

Grasbrook übergreifend, TP: Gewässerrechtliche Grundsatzthemen

Morphodynamische Strömungs-/Modelluntersuchungen

Gutachten
Projekt-Nr. 220524a

 **HafenCity**

08.07.2024

Erstellt für HafenCity Hamburg GmbH



Inhalt

1	Zusammenfassung und Empfehlungen	15
1.1	Veranlassung und Zielsetzung	15
1.2	Vorgehensweise	15
1.3	Hydronumerisches Modell	15
1.4	Plan-Zustände	15
1.4.1	Funktionsplan	16
1.4.2	Entwurfsplan	16
1.4.3	Fortgeschriebener Entwurfsplan (Stand August 2023)	17
1.5	Ergebnisse	18
1.5.1	Funktionsplan	18
1.5.2	Entwurfsplan	20
1.5.3	Fortgeschriebener Entwurfsplan (Stand August 2023)	22
1.6	Empfehlungen	24
2	Veranlassung und Zielsetzung	25
3	Vorgehensweise	27
4	Datengrundlage und verwendete Unterlagen	28
5	Hydronumerisches Modell	30
5.1	Verwendete Modellsoftware	30
5.2	Bathymetrie und Modellauflösung	31
5.3	Nachweis der Modellgüte	33
5.3.1	Kalibrierung der Sohlrauheit im Winterzeitraum	33
5.3.2	Validierung des Modells im Sommerzeitraum	35
5.4	Hydrologische Randbedingungen	36
5.4.1	Sommerzeitraum	36
5.4.2	Winterzeitraum	37
5.5	Sperrwerke	38
6	Plan-Zustände	39
6.1	Funktionsplan	39
6.2	Entwurfsplan	40
6.3	Fortgeschriebener Entwurfsplan (Stand August 2023)	42
6.4	Vergleich von Funktionsplan, Entwurfsplan und fortgeschriebener Entwurfsplan (Stand August 2023)	44
7	Ergebnisse	45
7.1	Maximale Strömungsgeschwindigkeiten	46
7.1.1	Funktionsplan	46
7.1.2	Entwurfsplan	49
7.1.3	Fortgeschriebener Entwurfsplan (Stand August 2023)	52
7.2	Änderung der Tidewasserstände und -strömungen	56
7.2.1	Zeitreihenanalyse im Funktionsplan	56
7.2.2	Zeitreihenanalyse im Entwurfsplan	57
7.2.3	Zeitreihenanalyse im fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023)	59
7.2.4	Querschnittsanalyse im Funktionsplan	61
7.2.5	Querschnittsanalyse im Entwurfsplan	65
7.2.6	Querschnittsanalyse im fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023)	69
7.3	Auswirkungen auf die Morphologie	72
7.3.1	Funktionsplan	72
7.3.2	Entwurfsplan	76
7.3.3	Fortgeschriebener Entwurfsplan (Stand August 2023)	80

8	Literatur	83
Appendix A	Qualitätsindizes	84
Appendix B	Zeitreihen	85
Appendix B.1	Wasserstand	85
Appendix B.1.1	Funktionsplan.....	85
Appendix B.1.2	Entwurfplan	91
Appendix B.1.3	Fortgeschriebener Entwurfplan Stand August 2023.....	97
Appendix B.2	Strömungsgeschwindigkeiten	103
Appendix B.2.1	Funktionsplan.....	103
Appendix B.2.2	Entwurfplan	109
Appendix B.2.3	Fortgeschriebener Entwurfplan Stand August 2023.....	115
Appendix C	Querschnitte	122
Appendix C.1	Funktionsplan.....	122
Appendix C.1.1	Moldauhafenbrücke	122
Appendix C.1.2	Baufeld 26	124
Appendix C.1.3	Querung U-Bahn-Linie 4.....	126
Appendix C.1.4	Einfahrt Hansahafen	128
Appendix C.1.5	Einfahrt Spreehafen.....	130
Appendix C.2	Entwurfplan	133
Appendix C.2.1	Moldauhafenbrücke	133
Appendix C.2.2	Baufeld 26	135
Appendix C.2.3	Querung U-Bahn-Linie 4.....	137
Appendix C.2.4	Einfahrt Hansahafen	139
Appendix C.2.5	Einfahrt Spreehafen.....	141
Appendix C.3	Fortgeschriebener Entwurfplan Stand August 2023.....	144
Appendix C.3.1	Moldauhafenbrücke	144
Appendix C.3.2	Baufeld 26	146
Appendix C.3.3	Querung U-Bahn-Linie 4.....	149
Appendix C.3.4	Einfahrt Hansahafen	152
Appendix C.3.5	Einfahrt Spreehafen.....	155
Appendix D	Tabellen	158
Appendix D.1	Wasserstand	158
Appendix D.1.1	Funktionsplan.....	158
Appendix D.1.2	Entwurfplan	160
Appendix D.1.3	Fortgeschriebener Entwurfplan Stand August 2023.....	162
Appendix D.2	Strömungsgeschwindigkeit	164
Appendix D.2.1	Funktionsplan.....	164

Appendix D.2.2	Entwurfsplan	166
Appendix D.2.3	Fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023.....	169

Abbildungen

Abbildung 1–1.	Funktionsplan (siehe Kapitel 4).....	16
Abbildung 1–2.	Entwurfsplan (siehe Kapitel 4).	17
Abbildung 1–3.	Fortgeschriebener Entwurfsplan (Stand August 2023) (siehe Kapitel 4)	18
Abbildung 1–4.	Zu erwartende Veränderungen im Funktionsplan.....	20
Abbildung 1–5.	Zu erwartende Veränderungen im Entwurfsplan.	22
Abbildung 1–6.	Zu erwartende Veränderung im fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023)	24
Abbildung 2–1.	Gebietsübersicht Kleiner Grasbrook mit seinen zwei Quartieren: Moldauhafenquartier und Hafentorquartier /3/.	26
Abbildung 5–1.	Prinzip eines unstrukturierten 2D Netzes unter Verwendung von dreieckigen und viereckigen Elementen.	31
Abbildung 5–2.	Bathymetrie mit Randbedingungen und Messstellen für den Nachweis der Modellgüte.	32
Abbildung 5–3.	Ausschnitt der Bathymetrie mit Sperrwerken (siehe Abbildung 5–2 zur Lage des Modellausschnitts).....	32
Abbildung 5–4.	Modellnetz im Projektgebiet im Ist-Zustand: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, b) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, c) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm (siehe Abbildung 5–3 zur Lage der Modellausschnitte).....	33
Abbildung 5–5.	Sohlrauhheit.	34
Abbildung 5–6.	Vergleich der gemessenen und simulierten Wasserstands-Zeitreihen im Winterzeitraum.	34
Abbildung 5–7.	Vergleich der gemessenen und simulierten Strömungsgeschwindigkeits-Zeitreihen um Winterzeitraum.	34
Abbildung 5–8.	Vergleich der gemessenen und simulierten Wasserstands-Zeitreihen im Sommerzeitraum.	35
Abbildung 5–9.	Vergleich der gemessenen und simulierten Strömungsgeschwindigkeits-Zeitreihen um Sommerzeitraum.	36
Abbildung 5–10.	Hydrologische Randbedingungen für den Sommerzeitraum. Oben: Wasserstand bei Cuxhaven, unten: Abfluss bei Neu Darchau.	37
Abbildung 5–11.	Hydrologische Randbedingungen für den Winterzeitraum. Oben: Wasserstand bei Cuxhaven, unten: Abfluss bei Neu Darchau.	37
Abbildung 6–1.	Funktionsplan.	39
Abbildung 6–2.	Modellnetz im Projektgebiet im Funktionsplan: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, b) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, c) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm (siehe Abbildung 5–3 zur Lage der Modellausschnitte).....	40
Abbildung 6–3.	Entwurfsplan.....	41
Abbildung 6–4.	Modellnetz im Projektgebiet im Entwurfsplan: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, b) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, c) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm (siehe Abbildung 5–3 zur Lage der Modellausschnitte).....	42
Abbildung 6–5.	Fortgeschriebener Entwurfsplan (Stand August 2023).....	43
Abbildung 6–6.	Modellnetz im Projektgebiet im fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023): a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, b) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, c) Saalehafen,	

Hansahafen, Veddeler Damm (siehe Abbildung 5–3 zur Lage der Modellausschnitte).	44
Abbildung 7–1. Lage der analysierten Zeitreihen und Querschnitte.....	45
Abbildung 7–2. Maximale Strömungsgeschwindigkeiten im Sommerzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Funktionszustand, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Funktionszustand, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Funktionszustand.....	47
Abbildung 7–3. Maximale Strömungsgeschwindigkeiten im Winterzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Funktionszustand, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Funktionszustand, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Funktionszustand.....	48
Abbildung 7–4. Maximale Strömungsgeschwindigkeiten im Sommerzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Entwurfsplan, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Entwurfsplan, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Entwurfsplan.....	50
Abbildung 7–5. Maximale Strömungsgeschwindigkeiten im Winterzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Entwurfsplan, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Entwurfsplan, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Entwurfsplan.....	51
Abbildung 7–6. Maximale Strömungsgeschwindigkeiten im Sommerzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023. .	54
Abbildung 7–7. Maximale Strömungsgeschwindigkeiten im Winterzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023. .	55
Abbildung 7–8. Vergleich Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und Funktionszustand im Saalehafen im Sommerzeitraum. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.....	56
Abbildung 7–9. Vergleich Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und Entwurfszustand im Saalehafen im Sommerzeitraum. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.....	58
Abbildung 7–10. Vergleich Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und Entwurfszustand im Saalehafen im Sommerzeitraum. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.....	60
Abbildung 7–11. Vergleich Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und Funktionszustand am Baufeld 26, a) Sommerzeitraum Flutstrom, b) Sommerzeitraum Ebbstrom, c) Winterzeitraum Flutstrom, d) Winterzeitraum Ebbstrom.....	62
Abbildung 7–12. Vergleich Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und Funktionszustand an der Moldauhafenbrücke, a) Sommerzeitraum Flutstrom, b) Sommerzeitraum Ebbstrom, c) Winterzeitraum Flutstrom, d) Winterzeitraum Ebbstrom.	63

Abbildung 7–13. Vergleich Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und Entwurfzustand am Baufeld 26, a) Sommerzeitraum Flutstrom, b) Sommerzeitraum Ebbstrom, c) Winterzeitraum Flutstrom, d) Winterzeitraum Ebbstrom.	66
Abbildung 7–14. Vergleich Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und Entwurfzustand an der Moldauhafenbrücke, a) Sommerzeitraum Flutstrom, b) Sommerzeitraum Ebbstrom, c) Winterzeitraum Flutstrom, d) Winterzeitraum Ebbstrom	67
Abbildung 7–15. Vergleich Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit zwischen Istzustand und fortgeschriebenen Entwurfsplan Stand August 2023 am Baufeld 26, a) Sommerzeitraum Flutstrom, b) Sommerzeitraum Ebbstrom, c) Winterzeitraum Flutstrom, d) Winterzeitraum Ebbstrom.	70
Abbildung 7–16. Vergleich Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit zwischen Istzustand und fortgeschriebenen Entwurfsplan Stand August 2023 an der Moldauhafenbrücke, a) Sommerzeitraum Flutstrom, b) Sommerzeitraum Ebbstrom, c) Winterzeitraum Flutstrom, d) Winterzeitraum Ebbstrom	71
Abbildung 7–17. Mittlere Sohlschubspannungen im Sommerzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Funktionszustand, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Funktionszustand, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Funktionszustand.....	74
Abbildung 7–18. Mittlere Sohlschubspannungen im Winterzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Funktionszustand, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Funktionszustand, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Funktionszustand.	75
Abbildung 7–19. Mittlere Sohlschubspannungen im Sommerzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Entwurfzustand, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Entwurfzustand, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Entwurfzustand.....	78
Abbildung 7–20. Mittlere Sohlschubspannungen im Winterzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Entwurfzustand, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Entwurfzustand, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Entwurfzustand.....	79
Abbildung 7–21. Mittlere Sohlschubspannungen im Sommerzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, fortgeschriebener Entwurfzustand Stand August 2023, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, fortgeschriebener Entwurfzustand Stand August 2023, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, fortgeschriebener Entwurfzustand Stand August 2023.	81
Abbildung 7–22. Mittlere Sohlschubspannungen im Winterzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, fortgeschriebener Entwurfzustand Stand August 2023, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, fortgeschriebener Entwurfzustand Stand August 2023, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, fortgeschriebener Entwurfzustand Stand August 2023.	82
Abbildung B.1. Lage der analysierten Zeitreihen.	85

Abbildung B.2.	Zeitreihen des Wasserstands im Moldauhafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.	86
Abbildung B.3.	Zeitreihen des Wasserstands am Baufeld 26 im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.	87
Abbildung B.4.	Zeitreihen des Wasserstands im Saalehafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Funktions-Zustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.	88
Abbildung B.5.	Zeitreihen des Wasserstands im Moldauhafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.	89
Abbildung B.6.	Zeitreihen des Wasserstands am Baufeld 26 im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.	90
Abbildung B.7.	Zeitreihen des Wasserstands im Saalehafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.	91
Abbildung B.8.	Zeitreihen des Wasserstands im Moldauhafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfzustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.	92
Abbildung B.9.	Zeitreihen des Wasserstands im Baufeld 26 im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfzustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.	93
Abbildung B.10	Zeitreihen des Wasserstands im Saalehafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfzustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.	94
Abbildung B.11.	Zeitreihen des Wasserstands im Moldauhafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfzustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.	95
Abbildung B.12.	Zeitreihen des Wasserstands am Baufeld 26 im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfzustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.	96
Abbildung B.13.	Zeitreihen des Wasserstands im Saalehafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfzustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.	97
Abbildung B.14.	Zeitreihen des Wasserstands im Moldauhafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.....	98
Abbildung B.15.	Zeitreihen des Wasserstands im Baufeld 26 im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.....	99
Abbildung B.16	Zeitreihen des Wasserstands im Saalehafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.	100
Abbildung B.17.	Zeitreihen des Wasserstands im Moldauhafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.....	101

Abbildung B.18. Zeitreihen des Wasserstands am Baufeld 26 im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.....	102
Abbildung B.19. Zeitreihen des Wasserstands im Saalehafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.....	103
Abbildung B.20. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten im Moldauhafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.	104
Abbildung B.21. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Baufeld 26 im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.	105
Abbildung B.22. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Saalehafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.	106
Abbildung B.23. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten im Moldauhafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.	107
Abbildung B.24. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Baufeld 26 im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.	108
Abbildung B.25. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten im Saalehafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.	109
Abbildung B.26. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten im Moldauhafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfzustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.	110
Abbildung B.27. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Baufeld 26 im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfzustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.	111
Abbildung B.28. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Saalehafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfzustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.	112
Abbildung B.29. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten im Moldauhafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfzustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.	113
Abbildung B.30. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Baufeld 26 im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfzustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.	114
Abbildung B.31. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Saalehafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfzustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.	115
Abbildung B.32. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten im Moldauhafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.	116
Abbildung B.33. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Baufeld 26 im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.	117

Abbildung B.34. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Saalehafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.	118
Abbildung B.35. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten im Moldauhafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.....	119
Abbildung B.36. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Baufeld 26 im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.....	120
Abbildung B.37. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten im Saalehafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.....	121
Abbildung C.1. Lage der analysierten Querschnitte.	122
Abbildung C.2. Querschnitt im Funktionszustand an der Moldauhafenbrücke im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).	122
Abbildung C.3. Querschnitt im Funktionszustand an der Moldauhafenbrücke im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:00 Uhr).	123
Abbildung C.4. Querschnitt im Funktionszustand an der Moldauhafenbrücke im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).	123
Abbildung C.5. Querschnitt im Funktionszustand an der Moldauhafenbrücke im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).	124
Abbildung C.6. Querschnitt im Funktionszustand am Baufeld 26 im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).	124
Abbildung C.7. Querschnitt im Funktionszustand am Baufeld 26 im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:00 Uhr).	125
Abbildung C.8. Querschnitt im Funktionszustand am Baufeld 26 im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).	125
Abbildung C.9. Querschnitt im Funktionszustand am Baufeld 26 im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).	126
Abbildung C.10. Querschnitt im Funktionszustand an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).	126
Abbildung C.11. Querschnitt im Funktionszustand an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:00 Uhr).	127
Abbildung C.12. Querschnitt im Funktionszustand an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).	127
Abbildung C.13. Querschnitt im Funktionszustand an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).	128
Abbildung C.14. Querschnitt im Funktionszustand an der Einfahrt zum Hansahafen im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).	128
Abbildung C.15. Querschnitt im Funktionszustand an der Einfahrt zum Hansahafen im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:10 Uhr).	129
Abbildung C.16. Querschnitt im Funktionszustand an der Einfahrt zum Hansahafen im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).	129
Abbildung C.17. Querschnitt im Funktionszustand an der Einfahrt zum Hansahafen im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).	130
Abbildung C.18. Querschnitt im Funktionszustand an der Einfahrt zum Spreehafen im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).	130

Abbildung C.19. Querschnitt im Funktionszustand an der Einfahrt zum Spreehafen im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:10 Uhr).....	131
Abbildung C.20. Querschnitt im Funktionszustand an der Einfahrt zum Spreehafen im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).....	131
Abbildung C.21. Querschnitt im Funktionszustand an der Einfahrt zum Spreehafen im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).....	132
Abbildung C.22. Querschnitt im Entwurfzustand an der Moldauhafenbrücke im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).....	133
Abbildung C.23. Querschnitt im Entwurfzustand an der Moldauhafenbrücke im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:00 Uhr).....	134
Abbildung C.24. Querschnitt im Entwurfzustand an der Moldauhafenbrücke im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).....	134
Abbildung C.25. Querschnitt im Entwurfzustand an der Moldauhafenbrücke im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).....	135
Abbildung C.26. Querschnitt im Entwurfzustand am Baufeld 26 im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).....	135
Abbildung C.27. Querschnitt im Entwurfzustand am Baufeld 26 im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:00 Uhr).....	136
Abbildung C.28. Querschnitt im Entwurfzustand am Baufeld 26 im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).....	136
Abbildung C.29. Querschnitt im Entwurfzustand am Baufeld 26 im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).....	137
Abbildung C.30. Querschnitt im Entwurfzustand an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).....	137
Abbildung C.31. Querschnitt im Entwurfzustand an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:00 Uhr).....	138
Abbildung C.32. Querschnitt im Entwurfzustand an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).....	138
Abbildung C.33. Querschnitt im Entwurfzustand an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).....	139
Abbildung C.34. Querschnitt im Entwurfzustand an der Einfahrt zum Hansahafen im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).....	139
Abbildung C.35. Querschnitt im Entwurfzustand an der Einfahrt zum Hansahafen im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:10 Uhr).....	140
Abbildung C.36. Querschnitt im Entwurfzustand an der Einfahrt zum Hansahafen im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).....	140
Abbildung C.37. Querschnitt im Entwurfzustand an der Einfahrt zum Hansahafen im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).....	141
Abbildung C.38. Querschnitt im Entwurfzustand an der Einfahrt zum Spreehafen im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).....	141
Abbildung C.39. Querschnitt im Entwurfzustand an der Einfahrt zum Spreehafen im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:10 Uhr).....	142
Abbildung C.40. Querschnitt im Entwurfzustand an der Einfahrt zum Spreehafen im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).....	142
Abbildung C.41. Querschnitt im Entwurfzustand an der Einfahrt zum Spreehafen im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).....	143
Abbildung C.42. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 an der Moldauhafenbrücke im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).	144

Abbildung C.43. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 an der Moldauhafenbrücke im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:00 Uhr).....	145
Abbildung C.44. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 an der Moldauhafenbrücke im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).	145
Abbildung C.45. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 an der Moldauhafenbrücke im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).	146
Abbildung C.46. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 am Baufeld 26 im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).....	146
Abbildung C.47. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 am Baufeld 26 im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:00 Uhr).	147
Abbildung C.48. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 am Baufeld 26 im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).....	147
Abbildung C.49. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 am Baufeld 26 im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).	148
Abbildung C.50. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).	149
Abbildung C.51. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:00 Uhr).....	150
Abbildung C.52. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).	150
Abbildung C.53. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).	151
Abbildung C.54. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 an der Einfahrt zum Hansahafen im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).	152
Abbildung C.55. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 an der Einfahrt zum Hansahafen im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:10 Uhr).	153
Abbildung C.56. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 an der Einfahrt zum Hansahafen im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr). 153	
Abbildung C.57. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 an der Einfahrt zum Hansahafen im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr). 154	
Abbildung C.58. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 an der Einfahrt zum Spreehafen im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).	155
Abbildung C.59. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 an der Einfahrt zum Spreehafen im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:10 Uhr).	156
Abbildung C.60. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 an der Einfahrt zum Spreehafen im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).. 156	
Abbildung C.61. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 an der Einfahrt zum Spreehafen im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).. 157	

Tabellen

Tabelle 4-1.	Verwendete Daten.....	28
Tabelle 5-1.	Statistische Kenngrößen der Kalibrierung (siehe auch Appendix A).....	34
Tabelle 5-2.	Statistische Kenngrößen der Validierung (siehe auch Appendix A).....	36
Tabelle D.1.	Vergleich Wasserstände zwischen Ist- und Funktionszustand.	158
Tabelle D.2.	Vergleich Wasserstände zwischen Ist- und Entwurfszustand.	160
Tabelle D.3.	Vergleich Wasserstände zwischen Ist- und fortgeschriebenem Entwurfszustand Stand August 2023.	162
Tabelle D.4.	Vergleich Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und Funktionszustand.	164
Tabelle D.5.	Vergleich Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und Entwurfszustand.	166
Tabelle D.6.	Vergleich Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und fortgeschriebenem Entwurfszustand Stand August 2023.....	169

1 Zusammenfassung und Empfehlungen

1.1 Veranlassung und Zielsetzung

Zwischen Hansahafen und Norderelbe soll der Stadtteil Kleiner Grasbrook als gemischter Stadtraum mit Gewerbe-, Büro und Wohnnutzung entstehen. Ziel ist es, eine hohe physische Dichte und Vernetzung zu den angrenzenden Stadtteilen zu erreichen. Zur Berücksichtigung der in den Hafenbecken erforderlichen Solltiefen und zur Gewährleistung der Schiffbarkeit sollen für die weitere Planung die natürliche Gewässerdynamik und die damit einhergehende Sedimentation der Hafenbecken untersucht werden.

Folgende Ziele werden verfolgt:

1. Bestimmung des aktuellen Ist-Zustandes sowie des Funktions-, Entwurfs- und fortgeschriebenen Entwurfszustands (Stand August 2023)
2. Ermittlung der durch die Planungen hervorgerufenen hydrodynamischen Änderungen und deren Auswirkungen auf die Morphologie
3. Bewertung und Formulierung von Empfehlungen hinsichtlich der Erfordernisse weiterer Strömungsuntersuchungen zur Generierung weiterer Erkenntnisse
4. Schaffung der hydrodynamischen Grundlage für nautische Gutachten und einer Risikoanalyse für den Schiffsverkehr im Moldau- und im Saalehafen

1.2 Vorgehensweise

Ein bestehendes zweidimensionales (2D) hydronumerisches Modell des Hamburger Hafens wird im Untersuchungsgebiet lokal verfeinert, kalibriert und validiert. Es dient der Ermittlung von Wasserständen und Strömungsgeschwindigkeiten im aktuellen Ist-Zustand sowie im Funktions-, Entwurfs- und fortgeschriebenen Entwurfszustand (Stand August 2023). Ein Vergleich der Zustände ermöglicht die Beurteilung der Auswirkungen der Planungen. Morphologische Auswirkungen werden abgeleitet. Empfehlungen für weitere Untersuchungen zur Verbesserung der Planungsgrundlagen werden gegeben.

1.3 Hydronumerisches Modell

Das validierte hydronumerische Modell auf Basis der Software MIKE 21 Flow Model FM /1/ ermöglicht die flächendeckende Abbildung physikalischer Prozesse und ein umfassendes Prozessverständnis.

- Das Modell weist eine sehr gute Eignung für die Modellierung des Winterzeitraums auf.
- Die sehr gute Modellgüte wurde auch für den Sommerzeitraum bestätigt.

1.4 Plan-Zustände

Für die morphodynamische Modelluntersuchungen im Moldau- und Saalehafen wurden drei Planzustände vorgelegt. Der Funktionsplan wurde am 18.05.2022

von der Hafencity Hamburg GmbH unter dem Namen 220411_Grasbrook_Lageplan_Funktionsplanung_Dachaufsicht.pdf mit der Plannummer GR02 übermittelt. Der Entwurfsplan wurde am 02.11.2022 von der Sellhorn Ingenieurgesellschaft mbH mit dem Dateinamen P2220_LP3_GR_Lageplan_GR01-Übersichtsplan Warftniveau_220921.pdf mit der Plannummer GR01 bereitgestellt. Beide Pläne sind im Hinblick auf die Hydrodynamik nachfolgend beschrieben. Der fortgeschriebene Entwurfsplan (Stand August 2023) wurde in zwei Teilen am 14.04.2023 und am 01.08.2023 von der Hafencity Hamburg GmbH unter dem Namen P-Solltiefen_Lines_UTM.shp bzw. Saalehafensteg.pdf übermittelt.

1.4.1 Funktionsplan

Der abgebildete Funktionsplan enthält aus hydromorphologischer Sicht das Baufeld 26, angepasste Böschungen, größere Wassertiefen im Bereich der planfestgestellten Fahrrinne, zusätzliche Pfeiler der Moldauhafenbrücke, der Querung der U-Bahn-Linie 4 sowie des Saalehafenstegs (Abbildung 1–1).

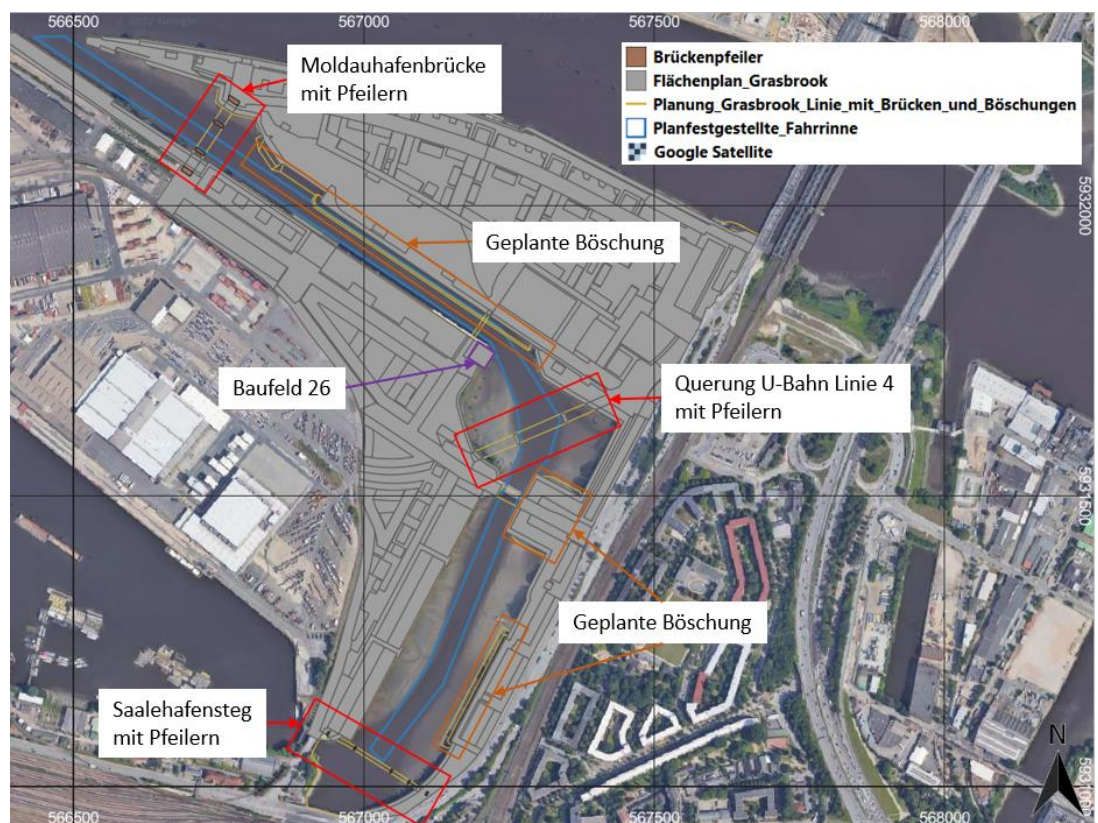


Abbildung 1–1. Funktionsplan (siehe Kapitel 4).

1.4.2 Entwurfsplan

Der Entwurfsplan enthält aus hydromorphologischer Sicht das Baufeld 26, angepasste Böschungen, größere Wassertiefen im Bereich der planfestgestellten Fahrrinne, zusätzliche Pfeiler der Moldauhafenbrücke, der Querung der U-Bahn-Linie 4 sowie des Saalehafenstegs (Abbildung 1–2). Der Entwurfsplan unterscheidet sich von dem Funktionsplan durch eine Änderung der nördlichen Böschung im Moldauhafen im Bereich der Elbmündung, durch eine Verbreiterung der Brückenpfeiler der Querung der U-Bahn-Linie 4, durch die Anpassung der Böschung gegenüber dem Baufeld 26 und durch die Änderung der Böschung unterhalb der Sachsenbrücke.

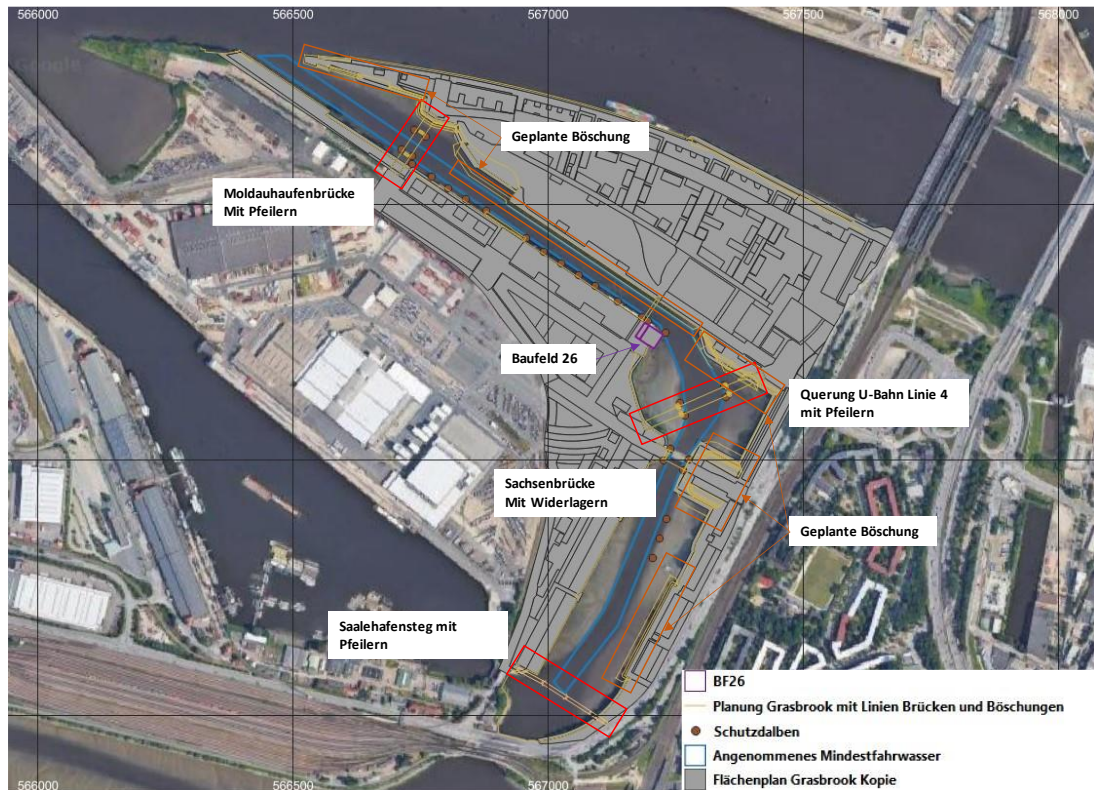


Abbildung 1–2: Entwurfsplan (siehe Kapitel 4).

1.4.3 Fortgeschriebener Entwurfsplan (Stand August 2023)

Der fortgeschriebene Entwurfsplan (Stand August 2023) enthält aus hydromorphologischer Sicht das Baufeld 26, angepasste Böschungen, größere Wassertiefen im Bereich der planfestgestellten Fahrrinne, zusätzliche Pfeiler der Moldauhafenbrücke, der Querung der U-Bahn-Linie 4 sowie des Saalehafenstegs, eine Änderung der nördlichen Böschung im Moldauhafen im Bereich der Elbmündung, eine Verbreiterung der Brückenpfeiler der Querung der U-Bahn-Linie 4, eine Anpassung der Böschung gegenüber dem Baufeld 26 und eine Änderung der Böschung seitlich der Sachsenbrücke (Abbildung 1–3).

Der fortgeschriebene Entwurfsplan (Stand August 2023) unterscheidet sich von dem vorherigen Entwurfsplan durch eine Änderung der Trassenbreite im Bereich des Baufelds 26 aufgrund einer veränderten Böschung gegenüber dem Baufelds 26 und dadurch eine größere Durchfahrtsbreite für den Schiffsverkehr. Außerdem sind geringe Änderungen an der nördlichen Böschung im Moldauhafen im Bereich der Elbmündung, eine geringe Verbreiterung des Abstands der Pfeiler der Moldauhafenbrücke, eine genauere Darstellung der Brückenpfeiler der Querung der U-Bahn-Linie 4, eine geringe Änderung der Böschung seitlich der Sachsenbrücke und eine neue Anordnung und Ausrichtung der Brückenpfeiler im Saalehafen berücksichtigt worden. Eine Anpassung des Ufers westlich der Freihafenelbbrücke zu einer geschwungeneren Uferlinie wurde ebenfalls durchgeführt.



**Abbildung 1–3: Fortgeschriebener Entwurfsplan (Stand August 2023)
(siehe Kapitel 4)**

1.5 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse für die drei Planungszustände im Vergleich zum jetzigen Zustand dargestellt. Auf die Unterschiede zwischen den Planzuständen wird bei den Ergebnissen für den Entwurfsplan, bzw. fortgeschriebenem Entwurfsplan (Stand August 2023) eingegangen.

1.5.1 Funktionsplan

Für den Wasserstand kann im Funktionsplan folgendes festgehalten werden:

- Bei den Wasserständen zeigt das Hochwasser eine Tendenz zur Reduzierung. Im Sturmflutfall fällt das Hochwasser im Moldauhafen bis zu 0,03 m niedriger aus. Im Fall einer mittleren Tide im Winter bis zu 0,02 m niedriger. Niedrigwasser ändert sich mit Werten zwischen +0,01 m und -0,01 m nicht maßgeblich. D.h. es ist tendenziell mit einer sehr geringen Abschwächung der Tide zu rechnen.
- Zeitlich stellt sich das Hochwasser einer mittleren und starken Tide mit einem zeitlichen Unterschied von bis zu 5 min ein. Bezüglich des Niedrigwassers sind keine zeitlichen Änderungen zu erwarten.

Für die Strömung kann im Funktionsplan folgendes festgehalten werden:

- Während der Flutphase ist allgemein mit einer leichten Abnahme der Strömungsgeschwindigkeiten zu rechnen. Der Flutstrom ändert sich im Sommer zwischen -0,06 m/s (bis zu -7 %) am Baufeld 26 und +0,03 m/s (bis zu +12 %) im Saalehafen. Im Winter nimmt er im Moldauhafen und am Baufeld 26 um bis zu 0,16 m/s, d.h. bis zu 14 % (Sturmflut) ab. Im

Saalehafen nimmt der Flutstrom um bis zu 0,04 m/s, d.h. bis zu 14 % (mittlere Tide im Winter) zu. An der Moldauhafenbrücke deuten die Ergebnisse unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten an Nord- und Südseite des Nordpfeilers an. Im Bereich der Böschung nördlich des östlichen Widerlagers der Sachsenbrücke treten um bis zu 1,0 m/s höhere maximale Strömungsgeschwindigkeiten während einer Sturmflut auf.

- Der Ebbstrom ändert sich im Sommer lediglich im Bereich von -0,02 m/s bis +0,03 m/s (-2 % bis zu +12 % im Saalehafen). Im Winter nimmt er am Baufeld 26 und im Saalehafen bis +0,06 m/s (+15 % bis +25 %) während einer Sturmflut zu. An der Moldauhafenbrücke deuten die Ergebnisse unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten an Nord- und Südseite des Nordpfeilers an.

Die Auswirkungen auf die Morphologie im Funktionsplan werden wie folgt eingeschätzt (Abbildung 1–4):

- Im Projektgebiet kommt es in den ausgewiesenen Gebieten über weite Bereiche zu einer Abnahme der mittleren Sohlschubspannungen. Daher ist mit einer allgemeinen Zunahme der Sedimentation in diesen Bereichen zu rechnen.
- Im Bereich der Böschung nördlich des östlichen Widerlagers der Sachsenbrücke treten um bis zu 0,3 N/m² höhere mittlere Sohlschubspannungen auf. Dies sollte bei der Sicherung der herzustellenden Böschung beachtet werden. Ein detaillierteres dreidimensionales Modell kann für die zu erwartende Belastung der Böschung genauere Aussagen liefern.
- An den neu zu errichtenden Brückenpfeilern des Saalehafenstegs ist aufgrund der regelmäßig auftretenden Strömungsgeschwindigkeiten im Bereich von bis zu 0,6 m/s und der daraus resultierenden Verwirbelung im jeweiligen Strömungsschatten mit Auskolkungen zu rechnen. Dies sollte unter Einbeziehung des lokalen Sohlmaterials mit Hilfe genauerer dreidimensionaler hydromorphologischer Modelle untersucht werden.
- Die asymmetrischen Strömungen vor allem am Nordpfeiler der Moldauhafenbrücke können zu asymmetrischer Sedimentation und damit asymmetrischen Belastungen des Pfeilers führen und sollten in einem detaillierteren dreidimensionalen Modell geprüft werden.

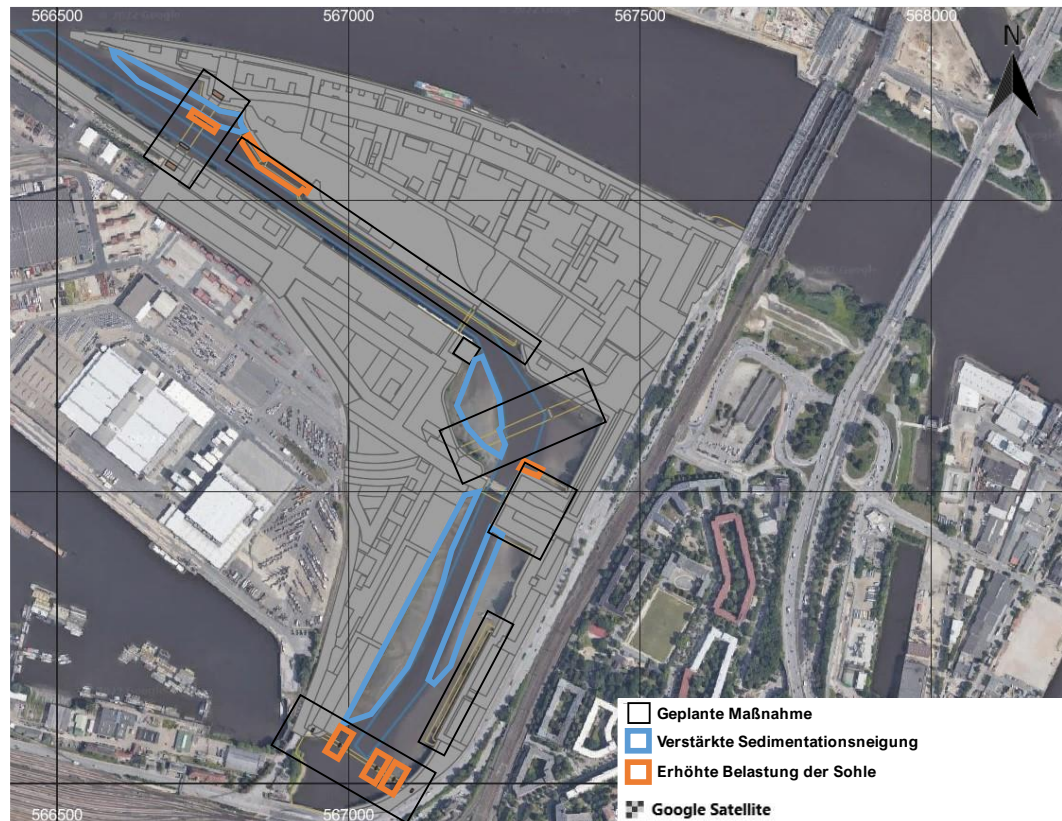


Abbildung 1–4. Zu erwartende Veränderungen im Funktionsplan.

1.5.2 Entwurfsplan

Für den Wasserstand kann im Entwurfsplan folgendes festgehalten werden:

- Es besteht eine große Übereinstimmung zwischen dem Funktionsplan und dem Entwurfsplan. Somit zeigt sich beim Hochwasser dieselbe Tendenz zur Reduzierung der Wasserstände. Im Sturmflutfall fällt das Hochwasser im Moldauhafen bis zu 0,03 m niedriger aus. Im Fall einer mittleren Tide im Winter bis zu 0,02 m niedriger. Niedrigwasser ändert sich mit Werten zwischen +0,01 m und -0,01 m nicht maßgeblich. D.h. es ist tendenziell mit einer sehr geringen Abschwächung der Tide zu rechnen.
- Zeitlich stellt sich das Hochwasser einer mittleren und starken Tide mit einem zeitlichen Unterschied von bis zu 5 min ein. Bezüglich des Niedrigwassers sind keine zeitlichen Änderungen zu erwarten.

Für die Strömung kann im Entwurfsplan folgendes festgehalten werden:

- Während der Flutphase ist allgemein mit einer leichten Abnahme der Strömungsgeschwindigkeiten zu rechnen. Die Abweichungen gegenüber dem Ist-Zustand sind beim Entwurfsplan geringer als beim Funktionsplan.
- Der Flutstrom ändert sich im Sommer zwischen -0,06 m/s (bis zu -7 %) bei Baufeld 26 und +0,01 m/s (bis zu +4 %) im Saalehafen. Im Winter nimmt die Strömungsgeschwindigkeit am Baufeld 26 um bis zu -0,09 m/s bzw. bis zu -8 % (Sturmflut) ab. Damit verringert sich die Differenz im Vergleich zum Funktionsplan um 0,07 m/s. Im Saalehafen nimmt der Flutstrom um bis zu 0,01 m/s, d.h. bis zu 4 % (mittlere Tide im Winter) zu. An der Moldauhafenbrücke deuten die Ergebnisse unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten an Nord- und Südseite des Nordpfeilers an. Die im Funktionsplan auftretenden erhöhten Strömungsgeschwindigkeiten

an der Böschung nördlich des östlichen Widerlagers der Sachsenbrücke treten im Entwurfsplan nicht auf. Im Moldauhafen im Bereich der Elbmündung ergeben sich im Entwurfsplan erhöhte Fließgeschwindigkeiten von bis zu 0,02 m/s in der Querschnittsmitte und bis zu 0,9 m/s an der nördlichen Böschung. Der Ebbstrom ändert sich im Sommer lediglich im Bereich von -0,02 m/s bis +0,03 m/s (-2 % bis zu +12 % im Saalehafen). Im Winter nimmt der Ebbstrom im Moldauhafen bis zu +0,05 m/s (+12 %) und im Saalehafen bis zu +0,03 m/s (+13 %) während einer Sturmflut zu. Damit ist die Differenz zwischen Entwurfsplan und Ist-Zustand auch beim Ebbestrom geringer als im Funktionsplan. An der Moldauhafenbrücke weisen die Ergebnisse im Entwurfsplan ebenfalls auf unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten auf der Nord- und Südseite des Nordpfeilers hin.

Die Auswirkungen auf die Morphologie im Entwurfsplan werden wie folgt eingeschätzt (Abbildung 1–5):

- Die mittleren Sohlschubspannungen nehmen auch im Entwurfsplan in den ausgewiesenen Bereichen großflächig ab. Daher ist in diesen Bereichen mit einer generellen Zunahme der Sedimentation zu rechnen.
- Anders als im Funktionsplan treten hier im Bereich der Böschung nördlich des östlichen Widerlagers der Sachsenbrücke keine erhöhten Sohlschubspannungen auf.
- Im Moldauhafen im Bereich der Elbmündung treten an der nördlichen Böschung um bis zu 0,4 N/m² höhere mittlere Sohlschubspannungen auf. Dies sollte bei der Sicherung der herzustellenden Böschung beachtet werden. Ein detaillierteres dreidimensionales Modell kann für die zu erwartende Belastung der Böschung genauere Aussagen liefern. Im Funktionsplan ist diese Erhöhung nicht zu erkennen.
- An den neu zu errichtenden Brückenpfeilern des Saalehafenstegs ist aufgrund der regelmäßig auftretenden Strömungsgeschwindigkeiten von bis zu 0,6 m/s und der daraus resultierenden Verwirbelung im jeweiligen Strömungsschatten mit Auskolkungen zu rechnen. Dies sollte unter Einbeziehung des lokalen Sohlmaterials mit Hilfe genauerer dreidimensionaler hydromorphologischer Modelle untersucht werden.
- Wie im Funktionsplan treten auch im Entwurfsplan asymmetrische Strömungen insbesondere am Nordpfeiler der Moldauhafenbrücke auf, die zur asymmetrischen Sedimentation und damit zu asymmetrischen Belastungen des Pfeilers führen können. Dies sollte in einem detaillierten dreidimensionalen Modell geprüft werden.

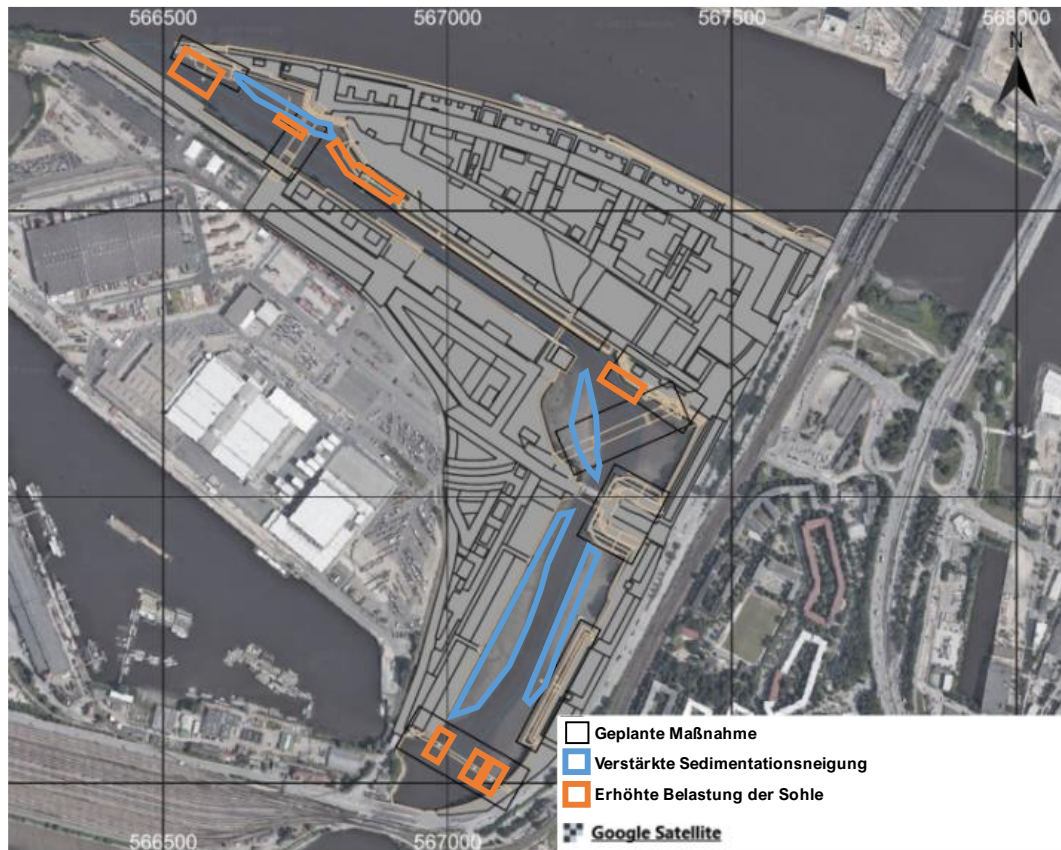


Abbildung 1–5. Zu erwartende Veränderungen im Entwurfsplan.

1.5.3 Fortgeschriebener Entwurfsplan (Stand August 2023)

Für den Wasserstand kann im fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023) folgendes festgehalten werden:

- Im Sturmflutfall fällt das Hochwasser im Moldauhafen, Baufeld 26 und im Saalehafen bis zu 0,03 m niedriger aus. Im Fall einer mittleren Tide im Winter bis zu 0,02 m (Moldauhafen: -0,02 m, Baufeld 26: -0,02 m Saalehafen: -0,01 m) niedriger. Das Niedrigwasser ändert sich mit Werten zwischen +0,01 m und -0,01 m nicht maßgeblich (Moldauhafen: +- 0,00, Baufeld 26: -0,01 m, Saalehafen+-0,00 m). D.h. es ist tendenziell mit einer sehr geringen Abschwächung der Tide zu rechnen (ähnlich dem Funktionsplan und Entwicklungsplan).
- Zeitlich unterscheiden sich das Hochwasser einer mittleren und starken Tide um weniger als 5 min. Bezüglich des Niedrigwassers sind keine zeitlichen Änderungen zu erwarten (ähnlich dem Funktionsplan und dem Entwurfsplan).

Für die Strömung kann im fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023) folgendes festgehalten werden:

- Der Flutstrom ändert sich im Sommer bis zu -0,01 m/s (-2 %) im Moldauhafen, bis zu -0,02 (-2 %) am Baufeld 26 und bis zu -0,01 m/s (-4%) im Saalehafen. Im Winter nimmt er im Moldauhafen um bis zu 0,03 m/s (d.h. bis zu 4 %) ab. Im Saalehafen nimmt er bei Sturmflut um 0,01 m/s (4%) zu und bei mittlerer Tide um -0,02 m/s (4 %) ab (geringere Unterschiede als im Funktionsplan).

- Der Ebbstrom ändert sich im Sommer um bis zu -0,01 m/s (d.h. -2 %) im Moldauhafen und +0,03 m/s (d.h. 7 %) am Baufeld 26 und +0,01 m/s (d.h. 4 %) im Saalehafen. Im Winter nimmt die Strömungsgeschwindigkeit während einer Sturmflut um -0,03 m/s (d.h. bis zu -4 %) im Moldauhafen, 0,03 m/s (bis zu 8 %) im Baufeld 26 und um bis zu -0,02 m/s (d.h. bis zu -7 %) im Saalehafen (geringere Unterschiede als im Funktionsplan).
- **Die Auswirkungen auf die Morphologie** im Entwurfsplan werden wie folgt eingeschätzt (Abbildung 1–6):
- Die mittleren Sohlschubspannungen nehmen auch im fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023) in den ausgewiesenen Bereichen großflächig ab. Daher ist in diesen Bereichen mit einer generellen Zunahme der Sedimentation zu rechnen.
- Im Bereich der Böschung nördlich des östlichen Widerlagers der Sachsenbrücke treten im Vergleich zum Ist-Zustand sowie zum Entwurfsplan lokal begrenzt leicht erhöhte Sohlschubspannungen auf, die im Vergleich zum Funktionsplan jedoch deutlich geringer ausfallen.
- Im Moldauhafen im Bereich der Elbmündung treten an der nördlichen Böschung um bis zu 0,3 N/m² höhere mittlere Sohlschubspannungen auf. Dies sollte bei der Sicherung der herzustellenden Böschung beachtet werden. Ein detaillierteres dreidimensionales Modell kann für die zu erwartende Belastung der Böschung genauere Aussagen liefern.
- An den neu zu errichtenden Brückenpfeilern des Saalehafenstegs ist aufgrund der regelmäßig auftretenden Strömungsgeschwindigkeiten von bis zu 0,6 m/s und der daraus resultierenden Verwirbelung im jeweiligen Strömungsschatten mit Auskolkungen zu rechnen. Dies sollte unter Einbeziehung des lokalen Sohlmaterials mit Hilfe genauerer dreidimensionaler hydromorphologischer Modelle untersucht werden.



Abbildung 1–6. Zu erwartende Veränderung im fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023)

1.6 Empfehlungen

Die Modellierung mittels eines dreidimensionalen hydromorphologischen Modells für die geplanten baulichen Maßnahmen wird für folgende Fragestellungen empfohlen:

- Ermittlung der Strömungsbelastung der herzustellenden Böschungen
- Quantifizierung der Sedimentation auf der ufernahen und uferabgewandten Seite der neu herzustellenden Brückenpfeiler
- Ermittlung der Kolkentiefe im jeweiligen Strömungsschatten der neu herzustellenden Brückenpfeiler unter Berücksichtigung des lokalen Sohlmaterials.

2 Veranlassung und Zielsetzung

Zwischen Hansahafen und Norderelbe soll der Stadtteil Kleiner Grasbrook als gemischter Stadtraum mit Gewerbe-, Büro und Wohnnutzung entstehen (Abbildung 2–1). Ziel ist es, eine hohe physische Dichte und Vernetzung zu den angrenzenden Stadtteilen zu erreichen. Zur Berücksichtigung der in den Hafenbecken erforderlichen Solltiefen und zur Gewährleistung der Schiffbarkeit sollen für die weitere Planung die natürliche Gewässerdynamik und die damit einhergehende Sedimentation der Hafenbecken untersucht werden.

Die geplanten Maßnahmen erfordern die Prüfung der Planvarianten in Hinblick auf die hydrodynamischen und hydromorphologischen Gegebenheiten /2/. Die durchzuführenden Untersuchungen dienen einerseits der Bestimmung des aktuellen Ist-Zustandes, andererseits der Bestimmung der Plan-Zustände.

Anhand des Vergleichs der Zustände hinsichtlich der zweidimensionalen (2D-) Hydrodynamik und Erosions- und Sedimentationsmustern sollen die Untersuchungen bewertet und Empfehlungen hinsichtlich der Erfordernisse weiterer Strömungsuntersuchungen zur Generierung weiterer Erkenntnisse (z.B. mittels einer 3D-Modellierung) gegeben werden.

Weiterhin bilden die hydrodynamischen Ergebnisse der fortgesetzten Entwurfsplanung (Stand August 2023) die Grundlage für nautische Gutachten und einer Risikoanalyse für den Schiffsverkehr im Moldau- und im Saalehafen.

3 Vorgehensweise

Die Kombination aus Mess- und Modelldaten sowie lokale Erfahrungen im Hamburger Hafen ermöglicht ein umfassendes Verständnis der beobachteten Phänomene. So erlauben örtlich begrenzt erhobene verifizierte Messdaten einen Einblick in die vorherrschenden Prozesse. Validierte hydronumerische Modelle erweitern diesen Einblick sowohl zeitlich als auch örtlich und lassen so eine umfassende Prozessanalyse zu, um die Auswirkungen von Planungen zu bestimmen und die Planungen hinsichtlich reduzierter Auswirkungen zu optimieren.

Für die Durchführung der Untersuchungen wird das bereits existierende zweidimensionalen (2D-) Strömungsmodell des Hamburger Hafens und der anschließenden Tideelbe im Bereich von Geesthacht bis Stadersand herangezogen. Dieses Modell bildet die Basis für eine hinreichend genaue und darüber hinaus schnelle Berechnung des vorliegenden Ist-Zustandes als auch für die Berechnung der vorliegenden Plan-Zustände.

Die Betrachtung erfolgt zunächst im Rahmen einer 2D-Simulation des Ist-Zustandes, wobei zunächst ein Nachweis der Modellgüte durchgeführt wurde. Der Nachweis erfolgte unter Einbezug des Pegels St. Pauli sowie des akustischen Doppler-Strömungsmessgeräts (H-ADCP) Finkenwerder.

Für die Untersuchung der Auswirkungen der geplanten Änderungen im Projektgebiet auf die Hydrodynamik wurde ein Sommerzeitraum und ein Winterzeitraum ausgewählt und mit dem validierten Modell im Ist-Zustand simuliert. Der Winterzeitraum zeichnet sich durch das Vorhandensein einer Sturmflut sowie höherem Oberwasserabfluss gegenüber dem Sommerzeitraum aus.

In das Modell wurden anschließend die hydrodynamisch relevanten Änderungen eingebaut und dieselben Zeiträume wie für den Ist-Zustand simuliert.

Anschließend erfolge die Gegenüberstellung der Simulationsergebnisse zur Bestimmung der Änderungen im Funktions- und Entwurfsplan sowie im fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023). Außerdem erfolgt die Auswertung der Wasserstände, Strömungsgeschwindigkeiten und Sohlschubspannungen an abgestimmten Positionen.

4 Datengrundlage und verwendete Unterlagen

Für das hydromorphologische Modell und die Durchführung der Simulation wurden die hier aufgeführten Datensätze verwendet (Tabelle 4-1).

Tabelle 4-1. Verwendete Daten
Überblick über die eingesetzten Datensätze

Bereitgestellt durch	Datensatz	Stand
HPA	Aktuellste Peilungen im Bereich des Moldau- und Saalehafens (als xyz Dateien)	2021/2022
HPA	DGM-W2016 mit Elbvertiefung sowie planfestgestellte Fahrrinne im Untersuchungsgebiet (als Shape-Datei)	2022
HPA	Abfluss-, Wasserstands- und Strömungsdaten der Stationen Neu Darchau, Stadersand, St. Pauli sowie Finkenwerder im Modellgebiet (als Zeitseriendaten)	2022
Hafen City GmbH Ingenieurbüro Körting	Georeferenzierte Planungsunterlagen (Funktionsplan) sowie Detailpläne für die Moldauhafenbrücke, den Saalehafenteg und die geplanten Böschungen und Uferkanten (als DWG und Shape-Dateien)	2022
Hafen City GmbH	Georeferenzierte Planungsunterlagen für den Entwurfsplan (als Shape-Dateien).	2022
Sellhorn Ingenieurgesellschaft mbH	PDF-Entwurfspläne, Höhendaten der Uferwände.	2022
Sellhorn Ingenieurgesellschaft mbH	PDF des Abgleichs der Planungsstände	2023
Hafen City GmbH	Georeferenzierte Planungsunterlagen für den fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023) (als Shape-Dateien)	2023

Hafen City GmbH	PDF der Dalben und Beschilderung	2023
Ingenieurbüro Körting	Georeferenzierte Planungsunterlagen der Brückenpfeiler der Moldauhafenbrücke und der U4-Brücke inkl. Schutzdalben (als Shape-Dateien)	2023
Hafen City GmbH	Georeferenzierte Planungsunterlagen der Brückenpfeiler des Saalehafensteg (als Shape-Datei)	2023

Alle Daten wurden, sofern nicht bereits vorliegend, in das Koordinatensystem ETRS 1989 UTM 32N überführt.

5 Hydronumerisches Modell

Ein validiertes hydronumerisches Modell ermöglicht die flächendeckende Abbildung physikalischer Prozesse und trägt zu einem umfassenden Prozessverständnis bei, das einerseits die Auswirkungen von Planungen bestimmen und andererseits die Planungen hinsichtlich der Reduzierung dieser Auswirkungen optimieren kann.

Zunächst wird die Modellsoftware vorgestellt (Abschnitt 5.1). Anschließend wird die Bathymetrie sowie die Modellauflösung beschrieben (Abschnitt 5.2). Das so aufgebaute Modell wird mit Hilfe von Messdaten kalibriert und validiert (Abschnitt 5.3). Weiterhin werden für die zu untersuchenden Zeiträume die hydrologischen Randbedingungen (Abschnitt 5.4) sowie im Modell berücksichtigten Sperrwerke angegeben (Abschnitt 5.5).

5.1 Verwendete Modellsoftware

Das MIKE 21 FM-Programmsystem wurde speziell für die Modellierung von 2D instationären Strömungsprozessen in Ästuaren und Fließgewässern entwickelt. Die Software basiert auf der Lösung partieller Differenzialgleichungen für inkompressible Flüssigkeiten mit hydrostatischem (Flachwassergleichungen). Der 2-dimensionale Ansatz der Flachwassergleichung folgt hierbei der Ableitung der Verteilung des hydrostatischen Drucks unter Einbezug der Navier-Stokes Gleichung über die gesamte Tiefe der Wassersäule.

Folgende Erhaltungsgleichungen sind im Modell implementiert /1/.

Kontinuitätsgleichung:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = 0$$

Impulsgleichungen:

$$\begin{aligned} \frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial hu^2}{\partial x} + \frac{\partial hvu}{\partial y} &= fhv - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} \\ &\quad - \frac{\tau_{fx}}{\rho_0} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - F_{vx} + \frac{\partial h\tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial h\tau_{xy}}{\partial y} \\ \frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial hvu}{\partial x} + \frac{\partial hv^2}{\partial y} &= -fhu - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial p}{\partial y} \\ &\quad - \frac{\tau_{fy}}{\rho_0} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - F_{vy} + \frac{\partial h\tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial h\tau_{yy}}{\partial y} \end{aligned}$$

Mit:

- x, y Kartesische Koordinaten
- u, v , Strömungsgeschwindigkeitskomponenten in x, y , Richtung [m/s]
- t Zeit [s]

h	Wassertiefe absolut [m]
f	Coriolisbeschleunigung = $2\Omega \sin \phi$
η	Lage der Gewässeroberfläche
g	Erdbeschleunigung [m/s ²]
ρ_0	Referenzdichte des Wassers [kg/m ³]
p_a	Atmosphärischer Druck [N/m ²]
F	Fließwiderstand durch Vegetation [m ² /s ²]
τ	Laterale Spannungskräfte [N/m ²]

Die räumliche Diskretisierung wird mit Hilfe der elementzentrierten Finite-Volumen-Methode vorgenommen. Die Topografie und Bathymetrie werden in der Ebene in ein unstrukturiertes Netz aus dreieckigen und viereckigen Elementen diskretisiert (Abbildung 5–1).

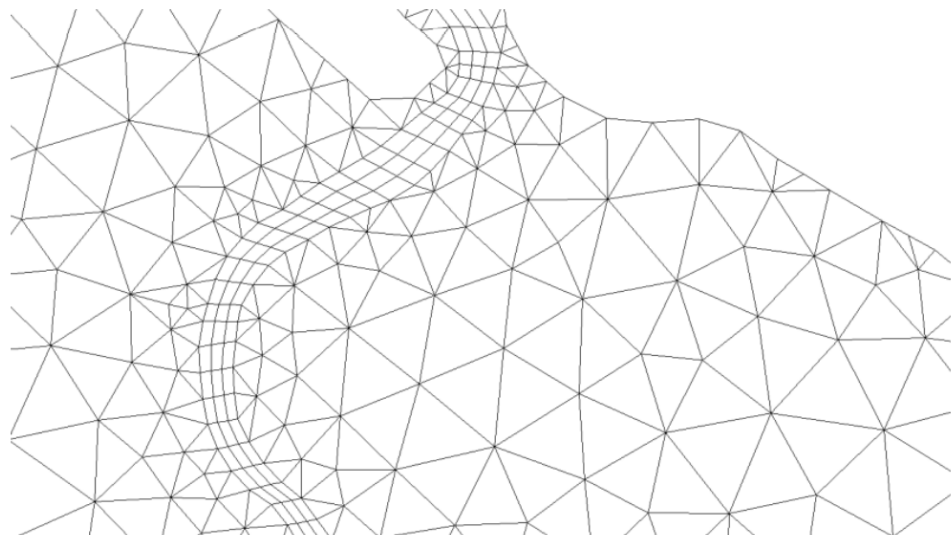


Abbildung 5–1. Prinzip eines unstrukturierten 2D Netzes unter Verwendung von dreieckigen und viereckigen Elementen.

5.2 Bathymetrie und Modellauflösung

Das zweidimensionale Modell erstreckt sich von Neu Darchau bis Stadersand (Abbildung 5–2) und bildet das Projektgebiet detailliert ab (Abbildung 5–3). Die Wassertiefe wurde im Ist-Zustand im Moldauhafen und im Saalehafen im Bereich der planfestgestellten Fahrrinne auf einen zu unterhaltenden Zustand vertieft.

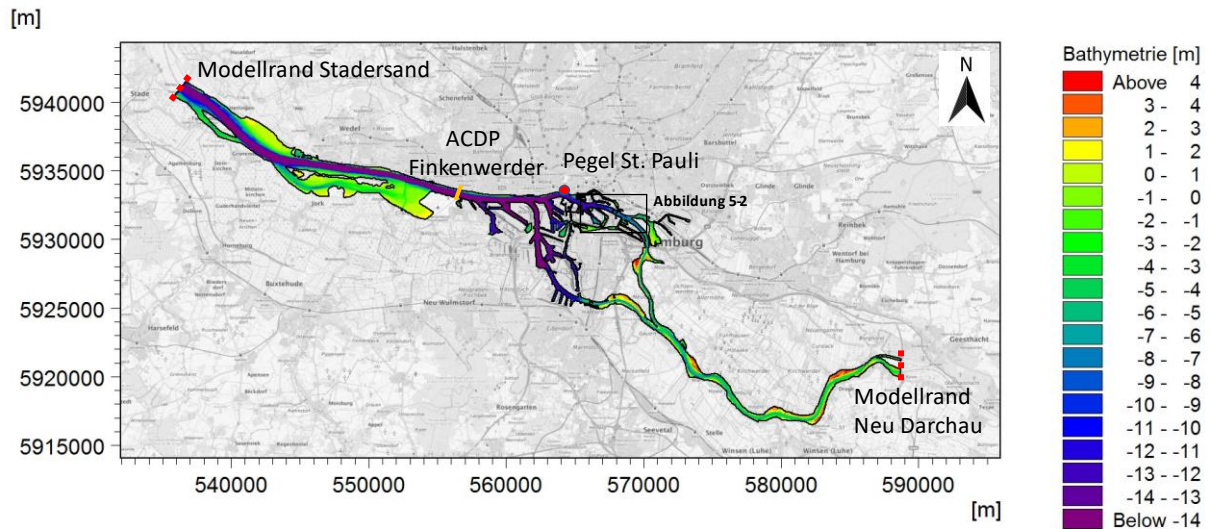


Abbildung 5–2. Bathymetrie mit Randbedingungen und Messstellen für den Nachweis der Modellgüte.

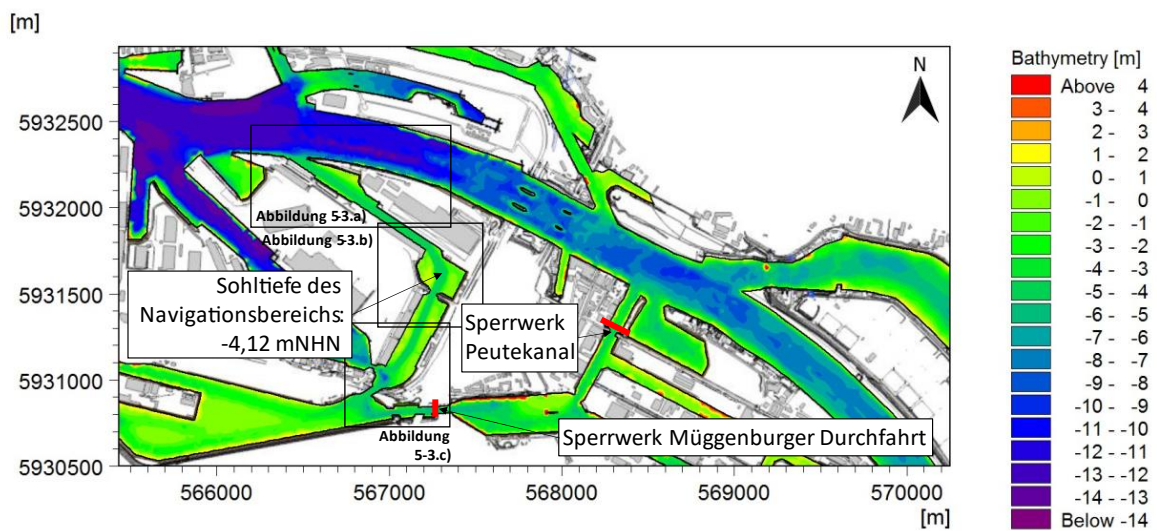


Abbildung 5–3. Ausschnitt der Bathymetrie mit Sperrwerken (siehe Abbildung 5–2 zur Lage des Modellausschnitts).

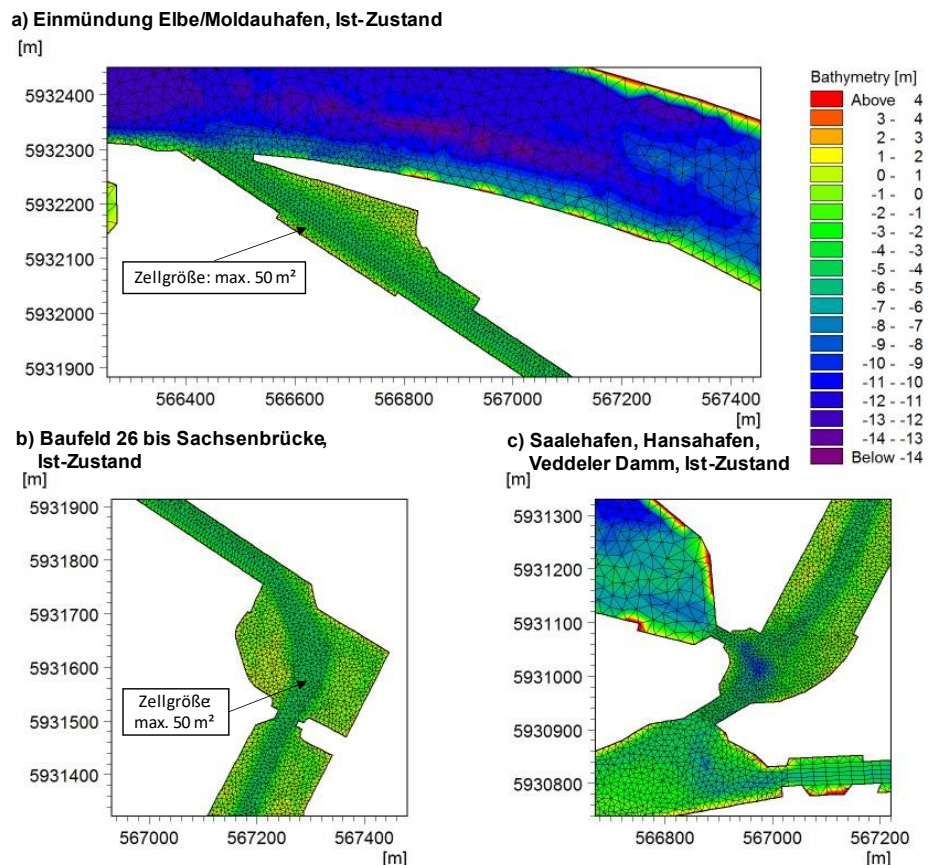


Abbildung 5–4. Modellnetz im Projektgebiet im Ist-Zustand: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, b) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, c) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm (siehe Abbildung 5–3 zur Lage der Modellausschnitte)

5.3 Nachweis der Modellgüte

Das Modell wurde anhand von Messungen des Wasserstands am Pegel St. Pauli und der Strömungsgeschwindigkeit des H-ADCP Finkenwerder (nahe der Wasseroberfläche) für einen Winterzeitraum kalibriert und für einen Sommerzeitraum validiert.

5.3.1 Kalibrierung der Sohlrauheit im Winterzeitraum

Als Kalibrierparameter diente die Sohlrauheit (k_{St}). Das Elbe-Modell ist in fünf Bereiche eingeteilt (Abbildung 5–5). Vor allem die Süderelbe ist mit $k_{St} = 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ hydraulisch sehr glatt gegenüber den anderen Bereichen mit Rauheiten zwischen $k_{St} = 47 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ und $k_{St} = 65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Der Vergleich der gemessenen und simulierten Zeitreihen des Wasserstands am Pegel St. Pauli (Abbildung 5–6) und der Strömungsgeschwindigkeiten bei Finkenwerder (Abbildung 5–7) deuten auf eine sehr gute Kalibrierung hin. Dies wird durch die Auswertung der statistischen Kenngrößen des Vergleichs (Tabelle 5-1) bestätigt. Sowohl beim Wasserstand als auch bei den Strömungsgeschwindigkeiten liegen die Abweichungen zwischen Messung und Modell bei lediglich 5 %.

