

Urbaner Hochwasserschutz – Anforderungen, Schwierigkeiten und praktische Lösungen

Ronald Haselsteiner

Zusammenfassung

Nach Erstellung der Risikomanagementpläne sind nach den großen Städten auch kleinere Kommunen auf die Hochwasserrisiken aufmerksam gemacht worden. Im Unterschied zu Hochwasserschutzmaßnahmen, welche im ländlichen Raum umgesetzt werden, obliegen urbane Hochwasserschutzmaßnahmen zahlreichen Randbedingungen und Restriktionen. Die Umsetzung von Maßnahmen, welche über den rein technisch notwendigen Hochwasserschutz hinausgehen, ist mit Mehrkosten verbunden. Die Entscheidung zur Ausgabe dieser Mehrkosten als eine Art Investition für weitere Belange ist einem interdisziplinären Abwägungsprozess unterworfen, der nicht selten subjektiven Kriterien unterliegt.

Begrenzte Platzverhältnisse, Querungen und Leitungen sowie Naturschutz und Umweltbelange spielen ebenso wie Denkmalschutz, Städtebild und Landschaftsästhetik gewichtige Rollen, welche im Einzelfall zu sehr spezifischen und teuren Lösungen führen.

Die Maßnahmen zur Integration von Hochwasserschutzmaßnahmen im urbanen Raum führen von simplen Anstrichen von offen stehenden Spundwänden bis hin zu integralen Lösungen, in denen die Freiraumplanung und die technische Ausgestaltung des HWS-Bauwerks einen gleichen Stellenwert einnehmen. Während sich Großstädte, wie z. B. Köln, sich die Integration in das Stadtbild leisten wollen, stehen kleinere Kommunen finanziell oft auf verlorenem Posten. Die landesweiten Förderungen reichen hier oft nicht aus, um sich einen technischen und zugleich „schönen“ Hochwasserschutz leisten zu können.

1 Einleitung

Im Zuge der Erarbeitung der Hochwasserrisiken- und –gefahrenkarten und der Hochwassermanagementpläne wurden die notwendigen Schritte zur Erreichung eines adäquaten Hochwasserschutzgrades an den untersuchten Gewässern identifiziert. Auch Kommunen, welche sich teilweise bis dato des immanenten Hochwasserrisikos nicht bewusst waren, sind nun gewarnt und erkennen den Handlungsbedarf.

Besonders historisch geprägte Städte an größeren Gewässern weisen im Bestand einen Schutzgrad auf, der weniger von technischen Vorgaben und Überlegungen bestimmt ist, sondern von den städtebaulichen Entwicklungen, und der i. Allg. den Vorgaben des modernen Hochwasserschutzes nicht entspricht. Meist wurden Aspekte des Hochwasserschutzes nur bedingt oder gar nicht berücksichtigt, oder der Schutz entsprechend historischer Hochwasserereignisse von Fall zu Fall oftmals nur provisorisch hergestellt.

Die großen Hochwasser der letzten Jahrzehnte haben offengelegt, wie besonders Städte bzw. dicht besiedelte Polder trotz massiver Anstrengungen im Rahmen von Katastrophenschutz- und Deichverteidigungsmaßnahmen gefährdet sind. Richtete sich die Aufmerksamkeit primär auf Metropolen in Deutschland, wie Dresden an der Elbe, Köln am Rhein, München an der Isar und unzählig weitere Städte, sind nun auch kleinere städtische Kommunen am Zug, sich entsprechend gegen Hochwasser zu schützen.

Darüber hinaus treten in den vergangenen Jahrzehnten häufiger lokale Starkniederschlagsereignisse auf, die konzentriert Abflüsse erzeugen, welchen i. d. R. jedes Entwässerungs- bzw. Kanalsystem nicht gewachsen ist, da hier die normkonforme Bemessung auf deutlich geringere Ereignisse abzielt.

Jedes Hochwasserschutzprojekt für eine Stadt oder für urban geprägte Gewässerabschnitte muss eine maßgeschneiderte Lösung darstellen, welche an den grundlegenden, technischen Entwurfsgrundsätzen ausgerichtet ist. Jedoch dominieren nicht selten lokale Randbedingungen und Restriktionen, die nicht selten dazu führen, dass die Kosten der urbanen Lösungen eskalieren. Die Umsetzung der technischen Maßnahmen und die Gewährleistung der geforderten Sicherheiten und der Dauerhaftigkeit und letztendlich die Genehmigungsfähigkeit hängen stark vom Einsatz und der Anwendung von kostentreibenden Lösungsansätzen ab.

