

BERICHT

Titel: Verbesserung des Hochwasserschutzes an der Este im Innenstadtbereich von Buxtehude

Hydraulische Berechnungen

Datum: 29. April 2015
Auftraggeber: STADTENTWÄSSERUNG BUXTEHUDE
(Eigenbetrieb der Stadt Buxtehude)
Ziegelkamp 8
21614 Buxtehude
Auftrag vom: 07.05.2014
Ansprechpartner: Herr Dittmer

Auftragnehmer: BWS GmbH
Aktenzeichen: KBE / 14.P.25
Projektleitung: Herr Dipl.-Ing. N. Petersen
Projektbearbeitung: Herr Dipl.-Ing. N. Petersen
Herr Dipl.-Geogr. S. Taubald

INHALT		Seite
1	Veranlassung	1
2	Vorgehensweise	2
2.1	Untersuchungsgebiet	2
2.2	Höhendaten	3
2.3	Bauwerke und Betriebsregeln	4
2.3.1	Este-Sperrwerke	4
2.3.2	Stauanlagen im Stadtgebiet von Buxtehude	6
2.3.3	Brückenquerschnitte	7
2.3.4	Schöpfwerke	7
2.4	Hydraulische Modellierung	9
2.4.1	Modellkonzeption	9
2.4.2	Kalibrierung und Modellgenauigkeiten	10
2.4.3	Bemessungslastfälle	11
2.4.4	Berechnungsvarianten für die Hochwasserschutzplanung	14
3	Ergebnisse	16
3.1	Maximalwasserstände	16
3.2	Hydraulische Längsschnitte	17
3.3	Überschwemmungsflächen im Ist-Zustand (ohne Durchführung von Hochwasserschutzmaßnahmen)	19
3.3.1	Lastfall 1 (ohne Hochwasserschutzmaßnahmen)	19
3.3.2	Lastfall 2 (ohne Hochwasserschutzmaßnahmen)	19
3.4	Auswirkungen auf die Unterlieger	21
3.4.1	Auswirkungen im Bereich Buxtehude-Hafen bis zur Landesgrenze	21
3.4.2	Auswirkungen im Bereich der Freien und Hansestadt Hamburg	22

3.4.3	Auswirkungen bei Inkrafttreten der neuen Sperrwerksordnung des inneren Este-Sperrwerks	23
4	Zusammenfassung	24
	Quellen	26
Tabellen		
Tab. 1:	Datengrundlagen, Höheninformationen	3
Tab. 2:	Schließhöhen des Inneren Este-Sperrwerks gemäß Betriebsanordnung vom 01.09.1992	5
Tab. 3:	Empfohlene Schließhöhen des Inneren Este-Sperrwerks in mPN gemäß neuer Schließordnung (entnommen aus [11])	6
Tab. 4:	Este-Schöpfwerke	8
Tab. 5:	Maximalwasserstände in der Este: Lastfälle 1 und 2	16
Abbildungen		
Abb. 1:	Einzugsgebiet der Este mit dem Gewässerabschnitt für Hochwasserschutzmaßnahmen in Buxtehude	2
Abb. 2:	Wasserstandsabhängige Förderleistung der Este-Schöpfwerke (gemäß [8])	8
Abb. 3:	Hydraulischer Längsschnitt Este, Stat. 0+000 bis Stat. 14+200: mit Hochwasserschutzmaßnahmen	18
Abb. 4:	Hydraulischer Längsschnitt Este, Stat. 0+000 bis Stat. 14+200: ohne Hochwasserschutzmaßnahmen	20
Abb. 5:	Hydraulischer Längsschnitt Este, Stat. 0+000 bis Stat. 12+000: Maximalwasserstände LF2 mit und ohne Hochwasserschutzmaßnahmen in Buxtehude	21
Anlagen		
Anl. 1:	Lageplan Einzugsgebiet und Untersuchungsgebiet	
Anl. 2:	Hydraulische Längsschnitte	
Anl. 2.1:	Variante 1 (mit allen Brücken, Ausbausohle 1958)	
Anl. 2.2:	Variante 2 (nur Straßenbrücken, Ausbausohle 1958)	
Anl. 2.3:	Variante 3 (mit allen Brücken, Gewässersohle 2008)	

- Anl. 3: Übersichtslageplan Überschwemmungsflächen
- Anl. 3.1: Lastfall 1 (mit und ohne Hochwasserschutzmaßnahmen)
- Anl. 3.2: Lastfall 2 (mit und ohne Hochwasserschutzmaßnahmen)

- Anl. 4: Detailkarten Überschwemmungsflächen im Unterlauf der Este (Auszüge)
- Anl. 4.1: Bereich Buxtehude Hafen (Blattschnitt von 1 von 50)
- Anl. 4.2: Bereich Estebrügge (Blattschnitt 18 von 50)
- Anl. 4.3: Bereich Sportplatz Cranz, FHH (Blattschnitt 44 von 50)

Dokumentation

- Dok. 1: Hydraulisch-hydrologische Randbedingungen
- Dok. 1.1: Anfrage Bemessungsrundbedingungen Stadt Buxtehude vom 21.03.2014, Antwortschreiben NLWKN, Direktion Norden vom 19.06.2014, Begründungsschreiben NLWKN, Betriebsstelle Stade vom 22.04.2015
- Dok. 1.2: Hochwasserbemessungswerte der Este in Buxtehude (GLD, 07.11.2012)
- Dok. 1.3: Wasserstand- und Abflussrandbedingungen Lastfall 1
- Dok. 1.4: Wasserstand- und Abflussrandbedingungen Lastfall 2
- Dok. 2: KOSTRA-Niederschlagshöhen und -spenden
- Dok. 3: Überschwemmungsgebiet im Bereich Buxtehude zur vorläufigen Sicherung (Maximum aus Lastfall 1 und Lastfall 2), Stand Oktober 2014
- Dok. 4: Hydrauliktabellen
- Dok. 4.1: Variante 1 (mit allen Brücken, Ausbausohle 1958)
- Dok. 4.1.1: Lastfall 1
- Dok. 4.1.2: Lastfall 2
- Dok. 4.2: Variante 2 (nur Straßenbrücken, Ausbausohle 1958)
- Dok. 4.2.1: Lastfall 1
- Dok. 4.2.2: Lastfall 2
- Dok. 4.3: Variante 3 (mit allen Brücken, Gewässersohle 2008)
- Dok. 4.3.1: Lastfall 1
- Dok. 4.3.2: Lastfall 2
- Dok. 5: Datenträger
- Dok. 5.1: Bericht und Anlagen (pdf-Dateien)
- Dok. 5.2: Detailkarten (Blattschnitte 1-50)

1 Veranlassung

Das Stadtgebiet von Buxtehude ist signifikant hochwassergefährdet. Bei größeren Hochwasserereignissen in den letzten Jahren konnten größere Schäden nur durch Sofortmaßnahmen der Feuerwehr vermieden werden. Zur Verbesserung des Hochwasserschutzes für den Innenstadtbereich von Buxtehude wurden im Auftrag des Deichverbandes der II. Meile Alten Landes bereits im Jahr 2008 Planungen aufgestellt und hydraulische Berechnungen durchgeführt.

Aufgrund geänderter Rand- und Rahmenbedingungen ist es erforderlich, die Planungen zu überarbeiten und erneute hydraulische Berechnungen durchzuführen. Die BWS GmbH hat im Zuge der Ermittlung von Überschwemmungsgebieten im Bereich von Buxtehude und für den Unterlauf der Este zwischen Buxtehude und der Mündung in die Elbe bereits zu verschiedenen Fragestellungen hydraulische Gutachten erstellt und verfügt über die erforderlichen hydraulisch-hydrologischen Grundlagen und erforderlichen Berechnungsmodelle.

Mit Schreiben vom 02.05.2014 wurde die BWS GmbH durch die Stadtentwässerung Buxtehude mit den nachfolgenden Leistungen beauftragt:

- Durchführung der 1-dimensionalen, instationären HN-Berechnung mit dem beim AN vorhandenen Berechnungsmodell für die beiden maßgeblichen Bemessungslastfälle unter Berücksichtigung von geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen,
- tabellarische Ergebnisausgabe und Darstellung der Ergebnisse in hydraulischen Längsschnitten,
- flächenhafte Darstellung der maximalen Überschwemmungsflächen und Herausarbeitung der Auswirkungen für die Unterlieger unter Berücksichtigung von Ergebnissen weiterer Untersuchungen und Gutachten sowie
- redaktionelle Fertigung eines Erläuterungsberichts und Datenübergabe.

2 Vorgehensweise

2.1 Untersuchungsgebiet

Die geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen in Buxtehude umfassen den ca. 1,8 km langen Gewässerabschnitt der Este vom Wehr am Marschtorzwinger (Stat. 12+280) bis zur Stauschleuse Altkloster (Stat. 14+080).

Die hydraulischen Verhältnisse und sich einstellenden Wasserspiegellagen sind eng mit dem Betrieb der beiden Este-Sperrwerke im Mündungsbereich der Este in die Elbe und den Zuflüssen in die Este nördlich des Stadtgebietes verbunden. Aus diesem Grund wurde für die hydraulische Berechnung der Gewässerlauf unterhalb der Stadt Buxtehude mit betrachtet. Das Untersuchungsgebiet umfasst somit den ca. 14 km langen Gewässerabschnitt der Este zwischen der Stauschleuse Altkloster und der Mündung in die Elbe. Das Einzugsgebiet der Este hat eine Gesamtfläche von rd. 365 km².

Abb. 1 zeigt einen Ausschnitt des Einzugsgebiets der Este und den Detailabschnitt für die geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen.