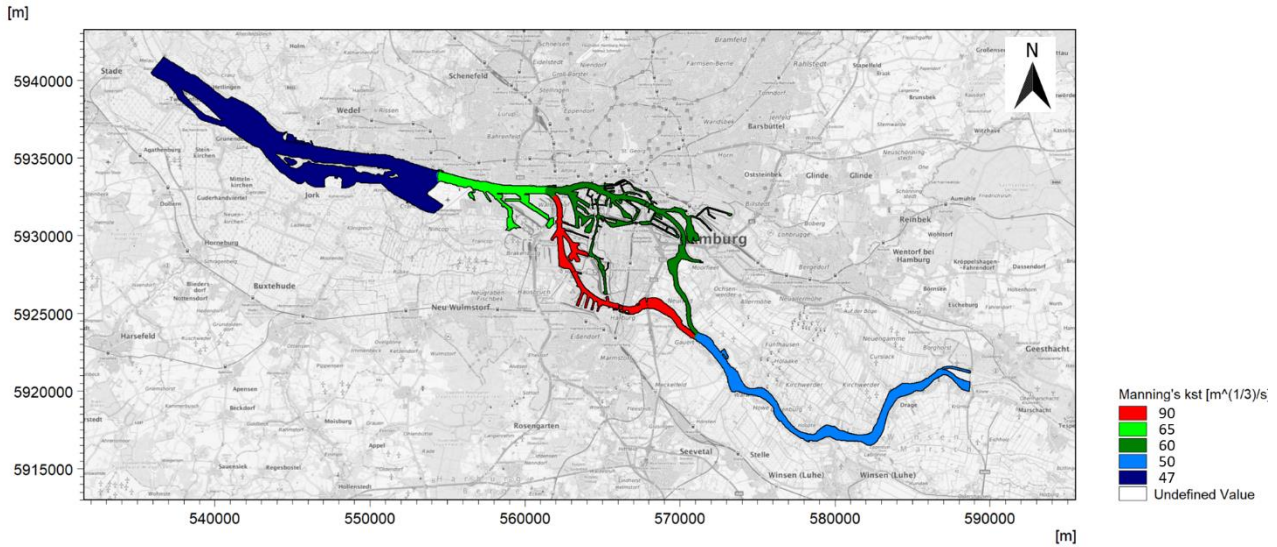


Abbildung 5-5. Sohlrauheit.

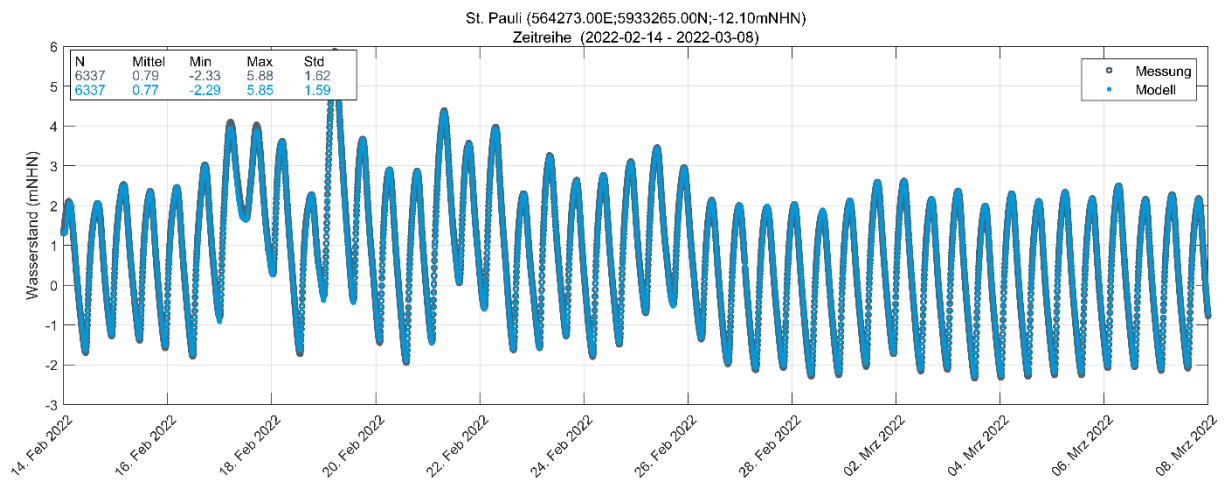


Abbildung 5-6. Vergleich der gemessenen und simulierten Wasserstands-Zeitreihen im Winterzeitraum.

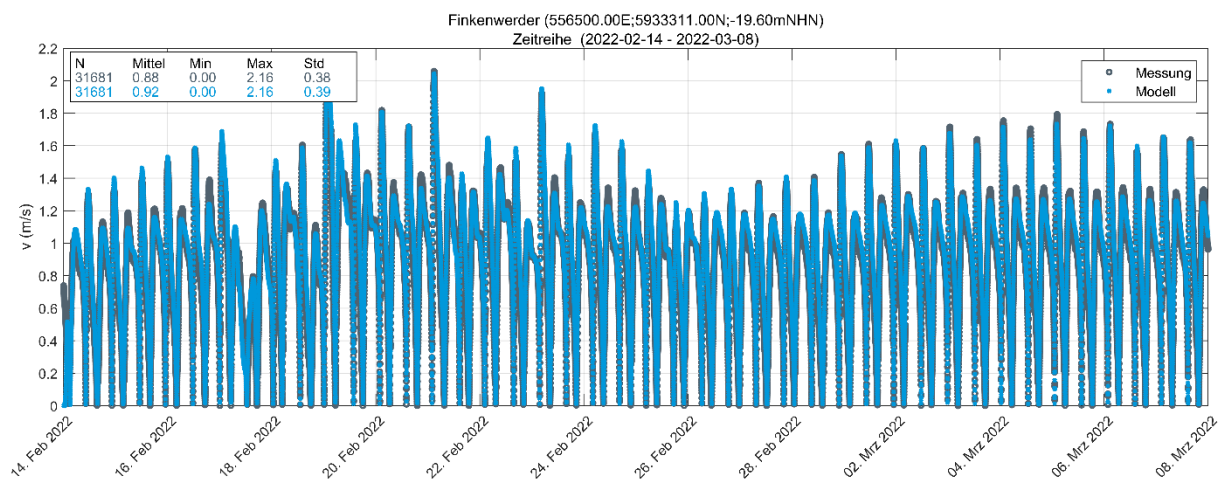


Abbildung 5-7. Vergleich der gemessenen und simulierten Strömungsgeschwindigkeits-Zeitreihen um Winterzeitraum.

Tabelle 5-1. Statistische Kenngrößen der Kalibrierung (siehe auch Appendix A).

	Wasserstand (St. Pauli)	Strömungs- geschwindigkeit (Finkenwerder)
Mittlere systematische Abweichung	-0,02 m (-1 %)	+0,04 m/s (+4,8 %)
Mittlerer quadratischer Fehler	0,08 m (+5,1 %)	0,09 m/s (+4,8 %)
Streuindex	0,05	0,10
Korrelationskoeffizient	1,00	0,98
Spitzenverhältnis	1,00	1,00

5.3.2 Validierung des Modells im Sommerzeitraum

Der Vergleich der gemessenen und simulierten Zeitreihen des Wasserstands am Pegel St. Pauli (Abbildung 5–8) und der Strömungsgeschwindigkeiten bei Finkenwerder (Abbildung 5–9) deuten auf eine sehr gute Validierung hin. Dies wird durch die Auswertung der statistischen Kenngrößen des Vergleichs (Tabelle 5-2) bestätigt. Beim Wasserstand liegen die mittleren Abweichungen bei 0,4 %. Die Maximalwerte werden um ca. 1 % unterschätzt. Bei den Strömungsgeschwindigkeiten liegen die mittleren Abweichungen bei 2,9 % (mittlerer quadratischer Fehler max. 10,5 %). Die Maximalwerte werden um ca. 4 % unterschätzt.

Insgesamt kann für den Nachweis der Modellgüte folgendes festgehalten werden:

- Das Modell weist eine sehr gute Eignung für die Modellierung des Winterzeitraums auf.
- Die sehr gute Modellgüte wurde auch für den Sommerzeitraum bestätigt.

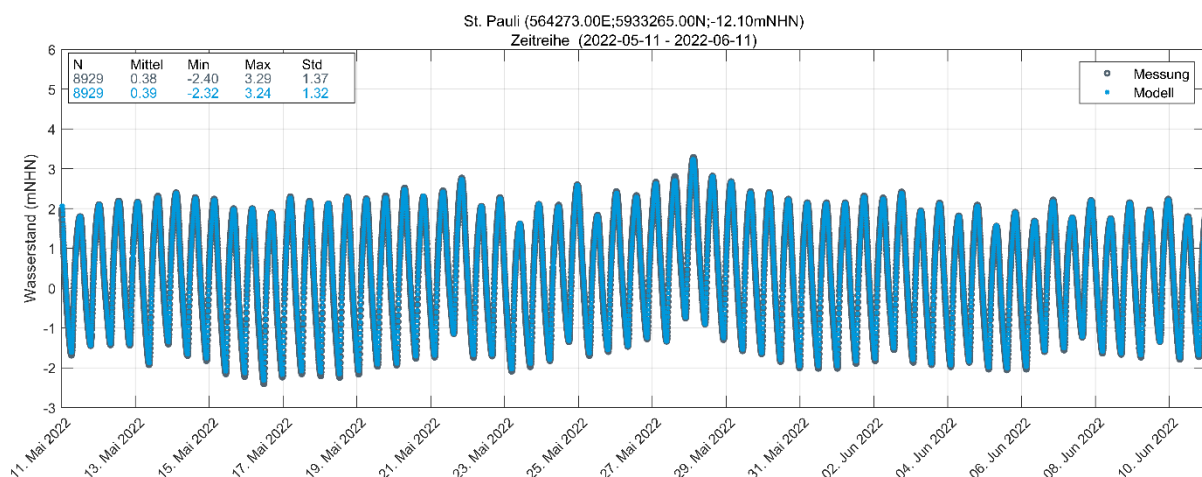


Abbildung 5–8. Vergleich der gemessenen und simulierten Wasserstands-Zeitserien im Sommerzeitraum.

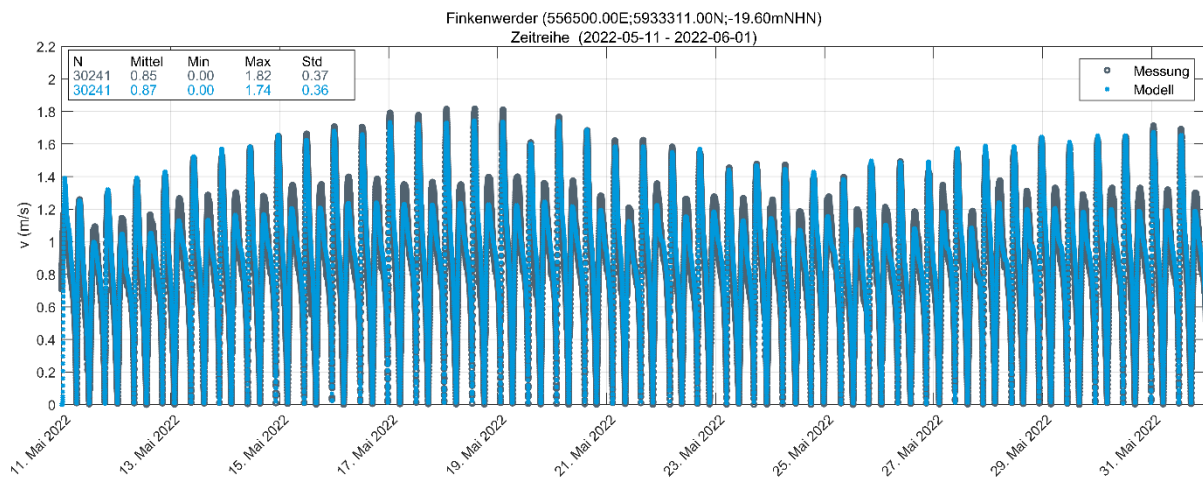


Abbildung 5–9. Vergleich der gemessenen und simulierten Strömungsgeschwindigkeits-Zeitreihen um Sommerzeitraum.

Tabelle 5-2. Statistische Kenngrößen der Validierung (siehe auch Appendix A).

	Wasserstand (St. Pauli)	Strömungsgeschwindigkeit (Finkenwerder)
Mittlere systematische Abweichung	-0,00 m (+0,4 %)	+0,02 m/s (2,9 %)
Mittlerer quadratischer Fehler	0,08 m (5,1 %)	0,09 m/s (10,5 %)
Streuindex	0,07	0,10
Korrelationskoeffizient	1,00	0,97
Spitzenverhältnis	0,99	0,96

5.4 Hydrologische Randbedingungen

5.4.1 Sommerzeitraum

Der Sommerzeitraum zeichnet sich durch einen niedrigen Abfluss der Elbe und damit einhergehend vergleichsweise geringe Wasserstände aus (Abbildung 5–10).

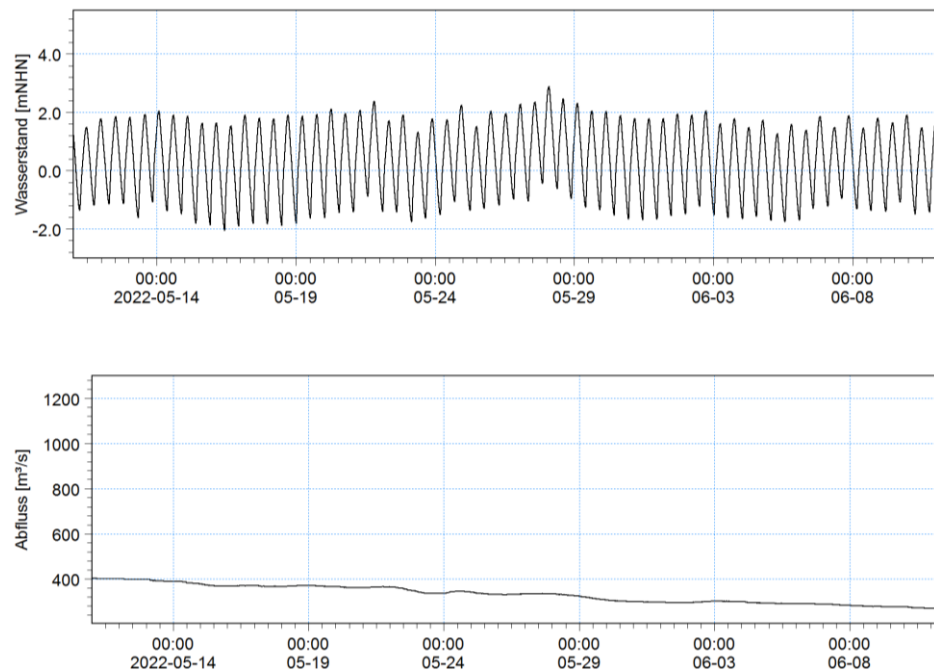


Abbildung 5–10. Hydrologische Randbedingungen für den Sommerzeitraum. Oben: Wasserstand bei Cuxhaven, unten: Abfluss bei Neu Darchau.

5.4.2 Winterzeitraum

Der Winterzeitraum zeichnet sich durch höhere Abflüsse der Elbe sowie einer größeren Häufigkeit von Sturmfluten mit höheren Strömungsgradienten aus (Abbildung 5–11).

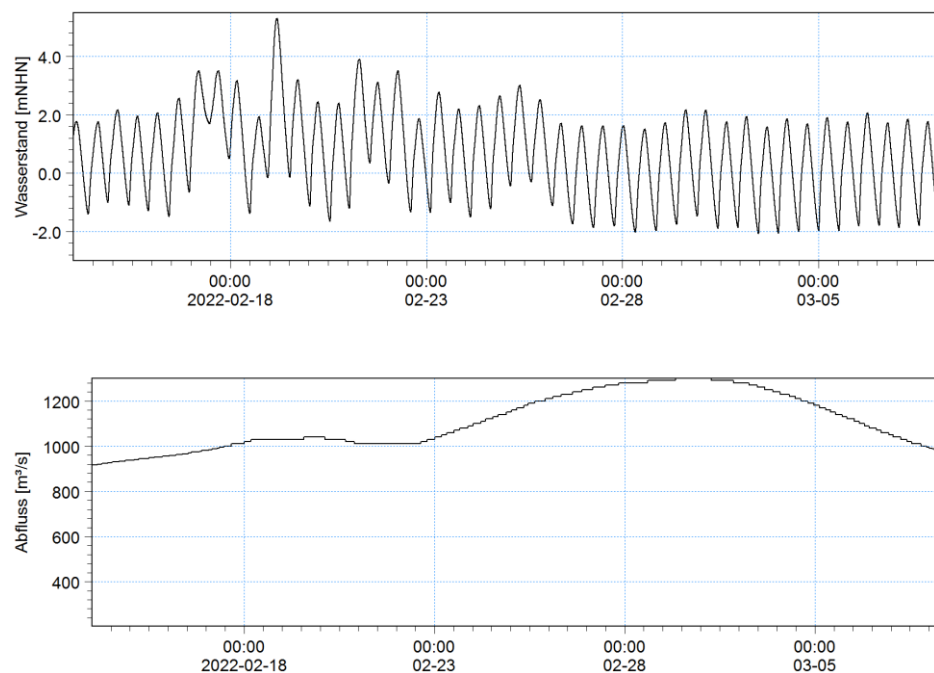


Abbildung 5–11. Hydrologische Randbedingungen für den Winterzeitraum. Oben: Wasserstand bei Cuxhaven, unten: Abfluss bei Neu Darchau.

5.5 Sperrwerke

Das Modell berücksichtigt die Sperrwerke Müggenburger Durchfahrt und Peutekanal (Abbildung 5–3). Beide Sperrwerke schließen bei einem Wasserstand von 3,4 mNHN und öffnen bei einem Wasserstand von 3,3 mNHN.

6 Plan-Zustände

Innerhalb der Plan-Zustände erfolgen bauliche Eingriffe in das bestehende Gewässer und den Fahrwasserbereich. Daher sind Auswirkungen auf die lokalen Strömungsverhältnisse sowie die Hydromorphodynamik zu erwarten.

Zunächst ist der Funktionsplan aus hydrodynamischer Sicht beschrieben, gefolgt vom Entwurfsplan und dem fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023). Abschließend wird auf die Unterschiede zwischen den Plänen hingewiesen.

6.1 Funktionsplan

Im Rahmen der geplanten Bebauung im Untersuchungsgebiet Kleiner Grasbrook sind vielfach bauliche Eingriffe ins Gewässer vorgesehen. Hierbei hervorzuheben sind die geplante Moldauhafenbrücke sowie die geplanten Böschungen im Bereich des Moldauhafens (vgl. Abbildung 6–1), weiterführend das Baufeld 26, welches bis an die Grenze des geplanten Fahrwassers reicht. Im Rahmen der Erweiterung der U-Bahn-Linie 4 nach Wilhelmsburg erfolgt die Errichtung eines Viaduktes mit zwei Stützen im Gewässerbereich. Zwei neue Böschungen im Bereich des Moldauhafens sowie ein Steg mit mehreren Pfeilern komplettieren den Funktionsplan.

Es erfolgt eine Anpassung der planfestgestellte Solltiefe im Bereich Kleiner Grasbrook im Fahrwasserbereich auf 4,12 m im Funktionsplan.

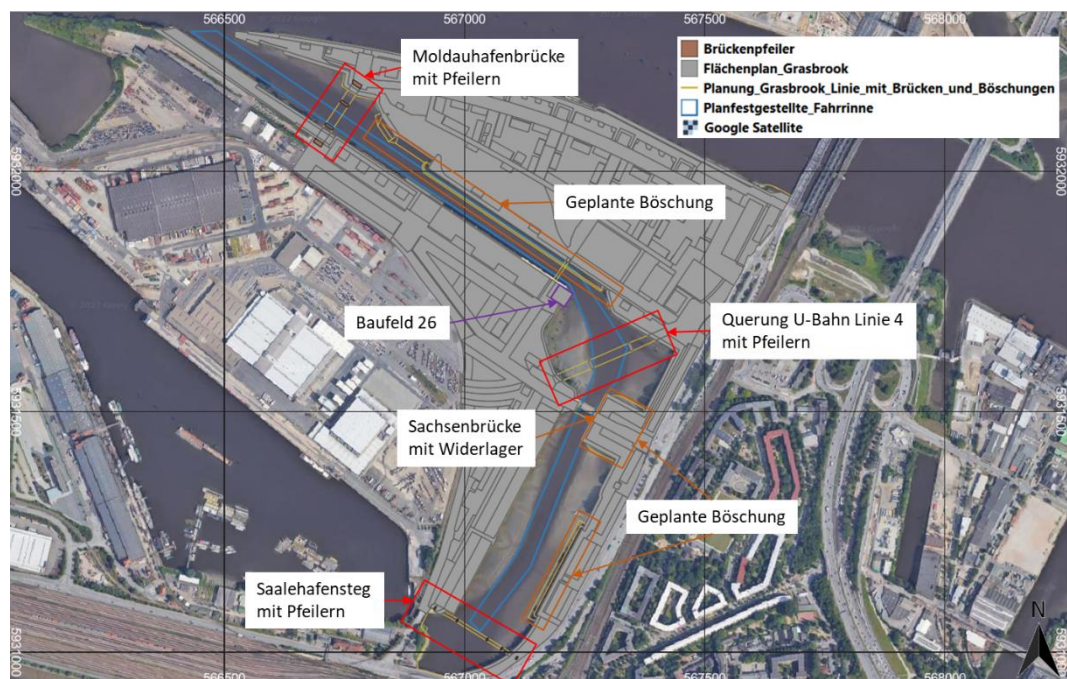


Abbildung 6–1. Funktionsplan.

Der abgebildete Funktionsplan enthält aus hydromorphologischer Sicht das Baufeld 26, angepasste Böschungen, größere Wassertiefen im Bereich der planfestgestellten Fahrrinne, zusätzliche Pfeiler der Moldauhafenbrücke, der Querung der U-Bahn-Linie 4 sowie des Saalehafenstegs.

Die Umsetzung des Funktionsplans erfolgte in der Bathymetrie des hydronumerischen Modells (Abbildung 6–2, vergleiche auch Abbildung 5–4).

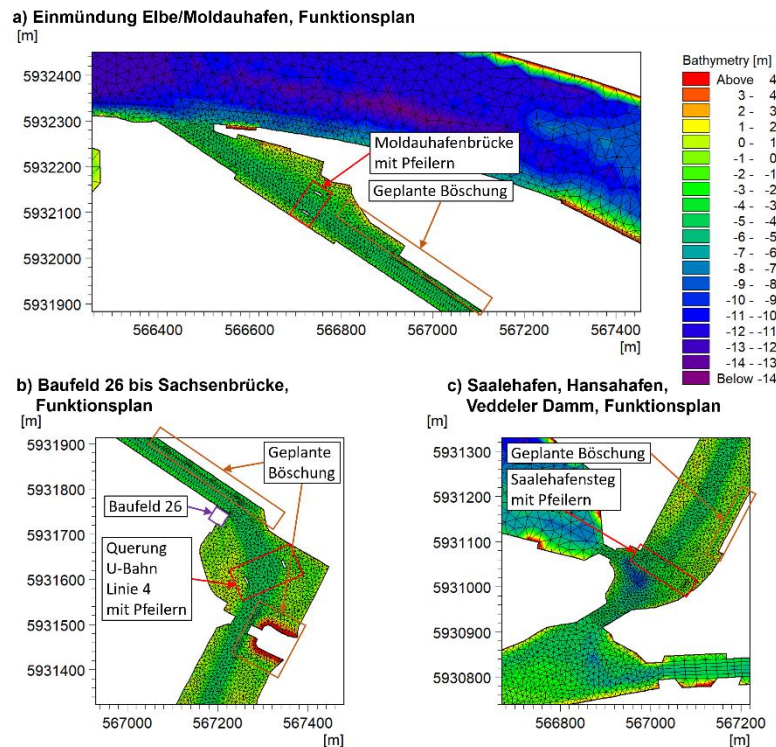


Abbildung 6–2. Modellnetz im Projektgebiet im Funktionsplan: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, b) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, c) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm (siehe Abbildung 5–3 zur Lage der Modellausschnitte).

6.2 Entwurfsplan

Im Rahmen der geplanten Bebauung im Untersuchungsgebiet Kleiner Grasbrook sind vielfach bauliche Eingriffe ins Gewässer vorgesehen. Hierbei hervorzuheben sind die geplante Moldauhafenbrücke sowie die geplanten Böschungen im Bereich des Moldauhafens (vgl. Abbildung 6–3), weiterführend das Baufeld 26, welches bis an die Grenze des geplanten Fahrwassers reicht. Im Rahmen der Erweiterung der U-Bahn-Linie 4 nach Wilhelmsburg erfolgt die Errichtung eines Viaduktes mit zwei Stützen im Gewässerbereich. Zwei neue Böschungen im Bereich des Moldauhafens sowie ein Steg mit mehreren Pfeilern komplettieren den Entwurfsplan. Es erfolgt eine Anpassung der planfestgestellte Solltiefe im Bereich Kleiner Grasbrook im Fahrwasserbereich auf 4,12 m im Entwurfsplan.



Abbildung 6–3. Entwurfsplan

Der abgebildete Entwurfsplan enthält aus hydromorphologischer Sicht das Baufeld 26, angepasste Böschungen, größere Wassertiefen im Bereich der planfestgestellten Fahrrinne, zusätzliche Pfeiler der Moldauhafenbrücke, der Querung der U-Bahn-Linie 4 sowie des Saalehafenstegs.

Die Umsetzung des Entwurfsplan erfolgte in der Bathymetrie des hydronumerischen Modells (Abbildung 6–4, vergleiche auch Abbildung 5–4).

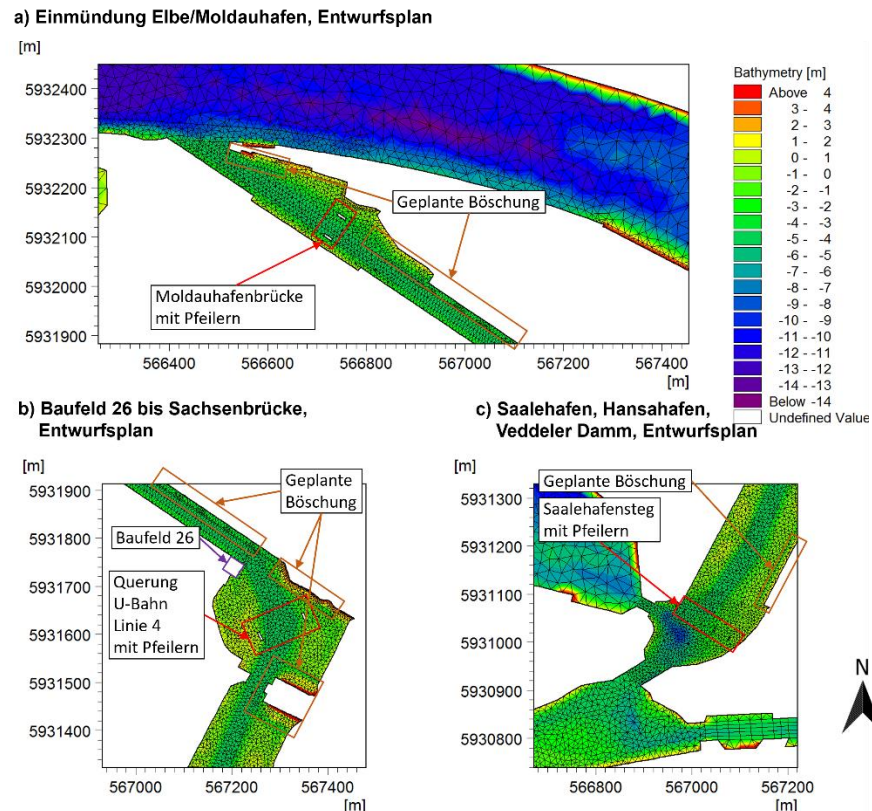


Abbildung 6–4. Modellnetz im Projektgebiet im Entwurfsplan: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, b) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, c) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm (siehe Abbildung 5–3 zur Lage der Modellausschnitte).

6.3 Fortgeschriebener Entwurfsplan (Stand August 2023)

Im Rahmen der geplanten Bebauung im Untersuchungsgebiet Kleiner Grasbrook sind vielfach bauliche Eingriffe ins Gewässer vorgesehen. Hierbei hervorzuheben sind die geplante Moldauhafenbrücke sowie die geplanten Böschungen im Bereich des Moldauhafens (vgl. Abbildung 6–5), weiterführend das Baufeld 26, welches bis an die Grenze des geplanten Fahrwassers reicht und die gegenüberliegende rückgebaute Böschung und verbreiterte Trasse für den Schiffsverkehr. Im Rahmen der Erweiterung der U-Bahn-Linie 4 erfolgt die Errichtung eines Viaduktes mit zwei Stützen im Gewässerbereich. Zwei neue Böschungen im Bereich des Moldauhafens, ein Steg mit mehreren Pfeilern, Anpassungen der Böschung seitlich der Sachsenbrücke, neu geplante Pfeiler des Saalehafenstegs komplettieren den fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023). Es erfolgt eine Anpassung der planfestgestellten Solltiefe im Bereich Kleiner Grasbrook im Fahrwasserbereich auf 4,12 m im fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023).

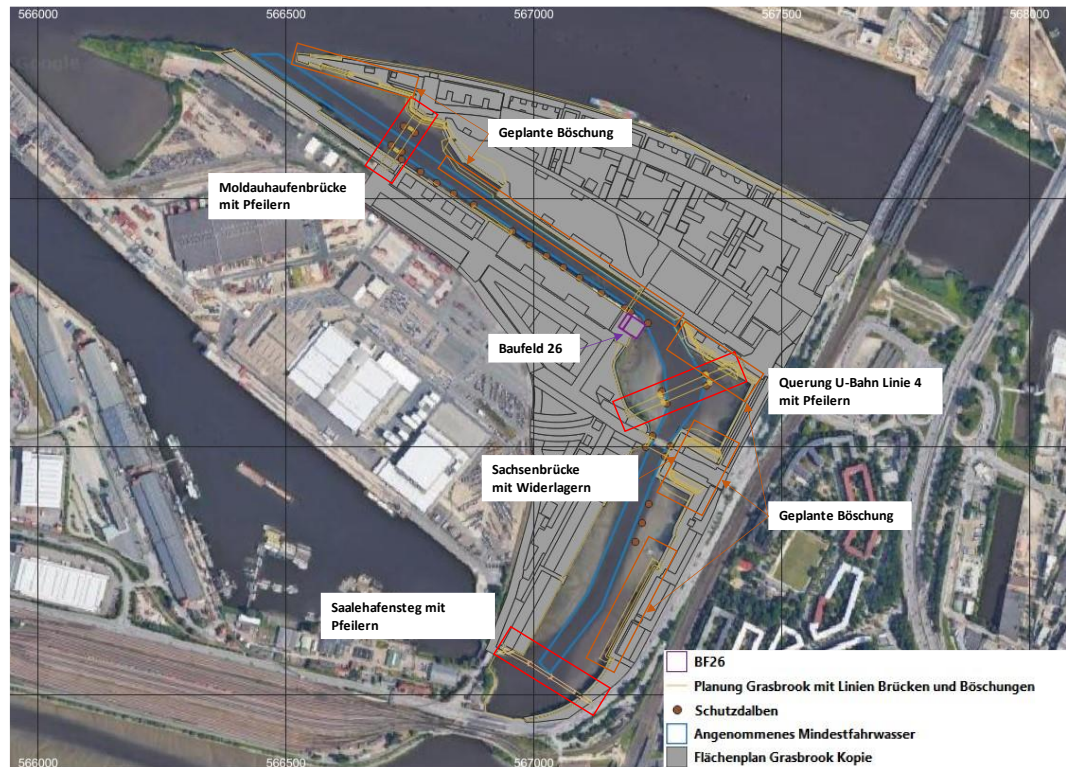
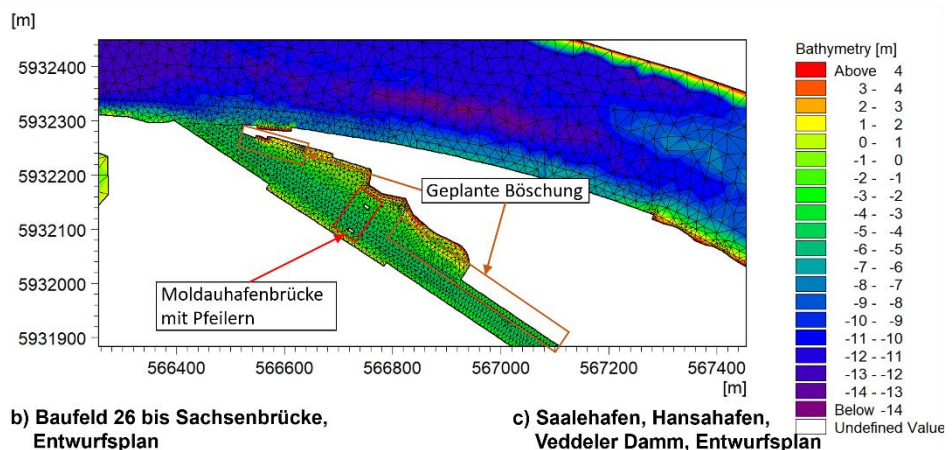


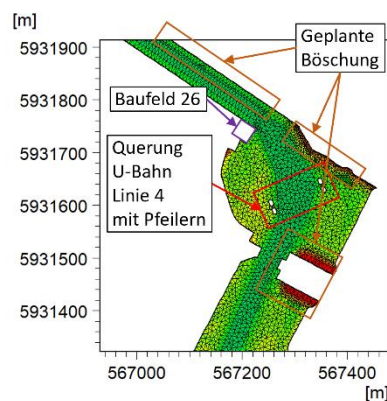
Abbildung 6–5. Fortgeschriebener Entwurfsplan (Stand August 2023)

Die Umsetzung des fortgeschriebenen Entwurfsplans (Stand August 2023) erfolgte in der Bathymetrie des hydronumerischen Modells (Abbildung 6–6, vergleiche auch Abbildung 5–4).

a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Entwurfsplan



b) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Entwurfsplan



c) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Entwurfsplan

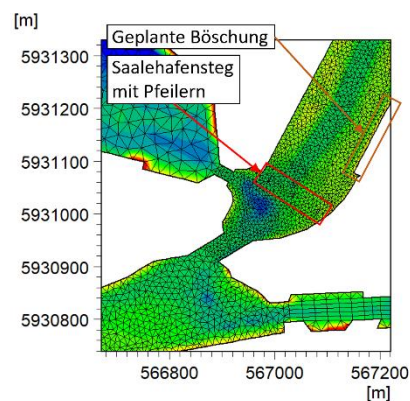


Abbildung 6–6. Modellnetz im Projektgebiet im fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023): a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, b) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, c) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm (siehe Abbildung 5–3 zur Lage der Modellausschnitte).

6.4 Vergleich von Funktionsplan, Entwurfsplan und fortgeschriebener Entwurfsplan (Stand August 2023)

Die Entwürfe unterscheiden sich durch eine veränderte Böschung am Nordufer des Moldauhafens im Bereich der Elbmündung. Bei der geplanten Brücke für die Querung der U-Bahn-Linie 4 haben sich die Positionen der Brückenpfeiler verschoben (breiterer Abstand zwischen den Pfeilern). Gegenüber dem Baufeld 26 wurde eine Anpassung der Böschung vorgenommen. An der Sachsenbrücke am Ostufer wurde die Böschung ebenfalls verändert. Im fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023) wurde zusätzlich eine genauere Planung der Brückenpfeiler der U-Bahn-Linie 4, der Rückbau der Böschung gegenüber des Baufeld 26 und damit einhergehend eine Verbreiterung der Trasse für den Schiffsverkehr implementiert. Kleinere Änderungen an den Böschungen im Moldauhafen und an der Sachsenbrücke sowie neue Ausrichtungen der Pfeiler des Saalehafenstegs sind ebenfalls in dem fortgeschrittenen Entwurfsplan (Stand August 2023) eingebunden.

7 Ergebnisse

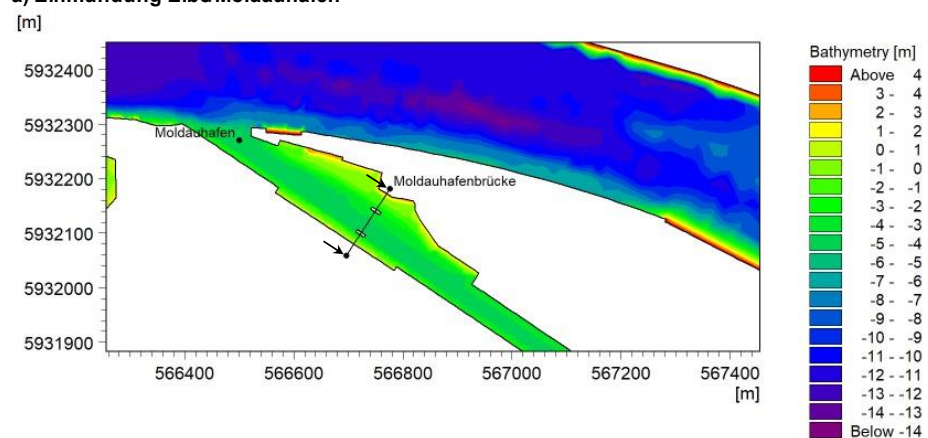
Die Auswirkungen der Planungen werden im Vergleich zum Ist-Zustand für den Sommerzeitraum und den Winterzeitraum gezeigt. Dabei wird auf Wasserstände, Strömungsgeschwindigkeiten und Sohlschubspannungen eingegangen und die absoluten, relativen und zeitlichen Änderungen beschrieben.

Wasserstände werden als Zeitreihen an ausgewählten Stellen gegenübergestellt (Abschnitt 7.2).

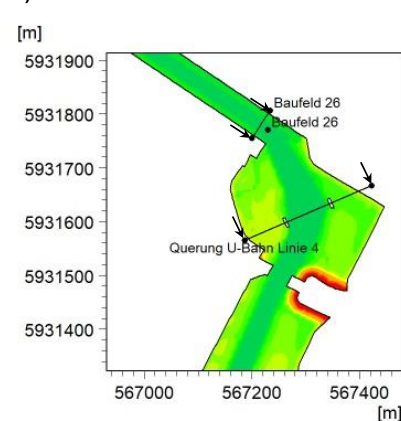
Strömungsgeschwindigkeiten werden hinsichtlich der Maximalwerte im Simulationszeitraum (Abschnitt 7.1) und als Zeitreihen zusammen mit den Tidewasserständen an ausgewählten Stellen (Abschnitt 7.2) gegenübergestellt. Zusätzlich werden die Strömungsgeschwindigkeiten anhand von 5 Querprofilen analysiert (vgl. Abbildung 7–1 zur Lage der Zeitreihen und Querschnitte). Die Sohlschubspannungen werden in Form von Mittelwerten betrachtet (Abschnitt 7.3). Die Änderungen gegenüber dem Ist-Zustand weisen auf zukünftige Erosions- bzw. Sedimentationsbereiche hin.

Die Ergebnisse werden für den Sommerzeitraum und den Winterzeitraum für den Ist-Zustand, den Funktionsplan, den Entwurfsplan und den fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023) gezeigt.

a) Einmündung Elbe/Moldauhafen



b) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke



c) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm

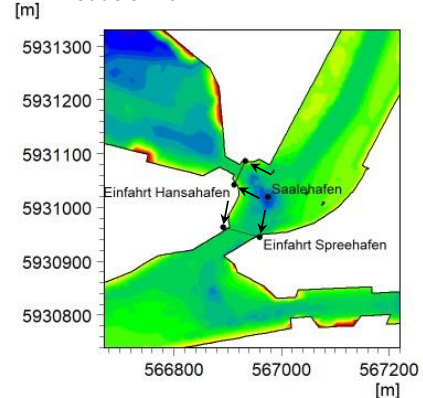


Abbildung 7–1. Lage der analysierten Zeitreihen und Querschnitte.

7.1 Maximale Strömungsgeschwindigkeiten

7.1.1 Funktionsplan

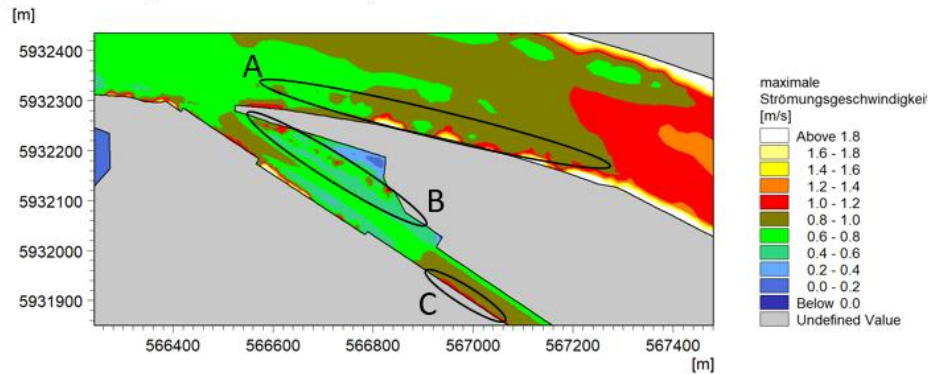
Die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten im Sommerzeitraum (Abbildung 7–2) unterscheiden sich im Bereich der Einmündung Elbe/Moldauhafen (Abbildung 7–2.a) und b)) am Südufer der Norderelbe geringfügig. Im Funktionszustand nehmen die Strömungen mit $<0,1$ m/s leicht zu (Bereich A). Im Moldauhafen nehmen die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten (Bereiche B und C) wegen der Aufweitung des Querschnitts an der Nordböschung hingegen um ca. $0,2$ m/s ab. Im Bereich des Baufeldes 26 bis Sachsenbrücke (Abbildung 7–2.c) und e)) nehmen die maximalen Strömungsbereichen vor allem in den Uferbereichen ebenfalls um ca. $0,2$ m/s ab (Bereiche D bis H). Im Bereich der Verbindung Saalehafen, Hansahafen und Veddeler Damm (Abbildung 7–2.d) und f)) liegen die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten im Funktionszustand auf beiden Seiten der Fahrrinne (Bereiche I und J) sowie am Veddeler Damm (Bereich K) mit $<0,1$ m/s geringfügig unterhalb der des Ist-Zustandes. Westlich der Müggenburger Durchfahrt (Bereich L) nehmen sie um ca. $0,1$ m/s zu.

Im Winterzeitraum (Abbildung 7–3), der durch einen höheren Abfluss und damit einhergehend höheren Strömungsgeschwindigkeiten in der Norderelbe während der Ebbphase gekennzeichnet ist, nehmen die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten in der Norderelbe am Südufer (Bereich A) im Funktionszustand gegenüber dem Ist-Zustand um ca. $0,2$ m/s ab. Gleiches gilt für die Uferbereiche des Moldauhafens (Bereiche B und C), wo die Unterschiede $<0,1$ m/s liegen (Abbildung 7–3.a) und b)). Im Bereich des Baufeldes 26 bis Sachsenbrücke (Abbildung 7–3.c) und e)) ist außerhalb der Fahrrinne ebenfalls mit geringeren Strömungsgeschwindigkeiten in der Größenordnung von $<0,1$ m/s zu rechnen. Gleiches gilt für den Saalehafen (Bereiche H und I). Höhere Strömungsgeschwindigkeiten treten hingegen an der Ostböschung im Bereich der Sachsenbrücke auf (Bereich G). Hier können um bis zu $0,4$ m/s höhere Strömungsgeschwindigkeiten auftreten und insgesamt Werte von $1,5$ m/s erreichen und liegen damit im Bereich der maximalen Geschwindigkeiten des Fahrwassers in der Einschnürung durch die Widerlager der Sachsenbrücke. Im Bereich der Verbindung Saalehafen, Hansahafen und Veddeler Damm (Abbildung 7–3.d) und f)) liegen die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten im Funktionszustand auf beiden Seiten der Fahrrinne (Bereiche J und K) mit stellenweise ca. $0,2$ m/s geringfügig unterhalb der des Ist-Zustandes. Im Ostbereich des Spreehafens an der Einfahrt zum Saalehafen kommt es mit $<0,1$ m/s zu etwas geringeren maximalen Strömungsgeschwindigkeiten als im Ist-Zustand (Bereich L).

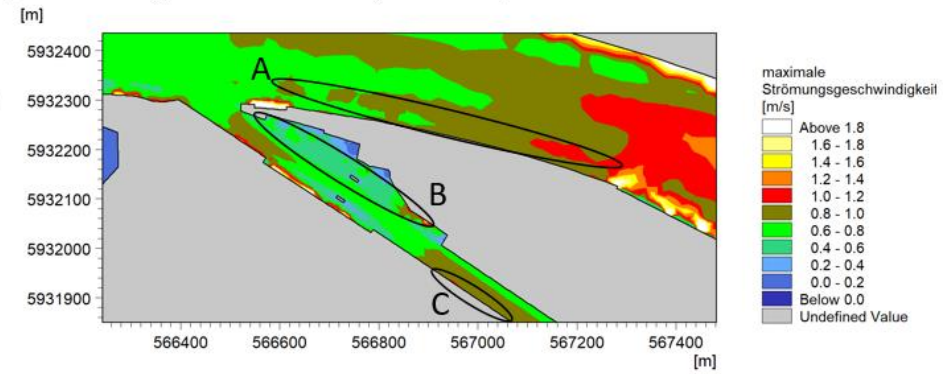
Für den Funktionszustand kann folgendes festgehalten werden:

- Besonders in den Uferbereichen links und rechts der Fahrrinne ist eine Abnahme der maximalen Strömungsgeschwindigkeiten zwischen $0,1$ m/s und $0,2$ m/s zu verzeichnen.
- Im Bereich der Böschung nördlich des östlichen Widerlagers der Sachsenbrücke treten um bis zu $1,0$ m/s höhere maximale Strömungsgeschwindigkeiten auf.

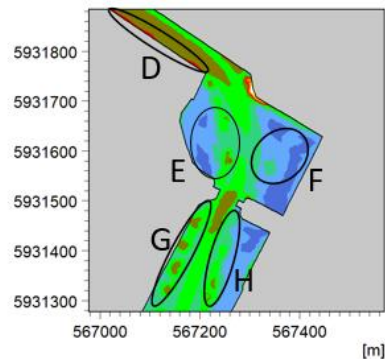
a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand



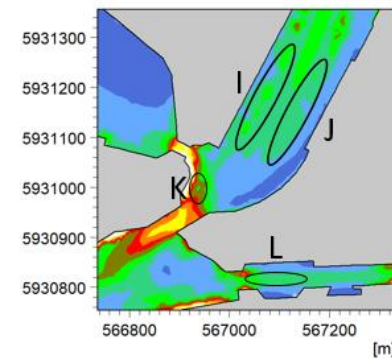
b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Funktionsplan



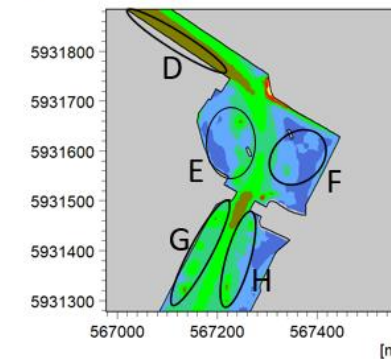
c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand



d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand



e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Funktionsplan



f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Funktionsplan

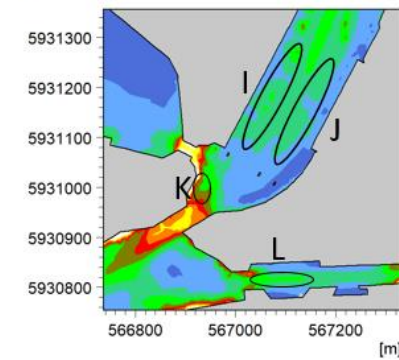
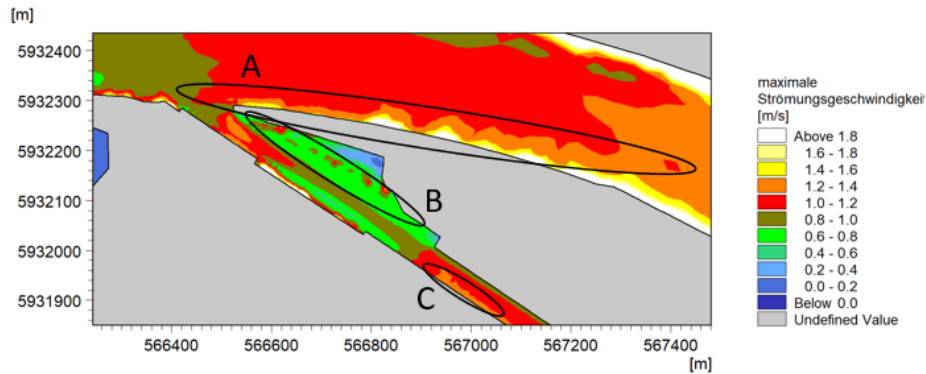
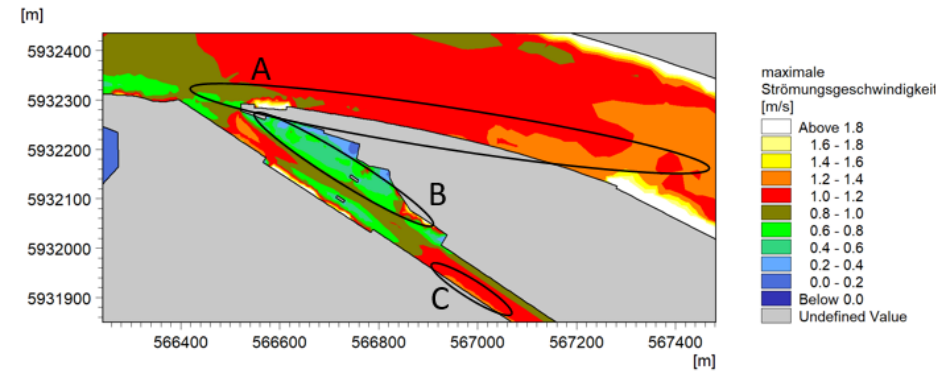


Abbildung 7–2. Maximale Strömungsgeschwindigkeiten im Sommerzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Funktionszustand, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Funktionszustand, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Funktionszustand. Die Bereiche A bis L heben schwarz umrandet die Stellen mit veränderter Strömungsgeschwindigkeit hervor.

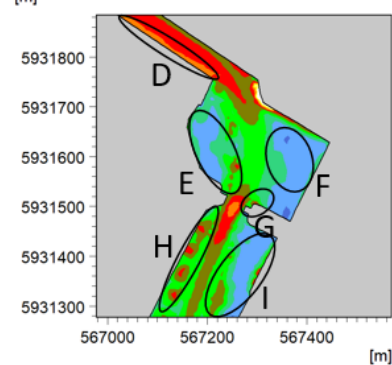
a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand



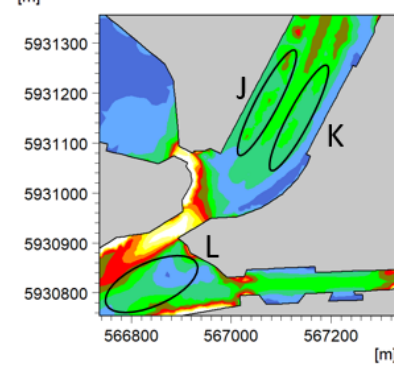
b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Funktionsplan



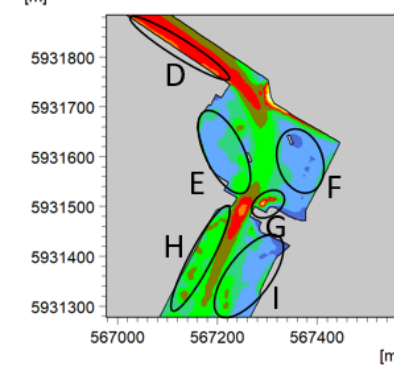
c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand



d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand



e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Funktionsplan



f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Funktionsplan

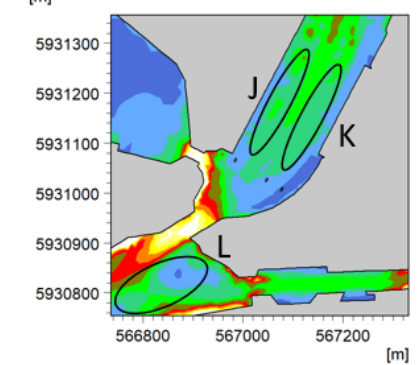


Abbildung 7–3. Maximale Strömungsgeschwindigkeiten im Winterzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Funktionszustand, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Funktionszustand, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Funktionszustand. Die Bereiche A bis L heben schwarz umrandet die Stellen mit veränderter Strömungsgeschwindigkeit hervor.

7.1.2 Entwurfsplan

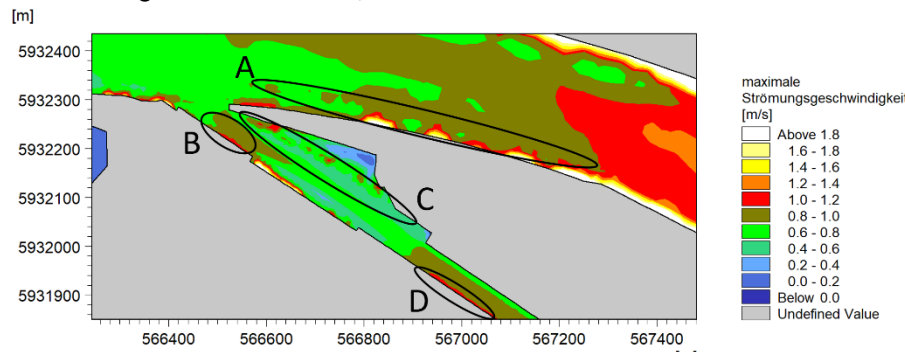
Die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten im Sommerzeitraum (Abbildung 7–4) unterscheiden sich im Bereich der Einmündung Elbe/Moldauhafen (Abbildung 7–4.) am Südufer der Norderelbe geringfügig. Die Änderungen in den Bereichen A, B, C, E bis I sind vergleichbar zu denen im Funktionsplan. Jedoch kommt es am Nordufer im Böschungsbereich zu einer lokalen Erhöhung der Fließgeschwindigkeit um 0,9 m/s (Bereich B). Dieser Bereich wurde für den Entwurfzustand im Modellgitter angepasst. Hierbei handelt es sich um einen sehr hoch gelegenen Bereich, der durch keine Spundwand gesichert ist und somit potenziell überflutet werden könnte. Zwischen den einzelnen Zellen bestehen sehr große Höhenunterschiede, die zu großen Fließgeschwindigkeitsgradienten führen. Am Veddeler Damm (Bereich L) reduzieren sich die Strömungsgeschwindigkeiten punktuell um ca. 0,2 m/s. Im Bereich der Müggenburger Durchfahrt (Bereich M) verringert sich die maximale Strömungsgeschwindigkeit an der südlichen Uferkante, nehmen dafür an der nördlichen Uferkante etwas zu.

Im Winterzeitraum (Abbildung 7–5), der durch einen höheren Abfluss und damit einhergehend höheren Strömungsgeschwindigkeiten in der Norderelbe während der Ebbphase gekennzeichnet ist, verhalten sich die Unterschiede ebenfalls ähnlich denen im Funktionsplan (Bereiche A bis L). Unterschiede zum Funktionsplan bestehen im Bereich der Sachsenbrücke (Bereich E). In der Querschnittsmitte ist die maximale Strömungsgeschwindigkeit im Entwurfsplan um ca. 0,2 m/s geringer. An der östlichen Böschung im Bereich der Sachsenbrücke treten im Funktionsplan um bis zu 0,4 m/s höhere Strömungsgeschwindigkeiten als im Ist-Zustand auf. Diese lokale Erhöhung ist im Entwurfsplan nicht vorhanden.

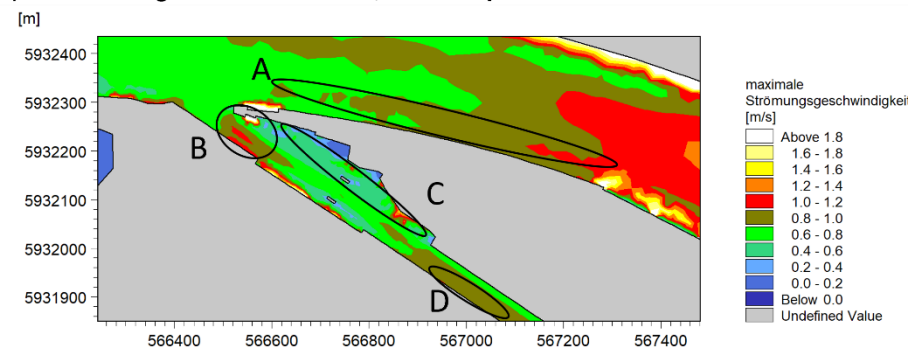
Für den Entwurfzustand kann folgendes festgehalten werden:

- Besonders in den Uferbereichen links und rechts der Fahrrinne ist eine Abnahme der maximalen Strömungsgeschwindigkeiten zwischen 0,1 m/s und 0,2 m/s zu verzeichnen.
- In der Fahrrinne gibt es örtliche Veränderungen. Im Moldauhafen kommt es zu einer lokalen Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit von 0,2 m/s. Im Bereich der Einschnürung durch die Sachsenbrücke ist die Strömung um ca. 0,2 m/s geringer als im Ist-Zustand.

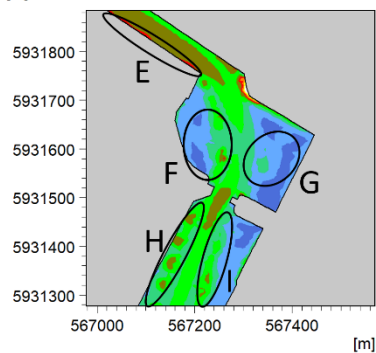
a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand



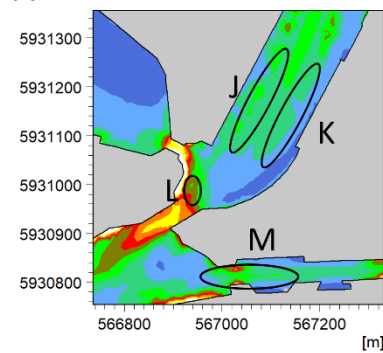
b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Entwurfsplan



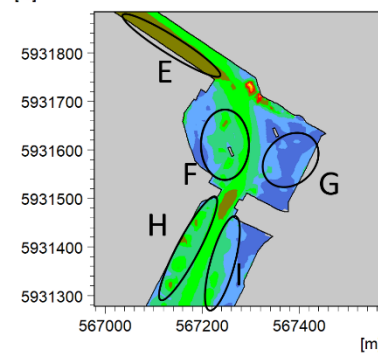
c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand



d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand



e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Entwurfsplan



f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Entwurfsplan

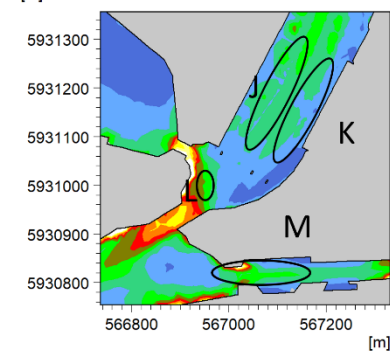
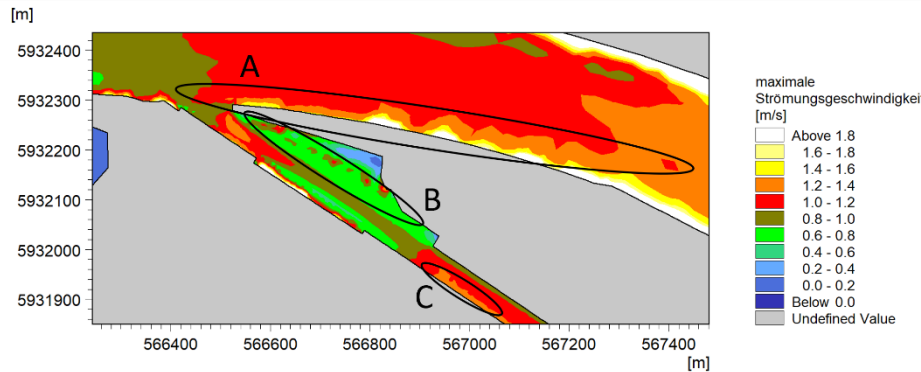


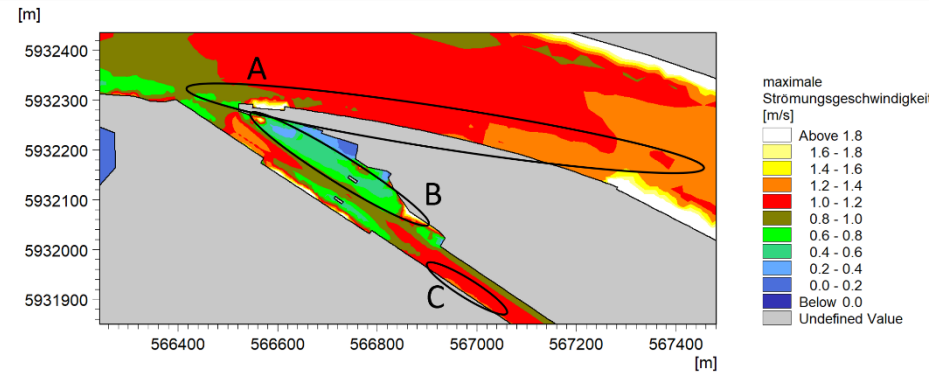
Abbildung 7–4. Maximale Strömungsgeschwindigkeiten im Sommerzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Entwurfsplan, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Entwurfsplan, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Entwurfsplan.

Die Bereiche A bis L heben schwarz umrandet die Stellen mit veränderter Strömungsgeschwindigkeit hervor.

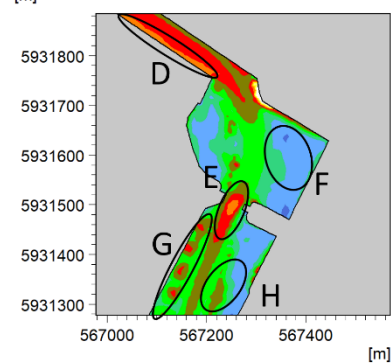
a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand



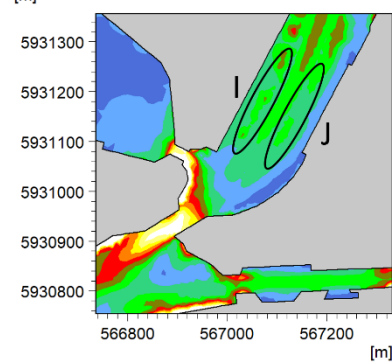
b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Entwurfsplan



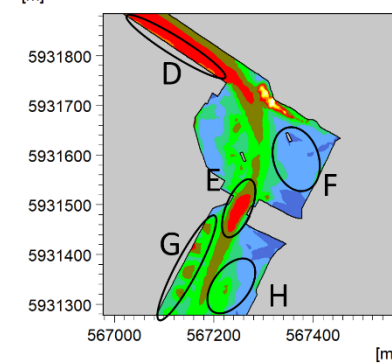
c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand



d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand



e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Entwurfsplan



f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Entwurfsplan

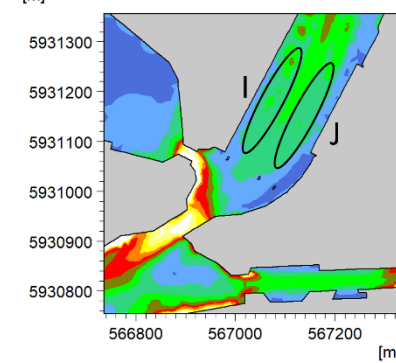


Abbildung 7–5. Maximale Strömungsgeschwindigkeiten im Winterzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Entwurfsplan, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Entwurfsplan, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Entwurfsplan.
Die Bereiche A bis L haben schwarz umrandet die Stellen mit veränderter Strömungsgeschwindigkeit hervor.

7.1.3 Fortgeschriebener Entwurfsplan (Stand August 2023)

Die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten im Sommerzeitraum (Abbildung 7–6) unterscheiden sich im Bereich der Einmündung Elbe/Moldauhafen (Abbildung 7–6 a) und b)) am Südufer der Norderelbe geringfügig. Im fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023) nehmen die maximalen Strömungen mit $<0,2$ m/s in Teilbereichen leicht zu (Bereich A). Auch in der Einfahrt zum Moldauhafen (Bereich B) erhöhen sich die die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten lokal um ca. $0,2$ m/s. Im Bereich C werden infolge der Querschnittsaufweitung hingegen lokal um ca. $0,2$ m/s geringere maximale Strömungsgeschwindigkeiten berechnet. Im Bereich des Baufeldes 26 bis Sachsenbrücke (Abbildung 7–6.c) und e)) nehmen die maximalen Strömungsbereichen vor allem in den Uferbereichen ebenfalls um ca. $0,2$ m/s ab (Bereiche E bis I). Im Bereich der Verbindung Saalehafen, Hansahafen und Veddeler Damm (Abbildung 7–6.d) und f)) sind die Unterschiede der maximalen Strömungsgeschwindigkeiten zwischen fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023) zum Ist-Zustand auf beiden Seiten der Fahrrinne (Bereiche J und K) marginal. Östlich des Spreehafens (Bereich L) sowie westlich der Muggenburger Durchfahrt (Bereich M) nehmen sie um $<0,2$ m/s zu.

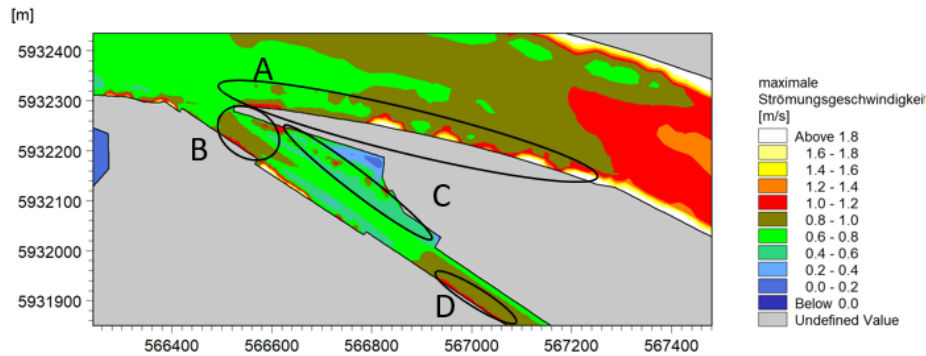
Im Winterzeitraum (Abbildung 7–7), der durch einen höheren Abfluss und damit einhergehend höheren Strömungsgeschwindigkeiten in der Norderelbe während der Ebbphase gekennzeichnet ist, nehmen die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten in der Norderelbe am Südufer (Bereich A) in der Nähe zur Einmündung Moldauhafen im fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023) gegenüber dem Ist-Zustand um ca. $0,2$ - $0,4$ m/s ab. Gleiches gilt für die Uferbereiche des Moldauhafens (Bereiche B und C) (Abbildung 7–7.a) und b)). Im Bereich des Baufeldes 26 bis Sachsenbrücke (Abbildung 7–7.c) und e)) ist in den markierten Bereichen ebenfalls mit geringeren Strömungsgeschwindigkeiten in der Größenordnung von $<0,2$ m/s zu rechnen. Gleiches gilt für den Saalehafen (Bereiche G und H). In einem kleinräumigen Bereich an der Ostböschung im Bereich der Sachsenbrücke treten um bis zu $0,4$ m/s höhere Strömungsgeschwindigkeiten auf. Es können hier lokal Werte von insgesamt $1,2$ m/s erreicht werden Diese liegen im Bereich der maximalen Geschwindigkeiten des Fahrwassers in der Einschnürung durch die Widerlager der Sachsenbrücke. Im Bereich der Verbindung Saalehafen, Hansahafen und Veddeler Damm (Abbildung 7–7 d) und f)) liegen die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten im fortgeschriebenen Entwurfsplan Stand 2023 auf beiden Seiten der Fahrrinne (Bereiche I und J) mit stellenweise ca. $0,2$ m/s geringfügig unterhalb der des Ist-Zustandes. Östlich des Spreehafens (Bereich K) verringern sich die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten um $<0,2$ m/s. An der Muggenburger Durchfahrt zum Zollhafen kommt es in den Randbereichen mit lokal insgesamt $>1,8$ m/s zu höheren maximalen Strömungsgeschwindigkeiten als im Ist-Zustand (Bereich L).

Für den Fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 kann folgendes festgehalten werden:

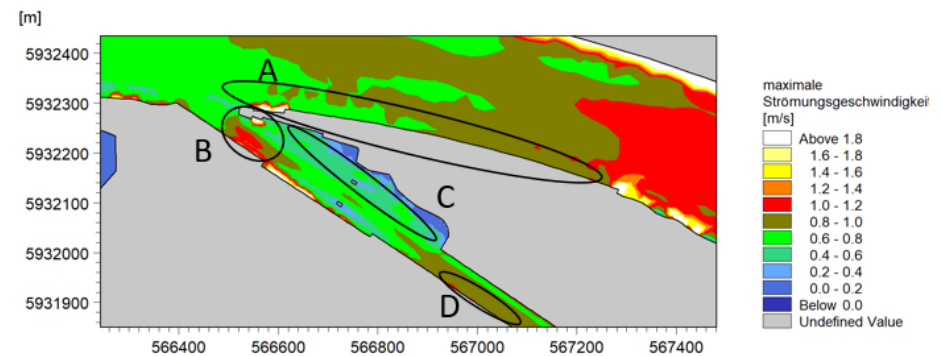
- Besonders in den Uferbereichen links und rechts der Fahrrinne ist eine Abnahme der maximalen Strömungsgeschwindigkeiten bis zu $0,2$ m/s zu verzeichnen.
- In der Fahrrinne gibt es örtliche Veränderungen. Im Moldauhafen kommt es zu einer lokalen Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit von $0,2$ m/s. Im

Bereich der Einschnürung durch die Sachsenbrücke ist die Strömung um ca. 0,2 m/s geringer als im Ist-Zustand.

