

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Gönnert, Gabriele; Ackermann, Dieter; López Zárata, Luis Manuel; Müller, Olaf

Hochwasserschutz durch intelligente Steuerung in Hamburg (Vier- und Marschlande)

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/107531>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Gönnert, Gabriele; Ackermann, Dieter; López Zárata, Luis Manuel; Müller, Olaf (2021): Hochwasserschutz durch intelligente Steuerung in Hamburg (Vier- und Marschlande). In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Wasserbau zwischen Hochwasser und Wassermangel. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 65. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 43-53.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Hochwasserschutz durch intelligente Steuerung in Hamburg (Vier- und Marschlande)

Gabriele Gönner
Dieter Ackermann
Luis Manuel López Zárate
Olaf Müller

Hamburg liegt an der Elbe und ist tidebeeinflusst. Dementsprechend ist die Entwässerung abhängig von den Tidewasserständen. Insbesondere vor dem Hintergrund der zunehmenden Starkregenereignisse sind intelligente Managementsysteme zur Überflutungsvorsorge wichtig. Vorgestellt werden ein Hochwasservorhersagekonzept und eine intelligente Steuerung eines Deichsiesels zur optimierten Speicherraumbewirtschaftung in den Vier- und Marschlanden im Südosten von Hamburg.

Ziel ist, durch eine operationelle Kombination des Vorhersagekonzeptes mit der optimierten Steuerung des Deichsiesels die Hochwassergefährdung zu entschärfen.

Stichworte: Tideabhängige Binnenentwässerung, Hochwasservorhersage, Hochwassermanagement, hydrodynamisch-numerischen Modellrechnung

1 Einleitung/Problemstellung

Die Binnenentwässerung tiefliegender Marschengebiete ist in hohem Maße abhängig von dem Tideverlauf ihrer Vorfluter. Vielerorts entwässern größere, höher gelegene Einzugsgebiete in diese Bereiche und führen ihnen Hochwasserabflüsse zu. Diese lassen sich meist gut über einen längeren Zeitraum vorhersagen. Das gleiche gilt für den Verlauf der Tide.

Durch die operationelle Nutzung von Vorhersage- und Messdaten kombiniert mit einer optimierten Steuerung von Entwässerungsbauwerken kann die Hochwassergefährdung verringert werden.

Dies wird im Folgenden anhand der Region der Vier- und Marschlande im Südosten Hamburgs dargestellt.

2 Das Untersuchungsgebiet

Die Vier- und Marschlande im Südosten Hamburgs stellen mit 160 km² den Hamburger Teil des gesamten Einzugsgebiets der Dove-Elbe (rund 507 km²) dar. Die Besonderheit des Gebietes ist die Abhängigkeit der Entwässerung von den Tidewasserständen der Elbe (Abb. 1).

Die Binnenentwässerung des Gebietes erfolgt derzeit einzig über das Deichsiel Tatenberg am Unterlauf der Dove-Elbe. Ist dies aufgrund von hohen Außenwasserständen nicht möglich, kommt es zum Rückstau in die tiefliegenden Flächen der Region. Vor diesem Hintergrund werden derzeit mehrere kleinere Schöpfwerke im östlichen Bereich der Vier- und Marschlande geplant.

In Abb.2 sind neben dem Gebiet die Bereiche der Vier- und Marschlande dargestellt, die ohne den Schutz durch Deiche bei mittlerem Tidehochwasser (MThw) zweimal täglich überflutet wären.

Mit der Bille aus Schleswig-Holstein erfolgt ein erheblicher Zufluss in das Gebiet. Kommt es aufgrund von Sturmfluten und hohen Niederschlägen gleichzeitig binnen- und außendeichs zu hohen Wasserständen, besteht eine erhebliche Hochwassergefahr für die tiefliegenden Gebiete. Dies tritt insbesondere dann auf, wenn durch ein hohes Tideniedrigwasser (Tnw) gar keine Binnenentwässerung möglich ist (sog. Sperrtide).

