

Auswirkungen einer beweglichen Sohlschwelle auf den Schiffsverkehr und die maritime Hafenwirtschaft

Endbericht

für das

WASSERSTRASSEN- UND SCHIFFFAHRTSAMT EMDEN
Am Eisenbahndock 3, 26725 Emden

vorgelegt von



PLANCO Consulting GmbH, Essen
Am Waldthausenpark 11, D-45127 Essen
Tel. +49-(0)201-43771-0; Fax +49-(0)201-411468
e-mail: planco@planco.de

14. Dezember 2016

Inhaltsverzeichnis

1	<i>Zusammenfassung</i>	1
1.1	Aufgabe	1
1.2	Rahmenbedingungen und Vorgehensweise	1
1.3	Ergebnisse	4
1.4	Fazit	8
2	<i>Aufgabe</i>	10
3	<i>Rahmenbedingungen und grundsätzliche Vorgehensweise</i>	10
3.1	Rahmenbedingungen	10
3.2	Grundsätzliche Vorgehensweise	13
4	<i>Schiffsverkehre im Ist-Zustand</i>	15
4.1	Datenbasis	15
4.2	Seeschifffahrt	16
4.3	Binnenschifffahrt	17
4.4	Fahrgastschifffahrt	20
4.5	Sonstige Fahrzeuge	21
4.6	Freizeitschifffahrt	22
5	<i>Prognose der Schiffsverkehre im Jahr 2030</i>	24
5.1	Seeschifffahrt	24
5.2	Binnenschifffahrt	25
5.3	Güterschifffahrt auf der Ems zwischen Papenburg und Emden 2030	29
5.4	Fahrgastschifffahrt	29
5.5	Sonstige Fahrzeuge und Freizeitschifffahrt	29
5.6	Schiffsbewegungen in der Prognose	30
6	<i>Statistisch ermittelte Parameter für die Simulation</i>	30
6.1	Anteil der Güterschiffe, die mit der Strömung den relevanten Emsabschnitt befahren	31
6.2	Durchschnittliche Geschwindigkeiten der Güterschiffe auf dem relevanten Emsabschnitt	32

6.3	Zeitliche Verteilung der Schiffsbewegungen	33
6.3.1	Zeitliche Verteilung der Schiffsbewegungen in der Güterschiffahrt.....	33
6.3.2	Zeitliche Verteilung der Schiffsbewegungen in der Fahrgastschiffahrt.....	35
6.3.3	Zeitliche Verteilung der Schiffsbewegungen in der Freizeitschiffahrt.....	36
7	<i>Verkehrliche Rahmenbedingungen</i>	38
7.1	Derzeitige Situation (Vergleichsfall).....	38
7.2	Verhältnisse in den Planfällen	39
8	<i>Simulation des Schiffsverkehrs durch das Emssperrwerk</i>	43
8.1	Simulationsmethodik	43
8.2	Simulation für das Jahr 2010	46
8.2.1	Wartezeiten für das Jahr 2010	47
8.2.2	Wartende Schiffe in der Simulation für das Jahr 2010	56
8.2.3	Schleusendaten für das Jahr 2010.....	59
8.3	Simulation für das Jahr 2030	60
8.3.1	Wartezeiten für das Jahr 2030	60
8.3.2	Wartende Schiffe in der Simulation für das Jahr 2030	73
8.3.3	Schleusendaten für das Jahr 2030.....	77
9	<i>Mögliche weitere Auswirkungen einer flexiblen Sohlschwelle</i>	78
9.1	Mögliche Verlagerungswirkungen	78
9.2	Zur Wirtschaftlichkeit der Schifffahrt auf der Ems bei Inbetriebnahme einer flexiblen Sohlschwelle	83
9.3	Mögliche Kapazitätsbeschränkungen für die Schifffahrt aufgrund einer flexiblen Sohlschwelle.....	85
9.4	Kompensationsbedarf wegen der Auswirkungen einer flexiblen Sohlschwelle	86
9.5	Mögliche Auswirkungen auf die maritime Hafenwirtschaft und den Tourismus	88
10	<i>Fazit.....</i>	89
11	<i>Anhang: Variationen der Simulationsparameter</i>	93

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1:	Szenarien.....	1
Tabelle 1-2:	Verringerung der mittleren Wartezeiten durch eine Schleuse in Minuten 2030	6
Tabelle 1-3:	Verringerung der Wartezeitensummen durch eine Schleuse in Stunden 2030.....	7
Tabelle 1-4:	Anzahl der für Seeschiffe erforderlichen Liegeplätze in den Szenarien mit und ohne Schleuse 2030	7
Tabelle 1-5:	Anzahl der maximal gleichzeitig wartenden Binnenschiffe in den Szenarien mit und ohne Schleuse 2030	8
Tabelle 3-1:	Szenarien.....	12
Tabelle 4-1:	Güterschifffahrt auf der Ems zwischen Papenburg und Emden.....	15
Tabelle 4-2:	Seegüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden 2014.....	16
Tabelle 4-3:	Seegüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden nach dwt-Klassen 2014	16
Tabelle 4-4:	Auslastung der beladenen Schiffe nach Typ und Richtung 2014.....	16
Tabelle 4-5:	Binnengüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden 2010.....	17
Tabelle 4-6:	Beladene Binnengüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden nach TT-Klassen 2010	17
Tabelle 4-7:	Auslastungsgrade beladener Binnengüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden nach TT-Klassen und Richtung 2010.....	18
Tabelle 4-8:	Binnengüterschiffsrelationen (beladen und leer) auf dem relevanten Ems Abschnitt 2010	19
Tabelle 4-9:	Relationen beladener Binnengüterschiffe auf dem relevanten Ems Abschnitt 2010	19
Tabelle 4-10:	Aufteilung der Passagierschifffahrten und weitere 2010 und 2014	21
Tabelle 5-1:	Seeverkehrsprognose 2030 für Emden und Papenburg - Umschlagmengen nach Güterarten in 1.000 Tonnen	24
Tabelle 5-2:	Seegüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden 2030.....	25
Tabelle 5-3:	Seegüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden nach tdw-Klassen 2030	25
Tabelle 5-4:	Beladene Binnengüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden nach TT-Klassen 2010 und VP 2030 Basisjahr 2010 (ohne Anpassungen).....	26
Tabelle 5-5:	Flottenstruktur beladener Binnengüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden nach TT-Klassen 2010 und VP 2030 Basisjahr 2010 (ohne Anpassungen).....	27
Tabelle 5-6:	Beladene Binnengüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden nach TT-Klassen 2010 und VP 2030 Basisjahr 2010 (mit Anpassungen).....	27

Tabelle 5-7:	Beladene Binnengüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden nach TT-Klassen VP 2030 Basisjahr 2030 (mit Anpassungen).....	28
Tabelle 5-8:	Beladene und leere Binnengüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden nach TT-Klassen VP 2030 Prognosejahr 2030 (mit Anpassungen)	28
Tabelle 5-9:	Güterschiffahrt auf der Ems zwischen Papenburg und Emden 2030 (inklusive Leerfahrten).....	29
Tabelle 5-10:	Anzahl der Schiffsbewegungen in den Szenarien insgesamt.....	30
Tabelle 6-1:	Anteil der Schiffe, die den relevanten Emsabschnitt mit der Strömung passiert haben	31
Tabelle 6-2:	Durchschnittsgeschwindigkeiten der Seeschiffe auf dem relevanten Emsabschnitt.....	32
Tabelle 6-3:	Durchschnittsgeschwindigkeiten der Binnengüterschiffe auf dem relevanten Emsabschnitt in km/h.....	32
Tabelle 7-1:	Vergleich der Maximalwasserstände in den Szenarien zum Ist-Zustand an ausgewählten Emsabschnitten in Zentimetern.....	42
Tabelle 8-1:	Geschwindigkeitsschema (v-Profil) auf der Unter- und Außenems.....	43
Tabelle 8-2:	Schleusenparameter	44
Tabelle 8-3:	Reduktion der mittleren Wartezeiten durch eine Schleuse in Minuten 2010	50
Tabelle 8-4:	Relative Reduktion der Wartezeiten durch eine Schleuse 2010	51
Tabelle 8-5:	Mittleren Wartezeiten der Seeschiffe in den Szenarien nach Relationen in Minuten 2010.....	52
Tabelle 8-6:	Mittleren Wartezeiten der Binnengüterschiffe in den Szenarien nach Relationen in Minuten 2010	52
Tabelle 8-7:	Differenz der Anzahl wartender Schiffe zwischen den Varianten mit und ohne Schleuse.....	58
Tabelle 8-8:	Simulationsergebnisse für die Schleuse 2010	59
Tabelle 8-9:	Verringerung der Wartezeitensummen durch eine Schleuse in Stunden 2030.....	66
Tabelle 8-10:	Verringerung der mittleren Wartezeiten durch eine Schleuse in Minuten 2030	67
Tabelle 8-11:	Relative Verringerung der mittleren Wartezeiten durch eine Schleuse 2030	68
Tabelle 8-12:	Mittlere Wartezeiten der Seeschiffe in den Szenarien nach Relationen in Minuten 2030.....	68
Tabelle 8-13:	Mittlere Wartezeiten der Binnengüterschiffe in den Szenarien nach Relationen in Minuten 2030.....	69
Tabelle 8-14:	Differenz der Anzahl wartender Schiffe zwischen den Varianten mit und ohne Schleuse 2030	76
Tabelle 8-15:	Anzahl der im Worst-case wartenden Seeschiffe in den Szenarien mit und ohne Schleuse 2030	77
Tabelle 8-16:	Simulationsergebnisse für die Schleuse 2030	77