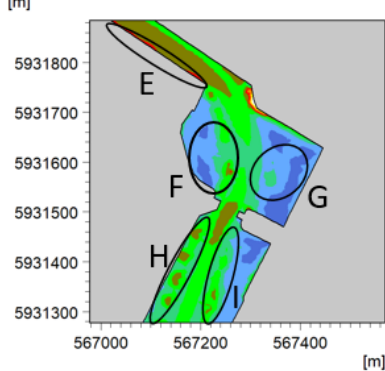
a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand



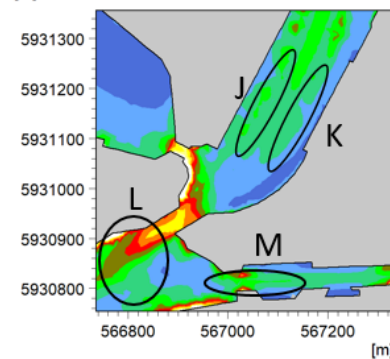
b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, fortgeschr. Entwurfsplan Stand August 2023



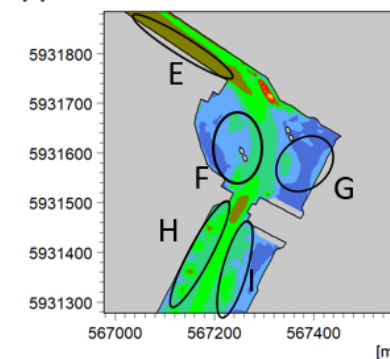
c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand



d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand



e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, fortgeschr. Entwurfsplan



f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, fortgeschr. Entwurfsplan

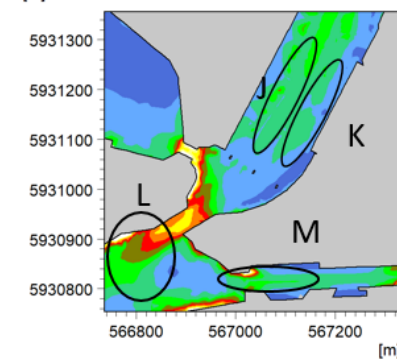
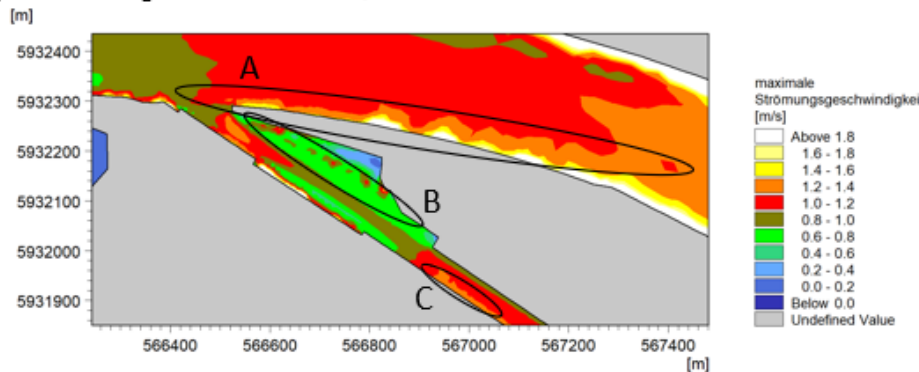
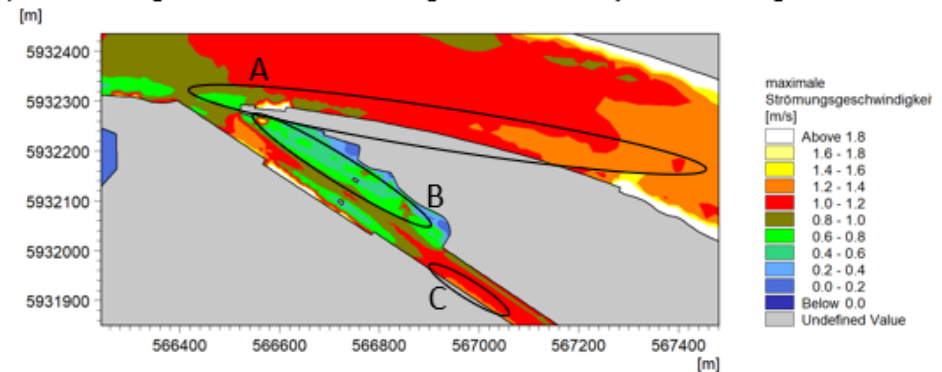


Abbildung 7–6. Maximale Strömungsgeschwindigkeiten im Sommerzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023. Die Bereiche A bis L heben schwarz umrandet die Stellen mit veränderter Strömungsgeschwindigkeit hervor.

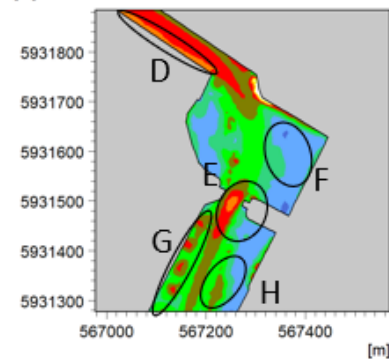
a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand



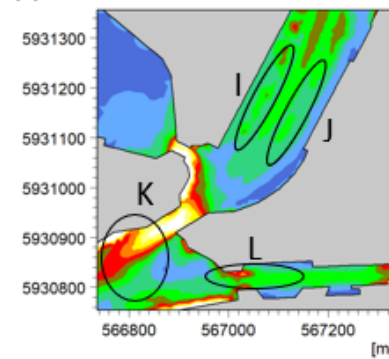
b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, fortgeschr. Entwurfsplan Stand August 2023



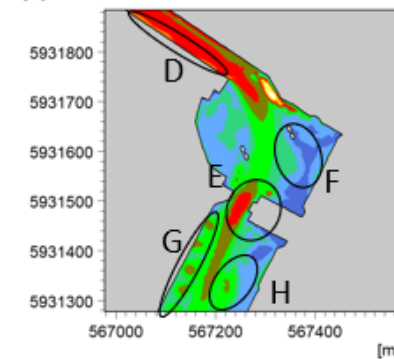
c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand



d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand



e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, fortgeschr. Entwurfsplan



f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, fortgeschr. Entwurfsplan

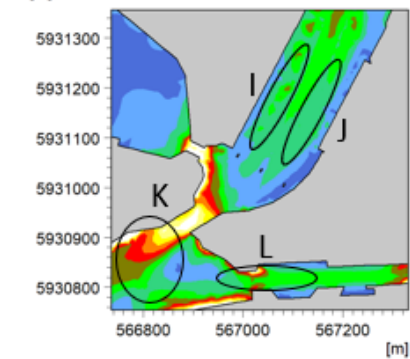


Abbildung 7–7. Maximale Strömungsgeschwindigkeiten im Winterzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023. Die Bereiche A bis L heben schwarz umrandet die Stellen mit veränderter Strömungsgeschwindigkeit hervor.

7.2 Änderung der Tidewasserstände und -strömungen

Die Änderung der Tide wurde hinsichtlich des Wasserstands und der Strömungsgeschwindigkeiten an drei Positionen im Moldauhafen, am Baufeld 26 und im Saalehafen sowie an fünf Querschnitten auf Höhe der Moldauhaufenbrücke, des Baufeldes 26, der Querung der U-Bahn-Linie 4 sowie an den Einfahrten von Hansahafen und Spreehafen für den Sommer- und den Winterzeitraum für den Funktionsplan und den Entwurfsplan ausgewertet (Abbildung 7–1).

7.2.1 Zeitreihenanalyse im Funktionsplan

Die Zeitreihen sind beispielhaft für den Saalehafen im Sommerzeitraum dargestellt (Abbildung 7–8), da dort die größten Unterschiede zu verzeichnen sind.

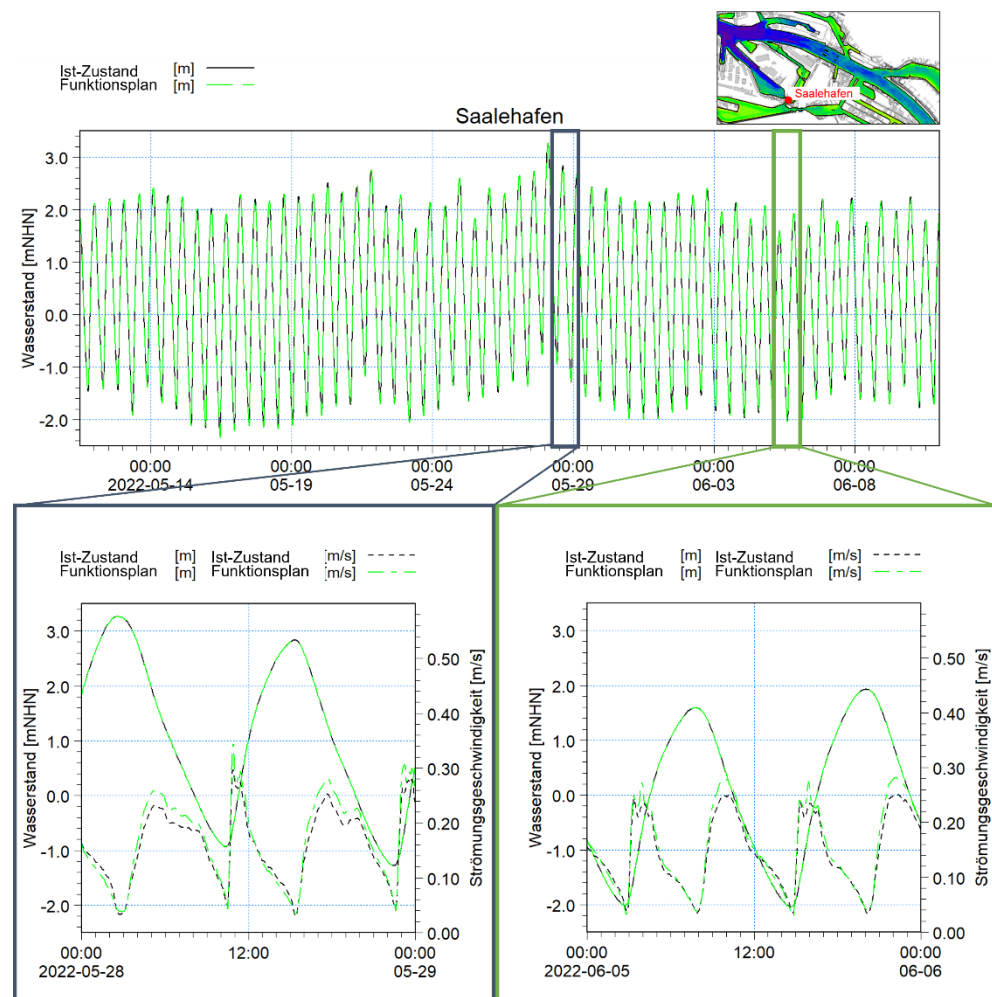


Abbildung 7–8. Vergleich Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und Funktionszustand im Saalehafen im Sommerzeitraum. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.
Die Abbildung rechts oben zeigt die Lage der extrahierten Zeitreihe.

Die Änderung des Wasserstandes wurden für den Sommerzeitraum für eine starke (28.5.2022) und eine schwache Tide (5.6.2022) hinsichtlich des Hochwassers und Niedrigwassers und hinsichtlich der Zeitpunkte ihres Eintritts analysiert. Für den Winterzeitraum wurden hierfür ein Sturmflutfall (21.2.2022) und eine mittlere Tide (4.3.2022) gewählt. Die vollständigen Ergebnisse der Analyse sind analog zu Abbildung 7–8 in Appendix B.1.1 enthalten und tabellarisch in Appendix D.1.1 zusammengefasst.

Die Änderungen der Strömungsgeschwindigkeiten für dieselben Ereignisse sind analog zu Abbildung 7–8 in Appendix B.2.1 enthalten und in Appendix D.2.1 tabellarisch zusammengefasst.

Es kann festgehalten werden, dass die rechnerischen Änderungen des Eintritts der jeweiligen Ereignisse im Funktionszustand sich vom Ist-Zustand sich wie folgt darstellen:

- Bei den Wasserständen zeigt das Hochwasser eine Tendenz zur Reduzierung. Im Sturmflutfall fällt das Hochwasser im Moldauhafen bis zu 0,03 m niedriger aus. Im Fall einer mittleren Tide im Winter bis zu 0,02 m niedriger. Niedrigwasser ändert sich mit Werten zwischen +0,01 m und -0,01 m nicht maßgeblich. D.h. es ist tendenziell mit einer sehr geringen Abschwächung der Tide zu rechnen (Appendix D.1.1).
- Zeitlich unterscheiden sich das Hochwasser einer mittleren und starken Tide um weniger als 5 min. Bezüglich des Niedrigwassers sind keine zeitlichen Änderungen zu erwarten (Appendix D.1.1).
- Der Flutstrom ändert sich im Sommer zwischen -0,06 m/s (bis zu -7 %) bei Baufeld 26 und weniger als 0,05 m/s (bis zu +12 %) im Saalehafen. Im Winter nimmt er im Moldauhafen und am Baufeld 26 um bis zu 0,16 m/s, d.h. bis zu 14 % (Sturmflut) ab. Im Saalehafen nimmt der Flutstrom um weniger als zu 0,05 m/s, d.h. bis zu 14 % (mittlere Tide im Winter) zu (Appendix D.2.1).
- Der Ebbstrom ändert sich im Sommer um weniger als 0,05 m/s (-2 % bis zu +12 % im Saalehafen). Im Winter nimmt er bei Baufeld 26 und im Saalehafen bis +0,06 m/s (+15 % bis +25 %) während einer Sturmflut zu (Appendix D.2.1).

7.2.2 Zeitreihenanalyse im Entwurfsplan

Die Zeitreihen sind beispielhaft für den Saalehafen im Sommerzeitraum dargestellt (Abbildung 7–9), da dort die größten Unterschiede zu verzeichnen sind.

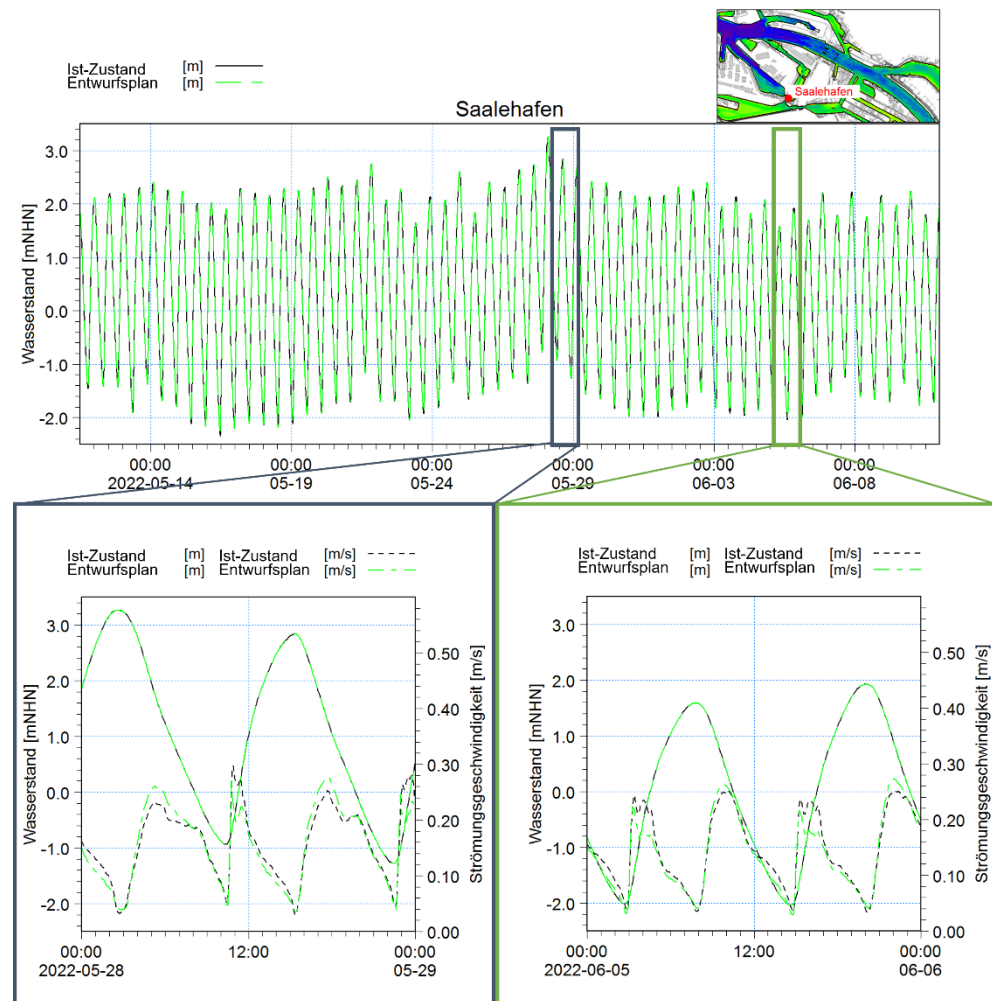


Abbildung 7–9. Vergleich Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und Entwurfzustand im Saalehafen im Sommerzeitraum. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.
Die Abbildung rechts oben zeigt die Lage der extrahierten Zeitreihe.

Die Änderung des Wasserstandes wurden für den Sommerzeitraum für eine starke (28.5.2022) und eine schwache Tide (5.6.2022) hinsichtlich des Hochwassers und Niedrigwassers und hinsichtlich der Zeitpunkte ihres Eintritts analysiert. Für den Winterzeitraum wurden hierfür ein Sturmflutfall (21.2.2022) und eine mittlere Tide (4.3.2022) gewählt. Die vollständigen Ergebnisse der Analyse sind analog zu Abbildung 7–9 in Appendix B.1.2 enthalten und tabellarisch in Appendix D.1.2 zusammengefasst.

Die Änderungen der Strömungsgeschwindigkeiten für dieselben Ereignisse sind analog zu Abbildung 7–9 in Appendix B.2.2 enthalten und in Appendix D.2.2 tabellarisch zusammengefasst.

Es kann festgehalten werden, dass die rechnerischen Änderungen des Eintritts der jeweiligen Ereignisse im Entwurfzustand vom Ist-Zustand sich wie folgt darstellen:

- Bei den Wasserständen zeigt das Hochwasser eine Tendenz zur Reduzierung. Im Sturmflutfall fällt das Hochwasser im Moldauhafen bis zu 0,03 m niedriger aus. Im Fall einer mittleren Tide im Winter bis zu 0,02 m

niedriger. Niedrigwasser ändert sich mit Werten zwischen +0,01 m und -0,01 m nicht maßgeblich. D.h. es ist tendenziell mit einer sehr geringen Abschwächung der Tide zu rechnen (Appendix D.1.2, ähnlich dem Funktionsplan).

- Zeitlich unterscheiden sich das Hochwasser einer mittleren und starken Tide um weniger als 5 min. Bezüglich des Niedrigwassers sind keine zeitlichen Änderungen zu erwarten (Appendix D.1.2, ähnlich dem Funktionsplan).
- Der Flutstrom ändert sich im Sommer zwischen -0,06 m/s (bis zu -7 %) bei Baufeld 26 und weniger als +0,05 m/s (bis zu +12 %) im Saalehafen. Im Winter nimmt er während der Sturmflut im Moldauhafen um weniger als 0,05 m/s (d.h. 1 %) und am Baufeld 26 um bis zu 0,09 m/s, d.h. bis zu 8 % ab. Im Saalehafen nimmt der Flutstrom um weniger als 0,05 m/s, d.h. bis zu 1 % (mittlere Tide im Winter) zu (Appendix D.2.2, geringere Unterschiede als im Funktionsplan).
- Der Ebbstrom ändert sich im Sommer lediglich im Bereich von weniger als -0,05 m/s (d.h. 2 %) im Moldauhafen und weniger als +0,05 m/s (d.h. 12 %) im Saalehafen. Im Winter nimmt die Strömungsgeschwindigkeit während einer Sturmflut um 0,05 m/s (d.h. 12 %) im Moldauhafen, weniger als 0,05 m/s (10 %) im Baufeld 26 und um weniger als 0,05 m/s (d.h. 13 %) im Saalehafen zu (Appendix D.2.2, geringere Unterschiede als im Funktionsplan).

7.2.3 Zeitreihenanalyse im fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023)

Die Zeitreihen sind beispielhaft für den Saalehafen im Sommerzeitraum analog zu den vorigen Abschnitten dargestellt (Abbildung 7–10).

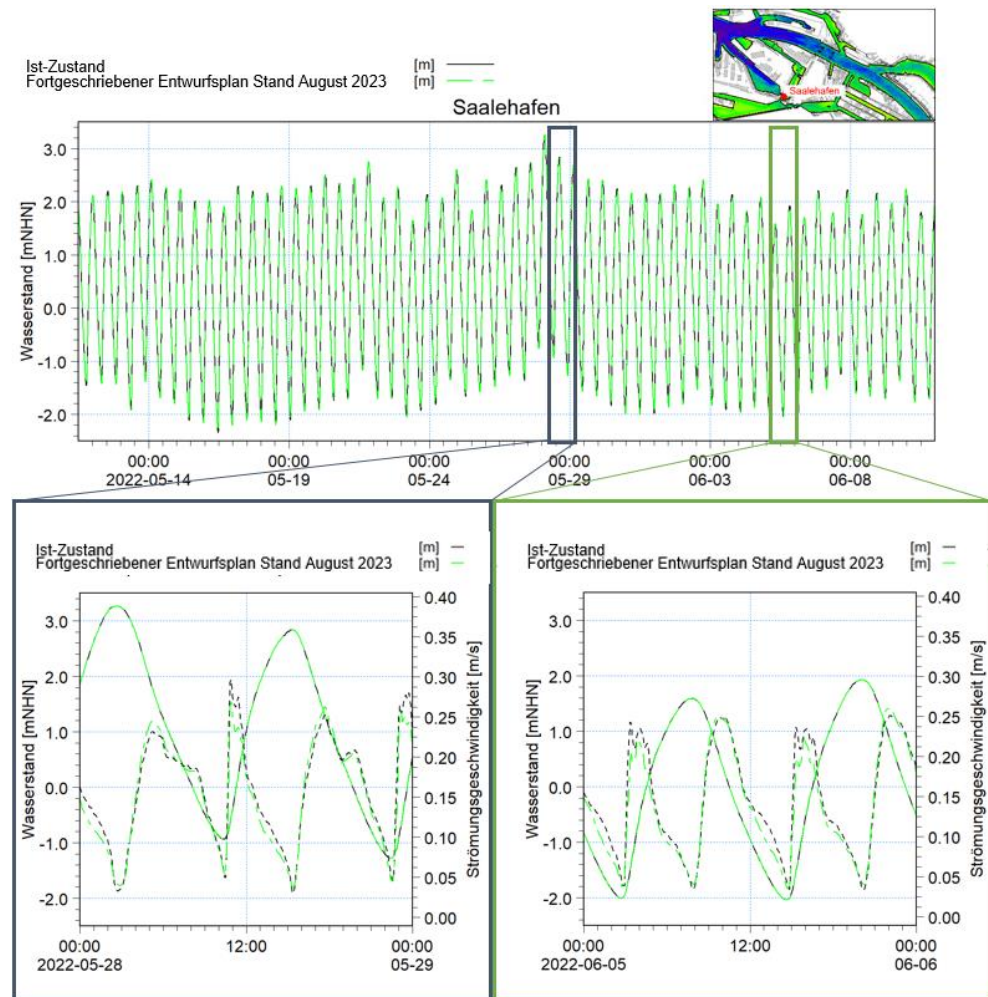


Abbildung 7–10. Vergleich Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und Entwurfszustand im Saalehafen im Sommerzeitraum. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.
Die Abbildung rechts oben zeigt die Lage der extrahierten Zeitreihe.

Die Änderung des Wasserstandes wurden für den Sommerzeitraum für eine starke (28.5.2022) und eine schwache Tide (5.6.2022) hinsichtlich des Hochwassers und Niedrigwassers und hinsichtlich der Zeitpunkte ihres Eintritts analysiert. Für den Winterzeitraum wurden hierfür ein Sturmflutfall (21.2.2022) und eine mittlere Tide (4.3.2022) gewählt. Die vollständigen Ergebnisse der Analyse sind analog zu Abbildung 7–10 in Appendix B.1.3 enthalten und tabellarisch in Appendix D.1.3 zusammengefasst.

Die Änderungen der Strömungsgeschwindigkeiten für dieselben Ereignisse sind analog zu Abbildung 7–10 in Appendix B.2.3 enthalten und in Appendix D.2.3 tabellarisch zusammengefasst.

Es kann festgehalten werden, dass die rechnerischen Änderungen des Eintritts der jeweiligen Ereignisse im Entwurfszustand vom Ist-Zustand sich wie folgt darstellen:

- Bei den Wasserständen zeigt das Hochwasser eine Tendenz zur Reduzierung. Im Sturmflutfall fällt das Hochwasser bis zu 0,04 m niedriger aus (Moldauhafen: -0,03 m, Baufeld 26: -0,04 m, Saalehafen: -0,03 m). Im

Fall einer mittleren Tide im Winter bis zu 0,02 m (Moldauhafen: -0,02 m, Baufeld 26: -0,02 m Saalehafen: -0,01 m) niedriger. Niedrigwasser ändert sich mit Werten von bis zu -0,01 m nicht maßgeblich (Moldauhafen: 0,00, Baufeld 26: -0,01 m, Saalehafen 0,00 m). D.h. es ist tendenziell mit einer sehr geringen Abschwächung der Tide zu rechnen (Appendix D.1.3, ähnlich dem Funktionsplan und Entwicklungsplan).

- Zeitlich unterscheiden sich die Hochwasser einer mittleren und starken Tide um weniger als 5 min. Bezüglich des Niedrigwassers sind keine zeitlichen Änderungen zu erwarten (Appendix D.1.3, ähnlich dem Funktionsplan und dem Entwurfsplan).
- Der Flutstrom ändert sich im Sommer um weniger als 0,05 m/s (+/-2% im Moldauhafen, -2% am Baufeld 26 und -4% im Saalehafen). Im Winter ändert er sich bei einer Sturmflut um weniger als 0,05 m/s (im Moldauhafen um bis zu -4 %, im Saalehafen bis zu +4%) und bei mittlerer Tide um weniger als -0,05 m/s (-4%). (Appendix D.2.3, ähnlich dem Funktionsplan und dem Entwurfsplan).
- Der Ebbstrom ändert sich im Sommer um weniger als +/- 0,05 m/s (d.h. -2 % im Moldauhafen, 7% am Baufeld 26 und 4 % im Saalehafen). Im Winter ändert sich die Strömungsgeschwindigkeit während einer Sturmflut ebenfalls nicht maßgeblich (d.h. bis zu -4 % im Moldauhafen, bis zu +8 % im Baufeld 26 und um bis zu -7 % im Saalehafen, Appendix D.2.3, ähnlich dem Funktionsplan und dem Entwurfsplan).

7.2.4 Querschnittsanalyse im Funktionsplan

An fünf Positionen im Projektgebiet (Abbildung 7–1) wurden die Querschnitte zu vier Zeitpunkten analysiert: im Sommerzeitraum während einer geringen Tide am 5.6.2022 während der Flut- und der Ebbphase und im Winterzeitraum während einer mittleren Tide am 4.3.2022 während der Flut- und der Ebbphase (vgl. auch Abbildungen der Zeitreihenanalyse in Abschnitt 7.2.1). Beispielhaft sind hier die Querschnitte während der genannten Zeitpunkte am Baufeld 26 gegeben (Abbildung 7–11). Vergleichbare Abbildungen der Querschnitte an der Moldauhafenbrücke, an der Querung der U-Bahn-Linie 4 sowie an den Einfahrten zu Hansahafen und Spreehafen sind in Appendix C.1 enthalten.

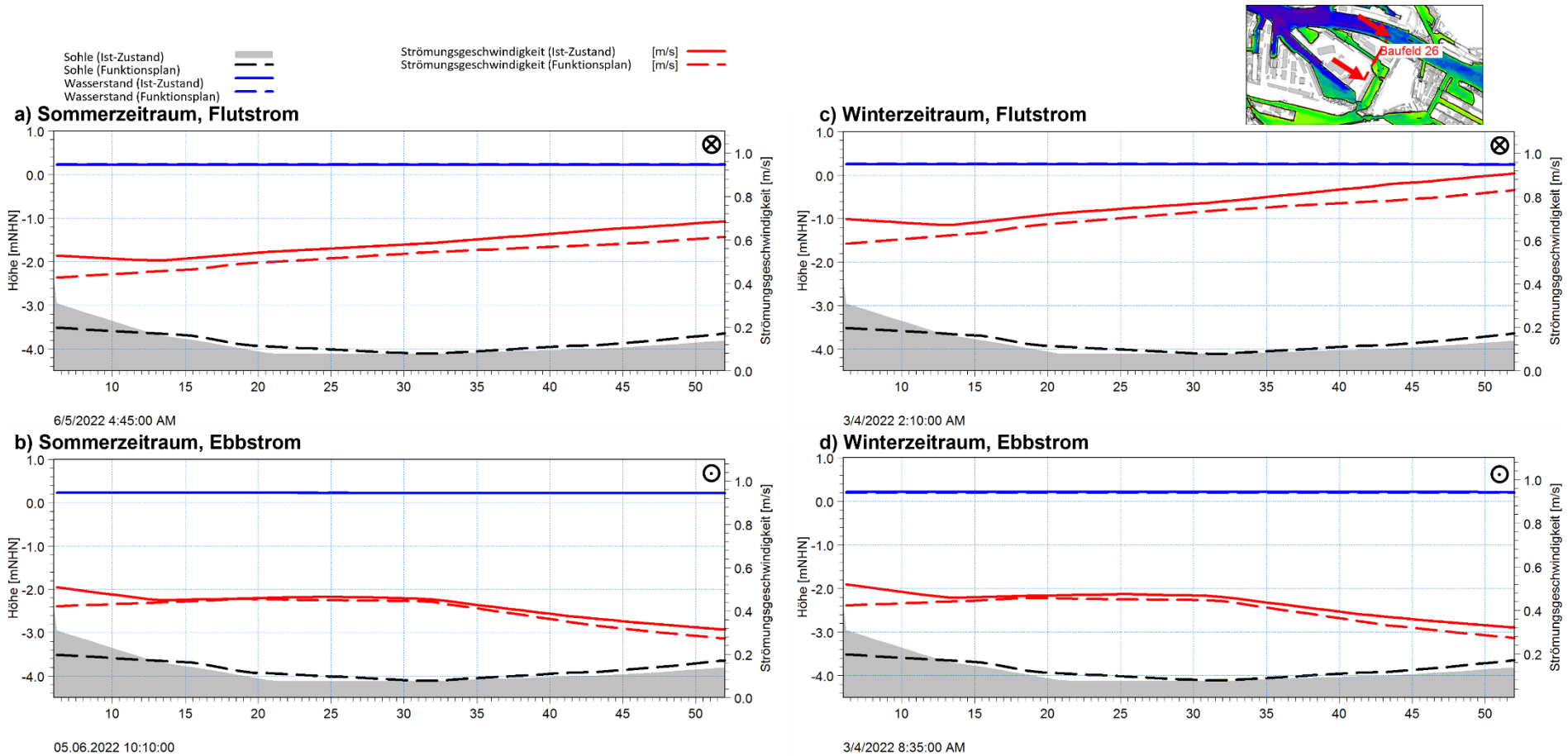
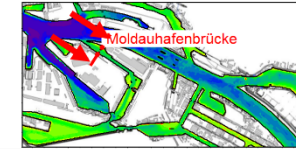
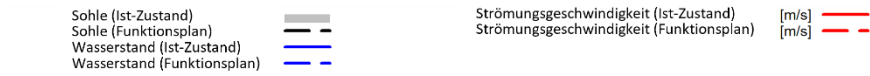
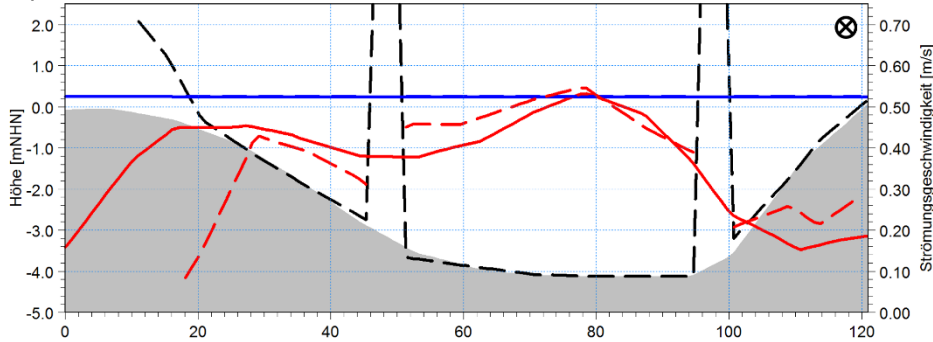


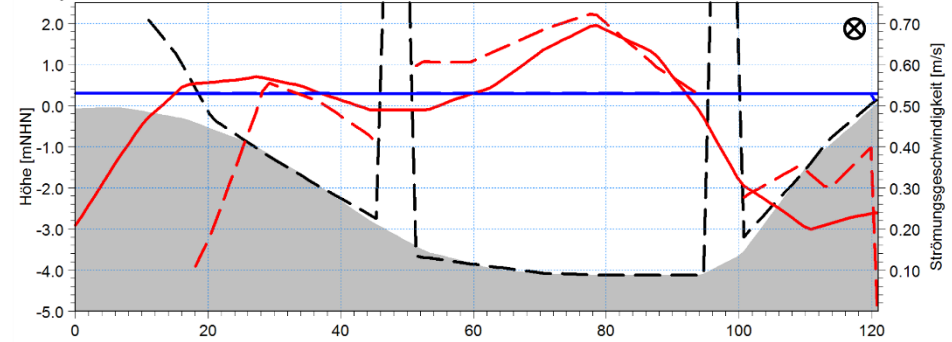
Abbildung 7–11. Vergleich Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und Funktionszustand am Baufeld 26, a) Sommerzeitraum Flutstrom, b) Sommerzeitraum Ebbstrom, c) Winterzeitraum Flutstrom, d) Winterzeitraum Ebbstrom.
Die Abbildung oben rechts zeigt die Lage des Querschnitts sowie die Blickrichtung.



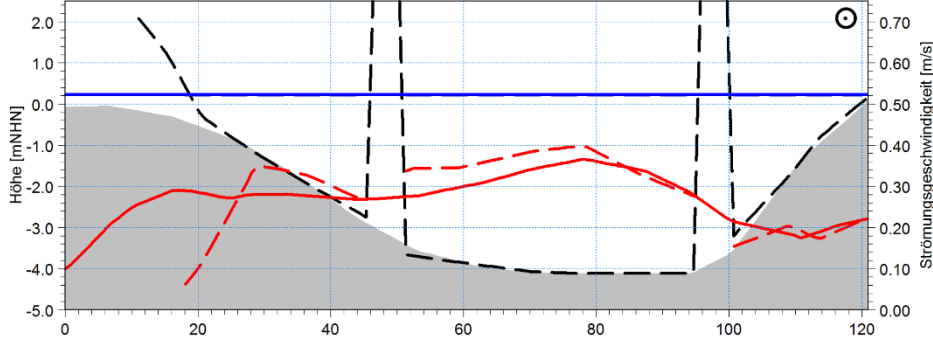
a) Sommerzeitraum, Flutstrom



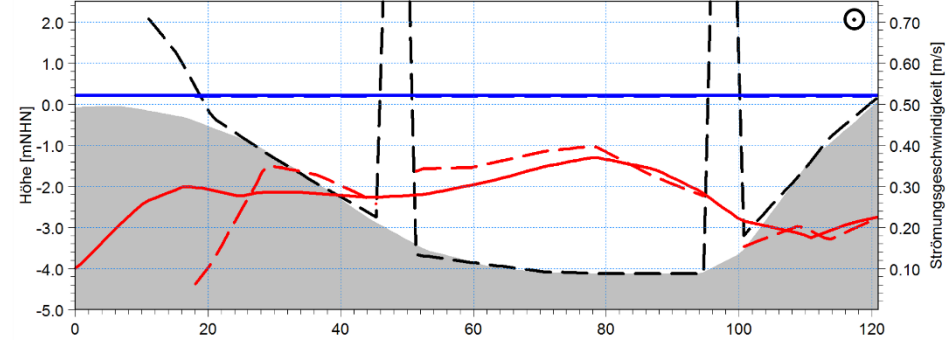
c) Winterzeitraum, Flutstrom



6/5/2022 4:45:00 AM
b) Sommerzeitraum, Ebbstrom



3/4/2022 2:10:00 AM
d) Winterzeitraum, Ebbstrom



6/5/2022 10:10:00 AM

3/4/2022 8:35:00 AM

Abbildung 7–12. Vergleich Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und Funktionszustand an der Moldauhafenbrücke, a) Sommerzeitraum Flutstrom, b) Sommerzeitraum Ebbstrom, c) Winterzeitraum Flutstrom, d) Winterzeitraum Ebbstrom. Die Abbildung oben rechts zeigt die Lage des Querschnitts sowie die Blickrichtung.

Im nördlichen Teil des Querschnitts unterscheidet sich der Ist-Zustand vom Funktionszustand durch die geänderte Ausführung der Böschung am Nordufer des Moldauhafens. Durch diese und weitere Änderungen des Funktionszustands gegenüber dem Ist-Zustand (Kapitel 6) kommt es generell zu keinen maßgeblichen Änderungen des Wasserstands am Baufeld 26. Die Strömungsgeschwindigkeiten betragen im Ist-Zustand während der Flut zwischen 0,7 m/s und 0,9 m/s am Südufer und 0,5 m/s und 0,7 m/s am Nordufer. Sie nehmen im Funktionszustand ab, während der Flutphase um ca. 0,1 m/s über den gesamten Querschnitt und während der Ebbphase um ca. 0,1 m/s am Nordufer und 0,05 m/s am Südufer. Vor allem im Bereich der Änderungen der Böschung, wo eine größere Wassertiefe für die Strömung zur Verfügung steht, sind die Unterschiede zu jedem der analysierten Zeitpunkte am größten. Der Unterschied in den Strömungsgeschwindigkeiten ist während der Flutphase (Abbildung 7–11. a) und c)) stärker als während der Ebbphase (Abbildung 7–11. b) und d)).

An der Moldauhafenbrücke wurde die Böschung des Nordufers im Funktionszustand nach Süden versetzt. Zudem sind zwei Brückenpfeiler vorgesehen (Abbildung 7–12). Hierdurch kommt es zu einer lokalen Einengung des Fließquerschnitts. Dies macht sich im Wasserstand nicht bemerkbar. Die Strömungsgeschwindigkeiten im Ist-Zustand betragen in der Mitte des Querschnitts während der Flutphase zwischen 0,5 m/s und 0,7 m/s und nehmen zum Ufer hin ab. Im Funktionszustand nehmen die Strömungsgeschwindigkeiten zwischen den Brückenpfeilern während aller vier analysierten Zeitpunkten in der Mitte des Querschnitts um ca. 0,05 m/s zu. Am nördlichen Pfeiler deuten die Ergebnisse ebenfalls auf eine Zunahme der Strömungsgeschwindigkeiten an der Fahrrippenzugewandten Seite hin, während sie an der Böschungszugewandten Seite tendenziell abnehmen. Hierbei fällt die Änderung während des Flutstroms stärker aus. In diesem Zusammenhang muss herausgestellt werden, dass die Modellauflösung im Vergleich zur Pfeilergeometrie recht grob ist (50 m² große Elemente) und daher die Strömungen in unmittelbarer Nähe zum Pfeiler lediglich als Tendenz anzusehen sind. Eine genauere Prüfung der Geschwindigkeiten sollte im Zusammenhang mit einer morphologischen bzw. Kolkuntersuchung erfolgen.

Unter der Querung der U-Bahn-Linie 4 sind im Funktionszustand zwei Brückenpfeiler vorgesehen (Abbildung C.10 bis Abbildung C.13). Der Wasserstand ändert sich nicht. Im Ist-Zustand betragen die Strömungsgeschwindigkeiten während des Flutstroms in der Mitte des Querschnitts zwischen 0,4 m/s im Sommerzeitraum und 0,5 m/s im Winterzeitraum. Sie ändern sich im Funktionszustand nicht, jedoch nehmen sie zum Nordostufer hin schneller ab als im Ist-Zustand. Genau andersherum verhält es sich am Südwest-Ufer. Dies deutet sich bereits im Vergleich der maximalen Strömungsgeschwindigkeiten (Abbildung 7–2 und Abbildung 7–3) an. Während des Ebbstroms, bei dem im Ist-Zustand die maximalen Geschwindigkeiten in der Mitte des Querschnitts in beiden Zeiträumen bis zu 0,4 m/s betragen, nehmen die Strömungsgeschwindigkeiten um ca. 0,05 m/s ab. Zudem kommt es zu einer Verlagerung des Bereichs der maximalen Strömungsgeschwindigkeiten nach Nordosten.

An der Einfahrt zum Hansahafen ändert sich der Querschnitt zwischen Ist- und Funktionszustand nicht (Abbildung C.14 bis Abbildung C.17). Gleiches gilt für den Wasserstand. Die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten ändern sich ebenfalls nicht. Sie betragen während des Flutstroms zwischen 0,9 m/s im Sommerzeitraum und 1,25 m/s im Winterzeitraum und während des Ebbstroms

in beiden Zeiträumen ca. 0,75 m/s. Tendenziell nehmen jedoch im nördlichen Teil des Querschnitts die Strömungsgeschwindigkeiten zum Ufer hin im Funktionszustand langsamer ab, wohingegen am Südufer eine etwas stärkere Abnahme zu verzeichnen ist.

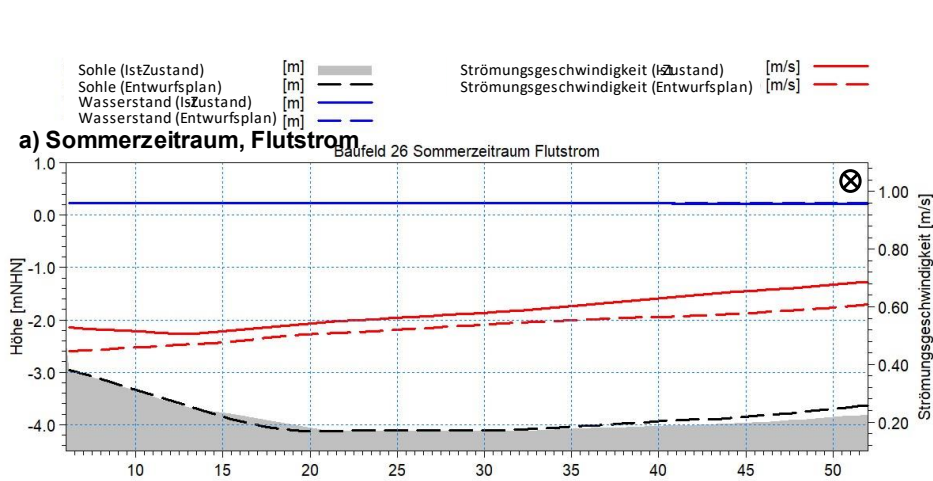
An der Einfahrt zum Spreehafen ändert sich der Querschnitt zwischen Ist- und Funktionszustand ebenfalls nicht (Abbildung C.18 bis Abbildung C.21). Gleiches gilt für den Wasserstand. Die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten ändern sich ebenfalls nicht. Sie betragen während des Flutstroms zwischen 0,9 m/s im Sommerzeitraum und 1,25 m/s im Winterzeitraum und während des Ebbstroms in beiden Zeiträumen ca. 0,95 m/s. Tendenziell kommt es bei allen vier Zeitpunkten zu einer Verschiebung des Ortes der maximalen Strömungsgeschwindigkeit nach Westen. Im Bereich des Ostufers treten während der Flutphasen geringfügig niedrigere Strömungsgeschwindigkeiten auf und während der Ebbphase geringfügig höhere.

Insgesamt kann für den Funktionszustand folgendes festgehalten werden:

- Während der Flutphase ist allgemein mit einer leichten Abnahme der Strömungsgeschwindigkeiten zu rechnen. Diese fällt im Bereich des Baufeldes 26 am stärksten aus. Im Bereich der Moldauhafenbrücke muss mit einer einseitigen Zunahme der Strömungsgeschwindigkeiten am Nordpfeiler gerechnet werden.
- Während der Ebbphase ist allgemein mit einer etwas geringeren Abnahme der Strömungsgeschwindigkeiten als in der Flutphase zu rechnen. An der Moldauhafenbrücke deuten die Ergebnisse eine Zunahme der Strömungsgeschwindigkeiten am Nordpfeiler auf der Fahrrinnenseite hin.

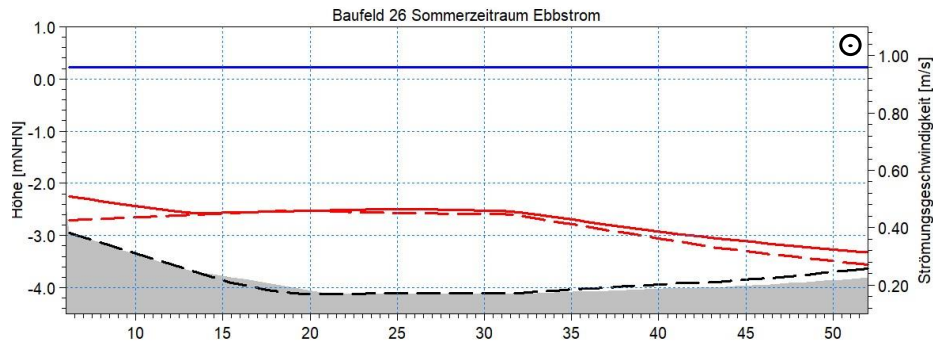
7.2.5 Querschnittsanalyse im Entwurfsplan

An fünf Positionen im Projektgebiet (Abbildung 7–1) wurden die Querschnitte zu vier Zeitpunkten analysiert: im Sommerzeitraum während einer geringen Tide am 5.6.2022 während der Flut- und der Ebbphase und im Winterzeitraum während einer mittleren Tide am 4.3.2022 während der Flut- und der Ebbphase (vgl. auch Abbildungen der Zeitreihenanalyse in Abschnitt 7.2.2). Beispielhaft sind hier die Querschnitte während der genannten Zeitpunkte am Baufeld 26 gegeben (Abbildung 7–13). Vergleichbare Abbildungen der Querschnitte an der Moldauhafenbrücke, an der Querung der U-Bahn-Linie 4 sowie an den Einfahrten zu Hansahafen und Spreehafen sind in Appendix C.2 enthalten.

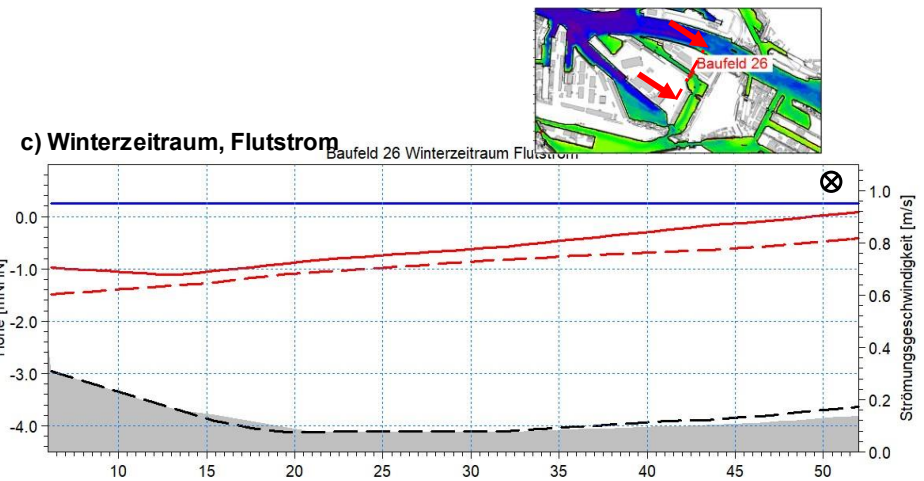


05.06.2022 04:45:00

b) Sommerzeitraum, Ebbstrom

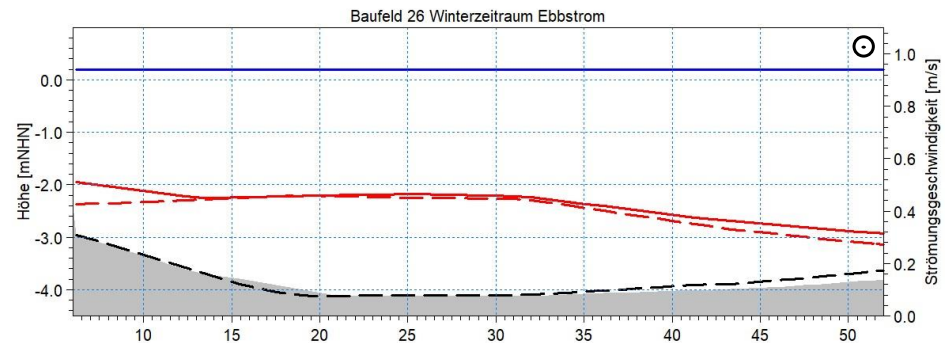


05.06.2022 10:10:00



04.03.2022 02:10:00

d) Winterzeitraum, Ebbstrom



04.03.2022 08:35:00

Abbildung 7–13. Vergleich Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und Entwurfszustand am Baufeld 26, a) Sommerzeitraum Flutstrom, b) Sommerzeitraum Ebbstrom, c) Winterzeitraum Flutstrom, d) Winterzeitraum Ebbstrom.
Die Abbildung oben rechts zeigt die Lage des Querschnitts sowie die Blickrichtung.

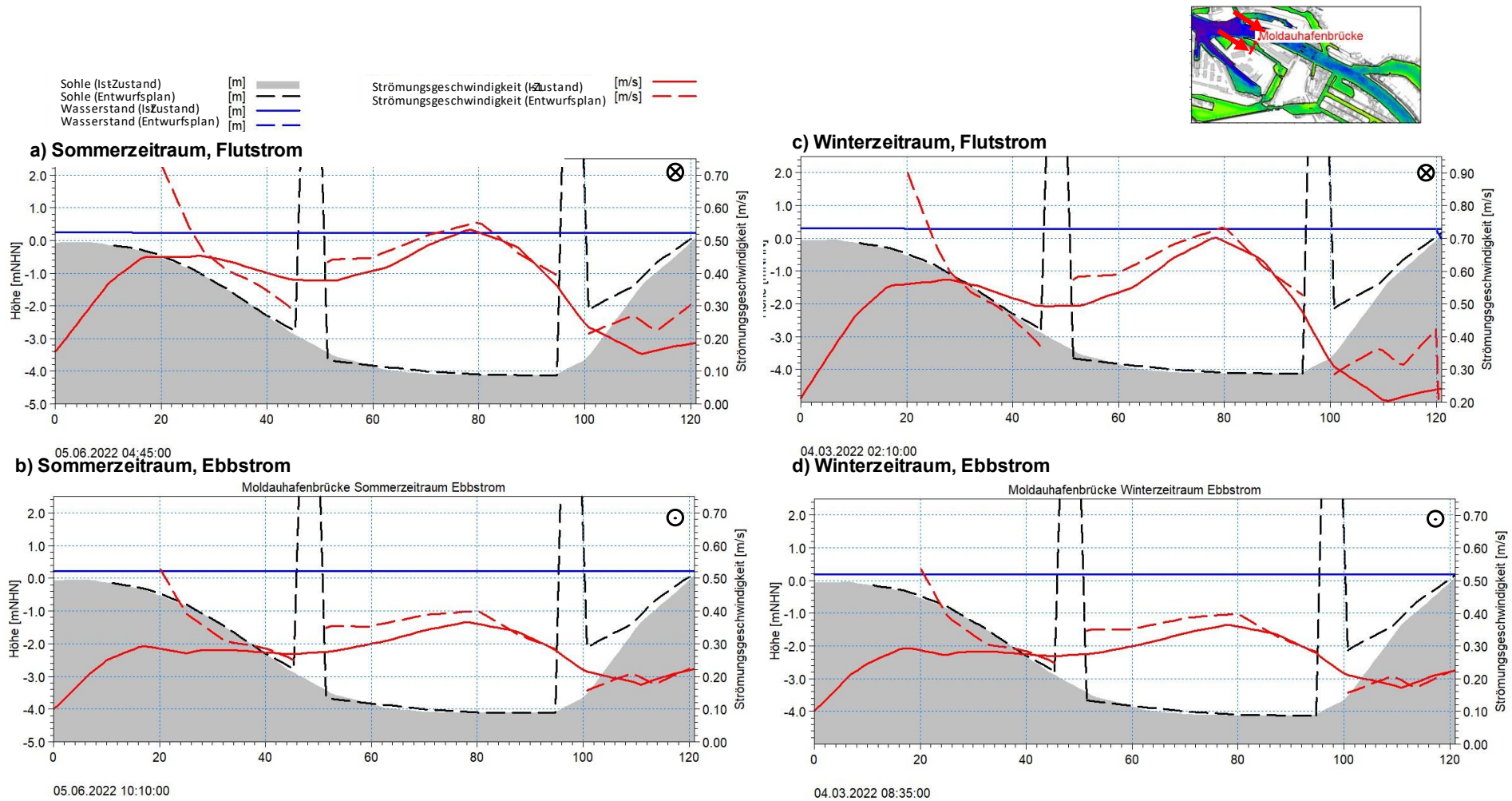


Abbildung 7–14. Vergleich Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und Entwurfszustand an der Moldauhafenbrücke, a) Sommerzeitraum Flutstrom, b) Sommerzeitraum Ebbstrom, c) Winterzeitraum Flutstrom, d) Winterzeitraum Ebbstrom
 Die Abbildung oben rechts zeigt die Lage des Querschnitts sowie die Blickrichtung.

Im nördlichen Teil des Querschnitts unterscheidet sich der Ist-Zustand vom Entwurfzustand durch die geänderte Ausführung der Böschung am Nordufer des Moldauhafens in gleicher Weise wie im Funktionszustand. Gleiches gilt für das Baufeld 26, in dem es generell zu keinen maßgeblichen Änderungen des Wasserstands kommt. Die Unterschiede in den Strömungsgeschwindigkeiten treten am Südufer und am Nordufer ebenfalls in gleicher Weise auf (Abbildung 7–13).

An der Moldauhafenbrücke (Abbildung 7–14) kommt es zu einer lokalen Einengung des Fließquerschnitts. Dies macht sich im Wasserstand nicht bemerkbar. Im Entwurfzustand nehmen die Strömungsgeschwindigkeiten zwischen den Brückenpfeilern während allen vier analysierten Zeitpunkten in der Mitte des Querschnitts ähnlich dem Funktionszustand zu, während sie an der Böschungszugewandten Seiten tendenziell abnehmen. Am Nordufer erhöht sich im Entwurfsplan die Strömungsgeschwindigkeit während der Flutphase um ca. 0,3 m/s und während der Ebbphase um ca. 0,2 m/s. Dies könnte zu einer erhöhten Sedimenterosion führen und sollte genauer geprüft werden. Es wird darauf hingewiesen, dass eine genauere Prüfung der Geschwindigkeiten im Bereich der Moldaubrücke im Zusammenhang mit einer morphologischen bzw. Kolkuntersuchung erfolgen sollte.

Unter der Querung der U-Bahn-Linie 4 (Abbildung C.30 bis Abbildung C.33). ändert sich der Wasserstand nicht. Die Strömungsgeschwindigkeiten verändern sich zum Nordostufer und zum Südwestufer ähnlich dem Funktionszustand. Während des Ebbstroms nehmen die Strömungsgeschwindigkeiten um ca. 0,03 m/s ab und sind damit ähnlich denen im Funktionszustand.

An der Einfahrt zum Hansahafen ändert sich der Querschnitt zwischen Ist- und Entwurfzustand nicht (Abbildung C.34 bis Abbildung C.37). Gleiches gilt für den Wasserstand. Die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten erhöhen sich beim Flutstrom um 0,05 m/s. Sie betragen während des Flutstroms zwischen 0,95 m/s im Sommerzeitraum und 1,3 m/s im Winterzeitraum und liegen damit geringfügig höher als im Funktionszustand und während des Ebbstroms in beiden Zeiträumen ca. 0,75 m/s wie Funktionszustand.

An der Einfahrt zum Spreehafen ändert sich der Querschnitt zwischen Ist- und Entwurfzustand ebenfalls nicht (Abbildung C.38 bis Abbildung C.41). Gleiches gilt für den Wasserstand. Die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten verringern sich beim Ebbstrom um ca. 0,05 m/s auf 0,9 m/s und liegen damit weiterhin in Bereichen wie im Funktionsplan. Während des Flutstroms gibt es keine Veränderung der maximalen Strömungsgeschwindigkeit. Im Bereich des Ostufers treten während der Flutphasen geringfügig niedrigere Strömungsgeschwindigkeiten auf. Während der Ebbphase kommt es hingegen zu einer Erhöhung von 0,15 m/s.

Im Funktionsplan kommt es im Vergleich zum Ist-Zustand zu einer Verschiebung der maximalen Strömungsgeschwindigkeit in allen vier Zeitpunkten. Dies ist im Entwurfsplan nicht gegeben.

Insgesamt kann für den Entwurfsplan folgendes festgehalten werden:

- Während der Flutphase ist überwiegend mit einer leichten Abnahme der Strömungsgeschwindigkeiten zu rechnen. Diese fällt im Bereich des Baufeldes 26 am stärksten aus. Im Bereich der Moldauhafenbrücke muss mit einer einseitigen Zunahme der Strömungsgeschwindigkeiten am Nordpfeiler und an der Nordböschung gerechnet werden.

- Während der Ebbphase ist allgemein mit einer etwas geringeren Abnahme der Strömungsgeschwindigkeiten als in der Flutphase zu rechnen. An der Moldauhafenbrücke deuten die Ergebnisse eine Zunahme der Strömungsgeschwindigkeiten am Nordufer und am Nordpfeiler auf der Fahrrinnenseite hin.

7.2.6 Querschnittsanalyse im fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023)

An fünf Positionen im Projektgebiet (Abbildung 7–1) wurden die Querschnitte zu vier Zeitpunkten analysiert: im Sommerzeitraum während einer geringen Tide am 5.6.2022 während der Flut- und der Ebbphase und im Winterzeitraum während einer mittleren Tide am 4.3.2022 während der Flut- und der Ebbphase (vgl. auch Abbildungen der Zeitreihenanalyse in Abschnitt 7.2.3). Beispielhaft sind hier die Querschnitte während der genannten Zeitpunkte am Baufeld 26 gegeben (Abbildung 7–22). Vergleichbare Abbildungen der Querschnitte an der Moldauhafenbrücke, an der Querung der U-Bahn-Linie 4 sowie an den Einfahrten zu Hansahafen und Spreehafen sind in Appendix C.3 enthalten.

Im nördlichen Teil des Querschnitts unterscheidet sich der Ist-Zustand vom fortgeschriebenen Entwurfzustand (Stand August 2023) durch die geänderte Ausführung der Böschung am Nordufer des Moldauhafens in gleicher Weise wie im Funktionszustand. Gleiches gilt für das Baufeld 26, in dem es generell zu keinen maßgeblichen Änderungen des Wasserstands kommt. Die Unterschiede in den Strömungsgeschwindigkeiten treten am Südufer und am Nordufer ebenfalls in gleicher Weise auf (Abbildung 7–15).

An der Moldauhafenbrücke (Abbildung 7–16) kommt es zu einer lokalen Einengung des Fließquerschnitts. Dies macht sich im Wasserstand nicht bemerkbar. Im fortgeschriebenen Entwurfzustand (Stand August 2023) nehmen die Strömungsgeschwindigkeiten zwischen den Brückenpfeilern während allen vier analysierten Zeitpunkten in der Mitte des Querschnitts ähnlich dem Funktions- und Entwurfzustand zu, während sie an der Böschungszugewandten Seiten zum Teil sehr stark abnehmen. Am Nordufer unmittelbar am Brückenpfeiler verringern sich die Strömungsgeschwindigkeiten während der Flutphase um bis zu ca. 0,2 m/s und während der Ebbphase um bis zu ca. 0,1 m/s.

Unter der Querung der U-Bahn-Linie 4 (Abbildung C.50 bis Abbildung C.53), ändert sich der Wasserstand nicht. Die Strömungsgeschwindigkeiten verringern sich im verbreiterten Fließquerschnitt um ca. 0,05 m/s (stärkere Verringerung als im Funktions- und Entwurfzustand). Am Südwestufer erhöhen sich die Strömungsgeschwindigkeiten (ähnlich wie im Funktions- und Entwurfzustand) tendenziell um bis zu 0,05 m/s.

An der Einfahrt zum Hansahafen (Abbildung C.54 bis Abbildung C.57) sind keine nennenswerten Veränderungen zum Wasserstand zu beobachten. Die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten ändern sich ebenfalls nicht. Sie betragen während des Flutstroms zwischen 0,9 m/s im Sommerzeitraum und 1,25 m/s im Winterzeitraum und während des Ebbstroms in beiden Zeiträumen ca. 0,75 m/s wie im Funktionszustand.

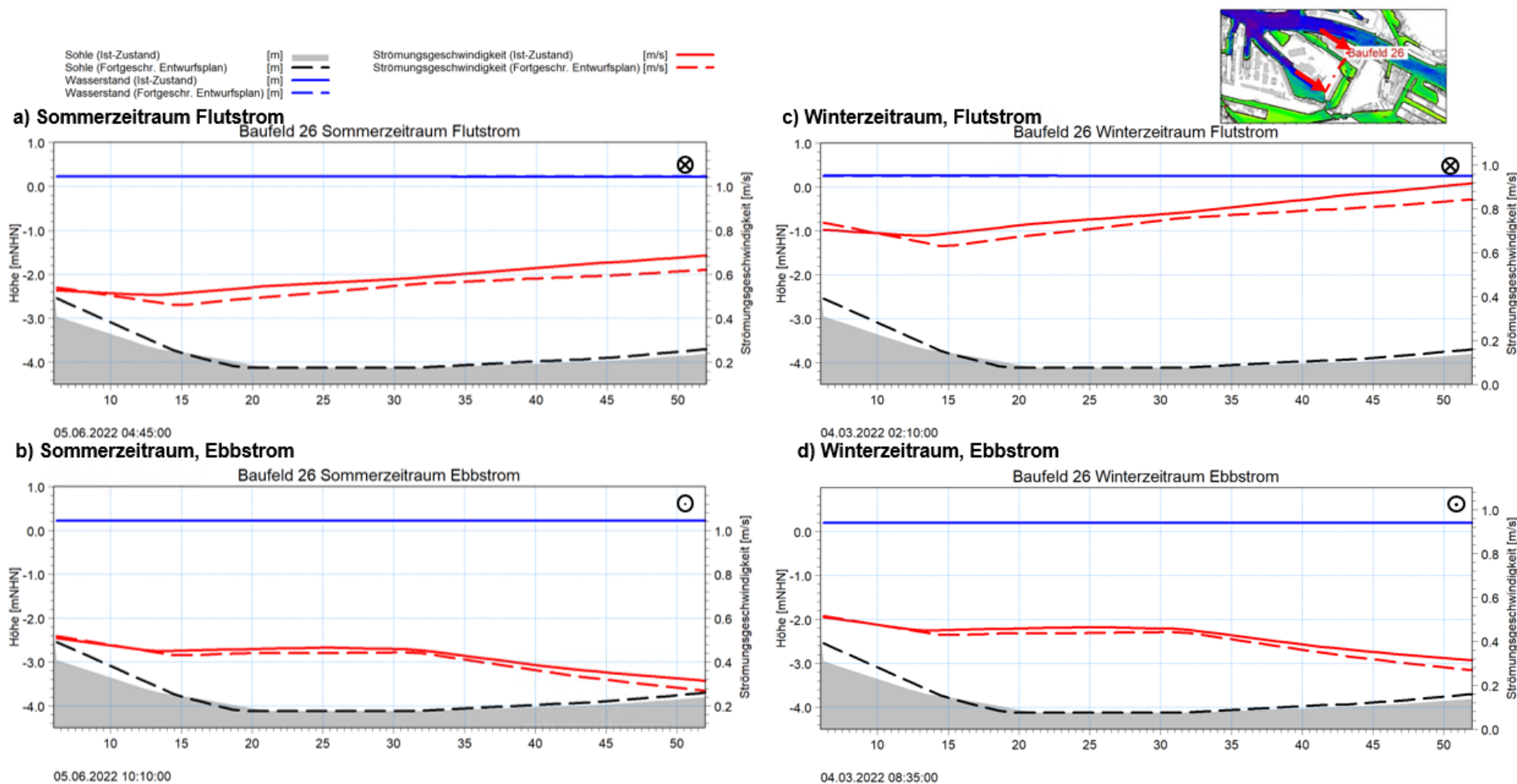


Abbildung 7–15. Vergleich Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit zwischen Istzustand und fortgeschriebenen Entwurfsplan Stand August 2023 am Baufeld 26, a) Sommerzeitraum Flutstrom, b) Sommerzeitraum Ebbstrom, c) Winterzeitraum Flutstrom, d) Winterzeitraum Ebbstrom.

Die Abbildung oben rechts zeigt die Lage des Querschnitts sowie die Blickrichtung.

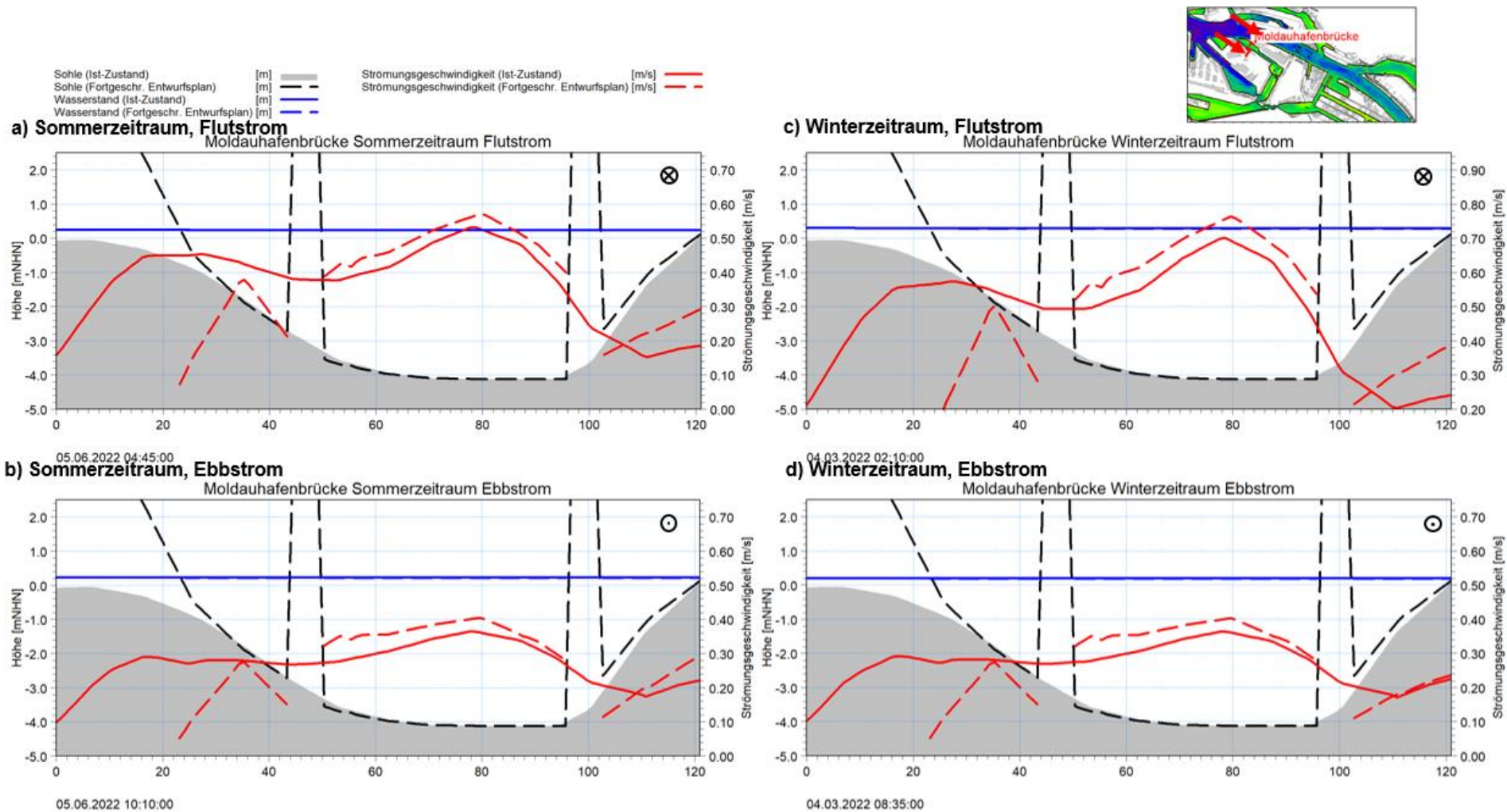


Abbildung 7–16. Vergleich Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit zwischen Istzustand und fortgeschriebenen Entwurfsplan Stand August 2023 an der Moldauhafenbrücke, a) Sommerzeitraum Flutstrom, b) Sommerzeitraum Ebbstrom, c) Winterzeitraum Flutstrom, d) Winterzeitraum Ebbstrom

Die Abbildung oben rechts zeigt die Lage des Querschnitts sowie die Blickrichtung.

An der Einfahrt zum Spreehafen ändert sich der Querschnitt zwischen Ist- und Entwurfszustand nicht (Abbildung C.58 bis Abbildung C.61). Gleiches gilt für den Wasserstand. Die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten betragen wie im Funktionsplan während des Flutstroms zwischen 0,9 m/s im Sommerzeitraum und bis zu 1,3 m/s im Winterzeitraum und während des Ebbstroms in beiden Zeiträumen ca. 0,95 m/s. Im Bereich des Ostufers treten während der Flutphasen geringfügig niedrigere Strömungsgeschwindigkeiten auf. Während der Ebbphase kommt es hingegen zu einer Erhöhung von 0,05 m/s.

Insgesamt kann für den fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023) folgendes festgehalten werden:

- Während der Flutphase ist überwiegend mit einer leichten Abnahme der Strömungsgeschwindigkeiten zu rechnen. Diese fällt im Bereich der Moldauhafenbrücke und der Querung der U-Bahn-Linie 4 am stärksten aus.
- Die Abnahme der Strömungsgeschwindigkeiten fallen während der Flut- und der Ebbphase ähnlich aus.

7.3 Auswirkungen auf die Morphologie

Die veränderten Strömungsgeschwindigkeiten haben eine Änderung der Sohlschubspannungen zur Folge, die auf ein verändertes Erosions- und Sedimentationsverhalten im Projektgebiet schließen lassen. Daher werden für beide Planzustände die mittleren Sohlschubspannungen für den Sommer (Abbildung 7–17, Abbildung 7–19) und den Winterzeitraum (Abbildung 7–18, Abbildung 7–20) ausgewertet.

7.3.1 Funktionsplan

Im Sommerzeitraum ist am Südufer der Norderelbe (Bereich A) eine veränderte Verteilung von hohen und niedrigen Sohlschubspannungen im Ist-Zustand (Abbildung 7–17.a)) gegenüber dem Funktionszustand (Abbildung 7–17.b)) zu erkennen. Die Ursache hierfür wird in der Interpolation der Bathymetrie gesehen und wird nicht als maßgebliche Änderung der Sohlschubspannungen interpretiert. Im Bereich B kommt es im Funktionszustand zu 0,1 N/m² geringere Sohlschubspannungen, u.a. an der Nordseite des nördlichen Brückenpfeilers der Moldauhafenbrücke. Daher ist gegenüber dem Ist-Zustand mit einer erhöhten Tendenz zur Sedimentation in diesem Bereich zu rechnen, was zu ungleichmäßigen Belastungen des Brückenpfeilers führen kann. Gleiches gilt für die Bereiche C, D, F und G (Abbildung 7–17.c) und e)). Im Bereich E treten aufgrund der veränderten Böschung an der Sachsenbrücke um bis zu 0,3 N/m² höhere Sohlschubspannungen und damit eine erhöhte Belastung der Böschung auf. In den Bereichen H, I und J (Abbildung 7–17.d) und f)) ist wiederum mit einer Abnahme der Sohlschubspannungen und somit mit einer erhöhten Tendenz zur Sedimentation gegenüber dem Ist-Zustand zu rechnen.

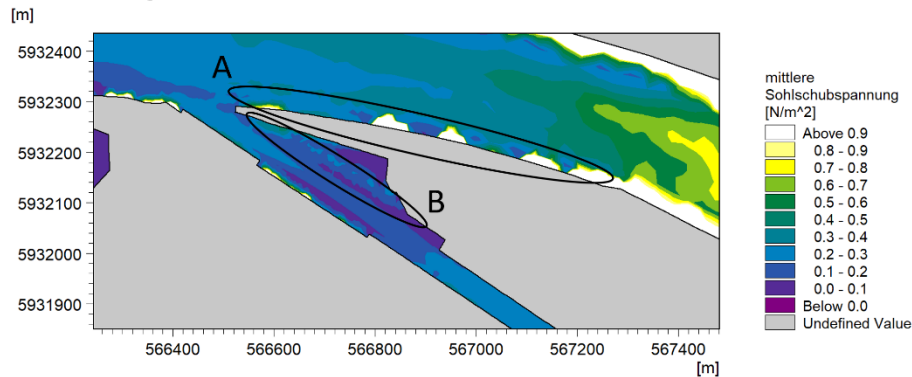
Im Winterzeitraum ist am Südufer der Norderelbe (Bereich A) ähnliche Sohlschubspannungen zu verzeichnen (Abbildung 7–18.a) und b)). Die Bereiche B und C weisen im Funktionszustand überwiegend eine geringere Sohlschubspannung auf als im Ist-Zustand. Im östlichen Teil des Bereiches B steigt an der geplanten Böschung die Sohlschubspannung an. Mit einer ungleichmäßigen Belastung des nördlichen Brückenpfeilers durch geringere

Sedimentationstendenz ist auch im Winterzeitraum zu rechnen. Die Bereiche C, D, F und G (Abbildung 7–18.c) und e)) weisen um bis zu $0,2 \text{ N/m}^2$ geringere Sohlschubspannungen auf, der Bereich E um bis zu $0,2 \text{ N/m}^2$ höhere Sohlschubspannungen. Die Bereiche H, I und J (Abbildung 7–18.d) und f)) weisen wiederum geringere Sohlschubspannungen auf.

