

Mobiler Hochwasserschutz in Köln Weltweit einzigartige mobile Hochwasserschutzanlage

Einleitung

Seit Ende 2004 laufen die Arbeiten zur Umsetzung des Anfang 1996 vom Rat der Stadt Köln beschlossenen neuen Hochwasserschutzkonzeptes. Mit der offiziellen Einweihungsfeier am 13. Mai 2006 wurde zwischen Deutzer Brücke und Hohenzollernbrücke ein weiterer Hauptabschnitt des neuen Hochwasserschutzes der Stadt Köln fertig gestellt.

Bis Ende 2008 wird auf weiten Teilen der insgesamt 64 Uferkilometer beidseits des Rheins ein Schutzziel von i. d. R. 11,30 m Kölner Pegel (für Bereiche kritischer Gefährdungen bis zu 11,90 m, im Bereich Porz/Zündorf 10,70 m) erreicht sein. Um die neuen Hochwasserschutzanlagen weitestgehend verträglich für die Identität, Attraktivität und Lebensqualität der flussanliegenden Stadträume zu gestalten, werden auf einer Gesamtlänge von ca. 9,3 km ca. 13.200 m² mobile Hochwasserschutzwände ausgeführt.

Prinzip mobiler Hochwasserschutzwände aus Dammbalkensystemen

Grundlegend besteht das System in seinen mobilen Bauteilen aus zwei Komponenten. Den Mittelstützen, die im Hochwasserfall in regelmäßigen Abständen montiert werden und den Dammbalken, die zwischen die Mittelstützen gestapelt werden. Zwei weitere Systemkomponenten, Verschraubung und Anpresstechnik, sind zur Aktivierung der Schutzfunktion erforderlich. Die Mittelstützen werden bei der Montage mit der ortsfesten Stahlbetonunterkonstruktion über Gewindehülsen verschraubt. Um die hohe Dichtigkeit des Systems zu aktivieren, müssen die Dammbalken in vertikaler Richtung durch die Verspannschlitten verpresst werden. Dadurch werden die Dammbalken untereinander abgedichtet und das Anpressen des untersten Dammbal-



Einweihung der neuen HWS-Wand im Bereich der Kölner Altstadt



Natursteinsockel (9,30 m Kölner Pegel)



Aufbau der Mittelstützen



Stützen mit Dammbalken



Komplette Hochwasserschutzwand (11,30 m KP)

Sukzessive Aufbaudarstellung anhand von vier Bildern

kens auf die Aufstandsfläche gewährleistet. Mit Mittelstütze, Dammbalken, Schrauben und Einweihung der neuen HWS-Wand im Bereich

der Kölner Altstadt. Verspannschlitten können somit aus nur vier Systemkomponenten Mobilwände über 4,0 m Höhe realisiert werden.

Bemessungskonzept der mobilen Bauteile

Aus der komplexen Situation, der das Kölner Hochwasserschutzkonzept genügen muss, resultiert in ihrer Größenordnung eine weltweit einzigartige mobile Hochwasserschutzanlage. Unter Berücksichtigung dieser besonderen Dimension wurde als Belastungsszenario zusätzlich zum Volleinstau, was einem Hochwasserereignis von 11,30 m Kölner Pegel entspricht,