Tabelle 9-1:	Vergleichsrechnung Rundläufe Emden - Dörpen versus Brake - Dörpen	78
Tabelle 9-2:	Wartezeiten in den Szenarien für den Rundlauf Emden – Dörpen in Stunden.....	79
Tabelle 9-3:	Kostenvergleich des Seetransports von Pietarsaari/Finnland nach Emden bzw. nach Brake in Euro pro Tonne	80
Tabelle 9-4:	Kosten des Transports Emden – Dörpen bzw. Brake – Dörpen in Euro pro Tonne	80
Tabelle 9-5:	Kostenvergleich des Transports Emden – Dörpen mit dem Binnenschiff und der Bahn in Euro	81
Tabelle 9-6:	Seehafenumschlag in Papenburg 2015 nach Gütergruppen und Richtung.....	82
Tabelle 9-7:	Wartezeiten für die Relation Klaipeda - Papenburg 2030 in Minuten	83
Tabelle 9-8:	Kostenerhöhung in Euro pro Tonne für die Relation Klaipeda - Papenburg durch die Wartezeiten 2030 in den Szenarien.....	83
Tabelle 9-9:	Transportaufkommen und –kosten der Binnenschifffahrt auf der Relation Emden – Leer.....	84
Tabelle 9-10:	Durchschnittliche Wartezeiten auf der Relation Emden – Leer 2030 in Minuten.....	84
Tabelle 9-11:	Mehrkosten durch Wartezeiten auf der Relation Emden – Leer.....	84
Tabelle 9-12:	Mittlere Wartezeiten der Binnenschiffe in den Szenarien 2030 in Minuten	86
Tabelle 9-13:	Anzahl der für Seeschiffe erforderlichen Liegeplätze in den Szenarien mit und ohne Schleuse 2030	87
Tabelle 9-14:	Anzahl der wartenden Binnenschiffe in den Szenarien mit und ohne Schleuse 2030	87
Tabelle 9-15:	Mittlere Wartezeiten der Kleinfahrzeuge in den Szenarien 2030 in Minuten	88
Tabelle 10-1:	Wirkung von Schleusen auf die Wartezeiten der Seeschiffe in den Szenarien 2030 in Minuten.....	91
Tabelle 10-2:	Summe der Wartezeiten aller Schiffe in den Szenarien 2030 in Minuten	91
Tabelle 10-3:	Summe der Wartezeiten aller Güterschiffe in den Szenarien 2030.....	91
Tabelle 10-4:	Zeitlicher Verlauf der Sperrungen im NLWKN-, im 2-Stunden- und im 4-Stunden-Szenario.....	92
Tabelle 11-1:	Übersicht Simulationsrechnungen.....	93
Tabelle 11-2:	Wartezeitenvergleich der einlaufenden Seeschiffe 2010 in Minuten – Variante ohne Schleuse (Geschwindigkeitsprofil v6 versus v8)	94
Tabelle 11-3:	Wartezeitenvergleich der einlaufenden Seeschiffe 2010 in Minuten – Variante ohne Schleuse (Geschwindigkeitsprofil v6 versus v8)	94
Tabelle 11-4:	Vergleich Wartezeiten 2010 in Minuten – WSA-Variante mit Schleuse versus Planco-Variante mit Schleuse (Geschwindigkeitsprofil v6)	95

Tabelle 11-5: Vergleich Wartezeiten 2030 – WSA-Variante mit Schleuse versus
Planco-Variante mit Schleuse (Geschwindigkeitsprofil v6) 96



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Wasserstände und Strömung im 2-Stunden und im 4-Stunden-Szenario.....	2
Abbildung 1-2:	Wasserstände und Strömung im -1-Meter-Szenario.....	3
Abbildung 1-3:	Mittlere Wartezeiten in Minuten 2030 – Variante ohne Schleuse.....	5
Abbildung 1-4:	Mittlere Wartezeiten in Minuten 2030 nach Fahrtrichtungen – Variante mit Schleuse	6
Abbildung 3-1:	Wasserstände und Strömung im 2-Stunden und im 4-Stunden-Szenario.....	11
Abbildung 3-2:	Wasserstände und Strömung im -1-Meter-Szenario.....	12
Abbildung 3-3:	Solltiefen auf der Unter- und Außenems mit Engpässen	13
Abbildung 4-1:	Motorboothäfen in der Unteremsregion.....	23
Abbildung 6-1:	Monatsanteile der jährlichen Schiffsbewegungen nach Schiffstypen (Durchschnitt 1998 bis 2015)	33
Abbildung 6-2:	Anteil der Wochentage an den wöchentlichen Schiffsbewegungen nach Schiffstypen (Durchschnitt 1998 bis 2015).....	34
Abbildung 6-3:	Fahrgastschiffsbewegungen je Wochentag 2010 und 2014	35
Abbildung 6-4:	Jahreszeitlicher Verlauf der Schleusungen von Kleinfahrzeugen in Herbrum 2014	36
Abbildung 6-5:	Wochentäglicher Verlauf der Schleusungen von Kleinfahrzeugen in Herbrum 2014	37
Abbildung 7-1:	Tideverläufe im Ist-Zustand und in den Szenarien an der Friesenbrücke	40
Abbildung 7-2:	Tideverläufe im Ist-Zustand und in den Szenarien in Terborg.....	41
Abbildung 8-1:	Mittlere Wartezeiten in Minuten 2010 – Variante ohne Schleuse.....	47
Abbildung 8-2:	Summe der Wartezeiten in Minuten 2010 nach Fahrtrichtungen – Variante ohne Schleuse	48
Abbildung 8-3:	Summe der Wartezeiten in Minuten 2010 insgesamt – Variante ohne Schleuse	49
Abbildung 8-4:	Mittlere Wartezeiten in Minuten 2010 nach Fahrtrichtungen – Variante mit Schleuse	50
Abbildung 8-5:	Summe der Wartezeiten in Minuten 2010 insgesamt – Variante mit und ohne Schleuse	51
Abbildung 8-6:	Anzahl der wartenden Schiffe 2010 in den Szenarien ohne Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten	53
Abbildung 8-7:	Anzahl der wartenden Schiffe 2010 in den Szenarien mit Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten	54
Abbildung 8-8:	Anzahl der wartenden Schiffe 2010 im 2-Stunden-Szenario mit und ohne Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten	55
Abbildung 8-9:	Anzahl der wartenden Schiffe 2010 im 4-Stunden-Szenario mit und ohne Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten	55

Abbildung 8-10: Anzahl der wartenden Schiffe 2010 im -1-Meter-Szenario mit und ohne Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten	56
Abbildung 8-11: Anzahl der maximal gleichzeitig wartenden Schiffe 2010 in den Szenarien ohne Schleuse	57
Abbildung 8-12: Anzahl der maximal gleichzeitig wartenden Schiffe 2010 in den Szenarien mit Schleuse.....	58
Abbildung 8-13: Mittlere Wartezeiten in Minuten 2030 – Variante ohne Schleuse.....	60
Abbildung 8-14: Fahrt eines Seeschiffes (Schiff 1) einlaufend bis Papenburg 2030 ohne flexible Sohlschwelle	61
Abbildung 8-15: Fahrt eines Seeschiffes (Schiff 1) einlaufend bis Papenburg 2030 im 4-Stunden-Szenario.....	62
Abbildung 8-16: Fahrt eines Seeschiffes (Schiff 2) einlaufend bis Papenburg 2030 im 4-Stunden-Szenario.....	63
Abbildung 8-17: Summe der Wartezeiten in Minuten 2030 nach Fahrtrichtungen – Variante ohne Schleuse	64
Abbildung 8-18: Summe der Wartezeiten in Minuten 2030 insgesamt – Variante ohne Schleuse	65
Abbildung 8-19: Summe der Wartezeiten in Minuten 2030 nach Fahrtrichtungen – Variante mit Schleuse	66
Abbildung 8-20: Mittlere Wartezeiten in Minuten 2030 nach Fahrtrichtungen – Variante mit Schleuse	67
Abbildung 8-21: Anzahl der wartenden Schiffe 2030 in den Szenarien ohne Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten	70
Abbildung 8-22: Anzahl der wartenden Schiffe 2030 in den Szenarien mit Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten	71
Abbildung 8-23: Anzahl der wartenden Schiffe 2030 im 2-Stunden-Szenario mit und ohne Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten	72
Abbildung 8-24: Anzahl der wartenden Schiffe 2030 im 4-Stunden-Szenario mit und ohne Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten	72
Abbildung 8-25: Anzahl der wartenden Schiffe 2030 im -1-Meter-Szenario mit und ohne Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten	73
Abbildung 8-26: Anzahl der maximal gleichzeitig wartenden Schiffe 2030 in den Szenarien ohne Schleuse	75
Abbildung 8-27: Anzahl der maximal gleichzeitig wartenden Schiffe 2030 in den Szenarien mit Schleuse.....	76

1 Zusammenfassung

1.1 Aufgabe

Im „Masterplan Ems 2050“ ist die Untersuchung wasserbaulicher Maßnahmen zur Lösung des Schlickproblems und zur Verbesserung des Gewässerzustands in der Unterems vorgesehen. Dabei wird die Einrichtung einer flexiblen Sohlschwelle am Emssperrwerk als Option angesehen. Ziel dieser Studie ist es, die Auswirkungen einer flexiblen Sohlschwelle auf den Schiffsverkehr und die maritime Hafenwirtschaft zu bewerten.

