um das Versagen eines bestehenden Hochwasserschutzsystems zu vermeiden, verwendet werden:

- Zur Sicherung durchweicher Dämme und Deiche
- Aufschichten von Sandsäcken auf der luftseitigen Böschung, um Damm- bzw. Deichbruch zu verhindern
- Schließen von Damm- und Deichbrüchen nach Systemversagen



Abb. 116 Aufbau eines Sandsackwall [135], Graz – Andritz [136]

Sandsäcke werden auch gemeinsam mit nachfolgend beschriebenen Systemen verwendet. Über die Systeme werden zudem Kunststofffolien gelegt, die dann auf der Wasserseite durch Sandsäcke am Systemfuß beschwert werden.

Ein Hauptproblem bei der Verwendung von Sandsäcken ist - wie bereits erwähnt - die hohe Anzahl von erforderlichem Einsatzpersonal.

- Verfügbarkeit des Befüllungsmaterials
- Befüllen der Sandsäcke
- Aufbau des Schutzwalls

Die manuelle Befüllung kann durch spezielle Befüllungsmaschinen beschleunigt werden. Verwendete Sandsäcke sind z.B. wegen Kontamination (Öl, Beschädigung) selten wieder zu verwenden. Sie sind gegebenenfalls fachgerecht zu entsorgen.

7.4.4 Tandemsandsäcke

Tandemsäcke sind die Weiterentwicklung des Sandsackes. Sie bestehen aus zwei Polypropylen – Säcken, die mit einer zugfesten Kunststoffmembran miteinander verbunden sind. Durch den Verbund zweier Säcke, kann eine größere

Standesicherheit des Dammes erreicht werden. Er ist gleichzeitig auch Platz sparend, da hier die Säcke nur in der Sacklängsrichtung aufgeschichtet werden. Befüllt werden die Säcke manuell mit Sand. Manche Erzeuger bieten auch eine Befüllung mit Hochleistungsquellmittel an. Diese Mittel quellen bei Kontakt mit Wasser minutenschnell auf das Volumen einer Sandbefüllung an. Um die gefüllten Tandemsäcke tragen zu können, sind an der Außenhaut Tragegurte befestigt.

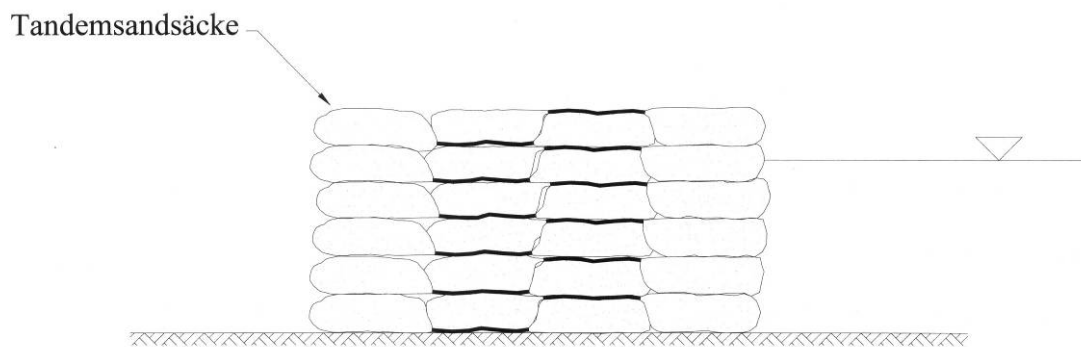


Abb. 117 Aufgestapelte Tandemsandsackwand [137]

Tandemsäcke können ohne zusätzliche Abstützung eine Höhe von maximal 2,0 m erreichen. Werden größere Schutzhöhe verlangt, kann dies durch eine rückwärtige Abstützung oder eine Verankerung ermöglicht werden.

Die Einsatzmöglichkeiten sind dieselben wie bei den Sandsäcken.



Abb. 118 Tandemsandsack leer, befüllt [138]

Bei der Befüllung von Tandemsandsäcken gibt es spezielle Vorrichtungen mit denen man bis zu 300 Tandemsandsäcke (600 Einzelsäcke) pro Stunde befüllen kann. Die Befüllung wird unter anderem mit Betonmischern vorgenommen.

7.5 Sandsackersatzsysteme

7.5.1 Stellwandsysteme

Mit dem Stellwandsystem können Hochwasserschutzlinien nahezu beliebig lang hergestellt werden. Durch spezielle Elemente können auch Richtungsänderungen in der Schutzlinie durchgeführt werden. Der Untergrund muss tragfähig und plan sein, damit die Systemstandsicherheit nicht beeinträchtigt wird. Der Einsatz von Stellwandsystemen bei weichen Böden ist daher nicht zu empfehlen.

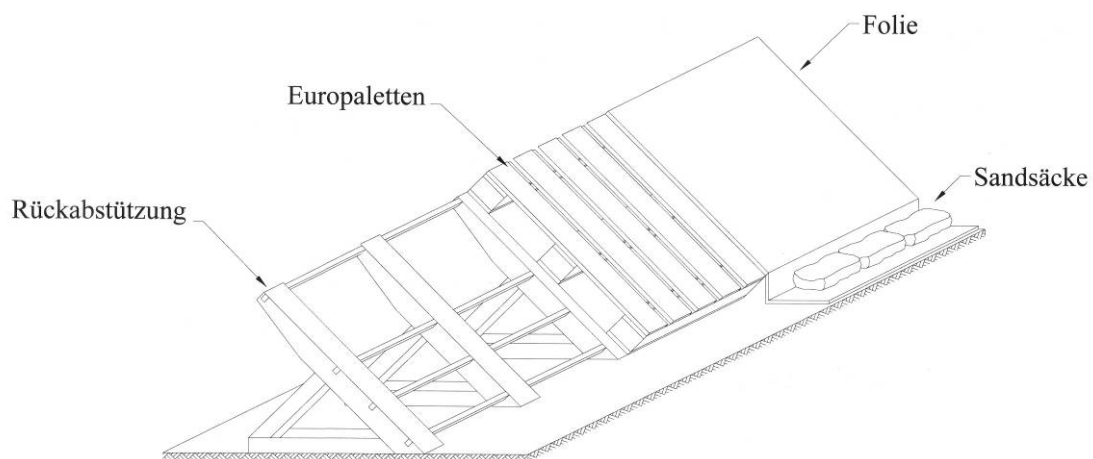


Abb. 119 Aufbau einer Stellwand mit Europaletten [139]



Abb. 120 Stellwandensystem mit Europaletten [140]



Abb. 121 Stellwandsystem mit Europaletten im Einsatzfall [141]

Stellwandsysteme setzen sich aus folgenden Konstruktionselementen zusammen:

- Stützenkonstruktion: Die Stützelemente (Klappstützen, Blockelemente) sind entweder aus Metall oder Kunststoff. Sie werden in 1,2 – 1,5 m Abstand zueinander aufgestellt. Die Sicherung gegen Schub erfolgt mittels Erdnägeln oder Ankerbolzen. Um die Standsicherheit gewährleisten zu können müssen die Elemente auf festem Untergrund, z.B. Pflaster oder Asphalt aufgestellt werden. Mittels Querstreben oder –stützen wird die Stützenkonstruktion zu einem Tragwerk verbunden. Auf dieses Tragwerk werden nun die Wandelemente und eine Dichtungsfolie befestigt. Die Folie wird wasserseitig am Systemfuß durch Sandsäcke gehalten.
- Wandelement: Als Wandelemente werden Stahl- oder Europaletten verwendet. Bei der Benützung von Europaletten kann eine Stauhöhe von 1,0 m erreicht werden. Durch einen Stützenkonstruktionsadapter kann die Stauhöhe mittels einer zweiten Palettenreihe auf maximal 1,80 m erhöht werden. Bei metallischen Wandelementen sind Stauhöhen von 1,5 – 3,0 m möglich.
- Dichtungsfolie: Die Dichtungsfolie wird immer wasserseitig angebracht und mit Sandsäcken am Untergrund fixiert.

Stellwandsysteme bei denen Europaletten verwendet werden, können bei stark wechselnden Höhendifferenzen durch ihre Einheitshöhe nicht sinnvoll einge-

setzt werden. Auch durch ihre Einheitsbreite sind sie im Einsatz eingeschränkt (unterschiedlich breite Toreinfahrten, Durchfahrten etc.). Hier werden vor allem metallische Wandelemente verwendet, die in unterschiedlichen Höhen und Breiten angefertigt werden können.

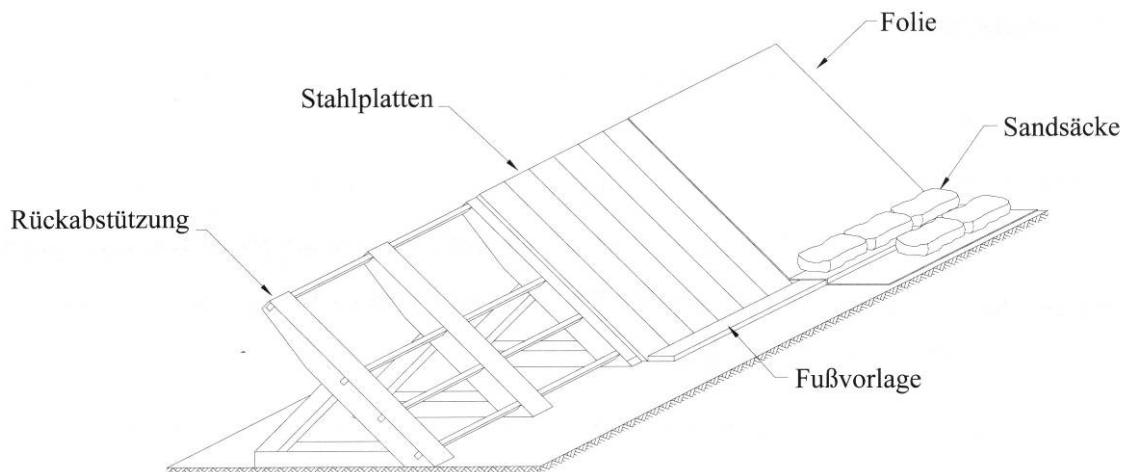


Abb. 122 Aufbau einer Stellwand mit metallischen Wandelementen [142]



Abb. 123 Stellwandsystem mit Dammbalken, keine Dichtfolie erforderlich [143]



Abb. 124 Stellwandsystem mit Metalltafeln, Dichtfolie erforderlich [144]

Der Anschluss dieser Schutzelemente an Bauwerke erfolgt mittels speziellen Wandanschlusselementen, oder es werden Sandsäcke verwendet um die Lücke zwischen Stellwandsystem und Bauwerk zu schließen. Diese Systemart eignet sich vor allem für den Objektschutz und als zweite Verteidigungslinie bei Versagen einer ersten Schutzlinie (Deich, Hochwasserschutzmauer). Oft wird sie auch als Schutzwand eingesetzt, wenn noch ein Hochwasserschutzsystem fehlt.

7.5.2 Winkelwand aus mehreren Systemelementen, Ekosystem Fa. Kossbiel - Traismauer

Die Winkelwand gehört ebenfalls zur Gruppe der Stellwandsysteme und ist als Ersatz für Sandsäcke gedacht. Sie besteht aus einer lotrechten Tafel, die mit einer waagrechten Tafel verbunden ist und dem Untergrund winkelförmig aufliegt. Der Winkel ist entweder starr ausgebildet oder die beiden Tafeln sind zusammen- oder aufklappbar miteinander verbunden und können mittels Schrägstützen verriegelt werden. Die Systemelemente werden manuell verlegt und sind daher nur für geringe Stauhöhen bis max. 1m einsetzbar. Die Winkelwand benötigt keinen Unterbau und wird direkt auf dem ebenen Untergrund aufgestellt. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die waagrechte Auflagertafel auf der Wasserseite angeordnet ist. Die Haftung am Untergrund ist durch Reibung gewährleistet.

Als Materialien kommt vor allem Metall, sowohl Stahl als auch Aluminium zum Einsatz.

Da es keine fixe Verbindung mit dem Untergrund gibt, ist besonders auf Anprall z.B. durch Verkehr zu achten. Ein Zurückschieben durch Baumaschinen in die Ausgangslage ist aber gegebenenfalls möglich. Dieses System kommt dort zum Einsatz, wo der Einsatzort von vornherein nicht bekannt ist.

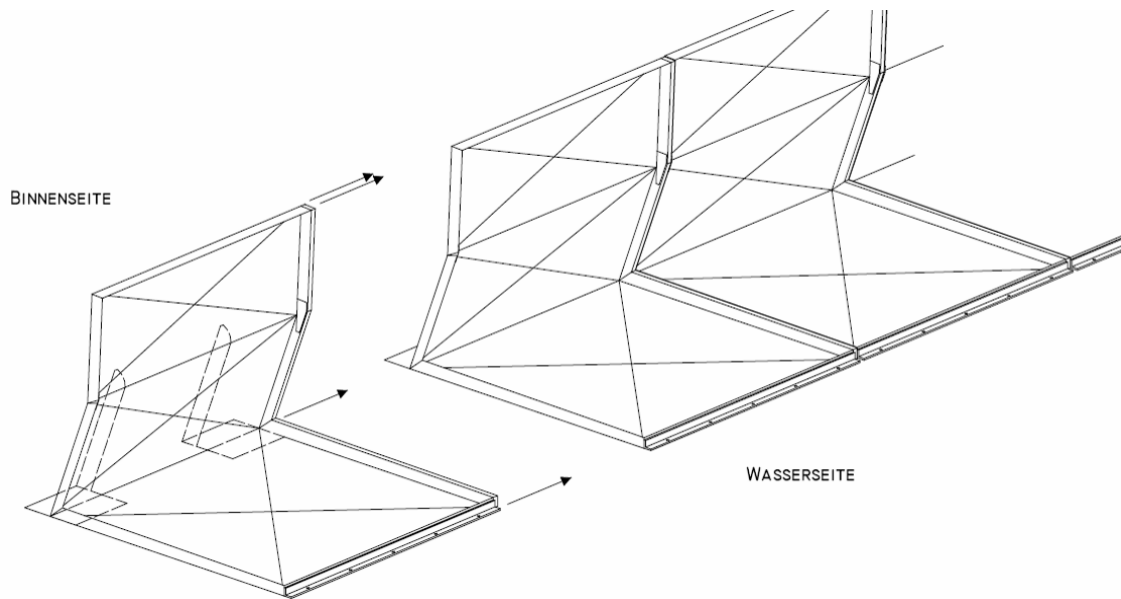


Abb. 125 Winkelwand Ekosystem. Fa. Kossbiel – Traismauer [145]

7.5.3 Dreieckswand aus mehreren Systemelementen, Fa. Stari - Gumopldskirchen

Für dieses Schutzsystem ist noch keine Ausführung bekannt, es existieren nur Prinzipskizzen. Es besteht aus zusammenfaltbaren Elementen, die als Basis eine wasserseitige Gehsteigkante und binnenseitig eine anschließend befestigte Aufstellfläche mit einer Mindestbreite gleich der Stauhöhe benötigen. Es soll ebenso wie die Winkelwand als Sandsackersatzsystem verwendet werden.

Die Standsicherheit des Systems wird durch die Wassersäule, die auf die Basis wirkt, und durch das Eigengewicht des Wandelementes gewährleistet.

Die Systemelemente können laut Anbieter aus bitumenbeschichteten Stahlblech, Aluminium, Stahl – Holz Verbund, Kunststoff etc. hergestellt werden und sind bis zu einer Stauhöhe von 3 m geeignet.

Die Herstellung der Schutzwand erfolgt vom LKW mit Ladekran und es werden rund 4 Arbeitskräfte benötigt. Auch hier ist - wie bei allem Stellwandssystemen - auf einen Anprallschutz zu achten, da es keine fixe Verbindung mit dem Untergrund gibt.

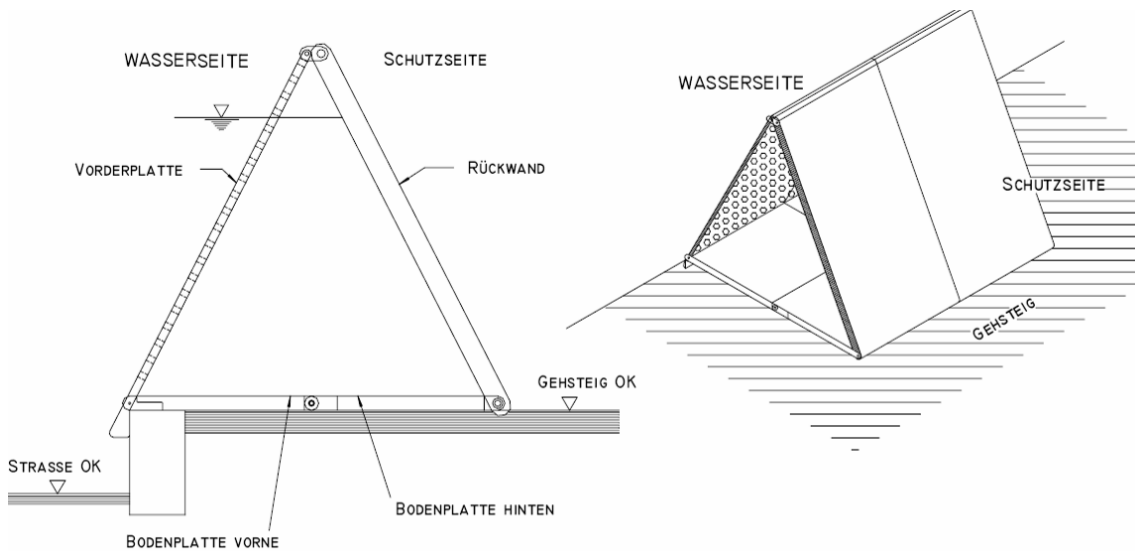


Abb. 126 Dreieckswand, Fa. Stari – Gumpoldskirchen [146]

7.5.4 Offene Behältersysteme

Offene Behältersysteme bestehen aus einem Stahlrahmen mit einer Außenhülle. Für die Außenhülle wird ein reißfestes Geotextil verwendet. Derzeit sind offene Behältersysteme in einer Höhe von 1,0 m, 2,0 m, 3,0 m erhältlich. Befüllt werden diese Behältersysteme entweder mit Kies, Sand oder Erde. Es gab zudem eine offene Behältervariante die mit Wasser befüllt wurde. Diese hat sich jedoch in der Praxis nicht bewährt hat. Zur Befüllung der derzeit verwendeten Behältersysteme werden die gängigen Erdbaugeräte verwendet.

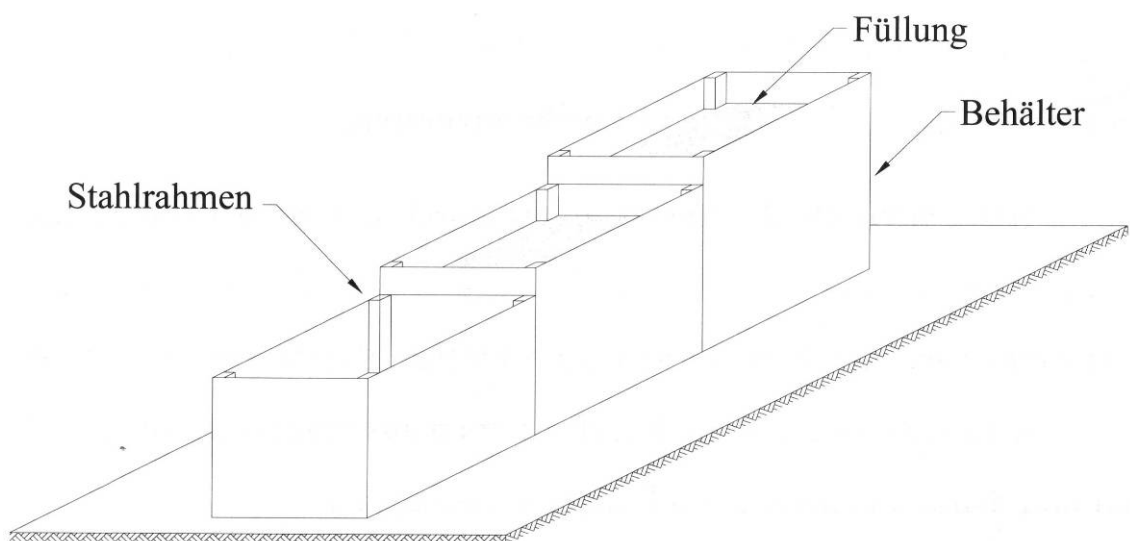


Abb. 127 Offenes Behältersystem [147]

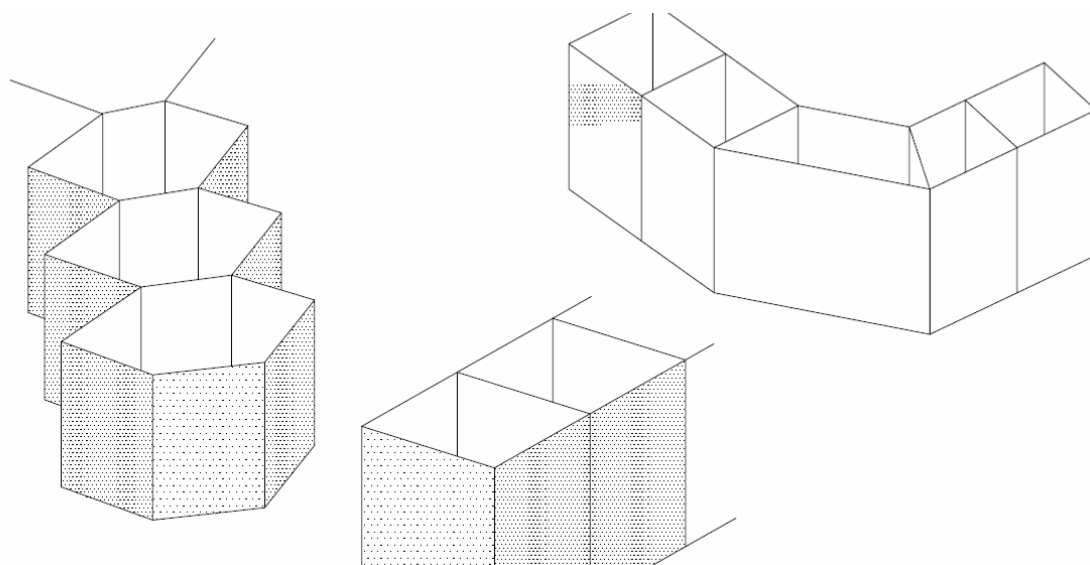


Abb. 128 Behältersystemformen [148]



Abb. 129 Offenes Behältersystem [149]

Aus diesem System können mannigfaltig lange Schutzlinien errichtet werden. Da durch den Anpressdruck der einzelnen Behälter untereinander in der Stoßfuge Dichtheit erreicht wird, kann von zusätzlichen Dichtungsfolien absehen werden.

Der Bau der Schutzwand erfolgt mit Hebewerkzeugen, daher sind an den Behältern an allen Ecken Kranösen angebracht. Die Entleerung erfolgt durch Aufschneiden der Außenhülle. Um den Behälter wiedereinsetzen zu können, wird die Hülle durch ein Vlies ausgewechselt.

Richtungsänderungen können mit entsprechender Längs- oder Querordnung der Behälter überwunden werden.

7.5.5 Klappsystem, Sonderform des offenen Behälters

Eine Sonderform der offenen Behälter ist das Klappsystem. Hier handelt es sich um einen Behälter der um 90° gegen den Wasserdruck gekippt ist. Das System besteht aus einer starken, außermittig gefalteten Kunststoffplane. Ihre längere Seite wird auf den Untergrund gelegt und durch das anströmende Wasser stellt sich die kürzere Seite dieses Systems automatisch auf. Systeme existieren mit Stauhöhen von 0,38 m, 0,53 m, 0,71 m und 1,98 m. Sie werden hauptsächlich als Sperren frontal zur Wasserströmung eingesetzt.