Anhand ausgewählter Hochwasserschutzprojekte an unterschiedlichen Gewässern werden die o.g. speziellen Anforderungen und spezifische Lösungen vorgestellt und erläutert. Ein wichtiger Schritt zur ganzheitlichen Betrachtung derartiger Maßnahmen ist die Koppelung von Oberflächenwasser-, Grundwasser- und Kanalnetzmodellen.

Der Blickwinkel des vorliegenden Beitrages ist aus Richtung des Hochwasserschutzes an Fließgewässern auf die tangierenden Fachgebiete gerichtet und somit entsprechend akzentuiert. Aspekte des technischen Hochwasserschutzes stehen im Vordergrund. Den Maßnahmen im Zuge der Hochwasservorsorge kommt besonders in urbanen Bereichen große Bedeutung zu. Sie werden jedoch im vorliegenden Beitrag nicht thematisiert.

2 Urbane Räumen mit Hochwassergefährdung

2.1 Allgemeines

Zu unterscheiden sind ländliche und städtische Bereiche, die vor einem Hochwasser geschützt werden sollen. In den ländlichen Bereichen sind die Maßnahmen zur Binnenentwässerung und die Kontrolle der Grundwasserstände vergleichsweise einfach durchzuführen und mit weniger strikten Anforderungen verbunden, da die Auswirkungen i. d. R. maximal forstwirtschaftliche und/oder landwirtschaftliche Flächen betreffen. Für den Fall, dass die Auswirkungen nicht verhindert werden können, werden in der Praxis Entschädigungsvereinbarungen mit den Betroffenen abgeschlossen. Dies ist im urbanen Raum so einfach nicht möglich, da hier die Schadenswerte weitaus höher sind und im Extremfall auch monetär nicht vollends auszugleichen sein werden.

Die Flächenverfügbarkeit, das öffentliche Interesse, die Planungsdetails, die Anzahl an fachlich Beteiligten sowie Betroffenen wiegen in urbanen Bereichen weitaus schwerer als in den ländlichen Gebieten, was sicherlich zu einer Erschwernis der Maßnahmen bei Planung bzw. der Genehmigung führt.

2.2 Bestand / Ausgangssituation

Die Defizite hinsichtlich Hochwasserschutzes in urbanen Bereichen sind meist in folgenden Punkten zu finden:

- Keine vorhandenen Schutzbauwerke
- Unzureichende Schutzhöhe bzw. Schutzgrad vorhandener Schutzbauwerke

- Schlechter Zustand vorhandener (Schutz)Bauwerke
- Unzureichende Grundwasserkontrolle / Binnenentwässerung
- Unangepasstes bzw. unzureichendes Abwasser- und Kanalsystem
- Unzureichende, schlechte Zuwegungen für Notfall- und Katastrophenschutzarbeiten bzw. Aufbau von mobilen Elementen

Falls keine zu alten Schutzbauwerke bereits vorhanden sind, dann sind i. d. R. auch bereits vorhandene Kanal- und Entwässerungssysteme an die vorhandene Situation angepasst, so dass bei Änderungen eine Kontrolle des Bestandes und der Nachweis der ausreichenden Binnenentwässerung geführt werden muss und es nicht selten zu nur geringen Anpassung kommt. Werden neue Schutzlinien errichtet, können Maßnahmen zur Gewährleistung der Binnenentwässerung auch im Hinblick des Verschlechterungsgebots richtig aufwendig werden.

Bei größeren Maßnahmen in Großstädten müssen jedoch oft die bereits veralteten Binnenentwässerungsbauwerke angepasst und teilweise ausgetauscht werden. Hierbei wird in der Praxis häufig Lösungen in Form von wenigen zentralen Bauwerken oder mehreren dezentralen Bauwerken verglichen. Die Lösungen unterliegen hier so vielen Randbedingungen und letztendlich auch einer Nutzen-Kosten-Betrachtung, so dass es auch hier stets zu sehr spezifischen Lösungen und Entscheidungen kommt.

