



Der Aufbau und die Standsicherheit von Sand- sackdämmen und vergleichbaren mobilen Hoch- wasserschutzanlagen

Bachelor Thesis

bearbeitet durch:

Carsten Broichhaus, Matr.-Nr.: 445523

November 2008

betreut durch:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Andreas Schlenkhoff

Lehr- und Forschungsgebiet Wasserwirtschaft und Wasserbau

Institut für Grundbau, Abfall- und Wasserwesen (IGAW)

Bergische Universität Wuppertal



Bachelor Thesis (Abschlussarbeit) für Herrn Carsten Broichhaus

„Der Aufbau und die Standsicherheit von Sandsackdämmen und vergleichbaren mobilen Hochwasserschutzanlagen“

Herr Broichhaus soll sich im Rahmen seiner Bachelor Thesis mit einem Thema der operationellen Hochwasserabwehr beschäftigen. Die Aufgabenstellung generiert sich aus den bestehenden Unsicherheiten mit denen sich die Aufbauenden (meist THW- oder Feuerwehr und Wasserwehrangehörige) konfrontiert sehen. Der Aufbau von Sandsackwällen stellt hierbei die häufigste Anwendung dar. In der letzten Zeit wurden aber eine Reihe von Alternativen auf dem Markt angeboten, so dass es für die Feuerwehr/Wasserwehr und das THW nicht einfach ist, bei der Vielzahl der Aufbauvarianten Fehler oder Unklarheiten zu vermeiden bzw. eine optimale Effizienz zu erreichen. Auch im Vorfeld eines Hochwassereinsatzes ist daher regelmäßig eine qualifizierte und zeitnahe Recherche notwendig.

Anhand einer Recherche sollen unterschiedliche Systeme zusammengestellt und durch ein Vergleich der unterschiedlichen Quellen Angaben bezüglich Aufbauzeiten, Vorhaltung, Kosten, Fehleranfälligkeit transparenter gemacht werden. Hierbei soll auf einschlägige Veröffentlichungen wie das BWK Merkblatt: „Mobiler Hochwasserschutz“ oder VKF: „Entscheidungshilfe für den mobilen Hochwasserschutz“ aufgesetzt werden. Zudem sollen Anfragen bei den zuständigen Stellen in Wuppertal, Düsseldorf und Köln durchgeführt werden, um den aktuellen Stand der Vorbereitung auf solche Einsätze beispielhaft darzustellen. Hierzu ist ein Fragebogen zu entwerfen und ein Interview zu führen

Dem Sandsackwall und seinen direkten Varianten ist bei der Analyse besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Insbesondere sollen Standsicherheitsfragen wie Gleiten, Kippen und Bruchmechanismen, innere Reibung und weitere geotechnische und hydraulische Versagensfälle berücksichtigt werden.

Nach einer ersten orientierenden Recherche in Wuppertal, Köln und Düsseldorf soll gedanklich ein Einsatz an der Wupper durchgespielt werden. Als „Testfall“ ist beispielsweise die Stadtparkasse in Elberfeld zu verteidigen. Des Weiteren soll die Hochwasserschutzwand am Haspel als Beispiel dienen, die gedanklich als sanierungsbedürftig bzw. einsturzgefährdet einzustufen ist. Hierbei ist auch eine mobile Binnenentwässerung zu konzipieren.

Der Kandidat soll nach einer kurzen Einarbeitung einen Arbeitsplan vorlegen und mit dem Lehrstuhl die weitere Bearbeitung abstimmen.

Im Einzelnen sind folgende Aufgabenteile zu bearbeiten:

Aufgabenteil 1: Recherche der derzeitig verfügbaren Merkblätter und Handbücher

Die Recherche soll den derzeitigen Informationsstand insbesondere bei den operativen Einheiten wiedergeben. Häufige Fehler und potentielle Gefahrenquellen beim Einsatz von mobilen Hochwasserschutzanlagen sind im Überblick darzustellen.

Aufgabenteil 2: Alternativen zum Sandsack

Es sollen anhand einer „Marktrecherche/Internetrecherche“ alternative Lösungsvorschläge zum Sandsackaufbau zusammengestellt und bewertet werden.

Aufgabenteil 3: Anfrage bei der Feuerwehr und dem THW

Bei den Feuerwehren und THWen der Städte Köln, Düsseldorf und Wuppertal sind Anfragen zu stellen. Die dort verwendeten Merkblätter oder Handbüchern sollen mit einschlägiger Fachliteratur verglichen werden. Zudem sollen typische Einsätze der letzten Jahre und gegebenenfalls besondere Schwierigkeiten beim Einsatz dargestellt werden.

Aufgabenteil 4: Diskussion der Standsicherheit von Sandsackaufbauten

Es sind typische Aufbauarten von Sandsackbarrieren aufzuzeigen und geotechnisch zu analysieren. Dabei sollen auch unfachmännisch und fehlerhafte Aufbauten untersucht werden und die Fehlerhaftigkeit ingenieurmäßig begründet werden. In diesem Teil sollen keine Aufbauten zur Deichverteidigung, sondern Lösungen an Straßen und Gebäuden diskutiert werden.

Aufgabenteil 5: Sandsackaufbauten zur Deichverteidigung

Die häufigste Anwendung des Sandsackes stellt die Deichverteidigung dar. Hierzu gibt es mittlerweile eine Reihe von Vorschriften und Handbücher. Dennoch sollen hier neben den wichtigsten Regeln, wie gebaut werden darf, auch eine TOP 10 Liste der häufigsten Fehler eventuell mit konkreten Beispielen zusammengestellt werden.

Aufgabenteil 6: Fiktive Verteidigung der Stadtparkasse Wuppertal

Für ein typisches Szenario eines Wupperhochwassers soll eine Verteidigungsstrategie für die Stadtparkasse Wuppertal konstruiert werden. Bei der Verteidigung sollen die Rahmenbedingungen bei der Feuerwehr und dem THW einbezogen werden. Die Sensibilität des Gebäudekomplexes und die derzeit bei der Stadtparkasse vorgehaltenen Abwehreinrichtungen sind zu erfragen und in die Abwehrstrategie zu integrieren.

Aufgabenteil 7: Fiktive Verteidigung des Laborgebäudes am Campus Haspel

Das Laborgebäude am Haspel wird gegen die Wupper durch eine massive, aufgehende Uferwand geschützt. In diesem Aufgabenteil sollen zwei Fälle hinsichtlich des Hochwasserschutzes untersucht werden.

Fall A: Die Schutzwand ist sanierungsbedürftig und soll wieder aufgebaut werden. Es ist eine neue Lösung zu konzipieren, wobei Möglichkeiten mobiler Hochwasserschutzanlagen zu überprüfen sind, auch um die Sichtbeziehungen vom Campus zur Wupper und zur Hardt hin zu verbessern.

Fall B: Während eines Hochwasserereignisses wird die Ufermauer unterspült und droht in die Wupper zu stürzen. Es sind Möglichkeiten einer zweiten

Verteidigungslinie zu diskutieren. Die Infrastruktur des Gebäudes ist bei der Verteidigung zu berücksichtigen.

Aufgabenteil 8: Kurzfassung

Es ist eine ca. 10 Seiten lange Kurzfassung zu erstellen, die in sich verständlich ist.

Aufgabenteil 9: Erstellen einer Präsentation


Es ist eine Präsentation zu erstellen und bei Abgabe der schriftlichen Arbeit vorzulegen.

Hinweise zur Bearbeitung:

Der Kandidat soll mit der Bearbeitung dieser Aufgabe zeigen, dass er eine komplexe Aufgabenstellung im Bauingenieurwesen (Wasserbau/Geotechnik/Stadtplanung) selbständig bearbeiten kann. Dabei soll er eine kritische Diskussion der Teilergebnisse führen.

Wir wünschen dem Kandidaten bei der Bearbeitung dieser Aufgabe viel Erfolg.

Wuppertal, 31. Juli 2008



(Univ.-Prof. Dr.-Ing. A. Schlenkhoff)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	X
Eidesstattliche Erklärung	1
Kurzfassung	2
Kapitel 1	3
Einleitung	3
1.1 Allgemeines	3
1.2 Ziel der Arbeit	4
Kapitel 2	5
Erläuterungen	5
2.1 Mobiler Hochwasserschutz	5
2.1.1 Notfallmäßiger mobiler Hochwasserschutz	5
2.1.2 Planmäßiger mobiler Hochwasserschutz	6
Kapitel 3	8
Sandsacksysteme	8
3.1 Allgemeines zu Sandsäcke	8
3.1.1 Grundlagen zu Sandsäcken	8
3.1.2 Aufbau von Sandsackdämmen.....	10
3.1.3 Material- und Personalbedarf beim Dammbau	13
3.1.4 Logistik beim Dammbau.....	15
3.1.5 Sandsäcke bei der Flussdeichverteidigung.....	17
3.1.5.1 Schadensbilder und deren Einschätzung.....	19
3.1.5.2 Gegenmaßnahmen.....	21
3.1.5.3 Liste der häufigsten Fehler bei der Deichverteidigung	27

Kapitel 4	29
Sandsackersatzsysteme	29
4.1 Allgemeines zu Sandsackersatzsystemen	29
4.1.1 Stellwandsysteme.....	29
4.1.2 Offene Behältersysteme	31
4.1.3 Geschlossene Behältersysteme.....	32
4.1.4 Systemtypenübersicht und Vergleich zum Sandsackdamm.....	33
4.2 Alternativen für die Deichverteidigung	34
Kapitel 5	35
Standsicherheit notfallmäßiger mobiler Hochwasserschutzsysteme	35
5.1 Standsicherheit von Sandsackdämmen	35
5.1.1 Ermittlung der Reibungsbeiwerte	35
5.1.1.1 Die Coulombschen Reibungsgesetze	36
5.1.1.2 Reibungsversuche	37
5.1.1.3 Versuchsergebnisse.....	39
5.1.1.5 Beurteilung der Versuchsergebnisse	40
5.1.2 Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten	41
5.1.3 Nachweis der Sicherheit gegen Kippen	41
5.1.4 Lastannahmen	44
5.1.4.1 Hydrostatische Einwirkungen	44
5.1.4.2 Hydrodynamische Einwirkungen.....	45
5.1.4.3 Wellendruck für stehende Wellen.....	45
5.1.4.4 Personenlasten.....	45
5.1.4.5 Freibord.....	46
5.1.5 Berechnungsbeispiel für den Regeldamm.....	46
5.1.6 Berechnungsbeispiel für den Notdamm	48
5.1.7 Grenzen der Standsicherheit	49
5.1.7.1 Grenzen der Kippsicherheit	50
5.2 Standsicherheit von Sandsackersatz-systemen	56
5.3 Weitere Standsicherheitsnachweise	57
Kapitel 6	58
Dichtigkeit notfallmäßiger mobiler Hochwasserschutzsystemen	58
6.1 Zur Dichtigkeit von Sandsackaufbauten	58
6.1.1 Becken nach dem Notdammaufbau	58
6.1.2 Notdamm mit Dichtungsfolie.....	61
6.1.3 Sandsackdamm nach Regelaufbau	63
6.1.4 Fazit zu den Versuchsergebnissen	65

6.2	Dichtigkeit notfallmäßiger mobiler Sandsackersatzsysteme	66
Kapitel 7		67
Fallbeispiele		67
7.1	Hochwasserschutz in Wuppertal	67
7.2	Vorhandene Notfallsysteme	68
7.3	Fiktive Verteidigung der SSK Wuppertal	68
7.4	Fiktive Verteidigung des Laborgebäudes am Campus Haspel.....	71
7.4.1	Fall A: Diskussion einer planmäßigen Lösung	73
7.4.1.1	Systeme des planmäßigen mobilen Hochwasserschutzes	73
7.4.1.2	Auswahl eines geeigneten Systems.....	78
7.4.1.3	Entwurf einer geeigneten Lösung	78
7.4.1.4	Aspekte des planmäßigen mobilen Einsatzes	81
7.4.2	Fall B: Zweite Verteidigungslinie.....	81
7.4.2.1	Spezielle örtliche Gegebenheiten.....	82
7.4.2.2	Ausführung der 2. Verteidigungslinie.....	83
Kapitel 8.....		85
Befragungen zum notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutz		85
8.1	Einführung.....	85
8.1.1	Feuerwehr Wuppertal.....	85
8.1.2	Feuerwehr Düsseldorf	88
8.1.3	Feuerwehr Köln.....	92
8.1.4	HochwasserKompetenzCentrum Köln.....	93
8.1.5	THW Köln.....	98
Quellenverzeichnis		101
Anhang A		102
Inhaltsverzeichnis der Anlagen CD.....		103

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Elbe- Hochwasser 2002	3
Abb. 2:	Übersicht über ein planmäßiges mobiles Hochwasserschutzsystem	7
Abb. 3:	Falsch gefüllte Sandsäcke	10
Abb. 4:	Richtig gefüllte Sandsäcke	10
Abb. 5:	Möglichkeit 1 zum Dammaufbau	11
Abb. 6:	Möglichkeit 2 zum Dammaufbau	11
Abb. 7:	Sandsack-Notdamm	12
Abb. 8:	Befüllvorgang per Hand	14
Abb. 9:	Querschnitt durch einen Deich – Begriffe	17
Abb. 10:	Homogener Deich	18
Abb. 11:	Deichkörper mit wasserseitiger Dichtung	18
Abb. 12:	Quellkade an der Böschung	22
Abb. 13:	Kammkade	23
Abb. 14:	Quellkade im Deichhinterland	24
Abb. 15:	Stützung mit Sandsäcken mit Sickerrost	25
Abb. 16:	Verbau einer Quelle auf der Wasserseite	26
Abb. 17:	Flächenhafte Abdeckung des Wassereintritts	26
Abb. 18:	Verbau eines Kolkes mit Sandsäcken	27
Abb. 19:	Konstruktionsbeispiel Stellwandsystem	30
Abb. 20:	System „AquaFence“	31
Abb. 21:	Behältersystem	32
Abb. 22:	Klappbares Behältersystem	32
Abb. 23:	Schlauchsystem	33
Abb. 23:	Haftreibung	36
Abb. 24:	Gleitreibung	36
Abb. 25:	Bestimmung von μ_0 mit Kraftmessern	37
Abb. 26:	Bestimmung von μ_0 mit Masseausgleich	38
Abb. 27:	Schiefe-Ebene-Versuch	38

Abb. 28:	GZ des Kippens	42
Abb. 29:	Bezeichnungen bei zweiachsiger Außermittigkeit	44
Abb. 30:	Hydrostatische Einwirkungen	44
Abb. 31:	Hydrodynamische Einwirkung	45
Abb. 32:	Ersatzlast für Wellendruck	45
Abb. 33:	Ersatzlast für Personen	45
Abb. 34:	System des Sandsackdamms nach Regelaufbau mit Einwirkungen	47
Abb. 35:	System des Notdammes mit Einwirkungen	48
Abb. 36:	System eines einreihigen Damms	50
Abb. 37:	Einreihiger Damm	51
Abb. 38:	Voll eingestauter Damm	51
Abb. 39:	Versuchsaufbau	54
Abb. 40:	Damm bei $h = 70$ cm	54
Abb. 41:	Damm bei Versuchsende	54
Abb. 42:	Versuchsaufbau PP-Damm	55
Abb. 43:	PP-Damm bei $h = 70$ cm	55
Abb. 44:	Schadensbilder beim Systemeinsatz	56
Abb. 45:	Überströmen der Systeme	56
Abb. 46:	Unterströmen der Systeme	56
Abb. 47:	1. Lage Notdammbecken	59
Abb. 48:	2.Lage Notdammbecken	59
Abb. 49:	3.Lage Notdammbecken	59
Abb. 50:	Fertiges Notdammbecken	59
Abb. 51:	Befüllvorgang	59
Abb. 52:	Erste Wasseraustritte	59
Abb. 53:	Wasserstand $h = 30$ cm	60
Abb. 54:	Wasseraustritt bei $h = 30$ cm	60
Abb. 55:	Ausfluss in l/s über die Zeit	60
Abb. 56:	Notdamm Lage 1	61
Abb. 57:	Notdamm Lage 4	61
Abb. 58:	Notdamm Lage 6	61
Abb. 59:	Fertiger Notdamm	61
Abb. 60:	Notdamm bei Volleinstau	62
Abb. 61:	Sickerwasseraustritt	62
Abb. 62:	Dichte Fuge	62
Abb. 63:	Undichte Fuge	62

Abb. 64:	Sickerwasseraustritt beim Notdamm in l/s über die Zeit	63
Abb. 65:	1. Lage Damm nach Regelaufbau	64
Abb. 66:	2. Lage Damm nach Regelaufbau	64
Abb. 67:	Damm mit seitlicher Dichtung	64
Abb. 68:	Sickerwasseraustritt 1. und 2. Lage	64
Abb. 69:	Sickerwasseraustritt beim Damm nach Regelaufbau in l/s über die Zeit	65
Abb. 70:	Schlauchsystem ÖkoTec	68
Abb. 71:	Öffnungsabdichtung	68
Abb. 72:	Übersichtslageplan SSK Wuppertal Islandsufer	69
Abb. 73:	Blick in Richtung Ohligsmühle	70
Abb. 74:	Blick in Richtung Döppersberg	70
Abb. 75:	Querprofil 484	71
Abb. 76:	Schutzwand am Campus Haspel	72
Abb. 77:	Lageplan Campus Haspel	72
Abb. 78:	Die Wupper am Campus Haspel	73
Abb. 79:	Die Wupper im Stadtbild	73
Abb. 80:	Dammbalkensystem im Aufbau (Köln)	74
Abb. 81:	Prinzip des klappbaren Bürgersteigs	76
Abb. 82:	Prinzip der auffahrbaren Wand	76
Abb. 83:	Schlauchwehrsystem, Einsatzzustand	77
Abb. 84:	Glaswandsystem	78
Abb. 85:	Konstruktionsprinzip Glaswandsystem	78
Abb. 86:	Querprofil 505	79
Abb. 87:	Entwurf des planmäßig mobilen Systems	80
Abb. 88:	Laborgebäude Campus Haspel, Blick in nördliche Richtung	82
Abb. 89:	Klimaanlage	83
Abb. 90:	Lüftungsöffnung	83
Abb. 91:	Möglichkeit einer zweiten Verteidigungslinie	84

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Sand- und Sandsackbedarf	13
Tab. 2:	Kennwerte zum Verbau von Sandsäcken	14
Tab. 3:	Kennwerte zum Befüllvorgang	15
Tab. 4:	Kennwerte zum Beladen und zum Transport von Sandsäcken	17
Tab. 5:	Zusammenfassende Systemtypenübersicht	34
Tab. 6:	Reibungsbeiwerte von PP-Säcken auf Beton	39
Tab. 7:	Reibungsbeiwerte von PP-Säcken auf Fliesen	39
Tab. 8:	Reibungsbeiwerte von PP-Säcken auf PP-Säcken	39
Tab. 9:	Reibungsbeiwerte von Jute Säcken auf Beton	40
Tab. 10:	Reibungsbeiwerte von Jute Säcken auf Fliesen	40
Tab. 11:	Reibungsbeiwerte von Jute Säcken auf PP-Säcken	40
Tab. 12:	Reibungsbeiwerte von Jute Säcken auf Jute-Säcken	40
Tab. 13:	Wasserstandsdaten Notdammbecken	60
Tab. 14:	Durchschnittlicher Ausfluss Notdammbecken	60
Tab. 15:	Wasserstandsdaten Notdamm	62
Tab. 16:	Durchschnittlicher Sickerwasseraustritt Notdamm	63
Tab. 17:	Wasserstandsdaten Damm nach Regelaufbau	64
Tab. 18:	Durchschnittlicher Sickerwasseraustritt Damm nach Regelaufbau	65
Tab. 19:	Wasserstandsdaten der Wupper bei Profil 505	79

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
bspw.	beispielsweise
BHW	Bemessungshochwasser
BU	Bergische Universität
BWK	Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V.
bzgl.	bezüglich
ca.	circa
DFV	Deutscher Feuerwehr Verband
DGGT	Deutsche Gesellschaft für Geotechnik
d.h.	das heißt
durchschn.	durchschnittlich
erf.	erforderlich
e.V.	eingetragener Verein
evtl.	eventuell
g	Gramm
Ggf.	Gegebenenfalls
GOK	Geländeoberkante
GZ	Grenzzustand
h	Höhe
inkl.	inklusive
lfd.	laufenden
LHW	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen Anhalt
LKW	Lastkraftwagen
m	Meter
PE	Polyethylen
PP	Polypropylen
SSK	Stadtsparkasse

StEB	Stadtentwässerungsbetriebe Köln
Std.	Stunde
t	Tonne
Tab.	Tabelle
THW	Technisches Hilfswerk
u.	und
usw.	und so Weiter
UV	Ultraviolettstrahlung
Vgl.	vergleiche
VKF	Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen
z.B.	zum Beispiel

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Bachelor Thesis im Rahmen der Betreuung durch Herrn Univ. Prof. Dr.-Ing. Andreas Schlenkhoff, selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Wuppertal, im November 2008

Kurzfassung

Die vorliegende Bachelor Thesis befasst sich mit dem Aufbau und der Standsicherheit von Sandsackdämmen und vergleichbaren mobilen Hochwasserschutzanlagen.

Zunächst wird eine Definition des notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutzes vorgenommen. Es wird vor allem die Abgrenzung zu planmäßigen mobilen Elementen herausgestellt.

Im weiteren Verlauf werden die allgemein geltenden Regeln für Sandsackaufbauten aufgezeigt und auf Fehler hingewiesen. Dabei werden sowohl Dämme zum Linienschutz, als auch Sandsackaufbauten zur Flussdeichverteidigung behandelt. Außerdem wird ein Überblick über die zurzeit erhältlichen Alternativen zu Sandsäcken, den Sandsackersatzsystemen, gegeben. Hier wird die Eignung verschiedener Systeme beleuchtet und kritisch hinterfragt.

Zur Analyse der Standsicherheit von Sandsackdämmen wurden verschiedene Versuche durchgeführt. Die Untersuchungen betreffen Grundlagendaten wie Reibungsbeiwerte sowie geotechnische Versagensmechanismen wie Gleiten und Kippen. Die Berechnungsverfahren und Lastannahmen werden beschrieben und anhand von Beispielen erläutert.

Mit Hilfe von zwei Fallbeispielen, die speziell auf das Wuppergebiet bezogen sind, wird der Stand der Vorbereitungen auf Notfallsituationen auch praktisch dargestellt. Dabei werden die vorhandenen Schutzeinrichtungen mit einbezogen. Ein weiteres Fallbeispiel zur Einrichtung eines geplanten mobilen Hochwasserschutzsystems in Wuppertal soll einen Denkanstoss zur Umstrukturierung des vorhandenen baulichen Schutzes geben.

Insbesondere Feuerwehren und das THW haben die Aufgabe im Katastrophenfall schnell Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Um den Stand der Vorbereitungen beispielhaft aufzuzeigen, wurde ein Fragebogen entworfen, welcher an die Feuerwehren und THWen der Städte Wuppertal, Düsseldorf und Köln gesendet wurde.

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Allgemeines

Jedes Jahr kommt es auf der ganzen Welt zu verheerenden Hochwasserereignissen. Diese Katastrophen kosten oft Menschenleben und führen zu Sachschäden in Milliardenhöhe. Daher ist es unabdingbar, dass sich die Menschen gegen solche Ereignisse rüsten. Dazu gehören das Schaffen von Retentionsräumen, die Regulierung des Abflusses (z.B. mit Hilfe von Talsperren) der bauliche Hochwasserschutz und vieles mehr. Obwohl diese Planungen, zumindest in unserer Region, schon sehr ausgereift sind, kommt es immer wieder zu unvorhergesehenen Hochwasserereignissen, wie bspw. an der Elbe im Jahr 2002 (Abb.1), welche den geplanten Hochwasserschutz deutlich übersteigen.



Abb.1: Elbe- Hochwasser 2002¹

¹ http://www.weisseritz.de/bilder_elbe2.html, 08.11.2008, 14.42 Uhr

Um solchen Katastrophen entgegenzuwirken gibt es die notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutzsysteme. Sie stellen die letzte Verteidigungsmöglichkeit gegen außergewöhnliche Hochwasserereignisse dar. Obwohl mittlerweile eine Reihe von Alternativen angeboten wird, ist der Sandsack nach wie vor das häufigste mobile Verteidigungssystem.

1.2 Ziel der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist es einen Überblick über die zurzeit erhältlichen notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutzsysteme zu schaffen und gleichzeitig deren Eignung für verschiedene Einsatzszenarien aufzuzeigen. Damit ist es möglich, die Einsätze schon im Vorfeld so zu planen, dass ein Maximum an Effizienz erreicht werden kann.

Des Weiteren wird vor allem dem oft unterschätzten Aufbau von Sandsackdämmen und seinen Varianten besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Um den Aufbauenden mehr Klarheit über den richtigen Aufbau zu verschaffen, werden zum einen die wichtigsten Regeln und zum anderen die häufigsten Fehler verdeutlicht. Auch das trägt dazu bei, im Einsatzfall einen sicheren, schnellen und wirkungsvollen Schutz herzustellen.

Weiterhin ist es ein besonderes Anliegen dieser Arbeit die Sandsackaufbauten auch aus geotechnischer Hinsicht zu analysieren. Es sollen einerseits die vorhandenen Sicherheiten und Systemreserven der üblichen Aufbauten und andererseits die Grenzen der Standsicherheit herausgestellt werden. Mit diesem Hintergrundwissen können die Aufbauten in der Praxis, hinsichtlich ihrer Standsicherheit, wesentlich besser beurteilt werden. Das soll Entscheidungen über die richtige Aufbauvariante vereinfachen und somit einen effektiveren Einsatz der Arbeitskräfte ermöglichen.

Anhand der behandelten Fallbeispiele und der durchgeführten Befragungen soll ein Praxisbezug hergestellt werden.

Kapitel 2

Erläuterungen

2.1 Mobiler Hochwasserschutz

Mobile Hochwasserschutzsysteme sind Hochwasserschutzkonstruktionen, die erst bei einem auftretenden Hochwasserereignis aufgebaut werden. Sie können gefährdete Gebiete temporär vor dem Wasser schützen. Klingt das Hochwasser wieder ab, so werden die Konstruktionen wieder rückgebaut. Dadurch unterscheiden sich mobile Einrichtungen eindeutig von konventionellen Hochwasserschutzanlagen, wie Mauern oder Deichen, welche fest an die Landschaft angepasst sind und daher dauerhaft ihre Schutzfunktion erfüllen. Zur Konstruktion mobiler Hochwasserschutzanlagen werden Sandsäcke oder Systembauteile aus Stahl, Leichtmetall, Holz, Kunststoff oder Gummi verwendet.² Es werden zwei Hauptgruppen mobiler Hochwasserschutzsysteme unterschieden, welche in verschiedenen Einsatzszenarien sinnvoll verwendet werden können. Dabei handelt es sich zum einen um Systeme des notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutzes, zum anderen um Systeme des planmäßigen mobilen Hochwasserschutzes.

2.1.1 Notfallmäßiger mobiler Hochwasserschutz

Notfallmäßige mobile Hochwasserschutzsysteme dienen vorwiegend dem Katastrophenschutz. Mit diesen Systemen kann auf unvorhergesehene Ereignisse reagiert werden, wie z.B. das Überschreiten des Bemessungshochwassers (BHW) oder das Versagen vorhandener Schutzeinrichtungen. Der Einsatz findet dann sehr flexibel statt, ohne genaue Kenntnis der Randbedingungen am Einsatzort. Durch die Unkenntnis der genauen Einsatzszenarien ist eine Bemessung dieser Systeme

² Vgl. BWK, Mobile Hochwasserschutzsysteme (2005) S.10

kaum möglich. Zudem ist es aufgrund der kurzen Aufbauzeiten nicht möglich eine Tiefgründung mit Untergrundabdichtung herzustellen, was hydraulische Versagensfälle begünstigt. Daher beträgt die empfohlene Schutzhöhe nur 0,6 m. Zudem ist der Einsatz von notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen besonders bei hoher Intensität der Einwirkung (Wellenschlag, Fließgeschwindigkeit, Treibgutprall und Geschiebetrieb) stark eingeschränkt.³ In Ausnahmefällen kann jedoch auch der notfallmäßige mobile Hochwasserschutz planmäßig eingesetzt werden. Voraussetzung hierfür ist die genaue Kenntnis des Einsatzortes und des zu erwartenden Einsatzszenarios. Dies ist beispielsweise bei einem absehbaren Überströmen der vorhandenen Anlagen der Fall. Des Weiteren kann notfallmäßiger mobiler Hochwasserschutz als Übergangslösung für planmäßige Systeme eingesetzt werden. Unter diesen Voraussetzungen sind dann auch genauere Standsicherheitsnachweise möglich und auch erforderlich. Somit kann die empfohlene maximale Einstauhöhe dieser Systeme von 0,60 m auf 1,2 m gesteigert werden.⁴

2.1.2 Planmäßiger mobiler Hochwasserschutz

Planmäßige mobile Hochwasserschutzsysteme unterscheiden sich von den notfallmäßigen mobilen Systemen dadurch, dass sie, wie der Name schon sagt, aus einer längerfristigen Planung heraus an genau bestimmten Einsatzorten mit bestimmten Randbedingungen eingesetzt werden. Das bedeutet, dass es sich um geplante und genehmigungsbedürftige Bauwerke handelt. Sie sind genau so zu betrachten wie ortsfeste Einrichtungen wie Deiche oder Schutzmauern. Somit ist auch eine genaue Bemessung der einzelnen Bauteile möglich und erforderlich. Die Konstruktionshöhe dieser Systeme ist technisch gesehen kaum beschränkt, wird allerdings nur bis zu einer Höhe von 5 m empfohlen. Im Allgemeinen wird die Schutzkonstruktion immer auf das BHW hin ausgelegt. Ein planmäßiges mobiles Hochwasserschutzsystem besteht in der Regel aus einem ortsfesten Teil, sprich einem Fundament und je nach Erfordernis einer Tiefgründung und einem Teil der im Hochwasserfall angeliefert und aufgebaut, ausgefahren oder ausgeklappt wird. Für den Einsatz dieser Systeme ist also immer eine permanente Vorkehrung am Einsatzort erforderlich. Ein großer Vorteil der planmäßigen mobilen Systeme gegenüber festen Schutzeinrichtungen, wie Deichen oder Schutzmauern ist, dass sie dauerhaft den Sichtkontakt und Zugang zu den Fließgewässern gewährleisten. So kann auch städtebaulichen und ästhetischen

³ Vgl. VKF, Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz (2004) S.4-5

⁴ Vgl. Vgl. BWK, Mobile Hochwasserschutzsysteme (2005) S.133-134

Ansprüchen genüge getragen werden.⁵ Ein großer Nachteil planmäßiger mobiler Systeme ist, dass sie innerhalb kurzer Vorwarnzeiten aufgebaut werden müssen. Dabei spielt der Risikofaktor Mensch eine große Rolle. Das macht eine gründliche Einsatzplanung und ein gut funktionierendes Logistikkonzept erforderlich.