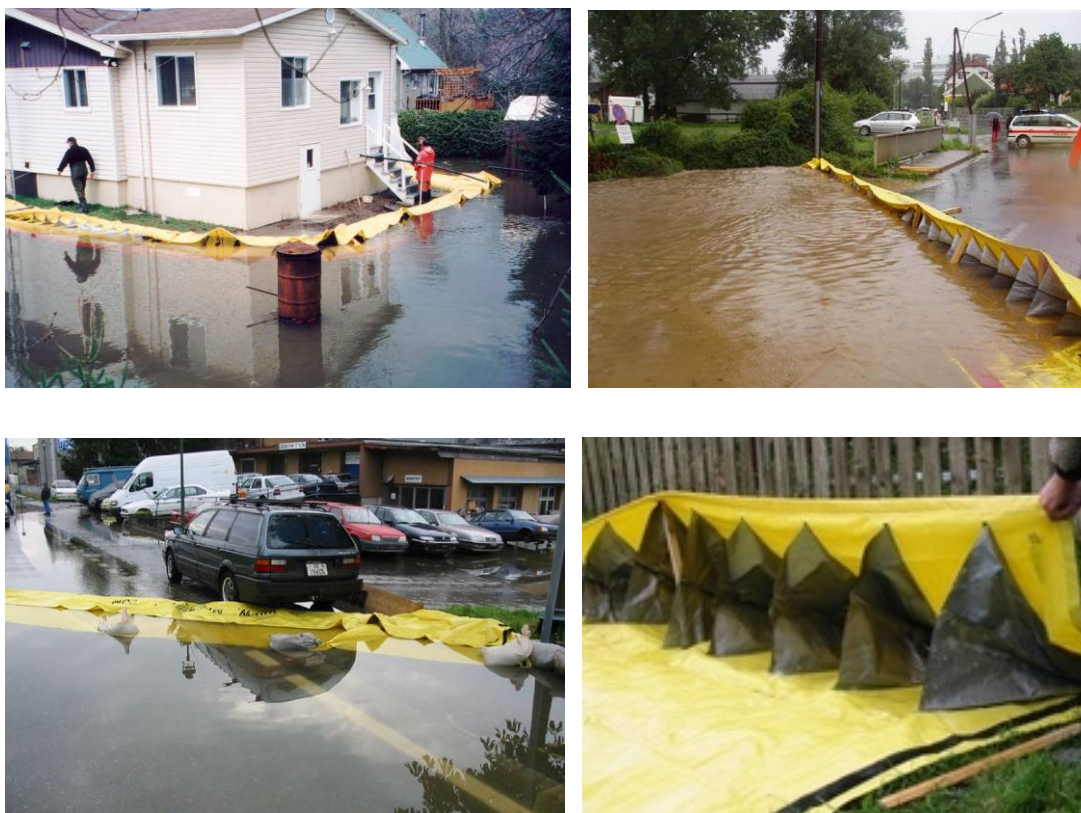


Abb. 130 Klappsystem [150], [151]

7.5.6 Geschlossenes Behältersystem

Dieses mobile Hochwasserschutzsystem ist in Schlauch- und Trapezform erhältlich. Als Material wird beschichtetes Polyester verwendet, wobei die Befüllung nur mittels Wasser erfolgt.

Das geschlossene Behältersystem wird zusammengefaltet bzw. gerollt geliefert und muss dann am Einsatzort entfaltet oder ausgerollt werden. Danach wird

das Behältersystem mit Druckluft aufgeblasen. Daher ist für ein Gebläse vor Ort zu sorgen. Die einzelnen aufgeblasenen Elemente werden manuell (geringes Eigengewicht) mittels Manschetten dicht zu einem Schutzdamm verbunden. Nach der Errichtung des Dammes wird das System nun bei gleichzeitiger Entlüftung mit Wasser über z.B. mobile Pumpen oder mit einem Feuerwehrschauch befüllt.

Schlauchform:

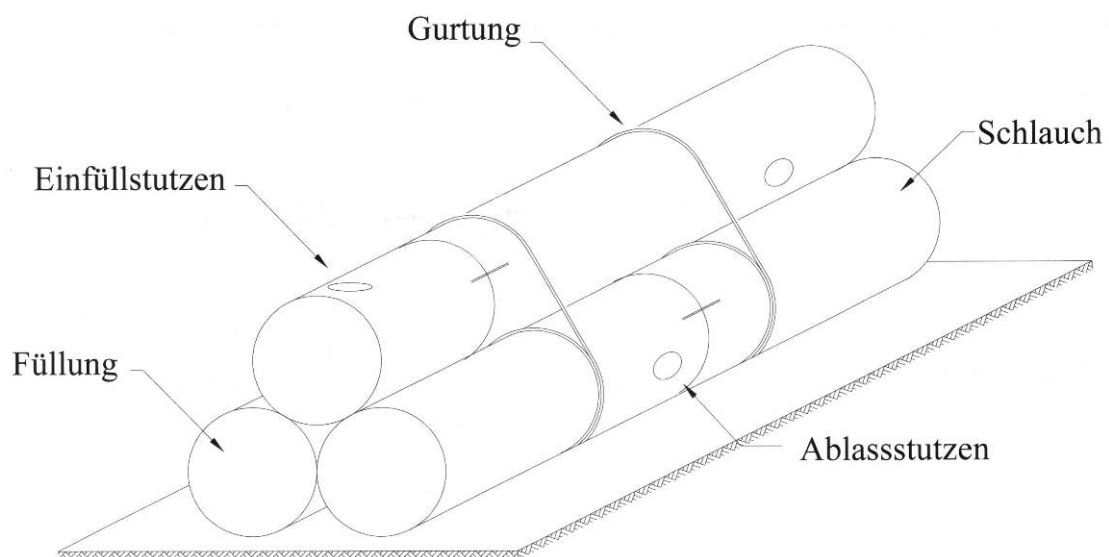


Abb. 131 Aufbau eines Schlauchsystem [152]



Abb. 132 Geschlossenes Behältersystem, schlauchförmig [153]



Abb. 133 Geschlossener Behälter [154]

Sind Stauhöhen über einen halben Meter erforderlich, werden zwei Schläuche nebeneinander verlegt, ansonsten würde der erste Schlauch durch den Wasserdruck wegrollen. Entweder sind die Schläuche bereits fest miteinander verbunden, oder sie müssen durch Gurte miteinander verbunden werden. Man kann mit dieser Systemart Stauhöhen zwischen 0,22 m und 1,20 m erreichen. Die Stauhöhe kann zudem durch Verwendung eines dritten Schlauches weiter erhöht werden. Der unterste Schlauch wird mittels Erdnägeln gesichert.

Trapezform:

Behälter in Trapezform werden in den Stauhöhen von 1,05 und 1,35 m angeboten. Durch mehrere Innenkammern wird Stabilität gesichert.

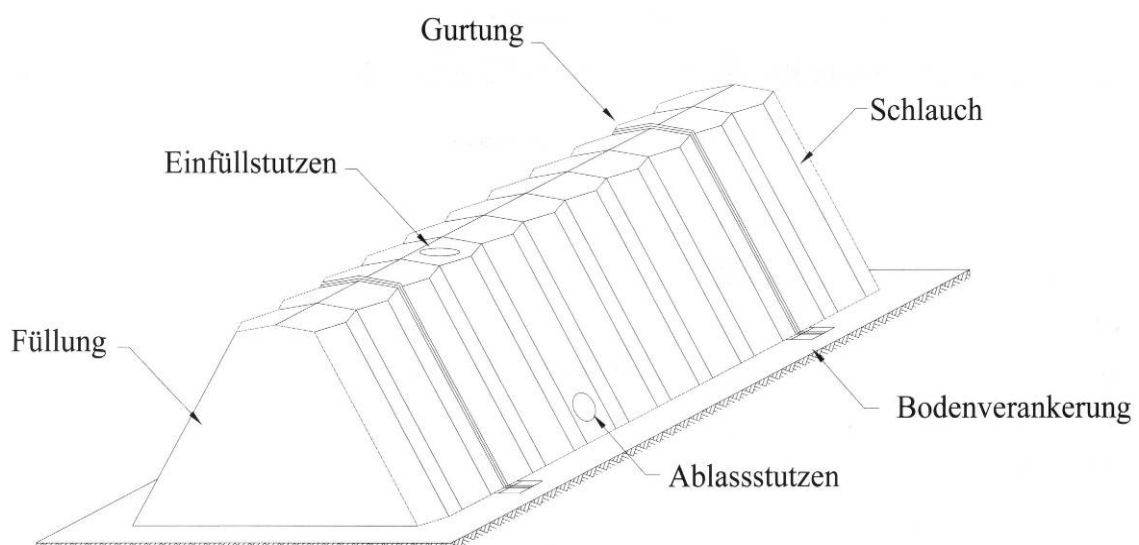


Abb. 134 Aufbau eines Trapezsystem [155]



Abb. 135 Trapezförmig geschlossenes Behältersystem [156]



Abb. 136 Geschlossenes Behältersystem im Hochwassereinsatz [157]



Abb. 137 Arbeitsschritte für den Aufbau bzw. Entleerung eines geschlossenen Behältersystems Trapezform [158]

Durch ihre flexiblen Wände können sowohl Schlauch- als auch Trapezbehältersysteme beinahe überall verwendet werden. Sie passen sich im Gegensatz zu den Stellwandsystemen topographischen Gegebenheiten sehr gut an und können auch bei weichen Böden eingesetzt werden. Es ist zudem möglich eine beliebig lange Schutzwand herzustellen. Richtungsänderungen kann man bei Schlauchsystemen durch Abknicken des Schlauches, bei Trapezsystemen durch Eckelemente erreichen.

Durch ihre Außenhülle dichten sie Anschlüsse zu Bauwerken gut ab, und kommen daher auch bei Treppenabgängen, Toreinfahrten zum Einsatz.

Probleme kann ihr Einsatz bei Frost mit sich bringen. Da die Wasserfüllung gefrieren kann. Eis ist leichter als Wasser, und Wasser dehnt sich beim Gefrieren aus, diese Eigenschaften können die Standsicherheit beeinflussen bzw. zum Reißen der Außenhülle führen.

Behältersysteme, ob offen oder geschlossen, eignen sich vor allem als Objektschutz, für eine zweite Verteidigungslinie, aber auch als erste Schutzlinie bei einem fehlenden stationären Schutz. Bei glatten Oberflächen ist bei allen Behältersystemen eine Bodenverankerung notwendig, um ein Abgleiten zu verhindern.

7.5.7 Erdwälle

Wenn sich entsprechende Baumaschinen und entsprechendes Material am Einsatzort befindet oder schnell und einfach zum Einsatzort gebracht werden kann, ist es sinnvoll einen Erdwall bzw. einen Erddeich als Sofortmaßnahme zu errichten. Diese „Notlösung“ ist deshalb den Sandsacksystemen vorzuziehen, da hier in kurzer Zeit, durch den Einsatz von Baumaschinen größere Massen bewegt werden können als mit einzelnen Sandsäcken. Bei höheren Erdwällen kann jedoch die Gefahr bestehen, dass sie den Wassermassen bei einem Hochwasserereignis nicht standhalten. Bei Überströmung des Erdwalls oder auch bei der Durchströmung mit Grundbruch kommt es zumeist zu einem vollständigen Systemzusammenbruch. Im Gegensatz dazu tritt dies bei Sandsackkonstruktionen äußerst selten ein. Um den Wellenschlag und den Aufprall von Treibgut gering zu halten wird auf der Wasserseite des Erdwalls durch das Auflegen von Kunststofffolien, Geotextilien oder ähnlichem ein zusätzlicher Schutz hergestellt. Erdwälle sind auch für Stauhöhen über 3 m geeignet.

Allgemein werden bei diesem Hochwasserschutzsystem keinerlei Anforderungen an den Untergrund und auch nur geringe Anforderungen an das Erdmaterial gestellt.

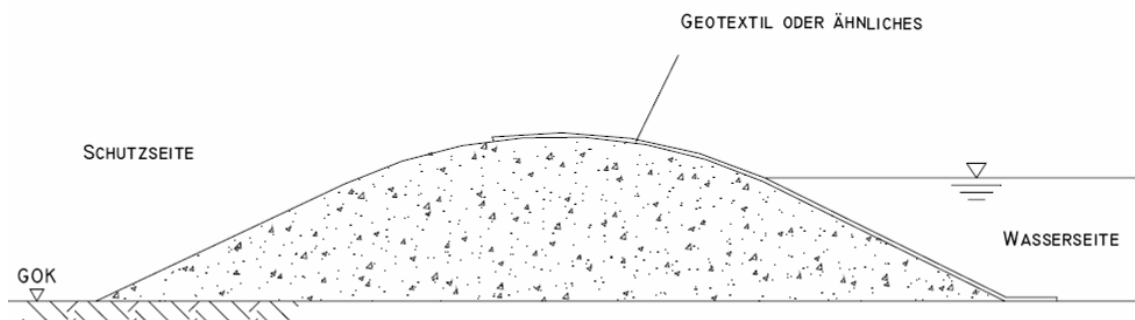


Abb. 138 Darstellung eines Erdwallaufbaus [159]

Systemart	max. Stauhöhe	Personenbedarf je 100m/h*	Anschaffungskosten €/m*
Sandsacksystem	2,0 m	20 – 30 Personen	15 + Sandkosten
Tafelsysteme	0,5 m	4 – 8 Personen	40
Stellwandsystem	1,6 m	4 Personen	200 – 450
Offene Behältersystem	1,5 m	4 – 8 Personen	300 – 400 + Füllmaterial
Geschlossener Behältersystem	2,0 m	4 – 8 Personen	450 – 550

* bezogen auf eine Systemhöhe von 0,5 m

Tab. 13 Max. Stauhöhen, Personalbedarf und Anschaffungskosten notfallmäßiger Hochwasserschutzsysteme [160]

7.5.8 Conclusio

Zusammenfassend ist festzustellen, dass Systeme des notfallmäßigen Hochwasserschutzes nur für kleine Schutzhöhen verwendet werden sollten. Bei der Anschaffung eines der vorgenannten Systeme ist nicht nur auf die Anschaffungskosten zu achten, sondern sind auch die Kosten für die Lagerung, das Befüllungsmaterial, die Reinigung, den Transport und die Kosten für das benötigte Personal zu kalkulieren. Diese sind sehr von den örtlichen Gegebenheiten abhängig. Zusätzlich sind je nach System 2 - 5 % der Anschaffungskosten für etwaige Hilfsmittel zu bemessen.

7.6 Standsicherheitsnachweise am notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen

Hersteller von notfallmäßigen Hochwasserschutzsystemen sollten für ihre Systeme nachweisen können, dass sie

- den Einwirkung des Hochwassers,
- hydrostatischen Einwirkungen,
- dynamische Einwirkungen,
- Wellendruck bei stehender Welle und
- der Personenlast

für einen geplanten notfallmäßigen Einsatz standhalten. Ein Formular für den Standsicherheitsnachweis sollte daher für alle Hersteller gleich sein. Dadurch wäre ein Systemvergleich einfacher.

Für den notfallmäßigen Einsatz, bzw. den Katastropheneinsatz sollte daher immer der Rat von erfahrenen Hochwasserschutzexperten herangezogen werden.

7.6.1 Notfallmäßiger Einsatz

Beim notfallmäßigen Einsatz von mobilen Hochwasserschutzsystemen bei einer Stauhöhe bis 0,60 m sind folgende Nachweise vom Systemhersteller zu erbringen:

- Nachweis der Tragfähigkeit des Systems bei hydrostatischer Belastung und bei Windeinwirkung
- Nachweis gegen Kippen in Bezug auf eine waagrechte und geneigte Aufstandfläche
- Nachweis der Gleitsicherheit auf waagrechte und geneigte Aufstandfläche bei trockenem, nassem, vereistem oder schneebedecktem Untergrund, auf Bitumen oder Grasoberfläche

7.6.2 Geplanter notfallmäßiger Einsatz

Beim geplanten notfallmäßigen Einsatz von mobilen Hochwasserschutzsystemen bei einer Stauhöhe von 1,20 m und mehr sind folgende Nachweise vom Systemhersteller zu erbringen:

- Nachweis der Tragfähigkeit des Systems bei hydrostatischer und hydrodynamischer Belastung, bei Einwirkung durch Aufprall von Treibgut oder Geschiebe, bei Wellenschlag, bei Systembelastung durch Personen und bei Windeinwirkung
- Nachweis gegen Kippen in Bezug auf eine waagrechte und geneigte Aufstandfläche

- Nachweis der Gleitsicherheit auf waagrechte und geneigte Aufstandfläche bei trockenem, nassem, vereistem oder schneebedecktem Untergrund, auf Bitumen oder Grasoberfläche
- Nachweis der Tragfähigkeit bei Ausfall eines mobilen Systemelements

7.7 Lastannahmen am System

7.7.1 Hydrostatische Last

Die Berechnung des hydrostatischen Drucks erfolgt nach der Formel

$$P_s = H \cdot \rho \cdot g \text{ [kN/m}^2\text{]},$$

wobei die Dichte ρ wie folgt anzusetzen ist:

- Seen: 1,0 t/m³
- hochwasserführenden Flüssen: 1,1 t/m³
- hochwasserführenden Wildbächen: 1,3 t/m³

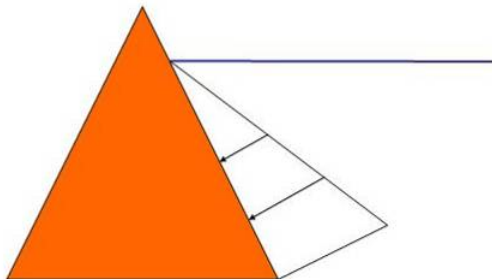


Abb. 139 Hydrostatischer Wasserdruck [161]

7.7.2 Hydrodynamische Last

Die hydrodynamische Einwirkung setzt sich folgendermaßen zusammen:

$$P_d = \rho \cdot (v \cdot \sin \alpha)^2 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Durch den Anströmwinkel α wird die Anströmung zum System bewertet.

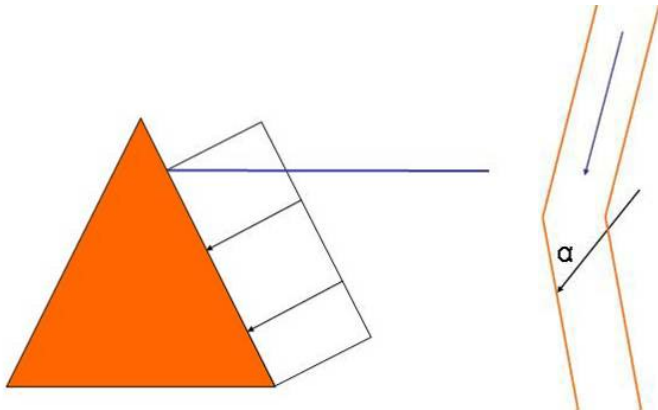


Abb. 140 Hydrodynamische Einwirkung mit Anströmwinkel α [162]

7.7.3 Wellendruck für stehende Wellen

Werden mobile Systeme bei Seen verwendet ist auch der Wellendruck einzubeziehen. Es ist mit einer Wellenersatzlast von 20kN/m zu rechnen. Angriffspunkt ist die halbe Höhe der Wassertiefe.

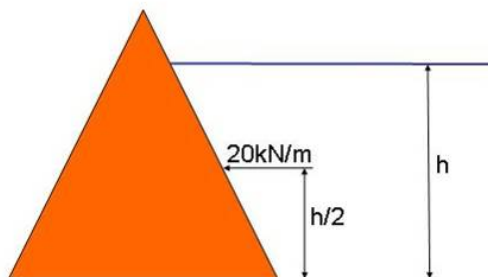


Abb. 141 Ersatzlastannahmen bei Wellendruck [163]

7.7.4 Personenlast

Um die Zug- und Drückkräfte durch Personen auf der Oberkante des Systems zu berücksichtigen, ist eine waagrecht wirkende Gleichlast von 0,5kN/m an der Wandoberkante anzusetzen.

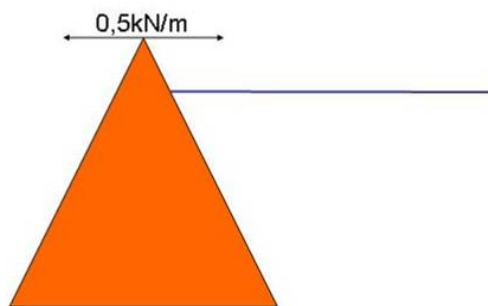


Abb. 142 Gleichlastannahmen bei Personeneinwirkung [164]

Ein minimales Freibord von 0,20 m ist in jedem Fall mit einzuberechnen, bei Wellenschlag und Kurvenüberhöhung ist das Freibord mit 0,50 m anzunehmen.

7.8 Schadensbilder des notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystems beim Systemeinsatz

7.8.1 Systemversagen

- Gleiten kann bei glattem Untergrund zu einem Systemversagen führen.

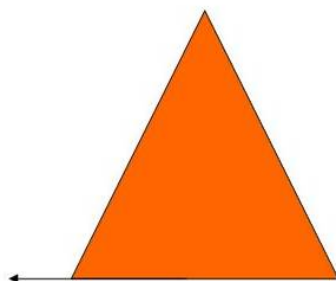


Abb. 143 Gleiten [165]

- Kippen kommt vor allem bei geneigten Untergrund und dynamischer Beanspruchung vor.

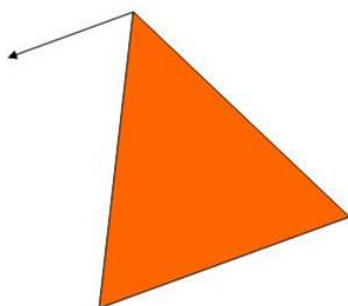


Abb. 144 Kippen [166]

- Zu einem Stabilitätsversagen, führt meist ein fehlerhafter Systemaufbau.

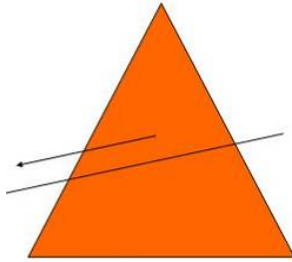


Abb. 145 Stabilitätsversagen [167]

- Undichtheit entsteht meist auch durch einen fehlerhaften Systemaufbau.

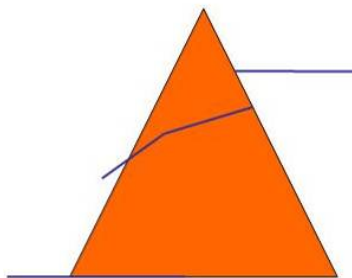


Abb. 146 Undichtheit [168]

7.8.2 Überströmen

Wenn es bei einem Hochwasserereignis zu einem Überströmen der mobilen Hochwasserschutzanlage kommt, sollte es zu keinem plötzlichen Systemversagen kommen.

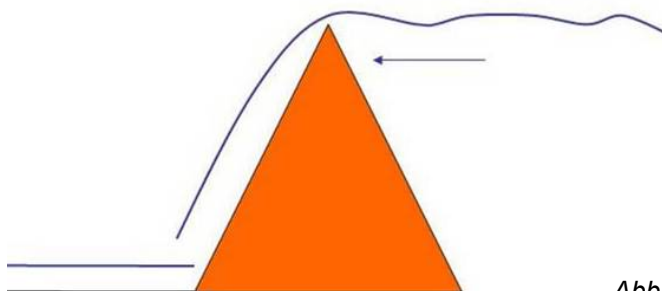


Abb. 147 Überströmen [169]

7.8.3 Rückstau, Grund- und Qualmwasser

Ein Einstau durch unterirdischen Ausfluss ist vor allem beim Einsatz in Talniederungen großer Flüsse und auch beim Seeuferschutz (langer Einstau, flaches Gelände) möglich. Eine derartige Wasserzufuhr erfolgt unter anderem durch einen Kanalrückstau, Qualmwasseraufstieg im unmittelbaren Bereich der Schutzanlage, bei durchlässigen Böden oder durch Grundwasseraufstieg.