2.3 Randbedingungen des HWS im urbanen Raum

LUBW (2011) thematisiert den Hochwasserschutz im urbanen Raum und beschäftigt sich ausführlich mit den Restriktionen und den Randbedingungen. Zwischen den Aspekten Ökonomie, sozial-kulturellen Aspekten und der Ökologie besteht ein Spannungsdreieck. Lösungen können hier ausschließlich durch Kompromisse gefunden werden, wobei hier die HWS-Maßnahme Priorität genießen muss. Alles was über den technisch notwendigen Hochwasserschutz hinausreicht, muss einem interdisziplinären Abwägungsprozess festgelegt werden, wobei hier zahlreiche, oft sehr subjektive Faktoren eine Rolle spielen können.

In LUBW (2011) werden primäre und sekundäre wasserwirtschaftliche Merkmale unterschieden und zugleich die ökologischen Folgen benannt. Im Rahmen der sozio-kulturellen Aspekte werden primäre und sekundäre Defizite aufgezählt. Die Festlegung von Maßnahmen schreitet von einer Charakterisierung des Fließgewässers über die Formulierung der Ziele und Anforderungen schließlich zur Feststellung der Restriktionen und Erstellung der Planung, bevor die Maßnahme festgelegt und umgesetzt wird.

Schwierigkeiten bei der Umsetzung von technischen, lokalen Hochwasserschutzmaßnahmen sind oft neben den o.g. Aspekten (Abschnitt 2.2), welche direkt die technischen Maßnahmen und Bauwerke betreffen, mit folgenden Randbedingungen verbunden:

- Eigentums- und Nutzungsverhältnisse
- Denkmalschutz (Alleenschutz von Bäumen)
- Städtebild/Landschaftsästhetik
- Freizeitnutzung/Erholung
- Immissions- und Bestandsschutz/Denkmalschutz
- Umwelt- und Naturschutz, FFH-Flächen, Artenschutz, Biotope

- Anforderungen aus weiteren Nutzungen (z. B. Schifffahrt, Wasserkraft...)
- Akzeptanzförderung/Öffentlichkeitsarbeit

In Lehmann (2006) werden die Randbedingungen für Maßnahmen an Fließgewässern im urbanen Raum diskutiert. Hier wird in Teillebensräume unterschieden. Die o. g. Punkte werden hier größtenteils aufgegriffen. Jedes Projekt bedarf hier einer spezifischen Anpassung hinsichtlich der Wichtigkeit der Einzelaspekte. In Abb. 1 ist beispielsweise ein Spannungsdreieck dargestellt, welches die Themen Hochwasserschutz und Kosten, städtebauliche Nachhaltigkeit und Beteiligung der Öffentlichkeit in den Fokus rückt.