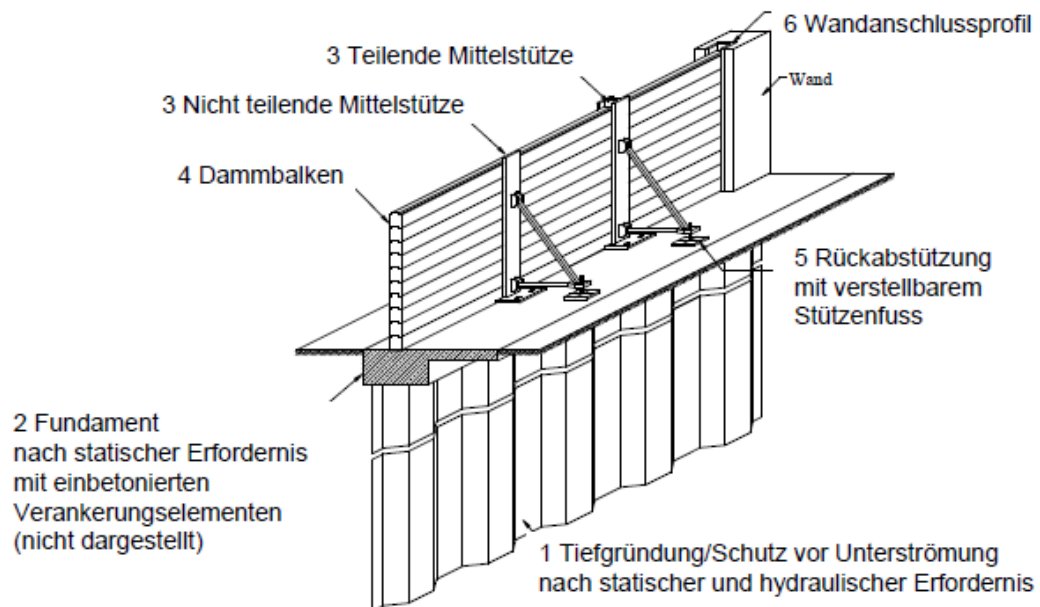


Abb. 2: Übersicht über ein planmäßiges mobiles Hochwasserschutzsystem⁶

⁵ Vgl. BWK, Mobile Hochwasserschutzsysteme (2005) S.10-17

⁶ R. Boettcher, Konstruktionsmerkmale planmäßiger mobiler Hochwasserschutzsysteme (2008)
Folie 7

Kapitel 3

Sandsacksysteme

3.1 Allgemeines zu Sandsäcke

Die klassischen notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutzaufbauten werden mit Sandsäcken ausgeführt. Obwohl mittlerweile eine Vielzahl von Alternativen auf dem Markt ist, handelt es sich immer noch um die häufigste Form des notfallmäßigen Hochwasserschutzes. So wurden allein beim Jahrhunderthochwasser 2002 insgesamt rund 40 Millionen Sandsäcke benötigt.⁷ Dabei ist das Einsatzspektrum extrem umfangreich. Es reicht vom Verschließen kleiner Öffnungen an Gebäuden, über die lückenhafte Ergänzung des planmäßigen Schutzes, bis hin zum Linienschutz über längere Strecken. Nicht zu vergessen ist auch die Flussdeichverteidigung, welche ein weiteres Einsatzfeld der Sandsäcke darstellt. Des Weiteren sind Sandsäcke auch als Ergänzung bei einigen „Sandsackersatzsystemen“ erforderlich, die nachfolgend noch vorgestellt werden. Sie werden hier benötigt, um bspw. die Abdichtung der Sohlfuge herzustellen.

3.1.1 Grundlagen zu Sandsäcken

Sandsäcke werden aus verschiedenen Materialien hergestellt, welche zu unterschiedlichen Eigenschaften hinsichtlich Reibung, Gewicht, Lagerraumbedarf usw. führen. In der Regel kommen Jute oder Kunststoffe wie Polypropylen oder Polyethylen zum Einsatz.

⁷ Vgl. http://www.thw.bund.de/nn_244766/DE/content/meldungen/thw__im__inland/einsaetze/2002/09/meldung__003/meldung__003.html, 05.10.2008, 20.22 Uhr

Eigenschaften von Jutesäcken:

- verrotten innerhalb eines halben Jahres
- rutschfester als Säcke aus PE oder PP
- nur kurz lagerfähig, da sie durch Mäusefraß gefährdet sind
- bei unsachgemäßer Lagerung pilzgefährdet und können sich selbst entzünden
- teurer als Säcke aus PP
- großer Lagerraumbedarf
- hohes Gewicht, dadurch hohe Frachtkosten
- ca. 125 g/Sack

Eigenschaften von PP-Säcken:

- lange lagerfähig, im Freien 2-3 Jahre (UV-stabil)
- UV-stabilisiert oder auch UV-stabil
- reißfester als Jute und PE
- preiswerter als Jute und PE
- mittelgroßer Lagerraumbedarf
- ca. 30-40 g/Sack
- sehr rau, können Schnittverletzungen verursachen

Eigenschaften von PE-Säcken:

- lange lagerfähig
- geringer Lagerraumbedarf (ca. 50% von Jute und 25% von PE)
- preiswert
- UV-stabilisiert
- sehr umweltfreundlich
- kein Bindeband, Verschluss mit Kabelbindern empfohlen
- ca. 40 g/Sack⁸

Die gängigen Abmessungen von Sandsäcken liegen bei 30 cm * 60 cm, 40 cm * 60 cm und 40 cm * 70 cm. Daneben werden auch Tandemsandsäcke angeboten, welche im Prinzip aus zwei aneinander genähten Sandsäcken bestehen. Tandemsandsäcke werden meist befüllt geliefert. Auch normale Säcke werden

⁸ Vgl. <http://www.seidel-bs.de/?gclid=CM6Rvp3fkJYCFQIStAod7yOCDw>, 05.10.2008, 21.36 Uhr

befüllt und nicht befüllt angeboten. Zum Befüllen der Säcke vor Ort sind eine Reihe von Hilfsmitteln erhältlich. Das Angebot reicht von einfachen, trichterförmigen Füllhilfen bis hin zu komplexen Sandsackfüllmaschinen welche in verschiedenen Systemen und Leistungsfähigkeiten lieferbar sind. Das Gewicht eines mit trockenem Sand befüllten Sandsacks liegt je nach Abmessungen zwischen 12 und 20 kg. Ein nasser Sandsack wiegt zwischen 15 bis 25 kg. Das Füllvolumen beträgt im Mittel ca. 13 l. Mit 1 m³ Sand können also etwa 80 Sandsäcke befüllt werden.

3.1.2 Aufbau von Sandsackdämmen

Um einen standsicheren und möglichst dichten Damm herzustellen ist eine Reihe von Regeln zu beachten. Diese Regeln sind von verschiedenen Herausgebern, wie Feuerwehren, THWen, Wasserwehren oder Landesministerien erfasst. Weitere Anhaltspunkte sind in einschlägiger Fachliteratur zu finden. Werden verschiedene Merkblätter und Handbücher betrachtet, so lässt sich feststellen, dass sie in den wesentlichen Punkten übereinstimmen. Nachfolgend werden die Regeln zum Aufbau zusammenfassend beschrieben.

Schon beim Befüllen der Sandsäcke ist ein wesentlicher Punkt, der maßgeblichen Einfluss auf die Dichtigkeit und Standsicherheit des gesamten Dammes hat, zu beachten. Die Säcke dürfen nur bis zu 2/3 mit Sand gefüllt werden. Das garantiert, dass sich jeder Sack möglichst gut an den Untergrund anpassen kann. Des Weiteren wird ein guter Verbund der Säcke untereinander erreicht. Zu straff gefüllte oder gebundene Säcke führen dazu, dass sie sich nicht mehr ausreichend verformen können.



Abb. 3: Falsch gefüllte Sandsäcke



Abb. 4: Richtig gefüllte Sandsäcke

Wird der Sack zugebunden, so entsteht die so genannte „Blume“. Sie sollte immer auf der dem Wasser abgewandten Seite liegen.⁹ Allerdings ist das Zubinden der

⁹ Vgl. <http://www.thw-warburg.de/cms/fileadmin/download/allgemein/sandsack.pdf>, 08.11.2008, 13.26 Uhr

Säcke nicht zwingend erforderlich. Es bringt im verbauten Zustand keinerlei Vorteile, vereinfacht jedoch den Transport und das Handling der Säcke erheblich. Werden nicht zugebundene Säcke verbaut, so muss die offene Seite von der Wasserseite weg umgeschlagen werden, damit durchsickerndes Wasser keinen Sand ausspülen kann.¹⁰

Um den eigentlichen Damm aufzubauen werden je nach Anforderungen und Randbedingungen verschiedene Möglichkeiten beschrieben. In Abb. 4 ist die normale Aufbauvariante dargestellt, welche Anwendung findet, wenn keine erhöhten Anforderungen an die Stabilität gestellt werden.

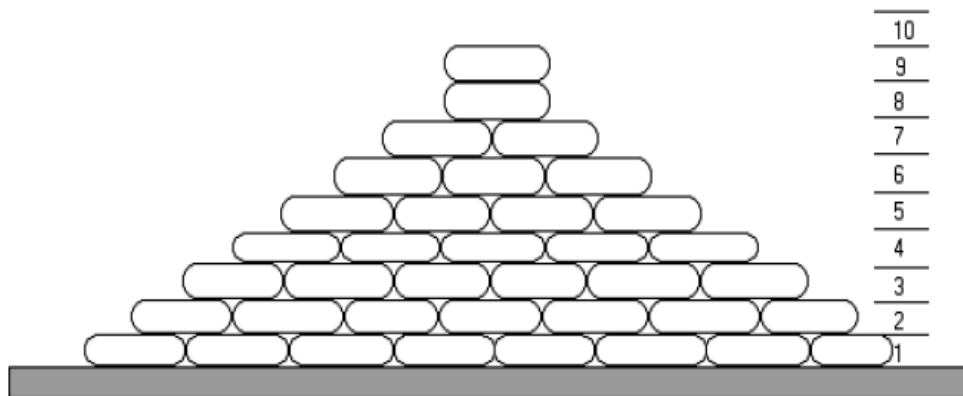


Abb. 5: Möglichkeit 1 zum Dammaufbau¹¹

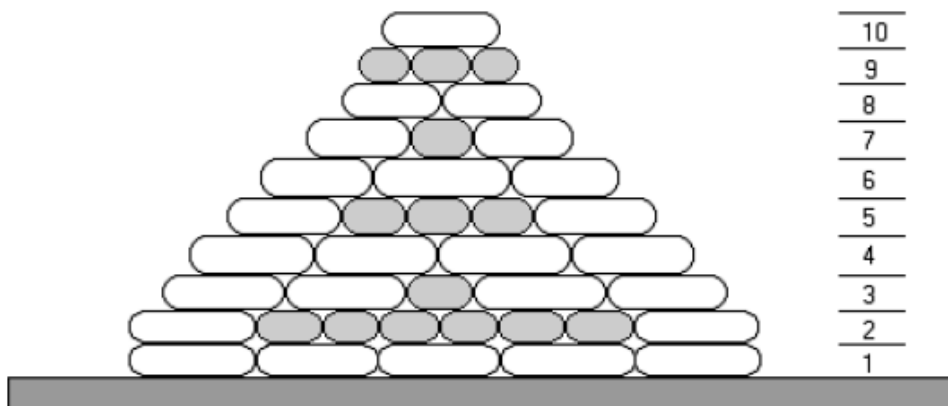


Abb. 6: Möglichkeit 2 zum Dammaufbau¹²

Hingegen wird die in Abb. 5 gezeigte Alternative bei größerer Dynamik der Einwirkungen eingesetzt. Hierbei kann durch das Verlegen der einzelnen Schichten im Längs- und Querverband eine erhöhte Stabilität erreicht werden. Diese Verlegetechnik erfordert allerdings eine erhöhte Aufmerksamkeit beim Bau

¹⁰ Vgl. J.Lotz, Hochwassereinsatz (2005), S.143

¹¹ <http://www.thw-hamburg-harburg.de/thw/uploads/Deichverteidigung/Der%20Sandsack%20und%20Co..pdf>, 08.11.2005, 13.46 Uhr

¹² <http://www.thw-hamburg-harburg.de/thw/uploads/Deichverteidigung/Der%20Sandsack%20und%20Co..pdf>, 08.11.2005, 13.46 Uhr

und dauert dadurch bedingt etwas länger. Die Breite beider Dammaufbauten sollte mindestens $2 \cdot h$ betragen, d.h. die Neigung der Dammschrägen beträgt etwa 45° .¹³

Die bisher gezeigten Dammaufbauten stellen den Regelfall dar. Sie sind durch einen relativ hohen Zeitaufwand bei der Herstellung gekennzeichnet. Um den Aufbauprozess abzukürzen ist es auch möglich einen so genannten „Sandsack-Notdamm“ aufzubauen. Dabei handelt es sich im Prinzip um eine Art „halben Damm nach Regelaufbau“. Der Damm ist gekennzeichnet durch eine 45° Böschung auf der Wasserseite und eine senkrechte Luftseite. Als Kronenbreite wird 1 Sack längs verlegt. Zu beachten ist, dass zu mindest die unterste Lage aufgrund besserer Reibungseigenschaften aus Jutesäcken hergestellt werden sollte. Des Weiteren werden in der ersten Schicht und in den weiteren ungeraden Schichten halb gefüllte Sandsäcke längs an der Luftseite entlang gelegt. So können die anderen Säcke mit einem leichten Gefälle zur Wasserseite hin verlegt werden. Zusätzlich ist bei dieser Konstruktionsweise eine Folie zur Abdichtung auf der Wasserseite zu Verlegen. Sie ist erforderlich, da ein „halber“ Damm verständlicherweise mehr Wasser durchlässt als ein Damm in Regelaufbauweise. Die Folie sollte ca. 2 m weit vor den wasserseitigen Dammfuß gelegt werden.¹⁴ In Abb.6 ist der Aufbau des Sandsack-Notdamms zum besseren Verständnis dargestellt.

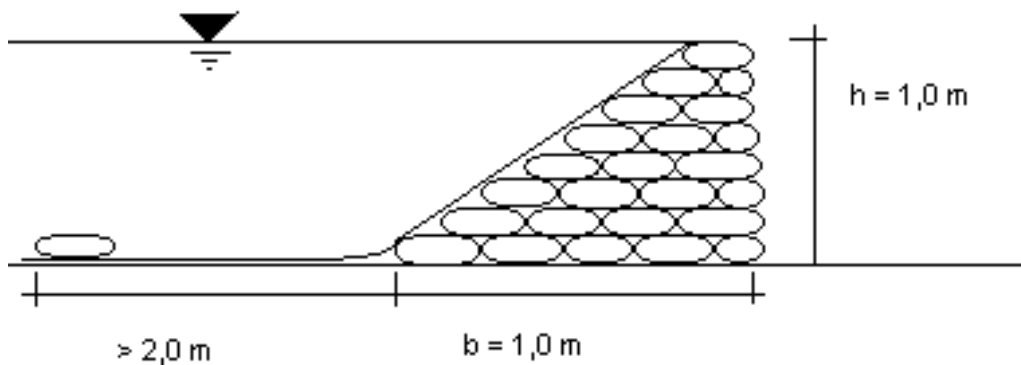


Abb. 7: Sandsack-Notdamm

Welche der verschiedenen Aufbaumöglichkeiten angewendet wird ist im Wesentlichen von den Anforderungen an die Standsicherheit, der Anzahl der Hilfskräfte, der Anzahl der Sandsäcke und natürlich der verfügbaren Zeit zum Aufbau abhängig.

¹³ Vgl. http://www.thw-lernsystem.de/neuhausen/cms/upload/pdf/Taschenkarte_Deich.pdf, 06.10.2008, 20.04 Uhr

¹⁴ Vgl. J.Lotz, Hochwassereinsatz (2005), S.147-150

3.1.3 Material- und Personalbedarf beim Dammbau

Für einen erfolgreichen und schnellen Aufbau der Sandsackdämme ist es für die Aufbauenden erforderlich, folgende Eckdaten zu kennen:

- Benötigte Anzahl Sandsäcke je lfd. m
- Sandmenge je lfd. m
- Personalbedarf
- Zeitbedarf zum Verbauen
- Zeitbedarf zum Befüllen

Die genauen Daten sind natürlich abhängig von den Abmessungen der verwendeten Sandsäcke und der Verlegeart. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Anhaltspunkt für die benötigte Sandmenge und die benötigte Anzahl der Sandsäcke bezogen auf Länge und Höhe des Damms. Sie gilt für die zuvor beschriebenen Dämme mit doppelter Breite im Vergleich zur Höhe.

Länge [m]	Höhe [m]	Sandmenge [m ³]	Sandsäcke längs verlegt	Sandsäcke quer verlegt
1	0,5	1	30	45
1	1,0	2 - 3	120	160
1	1,5	4 - 6	160	350
1	2,0	7 - 9	450	580
5	0,5	3 - 4	160	220
5	1,0	10 - 13	600	800
5	1,5	21 - 28	1300	1750
5	2,0	35 - 48	2250	2900
100	0,5	55 - 70	3200	4300
100	1,0	190 - 260	11800	15800
100	1,5	420 - 560	25800	34500
100	2,0	700 - 930	45000	57500

Tab. 1: Sand- und Sandsackbedarf¹⁵

Des Weiteren ist es wichtig die Dauer des Aufbaus einschätzen zu können. So lässt sich beurteilen, ob das vorhandene Personal ausreicht um ein bestimmtes Schutzziel innerhalb eines bestimmten Zeitraums zu erreichen. Ggf. kann dann reagiert werden, indem weiteres Personal hinzugezogen wird oder sogar Personal abgezogen wird um es an anderer Stelle sinnvoller einzusetzen. Bei den Berechnungen zur Ermittlung des Personal- und Zeitbedarf gilt als Grundlage,

¹⁵ http://www.thw-lernsystem.de/neuhausen/cms/upload/pdf/Taschenkarte_Deich.pdf, 06.10.2008, 20.04 Uhr

dass 1 Mann 80 Sandsäcke innerhalb 1 Stunde 10 m weit bewegt. Diese Annahme gilt inkl. der Vorgänge Aufnehmen, Transportieren und Ablegen.¹⁶ Nachfolgende Tabelle enthält Kennwerte zum Verbau von Sandsäcken und basiert auf oben genannter Annahme. Des Weiteren wird eine Entfernung vom Aufnahme- zum Einbauort von 10 m angenommen.

erf. Einsatzkräfte	notwendige Zeit				
	1 Stunde	2 Stunden	8 Stunden	10 Stunden	12 Stunden
1	80	160	640	800	960
10	800	1600	6400	8000	9600
20	1600	3200	12800	16000	19200
30	2400	4800	19200	24000	28800
40	3200	6400	25600	32000	38400
50	4000	8000	32000	40000	48000

Tab. 2: Kennwerte zum Verbau von Sandsäcken

Anhand der Daten aus den Tabellen 1 und 2 wird deutlich, dass für längere, linienhafte Sandsackdämme eine sehr große Anzahl an Säcken zur Verfügung stehen muss. So werden bspw. für einen 100m langen und 1,0 m hohen Sandsackdamm etwa 11800 bzw. 15800 Sandsäcke benötigt. Solch große Mengen werden selten befüllt vorgehalten. Daher sind auch Kenntnisse über die Dauer des Befüllvorganges wichtig. Diese ist zum einen von den Abmessung der Sandsäcke abhängig und zum anderen kommt es darauf an, ob und welche Füllhilfen verwendet werden. Die Öffnung des Sandsacks sollte für einen schnellen Befüllvorgang möglichst groß sein. Daher ist eine Breite von 30 cm mindestens erforderlich. Auf Abb.7 ist der Befüllvorgang per Hand mit einem Jutesandsack 30 cm*60 cm abgebildet. Es lässt sich erkennen, dass dieses Öffnungsmaß sehr knapp ist. Besser ist ein Öffnungsmaß von 40 cm.



Abb. 8: Befüllvorgang per Hand

¹⁶ Vgl. Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Hochwasservorsorge (2005) S.28

Mit Hilfe moderner Sandsackfüllgeräte können 2 bis 3 Personen eine Leistung von 600 Säcken/Std. erreichen. Oft wird jedoch noch ohne solche Vorrichtungen gearbeitet. Das Befüllen erfolgt dann entweder mit Hilfe eines einfachen Trichters oder gar ohne jegliche Befüllhilfe. Kennwerte hierzu sind in Tabelle 3 dargestellt. Sie gelten allerdings nur für den reinen Befüllvorgang. Das Zubinden der Säcke ist dabei nicht berücksichtigt. Für den Befüllvorgang inkl. Rödeln sind die Werte aus Tabelle 3 auf die Hälfte abzumindern.

Befüllen	ohne Trichter	mit Trichter
mit 2 Einsatzkräften	60 bis	100 Säcke/Std.
mit 6 Einsatzkräften	320 bis	400 Säcke/Std.
mit 10 Einsatzkräften	500 bis	600 Säcke/Std.
mit 50 Einsatzkräften	2500 bis	3000 Säcke/Std.

Tab. 3: Kennwerte zum Befüllvorgang¹⁷

3.1.4 Logistik beim Dammbau

Gerade Notfallsituationen, bei denen zunächst die Zeit der limitierende Faktor ist, erfordern einen reibungslosen Ablauf. Eine gut funktionierende Logistik ist ausschlaggebend für den Erfolg von Katastrophenschutzmaßnahmen im Hochwasserfall. Es muss sichergestellt sein, dass die richtigen Einsatzkräfte und Materialien zur richtigen Zeit, in der richtigen Anzahl, am richtigen Ort vorhanden sind. Die Koordination der Einsatzkräfte und Materialien sollte von einer zentralen Einsatzleitung übernommen werden.

Gerade beim Bau von Sandsackdämmen sind die Anforderungen an Koordination sehr hoch, da eine große Anzahl an Arbeitskräften effizient eingesetzt werden muss. Auch die Sandsacklogistik, besonders bei außergewöhnlich hohen Hochwasseraufkommen, stellt hohe Anforderungen. Die Säcke müssen befüllt werden und mittels Transportmitteln weiter an die verschiedenen Dammbaustellen verteilt werden. Auch der Nachschub von Sandsäcken kann problematisch werden. So wurde bei dem Jahrhunderthochwasser im August 2002 ein „Sandsack Logistik Zentrum“ am Flughafen Leipzig-Halle eingerichtet. Hier wurden Sandsäcke aus dem Ausland

¹⁷ Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt Thüringen, Anleitung für die Verteidigung von Flussdeichen, (2003) S.32

angeliefert und von dort aus weiter verteilt.¹⁸ Des Weiteren hat sich bei dieser Flutkatastrophe das System mit zentralen Befüllplätzen bewährt.¹⁹ D.h. die Säcke und ggf. auch der Sand werden an einen oder mehrere Befüllplätze geliefert, vor Ort befüllt und sogleich weiter an die Dammbaustellen verteilt. Der Standort des Befüllplatzes sollte sorgfältig ausgesucht werden, da er folgenden Anforderungen gerecht werden muss:

- Sicherheit gegen Überschwemmung
- gute Zugänglichkeit
- große Freiflächen (z.B. Bus-Parkplätze, Freiflächen in Industriegebieten, Flughäfen usw.)
- gute Infrastruktur
- ggf. Nähe zu einer Sandkuhle

Um das Verladen der gefüllten Säcke am Befüllplatz zu erleichtern, sollten die Sandsäcke auf Paletten aufgestapelt werden. Beim Transport der Sandsäcke zum Einbauort ist besonders darauf zu achten, dass die Transportmittel nicht überladen werden. Hierbei wird das Gewicht befüllter Sandsäcke oft unterschätzt, was sogar zu Schäden an den Transportmitteln führen kann.²⁰ Unter Berücksichtigung der Anzahl der zu transportierenden Sandsäcke, der Dauer eines Transportzyklus und der Ladekapazität eines LKW kann die erforderliche Anzahl von LKW bestimmt werden. Beispielfhaft wird in Tabelle 4 die erforderliche Anzahl an LKW in Abhängigkeit der Zeit und der Anzahl der Sandsäcke dargestellt. Dabei werden folgende Daten zu Grunde gelegt:

- LKW mit 5 t Nutzlast
- 1 Ladung = 300 Säcke
- Zyklus 1: 3 Stunden
- Zyklus 2: 2 Stunden
- zum Beladen gilt: 100 Sack/Std./Arbeitskraft

¹⁸ Vgl. <http://www.spiegel.de/panorama/0,1518,210145,00.html> 08.10.2008 9.35Uhr

¹⁹ Vgl. DFV, Feuerwehr Jahrbuch 2002/03 (2002) S.23

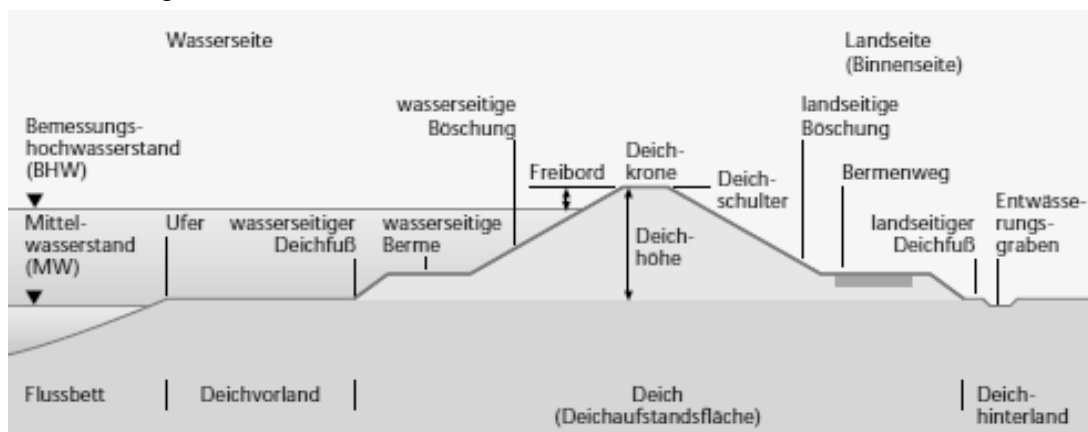
²⁰ Vgl. http://deichverteidigung.de/index.php?option=com_content&task=view&id=34&Itemid=46, 08.10.2008, 10.11 Uhr

notwendige Einsatzkräfte	erforderliche Zeit						notwendige LKW	
	1 Std.	2 Std.	3 Std.	8 Std.	10 Std.	12 Std.	Zyklus 1	Zyklus 2
3	300	600	900	2400	3000	3600	3	2
6	600	1200	1800	4800	6000	7200	6	4
9	900	1800	2700	7200	9000	10800	9	6
18	1800	3600	5400	14400	18000	21600	18	12
27	2700	5400	8100	21600	27000	32400	27	18
36	3600	7200	10800	28800	36000	43200	36	24
45	4500	9000	13500	36000	45000	54000	45	30
54	5400	10800	16200	43200	54000	64800	54	36
63	6300	12600	18900	50400	63000	75600	63	42

Tab. 4: Kennwerte zum Beladen und zum Transport von Sandsäcken²¹

3.1.5 Sandsäcke bei der Flussdeichverteidigung

Gerade die Deichverteidigung stellt eines der Haupteinsatzgebiete von Sandsäcken dar. Auch hier sind eine Reihe von weitgehend übereinstimmenden Richtlinien verschiedener Herausgeber erschienen, welche nachfolgend zusammenfassend beschrieben werden. Um einige allgemeine Begriffe zu klären und zur besseren Verständlichkeit ist in Abb. 9 zunächst ein Querschnitt eines Deiches dargestellt.

Abb. 9: Querschnitt durch einen Deich - Begriffe²²

Um zu verstehen wie ein Deich im Hochwasserfall geschützt werden kann, wann er geschützt werden muss und wie der Schutz auszuführen ist, ist es wichtig die

²¹ Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt Thüringen, Anleitung für die Verteidigung von Flussdeichen, (2003) S.32

²² Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Hochwasservorsorge (2005) S.7

hydraulischen Verhältnisse im Deich zu kennen. Diese Verhältnisse sind abhängig von der Bauweise des Deiches. Im groben kann hierbei zwischen homogenen Deichkörpern (Abb. 10) und Deichkörpern mit wasserseitiger Dichtung (Abb.11) unterschieden werden. Eine Abdichtung des Deiches kann jedoch auch durch eine, in der Deichmitte, senkrecht eingerammte Spundwand hergestellt werden.

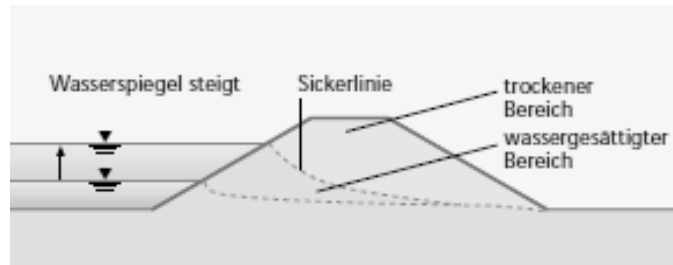


Abb. 10: Homogener Deich²³

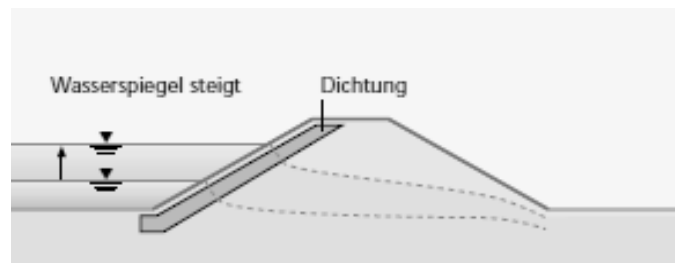


Abb. 11: Deichkörper mit wasserseitiger Dichtung²⁴

Wenn der Wasserspiegel im Hochwasserfall ansteigt, so füllen sich auch die Hohlräume innerhalb des Deichkörpers mit Wasser. Bei diesem Vorgang steigt im Deich die Sickerlinie an. Die Sickerlinie bildet die Grenze zwischen dem trockenen und dem wassergesättigten Bereich des Deichkörpers. Durch das Aufbringen einer wasserseitigen Dichtung, wie in Abb. 11, kann die Sickerlinie niedrig gehalten werden. Allerdings kann das Wasser nicht nur von der Wasserseite aus in den Deichkörper sickern, sondern auch durch den Untergrund. Somit ist eine zunehmende Durchfeuchtung des Deichkörpers, auch mit wasserseitiger Dichtung, kaum zu vermeiden. Der Damm wird dadurch aufgeweicht und die Standsicherheit wird erheblich abgemindert. Häufig steigt die Sickerlinie sogar so weit an, dass Wasser auf der landseitigen Böschung wieder austritt. Der Deich wird also regelrecht von Wasser durchströmt. Dies kann dazu führen, dass die feineren Bodenteilchen innerhalb des Dammkörpers umgelagert oder gar hinaus transportiert werden. Dieser Vorgang wird als Suffosion bezeichnet und begünstigt hydraulische Versagensfälle sehr stark. Generell ist zu

²³ Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Hochwasservorsorge (2005) S.7

²⁴ Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Hochwasservorsorge (2005) S.7

beachten, dass eine lange Dauer des Hochwassers die Sickerlinie immer höher ansteigen lässt. D.h. mit zunehmender Dauer des Einstaus verschlechtert sich die Standsicherheit immer weiter und das Bauwerk wird zunehmend empfindlicher gegen zusätzliche Belastungen und Erschütterungen.²⁵ Um die aktuelle Gefährdung einschätzen zu können, müssen Deiche im Hochwasserfall ständig kontrolliert und beobachtet werden. Dabei weisen verschiedene Schadensbilder darauf hin, wie groß die Gefährdung des Deiches ist und ob Maßnahmen zur Deichverteidigung ergriffen werden müssen.

3.1.5.1 Schadensbilder und deren Einschätzung

Jeder Deich wird im Hochwasserfall mehr oder weniger durchsickert. Folglich kommt es meist zum landseitigen Austritt des Sickerwassers. Dabei lässt die Menge des Sickerwasseraustritts Rückschlüsse auf den inneren Aufbau des Deiches zu, kann jedoch wenig Aufschluss über die Standsicherheit des Deiches geben. Hierzu ist vielmehr die Lage des Sickerwasseraustritts interessant, da diese über die Höhe der Sickerwasserlinie Auskunft gibt. Des Weiteren ist zu beobachten, ob es sich um klares oder trübes Sickerwasser handelt. Trübes Sickerwasser weist auf den Austrag von Bodenmaterial hin (Suffosion), der zur Schwächung des Deichkörpers bzgl. der Standsicherheit führen kann. Treten Verformungen, wie Risse oder Rutschungen auf, so ist der Deich akut Standsicherheitsgefährdet.

Nicht jedes Schadensbild erfordert sofort Gegenmaßnahmen in Form von Deichverteidigung mit Sandsäcken oder ähnlichem. In einigen Fällen reicht zunächst die genaue Beobachtung des Deiches aus. Um bei den Einsatzkräften Klarheit über die Dringlichkeit und Intensität der zu ergreifenden Maßnahmen zu schaffen, können einzelne Schadensbilder einer Gefährdungsstufe zugeordnet werden, welche verschiedene Maßnahmen erfordern. Es werden 4 verschiedene Gefährdungsstufen unterschieden.

- ungefährlich: Beobachtung ist ausreichend
- problematisch: Verhaltensmaßregeln sind erforderlich (z.B. Deich und Deichinterland nicht unnötig befahren oder belasten)

²⁵ Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt Thüringen, Anleitung für die Verteidigung von Flussdeichen, (2002) S. 11-12

- gefährlich: Deichverteidigung ist erf.; evtl. Evakuierung des gefährdeten Deichhinterlandes; Rettungsgeräte für Einsatzkräfte müssen vorhanden sein
- sehr gefährlich: Sofort ist massive Deichverteidigung erforderlich; Rettungsgeräte müssen angelegt sein; gefährdetes Deichhinterland muss evakuiert sein

Im Folgenden werden beispielhaft verschiedene Schadensbilder den zugehörigen Gefährdungstufen zugeordnet.