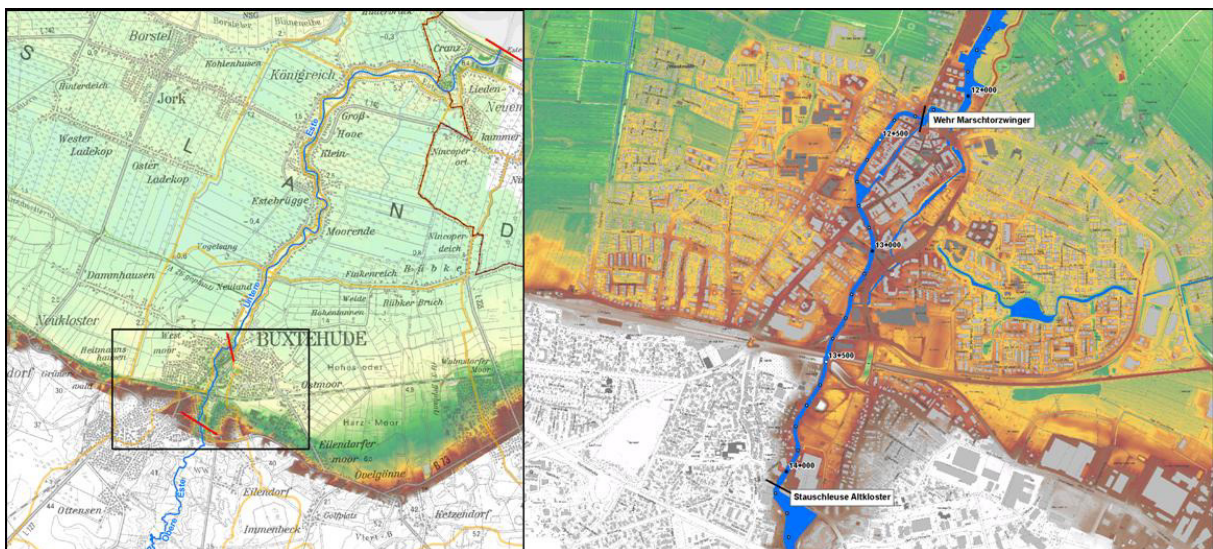


Abb. 1: Einzugsgebiet der Este mit dem Gewässerabschnitt für Hochwasserschutzmaßnahmen in Buxtehude

2.2 Höhendaten

Im Bereich des Stadtgebietes verläuft die Este in einer Höhenlage von etwa +3,0 mNN bis +4,0 mNN. Der ca. 1,8 km lange Planungsabschnitt wird durch den Bahndamm der Bahnlinie Hamburg-Cuxhaven im Bereich der Stadtwerke in zwei Abschnitte unterteilt. Der nördliche Bereich (die Marsch) ist durch die unmittelbar angrenzenden, tiefer liegenden Flächen geprägt. Die westlich und vor allem östlich des Gewässers liegenden Flächen fallen kontinuierlich bis auf unter 1,0 mNN ab.

Aufgrund vorangegangener Untersuchungen (vgl. [2]) ist bekannt, dass die Fließverhältnisse im Stadtgebiet nur sinnvoll und wirtschaftlich vertretbar mit Hilfe von hochaufgelösten digitalen Höheninformationen analysiert werden können. Aus diesem Grund wurde der bisherige Datenbestand von terrestrischen Vermessungen und Schachtdeckelhöhen um ein flächendeckendes digitales Geländemodell, basierend auf Laserscan-Befliegungsdaten, erweitert. Die Befliegungsdaten liegen in einem Punktraster mit einer Flächenauflösung von 1x1 m im Höhenstatus in mNN vor. Die Daten unterliegen nachfolgenden Genauigkeitsanforderungen (s.[9]):

- **Höhengenaugigkeit** der Laserpunkte: 95 % aller aufgenommenen Punkte müssen bei den Referenzflächen innerhalb von **±0,10 m** mit den tatsächlichen Höhen übereinstimmen.
- **Lagegenauigkeit** der Laserpunkte: **±0,40 m**.

Die terrestrischen Vermessungspunkthöhen besitzen eine Höhengenaugigkeit von $\leq \pm 2$ cm.

Tab. 1 stellt die zur Verfügung stehenden Höheninformationen zusammen.

Tab. 1: Datengrundlagen, Höheninformationen

	Datenart	räumliche Ausdehnung	Erfassung	Urheber / Auftraggeber
1	terrestrische Querprofil- und Bauwerksaufmaße	Este im Stadtgebiet	06/2008	Deichverband der II. Meile Alten Landes
2	Längspeilungen im Flussschlauch	Este-Unterlauf zwischen Mündung in die Elbe und Stadt Buxtehude	01/2003	Wasser- und Schiffsamt Hamburg
3	Digitale Bundeswasserstraßenkarte (BWK)	Este-Unterlauf zwischen Mündung in die Elbe und Stadt Buxtehude	01/2003	Wasser- und Schiffsdirektion Kiel
4	LaserScanBefliegungsdaten / digitales Geländemodell	Este-Einzugsgebiet bis oberhalb	Frühjahr 2013	NLWKN
5	Schachtdeckelhöhen	Stadtgebiet Buxtehude, näheres Gewässerumfeld	vor 2008	Stadtentwässerung Buxtehude

Anmerkung:

Aus den digitalen Datengrundlagen zu 2 und 3 wurden im Zuge einer Studie von Prof. Zielke (2004) Querprofile generiert, die für die weitere Bearbeitung übernommen wurden.

Die verschiedenen Sohl- und Profilinformatoren wurden im Zuge der Variantenbetrachtung berücksichtigt, s. Kap. 2.4.4.

2.3 Bauwerke und Betriebsregeln

Im Gewässerabschnitt der Este zwischen Moisburger Straße und Mündung in die Elbe befinden sich mehrere Gewässerquerungen und Steuerungsbauwerke, die hinsichtlich ihrer Abmessungen und Funktionsweise Einfluss auf die Wasserspiegellagen haben. Neben dem Inneren und Äußeren Este-Sperrwerk auf hamburgischem Gebiet befinden sich 2 Stauanlagen und eine Vielzahl von Brücken im Stadtgebiet von Buxtehude.

Des Weiteren entwässern sieben Schöpfwerke unterhalb von Buxtehude die niedrig gelegenen Marschflächen östlich und westlich über die Este in die Elbe.

Nachfolgend werden die Bauwerke mit ihren hydraulisch-hydrologisch wirksamen Eigenschaften kurz beschrieben.

2.3.1 Este-Sperrwerke

Äußeres Este-Sperrwerk (Stat. 0+120)

Nach der Sturmflut des 16./17.02.1962 wurde die gesamte Hauptdeichlinie an das Elb-Ufer verlegt und das dortige „Äußere Este-Sperrwerk“ von 1964-1968 errichtet.

Das äußere Este-Sperrwerk wird spätestens bei Wasserständen von +2,80 mNN in der Elbe geschlossen. Der lichte Öffnungsquerschnitt besitzt eine Breite von ca. 40 m. Die Sohle des Sperrwerks befindet sich auf -4,0 mNN.

Die Elb-Deiche im Bereich von Cranz haben eine Bestickhöhe von etwa 8,5 mNN.

Inneres Este-Sperrwerk (Stat. 1+280)

Das 1957-1958 erbaute innere Este-Sperrwerk befindet sich ca. 1,2 km oberhalb der Mündung in die Elbe im Ortsteil Cranz der Freien und Hansestadt Hamburg und soll verhindern, dass die Schutzdeiche der Este zwischen Buxtehude und dem inneren Este-Sperrwerk durch Sturmfluten oder durch Zusammentreffen hoher Oberwasserzuflüsse mit ungünstigen Tiden überflutet werden.

Das Sperrwerk ist bei Sturmflutwarnungen und Warnungen vor Binnenhochwasserabflüssen gemäß einer tabellierten Betriebsanordnung zu schließen. Die Sturmflutwarnungen stammen von verschiedenen Warneinrichtungen an der Deutschen Nordseeküste, weiteren Sperrwerken und sonstigen Informationen.

Für die Binnen-Warnungen wird die Wasserstandsentwicklung der Oste am Pegel Rockstedt hinzugezogen. Durch frühzeitige Schließung soll das Eindringen von Tidewasser aus der Elbe in die Este verhindert werden, um im Hochwasserfall mehr Rückhaltevolumen für die Binnenabflüsse zur Verfügung zu haben. Im Sommerhalbjahr (01.04.-31.10.) ist das Sperrwerk spätestens bei einem Wasserstand von +720 cm PNP zu schließen, dies entspricht einem Wasserstand von +2,20 mNN.

Tab. 2 enthält die Schließhöhen in cm über Pegelnull (PNP = 500 cmNN).

Tab. 2: Schließhöhen des Inneren Este-Sperrwerks gemäß Betriebsanordnung vom 01.09.1992

Schließhöhen				
Bei einem Wasserstand am Pegel Rockstedt in cm	Bei Sturmflutwarnungen bzw. zu erwartenden Außenwasserständen über MThw			Bemerkungen
	50 - 100 cm	100 - 150 cm	150 - 200 cm	
bis 700	740 *)	720	700	bei zu erwartenden Wasserständen höher als 2,00 m über MThw ist das Sperrwerk bei vorhergehend eintretenden Tnw zu schließen
700 - 725	730 *)	710	690	
725 - 750	730 *)	710	690	
750 - 775	730 *)	710	690	
775 - 800	720	700	680	
800 - 825	720	700	680	
825 - 850	710	690	670	
850 - 875	700	680	660	
875 - 900	690	670	650	
über 900	680	660	640	
*) vom 01.04. bis 31.10.: Schließhöhe bei max. 720 cm PNP				

Die Sperrwerksordnung sieht eine Öffnung vor, sobald das fallende Außenwasser und das Binnenwasser annähernd spiegelgleich sind.

