

Niedersachsen Ports GmbH & Co. KG
Niederlassung Cuxhaven

Antrag auf Planfeststellung
für den
Lückenschluss zwischen Europakai
und Offshore-Basishafen Cuxhaven

Gemäß §§ 68 ff WHG iVm §§ 107 ff NWG

Heft 4

Studie
Strömungsgutachten

DHI WASY, Hamburg

NPorts Planung der Liegeplätze 5-7 in Cuxhaven

Untersuchung und Bestimmung von Strömungsgeschwindigkeiten

Studie Strömungsgutachten



Niedersachsen Ports GmbH & Co. KG

Bericht

Mai 2017

Dieser Bericht wurde im Rahmen des DHI Business-Management-Systems
(Bureau Veritas - zertifiziert nach ISO 9001, Qualitätsmanagement) erstellt.



Erstellt von



Bastian Schlenz

Genehmigt von

27.09.2017



Signed by: Oliver Stoschek

NPorts Planung der Liegeplätze 5-7 in Cuxhaven

Erstellt für Niedersachsen Ports GmbH & Co. KG
 Vertreten durch Gabriela Landvogt



*Lage der geplanten Liegeplätze 5-7 in Cuxhaven,
 Google Earth, bearbeitet*

| | |
|--------------------|----------------------------------|
| Projektmanager | Bastian Schlenz, Oliver Stoschek |
| Projektbearbeitung | Janett Brandt, Hans-Ulrich Otto |
| Projektnummer | 14804137 |
| Revision | V1.1 |
| Einstufung | Vertraulich |

INHALT

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Aufgabenstellung | 1 |
| 2 | Vorgehen | 1 |
| 3 | Verwendete Unterlagen | 1 |
| 4 | Modell | 2 |
| 4.1 | Modellaufbau..... | 2 |
| 4.1.1 | Modell – Tideelbemodell von Kollmar bis Scharhörn und Trischen..... | 2 |
| 5 | Modellzeiträume | 5 |
| 5.1 | Hydrologische Randbedingungen | 5 |
| 5.2 | Gemessene Strömungsgeschwindigkeiten im Betrachtungsgebiet..... | 5 |
| 6 | Nachweis der Modellgenauigkeit | 6 |
| 6.1 | Validierung | 6 |
| 6.1.1 | Wasserstand | 6 |
| 6.1.2 | Strömungsgeschwindigkeit..... | 9 |
| 6.1.3 | Salzgehalt | 12 |
| 6.1.4 | Temperatur..... | 14 |
| 6.1.5 | Fazit | 15 |
| 7 | Berechnung der Strömungsdaten..... | 16 |
| 7.1 | Modell..... | 16 |
| 7.1.1 | Strömung..... | 16 |
| 8 | Zusammenfassung..... | 23 |

ABBILDUNGEN

| | | |
|---------------|---|---|
| Abbildung 4-1 | Hydrodynamisches numerisches Modell im Bereich der Tideelbe von Kollmar stromaufwärts bis Scharhörn im westlichen Teil der Nordsee und Trischen im östlichen Teil der Nordsee..... | 3 |
| Abbildung 4-2 | Nahaufnahme des Bereichs Cuxhaven Hafen im Ist-Zustand. Unterschiedliche Maschenweiten werden für die jeweiligen Bereiche genutzt. Im Planungsbereich sind Modellelemente am kleinsten..... | 3 |
| Abbildung 4-3 | Modellaufbau im Bereich des Hafens von Cuxhaven im Plan-Zustand..... | 4 |
| Abbildung 5-1 | Karte des Untersuchungsgebiets mit den Lokationen der Messstationen..... | 5 |
| Abbildung 5-2 | Maximale Ebbstrom- (hellblau) und Flutstromgeschwindigkeit (dunkelblau) an der Position LZ 3c Altenbrucher Bogen im Dezember 2014. Der rote Bereich markiert den Zeitraum, aus dem die Ergebnisse der Strömungsdaten aus dem Modell extrahiert wurden. | 6 |
| Abbildung 6-1 | Validierung der Wasserspiegelauslenkung an der Position Cuxhaven Steubenhöft, Messung (schwarz) und Modell (blau) | 7 |
| Abbildung 6-2 | Validierung der Wasserspiegelauslenkung an der Position Brunsbüttel Mole 1, Messung (schwarz) und Modell (blau) | 8 |

| | | |
|---------------|---|----|
| Abbildung 6-3 | Validierung der Wasserspiegelauslenkung an der Position Kollmar, Messung (schwarz) und Modell (blau) | 9 |
| Abbildung 6-4 | Vergleich der Strömungsgeschwindigkeiten an der Position LZ 3c Altenbrucher Bogen, Messung (schwarz) und Modell (blau) | 10 |
| Abbildung 6-5 | Vergleich der Strömungsgeschwindigkeiten an der Position LZ 4a Steinriff, Messung (schwarz) und Modell (blau) | 11 |
| Abbildung 6-6 | Vergleich der Strömungsgeschwindigkeiten an der Position LZ 1a Brunsbüttel Elbehafen, Messung (schwarz) und Modell (blau) | 12 |
| Abbildung 6-7 | Validierung des Salzgehalts an der Position LZ 3c Altenbrucher Bogen, Messung (schwarz) und Modell (blau) | 13 |
| Abbildung 6-8 | Validierung des Salzgehalts LZ 1a Brunsbüttel Elbehafen, Messung (schwarz) und Modell (blau) | 14 |
| Abbildung 6-9 | Validierung der Wassertemperatur an LZ 3c Altenbrucher Bogen, Messung (schwarz) und Modell (blau) | 15 |
| Abbildung 7-1 | Bathymetrie des Modellgebiets der Tideelbe von Kollmar bis zur Nordsee bei Trischen und Scharhörn. Der markierte Bereich umfasst den Extraktionsbereich der Strömungsdaten..... | 16 |
| Abbildung 7-2 | Strömungsgeschwindigkeit an der Oberfläche bei Ebbphase für den Plan-Zustand | 17 |
| Abbildung 7-3 | Strömungsgeschwindigkeit in der Mitte der Wassersäule bei Ebbphase für den Plan-Zustand..... | 18 |
| Abbildung 7-4 | Strömungsgeschwindigkeit an der Sohle bei Ebbphase für den Plan-Zustand | 19 |
| Abbildung 7-5 | Strömungsgeschwindigkeit an der Oberfläche bei Flutphase für den Plan-Zustand | 20 |
| Abbildung 7-6 | Strömungsgeschwindigkeit in der Mitte der Wassersäule bei Flutphase für den Plan-Zustand..... | 21 |
| Abbildung 7-7 | Strömungsgeschwindigkeit an der Sohle bei Flutphase für den Plan-Zustand | 22 |
| Abbildung 7-8 | Modellergebnisse des Wasserstands und der Strömungsgeschwindigkeit am Standort Cuxhaven Steubenhöft | 22 |

1 Aufgabenstellung

Niedersachsen Ports GmbH & Co. KG plant die Erweiterung des Hafens in Cuxhaven um die Liegeplätze 5 – 7. Die Aufgabe im Rahmen des Projekts „Planung Liegeplätze 5 – 7 in Cuxhaven“ ist es, die Strömungsdaten des im Modell dargestellten Planzustandes zu bestimmen.

Steigende Umschläge und veränderte Schiffsgrößen machen die Erweiterung der vorhandenen Liegeplatzkapazitäten im Seehafen Cuxhaven notwendig. Mit Hilfe von Strömungsdaten sollen Schiffsmanöversimulationen für die geplanten Liegeplätze 5 – 7 durchgeführt werden.

2 Vorgehen

Um die Strömungsverhältnisse im Bereich der geplanten neuen Liegeplätze 5 – 7 ermitteln und für nachfolgende Schiffssimulationen bereitstellen zu können, wurde ein dreidimensionales hydronumerisches Modell (3D HD) der Tideelbe verwendet.

Die Strömung im Hafenbereich wird durch die Bauwerke der geplanten Liegeplätze lokal verändert. In das 3D HD Modell wurden die geplanten Bauten der Liegeplätze integriert, um diese Bauwerksauswirkungen hinreichend genau abbilden zu können.

Der Modellzeitraum umfasst den 17.12.2014 – 31.12.2014, da zu diesem Zeitpunkt maximale Strömungsgeschwindigkeiten im Jahr 2014 gemessen wurden (siehe Kapitel 5.2).

Die Ergebnisse der 3D Strömungssimulation werden dem AG zur Nutzung im Schiffssimulator digital verfügbar gemacht.

3 Verwendete Unterlagen

| | |
|--------------|---|
| BSH | Bathymetrie für die Tideelbe im Bereich der Nordsee, 2014 und 2016 |
| DHI | Bathymetriedaten aus der digitalen Seekarte C-Map auf Grundlage von BSH-Vermessungen, Stand 2017 |
| DHI | Eingangswerte der Salinität, Temperatur und Abfluss aus einem Bestandsmodell |
| NPorts | Planungsunterlagen |
| WSA Cuxhaven | Messdaten (Temperatur, Salzgehalt, Wasserstand, Landmessung, Wind, Strömung, Abfluss) an verschiedenen Messpositionen entlang der Tideelbe, Internetseite „Portal Tideelbe“, www.portaltideelbe |

WSA Cuxhaven

Bathymetrie der Fahrrinne für 2014 und 2016 ab Brunsbüttel flussabwärts bis zum Modellrand

WSA Hamburg

Bathymetrie der Fahrrinne für 2014 und 2016 ab Brunsbüttel flussaufwärts bis zum Modellrand bei Pagensand

4 Modell

Das Programmsystem MIKE 3 FM (Finite Volumen) von DHI und die in ihm enthaltenen Module bilden die Grundlage der numerischen Berechnungen (DHI, 2014a und 2014b). Für die Lösung der Differentialgleichungssysteme wird eine Lösung der 3-dimensionalen inkompressiblen RANSE Gleichung unter Berücksichtigung der Annahmen von Boussinesq verwendet. Das Modell berücksichtigt u.a. die Kontinuitätsgleichung, die Impulsgleichungen sowie die Änderung von Temperatur, Salzgehalt und Dichte.

4.1 Modellaufbau

Das zur Berechnung der Hydrodynamik an den geplanten Liegeplätzen 5-7 verwendete Modell wird im Folgenden beschrieben.

4.1.1 Modell – Tideelbmodell von Kollmar bis Scharhörn und Trischen

Zur Berechnung wurde der entsprechende Modellierungszeitraum mit einem hydrodynamischen numerischen Modell gerechnet, welches flussaufwärts von Kollmar bis nach Scharhörn und Trischen in der Nordsee reicht (Abbildung 4-1). Teile dieses Modells wurden bereits für die Berechnungen zum Wärmelastplan und für den Neubau des Vielzweckhafens an der Elbe in Brunsbüttel verwendet und für diese Untersuchung im Bereich Cuxhaven angepasst und um den Bereich der angrenzenden Nordsee ergänzt.