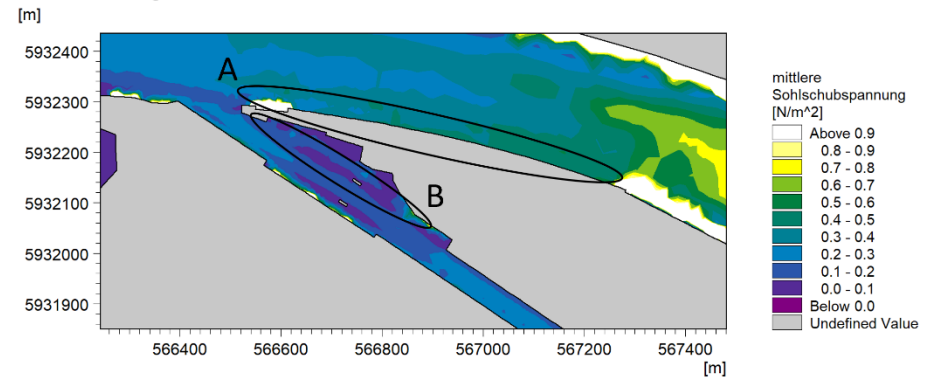
Generell kann für den Funktionszustand folgendes festgehalten werden:

- Im Projektgebiet kommt es in den ausgewiesenen Gebieten über weite Bereiche zu einer Abnahme der mittleren Sohlschubspannungen. Daher ist mit einer Zunahme der Sedimentation in diesen Bereichen zu rechnen (Abbildung 1–4).
- Im Bereich der Böschung nördlich des östlichen Widerlagers der Sachsenbrücke treten um bis zu $0,3 \text{ N/m}^2$ höhere mittlere Sohlschubspannungen. Dies sollte bei der Sicherung der herzustellenden Böschung beachtet. Ein detaillierteres dreidimensionales Modell kann für die zu erwartende Belastung der Böschung genauere Aussagen liefern.
- An den neu zu errichtenden Brückenpfeilern ist aufgrund der regelmäßig auftretenden Strömungsgeschwindigkeiten im Bereich von $0,5 \text{ m/s}$ bis $1,0 \text{ m/s}$ und der daraus resultierenden Verwirbelung im jeweiligen Strömungsschatten mit Auskolkungen zu rechnen. Dies sollte unter Einbeziehung des lokalen Sohlmaterials mit Hilfe genauerer dreidimensionaler hydromorphologischer Modelle untersucht werden.
- Die asymmetrischen Strömungen vor allem am Nordpfeiler der Moldauhafenbrücke können zu unsymmetrischer Sedimentation und damit unsymmetrischen Belastungen des Pfeilers führen und sollten in einem detaillierteren dreidimensionalen Modell geprüft werden.

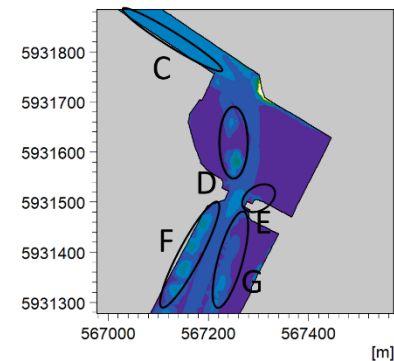
a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand



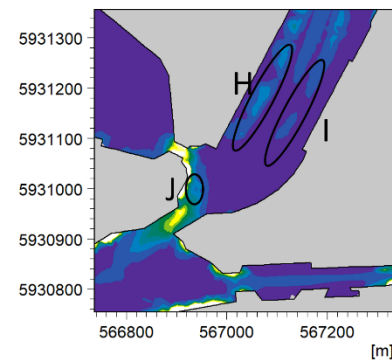
b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Funktionsplan



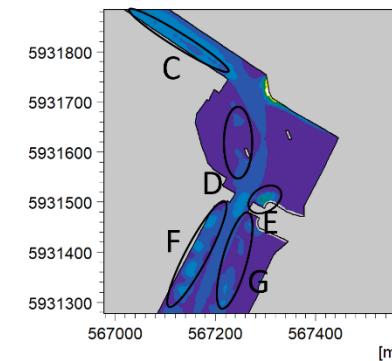
c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand



d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand



e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Funktionsplan



f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Funktionsplan

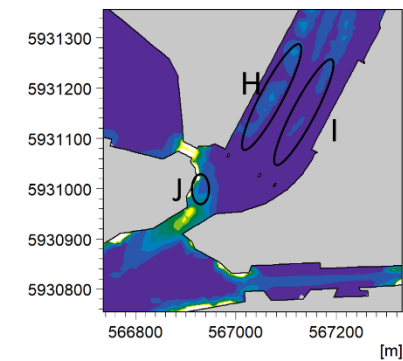
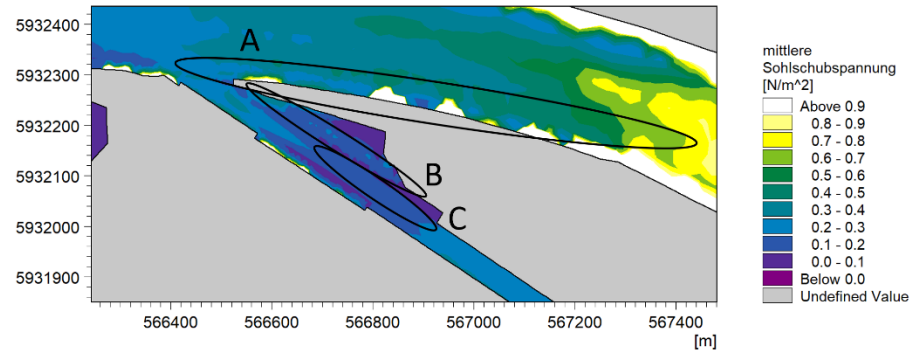
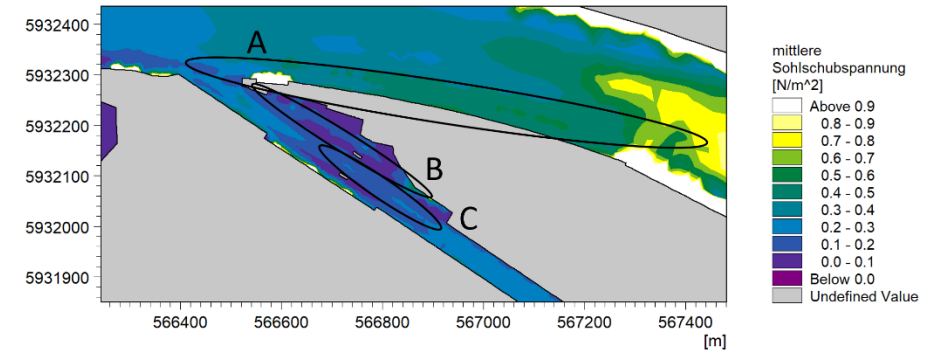


Abbildung 7–17. Mittlere Sohlschubspannungen im Sommerzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Funktionszustand, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Funktionszustand, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Funktionszustand. Die Bereiche A bis J heben schwarz umrandet die Stellen mit veränderter Sohlschubspannung hervor.

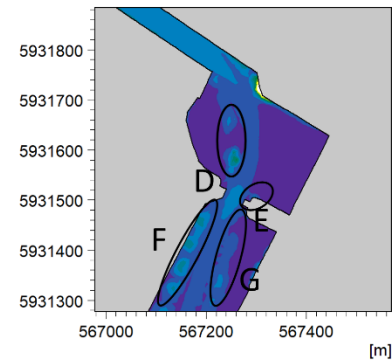
a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand
[m]



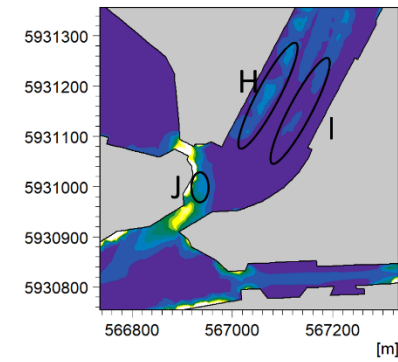
b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Funktionsplan
[m]



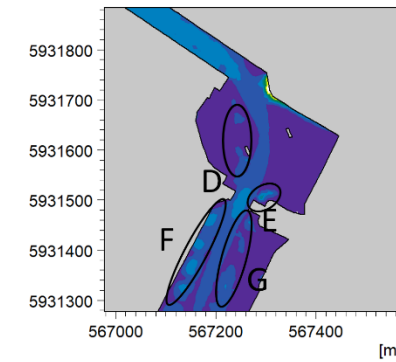
c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand
[m]



d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand
[m]



e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Funktionsplan
[m]



f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Funktionsplan
[m]

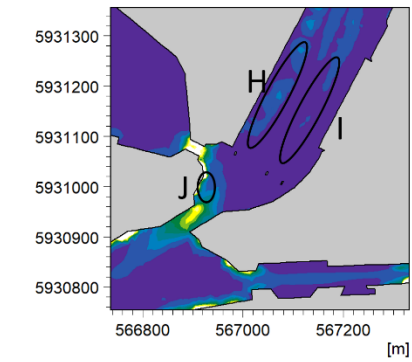


Abbildung 7–18. Mittlere Sohlschubspannungen im Winterzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Funktionszustand, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Funktionszustand, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Funktionszustand. Die Bereiche A bis J heben schwarz umrandet die Stellen mit veränderter Sohlschubspannung hervor.

7.3.2 Entwurfsplan

Im Sommerzeitraum sind am Südufer der Norderelbe (Bereich A) ähnliche Sohlschubspannungen im Entwurfszustand (Abbildung 7–19.a)) gegenüber dem Ist-Zustand (Abbildung 7–19.b)) wie im Funktionszustand zu erkennen. Die Ursache hierfür wird in der Interpolation der Bathymetrie gesehen und wird nicht als maßgebliche Änderung der Sohlschubspannungen interpretiert.

Im Bereich B, u.a. an der Nordseite des nördlichen Brückenpfeilers der Moldauhafenbrücke kommt es zu vergleichbaren Verringerungen der Sohlschubspannungen wie im Funktionsplan, was ebenfalls zu unsymmetrischen Belastungen des Brückenpfeilers führen kann. Am östlichen und westlichen Ende des Bereichs B im Funktionsplan (Abbildung 7–17.b) gegenüber dem Entwurfsplan (Abbildung 7–19.b) eine lokale Erhöhung der Sohlschubspannung auf bis zu $0,7 \text{ N/m}^2$ gegeben, die im Funktionsplan nicht auftritt. Gleiches gilt für die Bereiche D, F bis K (Abbildung 7–19.c) und e), d) und f)). Im Bereich C (Abbildung 7–19.b) erhöht sich im Entwurfszustand die Sohlschubspannung um $0,1 \text{ N/m}^2$ gegenüber dem Ist-Zustand. Im Bereich E (Abbildung 7–19.c) und e)) treten aufgrund der veränderten Böschung nordöstlich der U-Bahn-Brücke vergleichbar zum Funktionszustand höhere Sohlschubspannungen und damit eine erhöhte Belastung auf die Böschung auf. Im Funktionsplan ergibt gegenüber dem Ist-Zustand eine Erhöhung der Sohlschubspannung an der östlichen Böschung an der Sachsenbrücke (Bereich E in Abbildung 7–17.e). Im Entwurfsplan ist dies nicht gegeben.

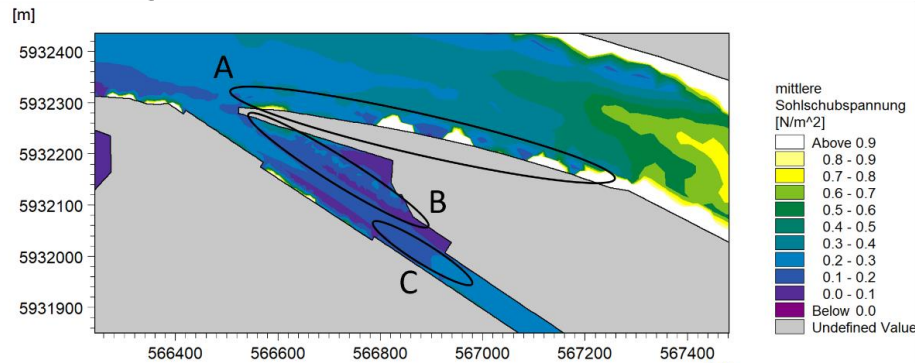
Im Winterzeitraum ist am Südufer der Norderelbe (Bereich A), ähnlich dem Funktionszustand ähnliche Sohlschubspannungen zu verzeichnen (Abbildung 7–20.a) und b)). Der Bereiche B weist im Entwurfszustand ähnlich geringere Sohlschubspannung auf als im Ist-Zustand, wobei im östlichen Teil des Bereiches B an der geplanten Böschung ebenfalls ein Anstieg die Sohlschubspannung zu verzeichnen ist. Mit einer ungleichmäßigen Belastung des nördlichen Brückenpfeilers der Moldauhafenbrücke durch geringere Sedimentationstendenz ist auch im Winterzeitraum zu rechnen. Im Moldauhafen in der Fahrrinne (Bereich C), erhöht sich die Sohlschubspannung um ca. $0,1 \text{ N/m}^2$. In den Bereichen D, F, G und H (Abbildung 7–20.c) und e) sowie I und J (Abbildung 7–20.d) und f) sind ähnliche Änderungen der Sohlschubspannungen zu verzeichnen wie im Funktionszustand.

Generell kann für den Entwurfszustand folgendes festgehalten werden:

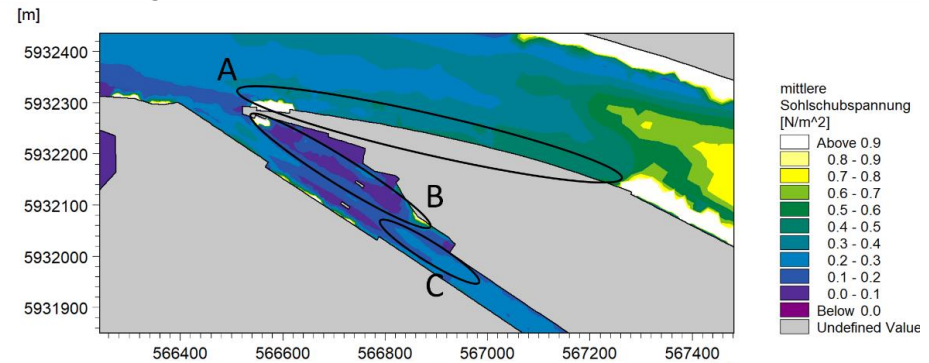
- Im Projektgebiet kommt es abseits der Fahrrinne über weite Bereiche zu einer Abnahme der mittleren Sohlschubspannungen. Daher ist mit einer Zunahme der Sedimentation in diesen Bereichen zu rechnen (Abbildung 1–5).
- Nördlich der geplanten Brücke der U-Bahn-Linie 4 treten im Bereich der Böschung um bis $0,3 \text{ N/m}^2$ erhöhte mittlere Schubspannungen auf und sollten bei der Sicherung der Böschung beachtet werden.
- An den neu zu errichtenden Brückenpfeilern ist aufgrund der regelmäßig auftretenden Strömungsgeschwindigkeiten im Bereich von $0,5 \text{ m/s}$ bis $1,0 \text{ m/s}$ und der daraus resultierenden Verwirbelung im jeweiligen Strömungsschatten mit Auskolkungen zu rechnen. Dies sollte unter Einbeziehung des lokalen Sohlmaterials mit Hilfe genauerer dreidimensionaler hydromorphologischer Modelle untersucht werden.

- Die asymmetrischen Strömungen vor allem am Nordpfeiler der Moldauhafenbrücke können zu asymmetrischer Sedimentation und damit asymmetrischen Belastungen des Pfeilers führen und sollten in einem detaillierteren dreidimensionalen Modell geprüft werden.

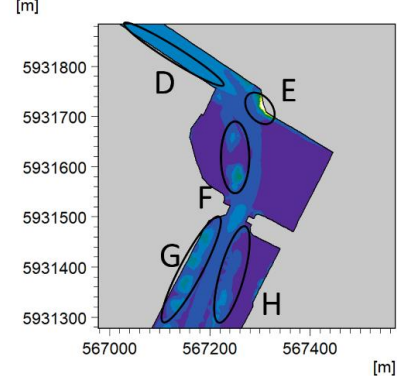
a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand



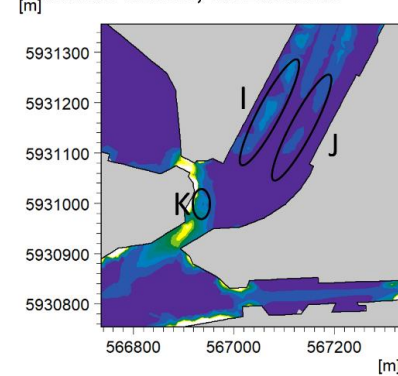
b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Entwurfsplan



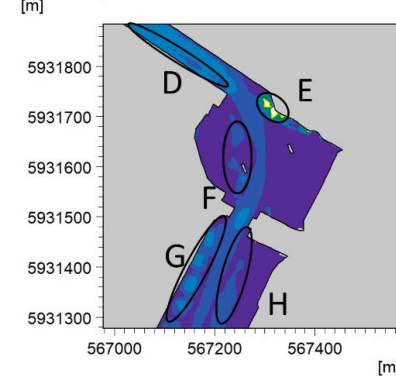
c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand



d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand



e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Entwurfsplan



f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Entwurfsplan

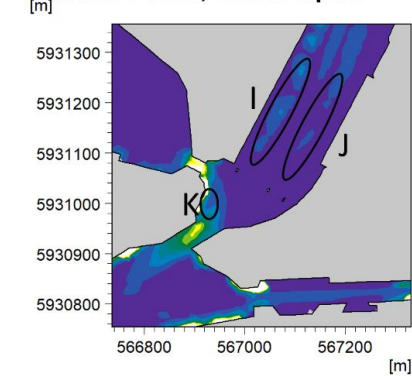
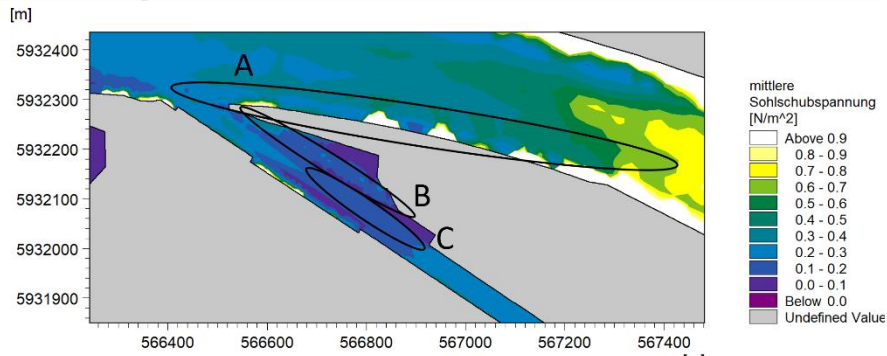
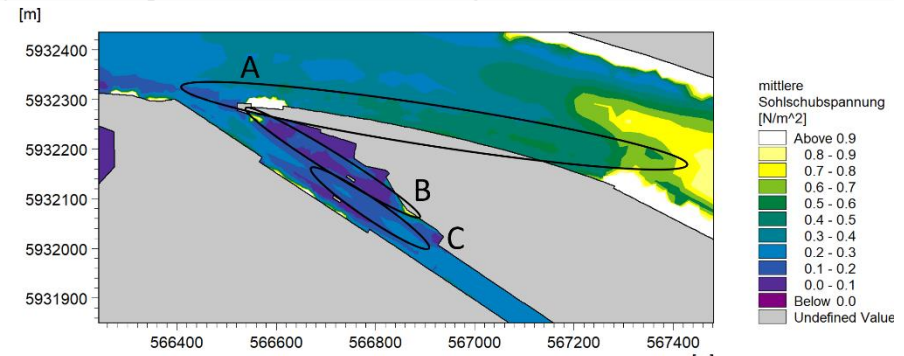


Abbildung 7–19. Mittlere Sohlschubspannungen im Sommerzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Entwurfszustand, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Entwurfszustand, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Entwurfszustand. Die Bereiche A bis J heben schwarz umrandet die Stellen mit veränderter Sohlschubspannung hervor.

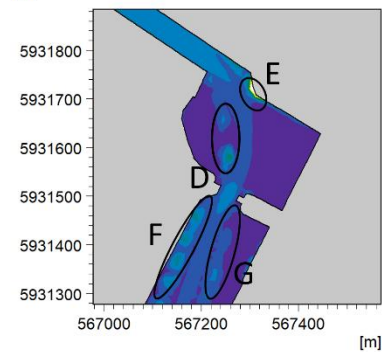
a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand



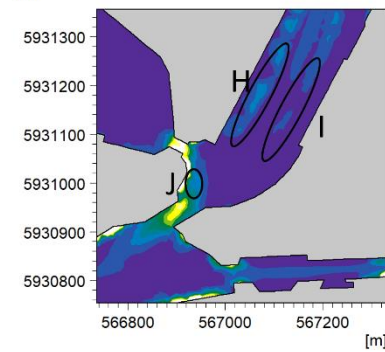
b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Entwurfsplan



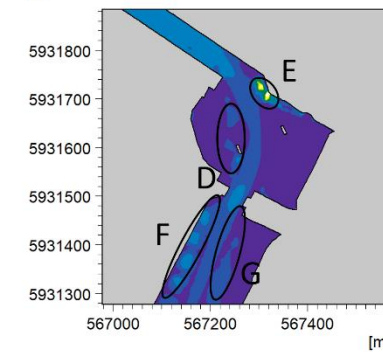
c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand



d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand



e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Entwurfsplan



f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Entwurfsplan

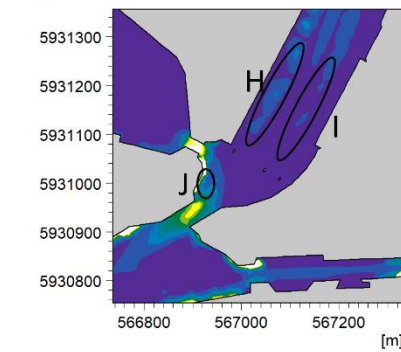


Abbildung 7–20. Mittlere Sohlschubspannungen im Winterzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Entwurfszustand, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Entwurfszustand, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Entwurfszustand. Die Bereiche A bis J heben schwarz umrandet die Stellen mit veränderter Sohlschubspannung hervor.

7.3.3 Fortgeschriebener Entwurfsplan (Stand August 2023)

Im Sommerzeitraum sind für den fortgeschriebenen Entwurfzustand (Stand August 2023) am Südufer der Norderelbe (Bereich A, Abbildung 7–21) ähnliche Sohlschubspannungen wie im Entwurfzustand (Abbildung 7–19.b)) und Funktionszustand (Abbildung 7–17.b)) zu erkennen. Sie fallen gegenüber dem Ist-Zustand (Abbildung 7–21.a)) etwas niedriger aus. Die Ursache hierfür wird in der Interpolation der Bathymetrie gesehen und wird nicht als maßgebliche Änderung der Sohlschubspannungen interpretiert.

Im Bereich B kommt es im Vergleich zum Ist-Zustand größtenteils zu einer Verringerung der Sohlschubspannungen mit Ausnahme des westlichen Teilbereichs. Hier erhöht sich lokal die Sohlschubspannung auf über $0,9 \text{ N/m}^2$. Dies kann, wie bereits für den Entwurfsplan in 7.3.2 beschrieben, zu unsymmetrischen Belastungen des Brückenpfeilers führen.

Im Bereich Baufeld 26 bis Sachsenbrücke (Abbildung 7–21.e)) ist die größte Änderung gegenüber dem Ist-Zustand auf Höhe der Querung der U-Bahn-Linie 4 zu erkennen. So verringert sich im Bereich D die Sohlschubspannung um bis zu $0,3 \text{ N/m}^2$. Auch in den umliegenden Bereichen C, F und G findet eine lokale Verringerung um ca. $0,1 \text{ N/m}^2$ statt. Nur im Bereich E angrenzend an die Sachsenbrücke erhöht sich lokal begrenzt die Sohlschubspannung auf etwa $0,2 \text{ N/m}^2$. Im Abschnitt Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm (Abbildung 7–21.f)) treten im fortgeschriebenen Entwurfsplan gegenüber dem Ist-Zustand vergleichbare Sohlschubspannungen auf.

Im Winterzeitraum sind am Südufer der Norderelbe (Bereich A), ähnlich dem Funktionszustand ähnliche Sohlschubspannungen zu verzeichnen (Abbildung 7–20.a) und b)). Diese fallen im Vergleich zum Ist-Zustand (Abbildung 7–22 a) etwas geringer aus.

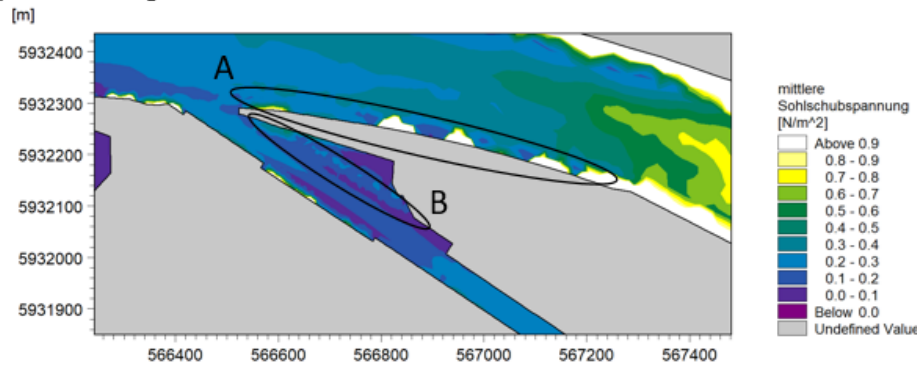
Der Bereiche B weist im fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023) ähnlich geringere Sohlschubspannungen auf wie im Ist-Zustand, wobei im westlichen Teil des Bereiches B lokal begrenzt ebenfalls ein Anstieg der Sohlschubspannung zu verzeichnen ist. Mit einer unsymmetrischen Belastung des nördlichen Brückenpfeilers der Moldauhafenbrücke durch geringere Sedimentationstendenz ist auch im Winterzeitraum zu rechnen.

Im Moldauhafen in der Fahrrinne (Bereich C), erhöht sich die Sohlschubspannung um ca. $0,1 \text{ N/m}^2$. In den Bereichen D, F, G sowie H und I (Abbildung 7–20.d) und f) sind gegenüber dem Ist-Zustand leicht verringerte Sohlschubspannungen zu verzeichnen. Nur im Bereich E ist kleinräumig eine um etwa $0,2 \text{ N/m}^2$ höhere Sohlschubspannung im Vergleich zum Ist-Zustand zu erkennen.

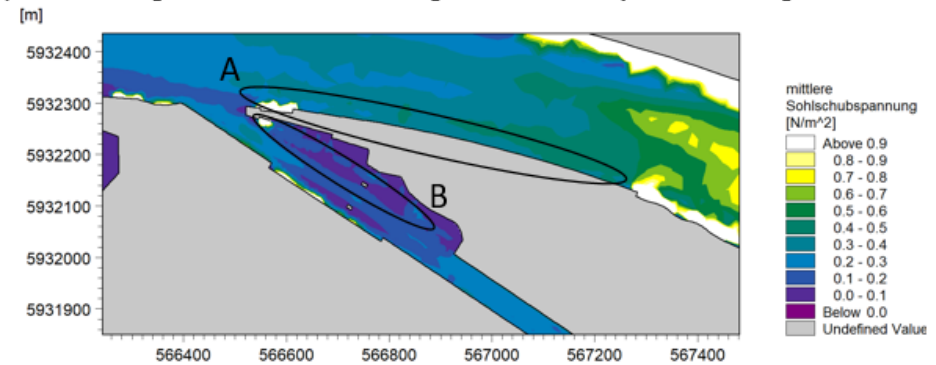
Generell kann für den fortgeschriebenen Entwurfsplan (Stand August 2023) folgendes festgehalten werden:

- Im Projektgebiet kommt es abseits der Fahrrinne über weite Bereiche zu einer Abnahme der mittleren Sohlschubspannungen. Daher ist mit einer Zunahme der Sedimentation in diesen Bereichen zu rechnen.
- Die asymmetrischen Strömungen vor allem am Nordpfeiler der Moldauhafenbrücke können zu asymmetrischer Sedimentation und damit asymmetrischen Belastungen des Pfeilers führen und sollten in einem detaillierteren dreidimensionalen Modell geprüft werden.

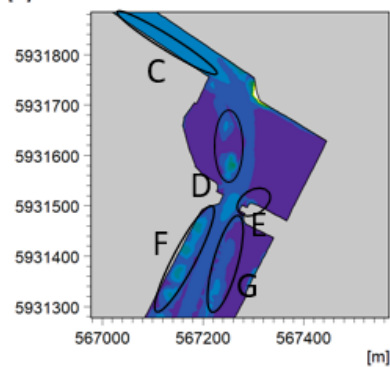
a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand



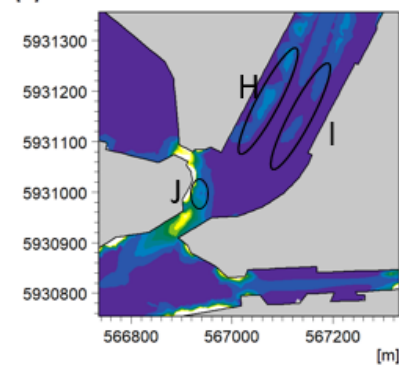
b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, fortgeschr. Entwurfsplan Stand August 2023



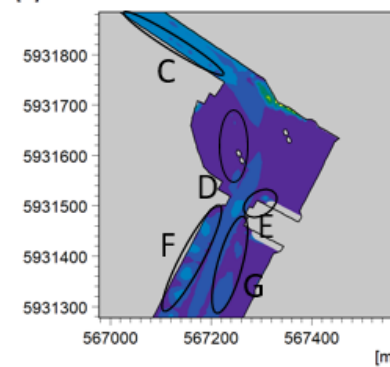
c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand



d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand



e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, fortgeschr. Entwurfsplan



f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, fortgeschr. Entwurfsplan

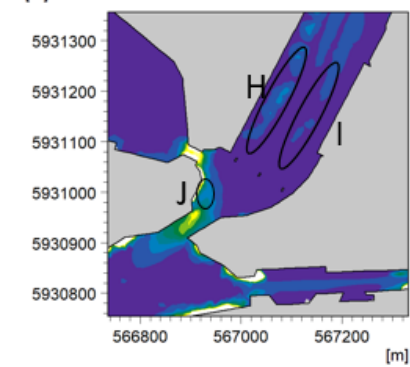
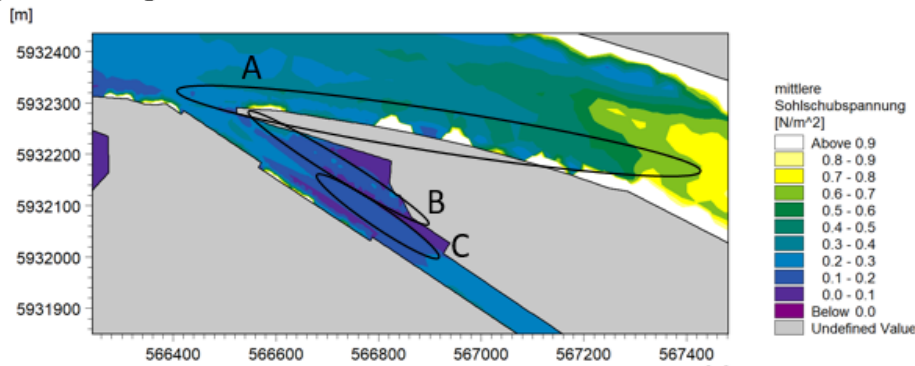
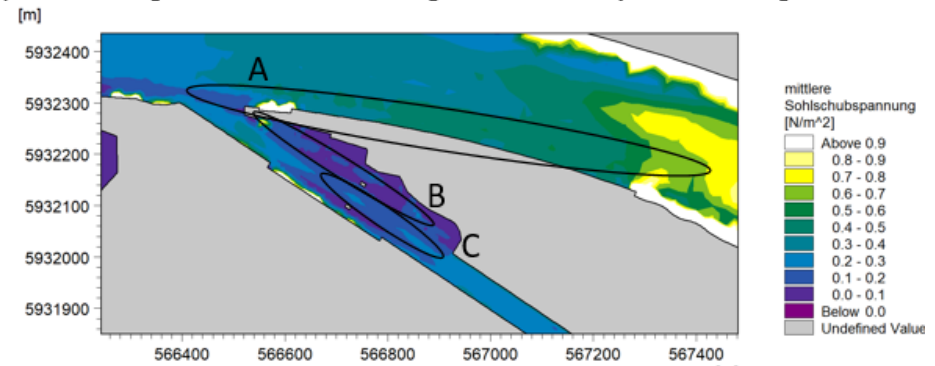


Abbildung 7–21. Mittlere Sohlschubspannungen im Sommerzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, fortgeschriebener Entwurfszustand Stand August 2023, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, fortgeschriebener Entwurfszustand Stand August 2023, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, fortgeschriebener Entwurfszustand Stand August 2023. Die Bereiche A bis J heben schwarz umrandet die Stellen mit veränderter Sohlschubspannung hervor.

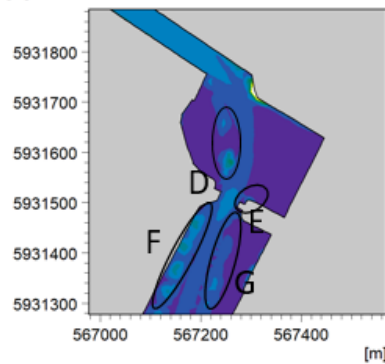
a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand



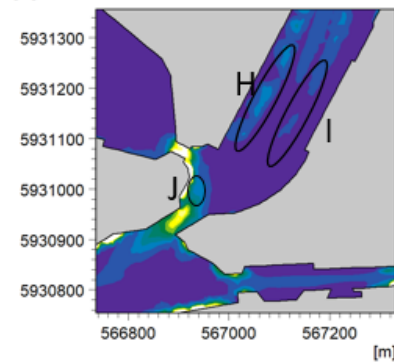
b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, fortgeschr. Entwurfsplan Stand August 2023



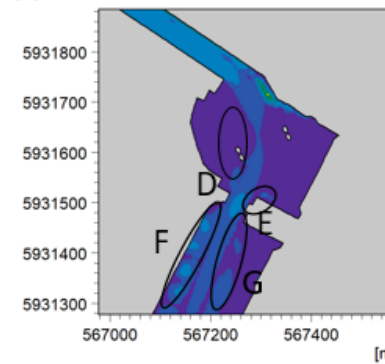
c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand



d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand



e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, fortgeschr. Entwurfsplan



f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, fortgeschr. Entwurfsplan

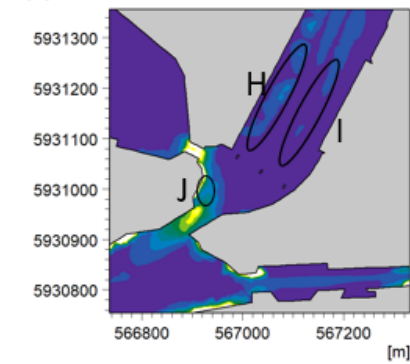


Abbildung 7–22. Mittlere Sohlschubspannungen im Winterzeitraum: a) Einmündung Elbe/Moldauhafen, Ist-Zustand, b) Einmündung Elbe/Moldauhafen, fortgeschriebener Entwurfszustand Stand August 2023, c) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, Ist-Zustand, d) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, Ist-Zustand, e) Baufeld 26 bis Sachsenbrücke, fortgeschriebener Entwurfszustand Stand August 2023, f) Saalehafen, Hansahafen, Veddeler Damm, fortgeschriebener Entwurfszustand Stand August 2023. Die Bereiche A bis J heben schwarz umrandet die Stellen mit veränderter Sohlschubspannung hervor.

8 Literatur

- /1/ DHI, 2022: „MIKE 21 Flow Model FM Hydrodynamic and Transport module“ Scientific Documentation, MIKE 2022.
- /2/ HafenCity Hamburg, 2022: “Vertrag über Planungsleistungen für die Durchführung von morphodynamischen Strömungs- und Modelluntersuchungen“, 24.5.2022.
- /3/ HafenCity Hamburg, 2022: „Schlussbericht zur integrierten Funktions- und Freiraumplanung Grasbrook“, Planungsstand Mai 2022.

Appendix A Qualitätsindizes

Diverse Qualitätsindizes wurden berechnet, um ein objektives und quantitatives Maß dafür zu erhalten, wie gut die Modelldaten mit den beobachteten Daten vergleichbar sind.

Für jede Beobachtung OBS_i , die zurzeit t_i gemessen wurde, wurde der entsprechende Modellwert MOD_i durch lineare Interpolation zwischen den Zeitschritten im Modell vor und nach t_i bestimmt. Die Qualitätsindizes wurden anschließend wie folgt berechnet:

N = Anzahl der Beobachtungen

$MEAN = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N OBS_i$ = Mittelwert der Beobachtungen

$BIAS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (OBS - MOD)_i$ = mittlere systematische Abweichung

$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (OBS - MOD)_i^2}$ = quadratischer Mittelwert der Abweichung

$SI_{unbiased} = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (OBS - MOD - BIAS)_i^2}}{MEAN}$ = Streuungsindex (ohne systemat. Abweichung)

$CC = \frac{\sum_{i=1}^N (OBS_i - MEAN)(MOD_i - \overline{MOD})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (OBS_i - MEAN)^2 \sum_{i=1}^N (MOD_i - \overline{MOD})^2}}$ = Korrelationskoeffizient

$REGS$ = Steigung der Regressionsgeraden

Als BIAS wird die mittlere systematische Abweichung zwischen Modell- und Beobachtungsdaten bezeichnet.

$SI_{unbiased}$ ist ein dimensionsloses Maß für die Abweichung, die als quadratischer Mittelwert der Abweichung gegenüber dem Mittelwert der Beobachtungen und frei von systematischen Abweichungen berechnet wird. Im offenen Gewässer gilt ein SI unter 0,2 in der Regel als kleine Abweichung (sehr gute Übereinstimmung) für z.B. Strömungsgeschwindigkeiten. In geschützten Gewässern, wo die Wassertiefen in der Regel geringer sind, gilt ein SI unter 0,3 als gut.

Der CC ist ein dimensionsloses Maß für den Grad, in dem die Variation der einen Variablen in der Variation der zweiten Variablen reflektiert wird. Ein Wert bei 0 zeigt geringe oder keine Korrelation zwischen den beiden Datensätzen, während ein Wert bei 1 für eine sehr hohe oder perfekte Korrelation steht. In der Regel drückt ein CC von über 0,9 eine hohe Korrelation (gute Übereinstimmung) für z.B. Strömungsgeschwindigkeiten aus.

REGS bezeichnet die Steigung der Regressionsgeraden, die mit einem linearen Fit an die Datenpunkte nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt wird.

Die Qualitätsindizes sind gemittelte Größen für den gesamten Datensatz und somit für die Qualität einzelner Ereignisse möglicherweise nicht repräsentativ.

Appendix B Zeitreihen

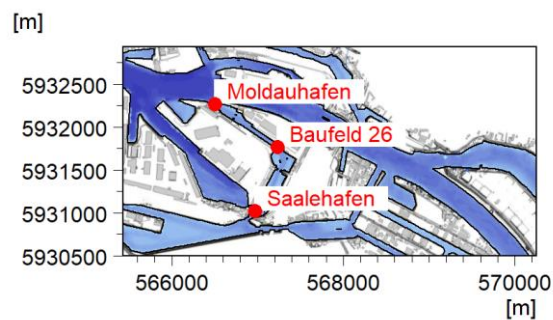


Abbildung B.1. Lage der analysierten Zeitreihen.

Appendix B.1 Wasserstand

Appendix B.1.1 Funktionsplan

Die folgenden Abbildungen stellen einen Vergleich der Wasserstände im Ist-Zustand und im Funktionszustand für den Moldauhafen (Abbildung B.2), Baufeld 26 (Abbildung B.3) und im Saalehafen (Abbildung B.4) während des Sommerzeitraums dar.

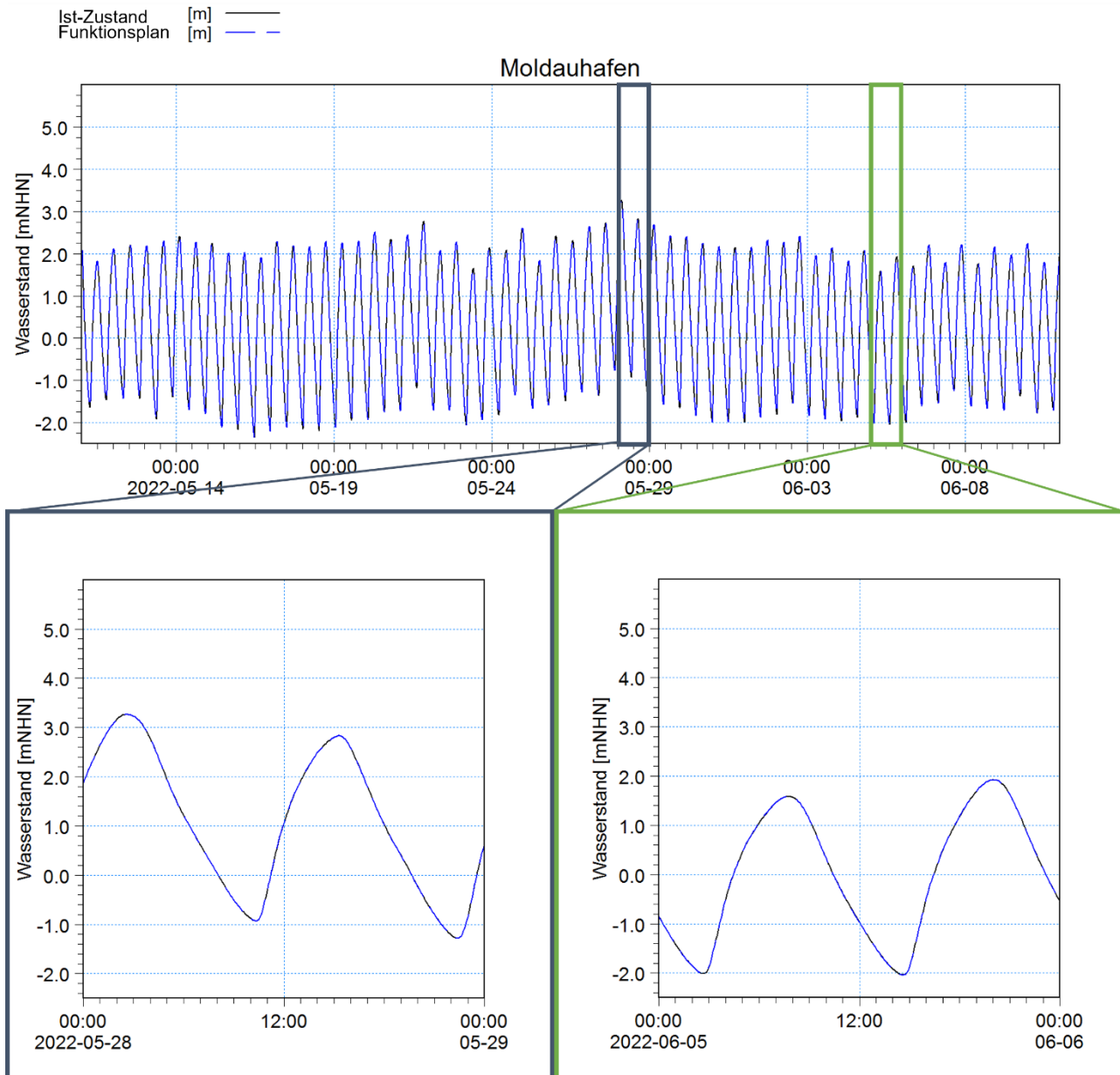


Abbildung B.2. Zeitreihen des Wasserstands im Moldauhafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.

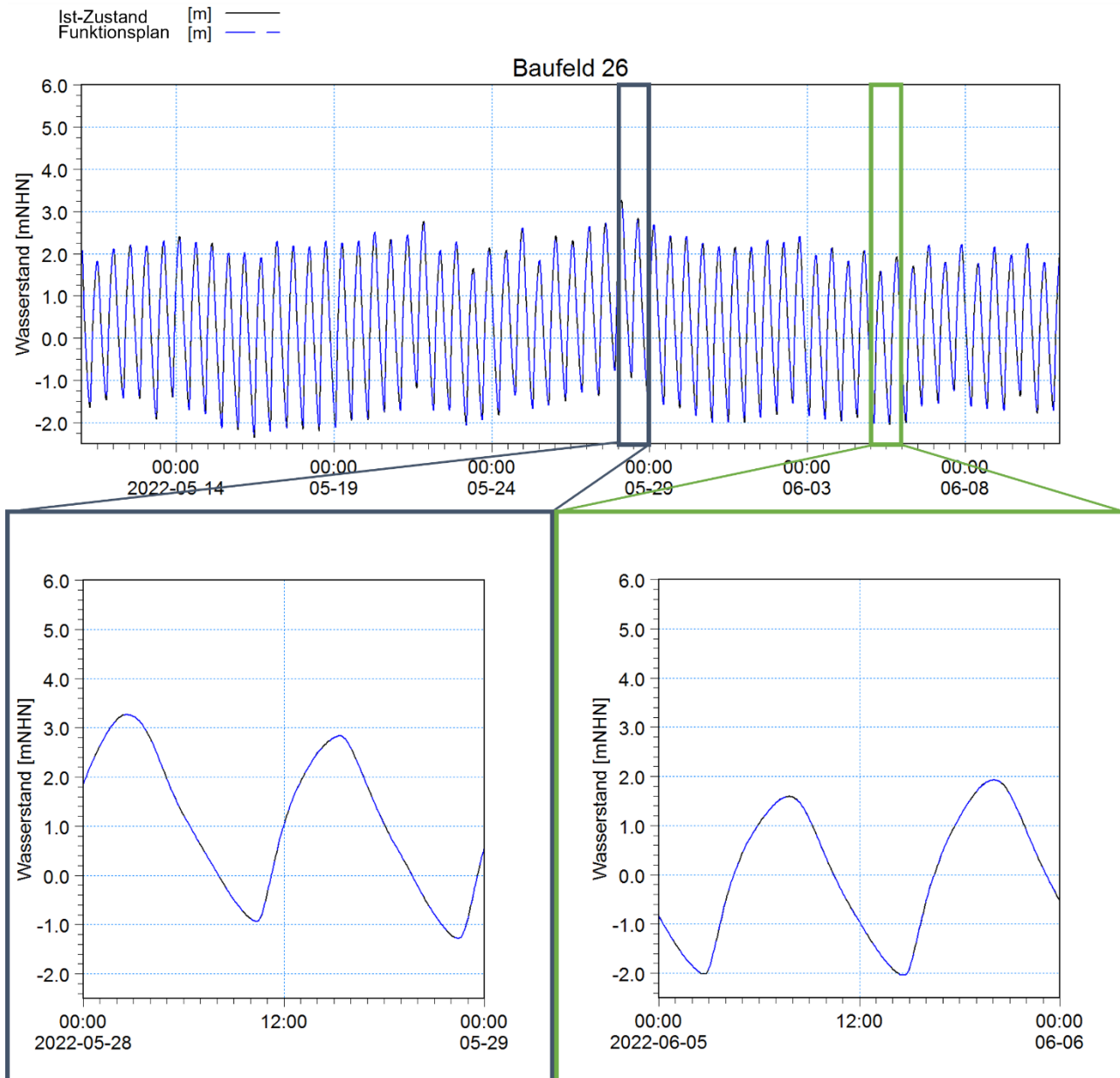


Abbildung B.3. Zeitreihen des Wasserstands am Baufeld 26 im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.

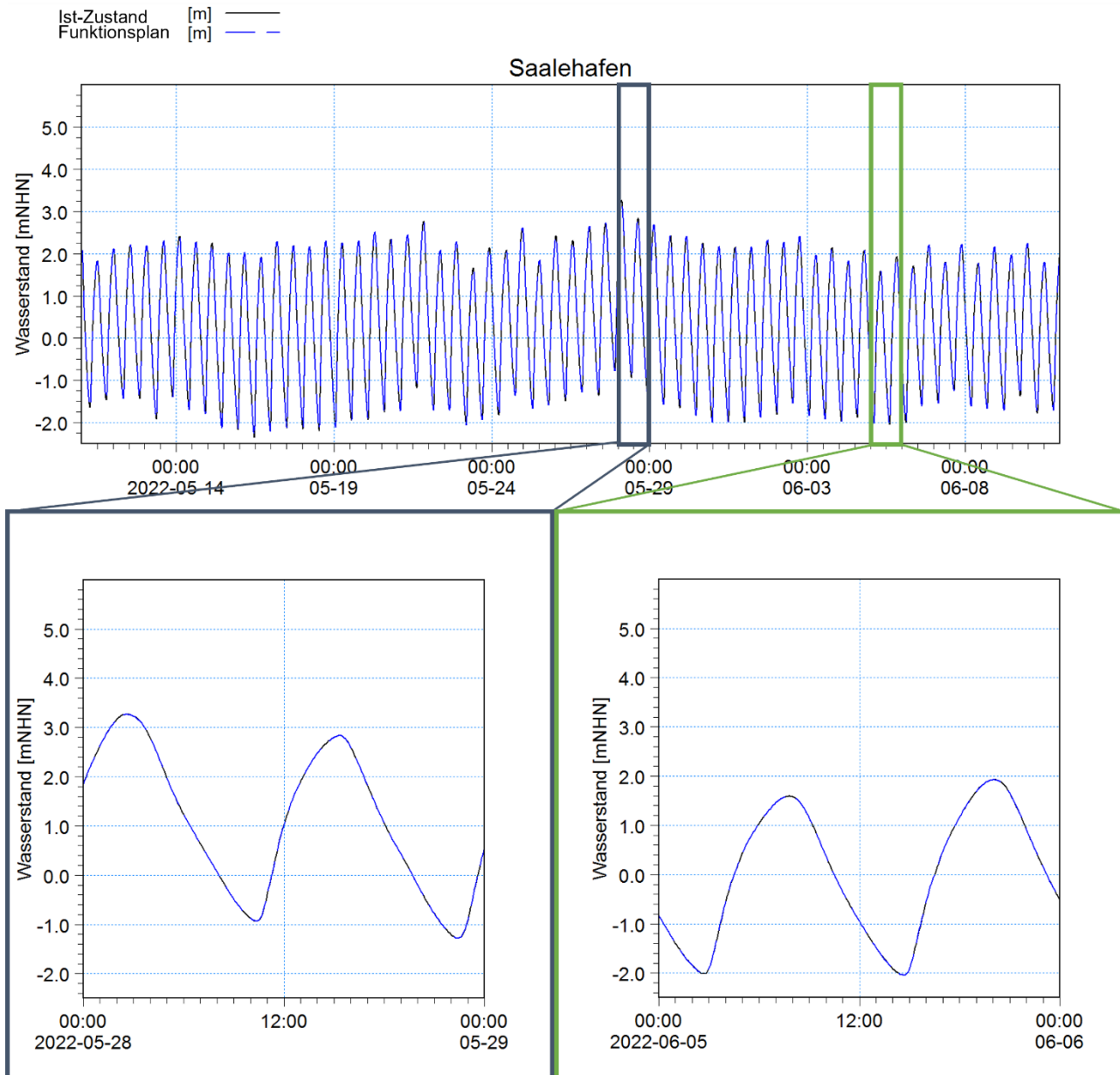


Abbildung B.4. Zeitreihen des Wasserstands im Saalehafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Funktions-Zustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.

Die folgenden Abbildungen stellen einen Vergleich der Wasserstände im Ist-Zustand und im Funktionszustand für den Moldauhafen (Abbildung B.5), Baufeld 26 (Abbildung B.6) und im Saalehafen (Abbildung B.7) während des Winterzeitraums dar.

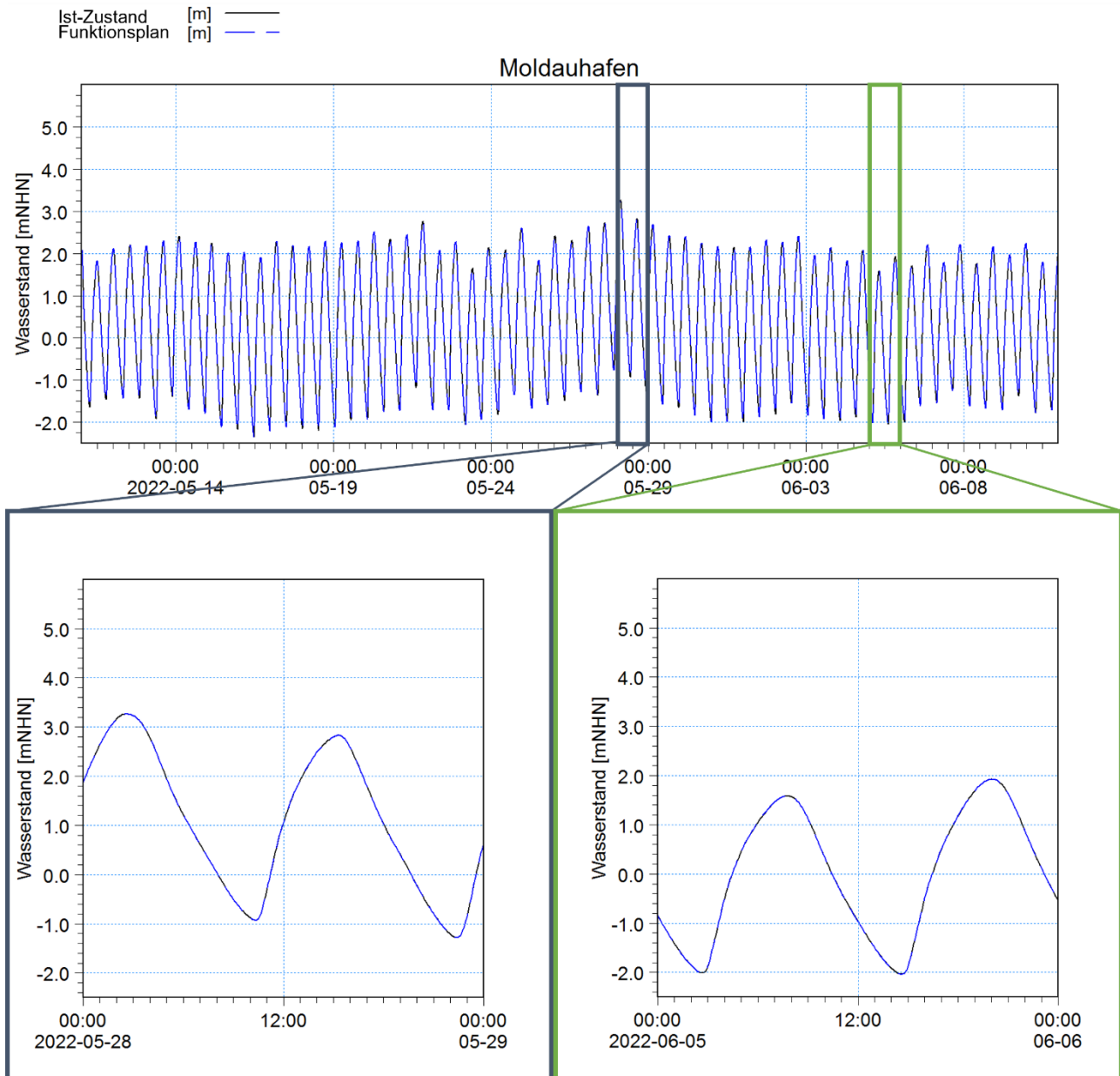


Abbildung B.5. Zeitreihen des Wasserstands im Moldauhafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

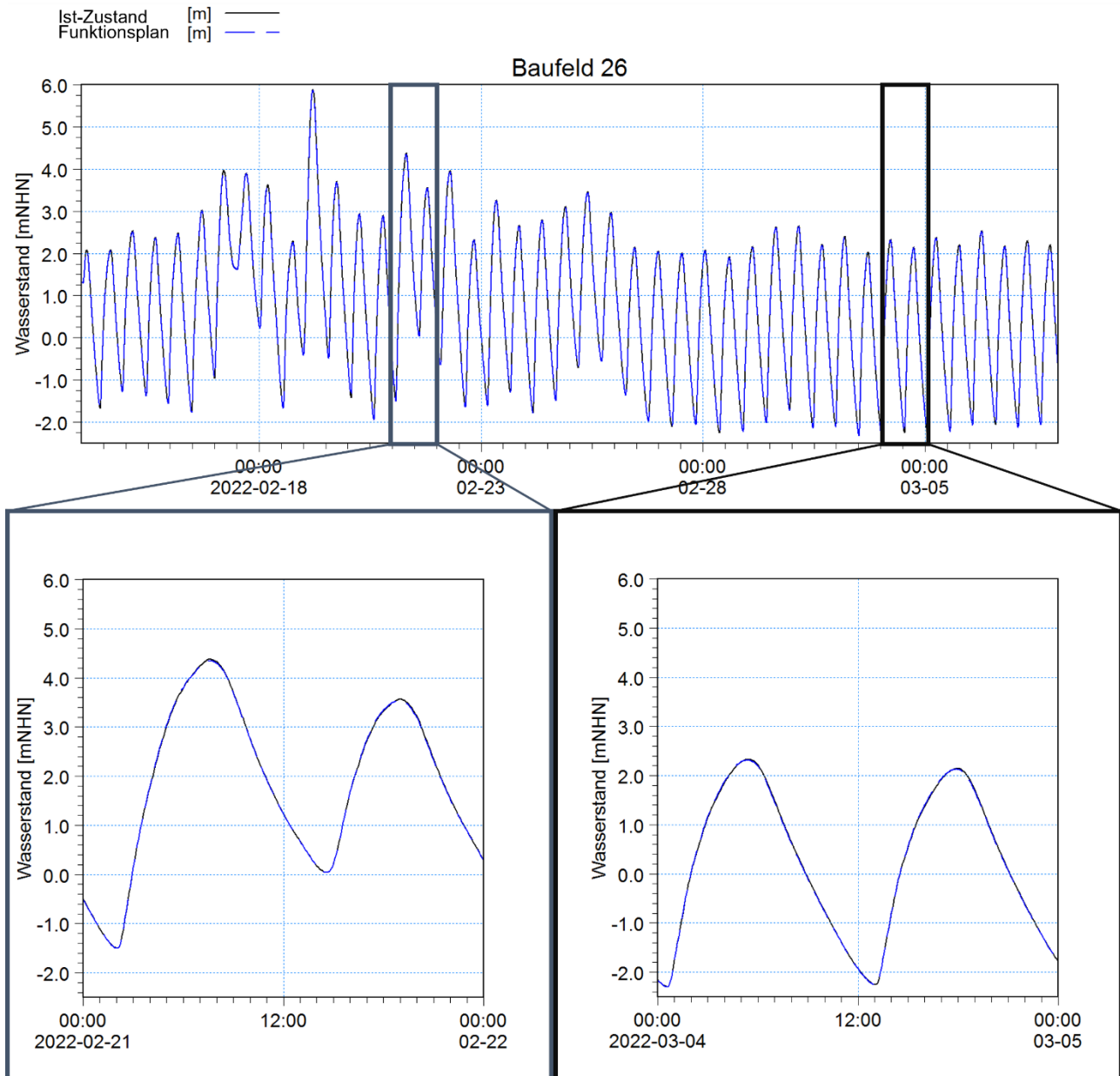


Abbildung B.6. Zeitreihen des Wasserstands am Baufeld 26 im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

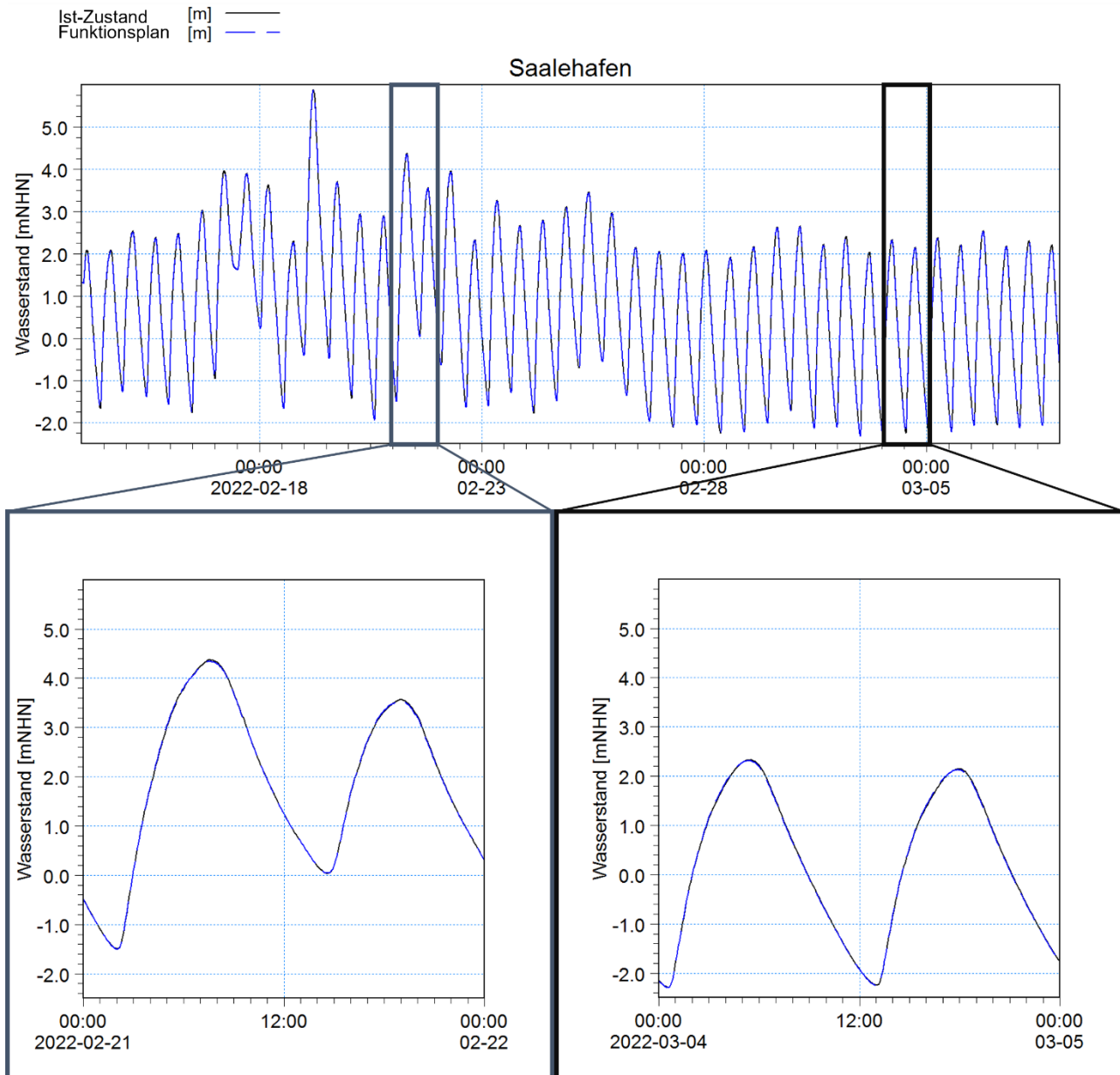


Abbildung B.7. Zeitreihen des Wasserstands im Saalehafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

Appendix B.1.2 Entwurfsplan

Die folgenden Abbildungen stellen einen Vergleich der Wasserstände im Ist-Zustand und im Entwurfszustand für den Moldauhafen (Abbildung B.8), Baufeld 26 (Abbildung B.9) und im Saalehafen (Abbildung B.10) während des Sommerzeitraums dar.

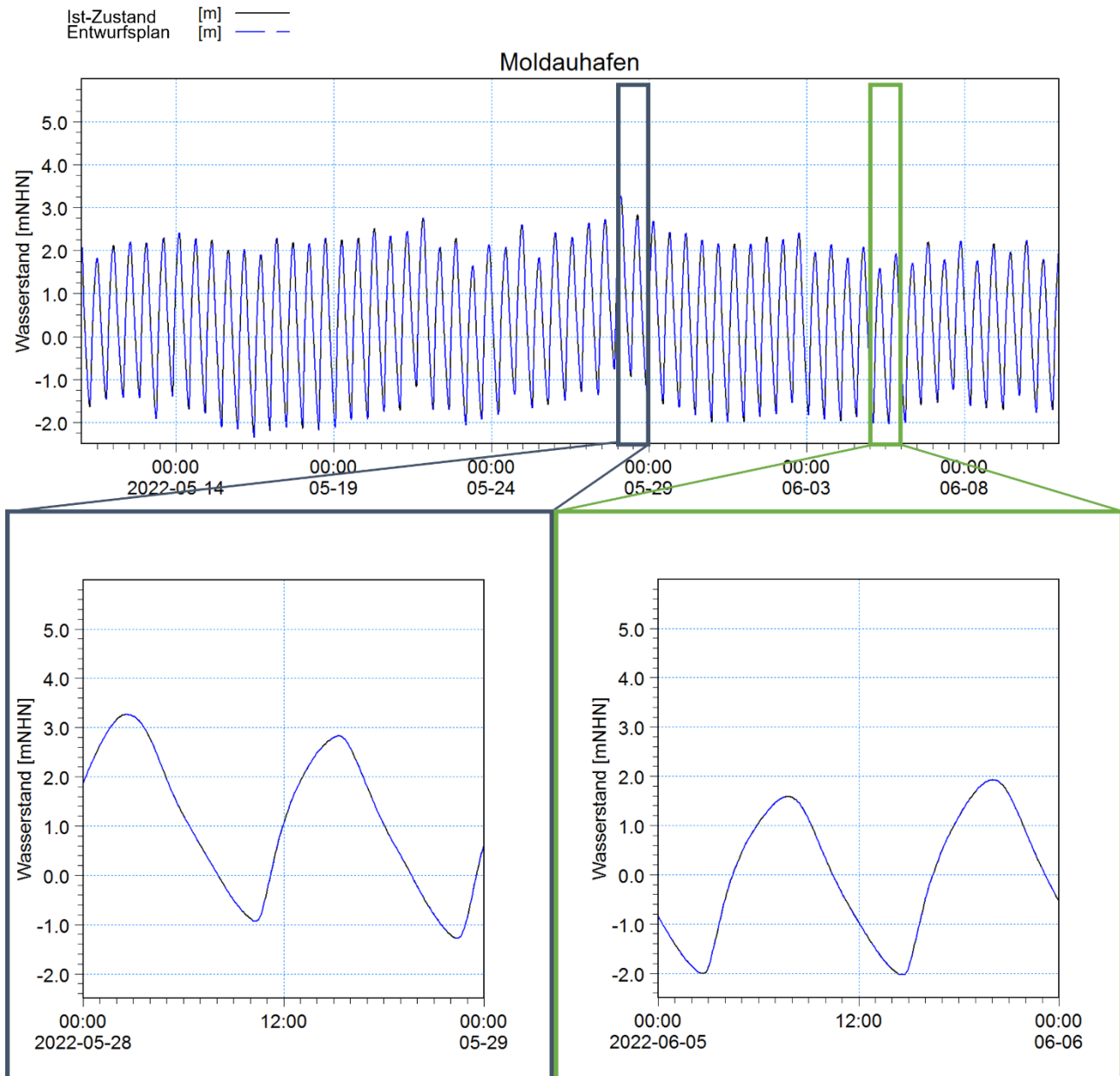


Abbildung B.8. Zeitreihen des Wasserstands im Moldauhafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfzustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

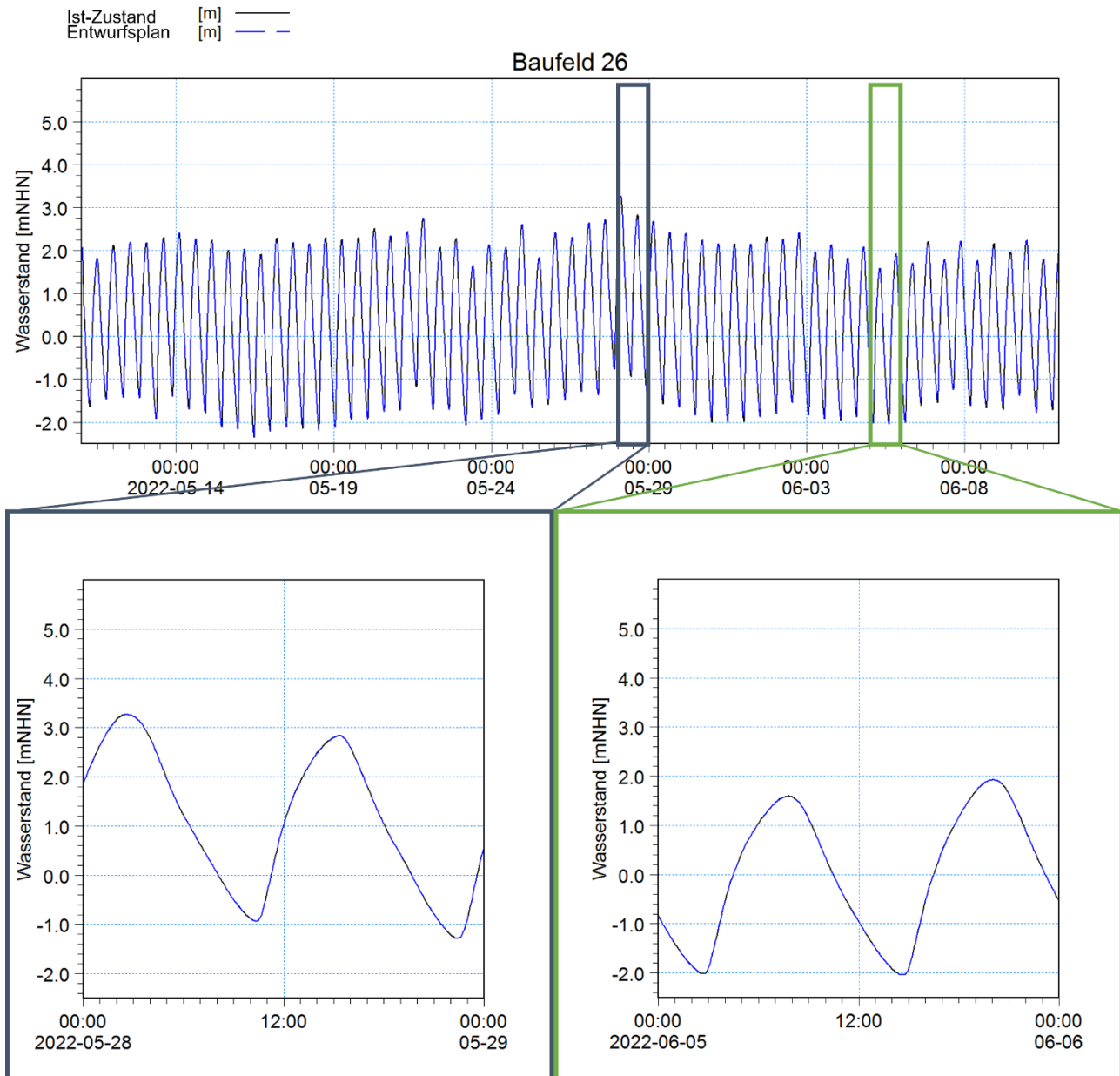


Abbildung B.9. Zeitreihen des Wasserstands im Baufeld 26 im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfzustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

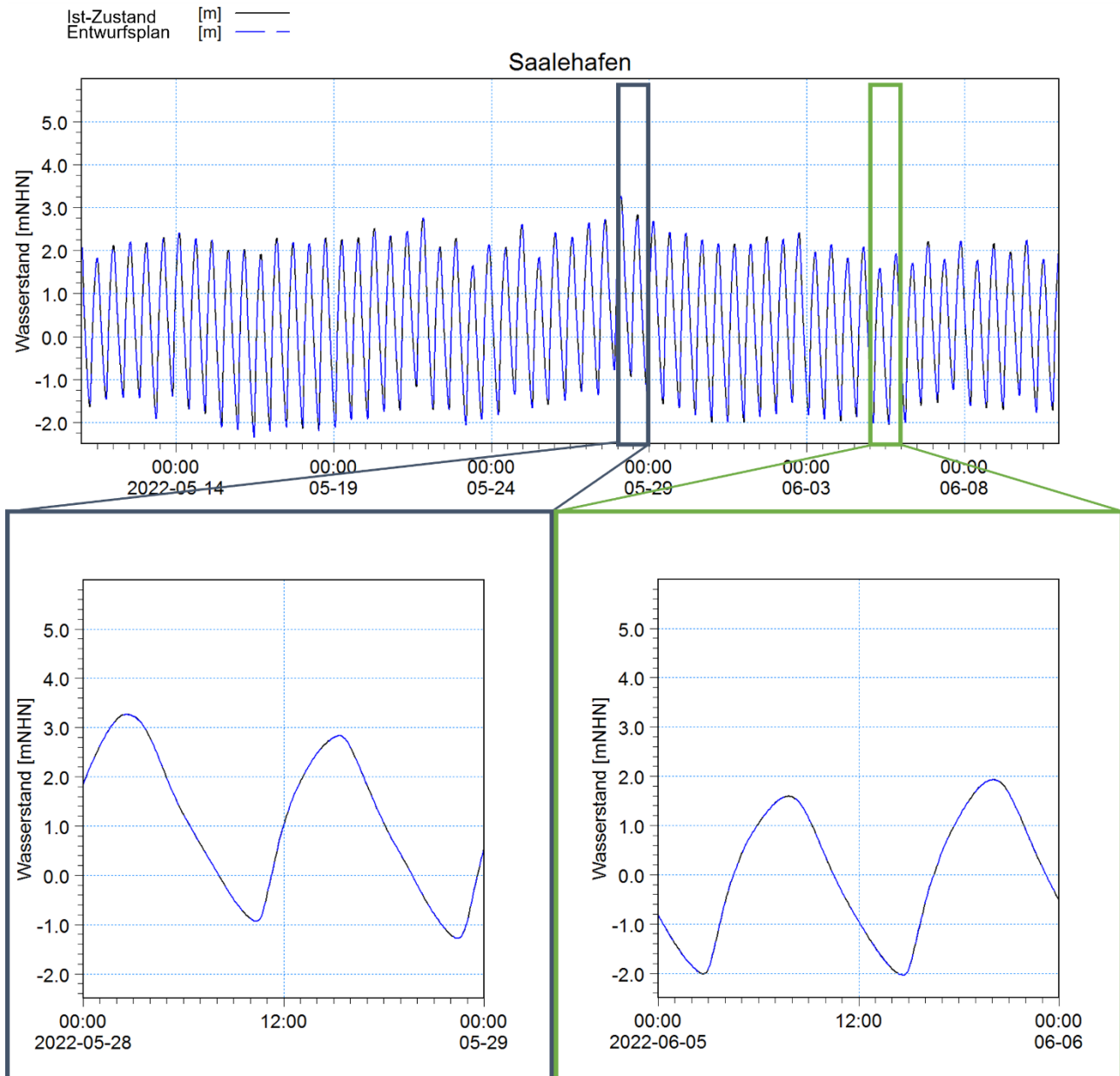


Abbildung B.10 Zeitreihen des Wasserstands im Saalehafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfzustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.