Während der Planungen zur Verbesserung der Hochwasserschutzes in Buxtehude wurden zeitgleich Untersuchungen zu einer Anpassung der Sperrwerksordnung des inneren Este-Sperrwerks durch die Technische Universität Hamburg-Harburg (TUHH) im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes (WSA) Hamburg durchgeführt ([11]). Eine wesentliche Änderung gegenüber der zz. gültigen Sperrwerksordnung ist die Umstellung des Indikator-Pegels für Binnenhochwasserereignisse vom Pegel Rockstedt (Oste) auf den Pegel Emmen, welcher sich im Oberlauf der Este (Fließ-km 27+000) befindet. In Tab. 3 sind die empfohlenen Schließhöhen in mPN zusammengestellt.

Tab. 3: Empfohlene Schließhöhen des Inneren Este-Sperrwerks in mPN gemäß neuer Schließordnung (entnommen aus [11])

Bei einem Wasserstand am Pegel Emmen	Bei Sturmflutwarnungen bzw. zu erwartenden Außenwasserständen über MThw						
	0,2 bis 1,0 m		1,0 bis 1,5 m		1,5 bis 2,0 m		> 2,0 m
cmPN	Winter	Sommer	Winter	Sommer	Winter	Sommer	
<125	7,20	7,30	7,10	7,20	7,00	7,10	Tnw
125 – 150	7,10	7,20	7,00	7,10	6,70	7,00	Tnw
150 – 180	7,00	7,10	6,70	7,00	6,30	6,80	Tnw
180 – 220	5,00	6,50	Tnw	5,30	Tnw	Tnw	Tnw
> 220	Tnw	Tnw	Tnw	Tnw	Tnw	Tnw	Tnw

Anmerkungen

- Sommer vom 01.04. bis 31.10., sonst Winter
- Falls angegebene Schließhöhe unterhalb des vorhergehenden Tnw, Schließung bei Tnw

Die neue Schließabelle ist gemäß Auskunft durch das WSA noch nicht in Kraft gesetzt (Stand Oktober 2014). Für die vorliegende Untersuchung wurde die o.g. noch geltende Sperrwerksordnung verwendet.

Für die nachfolgende Bemessung resultieren aus der neuen Sperrwerksordnung keine relevanten Veränderungen zu der bestehenden, nähere Erläuterungen erfolgen in Kap. 3.4.3.

2.3.2 Stauanlagen im Stadtgebiet von Buxtehude

Wehranlage am Marschtorzwinger (Stat. 12+280)

Im Stadtgebiet von Buxtehude befindet sich oberhalb des Hafens im Bereich des Marschtorzingers eine Stauanlage, die die Este auf einem definierten Betriebswasserstand hält. Die Schleuse verfügt über zwei jeweils 5 m breite Hubschütztäfel, die im Zuge der Wasserstandsregulierung vollständig aus dem Fließquerschnitt entfernt werden können. Im Betriebsfall bei normalen Zuflüssen ist die Wehrsteuerung auf einen Betriebswasserstand von etwa +2,30 mNN gestellt. Die Sohlhöhe der Schleuse beträgt -0,05 mNN.

Für die Öffnung der Schleuse liegen keine tabellierten Betriebsanordnungen vor. Die Steuerung erfolgt nach fernmündlicher Abstimmung der Stadtentwässerung Buxtehude unter Berücksichtigung der Wasserstandsentwicklung der Este-Pegel „Emmen“ (Betreiber NLWKN, Betriebsstelle Lüneburg), „Estetalstraße“ und „Stadtwerke“ (Betreiber jeweils Stadtentwässerung Buxtehude).

Im Zuge der Hochwasserschutzmaßnahmen in Buxtehude ist diese Anlage technisch zu erneuern und eine auf die Wasserstandsentwicklung abgestimmte Betriebsordnung zu erlassen.

Stauschleuse Altkloster („Grannini“, Stat. 14+070)

Am oberen Modellrand, im Bereich Moisburger Straße, befindet sich eine weitere Stauanlage, die den Wasserstand im oberhalb angrenzenden Mühlenteich reguliert. Die Stauanlage verfügt über zwei 4,40 m bzw. 4,60 m breite Stautafeln, die im Hochwasserfall vollständig aus dem Querschnitt entfernt werden können. Die Stauregelung erfolgt nach dem im Wasserbuch festgesetzten Stauhöhen von +4,12 mNN im Sommer und +4,41 mNN im Winter. Die Sohlhöhe der Wehranlage beträgt im Oberwasser 2,50 mNN und im Unterwasser +0,32 mNN.

Im Zuge der Hochwasserschutzmaßnahmen in Buxtehude ist diese Anlage technisch zu erneuern und eine auf die Wasserstandsentwicklung abgestimmte Betriebsordnung zu erlassen.

2.3.3 Brückenquerschnitte

Im Modellgebiet zwischen Cranz und Wehr Moisburger Straße befinden sich insgesamt 18 Brücken (Fußgänger-, Straßen- und Versorgungsbrücken), insbesondere im Stadtgebiet von Buxtehude zwischen der Wehranlage am Marschtorzwinger und der Stauschleuse Altkloster, die bzgl. ihrer geometrischen Abmessungen eine Einengung des Fließquerschnitts verursachen bzw. aufgrund der Höhenlage der Brückenunterkante bei Hochwasser eingestaut werden können. Die hydraulisch relevanten Brücken, insbesondere querschnittseinengende Widerlager und Brückenunterkanten wurden im Rahmen der terrestrischen Vermessung des Flussschlauches im Jahr 2008 aufgemessen und im Rahmen der Modellberechnungen berücksichtigt.

Ein wasserwirtschaftlicher Bestandsplan mit den wesentlichen Bauwerken, dem Gewässersystem und den vorhandenen Schutzdeichen ist in Anl. 1 angefügt. Geometrische Angaben zu den Brücken und weiteren Bauwerken sind den hydraulischen Längsschnitten (Anl. 2) zu entnehmen.

2.3.4 Schöpfwerke

Auf dem Gewässerabschnitt unterhalb des Stadtgebietes entwässern insgesamt sieben Schöpfwerke eine Fläche von rd. 65 km² in die Este. Die Schöpfwerke haben eine nominelle installierte Gesamtleistung von rd. 13,2 m³/s, s. Tab. 4.

Tab. 4: Este-Schöpfwerke

Name	Gewässer	Este-Stat. [km]	Aeo [km ²]	nomielle Leistung [m ³ /s]	qmax. [l/skm ²]
1 Liedenkummer	Liedenkummer Schleusenfleet	1+824	2,23	0,38	170
2 Niencop	Niencoper Schleusenfleet	1+974	2,84	0,45	158
3 Hove	Moorender Hauptwettern	1+990	12,31	2,20	179
4 Leeswig	Leeswiger Schöpfwerkskanal	3+078	3,41	0,58	170
5 Estebrügge	Westermooender Schöpfwerksgraben	9+500	8,58	2,00	233
6 Neuland	Vogelsanger Wettern	10+230	6,98	1,60	229
7 Rübke	Landwettern	10+365	29,84	6,00	201
Σ			66,19	13,21	200

Die Leistung der Schöpfwerkspumpen ist von der geodätischen Förderhöhe bzw. den vorherrschenden Wasserständen in der Este abhängig und nimmt bei steigenden Wasserständen in der Este ab. Dazu wurde eine detaillierte Analyse der Schöpfwerke unter Auswertung diverser Pumpenkennlinien durch den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Betriebsstelle Stade, durchgeführt und übergeben (s. [8]). Die Förderleistung in Abhängigkeit der Wasserstände in der Este ist in Abb. 2 dargestellt.

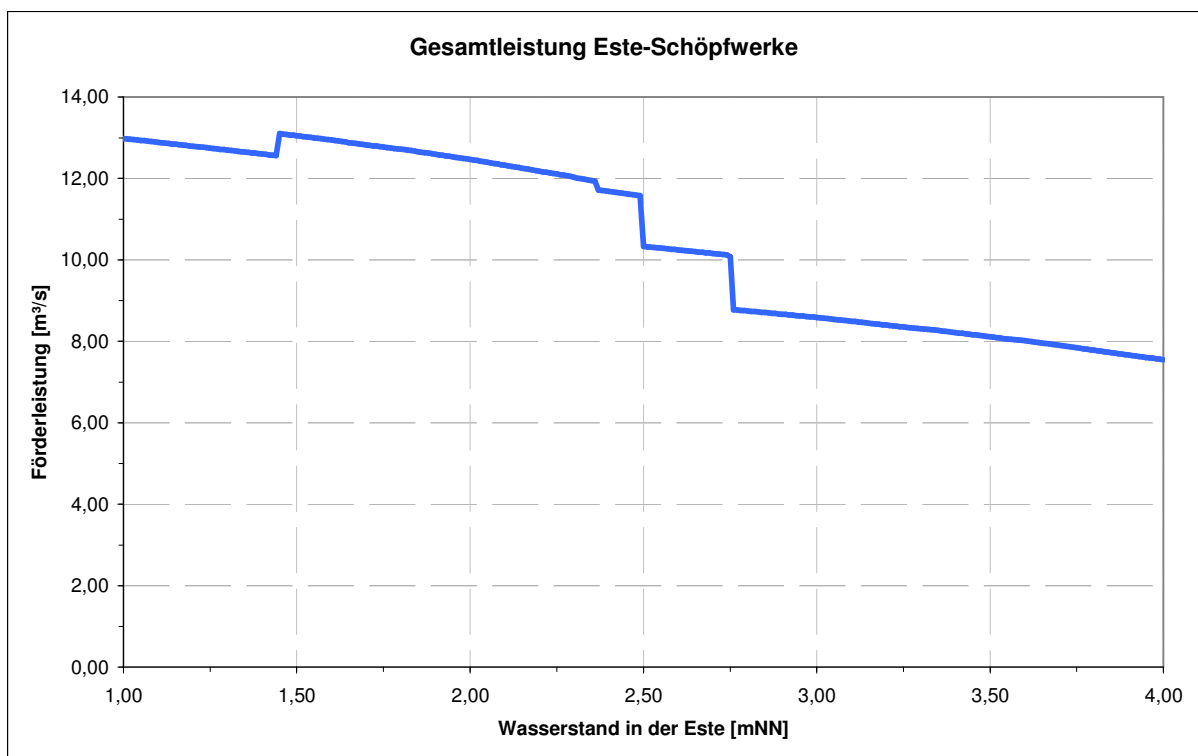


Abb. 2: Wasserstandsabhängige Förderleistung der Este-Schöpfwerke (gemäß [8])