1.2 Rahmenbedingungen und Vorgehensweise

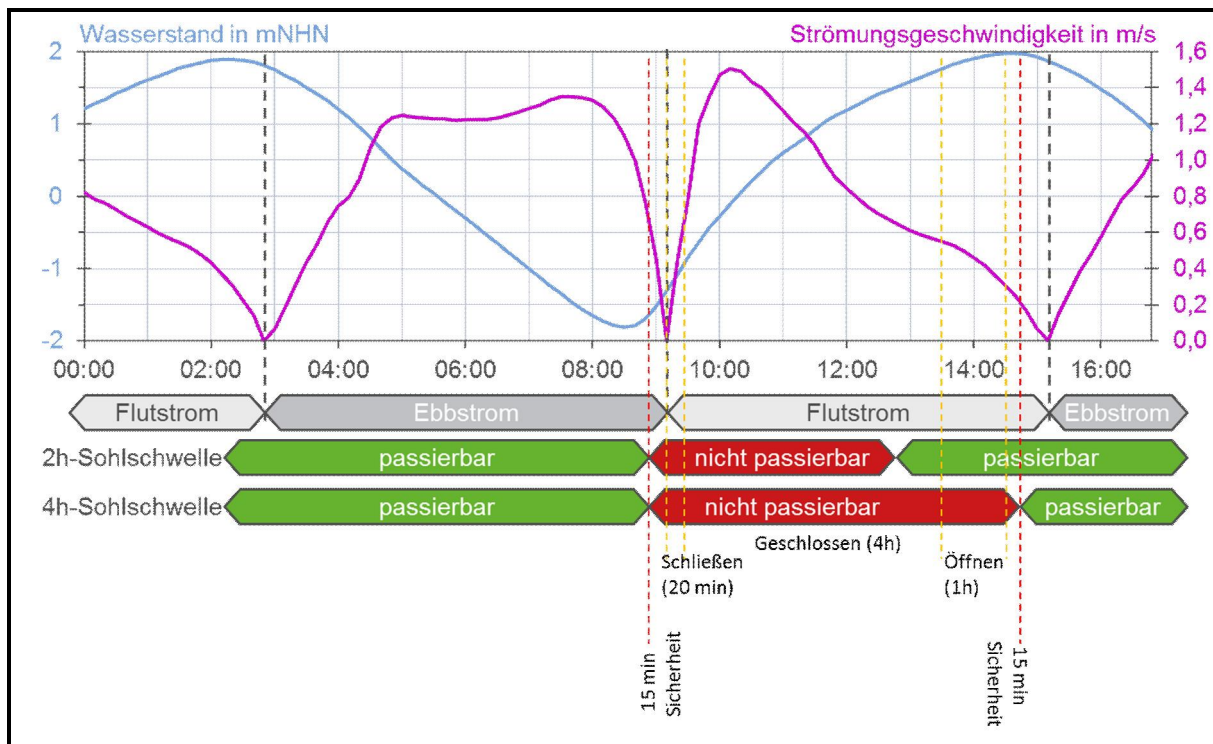
Es wurden drei Szenarien der Schließung der flexiblen Sohlschwelle untersucht, die in der nachfolgenden Tabelle dargestellt sind. Neben dem Schließzeitpunkt variiert auch die Schließdauer:

Tabelle 1-1: Szenarien

Szenarien	2-Stunden	4-Stunden	-1-Meter
Schließzeitpunkt	Ebbstromkenterpunkt	Ebbstromkenterpunkt	Wasserstand – 1 Meter
Schließdauer	20 Minuten	20 Minuten	20 Minuten
Öffnungsdauer	60 Minuten	60 Minuten	20 Minuten
Dauer der Schließung	120 Minuten	240 Minuten	ca. 150 Minuten
Sicherungszeit (gesamt)	30 Minuten	30 Minuten	30 Minuten
Zeit der Sperrung	230 Minuten	350 Minuten	220 Minuten
Zeit der Sperrung	3 Stunden 50 Minuten	5 Stunden 50 Minuten	3 Stunden 40 Minuten

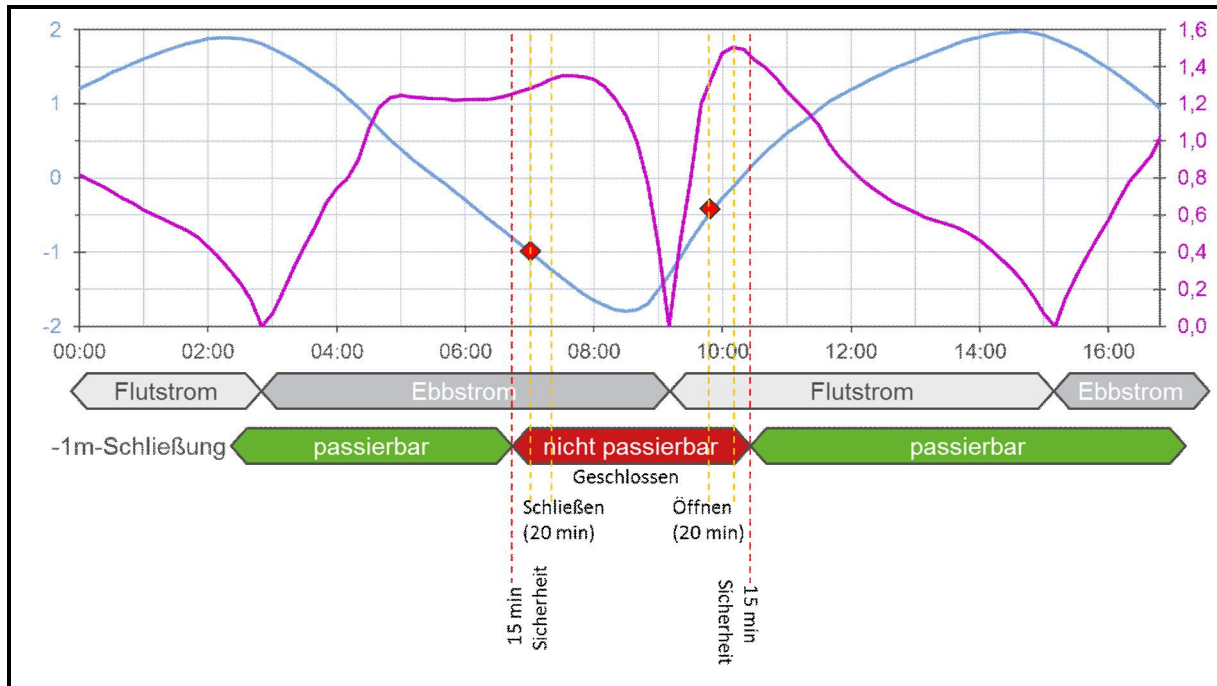
Zwei der Szenarien gehen von einer teilweisen Schließung des Sperrwerks während des Flutstroms aus (s. Abbildung 1-1). Das 2-Stunden-Szenario beschreibt die teilweise Schließung des Sperrwerks zum Ebbstromkenterpunkt für zwei Stunden. Der Schließvorgang beginnt zum Ebbstromkenterpunkt und dauert 20 Minuten. Danach bleibt das Sperrwerk zwei Stunden geschlossen. Das anschließende Öffnen des Sperrwerks dauert eine Stunde. 15 Minuten bevor das Sperrwerk geschlossen wird, wird dieses für die Schifffahrt aus nautischen Gründen gesperrt. Ebenso bleibt das Sperrwerk 15 Minuten nach dem Öffnen aus nautischen Gründen für die Schifffahrt gesperrt. Somit beginnt die Sperrung für die Schifffahrt 15 Minuten vor dem Ebbstromkenterpunkt und dauert insgesamt 3 Stunden und 50 Minuten (s. Tabelle 1-1).

Abbildung 1-1: Wasserstände und Strömung im 2-Stunden und im 4-Stunden-Szenario



Im Gegensatz zu den beiden Flutstromszenarien wird im -1-Meter-Szenario das Sperrwerk bei einem Wasserstand von $\text{NHN} - 1$ Meter vollständig geschlossen. Dieses geschieht überwiegend während des Ebbstroms (s. Abbildung 1-2). Die Sperrzeiten aus nautischen Gründen betragen im -1-Meter-Szenario ebenfalls jeweils 15 Minuten vor dem Schließvorgang bzw. nach dem Öffnen. Während im 2-Stunden-Szenario und im 4-Stunden-Szenario der Schließvorgang jeweils zum Ebbstromkenterpunkt (Einsetzen des Flutstroms) beginnt, beginnt er beim -1-Meter-Szenario bei einem Wasserstand von $\text{NHN} - 1$ Meter und endet bei Wasserstandsgleichheit von Ober- und Unterwasser. Die Schließ- und Öffnungsdauer betragen jeweils 20 Minuten. Im Gegensatz zu den beiden anderen Szenarien ist die Zeit der Sperrung nicht fix. Es ergibt sich in Abhängigkeit der Wasserstände eine Sperrzeit von rund 3 Stunden und 40 Minuten (s. Tabelle 1-1).