Die folgenden Abbildungen stellen einen Vergleich der Wasserstände im Ist-Zustand und im Entwurfzustand für den Moldauhafen (Abbildung B.11), Baufeld 26 (Abbildung B.12) und im Saalehafen (Abbildung B.13) während des Winterzeitraums dar.

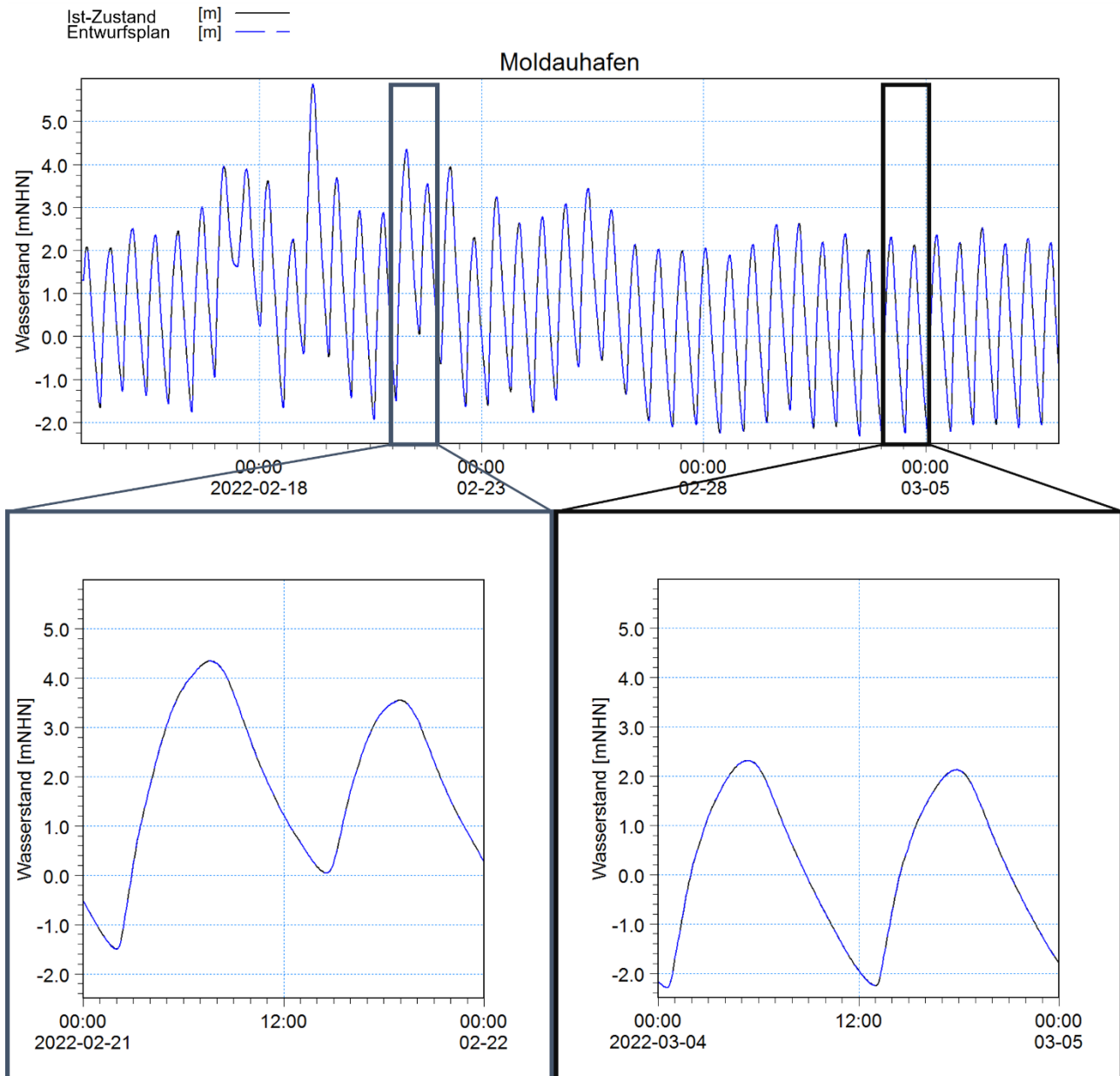


Abbildung B.11. Zeitreihen des Wasserstands im Moldauhafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

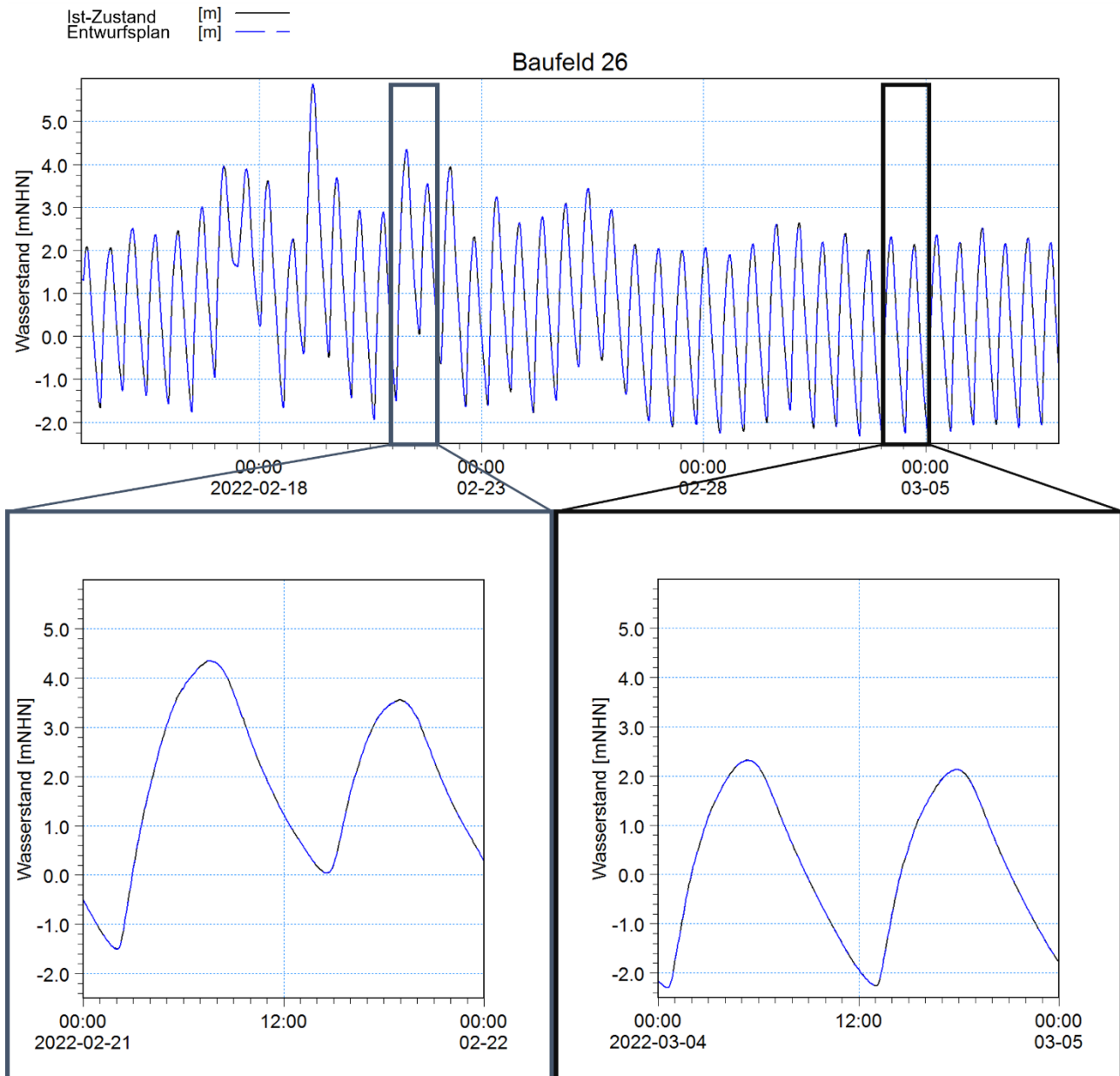


Abbildung B.12. Zeitreihen des Wasserstands am Baufeld 26 im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

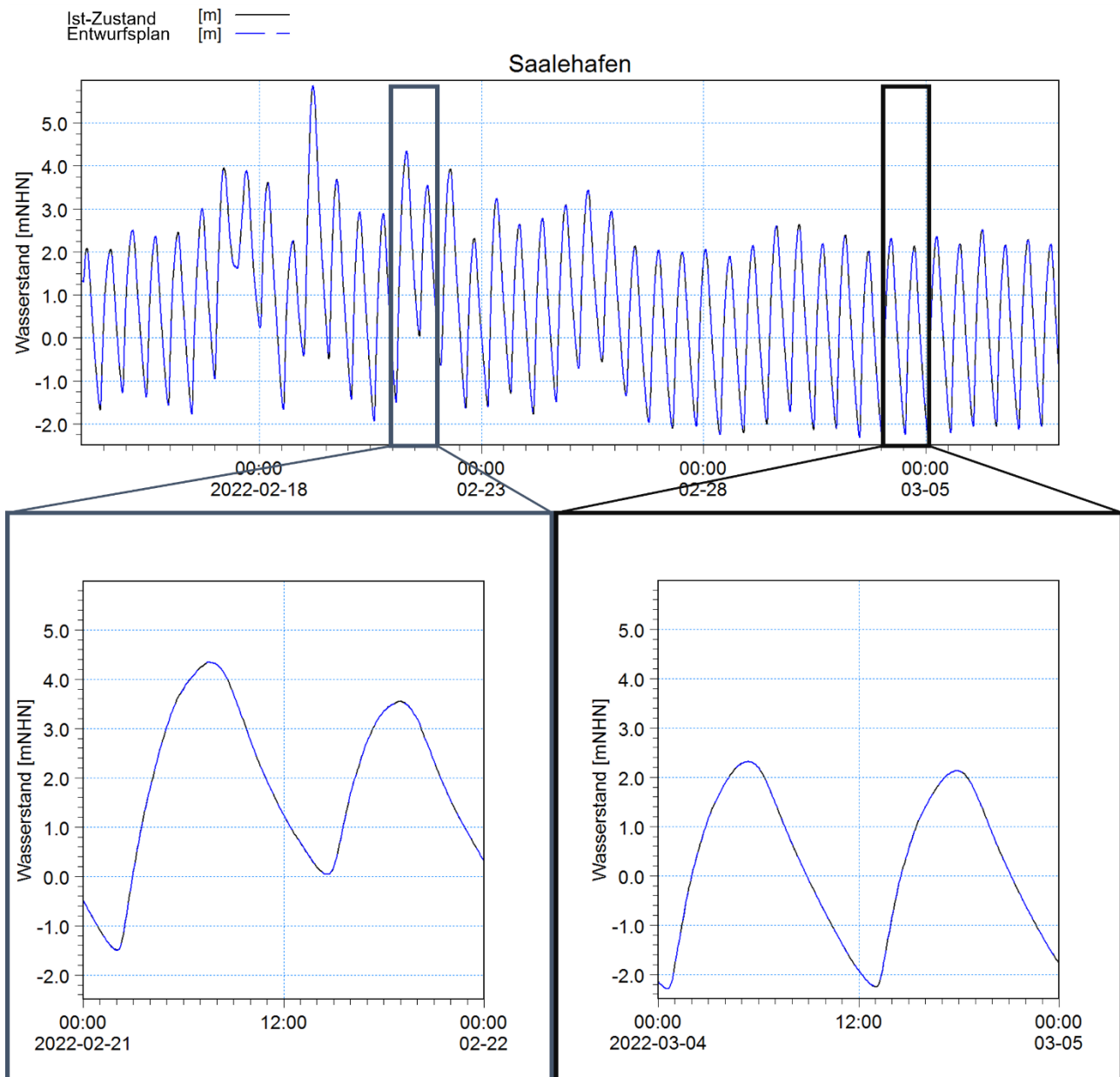


Abbildung B.13. Zeitreihen des Wasserstands im Saalehafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

Appendix B.1.3

Fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023

Die folgenden Abbildungen stellen einen Vergleich der Wasserstände im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 für den Moldauhafen (Abbildung B.14), Baufeld 26 (Abbildung B.21) und im Saalehafen (Abbildung B.22) während des Sommerzeitraums dar.

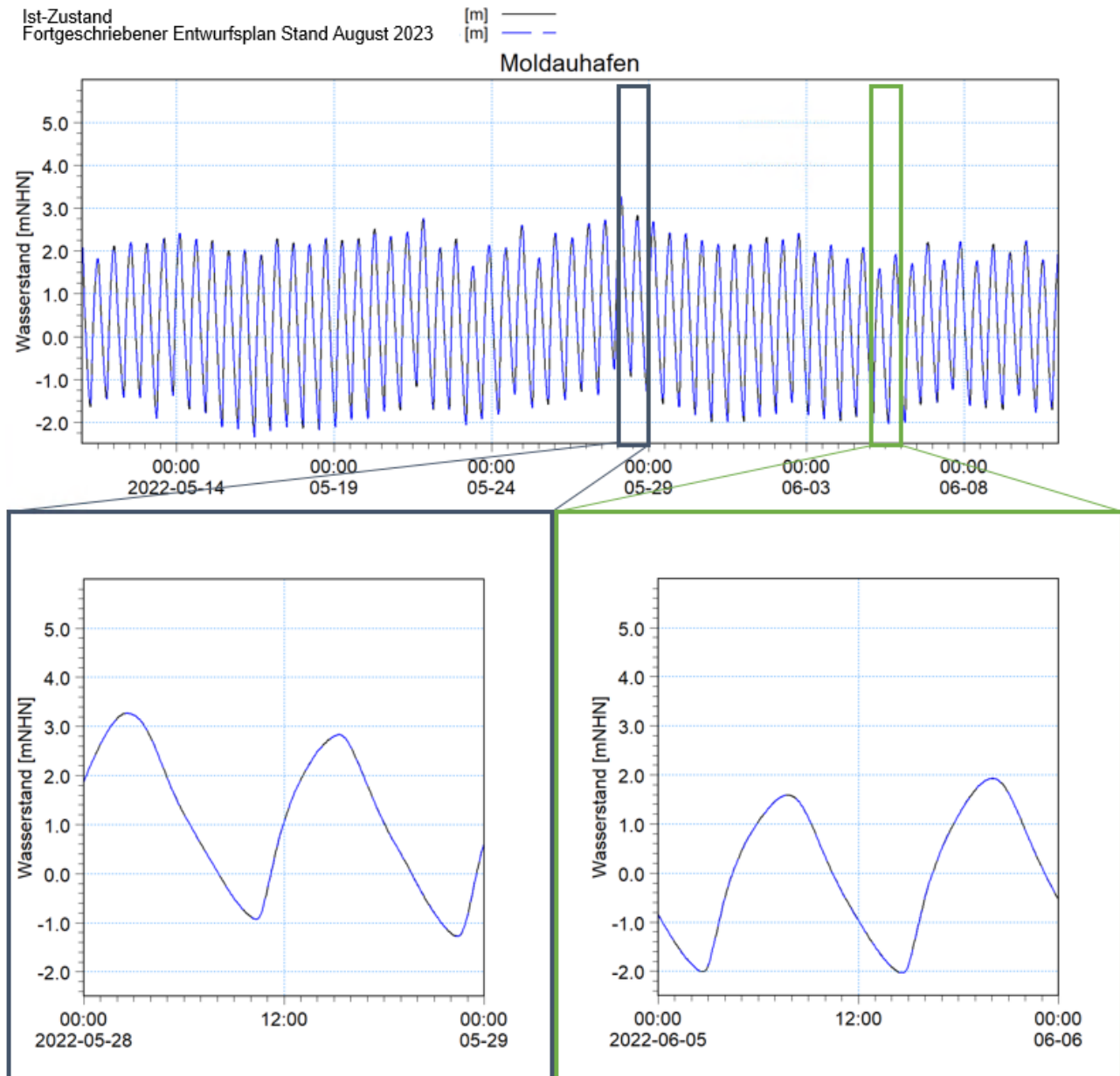


Abbildung B.14. Zeitreihen des Wasserstands im Moldauhafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

Ist-Zustand
Fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023

[m] —
[m] - -

Baufeld 26

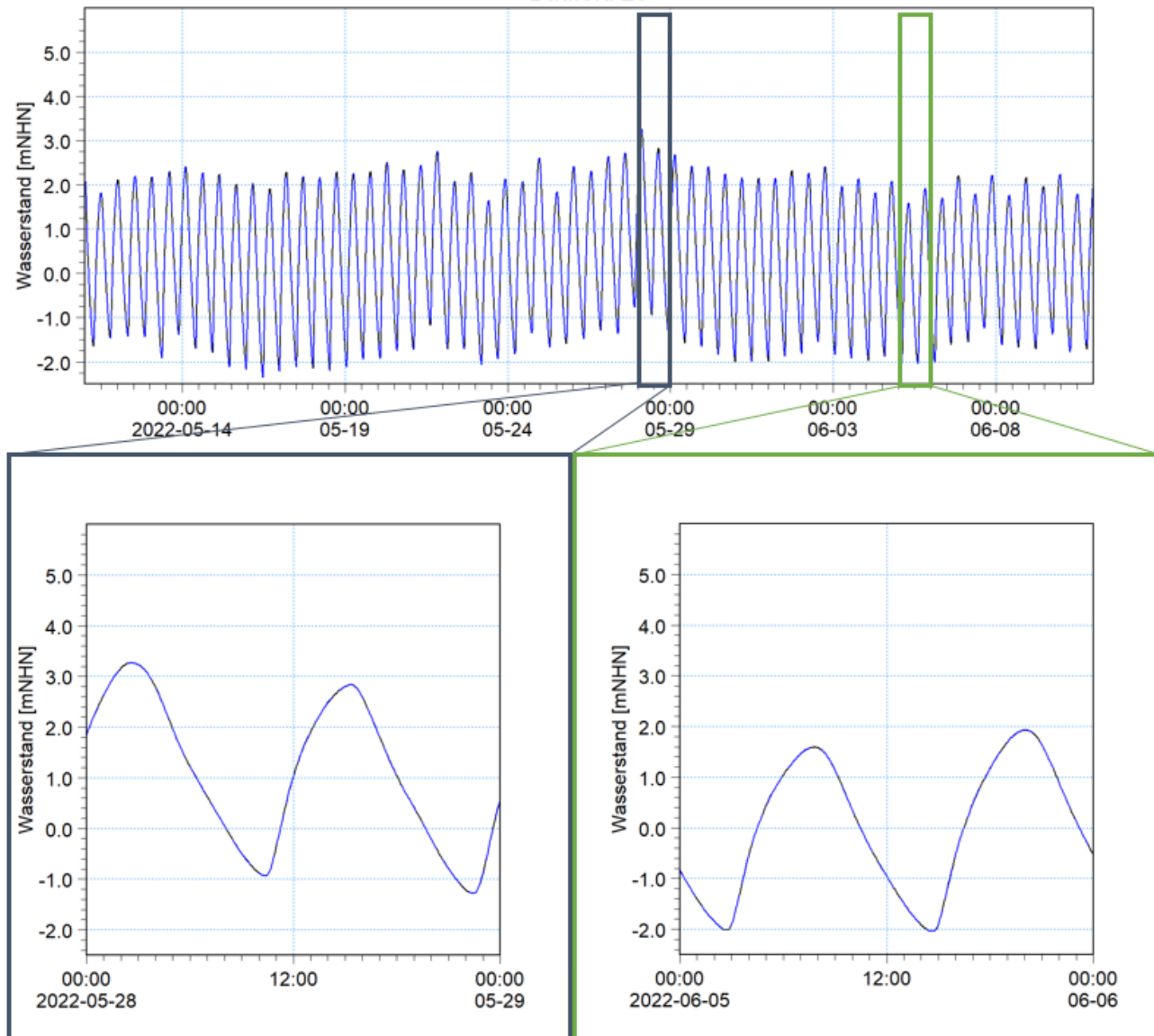


Abbildung B.15. Zeitreihen des Wasserstands im Baufeld 26 im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

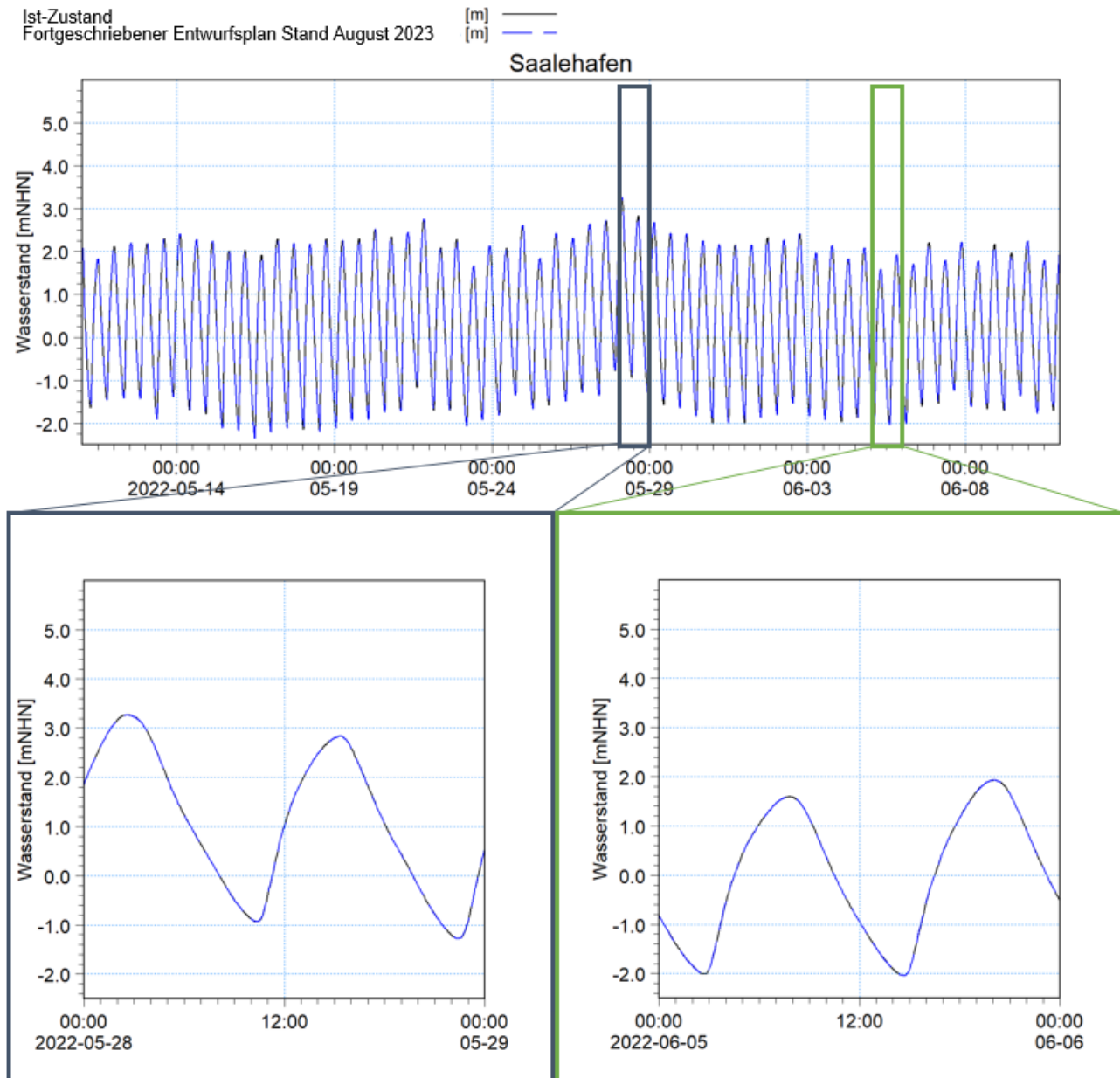


Abbildung B.16 Zeitreihen des Wasserstands im Saalehafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.

Die folgenden Abbildungen stellen einen Vergleich der Wasserstände im Ist-Zustand und im Entwurfzustand für den Moldauhafen (Abbildung B.23), Baufeld 26 (Abbildung B.24) und im Saalehafen (Abbildung B.19) während des Winterzeitraums dar.

Ist-Zustand
Fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023

[m] —
[m] - -

Moldauhafen

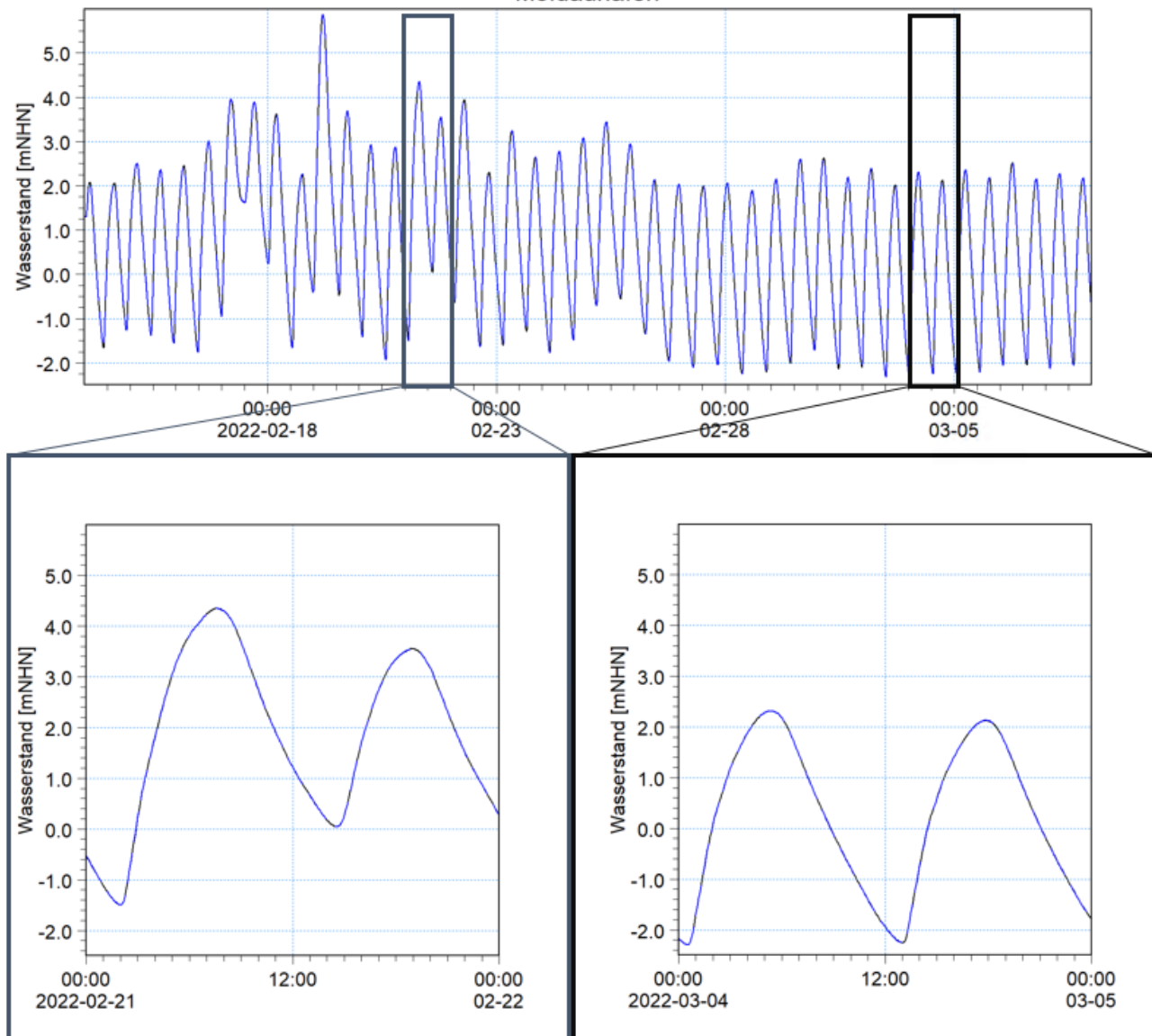


Abbildung B.17. Zeitreihen des Wasserstands im Moldauhafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

Ist-Zustand
Fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023

[m] —
[m] - -

Baufeld 26

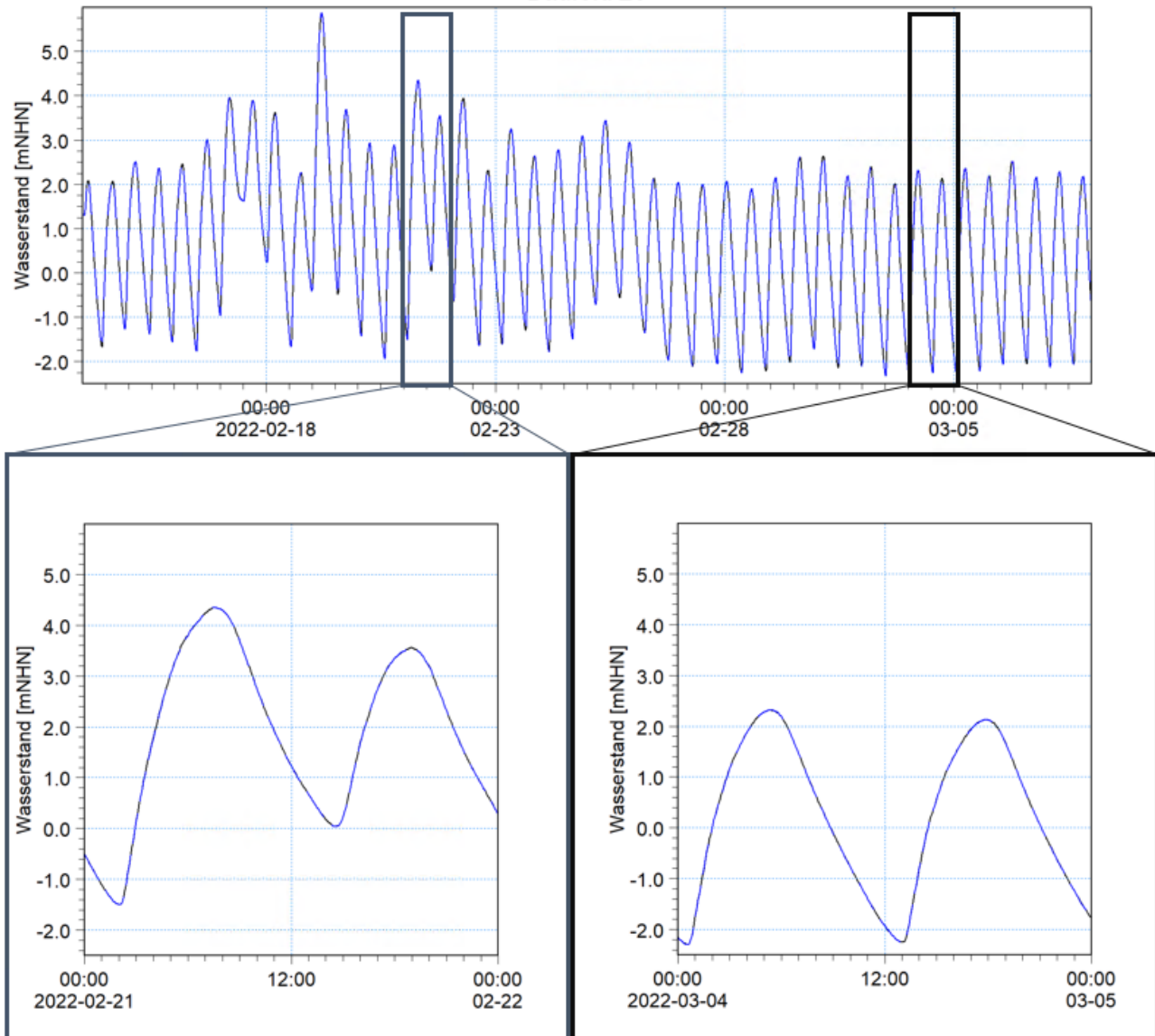


Abbildung B.18. Zeitreihen des Wasserstands am Baufeld 26 im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

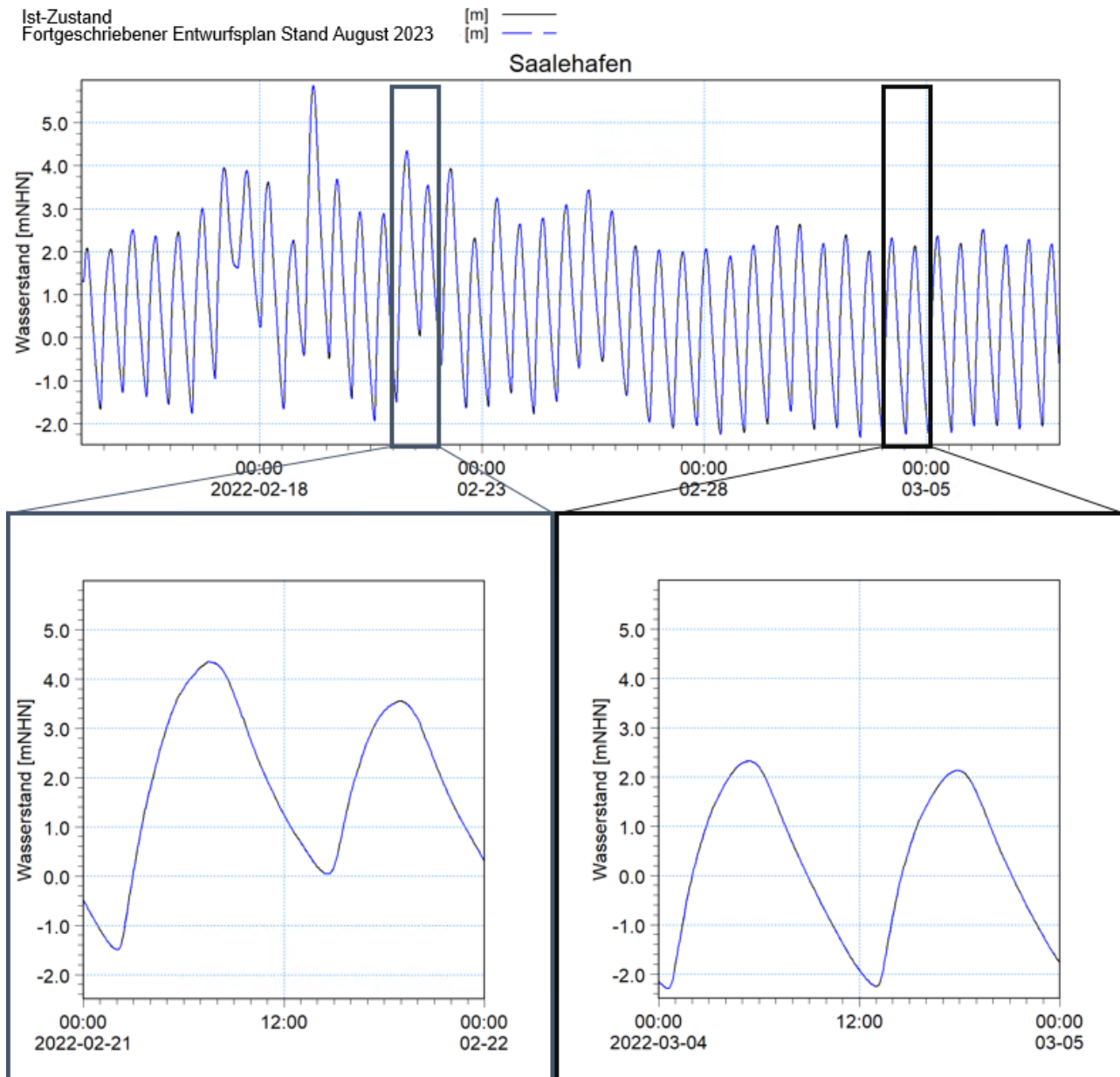


Abbildung B.19. Zeitreihen des Wasserstands im Saalehafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

Appendix B.2 Strömungsgeschwindigkeiten

Appendix B.2.1 Funktionsplan

Die folgenden Abbildungen stellen einen Vergleich der Strömungsgeschwindigkeiten im Ist-Zustand und im Funktionszustand im Sommerzeitraum für den Moldauhafen (Abbildung B.20), Baufeld 26 (Abbildung B.21) und im Saalehafen (Abbildung B.22) dar.

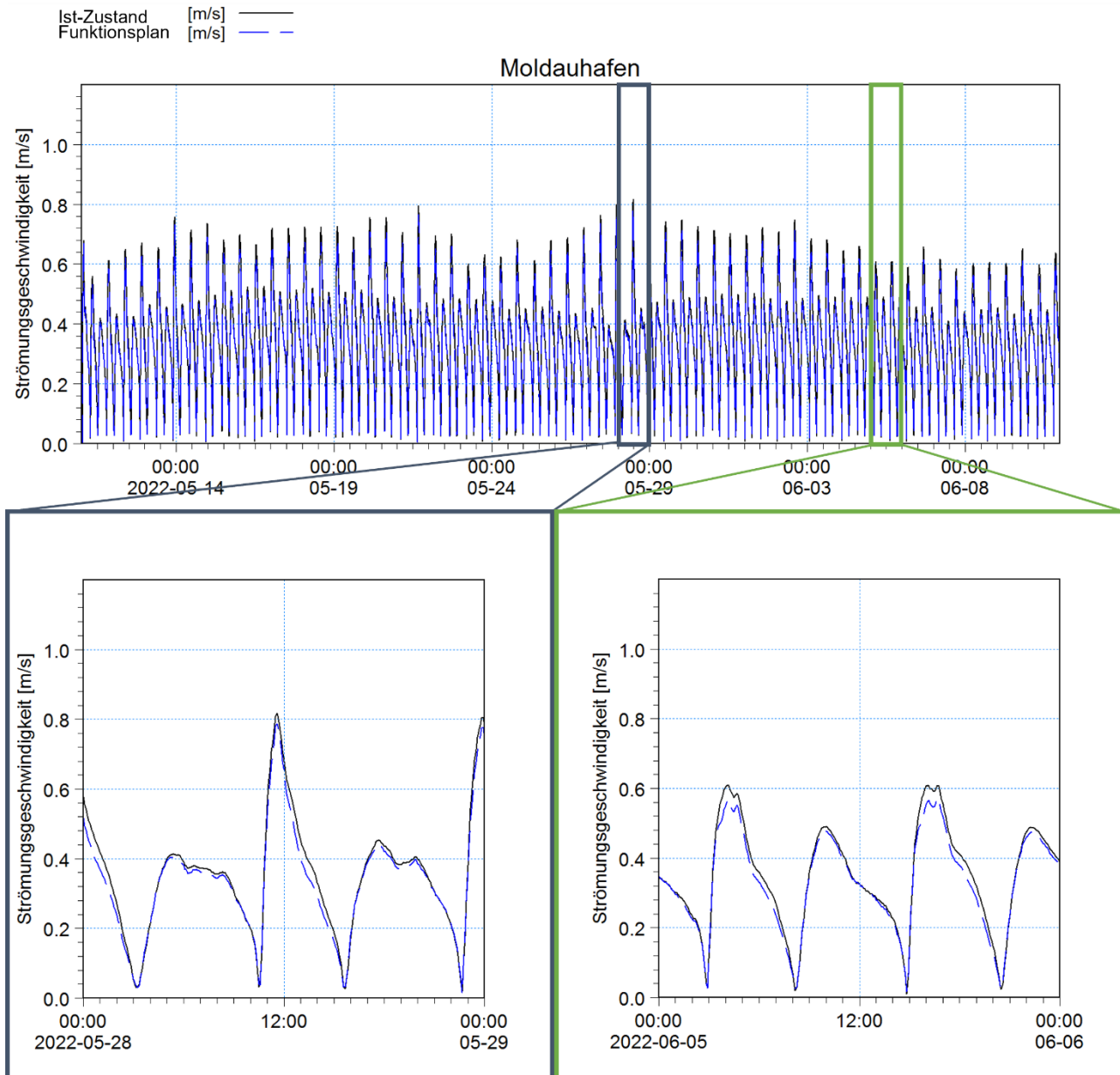


Abbildung B.20. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten im Moldauhafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.

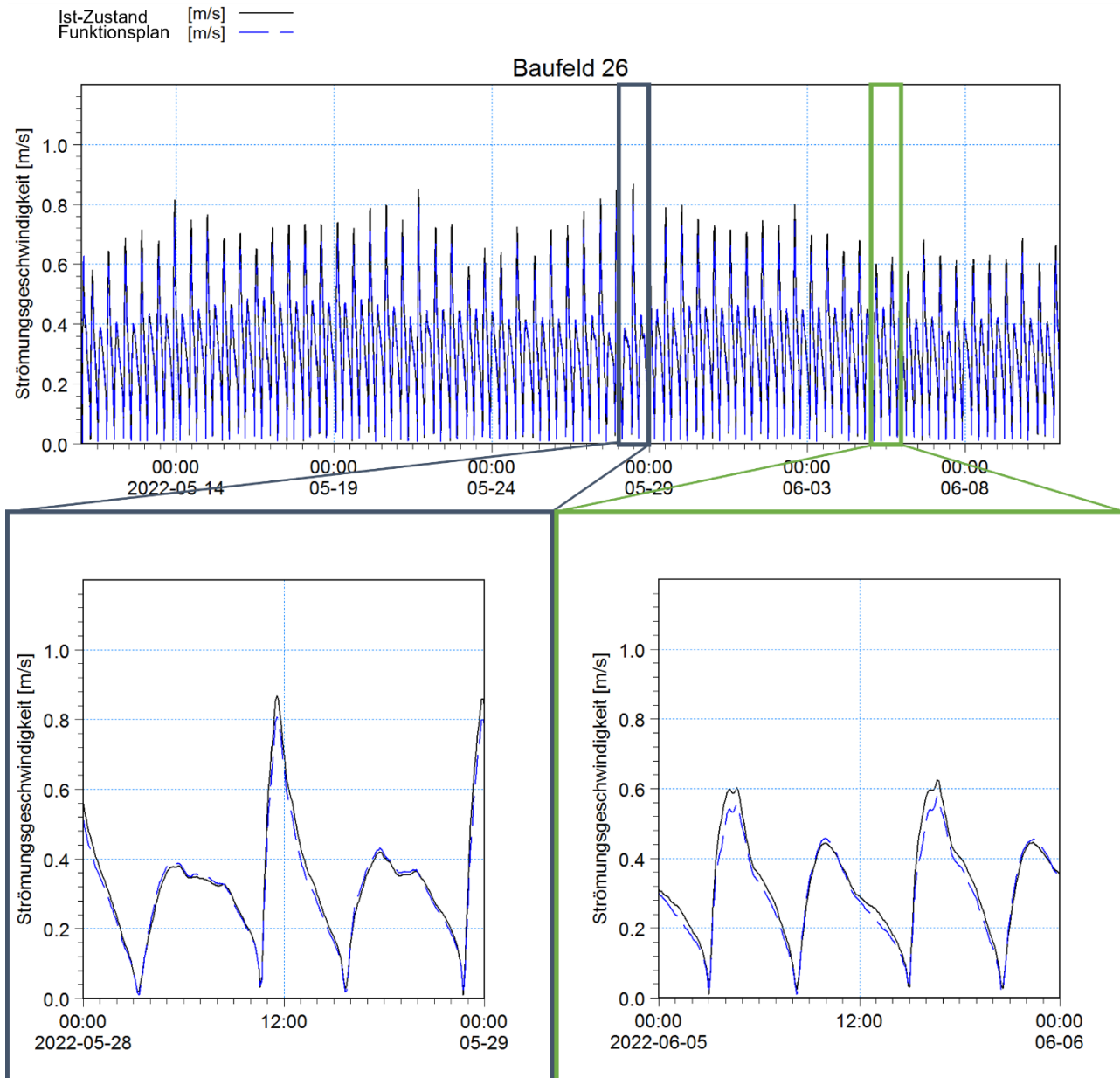


Abbildung B.21. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Baufeld 26 im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.

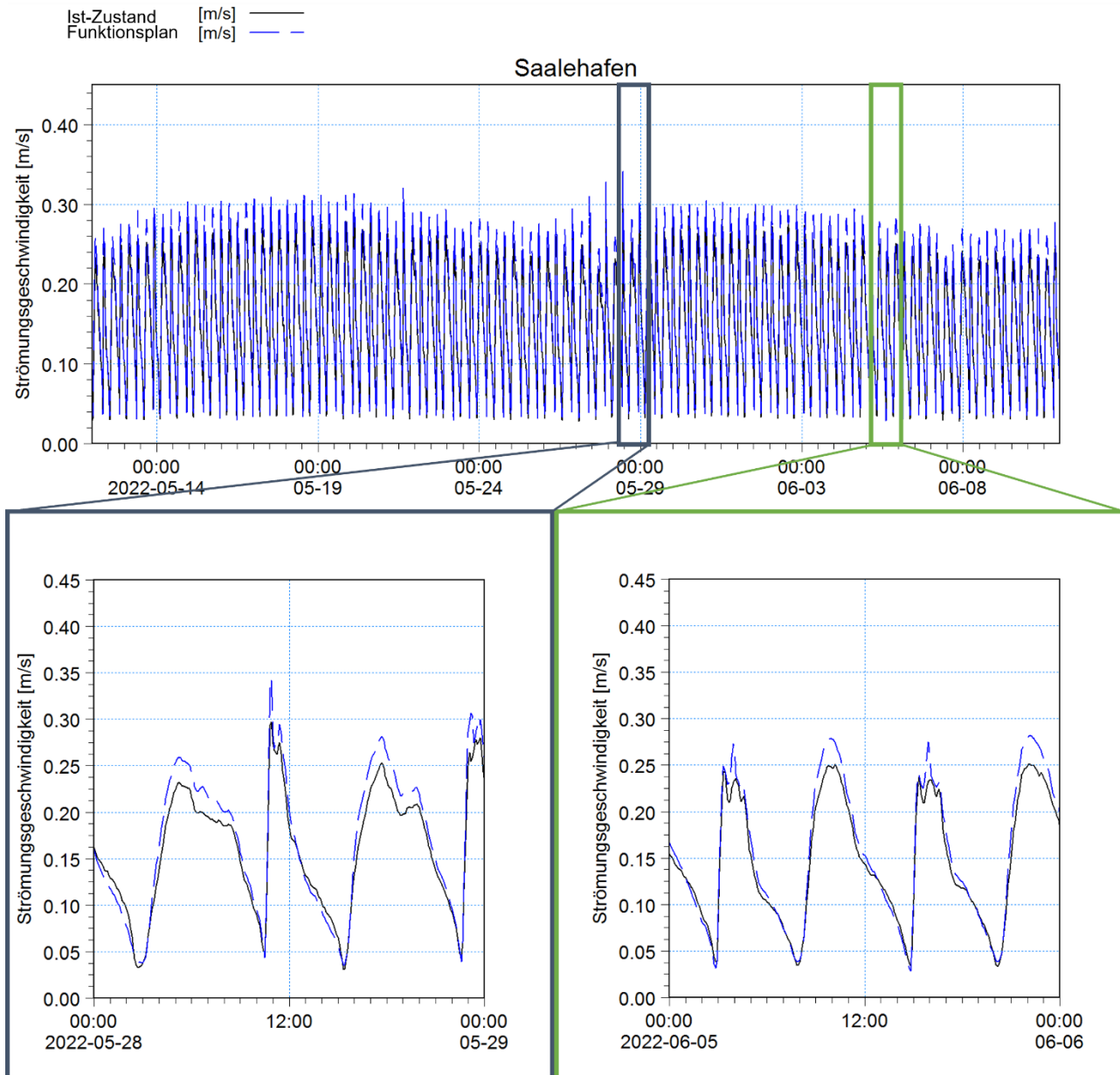


Abbildung B.22. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Saalehafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.

Die folgenden Abbildungen stellen einen Vergleich der Strömungsgeschwindigkeiten im Ist-Zustand und im Funktionszustand im Winterzeitraum für den Moldauhafen (Abbildung B.23), Baufeld 26 (Abbildung B.24) und im Saalehafen (Abbildung B.25) dar.

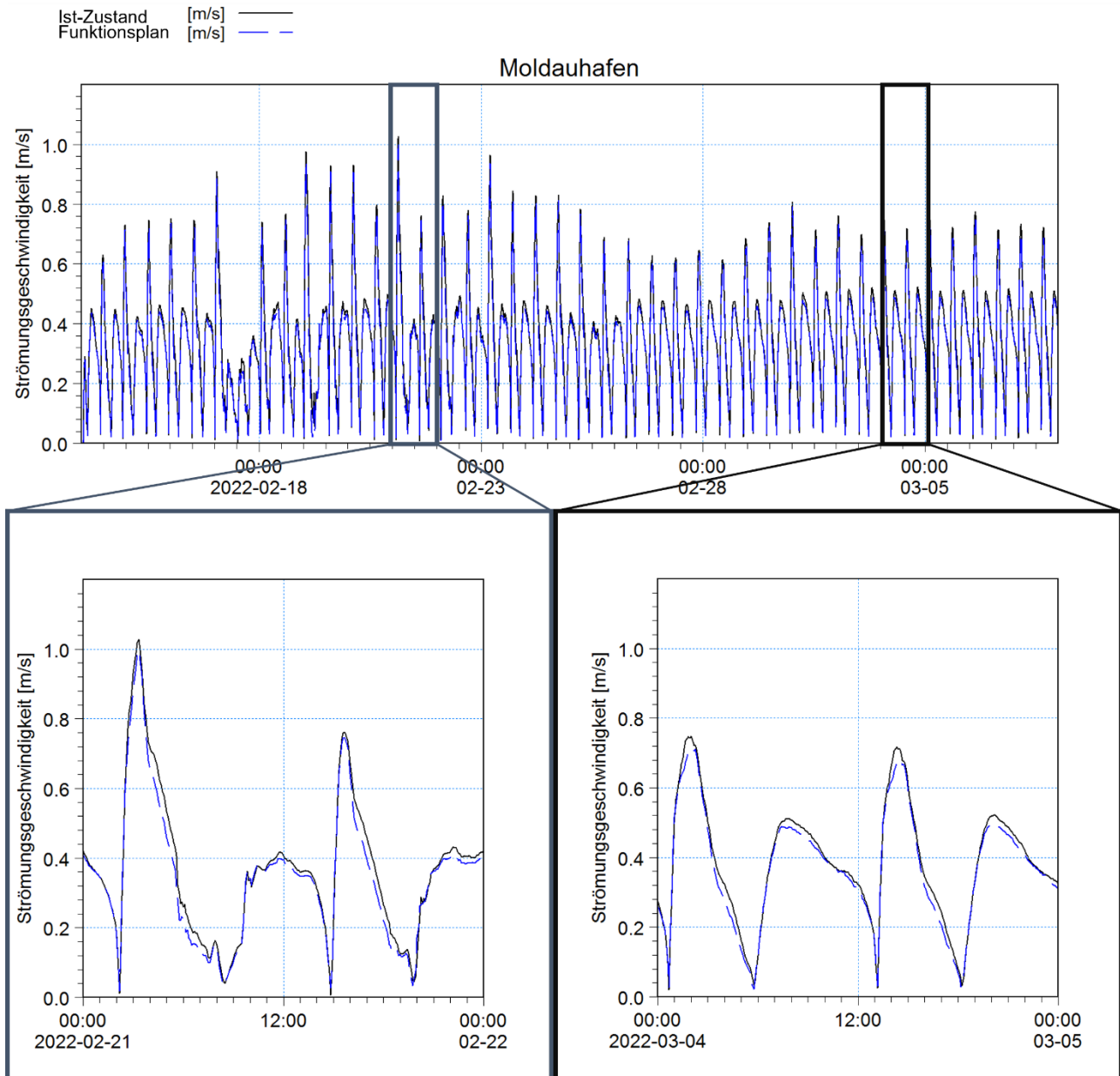


Abbildung B.23. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten im Moldauhafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

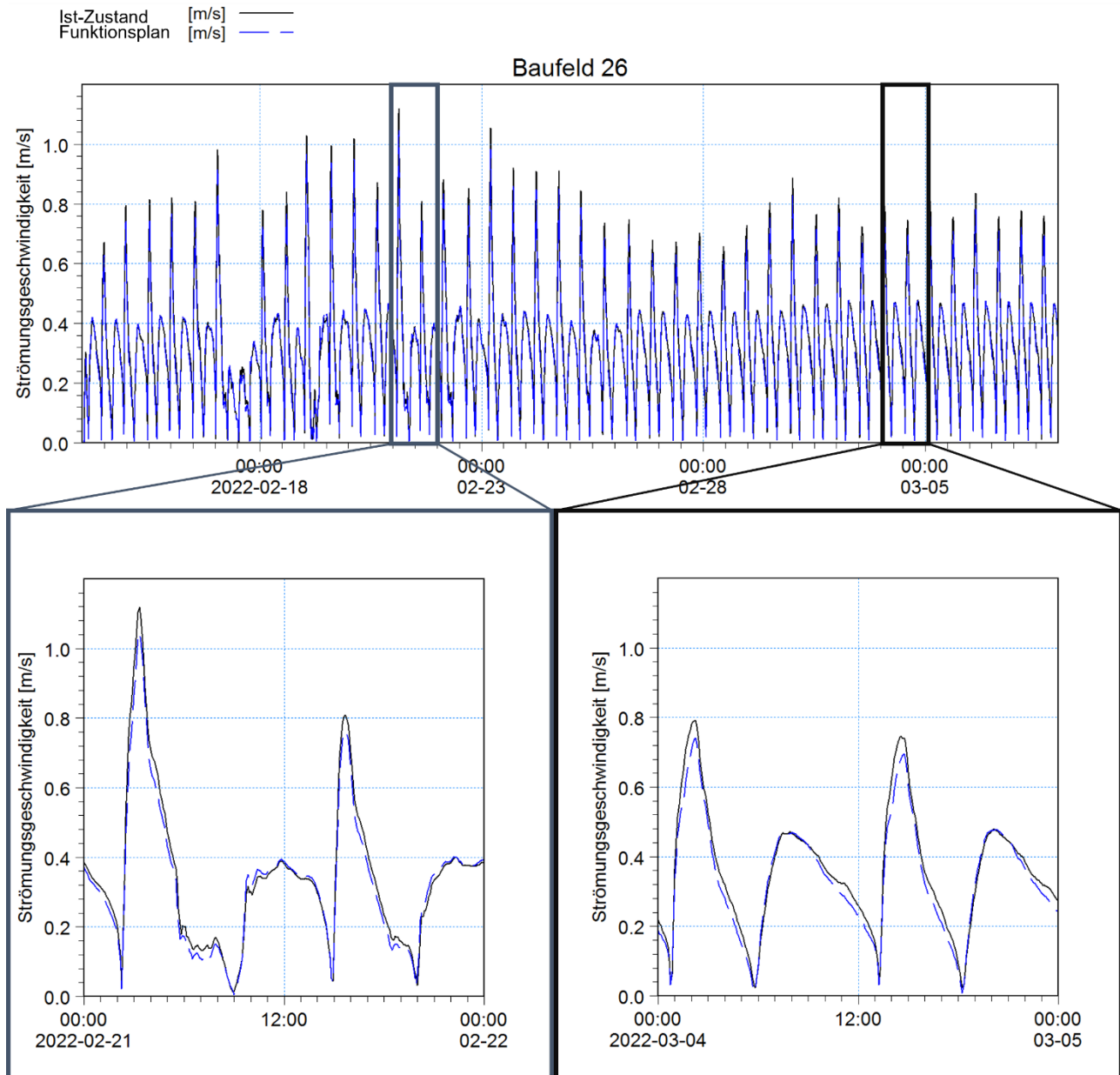


Abbildung B.24. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Baufeld 26 im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

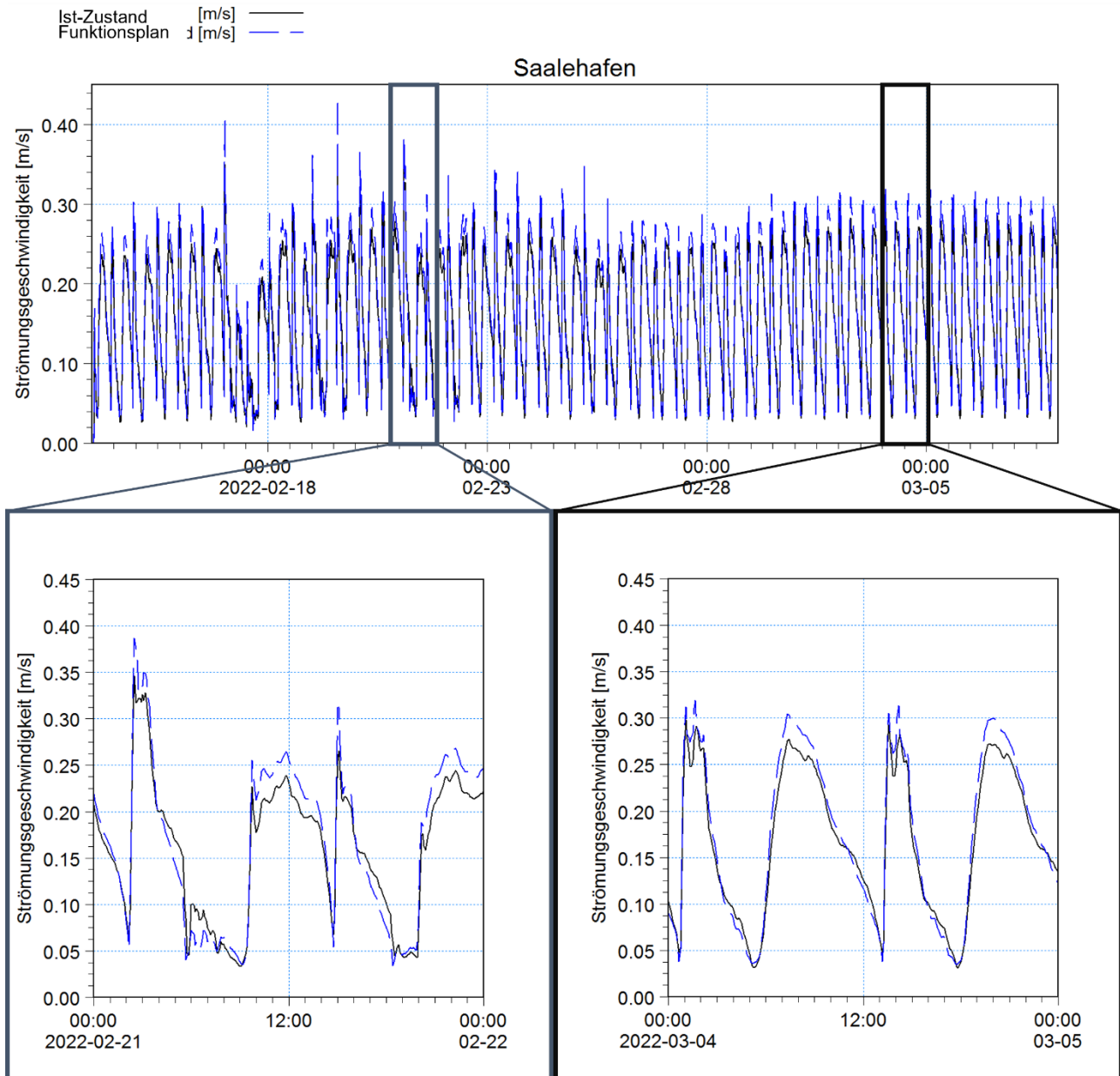


Abbildung B.25. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten im Saalehafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

Appendix B.2.2 Entwurfsplan

Die folgenden Abbildungen stellen einen Vergleich der Strömungsgeschwindigkeiten im Ist-Zustand und im Entwurfszustand im Sommerzeitraum für den Moldauhafen (Abbildung B.26), Baufeld 26 (Abbildung B.27) und im Saalehafen (Abbildung B.28) dar.

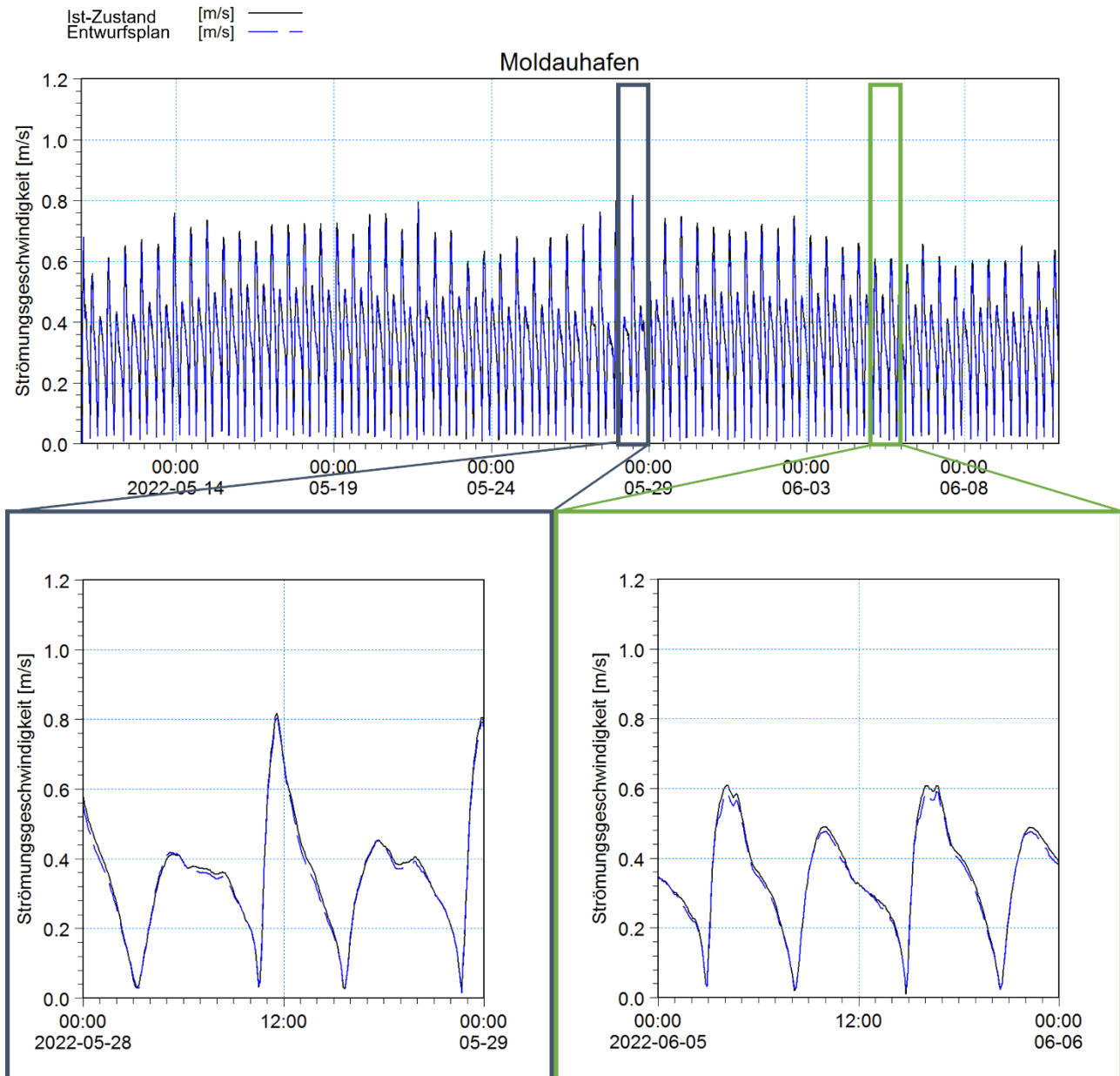


Abbildung B.26. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten im Moldauhafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfzustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.

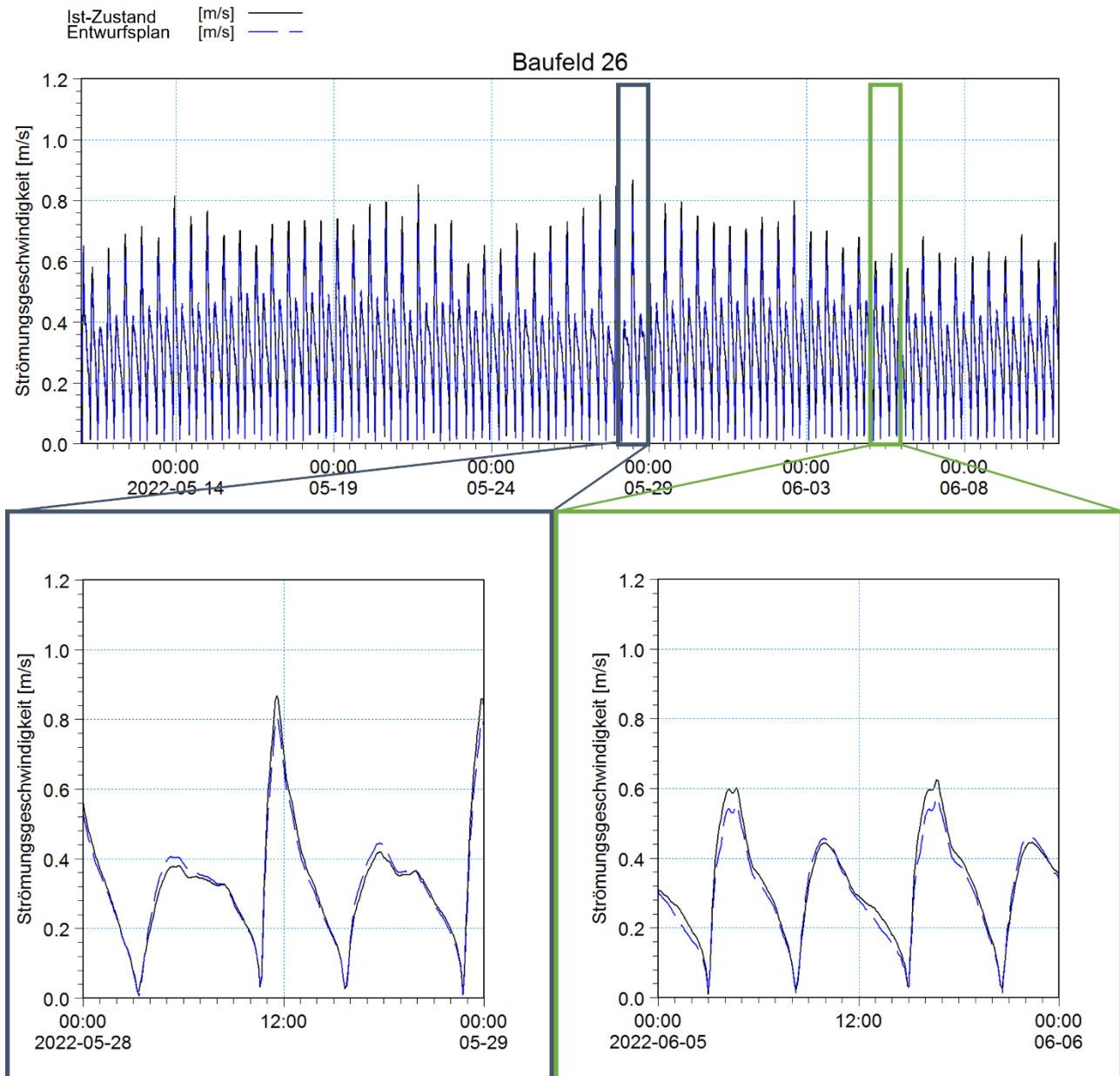


Abbildung B.27. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Baufeld 26 im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfzustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.