2.4 Hydraulische Modellierung

2.4.1 Modellkonzeption

Die hydraulische Berechnung der Wasserstände in der Este erfolgte mit dem Berechnungsprogramm MIKE11 der Firma DHI und stellt eine unter bestimmten Annahmen und Vereinfachungen getroffene bestmögliche Abbildung der in der Natur vorkommenden Vorgänge dar.

MIKE 11 ist ein hydrodynamisch-numerisches, 1-dimensionales (1d), instationäres Berechnungsprogramm, welches die vollständigen Bewegungsgleichungen nach Saint-Venant (s. u.a. [3]) löst.

Bei dem Einsatz des o.g. Programms ist die Betrachtung verzweigter und gekoppelter Flusssysteme mit instationären (d.h. über die Zeit veränderlichen Abfluss- und Wasserstandsrandbedingungen), unter- und überkritischen Strömungszuständen möglich, was bei einer naturähnlichen Abbildung von Strömungsvorgängen in eingedeichten und ausgedehnten Talräumen und den dort im Hochwasserfall auftretenden Ausuferungen notwendig ist.

Die Berechnungsmethodik setzt ein vertikal stetiges Strömungsverhalten über den Querschnitt voraus. Zwischen den benachbarten Querschnitten wird ein linearer Verlauf des Rauheitswertes angenommen.

Um das Differentialgleichungssystem zu lösen, müssen alle Rand- und Anfangsbedingungen und die Systemgeometrie bekannt sein. Die Systemgeometrie wird durch Profile, Peilungen, Bauwerksdaten und weitere Geländedaten bestimmt. Rand- und Anfangsbedingungen umfassen Angaben über zeitliche Zuflüsse $Q(t)$ am oberen Modellrand, Zuflüsse im Verlauf des Fließgewässers bzw. Gewässersystems sowie Wasserstände am unteren Modellrand. Der Gewässerquerschnitt wird in nebeneinander liegende Abflussstreifen untergliedert und vertikal integriert. Es erfolgt eine getrennte Integration für jeden dieser Streifen. Durch Addition der einzelnen Abflussstreifen werden die querschnittsgemittelten Werte bestimmt. Die Auflöserung des Lösungsgitters wird durch die Vorgabe von Orts- und Zeitschritten bestimmt.

Eine weitere Beeinflussung der Wasserstände kann durch Querbauwerke im Fließquerschnitt erfolgen. Dies sind im Allgemeinen Brücken, Durchlässe, über- oder unterströmbare Wehre, Sperrwerke, Schleusen sowie Sohlabstürze, Sohlschwelen und -gleiten.

Die Voraussetzungen für eine 1-dimensionale Berechnungsmethode sind unter Berücksichtigung der Hochwasserschutzplanungen mit einer definierten Begrenzung des Abflussquerschnitts durch Verwallungen oder Wände gegeben.

Für den Zustand ohne Hochwasserschutzmaßnahmen, bei denen es in Teilbereichen des untersuchten Gewässerstranges zum Ausströmen und Abfließen von Wassermengen über die Ränder des Abflussquerschnitts hinaus kommen wird, sind die Bedingungen einer 1d-Berechnung nicht mehr erfüllt. Dazu ist eine 2-dimensionale (2d) oder gekoppelte 1d-/2d-Berechnung erforderlich. Im Rahmen der Ermittlung von sich einstellenden Überschwemmungsflächen ohne Hochwasserschutzmaßnahmen wurde die 1d-/2d-Modelltechnik eingesetzt. Die 1d-/2d-Berechnungen wurden im Auftrag des NLWKN, Betriebsstelle Stade, ermittelt (vgl. [2]) und sind nicht Bestandteil der hier vorliegenden Untersuchungen. Die Ergebnisse der Berechnungen wurden aber in der vorliegenden Untersuchung berücksichtigt.

2.4.2 Kalibrierung und Modellgenauigkeiten

Das 1d-Berechnungsmodell für die Este wurde im Rahmen der vorangegangenen Untersuchungen aufgestellt und kalibriert. Für das Stadtgebiet lagen Profilinformatoren mit einem Abstand von i.M. 40 m vor. Im Bereich unterhalb von Buxtehude betrug der Profilabstand i.M. 200 m. Zwischen den Profilen wird linear interpoliert.

Für eine bestmögliche Nachbildung der Fließverhältnisse in der Realität und für Fragestellungen zum Hochwasserschutz wurde das Berechnungsmodell für den Betriebszustand und anhand des Hochwasserereignisses vom Juli 2002 kalibriert und plausibilisiert.

Im Rahmen der 1-Modellierung erfolgt die Kalibrierung i.d.R. durch Variation der Reibungs- und Bewuchsparameter innerhalb physikalisch sinnvoller Grenzwerte, bis berechnete Wasserstände ausreichend genau mit gemessenen übereinstimmen.

Für die Kalibrierung des Berechnungsmodells für die Este wurde das Hochwasserereignis vom Juli 2002 herangezogen, für das eine vergleichsweise gute Datengrundlage zur Verfügung stand und das Ereignis bzgl. der Abflussmengen eine sehr hohe Belastung darstellte. Es wurden Rauheitsbeiwerte von i.M. $k_{St} = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ für den Flussschlauch und von i.M. $k_{St} = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ für die bewachsenen Ufer- und Vorlandbereiche herausgearbeitet. An den Kontrollpunkten „Buxtehude Hafen“ (Stat. 12+000) und „Buxtehude Stadtwerke“ (Stat. 13+674) konnten damit gute Übereinstimmungen zwischen den gemessenen und berechneten Wasserständen erreicht werden, die Abweichungen betragen nur wenige Zentimeter.

Hinweise zur Modellgenauigkeit

Eine pauschale Vorgabe bzgl. der zu erreichenden Rechengenauigkeit ist grundsätzlich nicht möglich. Es wird darauf hingewiesen, dass die eingesetzte Modelltechnik für die vorliegende Aufgabenstellung eine sinnvolle und wirtschaftlich angemessene Berechnungsmethode darstellt und damit eine bestmögliche Annäherung der Strömungsverhältnisse an die natürlichen Verhältnisse möglich ist. Dennoch beinhaltet die Modellierung verschiedene Annahmen und Vereinfachungen. Neben der erforderlichen geometrischen Interpolation zwischen den Gewässerquerprofilen (s.o.) und der Messdatengenauigkeit der Eingangswerte (terrestrische Vermessung, Flächendaten) beinhalten auch die zu verwendenden, und im Laborversuch ermittelten Rauheitswerte nach dem Fließgesetz von Manning-Strickler, als bestmögliche Näherung Restunsicherheiten.

Weitere Ausführungen zur 1-d-Modellierung und Angaben zu Modellgenauigkeiten und modellspezifischen Vereinfachungen befinden sich u.a. in [1].

2.4.3 Bemessungslastfälle

Mit dem kalibrierten / plausibilisierten Berechnungsmodell wurden anschließend die nachfolgenden Bemessungslastfälle (LF) untersucht. Da es sich bei dem Untersuchungsgebiet um den Übergangsbereich zwischen Geest und Marsch handelt und die Einflüsse sowohl aus dem Ober- als auch dem Unterwasser unterschiedlich zum Tragen kommen, werden 2 Bemessungslastfälle untersucht. Die Bemessungslastfälle setzen sich aus der oberwasserseitigen Abflussrandbedingung, seitlichen Zuflüssen aus Schöpfwerksbetrieb sowie einer unteren Wasserstandsrandbedingung in der Elbe zusammen.