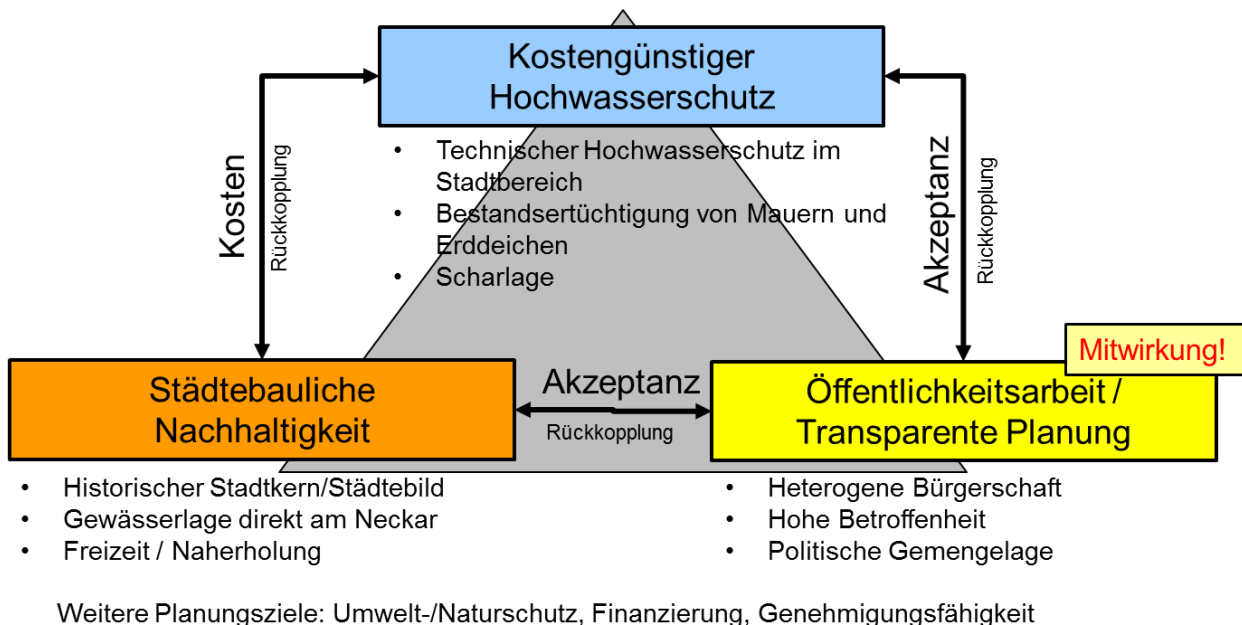


Abb. 1 Projektspezifisches Spannungsdreieck HWS/Kosten – Städtebau – Öffentlichkeit

3 Anforderungen an den HWS und dessen Bauwerke im urbanen Raum

3.1 Hochwasserschutzbauwerke an Fließgewässern

Die Hochwasserschutzbauwerke an Fließgewässern im urbanen Raum werden in DIN 19712 geregelt. DWA M-507 Teil 1 enthält hier einen Großteil der in DIN 19712 vorhandenen Aussagen für Deiche. DIN 19712/2013 behandelt alle Hochwasserschutzbauwerke an Fließgewässern, auf die speziellen Anforderungen im urbanen Raum ist die Norm jedoch nicht ausgerichtet. Besonders die Anforderungen an Leitungen und Querungen können im urbanen Raum technisch nicht immer umgesetzt werden. Hier sind Lösungen zu entwickeln, welche von den Vorgaben der DIN abweichen und trotzdem ein hohes Maß an Sicherheit gewährleisten.

Im urbanen Raum ist fast immer die Verwendung von mobilen Elementen in der Diskussion. Diese sind in BWK (2005) ausführlich geregelt. Regelmäßig werden neue Systeme auf dem Markt entwickelt. Jedoch greift eine Vielzahl von Projekten auf die bewährten, klassischen Dammbalkensysteme, z. B. der Marke IBS, zurück.

Nicht selten bedarf es einer Erhöhung der HWS-Bauwerke, da sich zum einen die Bemessungsabflüsse mit dem länderabhängigen Klimazuschlag teilweise erhöht haben und sich zum anderen die Berechnungswerkzeuge geändert haben, so dass aktuelle Bemessungshoch-

wasserstände über den alten liegen können. Dies zieht im urbanen Bereich je nach Typ des HWS-Bauwerks oft aufwendige und teure Lösungen nach sich.

3.2 Städtebild/Landschaftsästhetik, Naherholung

Die Vorgaben für das Städtebild sind von den historischen Zentren bzw. Plätzen und Gebäuden geprägt. Nicht selten sind bei engen Verhältnissen bereits prägende Uferbauten in Form von Ufermauern vorhanden, welche gleichzeitig als HWS-Mauern dienen. Diese um- oder auszubauen, ist oft mit erheblichen Aufwand verbunden.

Die statischen Nachweise von derartigen Bauwerken zu führen, stellt hinsichtlich der Einwirkungs- und Widerstandsannahmen immer eine Herausforderung dar. Das äußere Erscheinungsbild soll erhalten und die Bausubstanz nicht in Anspruch genommen werden (siehe Abb. 2, links).

Sofern noch keine Bestandsmauern vorhanden sind, hat man bei der Ausgestaltung neben den technisch notwendigen Zwangspunkten noch relativ viele Freiheitsgrade (siehe Abb. 2, rechts).



Große Einzelbäume an einer HWS-Mauer in einer Großstadt am Rhein



HWS-Wand mit aufgesetztem Dammbalkensystem in einer Großstadt am Rhein (Quelle: StEB Köln)

Abb. 2 HWS-Mauern in Form von Altbestand und neuen Bauwerken

3.3 Umwelt- und Naturschutz, Denkmalschutz

Die Umwelt- und Naturschutzaspekte sind relativ klar in den jeweiligen Schutzgebieten nach den einschlägigen Bundes- und Landesvorgaben geregelt. Einzelne Gebäude aber auch Bäume genießen manchmal Denkmalschutz oder sind als Habitat-Bäume besonders wertvoll, so dass diese nicht selten im Rahmen der Planung von Hochwasserschutztrassen besondere Rahmenbedingungen darstellen.