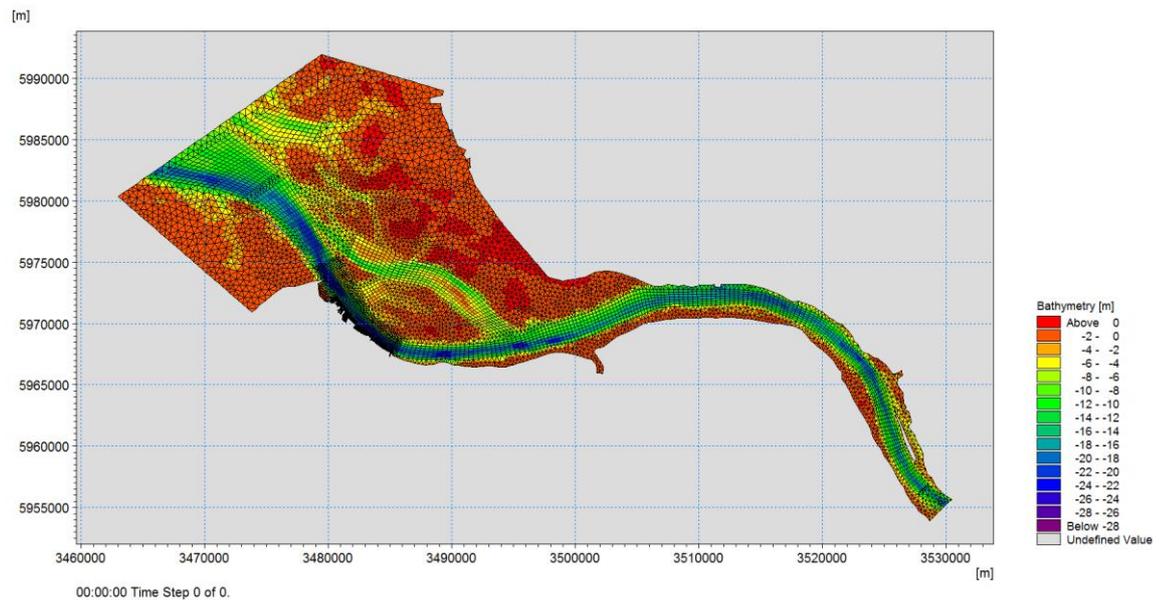


Abbildung 4-1 Hydrodynamisches numerisches Modell im Bereich der Tideelbe von Kollmar stromaufwärts bis Scharhörn im westlichen Teil der Nordsee und Trischen im östlichen Teil der Nordsee

Zur Berechnung der Strömungssituation an den geplanten Liegeplätzen 5-7 wurde das erweiterte Elbmodell verwendet und dessen Berechnungsgitter im Bereich der geplanten Liegeplätze und des Hafens in Cuxhaven sehr fein aufgelöst (Abbildung 4-2). Im Fahrwasser der Elbe wurden quadrangulare Elemente mit einer Maschenweiten von 100 m gewählt. Im Uferbereich der Elbe wurde die Verwendung von triangularen Modellelementen gewählt. Im Umfeld der geplanten Liegeplätze sind die kleinsten Modellelemente mit maximal 1200 m² vorzufinden. Die Abstände der einzelnen Knotenpunkte betragen ca. 50 m.

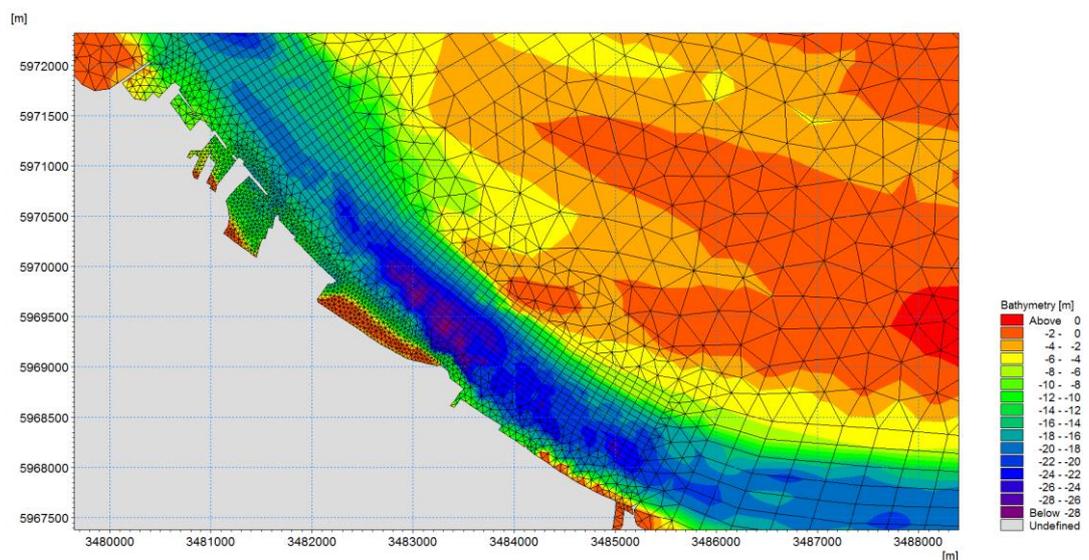


Abbildung 4-2 Nahaufnahme des Bereichs Cuxhaven Hafen im Ist-Zustand. Unterschiedliche Maschenweiten werden für die jeweiligen Bereiche genutzt. Im Planungsbereich sind Modellelemente am kleinsten

Die vertikale Auflösung des Modells ist als Sigma-Koordinatensystem berücksichtigt worden. Hierbei wurden 10 Schichten gewählt, die unter Berücksichtigung der freien Oberfläche äquidistant zueinander sind.

Zur Erstellung der erforderlichen Modellbathymetrie wurde das Berechnungsgitter auf Peildaten von 2014 interpoliert.

Für den Plan-Zustand wurde das Modell im Bereich der geplanten Liegeplätze modifiziert. Die Netzelemente, die nach dem Plan im Bereich der neuen Liegeplätze befinden, wurden entfernt und so die Küstenlinie im Planungsbereich angepasst (Abbildung 4-3).

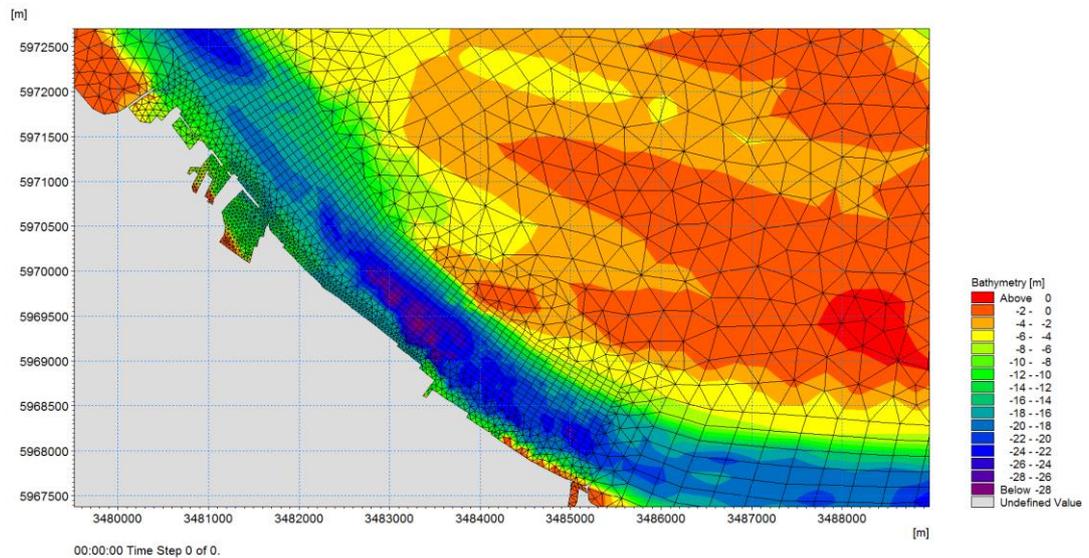


Abbildung 4-3 Modellaufbau im Bereich des Hafens von Cuxhaven im Plan-Zustand.

5 Modellzeiträume

5.1 Hydrologische Randbedingungen

Die hydrologischen Randbedingungen werden mit Messdaten des Pegels Steinriff und des Abflusses bei Kollmar beschrieben.

5.2 Gemessene Strömungsgeschwindigkeiten im Betrachtungsgebiet

Zur Modellierung wurde ein repräsentativer Zeitraum gewählt. Entscheidend für die hier durchgeführte Studie ist die Strömungssituation im Bereich der geplanten Liegeplätze 5-7, da durch die baulichen Veränderungen hier die größte Änderungen der Strömung zu erwarten sind.

Eine Übersicht der verfügbaren Messungen im Bereich der Tideelbe und der geplanten Liegeplätze sind in einer Karte zusammengefasst (Abbildung 5-1). Für die spätere Validierung des Strömungsmodells werden die Stationen Cuxhaven Steubenhöft, Brunsbüttel Mole 1, Kollmar, LZ 3c Altenbrucher Bogen, LZ 4a Steinriff und LZ 1a Brunsbüttel Elbehafen herangezogen.

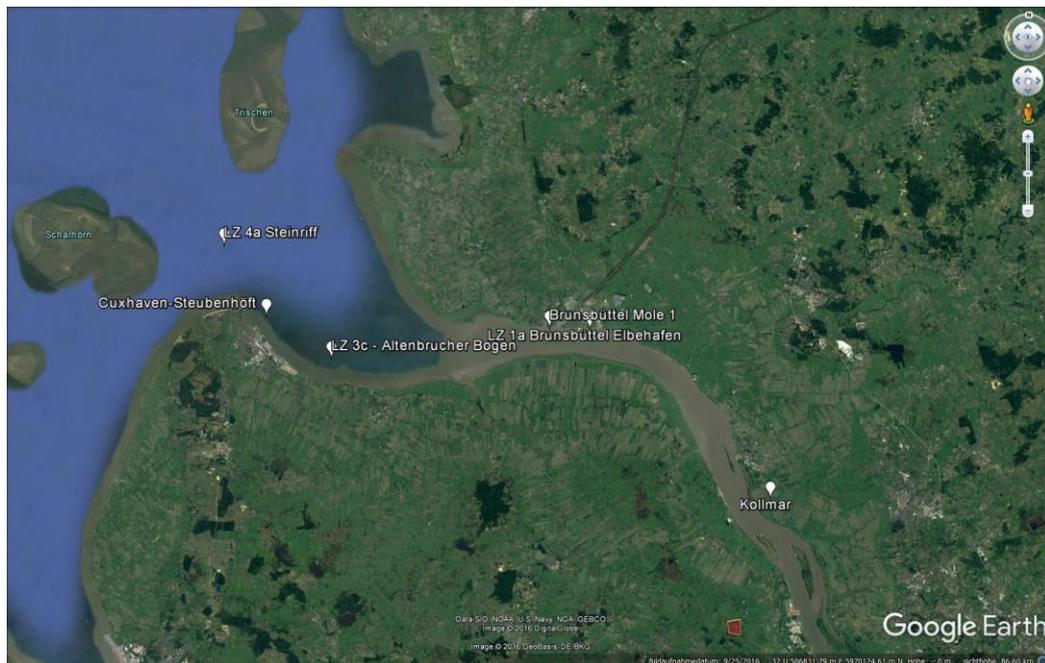


Abbildung 5-1 Karte des Untersuchungsgebiets mit den Lokationen der Messstationen

Als Modellzeitraum wurde der Zeitraum Dezember 2014 gewählt. Zu diesem Zeitpunkt treten maximale Flut- und Ebbströmung auf (Abbildung 5-2).