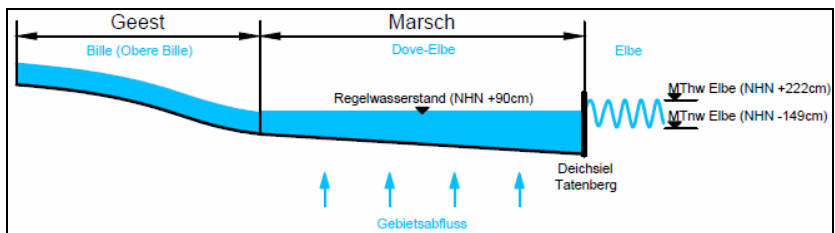


Abbildung 1: Darstellung der tideabhängigen Binnenentwässerung der Vier- und Marschlande

Im Hochwasserfall wird ein komplexes System von Schöpfwerken, Sperrtoren und Stauanlagen zur Zwischenspeicherung und Abführung des Wassers betrieben. Dabei stellt der Wasserstand in der unteren Dove-Elbe, der

durch den Betrieb des Deichsiesels auf $\text{NHN} + 90 \text{ cm}$ gehalten wird, die wichtigste Randbedingung dar. Überschreitet dieser die Höhe von $\text{NHN} + 140 \text{ cm}$, kommt es zu Überschwemmungen und Rückstau in besiedelte Gebiete. Am Pegel Allermöher Deich erfolgt eine kontinuierliche Aufzeichnung der Wasserstände der Dove-Elbe.

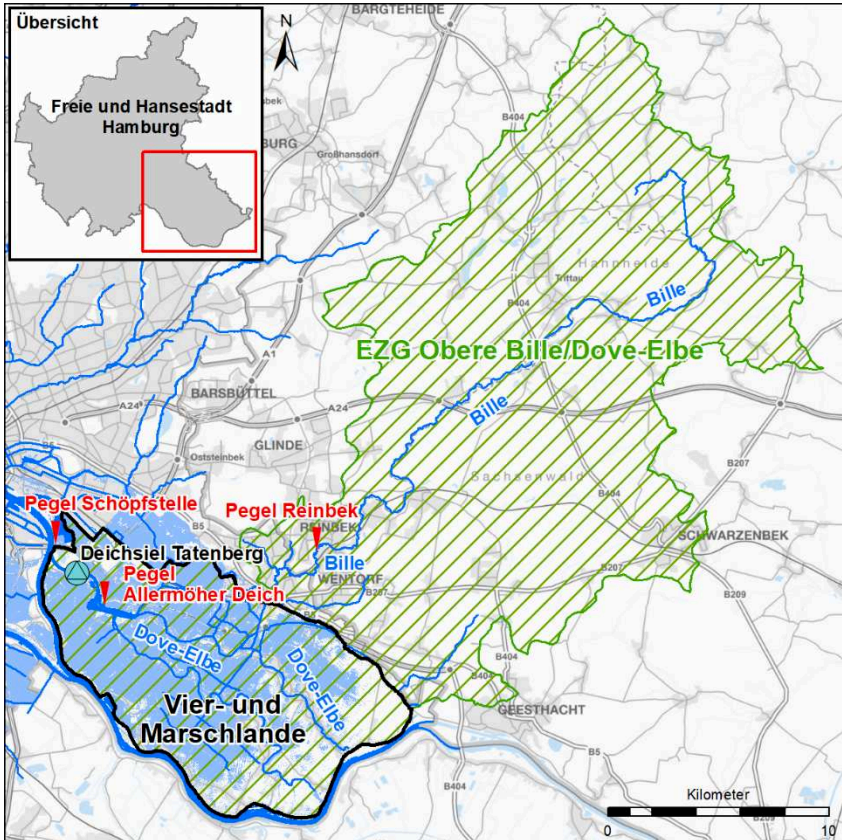


Abbildung 2: Vier- und Marschlande mit EZG Obere Bille/Dove-Elbe (schraffiert), Flächen unterhalb MThw, gewässerkundlichen Pegeln und Deichsiel Tatenberg.

3 Methodisches Vorgehen

3.1 Vorhersagebasiertes Hochwassermanagement

Zur Optimierung des Hochwassermanagements wird auf ein Ergebnis des BMBF-Projektes Stuck (*LSBG, 2020 a*), die verbesserte Vorhersage des Warndienstes Binnenhochwasser Hamburg (WaBiHa), zurückgegriffen. Dieses bildet die Basis für ein vorausschauendes Hochwassermanagement. Hierbei ist das Ziel, zeitlich früher das Hochwasser zu managen, z.B. durch Vorabsenkung. Abb. 3 zeigt dieses Konzept, welches auf der Erfassung und Auswertung kontinuierlich verfügbarer Daten von Tidewasserständen durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie und Niederschlägen sowie deren Vorhersagen im Warndienst Binnenhochwasser beruht.