Die Uferstreifen der Gewässer sind häufig als FFH-Flächen gekennzeichnet. Vorländer sind häufig Vogelschutzgebiet und FFH-Gebiete. Nicht selten sind in Vorländern Biotopflächen ausgewiesen.

Eingriffe nach NatSchG können i. d. R. nicht gänzlich vermieden und nur verringert werden, so dass i. d. R. eine UVP-Vorprüfung durchgeführt wird. Kommt diese zu dem Schluss, dass eine UVP nicht notwendig sein sollte, dann ist trotzdem häufig ein Artenschutz-Gutachten zusammen mit einem landschaftspflegerischen Begleitplan zu erstellen.

3.4 Binnenentwässerung

Wie bereits erwähnt, besteht ein grundlegender Unterschied, ob es bereits Bauwerke des Hochwasserschutzes und damit auch Bauwerke zur Binnenentwässerung vorhanden sind oder nicht.

Die Anforderungen an die Binnenentwässerung werden von den spezifischen ATV-Regelwerken, etc. formuliert. Hier besteht die Aufgabe auch darin, die für die Bemessung notwendige Überlagerung von Hochwasser- und lokalen Regenereignissen festzulegen. In diesem Zusammenhang muss man sich derzeit auch mit dem Thema „lokale Starkniederschläge“ auseinandersetzen.

Eine Bemessung des Kanalnetzes bzw. der Binnenentwässerung auf Jährlichkeiten größer $T_N = 5$ a bei gleichzeitigem Auftreten des Bemessungshochwassers mit $T_{HW} = 100$ a ist hier zu diskutieren. In der Literatur findet man eher Aussagen, dass die Überlagerung zu kleineren Wiederkehrintervallen des Niederschlags, beispielsweise $T_N = 1$ a und $T_{HW} = 100$ a, führen und dann bei der Kombination von Lastfällen die überlagerte Wahrscheinlichkeit gleich gehalten wird, z. B. $T_N = 5$ a und $T_{HW} = 20$ a für den Überstaunachweis nach DWA A-118. Da es keine verbindliche Regelung gibt, muss es eine projektspezifische Einigung der Bemessungslastfälle geben. Bei der Berücksichtigung von lokalen Extremniederschlägen spielt u. a. noch die Größe des Einzugsgebiets und die Lage des Gewässers im urbanen Raum eine Rolle.

Die einschlägigen Regelwerke (DWA M-165, DWA A-118, DIN EN 752) sind hier entsprechend anzuwenden und zu interpretieren (vgl. Schmidt, 2015).

3.5 Leitungen/Querungen/Kanalsysteme

Für Querungen und Leitungen sind in DIN 19712 eindeutige Anforderungen formuliert. Mit den Forderungen von Kontrollschächten und Sicherheitsabständen von den jeweiligen Deichfüßen kommt es nicht selten zu Abweichungen von den Vorgaben. Dies betrifft sowohl Sicherheitsabstände als auch die Art des Transport- und Schutzrohres sowie die Kontrollierbarkeit des Medienrohres und die Anordnung von Schächten mit Abschlussorganen.

Nicht selten wird, entgegen den Vorgaben der DIN, auf eine kontrollierbare Leitung verzichtet und der Ringraum zwischen Schutzrohr und Medienrohr verpresst, was eine zusätzliche Sicherheit in Form einer Abdichtung sein kann.

4 Praktische Lösungsansätze

4.1 Definition der Ziele

Die Herstellung eines wirtschaftlichen und nachhaltigen Hochwasserschutzes, der alle urbanen Charakteristiken, wie diese in Abschnitt 2 beschrieben sind, ist i. Allg. als Ziel definiert.

Hierbei werden je nach örtlichen Schwerpunkten andere Aspekte entsprechend stark in die Zieldefinition integriert (vgl. Abb. 1). Die politische Einflussnahme auf Einzelaspekte bei der Umsetzung von urbanen Hochwasserschutzmaßnahmen prägt sich umso stärker durch, je weniger technisch die Aspekte zu fassen sind.