1. *Klares Sickerwasser in der Böschung des Bermenweges* ist als ungefährlich einzustufen sofern die Sickerwasserlinie nicht ansteigt und das Wasser keine Trübung zeigt.

2. *Klares Sickerwasser im unteren Böschungsdrittel* ist ebenfalls ungefährlich, wenn die Sickerwasserlinie nicht ansteigt und das Wasser keine Trübung zeigt. Diese Situation kann jedoch auch problematisch werden, wenn der Sickerwasseraustritt hoch am Deich liegt oder wenn das Wasser punktuell sehr stark austritt (Erosionsgefahr).

3. *Klares Sickerwasser oberhalb des Bermenweges* ist problematisch, da die Überströmung des unbefestigten Bermenweges dazu führen kann, dass dieser nicht mehr befahrbar ist. Somit ist die Erreichbarkeit aller Deichabschnitte gefährdet.

4. *Klares Sickerwasser im oberen Bereich der Deichböschung* ist problematisch, da die Sickerwasserlinie in diesem Fall sehr hoch liegt und somit ein großer Teil des Deichkörpers unter Auftrieb steht. Die Standsicherheit der Böschung ist stark gefährdet. Es kann zum schlagartigen Abrutschen oder Aufbrechen der Böschung kommen.

5. *Austritt von trübem Sickerwasser punktuell oder flächig* ist in jedem Fall gefährlich, da die Standsicherheit des Deiches durch den Austrag des Bodenmaterials gefährdet wird. Dabei ist von außen nicht erkennbar wie stark die Erosion im inneren des Deichkörpers fortgeschritten ist. Die Situation kann auch sehr gefährlich sein, wenn der Materialaustrag in deutlich sichtbaren Mengen stattfindet oder Verformungen des Deiches erkennbar sind.

6. *Schneller Anstieg der Sickerwassermengen* ist gefährlich, wenn das Sickerwasser im unteren Drittel der Böschung austritt. Sehr gefährlich ist diese Situation bei Austritt des Sickerwassers im oberen Böschungsbereich und hohem

Flusswasserspiegel. Es kann zum Deichbruch, ohne erkennbare Ankündigung, kommen.

7. *Wasseraustritte im Deichhinterland* sind auch bei nur vereinzelt auftretenden Quellaustritten gefährlich. Wird dabei zusätzlich noch Material ausgetragen oder befindet sich die Austrittsstelle nah am Deichfuß, ist die Situation als sehr gefährlich einzustufen.

8. Risse und Rutschungen an der landseitigen Böschung sind problematisch, wenn keine weiteren Störungen erkennbar sind. Bei schmalen Deichkronen (kleiner 2,5 m), steilen Böschungen (steiler als 1 : 2) oder tiefen Rissen ist die Situation als gefährlich einzustufen. Sehr gefährlich wird es, wenn tiefer gehende Risse entstehen und größere Rutschungen an Böschung und Deichkrone auftreten. Wird der Deich dabei überströmt, so besteht akute Deichbruchgefahr.

9. *Oberflächliche Beschädigungen der wasserseitigen Böschungen* sind immer dann problematisch, wenn die Schadstelle oberhalb des Wasserspiegels liegt und kein weiterer Anstieg des Pegels zu erwarten ist. Steigt der Pegel jedoch weiter an kommt es zum verstärkten wasserseitigen Eintritt von Flüssigkeit in den Deich und die Situation ist gefährlich. Es kann zu wasserseitigen Rutschungen und Anbrüchen und somit zur Vergrößerung der Schadstellen kommen. Werden Beschädigungen durch Treibgut wie Baumstämme oder ähnliches hervorgerufen, so ist dafür Sorge zu tragen, dass diese Schadensverursacher nicht weiterhin auf die Schadstelle einwirken.

10. Treten *Rutschungen der wasserseitigen Böschung* auf, so besteht grundsätzlich immer Deichbruchgefahr. Eine solche Situation wird als gefährlich eingestuft, selbst wenn der Wasserspiegel nicht mehr steigt oder sogar fällt. Kommt es infolge dieser Rutschungen zum Absacken der Deichkrone und dem Überströmen der selbigen besteht die höchste Gefahrenstufe.

11. Besteht die *Gefahr des Überströmens* eines Deiches, so ist das immer ein Hinweis darauf, dass ein Deichbruch unmittelbar bevorstehen kann. Dies gilt ganz besonders für unbefestigte Deiche. Eine solche Situation ist sehr gefährlich.²⁶

3.1.5.2 Gegenmaßnahmen

Jedes der zuvor erklärten Schadensbilder erfordert spezifische Gegenmaßnahmen. Für die zuletzt genannte Gefahr des Überströmens ist natürlich eine Erhöhung des Deiches eine geeignete Maßnahme. Eine solche Erhöhung kann mit Sandsäcken

²⁶ Vgl. Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Hochwasservorsorge (2005) S.10-17

nach den in 3.1.2 beschriebenen Aufbauregeln hergestellt werden. Eine derartige Deicherhöhung wird als „Aufkadung“ bezeichnet. Eine Aufkadung ist allerdings nicht in beliebiger Höhe herstellbar. Mit vertretbarem Aufwand können etwa 0,5 m erreicht werden. Die Erhöhung eines Deiches birgt durch die zusätzliche Auflast in Form des Sandsackdammes die Gefahr der statischen Überlastung des Systems. Hinzu kommt, dass durch das sehr hoch anstehende Wasser auch die Sickerlinie stark bis zur Deichkrone ansteigen kann. Langsame oder auch schlagartige Verformungen am Deich mit nachfolgendem Deichbruch können die Folge sein.

Bei punktuellen landseitigen Wasseraustritten aus der Böschung werden ringförmige Fangedämme um die Austrittsstelle gebaut. Solche Fangedämme werden in der Deichverteidigung als „Quellkade“ bezeichnet. Mit Hilfe von Quellkaden soll der Sickerwasseraustritt gestoppt werden. Das austretende Wasser wird aufgestaut und baut mit steigender Höhe einen Gegendruck auf. Idealerweise kommt es zu einem hydraulischen Ausgleich der Drücke und es tritt kein weiteres Sickerwasser mehr aus. Die Höhe der Quellkade richtet sich nach diesen Erfordernissen. Eine Quellkade sollte immer nach den in Abb.2 bzw. Abb.3 dargestellten Aufbauquerschnitten hergestellt werden. Durch die breite Basis wird die Auflast der Säcke, auf dem ohnehin durchweichenden Boden, sehr gut verteilt und gewährleistet somit die Standsicherheit. Abb. 12 zeigt den Aufbau einer Quellkade.

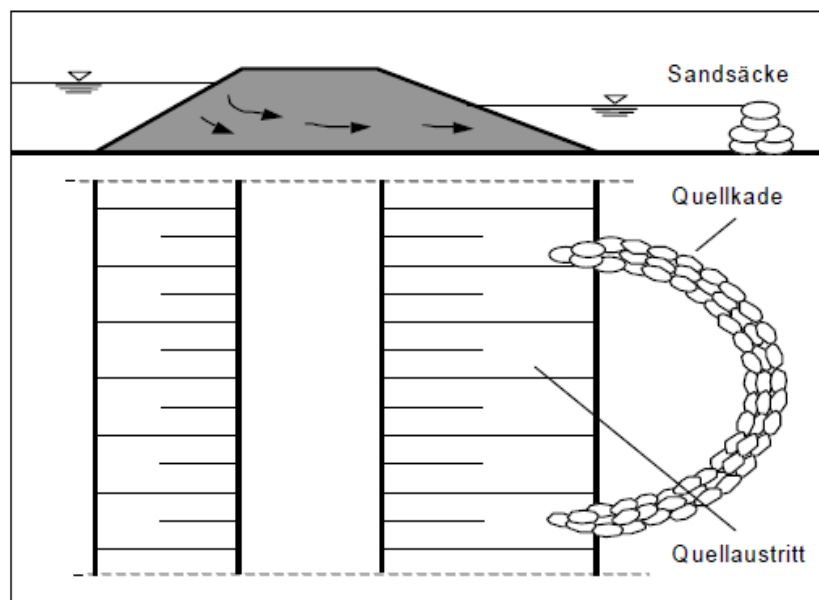


Abb. 12: Quellkade an der Böschung²⁷

²⁷ LHW, Anleitung für den operativen Hochwasserschutz (2005) S.19

Der Materialbedarf für eine Quellkade ist abhängig von ihrem Durchmesser und natürlich der Höhe des Aufbaus. Zur Orientierung können die folgenden Werte herangezogen werden:

- Ø 1 m, Höhe 0,5 m, 130 Sandsäcke
- Ø 2 m; Höhe 0,8 m, 350 Sandsäcke
- Ø 5 m, Höhe 0,8 m, 800 Sandsäcke

Sobald es zu einem flächigen Wasseraustritt im Bereich des Deichfußes kommt ist eine ringförmige Quellkade nicht mehr geeignet. Zweckmäßigerweise wird jetzt eine kammförmige Quellkade, eine „Kammkade“, gebaut. Hiermit kann einer Vielzahl von Austrittsstellen entgegengewirkt werden. Durch die Kammform kann zugleich eine Belastung des unteren und des mittleren Böschungsbereichs aufgebracht werden, welche eine stabilisierende Wirkung hat. In Abb. 13 ist der Aufbau einer Kammkade dargestellt.

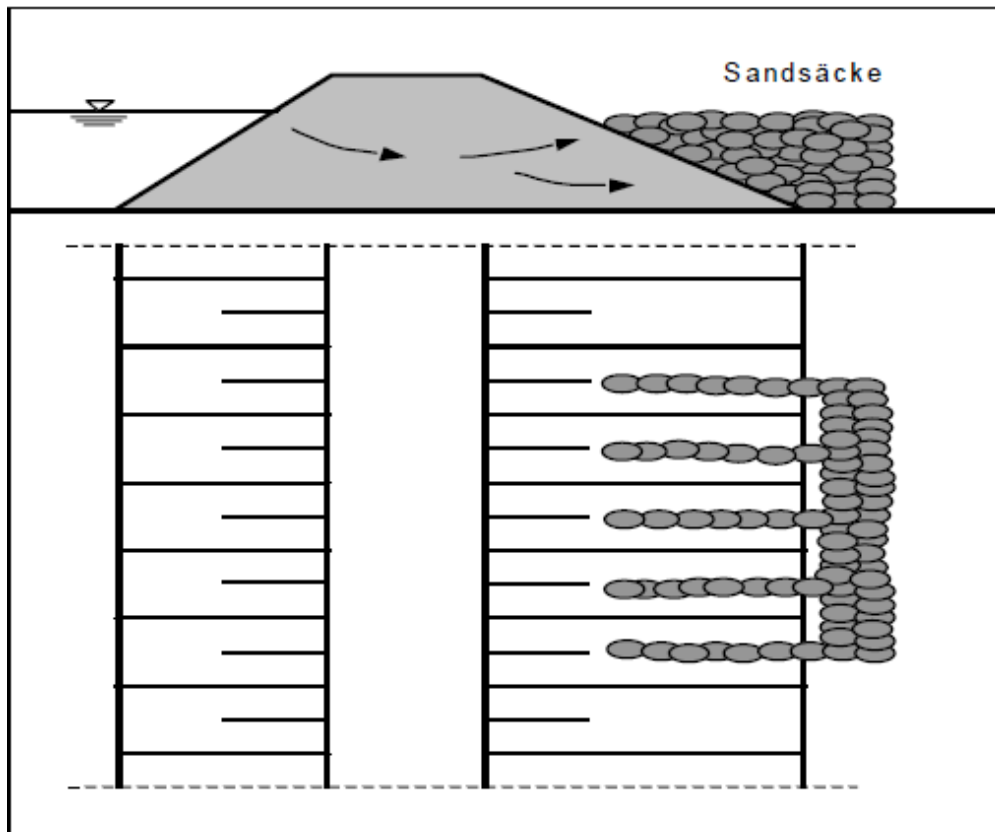


Abb. 13: Kammkade²⁸

²⁸ LHW, Anleitung für den operativen Hochwasserschutz (2005) S.19

Auch der Materialbedarf für den Bau einer Quellkade in Kammform lässt sich grob abschätzen. Die folgenden Werte gelten für eine Kammkade von 0,5 m Höhe, mit einem Zinkenabstand von 1 m und einer Länge der Zinken von 2m:

- für einen lfd. m 150 Sandsäcke
- für 10 m 1400 Sandsäcke
- für 50 m 7000 Sandsäcke
- für 100 m 14000 Sandsäcke

Nicht immer tritt durchsickerndes Wasser in der Böschung des Deiches oder am Böschungsfuß aus. Häufig sickert das Wasser durch tiefer liegende, durchlässige Bodenschichten und tritt landseitig im Deichhinterland aus. Hierbei kann das Wasser sehr hohe Drücke erreichen, welche sogar zu Aufbrüchen von Asphaltschichten führen können. Des Weiteren kann es zum Materialaustrag kommen und es entstehen so genannte Sandquellen. Diese Sandquellen können sogar standsicherheitsgefährdende Auswirkungen haben, da der Materialaustrag von seinem Entstehungsort rück schreitend bis unter die Deichaufstandsfläche reichen kann. Die Gegenmaßnahme für solche Wasseraustritte oder Sandquellen ist eine kreisförmige Quellkade (siehe Abb. 14), welche um die Schadstelle herum aufgebaut wird. Auch hier soll ein Druckausgleich die Quellen zum versiegen bringen. Dementsprechend muss auch hier die Höhe des Bauwerks den Erfordernissen angepasst werden.

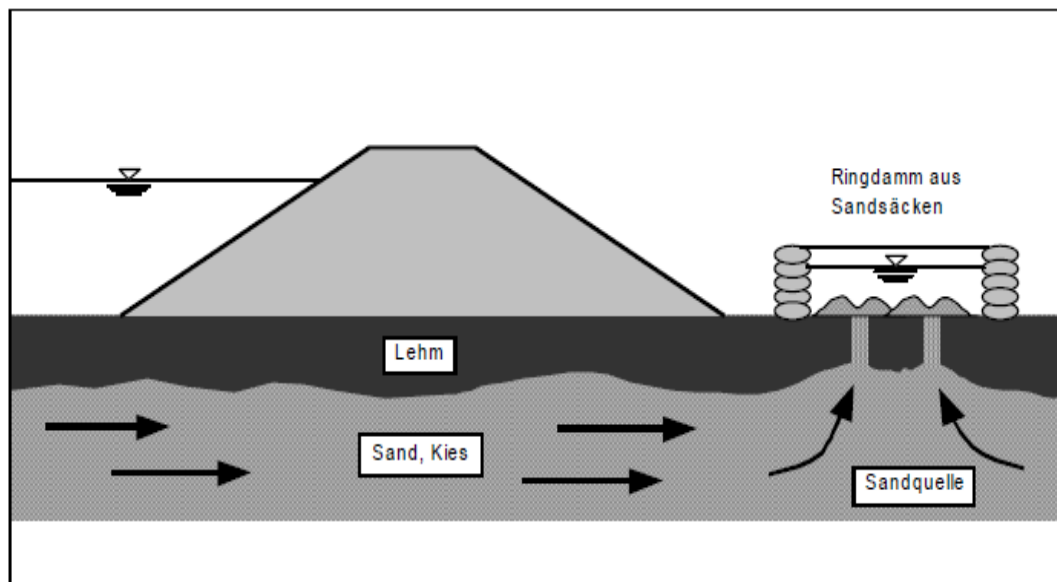


Abb. 14: Quellkade im Deichhinterland²⁹

²⁹ LHW, Anleitung für den operativen Hochwasserschutz (2005) S.21

Materialbedarf:

- Ø 1 m, Höhe 0,5 m, 300 Sandsäcke
- Ø 2 m; Höhe 0,8 m, 800 Sandsäcke
- Ø 5 m, Höhe 0,8 m, 2000 Sandsäcke

Infolge eines lang anhaltenden Hochwassers kann es durch die Durchfeuchtung des Deichkörpers zu landseitigen Rutschungen an der Böschung kommen. Diese Verformungen kündigen sich durch Risse oder Verformungen im Deichfußbereich an. Um solche Gelände- oder Grundbruchmechanismen zu verhindern muss ein ausreichender Gegendruck in Form einer Auflast im luftseitigen Böschungsfußbereich aufgebracht werden. Diese Auflast kann mit Hilfe von Kiesschüttungen oder auch mit Sandsäcken erzeugt werden. Zu beachten ist in jedem Fall, dass durch die Maßnahme keine luftseitige Abdichtung des Deiches hergestellt wird. Das Wasser muss weiterhin ungehindert abfließen können, da sonst die Sickerlinie im Deich stark ansteigen würde. Kommen Sandsäcke zum Einsatz, so muss entweder unter den Säcken ein Sickerrost (gekreuzte Stangen, Buschwerk, spezielle Filtermatten) verlegt werden oder die Sandsackauflast muss regelmäßig alle 2 m unterbrochen werden.



Abb. 15: Stützung mit Sandsäcken mit Sickerrost³⁰

Die bisher vorgestellten Möglichkeiten zur Deichverteidigung haben die gemeinsame Eigenschaft, dass sie auf der Landseite des Deiches eingesetzt werden. Im Gegensatz dazu besteht jedoch auch die Möglichkeit Maßnahmen zu ergreifen, welche von der Wasserseite aus durchgeführt werden. So können beispielsweise lokale Schad- bzw. Wassereintrittsstellen im oberen wasserseitigen

³⁰ Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, Hochwasservorsorge (2005) S. 19

Böschungsbereich durch das einfache Auflegen von vereinzelt Sandsäcken verschlossen werden (siehe Abb. 16).

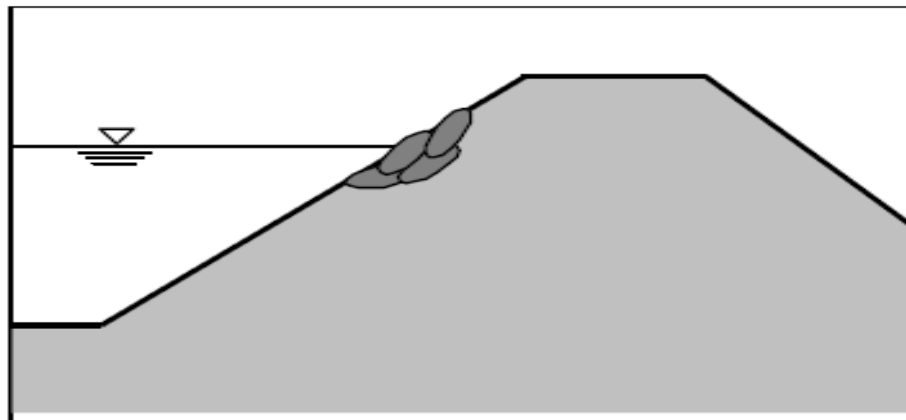


Abb. 16: Verbau einer Quelle auf der Wasserseite³¹

Je tiefer die wasserseitige Sickerwassereintrittsstelle in der Böschung liegt, desto schwieriger ist diese zu lokalisieren. Um dennoch eine gezielte Abdichtung vorzunehmen wird zweckmäßigerweise eine flächenhafte Abdeckung (Abb. 17) vorgenommen. Die Flächenabdichtung wird mit einer wasserundurchlässigen Folie vorgenommen. Um die Folie in das Wasser absenken zu können, wird am unteren Ende ein Rohr befestigt. Zur festen Fixierung der Folie sind zusätzlich Sandsäcke als Auflast zu verwenden. Ggf. werden mehrere Versuche benötigt um die Eintrittsstelle zu finden. Ein besonderer Vorteil dieser Art von Abdichtung ist, dass die Sickerlinie lokal deutlich abgesenkt werden kann.

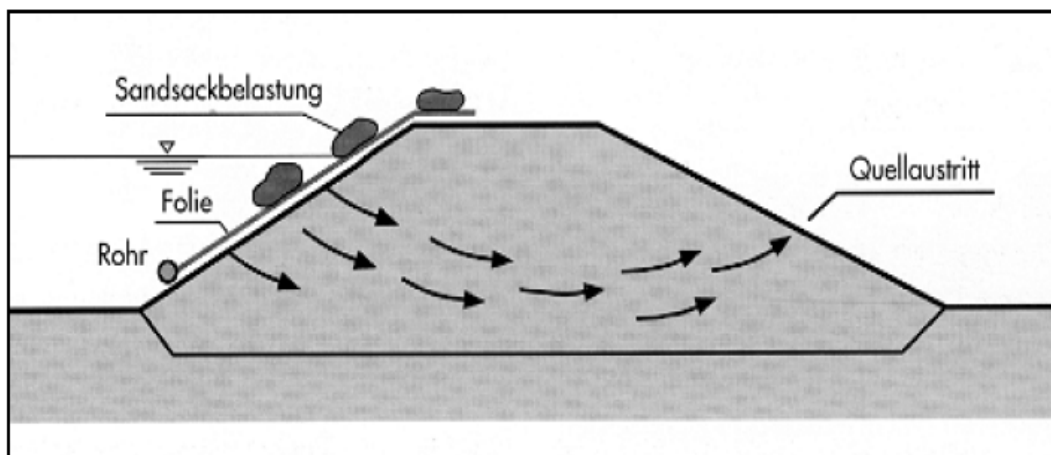


Abb. 17: Flächenhafte Abdichtung des Wassereintritts³²

³¹ LHW, Anleitung für den operativen Hochwasserschutz (2005) S.23

³² Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt Thüringen, Anleitung für die Verteidigung von Flussdeichen S.19

Kommt es zu wasserseitigen Rutschungen der Böschung, so müssen die dabei entstehenden Auskolkungen gegen weitere Erosion geschützt werden. Da hier akute Deichbruchgefahr besteht, muss die Auskolkung sofort mit Hilfe von Sandsäcken verbaut werden (Abb. 18). Dabei ist es besonders wichtig, dass der Kolk voll mit Material ausgefüllt wird.

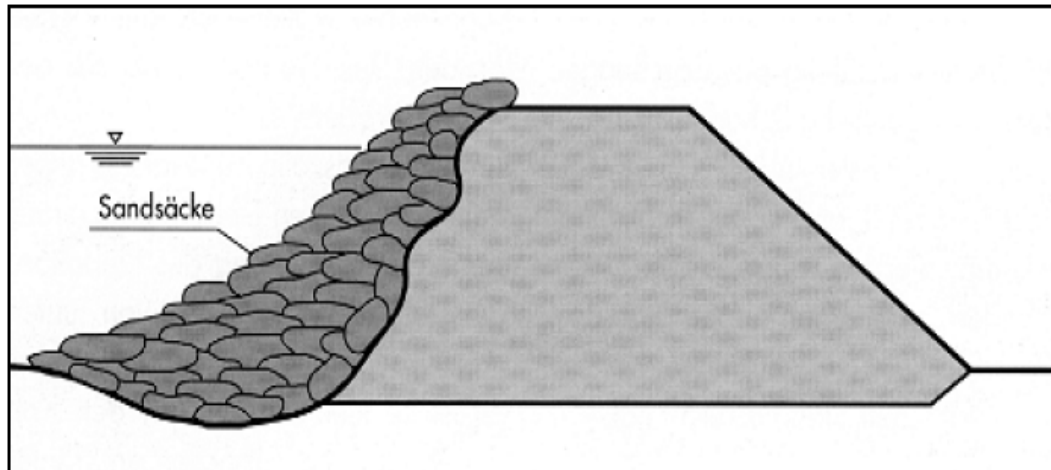


Abb. 18: Verbau eines Kolkes mit Sandsäcken³³

3.1.5.3 Liste der häufigsten Fehler bei der Deichverteidigung

- Folien werden auf der Landseite aufgebracht.
- Aufwendiger Einsatz von Folien auf Wasserseite, welcher kaum Wirkung in der Fläche hat. Als punktuell einzusetzendes Bekämpfungsinstrument jedoch sehr wirksam.
- Bei Deichfußsicherung wird die erste Lage ohne Drän-Schicht angelegt.
- Deichentwässerungsgräben wurden zugeschüttet.
- Über- bzw. unterdimensionierte Deichfußsicherungen.
- Mangelhafte Kenntnis über die Wirkung von Quellkaden. Somit ist kein optimaler Einsatz möglich. Oftmals werden Quellkaden nicht eingesetzt, wo diese eine bessere Wirkung erzielt hätten.
- Sandsacklager werden direkt auf Deichbauwerken angelegt.
- Kompetenzschwierigkeiten und Zuständigkeiten vor Ort sind immer wieder ein zeitraubendes Problem.
- Bei der Sandsacklogistik werden die erforderlichen Mengen unterschätzt.
- Die Personalplanung ist oftmals viel zu gering, da der Aufwand zur Deichverteidigung unterschätzt wird.

³³ LHW, Anleitung für den operativen Hochwasserschutz (2005) S.25

- Nicht ausreichend zur Verfügung stehendes Personal.
- Mangelhafte Erkundungsergebnisse
- Die Analysekompetenz vor Ort zur Schadensermittlung ist oftmals mangelhaft.

Diese Liste wurde mit freundlicher Unterstützung von Herrn T.Tjaden vom THW Emden erstellt. Das Einbeziehen eines Experten auf dem Gebiet der Deichverteidigung war erforderlich, da die Häufigkeit der auftretenden Fehler mangels eigener Erfahrungen nicht geklärt werden konnte.

Kapitel 4

Sandsackersatzsysteme

4.1 Allgemeines zu Sandsackersatzsystemen

Da das Errichten von Sandsackdeichen einige Nachteile mit sich bringt, wurde nach anderen Möglichkeiten gesucht, welche vor allem hinsichtlich Zeitaufwand und Personaleinsatz Vorteile bieten. So wird im Bereich des notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutzes eine ganze Reihe von neu entwickelten Alternativen zum Sandsack angeboten. Diese so genannten Sandsackersatzsysteme lassen sich unterteilen in Stellwandsysteme und offene oder geschlossene Behältersysteme. Aufgrund der Vielfalt, der auf dem Markt erhältlichen notfallmäßigen Hochwasserschutzanlagen, ist es umso schwieriger das richtige System für ein bestimmtes Einsatzszenario zu finden. Nachfolgend werden die wichtigsten Systeme des notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutzes vorgestellt.

4.1.1 Stellwandsysteme

Das Konstruktionsprinzip von Stellwandsystemen verschiedener Hersteller unterscheidet sich nicht grundsätzlich voneinander. So lassen sich die Konstruktionselemente dieser Systeme grob aufteilen in das Wandelement, die Dichtungsfolie und das Stützsystem. Das Stützsystem wird im Allgemeinen als eine Art Bock oder Dreibein ausgebildet. Darauf werden die Wandelemente gelegt, welche beispielsweise auch aus Europaletten bestehen können. Die Dichtungsfolie wird auf die Wandelemente gelegt und am Fußpunkt mit Sandsäcken beschwert. Dies dient auch der Abdichtung des Systems an der Fuge zwischen Wandelement und GOK. Um ein Weggleiten der Konstruktion auf dem Untergrund zu vermeiden, werden Erdnägel oder Ankerbolzen verwendet. Die

Längsaussteifung des Systems wird durch Querverstreibungen oder Aussteifungsrahmen gesichert.³⁴

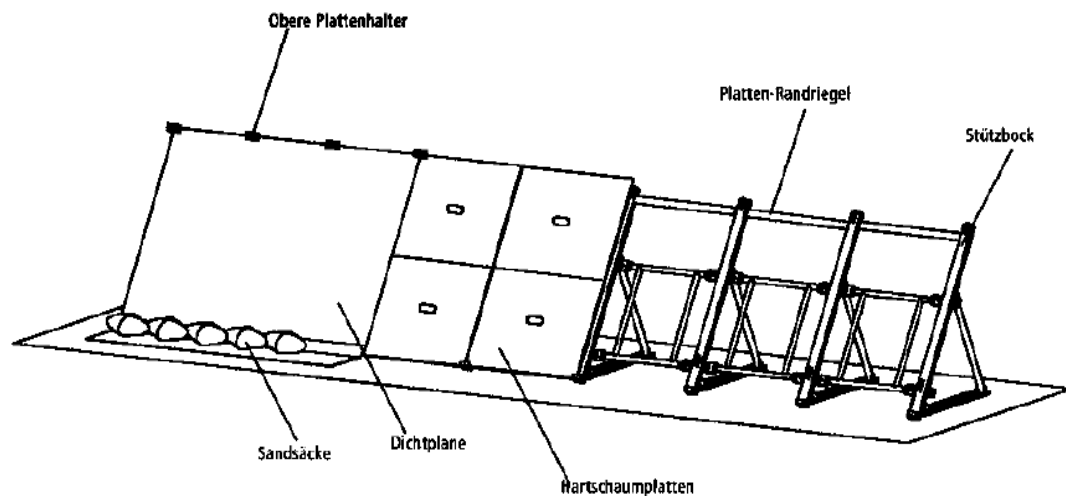


Abb. 19: Konstruktionsbeispiel Stellwandssystem³⁵

Der Aufbau von Stellwandssystemen auf unebenem Untergrund kann nicht empfohlen werden, da sich diese Systeme konstruktionsbedingt schlecht an den Boden anschmiegen können und somit die Herstellung der Fußpunktabdichtung stark erschwert wird. Des Weiteren sind weiche Untergründe problematisch. Aufgrund der relativ kleinen Auflagerfläche der Systeme und der hohen Belastungen ist ein unregelmäßiges Versinken zu erwarten. Dies kann zu Undichtigkeiten oder sogar zum Versagen des Schutzes führen. Beim Einsatz auf weichen Untergründen oder solchen, bei denen ein starkes Aufweichen bei dauerhaftem Einstau zu erwarten ist, sollte daher die Auflagerfläche vergrößert werden.

Eine Sonderform der Stellwandssysteme wird von der Firma „AquaFence“ angeboten. Es handelt sich um eine Art klappbares, mobiles Stellwandssystem. Dieses System kann sowohl als notfallmäßiges, als auch als planmäßiges mobiles Schutzelement eingesetzt werden. Verschiedene Möglichkeiten zur Untergrundverbindung, wie Fundament oder Spundwandanschlüsse für den geplanten Einsatz und Erd- oder Asphaltnägel für den notfallmäßigen Einsatz, machen das möglich. Die Besonderheit des Systems liegt vor allem darin, dass die Gewichtskraft des Wassers zur Stabilisierung und Abdichtung genutzt wird. So reicht laut Herstellerangabe bereits eine Einstauhöhe von 20 cm aus um das System ohne Fixierung zu halten.

³⁴ Vgl. BWK, Mobile Hochwasserschutzsysteme (2005) S.139

³⁵ Altrad, Hochwasserschutzwand (2004) S.4



Abb. 20: System „AquaFence“³⁶

Die Diagonalen auf der Wasserseite dienen zur Stabilisierung des Systems. Sie können durch überspannen mit einer reißfesten Folie gegen Anprall von Treibgut geschützt werden. Auch dieses System benötigt möglichst ebene Untergründe um sicher eingesetzt werden zu können.

4.1.2 Offene Behältersysteme

Es handelt sich um befüllbare Behältersysteme, welche durch Drahtkörbe oder Holzbretter stabilisiert werden. Meist werden so genannte „Big-Bags“ verwendet. Es gibt aber auch andere Systeme (siehe Abb.21). Die Standsicherheit der Systeme wird allein durch das hohe Gewicht des Füllmaterials gewährleistet, welches auch für eine flexible Anpassung des Behälterbodens an den Untergrund und somit einen dichten Abschluss an dieser Stelle sorgt. Bei einigen Systemen wird die Sohlfuge zusätzlich durch eine Quellmitteldichtungsbahn abgedichtet. Die Wasserundurchlässigkeit der Behälter selbst wird durch ein sehr dichtes Füllmaterial (z.B. Sand), wasserdichtes Behältermaterial oder eine auf der Wasserseite angebrachte wasserdichte Schutzfolie erreicht.³⁷ Werden keine Anforderungen an die Durchlässigkeit des Füllmaterials gestellt, so kann auf beliebiges, örtlich vorhandenes Füllmaterial zurückgegriffen werden und die teils aufwendige Beschaffung von Sand entfällt.