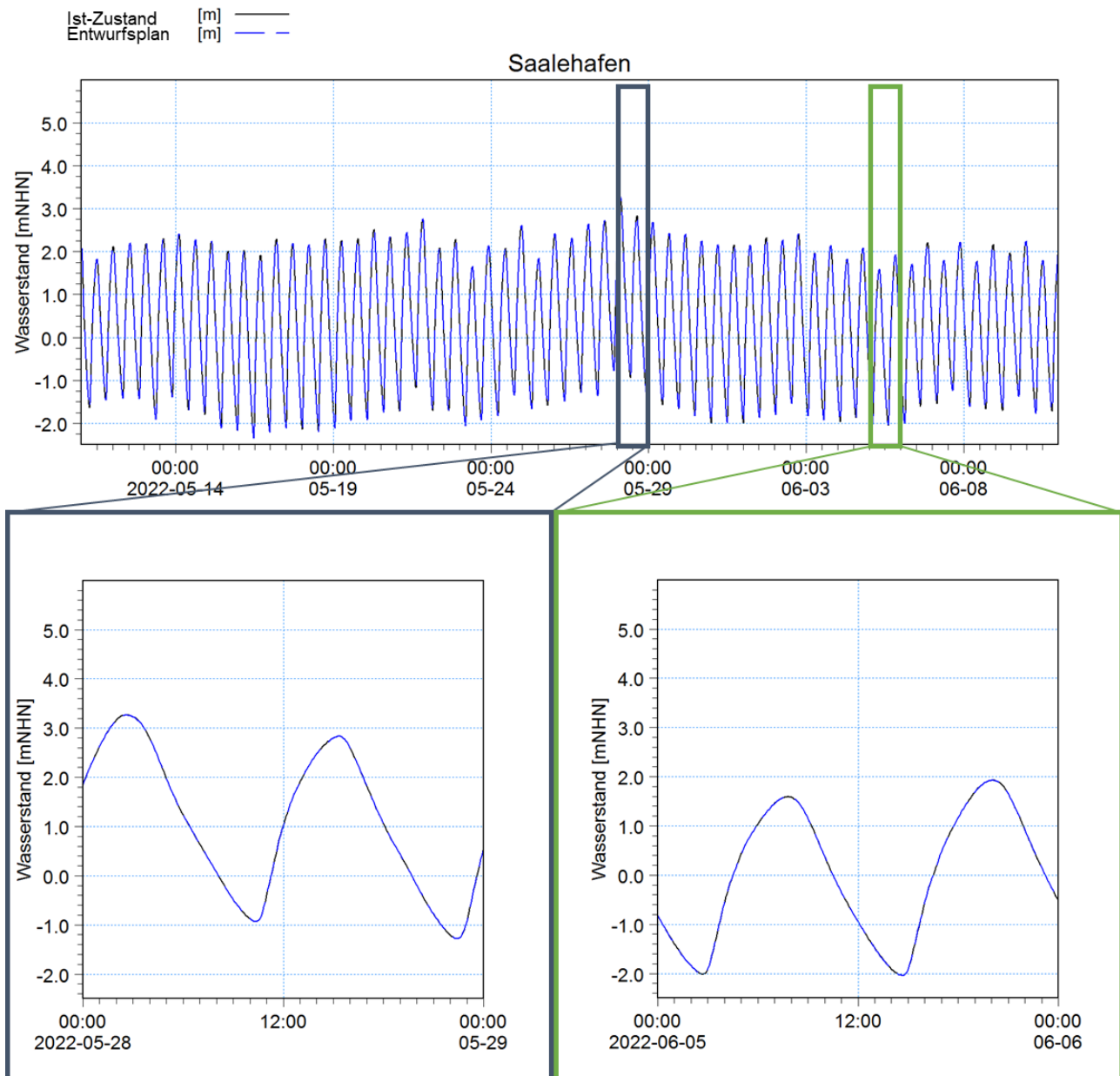


Abbildung B.28. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Saalehafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.

Die folgenden Abbildungen stellen einen Vergleich der Strömungsgeschwindigkeiten im Ist-Zustand und im Entwurfszustand im Winterzeitraum für den Moldauhafen (Abbildung B.29), Baufeld 26 (Abbildung B.30) und im Saalehafen (Abbildung B.31) dar.

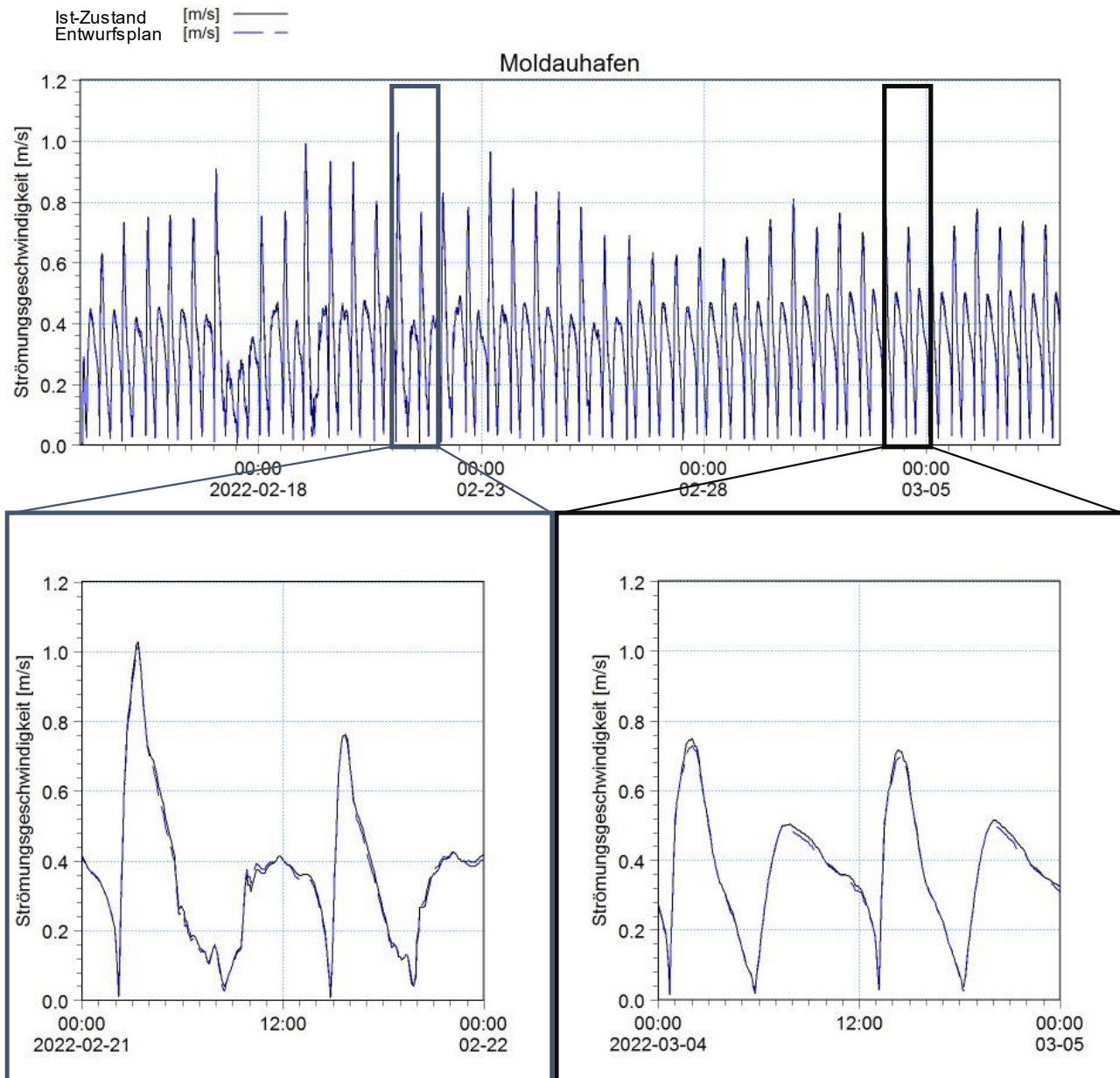


Abbildung B.29. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten im Moldauhafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.

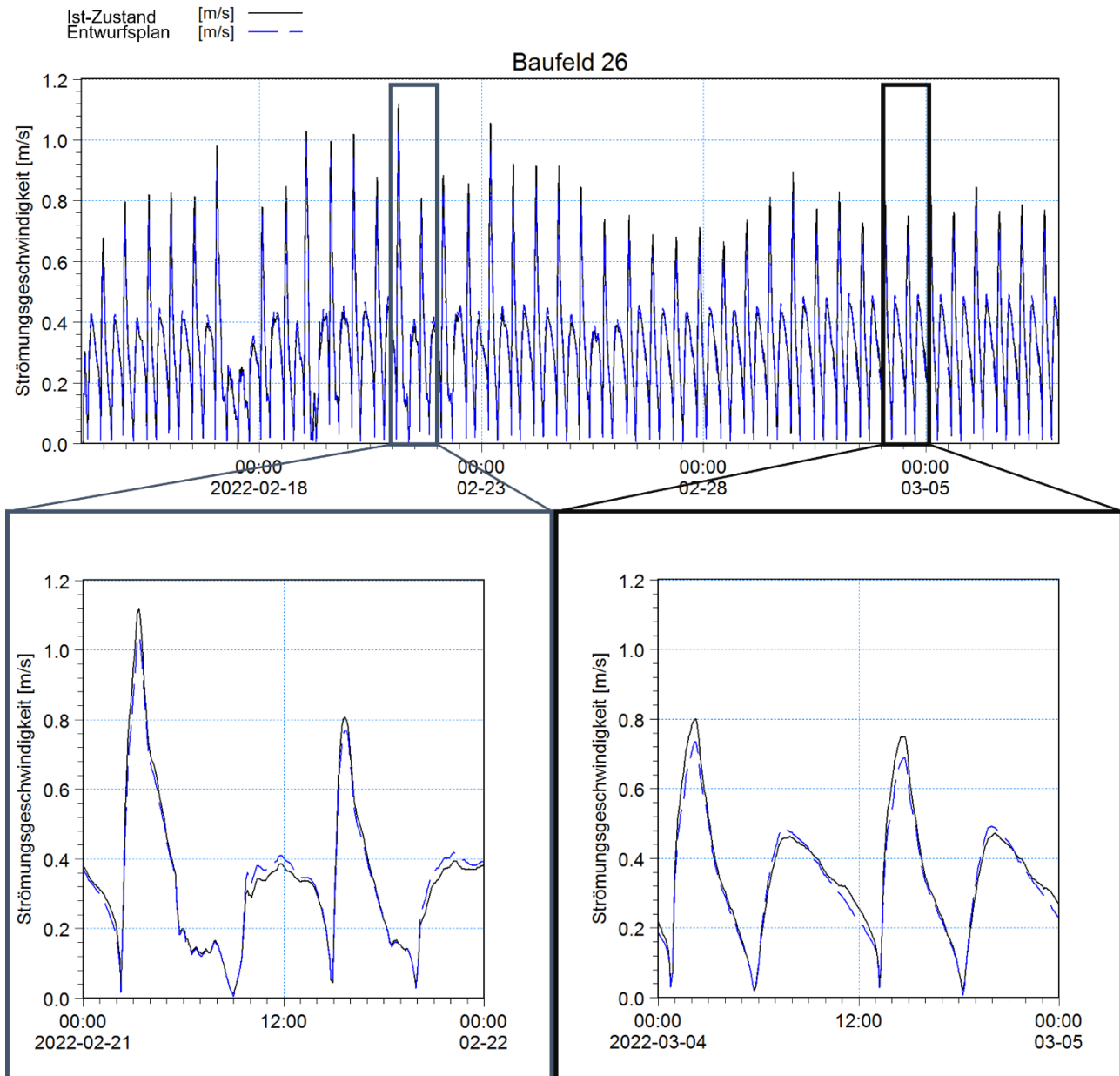


Abbildung B.30. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Baufeld 26 im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

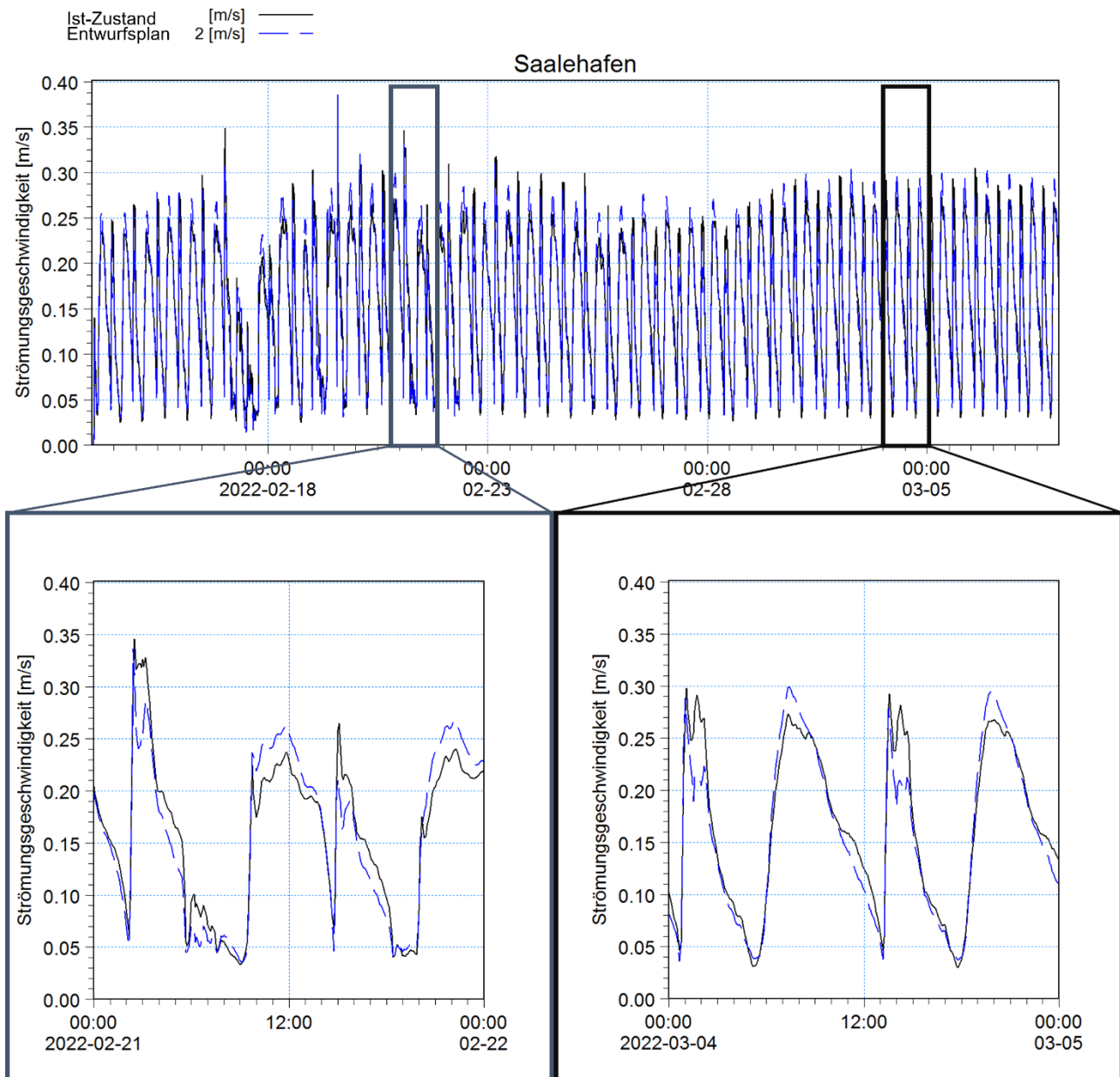


Abbildung B.31. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Saalehafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im Entwurfzustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

Appendix B.2.3

Fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023

Die folgenden Abbildungen stellen einen Vergleich der Strömungsgeschwindigkeiten im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 im Sommerzeitraum für den Moldauhafen (Abbildung B.32), Baufeld 26 (Abbildung B.33) und im Saalehafen (Abbildung B.34) dar.

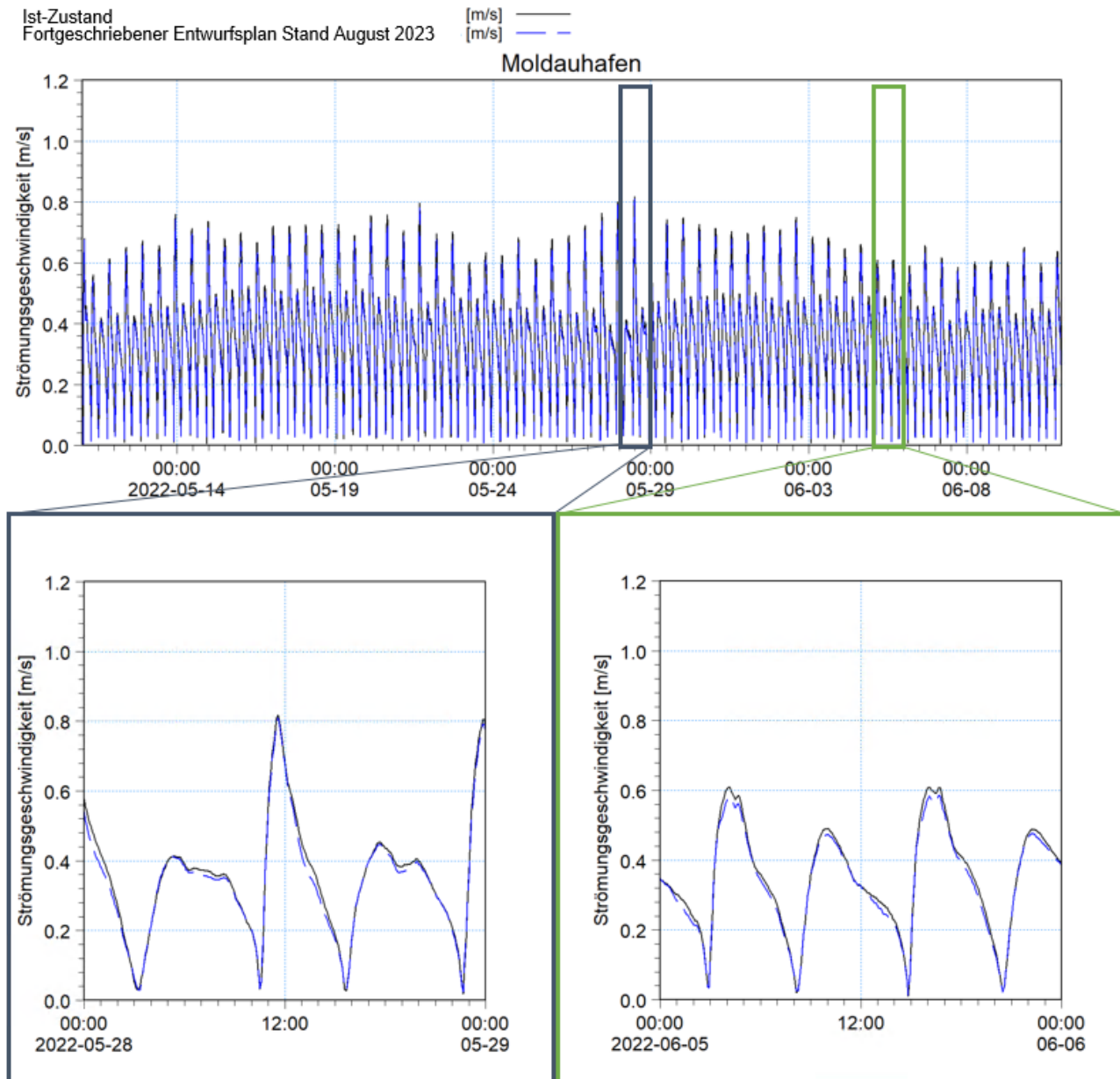


Abbildung B.32. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten im Moldauhafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.

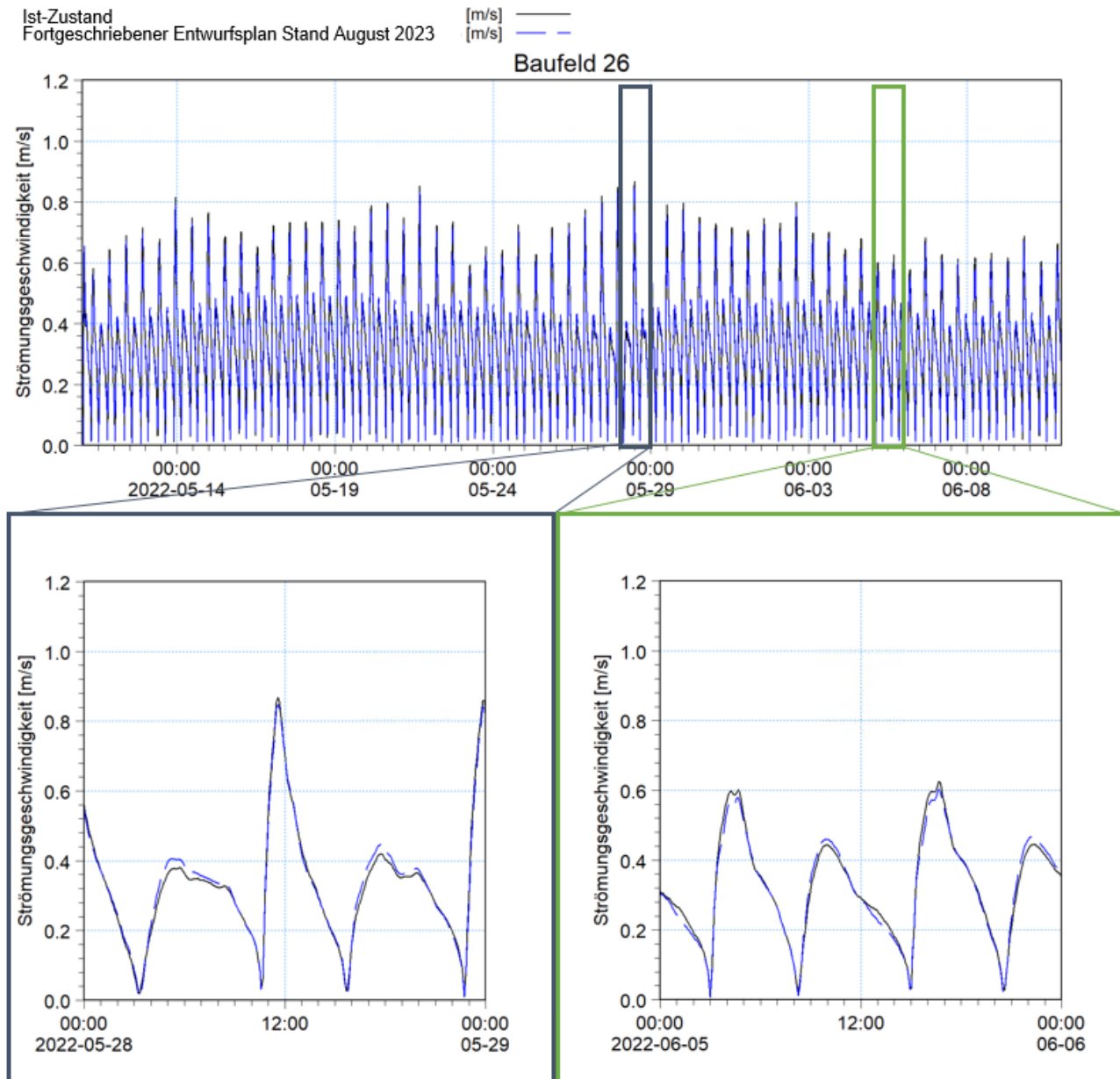


Abbildung B.33. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Baufeld 26 im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.

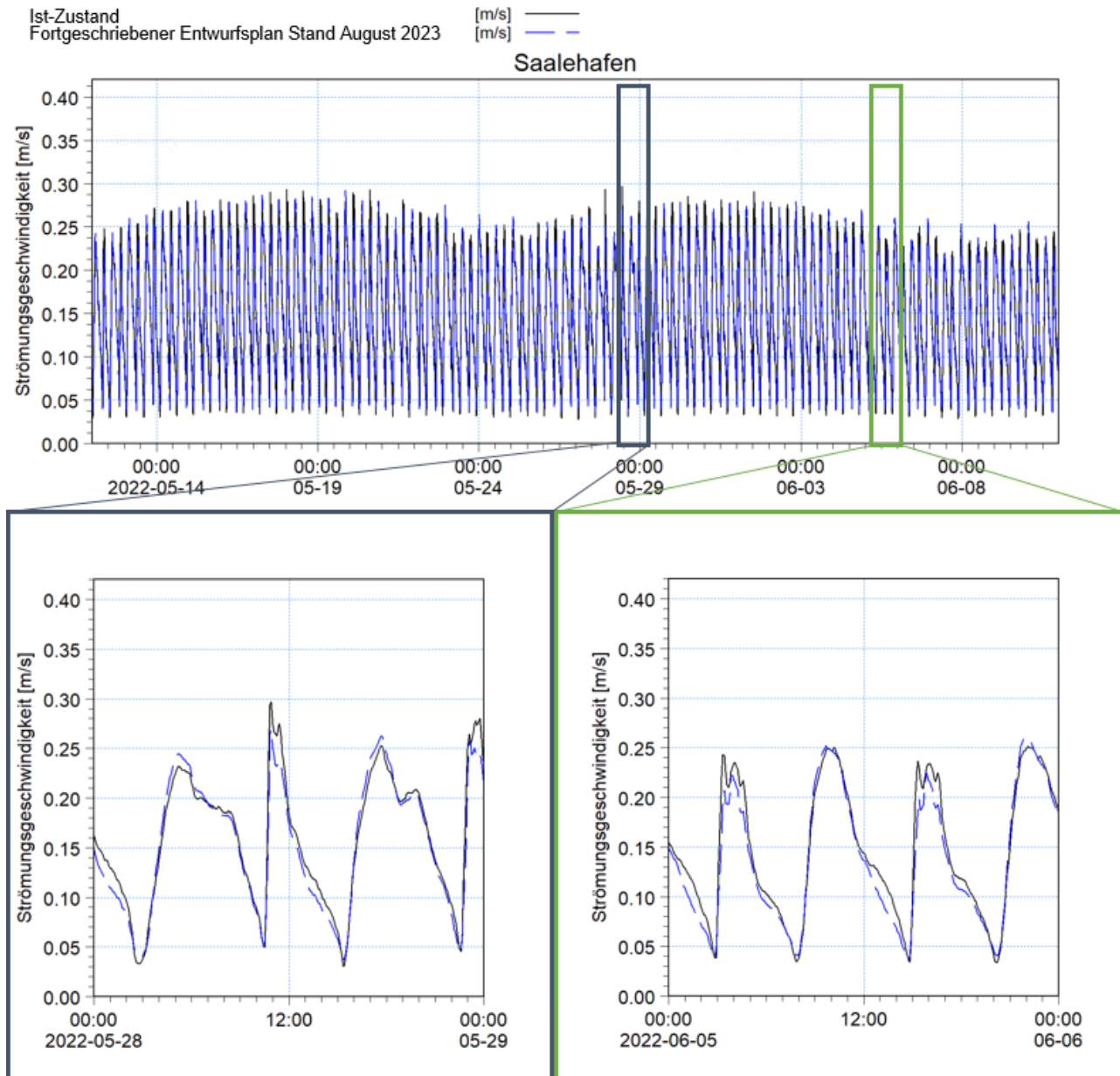


Abbildung B.34. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Saalehafen im Sommerzeitraum im Ist-Zustand und im Funktionszustand. Oben: Simulationszeitraum, unten links: starke Tide, unten rechts: schwache Tide.

Die folgenden Abbildungen stellen einen Vergleich der Strömungsgeschwindigkeiten im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 im Winterzeitraum für den Moldauhafen (Abbildung B.35), Baufeld 26 (Abbildung B.36) und im Saalehafen (Abbildung B.37) dar.

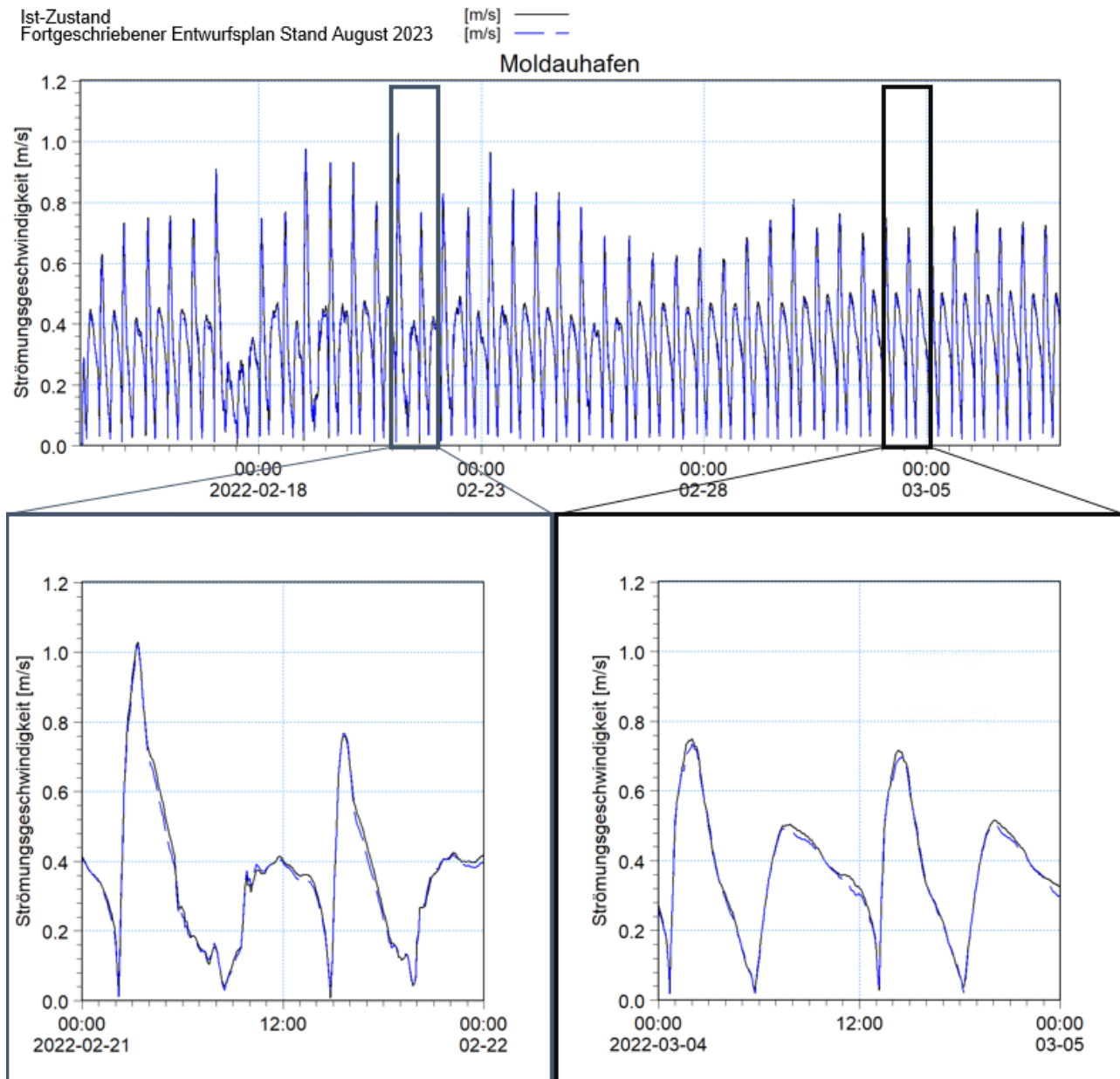


Abbildung B.35. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten im Moldauhafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

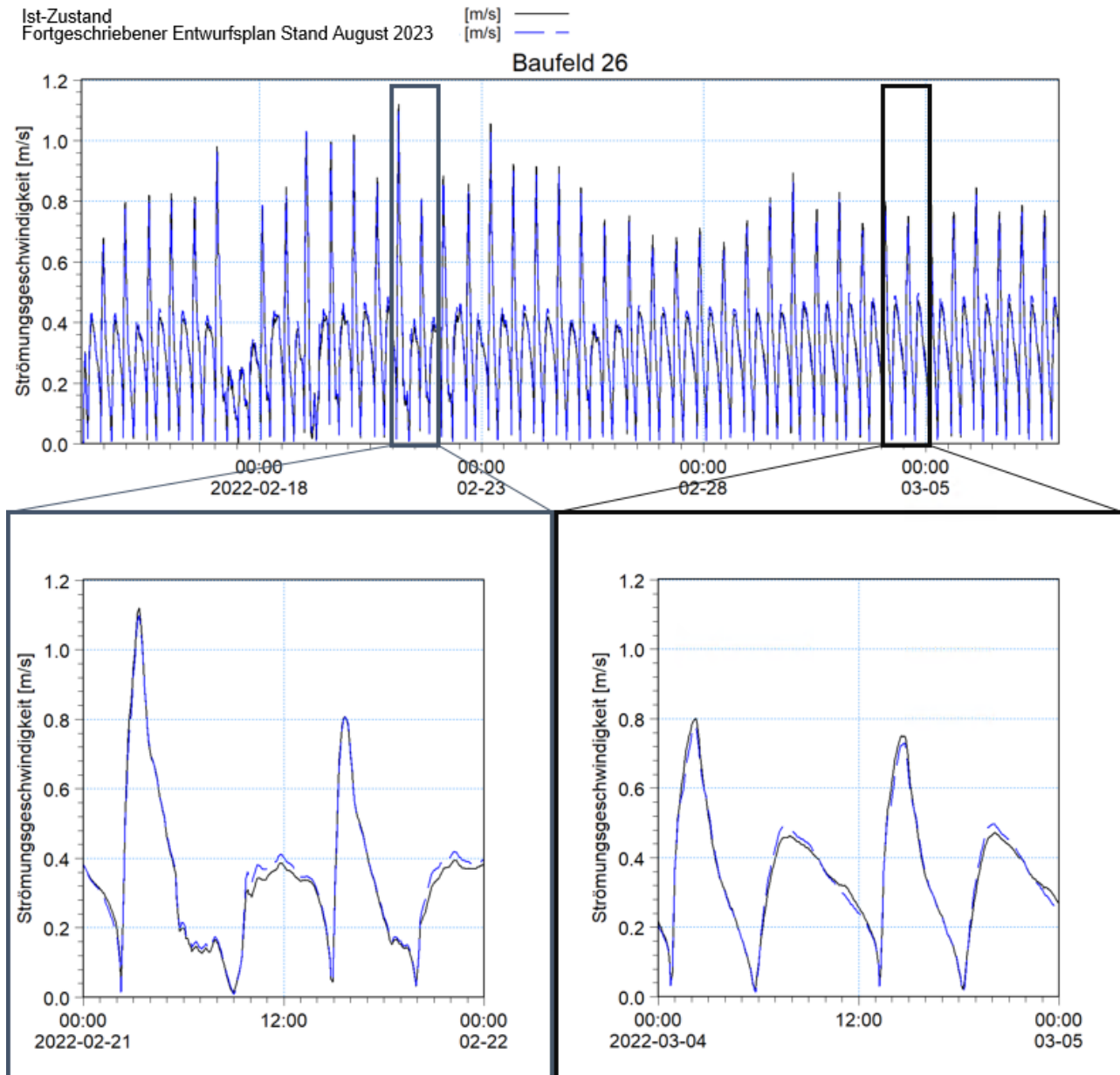


Abbildung B.36. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten am Baufeld 26 im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

Ist-Zustand
Fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023

[m/s] —
[m/s] - -

Saalehafen

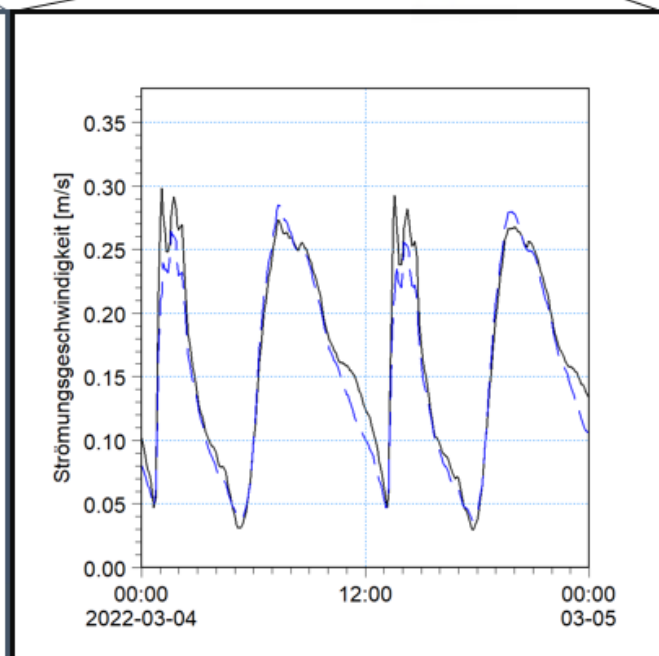
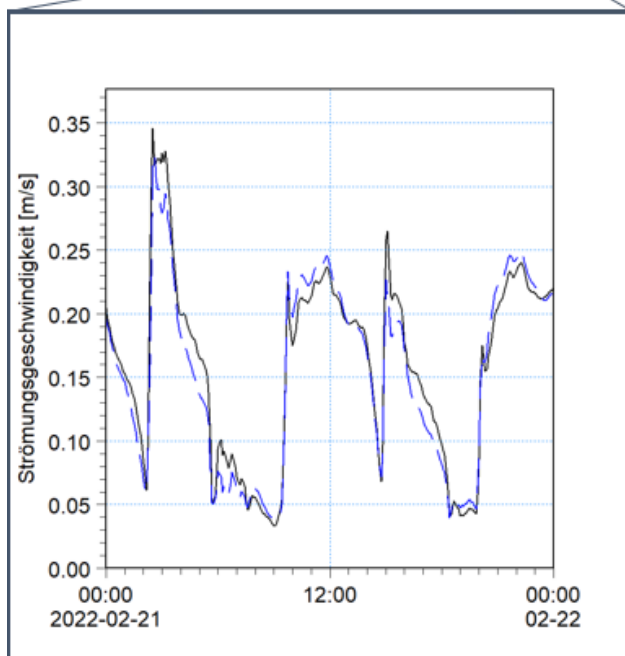
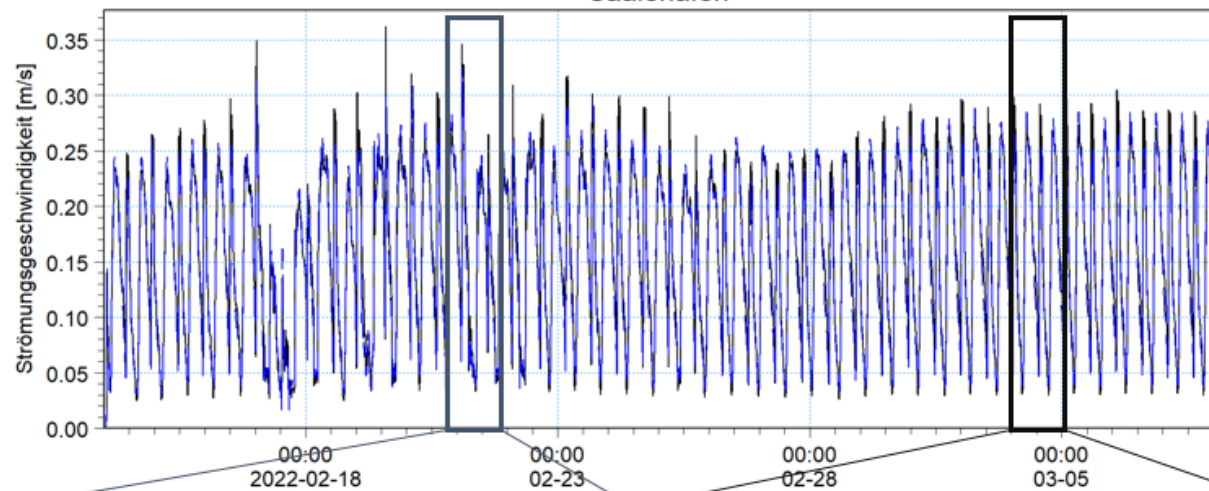


Abbildung B.37. Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten im Saalehafen im Winterzeitraum im Ist-Zustand und im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023. Oben: Simulationszeitraum, unten links: Zeitraum der höchsten Strömungsgeschwindigkeiten, unten rechts: mittlere Tide.

Appendix C Querschnitte

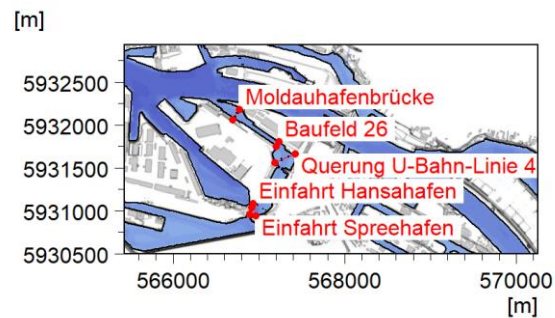


Abbildung C.1. Lage der analysierten Querschnitte.

Appendix C.1 Funktionsplan

Appendix C.1.1 Moldauhafenbrücke

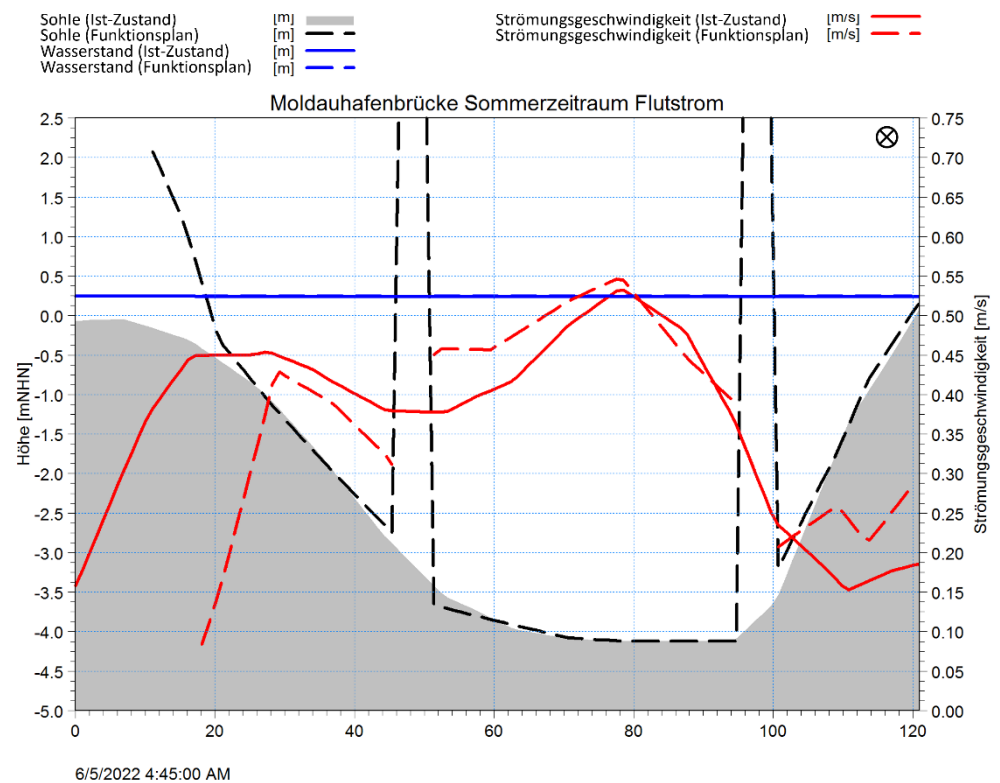


Abbildung C.2. Querschnitt im Funktionszustand an der Moldauhafenbrücke im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).

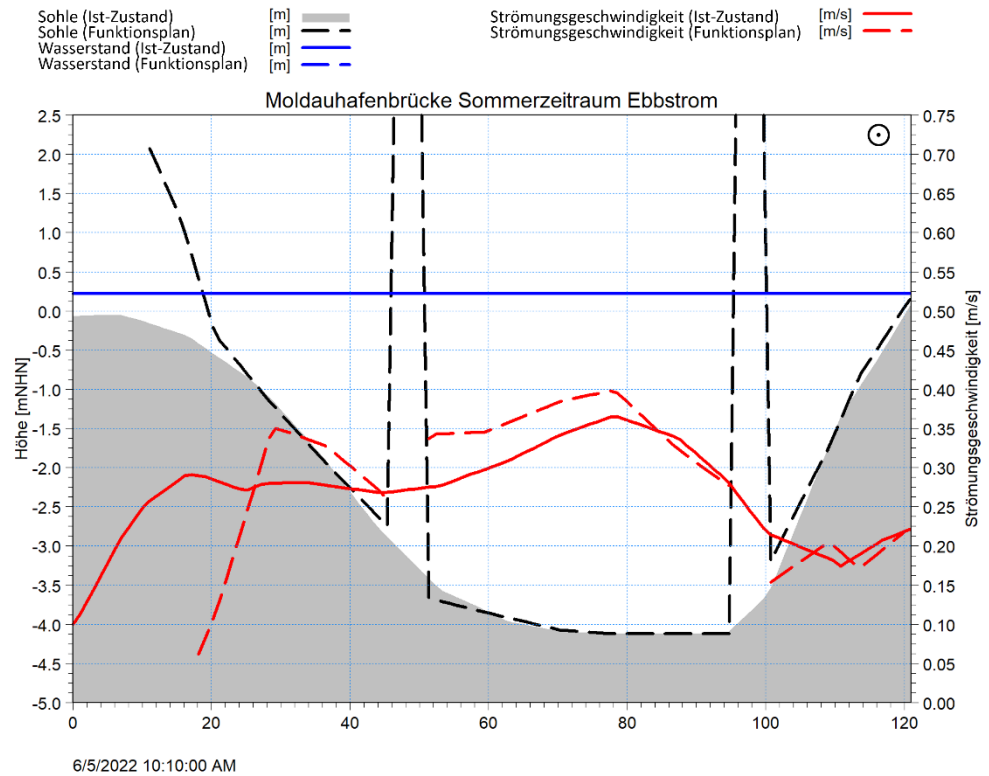


Abbildung C.3. Querschnitt im Funktionszustand an der Moldauhafenbrücke im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:00 Uhr).

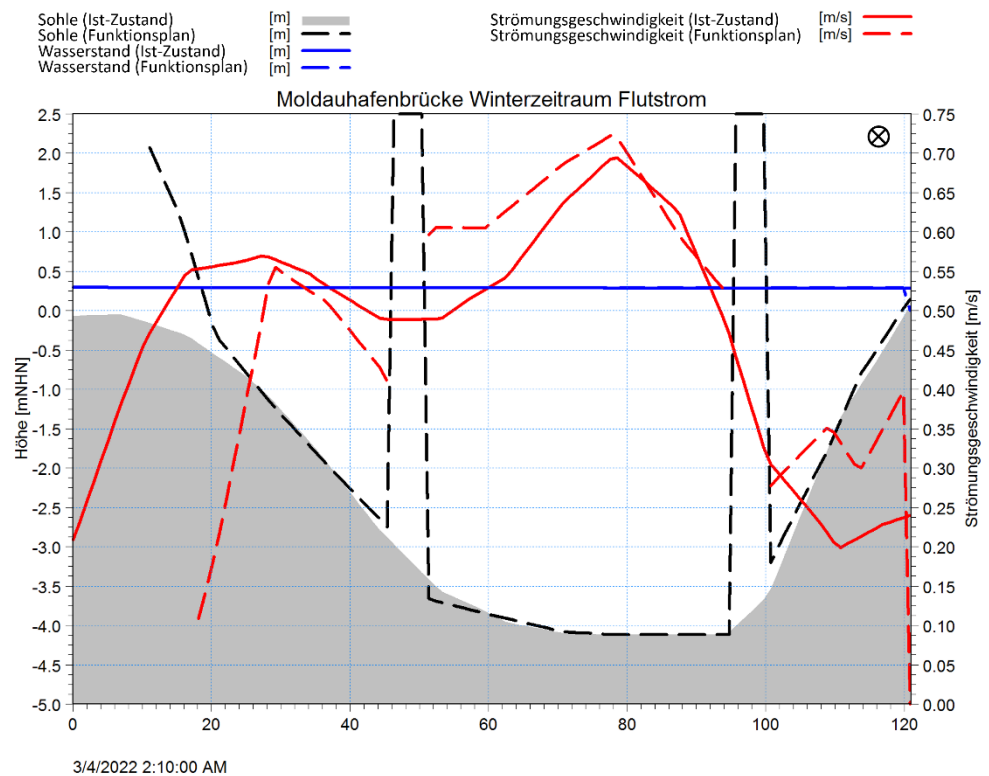


Abbildung C.4. Querschnitt im Funktionszustand an der Moldauhafenbrücke im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).

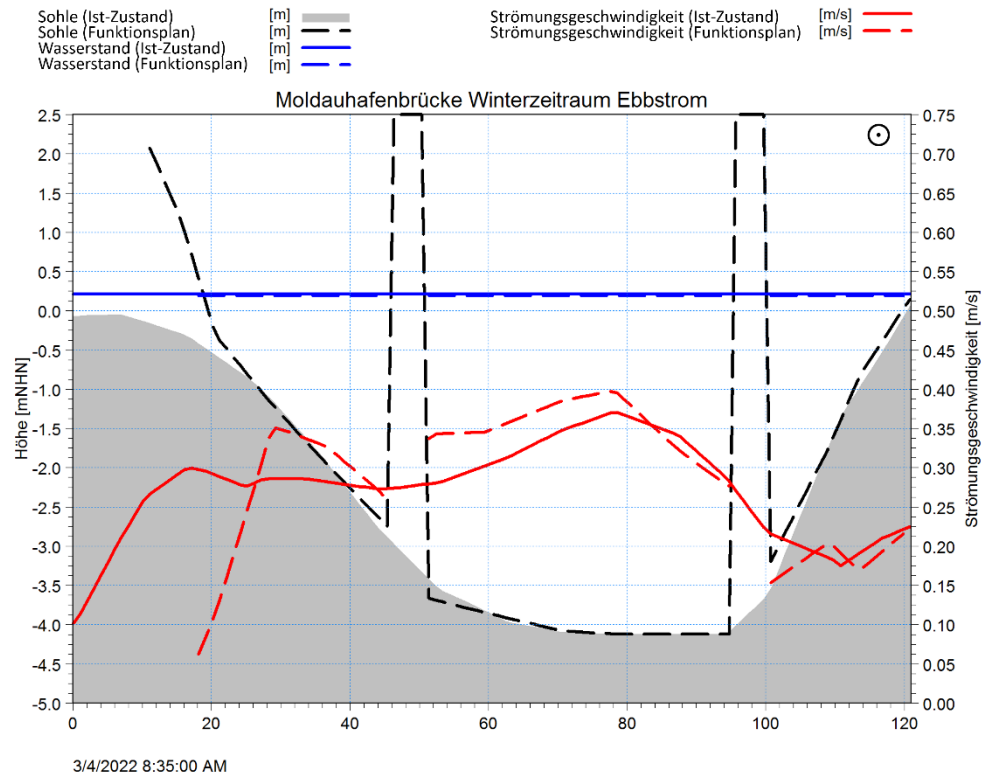


Abbildung C.5. Querschnitt im Funktionszustand an der Moldauhafenbrücke im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).

Appendix C.1.2

Baufeld 26

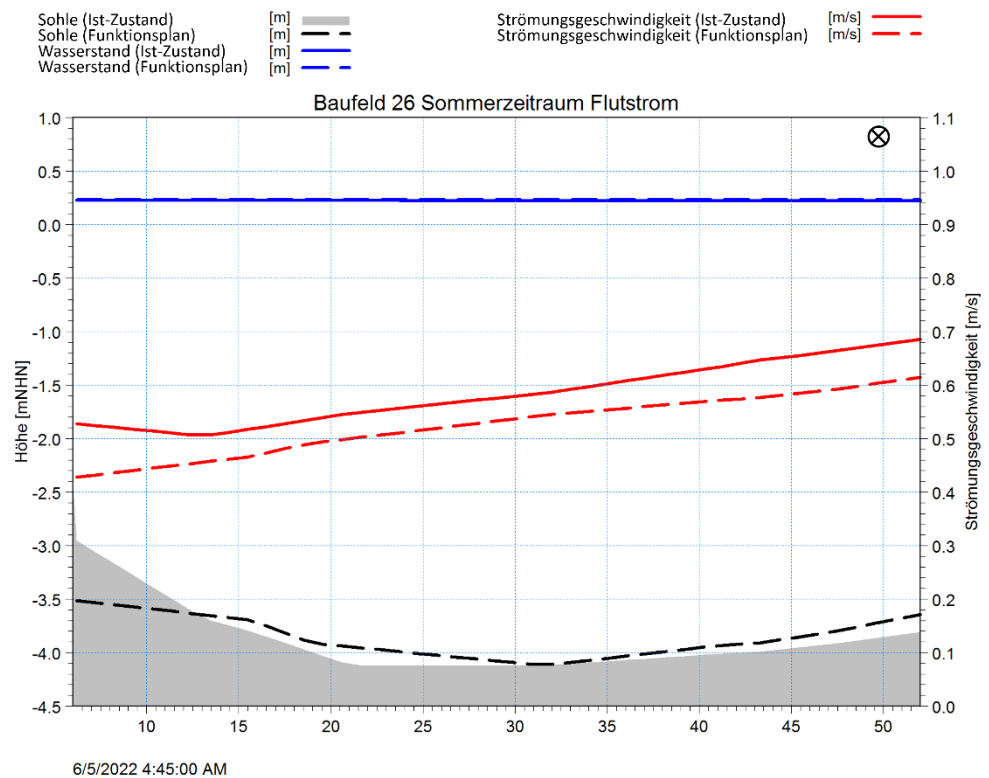


Abbildung C.6. Querschnitt im Funktionszustand am Baufeld 26 im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).

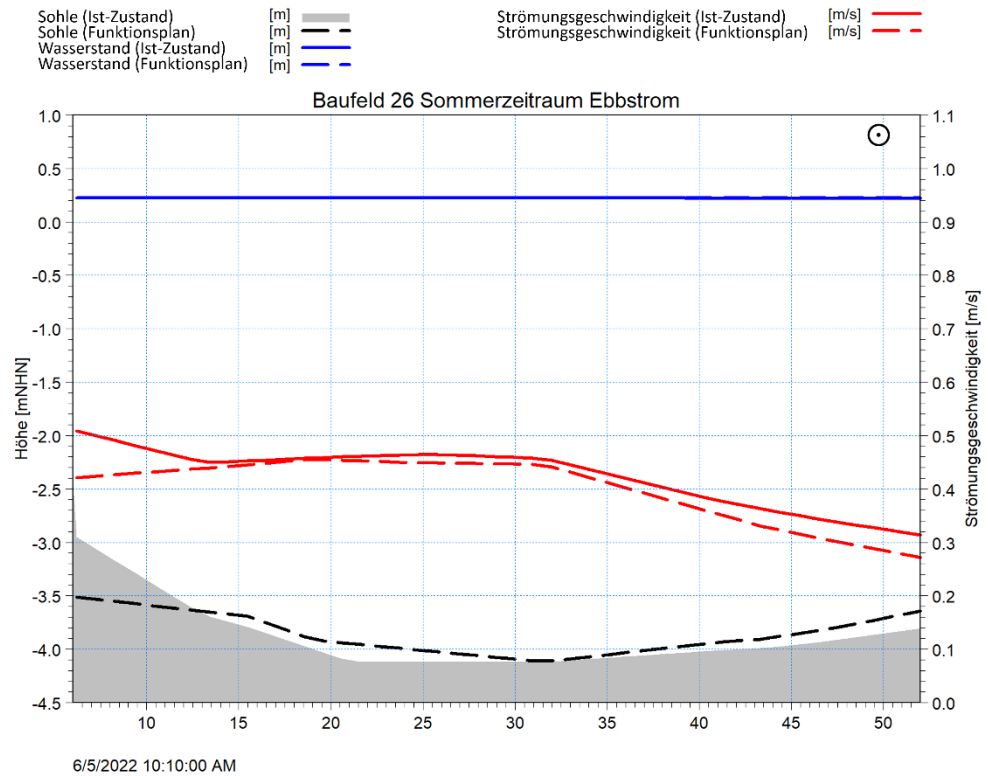


Abbildung C.7. Querschnitt im Funktionszustand am Baufeld 26 im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:00 Uhr).

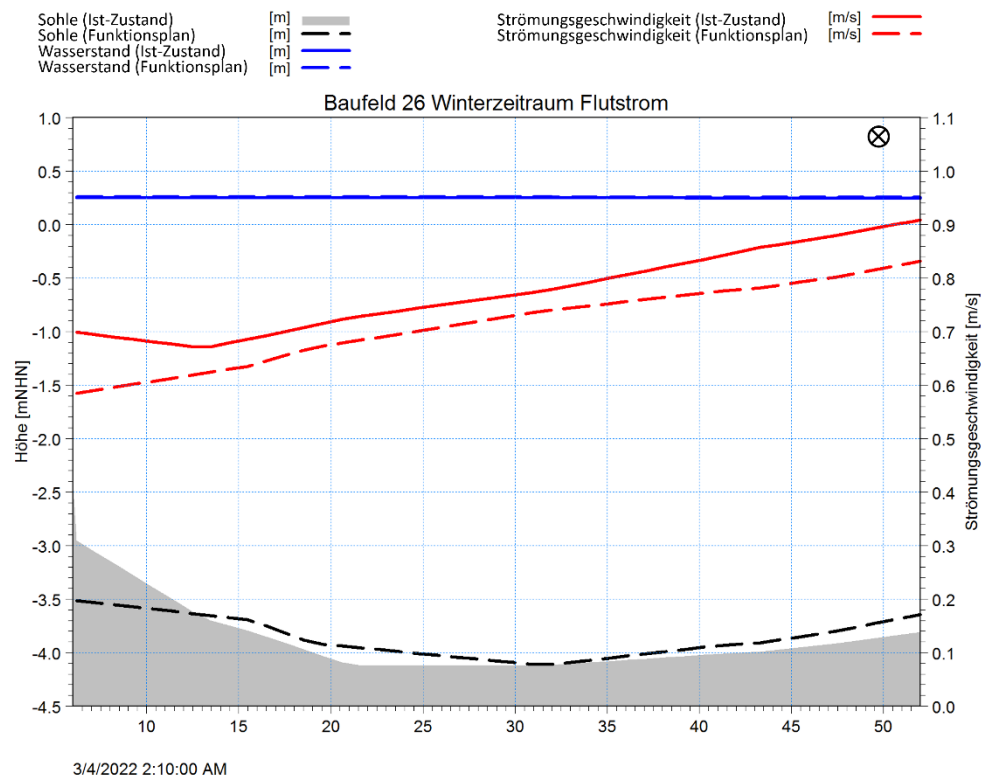


Abbildung C.8. Querschnitt im Funktionszustand am Baufeld 26 im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).

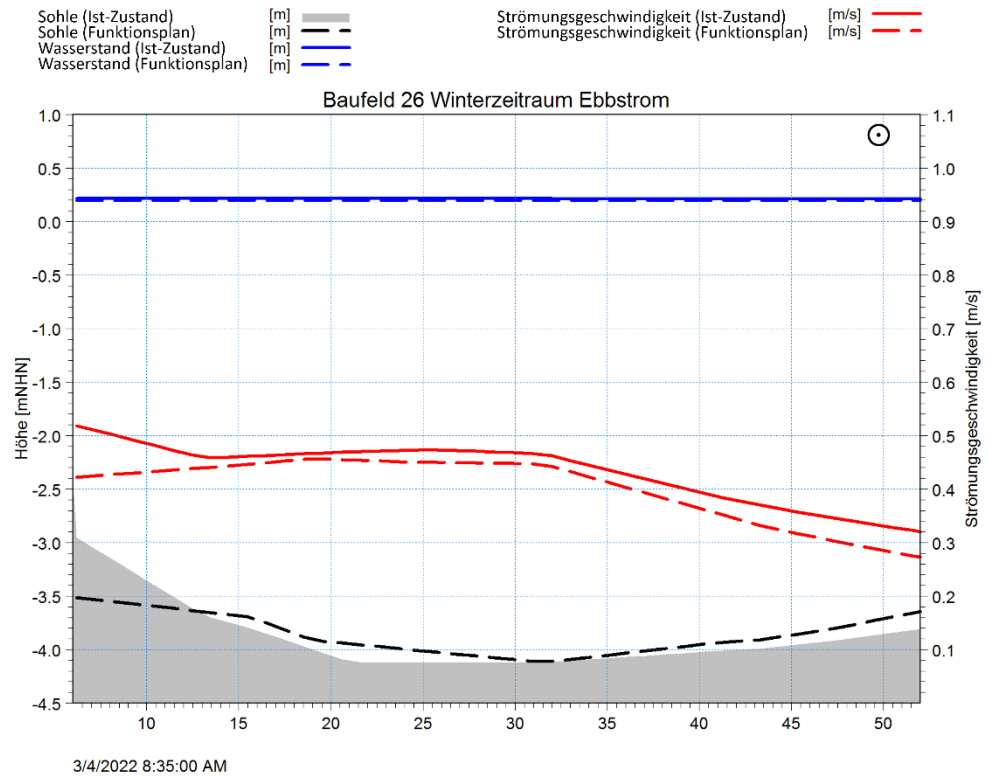


Abbildung C.9. Querschnitt im Funktionszustand am Baufeld 26 im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).

Appendix C.1.3 Querung U-Bahn-Linie 4

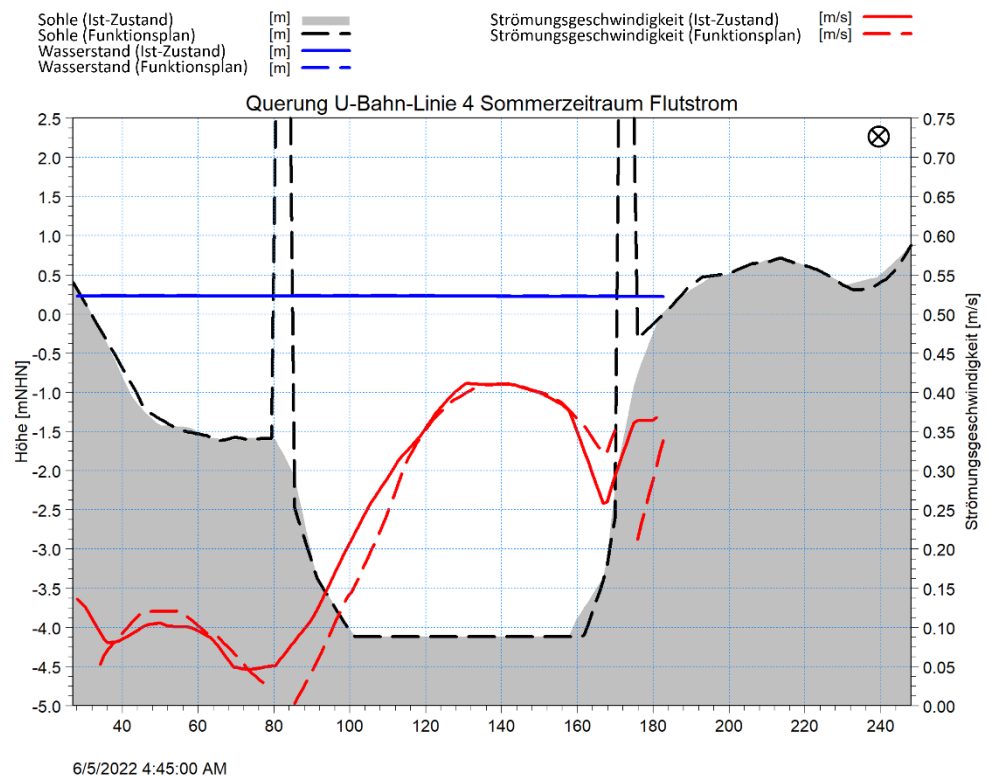


Abbildung C.10. Querschnitt im Funktionszustand an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).

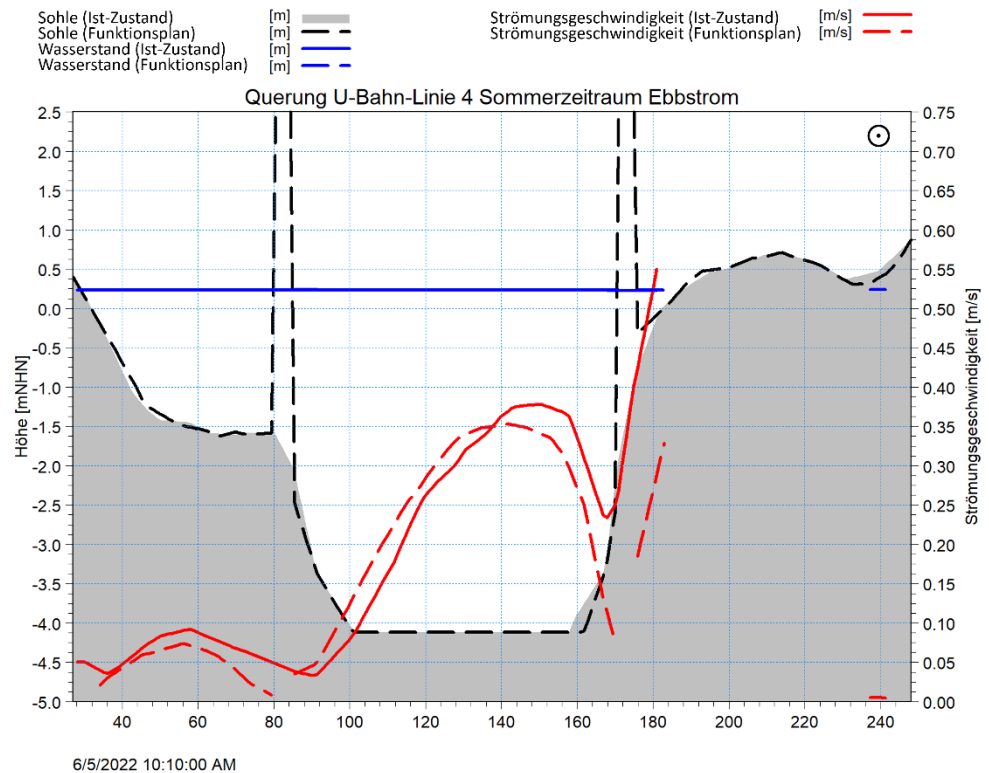


Abbildung C.11. Querschnitt im Funktionszustand an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:00 Uhr).

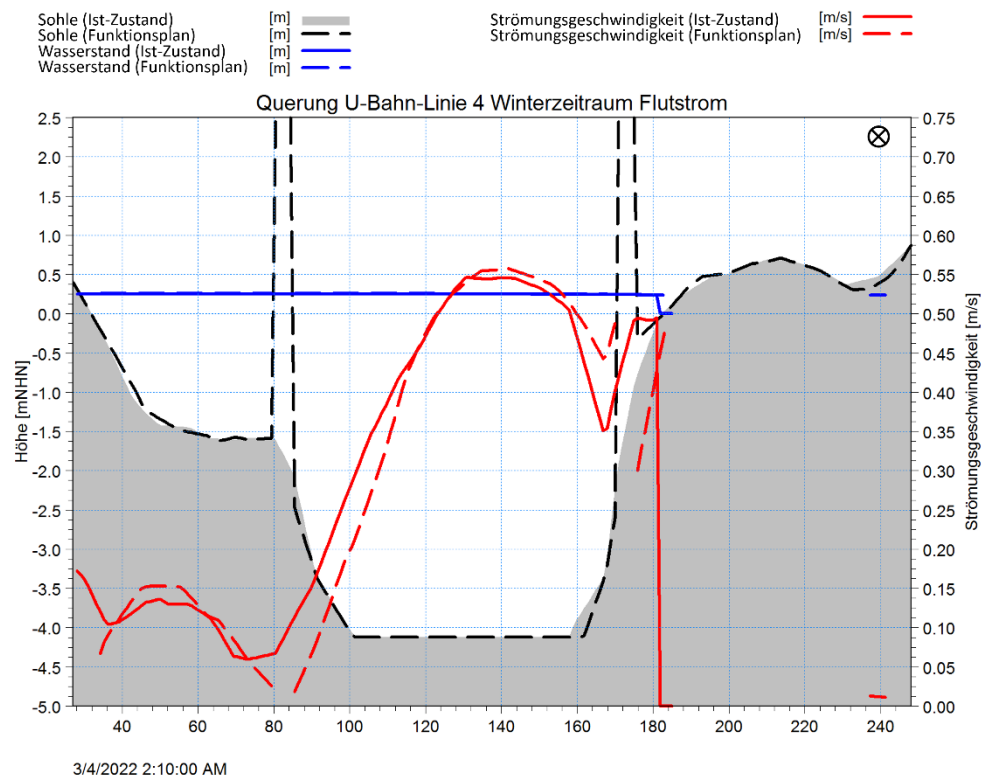


Abbildung C.12. Querschnitt im Funktionszustand an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).

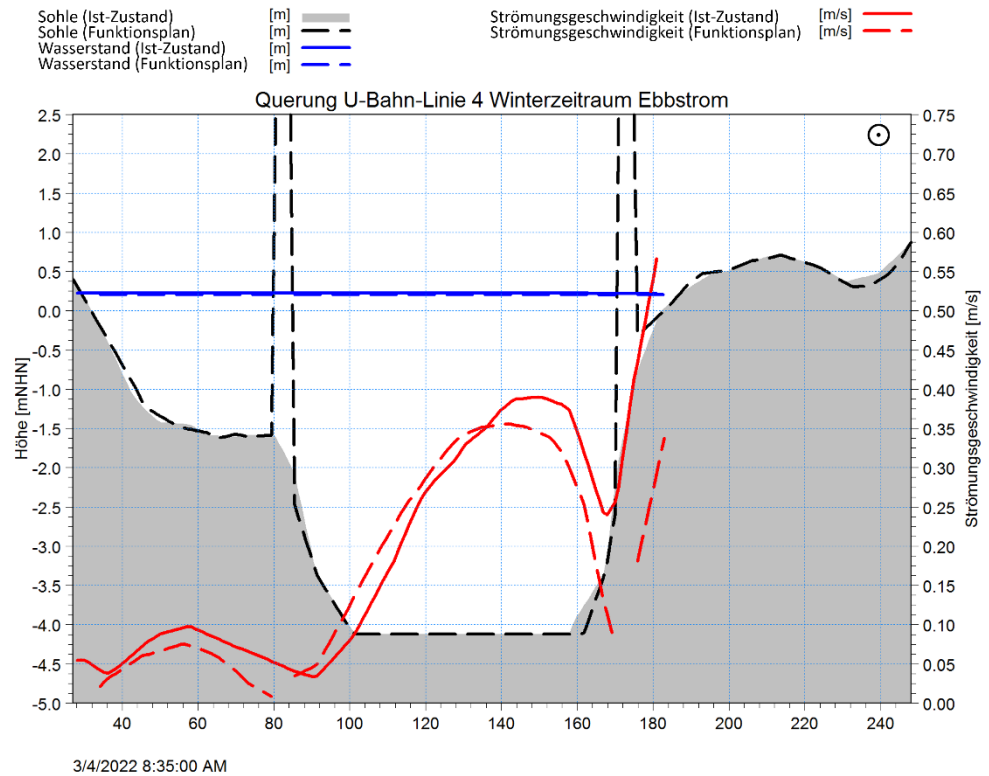


Abbildung C.13. Querschnitt im Funktionszustand an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).

Appendix C.1.4

Einfahrt Hansahafen

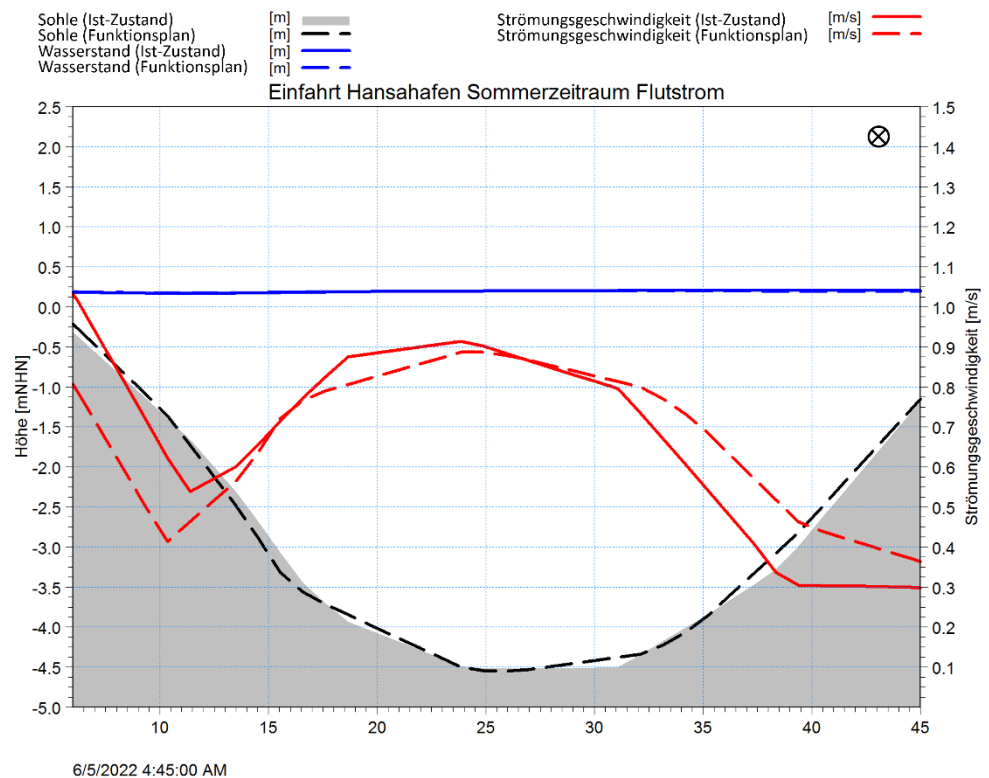


Abbildung C.14. Querschnitt im Funktionszustand an der Einfahrt zum Hansahafen im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).