Lastfall 1 (LF1)

Binnenzuflüsse

Am oberen Modellrand, oberhalb der Stauschleuse Altkloster (Stat. 14+200) wurde eine Hochwasserabflussganglinie als Binnenzufluss angesetzt. Der Scheitelabfluss dieser Welle wurde mit der nachfolgenden Abflussfunktion gemäß eines vorgegebenen Regionalisierungsansatzes (Quelle: NLWKN, Stade, 2008, entnommen aus [10]) berechnet:

$$Hq_{100} = 453,7 \times A_{E0}^{-0,1585}$$

Das oberirdische Einzugsgebiet der Este bis zum oberen Modellrand beträgt gemäß gewässerkundlichem Flächenverzeichnis für Niedersachsen bzw. den Vorgaben durch den NLWKN $A_{E0} = 301,9 \text{ km}^2$. Daraus resultiert eine Gebietsabflussspende am oberen Modellrand von

$$Hq_{100} = 453,7 \times 301,9^{-0,1585} = 183,53 \text{ l/skm}^2.$$

Der Scheitelabfluss berechnet sich damit zu:

$$HQ_{100} = 183,53 \times 301,9 \text{ km}^2 = 55,41 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Im Rahmen der vorangegangenen hydraulischen Berechnungen wurde die Form der Abflussganglinie anhand einer analytischen Wellenfunktion (vgl. [4]) mit den maßgeblichen Parametern Scheitellaufzeit t_s , Scheitelhöhe Q_s und Formfaktor m bestimmt, siehe Gleichung 1.

$$\frac{Q(t)}{Q_s} = \frac{t}{t_s} \cdot e^{-\left(m-m \cdot \frac{t}{t_s}\right)} \quad (1)$$

Als Grundlage dafür dienten neben dem Hochwasserereignis vom Juli 2002 weitere abgelaufene Hochwasserereignisse am Pegel „Emmen“.

Ereignisbezogene Abflussganglinien für jedes Schöpfwerk an der Este liegen nicht vor. Auch hängen die Förderdauern während eines Hochwasserereignisses stark von den vorherrschenden hydrologischen Randbedingungen (u.a. Vorbelastung des Grabensystems und des Bodenspeichers, Niederschlagsintensität und -dauer) und der manuellen Steuerung ab. Um dennoch den örtlichen Begebenheiten Rechnung zu tragen und für die Hochwasserverhältnisse in der Este angemessene Zuflüsse zu berücksichtigen, wurden Zuflussganglinien unter Berücksichtigung der obigen Kennwerte abgeleitet. Neben dem zeitlichen Verlauf der Hochwasserwelle aus dem Oberlauf wurde der maximal mögliche Schöpfwerkszufluss in einem iterativen Vorgang gemäß Abb. 2 abgeschätzt. Darüber hinaus wurde überprüft, ob sich daraus ein Abflussvolumen in einer sinnvollen Größenordnung (z.B. Abflussbeiwerte < 1) ergibt.

Unter Beachtung der obigen Randbedingungen wurden Ganglinien mit einem Maximum der Gesamtförderleistung aller Schöpfwerke an der Este von rd. $11 \text{ m}^3/\text{s}$ und einem Direktabflussvolumen von rd. 2,8 Mio. m^3 generiert (s. Dok. 1.3). Bezogen auf einen 100-jährlichen Niederschlag gemäß KOSTRA¹ von 75 mm in 24 Stunden (s. Dok. 2) würde dies einem Abflussbeiwert von etwa 0,6 entsprechen.

¹ KOSTRA – Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen: eine Software des Instituts für technisch-wissenschaftliche Hydrologie, Hannover auf Datenbasis des DWD, Deutscher Wetterdienst, Offenbach; Stand der Technik für hydrologisch-wasserwirtschaftliche Untersuchungen

Aussenwasserstände

Für den Lastfall 1 wurde eine Wasserstandsganglinie der Elbe bei einer konstanten mittleren Tide angesetzt. Für die Tidehauptwerte wurden die Angaben gemäß Vorgabe durch den NLWKN, Betriebsstelle Stade, aus vorangegangenen Untersuchungen übernommen (MThw: +1,93 mNN, MTnw: -1,44 mNN, Flutdauer 5 Std. 13 Min., Ebbdauer 7 Std. 13 Min.)

Stauanlagen- und Sperrwerksbetrieb

Gemäß den o.g. Sperrwerksordnungen für das Innere und das äußere Este-Sperrwerk (vgl. Kap. 2.3.1) sind bei einer konstanten mittleren Tide keine Schließungen vorzunehmen. Die Lastfallberechnung wurde mit vollständig geöffneten Sperrwerken durchgeführt.

Die Wehranlage am Marschtorzwinger wurde für den Maximalabfluss im Rahmen der hydraulischen Berechnung als vollständig geöffnet berücksichtigt.

Die Stauanlage der Schleuse Altkloster wurde für den Maximalabflusses ebenfalls als vollständig geöffnet angesetzt.

Lastfall 2 (LF2)

Binnenzuflüsse

Am oberen Modellrand, oberhalb der Stauschleuse Altkloster, wurde eine Hochwasserabflussganglinie eines 5-jährlichen Ereignisses als Binnenzufluss angesetzt (siehe Dok. 1.1 / [6]). Der Scheitelwert der Welle wurde durch den Gewässerkundlichen Landesdienst (GLD), Betriebsstelle Stade, mit $HQ_5 = 17,0 \text{ m}^3/\text{s}$ vorgegeben (s. Dok. 1.2 / [7]). Weiterhin wurde der charakteristische Wellenverlauf gemäß der o.g. Vorgehensweise verwendet und gemäß dem vorgegeben Scheitelabfluss skaliert.

Für den Zufluss aufgrund von Schöpfwerksbetrieb wurde in analoger Weise wie für Lastfall 1 beschrieben vorgegangen. Es resultieren Abflussganglinien mit einem Maximum der Gesamtförderleistung aller Este-Schöpfwerke von rd. $8 \text{ m}^3/\text{s}$ und einem Direktabflussvolumen von rd. 2,0 Mio. m^3 (s. Dok. 1.4). Bezogen auf einen 5-jährlichen Niederschlag von 48 mm in 24 Stunden (vgl. Dok. 2) würde dies einem Abflussbeiwert von etwa 0,6 entsprechen.

Aussenwasserstände und Sperrwerksbetrieb

Für den Lastfall 2 wurde eine synthetische Wasserstandsganglinie am Pegel Cranz angesetzt, aus der eine Sperrzeit der Este-Sperrwerke über eine Zeitdauer von 3 Tiden (ca. 36 h) resultiert. Das äußere Este-Sperrwerk ist gemäß Betriebsordnung spätestens bei Wasserständen von 780 cm PNP (2,80 mNN) zu schließen (s. o.). Für die Konstruktion der Bemessungsrandbedingung bedeutet dies Tideniedrigwasserstände für das 2. und 3. Tnw über 2,80 mNN. Weiterhin wurde bei dieser Randbedingung unterstellt, dass unabhängig von der Höhe des 2. und 3. Tnw keine Zwischenentlastung erfolgen kann.

Das innere Este-Sperrwerk wird gemäß Betriebsanordnung bei einer Sturmflutwarnung für ein Ereignis dieser Größenordnung bereits bei Niedrigwasser geschlossen. Weiterhin wurde als Bemessungsrandbedingung durch den NLWKN Stade vorgegeben, dass das innere Este-Sperrwerk bei gleichen Wasserständen am Binnen- und Außenpegel des inneren Este-Sperrwerks geöffnet wird, um das Stauvolumen zwischen dem inneren und dem äußeren Este-Sperrwerk zu nutzen.

Die Wehranlage am Marschtorzwinger wurde wie im Lastfall 1 in Abhängigkeit der resultierenden Wasserstände bis zur vollständigen Öffnung berücksichtigt. Die Stauschleuse Altkloster wurde im Zuge der Berechnung so berücksichtigt, dass der für die vollständige Ableitung des Hochwasserabflusses erforderliche Querschnitt zur Verfügung steht.

2.4.4 Berechnungsvarianten für die Hochwasserschutzplanung

Im Zuge der Planungen zum Hochwasserschutz wurden verschiedene geometrische Berechnungsvarianten untersucht. Die Varianten werden nachfolgend kurz aufgeführt.

- **Variante 1:**
 - mit Hochwasserschutzanlagen zur Verhinderung des seitlichen Ausströmens
 - mit allen Brücken (Straßen-, Fußgänger- und Versorgungsbrücken) im Stadtgebiet
 - mit Gewässersohle gemäß Ausbauprofil von 1958

- **Variante 2:**
 - mit Hochwasserschutzanlagen zur Verhinderung des seitlichen Ausströmens
 - mit Straßenbrücken im Stadtgebiet (alle anderen Brücken werden nicht berücksichtigt)
 - mit Gewässersohle gemäß Ausbauprofil von 1958

- **Variante 3:**

- mit Hochwasserschutzanlagen zur Verhinderung des seitlichen Ausströmens
- mit allen Brücken (Straßen-, Fußgänger- und Versorgungsbrücken) im Stadtgebiet
- mit Gewässersohle gemäß terrestrischer Vermessung (06/2008) inkl. Sediment-
eintrag

Für jede Variante wurden die beiden o.g. Bemessungslastfälle (LF1 und LF2) mit den damit verbundenen Betriebssteuerungen (Sperrwerke, Stauanlagen, Schöpfwerke) angesetzt.

3 Ergebnisse

3.1 Maximalwasserstände

Die Ergebnisse der 1d-Berechnung wurden zunächst tabellarisch für den Untersuchungsabschnitt der Este ausgegeben. In Tab. 5 sind die Maximalwasserstände an ausgewählten Gewässerstationen angegeben. Zusätzlich sind auch die Maximalwerte des Hochwasserereignisses vom Juli 2002 enthalten. In Ergänzung wurden in diese Tabelle auch die resultierenden Maximalwasserstände für den Ist-Zustand, d.h. ohne Durchführung von Hochwasserschutzmaßnahmen mit übernommen. Die Ergebnisse stammen aus einer separaten Untersuchung, basierend auf einer gekoppelten 1d/2d-Berechnung, bei der Wassermengen im Bereich von Buxtehude aus der Este über die Ufer treten und Teile des Stadtgebietes überschwemmen, nähere Erläuterungen siehe Kap. 3.3.