Abbildung 1-2: Wasserstände und Strömung im -1-Meter-Szenario



Für alle Szenarien wurden zwei Varianten betrachtet, eine ohne Schleuse (A) und eine mit Schleuse (B). Die Schleuse in Variante B ermöglicht es der Schifffahrt, das Sperrwerk auch bei geschlossener Sohlschwelle zu passieren.

Auf Basis der oben geschilderten Angaben wurden sämtliche Simulationen durchgeführt. Es wurde sowohl der Schiffsverkehr für das Jahr 2010, als auch für das Prognosejahr 2030 simuliert. Naheliegenderweise stand keine Tideprognose für das Prognosejahr 2030 zur Verfügung. Aus diesem Grund wurden die Simulationen für das Prognosejahr wie folgt erstellt:

Sämtliche Schiffsbewegungen des Jahres 2010 wurden in das Prognosejahr 2030 übertragen. Die zusätzlichen Schiffsbewegungen für das Jahr 2030 wurden gemäß der jahreszeitlichen, monatlichen und wöchentlichen Verteilung der Fahrten je Schiffskategorie verteilt. Grundlage der Verteilung waren die Abfahrtszeiten in Relation zum Tideverlauf. Somit ist eine nahezu identische Verteilung der Schiffsbewegungen mit lediglich einer höheren Anzahl von Schiffsbewegungen für das Jahr 2030 erstellt und simuliert worden. Die Zahl der Schiffsbewegungen wurde mit Hilfe der Seeverkehrs- und der Verflechtungsprognose 2030 des Bundesverkehrswegeplans 2030 erstellt.

Es lagen nahezu keine Informationen über Ausweichreaktion der Schifffahrt in Folge der Einrichtung einer flexiblen Sohlschwelle vor.¹ Aus diesem Grund wurde angenommen, dass es zu keinen Ausweichreaktionen kommt.²

Somit sind sämtliche Ergebnisse als maximale negative Auswirkungen einer flexiblen Sohlschwelle auf die Schifffahrt zu interpretieren. Dies gilt sowohl für die errechneten Wartezeiten, als auch für die Anzahl wartender Schiffe. Während die Anzahl wartender Schiffe selbst erklärend ist, gilt dies für die Wartezeiten nicht. Die Wartezeiten wurden für jede einzelne Schiffsbewegung als Differenz aus der Fahrtzeit im Ist-Zustand und der Fahrtzeit im jeweiligen Szenario berechnet. Somit wurde auch berücksichtigt, dass Schiffe aufgrund der in den Szenarien geänderten Strömungsbedingungen länger für ihre Fahrten brauchen können. Generell gilt, dass sämtliche Betrachtungen als Ganzjahresbetrachtung durchgeführt wurden. Saisonale Unterschiede fanden dabei Berücksichtigung.

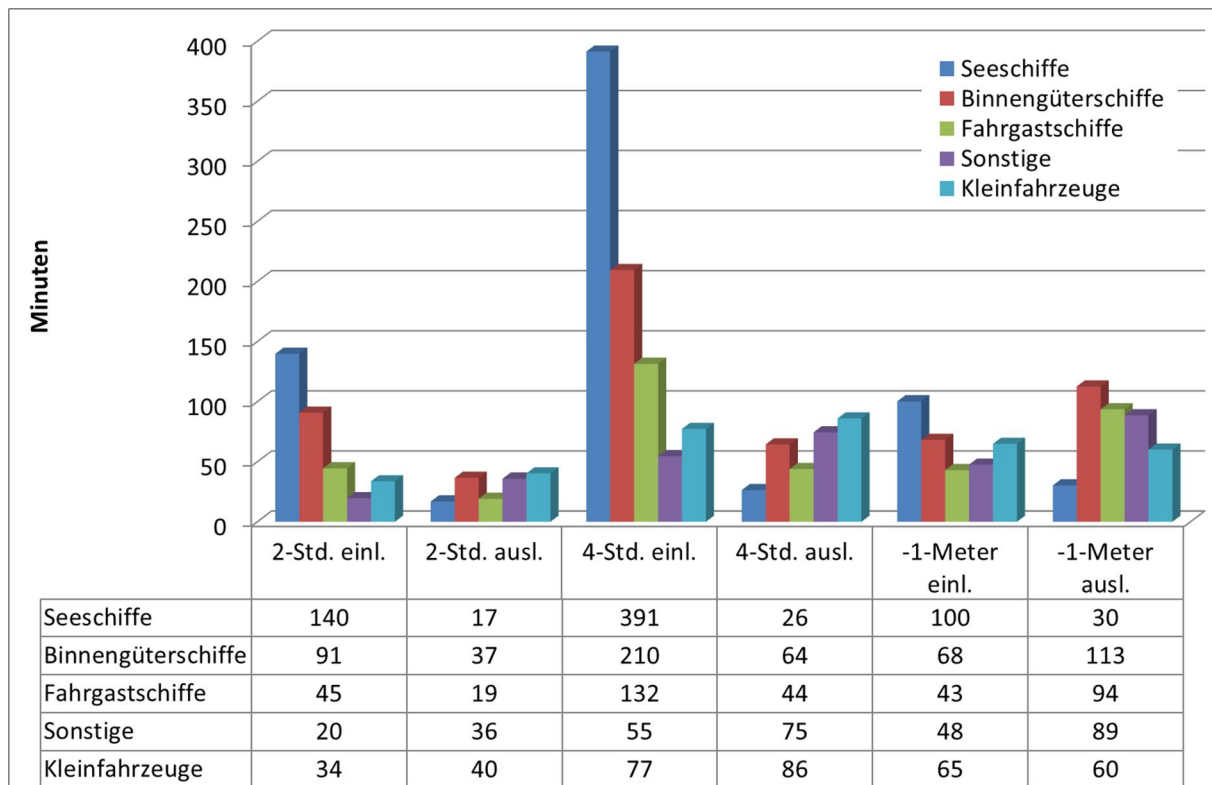
1.3 Ergebnisse

Durch die flexible Sohlschwelle kommt es in erster Linie zu Wartezeiten für die Schifffahrt. Grundsätzlich bleiben alle Ziele, die derzeit erreichbar sind, auch in allen simulierten Szenarien erreichbar. Abbildung 1-3 zeigt die mittleren Wartezeiten je Schiffskategorie nach Richtung für die einzelnen Szenarien in den Varianten ohne Schleuse.

¹ Ausnahmen sind die Linienverkehre Emden – Dörpen – Emden und die Fahrgastschifffahrt.

² Die Diskussionen während der Arbeitskreisbesprechungen zeigten, dass selbst eine Reaktion in Form einer Geschwindigkeitserhöhung bei der Seeschifffahrt nur bedingt möglich ist. Diese Möglichkeit wurde als Simulationsvariante durchgerechnet. Weiter gilt es bei den Reaktionsmöglichkeiten zu beachten, dass bestimmte Reaktionen zwar eine Wirkung auf die Zahl wartender Schiffe am Sperrwerk haben aber nicht auf die Wartezeit. So kann ein Schiff das Warten am Sperrwerk umgehen, indem es im Hafen später losfährt, um bei einer geöffneten Sohlschwelle am Sperrwerk anzukommen. Dadurch verändert sich die Wartezeit nicht. Es wird lediglich an einem anderen Ort gewartet.

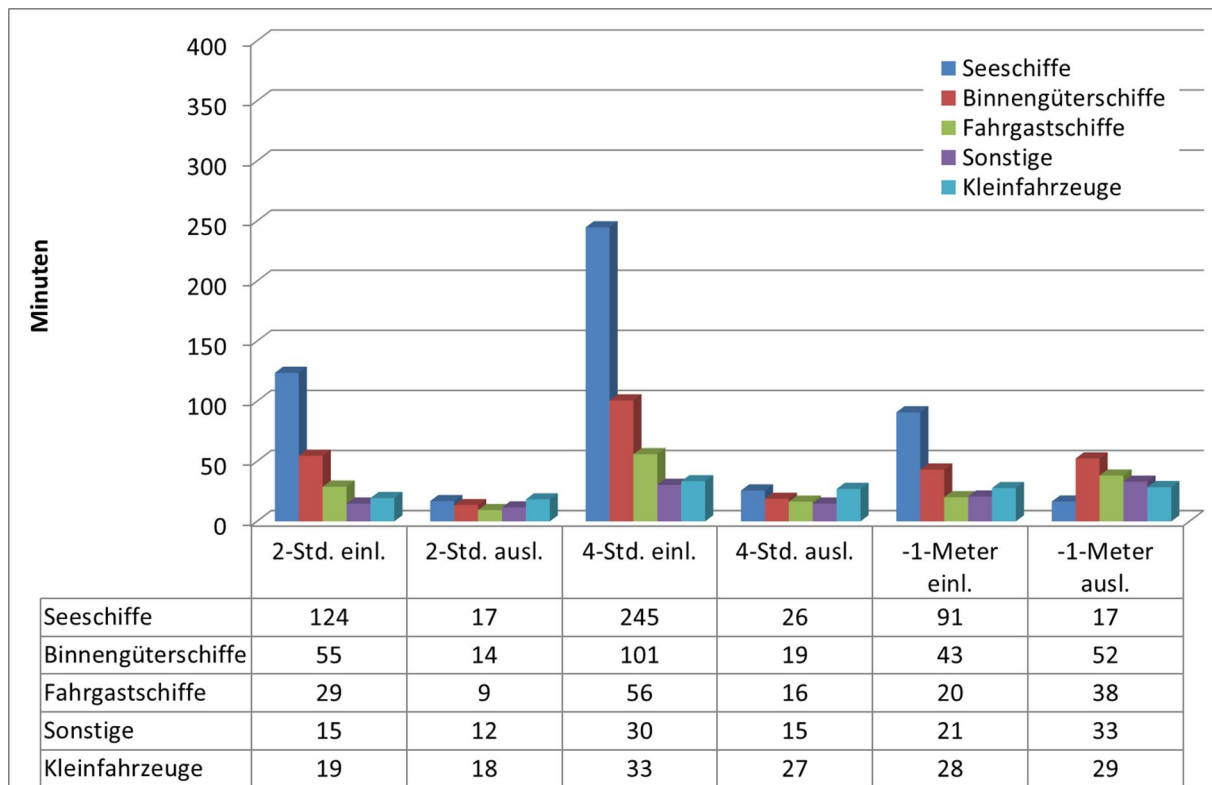
Abbildung 1-3: Mittlere Wartezeiten in Minuten 2030 – Variante ohne Schleuse