Abbildung 22 zeigt eine sehr spezielle Form der Behältersysteme. Es ist ein praktisch um 90° gekippter, aufklappbarer Behälter. „Das Klappsystem besteht aus einer starken, außermittig gefalteten Kunststoffplane, deren längere Seite auf den Boden gelegt wird und dessen kürzere Seite sich mit anströmendem Wasser selbstständig aufrichtet, soweit es die zwischen den beiden Seiten eingeschweißten Kunststoffwände (Kammern) zulassen.“³⁸ Ähnlich dem

³⁶ <http://213.188.132.99/aquafence/index-de.asp>, 28.09.08, 12.22 Uhr

³⁷ Vgl. H.Patt, Hochwasser-Handbuch (2001) S.293

³⁸ BWK, Mobile Hochwasserschutzsysteme (2005) S.143

System „AquaFence“ wird der Wasserdruck genutzt um das System gegen Gleiten zu sichern und die Sohlfuge abzudichten. Das funktioniert jedoch erst dann, wenn die Wassersperre mit Wasser gefüllt ist. Daher muss das System, beispielsweise mit Sandsäcken, bis zur Füllung gegen wegrutschen gesichert werden. Durch das sehr flexible Konstruktionsmaterial passt sich das System auch sehr gut an unebene Untergründe an.



Abb. 21: Behältersystem³⁹

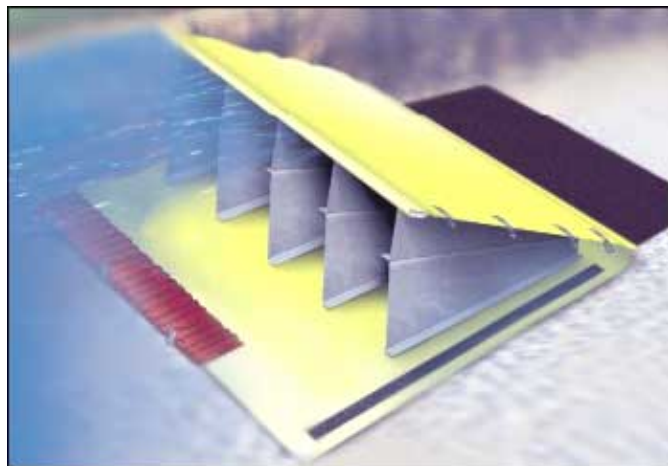


Abb. 22: Klappbares Behältersystem⁴⁰

4.1.3 Geschlossene Behältersysteme

Geschlossene Behältersysteme sind als Ausführungen mit trapezförmigem oder kreisförmigem Querschnitt erhältlich. Als Füllmaterial, für die aus beschichtetem Polyester bestehenden Systeme, wird Wasser verwendet. Da diese Systeme zusammengefaltet bzw. zusammengerollt geliefert werden, müssen sie am Einsatzort zunächst ausgelegt bzw. ausgerollt werden. Dann werden sie mit Luft aufgeblasen. In diesem Zustand können die Systeme aufgrund des geringen Gewichts sehr einfach miteinander verbunden oder aufeinander gestapelt werden. Nach dem Versetzen in die endgültige Lage werden die Behältersysteme, bei gleichzeitiger Entlüftung, mit Wasser gefüllt. So entsteht eine Schwergewichtsschutzwand. Bei kreisförmigen Querschnitten müssen immer zwei Schläuche nebeneinander verlegt und miteinander verbunden werden. Sonst besteht die Gefahr, dass der Schlauch unter dem einwirkenden Druck wegrollt. Die Doppелеlemente werden mit Hilfe von Gurten miteinander verbunden. Zur Erhöhung des Schutzes kann zusätzlich auf ein Doppелеlement ein weiterer Schlauch gelegt werden. Auch dieser ist durch das Verbinden mit Gurten an den

³⁹ <http://www.ib-geotex.de/index-d.htm>, 28.09.2008, 18.02 Uhr

⁴⁰ <http://www.wassersperre.ch/>, 28.09.2008, 18.02 Uhr

unten liegenden Elementen zu fixieren. Geschlossene Behältersysteme passen sich aufgrund des sehr flexiblen Materials sehr gut an den Untergrund an. Die große Auflagerfläche macht auch den Einsatz bei weichen Untergründen möglich. Zudem stellt die Beschaffung von Füllmaterial ein sehr geringes Problem dar. Wasser kann aus dem nahe liegenden Gewässer oder aus Hydranten entnommen werden. Probleme mit Schlauchsystemen entstehen bei Frosteinwirkung. Gefriert das Füllmaterial, so kann es durch die geringere Dichte zu Standsicherheitsproblemen kommen und es verlängert sich die Entleerungszeit beim Abbau. Des Weiteren ist das Schlauchsystem bei Anprall durch Treibgut gefährdet. Obwohl sehr widerstandsfähige Materialien eingesetzt werden, kann es zu Rissen in der Behälterhülle und evtl. zum Versagen des ganzen Systems kommen. Außerdem sollten geschlossene Behältersysteme immer besonders vor Vandalismus geschützt werden.⁴¹

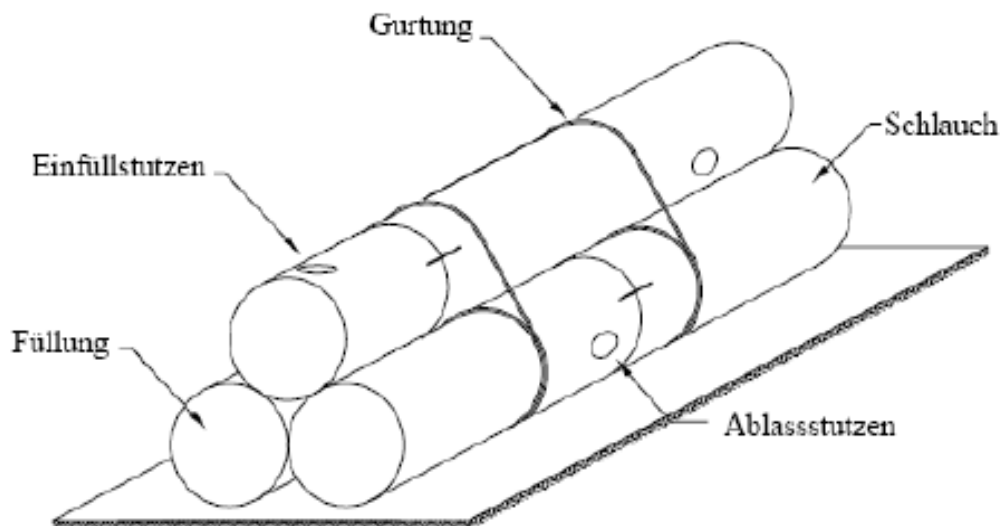


Abb. 23: Schlauchsystem⁴²

4.1.4 Systemtypenübersicht und Vergleich zum Sandsackdamm

Die nachfolgend dargestellte Tabelle soll einen Überblick über den Personalbedarf beim Einsatz und die zugehörigen Anschaffungskosten der verschiedenen Systeme geben. Die Daten beziehen sich auf die Herstellung eines 100 m langen

⁴¹ Vgl. VKF, Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz (2004) S.21

⁴² http://www.umweltbundesamt.de/anlagen/dokumente/sicherheitsorganisation/20348362_kapitel_7.pdf, S.300

Dammes mit einer Schutzhöhe von 0,5 m. Die Kosten für Lagerung, Wartung oder Transport sind nicht enthalten.

Systemtyp	max. Stauhöhe (Herstellerangabe)	Personalbedarf je 100m/h	Anschaffungskosten €/m
Sandsacksysteme	2,0m	20-30 Personen	15 + Sandkosten
Geschlossene Behältersysteme	1,6m	4 Personen	200-450
Offene Behältersysteme	1,5m	4-8 Personen	300-400 + Kosten für Füllmaterial
Stellwandsysteme	2,0m	4-8 Personen	450-550

Tab. 5: Zusammenfassende Systemtypenübersicht⁴³

4.2 Alternativen für die Deichverteidigung

Generell ist es denkbar, dass die zuvor vorgestellten Sandsackersatzsysteme auch in der Flussdeichverteidigung Anwendung finden. Allerdings sind die Systeme nur für bestimmte Einsätze geeignet. Stellwandsysteme eignen sich beispielsweise nur für das Herstellen von Aufkadungen. Dies gilt auch nur unter den Voraussetzungen, dass der Untergrund eben ist und eine ausreichend große Auflagerfläche vorhanden ist, um das Versinken in den aufgeweichten Untergrund zu verhindern. Einen wesentlich größeren Einsatzbereich haben die offenen Behältersysteme. Neben der Verwendung als Aufkadung wäre auch der Einsatz zur Herstellung von Quell- und Kammkaden, Ringdämmen oder Auflasten denkbar. Jedoch müssten die Aufbauten zunächst einmal getestet und zu Übungszwecken errichtet werden, um später einen sicheren Einsatz in der Praxis zu gewährleisten.

Diese Systeme sind allerdings nicht speziell für die Deichverteidigung entwickelt worden. Anders ist das bei den geschlossenen Behältersystemen. Es gibt Produkte, welche nach diesem Prinzip konstruiert sind und speziell für die Deichverteidigung ausgelegt sind. Beispiel dafür ist das System „pletta aqua effect“ der Firma Altrad. Es eignet sich für die Auflastung durchweichter Deiche und zu Herstellung von Quellkaden. Des Weiteren zur Deich- und Dammsicherung sowie zur temporären Deich- und Dammerhöhung.⁴⁴

⁴³ BWK, Mobile Hochwasserschutzsysteme (2005) S.146

⁴⁴ Herstellerangaben, Stand 10/2006

Kapitel 5

Standsicherheit notfallmäßiger mobiler Hochwasserschutzsysteme

5.1 Standsicherheit von Sandsackdämmen

Im Fall von notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutzanlagen handelt es sich aus geotechnischer Hinsicht um Stützwände. Die Besonderheit dieser temporären Bauwerke liegt darin, dass es keine feste Verbindung zum Untergrund gibt und dieser zunächst auch nicht bekannt ist. Somit bleibt vorerst nur der Nachweis der inneren Standsicherheit des Dammsystems. Der nachzuweisende Versagensmechanismus ist hierbei das Gleiten der Sandsacklagen untereinander. Unter der Annahme bestimmter Randbedingungen können auch weitere Nachweise bzgl. der äußeren Standsicherheit geführt werden. Hierbei beschränkt sich diese Arbeit zunächst auf die beiden Versagensfälle Gleiten und Kippen, da hier noch relativ einfache Annahmen zu den Randbedingungen wie Untergrund oder Einwirkung getroffen werden können. Weitergehende Untersuchungen, wie Grundbruch- oder Erosionsmechanismen werden bei den Berechnungen vernachlässigt und anschließend nur diskutiert.

5.1.1 Ermittlung der Reibungsbeiwerte

Um die Gleitsicherheit eines Sandsackdamms auf dem Baugrund bzw. zwischen den Sandsacklagen nachzuweisen, ist es erforderlich die Widerstände zu kennen, welche dem Gleiten entgegengesetzt werden. Diese Widerstände beruhen auf der Reibung zwischen den Oberflächen der sich berührenden Materialien und können mit Hilfe von Reibungsbeiwerten bestimmt werden. Zur Bestimmung der Widerstände müssen natürlich zunächst die Reibungsbeiwerte selbst bekannt sein.

Die Grundlage für die Bestimmung dieser Parameter sind die *Coulombschen Reibungsgesetze*.

5.1.1.1 Die Coulombschen Reibungsgesetze⁴⁵

Es ist grundsätzlich zwischen Haftreibung und Gleitreibung zu unterscheiden.

Haftung (Haftreibung): Betrachtet wird ein Körper mit dem Gewicht G (siehe Abb. 23). An diesem Körper wird eine horizontale Kraft F aufgebracht. Aufgrund der rauen Oberfläche kann zwischen dem Körper und dem Untergrund eine tangentielle Kraft H übertragen werden. Offensichtlich kann diese Kraft H eine Bewegung des Körpers so lange verhindern, bis das sie kleiner wird als die aufgebrachte Kraft F . Der Grenzwert den die Last F annehmen kann heißt F_0 . Analog dazu wird der Grenzwert der Haftkraft H mit H_0 bezeichnet. *C.A. Coulomb (1736-1806)* konnte durch Experimente zeigen, dass der Grenzwert H_0 in erster Näherung proportional zur Normalkraft N ist:

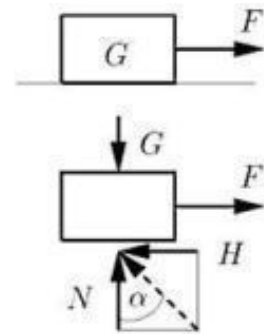


Abb. 23: Haftreibung

$$H_0 = \mu_0 * N$$

Der Proportionalitätsfaktor wird als Haftungskoeffizient bezeichnet. Die Größe der sich berührenden Flächen hat keinen Einfluss auf den Haftungskoeffizient. Vielmehr hängt der Parameter von der Rauigkeit der sich berührenden Flächen ab.

Reibung (Gleitreibung): Im Gegensatz zur Haftreibung betrachtet die Gleitreibung keinen ruhenden Körper, sondern einen sich bewegenden Körper. Es geht um die Kraft, die benötigt wird, um einen Körper in Bewegung zu halten. Auf den Körper wirkt die Reibkraft R welche ebenfalls proportional zur Normalkraft N ist:

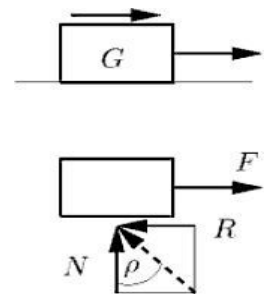


Abb. 24: Gleitreibung

$$R = \mu * N$$

Der Proportionalitätsfaktor wird als Reibungskoeffizient μ bezeichnet. Im Allgemeinen ist μ kleiner als μ_0 . In Bezug auf Haftung und Reibung lassen sich zusammenfassend die folgenden 3 Fälle unterscheiden:

⁴⁵ D. Gross, Technische Mechanik 1 (2004) S.189-195

- $H < \mu_0 * N$ „Haftung“: Der Körper bleibt in Ruhe. Die Haftungskraft H wirkt als Reaktionskraft.
- $H = \mu_0 * N$ „Grenzhaftung“: Der Körper bleibt gerade noch in Ruhe. Wird er angestoßen so wird er sich aufgrund $\mu < \mu_0$ bewegen.
- $R = \mu * N$ „Reibung“ Rutscht der Körper, so wirkt die Reibungskraft R als eingeprägte Kraft.

Haftungs- bzw. Reibungskoeffizienten werden in der Geotechnik üblicherweise als Winkel ausgedrückt. Damit kann die Richtung der Resultierenden N und H_0 (Grenzhaftung mit $\alpha = \rho_0$) bzw. aus N und R (Reibung) angegeben werden. Es gilt:

$$\tan \rho_0 = \mu_0 = H_0 / N, \quad \rho_0 = \text{Haftungsinkel,}$$

$$\tan \rho = \mu = H / N, \quad \rho = \text{Reibungsinkel.}$$

5.1.1.2 Reibungsversuche

Damit der Versagensfall Gleiten bei einem Sandsackdamm auftritt muss offensichtlich die Haftreibung überwunden werden. Der Dammkörper verharrt zunächst in Ruhe und setzt sich mit Überschreiten der Grenzhaftung in Bewegung; d.h. er versagt. Um Berechnungen bzgl. des Gleitens durchzuführen muss also der Haftungskoeffizient bekannt sein. Zur Bestimmung dieses Parameters können einfache Versuche durchgeführt werden. In Abb. 25 ist ein möglicher Versuchsaufbau dargestellt. Es wird mit Kraftmessern (z.B. Federwaagen) so lange gezogen, bis die Kraft F_R nahezu ausreicht, um den Körper mit dem Gewicht F_N in Bewegung zu versetzen.



Abb. 25: Bestimmung von μ_0 mit Kraftmessern⁴⁶

Mit Hilfe der Messwerte kann dann die Haftreibung folgendermaßen bestimmt werden:

$$\mu_0 = \frac{F_R}{F_N}$$

⁴⁶ http://www.containerhandbuch.de/chb/stra/index.html?/chb/stra/stra_04_04_05.html, 09.11.2008, 9.56 Uhr

Eine weitere Möglichkeit stellt, die in Abb. 26 gezeigte Versuchsanordnung mit Masseausgleich dar. Bei diesem Versuchsaufbau werden so viele Gewichte m_R aufgelegt, dass die Masse m_N gerade noch stehen bleibt. Gerät die Masse in Bewegung, so kann das Gewicht wieder reduziert werden. Das endgültige Versuchsergebnis kann iterativ, durch Auf- und Ablegen immer kleinerer Gewichte angenähert werden. Die Berechnung von μ_0 erfolgt analog zur Bestimmung mit Kraftmessern.

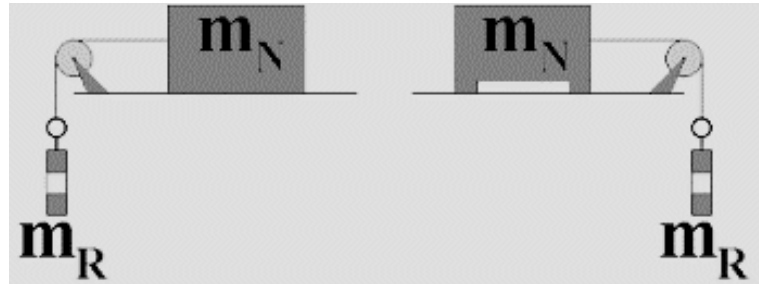


Abb. 26: Bestimmung von μ_0 mit Masseausgleich⁴⁷

Zuletzt sei noch auf den „Schiefe-Ebene-Versuch“ (Abb. 27) hingewiesen, der beispielsweise auch bei der Bestimmung der Reibungseigenschaften von Geokunststoffen (DIN EN ISO 12957-2) verwendet wird.

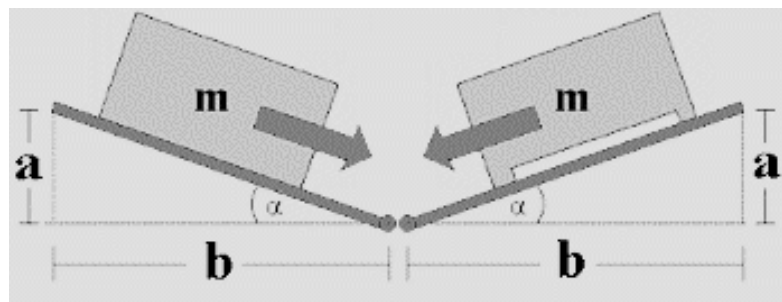


Abb. 27: Schiefe-Ebene-Versuch⁴⁸

Hierbei sind weder Kraftmesser noch geeichte Massen erforderlich, um Reibungsbeiwerte zu bestimmen. Der Versuchskörper wird auf eine Ebene gestellt, welche einseitig, drehbar gelagert ist. Durch anheben der Ebene wird ihr Neigungswinkel α immer größer. Wird die Haftreibung zwischen Körper und Ebene überwunden, so gerät der Körper ins Rutschen. Zur Bestimmung des Haftreibungskoeffizienten muss der Neigungswinkel ermittelt werden, bei dem

⁴⁷ http://www.containerhandbuch.de/chb/stra/index.html?/chb/stra/stra_04_04_05.html, 09.11.2008, 9.56 Uhr

⁴⁸ http://www.containerhandbuch.de/chb/stra/index.html?/chb/stra/stra_04_04_05.html, 09.11.2008, 9.56 Uhr

die Masse gerade noch auf der Ebene liegen bleibt. Die Berechnung von μ_0 wird wie folgt durchgeführt:

$$\mu_0 = \frac{a}{b} = \tan \alpha$$

5.1.1.3 Versuchsergebnisse

Im Rahmen dieser Abschlussarbeit wurden die nachfolgenden Haftreibungskoeffizienten mit Hilfe der zuvor vorgestellten Methode mit Kraftmessern bestimmt. Dafür wurde jeweils ein Sandsack gewogen und dann auf den Untergrund gelegt, auf dem der Reibungsbeiwert bestimmt werden sollte. In das zugebundene Ende des Sandsacks wurde eine digitale Zugwaage eingehängt und schließlich per Hand gezogen, bis dass sich der Sandsack bewegte. Als Messwert wurde die maximale Zugkraft, vor Überwinden der Haftreibung abgelesen. Um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten, wurde der Versuch jeweils dreimal durchgeführt. Das verwendete Füllmaterial war Rheinsand 0/2.

PP-Säcke auf Beton				
Sack Nr.	Gewicht N [kg]	Zugkraft H [kg]	$\mu_0 = H / N$	Mittelwert μ_{0m}
1	11,72	5,25	0,45	0,48
2	12,97	6,63	0,51	
3	13,03	6,2	0,48	

Tab. 6: Reibungsbeiwerte von PP-Säcken auf Beton

PP-Säcke auf Fliesen				
Sack Nr.	Gewicht N [kg]	Zugkraft H [kg]	$\mu_0 = H / N$	Mittelwert μ_{0m}
1	11,9	4,3	0,36	0,35
2	13,11	4,56	0,35	
3	11,48	3,9	0,34	

Tab. 7: Reibungsbeiwerte von PP-Säcken auf Fliesen

PP-Säcke auf PP-Säcken				
Sack Nr.	Gewicht N [kg]	Zugkraft H [kg]	$\mu_0 = H / N$	Mittelwert μ_{0m}
1	12,71	5,8	0,46	0,42
2	11,36	5,4	0,48	
3	11,92	3,9	0,33	

Tab. 8: Reibungsbeiwerte von PP-Säcken auf PP-Säcken

Jute-Säcke auf Beton				
Sack Nr.	Gewicht N [kg]	Zugkraft H [kg]	$\mu_0 = H / N$	Mittelwert μ_{0m}
1	13,06	7,2	0,55	0,52
2	12,14	5,95	0,49	
3	13,72	7,08	0,52	

Tab. 9: Reibungsbeiwerte von Jute Säcken auf Beton

Jute-Säcke auf Fliesen				
Sack Nr.	Gewicht N [kg]	Zugkraft H [kg]	$\mu_0 = H / N$	Mittelwert μ_{0m}
1	14,27	6,71	0,47	0,45
2	13,11	5,85	0,45	
3	11,61	5,2	0,45	

Tab. 10: Reibungsbeiwerte von Jute Säcken auf Fliesen

Jute-Säcke auf PP-Säcken				
Sack Nr.	Gewicht N [kg]	Zugkraft H [kg]	$\mu_0 = H / N$	Mittelwert μ_{0m}
1	11,54	6,2	0,54	0,54
2	13,04	6,5	0,50	
3	14,17	8,07	0,57	

Tab. 11: Reibungsbeiwerte von Jute Säcken auf PP-Säcken

Jute-Säcke auf Jute-Säcken				
Sack Nr.	Gewicht N [kg]	Zugkraft H [kg]	$\mu_0 = H / N$	Mittelwert μ_{0m}
1	13,95	8,5	0,61	0,64
2	13,24	8,7	0,66	
3	10,59	6,77	0,64	

Tab. 12: Reibungsbeiwerte von Jute Säcken auf Jute-Säcken

5.1.1.5 Beurteilung der Versuchsergebnisse

Die vorliegenden Versuchsergebnisse können allenfalls als Anhaltspunkt für die Haftreibungsbeiwerte von Sandsäcken dienen, da der hier durchgeführte Versuchsaufbau mit Kraftmesser zu ungenau ist, um allgemein gültige Ergebnisse zu ermitteln. Das liegt zum einen daran, dass der Sandsack in der Realität flächig vom Wasser gedrückt wird und nicht, wie in diesem Versuch, an einem Punkt angehängt und dann gezogen wird. Durch diese Vorgehensweise kommt es zunächst dazu, dass der Sack sich mit steigender Last verformt, bevor die Haftreibung überwunden wird. In Wirklichkeit verformt sich ein Sandsack, der durch die Masse der darüber liegenden Säcke stark belastet wird, kaum. Zum

anderen ist das Aufbringen einer Zugkraft per Hand sehr ungenau und macht den Versuch doch sehr stark von der durchführenden Person abhängig. Eine kontinuierliche Laststeigerung, wie sie eigentlich erforderlich ist, sowie ein ideal horizontaler Lastangriff, kann so nicht erreicht werden. Als weiterer Unsicherheitsfaktor ist das direkte ablesen der Zugkraft von der Waage zu nennen. Hier ist es von erforderlich, dass die aufgebrachte Zugkraft mit Hilfe moderner Messtechnik in einem Diagramm aufgezeichnet wird. Dadurch lässt sich die zur Überwindung der Haftreibung erforderliche Zugkraft sehr genau ablesen.

5.1.2 Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten

Bei Sandsackdämmen kann dieser Versagensmechanismus in Anlehnung an den Nachweises ausreichender Gleitsicherheit nach DIN 1054 (Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau) überprüft werden. Es ist zu zeigen, dass die Bedingung

$$T_d \leq R_{t,d}$$

erfüllt ist.

Dabei ist

T_d die resultierende horizontale Belastung mit $T_d = T_k * \gamma_G$;

γ_G Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen (LF 2);

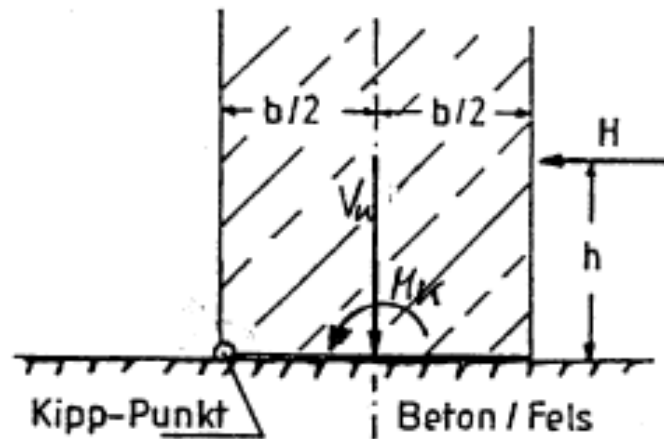
$R_{t,d}$ der Gleitwiderstand, der sich berechnet zu $R_{t,d} = N_k * \mu_0 / \gamma_{Gl}$

N_k die resultierende vertikale Belastung aus der ungünstigen Kombination ständiger und veränderlicher Einwirkungen;

γ_{Gl} Teilsicherheitsbeiwert für Gleiten.

5.1.3 Nachweis der Sicherheit gegen Kippen

In Abhängigkeit des Untergrundes und des Materials des kippenden Körpers gibt es verschiedene Möglichkeiten diesen Grenzzustand zu überprüfen. Handelt es sich beispielsweise um einen näherungsweise starren Baukörper und einen unnachgiebigen Untergrund, so ist der Kipp-Punkt bekannt (siehe Abb. 28).

Abb. 28: GZ des Kippens⁴⁹

Der Nachweis kann mit Hilfe folgender Grenzzustandsbedingung geführt werden:

$$M_{G,K,dst} * \gamma_{G,dst} + M_{Q,k,dst} * \gamma_{Q,dst} \leq M_{G,k,stab} * \gamma_{G,stab}$$

Dabei ist

$M_{G,k,dst}$ das durch charakteristische ständige Einwirkungen verursachte Moment, welches den Baukörper um die Kippkante drehen will;

$\gamma_{G,dst}$ der Teilsicherheitsbeiwert für ungünstige ständige Einwirkungen;

$M_{Q,k,dst}$ das durch charakteristische veränderliche Einwirkungen verursachte Moment, welches den Baukörper um die Kippkante drehen will;

$\gamma_{Q,dst}$ der Teilsicherheitsbeiwert für ungünstige veränderliche Einwirkungen;

$M_{G,k,stab}$ das durch charakteristische ständige Einwirkungen verursachte Moment, welches stabilisierend wirkt;

$\gamma_{G,stab}$ Teilsicherheitsbeiwert für günstige ständige Einwirkungen.

Dieses Nachweisformat eignet sich z.B. für den Kippnachweis eines Stellwandsystems, welches auf einer befestigten Straße aufgestellt wird.

Oft werden notfallmäßige mobile Hochwasserschutzsysteme jedoch auf nachgiebigem Baugrund aufgestellt. Bei Sandsackaufbauten oder Big-Bags ist sogar der Baukörper selbst nachgiebig und verformbar. Das führt dazu, dass sich der Baugrund bzw. der Sandsack an der stark gedrückten Seite den hohen Normalspannungen durch „plastisches Fließen“ entzieht. Dadurch rückt die

⁴⁹ M.Pulsfort, Bodenmechanik 2 (2003), S.67

„Kipp-Achse“ weiter in Richtung Mitte der Sohlfuge. Die reale „Kipp-Achse“ lässt sich jetzt nicht mehr ermitteln, d.h. dass die vorgestellte Grenzzustandsbedingung nicht mehr anwendbar ist. Für diese Randbedingungen muss offensichtlich ein anderes Nachweisformat angewendet werden. Für solche Fälle bietet die DIN 1054 mit dem Nachweis der Einhaltung der zulässigen Außermittigkeit der Sohldruckresultierenden eine geeignete Alternative. Die Größe der Außermittigkeit e wird berechnet zu:

$$e = \sum M / \sum V$$

Für eine einachsige Ausmitte e muss zum Nachweis ausreichender Kippsicherheit folgende Bedingung eingehalten werden:

$$e \leq b/3$$

Diese Bedingung ist gleichbedeutend mit der Aussage, dass ein Klaffen der Sohlfuge nur bis zu Schwereachse des Körpers auftritt. Eine stärkere Begrenzung wird mit nachstehender Bedingung gefordert.

$$e \leq b/6$$

Diese Bedingung stellt höhere Anforderungen und wird zur Begrenzung der drehenden Deformationen des Fundamentes, sprich der Gebrauchstauglichkeit, angewendet. Solch eine Begrenzung ist auch bei den notfallmäßigen Hochwasserschutzsystemen sinnvoll, da durch die Verformungsbegrenzung vor allem auch eine höhere Dichtigkeit des Systems erreicht werden kann.

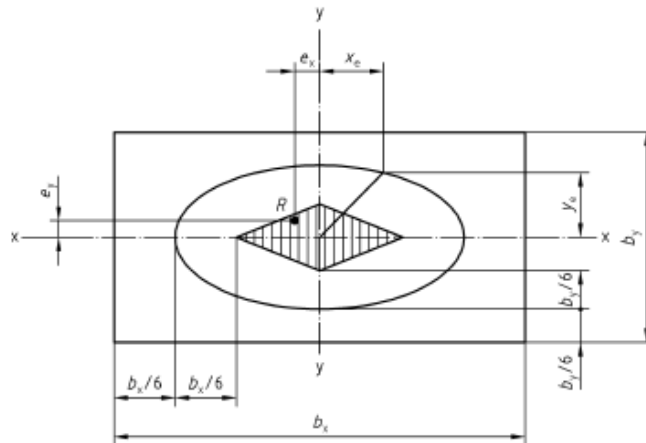
Für eine zweiachsige Außermittigkeit, wie sie beispielsweise in Folge hydrodynamischer Beanspruchung oder Anprall entsteht, ist für den Nachweis ausreichender Standicherheit zu zeigen, dass der Schnittpunkt (e_x/e_y) der Sohldruckresultierenden innerhalb folgender Ellipse liegt:

$$\left(\frac{e_x}{b_x}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{b_y}\right)^2 \leq \frac{1}{9}$$

Zur Begrenzung der Verformungen gilt in diesem Fall:

$$\frac{e_x}{b_x} + \frac{e_y}{b_y} \leq \frac{1}{6}$$

Um diese Aussagen zu veranschaulichen, sind die einzuhaltenden Grenzen in Abb. 29 dargestellt.

Abb. 29: Bezeichnungen bei zweiachsiger Außermittigkeit⁵⁰

5.1.4 Lastannahmen

Zu den Lastannahmen für notfallmäßige mobile Hochwasserschutzsysteme gibt es momentan noch keine Normung. Den aktuellen Stand der Technik repräsentiert das BWK Merkblatt 6. Hier werden in Anlehnung an die Entscheidungshilfe der VKF zum mobilen Hochwasserschutz Regelungen für die Belastungsannahmen vorgeschlagen. Diese Lastannahmen sollen den Herstellern die Gelegenheit geben, ihre Systeme für den geplanten Einsatz, z.B. als 2. Verteidigungslinie, nachzuweisen.