Tab. 5: Maximalwasserstände in der Este: Lastfälle 1 und 2

Variante		Örtlichkeit: Este-Stat. [km]:	Pegel Bux. Hafen	OW Wehr Marschtor	UW Brücke Poststraße	UW Brücke Parkstraße	UW Brücke Gildeweg	UW Brücke Estestraße	UW Wehr "Granini"
			12+000 [mNN]	12+300 [mNN]	12+981 [mNN]	13+110 [mNN]	13+421 [mNN]	13+770 [mNN]	14+046 [mNN]
Bestand	-mit allen Brücken -mit <u>Sohle 2008</u>	max. WSP LF1 HQ100 / MTw	2,41	2,53	3,24	3,37	3,55	3,84	4,22
		max. WSP LF2 HQ5 / 3 Sperrtiden	3,16	3,16	3,18	3,19	3,22	3,29	3,41
Variante 1	-mit allen Brücken -mit <u>Sohle 1958</u>	max. WSP LF1 HQ100 / MTw	2,47	2,53	3,30	3,40	3,69	3,90	4,13
		max. WSP LF2 HQ5 / 3 Sperrtiden	3,26	3,27	3,31	3,32	3,36	3,39	3,43
Variante 2	-mit STR-Brücken -mit <u>Sohle 1958</u>	max. WSP LF1 HQ100 / MTw	2,47	2,53	3,28	3,37	3,62	3,80	4,00
		max. WSP LF2 HQ5 / 3 Sperrtiden	3,26	3,27	3,31	3,32	3,34	3,37	3,41
Variante 3	-mit allen Brücken -mit <u>Sohle 2008</u>	max. WSP LF1 HQ100 / MTw	2,47	2,53	3,29	3,39	3,70	4,03	4,39
		max. WSP LF2 HQ5 / 3 Sperrtiden	3,26	3,27	3,32	3,32	3,36	3,41	3,51
max. WSP Juli 2002			2,29					ca. 3,15	

maßgebliche Maximalwasserspiegel je Variante fettgedruckt
UW: Unterwasser

Bei allen Varianten resultiert der Schnittpunkt der maximalen Wasserspiegellinien der beiden untersuchten Lastfälle im Unterwasser der Brücke Poststraße (Stat. 12+981). Bis dahin ist unterwasserseitig der Lastfall 2 maßgeblich, oberwasserseitig der Lastfall 1.

Der Rückbau der Fußgängerbrücken (Variante 2) wirkt sich gegenüber der Variante 1 (mit allen Brücken) nennenswert erst im oberen Drittel der untersuchten Gewässerstrecke aus. Die Reduzierung des Maximalwasserspiegels beträgt etwa 15 cm.

Der Einfluss von Sediment auf der Gewässersohle (Variante 3) wird ebenfalls im oberen Drittel der Gewässerstrecke deutlich erkennbar. Hier resultiert eine Erhöhung des Wasserspiegels gegenüber der Variante 1 um maximal rd. 25 cm.

Die Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen in tabellarischer Form einschl. weiterer hydraulischer Parameter (Fließgeschwindigkeit, Schubspannung) sind in Dok. 4 angefügt.

3.2 Hydraulische Längsschnitte

Eine Darstellung der berechneten Maximalwasserspiegellagen in Form von hydraulischen Längsschnitten zu den o.g. Varianten 1 bis 3 für den Bereich des Stadtgebietes befindet sich in Anl. 2. Darin sind auch die Bauwerke mit Abmessungen mit dargestellt.

Für die Variante 1 (mit Brücken, mit Gewässersohle 1958) ist ein hydraulischer Längsschnitt für den Gewässerabschnitt der Este von der Stauschleuse Altkloster bis zur Mündung in die Elbe in Abb. 3 dargestellt. Darin ist auch der Wirkungsbereich der beiden untersuchten Lastfälle enthalten.

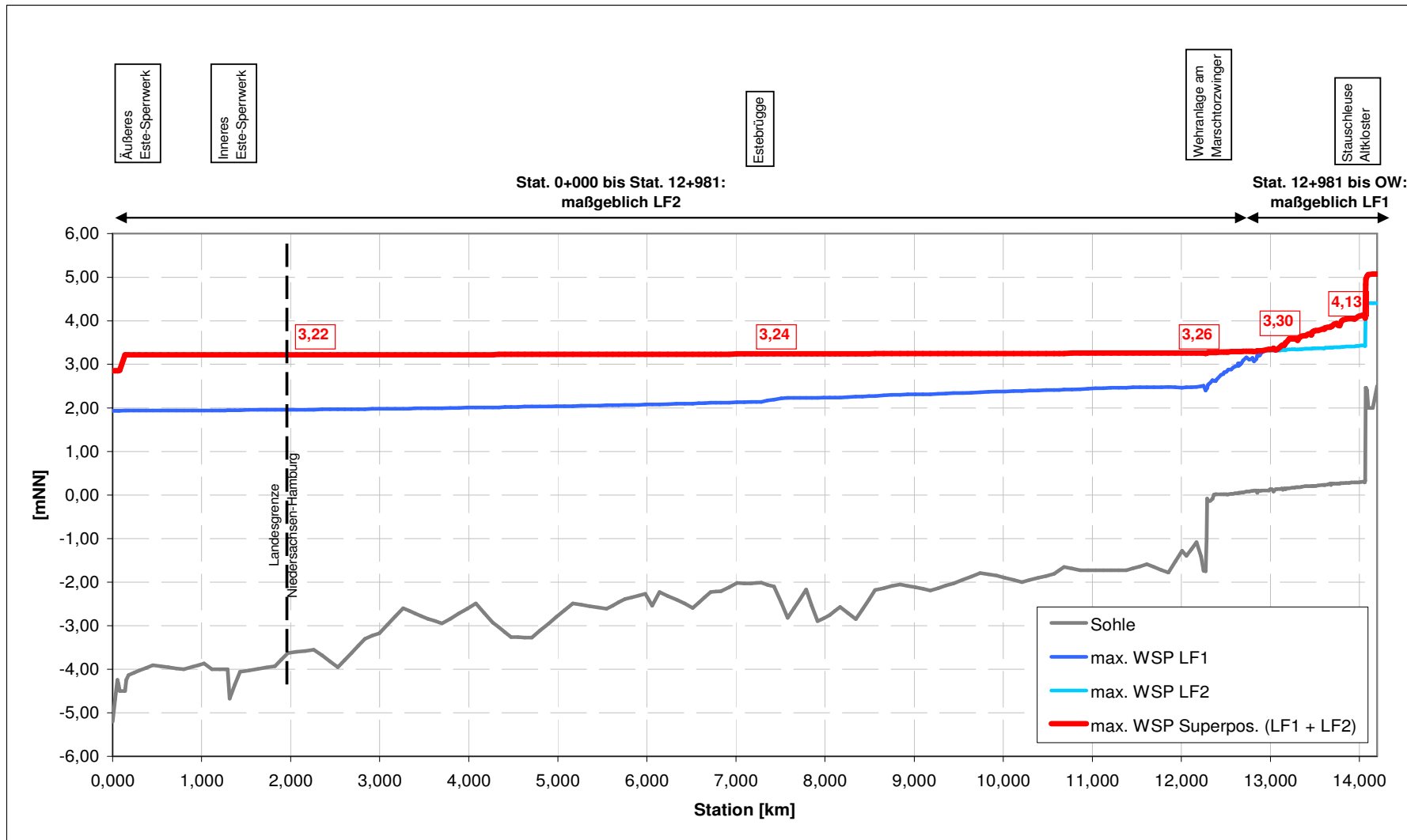


Abb. 3: Hydraulischer Längsschnitt Este, Stat. 0+000 bis Stat. 14+200: mit Hochwasserschutzmaßnahmen

3.3 Überschwemmungsflächen im Ist-Zustand (ohne Durchführung von Hochwasserschutzmaßnahmen)

Um die Auswirkungen der geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen gegenüber dem Bestand, d.h. ohne Durchführung von Maßnahmen zu analysieren, wurden zunächst die Berechnungsergebnisse für die Ermittlung von Überschwemmungsgebieten für die Untere Este und die Stadt Buxtehude nachrichtlich mit Stand vom Oktober 2014 vom NLWKN, Betriebsstelle Stade, übernommen und ausgewertet.

Bei der Ermittlung der Überschwemmungsgebiete wurden die Strömungsverhältnisse ohne Verhinderung des seitlichen Ausströmens unter Einsatz einer gekoppelten 1d/2d-Modells berechnet. Weiterhin wurde bei der Ermittlung des Überschwemmungsgebietes die Gewässersohle gemäß terrestrischer Vermessung aus dem Jahr 2008 (mit Sedimentauflage) berücksichtigt.

3.3.1 Lastfall 1 (ohne Hochwasserschutzmaßnahmen)

Bei dem Lastfall 1 reicht die hydraulische Leistungsfähigkeit des Gewässerquerschnitts im Stadtgebiet in Teilen nicht aus, die Wassermengen durchzuleiten. Es kommt zur Ausströmung, vor allem im Bereich oberhalb der Poststraße. Während des Bemessungsereignisses strömen rd. **400.000 m³** in die links- und rechtsseitig angrenzenden Bereiche und führen zu großflächigen Überschwemmungen (vgl. Anl. 3). Die von Hochwasser betroffenen bzw. überströmten Flächen im Bereich von Buxtehude umfassen rd. **1,9 Mio. m²**.