Am stärksten betroffen sind die Seeschiffe, insbesondere die einlaufenden. Dies liegt daran, dass sie nur mit dem Flutstrom die Häfen Leer und Papenburg erreichen können. Im 2-Stunden-Szenario müssen sie im Durchschnitt 2 Stunden und 20 Minuten warten. Im 4-Stunden-Szenario sind es 6 Stunden und 31 Minuten und im -1-Meter-Szenario sind es 1 Stunde und 40 Minuten. Dass die mittlere Wartezeit im 4-Stunden-Szenario länger ist als die Sperrzeit, liegt daran, dass es Seeschiffe gibt, welche extrem abgeladen die Ems zu Berg befahren. Diese erreichen ihren Zielhafen nur bei günstigen Tiden. Im 4-Stunden-Szenario ist das Tidehochwasser aber niedriger als im Ist-Zustand, d.h. diese Schiffe können zwar weiter ihr Ziel erreichen, aber nur bei günstigen Verhältnissen, auf die sie warten müssen. Es ist davon auszugehen, dass kein Reeder ein solch „riskantes“ Verhalten beim Betrieb einer flexiblen Sohlschwelle zeigen würde.

Weiter wurde der Fall untersucht, dass eine Seeschleuse in das Sperrwerk integriert würde. Dadurch können die Schiffe auch bei geschlossenem Zustand der flexiblen Sohlschwelle das Sperrwerk passieren. Durch die Schleuse reduzieren sich die Wartezeiten deutlich (s. Abbildung 1-4).

Abbildung 1-4: Mittlere Wartezeiten in Minuten 2030 nach Fahrtrichtungen – Variante mit Schleuse



Die Wirkung einer Schleuse ist naheliegenderweise im 4-Stunden-Szenario am größten (s. Tabelle 1-2). Im 4-Stunden-Szenario verkürzt eine Schleuse die mittlere Wartezeit der einlaufenden Seeschiffe um 2 Stunden und 27 Minuten.

Tabelle 1-2: Verringerung der mittleren Wartezeiten durch eine Schleuse in Minuten 2030

Schiffskategorie	2-Std.-Szenario		4-Std.-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
Seeschiffe	16	0	147	1	10	14
Binnengüterschiffe	36	23	109	46	25	60
Fahrgastschiffe	16	10	76	28	23	56
Sonstige	5	24	24	60	27	56
Kleinfahrzeuge	14	22	44	59	37	32

Die Verbesserung der Situation durch eine Schleuse ist pro Schiff für die Seeschiffe am größten, aber insgesamt pro Schiffskategorie ist sie für die Binnenschiffe am größten (s. Tabelle 1-3). Dadurch, dass 2030 rund 10-mal so viele Binnenschiffe wie Seeschiffe das Sperrwerk passieren werden, wird der bei den Binnengüterschiffen geringere Effekt einer Schleuse pro Schiff durch die erheblich höhere Anzahl von Schiffsbewegungen überkompensiert.

Tabelle 1-3: Verringerung der Wartezeitensummen durch eine Schleuse in Stunden 2030

Schiffskategorie	2-Std.-Szenario		4-Std.-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
Seeschiffe	106	0	965	5	63	91
Binnengüterschiffe	2.660	1.042	8.009	2.056	1.844	2.710
Fahrgastschiffe	26	14	127	40	39	81
Sonstige	39	201	197	483	218	449
Kleinfahrzeuge	1.208	1.862	3.708	4.981	3.139	2.668

Neben den Wartezeiten der Schiffe ist von Interesse, wie viele Schiffe warten müssen und wie viele dies gleichzeitig tun.³ Letztlich geht es dabei auch um die Frage, wie viele Liegeplätze in den jeweiligen Szenarien und Varianten am Sperrwerk bereitgestellt werden sollten. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass es sich bei den Simulationen mit der flexiblen Sohlschwelle in gewissem Sinne um „Worst-case-Betrachtungen“ handelt. Bei den Seeschiffen ist die Zahl der maximal gleichzeitig wartenden Schiffe mit der Anzahl notwendiger Liegeplätze am Sperrwerk gleichzusetzen. Die Seeschiffe erreichen bei aktueller Auslastung ihre Ziele an der Ems nur, wenn sie die Möglichkeit haben am Sperrwerk auf den Flutstrom zu warten. Tabelle 1-4 zeigt die Anzahl notwendiger Liegeplätze für Seeschiffe in den Szenarien. Durch entsprechende Tiefgangsbeschränkungen kann die Notwendigkeit von Seeschiff-liegeplätzen vermieden werden. Diese Alternative besteht allerdings nicht für die Varianten mit Schleuse. In den Szenarien mit Schleuse sollten Seeschiff-liegeplätze in jedem Fall eingerichtet werden.

Tabelle 1-4: Anzahl der für Seeschiffe erforderlichen Liegeplätze in den Szenarien mit und ohne Schleuse 2030

	ohne Schleuse	mit Schleuse
2-Stunden-Szenario	5	4
4-Stunden-Szenario	5	4
-1-Meter-Szenario	4	4

Bei den Binnenschiffen ist die Anzahl der maximal gleichzeitig wartenden Schiffe nicht mit der Anzahl notwendiger Liegeplätze gleichzusetzen. Im Gegensatz zu den Seeschiffen müssen die Binnenschiffe nicht am Sperrwerk warten, um ihre Ziele erreichen zu können. Sie können ihre Abfahrtzeiten variieren und damit ihre Wartezeit an einen anderen Ort verlegen. Durch die erheblich höhere Zahl an Binnenschiffsbewegungen in 2030 ergibt sich auch eine deutlich höhere Zahl maximal gleichzeitig wartender Schiffe (s. Tabelle 1-5).

³ Als wartende Schiffe werden alle Schiffe bezeichnet, die gegenüber dem Ist-Zustand in den Szenarien eine längere Reisezeit aufweisen. Diese längere Reisezeit kann in einigen Fällen auch durch langsamere Fahrt entstehen, wobei dann keine echte Wartezeit am Sperrwerk auftritt.

Tabelle 1-5: Anzahl der maximal gleichzeitig wartenden Binnenschiffe in den Szenarien mit und ohne Schleuse 2030

	ohne Schleuse	mit Schleuse
2-Stunden-Szenario	21	11
4-Stunden-Szenario	23	12
-1-Meter-Szenario	30	26

1.4 Fazit

Die Simulationen zeigen, dass unabhängig vom gewählten Szenario in allen Fällen sämtliche prognostizierten Schiffsreisen möglich bleiben. Hierzu bedarf es aber „Kompensationsmaßnahmen“ zur beweglichen Sohlschwelle. Damit Seeschiffe die Häfen Papenburg und Leer mit unverändert hohen Tiefgängen auch in den Szenarien erreichen können, müssen Liegeplätze für die Seeschiffe am Sperrwerk eingerichtet werden. Dies gilt für alle Szenarien. Es besteht allerdings auch durch Einführung von Tiefgangsbeschränkungen die Möglichkeit, ohne Seeschifflichegeplätze die Verkehre aufrechtzuerhalten. In den Varianten mit Schleuse sollte eine gewisse Mindestanzahl von Seeschifflichegeplätzen eingerichtet werden. Die Anzahl der Liegeplätze für Schiffe der übrigen Kategorien mit Wartezeiten wird von den Kosten und den Eingriffsmöglichkeiten der Verkehrsleitung beeinflusst. In allen Fällen sollte eine Mindestanzahl von Liegeplätzen bereitgestellt werden. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass Seeschifflichegeplätze auch von Binnenschiffen genutzt werden können und Kleinfahrzeuge nicht nur Seeschifflichegeplätze, sondern auch Binnenschifflichegeplätze zusätzlich zu speziellen Liegeplätzen für Kleinfahrzeuge nutzen können.