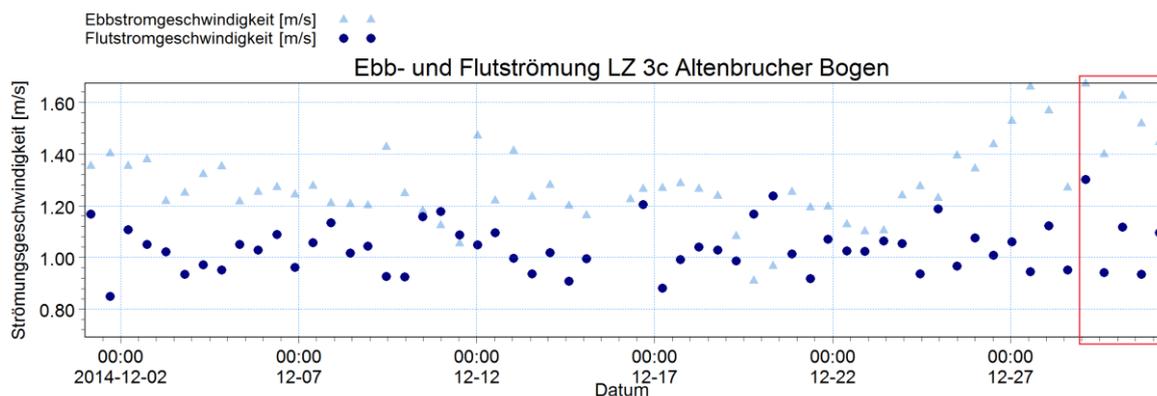


Abbildung 5-2 Maximale Ebbstrom- (hellblau) und Flutstromgeschwindigkeit (dunkelblau) an der Position LZ 3c Altenbrucher Bogen im Dezember 2014. Der rote Bereich markiert den Zeitraum, aus dem die Ergebnisse der Strömungsdaten aus dem Modell extrahiert wurden.

Tabelle 5-1 Perzentile und Mittelwerte der Ebb- und Flutstromgeschwindigkeiten aus dem Jahr 2014 zur Einschätzung der maximalen Strömungsgeschwindigkeiten

| Strömungs- geschwindigkeit | 25% Perzentil [m/s] | Mittelwert [m/s] | 75% Perzentil [m/s] | 95% Perzentil [m/s] |
|-------------------------------|------------------------|------------------|------------------------|------------------------|
| Ebbstrom- geschwindigkeit | 1.25 | 1.32 | 1.38 | 1.50 |
| Flutstrom- geschwindigkeit | 0.97 | 1.01 | 1.08 | 1.16 |

6 Nachweis der Modellgenauigkeit

Die Modellgenauigkeit wird für den Modellierungszeitraum nachgewiesen. Die berechneten Ergebnisse werden daher mit in-situ Messwerten aus dem Zeitraum 17.12.2014 bis 31.12.2014 verglichen.

6.1 Validierung

Zur Validierung des Modells werden die gemessenen Daten zum Wasserstand, Strömung, Salzgehalt und Temperatur mit den Modellwerten für den Zeitraum September 2014 bis November 2014 verglichen.

Für die Darstellung der Modellgüte wird jeweils ein Detailausschnitt des Zeitraums 25.09.2014 bis 30.09.2014 verwendet.

6.1.1 Wasserstand

Die Ergebnisse in Abbildung 6-1 an dem Pegel Cuxhaven Steubenhöft zeigt eine gute Übereinstimmung des Wasserstands. Der Tidenhub wird vollständig modelliert.

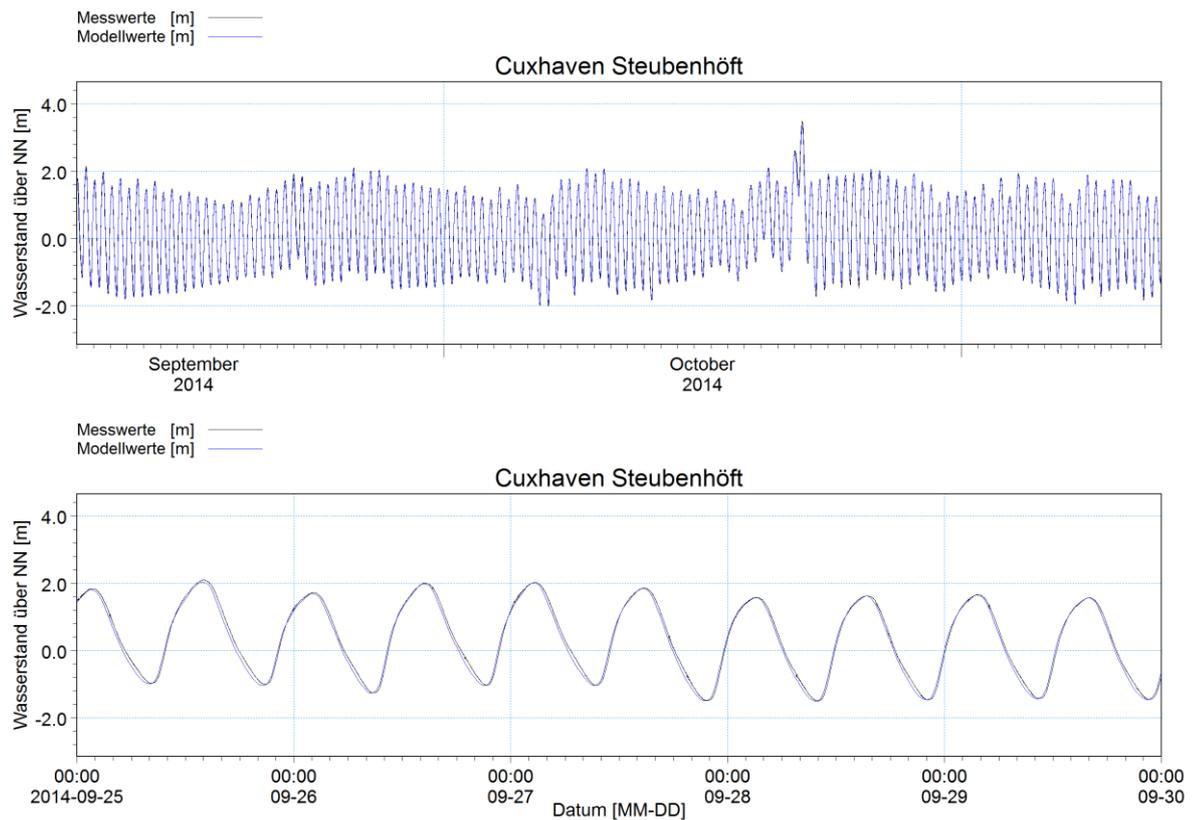


Abbildung 6-1 Validierung der Wasserspiegelauslenkung an der Position Cuxhaven Steubenhöft, Messung (schwarz) und Modell (blau)

Der Pegel Brunsbüttel Mole 1 (Abbildung 6-2) zeigt ebenfalls eine gute Übereinstimmung mit den Modellergebnissen zur Validierung. Lediglich der Wasserstand während des Niedrigwassers wird vom Modell geringfügig überschätzt.

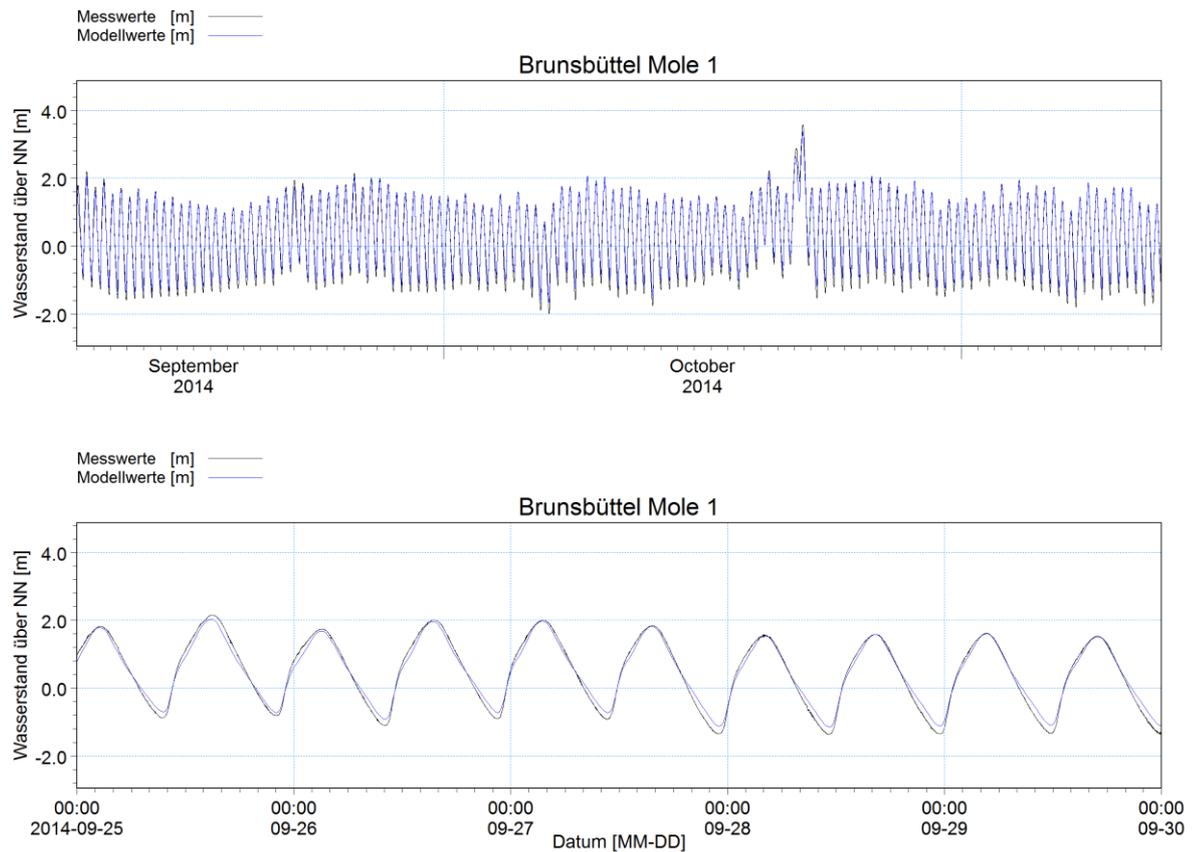


Abbildung 6-2 Validierung der Wasserspiegelauslenkung an der Position Brunsbüttel Mole 1, Messung (schwarz) und Modell (blau)

Der Pegel Kollmar in Abbildung 6-3 gibt den Wasserstand, der durch die Durchflussrandbedingungen am oberstromigen Modellrand erzeugt wird, gut wieder.

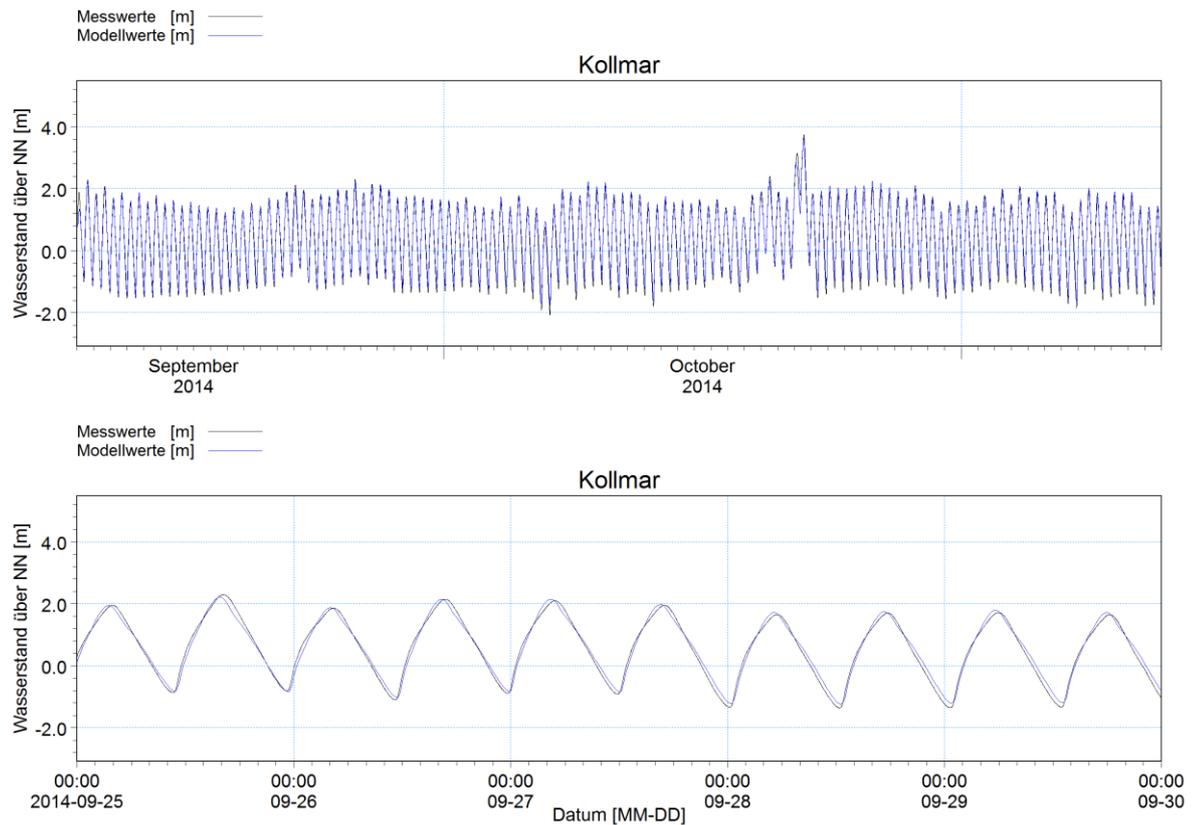


Abbildung 6-3 Validierung der Wasserspiegelauslenkung an der Position Kollmar, Messung (schwarz) und Modell (blau)