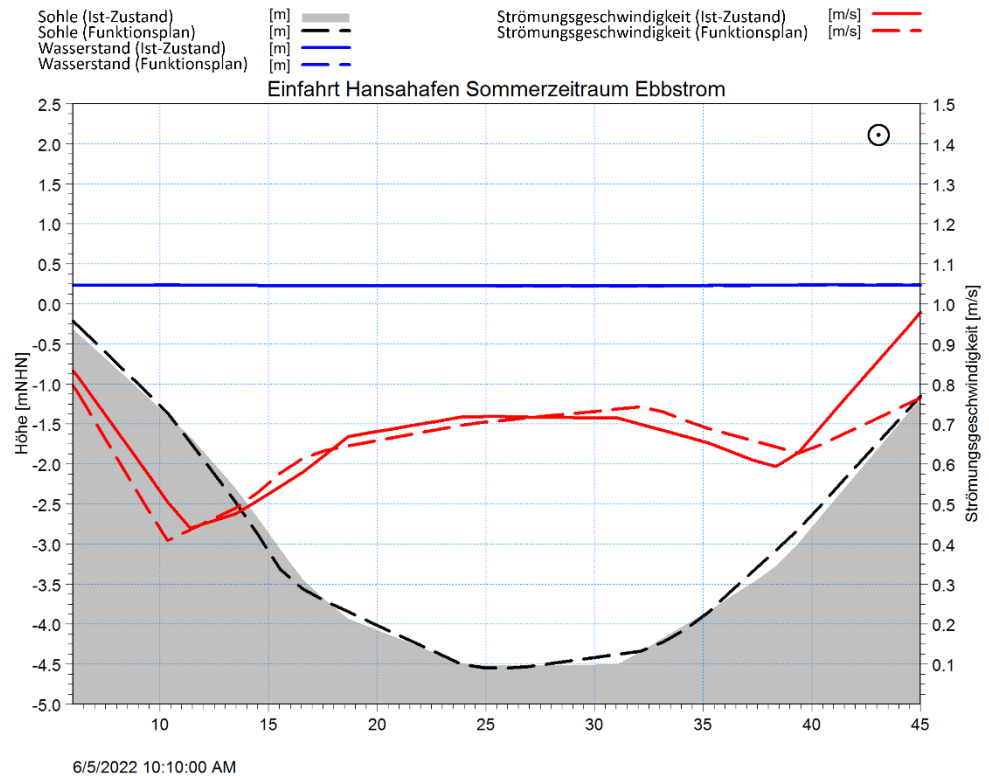


Abbildung C.15. Querschnitt im Funktionszustand an der Einfahrt zum Hansahafen im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:10 Uhr).

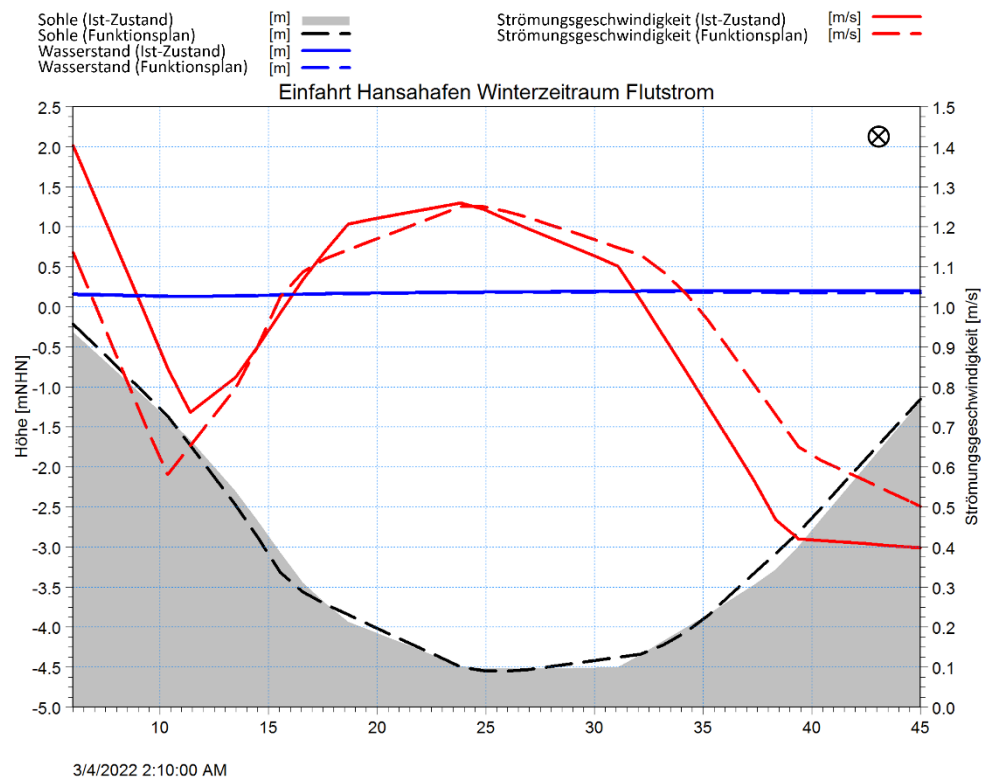


Abbildung C.16. Querschnitt im Funktionszustand an der Einfahrt zum Hansahafen im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).

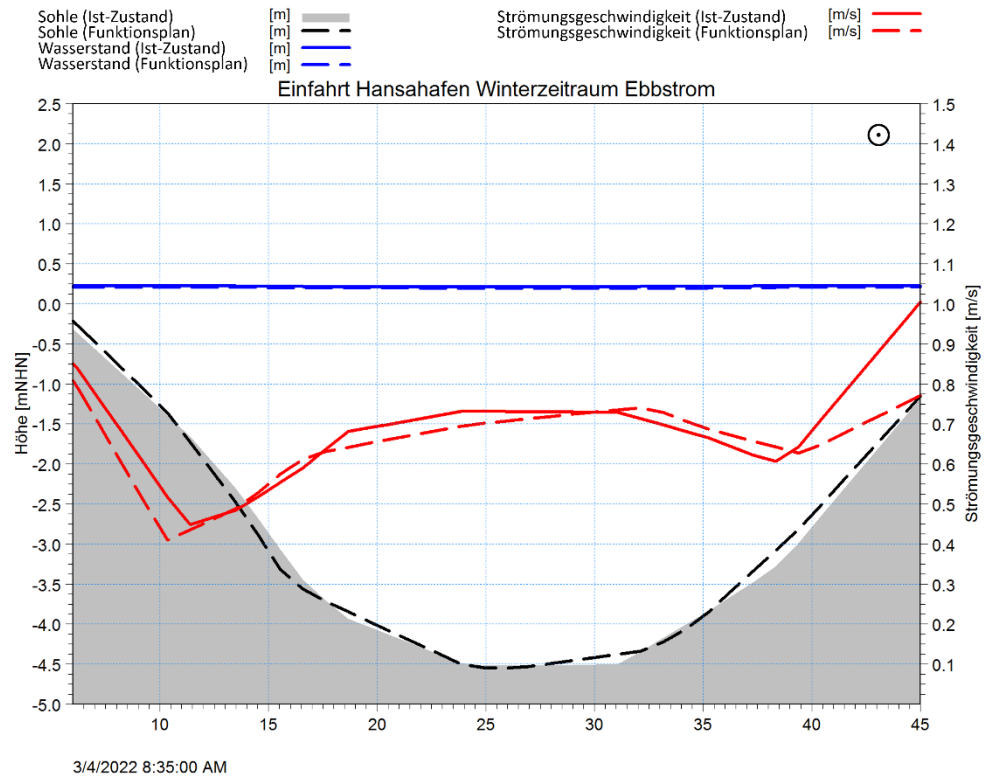


Abbildung C.17. Querschnitt im Funktionszustand an der Einfahrt zum Hansahafen im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).

Appendix C.1.5

Einfahrt Spreehafen

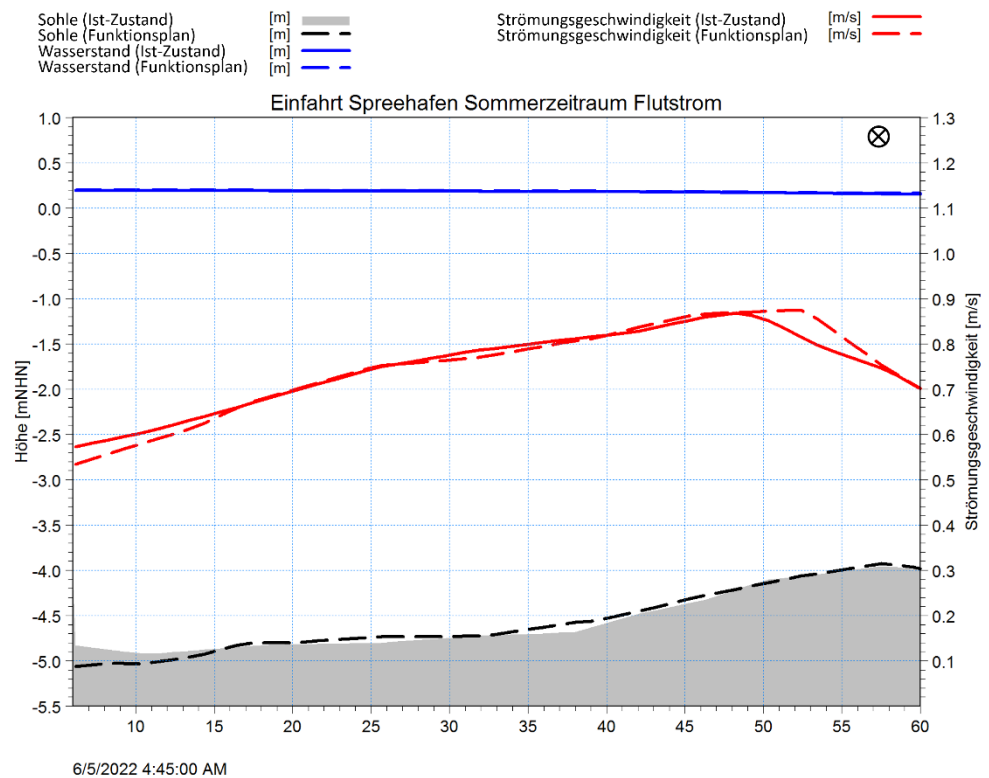


Abbildung C.18. Querschnitt im Funktionszustand an der Einfahrt zum Spreehafen im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).

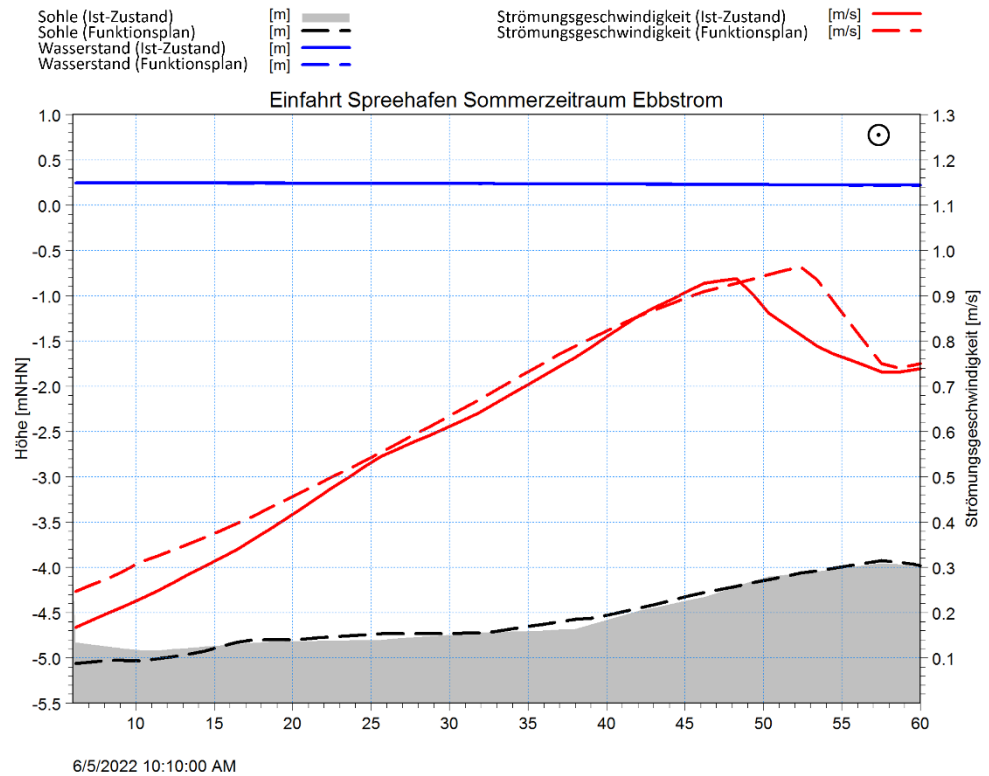


Abbildung C.19. Querschnitt im Funktionszustand an der Einfahrt zum Spreehafen im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:10 Uhr).

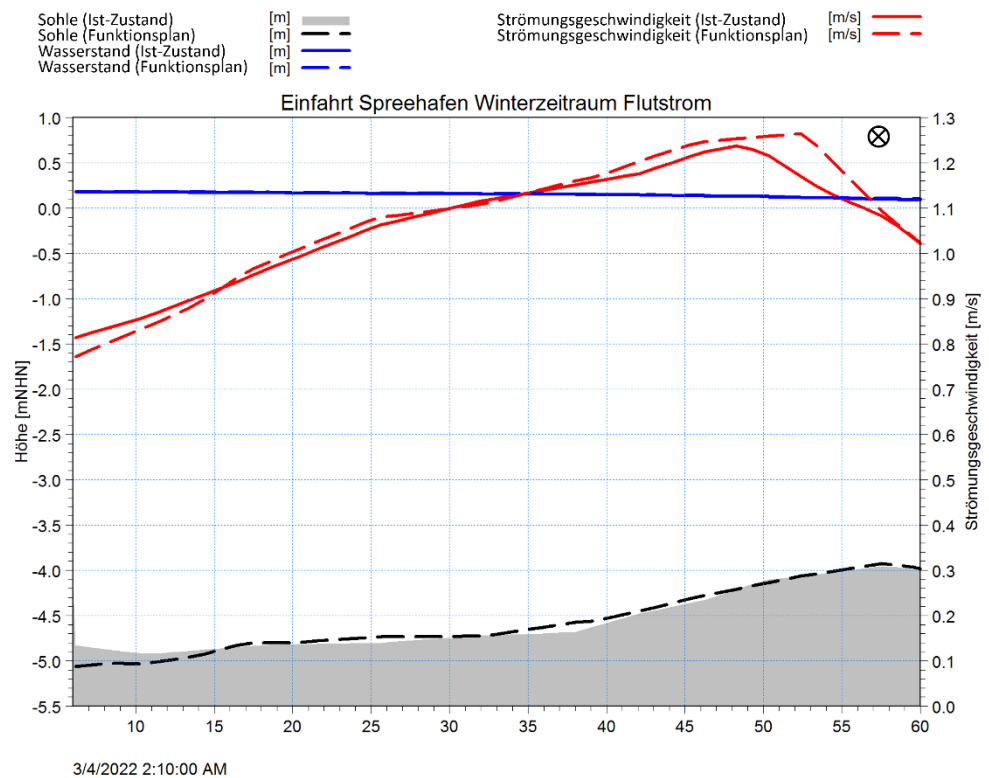


Abbildung C.20. Querschnitt im Funktionszustand an der Einfahrt zum Spreehafen im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).

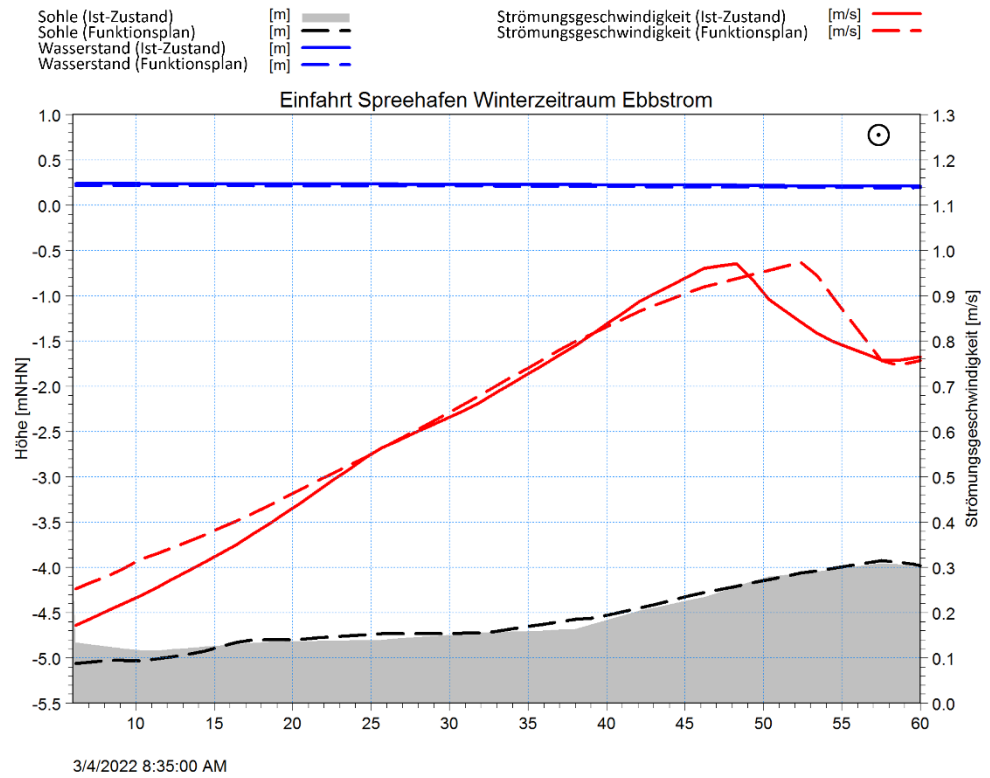


Abbildung C.21. Querschnitt im Funktionszustand an der Einfahrt zum Spreehafen im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).

Appendix C.2 Entwurfsplan

Appendix C.2.1 Moldauhafenbrücke

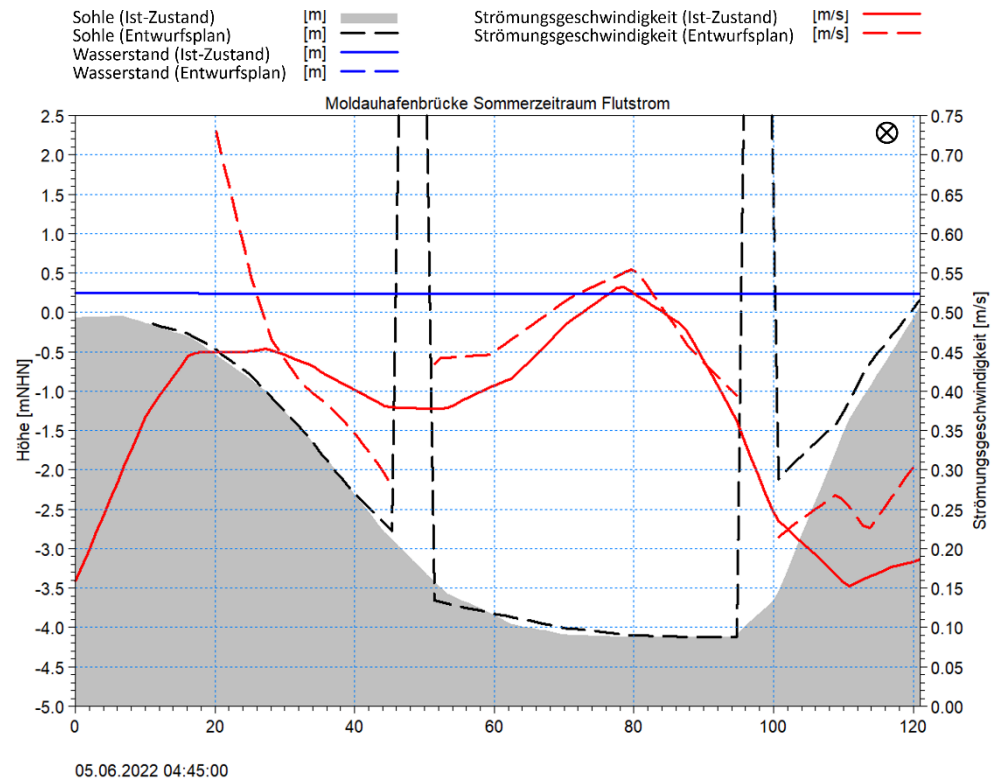


Abbildung C.22. Querschnitt im Entwurfszustand an der Moldauhafenbrücke im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).

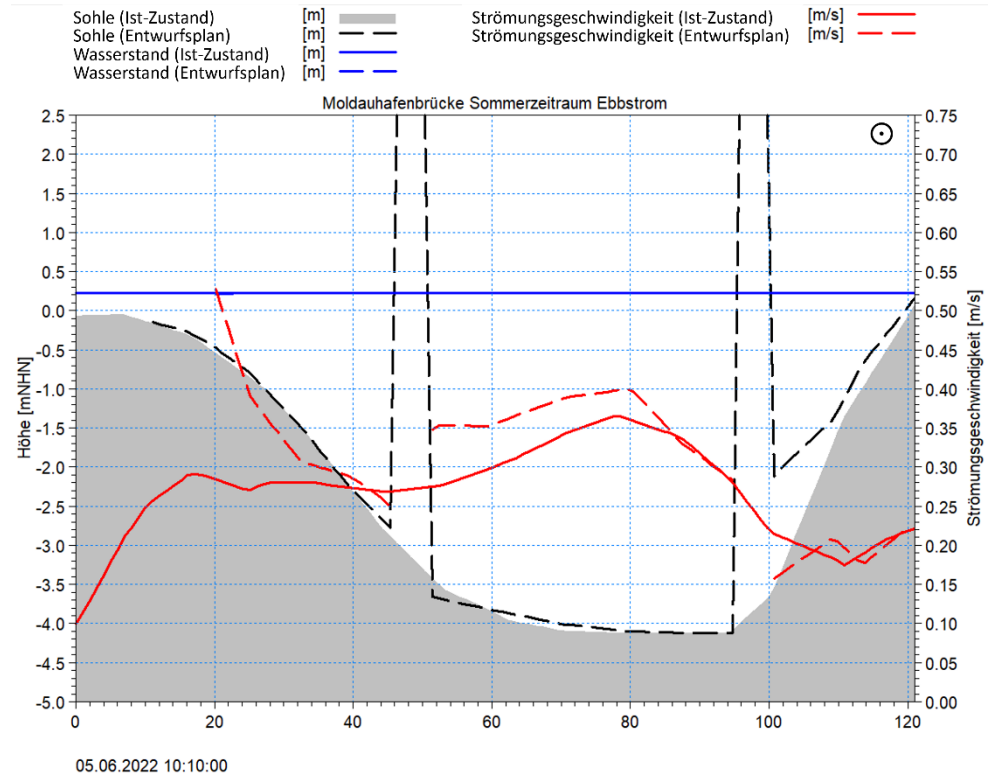


Abbildung C.23. Querschnitt im Entwurfzustand an der Moldauhafenbrücke im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:00 Uhr).

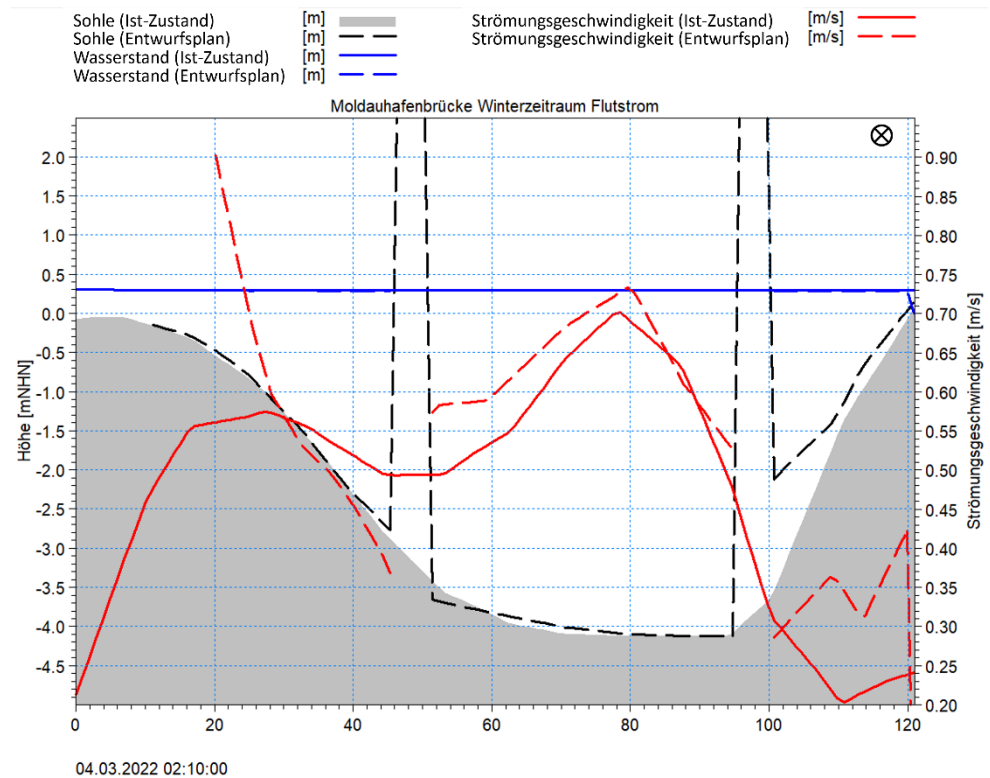


Abbildung C.24. Querschnitt im Entwurfzustand an der Moldauhafenbrücke im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).

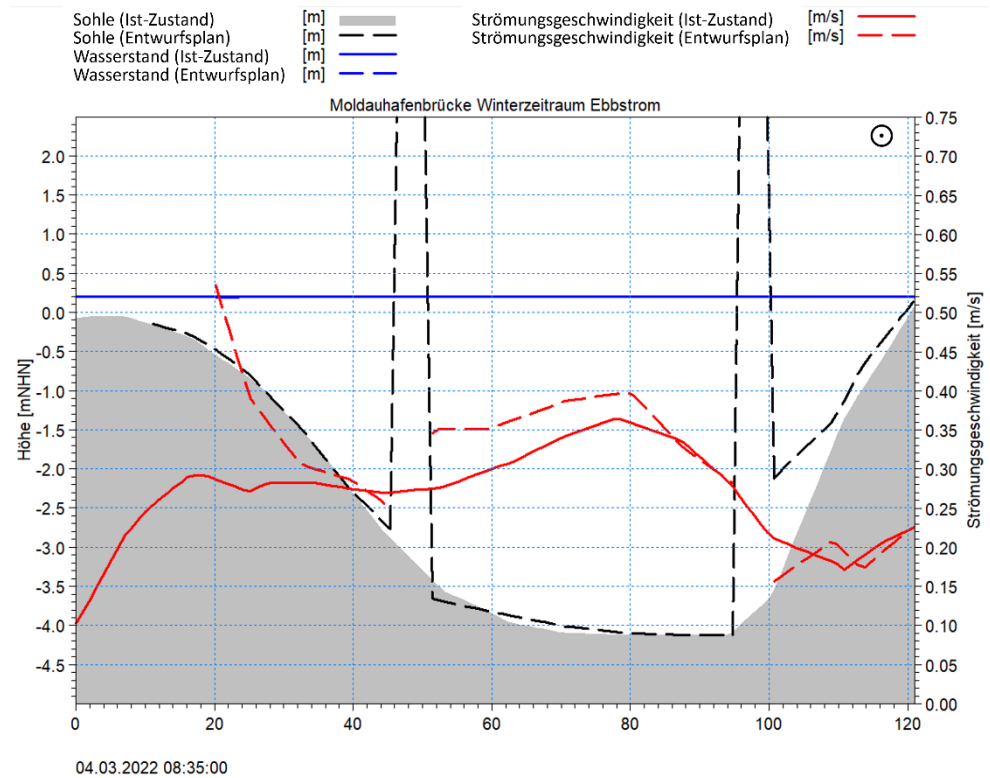


Abbildung C.25. Querschnitt im Entwurfzustand an der Moldauhafenbrücke im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).

Appendix C.2.2

Baufeld 26

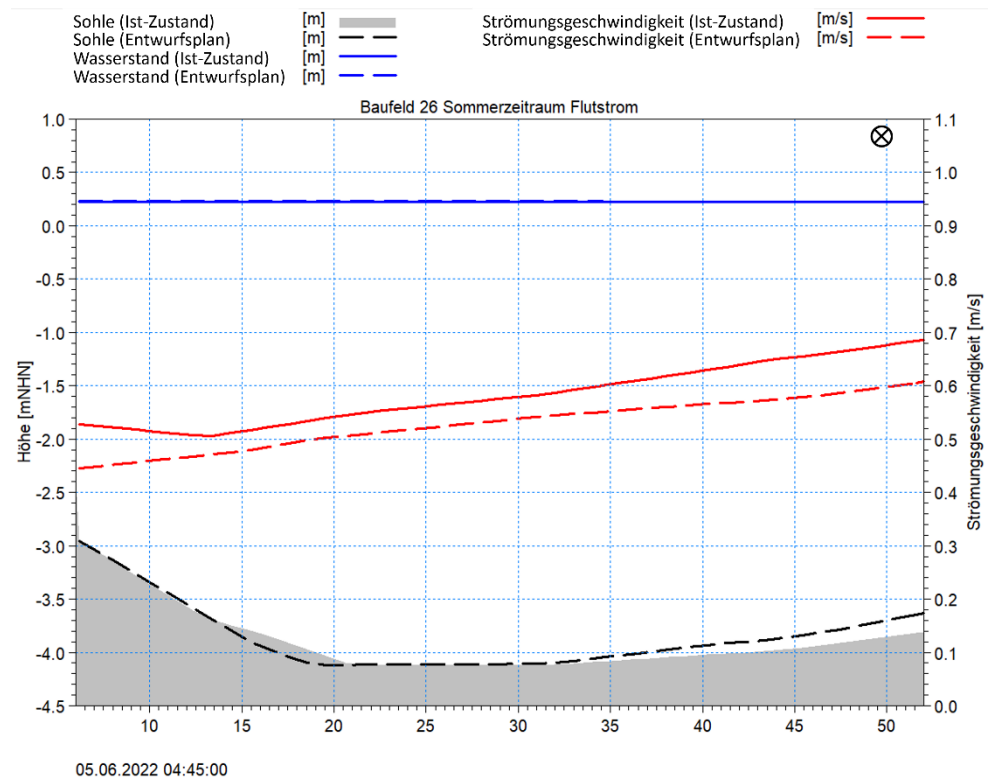


Abbildung C.26. Querschnitt im Entwurfzustand am Baufeld 26 im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).

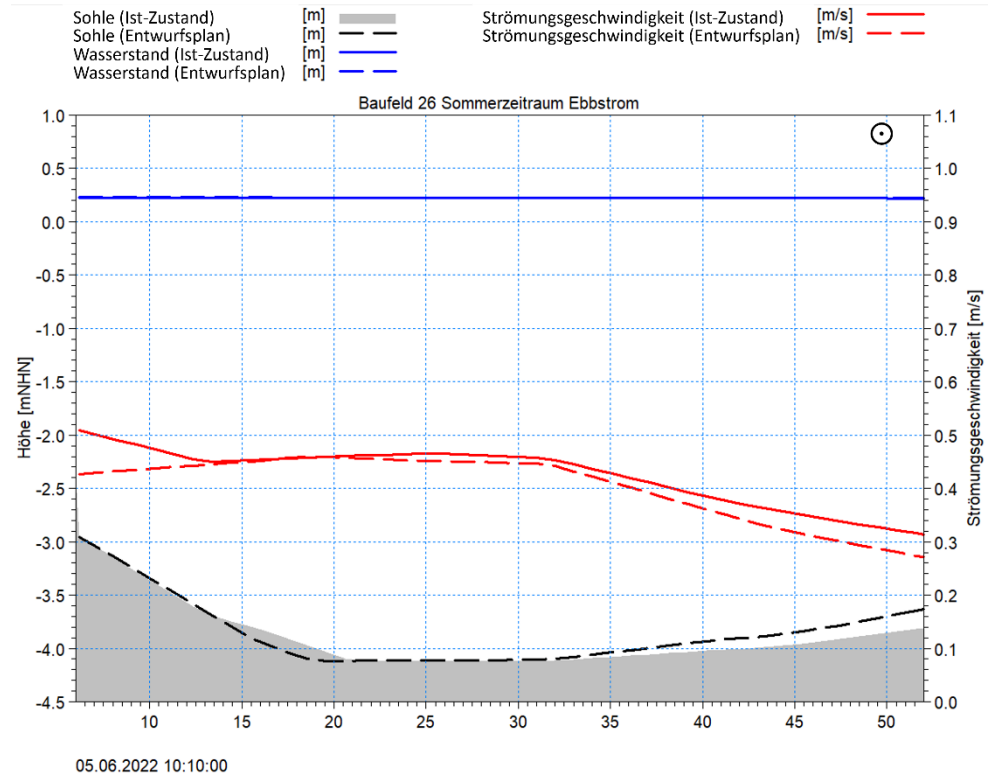


Abbildung C.27. Querschnitt im Entwurfzustand am Baufeld 26 im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:00 Uhr).

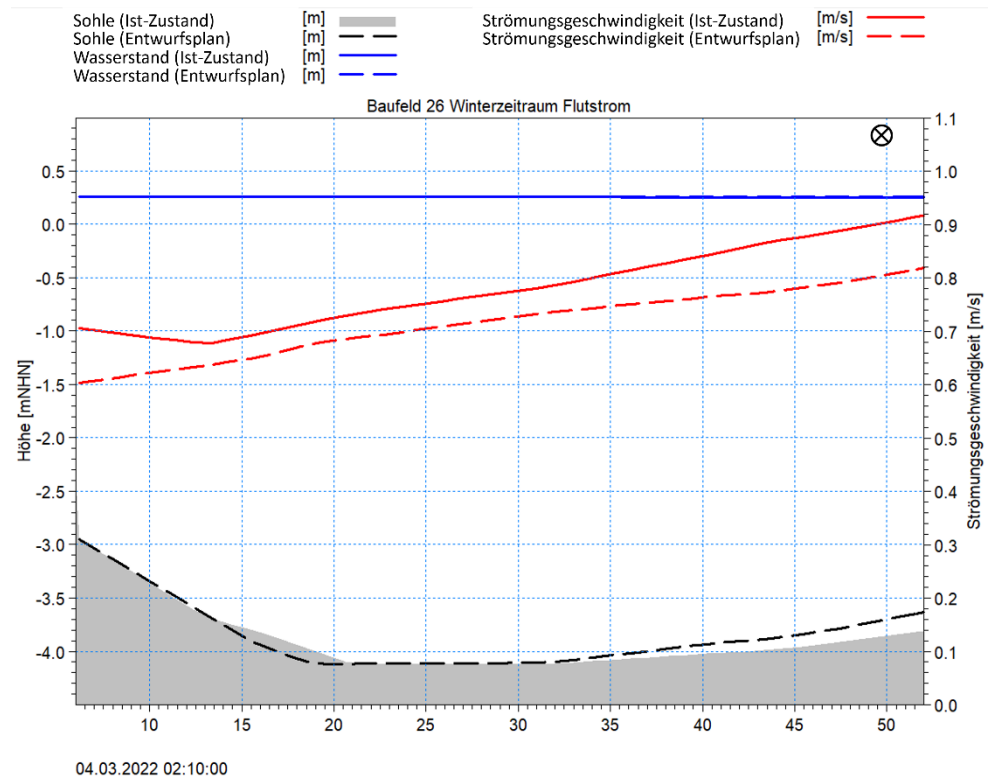


Abbildung C.28. Querschnitt im Entwurfzustand am Baufeld 26 im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).

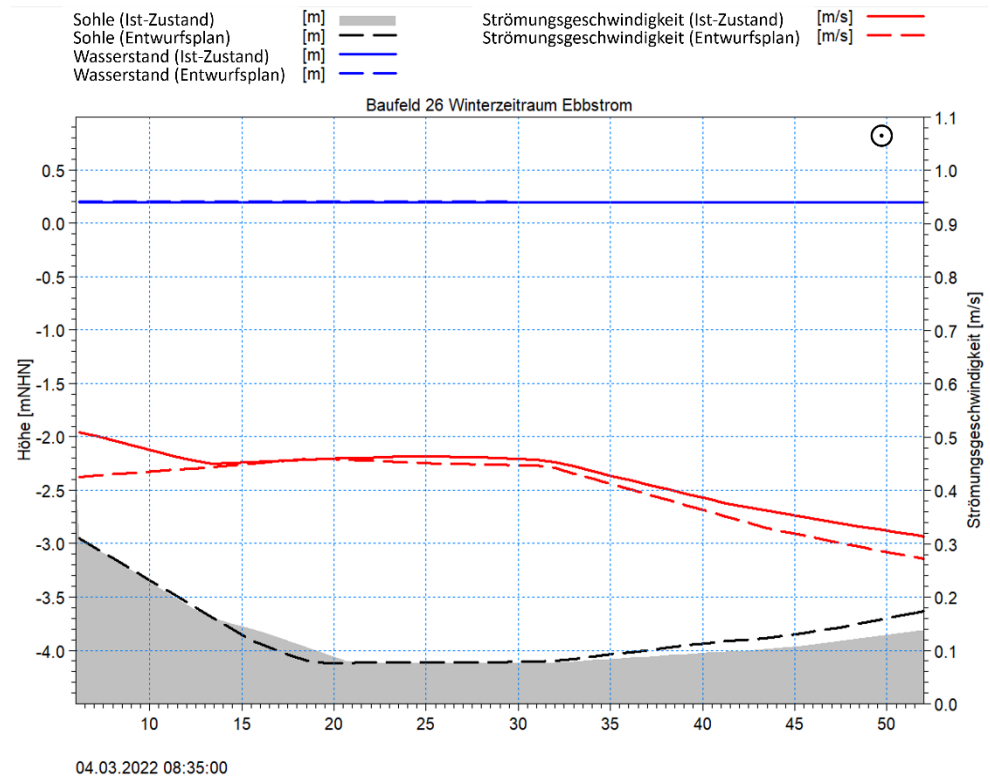


Abbildung C.29. Querschnitt im Entwurfzustand am Baufeld 26 im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).

Appendix C.2.3

Querung U-Bahn-Linie 4

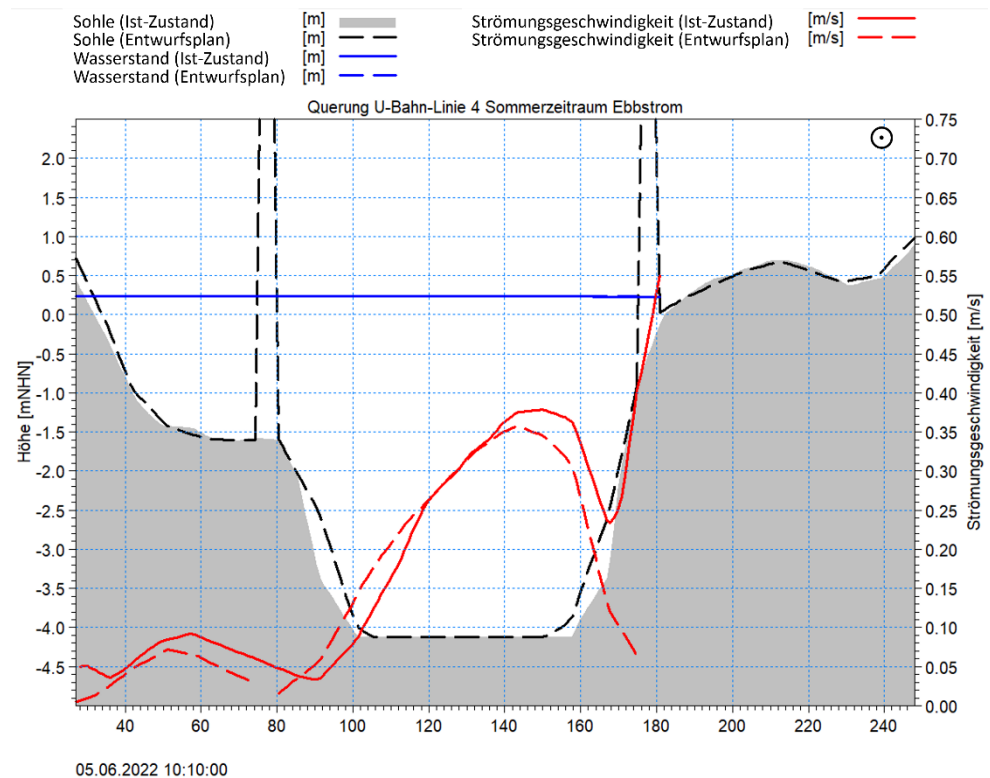


Abbildung C.30. Querschnitt im Entwurfzustand an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).

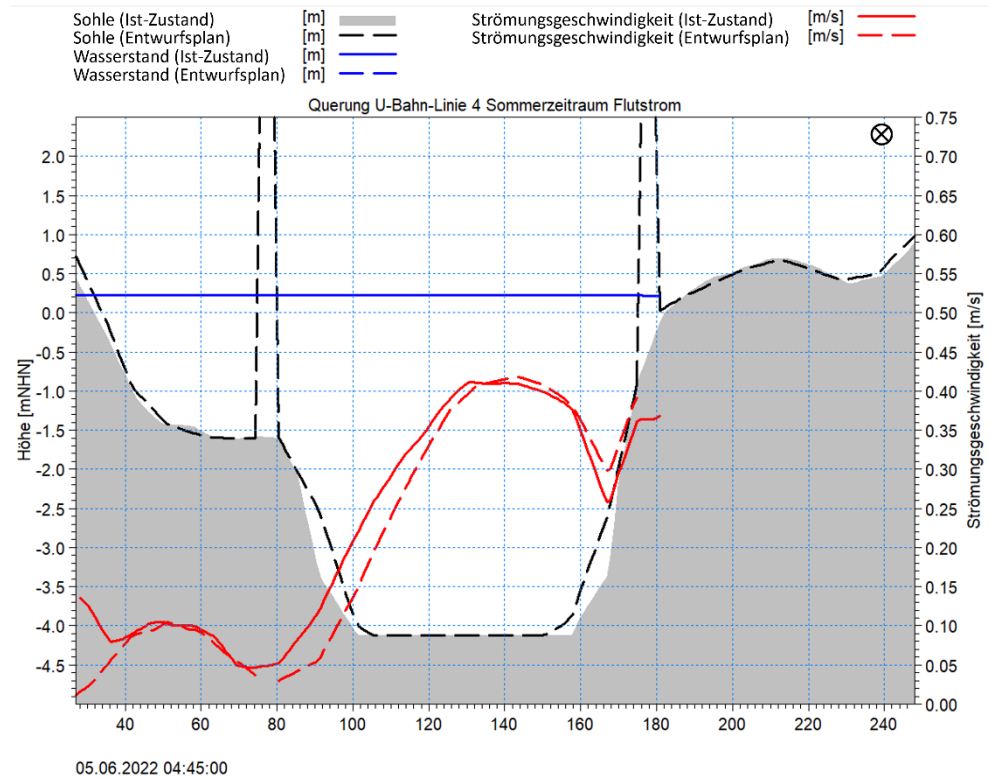


Abbildung C.31. Querschnitt im Entwurfzustand an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:00 Uhr).

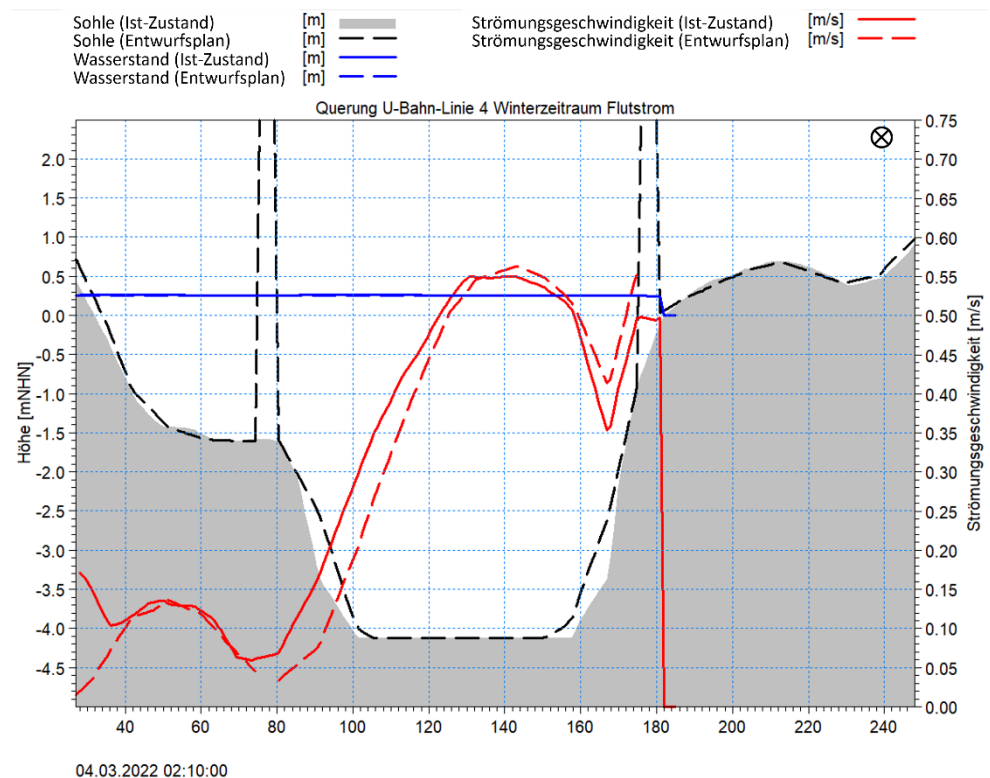


Abbildung C.32. Querschnitt im Entwurfzustand an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).

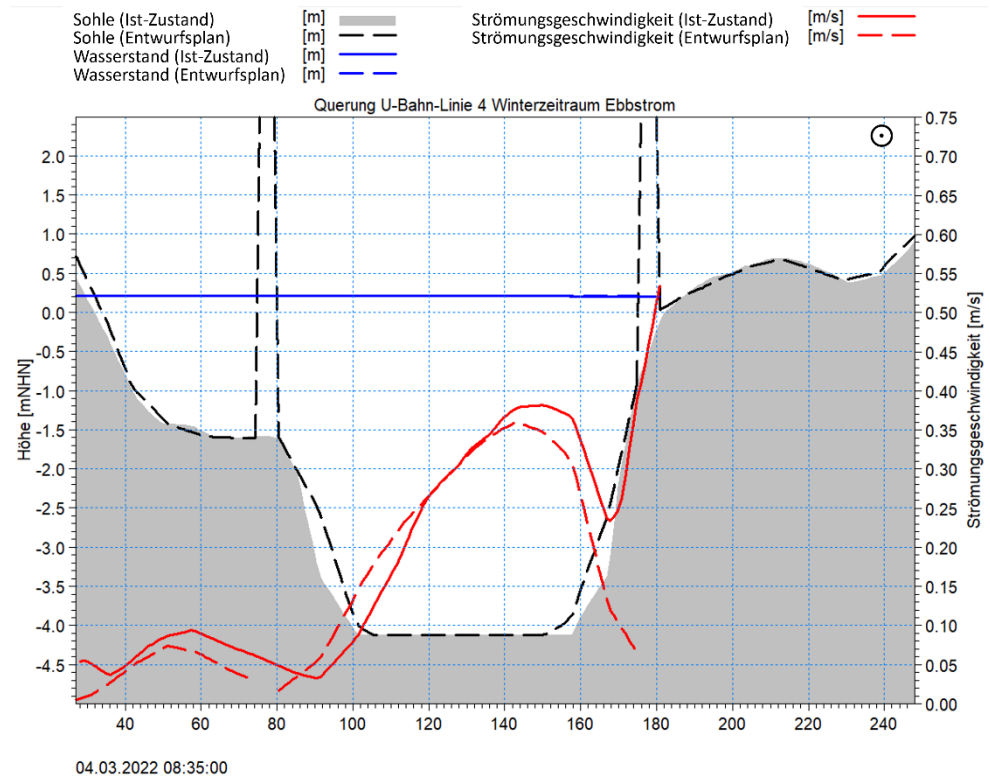


Abbildung C.33. Querschnitt im Entwurfzustand an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).

Appendix C.2.4

Einfahrt Hansahafen

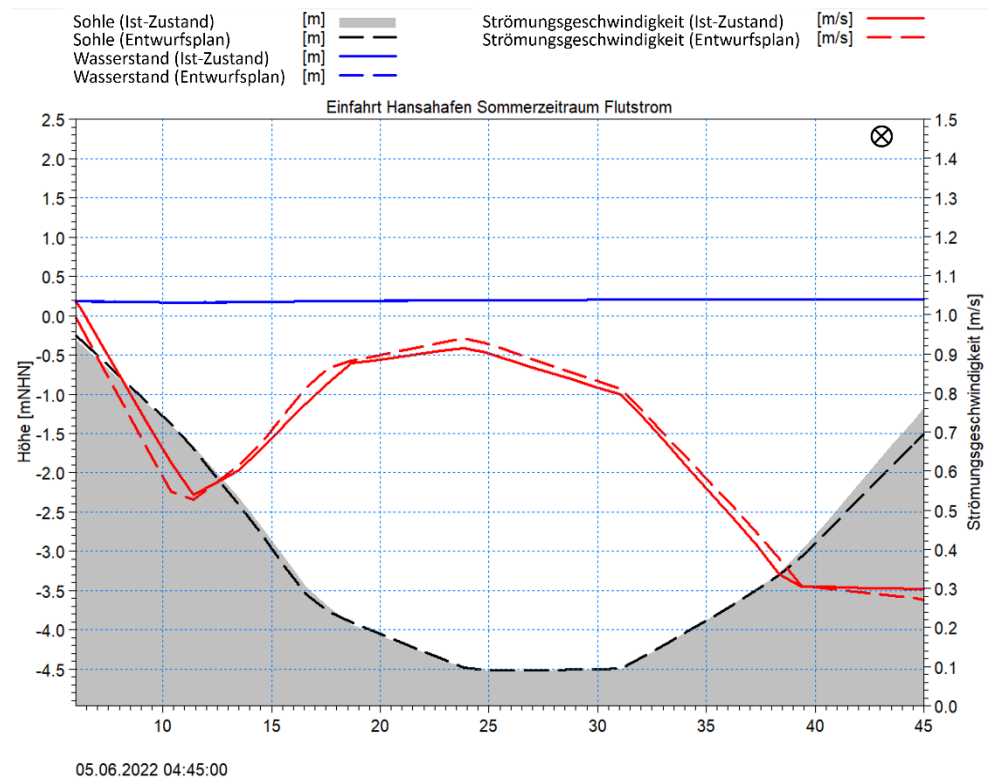


Abbildung C.34. Querschnitt im Entwurfzustand an der Einfahrt zum Hansahafen im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).

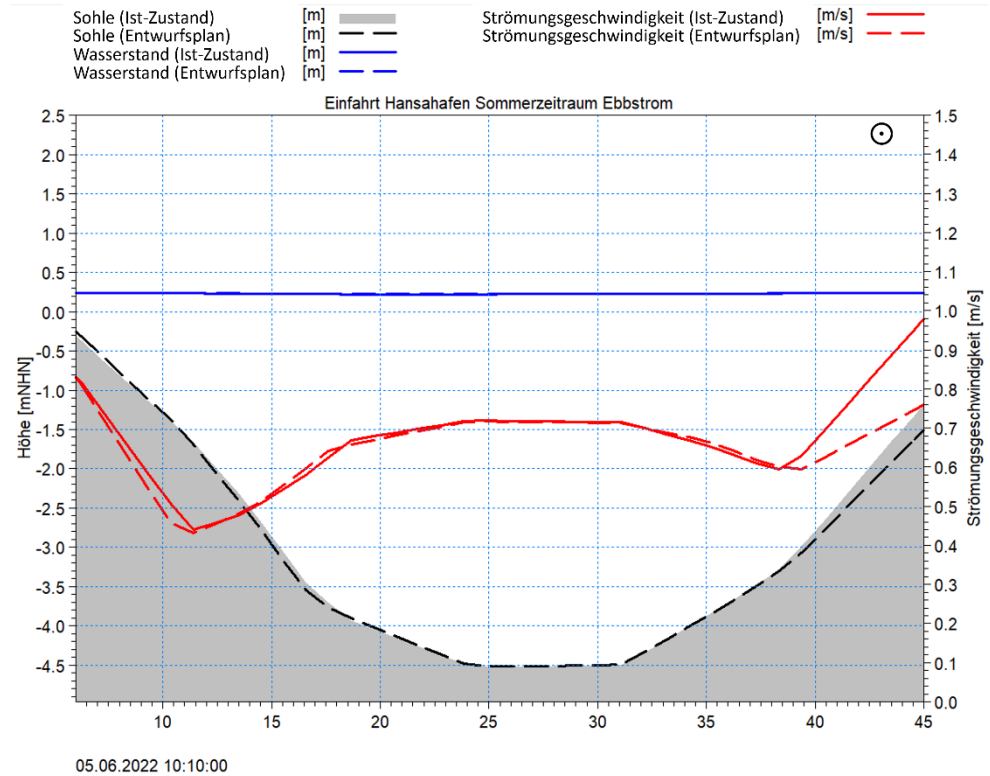


Abbildung C.35. Querschnitt im Entwurfzustand an der Einfahrt zum Hansahafen im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:10 Uhr).

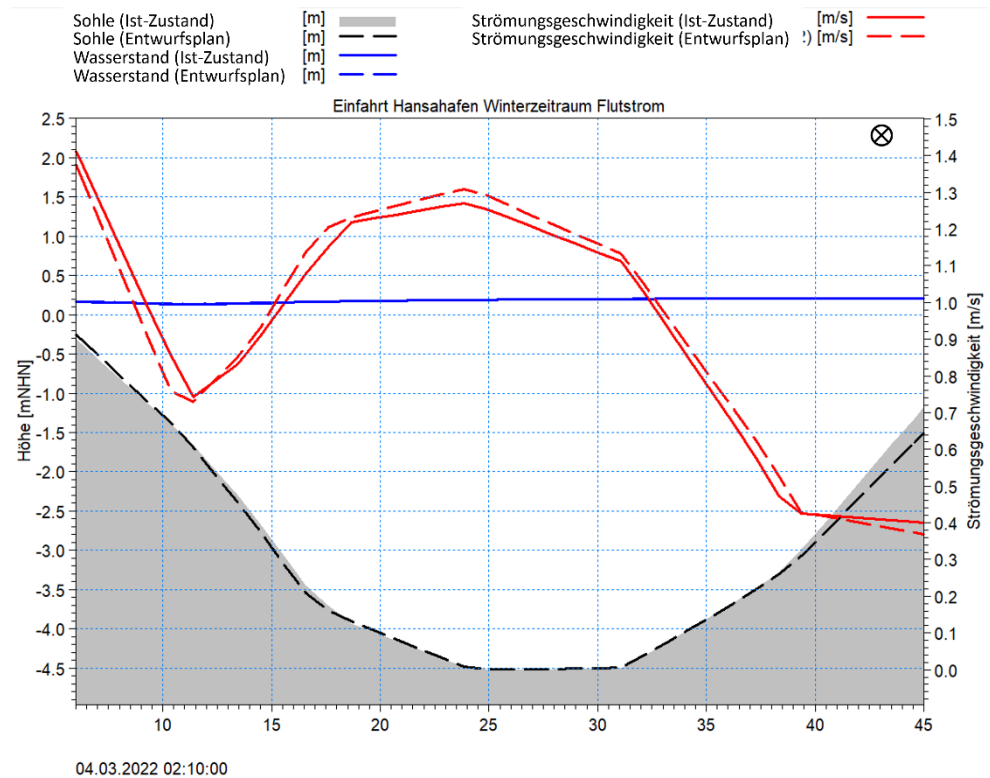


Abbildung C.36. Querschnitt im Entwurfzustand an der Einfahrt zum Hansahafen im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).

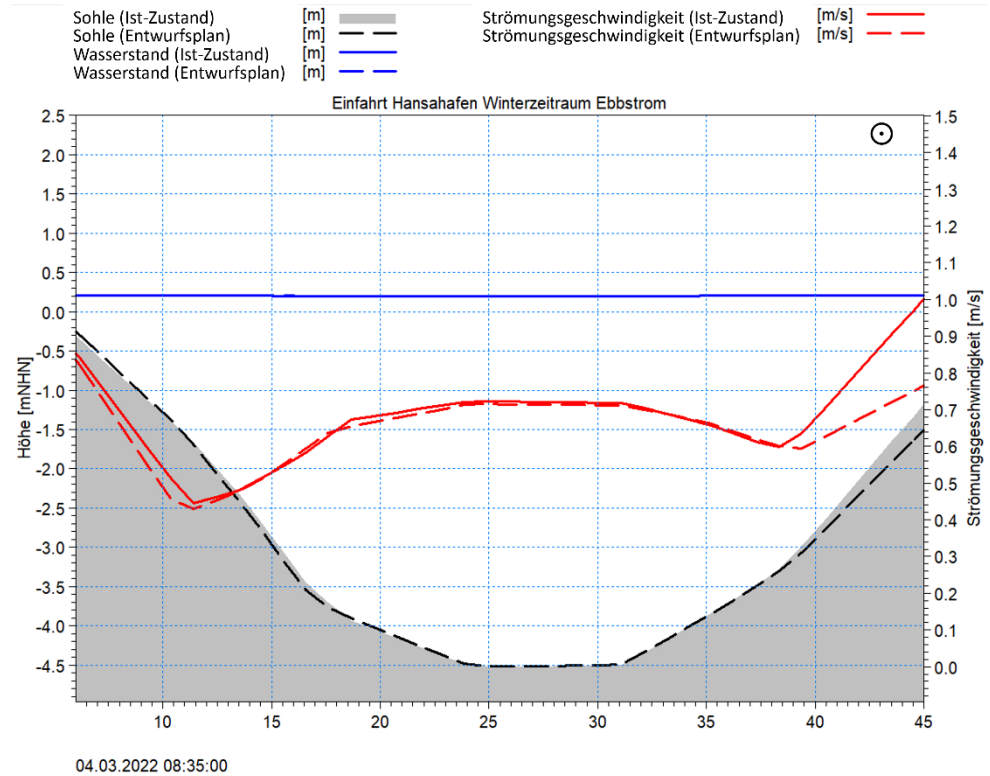


Abbildung C.37. Querschnitt im Entwurfzustand an der Einfahrt zum Hansahafen im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).

Appendix C.2.5

Einfahrt Spreehafen

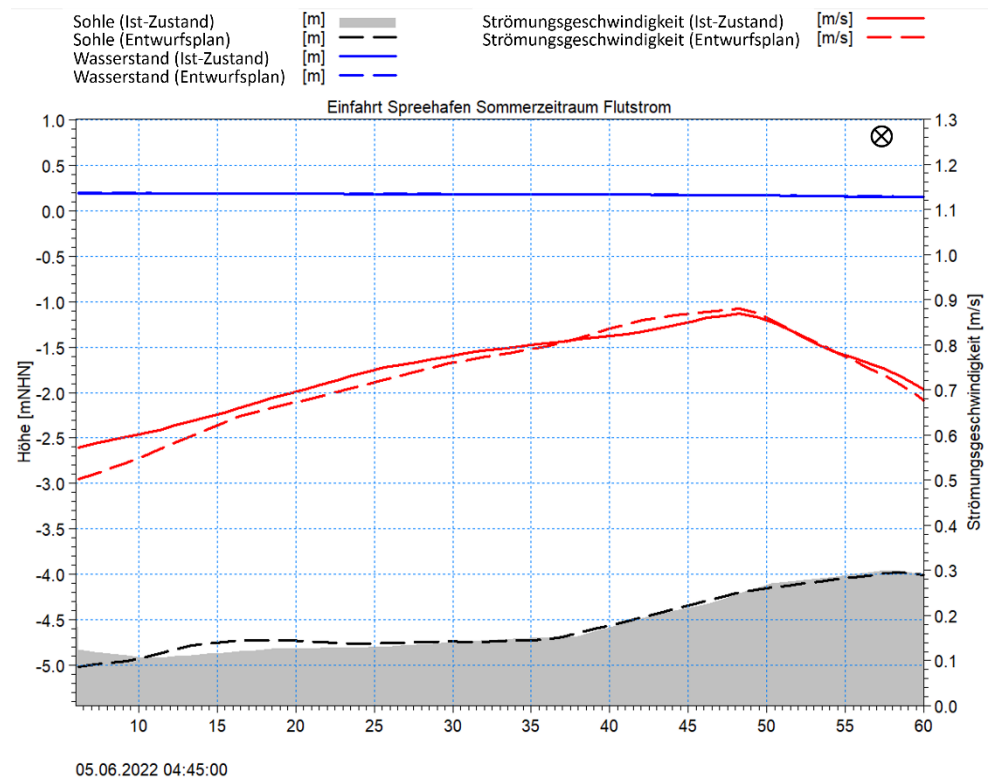


Abbildung C.38. Querschnitt im Entwurfzustand an der Einfahrt zum Spreehafen im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).

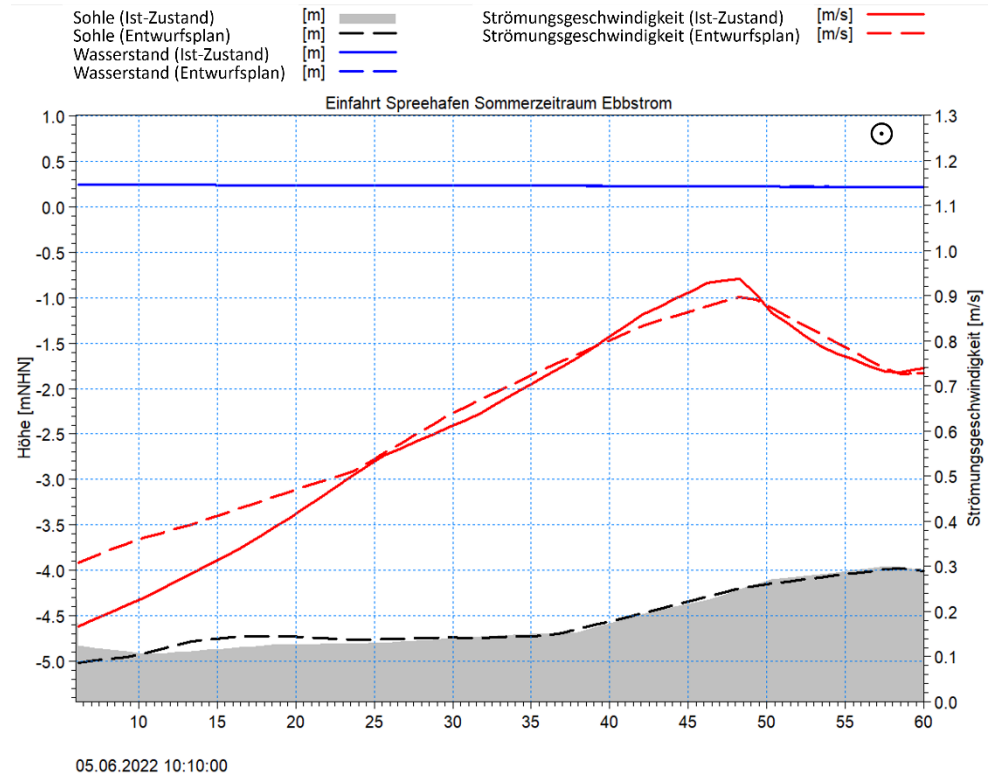


Abbildung C.39. Querschnitt im Entwurfzustand an der Einfahrt zum Spreehafen im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:10 Uhr).

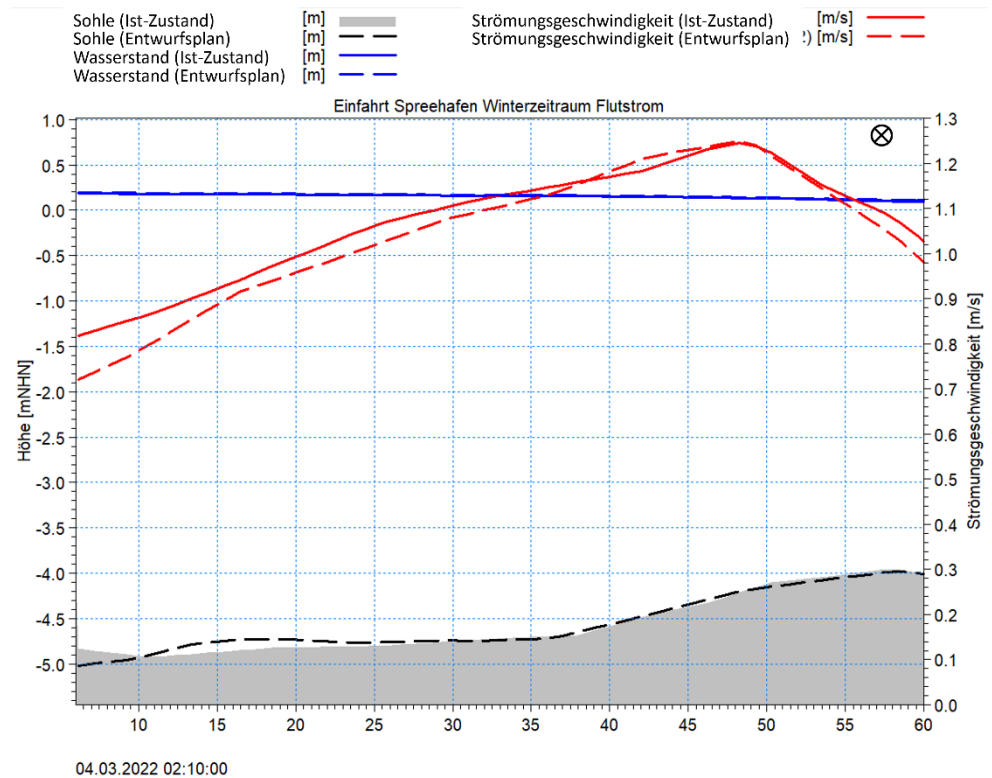


Abbildung C.40. Querschnitt im Entwurfzustand an der Einfahrt zum Spreehafen im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).

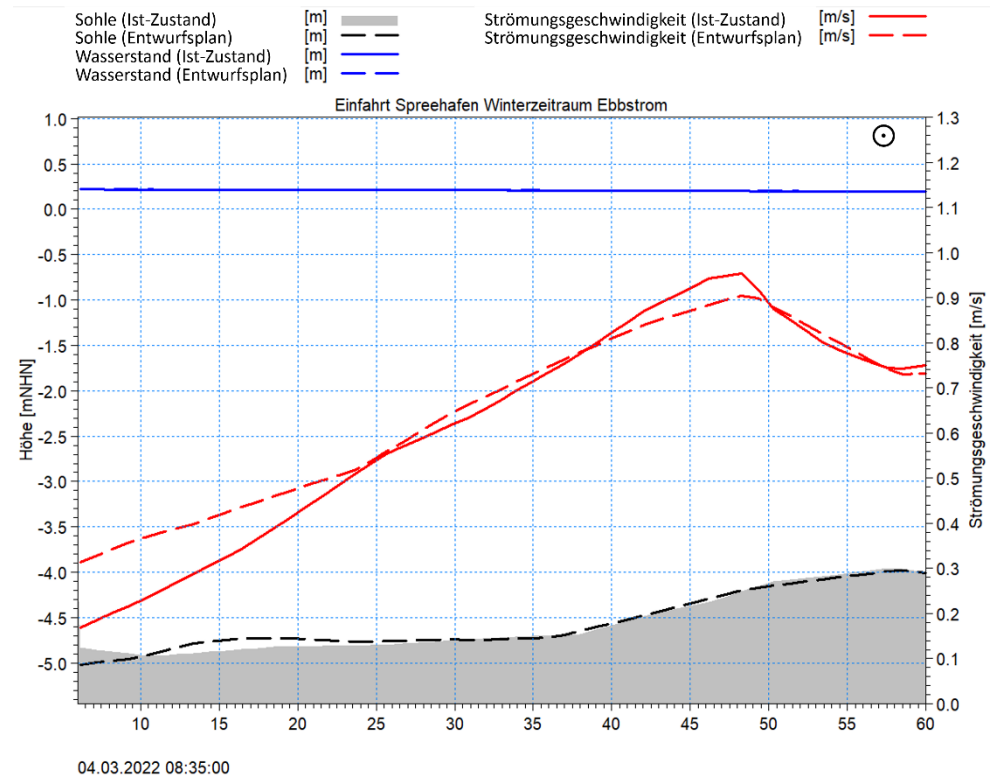


Abbildung C.41. Querschnitt im Entwurfzustand an der Einfahrt zum Spreehafen im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).

Appendix C.3 Fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023

Appendix C.3.1 Moldauhafenbrücke

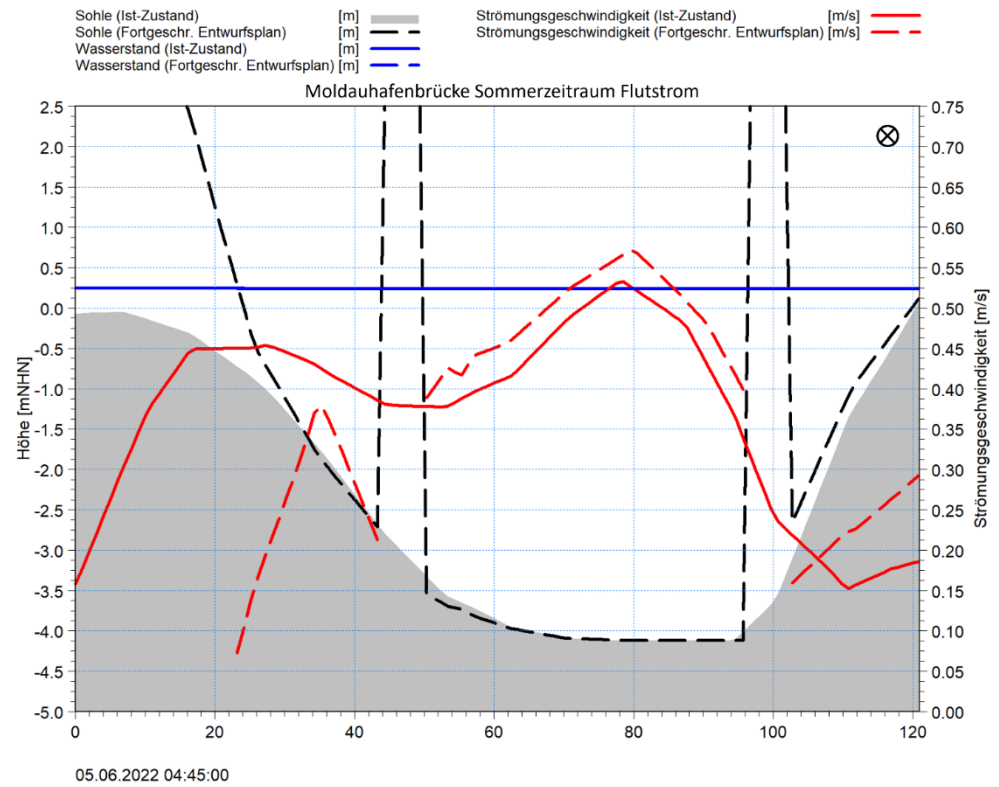


Abbildung C.42. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 an der Moldauhafenbrücke im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).