Um die negativen Auswirkungen auf die Binnenschifffahrt zu minimieren, könnten die Schleusenbetriebszeiten der Schleusen in Herbrum und in Bollingerfähr auf einen 24-Stunden-Dienst ausgedehnt werden. Dadurch wird der störende Einfluss der flexiblen Sohlschwelle insbesondere auf die Rundläufe und Linienverkehre soweit minimiert, dass sie weiterbestehen können.

Der Einfluss auf die Fahrgastschifffahrt ist vergleichsweise gering. Es entstehen zwar Wartezeiten bei unveränderten Abfahrtszeiten, aber eine Fahrplananpassung zur Vermeidung der Wartezeiten ist möglich.

Für die behördlichen Schiffe und die Baggerschiffe müssen die Fahrten ebenfalls entsprechend geplant werden, um Wartezeiten zu minimieren bzw. zu vermeiden. In jedem Fall wird die Zahl der Baggerfahrten reduziert. Dafür erhöht sich aber für die Varianten ohne Schleuse der Aufwand für die Verkehrssicherung. In diesen Fällen müssen Sicherungsschiffe am Sperrwerk patrouillieren. Außerdem gilt es den Einfluss der flexiblen Sohlschwelle auf Rettungseinsätze zu minimieren. Sollten Rettungs- oder Polizeischiffe im Einsatz das Sperrwerk passieren müssen, so ist dieses für sie schnellstmöglich zu öffnen bzw. prioritär eine Schleusung durchzuführen.

Der größte Unsicherheitsfaktor bei den Simulationen und auch bei den Kompensationsmaßnahmen ist die Freizeitschifffahrt in Form von Kleinfahrzeugen. Deren Anzahl ist so hoch, dass an den Bau von einer ausreichenden Zahl von Liegeplätzen am Sperrwerk nicht zu denken ist. Dies gilt insbesondere, sofern die Freizeitschiffer nicht auf die Sperrzeiten reagieren und den Ems-Seitenkanal als Alternative nutzen. Eine Schätzung, wie viele Liegeplätze

für Kleinfahrzeuge eingeplant werden sollten ist kaum möglich. Für die hohe Zahl der Kleinfahrzeuge scheint die Einführung von verkehrsleitenden Regelungen sinnvoll.

Die Auswirkungen auf die Hafenwirtschaft und den Tourismus sind gering. Die Häfen werden keine Einbußen beim Umschlag haben, da keine Verlagerungseffekte auftreten. Der Tourismus bezogen auf die Fahrgastschifffahrt wird ebenfalls keine Veränderungen erfahren. Als Fazit bleibt festzuhalten, dass die flexible Sohlschwelle grundsätzlich die Wirtschaftlichkeit der Schifffahrt negativ und die Attraktivität der Unter- und Außenems sowohl positiv, als auch negativ beeinflusst. Dies führt aber nicht zu Verkehrsverlagerungen und Umschlagrückgängen in den Häfen.

Die Varianten mit Schleuse wurden unter der Annahme simuliert, dass eine Seeschleuse in das Sperrwerk eingebaut wird. Von den insgesamt maximal 19.256 prognostizierten Schiffsbewegungen auf dem relevanten Emsabschnitt im Jahr 2030 entfallen lediglich 790 auf Seeschiffe. Es stellt sich somit die Frage, ob die 790 Schiffsbewegungen mit der entsprechenden Wartezeitverkürzung in den Szenarien mit Schleuse die Mehrkosten einer Seeschleuse gegenüber einer Binnenschleuse rechtfertigen. Mit Ausnahme der Seeschiffe können alle anderen Schiffskategorien auch eine Binnenschleuse passieren.

Betrachtet man nur die Auswirkungen auf die Schifffahrt insgesamt, so ist das 2-Stunden-Szenario am vorteilhaftesten. Die Wartezeitensummen sind in diesem Szenario am geringsten. Betrachtet man ausschließlich die Wartezeiten der Güterschifffahrt, so ergibt sich ein anderes Bild. Dann ist das -1-Meter-Szenario das Vorteilhafteste.

2 Aufgabe

Im „Masterplan Ems 2050“ ist die Untersuchung wasserbaulicher Maßnahmen zur Lösung des Schlickproblems und zur Verbesserung des Gewässerzustands in der Unterems vorgesehen. Dabei wird die Einrichtung einer flexiblen Sohlschwelle am Emssperrwerk als Option angesehen. Ziel dieser Studie ist es, im Rahmen der aktuellen Untersuchungen für die flexible Sohlschwelle am Emssperrwerk die Auswirkungen einer flexiblen Sohlschwelle auf den Schiffsverkehr und die damit einhergehenden Auswirkungen auf die maritime Hafenwirtschaft zu bewerten.

Zentraler Bestandteil der Studie ist eine Verkehrsprognose für den relevanten Abschnitt der Ems (s. Abschnitt 3.1). Diese baut auf der Verkehrsstatistik sowie der Verflechtungsprognose 2030 (VP 2030) und der Seeverkehrsprognose des Bundesverkehrswegeplans 2030 auf. In einem ersten Schritt sind die Ist-Verkehre darzustellen. Darauf aufbauend ist für den Seeverkehr eine Schiffsprognose zu entwickeln, da die Seeverkehrsprognose keine Schiffsanzahlen sondern nur Transportmengen ausweist. Beim Binnenschiffsverkehr ist zu prüfen, ob die Flottenstruktur der VP 2030 übernommen werden kann oder angepasst werden muss. Außerdem sind Leerfahrtenanteile zu ermitteln, da diese in der VP 2030 nicht angegeben werden. Hieraus gilt es eine Prognose des Schiffsverkehrs auf dem relevanten Emsabschnitt für das Jahr 2030 zu erstellen. Die so erstellte Prognose ist das Verkehrsmengengerüst für die Ermittlung der Auswirkungen einer flexiblen Sohlschwelle.

Der vorliegende Endbericht beschreibt in Kapitel 3 die Rahmenbedingungen für die Simulationsrechnungen und die grundsätzliche Vorgehensweise. Kapitel 4 stellt die Schiffsverkehre im Ist-Zustand auf dem relevanten Ems-Abschnitt dar. In Kapitel 5 wird die Prognose der See- und Binnenschiffsverkehre vorgestellt. Kapitel 6 beschreibt die statistisch ermittelten Parameter für die Simulation der Schiffsverkehre durch das Emssperrwerk. Anschließend werden in Kapitel 7 die verkehrlichen Rahmenbedingungen präsentiert. Die Simulationsmethodik und -ergebnisse werden in Kapitel 8 beschrieben. Kapitel 8 behandelt weitere mögliche Auswirkungen einer flexiblen Sohlschwelle sowie Kompensationsmaßnahmen. Abschließend wird in Kapitel 10 ein Fazit gezogen. Im Anhang (Kapitel 11) werden Simulationsvariationen vorgestellt.

3 Rahmenbedingungen und grundsätzliche Vorgehensweise

3.1 Rahmenbedingungen

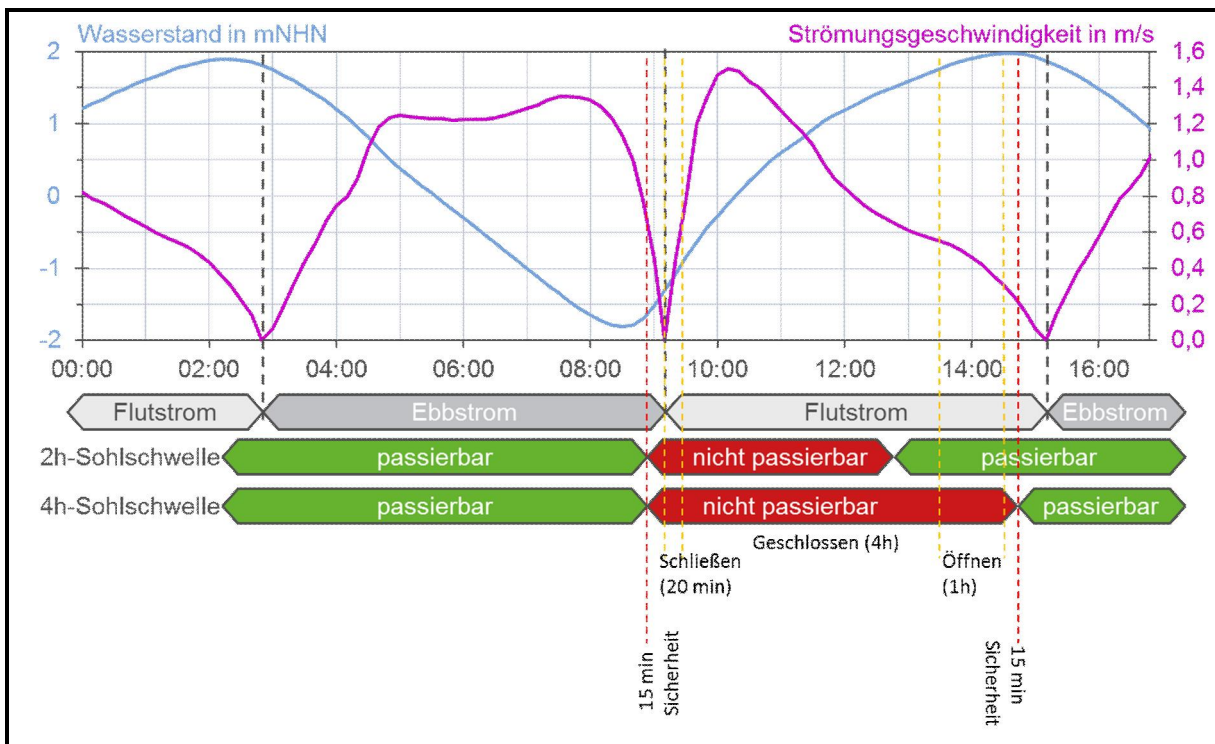
Der erste Bearbeitungsschritt ist die Ermittlung der Ist-Verkehre für das Jahr 2010. Das Jahr 2010 ist das relevante Jahr für die Ist-Betrachtung, weil der Tideverlauf 2010 Basis für die Tideberechnungen der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) ist. Auf dieser Grundlage wird eine Prognose der Schiffsverkehre durch das Emssperrwerk im Jahr 2030 erstellt (s. Abschnitt 5). Die Ist-Verkehre stellen die Basis für den Vergleichsfall dar, dem die Szenarien, die sowohl für das Jahr 2010 als auch für das Jahr 2030 simuliert wurden, gegenübergestellt werden.