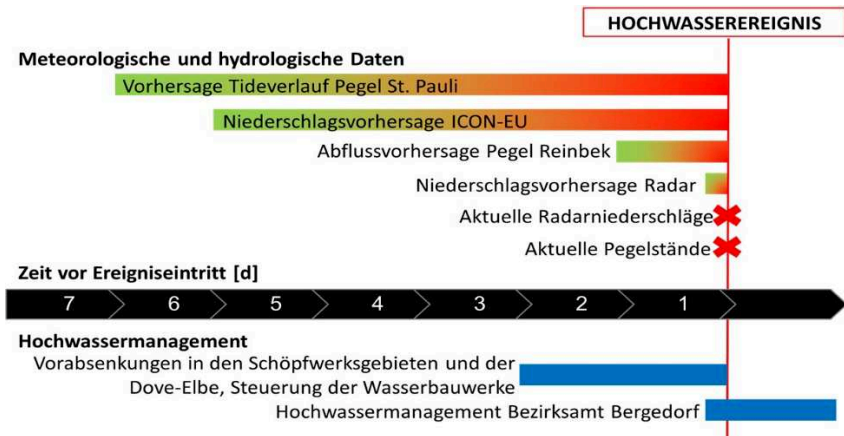


Abbildung 3: Vorhersagekonzept für das Hochwassermanagement in den Vier- und Marschlanden

Den Mess- und Vorhersagedaten werden Schwellenwerte zugeordnet.

Tabelle 1: Meldestufen und daraus resultierende Maßnahmen

Meldestufe	Maßnahme
Untere Meldestufe	Vorwarnung
Mittlere Meldestufe	Erhöhte Bereitschaft
Hohe Meldestufe	Durchführung von Maßnahmen in Abhängigkeit vom Vorhersagezeitraum (z.B. Vorabsenkung)

Aus deren Kombination werden Meldestufen abgeleitet, die Aktionen auslösen (Tab. 1).

Durch die der verbesserten Vorhersage aus dem Warndienst Binnenhochwasser mit einem Vorhersagezeitraum von bis zu sechs Tagen können hochwasserauslösende Niederschlagsereignisse und Tidewasserstände frühzeitig identifiziert werden (*LSBG, 2020 b*).

Dieses Konzept ermöglicht es, nicht erst bei Überschreiten von kritischen Wasserständen das Hochwassermanagement zu aktivieren, sondern bereits bei vorliegenden Hinweisen aus den Vorhersagen aktiv zu werden.

Zur Optimierung des Managements wird die Vorhersage über Niederschlagsdaten zur Abflussvorhersage entwickelt. Dieses wird derzeit durch die Erweiterung eines Niederschlag-Abfluss-Modells zu einem operationellen Modell umgesetzt.

3.2 Optimierung der Binnenentwässerung

Dem Deichsiel Tatenberg kommt die zentrale Rolle bei der Binnenentwässerung der Vier- und Marschlande zu. Infolgedessen wird untersucht, ob sich der Betrieb des Deichsiels optimieren lässt. Ziel ist dabei, die Durchflussmengen zu erhöhen und die Entwässerungszeiten zu verlängern.

Zur Optimierung der Binnenentwässerung werden Modellrechnungen mit dem hydrodynamisch-numerischen Modell Delft3D Flexible Mesh durchgeführt. Das Modell kann zwei- und dreidimensionale instationäre Strömungen und Stofftransporte simulieren Deltares (2019). Durch Anwendung von Real-Time-Controlling-Tools (RTC) wird die Steuerung von fünf wasserwirtschaftlichen Anlagen detailliert abgebildet.

4 Ergebnisse

4.1 Praxisanwendung des Managementkonzeptes

Das entwickelte Konzept wurde anhand des Hochwasserereignisses am 05.01.2018 auf seine Eignung für die praktische Anwendung überprüft.