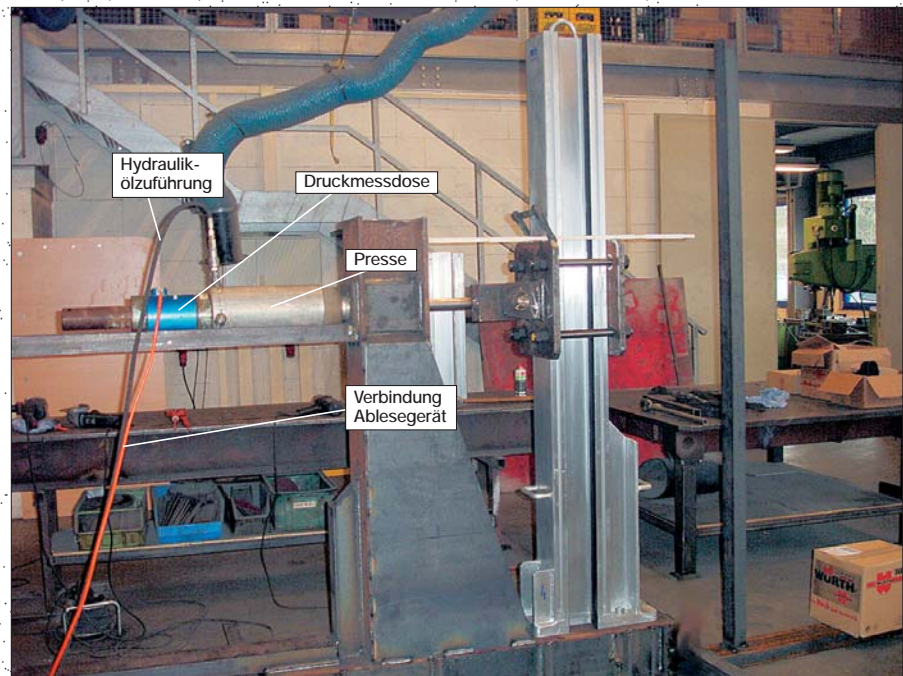
eine Flächenlast von 2 Tonnen pro m^2 ($= 20 \text{ kN}/m^2$) im obersten Meter der Mobilwand berücksichtigt. Um die daraus resultierende Sicherheit nochmals zu erhöhen werden diese Lasten zusätzlich um 35% (Grundkombination Fall 1 DIN 19704-1 Tabelle 5) vergrößert. Als alternative maßgebende Ersatzlast wurde der Anprall von Treibgut mit einer Einzellast von 3 Tonnen ($= 30 \text{ kN}$) an der jeweils ungünstigsten Stelle des Bauteils berücksichtigt. Diese Lastgröße würde mit

einem Sicherheitszuschlag von 21,5% (Grundkombination Fall 2 DIN 19704-1 Tabelle 5) versehen. Als weiteres Sicherheitselement, müssen bei Ausfall einer Zugschraube die verbleibenden Verankerungsschrauben zur Befestigung der Stützen die o. g. Lasten bei reduzierten Sicherheiten sicher ableiten. Dieses Bemessungskonzept stellt sicher, dass nur robuste Bauteilkonstruktionen Verwendung finden.

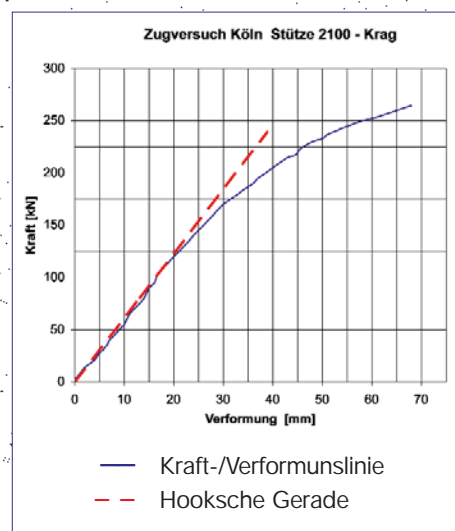
Verformung/Plastifizierung/Bruch der Stützen

Um sowohl das Verformungsverhalten als auch den Bruchverlauf der Stützen tatsächlich zu kennen, wurde in einem Versuchsstand eine Originalstütze (Stauhöhe 2,10 m) is zum Versagen belastet. Die Versuchsergebnisse wurden in einem Last-Verformungsdiagramm aufgetragen. Bis zu einer Last von 140kN verhält sich die Stützenkonstruktion linear-elastisch. Dies ist durch die Hooksche Gerade im Diagramm ausgedrückt. Die äquivalente maßgebende Bemessungslast (auf charakteristischem Lastniveau) entspricht 75kN. Sie liegt damit ca. 85% unter dem theoretischen Plastifizierungsbeginn der Stützenkonstruktion.

Dies bedeutet, dass für die Konstruktion, unter Einwirkung der für die Bemessung zu Grunde gelegten Lastannahmen, keine bleibenden Verformungen entstehen und somit uneingeschränkt wieder verwendet werden kann.