5.1.4.1 Hydrostatische Einwirkungen

Der Druck infolge hydrostatischer Einwirkung (Abb. 30) berechnet sich zu:

$$P_s = H * \rho * g \quad [kN/m^2]$$

Die Dichte ρ wird in Abhängigkeit der Randbedingungen ermittelt:

- bei Seen: $1,0 \text{ t/m}^3$
- bei hochwasserführenden Flüssen: $1,1 \text{ t/m}^3$
- bei hochwasserführenden Wildbächen $1,3 \text{ t/m}^3$

Abb. 30: Hydrostatische Einwirkungen⁵¹

⁵⁰ DIN 1054 (2005), S.47

⁵¹ Vgl. VKF, Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz (2004) S.31

5.1.4.2 Hydrodynamische Einwirkungen

Der Druck infolge hydrodynamischer Beanspruchung (Abb.31) berechnet sich zu:

$$P_d = \rho * (v * \sin \alpha)^2 \quad [kN/m^2]$$

Durch den Anströmwinkel α wird die Anströmung zum System berücksichtigt.



Abb. 31: Hydrodynamische Einwirkung⁵²

5.1.4.3 Wellendruck für stehende Wellen

Werden mobile Systeme bei Seen eingesetzt, so ist bei der Bemessung für den Wellendruck eine Wellenersatzlast von 20 kN/m auf der halben Höhe der maximalen Wassertiefe abzusetzen (Abb.32).



Abb. 32: Ersatzlast für Wellendruck⁵³

5.1.4.4 Personenlasten

Hochwasserschutzsysteme müssen während des Einsatzes ständig gewartet werden, wodurch zusätzliche Belastungen entstehen können. Des Weiteren ist es nicht auszuschließen, dass die Systeme ferner durch Schaulustige beansprucht werden. Daher wird zur Berücksichtigung von Zug oder Druck an der Oberkante eine horizontale wirkende Gleichstreckenlast von 0,5 kN/m (siehe Abb. 33) angesetzt.

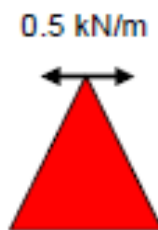


Abb. 33: Ersatzlast für Personen

⁵² VKF, Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz S.31

⁵³ VKF, Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz S.31 (abgeänderte Darstellung)

5.1.4.5 Freibord

Der erforderliche Freibord beträgt grundsätzlich $0,2\text{ m}$, wird jedoch bei Wellenschlag und Kurvenüberhöhung auf $0,5\text{ m}$ erhöht. Vor allem für Sandsackaufbauten ist der Freibord wichtig, da die obersten Schichten des Aufbaus wesentlich durchlässiger sind als die unteren.

5.1.5 Berechnungsbeispiel für den Regeldamm

Das folgende Berechnungsbeispiel soll die praktische Umsetzung der zuvor erläuterten theoretischen Grundlagen veranschaulichen. Es werden die Versagensmechanismen Gleiten und Kippen untersucht. Auf den Nachweis der Gleitsicherheit der Sandsacklagen untereinander wird hier, wie auch in den noch folgenden Beispielen verzichtet, da dieser Mechanismus unwahrscheinlicher ist, als das Gleiten des gesamten Walles auf dem Untergrund. Zwar liegen die ermittelten Reibungsbeiwerte der Sandsäcke untereinander teilweise niedriger als die auf dem Untergrund, jedoch ist dabei noch nicht die Verzahnung der Säcke untereinander berücksichtigt, welche zu noch höheren Widerständen führt.

Für den Nachweis werden folgende Annahmen getroffen:

- Volleinstau des Dammes, kein Freibord
- Anströmwinkel $\alpha = 0$
- hochwasserführender Fluss, also $\rho = 1,1\text{ t/m}^3$ und kein Wellendruck
- auf die Personenlast an der Oberkante wird verzichtet, da diese von der obersten Sacklage nicht nach unten übertragen werden kann
- Abmessungen des Dammes vereinfacht als rechtwinkliges gleichschenkliges Dreieck
- Sackmaterial Jute, Untergrund Beton folgt $\mu_{0,m} = 0,52$
- der gesamte Damm steht unter Auftrieb
- erhöhte Wichte des Sandes $\gamma = 21,0\text{ t/m}^3$

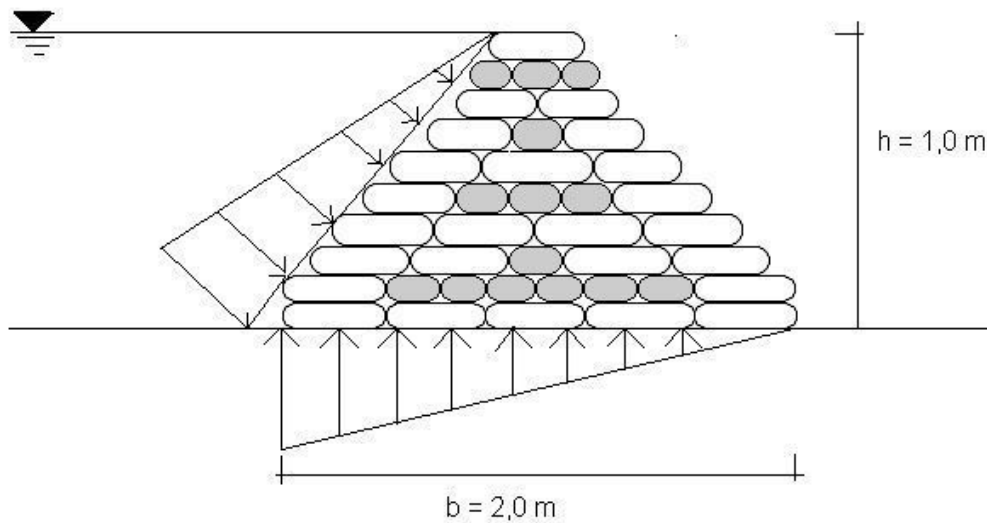
System mit äußerer Last:

Abb. 34: System des Sandsackdamms nach Regelaufbau mit Einwirkungen

Einwirkungen:

Gewichtskraft aus dem Dammkörper:

$$F_G = h * b * 0,5 * \gamma = 1,0 * 2,0 * 0,5 * 21,0 = 21,00 [kN / m]$$

Horizontale Wasserdruckkraft auf den Dammkörper:

$$F_{W,h} = \rho * g * h^2 * 0,5 = 1,1 * 9,81 * 1^2 * 0,5 = 5,40 [kN / m]$$

Vertikale Wasserdruckkraft auf den Dammkörper von oben:

$$F_{W,v,oben} = \rho * g * (b/2)^2 * 0,5 = 1,1 * 9,81 * (2,0/2)^2 * 0,5 = 5,40 [kN / m]$$

Vertikale Wasserdruckkraft auf den Dammkörper von unten (Auftrieb):

$$F_{W,v,unten} = \rho * g * h * b * 0,5 = 1,1 * 9,81 * 1,0 * 2,0 * 0,5 = 10,8 [kN / m]$$

Nachweis der Gleitsicherheit:

$$T_d \leq R_d$$

$$\text{mit } T_d = F_{W,h} * \gamma_G = 5,40 * 1,2 = 6,48 [kN / m]$$

$$\text{und } R_d = N_k * \mu_0 / \gamma_{Gl} = (21,00 + 5,4 - 10,8) * 0,52 / 1,1 = 7,37 [kN / m]$$

$$T_d / R_d = 6,48 / 7,37 = 0,88 \leq 1,0$$

Nachweis erbracht!

Nachweis der Sicherheit gegen Kippen:

$$e \leq b/6 \text{ mit } e = M/N$$

$$M = F_{W,h} * 1/3 * h + F_{W,v,unten} * 1/3 * b/2 - F_{W,v,oben} * 2/3 * b/2$$

$$M = 5,4 * 1/3 * 1,0 + 10,8 * 1/3 * 2,0/2 - 5,4 * 2/3 * 2,0/2$$

$$M = 1,8 [kN / m]$$

$$N = 21,0 + 5,4 - 10,8 = 15,6 [kN]$$

$$e = M/N = 1,8/15,6 = 0,12 [m]$$

$$0,12 \leq b/6 = 2/6 = 0,33$$

Nachweis erbracht!

5.1.6 Berechnungsbeispiel für den Notdamm

Für diesen Nachweis werden die in 6.1.5 formulierten Randbedingungen übernommen.

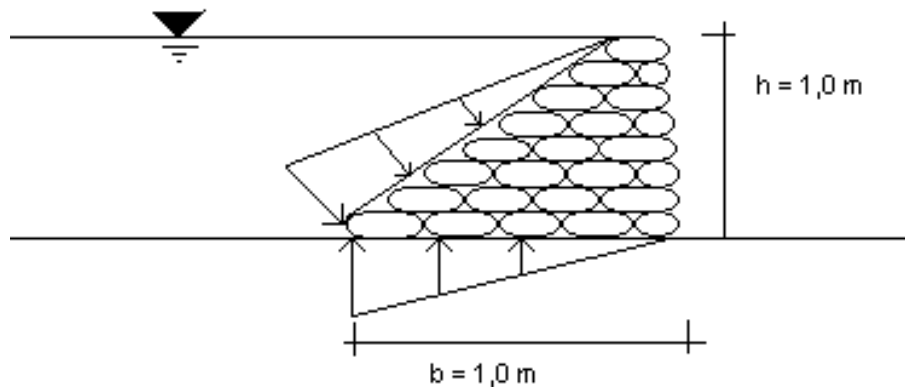
System mit äußerer Last:

Abb. 35: System des Notdammes mit Einwirkungen

Einwirkungen:

Gewichtskraft aus dem Dammkörper:

$$F_G = h * b * 0,5 * \gamma = 1,0 * 1,0 * 0,5 * 21,0 = 10,5 [kN / m]$$

Horizontale Wasserdruckkraft auf den Dammkörper:

$$F_{W,h} = \rho * g * h^2 * 0,5 = 1,1 * 9,81 * 1^2 * 0,5 = 5,40 [kN / m]$$

Vertikale Wasserdruckkraft auf den Dammkörper von oben:

$$F_{W,v,oben} = \rho * g * (b/2)^2 * 0,5 = 1,1 * 9,81 * (2,0/2)^2 * 0,5 = 5,40 [kN / m]$$

Vertikale Wasserdruckkraft auf den Dammkörper von unten (Auftrieb):

$$F_{W.v,unten} = \rho * g * h * b * 0,5 = 1,1 * 9,81 * 1,0 * 1,0 * 0,5 = 5,4 [kN / m]$$

Nachweis der Gleitsicherheit:

$$T_d \leq R_d$$

$$\text{mit } T_d = F_{W,h} * \gamma_G = 5,40 * 1,2 = 6,48 [kN / m]$$

$$\text{und } R_d = N_k * \mu_0 / \gamma_{Gl} = (10,5 + 5,4 - 5,4) * 0,52 / 1,1 = 4,96 [kN / m]$$

$$T_d / R_d = 6,48 / 4,96 = 1,3 \geq 1,0$$

Nachweis nicht erbracht!

Das bedeutet, dass sich dieser Damm mit den dargestellten Randbedingungen nicht nachweisen lässt. Der Nachweis lässt sich nur erbringen, wenn der Reibungsbeiwert mindestens folgende Größe hat:

$$\mu_{0,\min} = T_d * \gamma_{Gl} / N_k = 6,48 * 1,1 / 10,5 = 0,68$$

Der Notdamm kann also nur mit ausreichender Sicherheit gebaut werden, wenn der Untergrund sehr rau ist. Sehr glatte Untergründe wie Beton scheiden aus. Außerdem sollten in jedem Fall Jute Säcke verwendet werden. Auch die Verwendung eines Splitt-Sand-Gemischs als Füllmaterial ist aufgrund höherer Reibung zu empfehlen.

Nachweis der Sicherheit gegen Kippen:

$$e \leq b/6 \text{ mit } e = M/N$$

$$M = F_{W,h} * 1/3 * h = 5,4 * 1/3 * 1,0 = 1,8 [kN / m]$$

$$N = 10,5 + 5,4 - 5,4 = 10,5 [kN]$$

$$e = M/N = 1,8/10,5 = 0,17 [m]$$

$$0,17 \leq b/6 = 2/6 = 0,33$$

Nachweis erbracht!

5.1.7 Grenzen der Standsicherheit

Die zuvor vorgestellten Berechnungsverfahren enthalten immer noch sehr große Sicherheitsreserven, wie sie bei geotechnischen Bemessungen üblich sind. Es steht außer Frage, dass in der Notfallpraxis sicherlich auch wesentlich einfachere Aufbauten standsicher sein können. Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit der Frage, wann letztendlich die Grenzen der Standsicherheit bei maximaler

Ausnutzung der Reserven erreicht sind. Die Bemessung muss also ohne die Berücksichtigung des üblichen Teilsicherheitskonzeptes erfolgen. Um die berechneten Ergebnisse zu bestätigen, wurden auch Laborversuche durchgeführt. Zunächst wird davon ausgegangen, dass der maßgebende Versagenszustand das Kippen ist. Diese Annahme wird später überprüft.

5.1.7.1 Grenzen der Kippsicherheit

Um die Grenze der Kippsicherheit zu ermitteln wird ein nur 0,25 m, also ein Sack breiter Damm, betrachtet. Im Berechnungsansatz wird die Höhe h variabel angesetzt. Auftrieb wird aufgrund des geringen Anteils nicht berücksichtigt. ρ wird mit $1,0 t/m^3$ angenommen, da diese Annahme den Randbedingungen bei den späteren Versuchsaufbauten entspricht.

System mit äußerer Last:

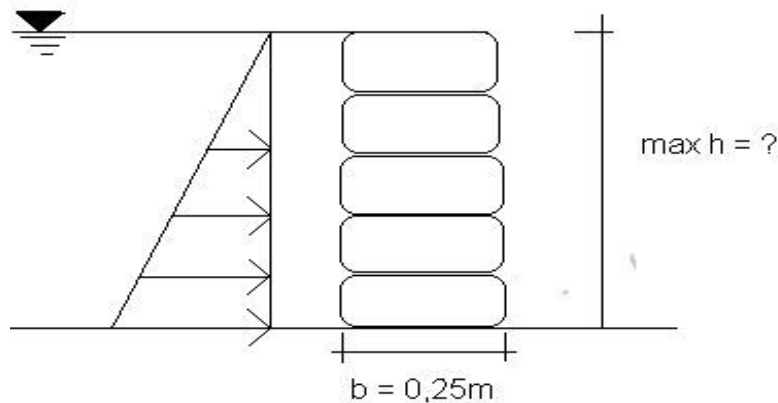


Abb. 36: System eines einreihigen Damms

Einwirkungen:

Gewichtskraft aus dem Dammkörper:

$$F_G = h * b * \gamma = h * 0,25 * 21,0 = 5,25h = N$$

Horizontale Wasserdruckkraft auf den Dammkörper:

$$F_{W,h} = \rho * g * h^2 * 0,5 = 1,0 * 9,81 * h^2 * 0,5 = 4,905h^2$$

Einsetzen in die Kipp-Bedingung:

$$M = 4,905h^2 * 1/3 * h = 1,635h^3$$

$$0,25/3 = \left(\frac{1,635h^3}{5,25h} \right)$$

Daraus folgt:

$$\text{max } h = 0,52\text{ m}$$

Die zu Anfang getroffene Annahme, dass sich der Versagenszustand Kippen eher einstellt als das Gleiten wird jetzt für den in Abb. 36 gezeigten Damm mit $h = 0,52m$ überprüft. Als Reibungsbeiwert wird entsprechend dem Untergrund bei den Versuchsaufbauten $\mu_{0,m} = 0,52$ angesetzt. Es werden charakteristische Werte verwendet.

Nachweis der Gleitsicherheit:

$$T_k \leq R_k$$

$$\text{mit } T_k = 4,905h^2 = 4,905 * 0,52^2 = 1,33[kN / m]$$

$$\text{und } R_k = N_k * \mu_0 = 5,25h * \mu_0 = 5,25 * 0,52 * 0,52 = 1,42[kN / m]$$

$$T_k / R_k = 1,33 / 1,42 = 0,94 \leq 1,0$$

Nachweis erbracht!

Folglich hat sich die zu Anfang getroffene Annahme bestätigt. Um das Ergebnis des Kippnachweises zu überprüfen wurde der Aufbau in einem Versuchsbecken hergestellt. Die Abbildungen 37 und 38 zeigen den Versuchsaufbau in einem Becken des Wasserbaulabors an der BU-Wuppertal. Der abgebildete Damm hatte eine Höhe von etwa 0,5m. Die wasserseitige Folie war notwendig, da solch schmale Aufbauten extrem wasserdurchlässig sind. Der Damm wurde bis zum überströmen eingestaut und blieb stabil.



Abb. 37: Einreihiger Damm



Abb. 38: Voll eingestauter Damm

Selbst durch massives Drücken von der Wasserseite aus, ließ sich der Damm nicht umstürzen. Offensichtlich war er wesentlich stabiler, als die Berechnungen es vermuten ließen. Die Begründung dafür liegt zum einen bei den Randbedingungen des Aufbaus. In der Fuge zwischen dem Damm und der Beckenwand wirken zusätzlich Reibungskräfte, welche als Widerstand nicht berücksichtigt wurden. Um den bei der Berechnung enthaltenen Annahmen gerecht zu werden, müsste entweder ein extrem langer Damm hergestellt werden

oder die in der Fuge wirkenden Reibungskräfte müssten ausgeschlossen werden. Beides wird hier jedoch nicht weiter betrachtet. Zum anderen enthält die Kippbedingung mit $e \leq b/3$ immer noch sehr große Sicherheitsreserven.

Im weiteren Verlauf der Untersuchungen wird versucht die Randbedingungen des im Versuchsbecken möglichen Aufbaus zu erfassen. Um das zu erreichen, muss der zusätzlich entstehende Reibungswiderstand in den Berechnungsansätzen berücksichtigt werden. Die Vorgehensweise dazu ist die folgende:

- Wahl eines geeigneten Erdruckansatzes, um die horizontalen Kräfte zwischen Wand und Damm zu erfassen
- mit Hilfe des bekannten Ansatzes aus dem Gleitnachweis wird eine resultierende Kraft für den Widerstand berechnet
- diese Kraft wird in der Momentensumme des Kippnachweises berücksichtigt
- der Kippnachweis wird erneut angewendet, um die maximale Bauhöhe zu bestimmen
- dabei wird als Kippbedingung $e \leq b/2$ angesetzt

Als Erdruckansatz wird der aus der Geotechnik bekannte Erdruchdruck infolge Eigenlast des Bodens gewählt. Es ist davon auszugehen, dass die Wand des Versuchsbeckens kaum Verformungen und somit Entspannungen des Dammkörpers zulässt.⁵⁴ Der resultierende Erdruchdruck kann mit folgender Formel angenähert werden:

$$E_{Ogh} = \frac{1}{2} * \gamma * h^2 * K_{Ogh}$$

Dabei ist

K_{Ogh} der Erddruckbeiwert, der sich im vorliegenden, einfachen Fall berechnet zu $K_{Ogh} = 1 - \sin \varphi'_k$, mit $\varphi'_k = 30,0^\circ$ (Annahme).

Da es sich um eine raue Oberfläche (z.B. unbehandelte Oberflächen von Stahl, Beton oder Holz) handelt muss der Wandreibungswinkel φ_k zu $2/3\varphi_k$ angenommen werden.⁵⁵

⁵⁴ Vgl. DGGT, EAB (2006) S.27

⁵⁵ Vgl. K. Schneider, Bautabellen für Ingenieure (2004) S.11.27

Berechnung des Erdruhedrucks:

$$E_{Ogh} = \frac{1}{2} * 21,0 * h^2 * (1 - \sin(2/3\varphi'_k)) = 6,91h^2$$

Der hier berechnete Erdruhedruck bezieht sich auf eine Breite von 1 m. Um auf die resultierende Kraft zu kommen, muss das Ergebnis mit 0,25 m (Breite des Dammes) multipliziert werden.

$$E_{Ogh} = 6,91h^2 * 0,25 = 1,73h^2$$

Entsprechend dem Ansatz aus dem Gleitnachweis ($R_k = \mu_0 * N_k$) wird jetzt der resultierende Erdruck mit dem Reibungsbeiwert von Jute auf Putz, der zu 0,5 abgeschätzt wird, multipliziert, um den im Folgenden mit E_R bezeichneten Widerstand zu berechnen.

$$E_R = 1,42h^2 * 0,5 = 0,86h^2$$

Schließlich kann diese Kraft in der Momentensumme aus dem Kippnachweis mit berücksichtigt werden. Sie geht hier, aufgrund der dreieckförmigen Erddruckverteilung, mit einem Hebel von $1/3 * h$ ein. Natürlich muss sie 2-mal berücksichtigt werden, da diese Kraft an beiden Beckenrändern auftritt.

$$M = 4,905h^2 * 1/3 * h - 2 * 0,86h^2 * 1/3 * h = 1,06h^3$$

$$0,25 / 2 = \left(\frac{1,06h^3}{5,25h} \right)$$

Daraus folgt:

$$\max h = 0,79m$$

Auch dieses Berechnungsergebnis wurde in einem Versuchsaufbau überprüft. Um zu gewährleisten, dass der Aufbau tatsächlich an seine Grenzen kommt, wurde eine etwas höhere Aufbauhöhe von etwa 90 cm gewählt. Als Material kamen sandgefüllte Jute-Säcke zum Einsatz. Der getestete Aufbau wies bei einer Aufbauhöhe von etwa 70 cm bereits erste Verformungen auf. Bei einer Einstauhöhe von 83 cm gab der Damm nach und kippte regelrecht um. Auf der CD im Anhang ist ein kurzes Video des kippenden Dammes zu sehen. Die folgenden Abbildungen 39 bis 41 dokumentieren den Versuchsaufbau und Ablauf.



Abb. 39: Versuchsaufbau

Abb. 40: Damm bei $h = 70$ cm

Abb. 41: Damm bei Versuchsende

Bisher wurde in den Berechnungen die Annahme getroffen, dass der Damm wie eine mehr oder weniger starre Wand ist. Auf Abb. 41 lässt sich deutlich erkennen, dass die unteren beiden Lagen des Damms stehen blieben und nur die darüber liegenden wirklich umkippten. Mit dieser Erkenntnis könnte man das wahre Ergebnis einer Berechnung zum Kippmechanismus eines Sandsackdamms noch weiter annähern. Auf diese Annäherung wird jedoch im Rahmen dieser Arbeit verzichtet.

Um abermals auf den Unterschied zwischen den verschiedenen Sackmaterialien zurückzukommen, wurde abschließend noch einmal derselbe Aufbau, wie er zuvor beschrieben wurde, ausgeführt. Allerdings kamen diesmal PP-Säcke zum Einsatz. Aufgrund der geringeren Reibungsbeiwerte der PP-Säcke wurde erwartet, dass dieser Damm etwas früher seine Standsicherheit verliert. Jedoch konnte das im Versuch nicht nachgewiesen werden. Der Damm wurde bei einer Höhe von etwa 0,93 m überströmt und blieb standsicher. Die Abb. 42 ist vor dem Versuch, Abb. 43 während dem Versuch entstanden. Es lassen sich im Gegensatz zum zuvor dargestellten Damm aus Jute-Säcken nur sehr geringe Verformungen erkennen. Im Anhang der Arbeit können auch zu diesem Versuch Videos

eingesehen werden, die mit unterschiedlicher Geschwindigkeit abgespielt werden. Das erste Video zeigt den Versuch mit 2-facher Geschwindigkeit, während der zweite Film mit 10-facher Geschwindigkeit abgespielt wird. Hier lassen sich die auftretenden Verformungen sehr gut erkennen.



Abb. 42: Versuchsaufbau PP-Damm



Abb. 43: PP-Damm bei $h = 70$ cm

Die Gründe für die offensichtlich höhere Standicherheit des PP-Dammes können an dieser Stelle nicht abschließend mathematisch belegt werden. Hier spielen sehr viele unterschiedliche Einflussfaktoren eine Rolle. Allein die Annahme, dass zweimal ein sonst gleicher Damm mit unterschiedlichen Sackmaterialien hergestellt wird, ist praktisch gar nicht möglich. Des Weiteren kann der Damm bereits vor Versuchsbeginn eine geringe Schiefstellung aufweisen, welche das Ergebnis sowohl negativ als auch positiv beeinflussen kann. Ferner ist es denkbar, dass sich die PP-Säcke, vor allem in den unteren Lagen, in Folge des großen Drucks stärker seitlich ausdehnen als die Jute Säcke und somit eine Verbreiterung der Aufstandsfläche erzeugt wird. Das würde sich günstig auf den Kippnachweis auswirken. Diese Annahmen sollen an dieser Stelle allerdings nicht weiter verfolgt werden.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass die Sicherheiten, welche bei der „normalen“ geotechnischen Bemessung verwendet werden, sehr hoch sind. Es konnte an dieser Stelle eindeutig gezeigt werden, dass in der Praxis auch sehr einfache Konstruktionen standsicher sein können. Allerdings stellen die hier getesteten Aufbauten natürlich den Grenzwert dar und sollten in dieser Form nicht eingesetzt werden. Allenfalls der Schutz sehr kleiner Gebäudeöffnungen $b \leq 1,0m$ mit geringer Höhe $h \leq 0,5m$ wäre unter Verwendung einer Abdichtungsfolie denkbar.

5.2 Standsicherheit von Sandsackersatzsystemen

Für die Bemessung von Sandsackersatzsystemen sind im Allgemeinen dieselben Nachweise zu erfüllen wie für die Sandsackdämme. Einzelne Systemtypen können allerdings im Rahmen dieser Arbeit nicht nachgewiesen werden. Es sei jedoch noch einmal darauf hingewiesen welche Schadensbilder beim Systemeinsatz auftreten können, um Anhaltspunkte für die Bemessung zu geben. Im Folgenden werden diese im Überblick dargestellt.



Abb. 44: Schadensbilder beim Systemeinsatz⁵⁶

Außerdem kann es natürlich auch dazu kommen, dass selbst die notfallmäßigen mobilen Systeme überströmt werden (Abb.45). Gerade bei solchen Einsatzszenarien muss gewährleistet werden, dass die Systeme stabil bleiben und nicht plötzlich kollabieren.

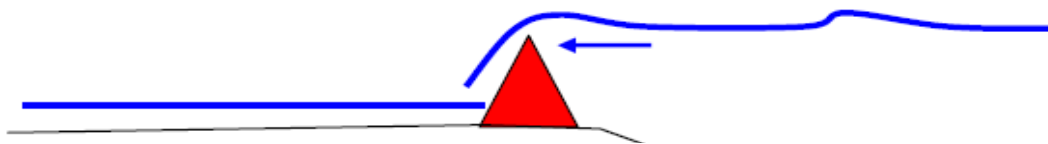


Abb. 45: Überströmen der Systeme⁵⁷

Zuletzt ist es auch denkbar, dass es bei langer Dauer des Einstaus, ähnlich wie bei Deichen, Wasser durch den Untergrund sickert und „landseitig“ austritt. Gründe hierfür können Rückstau über das Kanalisationsnetz, Qualmwasseraufstieg im Nahbereich der Sperre, stark durchlässige Böden oder allgemein Grundwasseranstieg sein.⁵⁸

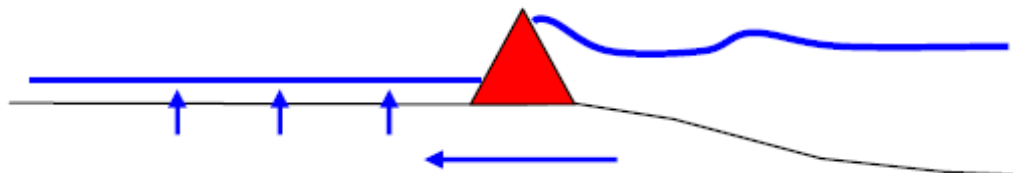


Abb. 46: Unterströmen der Systeme⁵⁹

⁵⁶ VKF, Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz S.15

⁵⁷ VKF, Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz S.15

⁵⁸ Vgl. BWK, Mobile Hochwasserschutzsysteme (2005) S.148

⁵⁹ VKF, Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz S.15

5.3 Weitere Standsicherheitsnachweise

Im Allgemeinen sind bei planmäßigen mobilen Hochwasserschutzsystemen folgende Nachweise zu führen:⁶⁰

Nachweise der Gründung:

- Nachweis der Grundbruchsicherheit
- Nachweis der Sicherheit Kippen
- Nachweis der Gleitsicherheit
- Verschiebung in der Sohlfläche
- Nachweis verträglicher Setzungen

Standsicherheit von evtl. vorhandenen Böschungen:

- Lokale Standsicherheit (Teilböschungen)
- Globale Standsicherheit (Gesamtböschung/Gesamtsystem)
- Nachweis der Gleitsicherheit
- Verschiebung in der Sohlfläche

Ggf. Nachweise weiterer Elemente:

- Dichtwände, Spundwände Rückverankerungen usw.

Hydraulische Nachweise:

- Auftriebssicherheit
- Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch
- Erosionssicherheit
- Suffosionssicherheit
- Nachweis der Sicherheit gegen Erosionsgrundbruch

Für notfallmäßige Systeme ist es, abgesehen von den Mechanismen Gleiten und Kippen, nicht möglich diese Nachweise zu führen. Sofern sie nicht in die Einsatzplanung fest integriert sind, ist es im Vorfeld nicht bekannt wo diese Systeme und vor allem unter welchen Randbedingungen sie eingesetzt werden. Es macht keinen Sinn theoretische Annahmen zu treffen, nur um diese Versagensmechanismen nachzuweisen. In der Notfallpraxis würden sich viele der genannten Nachweise nicht erfüllen lassen. Vor allem bei langer Dauer des Einstaus nimmt diese Problematik noch zu, da sich wassergesättigte Böden negativ auswirken.

⁶⁰ K. Kast, Geotechnik bei mobilen Hochwasserschutzsystemen (2008) S.20-21

Kapitel 6

Dichtigkeit notfallmäßiger mobiler Hochwasserschutzsystemen

6.1 Zur Dichtigkeit von Sandsackaufbauten

Einen vollständig dichten Sandsackdamm herzustellen ist in der Praxis sehr schwierig und oft auch nicht notwendig. In einigen Anwendungsgebieten der Flussdeichverteidigung ist sogar das Durchströmen der Sandsackaufbauten erwünscht. Im Gegensatz dazu ist jedoch beim Linienschutz von Wohngebieten eine gewisse Dichtigkeit der Dämme erforderlich. Noch deutlicher wird das, wenn die Verteidigung einzelner Objekte betrachtet wird. Stark durchlässige Aufbauten können Hochwasserschäden dann allenfalls verzögern, jedoch nicht verhindern.

Um Informationen über die Dichtigkeit von verschiedenen Sandsackaufbauten zu ermitteln und deren Eignung für verschiedene Einsatzzwecke zu beurteilen, wurden exemplarisch drei Aufbauten untersucht.

6.1.1 Becken nach dem Notdammaufbau

Randbedingungen zum Aufbau:

- verwendete Sandsäcke aus PP und Jute, etwa 200 Stück
- keine Verwendung von Folie
- Aufbauzeit mit 2 Personen 1,5 Std.
- Abmessungen am Boden 0,4 m * 0,4 m, oben 1,9 m * 1,9 m; Höhe 0,35 m
- Untergrund Betonpflaster

Die folgenden Bilder dokumentieren schrittweise den Aufbau des Beckens:



Abb. 47: 1. Lage Notdammbecken



Abb. 48: 2. Lage Notdammbecken



Abb. 49: 3. Lage Notdammbecken



Abb. 50: Fertiges Notdammbecken

Nach Fertigstellung des Beckens wurde es mit Hilfe eines Schlauchs bis zum Volleinstau befüllt. Dabei trat bereits bei einem Wasserstand von etwa 5 cm im Becken, Wasser in der Sohlfuge aus.



Abb. 51: Befüllvorgang



Abb. 52: Erste Wasseraustritte

Mit steigendem Wasserstand verstärkten sich die Wasseraustritte derart, dass der Volleinstau erst nach etwa 10 min erreicht werden konnte.

Abb. 53: Wasserstand $h = 30$ cmAbb. 54: Wasseraustritt bei $h = 30$ cm

Nach Erreichen des Volleinstaus von $h = 35$ cm wurde der Wasserstand in regelmäßigen Abständen gemessen und festgehalten. Die Daten sind in Tab. 13 dargestellt.