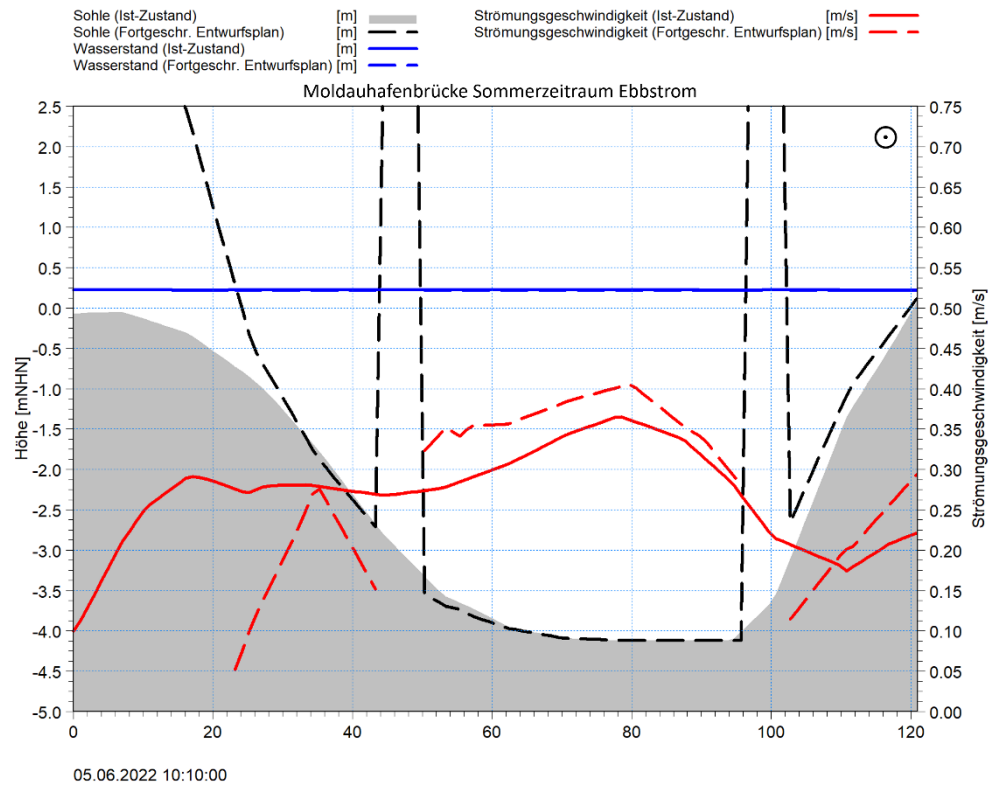


Abbildung C.43. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 an der Moldauhafenbrücke im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:00 Uhr).

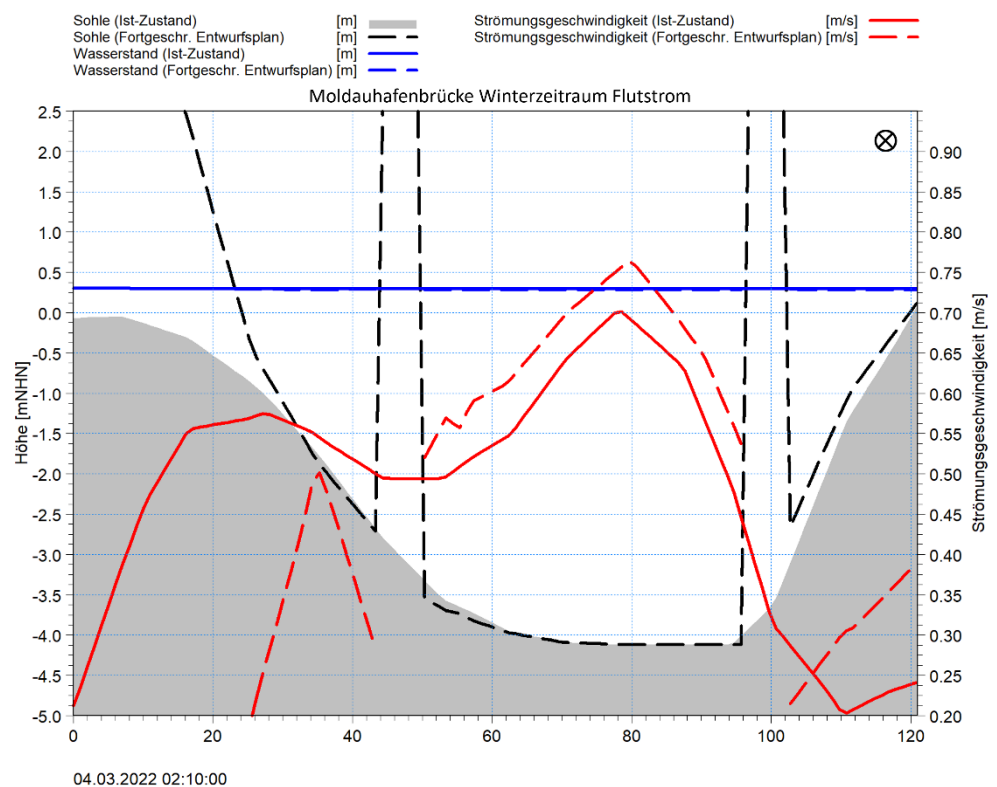


Abbildung C.44. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 an der Moldauhafenbrücke im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).

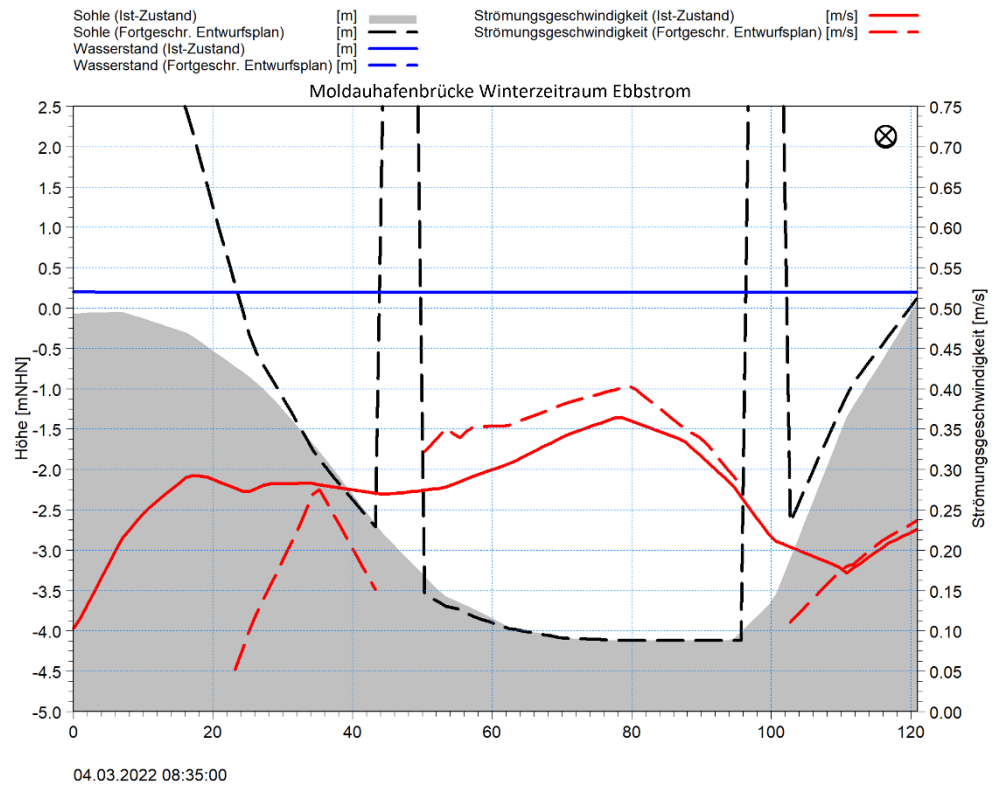


Abbildung C.45. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 an der Moldauhafenbrücke im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).

Appendix C.3.2

Baufeld 26

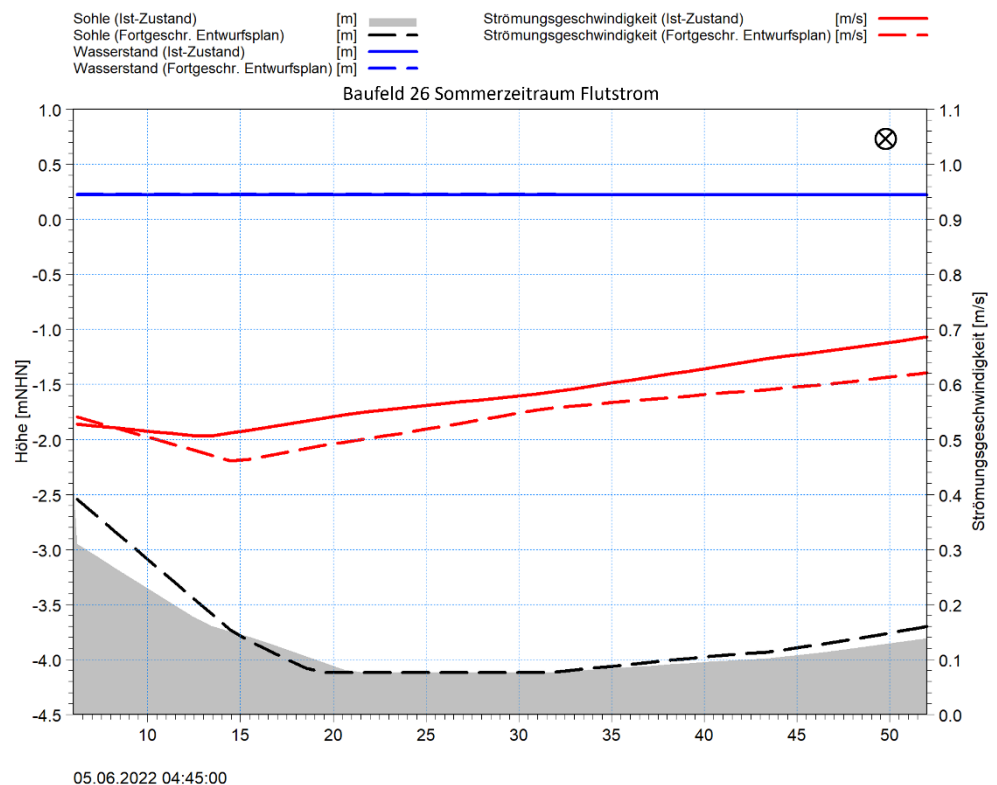


Abbildung C.46. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 am Baufeld 26 im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).

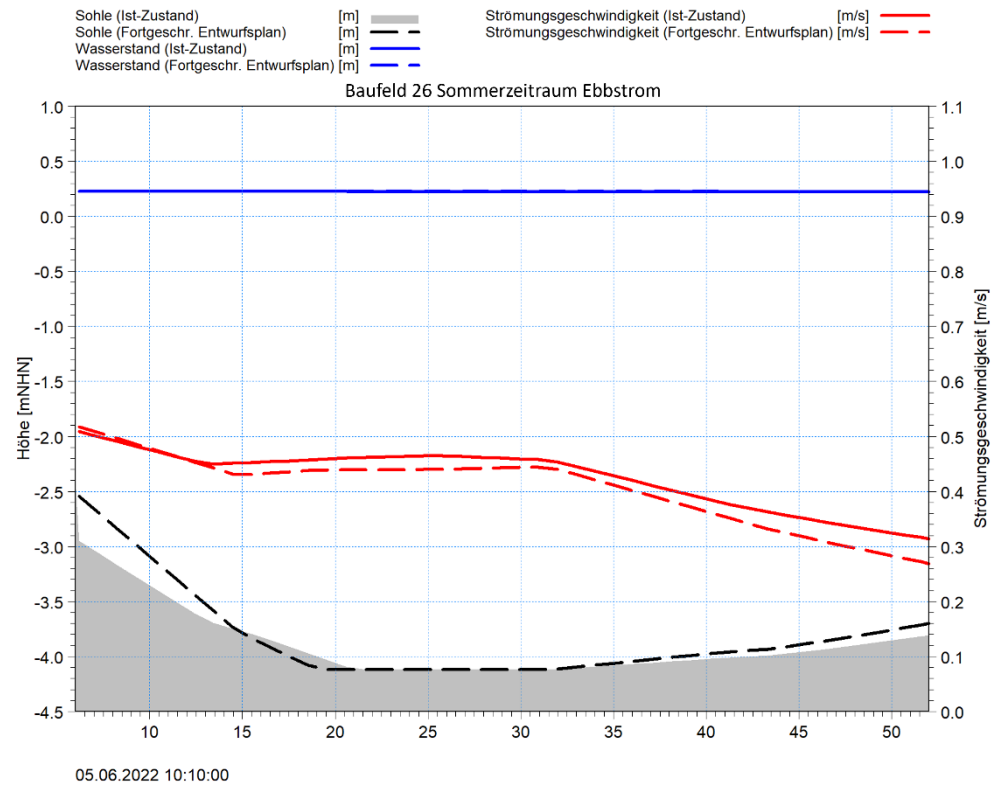


Abbildung C.47. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 am Baufeld 26 im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:00 Uhr).

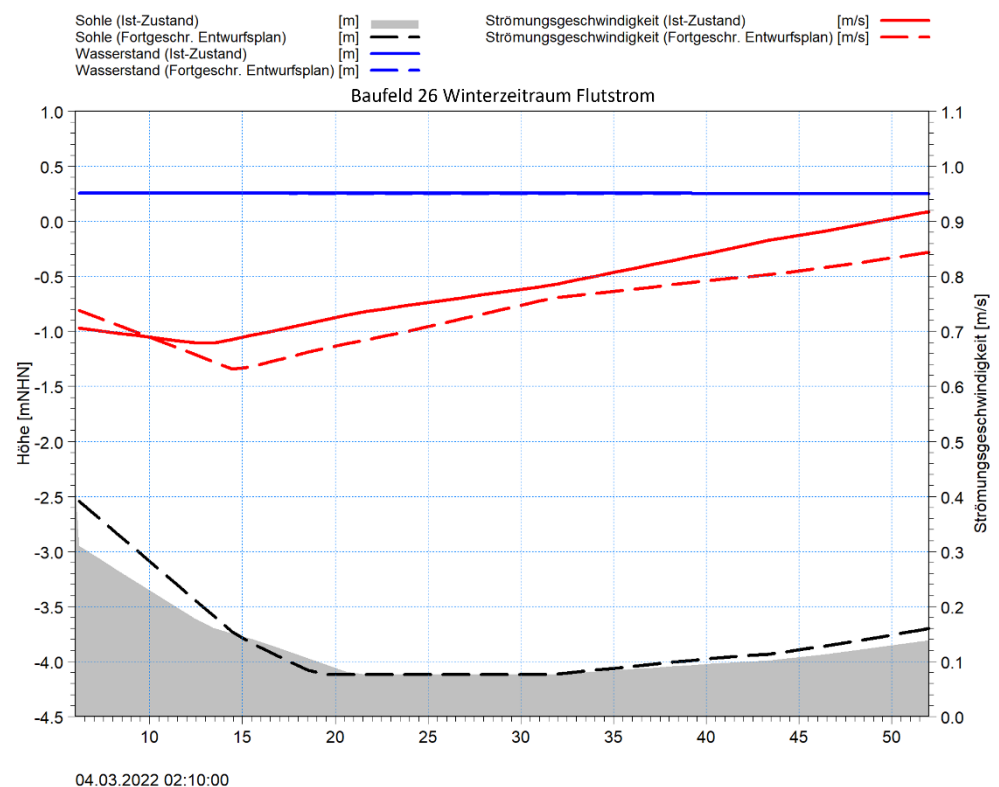


Abbildung C.48. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfzustand Stand August 2023 am Baufeld 26 im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).

Sohle (Ist-Zustand) [m]	—	Strömungsgeschwindigkeit (Ist-Zustand) [m/s]	—
Sohle (Fortgeschr. Entwurfsplan) [m]	- - -	Strömungsgeschwindigkeit (Fortgeschr. Entwurfsplan) [m/s]	- - -
Wasserstand (Ist-Zustand) [m]	—		
Wasserstand (Fortgeschr. Entwurfsplan) [m]	- - -		

Baufeld 26 Winterzeitraum Ebbstrom

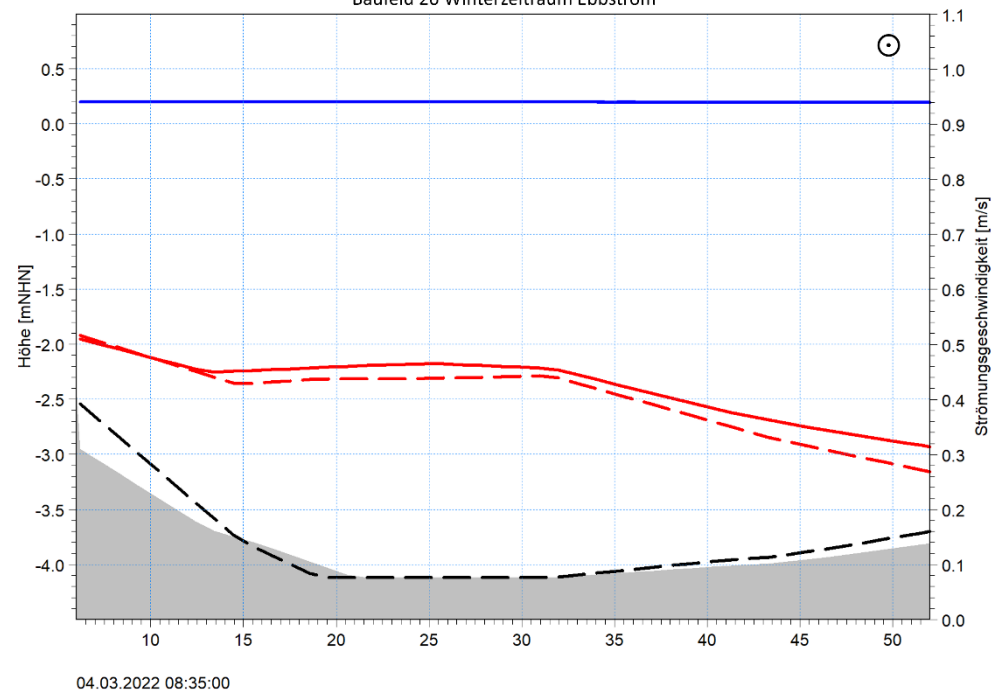


Abbildung C.49. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 am Baufeld 26 im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).

Appendix C.3.3 Querung U-Bahn-Linie 4

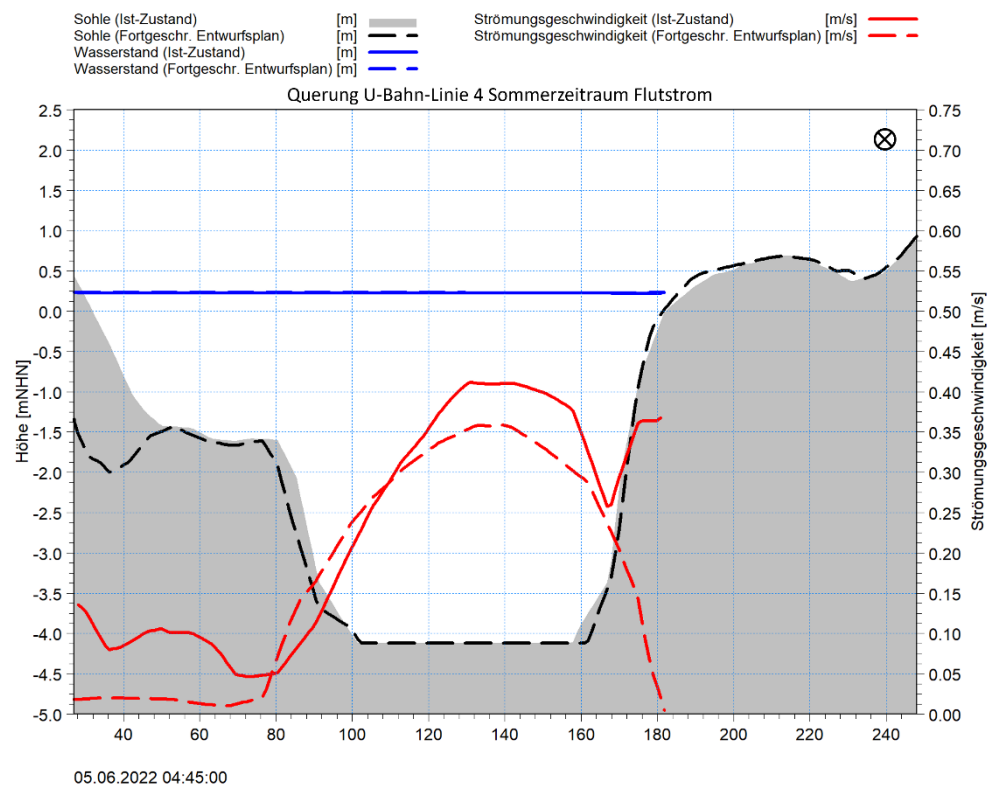


Abbildung C.50. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).

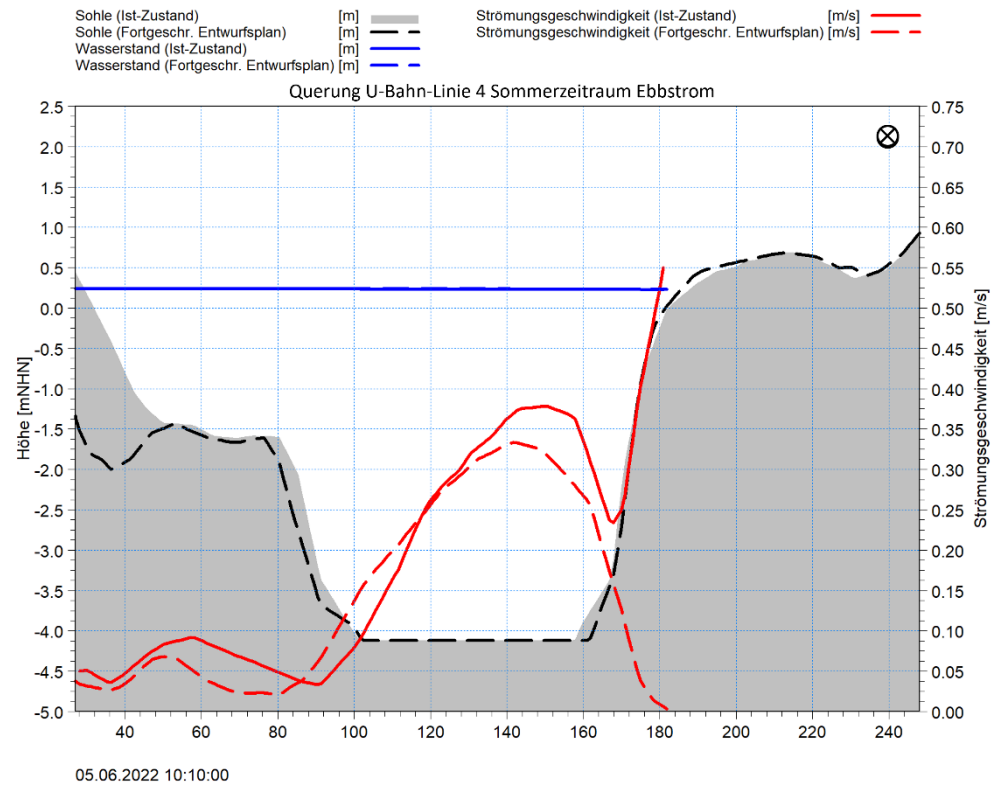


Abbildung C.51. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Sommerzeitraum während des Ebbsstroms (5.6.2022, 10:00 Uhr).

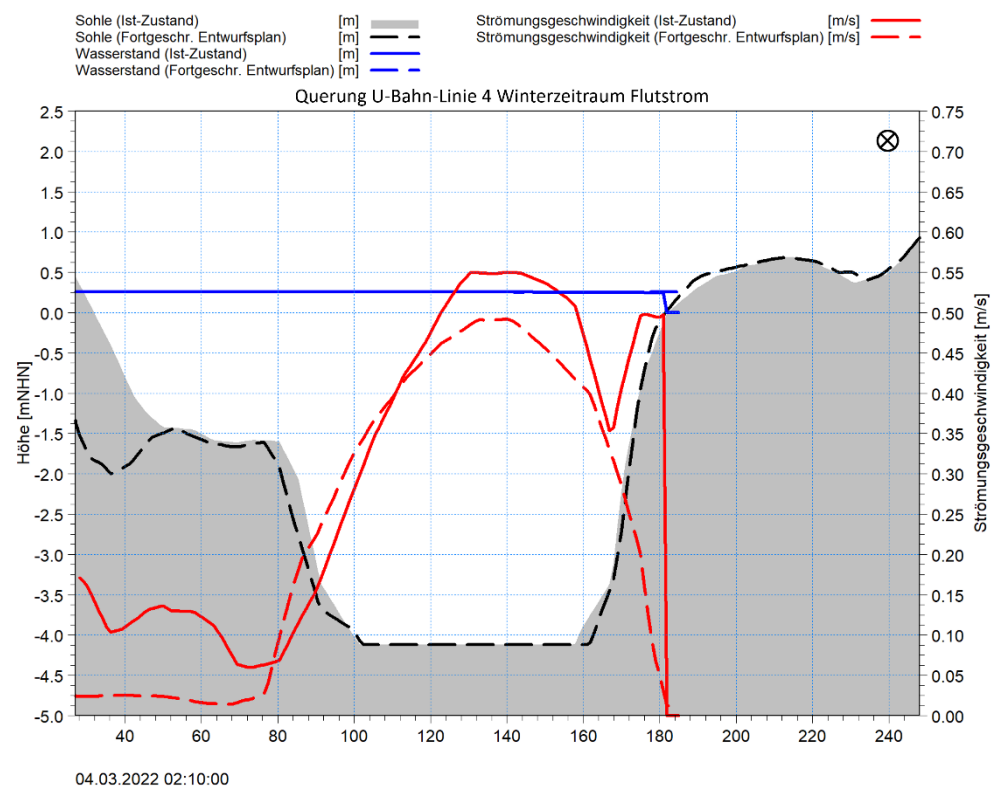


Abbildung C.52. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).

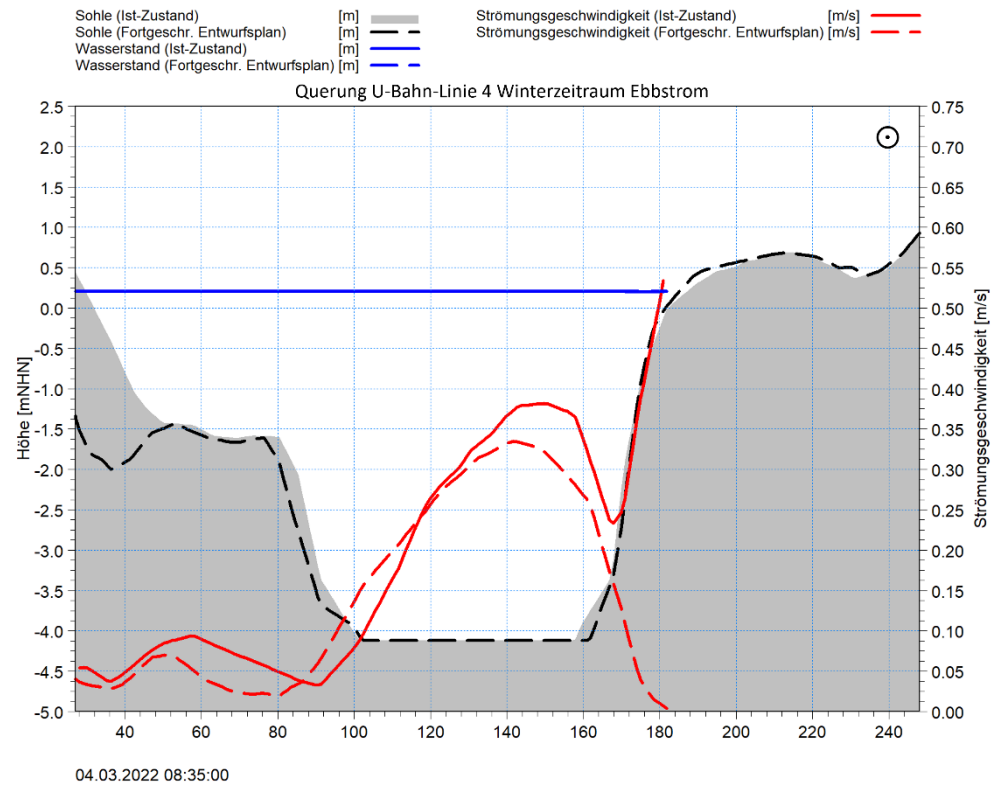


Abbildung C.53. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 an der Querung der U-Bahn-Linie 4 im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).

Appendix C.3.4 Einfahrt Hansahafen

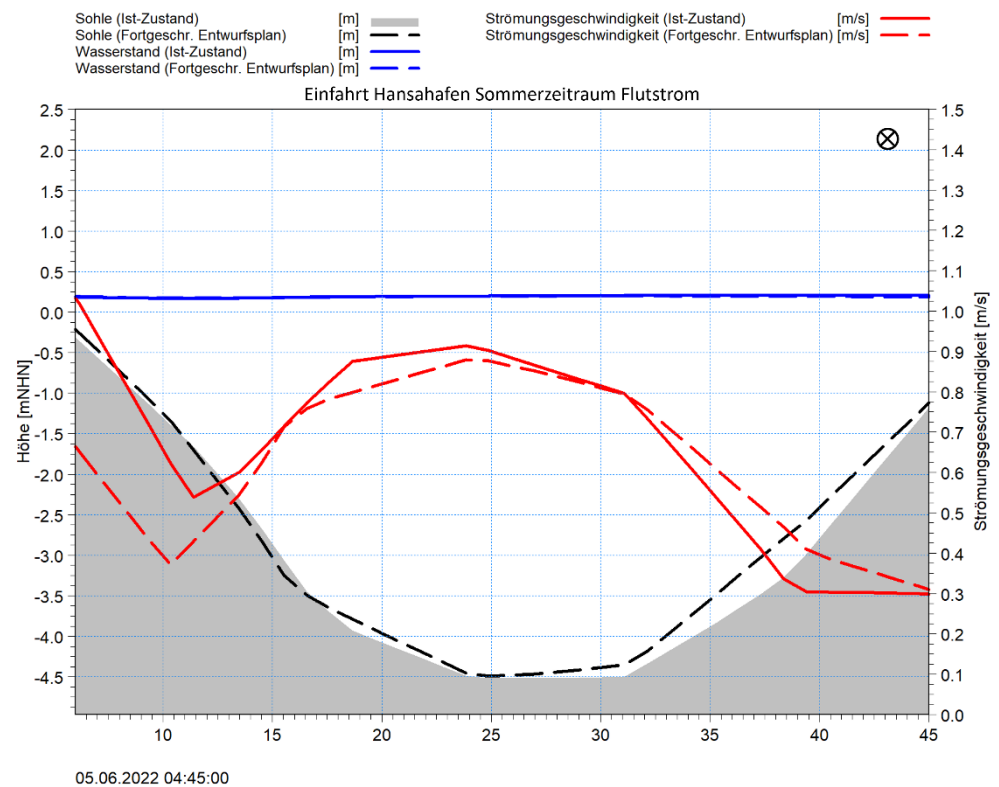


Abbildung C.54. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 an der Einfahrt zum Hansahafen im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).

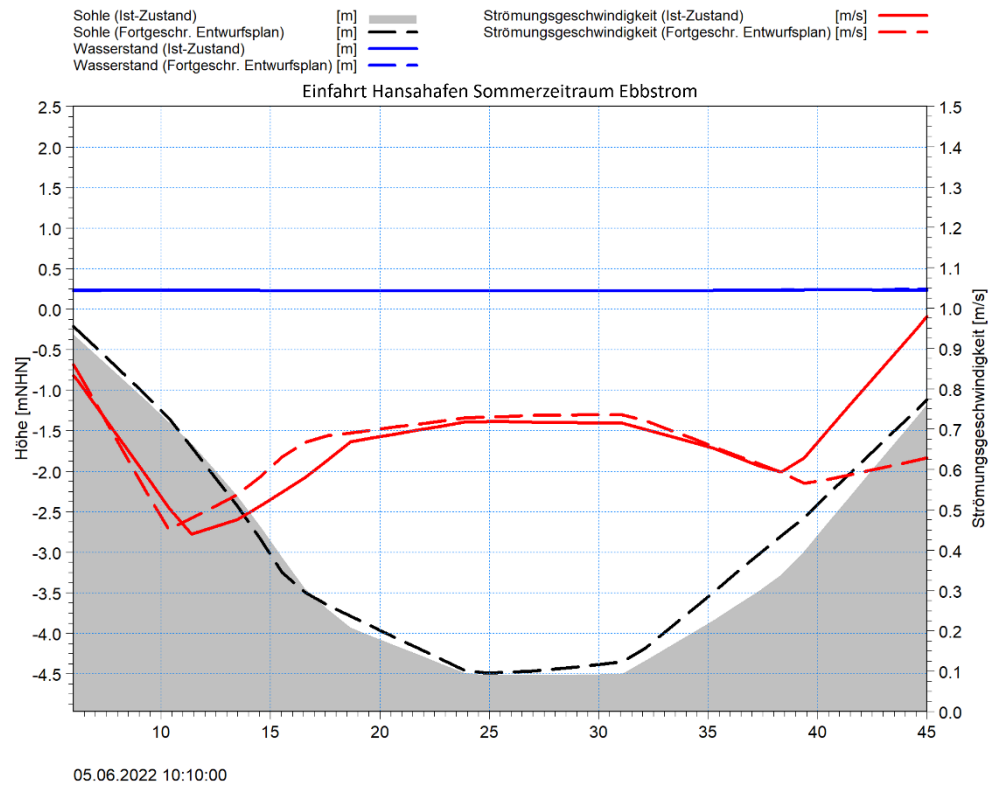


Abbildung C.55. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 an der Einfahrt zum Hansahafen im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:10 Uhr).

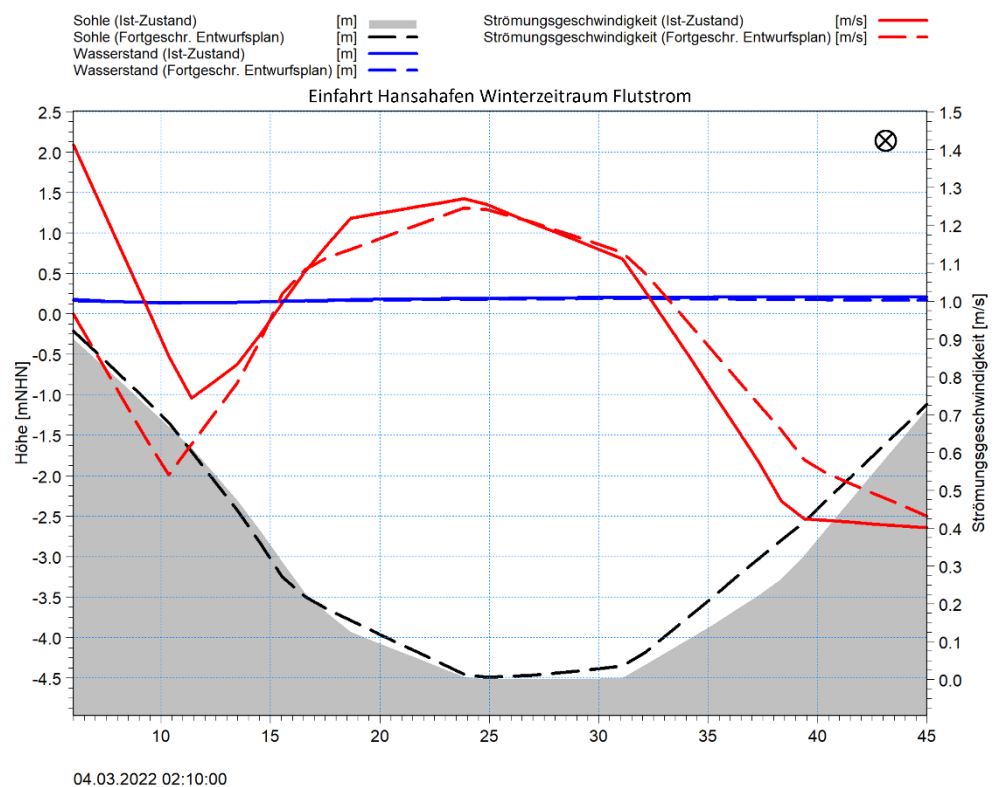


Abbildung C.56. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 an der Einfahrt zum Hansahafen im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).

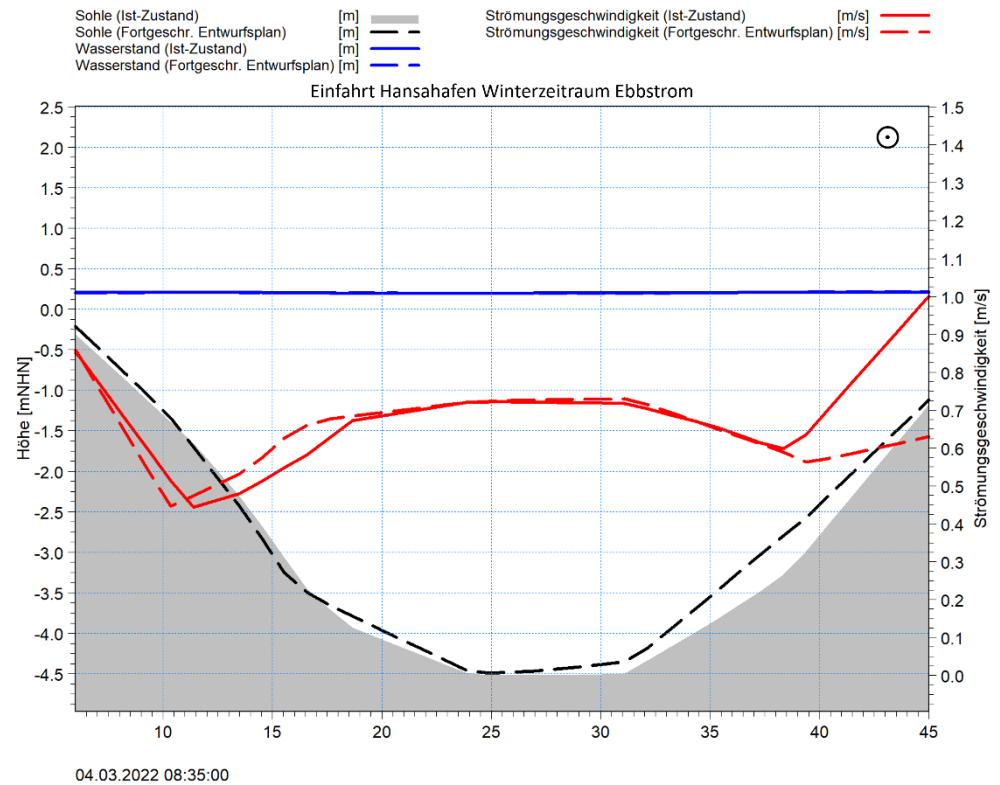


Abbildung C.57. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 an der Einfahrt zum Hansahafen im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).

Appendix C.3.5 Einfahrt Spreehafen

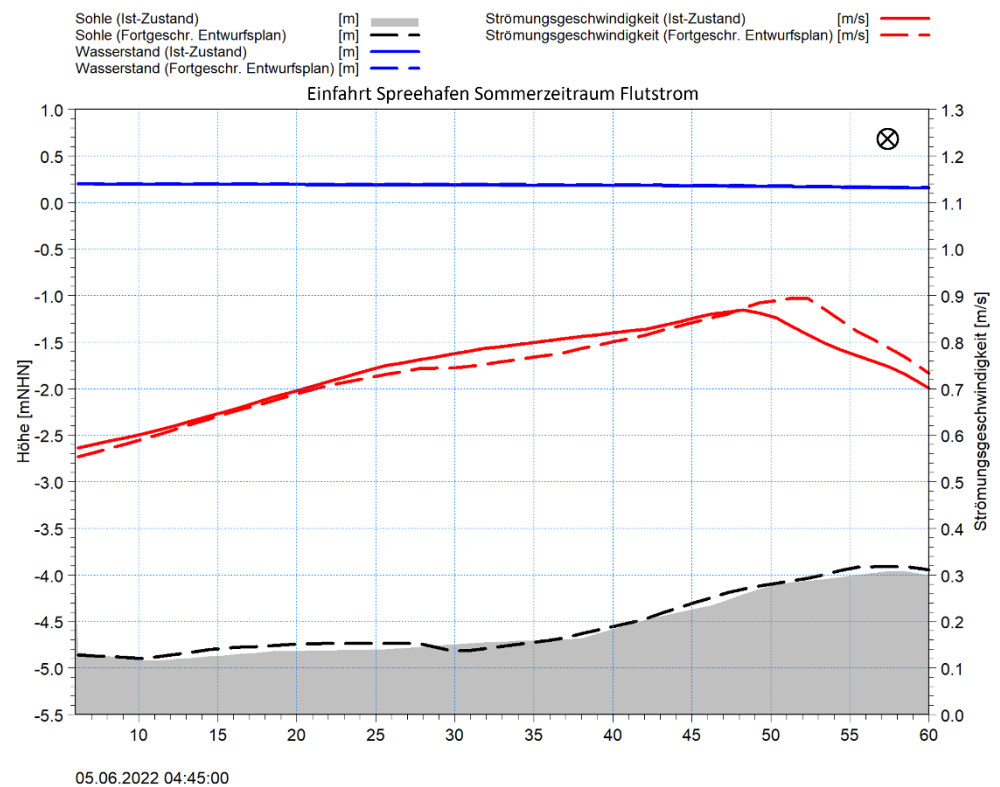


Abbildung C.58. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 an der Einfahrt zum Spreehafen im Sommerzeitraum während des Flutstroms (5.6.2022, 4:45 Uhr).

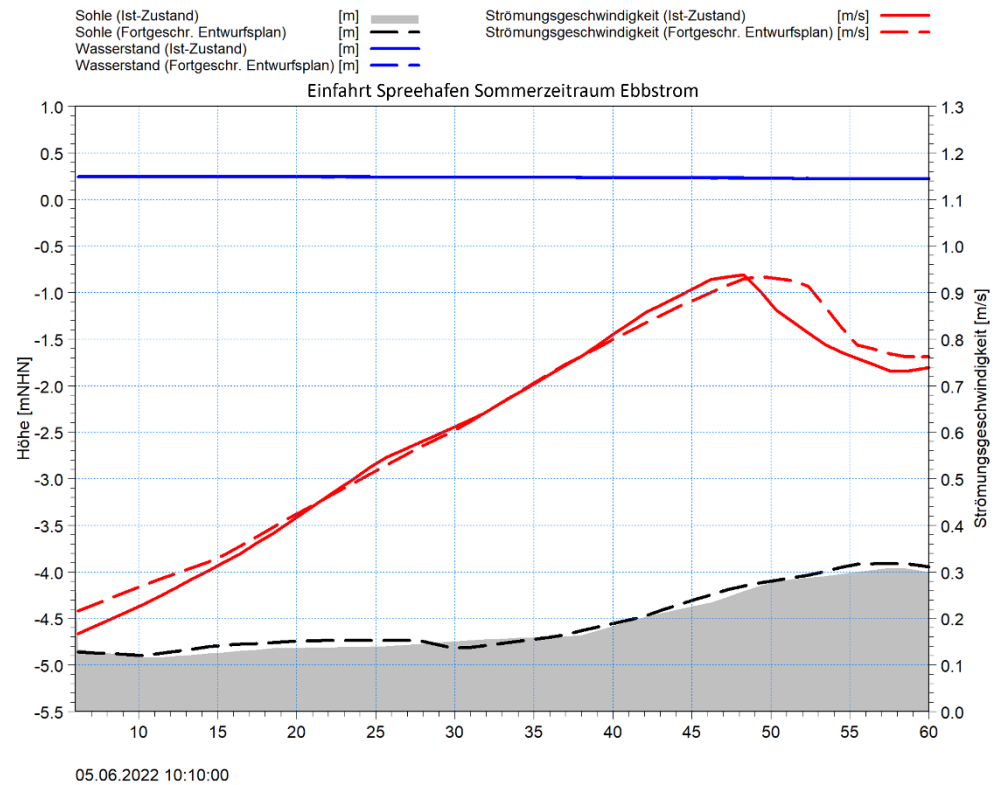


Abbildung C.59. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 an der Einfahrt zum Spreehafen im Sommerzeitraum während des Ebbstroms (5.6.2022, 10:10 Uhr).

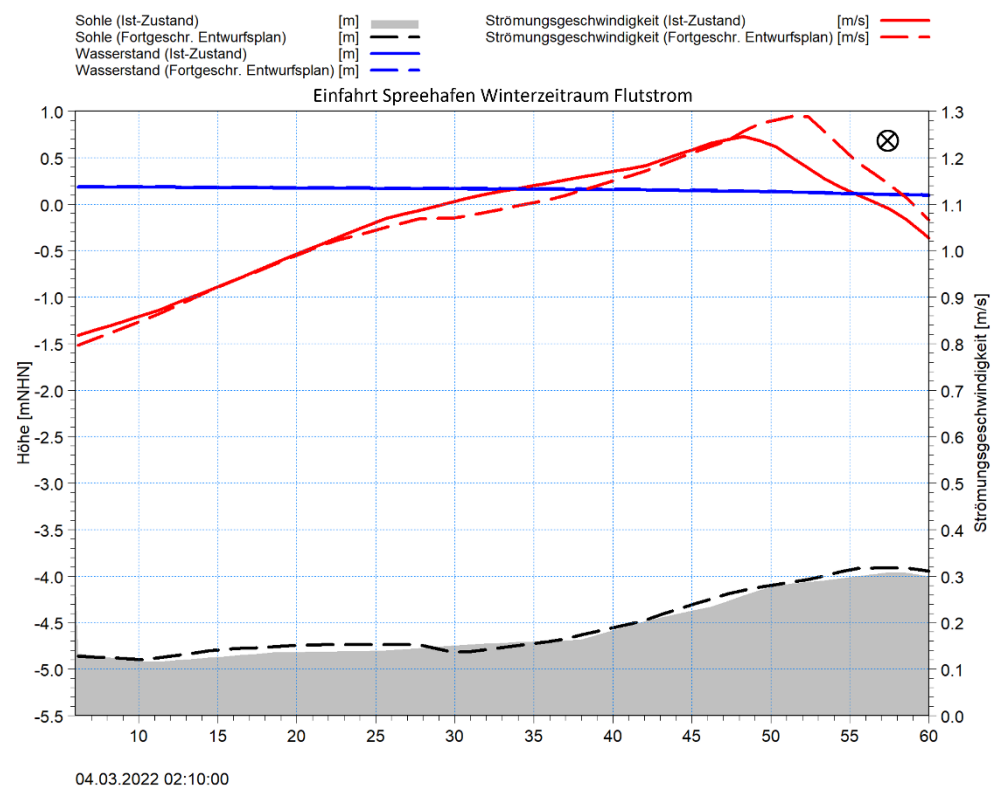


Abbildung C.60. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 an der Einfahrt zum Spreehafen im Winterzeitraum während des Flutstroms (4.3.2022, 2:10 Uhr).

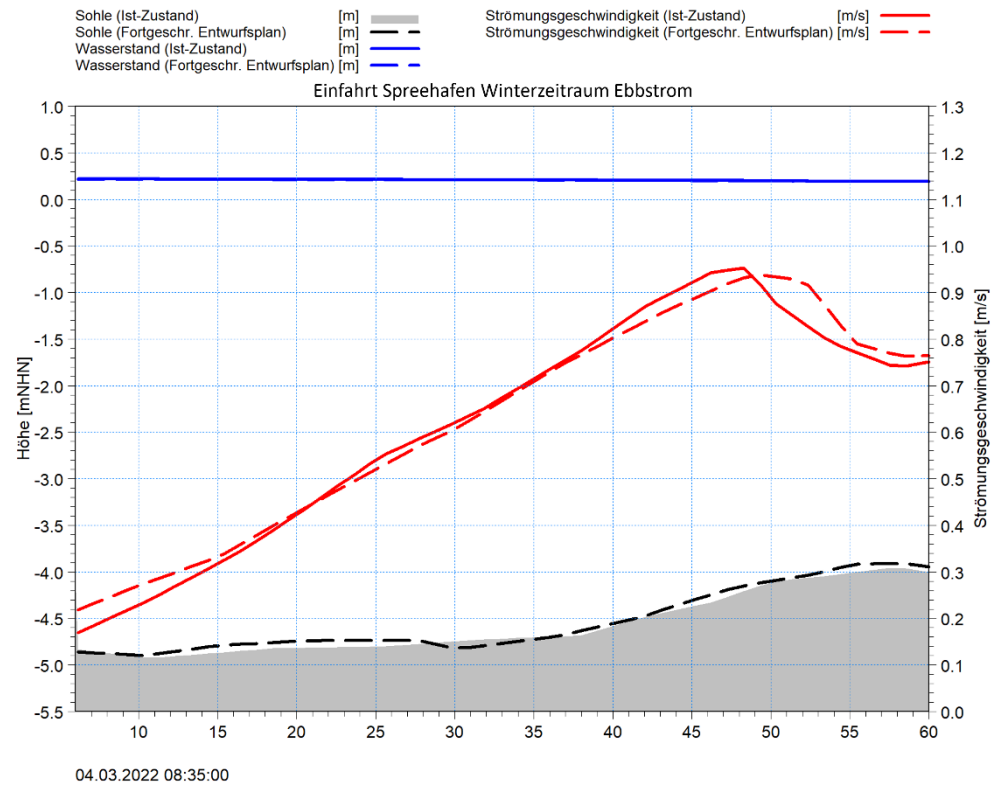


Abbildung C.61. Querschnitt im fortgeschriebenen Entwurfszustand Stand August 2023 an der Einfahrt zum Spreehafen im Winterzeitraum während des Ebbstroms (4.3.2022, 8:35 Uhr).

Appendix D Tabellen

Die Zeitreihen (Appendix A) sind in diesem Abschnitt analysiert und die Ergebnisse tabellarisch festgehalten. Appendix D.1 enthält die Ergebnisse des Wasserstands und Appendix D.1.2 die der Strömungsgeschwindigkeiten

Appendix D.1 Wasserstand

Appendix D.1.1 Funktionsplan

Tabelle D.1. Vergleich Wasserstände zwischen Ist- und Funktionszustand.

Position	Zeit- raum	Zeitpunkt (Datum)	Ist-Zustand		Funktionszustand		Differenz (Plan- Ist)	
			Uhrzeit [hh:mm]	Wasser -stand [mNHN]	Uhrzeit [hh:mm]	Wasser -stand	Zeit [min]	Wasser -stand [m]
Moldauhafen	Sommer	Starke Tide, Hochwasser (28.5.2022)	02:35	+3,26	02:35	+3,26	00:00	0,00
		Starke Tide, Niedrigwasser (28.5.2022)	10:20	-0,93	10:20	-0,93	00:00	0,00
		Schwache Tide, Hochwasser (5.6.2022)	07:45	+1,59	07:45	+1,59	00:00	0,00
		Schwache Tide, Niedrigwasser (5.6.2022)	14:35	-2,03	14:35	-2,04	00:00	-0,01
	Winter	Sturmflut, Hoch- wasser (21.2.2022)	07:35	+4,38	07:35	+4,35	00:00	-0,03
		Sturmflut, Niedrigwasser (21.2.2022)	14:35	+0,05	14:35	+0,05	00:00	0,00
		Mittlere Tide, Hochwasser (4.3.2022)	05:25	+2,33	05:20	+2,31	-00:05	-0,02
		Mittlere Tide, Niedrigwasser (4.3.2022)	13:00	-2,25	13:00	-2,25	00:00	0,00
Baufeld 26	Sommer	Starke Tide, Hochwasser (28.5.2022)	02:35	+3,26	02:35	+3,26	00:00	0,00
		Starke Tide, Niedrigwasser (28.5.2022)	10:20	-0,94	10:20	-0,93	00:00	+0,01

Position	Zeit- raum	Zeitpunkt (Datum)	Ist-Zustand		Funktionszustand		Differenz (Plan- Ist)		
			Uhrzeit [hh:mm]	Wasser -stand [mNHN]	Uhrzeit [hh:mm]	Wasser -stand	Zeit [min]	Wasser -stand [m]	
Saalehafen		Schwache Tide, Hochwasser (5.6.2022)	07:45	+1,59	07:45	+1,59	00:00	0,00	
		Schwache Tide, Niedrigwasser (5.6.2022)	14:40	-2,04	14:40	-2,04	00:00	0,00	
	Winter	Sturmflut, Hoch- wasser (21.2.2022)	07:35	+4,38	07:35	+4,35	00:00	-0,03	
		Sturmflut, Niedrigwasser (21.2.2022)	14:35	+0,04	14:35	+0,04	00:00	0,00	
		Mittlere Tide, Hochwasser (4.3.2022)	05:25	+2,33	05:25	2,31	00:00	-0,02	
		Mittlere Tide, Niedrigwasser (4.3.2022)	13:00	-2,25	13:00	-2,26	00:00	-0,01	
	Sommer	Starke Tide, Hochwasser (28.5.2022)	02:40	+3,26	02:35	+3,26	00:05	0,00	
		Starke Tide, Niedrigwasser (28.5.2022)	10:20	-0,93	10:20	-0,93	00:00	0,00	
		Schwache Tide, Hochwasser (5.6.2022)	07:45	+1,59	07:45	+1,59	00:00	0,00	
		Schwache Tide, Niedrigwasser (5.6.2022)	14:40	-2,04	14:40	-2,04	00:00	0,00	
		Winter	Sturmflut, Hoch- wasser (21.2.2022)	07:35	+4,37	7:35	+4,35	00:00	-0,02
			Sturmflut, Niedrigwasser (21.2.2022)	14:35	+0,04	14:35	+0,04	00:00	0,00
Mittlere Tide, Hochwasser (4.3.2022)			05:30	+2,33	05:25	+2,31	-00:05	-0,02	
Mittlere Tide, Niedrigwasser (4.3.2022)			13:00	-2,25	13:00	-2,25	00:00	0,00	

Appendix D.1.2 Entwurfsplan

Tabelle D.2. Vergleich Wasserstände zwischen Ist- und Entwurfszustand.

Position	Zeit- raum	Zeitpunkt (Datum)	Ist-Zustand		Entwurfszustand		Differenz (Plan- Ist)	
			Uhrzeit [hh:mm]	Wasser- stand [mNHN]	Uhrzeit [hh:mm]	Wasser- stand	Zeit [min]	Wasser- stand [m]
Moldauhafen	Sommer	Starke Tide, Hochwasser (28.5.2022)	02:35	+3,26	02:35	+3,26	00:00	0,00
		Starke Tide, Niedrigwasser (28.5.2022)	10:20	-0,93	10:20	-0,93	00:00	0,00
		Schwache Tide, Hochwasser (5.6.2022)	07:45	+1,59	07:45	+1,59	00:00	0,00
		Schwache Tide, Niedrigwasser (5.6.2022)	14:35	-2,03	14:35	-2,04	00:00	-0,01
	Winter	Sturmflut, Hoch- wasser (21.2.2022)	07:35	+4,38	07:35	+4,35	00:00	-0,03
		Sturmflut, Niedrigwasser (21.2.2022)	14:35	+0,05	14:35	+0,05	00:00	0,00
		Mittlere Tide, Hochwasser (4.3.2022)	05:25	+2,33	05:20	+2,31	-00:05	-0,02
		Mittlere Tide, Niedrigwasser (4.3.2022)	13:00	-2,25	13:00	-2,25	00:00	0,00
Baufeld 26	Sommer	Starke Tide, Hochwasser (28.5.2022)	02:35	+3,26	02:35	+3,26	00:00	0,00
		Starke Tide, Niedrigwasser (28.5.2022)	10:20	-0,94	10:20	-0,93	00:00	+0,01
		Schwache Tide, Hochwasser (5.6.2022)	07:45	+1,59	07:45	+1,59	00:00	0,00
		Schwache Tide, Niedrigwasser (5.6.2022)	14:40	-2,04	14:40	-2,04	00:00	0,00

Position	Zeit- raum	Zeitpunkt (Datum)	Ist-Zustand		Entwurfzustand		Differenz (Plan- Ist)	
			Uhrzeit [hh:mm]	Wasser- stand [mNHN]	Uhrzeit [hh:mm]	Wasser- stand	Zeit [min]	Wasser- stand [m]
Saalehafen	Winter	Sturmflut, Hoch- wasser (21.2.2022)	07:35	+4,38	07:35	+4,35	00:00	-0,03
		Sturmflut, Niedrigwasser (21.2.2022)	14:35	+0,04	14:35	+0,04	00:00	0,00
		Mittlere Tide, Hochwasser (4.3.2022)	05:25	+2,33	05:25	2,31	00:00	-0,02
		Mittlere Tide, Niedrigwasser (4.3.2022)	13:00	-2,25	13:00	-2,26	00:00	-0,01
	Sommer	Starke Tide, Hochwasser (28.5.2022)	02:40	+3,26	02:35	+3,26	-00:05	0,00
		Starke Tide, Niedrigwasser (28.5.2022)	10:20	-0,93	10:20	-0,93	00:00	0,00
		Schwache Tide, Hochwasser (5.6.2022)	07:45	+1,59	07:45	+1,59	00:00	0,00
		Schwache Tide, Niedrigwasser (5.6.2022)	14:40	-2,04	14:40	-2,04	00:00	0,00
Winter	Sturmflut, Hoch- wasser (21.2.2022)	07:35	+4,37	7:35	+4,34	00:00	-0,03	
	Sturmflut, Niedrigwasser (21.2.2022)	14:35	+0,04	14:35	+0,04	00:00	0,00	
	Mittlere Tide, Hochwasser (4.3.2022)	05:30	+2,33	05:25	+2,31	-00:05	-0,02	
	Mittlere Tide, Niedrigwasser (4.3.2022)	13:00	-2,25	13:00	-2,25	00:00	0,00	

Tabelle D.3. Vergleich Wasserstände zwischen Ist- und fortgeschriebenem Entwurfzustand Stand August 2023.

Position	Zeit- raum	Zeitpunkt (Datum)	Ist-Zustand		Fortgeschriebener Entwurfzustand Stand August 2023		Differenz (Plan- Ist)	
			Uhrzeit [hh:mm]	Wasser -stand [mNHN]	Uhrzeit [hh:mm]	Wasser -stand	Zeit [min]	Wasser -stand [m]
Moldauhafen	Sommer	Starke Tide, Hochwasser (28.5.2022)	02:35	+3,26	02:35	+3,26	00:00	0,00
		Starke Tide, Niedrigwasser (28.5.2022)	10:20	-0,93	10:20	-0,93	00:00	0,00
		Schwache Tide, Hochwasser (5.6.2022)	07:45	+1,59	07:45	+1,59	00:00	0,00
		Schwache Tide, Niedrigwasser (5.6.2022)	14:35	-2,03	14:35	-2,04	00:00	-0,01
	Winter	Sturmflut, Hoch- wasser (21.2.2022)	07:35	+4,38	07:35	+4,35	00:00	-0,03
		Sturmflut, Niedrigwasser (21.2.2022)	14:35	+0,05	14:35	+0,05	00:00	0,00
		Mittlere Tide, Hochwasser (4.3.2022)	05:25	+2,33	05:25	+2,31	00:00	-0,02
		Mittlere Tide, Niedrigwasser (4.3.2022)	13:00	-2,25	13:00	-2,25	00:00	0,00
Baufeld 26	Sommer	Starke Tide, Hochwasser (28.5.2022)	02:35	+3,26	02:35	+3,26	00:00	0,00
		Starke Tide, Niedrigwasser (28.5.2022)	10:20	-0,94	10:20	-0,93	00:00	+0,01
		Schwache Tide, Hochwasser (5.6.2022)	07:45	+1,59	07:45	+1,59	00:00	0,00
		Schwache Tide, Niedrigwasser (5.6.2022)	14:40	-2,04	14:40	-2,04	00:00	0,00

Position	Zeit- raum	Zeitpunkt (Datum)	Ist-Zustand		Fortgeschriebener Entwurfzustand Stand August 2023		Differenz (Plan- Ist)	
			Uhrzeit [hh:mm]	Wasser -stand [mNHN]	Uhrzeit [hh:mm]	Wasser -stand	Zeit [min]	Wasser -stand [m]
Saalehafen	Winter	Sturmflut, Hoch- wasser (21.2.2022)	07:35	+4,38	07:35	+4,34	00:00	-0,04
		Sturmflut, Niedrig-wasser (21.2.2022)	14:35	+0,04	14:35	+0,04	00:00	0,00
		Mittlere Tide, Hochwasser (4.3.2022)	05:25	+2,33	05:25	+2,31	00:00	-0,02
		Mittlere Tide, Niedrigwasser (4.3.2022)	13:00	-2,25	13:00	-2,26	00:00	-0,01
	Sommer	Starke Tide, Hochwasser (28.5.2022)	02:40	+3,26	02:35	+3,26	-00:05	0,00
		Starke Tide, Niedrigwasser (28.5.2022)	10:20	-0,93	10:20	-0,93	00:00	0,00
		Schwache Tide, Hochwasser (5.6.2022)	07:45	+1,59	07:45	+1,59	00:00	0,00
		Schwache Tide, Niedrigwasser (5.6.2022)	14:40	-2,04	14:40	-2,04	00:00	0,00
	Winter	Sturmflut, Hoch- wasser (21.2.2022)	07:35	+4,37	7:35	+4,34	00:00	-0,03
		Sturmflut, Niedrigwasser (21.2.2022)	14:35	+0,04	14:35	+0,04	00:00	0,00
		Mittlere Tide, Hochwasser (4.3.2022)	05:30	+2,33	05:25	+2,32	-00:05	-0,01
		Mittlere Tide, Niedrigwasser (4.3.2022)	13:00	-2,25	13:00	-2,25	00:00	0,00

Appendix D.2 Strömungsgeschwindigkeit

Appendix D.2.1 Funktionsplan

Tabelle D.4. Vergleich Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und Funktionszustand.

Position	Zeitraum	Zeitpunkt (Datum)	Ist-Zustand [m/s]	Funktionszustand and [m/s]	Differenz (Plan-Ist) [m/s]	Prozentuale Änderung [%]
Moldauhafen	Sommer	Starke Tide, max. Flutstrom (28.5.2022)	0,82	0,79	-0,03	-4
		Starke Tide, max. Ebbstrom (28.5.2022)	0,45	0,44	-0,01	-2
		Schwache Tide, max. Flutstrom (5.6.2022)	0,59	0,57	-0,02	-3
		Schwache Tide, max. Ebbstrom (5.6.2022)	0,49	0,48	-0,01	-2
	Winter	Sturmflut, max. Flutstrom (21.2.2022)	1,03	0,91	-0,12	-12
		Sturmflut, max. Ebbstrom (21.2.2022)	0,42	0,47	+0,05	+12
		Mittlere Tide, max. Flutstrom (4.3.2022)	0,75	0,71	-0,04	-5
		Mittlere Tide, max. Ebbstrom (4.3.2022)	0,51	0,49	-0,02	-4
Baufeld 26	Sommer	Starke Tide, max. Flutstrom (28.5.2022)	0,87	0,81	-0,06	-7

Position	Zeitraum	Zeitpunkt (Datum)	Ist-Zustand [m/s]	Funktionszustand and [m/s]	Differenz (Plan-Ist) [m/s]	Prozentuale Änderung [%]
		Starke Tide, max. Ebbstrom (28.5.2022)	0,42	0,43	+0,01	+2
		Schwache Tide, max. Flutstrom (5.6.2022)	0,60	0,56	-0,04	-7
		Schwache Tide, max. Ebbstrom (5.6.2022)	0,44	0,46	+0,02	+5
	Winter	Sturmflut, max. Flutstrom (21.2.2022)	1,11	0,95	-0,16	-14
		Sturmflut, max. Ebbstrom (21.2.2022)	0,39	0,45	+0,06	+15
		Mittlere Tide, max. Flutstrom (4.3.2022)	0,79	0,74	-0,05	-6
		Mittlere Tide, max. Ebbstrom (4.3.2022)	0,47	0,47	0,00	0
	Saalehafen	Sommer	Starke Tide, max. Flutstrom (28.5.2022)	0,27	0,29	+0,02
Starke Tide, max. Ebbstrom (28.5.2022)			0,25	0,28	+0,03	+12
Schwache Tide, max. Flutstrom (5.6.2022)			0,24	0,27	+0,03	+13
Schwache Tide, max. Ebbstrom (5.6.2022)			0,25	0,28	+0,03	+12

Position	Zeitraum	Zeitpunkt (Datum)	Ist-Zustand [m/s]	Funktionszustand [m/s]	Differenz (Plan-Ist) [m/s]	Prozentuale Änderung [%]
	Winter	Sturmflut, max. Flutstrom (21.2.2022)	0,33	0,33	0,00	0
		Sturmflut, max. Ebbstrom (21.2.2022)	0,24	0,30	+0,06	+25
		Mittlere Tide, max. Flutstrom (4.3.2022)	0,28	0,32	+0,04	+14
		Mittlere Tide, max. Ebbstrom (4.3.2022)	0,27	0,30	+0,03	+11

Appendix D.2.2 Entwurfsplan

Tabelle D.5. Vergleich Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und Entwurfszustand.

Position	Zeitraum	Zeitpunkt (Datum)	Ist-Zustand [m/s]	Entwurfszustand [m/s]	Differenz (Plan-Ist) [m/s]	Prozentuale Änderung [%]
Moldauhafen	Sommer	Starke Tide, max. Flutstrom (28.5.2022)	0,82	0,80	-0,02	-2
		Starke Tide, max. Ebbstrom (28.5.2022)	0,45	0,45	0	0
		Schwache Tide, max. Flutstrom (5.6.2022)	0,59	0,59	0,00	0
		Schwache Tide, max. Ebbstrom (5.6.2022)	0,49	0,48	-0,01	-2

Position	Zeitraum	Zeitpunkt (Datum)	Ist-Zustand [m/s]	Entwurfzustand [m/s]	Differenz (Plan-Ist) [m/s]	Prozentuale Änderung [%]		
Baufeld 26	Winter	Sturmflut, max. Flutstrom (21.2.2022)	1,03	1,02	-0,01	-1		
		Sturmflut, max. Ebbstrom (21.2.2022)	0,42	0,47	+0,05	+12		
		Mittlere Tide, max. Flutstrom (4.3.2022)	0,75	0,73	-0,02	-3		
		Mittlere Tide, max. Ebbstrom (4.3.2022)	0,51	0,51	0	0		
	Sommer	Sommer	Starke Tide, max. Flutstrom (28.5.2022)	0,87	0,81	-0,06	-7	
			Starke Tide, max. Ebbstrom (28.5.2022)	0,42	0,45	+0,03	+7	
			Schwache Tide, max. Flutstrom (5.6.2022)	0,60	0,58	-0,02	-3	
			Schwache Tide, max. Ebbstrom (5.6.2022)	0,44	0,46	+0,02	+5	
		Winter	Winter	Sturmflut, max. Flutstrom (21.2.2022)	1,11	1,02	-0,09	-8
				Sturmflut, max. Ebbstrom (21.2.2022)	0,39	0,43	+0,04	+10
Winter			Mittlere Tide, max. Flutstrom (4.3.2022)	0,79	0,73	-0,04	-5	

Position	Zeitraum	Zeitpunkt (Datum)	Ist-Zustand [m/s]	Entwurfzustand [m/s]	Differenz (Plan-Ist) [m/s]	Prozentuale Änderung [%]
		Mittlere Tide, max. Ebbstrom (4.3.2022)	0,47	0,51	+0,04	+9
Saalehafen	Sommer	Starke Tide, max. Flutstrom (28.5.2022)	0,27	0,28	+0,01	+4
		Starke Tide, max. Ebbstrom (28.5.2022)	0,25	0,28	+0,03	+12
		Schwache Tide, max. Flutstrom (5.6.2022)	0,24	0,22	-0,02	-8
		Schwache Tide, max. Ebbstrom (5.6.2022)	0,25	0,27	+0,02	+9
	Winter	Sturmflut, max. Flutstrom (21.2.2022)	0,33	0,34	+0,01	+3
		Sturmflut, max. Ebbstrom (21.2.2022)	0,24	0,27	+0,03	+13
		Mittlere Tide, max. Flutstrom (4.3.2022)	0,28	0,29	+0,01	+4
		Mittlere Tide, max. Ebbstrom (4.3.2022)	0,27	0,30	+0,03	+11

Appendix D.2.3 Fortgeschriebener Entwurfsplan Stand August 2023

Tabelle D.6. Vergleich Strömungsgeschwindigkeit zwischen Ist- und fortgeschriebenem Entwurfzustand Stand August 2023.

Position	Zeitraum	Zeitpunkt (Datum)	Ist-Zustand [m/s]	Fortgeschriebener Entwurfzustand Stand August 2023 [m/s]	Differenz (Plan-Ist) [m/s]	Prozentuale Änderung [%]
Moldaauhafen	Sommer	Starke Tide, max. Flutstrom (28.5.2022)	0,82	0,81	-0,01	-2
		Starke Tide, max. Ebbstrom (28.5.2022)	0,45	0,45	0	0
		Schwache Tide, max. Flutstrom (5.6.2022)	0,59	0,59	0,00	0
		Schwache Tide, max. Ebbstrom (5.6.2022)	0,49	0,48	-0,01	-2
	Winter	Sturmflut, max. Flutstrom (21.2.2022)	1,03	1,00	-0,03	-3
		Sturmflut, max. Ebbstrom (21.2.2022)	0,42	0,42	0	0
		Mittlere Tide, max. Flutstrom (4.3.2022)	0,75	0,72	-0,03	-4
		Mittlere Tide, max. Ebbstrom (4.3.2022)	0,51	0,50	0	2
Baufeld 26	Sommer	Starke Tide, max. Flutstrom (28.5.2022)	0,87	0,85	-0,02	-2
		Starke Tide, max. Ebbstrom (28.5.2022)	0,42	0,45	+0,03	+7

Position	Zeitraum	Zeitpunkt (Datum)	Ist-Zustand [m/s]	Fortgeschriebener Entwurfszustand August 2023 [m/s]	Differenz (Plan-Ist) [m/s]	Prozentuale Änderung [%]	
		Ebbstrom (28.5.2022)					
		Schwache Tide, max. Flutstrom (5.6.2022)	0,60	0,60	0,00	0	
		Schwache Tide, max. Ebbstrom (5.6.2022)	0,44	0,47	+0,03	+7	
	Winter	Sturmflut, max. Flutstrom (21.2.2022)	1,11	1,11	0	0	
		Sturmflut, max. Ebbstrom (21.2.2022)	0,39	0,42	+0,03	+8	
		Mittlere Tide, max. Flutstrom (4.3.2022)	0,79	0,78	-0,01	-1	
		Mittlere Tide, max. Ebbstrom (4.3.2022)	0,47	0,50	+0,03	+6	
	Saalehafen	Sommer	Starke Tide, max. Flutstrom (28.5.2022)	0,27	0,27	0	0
			Starke Tide, max. Ebbstrom (28.5.2022)	0,25	0,26	+0,01	+4
			Schwache Tide, max. Flutstrom (5.6.2022)	0,24	0,23	-0,01	-4
Schwache Tide, max. Ebbstrom (5.6.2022)			0,25	0,26	+0,01	+4	

Position	Zeitraum	Zeitpunkt (Datum)	Ist-Zustand [m/s]	Fortgeschriebener Entwurfszustand August 2023 [m/s]	Differenz (Plan-Ist) [m/s]	Prozentuale Änderung [%]
	Winter	Sturmflut, max. Flutstrom (21.2.2022)	0,33	0,32	-0,01	-3
		Sturmflut, max. Ebbstrom (21.2.2022)	0,24	0,25	+0,01	+4
		Mittlere Tide, max. Flutstrom (4.3.2022)	0,28	0,26	-0,02	-7
		Mittlere Tide, max. Ebbstrom (4.3.2022)	0,27	0,28	+0,01	+4