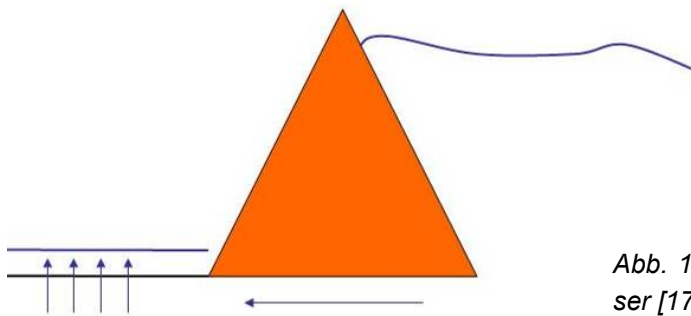


Abb. 148 Rückstau, Qualm- und Grundwasser [170]

7.9 Einsatzszenarien bei Hochwasser und Oberflächenwasser beim notfallmäßigen Hochwassereinsatz

7.9.1 Strömunglenkung und das Ableiten des Hochwassers bei Hanglage

Das Szenario „Strömunglenkung und Ableiten des Hochwassers bei Hanglage“ kommt im Gebirge, aber auch in flachen Tälern vor. In Ortslagen wird es vor allem bei Hochwasser, Kanalüberlastung und Oberflächenwasser eingesetzt. Es wird hier durch das gewählte System der Abfluss zum nächsten Vorfluter gewährleistet.

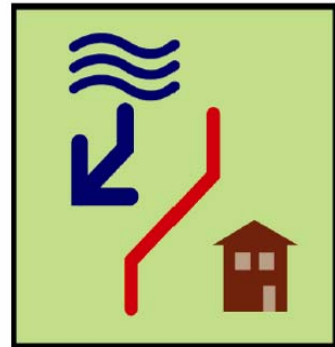


Abb. 149 Strömungsumlenkung bzw. Ableiten des Hochwassers [171]

Gefährdungsbild:

- Hydrostatischer und hydrodynamischer Wasserdruck
- Fließgeschwindigkeiten von 0,5 – 3,0 m/s
- Dichte des Wasser / Sedimente Verhältnis ca. 1,1 t/m³
- Überhöhungen im Außenbogen von Kurven ist zu berücksichtigen

Systemanforderungen:

- Flexibilität gegenüber Bodenunebenheiten
- Neigungen
- Höhengsprünge (Randstein etc.)
- Änderungen der Linienführung
- Krümmungen in der Linienführung
- Einwirkungen erfolgen parallel bis angewinkelt
- Fließtiefen sind gering

7.9.2 Ringschutz bei einer Muldenlage



Abb. 150 Ringschutz bei einer Muldenlage [172]

Dieses Szenario kommt vor allem bei weiten Flusstälern und in Muldenlagen zum Einsatz. Dabei wird das Objekt ring- oder auch kreisförmig geschützt. Bei dieser Variante können Sickerwässer zwischen dem System und der Aufstandsfläche, Grundwasser oder Qualmwasser auftreten. Diese werden gefasst und mittels mobiler Pumpen abgeleitet. Fällt diese Binnenentwässerung bei länger andauerndem Einstau aus, versagt der Objektschutz.

Gefährdungsbild:

- Hauptsächlich hydrostatischer Druck
- Geringe Fließgeschwindigkeit $v = 0,5 - 1,1 \text{ m/s}$
- Dichte des Wasser / Sedimente Verhältnis ca. $1,1 \text{ t/m}^3$
- Wellenschlag ist bei großen Wasserflächen zu berücksichtigen
- Gefahr eines statischen oder hydraulischen Grundbruch ist zu prüfen

Systemanforderungen:

- Ringförmiger Aufbau muss möglich sein
- Dichte Verbindung mit dem Untergrund

7.9.3 Sperren von Abflüssen auf Straßen



Abb. 151 Sperren von Abflüssen auf Straßen [173]

Dieser Einsatzfall tritt in städtischen und auch ländlichen Gegenden auf. Durch dieses System wird eine Absperrung quer zur Straße erreicht.

Gefährdungsbild:

- Hydrostatischer und hydrodynamischer Wasserdruck
- Geringe Fließgeschwindigkeit $v = 0,5 - 3,0 \text{ m/s}$
- Dichte des Wasser / Sedimente Verhältnis ca. $1,1 \text{ t/m}^3$

Systemanforderungen:

- Wasserdichter Anschluss an seitlichen Auflagern
- Große Flexibilität an Systemlänge und Linienführung
- Hohe Widerstandsfähigkeit des Systems gegen Vandalismus, vor allem in städtischen Bereichen
- In Gebirgsräumen ist der Anprall von Geschiebe, Treibgut zur beachten

7.9.4 Linienschutz an Seen



Abb. 152 Linienschutz bei großen Flächengewässern Seen [174]

Der Linienschutz kann bei allen natürlichen Seen zum Einsatz kommen. Die Schutzlinie wird hier entlang des Seeufers gezogen.

Gefährdungsbild:

- Hydrostatischer Wasserdruck
- Fließgeschwindigkeit $v < 0,5$ m/s, somit vernachlässigbar
- Wasserdichte ist $1,0$ t/m³
- Große Belastungen sind aus dem Wellenschlag zu erwarten
- Ebenfalls ist die Gefahr des statischen und hydraulischen Grundbruches zu untersuchen

Systemanforderungen:

- Dichtheit gegenüber verschiedene Geländebeschaffenheiten und Niveauunterschiede
- Binnenwasser, wie Leck-, Grund-, Qualmwasser oder ein Rückstau in der Kanalisation, ist durch mobile Pumpen in den Seen zurückzuführen.
- Auch hier besteht ein hohes Vandalismusrisiko durch Außenstehende

7.9.5 Linienschutz bei Fließgewässern mit einem geringen bis mittleren Gefälle < 3%



Abb. 153 Linienschutz bei Fließgewässern mit einem geringen bis mittleren Gefälle [175]

Der Linienschutz bei Fließgewässern mit einem geringen bis mittleren Gefälle kleiner 3% wird hauptsächlich zum Schutz von Siedlungsräumen bei Bächen, Flüssen und Strömen in Talniederungen angewendet.

Gefährdungsbild:

- Hydrostatischer und hydrodynamischer Wasserdruck
- Anströmung parallel zur Uferlinie, das heißt parallel zur Schutzlinie
- Geringe Fließgeschwindigkeit $v = 0,5 - 3,0$ m/s
- Dichte des Wassers / Sedimente Verhältnis ca. $1,1$ t/m³
- Treibholzanprall (Auftrittswinkel ca. 45°) muss berücksichtigt werden
- Wellenschlag ist bei weiten Flusstälern zu beachten

Systemanforderungen:

- Dichtheit des Systems über längere Bereiche mit der Berücksichtigung verschiedener Niveauunterschiede und unterschiedliche Geländebeschaffenheiten
- die Aufstellrichtung der Schutzlinie zur Strömung ist maßgebend für die Kraftgrößen – parallel zur Strömung kleinere Kräfte, gegen die Strömung größere Kräfte
- im Gegensatz zu dem „Ableiten von Hangwasser“ sind hier Fließtiefen von mehreren Metern Höhen möglich
- Linienschutz muss innerhalb weniger Stunden (Vorwarnzeit) einseitig oder doppelseitig aufgebaut werden können

7.9.6 Linienschutz bei Fließgewässern mit großem Gefälle > 3% (Wildbäche)

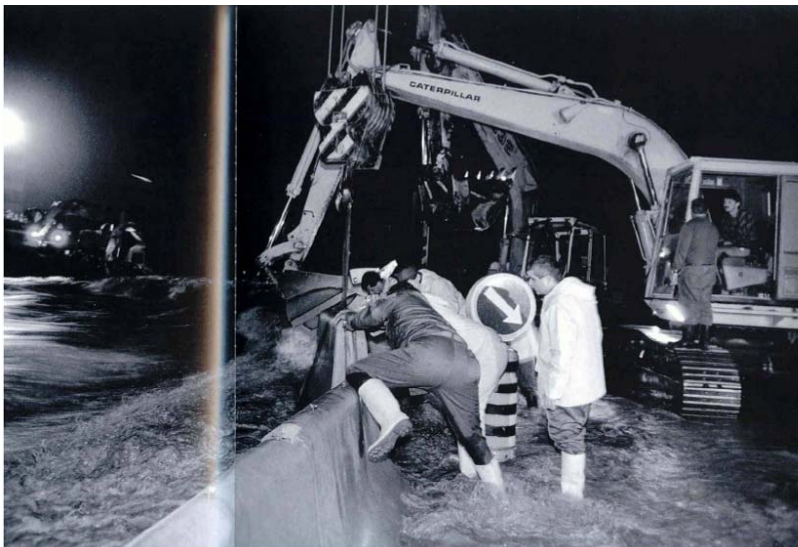


Abb. 154 Linienschutz bei Fließgewässern mit großen Gefälle [176]

Das Szenario „Linienschutz bei Fließgewässern mit großem Gefälle über 3%“ kommt vor allem an Bächen und Flüssen im Mittel- und Hochgebirge vor. Die Belastungen, die bei diesem Szenario auftreten sind wesentlich größer als beim Linienschutz bei Fließgewässern mit kleinen bzw. mittleren Gefälle.

Gefährdungsbild:

- Hydrostatische und hohe hydrodynamische Belastungen

- Große Anströmgeschwindigkeiten $v > 3 \text{ m/s}$
- Dichte des Wasser - Sedimente - Verhältnis ist über $1,3 \text{ t/m}^3$
- Treibgut und Geschiebebetrieb sind in großem Ausmaß möglich (Anströmwinkel 45°)
- Bei schießendem Abfluss sind stehende Wellen möglich, wobei dieser Effekt große Auswirkungen auf die Festlegung der Schutzhöhen hat

Systemanforderungen:

- Stellt im Vergleich zu den anderen Szenarien die härtesten Anforderungen an das mobile Hochwasserschutzsystem
- Systemaufbau muss in kürzester Zeit von statten gehen, da es hier so gut wie keine Vorwarnzeit gibt
- Es ist nicht die Dichtheit des Systems entscheidend, sondern die Fähigkeit des Systems den dynamischen Belastungen wie Wellen, Treibgut, Geschiebe und sonstiger Schwimmkörper bis zum Ende des Hochwassers standzuhalten.

7.9.7 Stauen von Fließgewässern



Abb. 155 Stauen von Fließgewässer [177]

Das Stauen von Fließgewässern bezieht sich nicht primär auf ein Hochwasserereignis. Ziel ist hier ein Aufstau eines Fließgewässers an einer definierten Stelle. Dadurch lassen sich Gewässerverunreinigungen mit Öl oder andere wasser-

gefährdeten Flüssigkeiten gut beseitigen. Dieses Einsatzszenario kann aber auch dem Zweck der Fischerei oder des Wasserbaus dienen.

Gefährdungsbild:

- Hydrostatischer und hydrodynamischer Wasserdruck
- Anströmung erfolgt frontal mit einer Fließgeschwindigkeit von $v = 0,5 - 2,0 \text{ m/s}$
- Wasserdichte ist mit $1,0 \text{ t/m}^3$ anzusetzen

Systemanforderungen:

- Das mobile Schutzsystem muss bei strömendem Abfluss aufgebaut werden können
- Es muss eine weitgehende Dichtheit bei den seitlichen Auflagern gesichert sein

7.9.8 Rückhalt von Flüssigkeiten



Abb. 156 Rückhalt von Flüssigkeiten [178]

Prinzipiell ist das Szenario „Rückhalt von Flüssigkeiten mit dem vorher genannten Ringschutz vergleichbar. Der Unterschied dazu liegt jedoch darin, dass nun der Wasserdruck vom Kreisinneren wirkt. Diese Anwendung kommt häufig - vom Baubereich über den Feuerwehrbereich bis hin zur Landwirtschaft und zum einfachen Schwimmbecken - zum Einsatz.

Gefährdungsbild:

- Hydrostatischer Wasserdruck
- Anströmung ist abhängig von der Art des Zuflusses und dessen Richtung
- Wasserdichte hängt von der Art und der Menge der Schwebstoffe ab
- Gefahr des statischen und hydraulischen Grundbruch ist zu prüfen

7.9.9 Systemeignung nach Einsatzszenarien

Szenarien	Systeme	Sacksack	Tandem-Sacksack	einfache Tafel	Betonkörper Massesystem	Geschlossener Behälter Luftfüllung	Geschlossene Behälter Wasserfüllung	offener Behälter Sandfüllung	Klappsystem	Stellwandsystem
		Ableiten bei Hanglage	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Red	Red
Ringschutz in einer Mulde	Green	Green	Red	Red	Green	Green	Green	Orange	Green	
Sperren von Abflüssen auf Straßen	Green	Green	Green	Orange	Green	Green	Green	Green	Green	
Linienschutz an Seen	Orange	Orange	Red	Red	Green	Green	Green	Orange	Green	
Linienschutz Fluss	Orange	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Orange	Green	
Linienschutz Wildbach	Orange	Orange	Orange	Green	Orange	Orange	Orange	Red	Orange	
Stauen von Fließgewässern	Orange	Orange	Red	Orange	Red	Red	Orange	Green	Green	
Rückhalt von Flüssigkeiten	Orange	Orange	Red	Red	Green	Green	Orange	Orange	Orange	

System für Szenario geeignet

System für Szenario mit Einschränkungen geeignet

System für Szenario ungeeignet

Tab. 14 Systemeignung nach notfallmäßigen Einsatzszenarien [179]

8. Alarm- und Einsatzplanung

In einem Alarmplan werden Hochwasserfälle zusammengefasst und durchgeplant, sodass sie alarmmäßig abgerufen werden können und ohne zusätzlichen Handlungsbedarf der Einsatzleitung geplant ablaufen können.

In den Einsatzplänen sind die Strategien der Einsatzleitung und ihre Umsetzung in Einsatzbefehlen (Maßnahmen) vorbereitet. Da diese zwei Instrumente intensiv miteinander verknüpft sind, spricht man von einer Alarm- und Einsatzplanung.

8.1 Vorwarnzeit – Bereitstellungszeit

Bei einem Hochwassereinsatz muss der Systemaufbau und die Systemaktivierung der mobilen Schutzanlage innerhalb der Vorwarnzeit von statten gehen und sichergestellt werden.

$$t_{\text{Vorwarn}} > t_{\text{Bereit}} \quad t_{\text{Bereit}} = (t_{\text{Alarmierung}} + t_{\text{Beladung}} + t_{\text{Transport}} + t_{\text{Sicherung}} + t_{\text{Aufbau}}) \cdot C_{\text{Sicherheit}}$$

8.1.1 Vorwarnzeit

Die Vorwarnzeit t_{Vorwarn} ist jene Zeit, die von der Erkennung der Hochwassergefährdung bis zum Eintreffen der Hochwasserwelle am Einsatzort vergeht. Die Vorwarnzeit ist abhängig von:

- Größe und hydrologischen Eigenheiten des Einzugsgebietes
- Ausmaß der hochwasserproduzierenden Niederschlagsereignisse sowie
- Effektivität des Warn- und Meldesystems

Bei größeren Einzugsgebieten kann die Gefahr von Hochwasser über erfasste oder vorhergesagte Wasserstände oder Abflüsse mit Messpegeln entlang des Fließgewässers rechtzeitig erkannt werden. Dies kann für eine rechtzeitige erste Alarmierungsphase genutzt werden.

Bei kleinen Einzugsgebieten oder steilen Abflüssen (Wildbäche) kann diese Information selten genutzt werden, da sie entweder nicht rechtzeitig oder gar

nicht zu Verfügung steht. In diesen Fällen basiert die Hochwasserwarnung auf Wettermeldungen oder Wettervorhersagen, die jedoch mit einer hohen Unsicherheit behaftet sind. Durch ein gutes Hochwasserwarnkonzept wird den Risiken eines Versagens der mobilen Schutzanlage durch eine nicht rechtzeitige Hochwasserwarnung oder durch Probleme beim Aufbau dieser mobilen Schutzanlage vorgebeugt. Es ist jedenfalls auch auf Fehlalarmierungen zu achten, da diese meist zu einer Desensibilisierung der Betroffenen führen.

8.1.2 Bereitstellungszeit

Die Bereitstellungszeit ist jene Zeitspanne, die für die Bereitstellung des mobilen Hochwasserschutzsystems erforderlich ist. Sie ist von folgenden Faktoren abhängig:

- Art des mobilen Schutzsystems (beeinflusst Verlade-, Transport- und Aufbauzeit)
- Länge und Höhe der mobilen Schutzanlage (beeinflusst Verlade-, Transport- und Aufbauzeit)
- Entfernung zwischen der Lagerstätte der mobilen Systemteile und dem Einsatzort (beeinflusst Transportzeit)
- Zugänglichkeit des Einsatzortes (dadurch werden Transport, Endladezeit, Aufbau- und Sicherungszeit beeinflusst)
- Verfügbarkeit an Einsatzkräften und Maschinen (demzufolge werden alle zeitlichen Komponenten beeinflusst)

Die Zeitkomponenten Alarmierung, Beladung, Transport, Sicherstellung und Aufbau können sich überschneiden, da diese Abläufe oft nicht zwingend nacheinander ablaufen müssen. Daher können bei entsprechender Planung unabhängige Abläufe und Arbeiten gleichzeitig nebeneinander durchgeführt werden, wobei die Koordination dieser Abläufe die Aufgabe der Einsatzplanung ist. Die Bereitstellungszeit ist meist von der Systemart aber vor allem von den personellen Einsatzmöglichkeiten abhängig. Wird beispielsweise am Lagerplatz verladen, können bereits mit einem Trupp die sichernden Arbeiten durchgeführt werden. Ein anderer Trupp kann zeitgleich mit der vorlaufenden Reinigung am Systemstandort beginnen etc.

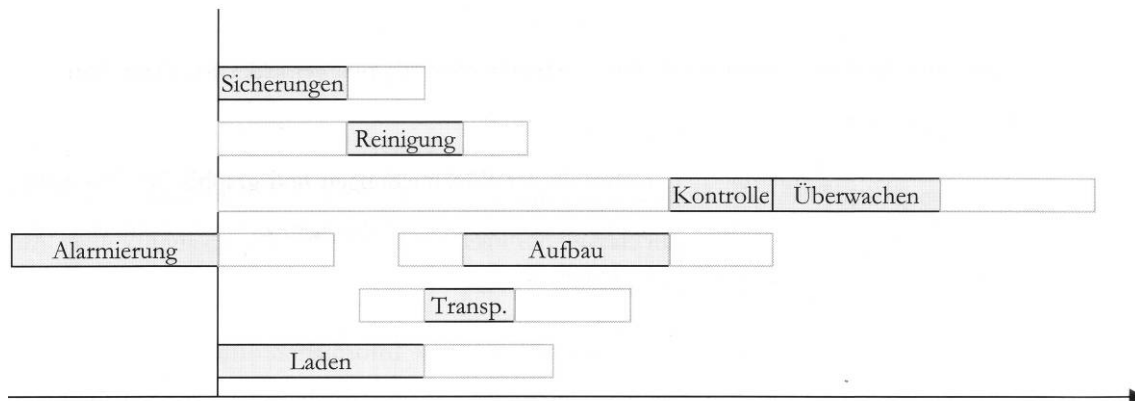


Abb. 157 Schema von gestaffelte und sich überschneidende Zeitkomponenten und Arbeitsschritte bei der Bereitstellung einer mobilen Hochwasserschutzanlage (Dammbalkensystem) [180]

- Alarmierungszeit $t_{\text{Alarmierung}}$

Die Alarmierungszeit ist jene Zeitspanne zwischen Ausgang einer Alarmmeldung und der Einsatzbereitschaft des Personals. Sie ist schwer abzuschätzen und kann auch bei genauer Ausarbeitung eines Alarmplanes nicht sicher bestimmt werden. Eine Obergrenze sollte aber geschätzt werden.

So ist ein Alarmplan zu erarbeiten, der jeder Person die Zuständigkeiten und Einsatzorte (Lagerplatz, Verladung, Aufbauort) eindeutig zuweist. Jede Person muss ihren Einsatzort kennen, wodurch die Alarmierung eindeutig, kurz und standardisiert ablaufen kann. Missverständnisse können dadurch vermieden werden. Ebenso sollten für die Alarmierung verschiedene Kommunikationsmedien nebeneinander verwendet werden – SMS, Email, Fax, Telefon, Funk. Falls es möglich ist, sollte die Alarmierung mittels Computer automatisiert erfolgen. Jede alarmierte Person muss eine Alarmbestätigung zurücksenden. Kommt nun nach einer definierten Zeitspanne keine Alarmierungsrückmeldung, ist eine Ersatzperson zu alarmieren.

Ist ein Einsatztrupp an seinen Einsatzort gelangt und einsatzbereit, sollte dies ebenfalls bestätigt werden. Gleichzeitig dazu wird auch eine Ersatztruppe alarmiert, diese befindet sich solange in Bereitschaft bis die Einsatzgruppe ihre Einsatzbestätigung meldet. Ist diese erfolgt, kann der Ersatztruppe Entwarnung gemeldet werden.

Verwendet man für die Alarmierung und für die Kontrolle der Rückmeldung ein Computersystem und werden diese Situationen graphisch dargestellt, bekommt man dadurch ein schnelleres Bild des Einsatzzustandes. Die einzelnen Meldungen können parallel angenommen werden und die Verarbeitung erfolgt sehr schnell. Daher sind aktuelle Informationen zum Alarmierungszustand von verschiedenen Stellen gleichzeitig und parallel abrufbar.

- Beladungszeit $t_{Beladung}$

Die für die Beladung erforderliche Zeit ist primär ebenfalls abzuschätzen. Bei der Erstellung des Lade- oder Einsatzplanes kann sie genauer kalkuliert werden. Die berechnete Zeit ist bei Übungseinsätzen zu überprüfen und falls erforderlich zu aktualisieren.

Die Beladungszeit ist abhängig von der Organisation der Ladearbeiten und der Anzahl der eingesetzten Personen.

Sie kann durch den Einsatz von größeren Gebinden, z.B. Container, verkürzt werden. Verwendet man mehrere Transportfahrzeuge, die zu unterschiedlichen Zeiten und / oder für unterschiedliche Aufbauorte das Lager verlassen, so ist dies bei der Planung zur Bereitstellungszeit zu beachten. Werden mehrere kleinere Transporte mit dem benötigten Materialien verwendet, kann dadurch die Zeit, die für Transport und Aufbau benötigt wird deutlich verkürzt werden.

- Transportzeit $t_{Transport}$

Die Transportzeit wird in der Planungssituation ermittelt und muss dann beim ersten Einsatz und bei Übungseinheiten kontrolliert und gegebenenfalls berichtigt werden. Die Transportzeit entfällt bei jenen Systemen, die vor Ort am Einsatzort gelagert sind. Sind mehrere Transportfahrten notwendig oder geplant, so müssen sie nicht als Zeitfaktor in der Bereitstellungszeit addiert werden, da Beladezeit, Aufbauzeit und auch andere Zeitfaktoren parallel laufen können. Es kommt somit zu Zeitüberschneidungen. Dies führt zu einer Zeitersparnis und ist - wo möglich - anzustreben und einzuplanen.

Die Transportzeit ist so kurz wie möglich zu halten. Abhängig ist sie von der Entfernung zwischen Lager- und Aufbauort. Es ist darauf zu achten, dass die gesamte Strecke zwischen Lager und Einsatzort hochwasserfrei ist. Ebenso wichtig ist es eine Alternativstrecke zu planen.

Die eingesetzten Transportmittel sind der Umgebung, den Abläufen beim Entladen und dem Aufbau vor Ort anzupassen.

- Sicherungszeit $t_{\text{Sicherung}}$

Die Sicherungszeit ist jene Zeit, die für die Durchführung von Schutz- und Sicherungsmaßnahmen benötigt wird. Dies beinhaltet Verkehrssperren, Verkehrsumleitungen, Freiräumen und Freihalten der Arbeitsflächen und die Sicherung der freien Zufahrten für den Antransport der Systemteile. Sind die Systemteile am Einsatzort gelagert ist sicherzustellen, dass die Systemteile frei von Auflasten sind.

Die erforderliche Sicherungszeit beinhaltet einen klar berechenbaren Teil für Arbeiten, die planmäßig und für jeden Einsatz durchzuführen sind. Es muss aber auch Zeit für unvorhersehbare Arbeiten mit eingeplant werden, wie z. B. das Entfernen von unsachgemäßen abgestellten Pkws.

- Aufbauzeit t_{Aufbau}

Die für den Aufbau erforderliche Zeitspanne ist als Faktor der Bereitstellungszeit sehr genau fassbar. Sie ist bereits in der Ausschreibung aufzuführen und vor der Abnahme des Systems nachzuweisen.