Zeit [s]	0	60	120	180	240
Wasserstand [cm]	35	29	20	13,5	8,5

Tab. 13: Wasserstandsdaten Notdammbecken

Mit Hilfe der so gewonnenen Daten kann unter Berücksichtigung der Geometrie des Beckens auf den durchschnittlichen Ausfluss während der einzelnen Zeiträume geschlossen werden. Dabei wird für die Berechnung des Volumens vereinfacht von einem quadratischen Pyramidenstumpf ausgegangen. Auf Grundlage dieser Annahmen wurden die folgenden Ausflussdaten ermittelt, welche durch Abb. 55 veranschaulicht werden.

Zeitraum [s]	0-60	60-120	120-180	180-240
durchschn. Ausfluss [l/s]	1,8	1,45	1,12	0,87

Tab. 14: Durchschnittlicher Ausfluss Notdammbecken

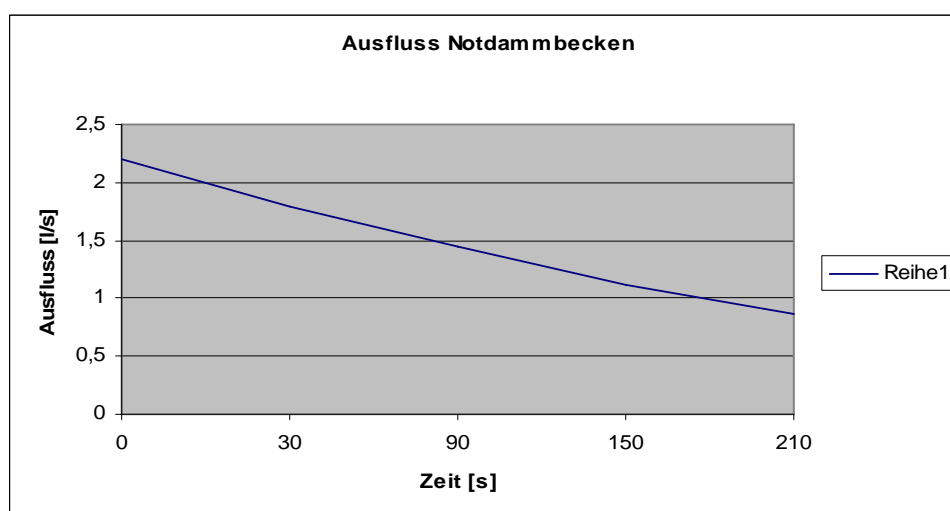


Abb. 55: Ausfluss in l/s über die Zeit

6.1.2 Notdamm mit Dichtungsfolie

Randbedingungen zum Aufbau:

- verwendete Sandsäcke aus PP und Jute
- insgesamt etwa 80 Säcke
- Aufbauzeit mit 2 Personen 1,5 Std.
- Grundfläche 1,0 m * 1,35 m, Höhe 0,70 m
- Untergrund Estrich (uneben)

Nachfolgende Bilder dokumentieren schrittweise den Aufbau des Notdammes:



Abb. 56: Notdamm Lage 1



Abb. 57: Notdamm Lage 4



Abb. 58: Notdamm Lage 6



Abb. 59: Fertiger Notdamm

Um den Notdammaufbau zu vervollständigen wurde abschließend eine wasserseitige Dichtungsfolie aufgelegt. Dabei dienten die in Abb. 60 erkennbaren, seitlich aufgelegten Sandsäcke der Abdichtung der Fuge zwischen Beckenwand und Damm. Die Folie wurde am Boden etwa 1 m vor den wasserseitigen Dammfuß verlegt und zusätzlich mit Sandsäcken belastet.

Das Becken wurde bis zur maximalen Höhe befüllt. Wie zuvor wurde dann in regelmäßigen Abständen der Wasserstand gemessen um auf die durchsickernde Wassermenge zu schließen. Dabei wurde das auf der „Landseite“ austretende Wasser sofort abgepumpt, um hier einen Gegendruck zu verhindern, welcher das Versuchsergebnis verfälschen würde.



Abb. 60: Notdamm bei Volleinstau



Abb. 61: Sickerwasseraustritt

Eine vollständige Abdichtung der Fuge zwischen Wand und Damm konnte nur auf einer Seite (Abb. 62) erreicht werden. An der anderen Seite trat Wasser aus, jedoch nur in sehr geringem Ausmaß (Abb. 63). Der größte Teil des Wassers trat in Dammmitte aus (Abb. 61).



Abb. 62: Dichte Fuge



Abb. 63: Undichte Fuge

Die gemessenen Wasserstände sind in Tab. 15 dargestellt.

Zeit [s]	0	60	120	180	240	300	360	420	480
Wasserstand [cm]	70	68	66	65	64	63	62,2	61,5	61

Tab. 15: Wasserstandsdaten Notdamm

Anhand der Tabelle lässt sich erkennen, dass der Damm wesentlich dichter ist als der zuvor dargestellte Aufbau. Dabei muss berücksichtigt werden, dass der Wasserdruck hier noch wesentlich höher war. Nach einer halben Stunde betrug der Wasserstand im Versuchsbecken immer noch 42 cm.

Auch hier konnte unter Berücksichtigung der Geometrie des Beckens und des Dammes auf den durchschnittlichen Ausfluss geschlossen werden. Die Ergebnisse sind sowohl tabellarisch (Tab. 16), als auch grafisch (Abb. 64) dargestellt.

Zeitraum [s]	0-60	60-120	120-180	180-240	240-300	300-360	360-420	420-480
Ausfluss [l/s]	0,592	0,575	0,281	0,276	0,272	0,215	0,186	0,131

Tab. 16: Durchschnittlicher Sickerwasseraustritt Notdamm

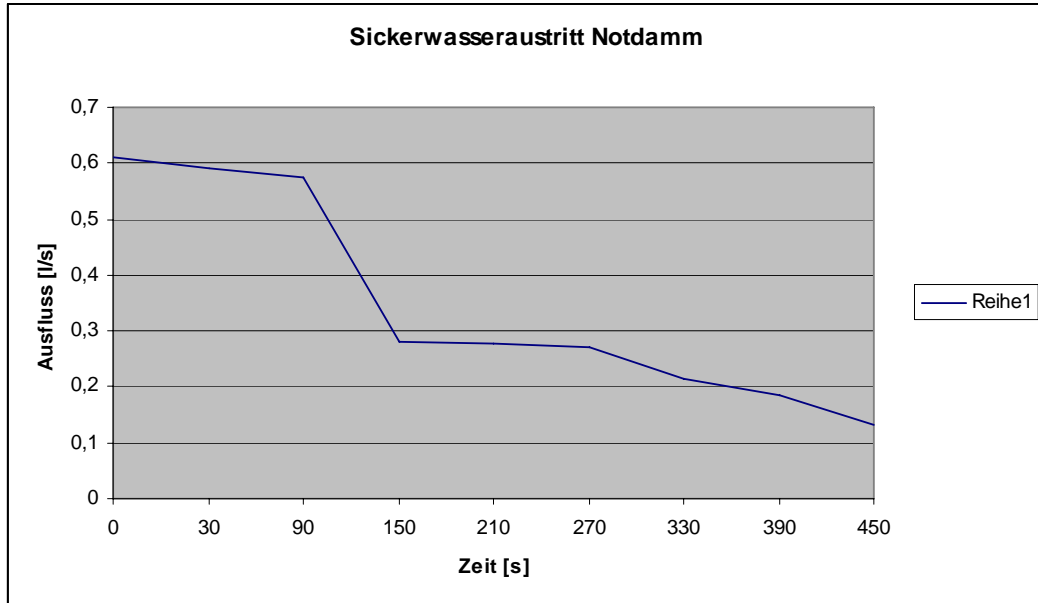


Abb. 64: Sickerwasseraustritt beim Notdamm in l/s über die Zeit

Der starke Abfall des Ausflusses vom Zeitraumes 60s-120s zum Zeitraum 120s-180s ist darauf zurückzuführen, dass sich auf den oberen 4cm des Damms eine stark durchlässige Stelle befand. Nachdem der Wasserstand unter diese Stelle gesunken war, konnte dementsprechend kein Wasser mehr dadurch hinaus fließen. Ähnlich verhält es sich mit dem zweiten, wesentlich kleineren Knick in der Linie vom Zeitraum 240s-300s zum Zeitraum 300s-360s. In diesem Zeitraum sank der Wasserspiegel unter die Höhe der in Abb. 63 dargestellten Undichtigkeit in der Fuge zwischen Wand und Damm.

6.1.3 Sandsackdamm nach Regelaufbau

Zuletzt wurde der standardmäßige Aufbau eines Sandsackdamms nach dem Regelaufbau untersucht. Das heißt, die Breite des Damms entspricht etwa zweimal der Höhe, und auf eine wasserseitige Folie wird verzichtet. Die Randbedingungen zum Aufbau waren folgende:

- verwendete Sandsäcke Jute
- insgesamt etwa 50 Säcke
- Aufbauzeit mit 1 Personen 1,0 Std.

- Grundfläche 1,0 m * 1,35 m, Höhe 0,5 m
- Untergrund Estrich (uneben)

Beim Bau dieses Damms wurde zwischen der ersten Lage (Abb.65) und der zweiten Lage (Abb.66) auf einen Versatz untereinander verzichtet. Dies war teilweise auch beim Notdamm-Aufbau der Fall, führte aber aufgrund der verwendeten Folie zu keinerlei Problemen. Eine Folie kam hier nur mit zusätzlicher Sandsackauflast zur Abdichtung der Fuge zwischen Beckenwand und Damm zum Einsatz (siehe Abb. 67).



Abb. 65: 1.Lage Damm nach Regelaufbau



Abb. 66: 2.Lage Damm nach Regelaufbau



Abb. 67: Damm mit seitlicher Dichtung



Abb. 68: Sickerwasseraustritt 1. und 2. Lage

Bei diesem Aufbau wurde der Damm nur bis zu einer Höhe von 35cm eingestaut, da die Sickerwasseraustritte zu diesem Zeitpunkt schon extrem stark waren. Auf Abb.68 lässt sich erkennen, dass das Wasser verstärkt nur zwischen den Fugen hindurchsickert. Dies verdeutlicht wie wichtig ein sorgfältiger Aufbau des Damms für seine Dichtigkeit ist. Wie zuvor wurden auch hier Wasserstandsdaten gemessen:

Zeit [sec]	0	60	120	180	240	300	360	420	480
Wasserstand [cm]	35	33	31	29,2	27,5	26,2	25,1	24	23

Tab. 17: Wasserstandsdaten Damm nach Regelaufbau

Ebenso wurden die zugehörigen Sickerwasseraustritte in den einzelnen Zeiträumen (Tab. 18), sowie im Zeitverlauf (Abb. 69) ermittelt.

Zeitraum [s]	0-60	60-120	120-180	180-240	240-300	300-360	360-420	420-480
Ausfluss [l/s]	0,480	0,473	0,420	0,392	0,297	0,249	0,247	0,223

Tab. 18: Durchschnittlicher Sickerwasseraustritt Damm nach Regelaufbau

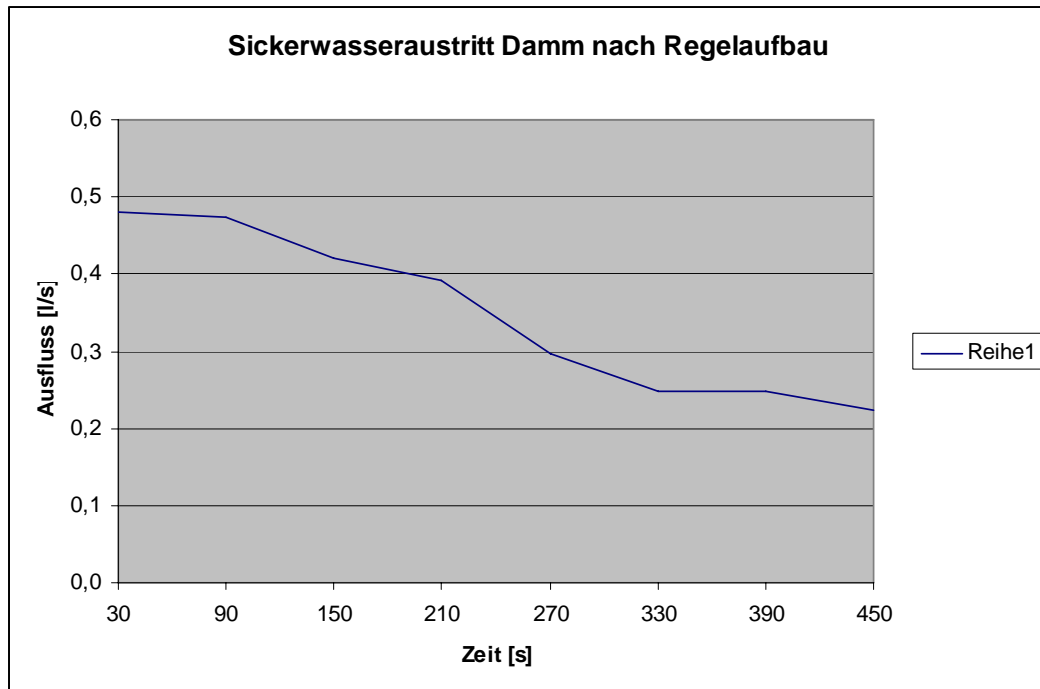


Abb. 69: Sickerwasseraustritt beim Damm nach Regelaufbau in l/s über die Zeit

6.1.4 Fazit zu den Versuchsergebnissen

Die hier gesammelten Erfahrungen und Ergebnisse verdeutlichen, dass es gar nicht so einfach ist einen dichten Damm zu errichten. Sicherlich wird es bei jedem Aufbau zu Sickerwasseraustritten kommen, jedoch hängt es stark von der Konstruktionsweise und den Erfahrungen der Aufbauenden ab, wie stark diese Austritte sind. Um eine hohe Effizienz der Aufbauenden zu erreichen, sind daher regelmäßige Übungen zum Dammbau definitiv erforderlich. Bei den Übungen sollten zur Anschauung auch Dämme geflutet werden. So kann ein Gefühl für die Qualität der eigenen Konstruktionen entwickelt werden. Darüber hinaus sollten beim Objektschutz unbedingt Folien zur Abdichtung verwendet werden.

Eine weitere wichtige Erkenntnis, welche aus den praktischen Erfahrungen mit Sandsackaufbauten gezogen werden kann, ist, dass die in den einschlägigen Richtlinien beschriebenen Aufbauregeln nur sehr schwierig einzuhalten sind. Vor

allein das Einhalten der empfohlenen Abmessungen zu Breite und Höhe gelang nicht reibungslos. Der Grund dafür liegt sicherlich in den verschiedenen auf dem Markt erhältlichen Abmessungen von Sandsäcken. Wird eine Richtlinie mit Hilfe von Sandsäcken mit den Abmessungen 40 cm *70 cm entworfen, so lassen sich die gewonnenen Daten nicht reibungslos auf andere Abmessungen übertragen. Ähnlich verhält es sich an den Enden der Dämme, bzw. zwischen Öffnungen (ähnlich dem Versuchsbecken). Hier greift der Regelaufbau nicht mehr und es muss improvisiert werden. Dennoch sollte beachtet werden, dass nie durchgehende Fugen erzeugt werden und immer ein guter Verbund der Säcke untereinander gewährleistet ist. Das kann durch einen ausreichenden Versatz der Säcke untereinander erreicht werden.

6.2 Dichtigkeit notfallmäßiger mobiler Sandsackersatzsysteme

Zur Dichtigkeit einzelner notfallmäßiger mobiler Hochwasserschutzsysteme kann an dieser Stelle keine Aussage gemacht werden. Es wird davon ausgegangen, dass die Systeme an sich dicht sind. Allerdings ist beim Aufbau sicherlich ein besonderes Augenmerk auf die Abdichtung der Sohlfuge zu legen. Ggf. sind hierbei zusätzlich Sandsäcke oder eine Quellmitteldichtungsbahn zu verwenden. Kommen Folien zum Einsatz, so sollten diese, ähnlich dem Notdamm-Prinzip, wasserseitig bis zu 2m auf dem Boden ausgelegt werden. Dabei ist eine zusätzliche Beschwerung mit Sandsäcken ratsam.

An dieser Stelle muss auf einen anderen, für den sinnvollen Einsatz maßgeblichen Aspekt hingewiesen werden, der bisher noch nicht zur Sprache kam. Es geht um den Einsatzstandort. Dieser muss im Hochwasserfall unter starkem Zeitdruck sorgfältig ausgewählt werden. Dabei ist besonders darauf zu achten, dass es sich um einen wenig durchlässigen Untergrund handelt. Jeder noch so dichte Schutz ist nutzlos, wenn der Untergrund das Wasser hindurchsickern lässt. Bei Unklarheiten über die Standortwahl sollten daher Fachleute, wie Baugrundgutachter oder ähnliche, zu Rate gezogen werden.

Kapitel 7

Fallbeispiele

7.1 Hochwasserschutz in Wuppertal

Die Besonderheit des Stadtgebietes von Wuppertal im Gegensatz zu vielen anderen hochwassergefährdeten Gebieten liegt darin, dass die Bebauung unmittelbar an den Fluss heran reicht. Die damit verbundene, oft sehr hochwertige Nutzung, der gewässernahen Flächen, birgt ein sehr hohes Schadenspotential. Beispiele hierfür sind die Zweigstelle der SSK Wuppertal am Islandsufer oder das Laborgebäude in der Pauluskirchstraße am Campus Haspel der Bergischen Universität Wuppertal.

Um Hochwasserschäden vorzubeugen, sind die Ufer im gesamten Stadtgebiet mit hohen Stützmauern oder Böschungen verbaut. Das Bemessungshochwasser ist ein statistisch alle einhundert Jahre wiederkehrendes Ereignis, also ein HQ 100. Die zugehörige Abflussmenge liegt bei 210 m³/s. Dieser Abfluss kann schadlos abgeführt werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, durch das Talsperrensystem des Wupperverbands und den Rückhalt von Wasser aus kleineren Nebengewässern in Hochwasser-Rückhaltebecken, Einfluss auf die Abflussmengen zu nehmen. Den größten Anteil hat dabei die Wuppertalsperre mit 9,9 Mio. m³ Hochwasserschutzraum. Dieser wird in den Wintermonaten zur Aufnahme der dann verstärkt auftretenden Niederschläge freigehalten.⁶¹

Bei den hier behandelten Fallbeispielen wird jedoch ausschließlich der Notfallschutz betrachtet.

⁶¹ Vgl. <http://www.wupperverband.de/aufgaben/talsperren/wupper-talsperre/dirwuppertalsperre.html>, 11.11.2008, 20.36 Uhr

7.2 Vorhandene Notfallsysteme

Um die Fallbeispiele korrekt bearbeiten zu können wurden die vorhandenen Schutzeinrichtungen bei der Feuerwehr Wuppertal in einem Interview erfragt. Die ständig vorgehaltenen Schutzeinrichtungen sind die folgenden:

- ca. 600 gefüllte Sandsäcke
- ca. 700 ungefüllte Sandsäcke
- ca. 450m geschlossenes Behältersystem (Doppelkammer-Schlauchsystem der Firma ÖkoTec siehe Abb. 70 u. 71)



Abb. 70: Schlauchsystem ÖkoTec⁶²



Abb. 71: Öffnungsabdichtung⁶³

Bei dem Schlauchsystem handelt es sich um eine Einrichtung, die auch zum Hochwasserschutz eingesetzt werden kann, welche aber vorwiegend für das Zurückhalten von Löschwasser vorgehalten wird. Das System ist in der Länge sehr variabel, da es im Einsatzfall von einer Transportrolle abgerollt werden kann und nach dem Auslegen auf die gewünschte Länge gekappt wird. Es ist eine Schutzhöhe von etwa 35cm erreichbar.

7.3 Fiktive Verteidigung der SSK Wuppertal

Zunächst wurde eine Anfrage an die SSK Wuppertal gestellt, um evtl. vorhandene Schutzeinrichtungen mit in die Verteidigungsstrategie einplanen zu können. In

⁶² http://www.oeko-tec.de/pages/de/double_tube_boom.html, 03.11.08 ,19.51 Uhr

⁶³ http://www.oeko-tec.de/pages/de/double_tube_boom.html, 03.11.08 ,19.51 Uhr

einem Telefongespräch mit Herrn Forthmann, von der Abteilung „Zentrale Verwaltung“, stellte sich heraus, dass die einzige vorhandene Schutzeinrichtung die als „Schwarze Wanne“ ausgeführte, unterirdische Bauwerksaußenabdichtung ist. Gegen ein Hochwasserereignis bei dem die Wupper über die vorhandenen baulichen Schutzeinrichtungen hinaustritt gibt es keine Verteidigungsstrategie. Auch eine Einsatzplanung seitens der Feuerwehr existiert für diesen Fall nicht. Die Gebäude der SSK Wuppertal am Islandsufer liegen in einer Senke zwischen den beiden Schwebbahnstationen Döppersberg im Osten und Ohligsmühle im Westen. Auf Abb. 72 ist ein Überblick über die Lage der Gebäude dargestellt.

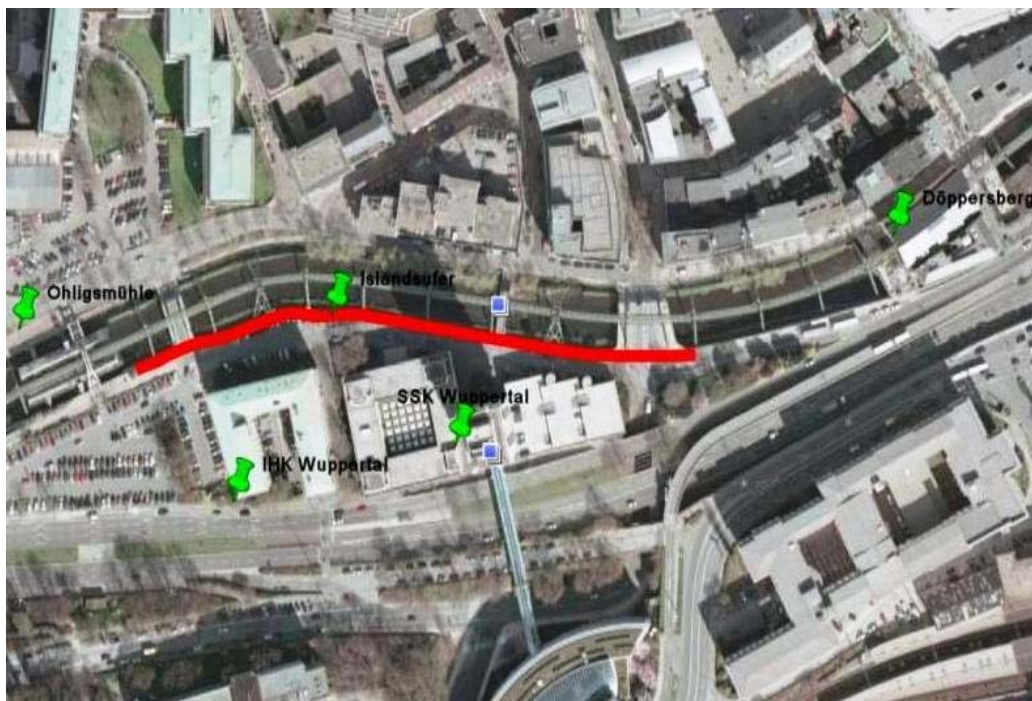


Abb. 72: Übersichtslageplan SSK Wuppertal Islandsufer⁶⁴

Der auf der Abbildung dargestellte, rote Streifen stellt in etwa die zu verteidigende Strecke dar, die notwendig ist um die SSK zu schützen. Dieser Uferabschnitt ist nahezu eben, steigt an den Enden aber deutlich an. Die Länge der Strecke beträgt etwa 265m.

⁶⁴ Quelle: Google Earth



Abb. 73: Blick in Richtung Ohligsmühle



Abb. 74: Blick in Richtung Döppersberg

Bei einer Ortsbegehung stellte sich heraus, dass sich das Gelände eher für einen linienhaften Schutz eignet. Durch die große Anzahl an Eingängen und die schlechte Erreichbarkeit einzelner Öffnungen ist es sehr schwierig die Gebäudeöffnungen einzeln zu verteidigen (zum besseren Verständnis sind zusätzliche Bilder auf der CD im Anhang beigefügt). Das Gelände vor der SSK ist eben, gut zugänglich und bietet ausreichend Platz zum Aufbau von Hochwasserschutzsystemen. Mit Hilfe des bei der Feuerwehr vorgehaltenen Schlauchsystems kann schnell und einfach ein etwa 35 cm hoher Schutz auf der gesamten Länge hergestellt werden. Zur Ergänzung können bei Bedarf zusätzlich Sandsäcke eingesetzt werden. Allerdings sind die Abwehreinrichtungen der Feuerwehr Wuppertal mit diesem Szenario bereits völlig ausgereizt. Die Verteidigung des gegenüberliegenden Ufers, dass in jedem Fall mit betroffen wäre, ist hierbei noch nicht berücksichtigt. Des Weiteren würde es an anderen Stellen im Stadtgebiet ebenfalls zum Übertreten der Ufer kommen. Bei so großen Hochwasseraufkommen kann eigentlich nur noch mit dem Schutz einzelner Objekte reagiert werden, indem hier die Gebäudeöffnungen verschlossen werden. Dabei muss dann natürlich berücksichtigt werden welche Gebäude die höchste Priorität haben um geschützt werden. Solche Entscheidungen lassen sich im Notfall im Grunde nicht durchführen. Hierzu ist eine sorgfältige Vorplanung erforderlich.

An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass der bauliche Hochwasserschutz am Islandsufer, wie auch im gesamten Stadtgebiet von Wuppertal, bereits sehr hoch ausgebaut ist. Die Abb. 75 zeigt das Querprofil Nr. 484 an der Sparkasse Wuppertal (siehe hierzu Lageplan 2.11 und Profildaten auf der CD im Anhang).

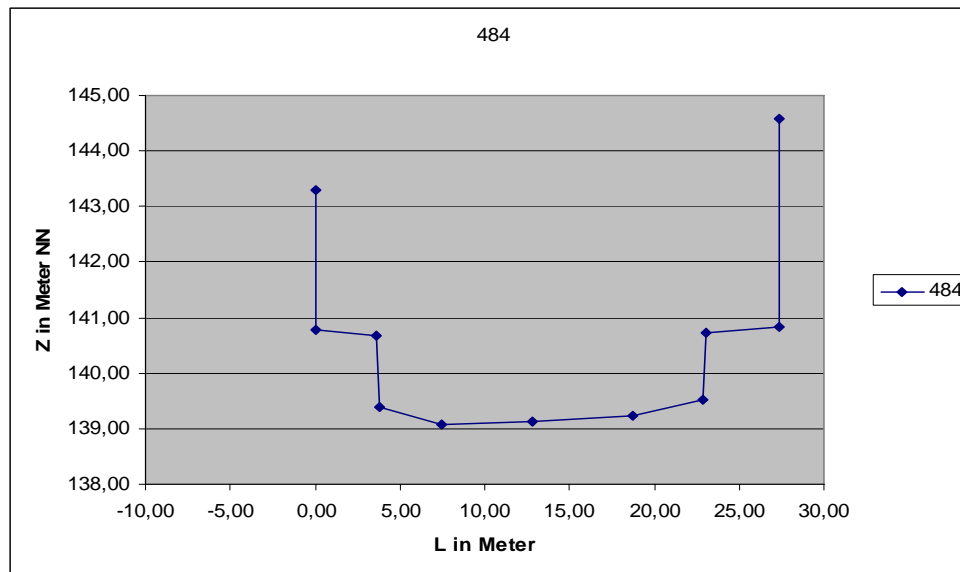


Abb. 75: Querprofil 484⁶⁵

Der Wasserstand bei einem HQ 100 liegt an dieser Stelle bei 142,6 m ü. NN. Das heißt, dass der bauliche Schutz sogar noch 90 cm darüber liegt. An anderen Stellen wird der Wert noch deutlicher überschritten. Daher ist es durchaus verständlich, dass die Einrichtungen zum Notfallschutz in Wuppertal nicht besonders ausgeprägt sind.

7.4 Fiktive Verteidigung des Laborgebäudes am Campus Haspel

Bei diesem Fallbeispiel werden zwei verschiedene Situationen betrachtet. Zum einen wird der Fall betrachtet, dass der vorhandene Schutz (siehe Abb. 76) sanierungsbedürftig ist und ein neues planmäßig mobiles System eingerichtet wird (Fall A). Zum anderen wird angenommen, dass die dort vorhandene Schutzwand (Abb. 76) während eines Hochwasserereignisses ihre Standsicherheit verliert und eine zweite Verteidigungslinie erfordert (Fall B).

Als Grundlage für die Planung der Fallbeispiele werden Querprofil- und Wasserstandsdaten, sowie ein Lageplan der Profile verwendet. Diese Daten wurden vom Wupperverband bereitgestellt.

⁶⁵ Quelle: Wupperverband



Abb. 76: Schutzwand am Campus Haspel

Um zunächst einen Überblick über die vorhandene Situation zu bekommen, ist mit Hilfe von Google Earth ein Lageplan (Abb. 77) erstellt worden. Hier sind die möglichen Zufahrten zur Wupper, sowie die Lage der Schutzwand (rote Markierung) und des Querprofils 505 (siehe Lageplan 2.11 im Anhang) eingezeichnet. Diese Daten sind erforderlich um eine Grundlage für die weitere Bearbeitung zu schaffen.



Abb. 77: Lageplan Campus Haspel

Auf der Abbildung ist zu erkennen, dass das Querprofil kurz vor dem südlichen Beginn der Schutzwand aufgenommen wurde. Der Höhenunterschied zwischen Schutzwand und Oberkante aufgehende Wand beträgt etwa 1m. Für zuverlässige Höhenangaben der Wand ist ein genaues Aufmass erforderlich.

7.4.1 Fall A: Diskussion einer planmäßigen Lösung

Durch die frühe und rasche Industrieansiedlung in Wuppertal, die bedingt durch die Topografie des engen Tals dem Lauf der Wupper und den Verkehrswegen folgte, wurde die Wupper immer weiter aus dem Stadtbild verdrängt. Heutzutage ist der Lauf der Wupper geprägt von hohen Stützmauern, welche rechts und links ihre Ufer zieren. An manchen Stellen, lässt sich das Gewässer nur erahnen. Nur die Stützen der Schwebebahn erinnern dann noch an das Fließgewässer. Die Abbildungen 78 und 79 sind typisch für das Erscheinungsbild des Flusses.



Abb. 78: Die Wupper am Campus Haspel



Abb. 79: Die Wupper im Stadtbild

Mit der Umstrukturierung des vorhandenen baulichen Hochwasserschutzes am Campus Haspel können die Sichtbeziehungen zum Gewässer verbessert werden. Die Wupper würde somit „erlebbar“ und würde sich harmonischer im Stadtbild präsentieren. Um ein neues Schutzkonzept zu entwerfen, müssen allerdings zunächst die möglichen Alternativen betrachtet und gegeneinander abgewägt werden. Daher werden an dieser Stelle kurz die Systeme des planmäßigen mobilen Hochwasserschutzes erläutert.

7.4.1.1 Systeme des planmäßigen mobilen Hochwasserschutzes

Systeme des planmäßigen mobilen Hochwasserschutzes können in Standard- und Sondersysteme unterteilt werden. Zu den Standardsystemen zählen Dammbalken- bzw. Dammtafelsysteme und Torsysteme. Diese Systeme haben sich bereits im

Einsatz bewährt, es liegen umfangreiche Erfahrungen vor und der sichere Hochwasserschutz gilt als gewährleistet. Hingegen haben sich die Sondersysteme noch nicht bewährt. Sie weisen zwar grundsätzlich eine Eignung zum Hochwasserschutz auf, wurden allerdings noch nicht den wirklichen Belastungen ausgesetzt. Daher sollten solche Systeme nur nach einem erfolgreichen Test am 1:1 Modell eingesetzt werden. Bei den Sondersystemen werden klappbare, aufschwimbare, klappbare und aufschwimbare Systeme sowie Glaswand- und Schlauchwehrsysteme unterschieden.⁶⁶

Standardsysteme

Dammbalken- und Dammtafelsysteme sind in ihrem grundlegenden Konstruktionsprinzip artgleich. Sie funktionieren mit ähnlichen Fundamenten, Stützen und Abstützungen. Auf Abb. 80 ist ein Dammbalkensystem dargestellt.