6.1.2 Strömungsgeschwindigkeit

Hinsichtlich des Vergleichs von gemessenen und simulierten Strömungsmessungen sollte beachtet werden, dass verschiedene Faktoren die direkte Vergleichbarkeit erschweren. In Ästuaren und Flüssen kann die hydrodynamische Situation auf kurzen Distanzen sehr variabel sein – insbesondere über die Tiefe aber auch senkrecht zur Flussachse. Die Messwerte bilden methodisch bedingt relativ kleinräumige Bereiche ab, wohingegen die Rechenzellen im Modell – insbesondere außerhalb des eigentlichen Untersuchungsgebiets – vergleichsweise groß sind. Kleinskalige Variationen im Strömungsmuster werden vom Modell daher nicht erfasst, können allerdings in den Messergebnissen auftreten. Es ist daher zu erwarten, dass die Modellergebnisse im Vergleich zu den Messungen „glatter“ sind.

An der Position LZ 3c Altenbrucher Bogen (Abbildung 6-4) zeigt sich eine gute Übereinstimmung der Scheitelwerte der Ebb- und Flutströmung. Die Flutstromgeschwindigkeiten werden gut abgebildet, die maximalen Ebbstromgeschwindigkeiten werden vom Modell unterschätzt. Betroffen davon sind vor allem die Strömungsgeschwindigkeiten >1 m/s. Die Kenterung wird gut getroffen, kann lokal aber bis zu 25 Minuten abweichen.

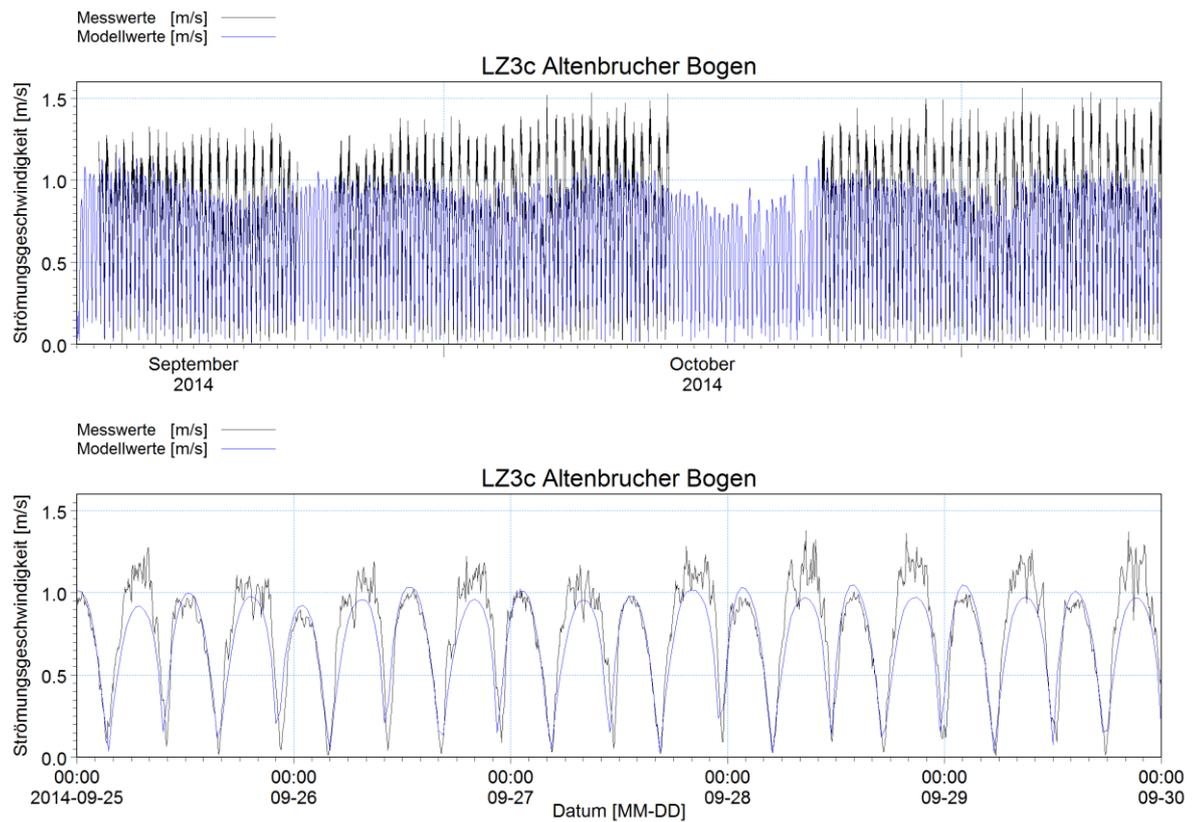


Abbildung 6-4 Vergleich der Strömungsgeschwindigkeiten an der Position LZ 3c Altenbrucher Bogen, Messung (schwarz) und Modell (blau)

An der Position LZ 4a Steinriff (Abbildung 6-5) gibt es ebenfalls eine systematische Abweichung in den modellierten Ebbstromgeschwindigkeiten von den Messwerten, die durchschnittlich ca. 0,4 m/s beträgt. Der Kenterpunkt wird gut getroffen.

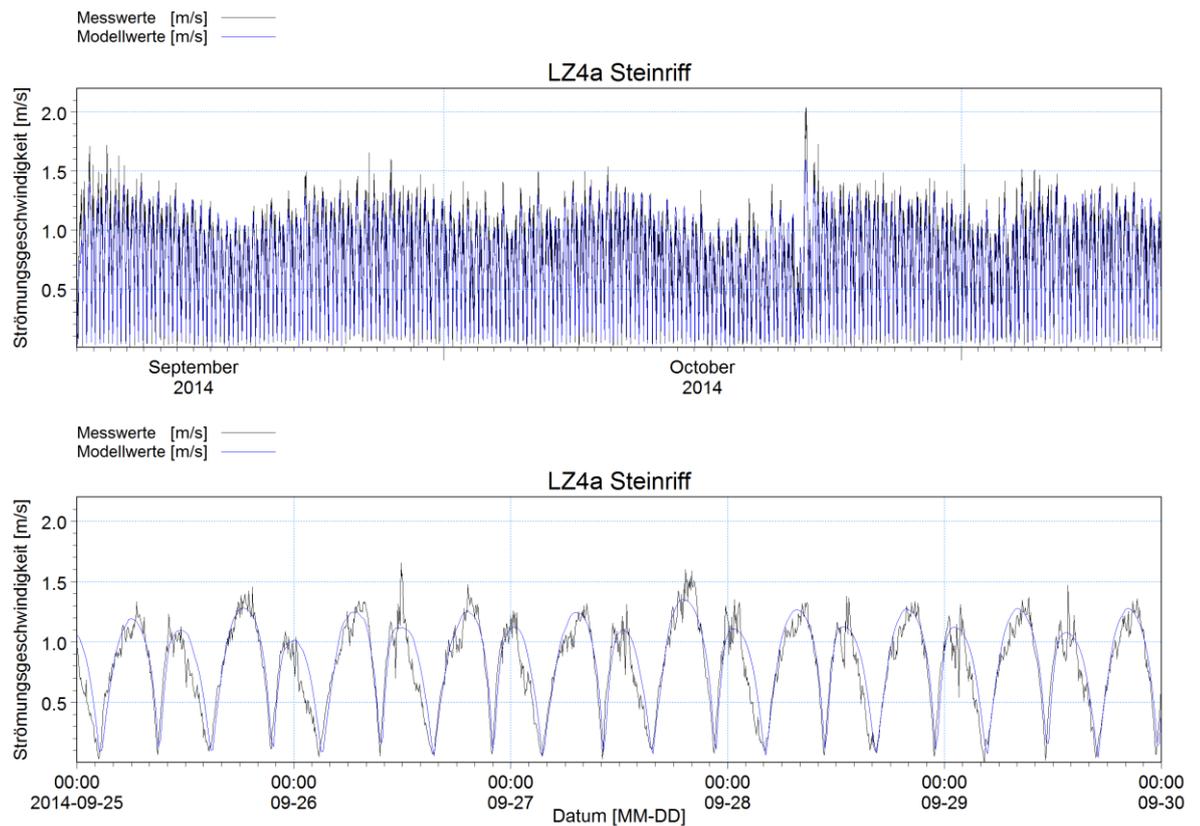


Abbildung 6-5 Vergleich der Strömungsgeschwindigkeiten an der Position LZ 4a Steinriff, Messung (schwarz) und Modell (blau)

Die Modellwerte der Strömungsgeschwindigkeiten an der Position LZ 1a Brunsbüttel Elbehafen zeigen eine tendenzielle Unterschätzung der Messwerte um ca. 0,3 m/s (Abbildung 6-6). Die Abweichung des Kenterpunkts beträgt ca. 30 min.