Aspekte wie Städtebild/Landschaftsästhetik unterliegen hier einer mehr oder minder subjektiven Bewertung, welche von Städte- und Freiraumplanern, Landschaftsarchitekten, etc. konzeptionell oft sehr unterschiedlich dargestellt und deshalb nicht selten kontrovers diskutiert

werden. Die technischen Maßnahmen des Hochwasserschutzes müssen hier unumstößliche Randbedingungen darstellen und es muss den Beteiligten klar sein, dass alle Maßnahmen zur Anpassung des technischen notwendigen Hochwasserschutzes an Sekundärnutzungen zu teilweise erheblichen Mehrkosten führt.

4.2 Technische Maßnahmen im Zuge des Hochwasserschutzes in Städten

Aufgrund der begrenzten Flächenverfügbarkeit und der häufigen Notwendigkeit der Erhöhung der Schutzhöhe des Bauwerks an ggf. höhere Bemessungshochwasserstände kommen zur Ertüchtigung von Deichen oder Errichtung von HWS-Bauwerken statisch tragende Dichtwände zur Ausführung. Hier sind derzeit Spundwände, Bodenvermörtelungswände und in seltenen Fällen Schlitz- und Bohrpfahlwände das Mittel der Wahl (vgl. Haselsteiner, 2015). Eine Übersicht der technischen Maßnahmen zur Ertüchtigung von Deichen ist in Haselsteiner (2008) aufgeführt.

Bei der Ertüchtigung von bestehenden Mauern werden Neubau nach Abriss, Vorsatzschalen, statisch wirkende Elemente wie Spund- und Borpfahlwände eingesetzt, um die Standsicherheit zu erhöhen.

Abb. 3 zeigt zwei Beispiele, bei denen der Hochwasserschutz in Form von Spundwänden, welche später verkleidet wurden, hergestellt wurde. Die Einbindung in das Städtebildung und einer Erhöhung auf engstem Raum ist somit möglich gewesen.



Verlinkerte HWS-Wand ausgeführt als wasserseitige Spundwand am Niederrhein



Verkleidete HWS-Wand ausgeführt mit mobilem Verschluss entlang Verbauung und Straße am Niederrhein

Abb. 3 Ertüchtigung mit verkleideten Spundwänden

Die Herstellung eines Abdichtungssystems konkurriert mit dem Verschlechterungsgebot hinsichtlich Grundwasser. In letzter Zeit werden deshalb immer häufiger Grundwasserfenster in das Abdichtungssystem integriert, um hier den Grundwasseraustausch während Normalwasserverhältnisse zu gewährleisten.

In diesem Zusammenhang möchte man aufgrund der gegenläufigen Praxis darauf hinweisen, dass nach DIN 19712 die Festlegung der Schutzhöhe unter Berücksichtigung des Freibords und des Bemessungshochwasserstandes erfolgt. Bei den in der Praxis häufig pauschal festgelegten Freibordmaßen von $f = 0,5$ bis $1,0$ m für Erddeiche und $f = 0,2$ m für Mauern bzw. überströmsicheren mobilen Elementen handelt es sich um Mindestfreiborde, welche mit den physikalisch möglichen, nach DVWK 246 ermittelten verglichen werden müssen. Besonders bei

breiten Vorländern kann der nach DVWK 246 ermittelte Freibord maßgebend werden. In engen städtischen Bereichen ist der Ansatz des Mindestfreibords i. d. R. maßgebend.

4.3 Integration von technischen Bauwerken in das Stadtebild

Nicht nur am Erscheinungsbild des Bauwerks können Maßnahmen ergriffen werden, sondern auch die unmittelbare Einbindung in die örtliche Infrastruktur. Die Möglichkeit die HWS-Trasse am Gewässer attraktiv zu gestalten und für die Naherholung auszubilden, kann z. B. durch eine geschwungene Trassenlinie und/oder die Anordnung von Alleen oder Baumreihen sowie Rastplätzen, Grünflächen und Bänken erzielt werden (vgl. Abb. 4).

Die Integration von technischen Bauwerken in das Stadtebild zeigt eine große Spanne auf. Von einfachen, freien Spundwänden, welche einen Schutzanstrich aufweisen, reicht die Spanne bis HWS-Mauern mit balkonartigen Aufbauten und geschwungenen Trassen und der Verwendung von mobilen Elementen. Die Verkleidung bzw. Oberflächengestaltung von HWS-Mauern geht von einfachen Sandstrahlen bis hin zu aufwendigen Verkleidungen, welche in das lokale Erscheinungsbild durch die Auswahl des Materials eingepasst werden (vgl. Abb. 5).