Abb. 80: Dammbalkensystem im Aufbau (Köln)⁶⁷

Beim Aufbau werden zunächst die Stützen aufgestellt, welche aus verschiedenen Metallen, wie Aluminium oder Edelstahl, bestehen. Aluminium bietet dabei den Vorteil, dass es vergleichsweise leicht ist und dadurch den Aufbau vereinfacht. Zudem werden Kosten reduziert, da nicht gezwungenermaßen Hebezeuge beim Aufbau benötigt werden. Sind die Stützen aufgestellt, kann mit der Ausfachung begonnen werden. Hier liegt der einzige Unterschied zwischen den Dammbalken- und Dammtafelsystemen. Bei Dammbalkensystemen wird die Ausfachung mit Balken hergestellt. Hingegen werden zur Ausfachung eines Dammtafelsystems vorgefertigte, flächenhafte Bauteile, welche bereits die volle Systemhöhe besitzen,

⁶⁶ Vgl. BWK, Mobile Hochwasserschutzsysteme (2005) S.13

⁶⁷ R.Vogt, Mobiler Hochwasserschutz (2008) Folie 33

eingesetzt. Je nach Höhe des Systems ist es erforderlich zusätzlich noch Rückabstützungen aufzubauen. Des Weiteren ist immer ein besonderes Augenmerk auf die Dichtigkeit bei den Dammbalken bzw. -tafeln zu legen. Das wird durch Dichtungen unterhalb der Stützenfüße, vertikal an den Stützen und zwischen dem untersten Dammbalken bzw. der Tafelunterseite und dem Untergrund, gewährleistet. Zusätzlich sind beim Dammbalkensystem Dichtungen zwischen den einzelnen Dammbalken erforderlich. Um auch die Dauerhaftigkeit dieses Schutzes zu erreichen, sind als Dichtungsmaterialien nur solche zu verwenden, welche eine ausreichende Alterungsbeständigkeit aufweisen. Daher kommen unter anderem Materialien wie Elastomere, Chloroprene und Kautschuk in Frage. Natürlich ist die Dichtigkeit nicht immer voll zu garantieren. Aufgrund dessen müssen zusätzlich Vorkehrungen zur Ableitung von möglichem Leckagewasser getroffen werden.

Torsysteme sind sehr häufig angewendete und vielfach bewährte Hochwasserschutzeinrichtungen, die man in ähnlicher Form auch vom Schleusenbau kennt. Zum Hochwasserschutz setzt man diese Systeme vor allem als Absperrvorrichtungen an Öffnungen in Wänden oder Straßendämmen ein. Da diese Systeme meist dauerhaft der Witterung ausgesetzt sind, ist ein guter Korrosionsschutz erforderlich. Besonders geeignet sind deshalb verzinkter Stahl und Edelstahl als Konstruktionsmaterialien. Auch Aluminium findet in der Praxis bei kleineren Toren Anwendung. Um die Dichtigkeit zu gewährleisten werden in der Regel Kunststoff- oder Gummidichtungen umlaufend am Tor befestigt. Je nach Standort müssen diese auch aggressiven Umwelteinflüssen, wie beispielsweise Tausalzangriff, standhalten. Es gibt eine Reihe von Konstruktionstypen für Torsysteme, z.B.,

- das Schiebetor
- das Schwenk- oder Stemmtor
- das Senktor
- das Klapptor.

Da sich die Torsysteme jedoch nicht für einen linienhaften Schutz eignen, werden sie der Vollständigkeit halber erwähnt, aber nicht weiter behandelt.

Sondersysteme

Sondersysteme bieten eine interessante und je nach Einsatzort auch eine bessere Alternative zu den Standardsystemen. So können klappbare Systeme beispielsweise sehr gut bei Platzmangel an Straßen und Gebäuden eingesetzt

werden. Das klappbare Element kann z.B. als Gehwegoberfläche genutzt werden und wird dann im Einsatzfall aufgeklappt. Allerdings muss bei der Bauweise als Gehweg immer eine ausreichend raue Oberfläche gewählt werden, um eine Rutschgefahr zu vermeiden. Ein Beispiel für ein aufklappbares System ist in Abb. 81 dargestellt.

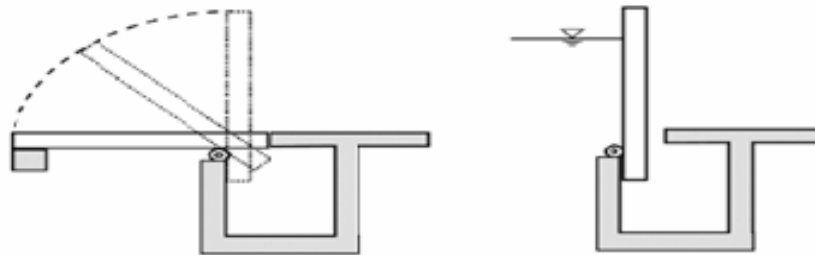


Abb. 81: Prinzip des klappbaren Bürgersteigs⁶⁸

Eine weitere attraktive Möglichkeit sind die aufschwimmenden Systeme, welche sich im Hochwasserfall quasi von selbst aufbauen (Abb.82). Sie funktionieren nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren. In Ruhelage befindet sich die Hochwasserschutzanlage abgesenkt in einem Stahlbetonkanal. Sobald das Wasser ansteigt, füllt sich dieser Kanal über ein Rohrsystem. Mit steigendem Wasserstand wird die Schutzwand aus der Nische gedrückt und entfaltet dann ihre schützende Wirkung.⁶⁹ Auch Kombinationen aus klappbaren und aufschwimmenden Systemen sind möglich.

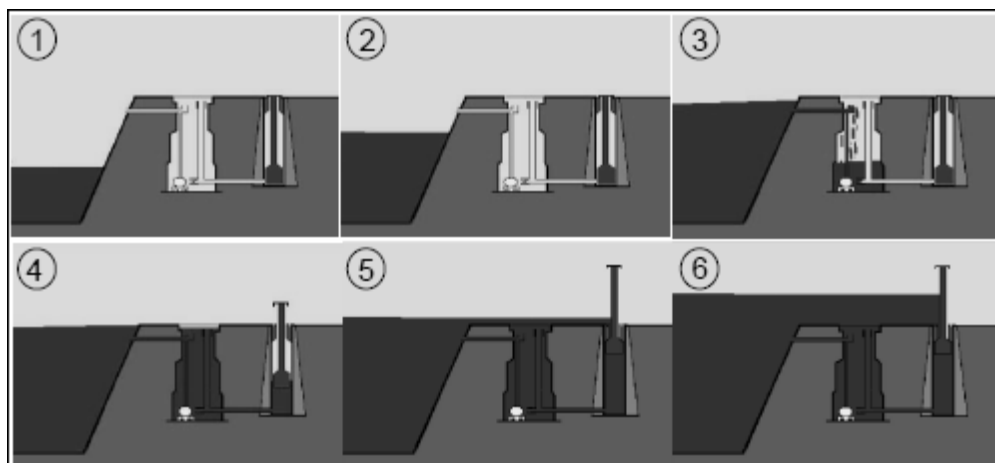


Abb. 82: Prinzip der auffahrbaren Wand⁷⁰

⁶⁸ http://www.umweltbundesamt.de/anlagen/dokumente/sicherheitsorganisation/20348362_kapitel_7.pdf, S.293

⁶⁹ Vgl. H.Patt, Hochwasser-Handbuch (2001) S.285

⁷⁰ http://www.umweltbundesamt.de/anlagen/dokumente/sicherheitsorganisation/20348362_kapitel_7.pdf, S.294

Als weiteres Sondersystem empfehlen sich Schlauchwehrsysteme (Abb.83). Der Gummischlauch befindet sich im Ruhezustand in einer Kammer unterhalb der GOK. Im Hochwasserfall wird die befahrbare Abdeckung der Kammer entfernt und der Gummischlauch über ein Leitungssystem befüllt. Als Füllstoffe kommen entweder Wasser oder Luft in betracht. Die ordnungsgemäße Befüllung des Schlauchs muss über ein Regulierungssystem erfolgen. Des Weiteren ist der Verankerung des Schlauchs am Fundament besondere Aufmerksamkeit zu widmen.⁷¹

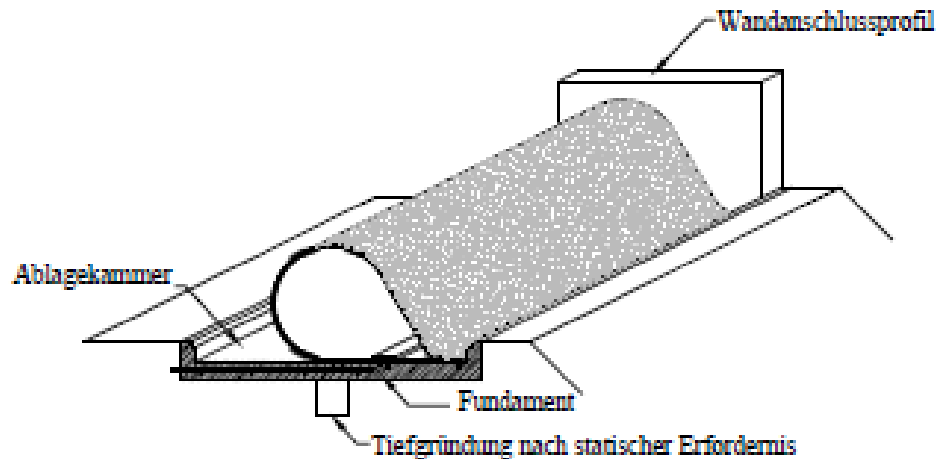


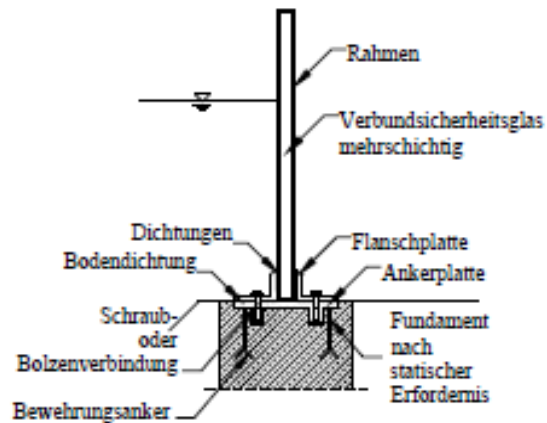
Abb. 83: Schlauchwehrsystem, Einsatzzustand⁷²

Wenn das Kriterium „Sichtbarkeit“ eine besonders große Bedeutung hat, so kann auf Glaswandssysteme zurückgegriffen werden (Abb.84 u. 85). Die Konstruktion dieser Aufbauten ist dem Prinzip der Dammbalken- bzw. Dammtafelsysteme sehr ähnlich. Die Ausfachung erfolgt hierbei allerdings durch Glasscheiben. Um einen sicheren Schutz zu gewährleisten, wird vielscheibiges Sicherheitsglas verbaut. Ein Vorteil der Glaswandssysteme ist, dass sie nicht innerhalb einer bestimmten Vorwarnzeit aufgebaut werden müsse, da es sich um dauerhafte Bauwerke handelt.⁷³

⁷¹ Vgl. BWK, Mobile Hochwasserschutzsysteme (2005) S.52

⁷² E.Pasche, Grundlagen zum planmäßigen mobilen Hochwasserschutz (2008), Folie 18

⁷³ http://www.umweltbundesamt.de/anlagen/dokumente/sicherheitsorganisation/20348362_kapitel_7.pdf, S.295

Abb. 84: Glaswandsystem⁷⁴Abb. 85: Konstruktionsprinzip Glaswandsystem⁷⁵

7.4.1.2 Auswahl eines geeigneten Systems

Der Markt bietet mit den vorgenannten Systemen eine Reihe von interessanten Möglichkeiten. Allerdings ist es ratsam sich zunächst auf die Hochwasserschutzsysteme zu verlassen, welche sich im Einsatz bereits bewährt haben. Daher kann an dieser Stelle nur der Einsatz der Standardsysteme, wie Dammbalken- bzw. Dammtafelsystemen, empfohlen werden. Hier liegen durch den Einsatz an vielen Orten entlang des Rheins umfangreiche Kenntnisse vor. Somit ist eine sichere und unproblematische Funktionsweise des linienhaften Schutzes eher gewährleistet.

Natürlich ist für diese Entscheidung auch das Kriterium der realisierbaren und der erforderlichen Konstruktionshöhe einzubeziehen. Die erforderliche Konstruktionshöhe liegt, wie im Folgenden noch erläutert wird, bei etwa 1,5 m bis max. 2,5 m. Für solche Konstruktionshöhen sind Dammbalkensysteme sehr gut bis gut geeignet.⁷⁶ Somit stellt die Ausbildung dieses Systems konstruktiv keine Probleme dar.

7.4.1.3 Entwurf einer geeigneten Lösung

Bei der Planung mobiler Systeme sollte eine sinnvolle Kombination aus festem Schutzelement und mobilen Teil gewählt werden. Es macht keinen Sinn die Konstruktion derart zu entwerfen, dass der mobile Teil sehr oft aufgebaut werden muss. Die Konstruktionshöhen sind entscheidend, um in der praktischen

⁷⁴ http://www.umweltbundesamt.de/anlagen/dokumente/sicherheitsorganisation/20348362_kapitel_7.pdf, S.295

⁷⁵ E.Pasche, Grundlagen zum planmäßigen mobilen Hochwasserschutz (2008), Folie 18

⁷⁶ Vgl. BWK, Mobile Hochwasserschutzsysteme (2005) S.16

Anwendung des mobilen Hochwasserschutzes einen vertretbarem Aufwand zu erreichen. Zunächst muss die Höhe und Häufigkeit der Wupperhochwasser herangezogen werden.

Nr.	km	NN	Q [m ³ /s]
505	25,053	145,94	100
505	25,053	146,62	150
505	25,053	147,12	190
505	25,053	147,38	210

Tab. 19: Wasserstandsdaten der Wupper bei Profil 505⁷⁷

Nach Angaben von Herrn Kisseler vom Wupperverband kann die Abflussmenge von 100 m³/s als fünfjähriges Ereignis (HQ 5) angesehen werden. Das Bemessungshochwasser ist, wie bereits erwähnt, ein HQ 100 mit 210 m³/s. Mit Hilfe der Daten aus Querprofil 505 (Abb. 86) kann ein grober Entwurf des planmäßig mobilen Hochwasserschutzes vorgenommen werden. Die rechte Seite der Abbildung stellt das östliche Ufer dar.

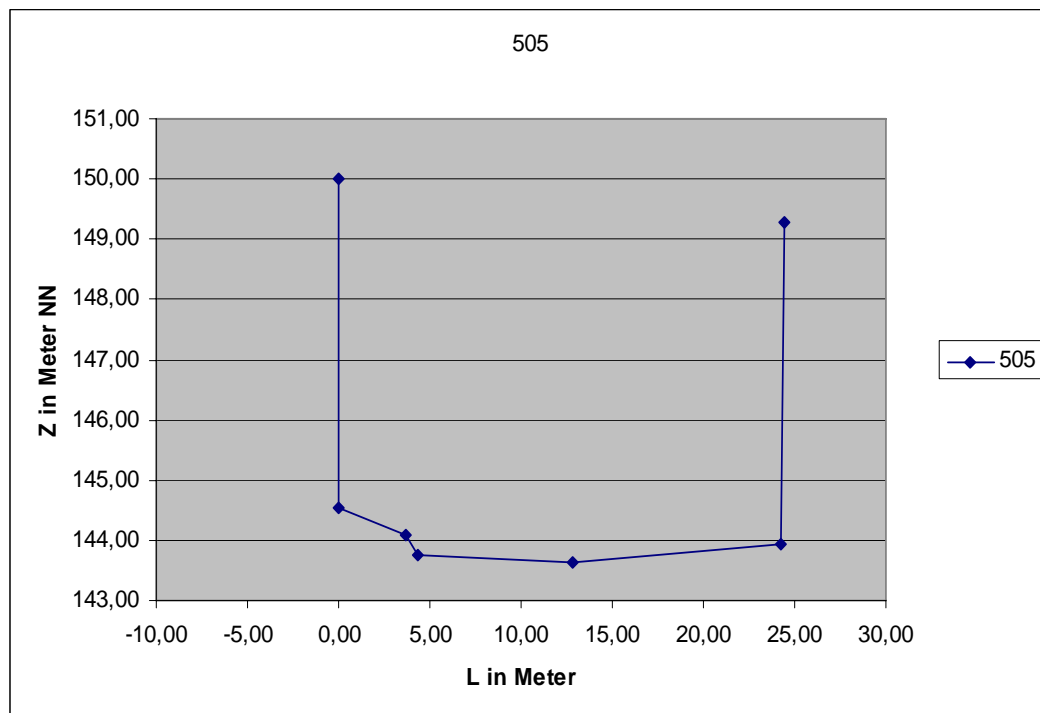


Abb. 86: Querprofil 505

⁷⁷ Quelle: Wupperverband

Für den Entwurf wird ein ortsfester Schutz für das fünfjährige Hochwasserereignis vorgeschlagen. D.h. die Oberkante des Fundamentes sollte mindestens eine Höhe von 145,94 m ü. NN betragen. Gewählt wird eine Höhe von etwa 146,10 m ü. NN. Für alle anderen, darüber hinausgehenden Hochwasserereignisse, muss also der planmäßig mobile Teil aufgebaut werden. Die Konstruktionshöhe muss dann, an der Stelle des Querprofils 505, mindestens 1,50 m betragen, um eine Gesamthöhe des Schutzes von 147,60 m ü. NN zu erreichen. Das liegt 0,22 m über dem BHW, um ein gewisses Freibord (Schutzraum) zu erreichen. Im Folgenden ist der Entwurf auf Abb. 87 zum besseren Verständnis dargestellt.

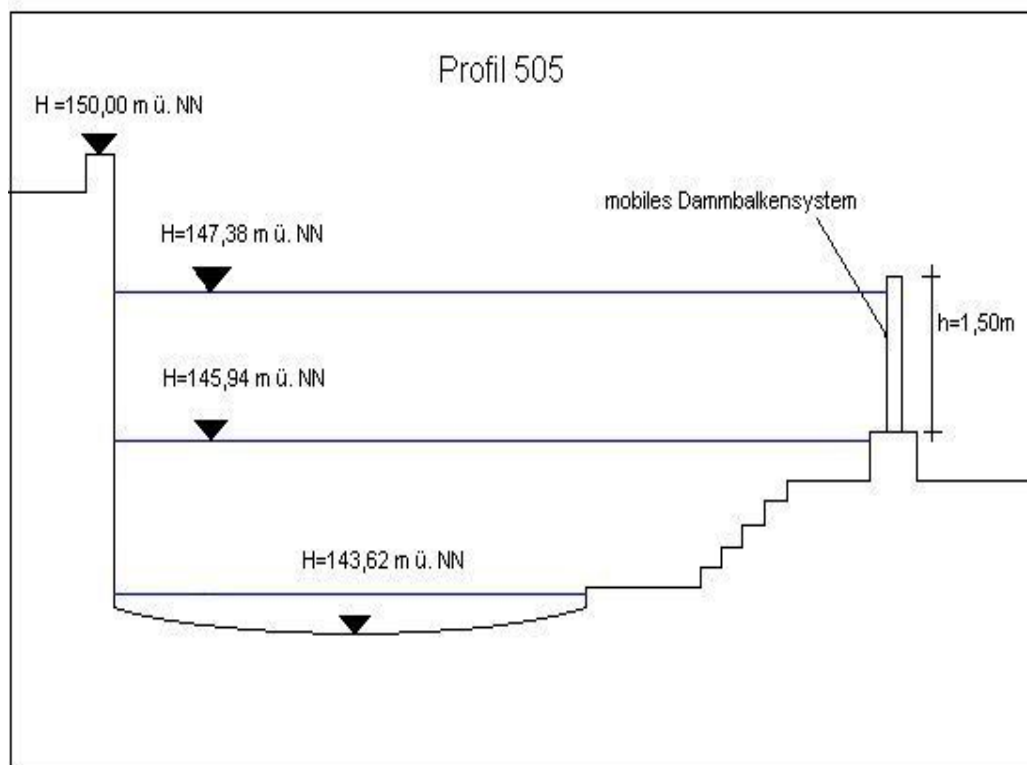


Abb. 87: Entwurf des planmäßig mobilen Systems

Im Bereich der Schutzwand vor dem Laborgebäude ist eine andere Höhe des Schutzes erforderlich, da das Gelände an dieser Stelle etwas tiefer liegt. Daher wurde bei der Auswahl des Systems eine Konstruktionshöhe des Dammbalkensystems bis zu 2,50 m angenommen. Da keine genauen Angaben vorliegen, wird an dieser Stelle auf eine Darstellung eines Querprofils vor dem Laborgebäude verzichtet.

Mit dieser Lösung könnte dauerhaft eine Sichtbeziehung zur Wupper hergestellt werden. Zusätzlich soll über eine Treppe ein unten am Ufer liegendes Podest erreichbar sein. Somit kann ein Zutritt zum Gewässer geschaffen werden.

7.4.1.4 Aspekte des planmäßigen mobilen Einsatzes

Für den Einsatz eines planmäßigen mobilen Systems und die Überprüfung der Realisierbarkeit sind eine Reihe weiterer Aspekte zu berücksichtigen. Vor allem die Planung des Einsatzes und der gesamten Logistik ist extrem umfangreich. An dieser Stelle soll nur darauf hingewiesen werden, welche Gesichtspunkte hierzu einbezogen werden müssen:

- die Zuständigkeit für den Einsatzfall
- die möglichen Vorwarnzeiten
- die möglichen Bereitstellungszeiten
- Orte für Lager und Aufbau, einschließlich Entfernung
- Zeitdauer für Vorwarnung, Alarmierung, Beladung, Transport, Sicherung, Aufbau, Abbau und die Standzeit
- Personaleinsatz hinsichtlich Anzahl, Qualifikation und Verfügbarkeit
- bzgl. der Konstruktion: Materialeigenschaften, Abmessungen, Maschinenbedarf, Schutz vor Vandalismus und Sabotage, Schutz vor Fahrzeuganprall
- bzgl. der Kosten: Anschaffung, Auf- und Abbau, Wartung und Lagerung
- statische Bemessung der Konstruktion
- Definition von Schutzräumen

Mit Hilfe dieser Daten ist es dann möglich eine umfangreiche Alarm- und Einsatzplanung zu entwerfen. Der Alarmplan regelt dabei die rechtzeitige Einberufung des Einsatzstabes, sowie die Einleitung aller erforderlichen Maßnahmen. Dabei werden einzelne Alarmierungsstufen definiert. Die Einsatzplanung enthält die zu den einzelnen Alarmierungsstufen gehörenden Informationen zur Umsetzung der erforderlichen Maßnahmen. Im Anhang ist beispielhaft die Einsatzplanung der Feuerwehr Düsseldorf einzusehen.

7.4.2 Fall B: Zweite Verteidigungslinie

An dieser Stelle des Wupperufers ergibt sich eine besondere Problematik. Die Zufahrt zwischen Laborgebäude und Schutzwand liegt in einem abgesenkten Bereich, welcher am nördlichen Ende der Schutzwand sehr stark und am südlichen Ende langsam wieder auf das „normale“ Geländenniveau ansteigt (Abb.88). Wenn in einem außergewöhnlichen Hochwasserfall die Schutzwand versagt, so ist das Laborgebäude akut gefährdet.



Abb. 88: Laborgebäude Campus Haspel, Blick in nördliche Richtung

Zu den ersten Schritten beim Einsatz sollte das Hinzuziehen des THW und eines Statikers gehören, um die Möglichkeit einer denkbaren Sicherung der Ufermauer zu überprüfen. Parallel muss mit der Planung einer zweiten Verteidigungslinie begonnen werden. Um die zweite Verteidigungslinie sinnvoll zu planen, ist die Kenntnis der örtlichen Gegebenheiten erforderlich.

7.4.2.1 Spezielle örtliche Gegebenheiten

Um die örtlich vorhandenen Gegebenheiten zu erfassen, wurde auch hier eine Ortsbegehung durchgeführt. Im Einzelnen wurden die folgenden, für die Planung des Schutzes erforderlichen, Daten aufgenommen:

- die Gesamtlänge der Schutzmauer beträgt etwa 75,0 m
- diese müsste aufgrund der Topografie auf einer Länge von etwa 65,0 m ersetzt werden
- die Gebäudelängswand ist etwa 50,0 m lang
- es befinden sich drei Schachtdeckel, sowie ein Straßeneinlauf im gefährdeten Bereich
- das Gebäude hat auf der Rückseite vier Türen (Abb. 88)
- drei davon schließen bündig mit dem Gelände ab und haben eine breite von jeweils 2,35 m
- die weitere Tür befindet sich etwa 0,80 m oberhalb GOK

- die Klimaanlage des Gebäudes befindet sich ebenfalls im gefährdeten Bereich (Abb. 89)
- es gibt zwei weitere, kleine (Breite ca. 1,0m) Öffnungen Abb. (90)
- es gibt drei Zufahrtsmöglichkeiten zum Gelände, wobei die Zufahrt über die Pauluskirchstraße zu bevorzugen ist



Abb. 89: Klimaanlage



Abb. 90: Lüftungsöffnung

7.4.2.2 Ausführung der 2. Verteidigungslinie

Während des Einsatzes ist es in jedem Fall erforderlich, ständig den Zustand der Schutzwand zu prüfen. Ist diese akut einsturzgefährdet, muss der Gefahrenraum geräumt und abgesichert werden. In diesem Fall lässt sich zunächst keine zweite Verteidigung aufbauen.

Ist der Aufbau gefahrlos möglich, so gibt es zwei grundsätzliche Möglichkeiten den Schutz herzustellen. Die erste Möglichkeit besteht darin einen linienhaften Schutz mit Hilfe des bekannten ÖcoTec Schlauchsystems herzustellen. Natürlich sollte sich dieser Schutz nicht im Radius der evtl. kippenden Wand befinden, da er sonst sofort versagt. Allerdings ist es auch fraglich, ob der Linienschutz einer bei schlagartigem Versagen der Wand entstehenden Flutwelle standhalten würde.

Die zweite Alternative ist der Schutz der einzelnen Gebäudeöffnungen mit Sandsäcken und dem Schlauchsystem.

In beiden Fällen ist der Verschluss der Schächte und des Straßeneinlaufs besonders zu beachten. Das ist wichtig, damit das Wasser nicht an anderer Stelle aus der Kanalisation aufsteigt und weitere Schäden verursacht. Des Weiteren ist die Klimaanlage nach Möglichkeit zu schützen.

Um das Wasser wieder zurück in die Wupper zu leiten, können entweder Pumpen genutzt werden oder es wird unter Ausnutzung der topografischen Gegebenheiten wieder dem Gewässer zugeführt. Um das zu erreichen kann ein Teil (etwa 25,0 m) des Schlauchsystems als „Leitelement“ an der südlichen Gebäudeecke quer über die Straße verlegt werden. Auf Abb.91 ist eine Übersicht

über eine Möglichkeit der zweiten Verteidigungslinie (schwarz) mit „Leitelement“ zur Entwässerung (grün) abgebildet. Die Schutzwand ist in rot eingezeichnet. Die blauen Pfeile zeigen den Weg des Wassers.



Abb. 91: Möglichkeit einer zweiten Verteidigungslinie⁷⁸

⁷⁸ Kartengrundlage: Google Earth

Kapitel 8

Befragungen zum notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutz

8.1 Einführung

Um den Stand der Vorbereitungen auf Katastrophenschutz Einsätze beispielhaft darzustellen, wurden Anfragen an die Feuerwehren und THWen der Städte Wuppertal, Düsseldorf und Köln gestellt. Des Weiteren sollen hierdurch die vorhandenen praktischen Erfahrungen mit den verschiedenen Notfallsystemen, in diese Arbeit einfließen.

Leider wurden die Anfragen nur zum Teil beantwortet. Von den THWen der Städte Wuppertal und Düsseldorf kam keine Rückmeldung. Daher konnten die vorhandenen Abwehreinrichtungen beim THW Wuppertal nicht in die Verteidigungskonzepte der Fallbeispiele integriert werden.

Die weiteren Anfragen wurden zum Teil telefonisch, schriftlich oder in persönlichen Gesprächen beantwortet.

8.1.1 Feuerwehr Wuppertal

Am 30.09.2008 wurde folgendes Interview mit Herrn S.Brütsch, Amtsleiter der Feuerwehr Wuppertal, geführt.

1 Sandsackaufbauten

1.1 Werden bei der Feuerwehr Wuppertal Sandsackaufbauten zum Hochwasserschutz eingesetzt?

Ja.

- 1.2 Welche Anzahl an Sandsäcken wird ständig vorgehalten?
Es werden ständig ca. 600 gefüllte und 700 ungefüllte Sandsäcke vorgehalten.
- 1.3 Werden Geräte wie Füllhilfen zur Beschleunigung des Aufbauprozesses vorgehalten?
Nein, aber das THW kann solche Füllhilfen im Einsatzfall bereitstellen.
- 1.4 Wie kann man reagieren, wenn die vorgehaltenen Kapazitäten nicht mehr ausreichen?
Hier wird auf überörtliche Hilfe durch die „Nachbarschaft“, also umliegende Feuer- oder Wasserwehren gesetzt. Ein spezifisches Hochwasserschutzkonzept existiert hierfür allerdings nicht.
- 1.5 Welche Merkblätter und Handbücher werden bei Schulungen oder Übungen zur Errichtung von Sandsackbarrieren berücksichtigt?
Es werden keine spezifischen Handbücher zum Dammbau mit Sandsäcken verwendet.
- 1.6 Wie oft werden Übungen zum Hochwasserschutz durchgeführt?
Selten.
- 1.7 Was sind die häufigsten Fehler bei der Errichtung von Sandsackbarrieren und wo liegen potentielle Fehlerquellen?
Aufgrund der wenigen Einsätze und der geringen Höhe der bisherigen Aufbauten liegen zu dieser Problemstellung wenige Erfahrungen vor.
- 1.8 Nennen Sie typische Einsätze der letzten Jahre und gegebenenfalls besondere Schwierigkeiten beim Einsatz.
Generell ist zu sagen, dass es in Wuppertal in den letzten Jahrzehnten keine Hochwasserereignisse im Zusammenhang mit der Wupper gab, die den baulichen Schutz übertrafen. Jedoch besteht ein anderes Problem, bei dem es regelmäßig Einsätze gibt. Es handelt sich um lokale Starkregenereignisse, welche nur sehr schwer vorhersehbar sind. So führten beispielsweise Starkregen und einhergehende Sturmböen im Frühjahr 2005 zu lokalen Überschwemmungen im Stadtteil Vohwinkel. Die besondere Problematik bei diesen Ereignissen ist, dass die

Vorwarnzeiten zu gering sind, um rechtzeitig wirksame Maßnahmen zu ergreifen.

- 1.9 Wo sehen Sie die wichtigsten Vor- und Nachteile von Sandsackaufbauten?

Vorteile: Sie sind billig, einfach verfügbar und simpel in der Anwendung.

Nachteil: Sehr hoher Zeitaufwand beim Aufbau.

2 Sandsackersatzsysteme

- 2.1 Seit wann werden Sandsackersatzsysteme eingesetzt?

Seit etwa 20 Jahren.

- 2.2 Welche Art von Sandsackersatzsystemen wird eingesetzt?

Es wird ein Doppelkammerschlauchsystem eingesetzt. Mit diesem System sind Schutzhöhen bis 35 cm erreichbar.

- 2.3 In welchem Umfang werden solche Systeme vorgehalten?

Es werden etwa 450 m dieses Systems vorgehalten.

- 2.4 Welche Merkblätter und Handbücher werden bei der Verwendung von Sandsackersatzsystemen zu Grunde gelegt?

Keine.

- 2.5 Nach welchen Kriterien wurden die Sandsackersatzsysteme ausgewählt?

Dieses System wurde nicht speziell für den Hochwassereinsatz ausgewählt, sondern dient beispielsweise der Löschwasserrückhaltung.

- 2.6 Wie sind die bisherigen Erfahrungen mit diesen Systemen?

Die bisherigen Erfahrungen sind gut. Das System ist sehr flexibel, anpassungsfähig und lässt sich schnell aufbauen.

3 Beurteilung und Ausblick

- 3.1 Wie beurteilen sie die vorhandenen Schutzeinrichtungen für den notfallmäßigen Hochwasserschutz in Wuppertal?

Für die Wupper besteht durch die vorhandenen Schutzeinrichtungen wie die Wuppertalsperre, Rückhaltebecken und Retentionsflächen ein sehr guter Schutz.