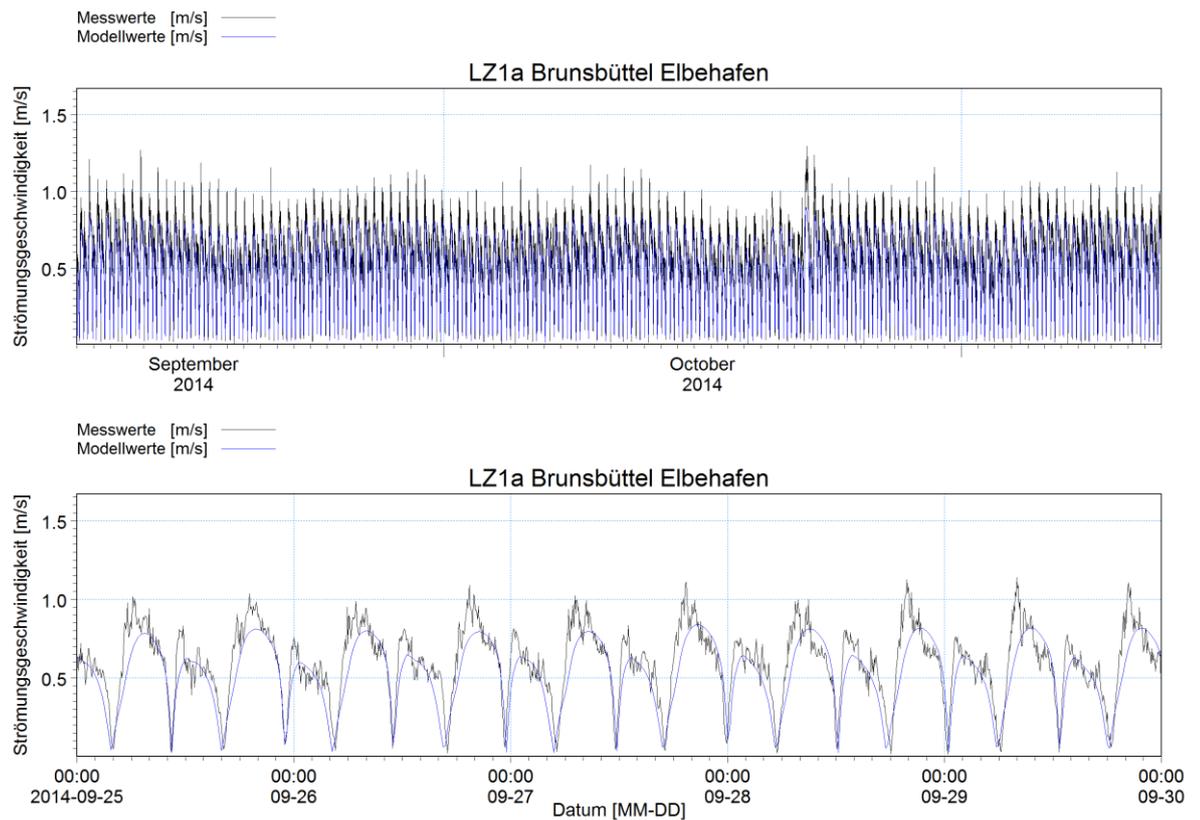


Abbildung 6-6 Vergleich der Strömungsgeschwindigkeiten an der Position LZ 1a Brunsbüttel Elbehafen, Messung (schwarz) und Modell (blau)

6.1.3 Salzgehalt

Die Salzgehaltsmessungen im Bereich des LZ 3c Altenbrucher Bogen (Abbildung 6-7) zeigt eine systematische Unterschätzung der Maximal- und Minimalwerte um ca. 2-5 PSU. Der relative Trend des Salzeinstroms wird dargestellt.

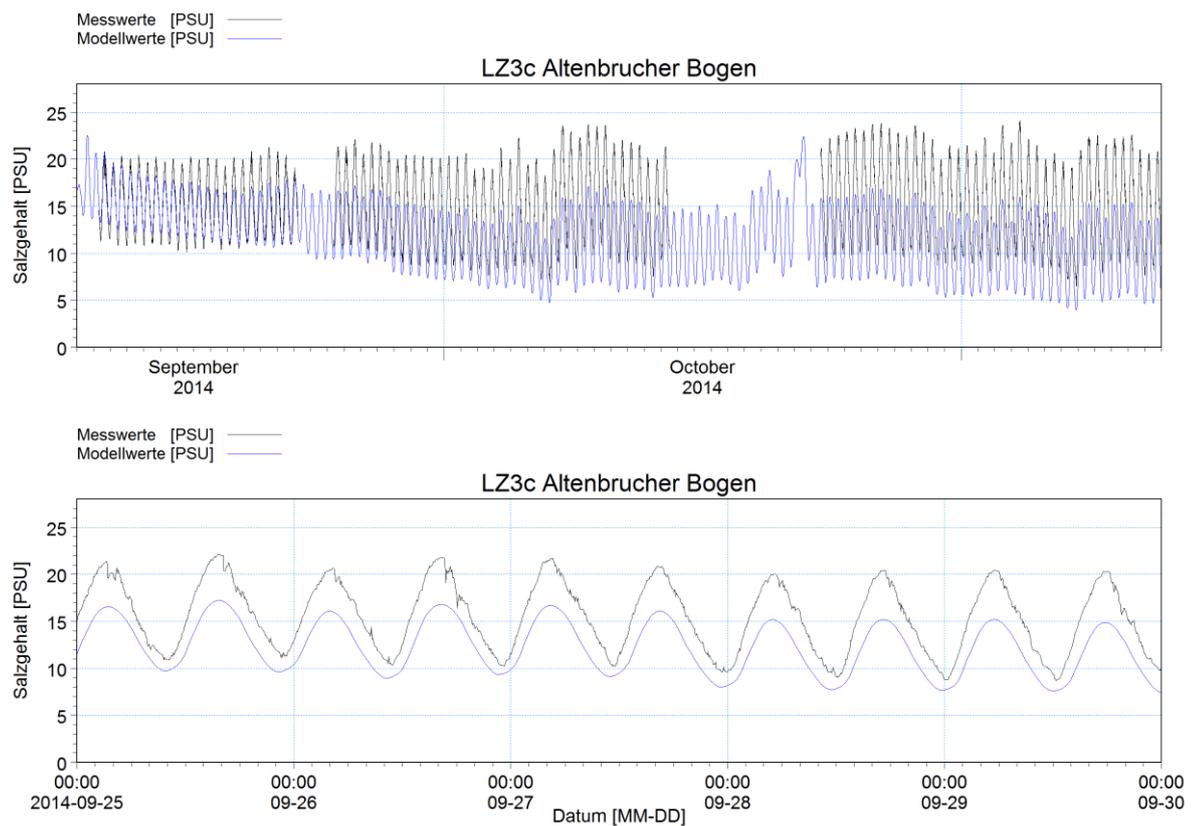


Abbildung 6-7 Validierung des Salzgehalts an der Position LZ 3c Altenbrucher Bogen, Messung (schwarz) und Modell (blau)

Die Salzgehaltsmessungen im Bereich der Position LZ 1a Brunsbüttel Elbehafen (Abbildung 6-8) zeigen eine tendenzielle Überschätzung der maximalen und eine Unterschätzung der minimalen Salzgehalte im Modell, dieser liegt kontinuierlich in einem Bereich von 1-2 PSU über den Messungen. Dieses Verhalten kann sehr wahrscheinlich mit einem lokalen Effekt erklärt werden: das niedrig saline Wasser aus dem NOK wird im Modell nicht abgebildet und führt in der Natur zu dem beobachteten niedrigeren Salzgehalt (begrenzt auf das Umfeld der Einleitung).

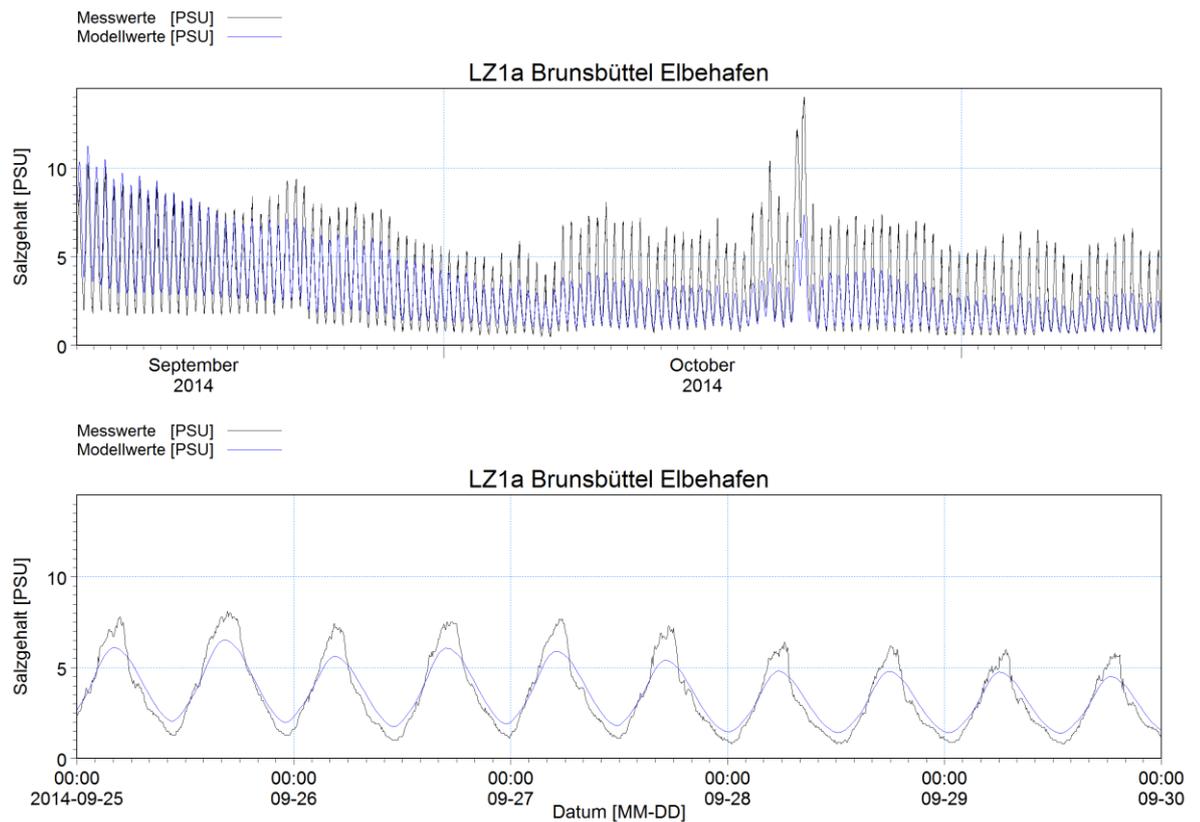


Abbildung 6-8 Validierung des Salzgehalts LZ 1a Brunsbüttel Elbehafen, Messung (schwarz) und Modell (blau)

6.1.4 Temperatur

Im Vergleich von Messergebnissen und Modellergebnissen zeigt sich an der Position LZ 3c Altenbrucher Bogen, dass die Modellierung systematisch die wassertemperatur überschätzt (Abbildung 6-9). Diese Abweichungen liegen in einem Bereich von ca. 0,5 - 1 °C. Die Wassertemperaturen werden für das Vorhaben gut abgebildet.