Die Arbeiten des Abladens und der folgende Transport zur Aufbaustelle gehören zur Aufbauzeit. Um den Zeitbedarf zu optimieren, sind ein gut strukturierter Einsatzplan und ein gut geschultes Einsatzpersonal erforderlich.

Die planmäßigen Arbeiten und Handgriffe müssen bekannt und geübt werden, die Aufbauzeit muss somit in regelmäßigen Übungen überprüft werden.

Ebenso wie der Transport kann auch die Aufbauzeit durch Staffelung verkürzt werden.

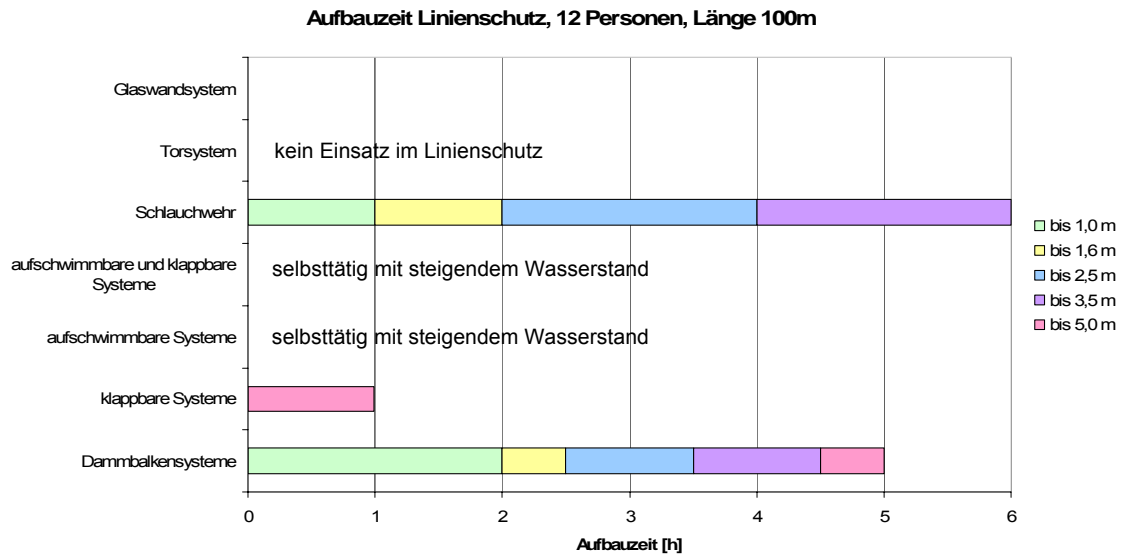


Abb. 158 Aufbauzeit mobiler HWS – Systeme im Linienschutz [181]

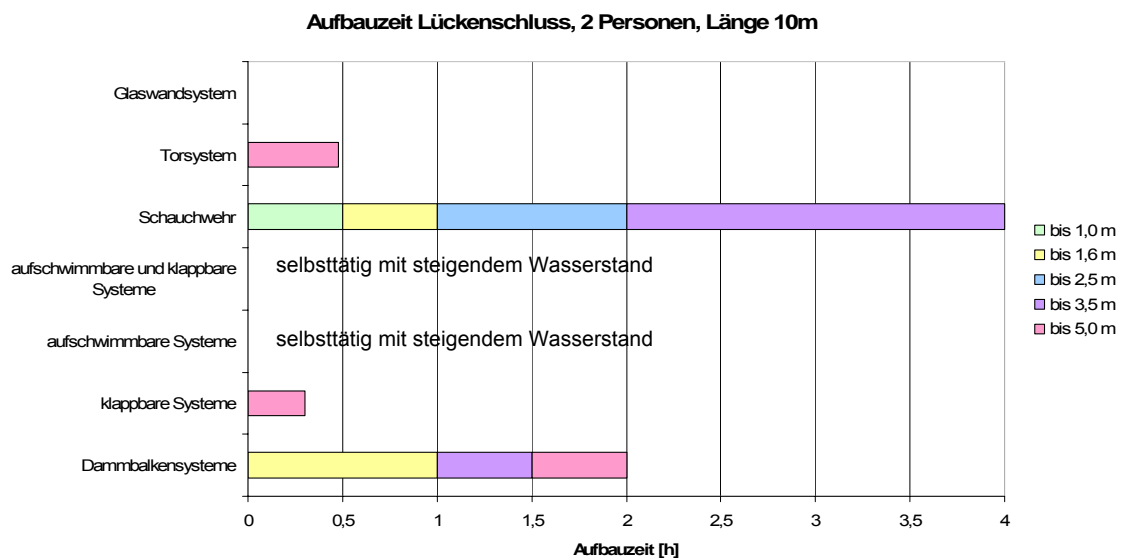


Abb. 159 Aufbauzeit mobiler HWS – Systeme im Lückenschluss [182]

- Lager und Lagerhaltung

Es ist darauf zu achten, dass das Lager so errichtet wird, dass es bis zum Ende der Beladungszeit hochwasserfrei bleibt. Die Gestaltung ist abhängig von den verwendeten Geräten und Transportfahrzeugen. Ebenso sind ausreichend große Flächen für das Rangieren der Transport-, aber auch der Ladefahrzeuge erforderlich. Falls möglich ist es in der direkten Umgebung des Einsatzortes

aufzubauen. Sicherheit und Schutz vor unbefugten Betreten muss gewährleistet sein.

Es ist ein Lagerplan zu erstellen, auf dem ersichtlich ist, wo sich die einzelnen Systemteile befinden. Dies kann mittels einer Nummervergabe erfolgen, besser und schneller sind Farbkodierungen zuzuordnen.

Für jedes Lager sind ein Lagerverantwortlicher und ein Stellvertreter zu bestimmen. Ihre Aufgabe sind die Verantwortung und regelmäßige Kontrolle des Lagers und der darin enthaltenen Teile.

Die Arbeiten im Lager sollten ebenfalls im Einsatzplan geregelt sein. Jede Arbeit muss eindeutig zugeordnet werden.

Ebenso sollte ein Beladeplan erstellt werden, in dem eindeutig geregelt ist, welches Hochwassersystemelement auf welchen Transporter geladen wird. Damit kann man die richtige Reihenfolge beim Abladen der Teile sichern.

Bei einem längeren Linienschutz ist es empfehlenswert fertig gepackte Container für bestimmte Abschnitte zusammenzustellen. Diese werden komplett verladen und an dem entsprechenden Bereich am Einsatzort entladen und aufgebaut.

Auch das Lager sollte an ein Computersystem angeschlossen werden und über standardisierte Eingangs- und Ausgangsbuchungen den Einsatzzustand vervollständigen.

8.2 Alarmplan

Der Alarmplan dient der Regelung der rechtzeitigen Einberufung des Einsatzstabes sowie der Einleitung aller notwendigen Maßnahmen. Er beinhaltet folgende Informationen:

- Personelle Zusammensetzung des Stabes
- Verteilung der Zuständigkeiten
- Dienstliche und private Erreichbarkeit der Einsatzleitung und der Einsatzkräfte

- Sitz der Einsatzleistung
- Bereitschaftsplan der Einsatzkräfte
- Alarmierungswege / Kommunikationsmittel
- Alarmierungsstufen / gemessene bzw. vorhergesagte Pegelstände
- Falls vorhanden die Telefonnummer der Wasserstandsabrufpegel
- Nachweis über aktuelle Fortschreitung bzw. Aktualisierung des Alarmplans

Der Einsatzstab besteht aus dem Leiter des Stabes, sowie Vertretern der zuständigen Stellen. Sie sind für die Umsetzung der nötigen Maßnahmen verantwortlich. Es ist immer ein Stellvertreter zu nennen. Für den Einsatzleiter sind zwei Stellvertreter vorgesehen.

Die Aufgaben des Einsatzstabs sind:

- Lageüberwachung
- Anordnung und Koordination der Maßnahmen laut der Alarm- und Einsatzplanung
- Bei großem Personalaufwand kann er auch Informationszentrum für Bevölkerung und Presse sein

Folgende Zuständigkeiten sind beim Aufbau mobiler Hochwasserschutzsysteme eindeutig zu klären:

- Prüfung und Sicherstellung der Einsatzbereitschaft
- Anordnung zum Aufbau mobiler Hochwasserschutzsysteme
- Sicherstellung von Zufahrten und das Aufstellen von Straßensperren
- Organisation und Durchführung von Aufbauarbeiten
- Überwachung und Störungsbeseitigung
- Überprüfung der Gefährdungs- und Sicherheitszonen

Beim Alarmplan unterscheidet man zwischen verschiedenen Meldestufen. Diese werden meist über maßgebende Schwellenwerte der Wasserstände festgelegt und sind eindeutig zu definieren.

Meldestufen	
Vorwarnstufe	Hochwasser- bzw. Starkniederschlagswarnung ➤ Überwachung der Hochwassersituation erfolgt durch Einsatzleiter
Alarmierungsstufe 1	1 kritischer Wasserstand erreicht bzw. vorhergesagt ➤ Einmarsch des Einsatzstabes
Alarmierungsstufe 2	2 kritischer Wasserstand erreicht bzw. vorhergesagt ➤ Alarmierung der Einsatzkräfte ➤ Beginn Aufbau der Schutzelemente
Alarmierungsstufe 3	3 kritischer Wasserstand – Unterkante des mobilen Schutzsystems wurde erreicht ➤ Überwachung des aufgebauten Schutzsystems
Alarmierungsstufe 4	Freibord wird unterschritten ➤ es besteht die Gefahr des Überströmens bzw. Versagens ➤ die Bevölkerung wird alarmiert ➤ Evakuierungen werden vorbereitet bzw. durchgeführt
Alarmierungsstufe 5	mobile Schutzanlage wird überströmt ➤ Katastrophenschutzmaßnahmen werden eingeleitet

Tab. 15 Meldestufen in der Alarmplanung [188]

In regelmäßigen Abständen wird der Alarmplan kontrolliert, aktualisiert bzw. fortgeschrieben. Hierbei wird eine halbjährliche Aktualisierung empfohlen. Dabei ist zu beachten, dass das Personal- und Rufnummernverzeichnis immer auf dem neuesten Stand ist und auch die Erfahrungswerte eingearbeitet sind.

8.3 Einsatzplan

Bei der Verwendung von mobilen Hochwasserschutzsystemen ist die Einsatzplanung von besonderer Bedeutung. Sie stellt die Bereitstellung von entsprechend geschultem und in ausreichender Anzahl vorhandenem Einsatzpersonal und Fahrzeugen sicher.

Der Einsatzplan enthält die Informationen zur Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen, die in den einzelnen definierten Alarmierungsstufen im Alarmplan beschrieben sind:

- Maßnahmen zum Hochwasserschutz
- Kontrolle und Lagebericht

- Lagerstellen der mobilen Hochwasserschutzsysteme
- Beladung
- Hochwasserfreie Zufahrtsmöglichkeiten
- Einsatzkräfteverzeichnis
- Notwendige maschinelle Ausrüstung
- Bereitstellung von Hilfsmittel (Boote, Pumpen etc.)
- Versorgung des Einsatzpersonals
- Adressenverzeichnis bzw. Verteiler
- Nachweis über die aktuelle Fortschreibung bzw. Aktualisierung des Einsatzplans

Durch einen Probelauf und regelmäßig durchgeführte Übungen wird die Mindestanzahl an benötigten Einsatzkräften und Maschinen ermittelt. Für den Krankheitsfall bzw. Urlaub ist für Vertretungen zu sorgen. Die Lager der mobilen Hochwasserschutzsysteme und auch der Sitz der Einsatzleitung sind hochwasserfrei zu halten. Es sind bei der Wahl des Schutzsystems jene Systeme zu bevorzugen, bei denen kein Geräteeinsatz notwendig ist. Bei Dammbalkensystemen sind sowohl das Gewicht der einzelnen Elementteile, als auch die Transportwege und Transportentfernungen zu berücksichtigen. Aufschwimbare und maschinell bewegliche Schutzsysteme müssen mit redundanten Antrieben oder Handantrieb versehen sein.

Regelmäßige Lageberichte und Vollzugsmeldungen sind von den Führungspersonen vom Einsatzort zur Einsatzleitung weiterzugeben. Diese werden dann in der Einsatzleitung ausgearbeitet und dokumentiert. Der Informationsfluss ist bei der Einsatzplanung zwingend zu berücksichtigen, da die bestmögliche Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen nur erfolgen kann, wenn der Einsatzstab mit aktuellen Informationen versorgt wird.⁴² Um eine vollständige und einheitliche Dokumentation zu sichern werden dem Einsatzleiter vor Ort Vordrucke und Checklisten zur Verfügung gestellt.

⁴² Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 100

Es muss eine regelmäßige Kontrolle, Fortschreibung und Aktualisierung des Einsatzplanes erfolgen. Hierbei wird auch, wie beim Alarmplan, eine halbjährliche Aktualisierung empfohlen. Dabei kommt es zu einer Aktualisierung des Personen- und Rufnummernverzeichnisses, und die durch durchgeführte Einsätze erhaltenen Erfahrungswerte (Personalbedarf, Aufbauzeiten) werden ebenfalls in den Plan eingearbeitet.

Um die Qualität der Arbeitskräfte und die Alarm- und Einsatzpläne zu überprüfen sollte zumindest eine Übung pro Jahr durchgeführt werden. Die Übung sollte in einem realistischen Szenario organisiert, und muss vollständig dokumentiert werden. Wichtigster Teil der Nachbearbeitung ist der Erfahrungsaustausch zwischen Einsatzpersonal, Behörden und Ämtern, Bürgern und Experten.

8.4 Logistik von mobilen Hochwasserschutzsystemen im planmäßigen Hochwassereinsatz

8.4.1 Allgemein

Neben der statischen Bemessung und dem zuverlässigen Abdichten des mobilen Hochwasserschutzsystems ist die rechtzeitige Herstellung der Einsatzbereitschaft ausschlaggebend für einen erfolgreichen Einsatz des Schutzsystems. Ist der Einsatzort des mobilen Hochwasserschutzsystems bereits überschwemmt oder die Zugänglichkeit des Einsatzortes beeinträchtigt, wird dadurch der Aufbau des Schutzsystems erschwert oder es kann überhaupt nicht mehr aufgebaut werden, was einem Versagen des Systems gleichkommt.

Stationäre Schutzmaßnahmen benötigen während eines Hochwasserereignisses (bis zum Bemessungshochwassers) nur eine regelmäßige Überwachung.

Im Gegensatz dazu ist ein Einsatz mit mobilen Hochwasserschutzanlagen meist mit einem großen Aufwand von personellen, maschinellen und logistischen Mitteln verbunden. Beim Einsatz mit mobilen Systemen ist im Ernstfall auch unter schwierigen Bedingungen, wie Sturm, Frost, Schneefall, Dunkelheit eine funktionierende Alarmierungs- und Einsatzplanung erforderlich. Eine Alarmierung muss bereits bei Abflussmengen und Wasserständen unter dem Einsatzpegel-

stand ausgelöst werden. Und die Systeme müssen während des ganzen Einsatzes überwacht werden.

Der Einsatz wird bei stationären und auch bei mobilen Hochwasserschutzsystemen für ein definiertes Bemessungshochwasser festgelegt. Im Einsatz- und Alarmplan ist geregelt, welche Anlageteile bei welchen Hochwassermeldemarken, bei welchen Wasserstandsänderungen, und durch wen im Betrieb genommen werden. Bei einem Extremhochwasser - hierbei wird der Wasserstand des Bemessungshochwassers überschritten – oder bei einer gezielten Überflutung der bis dahin geschützten Fläche, werden Maßnahmen des gesetzlich geregelten Katastrophenschutzes eingeleitet.

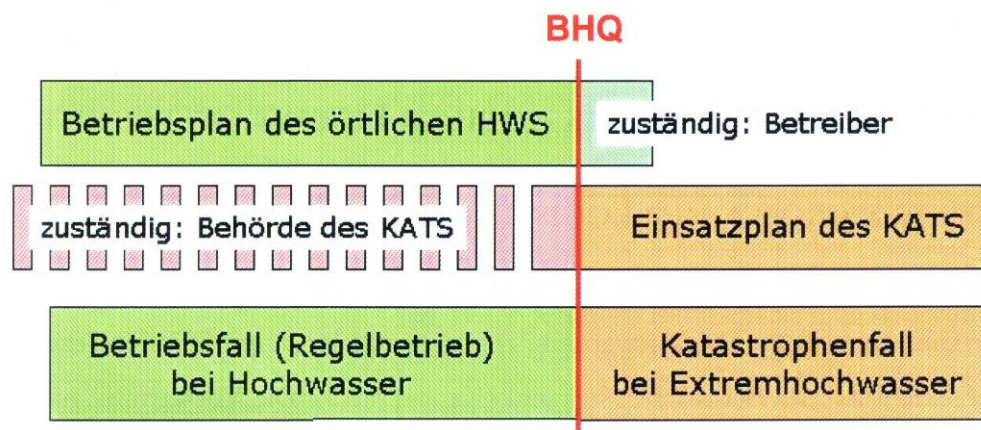


Abb. 160 Betriebsplan – örtlicher Hochwasserschutz – Katastrophenschutz [183]

8.4.2 Einflussfaktoren

Als wichtigster Parameter gilt die Vorwarnzeit, sie ist das „K.O. - Kriterium“ bei der Wahl des mobilen Hochwasserschutzsystems. Die Vorwarnung geschieht entweder durch Hochwasser - Meldezentren, Oberlieger oder ist aus der Erfahrung der Betroffenen bekannt. Wie bereits erwähnt muss die Vorwarnzeit größer sein als die Bereitstellungszeit $t_{\text{Vorwarn}} > t_{\text{Bereit}} \cdot C_{\text{Sicherheit}}$. Die Erhöhung der Zeitfaktoren um einen Sicherheitsfaktor soll unvorhergesehene Ereignisse wie z. B. der Fahrzeug- oder Personalausfall, Behinderung durch falsch geparkte Fahrzeuge etc. mit einkalkulieren. Meist wird der Sicherheitsfaktor mit 1,2 angenommen. Die Zeitreserve sollte jedoch einen Mindestwert von 1 Stunde nicht unterschreiten.

Folgende Einflussfaktoren der Logistik seien hier zusammenfassend genannt:

Ort	Lager	Erreichbarkeit
		Hallengröße
		Maschinenbedarf und –bestand
		Lagersystem
		Wendekreis, Rangiermöglichkeit
		Reinigungsort mit Ölabscheider
		Wartungsplan
	Transport	Entfernung Lager – Aufbauort
		Straßenart und Straßenzustand
		Transportmittelanzahl und –art
		Anschlagpunkte für Hebezeug
	Einbau	Erreichbarkeit
		Platzbedarf, Wendekreis etc.
		Maschinenbedarf
		Verkehrsbehinderung
Schutz vor Schaulustigen		
Zeit	Vorwarnzeit	ist die Zeitspanne zw. erster verlässlichen Hochwasservorhersage und Eintreffen der Hochwasserwelle am Einsatzort
	Alarmierungszeit	Informationswege
		Länge der Anfahrtsstraßen der Einsatzkräfte
	Beladungszeit	Maschinennutzung
		Lagerung
	Transportzeit	Länge der Strecke
		Behinderungen der Strecke
		Transportmittelart und –anzahl
	Sicherungszeit	Zufahrtsstraßen
		Platzbedarf vor Ort
		Übliche Nutzung vor Ort
	Aufbauzeit	Maschinennutzung
		Vorhandenes Einsatzpersonal und Übungsniveau

		Konstruktionsart
		Vollständigkeit und Verfügbarkeit des Materials
		Witterung
	Standzeit	Bewachung bzw. Kontrollen, je nach Gefährdung; bei Vollstau alle zwei Stunden
	Abbauzeit	Maschinennutzung
		Vorhandenes Einsatzpersonal und Übungsniveau
		Reinigung
Schlichtung der Systemteile		
Personal	Anzahl	Verantwortliche
		Aufbauhelfer
		LKW bzw. Staplerfahrer
	Qualifikation	Experten, Fachkräfte
		Hilfsarbeiter mit oder ohne Schulung
		Bevölkerung
	Verfügbarkeit	Dienstplan, Alarm- und Einsatzplan
		Bereitschaftsdienst
		Feuerwehr, Fremdfirma
	Konstruktion	Materialeigenschaft
Rostanfälligkeit		
Wetterbeständigkeit		
Abmessungen		Länge
		Breite
		Höhe
		Unhandlichkeit
Maschinenbedarf		LKW mit od. ohne Anhänger, Sattelzug
		Hebezeuge
		Gerätschaften zum Aufrichten bzw. Befüllen der Systeme
Sicherung gegen Vandalismus		Einrichtung von Schutzzonen
		Systeme sichern bzw. bewachen
Schutz vor Fahrzeuganprall		bei fließenden Verkehr Leitblanken aufstellen
		Rangierbetrieb

Kosten	Anschaffung	Planung
		Überprüfung der geotechnischen Eigenschaften
		Anschaffung der Hochwasserschutzsysteme
		Tiefbauarbeiten
	Auf- und Abbau	Personal
		Fahrzeuge, Maschinen, Gerätschaften
	Wartung / Lagerung	Personal
		Lagermiete, Lagerkosten
		Verschleißteile

Tab. 16 Einflussfaktoren der Logistik [184]

8.5 Logistik von mobilen Hochwasserschutzsystemen im notfallmäßigen Hochwassereinsatz

Ebenso wie bei planmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen benötigen der Einsatz und die Wartung von notfallmäßiger mobilen Hochwasserschutzsystemen ein durchdachtes Logistikkonzept. Das jeweilige Logistikkonzept hängt von den Randbedingungen beim Einsatzort und von der Länge der Vorwarnzeiten ab. Das Verladen und der Transport der Schutzsysteme bis zum Einsatzort, sowie der Systemaufbau selbst müssen innerhalb der Vorwarnzeit erfolgen.

Die Vorwarnzeiten - als Hauptkriterium für den Lagerort – liegen etwa bei⁴³:

Vorwarnzeiten	
24 – 48 Stunden bis mehrere Tage	große Flüsse, Seen
12 – 24 Stunden	Tieflandflüsse
mehrere Stunden	Mittelgebirgsflüsse
½ - mehrere Stunden	Wildbäche
wenige Minuten	Kleingewässer

Tab. 17 Vorwarnzeiten bei einem notfallmäßigen Hochwassereinsatz [185]

⁴³ Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 149

Bei kurzen Vorwarnzeiten wird eine Lagerung in der Nähe der potentiellen Hochwassereinsatzorte empfohlen. Bei längeren bzw. langen Vorwarnzeiten wie bei großen Strömen, Seen und Tieflandflüssen wird hauptsächlich ein zentrales Lager erstellt.

Der Materialtransport, bei einer zentralen Lagerung, zum Hochwassereinsatzort kann entweder mit einem Ringnetzsystem oder einem Nabe – Speiche – System durchgeführt werden.

- Ringnetzsystem:

Dieses System kommt vor allem bei länger andauernden Seeuferüberschwemmungen zum Einsatz. Es ist genügend Zeit (Vorwarnzeit) vorhanden und es muss kein Einsatzort bevorzugt behandelt werden.

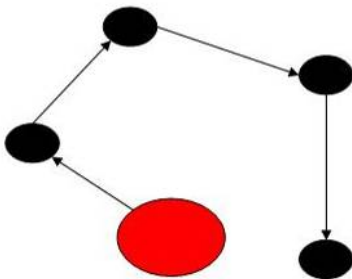


Abb. 161 Ringnetzsystem [186]

- Nabe – Speiche – System:

Sind nur kurze Vorwarnzeiten möglich und ist der Hochwassereinsatzort örtlich begrenzt verwendet man ein Nabe – Speiche – System. Im Falle von Wildbächen und Kleingewässern sind die Vorwarnzeiten extrem kurz, oft nur ein paar Minuten. Hier ist eine Lagerung vor Ort unumgänglich.