Abb. 4 zeigt die Ganglinien der Pegel während des Hochwasserereignisses und die Zeitpunkte, zu denen Schwellenwerte überschritten wurden. Am Morgen des 01.01.2018 erreicht die Abflussvorhersage für den Pegel Reinbek den ersten Schwellenwert und löst die untere Meldestufe aus. Am Abend des 01.01.2018 erfolgt die Vorhersage eines stark erhöhten Tidenied-

rigwassers, was die mittlere Meldestufe erzeugt. Am Morgen des 02.01.2018 überschreitet die Niederschlagsvorhersage erneut den unteren Schwellenwert und setzt zwischenzeitlich die Meldestufe auf „Hoch“. In der Nacht vom 02. zum 03.01.2018 werden der zweite und drei Stunden später der dritte Schwellenwert der Niederschlagsvorhersage erreicht. Zu dieser Zeit wird auch die Rufbereitschaft des Bezirksamtes Bergedorf aktiviert. Im weiteren Verlauf verschärft sich die Hochwassersituation, es kommt zu sehr hohen Abflüssen am Pegel Reinbek, die über das Deichsiel Tatenberg nicht hinreichend abgeführt werden können. Somit steigt auch der Wasserstand in der Unteren Dove-Elbe weiter an. Erst die Umstellung des Betriebes des Deichsiesels auf manuelle Steuerung am 05.01.2018 führt zu einer deutlichen Absenkung des Wasserstandes.

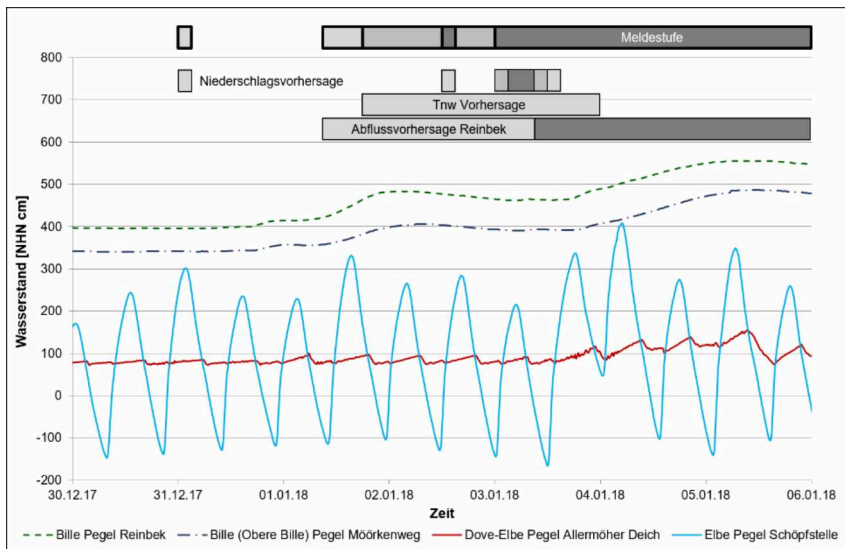


Abbildung 4: Überprüfung des Hochwassermanagements in den Vier- und Marschlanden anhand des Hochwasserereignisses Januar 2018

Die durchgeführte Überprüfung zeigt, dass eine sinnvolle Kombination von Messungen und Vorhersagen ein frühzeitiges Erkennen von möglichen Hochwasserereignissen ermöglicht. Schon ab dem 01.01.2018 wäre ein präventives Hochwassermanagement möglich gewesen.

4.2 Optimierung der Binnenentwässerung

Die mit dem Modell berechneten Steuerungsvarianten für das Deichsiel Tatenberg optimieren die Binnenentwässerung maßgeblich. Die ermittelte

Vorzugsvariante bildet die Grundlage zur Erweiterung der Bedienungsvorschrift im Hochwasserfall und enthält folgende Anweisungen:

- ◁ Vorabsenkung um 20 cm gegenüber dem Betriebswasserstand auf einen Wasserstand von NHN +70 cm bei Vorhersage eines Hochwassers der Bille von HQ₁ und höher am Pegel Reinbek
- ◁ Entwässerung durch 3 Siel durchlässe gegenüber 2 Siel durchlässen im Normalbetrieb ab einem Binnenwasserstand von NHN + 110 cm
- ◁ Verlängerung der Entwässerungszeit durch Erhöhung der zulässigen Differenz zwischen Binnen- und Außenwasserstand von 1,60 m auf 1,90 m.

Diese Maßnahmen können ohne bauliche Veränderungen am Deichsiel Tatenberg umgesetzt werden und gefährden nicht die Bauwerkssicherheit, da selbst mit der Erhöhung der zulässigen Differenz zwischen Binnen- und Außenwasserstand die maximal zulässige Fließgeschwindigkeit von 2,5 m / s nicht überschritten wird.