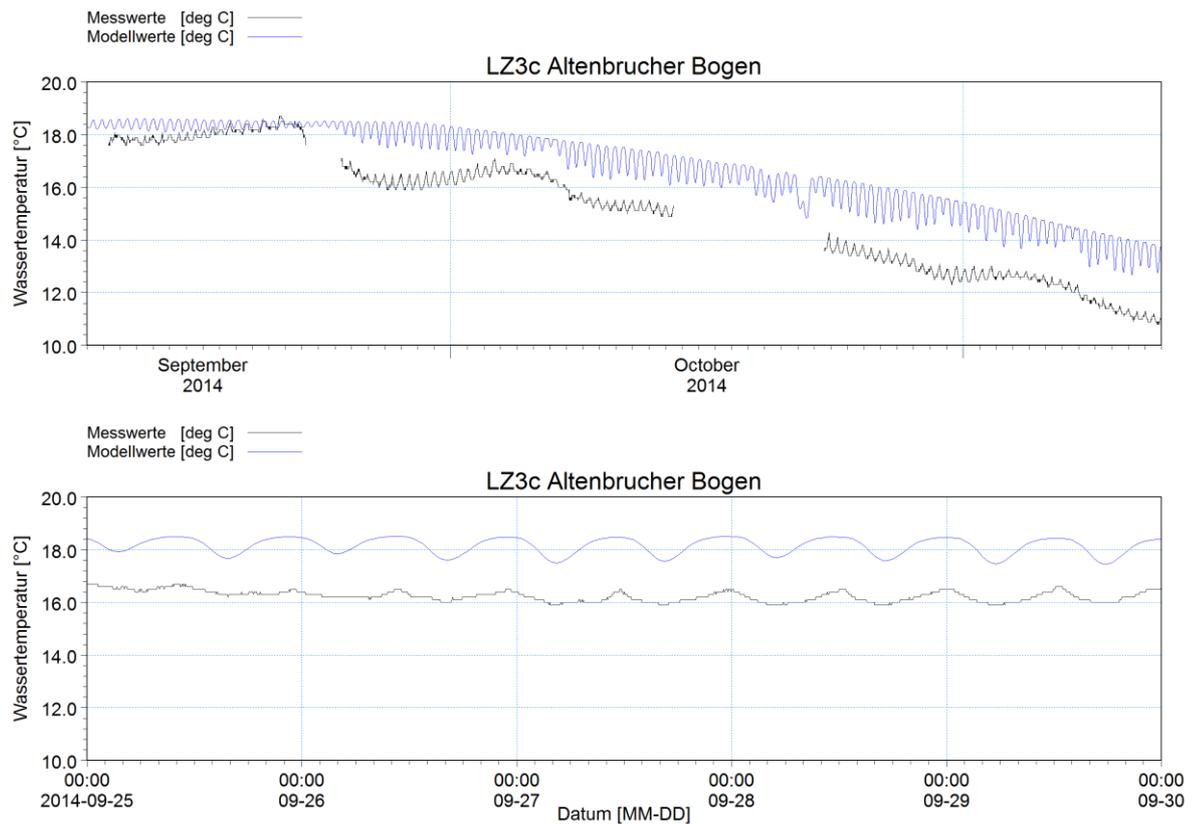


Abbildung 6-9 Validierung der Wassertemperatur an LZ 3c Altenbrucher Bogen, Messung (schwarz) und Modell (blau)

6.1.5 Fazit

Die Simulationsergebnisse zeigen eine für den Verwendungszweck hinreichende Naturähnlichkeit. Insbesondere werden die Strömungsgeschwindigkeiten überwiegend gut wiedergegeben. Im Untersuchungsgebiet liegen die Spitzen der simulierten Strömungsgeschwindigkeit leicht unter den Messwerten. Die modellierten Werte des Salzgehalts und der Temperatur zeichnen den Gang der Messwerte nach.

7 Berechnung der Strömungsdaten

Zur Berechnung der Strömungsdaten in Bereich der geplanten Liegeplätze 5-7 wurde der in Kapitel 5 vorgestellte Modellzeitraum verwendet.

Für den Modellzeitraum werden die jeweiligen Parameter der Situation im Plan-Zustand für einen exemplarischen Zeitpunkt der Ebb- und Flutphase flächenhaft gezeigt.

Weiterhin werden für die Parameter Strömungsgeschwindigkeit und Wasserstand Zeitreihen vom Planzustand im Umfeld der Baumaßnahme gezeigt (Abbildung 7-8).

7.1 Modell

Die Strömungsdaten und Wasserstände werden aus dem Gesamtmodell (Abbildung 7-1) für den ausgewählten Bereich der geplanten Liegeplätze extrahiert und für die Ebb- und Flutphase betrachtet. Die Auswertungen beziehen sich in den Abbildungen auf die oberflächen- und sohnnahen Strömung (oberste und unterste Modellschicht), sowie die mittlere Modellschicht.

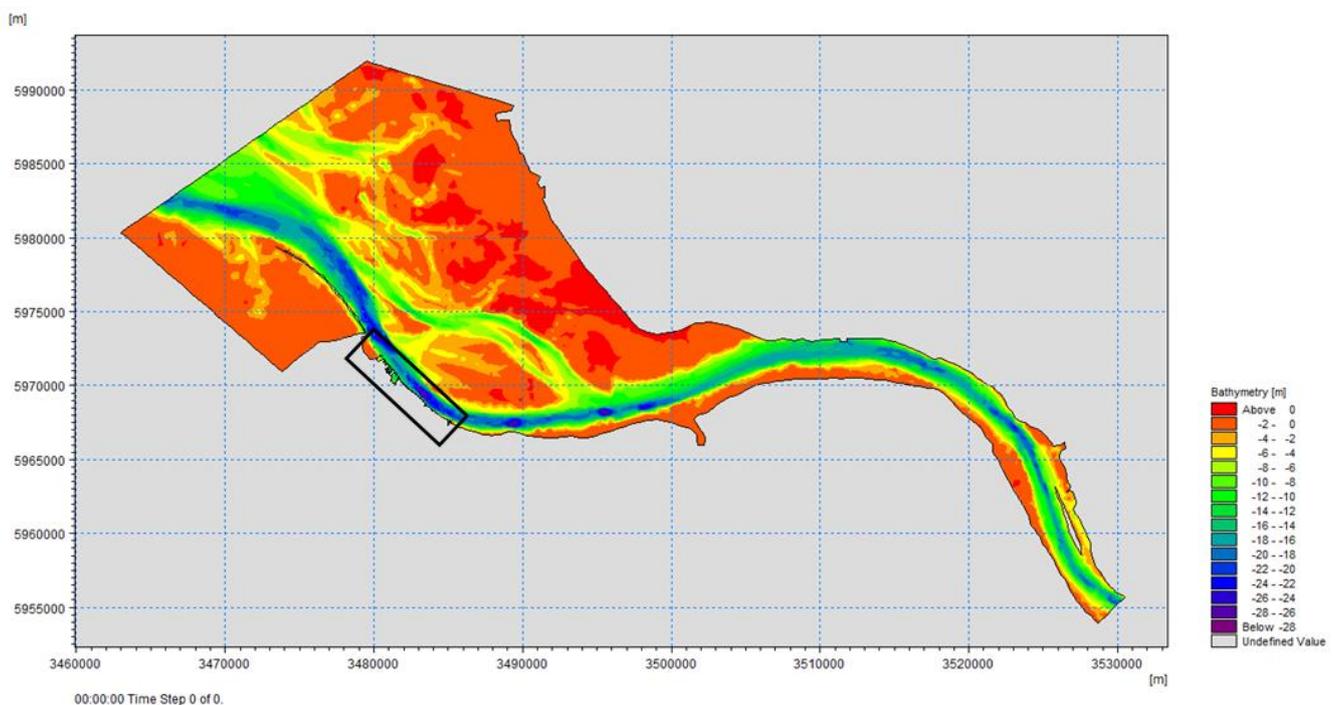


Abbildung 7-1

Bathymetrie des Modellgebiets der Tideelbe von Kollmar bis zur Nordsee bei Trischen und Scharhör. Der markierte Bereich umfasst den Extraktionsbereich der Strömungsdaten

7.1.1 Strömung

Die Abbildung 7-2 zeigt den Plan-Zustand für die Flutphase an der Oberfläche. Die höchsten Strömungsgeschwindigkeiten sind in den tieferen Bereichen der Fahrrinne und der Medemrinne zu beobachten.

Die Strömungsrichtung ist abhängig von der Tidephase. Während der Ebbphase kommt die Strömung in der Fahrrinne aus Südost und fließt Richtung Nordwest, während der Flutphase ist es umgekehrt. Die Strömungsgeschwindigkeiten sind während der Ebbphase höher als während der Flutphase. Zusätzlich ist während der Ebbphase ein Einstrom aus der Medemrinne anhand der Strömungsvektoren zu erkennen.

Ein Vergleich der Strömungsrichtung in den verschiedenen Tiefen zeigt nur geringe Unterschiede im Bereich der Medemrinne. Hier sind in Sohlhöhe kaum noch Einstömungen in die Fahrrinne zu beobachten. Generell sind mit zunehmender Wassertiefe geringere Strömungsgeschwindigkeiten erkennbar.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Strömungsgeschwindigkeiten an den geplanten Liegeplätzen die gleichen Werte haben, wie an den bestehenden Liegenplätzen, aber geringer sind als in der Fahrrinne. Der Einfluss der Medemrinne auf die Strömung an den Liegeplätzen ist nicht festzustellen.

7.1.1.1 Ebbphase

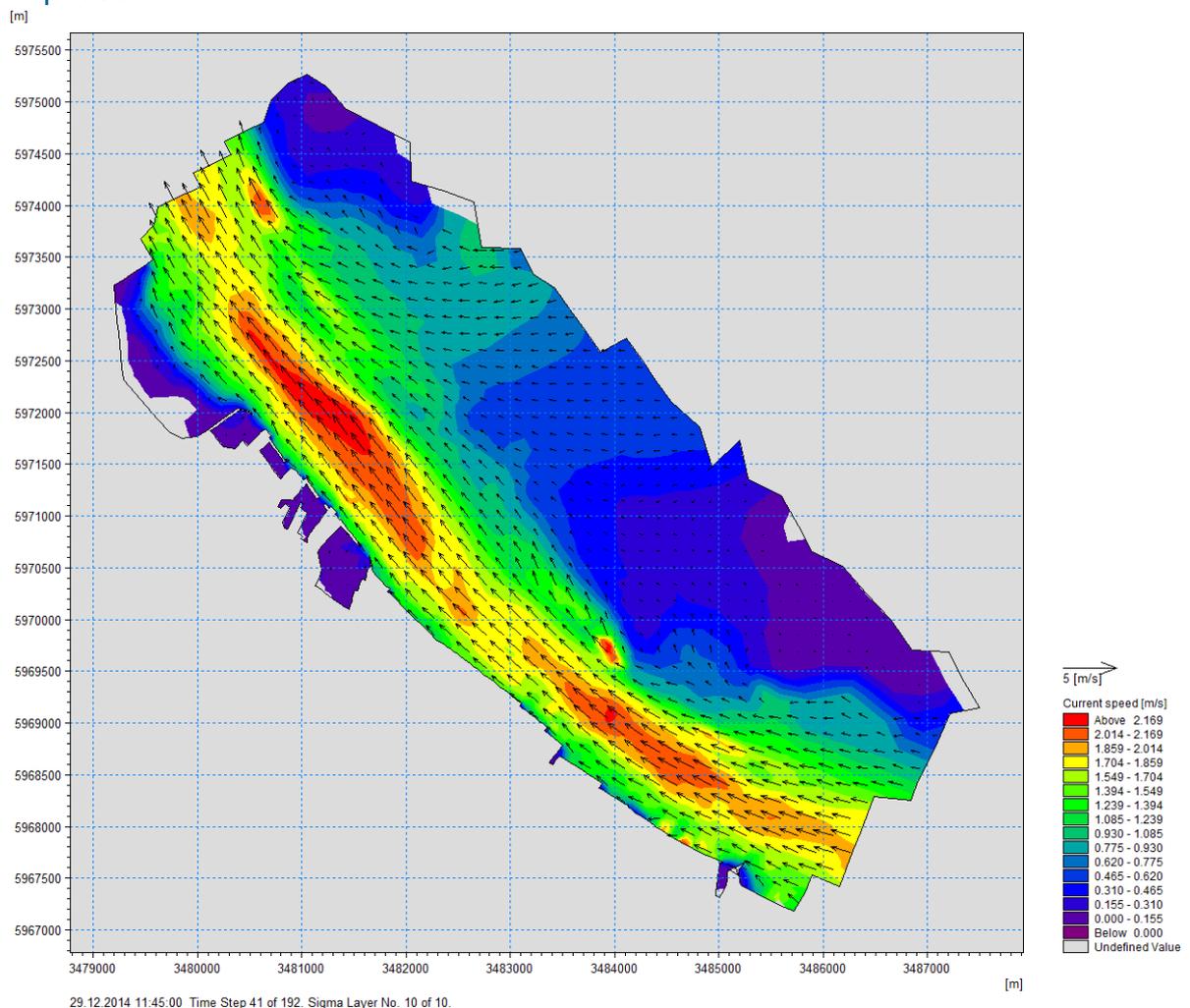


Abbildung 7-2 Strömungsgeschwindigkeit an der Oberfläche bei Ebbphase für den Plan-Zustand