Es wurden drei Szenarien untersucht, d.h. es wurden vier Sperrwerkszustände betrachtet. Zwei der Szenarien gehen von einer teilweisen Schließung des Sperrwerks während des Flutstroms aus (s. Abbildung 3-1). Das 2-Stunden-Szenario beschreibt die teilweise Schlie-



ßung des Sperrwerks zum Ebbstromkenterpunkt für zwei Stunden. Der Schließvorgang beginnt zum Ebbstromkenterpunkt und dauert 20 Minuten. Danach bleibt das Sperrwerk zwei Stunden geschlossen. Das anschließende Öffnen des Sperrwerks dauert eine Stunde. 15 Minuten bevor das Sperrwerk geschlossen wird, wird dieses für die Schifffahrt aus nautischen Gründen gesperrt. Ebenso bleibt das Sperrwerk 15 Minuten nach dem Öffnen aus nautischen Gründen für die Schifffahrt gesperrt. Somit beginnt die Sperrung für die Schifffahrt 15 Minuten vor dem Ebbstromkenterpunkt und dauert insgesamt 3 Stunden und 50 Minuten (s. Tabelle 3-1). Das 4-Stunden-Szenario ist von den nautisch bedingten Sperrzeiten, sowie der Dauer des Schließ- und Öffnungsvorgangs identisch mit dem 2-Stunden-Szenario. Die teilweise Schließung des Sperrwerks hingegen dauert doppelt so lange wie im 2-Stunden-Szenario. Somit ist in diesem Szenario das Sperrwerk für 5 Stunden und 50 Minuten gesperrt.

Abbildung 3-1: Wasserstände und Strömung im 2-Stunden und im 4-Stunden-Szenario



Im Gegensatz zu den beiden Flutstromszenarien wird im -1-Meter-Szenario das Sperrwerk bei einem Wasserstand von $NHN - 1$ Meter vollständig geschlossen. Dieses geschieht überwiegend während des Ebbstroms (s. Abbildung 3-2). Die Sperrzeiten aus nautischen Gründen betragen im -1-Meter-Szenario ebenfalls jeweils 15 Minuten vor dem Schließvorgang bzw. nach dem Öffnen. Während im 2-Stunden-Szenario und im 4-Stunden-Szenario der Schließvorgang jeweils zum Ebbstromkenterpunkt (Einsetzen des Flutstroms) beginnt, beginnt er beim -1-Meter-Szenario bei einem Wasserstand von $NHN - 1$ Meter und endet bei Wasserstandsgleichheit von Ober- und Unterwasser. Die Schließ- und Öffnungsdauer betragen jeweils 20 Minuten. Im Gegensatz zu den beiden anderen Szenarien ist die Zeit der

Sperrung nicht fix. Es ergibt sich in Abhängigkeit der Wasserstände eine Sperrzeit von rund 3 Stunden und 40 Minuten (s. Tabelle 3-1).

Abbildung 3-2: Wasserstände und Strömung im -1-Meter-Szenario

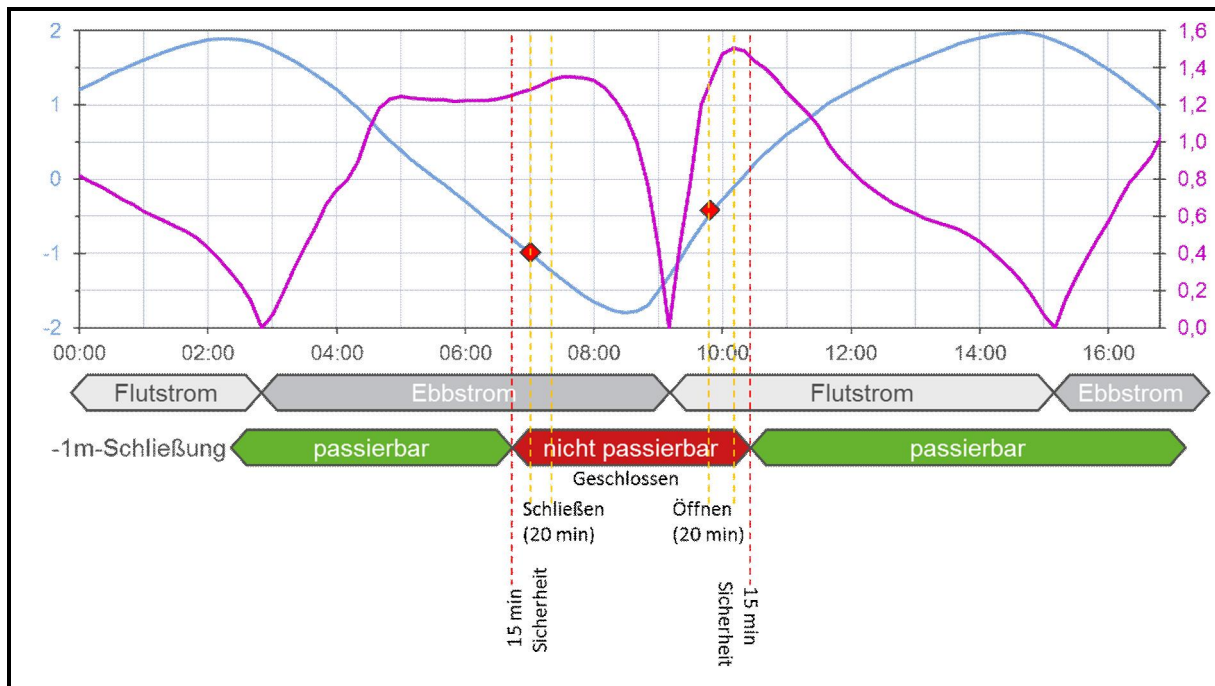


Tabelle 3-1: Szenarien

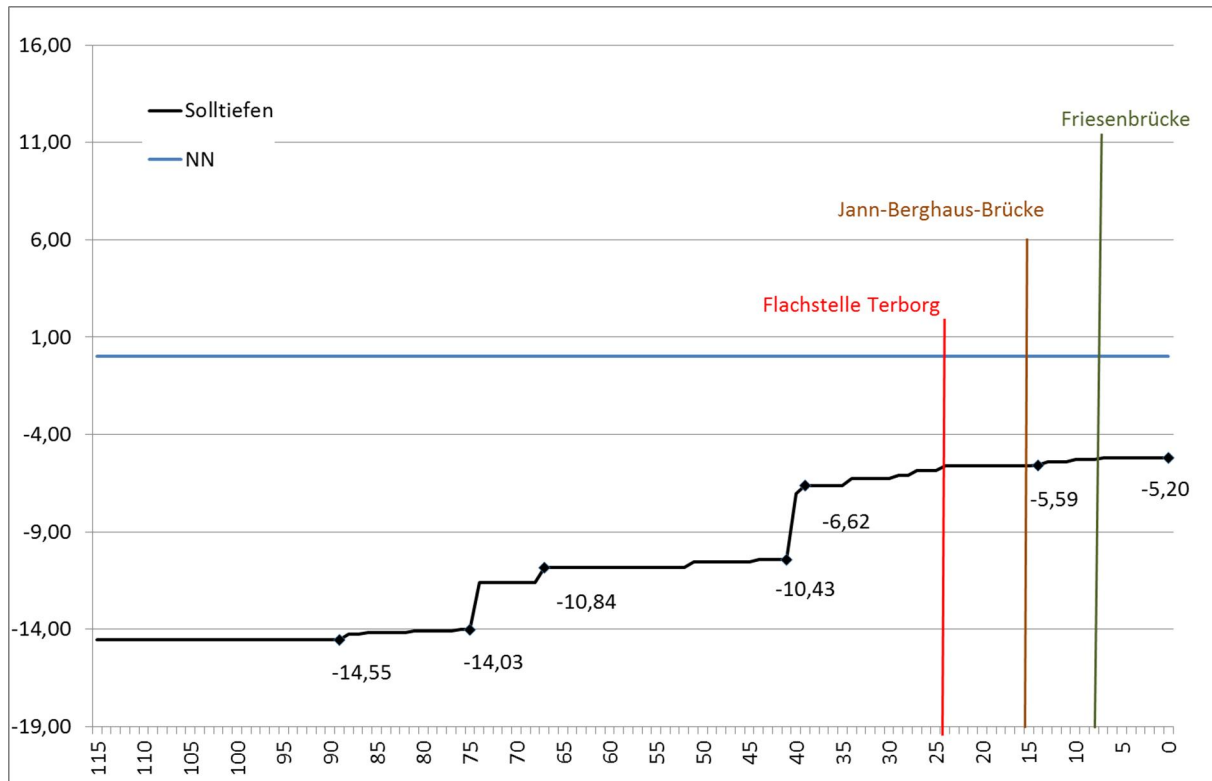
Szenarien	2-Stunden	4-Stunden	-1-Meter
Schließzeitpunkt	Ebbstromkenterpunkt	Ebbstromkenterpunkt	Wasserstand – 1 Meter
Schließdauer	20 Minuten	20 Minuten	20 Minuten
Öffnungsdauer	60 Minuten	60 Minuten	20 Minuten
Dauer der Schließung	120 Minuten	240 Minuten	ca. 150 Minuten
Sicherungszeit (gesamt)	30 Minuten	30 Minuten	30 Minuten
Zeit der Sperrung	230 Minuten	350 Minuten	220 Minuten
Zeit der Sperrung	3 Stunden 50 Minuten	5 Stunden 50 Minuten	3 Stunden 40 Minuten