Versuchsstand mit Teststütze



Last-Verformungsdiagramm

Angaben zur Bruchlast

Der erwartete Bruch auf der Zugseite des Stützenfußes erfolgte bei einer Versuchslast von 270kN. Das Bruchmoment betrug entsprechend $270 \text{ kN} \times 1,2 \text{ m} = 324 \text{ kNm}$. Kurz vor Erreichen der Bruchspannung betrug die horizontale Stützenver-

Tatsächliche Bauteilsteifigkeit

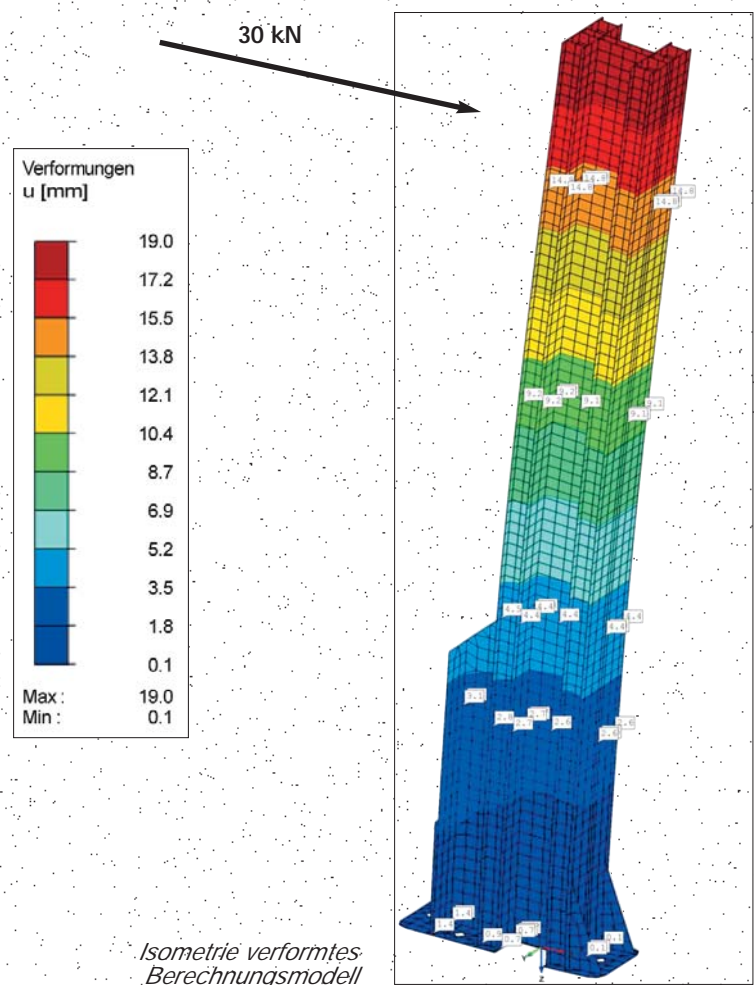
Auf Grundlage der aus dem Versuch gewonnenen Daten konnten die für die Berechnung generierten Finite-Element-Modelle abgeglichen werden. Man konnte somit sicherstellen, dass die theoretischen Rechenmodelle die Wirklichkeit ausreichend genau abbilden und die rechnerischen Ergebnisse eine entsprechend zuverlässig Aussagekraft besitzen. Darüber hinaus erhält man die tatsächliche Ersatzfedersteifigkeit für die Stütze. Diese ist insbesondere im Hinblick auf dynamische Fragestellungen interessant. Die in der Isometrie dargestellte Simulation einer Einzellast von 30kN am Stützenkopf erzeugt eine Verformung von 19 mm. Daraus ergibt sich eine Ersatzfedersteifigkeit von ca. 1580 kN/m.

Vergleich der Traglasten aus dem Bruchversuch mit den Bemessungslasten

Das sogenannte 100-jährliche Bemessungshochwasser entspricht einem Kölner Pegel von 11,20 m, die Höhe der Hochwasserschutzanlagen beträgt mit zusätzlich 10cm Freibord 11,30 m Kölner Pegel. Einwirkungen aus Eisdruck, Schwall, Antriebsgut oder Anpralllasten sind entsprechend des oben beschriebenen Bemessungskonzeptes berücksichtigt. Das für das Versagen maßgebliche Bruchmoment aus dem Versuch beträgt 324 kNm. Damit liegt es mit folgenden Faktoren über den zuvor genannten charak-

teristischen Einwirkungsszenarien. Bei Personenbeförderungsmittel (z. B. Aufzugsanlagen, Achterbahnen) muss eine Sicherheit gegen Bruch mit Faktor 10 nachgewiesen werden. Im Vergleich dazu liegt die Si-

cherheit der Teststütze gegen Versagen aus hydrostatischem Wasserdruck bei einem 100-jährigen Hochwasser noch eindeutig (Faktor 12,1 siehe oben) über der von Personenbeförderungsmitteln.



teristischen Einwirkungsszenarien. Bei Personenbeförderungsmittel (z. B. Aufzugsanlagen, Achterbahnen) muss eine Sicherheit gegen Bruch mit Faktor 10 nachgewiesen werden. Im Vergleich dazu liegt die Si-

cherheit der Teststütze gegen Versagen aus hydrostatischem Wasserdruck bei einem 100-jährigen Hochwasser noch eindeutig (Faktor 12,1 siehe oben) über der von Personenbeförderungsmitteln.