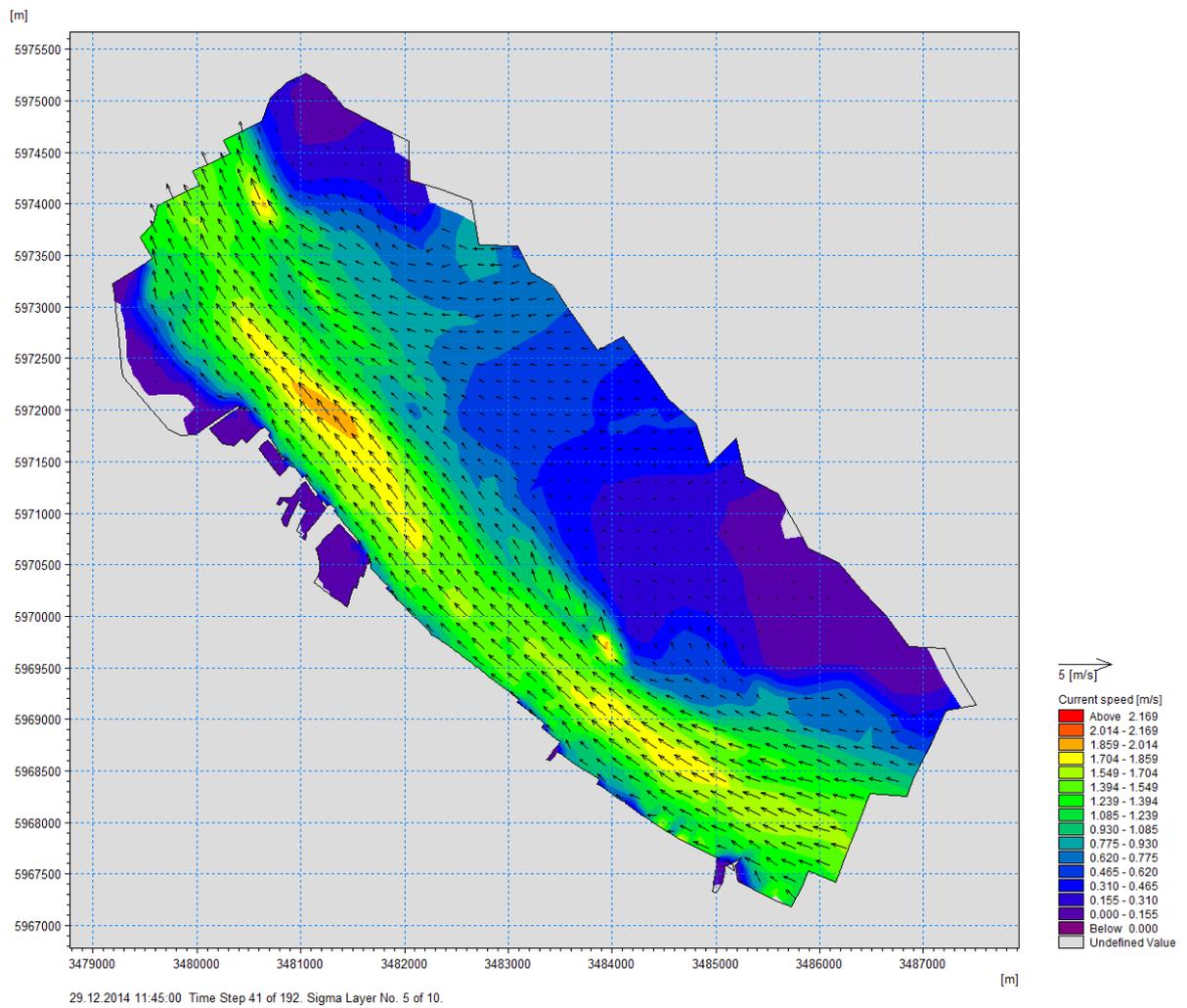


Abbildung 7-3 Strömungsgeschwindigkeit in der Mitte der Wassersäule bei Ebbphase für den Plan-Zustand

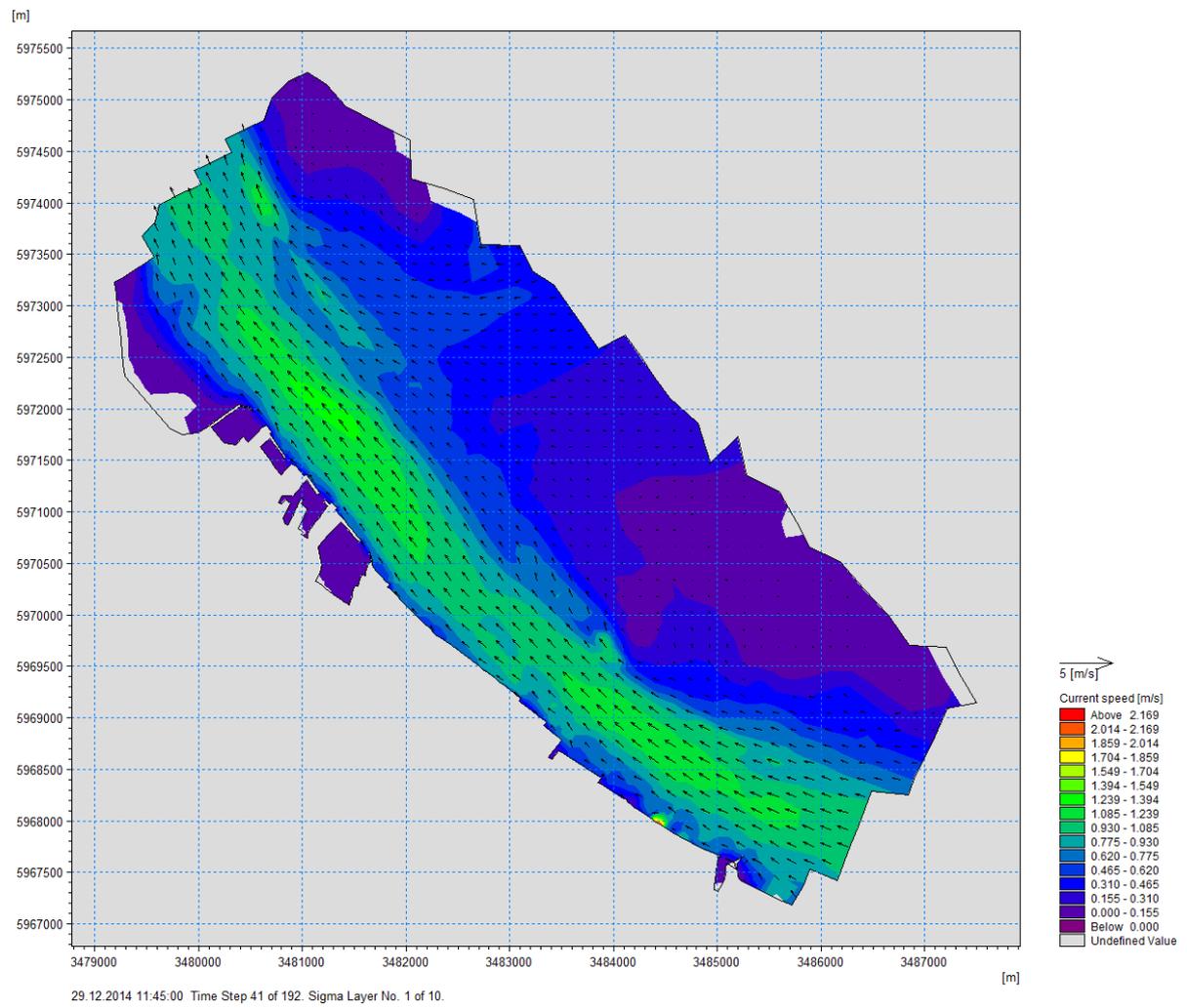


Abbildung 7-4 Strömungsgeschwindigkeit an der Sohle bei Ebbphase für den Plan-Zustand

7.1.1.2 Flutphase

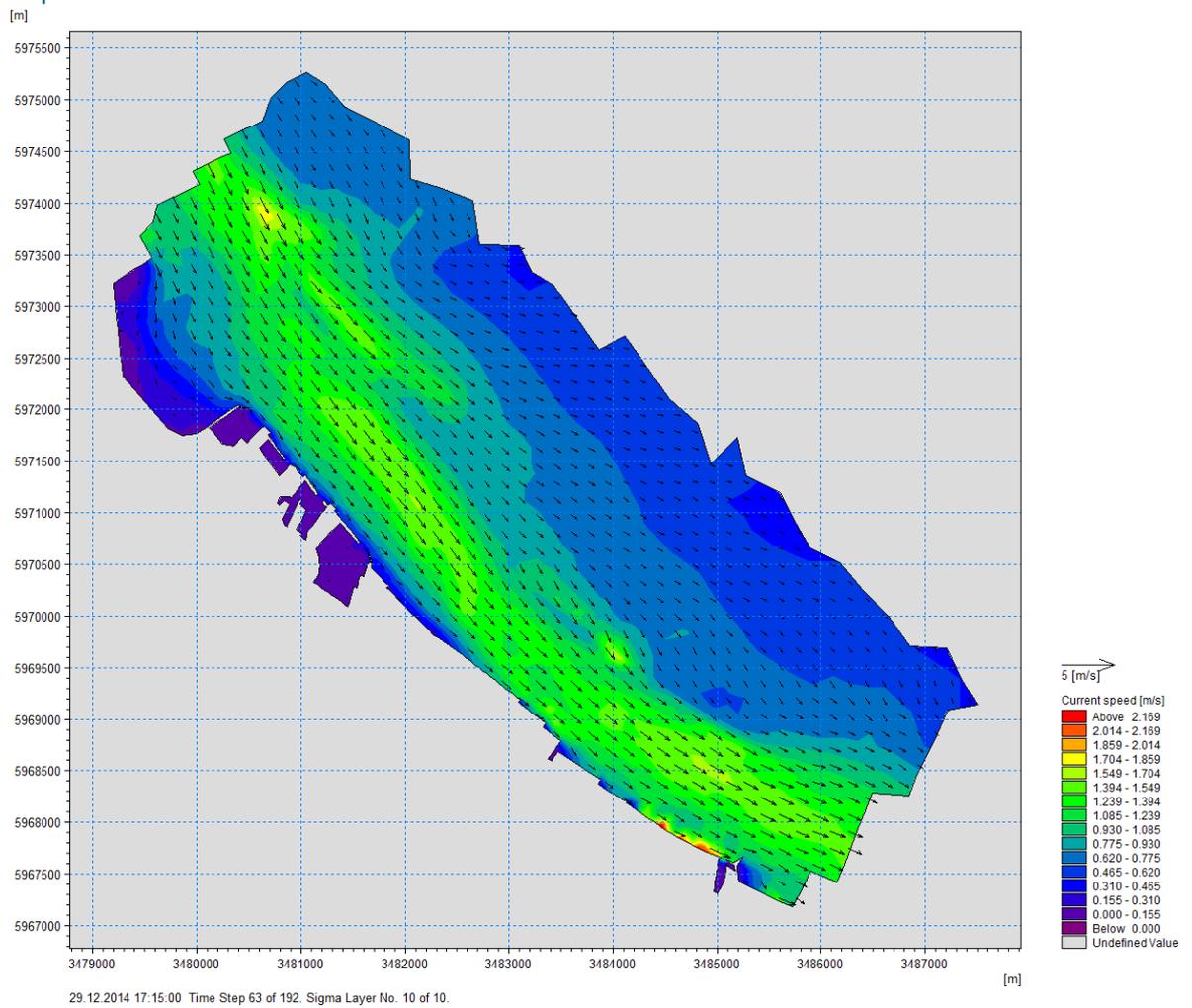


Abbildung 7-5 Strömungsgeschwindigkeit an der Oberfläche bei Flutphase für den Plan-Zustand