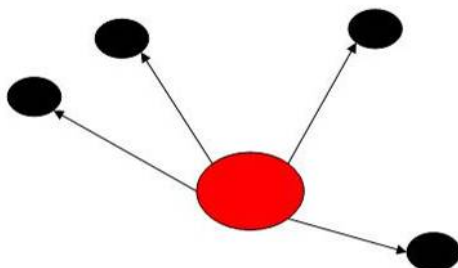


Abb. 162 Nabe – Speiche – System [187]

Das Logistikkonzept beinhaltet nicht nur die Lagerung der einzelnen Hochwasserschutzsysteme sondern regelt auch die Anforderungen an das Lager (trocken, Größe, vor Licht geschützt), und an die Wartung der Systeme (in der Regel ein bis zweimal jährlich). Ebenso den Probeaufbau, der alle zwei bis drei Jahre einmal erfolgen soll und die Anweisungen zum Reinigen der Schutzsysteme nach einem Hochwassereinsatz.

Abhängig von den örtlichen Randbedingungen und der Personalbereitstellung und deren Erfahrungs- und Ausbildungsstand lassen sich die Aufbauzeiten der einzelnen Schutzsysteme optimieren. Es wird aber empfohlen, dass für jeden Einzelfall ein eigenes Logistikkonzept erarbeitet wird.

8.6 Systemanforderungen von mobilen Hochwasserschutzsystemen im Sinne der logistischen Einsatzplanung

Wir unterscheiden wie gehabt zwischen planmäßigen und notfallmäßigen eingesetzten mobilen Hochwasserschutzsystemen.

8.6.1 Systemanforderungen von notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen

Für den Bereich der Systemanforderung von notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen im Sinne der logistischen Einsatzplanung gibt es derzeit keine entsprechende Literatur.

8.6.2 Systemanforderungen von planmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen

8.6.2.1 Dammbalken- und Dammtafelsysteme

- Im Bezug auf den Hochwassereinsatzort muss das Lager der Systeme zentral und verkehrsgünstig liegen
- Richtwerte für den Lagerbedarf in Abhängigkeit der Schutzhöhe sind in unten stehender Tabelle an geführt:

Schutzhöhe [m]	Lagerplatzbedarf [m ³ /m ²]
1m	0,27 m ³ /m ²
2m	0,50 m ³ /m ²
3m	1,45 m ³ /m ²

Tab. 18 Lagerplatzbedarf abhängig vom Lagerplatzbedarf [188]

- Zufahrtsstraßen zum Einsatzort müssen gut befestigt und wasserfrei gehalten sein, damit ein Zufahren auch während eines Hochwassereinsatzes möglich ist.
- Im Systemlager muss ein Plan mit einer Beschriftungsskizze der Lagerhalle für alle Mitarbeiter erkennbar angebracht werden.
- Eine Werkstatt ist im Lager vorzusehen, um Wartungsarbeiten durchführen zu können.
- Ölabscheider sind für die Reinigung in der Lagerhalle vorzusehen.
- Für die Bauabschnitte sind Listen mit Skizzen und Material vorzulegen.
- Alarm- und Einsatzpläne sind erforderlich.
- Geschultes Einsatzpersonal ist vorauszusetzen.
- Stützen und Dammbalken sollten ein Gewicht von 45 kg nicht überschreiten, da sie von max. 2 Personen getragen werden sollten.
- Werden Dammtafeln verwendet sind Hebezeuge erforderlich.
- Bis zu einer Stauhöhe von 1,50 m kann das System ohne Hebehilfen aufgestellt werden.
- Vereinheitlichungen bei dem Schutzsystem erleichtern den Aufbau.
- Systeme, die keinen Unterschied zwischen Wasser- und Binnenseite aufweisen sind von Vorteil.
- Reserve von Kleinteilen (Schrauben, Muttern etc.) ist zu sichern.
- Es ist Reserve von 5% für Stützen und Dammbalken bzw. Dammtafeln vorzusehen

8.6.2.2 Klappbare Systeme

- Der Platzbedarf der Bodenkammer bei manuell aufklappbaren Wänden beträgt ca.: $L = \text{Schutzhöhe} + 0,50\text{m}$.
- Der Platzbedarf der Bodenkammer bei maschinell aufklappbaren Wänden beträgt ca.: $L = \text{Schutzhöhe} + 0,20\text{ m}$.
- Klappwände sind mittels Poller, Steine, Warnschilder von Fahrzeugen freizuhalten.
- Die Wände sollen nach dem Hochwassereinsatz bzw. einmal pro Jahr gereinigt werden.
- Alarm- und Einsatzpläne sind erforderlich.
- Es müssen 2 Einsatzkräfte für 100 m Systemauf- und Systemabbau vorgesehen werden.

8.6.2.3 Aufschwimbare Systeme

- Bei der Bauzeit ist auf einen erhöhten Platzbedarf durch die aufwendigen Tiefbauarbeiten zu achten.
- Die Kopfplatten der aufschwimbaren Systeme sind mittels Poller, Steinen, oder Warnschilder von Fahrzeugen freizuhalten.
- Bodenkammer und Zulaufrohr müssen während der jährlichen Kontrolle gereinigt werden.
- Alarm- und Einsatzpläne sind erforderlich.
- Im Hochwasserfall müssen mind. 2 Einsatzkräfte das Aufschwimmen des Systems überwachen.

8.6.2.4 Aufschwimbare, klappbare Systeme

- Der Platzbedarf der automatisch aufschwimmenden Wände beträgt ca.: $L = \text{Schutzhöhe} + 0,20\text{ m}$.
- Die aufschwimbare, klappbare Wand ist mittels Poller, Steinen, oder Warnschilder von Fahrzeugen freizuhalten.

- Bodenkammer und Zulaufrohr müssen während der jährlichen Kontrolle gereinigt werden.
- Alarm- und Einsatzpläne sind erforderlich.
- Im Hochwasserfall muss mind. 1 Einsatzkraft das Aufschwimmen von 200 m Schutzwand überwachen.

8.6.2.5 Schlauchwehrsysteme

- Der Platzbedarf der Bodenkammer beträgt ca. das 1,8-fache der Stauhöhe + 0,50 m Arbeitsraum.
- Das Schlauchwehrsystem ist mittels Poller, Steinen, oder Warnschilder von Fahrzeugen freizuhalten.
- Im Normalfall sind die Abdeckplatten zu verriegeln, damit ein Öffnen von Unbefugten nicht möglich ist.
- Bodenkammer und Schläuche müssen während der jährlichen Kontrolle gereinigt werden.
- Alarm- und Einsatzpläne sind erforderlich.
- Für 100 m Entfernen der Abdeckplatte müssen 2 Einsatzkräfte sichergestellt sein.
- Im Hochwassereinsatz ist das Schlauchwehrsystem laufend zu überwachen um Beschädigungen von Außenstehenden zu verhindern.

9. Mobiler Hochwasserschutz am Beispiel Graz

Im Stadtgebiet Graz befinden sich der Fluss Mur und ca. 52 Bäche. Nachstehend genannte Bäche sind jene bei denen es zu Hochwasserereignissen gekommen ist: Schöckelbach, Einödbach, Petersbach, Thalerbach, Andritzbach, Gabriachbach, Mariatrosterbach, Bründlbach, Leonhard- und Stiftingbach und Ragnitzbach. Auf Grund dieser Gewässerlage und den dadurch resultierenden extrem kurzen Vorwarnzeiten kommen in Graz vor allem notfallmäßige mobile Hochwasserschutzsysteme zum Einsatz. Ziel ist es jedoch, den planmäßigen Hochwasserschutz in den nächsten Jahren zu forcieren. Von der Mur droht nur bedingt Gefahr bei einem Hochwasserereignis, da sie sich im Laufe der Zeit tief in das Flussbett eingegraben hat. Es gibt detaillierte Alarm- und Einsatzpläne der einzelnen Grazer Bäche und der Mur, nach denen in Abhängigkeit von den Pegelständen vorzugehen ist. (siehe Anhang Maßnahmenplan Mur)

9.1 Mobile Hochwasserschutzsysteme der Stadt Graz

In Graz werden folgende notfallmäßige mobile Schutzsysteme bei einem Hochwasserereignis verwendet:

- Sandsäcke (100.000 Stück davon 10.000 befüllt)
- Klappsystem (400m)
- offene Behälter

Hochwasserschutzsystem	Bestand	Kosten €/Stk.
Sandsack	100.000, davon 10.000 befüllt	0,13 € / Stk.
Klappsystem (vgl. Abb. 130, S 160)	400m	5000 € / Stk.
Offene Behälter (vgl. Abb. 129, S159)		15 € / Stk.

Tab. 19 Verwendete mobile Hochwasserschutzsysteme in Graz [189]

Das bei einem Hochwasserereignis verwendete mobile Hochwasserschutzsystem hängt vom Einsatzort und der Hochwassermenge ab und wird vor Ort vom jeweiligen Einsatzleiter entschieden.

Die Schutzsysteme werden im Katastrophenlager in der Wache Süd, Alte Poststraße, aufbewahrt und nach einem Hochwassereinsatz hier gereinigt und wieder eingelagert.

Ebenfalls wurden im Grazer Stadtgebiet 48 Sandsackdepots errichtet. Diese werden nach der hochwasserfreien Periode aufgestellt und sind für die Bevölkerung bei einem Hochwasserereignis frei zugänglich.

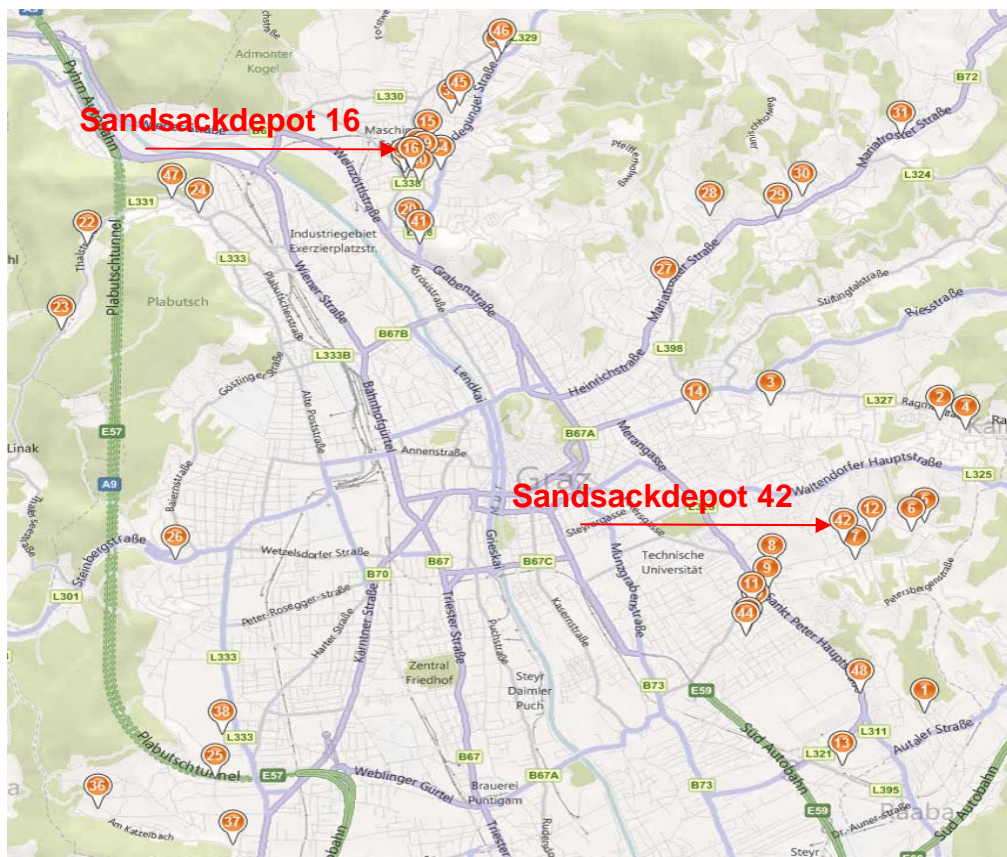


Abb. 163 Standorte der Sandsackdepots der Stadt Graz [190]



Abb. 164 Sandsackdepot 42: Peterstalstraße 52, Sandsackdepot 16: Geißlergasse 8 [191]

Für eine schnelle und effiziente Befüllung der Sandsäcke wurde eigens eine Hochleistung – Sandsackbefüllungsanlage angeschafft.



Abb. 165 Sandsackbefüllungsmaschine der Stadt Graz [192]

Sie besitzt ein 800 l Sandvolumen und 7 Abfallstutzen. Die Befüllungsleistung der Anlage beträgt ungefähr 600 Säcke in der Stunde pro Abfüllstutzen. Das ergibt eine Gesamtstundenleistung von mehr als 4.200 befüllten Sandsäcken.

9.2 Alarm- und Einsatzplan – Ampelsystem

Der Alarm- und Einsatzplan erfolgt in Graz nach einem Ampelsystem. Man unterscheidet hier zwischen einer grünen, gelben und roten Phase, die von den jeweiligen Vorwarnzeiten abhängig sind. Derzeit sind 5 Pegelstandsmessungen bei den Grazer Bächen eingebaut, 9 weitere sind geplant.

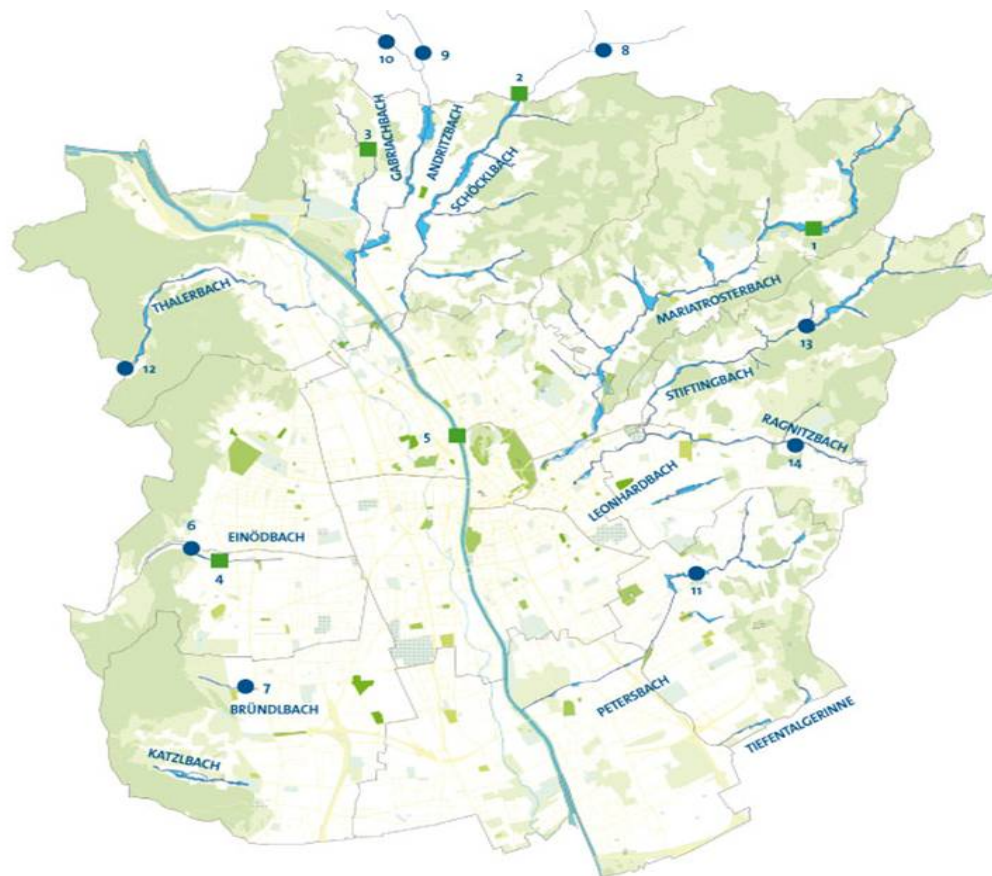


Abb. 166 Pegelmessstandorte Graz [193]



Abb. 167 Eingebaute Pegelmessstelle [194]

An den Messstellen werden unter anderem, Niederschlagsintensität, unterirdische Wasserstände in Versickerungsanlagen, oberirdische Wasserstände z.B. in Rückhaltebecken und Durchflussmengen in Bächen gemessen.

Das übliche Procedere beruht auf der täglichen Wetterfeststellung und Beobachtung der Wetterlage in Graz und Umgebung durch Medien, ZAMG und LWZ etc., sowie auch aus Slowenien und Ungarn. Der Maßnahmenplan bei einem drohenden Hochwasserereignis läuft in Graz wie folgt ab:

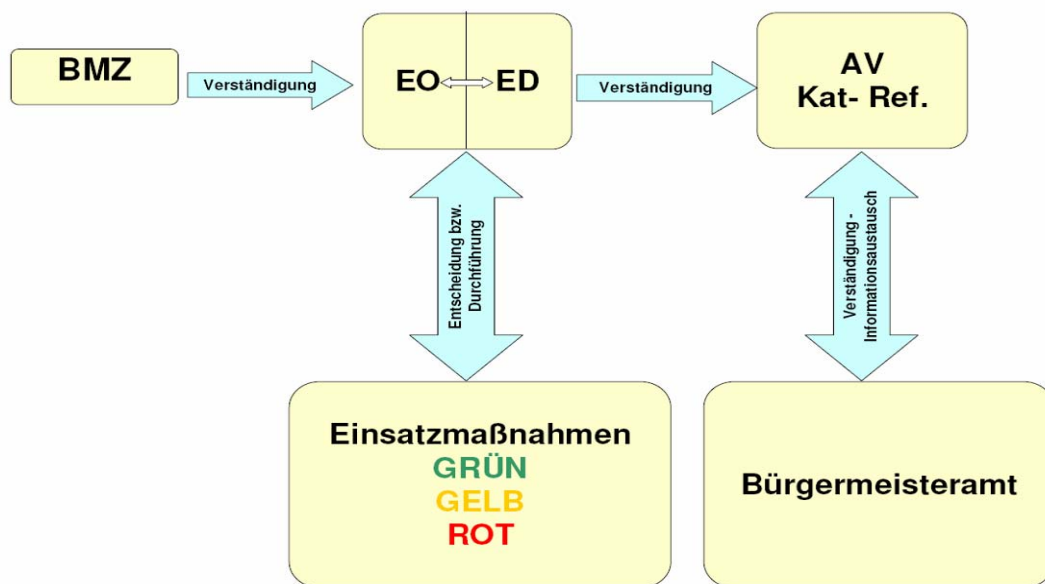


Abb. 168 Allg. Maßnahmenplan der Stadt Graz bei einem HW - Ereignis [195]

BMZ...	Brandmeldezentrale
EO...	Einsatzoffizier
ED...	Einsatzdirektor
AV...	Abteilungsvorstand
Kat – Ref...	Katastrophen - Referent

9.2.1 Grüne Phase bzw. Vorwarnstufe I

Die grüne Phase beschreibt eine ständige Beobachtung der im Stadtgebiet befindlichen Gewässer. Sie wird auch als Vorwarnstufe 1 bezeichnet. Die Vorlaufzeit in dieser Phase beträgt 6 bis 12 Stunden. Es werden Wetterdaten wie, Niederschlagsintensität, Niederschlagsmenge und Niederschlagsdauer laufend bei verschiedenen Medien wie z.B. der ZAMG und LWZ eingeholt und bewertet. Die einzelnen Bäche des Grazer Stadtgebietes sind den verschiedenen Wachen der Grazer Berufsfeuerwehr (Zentralwache, Hauptwache Ost und der Wache Süd) und der Freiwilligen Feuerwehr Kroisbach zugeordnet, die im Bedarfsfall die entsprechenden Maßnahmen durchführen.

Alarmplan Stufe grün - ständige Beobachtung

- Fremdlage erkunden z.B.: Wetterdaten einholen und beobachten
 - BMZ täglich (ZAMG, LWZ - Unwetterwarnung - Reicherhöhe , andere)
 - Niederschlagsintensität (50l/2h)
 - Niederschlagsmenge (20mm/d)
 - Dauer (Anhaltender Niederschlag)
 - Pressemeldungen (Zeitung, ZAMG...)

- Verständigen laut Maßnahmenplan

Abb. 169 Grüne Phase bzw. Vorwarnstufe I [196]

9.2.2 Gelbe Phase bzw. Vorwarnstufe II

In der gelben Phase, der so genannten Vorwarnstufe 2, beträgt die Vorlaufzeit 1 bis zu 2 Stunden. Es existiert in dieser Phase eine erhöhte Einsatzbereitschaft, da bereits eine mögliche Gefahr besteht. In dieser Phase wird ein provisorischer Einsatzführungsstab hochgefahren. Es wird eine Ausrückordnung der Einsatzkräfte festgelegt und es werden Sperren errichtet, sowie die Bevölkerung von einer möglichen Gefahr informiert.

Alarmplan Stufe gelb - mögliche Gefahr

- Vorwarnstufe 2
- Feststellung erh. Einsatzbereitschaft lt. DA
- Prov. Einsatzführungsstab hochfahren
- Einberufung zusätzlicher Kräfte lt. DA
- Ausrückordnung festlegen
- Sperren organisieren
- Info an VA und Bevölkerung

Abb. 170 Gelbe Phase bzw. Vorwarnstufe II [197]

9.2.3 Rote Phase

In der roten Phase der Alarm- bzw. Einsatzplanung geht man von Eintritt einer Katastrophe innerhalb von 30 Minuten aus. Es kommt hier zu einer Katastrophenanrufung durch den Bürgermeister. Gleichzeitig wird der Einsatzstab (S1 – S6) voll besetzt. Alle vorhandenen Einsatzkräfte im Raum Graz werden verständigt und zusätzlich werden noch Kräfte von Außen (Landesfeuerwehrverband Stmk.) angefordert. Zudem werden Einsatzabschnitte definiert, sowie Evakuierungen geprüft und gegebenenfalls organisiert.

Alarmplan Stufe rot - anzunehmende Katastrophe in ca. 30min

- Interne oder K- Einsatzbereitschaft auslösen lt. DA
- Vollbesetzung des Einsatzstabes (Info BGM. Str)
- Alle Kräfte des Bezirkes Graz aktivieren
- Zusätzliche Kräfte von außen (LFV Stmk.)
- Prüfung und Organisation von Evakuierungen
- Einsatzabschnitte definieren
- Priorisierung der Aufträge und Alarme
- Aufgabenverteilung siehe Alarmplan

Abb. 171 Rote Phase [198]

In Abb. 173 sieht man die grundsätzliche Gliederung eines Einsatzstabs. Man unterscheidet 6 Sachgebiete (S1 – S6):

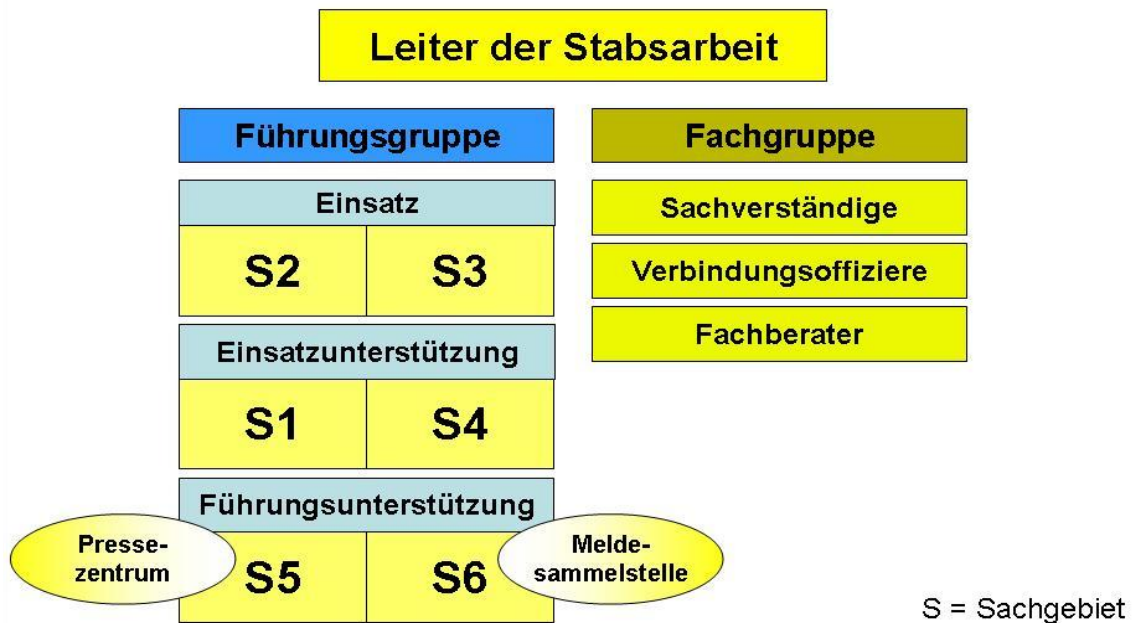


Abb. 172 Gliederung des Einsatzstabes [199]

- Das Sachgebiet S1 umfasst das Personalwesen. Die Aufgaben sind das Erfassen und Organisieren der Einsatzkräfte, sowie das Organisieren des Personals für die Stabsarbeit (Erstellen und Führen des Dienstplanes).
- Das Sachgebiet S2 beschäftigt sich mit der Lagefeststellung, Lagedarstellung, Beurteilung der Lage und der Lageinformation.
- Mit dem Einsatz selbst befasst sich das Sachgebiet 3. Dies beinhaltet die Einsatzplanung und –durchführung sowie das Dokumentieren des Einsatzablaufes.
- Sachgebiet S4 ist zuständig für die Versorgung, darunter fallen: das Organisieren von Fremdleistungen, die Verwaltung und Verrechnung und die ganzheitliche Betreuung.
- Die Öffentlichkeitsarbeit wird von dem Sachgebiet S5 durchgeführt.
- Das Sachgebiet S6 ist für die interne und externe Kommunikation verantwortlich.