3.3.2 Lastfall 2 (ohne Hochwasserschutzmaßnahmen)

Bei **Lastfall 2** staut das Gewässer aufgrund der langen Sperrzeit an den Este-Sperrwerken vom Unterwasser kommend auf. Hier kommt es vor allem im Bereich zwischen Marschtor und Stadtpark und in Teilen auch oberhalb der Poststraße zum Ausströmen in die linksseitig angrenzenden Gebiete (vgl. Anl. 3). Das Ausflussvolumen beträgt rd. **170.000 m³**. Die von Hochwasser betroffene Fläche im Bereich von Buxtehude beträgt rd. **960.000 m²**.

Die resultierenden Maximalwasserstände für beide Lastfälle wurden in einem hydraulischen Längsschnitt für den Gewässerabschnitt der Este bis zur Mündung in die Elbe dargestellt. Auch hier wurde eine Überlagerung der beiden Lastfälle durchgeführt und der Wirkungsbereich des jeweils maßgeblichen Lastfalls ermittelt.

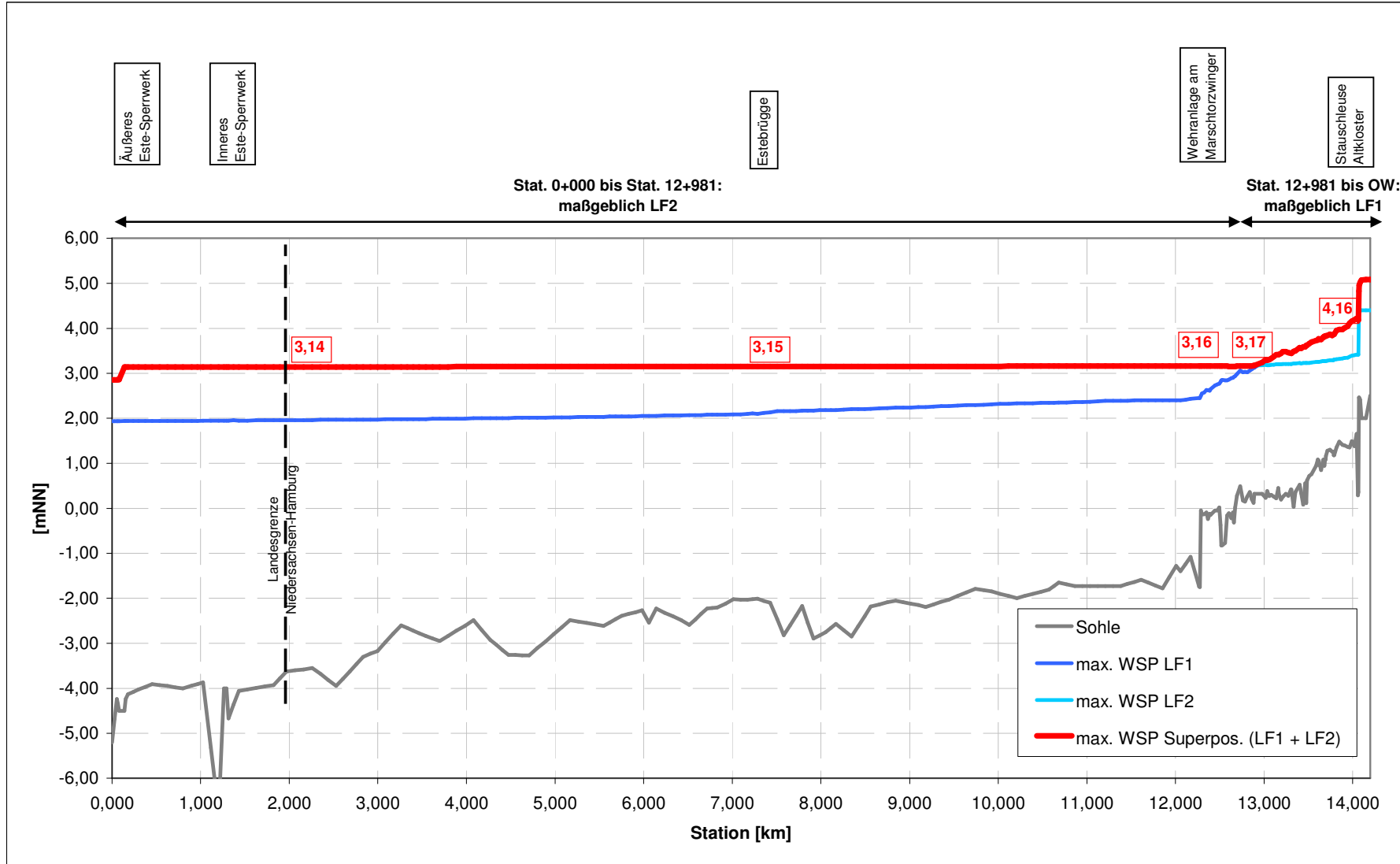


Abb. 4: Hydraulischer Längsschnitt Este, Stat. 0+000 bis Stat. 14+200: ohne Hochwasserschutzmaßnahmen

Das Überschwemmungsgebiet im Bereich der Stadt Buxtehude resultiert aus der Überlagerung der bei beiden Lastfällen betroffenen Überschwemmungsflächen, s. Dok. 3.

3.4 Auswirkungen auf die Unterlieger

3.4.1 Auswirkungen im Bereich Buxtehude-Hafen bis zur Landesgrenze

Die Analyse der Wirkungsbereiche der beiden Lastfälle hat ergeben, dass sowohl im Ist-Zustand als auch bei Durchführung der Hochwasserschutzmaßnahmen für den Unterlauf der Este der Lastfall 2 maßgebend ist. Um die Auswirkungen der Hochwasserschutzmaßnahmen zu quantifizieren, wurden zunächst die Maximalwasserstände für beide Situationen im Längsschnitt dargestellt, s. Abb. 5.

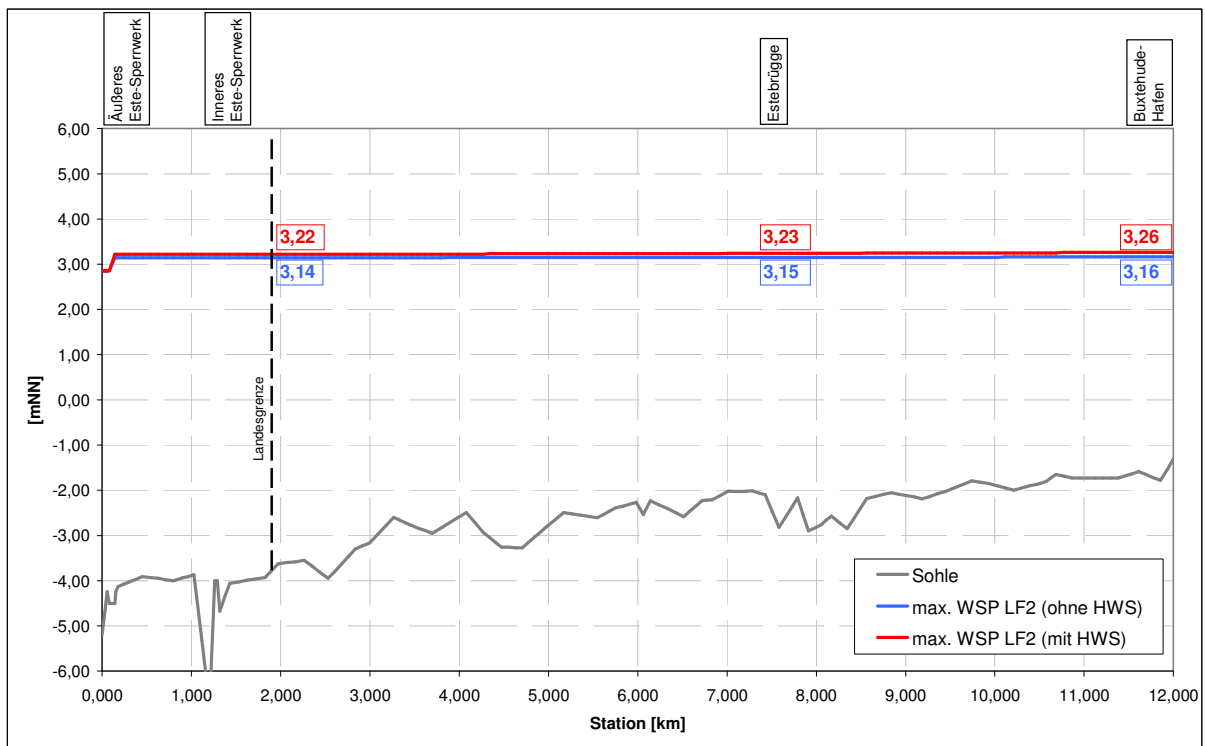


Abb. 5: Hydraulischer Längsschnitt Este, Stat. 0+000 bis Stat. 12+000: Maximalwasserstände LF2 mit und ohne Hochwasserschutzmaßnahmen in Buxtehude

Die Unterschiede betragen im Bereich der Landesgrenze ca. 8 cm (3,14 mNN / 3,22 mNN) und im Bereich von Buxtehude-Hafen ca. 10 cm (3,16 mNN / 3,26 mNN). Weiterhin wurden die flächenhaften Auswirkungen der Hochwasserschutzmaßnahmen auf die Unterlieger in Überschwemmungskarten im Maßstab 1:500 dargestellt. In Anl. 4 sind beispielhaft die Kartenblätter für die Bereiche Landesgrenze, Estebücke und Buxtehude-Hafen angefügt. Diverse weitere Kartendarstellungen befinden sich auf dem beigefügten Datenträger, s. Dok. 5.