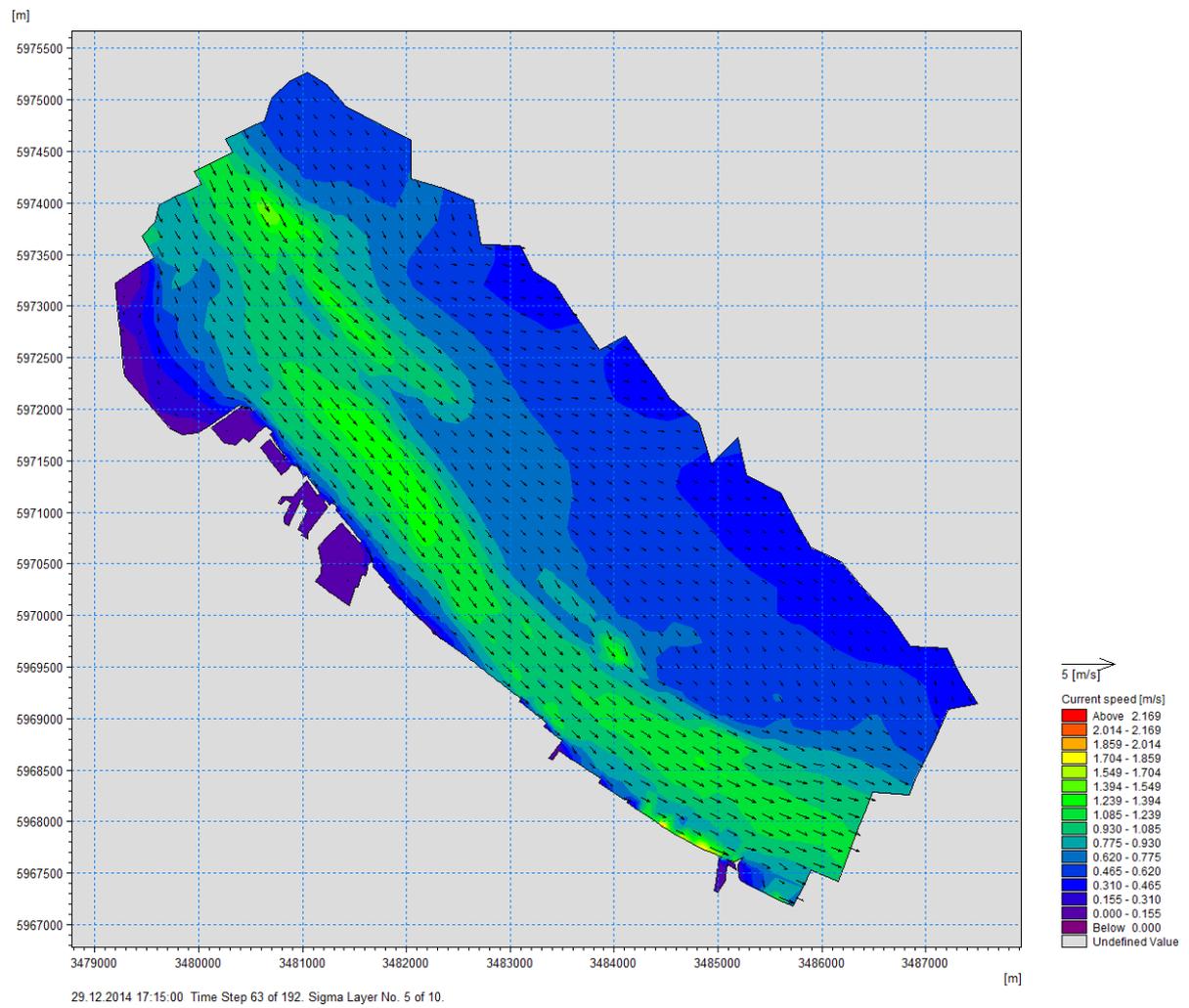


Abbildung 7-6 Strömungsgeschwindigkeit in der Mitte der Wassersäule bei Flutphase für den Plan-Zustand

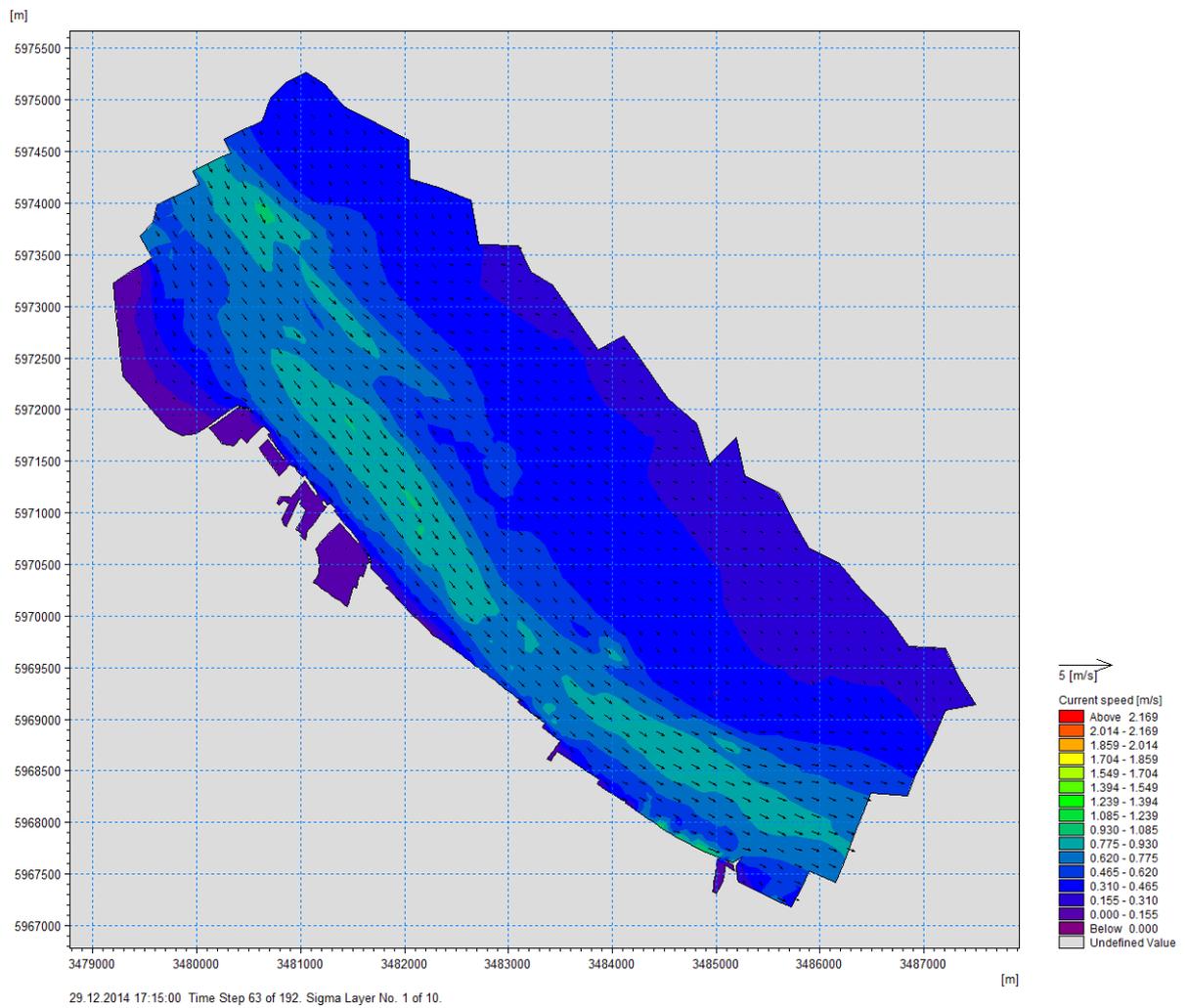


Abbildung 7-7 Strömungsgeschwindigkeit an der Sohle bei Flutphase für den Plan-Zustand

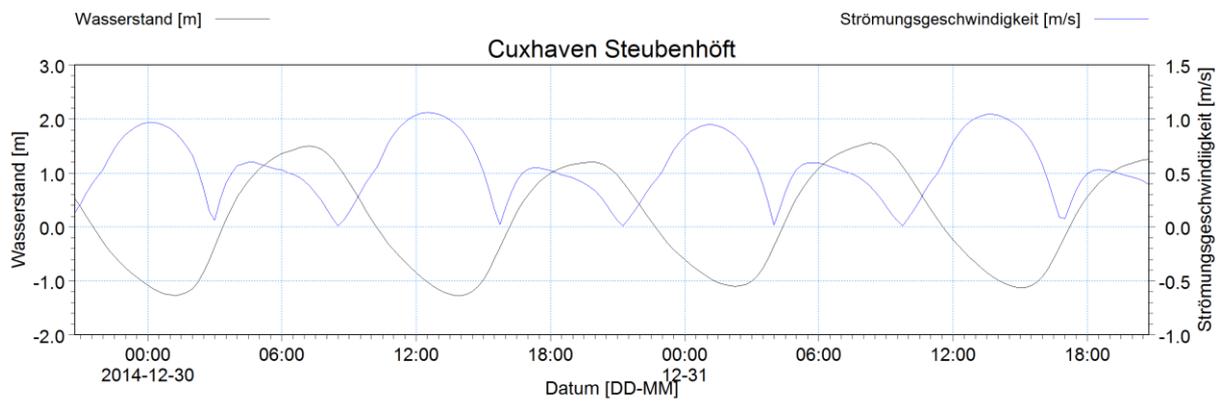


Abbildung 7-8 Modellergebnisse des Wasserstands und der Strömungsgeschwindigkeit am Standort Cuxhaven Steubenhöft

8 Zusammenfassung

Steigende Umschläge und veränderte Schiffsgrößen machen die Erweiterung der vorhandenen Liegeplatzkapazitäten im Seehafen Cuxhaven notwendig. Niedersachsen Ports GmbH & Co. KG plant die Erweiterung des Hafens in Cuxhaven um die Liegeplätze 5 – 7.

Die Aufgabe dieser Untersuchung war es, die Strömungen entlang der geplanten neuen Liegeplätze im numerischen Modell zu berechnen und für Schiffsmanöversimulationen zur Verfügung zu stellen.

Hierzu wurde ein bestehendes Modell der Tideelbe mit Peildaten von 2014 bis 2017 aktualisiert und in Richtung Nordsee ergänzt. Die Randbedingungen wurden aus Messungen so gewählt, dass möglichst maximale Flut- und Ebbebeströmungen betrachtet wurden. Diese Situation ist Ende 2014 eingetreten und wurde für bis zu 4 Ebenen (0m, 6m, 12m, 17m unter der Wasseroberfläche) und für 24 Stunden (29.12.2014 01:30 bis 30.12.2014 01:30) aus dem Modell ausgelesen und für den Simulator konvertiert.

Zusätzlich zu den Betrachtungen der maximalen Strömungsgeschwindigkeiten im Ausbauzustand wurde das Modell im aktuell bestehenden Zustand (Ist-Zustand ohne geplante Liegeplätze) validiert. Hierzu wurde ein Zeitraum von Mitte September bis Ende Oktober mit möglichst vielen im Modellgebiet verfügbaren Daten ausgewählt. Die Simulationsergebnisse zeigen eine gute Naturähnlichkeit. Insbesondere die Strömungsgeschwindigkeiten werden gut wiedergegeben. Der Salzgehalt und die Wassertemperatur zeichnen den Gang der Messwerte nach, liegen aber in der Regel unter den absoluten Werten.