Im Normalfall werden bei einer Entwässerungsphase 420.000 m³ Wasser durch das Deichsiel abgeführt. Durch die Entwässerung über 3 Siel durchlässe ab einem Wasserstand von NHN + 110 cm erhöht sich die abgeführte Wassermenge um 210.000 m³, die Erhöhung der zulässigen Wasserstands-differenz mit daraus resultierender verlängerter Entwässerungsdauer erhöht den Abfluss um weitere 140.000 m³, Somit erhöht sich der Gesamtabfluss auf etwa 770.000 m³, was einer Erhöhung um etwa 54 % entspricht.

Durch die Implementierung der oben genannten Maßnahmen ergibt sich beispielhaft im Fall eines HQ₅ und einer Sperrtide eine Absenkung des maximalen Wasserstands am Pegel Allermöher Deich um ca. 15 cm (siehe Abbildung 5). Zudem ermöglicht die erhöhte Leistung des Deichsiesels eine schnelle Wasserspiegelabsenkung nach der Sperrtide; d.h. die Dauer des Hochwasserereignisses wird verringert.

Im Falle eines HQ₅ ohne Sperrtide würde mit der Implementierung der Maßnahmen am Pegel Allermöher Deich eine maximale Wasserspiegelabsenkung von bis zu 50 cm erreicht.

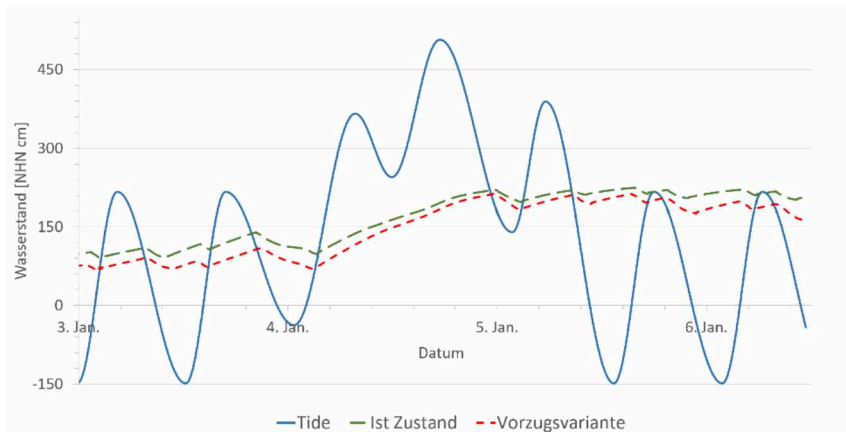


Abbildung 5: Vergleich der Wasserstandsganglinien eines HQ₅ mit Sperrtide im Ist-Zustand und bei Anwendung der Vorzugsvariante (Datum exemplarisch)

5 Operationelle Kombination von Hochwasservorhersage und optimierter Steuerung des Deichsieses Tatenberg

Zur Operationalisierung des vorhersagebasierten Hochwassermanagements wird die Software FEWS (**Flood Early Warning System**) angewendet *Deltares (2020)*. Abb. 6 gibt einen schematischen Überblick über das operationelle Hochwassermanagement. Über FEWS werden die Eingangsdaten von den Datenquellen (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Deutscher Wetterdienst, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein, Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft Hamburg) abgerufen, aufbereitet und dem Niederschlag-Abfluss-Modell übergeben. Dieses berechnet eine Abflussvorhersage, welche wiederum über FEWS ausgewertet wird und bei Überschreiten von Meldestufen (HQ₁ am Pegel Reinbek) ein Signal auslöst, welches zur Anwendung der erweiterten Bedienungsvorschrift am Deichsiel Tatenberg führt.