Aufgaben des Stabsleiters:

- Vertreten des Einsatzleiters
- Betreuen der Schnittstellen zw. Einsatzleiter und Anderen
- Organisieren der Stabsarbeit

10. Mobiler Hochwasserschutz am Beispiel Krems - Stein

Krems – Stein ist bei einem Hochwasserereignis vor allem durch die Donau gefährdet. Durch die Lage der Donau und die sich dadurch ergebenden langen Vorwarnzeiten kommen hier vor allem Systeme des planmäßigen Hochwasserschutz zum Einsatz.

Für die Hochwasserereignisse in Niederösterreich sind die Donau, der Inn, die Traun und Enns von Bedeutung. Ein geringer Einfluss geht von der Ybbs, der Pielach und der Traisen aus. Auf Grund der Gegensätzlichkeit der einzelnen Einzugsgebiete können entlang der österreichischen Donau das ganze Jahr Hochwasserereignisse auftreten. Zu Extremhochwässern der österreichischen Donau kommt es dann, wenn in allen Einzugsgebieten gleichzeitig über eine längere Zeitspanne Niederschläge abgehen. Betrachtet man die Donauhochwässer statistisch sind die Hochwasserereignisse in den Sommermonaten Juli, August am häufigsten.



Abb. 173 Hochwasser 1954 und nach dem Ausbau auf ein HQ_{100} [200]

Hochwässer Pegelstelle Krems - Stein							
Jahr	1501	1787	1862	1897	1899	1954	1991
Pegelstand (cm)	1070	970	890	895	927	898	906

Tab. 20 Hochwässer Pegelstelle Krems – Stein [201]

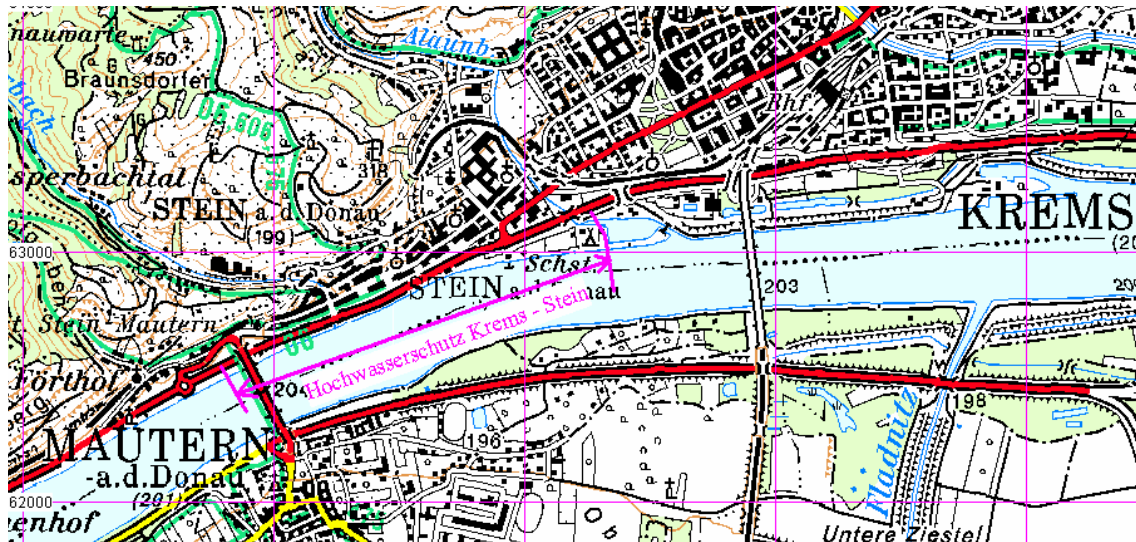


Abb. 174 Hochwasserschutz Krems – Stein [202]

10.1 Bestehender Hochwasserschutz Krems – Stein, 1991 und Maßnahmen für die Zukunft

Das Hochwasser im August 1991 (ca. ein HQ_{25} .) bei dem die bestehenden Schutzeinrichtungen im Ortsteil Stein, die auf ein HQ_{17} ausgelegt waren, überflutet wurden, veranlasste die Vertreter der Stadt Krems über Möglichkeiten nachzudenken, um in Zukunft weitere Katastrophen verhindern zu können.

Die Hochwasserschutzeinrichtungen, die im Zuge der Errichtung des Donaukraftwerkes Altenwörth entstanden, realisierte die Stadt Krems zwischen 1975 und 1978 – wie bereits beschrieben - für ein HQ_{17} . Die darauf basierenden Schutzeinrichtungen bestanden aus Dammeinrichtungen und in städtebaulichen empfindlichen Bereich aus einer ungefähr 1,05 m hohen Natursteinmauer.

Die neuen Schutzeinrichtungen wurden auf ein $HQ_{100} + 30$ cm im Bereich der Mauern und beim Einsatz von mobilen Hochwasserschutzsystemen, sowie auf ein $HQ_{100} + 50$ cm bei Dämmen ausgelegt. Durch die zusätzliche Freibordhöhe von 20 cm würde bei der Überflutung der Hochwasserschutzanlage und Füllung des Polders, das Überströmen der Dämme bzw. ein Dambruch verhindert.

Ein besonderes Augenmerk musste aus der fremdenverkehrstechnischen und städtebaulichen Sicht auf die Altstadt Stein gelegt werden. Dadurch wurde die Verwendung von Dämmen und Mauern von vornherein ausgeschlossen. Dar-

aus ergab sich von selbst die Verwendung von mobilen Hochwasserschutzsystemen.

10.2 Hochwasserschutzsysteme der Stadt Krems – Stein

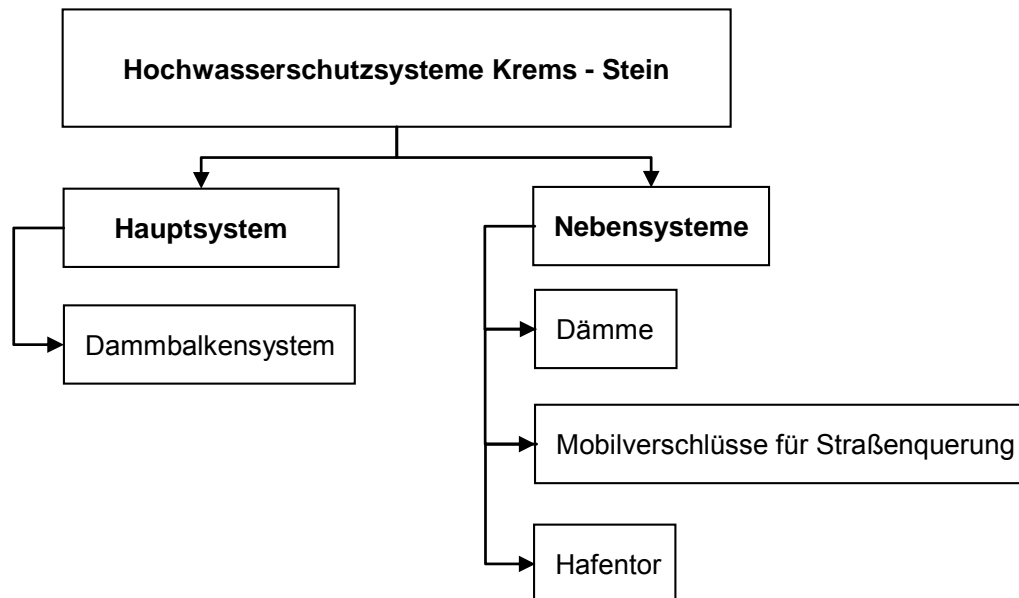


Abb. 175 HW - Schutzsysteme Krems – Stein [203]

In Krems – Stein unterscheidet man zwischen einem Haupt- und einem Nebensystem der Hochwasserschutzsysteme. Das Hauptsystem, ist ein System des planmäßigen Hochwasserschutzes. Es handelt sich hierbei um ein Dammbalkensystem.

Die Nebensysteme sind als eine zweite „Verteidigungslinie“ ausgerichtet. Sie kommen dann zum Einsatz, wenn das Hauptsystem, die mobilen Dammbalken mit einem $> HQ_{100}$ überströmt werden. Die Ausbauhöhe der zweiten Verteidigungslinie ist auf ein HQ_{1000} ausgelegt. Zum Einsatz kommen hier Dämme. Zusätzlich gibt es im Bereich von zwei Straßenquerungen zwei alte Mobilverschlüsse. Diese bestehen aus zwei Stahlstützen, die in dafür gebauten Öffnungen in der Straße eingesetzt werden. Die Öffnung zwischen den Stützen wird mit Holzbalken verschlossen. Als Dichtmaterial wird Lehm zwischen die Holz-

balken gestopft. Dieses System konnte die Altstadt bei dem Donauhochwasser 1991 erfolgreich schützen.

Für den Industriehafen ist ein Hafentor vorgesehen, dass bei einem Hochwasserereignis eingeschoben wird, und dadurch den Hafen gegenüber dem Donauhochwasser sicher verschließt.

Der errichtete Hochwasserschutz bestehend aus festen und mobilen Schutzelementen besitzt eine Länge von 1670 m, wobei davon 890 m aus mobilen Schutzelementen mit einer Regelhöhe von 1,60 m bestehen. Die Baukosten betragen ungefähr 12 Millionen Euro und die Finanzierung erfolgte 50% durch die Republik Österreich, 30% durch das Land Niederösterreich und 20% durch die Stadt Krems selbst.

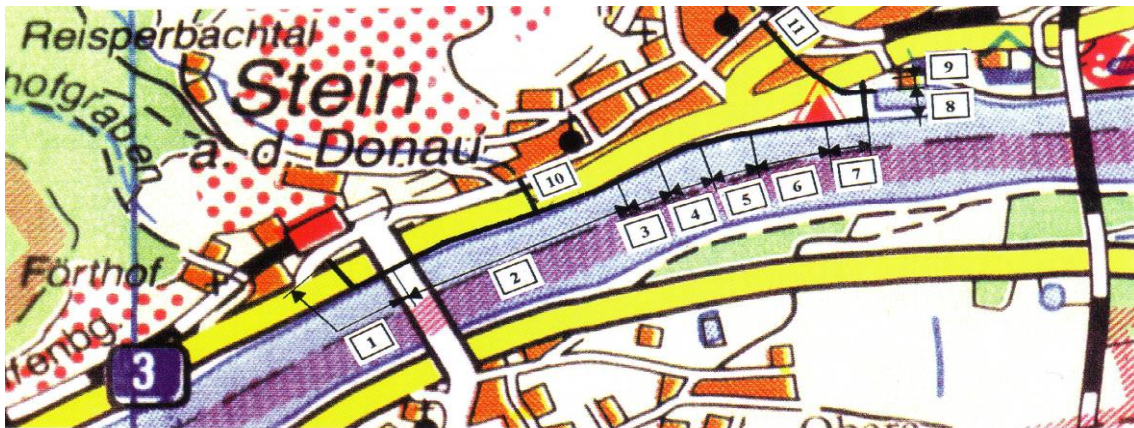


Abb. 176 Übersichtplan der verwendeten HW - Schutzsysteme in Krems - Stein [204]

- 1) Damm + Dammbalkenverschluss
- 2) Mobile Wand auf massiver Wand
- 3) Stützmauer mit Natursteinverkleidung
- 4) Damm
- 5) Mobile Wand
- 6) Damm + Stützmauer
- 7) Stützmauer + Damm + Stützmauer
- 8) Stützmauer + Dammbalkenverschluss
- 9) Damm
- 10) Druckdichte Verbauung Risperbach
- 11) Druckdichte Verbauung Alauntalbach



Abb. 177 Mobiler Hochwasserschutz Krems - Stein im Einsatzfall [205]

10.2.1 Lagerung der mobilen Hochwasserschutz Elemente

Für die Lagerung der mobilen Schutzelemente war die Errichtung einer Lagerhalle notwendig. Um eine große Mobilität und eine verkehrstechnisch günstige Anbindung sicherzustellen wurde ein Standort von in etwa 1 km Entfernung zur Hochwasserschutzanlage gewählt. Diese Halle (1600 m²) wurde als Lagerhalle für die mobilen Schutzelemente verwendet und um ein Katastrophenlager erweitert. Auf 1000 m² lagern 2600 Dammbalken, 247 Stützen und alle erforderlichen Sonderteile.



Abb. 178 Hochwasserschutzlager mit integrierten Katastrophenlager [206]

10.2.2 Kriterien zur Wahl des Hauptsystems

Hauptkriterium bei der Wahl des Schutzsystems war das Ortsbild zu schützen. Daher musste die Verwendung eines mobilen Hochwasserschutzsystems erfolgen. Auf Grund der großen Vorwarnzeiten kann ein planmäßiges System zum Einsatz kommen.

Als man 1994 - 1996 in Krems - Stein den Hochwasserschutz errichtete, waren in Österreich mobile Hochwasserschutzsysteme noch weitgehend unbekannt und es fehlten die diesbezüglichen Erfahrungswerte. Ein wichtiges Auswahlkriterium wurde auf die Logistik gelegt. Es musste ein Schutzsystem sein, das aus wenig Sonderteilen besteht. So wurden verschiedene Varianten, unter anderem auch Schlauchsysteme untersucht, wobei sich das jetzige System dann auf Grund von Referenzen aus Deutschland durchsetzen konnte.

10.2.3 Logistik im Hochwassereinsatz

Alle mobilen Schutzelemente lagern wie bereits erwähnt im Hochwasserschutzlager, das baulich an die Feuerwehrzentrale angeschlossen ist. Kommt es zu einem Hochwasseralarm werden die einzelnen Mobilelemente mittels einem Hubstapler auf LKWs der Feuerwehr, des Bauhofes, und - falls ein rascher Einsatz erforderlich ist - auch auf LKWs des Bundesheeres verladen. Stützen und Dammbalken werden üblicherweise manuell vom LKW in die dafür vorgesehenen Vorrichtungen versetzt.

In der ersten Phase des Hochwassers werden alle tiefliegenden Fußgängerdurchgänge verschlossen. Steigt die Donau weiter an, wird mit dem Aufbau der ca. 900 m langen Hauptwand begonnen. Diese Arbeit wird von Arbeitern des städtischen Bauhofs übernommen, falls eine Verstärkung notwendig ist, wird dies mit vier hauptamtlichen Mitarbeitern und Zivildienern der Feuerwehr bewerkstelligt. In dieser Phase des Hochwassers werden die Stützen angebracht. Steigt nun das Wasser weiter an, beginnt man mit dem Einsetzen der ersten Dammbalken. Je nach Erfordernis werden weitere Dammbalken in die mobile Wand eingesetzt. Das Einschieben der Dammbalken wird meist von der Freiwilligen Feuerwehr unterstützt. Ist auf Grund der Schwere des Hochwassers ein

schnelles Handeln notwendig, arbeiten Mitarbeiter der Gemeinde, der Feuerwehr und des Bundesheeres zusammen. Dies kommt aber nur in seltenen Fällen vor, da die Donauhochwasserprognosen der NÖ. Landesregierung entsprechend vorausschauende und schrittweise Arbeit zum Aufbau zulassen. Während des Aufbaus erfolgt eine Qualitätskontrolle durch Ingenieure des Baurechtssamtes.

Nach dem Hochwasserereignis müssen alle Elementteile gereinigt und überprüft werden. Auch die Sockelmauer, die die Aufnahmeöffnungen der Stützen enthält wird von Schlamm etc. befreit. Danach werden die Öffnungen wieder mit Metalldeckplatten abgedeckt und verschraubt.

10.2.4 Alarm- und Einsatzplanung

Es gibt einen detaillierten Alarmplan, nach dem in Abhängigkeit von den Pegelständen der Donau vorzugehen ist. Die zu treffenden Maßnahmen beinhalten unter anderem:

- Verständigung von Personen
- Zusammentreten des Einsatzleitstabes
- Schließen von Schiebern
- Aufbau der mobilen Hochwasserschutzsysteme

Im Alarmplan ist eindeutig definiert, wann und in welchen Umfang und zu welchem Zeitpunkt sich der Einsatzleitstab zusammenfindet. Der Einsatzleitstab setzt sich aus den Einsatzleitern von Magistrat und Feuerwehr, ergänzt mit Fachkräften des Magistrats, der Ver- und Entsorgungsunternehmen und anderen Einsatzorganisationen zusammen.

Der Alarm- und Einsatzplan wurde im Zuge der Hochwasserschutzprojektierung erstmalig erstellt und im Laufe der Zeit durch die gewonnenen Erfahrungen verbessert bzw. aktualisiert. Auf Grund der Häufigkeit der Donauhochwasserereignisse sind diese Abläufe bewährt und weitgehend zur Routine geworden.

11. Zusammenfassung und Ausblick

Im Zuge der vorliegenden Diplomarbeit wurde ausgehend von der Thematik Hochwasserschutz mit dem Schwerpunkt „Mobiler Hochwasserschutz“ ein umfangreiches Literaturstudium durchgeführt. In den Recherchen wurde besonderes Augenmerk auf Erfahrungen aus Österreich, sowie den Nachbarstaaten Schweiz und Deutschland gelegt. Vor allem aus Deutschland liegt auf dem Gebiet des mobilen Hochwasserschutzes umfangreiche Literatur vor.

Grundsätzlich sollte beim Hochwasserschutz das Hauptaugenmerk auf den passiven Hochwasserschutz gelegt werden, da bei extremen Hochwasserereignissen nur der natürliche Wasserrückhalt im Zusammenspiel mit technischen Kunstbauten ausreichend Sicherheit für die betroffenen Gebiete gewährleisten kann. In diesem Zusammenhang sind vor allem Hochwasserrückhalte- bzw. Retentionsbecken zu nennen.

In vielen Gebieten kann jedoch auf Grund städtebaulicher Aspekte bzw. wegen der teilweise geringen Platzverhältnisse ein passiver technischer Hochwasserschutz nicht realisiert werden. In diesen Gebieten kommen vermehrt Schutzsysteme des mobilen Hochwasserschutzes zum Einsatz. Aus diesem Grund wurden in den letzten Jahren verschiedenste mobile Hochwasserschutzsysteme entworfen, realisiert und aufgrund der gewonnenen Einsatzerfahrungen weiterentwickelt und perfektioniert.

Die vorliegende Diplomarbeit soll nun einen Überblick über die am Markt befindlichen Systeme des mobilen Hochwasserschutzes und ihrer Einsatzmöglichkeiten in verschiedenen Szenarien geben. Generell werden mobile Schutzsysteme gemäß ihrer Einsatzbereitschaft in notfallmäßige und planmäßige Systeme unterteilt:

- Bei kurzen Hochwasservorwarnzeiten kommen vor allem die Systeme für den notfallmäßigen Einsatz zur Anwendung, da diese ortsungebunden eingesetzt werden können und nicht auf dauerhafte Vorkehrungen angewiesen sind. Hier sind in erster Linie Sandsack- bzw. Sandsackersatzsysteme zu nennen. Diese Systeme zeichnen sich durch eine große

Flexibilität und durch eine relativ schnelle Aktivierung aus, sind jedoch in der Schutzhöhe und Wirkung beschränkt.

- Für den planmäßigen Hochwassereinsatz haben sich besonders Damm-balken- und Dammtafelsysteme bewährt. Planmäßige mobile Schutzsysteme sind jedoch für Einsätze an einem bestimmten Ort konzipiert und können im Katastrophenfall nicht anderwärtig eingesetzt werden. Da diese Systeme kraftschlüssig mit dem Untergrund verbunden sind, sind Systemhöhen in Abhängigkeit von Material und Stützweite von bis zu 5 m möglich.

Die Hochwasserkatastrophen der letzten Jahre haben gezeigt, dass in Regionen, wo natürliche Rückhaltungsmöglichkeiten und die Ausführung von passiven technischen Hochwasserschutzmaßnahmen nicht oder nur in eingeschränktem Maße möglich sind, dem Einsatz von mobilen Hochwasserschutzsystemen eine immer größere Bedeutung zugemessen wird. Insofern stellt die vorliegende Arbeit die verschiedenen momentan aktuellen Systeme des mobilen Hochwasserschutz und deren Einsatzmöglichkeiten gesammelt zusammen. In diesem Zusammenhang wäre es zukünftig jedenfalls interessant die einzelnen Systeme in Bezug auf Anschaffungs- und Erhaltungskosten, Personal- und Einsatzkräfteaufwand, sowie die Logistik genauer zu untersuchen um als Entscheidungsgrundlage für mit Hochwasserschutz befasste Personen zu dienen.