- 3.2 Wo besteht bzgl. des Hochwasserschutzes in Wuppertal noch Verbesserungsbedarf?

In jedem Fall muss die Einsatzplanung für Hochwassereinsätze verbessert werden. Besonderer Handlungsbedarf besteht vor allem bei den lokalen Überflutungen, welche durch Starkregen verursacht werden. Bei diesen Ereignissen muss der ungehinderte Abfluss des Wassers gewährleistet werden, was durch verstopfte Bach- oder Straßeneinläufe häufig nicht der Fall war. Ein weiteres Problem sind in diesem Zusammenhang nicht funktionierende Rückschlagklappen an Gebäuden.

- 3.3 Welche Maßnahmen sind zeitnah geplant?

Es sind keine Maßnahmen zeitnah geplant.

8.1.2 Feuerwehr Düsseldorf

Die Anfrage wurde durch Herr J.Heuser von der Feuerwehr Düsseldorf, Abteilung Strategische Planung und Einsatzorganisation, schriftlich beantwortet. Zusätzlich würde die Einsatzplanung beigelegt (siehe Anhang).

1 Mobiler Hochwasserschutz

- 1.1. Welchen Stellenwert haben notfallmäßige mobile Hochwasserschutzsysteme in der Hochwasserabwehr?

Der mobile Hochwasserschutz beschränkt sich in Düsseldorf planmäßig auf einen vorgeplanten Einsatzabschnitt im südlichen Stadtgebiet. Hier werden Teile des gefährdeten Stadtgebiets durch ca. 700m Concertainer-Hochwasserschutzsystem gesichert. Das mobile System kommt auf einer durch Großfahrzeuge befahrbaren Straße zum Einsatz und wird auf angrenzenden Deichabschnitten durch Sandsackdämme ergänzt und erweitert.

Generell ist der Hochwasserschutz im Stadtgebiet Düsseldorf sehr gut ausgebaut. Das Bemessungshochwasser, bis zu welchem das hinter den Deichen liegende Stadtgebiet durch die vorhandenen Flussdeiche und Mauern geschützt ist, liegt bei 11,78m. Hierbei ist zu beachten, dass der Düsseldorfer Pegel immer ca. 40-50cm über dem Kölner Pegel liegt. In den letzten 100 Jahren ist der Rhein lediglich fünfmal nennenswert über 10,00m und hiervon 1928 bis auf 11,10m gestiegen.

- 1.2. Seit wann werden mobile Systeme eingesetzt?

Das mobile System wurde mit Einführung des neuen Einsatzplans Hochwasser im Januar 2005 beschafft und zwischenzeitlich nur zu Übungszwecken eingesetzt.

2 Sandsackaufbauten

- 2.1 Welchen Stellenwert hat der Sandsackdamm in der operationellen Hochwasserabwehr?

Derzeit ist der Sandsack in Düsseldorf das Mittel der Wahl, um unvorhergesehene Überflutungen einzudämmen bzw. um Schadstellen an Deichen und Hochwasserschutzbauwerken zu begegnen.

- 2.2 Welche Merkblätter und Handbücher werden bei Schulungen oder Übungen zur Errichtung von Sandsackbarrieren berücksichtigt und wie oft werden solche Schulungen durchgeführt?

Geschult wird und wurde das Personal der Feuerwehr Düsseldorf nach dem eigenen Hochwassereinsatzplan der Stadt. Die hierin enthaltenen Maßnahmen orientieren sich an allgemeinen in der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr gängigen Einsatzschwerpunkten und Arbeitsweisen. Die Merkblätter des THW waren hier unter anderen richtungweisend.

- 2.3 Was sind die häufigsten Fehler bei der Errichtung von Sandsackbarrieren?

Hier sind in erster Linie zwei Fehler zu nennen. Zum einen die nicht ausreichende Stabilität durch unsaubere Bauweise (Statikprobleme). Diese kann mehrere Gründe haben, werden z.B. die Säcke über 2/3 gefüllt ist eine standfeste Pack-/Bauweise nicht mehr möglich, da sie zu rund zum Aufschichten sind. Außerdem stellen die auf dem Markt erhältlichen Sandsackgrößen zum Teil ein Problem da, weil sie durch abweichende Längen-/Breitenverhältnisse den Bau eines Damms nach herkömmlichem Aufbauschema nicht zulassen. Der zweite Fehler ist eine zu niedrige Bauhöhe des Damms aufgrund von Zeitproblemen bzw. falscher Prognosen. Es ist nur sinnvoll einen Damm zu errichten, wenn sichergestellt ist, dass ich in der zur Verfügung stehenden Zeit den gesamten Dammschnitt in einer geeigneten Höhe aufbauen kann. Hierzu muss der Pegelhöchstwert sicher prognostiziert und der Sandsackdeich inkl. eines entsprechenden Freibords aufgebaut werden.

- 2.4 Nennen Sie typische Einsätze der letzten Jahre und gegebenenfalls besondere Schwierigkeiten beim Einsatz.

Es gab in den vergangenen Jahren keine nennenswerten Einsätze.

- 2.5 Welche Merkblätter und Handbücher werden bei der Errichtung von Sandsackaufbauten zur Flussdeichverteidigung zu Grunde gelegt?

siehe Punkt 2.2

- 2.6 Was sind die häufigsten Fehler bei der Anwendung von Sandsackaufbauten bei der Deichverteidigung?

Hier sind in erster Linie Fehler bei der Abdichtung der Deichoberflächen zu finden. Als Regel sollte immer berücksichtigt werden, dass gewässerseitig die Schadstelle am Deich mit Folien abgedichtet und mit Sandsäcken abgedeckt werden sollte, um zu verhindern, dass weiteres Wasser in den Deichkörper eindringt. Binnenseitig ist die Schadstelle mit Filterfließ abzudecken und anschließend mit Sandsäcken zu beschweren, wobei Drainagefugen auszubilden sind, um Wasser aus dem Deich abfließen zu lassen.

- 2.7 Nennen Sie typische Einsätze der letzten Jahre und gegebenenfalls besondere Schwierigkeiten beim Einsatz.

Auch hier gab es in den vergangenen Jahren keine Einsätze.

- 2.8 Wo sehen Sie die wichtigsten Vor- und Nachteile von Sandsackaufbauten?

Vorteile: Flexibel in Aufbaulänge und -höhe sowie an Geländestruktur anpassbar. Außerdem kann durch das relativ niedrige Einzelgewicht der Sandsäcke auch auf schlecht zu erreichenden Deichabschnitten ein Damm errichtet werden.

Nachteile: Sandsackdammbauzeit- und personalintensiv, zum Teil hohe Kosten bei der Entsorgung der durch Hochwasser beaufschlagten Sandsäcke (Sondermüll)

- 2.9 Welche Anzahl an Sandsäcken (gefüllt/ungefüllt) wird ständig vorgehalten?

ca. 20.000 Sandsäcke gefüllt

ca. 100.000 Sandsäcke ungefüllt

3 Sandsackersatzsysteme

- 3.1 Welche Art von Sandsackersatzsystemen (Stellwandsysteme, offene und geschlossene Behältersysteme, Schlauchsysteme usw.) wird eingesetzt?

In Düsseldorf wird neben den allgemein üblichen Dammbalkenverschlüssen in den Hochwasserschutzmauern das mobile Concertainer-Hochwasserschutzsystem eingesetzt. Hierbei handelt es sich um ein offenes Behältersystem, bei welchem mit Filterflies ausgeschlagene Drahtgeflechtwürfel von einem Kubikmeter Größe in Reihe verbunden und mit Sand befüllt werden.

- 3.2 Welche Merkblätter und Handbücher werden bei der Verwendung von Sandsackersatzsystemen zu Grunde gelegt?

Einsatzplan Hochwasser der Feuerwehr Düsseldorf und die hierin enthaltenen Hinweise und Informationen des Herstellers des Concertainer-Systems.

- 3.3 Nach welchen Kriterien wurden diese Systeme ausgewählt?

Es sollte ein relativ kostengünstiges, schnell aufzubauendes und nicht an einen Einsatzort gebundenes System angeschafft werden. Außerdem sollte die Lagergröße möglichst gering sein.

- 3.4 Wie sind die bisherigen Erfahrungen mit diesen Systemen?

In den Übungen hat das System die Anforderungen erfüllt.

- 3.5 Wo sehen Sie besondere Vor- und Nachteile dieser Systeme?

Vorteile: siehe 3.3

Nachteile: nur auf befestigten Straßen einsetzbar und Rückbau sehr zeitintensiv

- 3.6 Was ist beim Aufbau besonders zu beachten? Wo liegen Fehlerquellen?

Der Aufbau ist selbsterklärend und auf festem Untergrund in der Regel fehlerfrei möglich.

- 3.7 Auf welche Art von Systemen wird in Zukunft gesetzt?

Derzeit ist geplant den aktuell betroffenen Deichabschnitt baulich zu schützen und das mobile Hochwasserschutzsystem für unvorhersehbare Einsatzstellen bzw. für Rückstaubereiche an Nebenflüssen /-bächen vorzuhalten.

3.8 In welchem Umfang werden solche Systeme vorgehalten?

siehe vorhergehende Punkte

4 Beurteilung und Ausblick

4.1 Wie beurteilen Sie die vorhandenen Schutzeinrichtungen zum notfallmäßigen Hochwasserschutz in Düsseldorf?

Der vorhandene Hochwasserschutz ist in Düsseldorf, insbesondere nach der geplanten Ausbaustufe am derzeitigen bekannten Einsatzschwerpunkt im Düsseldorfer Süden, als gut und aus meiner Sicht ausreichend zu beurteilen.

4.2 Wo besteht bzgl. des Hochwasserschutzes noch Verbesserungsbedarf?

Das werden evtl. Hochwasserlagen in den nächsten Jahren zeigen.

4.3 Welche Maßnahmen zur Verbesserung sind zeitnah geplant?

Wie oben beschrieben, eine bauliche Lösung zum Schutz des bekannten Problemabschnittes im Düsseldorfer Süden.

8.1.3 Feuerwehr Köln

Am 13.10.2008 wurde ein persönliches Gespräch mit Herrn S.Beßlich von der Feuerwehr Köln, Abteilung Einsatzplanung und –koordination, geführt. Leider brachte das Gespräch nicht den gewünschten Erfolg. Viele Fragen wurden nicht beantwortet, da die Fragestellungen als unzureichend angesehen wurden. Vor allem das Fehlen konkreter Einsatzszenarien wurde von Herrn Beßlich bemängelt. Des Weiteren wurde darauf hingewiesen, dass die gestellten Fragen mit der „Entscheidungshilfe“ des VKF bereits abgedeckt sind und dass es zu diesem Thema bereits alles gibt. Es wurde empfohlen diese Entscheidungshilfe abzuschreiben um die Arbeit abzuschließen. Auf spontan gestellte Fragen, welche sich auf das Versagen des baulichen Schutzes in Köln und evtl. erforderliche Reaktionen darauf bezogen, wurde nicht geantwortet. Des Weiteren wurde verdeutlicht, dass Übungen zum Bau von Sandsackdämmen nicht erforderlich sind. Genaue Angaben zur Anzahl der vorhandenen Sandsackersatzsysteme wurden nicht gemacht. Auf die Frage nach typischen Einsätzen der letzten Jahre wurde mit dem Hinweis geantwortet, dass die Feuerwehr Köln nicht der richtige Ansprechpartner ist.

Nach diesem Gespräch wurde, um auf die Erkenntnisse der sicherlich erfahrenen Kölner Hochwasserschützer nicht ganz zu verzichten, eine weitere Anfrage an das HochwasserKompetenzCentrum gestellt.

8.1.4 HochwasserKompetenzCentrum Köln

Die Anfrage wurde durch Herrn R.Vogt, Geschäftsführer des Hochwasser-KompetenzCentrums, schriftlich beantwortet.

1 Allgemeines

1.1 Welchen Stellenwert haben notfallmäßige mobile Hochwasserschutzsysteme in der Hochwasserabwehr der Stadt Köln?

Bereits seit 1995 werden notfallmäßige mobile Hochwasserschutzsysteme in der Hochwasserabwehr der Stadt Köln eingesetzt und haben einen sehr großen Stellenwert. 1995 verhinderten sie in Rodenkirchen große Schäden. Auf dem Auenweg und auf der Hauptstraße wurden L-Profil-Wände eingesetzt, die das Überlaufen in tief gelegene Gebiete verhinderten. Seit 1998 wird die Aqua – Barrier – Wand auf einer Länge von 600 m an der Uferstraße in Rodenkirchen eingesetzt, die viele Jahre bis zu einem Wasserstand von 8,88 m Kölner Pegel den Fluten standgehalten hat.

1.2 Seit wann werden mobile Systeme eingesetzt?

Mobile Hochwasserschutzsysteme werden seit 1994 eingesetzt. So war die Metallwand in der Altstadt die erste mehrere hundert Meter lange mobile Wand in Europa

1.3 Gibt es eine Einsatzplanung für den Fall, dass das planmäßige Hochwasserschutzziel überschritten wird?

Es gibt eine Einsatzplanung für den Fall, dass das planmäßige Hochwasserschutzziel überschritten wird. Bei Überschreiten des planmäßigen Hochwasserschutzziels wird umgehend bzw. auch vorher das Großschadensereignis ausgerufen und der Krisenstab, der bei der Berufsfeuerwehr gebildet wird, übernimmt die Führung des Einsatzes des Großschadensereignisses. Bei der StEB werden derzeit Planungen für weitergehende Hochwasserschutzmaßnahmen durchgeführt, mit dem Ziel bei Versagen des Hochwasserschutzes oder bei Überschreiten des Hochwasserschutzziels mit einer zweiten Linie oder Verstärkung oder Erhöhung der ersten Hochwasserlinie größeren Schäden vorzubeugen.

- 1.4 Wer ist in so einem Fall für die Einsatzleitung zuständig?

Für die Einsatzleitung bei Überschreitung des planmäßigen Hochwasserschutzziels ist der Krisenstab bei der Berufsfeuerwehr zuständig.

- 1.5 Wie kann in so einem Fall reagiert werden? Zweite Verteidigungslinie oder Schutz einzelner Objekte?

Ob in jedem Fall eine zweite Verteidigungslinie oder ob einzelne Objekte besser geschützt werden, wird derzeit geplant. Es bieten sich auch vorsorgliche Evakuierungen oder sogar dritte oder vierte Verteidigungslinien in Einzelfällen an.

2 Sandsackaufbauten

- 2.1 Welchen Stellenwert hat der Sandsackdamm in der operationellen Hochwasserabwehr?

Der Sandsackdamm hat auch heute noch in der operationellen Hochwasserabwehr in Köln seinen Stellenwert. Der je nach Örtlichkeit besser eingesetzt werden kann als die notfallmäßigen mobilen Hochwasserschutzsysteme, d.h. schneller auf jedem Untergrund und insbesondere auch bei verwinkelter Linienführung. Außerdem kann man sehr schnell mit einem Sandsackdamm austretendes Wasser eindämmen.

- 2.2 Welche Merkblätter und Handbücher werden bei Schulungen oder Übungen zur Errichtung von Sandsackbarrieren berücksichtigt und wie oft werden solche Schulungen durchgeführt?

Hauptsächlich Merkblätter des technischen Hilfswerkes werden bei der Schulung oder Übung zur Errichtung von Sandsackbarrieren berücksichtigt. Diese Übungen werden einmal im Jahr durchgeführt.

- 2.3 Was sind die häufigsten Fehler bei der Errichtung von Sandsackbarrieren?

Der häufigste Fehler bei Errichtung von Sandsackbarrieren ist der Nichteinbau von Folie.

- 2.4 Nennen Sie typische Einsätze der letzten Jahre und gegebenenfalls besondere Schwierigkeiten beim Einsatz.

Typische Einsätze der letzten Jahre waren die Einsätze an der Uferstraße in Rodenkirchen mit der Schwierigkeit der verhältnismäßig geringen Schutzhöhe durch die Aqua – Barrier-Wände. An den tiefsten Stellen

wurden die Aqua-Barrier durch neue Aqua-Barrier, die bis zu einer Schutzhöhe von 1,20 m ausreichen, ersetzt. Schwierigkeiten beim Einsatz gab es hinsichtlich der Aufbauproblematik nicht. Beim Überströmen der Aqua-Barrier gab es die Problematik, dass die Gefahr des Wegschwimmens, des Sandsackersatzsystems gegeben war. Dies wurde verhindert durch die Verbindung aller Europaletten bzw. Stützen mittels Stahlseil. Beim Hochwasser 2003 und 2001 wurden zusätzliche Meter Aqua-Barrier im weißen Rheinbogen eingesetzt. Problem war auch hier die zu geringe Schutzhöhe.

2.5 Wo sehen Sie die wichtigsten Vor- und Nachteile von Sandsackaufbauten?

Vorteil von Sandsackaufbauten ist die Einfachheit, die von jedem Helfer innerhalb kürzester Zeit gelernt werden kann. Das Gewicht von Sandsackdämmen, die dadurch auch zur Verstärkung von Deichanlagen genutzt werden können und die Flexibilität des Aufbaus. Mit verhältnismäßig einfachen Mitteln können kurze Öffnungen wirkungsvoll geschlossen werden. Bei geringen Schutzhöhen ist das Aufbringen von zwei bis drei Sandsacklagen sicherlich die einfachste und wirksamste Methode eines provisorischen Hochwasserschutzes. Nachteil von Sandsackaufbauten ist die lange Fülldauer der Sandsäcke, die umfangreichen Transportkapazitäten, die vorgehalten und eingesetzt werden müssen und der große Zeitbedarf.

2.6 Welche Anzahl an Sandsäcken (gefüllt/ungefüllt) wird ständig vorgehalten?

Derzeit werden etwa 30.000 Sandsäcke gefüllt und vorgehalten. Die Anzahl der ungefüllten Sandsäcke beläuft sich auf 400.000 Stück.

3 Sandsackersatzsysteme

3.1 Welche Art von Sandsackersatzsystemen (Stellwandsysteme, offene und geschlossene Behältersysteme, Schlauchsysteme usw.) wird eingesetzt und in welchem Umfang werden solche Systeme vorgehalten?

Derzeit werden in Köln zwei unterschiedliche Sandsackersatzsysteme eingesetzt:

1. Aqua Barrier in zwei unterschiedlichen Schutzhöhen und zwar 90 cm und 1,25 m. Es sind Klappsysteme mit Europaletten und Folie.

2. Dazu gibt es noch so genannte L-Profil-Blechwände, die auf Straßen aufgestellt werden können und die einen Schutz bis ca. 1 m leisten können. Insgesamt werden etwa 1,5 Kilometer Sandsackersatzsysteme vorgehalten

- 3.2 Welche Merkblätter und Handbücher werden bei der Verwendung von Sandsackersatzsystemen zu Grunde gelegt?

Bei der Verwendung von Sandsackersatzsystemen wird das Merkblatt „Mobile Hochwasserschutzsysteme“ Grundlagen zur Planung und Einsatz vom Dezember 2005 des BWK (Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft, Kulturbau e.V.) genutzt sowie für die grobe Vorplanung das Merkblatt mobile Hochwasserschutzsysteme aus der Schweiz (Herausgeber: Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen in Bern).

- 3.3 Werden Übungen zum Aufbau durchgeführt? Wer ist daran beteiligt und wie oft wird geübt?

Aufbauübungen werden gemeinsam mit THW und Bundeswehr durchgeführt. Zusätzlich werden Mitarbeiter der Stadtentwässerungsbetriebe für den Aufbau von mobilen Hochwasserschutzsystemen geschult.

- 3.4 Was ist beim Aufbau besonders zu beachten? Wo liegen Fehlerquellen?

Bei dem Aufbau von Sandsackersatzsystem ist besonders auf einen dichten Abschluss zu festen Bauwerken (Hauswände, Treppen, etc.) zu achten. Außerdem muss beim Aufbau der Aqua Barrier besonders darauf geachtet werden, dass keine Unterläufigkeit entsteht und dass auch die Folie dicht auf dem gewachsenen Boden aufliegt bzw. in unbefestigten Boden eingespart wird.

- 3.5 Wie sind die bisherigen Erfahrungen mit diesen Systemen?

Die Erfahrung mit den Sandsackersatzsystemen ist ausgesprochen positiv bei entsprechend langer Vorlaufzeit. Hier ist der Einsatz sicher und effektiv. Bei einer Vielzahl von Einsätzen haben diese Systeme Schutz bis zum Überströmen geboten und haben dabei entweder Schäden ganz verhindert bzw. für zusätzliche Zeiten zum Ausräumen und zum sichern von Objekten geführt.

3.6 Wo sehen Sie besondere Vor- und Nachteile dieser Systeme?

Die Vorteile dieser Systeme sind: geringer Lagerbedarf, schneller und effektiver Aufbau; sie sind kostengünstig. Der Logistikbedarf ist insgesamt gering. Nachteil des Aqua Barrier-Systems ist das geringe Gewicht.

3.7 In welchem Umfang werden solche Systeme vorgehalten?

1,5 Kilometer Sandsackersatzsystem wird vorgehalten. Bei sich ankündigendem Hochwasser werden derzeit immer wieder neue Sandsackersatzsysteme getestet. Dadurch stehen immer etwa 100 Meter zusätzliches Sandsackersatzsystem zur Verfügung.

4 Beurteilung und Ausblick

4.1 Wie beurteilen Sie die vorhandenen Schutzeinrichtungen zum notfallmäßigen Hochwasserschutz in Köln?

Die vorhandenen Schutzeinrichtungen zum notfallmäßigen Hochwasserschutz werden derzeit bis zum Ende des Jahres durch festen mobilen Hochwasserschutz ersetzt. Der notfallmäßige Hochwasserschutz ist somit nur noch selten nötig, kann aber für zusätzlichen Einsatz für Einzelbebauung oder zu einer zweiten Hochwasserschutzlinie genutzt werden.

4.2 Wo besteht bzgl. des notfallmäßigen Hochwasserschutzes noch Verbesserungsbedarf?

Zum bestehenden notfallmäßigen Hochwasserschutz müssen weitere Sandsackersatzsysteme angeschafft werden um den unterschiedlichen Gegebenheiten und den unterschiedlichen Einsatzbedürfnissen Rechnung zu tragen.

4.3 Welche Maßnahmen zur Verbesserung sind zeitnah geplant?

Maßnahmen zur Verbesserung sind zeitnah nicht geplant, da neue Hochwasserschutzsysteme bisher nicht überzeugt haben. Nach weiteren Tests von diesen Systemen könnten aber bei neuem oder zusätzlichem Schutzbedarf weitere Längen mobiler notfallmäßiger Hochwasserschutzsysteme angeschafft werden.

8.1.5 THW Köln

Die folgenden Fragen wurden in einem Telefongespräch von Herrn R.Vogel, THW Ortsverband Köln Nord-West, beantwortet.

1 Mobiler Hochwasserschutz

- 1.1. Welchen Stellenwert haben notfallmäßige mobile Hochwasserschutzsysteme in der Hochwasserabwehr?

Insgesamt gesehen hat der notfallmäßige mobile Hochwasserschutz einen sehr hohen Stellenwert in der Region. Vor allem bei der Verteidigung kleinerer Flüsse wie Ager oder Sieg. Außerdem wurde in Rodenkirchen lange mit einem planmäßig eingesetzten, notfallmäßigen Stellevandensystem (Aqua Barrier) gearbeitet. Des Weiteren kommen notfallmäßige Systeme wie Sandsäcke häufig zum verschließen kleinerer Öffnungen zum Einsatz.

- 1.2. Seit wann werden mobile Systeme eingesetzt?

Das klassische Sandsacksystem wird seit Generationen eingesetzt. Auf Sandsackersatzsysteme wird verstärkt seit 10-15 Jahren gesetzt. 1983 wurde erstmals ein mobiles Stellwandensystem eingesetzt.

2 Sandsackaufbauten

- 2.1 Welchen Stellenwert hat der Sandsackdamm in der operationellen Hochwasserabwehr?

Sandsäcke haben immer noch einen sehr hohen Stellenwert zum Verschließen einzelner Öffnungen oder zum Schutz nicht eingedeichter Bereiche (z.B. Lauenburg an der Elbe 2002).

- 2.2 Welche Merkblätter und Handbücher werden bei Schulungen oder Übungen zur Errichtung von Sandsackbarrieren berücksichtigt und wie oft werden solche Schulungen durchgeführt?

Grundlage ist das THW-Handbuch „Hochwasserschutz und Deichverteidigung“. Auch das in der Reihe der „Roten Hefte“ erschienene Heft Nr. 82 zum Hochwassereinsatz wird berücksichtigt.

- 2.3 Was sind die häufigsten Fehler bei der Errichtung von Sandsackbarrieren?

Sandsäcke werden nicht richtig im Verbund gestapelt, was insbesondere bei Kunststoffsäcken, aufgrund der geringen Reibung sehr problematisch ist. Außerdem muss darauf geachtet werden, dass die Säcke angetreten

werden, um eine hohe Dichtigkeit des Dammes zu erreichen. Ein weiteres Problem ist, dass die Helfer beim Transport der Säcke mit Hilfe einer Kette zu weit auseinander stehen und die Säcke eher werfen als anreichen. Das führt wesentlich schneller zur Ermüdung.

- 2.4 Nennen Sie typische Einsätze der letzten Jahre und gegebenenfalls besondere Schwierigkeiten beim Einsatz?

Typische Einsätze sind Hochwasser oder Starkregen bei denen besondere Schwierigkeiten entstehen.

- 2.5 Welche Merkblätter und Handbücher werden bei der Errichtung von Sandsackaufbauten zur Flusssdeichverteidigung zu Grunde gelegt?

Siehe 2.2. An dieser Stelle sei erwähnt, dass in der Praxis alle Maßnahmen immer in Zusammenarbeit mit Experten der Deichverbände abgesprochen werden, da diese ihre Deiche genau kennen.

- 2.6 Was sind die häufigsten Fehler bei der Anwendung von Sandsackaufbauten bei der Deichverteidigung?

Quellkaden werden undicht und in unzureichender Höhe gebaut. Deichfußsicherungen werden häufig zu dicht und ohne Abflussrinnen gebaut, so dass das Wasser nicht abfließen kann, was den Anstieg der Sickerlinie im Deich zur Folge hat.

- 2.7 Nennen Sie typische Einsätze der letzten Jahre und gegebenenfalls besondere Schwierigkeiten beim Einsatz.

Elbhochwasser 2002.

- 2.8 Wo sehen Sie die wichtigsten Vor- und Nachteile von Sandsackaufbauten?

Der größte Vorteil von Sandsäcken ist, dass sie universell und überall anwendbar sind. Die Nachteile sind das hohe Transportgewicht und der sehr hohe Personalaufwand.

- 2.9 Welche Anzahl an Sandsäcken (gefüllt/ungefüllt) wird ständig beim Ortsverband vorgehalten?

Es werden keine bereits befüllte Sandsäcke vorgehalten, da diese sich nicht sehr lange lagern lassen. Vom Ortsverband werden 8500 Sandsäcke mit den Abmessungen 100cm*60cm vorgehalten. Außerdem stehen 4 Befüllmaschinen der Firma „König Innovationstechnik“ zur Verfügung.

3 Sandsackersatzsysteme

- 3.1 Welche Art von Sandsackersatzsystemen (Stellwandsysteme, offene und geschlossene Behältersysteme, Schlauchsysteme usw.) wird eingesetzt?

Stellwandsystem „Aqua Barrier“.

- 3.2 Welche Merkblätter und Handbücher werden bei der Verwendung von Sandsackersatzsystemen zu Grunde gelegt?

Es stehen keine besonderen Merkblätter, welche sich mit dem Aufbau beschäftigen, zur Verfügung

- 3.3 Nach welchen Kriterien wurden diese Systeme ausgewählt?

Diese Frage kann nicht beantwortet werden, da die Systeme von der Stadt Köln angeschafft wurden.

- 3.4 Wie sind die bisherigen Erfahrungen mit diesen Systemen?

Die bisherigen Erfahrungen sind durchweg positiv.

- 3.5 Wo sehen Sie besondere Vor- und Nachteile dieser Systeme?

Nachteil: Das System lässt sich nicht auf jedem Untergrund aufbauen. Die Eignung beschränkt sich auf ebene Untergründe wie Straßen.

Vorteile: Der wesentlich geringere Personaleinsatz und der schnellere Aufbau.

- 3.6 Was ist beim Aufbau besonders zu beachten? Wo liegen Fehlerquellen?

Die Abdichtungsfolien, welche auf die aufgebauten Stellwände gelegt werden müssen, am Boden sorgfältig mit Sandsäcken beschwert werden, um die Sohlfuge abzudichten.

4. Beurteilung und Ausblick

- 4.1 Wo besteht bzgl. des Hochwasserschutzes noch Verbesserungsbedarf?

Eine Verbesserung kann erreicht werden, wenn die ursprünglichen Ausgleichsflächen, wie Auengebiete wieder hergestellt werden und im Allgemeinen die „Kanalisation“ der Flüsse wieder rückgebaut wird.

Quellenverzeichnis

Monographien und Beitragswerke

[1] Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., (2005), Mobile Hochwasserschutzsysteme – Grundlagen für Planung und Einsatz, 1.Auflage

[2] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., (2006), Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ – EAB, 4. Auflage, Verlag Ernst & Sohn

[3] Deutscher Feuerwehr Verband (DFV), (2002), Feuerwehr-Jahrbuch – Jahrhundert-Hochwasser August 2002, Verlag DFV Medien

[4] D. Gross, W. Hauger, W. Schnell, J. Schröder; (2004), Technische Mechanik – Band 1: Statik, 8., erweiterte Auflage; Verlag Springer

[5] H. Patt, (2001), Hochwasser-Handbuch – Auswirkungen und Schutz, Verlag Springer

[6] J. Lotz, M. Metzler, (2005), Rotes Heft 82 – Hochwassereinsatz, 1. Auflage, Verlag W. Kohlhammer

[7] Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen Anhalt, (2005), Anleitung für den operativen Hochwasserschutz – Verteidigung von Flussdeichen

[8] Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt Freistaat Thüringen, (2003), Anleitung für die Verteidigung von Flussdeichen, Stauhaltungsdämmen und kleinen Staudämmen

[9] Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz, (2005), Hochwasservorsorge – Hinweise für die Wasserwehren

[10] M. Pulsfort, B. Walz, (2003), Skript zur Vorlesung – Bodenmechanik 2[11] Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF), (2004), Entscheidungshilfe Mobiler Hochwasserschutz – Systeme für den Notfall

Fachvorträge

[12] E. Pasche, Grundlagen zum planmäßigen mobilen Hochwasserschutz, Fortbildungsveranstaltung: Mobile Hochwasserschutzsysteme gezielt und sicher eingesetzt am 16.09.2008 an der Technischen Universität Hamburg-Harburg

[13] R. Boettcher, Konstruktionsmerkmale planmäßiger mobiler Hochwasserschutzsysteme, Fortbildungsveranstaltung: Mobile Hochwasserschutzsysteme gezielt und sicher eingesetzt am 16.09.2008 an der Technischen Universität Hamburg-Harburg

[14] R. Vogt, Mobiler Hochwasserschutz in Köln – Einsatz von FLIWAS – Sandsackersatzsysteme, Fortbildungsveranstaltung: Mobile Hochwasserschutzsysteme gezielt und sicher eingesetzt am 16.09.2008 an der Technischen Universität Hamburg-Harburg

Sonstige

[15] Altrad, (2004), Hochwasserschutzwand – plettac aqua defence, (Herstellerprospekt)

[16] DIN 1054, (2005), Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, Normenausschuss im Bauwesen (NaBau) im DIN

[17] K. Kast, (2008), Geotechnik bei mobilen Hochwasserschutzsystemen, Handout zur Fortbildungsveranstaltung: Mobile Hochwasserschutzsysteme gezielt und sicher eingesetzt am 16.09.2008 an der Technischen Universität Hamburg-Harburg

Inhaltsverzeichnis der Anlagen CD

- 1 Zu Kapitel 5**
 - 1.1 Bilder der Sandsackaufbauten
 - 1.2 Videos
- 2 Zu Kapitel 7**
 - 2.1 Daten vom Wupperverband
 - 2.2 Einsatzplanung Feuerwehr Düsseldorf
 - 2.3 Ortsbegehung Campus Haspel
 - 2.4 Ortsbegehung SSK
- 3 Präsentation (PowerPoint-Präsentation)**
- 4 Vollständige Ausarbeitung als pdf - Dokument**