Unverkleidete Spundwände, wie diese im Hafenbau üblich sind, werden in Städten, in denen die HWS-Anlagen auch zugänglich sind, seltener eingesetzt, sind jedoch hinsichtlich des Erscheinungsbildes sicherlich den verkleideten Varianten nicht gleichgestellt (vgl. Abb. 5).



Verkleidete HWS-Mauer mit Balkon an einem Zufluss vom Rhein



Gestaltung eines Fahrrad- und Fußgängerweges mit Sitzgelegenheit an einer verkleideten HWS-Mauer am Rhein



Geschwungene HWS-Mauer mit aufgesetzten Dammbalken an der Mosel

Abb. 4 Gestaltung der Freiräume an HWS-Anlagen



Unverkleidete Spundwand mit mobilem Verschluss im Rahmen einer Sofortsicherungsmaßnahme an der Saalach



HWS-Mauer mit unterschiedlich gestalteten Betonoberflächen an der Isar



HWS-Mauer in Kombination mit mobilen Verschlüssen (Dammbalken) am Mittelrhein



Unterschiedlich gestaltete HWS-Mauern mit Sichtbeton, Naturstein und gefärbten Beton am Mittelrhein



Einfache HWS-Wand ohne Verkleidung mit integrierten Dammbalkenverschlüssen



HWS-Wand mit aufgesetzten schuss- und stoßsicheren Glaselementen am Mittelrhein

Abb. 5 Beispiele von unterschiedlich gestalteten HWS-Mauern

Letztendlich unterliegt die Gestaltung von HWS-Bauwerken immer einer gewissen Subjektivität. Um die Akzeptanz derartiger Maßnahmen zu erhöhen, wird die Partizipation der Betroffenen

bzw. der Öffentlichkeit im Rahmen einer transparenten Planung empfohlen, wobei hier klare Spielräume der Gestaltungsmöglichkeit aufgezeigt werden müssen und die Mehrkosten bei entsprechenden Lösungen stets zu diskutieren sind. Auch hier besitzen die Maßnahmen des Hochwasserschutzes Priorität.

Literatur

- BWK (2005): Mobile Hochwasserschutzsysteme – Grundlagen für Planung und Einsatz. Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e. V., Sindelfingen
- DIN 19712/2013: Hochwasserschutzbauwerke an Fließgewässern. Deutsches Institut für Normung (DIN), Berlin
- DIN EN 752/2015: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Kanalmanagement. Deutsches Institut für Normung (DIN), Berlin
- DVWK 246 (1997): Freibordbemessung an Stauanlagen. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), Hennef
- DWA M-507 Teil 1/2011: Deiche an Fließgewässern - Teil 1: Planung, Bau und Betrieb. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef
- DWA A-118/2006: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef
- DWA M-165/2004: Anforderungen an Niederschlag-Abfluss-Berechnungen in der Siedlungsentwässerung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef
- Haselsteiner, R. (2008): Maßnahmen zur Ertüchtigung von Deichen. Korrespondenz Wasserwirtschaft (KW), Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Hennef, Heft 3/08, S. 139 - 149
- Haselsteiner, R. (2015): Maßnahmen zur Ertüchtigung von Flussdeichen - Praxisbeispiele. DWA-Seminar "Hochwasserschutz an Fließgewässern – Eine Daueraufgabe", 9. Deichtage, 21./22.10.2015, Düsseldorf
- Lehmann, B. (2006): Empfehlungen zur Gewässerentwicklung im urbanen Raum unter Berücksichtigung der Hochwassersicherheit. Forum Geoökol 17 (1), S. 14-20
- LUBW (2011): Hochwassersichere Entwicklung und Unterhaltung von Fließgewässern im urbanen Bereich – Maßnahmen und ihre hydraulische Wirkung. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Karlsruhe
- Schmitt, T. G. (2015): Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge, KA – Korrespondenz Abwasser 2015, 62 (2), 114-120

Anschrift der Verfasser

Dr.-Ing. Ronald Haselsteiner
Björnsen Beratende Ingenieure GmbH
Maria Trost 3
56070 Koblenz
r.haselsteiner@bjoernsen.de