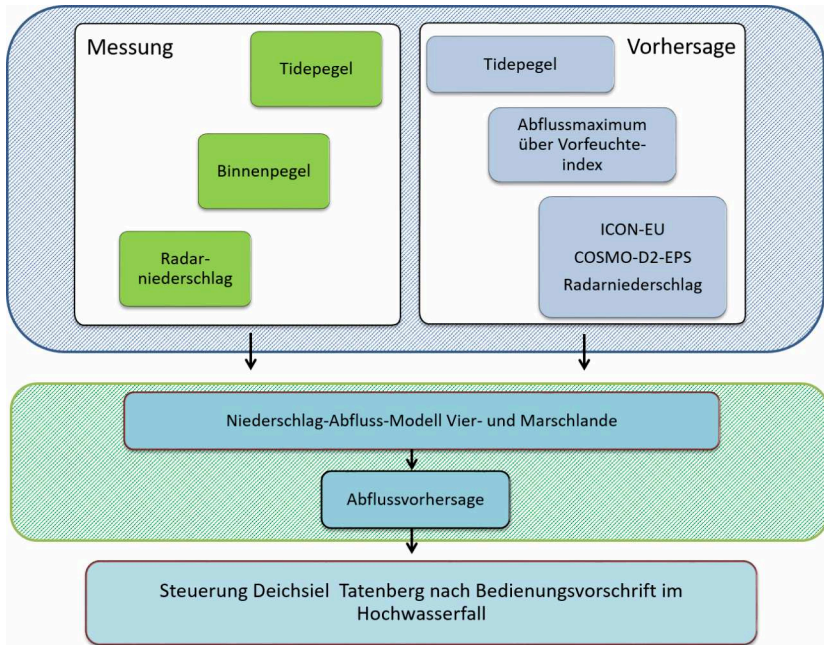


Abbildung 6: Operationelle Hochwasservorhersage und Hochwassermanagement für die Vier- und Marschlande

6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass sich durch die Optimierung der Vorhersage des Warndienstes Binnenhochwasser mithilfe der Nutzung von Mess- und Vorhersagedaten das Hochwassermanagement in den Vier- und Marschlanden verbessern lässt. Im zweiten Schritt wird die Steuerung des Siels zur Umsetzung des Plans optimiert.

Mit dem Instrument FEWS werden die Daten wesentlich besser nutzbar gemacht und können als Grundlage für die Steuerung des Deichsiegels Tatenberg im Hochwasserfall dienen. Die Maßnahmen zeigen sich als wirksam und sollen in eine Erweiterung der Bedienungsvorschrift für das Deichsiegel Tatenberg im Hochwasserfall festgeschrieben werden. Darüber hinaus soll die operationelle Abflussvorhersage in den Warndienst Binnenhochwasser Hamburg integriert werden. Die durch die Modellrechnungen optimierte Steuerung stellt eine wesentliche Verbesserung für den Binnen-

hochwasserschutz der Vier- und Marschlande dar. Die Maßnahme soll nach ihrer Umsetzung im Rahmen des EU-Projektes RECONNECT (LSBG, 2018) im Jahr 2021 bis Ende 2024 durch ein Monitoring hinsichtlich ihrer Wirkung geprüft werden.

Die positive Wirkung auf die Binnenentwässerung führt in den östlichen Bereichen der Vier- und Marschlande nicht zu einer ausreichenden Entlastung im Hochwasserfall. Die geplanten Schöpfwerke werden hier durch die optimierte Steuerung ergänzt.

7 Literatur

- Deltares (2019): D-flow Flexible Mesh, Manual,
http://content.oss.deltares.nl/delft3d/manuals/D-Flow_FM_User_Manual.pdf (2019)
- Deltares (2020): FEWS
<https://publicwiki.deltares.nl/display/FEWSDOC/Using+Delft-FEWS+-+User+Guide> (2020)
- LSBG (2018) EU-Project RECONNECT, Description of case Demonstrator Type A
<http://www.reconnect.eu/network-of-cases/elbe-estuary>
- LSBG (2020a): BMBF-Projekt Stuck, Abschlussbericht 2015-2019
https://www.stuck-hh.de/fileadmin/user_upload/Stuck_Abschlussbericht_2015-2019.pdf
- LSBG (2020b): Binnenhochwasserschutz unter Berücksichtigung von Ökologie und Ökonomie. Berichte des Landesbetriebes Straßen, Brücken und Gewässer Nr. 17/2020, Hamburg (2020)

Autoren:

Prof. Dr. Gabriele Gönnert

Dieter Ackermann
Luis Manuel López Zárate
Dr. Olaf Müller

Freie und Hansestadt Hamburg
Landesbetrieb Straßen, Brücken
und Gewässer (LSBG)
Gewässer- und Hochwasserschutz
Sachsenfeld 3-5
20097 Hamburg

Tel.: +49 40 42826 2510
Fax: +49 40 4279-49645
E-Mail: gabriele.goennert@lsbg.hamburg.de