Einwirkungsszenario	MCR/MCL > Sicherheit gegen Bruch nach DIN 4113
Einstau bei 100-jährigem Hochwasser	12,1 > 2,5
Volleinstau	10,5 > 2,5
Volleinstau mit 20 kN/m ² Ersatzflächenlast	4,0 > 2,5
Volleinstau mit 30 kN Einzellast	3,6 > 2,5

Aufbaugeschwindigkeit

Die vorhin beschriebene Tragsicherheit der Bauteilkonstruktionen wäre problemlos durch den Einsatz von entsprechend viel bzw. schwerem Material erreichbar. Die mobile Hochwasserschutzwand kann jedoch nur wirken, wenn sie rechtzeitig, d. h. innerhalb der zur Verfügung stehenden Vorlaufzeit bis zur Ankunft der Hochwasserschwelle, aufgebaut wird. Dies wiederum bedingt leichte und kompakte Bauteile. Um neben den Dammbalken auch die Stützen für Stauhöhen bis 2,10 m unter ein Gewicht von 70 kg zu drücken, wurde eine neue Stützengeneration aus



Zwei Mann tragen eine Mittelstütze. Stauhöhe 2,10 m

Aufbausicherheit

Mit der im Kapitel Prinzip mobiler Hochwasserschutzwände aus Dammbalkensystemen beschriebenen einfachen, nahezu selbsterklärenden und sich ständig wiederholenden Aufbaufolge lässt sich jedes zur Verfügung stehende Bedienpersonal schnell einweisen und leicht koordinieren. Zum Verschrauben der Stützen und zum Anspannen der Verspannschlitten werden nur zwei unterschiedliche Innensechskantschlüssel benötigt. Stützen gleicher Höhe passen auf jeden dafür vorgesehenen Standort und sind untereinander austauschbar. Beim Versetzvorgang der Stütze richtet sich diese mit Hilfe einer integrierten Zentriervorrichtung



Verschrauben von Stützfuß und Verspannschlitten

Schluss

Die mobile Hochwasserschutzanlage für die Stadt Köln stellt derzeit den Projekthöhepunkt bezüglich derartiger Anlagen dar. Die extrem niedrige topografische Lage der Rheinmetropole zwingt die Anlieger seit jeher sich in besonderem Maße der Abwehr schwieriger Hochwassersituationen anzunehmen. Aus dieser Historie heraus befassen sich die Verantwortlichen der Stadt Köln seit Jahren professionell mit zahlreichen Hoch-

wasserschutztechniken. Im Jahre 1994 wurde nicht zufällig die erste mobile Hochwasserschutzwand freistehend über mehrere hundert Meter Länge in Köln Stadtteil Porz/Zündorf gebaut. Diese Anlage gab den Startschuss für die Entwicklung und den Bau vieler mittlerer und größerer Hochwasserschutzwände an allen Gewässern im gesamten Bundesgebiet. Somit konnte in über 12 Jahren die nötige Erfahrung aus vielen tausenden

reinem Aluminium eigens für die Hochwasserschutzanlage Köln entwickelt. Damit können diese Bauteile mit zwei Mann, unabhängig von zusätzlichem technischen Gerät, installiert werden und eine optimale Aufbaugeschwindigkeit erreicht werden. Sieben Mann sind damit in der Lage eine 100 m lange Mobilwand mit einer Höhe von z. B. 1,50 m in einer Stunde voll funktionsfähig zu errichten.

selbsttätig auf ihrem Standort aus. Ein verkantetes Einsetzen der Schrauben ist durch eine besondere Führungshilfe nur durch grobfährlässiges Handeln möglich. Eine versehentliche Verwechslung von Stützenstandorten ist durch entsprechend variierte Schraubenbilder unmöglich.

Quadratmeter gebauter Hochwasserschutzwände gesammelt werden, um in Köln dieser gewaltige Herausforderung verantwortungsvoll mit erprobter und zugleich hochmoderner Technik zu begegnen.

Autor

Xaver Storr, Dipl. Ing.,
Leiter Vertrieb,
IBS GmbH Thierhaupten