Durch die Hochwasserschutzmaßnahmen und die Verhinderung des seitlichen Ausströmens von Wassermengen im Stadtgebiet von Buxtehude erhöht sich der Maximalwasserstand im Bereich von Buxtehude Hafen um 10 cm auf 3,26 mNN und an der Landesgrenze um 8 cm auf 3,22 mNN. Die flächenhaften Betroffenheiten dehnen sich an den Rändern in Teilbereichen mit Wohnbebauung geringfügig aus.

Sämtliche betroffenen Flächen zwischen Buxtehude Hafen und der Landesgrenze befinden sich innerhalb des mit Landesverordnung vom 01.06.1973 festgesetzten und bestehenden Überschwemmungsgebietes. Das Überschwemmungsgebiet umfasst die zwischen den wasserseitigen Deichkronen gelegenen Flächen.

3.4.2 Auswirkungen im Bereich der Freien und Hansestadt Hamburg

Die Freie und Hansestadt Hamburg (FHH) beabsichtigt, im Bereich zwischen der Landesgrenze und der Mündung in die Elbe ein Überschwemmungsgebiet festzusetzen. Dafür wurde die Überlagerung eines 5-jährlichen Binnenhochwasserereignisses mit einem Sperrwerksbetrieb von ca. 36 Stunden Sperrzeit als maßgebliches Bemessungsereignis festgelegt. Dieses Ereignis wird mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von $T = 100$ Jahren eingestuft. Der für Hamburg relevante Bemessungslastfall ist damit übereinstimmend mit dem Lastfall 2 dieser Untersuchung. Es wurde dabei vom Ist-Zustand, d.h. ohne Durchführung von Hochwasserschutzmaßnahmen im Bereich von Buxtehude ausgegangen. Alle weiteren Randbedingungen (Zuflüsse, Stauanlagen und Schöpfwerksbetrieb) sind mit denen aus dieser Untersuchung identisch. Der Maximalwasserstand für den hamburgischen Este-Abschnitt beträgt 3,14 mNN.

Es resultieren Überschwemmungen im Bereich von Cranz, links- und rechtsseitig des Gewässers und vor allem im Bereich des Sportplatzes, Este-Stat. 1+600, linkes Vorland..

Durch die Hochwasserschutzmaßnahmen und die Verhinderung des seitlichen Ausströmens von Wassermengen im Stadtgebiet von Buxtehude erhöht sich der Maximalwasserstand im Bereich zwischen Landesgrenze und Mündung in die Elbe um 8 cm auf 3,22 mNN. Die flächenhaften Betroffenheiten dehnen sich an den Rändern in Teilbereichen mit Wohnbebauung und im Bereich des Sportplatzes an der Straße Estebogen geringfügig aus.

3.4.3 Auswirkungen bei Inkrafttreten der neuen Sperrwerksordnung des inneren Este-Sperrwerks

Im Zuge der durchgeführten Untersuchungen wurde die bisher geltende Sperrwerksordnung des inneren Este-Sperrwerks von 1992 berücksichtigt. Bei dem für den Unterlauf maßgeblichen Lastfall 2 wurde die Schließung bei T_{nw} berücksichtigt. Gemäß der neuen Sperrwerksordnung würde bei einem zu erwartenden sehr schweren Sturmflutereignis ebenfalls bei Niedrigwasser geschlossen. Es ergeben sich somit für den Bemessungslastfall gegenüber der bisherigen Schließordnung keine Veränderungen bzw. es sind bedingt durch die neue Schließordnung bei Durchführung der Hochwasserschutzmaßnahmen keine höheren oder niedrigen Wasserstände zu erwarten als bei der bisherigen Schließordnung und den geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen.

4 Zusammenfassung

Als Grundlage für die Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen im Stadtgebiet von Buxtehude wurden hydraulische Untersuchungen mit Hilfe eines 1d-instationären Berechnungsmodells durchgeführt.

Es wurden zwei Bemessungslastfälle gemäß Vorgabe durch den NLWKN, Betriebsstelle Stade, angesetzt. Lastfall 1 enthält die Überlagerung eines 100-jährlichen Binnenabflusses einschl. Zuflüssen aus Schöpfwerksbetrieb mit einer mittleren Tide in der Elbe. Lastfall 2 beschreibt das Zusammenwirken eines 5-jährlichen Binnenabflusses mit einem Wasserstandsverlauf in der Elbe, bei der eine Schließung der Este-Sperrwerke über etwa 3 Tiden resultiert. Beide Lastfälle wurden durch den NLWKN als gleichrangig bewertet und mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von $T = 100$ Jahren eingestuft.

Die Maximalwasserspiegellagen bei den o.g. Lastfällen wurden für verschiedene geometrische Varianten berechnet. Neben dem möglichen Einfluss von Brückenquerschnitten wurden u.a. auch die Auswirkungen von Sedimentauflagen auf der Gewässersohle untersucht.

Bei allen Varianten ergibt sich ein Schnittpunkt der berechneten Maximalwasserstände bei den beiden Lastfällen im Stadtgebiet von Buxtehude im Bereich der Poststraße. Im unteren Abschnitt, unterhalb der Poststraße, resultieren Wasserstände bis etwa 3,30 mNN im Lastfall 2. Oberhalb der Poststraße wird Lastfall 1 maßgeblich. Die Wasserstände steigen bis zur Stauschleuse Altkloster bis etwa 4,30 mNN an.

Darüber hinaus wurden unter Hinzunahme von Berechnungsergebnissen, welche mit dem Ziel der Ermittlung von Überschwemmungsflächen im Bereich von Buxtehude unter Einsatz eines gekoppelten 1d/2d-Berechnungsmodells ermittelt wurden, die Auswirkungen der geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen auf die Unterlieger analysiert. Durch die geplanten Hochwassermaßnahmen werden großflächige Überschwemmungen im Bereich des Stadtgebietes durch seitliche Einengungen und Verwallungen verhindert. Die dadurch bedingten Wasserspiegelanstiege unterhalb des Stadtgebietes liegen bei ca. 10 cm im Hafen von Buxtehude und 8 cm im Bereich der Landesgrenze. Sämtliche betroffenen Flächen zwischen Buxtehude Hafen und der Landesgrenze befinden sich innerhalb des mit Landesverordnung vom 01.06.1973 festgesetzten und bestehenden Überschwemmungsgebietes.

Im Bereich der Freien und Hansestadt Hamburg im Abschnitt zwischen Landesgrenze und Mündung in die Elbe resultieren bedingt durch die Hochwasserschutzmaßnahmen in Buxtehude für den maßgeblichen Bemessungslastfall ca. 8 cm höhere Wasserstände als im Bestand. Dadurch vergrößert sich die flächenhafte Ausdehnung der Überschwemmungsflächen in Teilbereichen mit Wohnbebauung und im Bereich des Sportplatzes.

Bei Berücksichtigung der neuen Sperrwerksordnung für das Innere Estesperwerk resultieren für den maßgeblichen Bemessungslastfall bei Durchführung der Hochwasserschutzmaßnahmen keine Veränderungen gegenüber der Betriebsweise gemäß der bestehenden und zz. gültigen Sperrwerksordnung.

Hamburg, am 29. April 2015

gez. Lutz Krob
(Geschäftsführer)

gez. Nils Petersen
(Dipl.-Ing.)

Quellen

- [1] BWK (1999): Merkblatt M1/1999 – Hydraulische Berechnung von naturnahen Fließgewässern, Teil 1: Stationäre Berechnung der Wasserspiegellinie unter besonderer Berücksichtigung von Bewuchs- und Bauwerkseinflüssen
- [2] BWS (2014): Ermittlung des technischen Überschwemmungsgebietes der Este auf der Stadtstrecke Buxtehude im Landkreis Stade – Anwendung eines 1d/2d-Berechnungsmodells, Auftraggeber NLWKN Stade, Stand: Oktober 2014
- [3] DHI, 2009. A Modelling System for Rivers and Channels. Softwaredokumentation. Danish Hydraulic Institute
- [4] Dyck, S, Peschke, G. (1983): Grundlagen der Hydrologie, Ernst und Sohn Verlag, Berlin
- [5] Galla und Partner/BWS GmbH (2008): Verbesserung des Hochwasserschutzes im Innenstadtbereich von Buxtehude
- [6] NLWKN (2014): Antwort-Schreiben der NLWKN-Direktion Norden vom 19.06.2014 auf die Anfrage der Stadtentwässerung Buxtehude zu maßgeblichen Bemessungslastfällen vom 21.03.2014
- [7] NLWKN (2012): Hochwasserbemessungswerte für die Este in Buxtehude, Gewässerkundlicher Landesdienst, 07.11.2012
- [8] NLWKN (2013): Fördermengen der Schöpfwerke aus dem Alten Land in die Este, tabellarische Zusammenstellung, Endfassung vom 10.11.2013
- [9] NLWKN (2012): Leistungsbeschreibung - Technischer Teil (Teil B) - Vergabeverfahren 3.3/B 2/12 – für die Lieferung von luftgestützten Laserscandaten der Wesermarsch und des Este-Überschwemmungsgebietes, Verfasser: NLWKN, Betriebsstelle Norden, 26.11.2012
- [10] Stadt-Land-Fluss-Ingenieurdienste GmbH (2007): Ermittlung der natürlichen Überschwemmungsgrenzen für ein HQ100 für den Oberlauf der Este bis zur Wehranlage in Buxtehude – Ergänzende Untersuchungen zum Bericht vom 19.01.2005, Erläuterungsbericht vom 04.12.2007, Auftraggeber NLWKN Stade
- [11] TUHH (2013): Überprüfung der Schließordnung des Inneren Este-Sperrwerks, FE-Bericht im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg, Stand: 26.08.2013