Literaturverzeichnis

- Analyse der Hochwasserereignisse vom August 2002-FloodRisk, Kurzfassung, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien April 2005
- Berufsfeuerwehr Graz
- Der Gefahrenzonenplan des forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Abteilung IV 5, Wildbach- und Lawinenverbauung, (2008)
- Die Kraft des Wassers, Richtiger Gebäudeschutz vor Hoch- und Grundwasser, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien 1999, 2. überarbeitete Auflage
- Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz Systeme für den Notfall, T. Egli, März 2004:, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen Bern, Bundesamt für Wasser und Geologie Biel
- Hochwasser, VKF - Publikationen, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen
- Hochwasser – Handbuch Auswirkungen und Schutz, Heinz Patt, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York, 2001
- Hochwasserrisikomanagementpläne nach der EG- Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie, Zeitschrift Wasser und Abfall Jg.: 2008, Nr. 12, 10
- Hochwasserschutzfibel Bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen in hochwassergefährdeten Gebieten, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin 2008, 2. überarbeitete und ergänzte Auflage
- Hochwasserschutz Krems – Stein an der Donau, Präsentation, Hydro Ingenieure, Stein 2007

- Hochwasserschutz Krems – Stein Hochwasser 2002, Spindelberger Kulturtechnik & Wasserwirtschaft
- Hochwasserschutz mit Mobilelementen Studie, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien
- Hochwasserschutz, Ziele - Strategien – Maßnahmen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Sektion Wasser, Wien 2007
- Kommunale Aufgaben des Hochwasserrisikomanagements, H. Geyer, Freistaat Sachsen Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
- Leitlinie für die Durchführung der örtlichen Raumordnung und von Bauverfahren bei Gefährdung durch wasserbedingte Naturgefahren, Amt der Steiermärkischen Landesregierung Fachabteilung 13B – Bau und Raumordnung Fachabteilung 19A – Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft, Graz im Dezember 2008
- Merkblatt Anwendung von Kornfilter an Wasserstraßen (MAK), Bundesanstalt für Wasserbau (BWA)
- Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz, Merkblatt 6/BWK, Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005
- Mobiler Hochwasserschutz als Teil des integrierten Hochwassermanagements, H. Stiefelmeyer, Wien März 2010
- Mobiler Hochwasserschutz Krems – Stein, Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Abt. IX/5, Amt der Nö. Landesregierung, Gruppe Wasser, Abt. Wasserbau, Stadt Krems a. d. Donau, Dezember 1996

- Richtlinie zur Gefahrenzonenausweisung für die Bundeswasserbauverwaltung, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion Wasser, Fassung 2006
- Safety Ratgeber – Hochwasser, Österreichischer Zivilschutzverband (ÖZSV), Wien
- Vorstellung unterschiedlicher mobiler Hochwasserschutz – Systeme, H. Habersack, C. Hauer, Wien März 2010

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Hochwasserganglinie [1]	2
Abb. 2	Skizze zur Entstehung von Hochwasserabflüssen [2]	3
Abb. 3	Graphische Darstellung der Abflussklassen [3]	5
Abb. 4	Pegelstand 05.01.11 in Österreich [4]	7
Abb. 5	Unwetterwarnung Österreich 05.02.2011 [5]	7
Abb. 6	Hochwassermarken [6]	9
Abb. 7	Dynamische Überschwemmung [8]	14
Abb. 8	Statische Überschwemmung [9]	14
Abb. 9	Auswirkungen einer Mure links [10], rechts [11]	15
Abb. 10	Ufererosion [12]	16
Abb. 11	Grundwasseranstieg, nördl. Tullnerfeld [13], Feldvernässung durch Grundwasseraufstieg, Stetteldorf[14]	16
Abb. 12	Beispiel einer Hochwasserabflussuntersuchung der Bundeswasserbauverwaltung [15]	23
Abb. 13	Zusammenhang von Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit als Grundlage der Zonierung [16]	26
Abb. 14	Darstellung eines aktuellen Gefahrenzonenplan [17]	28
Abb. 15	Gefahrenzonenpläne links [18], rechts [19]	29
Abb. 16	Beispiel für einen Flächenwidmungsplan [20]	30
Abb. 17	Übersichtsschema für Maßnahmen bei bekannten wasser- bedingten Naturgefahren [21]	32
Abb. 18	Übersichtsschema betreffend die Auswirkungen von Abfluss- untersuchungen auf Bauland [22]	33
Abb. 19	Übersichtsschema betreffend der Auswirkungen von Abflussuntersuchungen bei der Umwidmung von Freiland [23]	34
Abb. 20	Hochwasserrückhaltebecken [24], Grundablass [25]	37

Abb. 21	Wirkung eines Hochwasserrückhaltebeckens [26]	37
Abb. 22	Oleftalsperre, Deutschland [27]	38
Abb. 23	Speicher Soboth, Österreich [28]	38
Abb. 24	Elbdeich Torgau Glacis- Polbitz [29]	39
Abb. 25	Polder hinter dem Deich Koelhool Friesland, NL [30].....	39
Abb. 26	Überflutungsszenarien 1 [31]	42
Abb. 27	Überflutungsszenarien 2 [32]	42
Abb. 28	Operativer Hochwasserschutz – ein ständiger Kreislauf [33]	44
Abb. 29	Sturmflut 1953 Niederlande, Deichbruch bei Oostdijk [34] und Verwüstungen nach der Flut in Stoofdijk [35]	46
Abb. 30	Bemessungshochwasser [36]	47
Abb. 31	Beispiel zum Verlauf einer Hochwasserschutzlinie [37]	48
Abb. 32	Hochwasserschutzstrategien [38]	50
Abb. 33	Auftrieb und Wasserdruck [39]	52
Abb. 34	Flutung eines Gebäudes [40]	52
Abb. 35	Eintrittsmöglichkeiten von Oberflächenwassern [41]	53
Abb. 36	Maßnahmen gegen Unterspülung [42]	54
Abb. 37	Schutz vor Kanalwasser (Rückstau) [44].....	57
Abb. 38	Schema zur Auswahl einer Hochwasserschutzkonstruktion [46]	57
Abb. 39	Durchfluss- und Wasserstände des hydrograph. Dienstes in der Steiermark [46]	62
Abb. 40	Niederschlagsdaten Steiermark [48]	63
Abb. 41	Fahrplan zur Umsetzung der Hochwasserrisiko – Richtlinie [50]	66
Abb. 42	Risikokreislauf [51]	66
Abb. 43	Integraler Risikomanagementkreislauf [52]	68
Abb. 44	Schematische Darstellung der mobilen HW - Schutzsysteme [53]...	76
Abb. 45	Einteilung der planmäßig mobilen Hochwasserschutzsysteme [54].	77

Abb. 46	Planmäßiges mobiles Hochwasserschutzsystem als Teil einer stationären Hochwasseranlage [55]	78
Abb. 47	Durchführbare Schutzhöhen bei mobilen HWS – Systemen [56]	79
Abb. 48	Dalbenreihe als Schutz vor Schiffsanprall [57]	81
Abb. 49	Binnenseitige Sicherheitszone [58]	82
Abb. 50	Aufbauzeit mobiler HWS – Systeme im Lückenschluss (10m) mit 2 Personen [59]	84
Abb. 51	Aufbau eines Dammbalkensystems [60]	86
Abb. 52	Dammbalkensystem im Hochwasserfall [61]	87
Abb. 53	Dammbalkensystem [62]	87
Abb. 54	Vertikales Dammbalkensystem [63]	87
Abb. 55	Aufbau eines Dammbalkensystems in Linz [64]	88
Abb. 56	Schräge Ausführung eines Dammbalkensystems [65]	89
Abb. 57	Teilende Stütze [67]	90
Abb. 58	Nichtteilende Stütze [68]	91
Abb. 59	Nicht teilende vertikale Mittelstütze, nicht teilende schräge Mittelstütze [69]	91
Abb. 60	Ausführung einer schrägen Eckstütze für Dammbalken [70]	91
Abb. 61	Senkrechte Wandstütze für Dammbalken, schräge Wandstütze für Dammbalken [71]	92
Abb. 62	Verbindung einer Dammbalkentafelwand mit dem Untergrund [72] .	94
Abb. 63	links: Dammbalken – Zwischendichtung rechts: Bodendichtung [73]	94
Abb. 64	Aufbau und Funktionsweise eines Schiebetors [74]	96
Abb. 65	Schiebetorsysteme: links [75], rechts [76]	97
Abb. 66	Schwenktor [77]	97
Abb. 67	Aufbau eines Schwenktors [78]	98

Abb. 68	Draufsicht eines Schwenktors und eines Stemmtors [79]	98
Abb. 69	Stemmtor im geschlossenen und geöffneten Zustand [80]	99
Abb. 70	Hubschwenktor [81].....	99
Abb. 71	Darstellung eines geöffneten Senktors [82].....	100
Abb. 72	Senktor aus Verbundglasplatte, [83]	100
Abb. 73	Geöffnetes Klapptor [84]	101
Abb. 74	Darstellung einer Klappwand [85].....	103
Abb. 75	Klappwand [86]	103
Abb. 76	Klappwand im Einsatz und in Normalposition, Oberfläche ist der Umgebung angepasst [87]	104
Abb. 77	Hochwasserrückhaltebecken in Form einer Klappwand [88].....	104
Abb. 78	Manuell aufklappbares Wandsystem [89].....	105
Abb. 79	Ausführung einer Klappwand als Kragarm [90]	106
Abb. 80	Ruhe- und Einsatzzustand eines aufschwimmenden Systems [91]	107
Abb. 81	Aufschwimmendes, klappbares Wandsystem, im Einsatz und im Ruhezustand [92]	110
Abb. 82	Aufbau eines Schlauchwehrsystems [93].....	111
Abb. 83	Schlauchwehrsystem im Hochwasser- und im Normalfall [94]	112
Abb. 84	Luftbefülltes Schlauchwehrsystem [95]	112
Abb. 85	Luftgefülltes Schlauchwehrsystem als Ölsperre, Trockenübung [96]	113
Abb. 86	Befestigung und Befüllung eines Schlauchsystems (Luftbefüllung) [97]	115
Abb. 87	Einsatzbilder eines luftbefüllten Schlauchsystems [98]	115
Abb. 88	Wasserbefülltes Schlauchsystem [99].....	115
Abb. 89	Darstellung eines Kofferwehrs [100].....	116

Abb. 90	Darstellung einer senkrechten und schrägen Glaswand- element [101]	117
Abb. 91	Aufstockung einer Schwergewichtsmauer mit 40 cm Glaswand- system in Köln Westhoven am Rhein um das geforderte Schutz- ziel zu erreichen [102]	118
Abb. 92	Standsicherheitsnachweise am planmäßigen mobilen HWS - System [103].....	119
Abb. 93	Schematische Darstellung der mögliche Lastannahmen [104].....	120
Abb. 94	Statischer Wasserdruck [105]	121
Abb. 95	Strömungsdruck bzw. Definition Anströmwinkel δ [106].....	122
Abb. 96	Ersatzlast für Wellendruck, Wellendruckbelastung allg. [107].....	123
Abb. 97	Überhöhung ΔH des horizontalen WS H_0 am Fließgewässer- außenbogen [108].....	124
Abb. 98	Ersatz des statischen Systems durch eine Feder mit Feder- steifigkeit c_F [109]	125
Abb. 99	Ansatz für Windbelastung [111]	126
Abb. 100	Ansatz für Personenlast [112]	126
Abb. 101	Ansatz für die Ersatzlast als Gleichstreckenlast für Fahrzeug- anprall [113]	127
Abb. 102	Polderseitiger Wasserdruck [114].....	128
Abb. 103	Lastfallkombinationen für den Grenzzustand der Tragfähig- keit [115].....	129
Abb. 104	Gliederung der geotechnischen Nachweise [116]	131
Abb. 105	Probleme, die bei der geotechnischen Standsicherheit auftreten können [117]	132
Abb. 106	Einwirkungen bei Bemessungshochwasser [119]	135
Abb. 107	Einwirkungen bei ablaufender Welle [120]	135
Abb. 108	Gründung mit mobilen HWS – Anlage [122].....	138

Abb. 109	Wasserseitige Böschung mit mobiler Schutzwand [123]	139
Abb. 110	Erosionsgrundbruch, Universität Leipzig [123]	140
Abb. 111	Durchlässiger, geschichteter, erosionsanfälliger Untergrund mit einer mobilen HWS – Anlage [125].....	141
Abb. 112	Systeme des notfallmäßigen mobilen HW - Schutzes [129].....	147
Abb. 113	Systemskizze Schalungsbretter mit Armierungseisen gehalten [130], Einsatz von Schalungsbretter gesichert mit Sand- säcken [131].....	148
Abb. 114	Konstruktionsformen von Masseelementen [132]	149
Abb. 115	Sandsackdamm [134].....	150
Abb. 116	Aufbau eines Sandsackwall [135], Graz – Andritz [136].....	151
Abb. 117	Aufgestapelte Tandemsandsackwand [137].....	152
Abb. 118	Tandemsandsack leer, befüllt [138].....	152
Abb. 119	Aufbau einer Stellwand mit Europaletten [139]	153
Abb. 120	Stellwandsystem mit Europaletten [140]	153
Abb. 121	Stellwandsystem mit Europaletten im Einsatzfall [141]	154
Abb. 122	Aufbau einer Stellwand mit metallischen Wandelementen [142]....	155
Abb. 123	Stellwandsystem mit Dammbalken, keine Dichtfolie erforderlich [143]	155
Abb. 124	Stellwandsystem mit Metalltafeln, Dichtfolie erforderlich [144].....	155
Abb. 125	Winkelwand Ekosystem. Fa. Kossbiel – Traismauer [145].....	157
Abb. 126	Dreieckswand, Fa. Stari – Gumpoldskirchen [146].....	158
Abb. 127	Offenes Behältersystem [147]	158
Abb. 128	Behältersystemformen [148]	159
Abb. 129	Offenes Behältersystem [149]	159
Abb. 130	Klappsystem [150], [151].....	160
Abb. 131	Aufbau eines Schlauchsystem [152]	161

Abb. 132 Geschlossenes Behältersystem, schlauchförmig [153]	161
Abb. 133 Geschlossener Behälter [154]	162
Abb. 134 Aufbau eines Trapezsystem [155]	162
Abb. 135 Trapezförmig geschlossenes Behältersystem [156]	163
Abb. 136 Geschlossenes Behältersystem im Hochwassereinsatz [157]	163
Abb. 137 Arbeitsschritte für den Aufbau bzw. Entleerung eines geschlossenen Behältersystems Trapezform [158]	164
Abb. 138 Darstellung eines Erdwallaufbaus [159]	165
Abb. 139 Hydrostatischer Wasserdruck [161]	168
Abb. 140 Hydrodynamische Einwirkung mit Anströmwinkel α [162]	169
Abb. 141 Ersatzlastannahmen bei Wellendruck [163]	169
Abb. 142 Gleichlastannahmen bei Personeneinwirkung [164]	170
Abb. 143 Gleiten [165]	170
Abb. 144 Kippen [166]	170
Abb. 145 Stabilitätsversagen [167]	171
Abb. 146 Undichtheit [168]	171
Abb. 147 Überströmen [169]	171
Abb. 148 Rückstau, Qualm- und Grundwasser [170]	172
Abb. 149 Strömungsumlenkung bzw. Ableiten des Hochwassers [171]	173
Abb. 150 Ringschutz bei einer Muldenlage [172]	174
Abb. 151 Sperren von Abflüssen auf Straßen [173]	175
Abb. 152 Linienschutz bei großen Flächengewässern Seen [174]	176
Abb. 153 Linienschutz bei Fließgewässern mit einem geringen bis mittleren Gefälle [175]	177
Abb. 154 Linienschutz bei Fließgewässer mit großen Gefälle [176]	178
Abb. 155 Stauen von Fließgewässer [177]	179
Abb. 156 Rückhalt von Flüssigkeiten [178]	180

Abb. 157 Schema von gestaffelte und sich überschneidende Zeitkomponenten und Arbeitsschritte bei der Bereitstellung einer mobilen Hochwasserschutzanlage (Dammbalkensystem) [180].....	184
Abb. 158 Aufbauzeit mobiler HWS – Systeme im Linienschutz [181].....	187
Abb. 159 Aufbauzeit mobiler HWS – Systeme im Lückenschluss [182]	187
Abb. 160 Betriebsplan – örtlicher HWS – Katastrophenschutz [183].....	193
Abb. 161 Ringnetzsystem [186].....	197
Abb. 162 Nabe – Speiche – System [187].....	197
Abb. 163 Standorte der Sandsackdepots der Stadt Graz [190].....	203
Abb. 164 Sandsackdepot 42, Sandsackdepot 16 [191].....	204
Abb. 165 Sandsackbefüllungsmaschine der Stadt Graz [192].....	204
Abb. 166 Pegelmessstandorte Graz [193].....	205
Abb. 167 Eingebaute Pegelmessstelle [194].....	205
Abb. 168 Allg. Maßnahmenplan der Stadt Graz bei einem HW - Ereignis [195]	206
Abb. 169 Grüne Phase bzw. Vorwarnstufe I [196].....	207
Abb. 170 Gelbe Phase bzw. Vorwarnstufe II [197]	208
Abb. 171 Rote Phase [198].....	208
Abb. 172 Gliederung des Einsatzstabes [199].....	209
Abb. 173 Hochwasser 1954 und nach dem Ausbau auf ein HQ ₁₀₀ [200].....	211
Abb. 174 Hochwasserschutz Krems – Stein [202].....	212
Abb. 175 HW - Schutzsysteme Krems – Stein [203]	213
Abb. 176 Übersichtplan der verwendeten HW - Schutzsysteme in Krems - Stein [204].....	214
Abb. 177 Mobiler Hochwasserschutz Krems - Stein im Einsatzfall [205].....	215
Abb. 178 Hochwasserschutzlager mit integrierten Katastrophenschutzlager [206] .	215

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Größte gemessene Niederschläge [7].....	11
Tab. 2	Baustoffe hinsichtlich ihrer Wasserempfindlichkeit [43].....	56
Tab. 3	Wasserstände in der Steiermark [47]	62
Tab. 4	Durchflüsse in der Steiermark [49].....	63
Tab. 5	Gewicht abhängig von der Systemhöhe [66].....	89
Tab. 6	Ersatzlasten für Treibgutaufprall [kN] [110]	125
Tab. 7	Einordnung mob. HWS-Elemente in geotechn. Kategorien [118]...	133
Tab. 8	Zu berücksichtigende Lastfälle für den Grenzzustand GZ [121].....	136
Tab. 9	Aufstellung der geotechn. NW für mobile Hochwasserschutzsysteme der geotechn. Kategorien GK2 und GK3 [126].....	142
Tab. 10	Beschädigungen mobiler planmäßiger Hochwasserschutzsysteme bei unterschiedlicher Gefährdungsmöglichkeiten [127]	143
Tab. 11	Unterschiede zw. einem notfallmäßigen oder geplanten notfallmäßigen Einsatz [128].....	145
Tab. 12	Aufwand zu Erstellung eines Linienschutzes mit Hilfe eines Massesystems [133].....	149
Tab. 13	Max. Stauhöhen, Personalbedarf und Anschaffungskosten notfallmäßiger Hochwasserschutzsysteme [160]	166
Tab. 14	Systemeignung nach notfallmäßigen Einsatzszenarien [179]	181
Tab. 15	Meldestufen in der Alarmplanung [188].....	190
Tab. 16	Einflussfaktoren der Logistik [184].....	196
Tab. 17	Vorwarnzeiten bei einem notfallmäßigen HW-Einsatz [185].....	196
Tab. 18	Lagerplatzbedarf abhängig vom Lagerplatzbedarf [188]	199
Tab. 19	Verwendete mobile Hochwasserschutzsysteme in Graz [189].....	202
Tab. 20	Hochwässer Pegelstelle Krems – Stein [201].....	211

Literaturverzeichnis zu verwendeten Abb. und Tab.

- [1] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien 1999, 2. überarbeitete Auflage: „Die Kraft des Wassers, Richtiger Gebäudeschutz vor Hoch- und Grundwasser“, S 6
- [2] Heinz Patt, 2001: „Hochwasser – Handbuch Auswirkungen und Schutz“, S 13, Springer Verlag Berlin Heidelberg New York
- [3] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 09.03.2009: www.wassernet.at/filemanager/download/45475/ : „Pegel – Aktuell – ein Service der Hydrographie Österreichs, S 2
- [4] http://pegel-aktuell.lfrz.at/frames/index.php?PHPSESSID=8aab49bf77df8c5d2047a725ea95878c&145=true&gui_id=eHYD, Graz am 05.01.2011
- [5] 05.02.2011: http://www.uwz.at/at/de/alle_warnungen, Österreichische Umweltzentrale, Graz im Februar 2011
- [6] Holger Gruber 22.10.2004, 2011: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hochwassermarken_Hann_Muenden.jpg, Graz im Jänner 2011
- [7] Heinz Patt, 2001: „Hochwasser – Handbuch Auswirkungen und Schutz“, S 16, Springer Verlag
- [8] Hochwasser Laufen, August 2007, <http://lifehack.ch/page/5/?nggpage=3&pageid=154>, hochwasserLaufen_010.jpg, Graz im Jänner 2011
- [9] Studio S, Fotograf in Dresden, <http://www.dresden.citymap.de/01094100/hochwasser-vom-august-2002-dresden>, Graz im Jänner 2011
- [10] Lebensministerium, <http://www.generationblue.at/article/archive/28938/>, Graz im Jänner 2011
- [11] http://www.wwa-ke.bayern.de/alpine_naturgefahren/gefahren_im_alpenraum/index.htm, Graz im Jänner 2011
- [12] Ufererosion in Graubünden Bild 1, <http://www.gra-nat.ch/ereignisse-hochwasser-ufererosion>, Graz im Jänner 2011

- [13] Interessensgemeinschaft Grundwasserproblematik nördl. Tullnerfeld
08.03.2009: Grundwasseralarm1, <http://www.absdorf.at/grundwasser/Zeitraffer2009.htm>, Graz im Jänner 2011
- [14] Interessensgemeinschaft Grundwasserproblematik nördl. Tullnerfeld,
04.03.2009: Feldvernässung3_März2009, <http://www.absdorf.at/grundwasser/Zeitraffer2009.htm>, Graz im Jänner 2011
- [15] Amt der Steiermärkischen Landesregierung Fachabteilung 13B – Bau und Raumordnung Fachabteilung 19A – Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft, Graz im Dezember 2008: „Leitlinie für die Durchführung der örtlichen Raumordnung und von Bauverfahren bei Gefährdung durch wasserbedingte Naturgefahren“, S 5
- [16] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Sektion Wasser, Wien 2007: „Hochwasserschutz, Ziele - Strategien – Maßnahmen“, S 34
- [17] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Sektion Wasser, Wien 2007: „Hochwasserschutz, Ziele - Strategien – Maßnahmen“, S 35
- [18] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Abteilung IV 5, Wildbach- und Lawinenverbauung, (2008): „Der Gefahrenzonenplan des forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung, <http://www.forstnet.at/article/articleview/16333/1/12681>, Graz Jänner 2011
- [19] Amt der Steiermärkischen Landesregierung Fachabteilung 13B – Bau und Raumordnung Fachabteilung 19A – Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft, Graz im Dezember 2008: „Leitlinie für die Durchführung der örtlichen Raumordnung und von Bauverfahren bei Gefährdung durch wasserbedingte Naturgefahren“, S 5
- [20] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien 1999, 2. überarbeitete Auflage: „Die Kraft des Wassers, Richtiger Gebäudeschutz vor Hoch- und Grundwasser“, S 8

- [21] Amt der Steiermärkischen Landesregierung Fachabteilung 13B – Bau und Raumordnung Fachabteilung 19A – Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft, Graz im Dezember 2008: „Leitlinie für die Durchführung der örtlichen Raumordnung und von Bauverfahren bei Gefährdung durch wasserbedingte Naturgefahren“, S 7
- [22] Amt der Steiermärkischen Landesregierung Fachabteilung 13B – Bau und Raumordnung Fachabteilung 19A – Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft, Graz im Dezember 2008: „Leitlinie für die Durchführung der örtlichen Raumordnung und von Bauverfahren bei Gefährdung durch wasserbedingte Naturgefahren“, S 9
- [23] Amt der Steiermärkischen Landesregierung Fachabteilung 13B – Bau und Raumordnung Fachabteilung 19A – Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft, Graz im Dezember 2008: „Leitlinie für die Durchführung der örtlichen Raumordnung und von Bauverfahren bei Gefährdung durch wasserbedingte Naturgefahren“, S 8
- [24] http://www.strassenkatalog.de/panoramio/Hochwasserr_ckhaltebecken_Zauckerode_II_19_04_2009_,21393801.html, Graz im Jänner 2011
- [25] http://www.strassenkatalog.de/panoramio/Hochwasserr_ckhaltebecken_Zauckerode_II_19_04_2009_,21393801.html, Graz im Jänner 2011
- [26] D. Vischer, A. Huber, 1993: „Wasserbau“, fünfte Auflage, S 291, Springer Verlag
- [27] <http://www.wver.de/talsperren/oleftalsperre.php>, Graz im März 2011
- [28] http://konzern.kelag.at/content/page_9315.jsp, Graz im März 2011
- [29] <http://www.geotechnik-goetz.de/bergbau.htm>, Graz im Februar 2011
- [30] http://www.zeeinzicht.nl/vleet/index-dui.php?use_template=vleet_template.html&item=see&pageid=polder-d.htm
- [31] Amt der Steiermärkischen Landesregierung Fachabteilung 13B – Bau und Raumordnung Fachabteilung 19A – Wasserwirtschaftliche Planung

- und Siedlungswasserwirtschaft, Graz im Dezember 2008: „Leitlinie für die Durchführung der örtlichen Raumordnung und von Bauverfahren bei Gefährdung durch wasserbedingte Naturgefahren“, S 11
- [32] Amt der Steiermärkischen Landesregierung Fachabteilung 13B – Bau und Raumordnung Fachabteilung 19A – Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft, Graz im Dezember 2008: „Leitlinie für die Durchführung der örtlichen Raumordnung und von Bauverfahren bei Gefährdung durch wasserbedingte Naturgefahren“, S 12
- [33] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Sektion Wasser, Wien 2007: „Hochwasserschutz, Ziele - Strategien – Maßnahmen“, S 22
- [34] <http://www.uni-muenster.de/HausDerNiederlande/zentrum/Projekte/Schul-projekt/Lernen/Wasser/20/30.html>
- [35] <http://www.uni-muenster.de/HausDerNiederlande/zentrum/Projekte/Schul-projekt/Lernen/Wasser/20/30.html>
- [36] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien 1999, 2. überarbeitete Auflage: „Die Kraft des Wassers, Richtiger Gebäudeschutz vor Hoch- und Grundwasser“, S 10
- [37] Heinz Patt, 2001: „Hochwasser – Handbuch Auswirkungen und Schutz“, S 249, Springer Verlag
- [38] http://www.noezsv.at/frame/notfaelle_was_tun/hochwasser/frame.htm
- [39] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin 2008: „Hochwasserschutzfibel Bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen in hochwassergefährdeten Gebieten“, 2. überarbeitete und ergänzte Auflage, S 10
- [40] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin 2008: „Hochwasserschutzfibel Bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen in

- hochwassergefährdeten Gebieten“, 2. überarbeitete und ergänzte Auflage, S 11
- [41] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin 2008: „Hochwasserschutzfibel Bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen in hochwassergefährdeten Gebieten“, 2. überarbeitete und ergänzte Auflage, S 11
- [42] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin 2008: „Hochwasserschutzfibel Bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen in hochwassergefährdeten Gebieten“, 2. überarbeitete und ergänzte Auflage, S 12
- [43] Österreichischer Zivilschutzverband (ÖZSV), Wien: „Safety Ratgeber – Hochwasser“, S 22
- [44] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin 2008: „Hochwasserschutzfibel Bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen in hochwassergefährdeten Gebieten“, 2. überarbeitete und ergänzte Auflage, S 18
- [45] Heinz Patt, 2001: „Hochwasser – Handbuch Auswirkungen und Schutz“, S 295, Springer Verlag
- [46] http://app.hydrographie.steiermark.at/bilder/Internet_online/Index_pub.htm, Graz im Jänner 2011
- [47] http://app.hydrographie.steiermark.at/bilder/Internet_online/Index_pub.htm, Graz im Jänner 2011
- [48] http://app.hydrographie.steiermark.at/bilder/Internet_online/Index_pub.htm, Graz im Jänner 2011
- [49] http://app.hydrographie.steiermark.at/bilder/Internet_online/Index_pub.htm, Graz im Jänner 2011
- [50] H. Stiefelmeyer, Wien März 2010: „Mobiler Hochwasserschutz als Teil des integrierten Hochwassermanagements“, S 7

- [51] H. Stiefelmeyer, Wien März 2010: „Mobiler Hochwasserschutz als Teil des integrierten Hochwassermanagements“, S 3
- [52] http://naturgefahren.michaelbalzer.ch/unwetterkommission_valzeina.html
, Graz im Jänner 2011
- [53] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK
- [54] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK
- [55] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 14
- [56] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 16
- [57] <http://www.niederrhein-maas.de/645,0,duisburg-innenhafen,index,0.php?PHPSESSID=vavcqftiqj0urf9mklmr8266i1>, Graz im Jänner 2011
- [58] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 19
- [59] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 17
- [60] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 25

- [61] http://www.sistag.ch/content/produkte/typ_detail_ch.asp?Path=3;19;4;93, Graz im Februar 2011
- [62] <http://www.hochwasserschutz.de/de/produktbereiche/hochwasserschutz-tueren-fenster.php>, Graz im Februar 2011
- [63] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 26
- [64] <http://www.hochwasserschutz.de/de/referenzen-aktuelles.php>, 2005 Referenzen Linz, Graz im Februar 2011
- [65] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 26
- [66] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK
- [67] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 28
- [68] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 29
- [69] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 29
- [70] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 30

- [71] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 30
- [72] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 35
- [73] <http://www.hochwasserschutz.de/de/produktbereiche/dichttechnik.php>, Graz im Februar 2011
- [74] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 38
- [75] http://www.silberbauer.cc/aquatronic/Hochwasserschutz/Tueren_und_Tore/, Graz im Jänner 2011
- [76] <http://www.hws-technologie.de/flutschutzanlagen-hamburg.htm>, Graz im Jänner 2011
- [77] http://www.silberbauer.cc/aquatronic/Hochwasserschutz/Tueren_und_Tore/, Graz im Februar 2011
- [78] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 40
- [79] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 41
- [80] <http://www.hochwasserschutz.de/de/produktbereiche/stahlwasserbautore.php>, Graz im Februar 2011
- [81] <http://www.hochwasserschutz.de/de/produktbereiche/stahlwasserbautueren.php>, Graz im Februar 2011

- [82] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 42
- [83] <http://www.hws-technologie.de/geschaefthaus-locarno.htm>, Graz im Februar 2011
- [84] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 43
- [85] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 44
- [86] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin 2008: „Hochwasserschutzfibel Bauliche Schutz- und Vorsorgemaßnahmen in hochwassergefährdeten Gebieten“, 2. überarbeitete und ergänzte Auflage, S 37
- [87] <http://www.hws-technologie.de/objektschutz-residenza.htm>, Graz im Jänner 2011
- [88] <http://www.hws-technologie.de/hochwasserrueckhaltebecken-sinsheim.htm>, Graz im Jänner 2011
- [89] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 45
- [90] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 47
- [91] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 48

- [92] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 51
- [93] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 53
- [94] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 53
- [95] <http://www.ast-scott.ch/index.asp?l=1&p=90>, Graz im Jänner 2011
- [96] <http://www.ast-scott.ch/index.asp?l=1&p=90>, Graz im Jänner 2011
- [97] <http://www.wassermair.com/images/VARIOWALL-D.pdf>, S 8, 10, Graz im Jänner 2011
- [98] <http://www.wassermair.com/images/VARIOWALL-D.pdf>, S 14, 17, Graz im Jänner 2011
- [99] <http://www.mobildeich.de/referenz.php>, Graz im Jänner 2011
- [100] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien: „ Hochwasserschutz mit Mobilelementen Studie“, S 95
- [101] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 55
- [102] <http://www.hochwasserschutz.de/de/pdf/westhoven.pdf>, Graz im Jänner 2011
- [103] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK

- [104] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK
- [105] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 59
- [106] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 60
- [107] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 62
- [108] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 61
- [109] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 64
- [110] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 64
- [111] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 65
- [112] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 66

- [113] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 66
- [114] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 67
- [115] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 69
- [116] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK
- [117] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 73
- [118] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 75
- [119] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 77
- [120] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 77
- [121] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 78

- [122] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 79
- [123] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 80
- [124] Erosionsgrundbruch, Universität Leipzig
- [125] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 82
- [126] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 84 - 85
- [127] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 113
- [128] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 134
- [129] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK
- [130] H. Habersack, C. Hauer, Wien März 2010: „Vorstellung unterschiedlicher mobiler Hochwasserschutz – Systeme“, S 16
- [131] W. Koren, http://www.kleinezeitung.at/steiermark/grazumgebung/stattegg/multimedia.do?action=showEntry_detail&project=4&id=56421, Graz im Jänner 2011

- [132] T. Egli, März 2004: „Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz Systeme für den Notfall“, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen Bern, Bundesamt für Wasser und Geologie Biel, S 20
- [133] T. Egli, März 2004: „Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz Systeme für den Notfall“, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen Bern, Bundesamt für Wasser und Geologie Biel, S 20
- [134] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 140
- [135] http://www.hochwasser-schutz.ch/new/index.php?option=com_content&view=article&id=60&Itemid=75, Graz im Februar 2011
- [136] W. Koren, http://www.kleinezeitung.at/steiermark/grazumgebung/stattegg/multimedia.do?action=showEntry_detail&project=4&id=56421, Graz im Jänner 2011
- [137] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 140
- [138] <http://www.swissfireshop.ch/showProduct.cfm?GroupID=64&ArtikelID=22>, Graz im Jänner 2011
- [139] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 141
- [140] <http://www.rs-stepanek.de/?23/AquaBarrier>, Graz im Jänner 2011
- [141] <http://www.rs-stepanek.de/?23/AquaBarrier>, Graz im Jänner 2011
- [142] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 142

- [143] <http://www.hochwasserschutz.de/de/pdf/neu/Regensburg.pdf>, S 2, Graz im Jänner 2011
- [144] <http://www.hs-silberbauer.at/hochwasserschutz-mobiles-plattensystem.php>, Graz im Jänner 2011
- [145] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien: „Hochwasserschutz mit Mobilelementen Studie“, S 56
- [146] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien: „Hochwasserschutz mit Mobilelementen Studie“, S 59
- [147] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 143
- [148] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien: „Hochwasserschutz mit Mobilelementen Studie“, S 105
- [149] <http://www.silberbauer.cc/aquatronic/Hochwasserschutz/Big-Bags/>, Graz im Februar 2011
- [150] <http://www.megasecur.com/pictures.php>, Graz im Februar 2011
- [151] http://www.hochwasser-schutz.ch/galerie_wassersperr/, Graz im Februar 2011
- [152] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 145
- [153] <http://www.oeko-tec.de/pages/de/noaq.html>, Graz im Jänner 2011
- [154] http://www.hochwasser-schutz.ch/new/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=89, Graz im Februar 2011
- [155] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 145

- [156] <http://www.schlauchmarty.ch/Frames/HWSBehaeltertechnik.html>, Graz im Februar 2011
- [157] <http://www.schlauchmarty.ch/Frames/HWSFotos.html>, Graz im Februar 2011
- [158] <http://www.schlauchmarty.ch/Frames/HWSBehaeltertechnik.html>, Graz im Februar 2011
- [159] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien: „Hochwasserschutz mit Mobilelementen Studie“, S 108
- [160] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 146
- [161] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 147
- [162] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 147
- [163] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 147
- [164] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 148
- [165] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 148

- [166] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 148
- [167] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 148
- [168] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 148
- [169] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 148
- [170] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 148
- [171] T. Egli, März 2004: „Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz Systeme für den Notfall“, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen Bern, Bundesamt für Wasser und Geologie Biel, S 7
- [172] T. Egli, März 2004: „Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz Systeme für den Notfall“, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen Bern, Bundesamt für Wasser und Geologie Biel, S 8
- [173] T. Egli, März 2004: „Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz Systeme für den Notfall“, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen Bern, Bundesamt für Wasser und Geologie Biel, S 9
- [174] T. Egli, März 2004: „Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz Systeme für den Notfall“, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen Bern, Bundesamt für Wasser und Geologie Biel, S 10

- [175] T. Egli, März 2004: „Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz Systeme für den Notfall“, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen Bern, Bundesamt für Wasser und Geologie Biel, S 11
- [176] T. Egli, März 2004: „Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz Systeme für den Notfall“, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen Bern, Bundesamt für Wasser und Geologie Biel, S 12
- [177] T. Egli, März 2004: „Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz Systeme für den Notfall“, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen Bern, Bundesamt für Wasser und Geologie Biel, S 13
- [178] T. Egli, März 2004: „Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz Systeme für den Notfall“, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen Bern, Bundesamt für Wasser und Geologie Biel, S 14
- [179] T. Egli, März 2004: „Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz Systeme für den Notfall“, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen Bern, Bundesamt für Wasser und Geologie Biel, S 27 - 28
- [180] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 92
- [181] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 96
- [182] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 96
- [183] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 87

- [184] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 89 - 90
- [185] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 149
- [186] T. Egli, März 2004: „Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz Systeme für den Notfall“, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen Bern, Bundesamt für Wasser und Geologie Biel, S 16
- [187] T. Egli, März 2004: „Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz Systeme für den Notfall“, Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen Bern, Bundesamt für Wasser und Geologie Biel, S 16
- [188] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 99
- [189] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., Dezember 2005: „ Mobile Hochwasserschutzsysteme Grundlagen für Planung und Einsatz“, Merkblatt 6/BWK, S 101
- [190 – 199] Berufsfeuerwehr Graz
- [200] Hydro Ingenieure, Stein 2007: „Hochwasserschutz Krems – Stein an der Donau“, Präsentation, S 2, 11
- [201] Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Abt. IX/5, Amt der Nö. Landesregierung, Gruppe Wasser, Abt. Wasserbau, Stadt Krems a. d. Donau, Dezember 1996: „Mobiler Hochwasserschutz Krems – Stein“
- [202] Spindelberger Kulturtechnik & Wasserwirtschaft: „Hochwasserschutz Krems – Stein Hochwasser 2002“, S 1
- [203] Hydro Ingenieure, DI Seitz, März 2011

- [204] Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Abt. IX/5, Amt der Nö. Landesregierung, Gruppe Wasser, Abt. Wasserbau, Stadt Krems a. d. Donau, Dezember 1996: „Mobiler Hochwasserschutz Krems – Stein“
- [205] Hydro Ingenieure, Stein 2007: „Hochwasserschutz Krems – Stein an der Donau“, Präsentation, S 9, 10
- [206] Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Abt. IX/5, Amt der Nö. Landesregierung, Gruppe Wasser, Abt. Wasserbau, Stadt Krems a. d. Donau, Dezember 1996: „Mobiler Hochwasserschutz Krems – Stein“

Anhang

Stadt Graz Feuerwehr: „Maßnahmenplan – Hochwasser Mur“

MAßNAHMENPLAN Hochwasser - Mur

Grundsätzlich werden alle Maßnahmen aufgrund der Pegelstände im Bereich der Puntigamer Brücke und der Wartingergasse (korrelieren nach den derzeitigen Erfahrungen) gesetzt. Die Maßnahmen sind so kalkuliert, dass eine Sicherheitsreserve von zusätzlichen 200 m³/sec. Wassermenge gegeben ist. Dies vor allem in Hinblick auf besonders starkes Treibgut bzw. auf gleichzeitig starke Regenfälle im Bereich der Bäche von Graz.

Pegelstand 4,10 m:

Zum Vergleich:

HQ 1 = Pegelstand 4,30 m;

Wassermenge im Bereich der Murinsel: 430 m³/sec.; Seehöhe: 344,8 m

Durchführung der Maßnahmen:

Katastrophenschutz und Feuerwehr, bzw. Weiterleitung von Aufträgen
Während der Dienstzeit wird die Bau- und Anlagenbehörde verständigt, außerhalb der Dienstzeit der Einsatz- und Katastrophenbereitschaftsdienst

Zu treffende Maßnahmen:

- Sperrung Muruferpromenade
- Räumung und Kontrollgang auf der Muruferpromenade
- Der Liftbetrieb wird so geschaltet, dass er nur mehr bis zur Plattform der Murinsel möglich ist
- Meldung an die Bundespolizei zwecks regelmäßiger Kontrollen der Muruferpromenadensperrung
- Der Zugang für Wassersportler zur Mur wird nur mehr über das Bootshaus im Bereich Marburger Kai gestattet
- Kontaktaufnahme mit Landeswarnzentrale und Hydrographie (Wiedereröffnung nur nach Rücksprache mit Hydrographie)

Pegelstand 5,00 m:

Durchführung der Maßnahmen:

Katastrophenschutz und Feuerwehr, bzw. Weiterleitung von Aufträgen
Während der Dienstzeit wird die Bau- und Anlagenbehörde verständigt, außerhalb der Dienstzeit der Einsatz- und Katastrophenbereitschaftsdienst

Verständigung:

Bürgermeister, Stadtsenatsreferentin der Abteilung Katastrophenschutz und Feuerwehr, Sachverständiger des Straßenamtes, Landeswarnzentrale und Hydrographie

Zu treffende Maßnahmen:

- Sperrung des Radweges am rechten Murofer Höhe Pongratz-Moore-Steg
- Vorwarnung für Räumung der Murinsel
- Sperrung der Radunterführungen bei der Berta-von-Suttner-Brücke (linkes Murofer) und Eisenbahnbrücke (rechtes Murofer)
- Sperre Puchsteg
- Sperre beider Radunterführungen bei der Puntigamer Brücke
- Sperre Gasrohrsteg
- Sperre der Radunterführungen bei der Autobahn (rechtes und linkes Murofer)
- Kontaktaufnahme mit der Energie Steiermark STEWEAG-STEAG betreffend der Maßnahmen der Kraftwerksbetreiber (die Kraftwerksbetreiber steuern auch den Zufluss des Thalbaches bzw. des Mühlganges)
- Aufhebung der Maßnahmen nur nach Rücksprache mit Hydrographie

Pegelstand 5,30 m:

Durchführung der Maßnahmen:

Katastrophenschutz und Feuerwehr, bzw. Weiterleitung von Aufträgen
Während der Dienstzeit wird die Bau- und Anlagenbehörde verständigt, außerhalb der Dienstzeit der Einsatz- und Katastrophenbereitschaftsdienst

Verständigung:

Bürgermeister, Stadtsenatsreferentin, Katastrophenschutz und Feuerwehr, Sachverständiger des Straßenamtes, Landeswarnzentrale und Hydrographie

Zu treffende Maßnahmen:

- Räumung der Murinsel ist vorzubereiten
- Verbot für jeglichen Wassersport
- Einstellen des Rettungsdienstes auf dem Wasser - Wasserrettung (die Feuerwehrezillen werden geborgen, das Einsetzen eines Motorbootes seitens der Feuerwehr ist bei diesem Wasserstand nicht mehr möglich)
- Information der Bevölkerung über die Medien

Pegelstand 5,80 m:

HQ 10:

Wassermenge im Bereich der Murinsel: 760 m³/sec.; Seehöhe: 345,8 m

Durchführung der Maßnahmen:

Feuerwehr der Stadt Graz, bzw. Weiterleitung von Aufträgen
Während der Dienstzeit wird die Bau- und Anlagenbehörde verständigt, außerhalb der Dienstzeit der Einsatz- und Katastrophenbereitschaftsdienst
Allfällige Entscheidungen werden von einem Krisenstab getroffen (siehe nächster Punkt)

Verständigung:

Einberufung des Krisenstabes durch die Feuerwehr
Mindestbesetzung: Bürgermeister, Stadtsenatsreferentin, Katastrophenschutz und Feuerwehr, Polizei, Rotes Kreuz, Straßenamt, Holding Graz – Kommunale Dienstleistungs GmbH Kanal, Kanalbauamt, Stadtvermessung, Landeswarnzentrale bzw. Abteilung für Katastrophenschutz, Energie Steiermark STEWEAG-STEAG

Zu treffende Maßnahmen:

- Einberufung Krisenstab
- Räumung der Murinsel
- Kontaktaufnahme mit Kraftwerksbetreiber Energie Steiermark STEWEAG-STEAG
- Sperre des Radweges südlich Gasometerweg am rechten Murofer
- Vorwarnung Bezirk Graz-Umgebung
- Information der Bevölkerung über die Medien

Pegelstand 6,50 m:

HQ 30:

Wassermenge im Bereich der Murinsel: 980 m³/sec.; Seehöhe: 346,5 m

Durchführung der Maßnahmen:

Katastrophenschutz und Feuerwehr, bzw. Weiterleitung von Aufträge. Während der Dienstzeit wird die Bau- und Anlagenbehörde verständigt, außerhalb der Dienstzeit der Einsatz- und Katastrophenbereitschaftsdienst.

Allfällige Entscheidungen werden von einem Krisenstab getroffen (siehe nächster Punkt).

Verständigung:

Einberufung des Krisenstabes durch die Abt. Katastrophenschutz und Feuerwehr

Mindestbesetzung: Bürgermeister, Stadtsenatsreferent, Feuerwehr, Polizei, Rotes Kreuz, Straßenamt, Holding Graz – Kommunale Dienstleistungs GmbH Kanal, Kanalbauamt, Stadtvermessung, Landeswarnzentrale bzw. Abteilung für Katastrophenschutz, STEWEAG

Zu treffende Maßnahmen:

- Der Krisenstab hat zu entscheiden, ob zusätzliche Maßnahmen erforderlich sind, insbesondere, ob folgende Brücken:
 1. Prongratz-Moore-Steg
 2. Edegger-Steg
 3. Augarten-Stegund Straßenbereiche entlang der Mur (Unterführungen!) zu sperren sind
- Vorwarnung aller besonders exponierten Gebäude entlang der Mur
- Information der Bevölkerung über die Medien

Pegelstand 7,00 m:

HQ 50:

Wassermenge im Bereich der Murinsel: 1.100 m³/sec.

Durchführung der Maßnahmen:

Katastrophenschutz und Feuerwehr, bzw. Weiterleitung von Aufträgen
Während der Dienstzeit wird die Bau- und Anlagenbehörde verständigt, außerhalb der Dienstzeit der Einsatz- und Katastrophenbereitschaftsdienst

Allfällige Entscheidungen werden von einem Krisenstab getroffen (siehe nächster Punkt).

Verständigung:

Einberufung des Krisenstabes durch die Abt. Katastrophenschutz und Feuerwehr

Mindestbesetzung: Bürgermeister, Stadtsenatsreferentin, Katastrophenschutz und Feuerwehr, Polizei, Rotes Kreuz, Straßenamt, Holding Graz – Kommunale Dienstleistungs GmbH Kanal, Kanalbauamt, Landeswarnzentrale bzw. Abteilung für Katastrophenschutz, Energie Steiermark STEWEAG-STEAG

Zu treffende Maßnahmen:

Krisenstab entscheidet über eine allfällige Ausrufung des Katastrophenzustandes und Einleitung der sich daraus ergebenden Maßnahmen (s. Pegelstand 7,30m). Jedenfalls sind aber folgende Schritte zu setzen:

- Vorwarnung für Hochwasserkatastrophe
- Sperre Pongratz-Moore-Steg
- Sperre Edegger-Steg
- Sperre Augarten-Steg
- Der Krisenstab hat zu entscheiden:
 - * über allfällige Sperren bzw. Zufahrtsbeschränkungen zu Tiefgaragen:
Tiefgarage Mariahilferplatz, Andreas-Hofer-Platz, Entenplatz, Kastner & Öhler,
 - * ob aufgrund von übermäßigem Treibgut die Sperre von Straßenbrücken

erforderlich ist,

* ob der GVB-Betrieb auf der Hauptbrücke einzustellen ist,

* ob eine Sperre der Unterführung Lendkai bzw. weiterer Unterführungen

notwendig ist

- Der Krisenstab hat alle Vorbereitungen für eine Sperre der Hauptbrücke zu treffen
- Katastropheneinsatzbereitschaft bei der Abt. Katastrophenschutz und Feuerwehr
- Einrichtung eines Expertenteams zur laufenden Überprüfung der Sicherheit der Brücken (verantwortlich: Straßenamt)
- Vorwarnung der Bevölkerung, die in Bereichen wohnt, die im Katastrophenmodell als Überschwemmungsgebiete ausgewiesen sind
- Information der Bevölkerung über die Medien
- Information des Bezirkskoordinationsausschusses mittels E-Mail

Pegelstand 7,30 m:

HQ 100:

Wassermenge im Bereich der Murinsel: 1.300 m³/sec.; Seehöhe: 347,2m

Durchführung der Maßnahmen:

Gemäß Katastrophenschutzplan der Stadt Graz

Verständigung:

Gemäß Katastrophenschutzplan der Stadt Graz

Zu treffende Maßnahmen:

- Ausrufung der Hochwasserkatastrophe
- Einberufung des Führungs- und Einsatzstabes gem. Katastrophenschutzplan
- Sperre der Hauptbrücke ist durch Führungs- und Einsatzstab zu entscheiden
(bei dieser Hochwassersituation ist die Hauptbrücke vor allem durch die Murinsel gefährdet)
- Vorbereitung für Sperre weiterer Brücken in Absprache mit Expertenteam
- Warnung der Bevölkerung, die in Bereichen wohnt, die im Katastrophenmodell als Überschwemmungsgebiete ausgewiesen sind
- Information der Bevölkerung über die Medien
- Information des Bezirkskoordinationsausschusses mittels E-Mail

Pegelstand über 7,30 m:

HQ 200 - 1000:

Wassermenge im Bereich der Murinsel: ca. 1.700 m³/sec.

Durchführung der Maßnahmen:

Gemäß Katastrophenschutzplan der Stadt Graz

Verständigung:

Gemäß Katastrophenschutzplan der Stadt Graz

Zu treffende Maßnahmen:

- Sperre aller Brücken, ausgenommen die, welche vom Expertenteam als sicher ausgewiesenen sind
- Sperre aller im Katastrophenmodell errechneten Überschwemmungsgebiete und Straßenzüge
- Evakuierung von gefährdeten Bereichen
- Organisation von Notquartieren (verantwortlich: Sozialamt)
- Psychosoziale Betreuung
- Informationsmanagement (Information der Grazer Bevölkerung)
- Eventuell Anforderung von überregionaler Hilfe
- Assistenzanforderung an das Bundesheer
- Einberufung des Bezirkskoordinationsausschusses nach Entscheidung Führungsstab