Für alle Szenarien wurden zwei Varianten betrachtet. Die Varianten unterscheiden sich darin, dass in Variante B eine Schleuse im Sperrwerk gebaut wird, die in Variante A nicht vorgesehen ist. Die Schleuse in Variante B ermöglicht es der Schifffahrt das Sperrwerk auch bei geschlossener Sohlschwelle zu passieren (zu den Schleusenparametern s. Abschnitt 8.1 insbesondere Tabelle 8-2).

Durch die BAW wurden Tidedaten zur Verfügung gestellt. Hierbei handelt es sich in erster Linie um Strömungsdaten und Wassertiefen für den Vergleichsfall und die drei Planfälle mit 2-Stunden-Steuerung, 4-Stunden-Steuerung und -1-Meter-Steuerung der flexiblen Sohlschwelle. Die weiteren benötigten Rahmendaten wurden vom Wasserstraßen- und Schiff-

fahrtsamt Emden bereitgestellt.⁴ Im Rahmen der Simulation wurden die Fahrbedingungen auf der Unter- und Außenems berücksichtigt (s. Abbildung 3-3). Außerdem wurden die nautischen Bedingungen auf der Mittelems von Kilometer 213,6 bis Kilometer 225,82 im Rahmen der Verkehrssimulationen berücksichtigt.

Abbildung 3-3: Solltiefen auf der Unter- und Außenems mit Engpässen



Im Folgenden wird die Unter- und Außenems von Kilometer 0 bis Kilometer 107, ergänzt um die Mittelems von Kilometer 213,6 bis Kilometer 225,82 als relevanter Emsabschnitt betrachtet.

3.2 Grundsätzliche Vorgehensweise

Grundsätzlich sind sämtliche Simulationen auf Basis der beschriebenen Tideverläufe (Ist-Zustand und Szenarien) für das Jahr 2010 durchgeführt worden. Naheliegenderweise stand keine Tideprognose für das Prognosejahr 2030 zur Verfügung. Aus diesem Grund wurden die Simulationen für das Prognosejahr wie folgt erstellt:

⁴ Die BAW hat auf Basis der Tidedaten des Jahres 2010 einen zehntägigen Tideverlauf für den Istzustand und die drei Szenarien berechnet. Diese wurden durch die Planco gemäß den Mondphasen für das Jahr 2010 zu einem Ganzjahresverlauf zusammengefügt.

Da sich das Prognosejahr in erster Linie dadurch vom Basisjahr unterscheidet, dass mehr Schiffsbewegungen stattfinden, wurden sämtliche Schiffsbewegungen des Jahres 2010 auch in das Prognosejahr übertragen. Somit war sichergestellt, dass diese Fahrten zu denselben Tidezeitpunkten stattfinden, wie sie auch im Basisjahr stattfanden. Die zusätzlichen Schiffsbewegungen für das Jahr 2030 wurden gemäß der jahreszeitlichen, monatlichen und wöchentlichen Verteilung der Fahrten je Schiffskategorie verteilt. Grundlage der Verteilung waren die Abfahrtszeiten in Relation zum Tideverlauf (s. Abschnitt 6). Somit ist eine nahezu identische Verteilung der Schiffsbewegungen mit lediglich einer höheren Anzahl von Schiffsbewegungen für das Jahr 2030 erstellt und simuliert worden.

Es lagen nahezu keine Informationen über Ausweichreaktion der Schifffahrt in Folge der Einrichtung einer flexiblen Sohlschwelle vor.⁵ Aus diesem Grund wurden auch keine Ausweichreaktionen unterstellt. Für das Jahr 2010 ergibt sich somit der hypothetische Fall „Was wäre gewesen, wenn eine flexible Sohlschwelle unangekündigt in Betrieb genommen worden wäre“. Letztlich kann man diese Vorgehensweise der Simulation, welche auch für das Prognosejahr 2030 angewendet wurde, als „Worst-case-Betrachtung“ interpretieren. Die Schifffahrtstreibenden verhalten sich zwar nicht so, dass sie die negativen Auswirkungen einer flexiblen Sohlschwelle auf die Schifffahrt maximieren, sie unternehmen aber auch keine Aktivitäten im Vorfeld zur Minimierung der negativen Auswirkungen. Da keine Kenntnis darüber vorliegt, welche Reaktionsmöglichkeiten den Reedern zur Verfügung stehen, wäre eine Abweichung von der „Worst-case-Betrachtung“ willkürlich.⁶

Somit sind sämtliche Ergebnisse als maximale negative Auswirkungen einer flexiblen Sohlschwelle auf die Schifffahrt zu interpretieren. Dies gilt sowohl für die errechneten Wartezeiten, als auch für die Anzahl wartender Schiffe. Während die Anzahl wartender Schiffe selbst erklärend ist, gilt dies für die Wartezeiten nicht. Die Wartezeiten wurden für jede einzelne Schiffsbewegung als Differenz aus der Fahrtzeit im Ist-Zustand und der Fahrtzeit im jeweiligen Szenario berechnet. Somit wurde auch berücksichtigt, dass Schiffe aufgrund der in den Szenarien geänderten Strömungsbedingungen länger für ihre Fahrten brauchen können (zur weiteren Simulationsmethodik s. Abschnitt 8.1).

Generell gilt, dass sämtliche Betrachtungen als Ganzjahresbetrachtung durchgeführt wurden. Saisonale Unterschiede fanden dabei Berücksichtigung.

⁵ Ausnahmen sind die Linienverkehre Emden – Dörpen – Emden und die Fahrgastschifffahrt.

⁶ Die Diskussionen während der Arbeitskreisbesprechungen zeigten, dass selbst eine Reaktion in Form einer Geschwindigkeitserhöhung bei der Seeschifffahrt nur bedingt möglich ist. Diese Möglichkeit wurde als Simulationsvariante durchgerechnet. Ausgewählte Ergebnisse befinden sich im Anhang. Weiter gilt es bei den Reaktionsmöglichkeiten zu beachten, dass bestimmte Reaktionen zwar eine Wirkung auf die Zahl wartender Schiffe am Sperrwerk haben aber nicht auf die Wartezeit. So kann ein Schiff das Warten am Sperrwerk umgehen, indem es im Hafen später losfährt, um bei einer geöffneten Sohlschwelle am Sperrwerk anzukommen. Dadurch verändert sich die Wartezeit nicht. Es wird lediglich an einem anderen Ort gewartet.

4 Schiffsverkehre im Ist-Zustand

4.1 Datenbasis

Die Auswertungen des Ist-Zustands basieren im Schwerpunkt auf der von der WSV zur Verfügung gestellten Verkehrsstatistik des relevanten Emsabschnitts (Jahre 2010, 2013, 2014). Diese Informationen wurden durch die Schleusenstatistik der Schleuse Herbrum (Jahre 2013, 2014), sowie die Hafendaten der Häfen Leer (Jahre 2010 bis 2015) und Papenburg (Jahre 2014, 2015) ergänzt. Informationen zu den Fahrgastschiffen und zu relevanten Liniendiensten der Binnenschifffahrt wurden bei den Reedern bzw. Speditionen erfragt. Informationen zu den behördlichen Fahrzeugen wurden durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Eine Ergänzung und teilweise eine Korrektur der Daten der Verkehrsstatistik war erforderlich, um eine ausreichende Datenbasis zu schaffen.⁷ Eine erste Übersicht über die Schiffsbewegungen der Güterschifffahrt bietet Tabelle 4-1.

Tabelle 4-1: Güterschifffahrt auf der Ems zwischen Papenburg und Emden

2010		
Fahrzeuge	Emden - Leer	Leer - Papenburg
Binnenschiffe	6.704	6.193
Seeschiffe	520	394
Gesamt	7.224	6.587
2014		
Fahrzeuge ⁸	Emden - Leer	Leer - Papenburg
Binnenschiffe	6.953	6.285
Seeschiffe	366	332
Gesamt	7.319	6.617

⁷ Hierzu wurde für die Validierung der Binnenschifffahrtsdaten das Schiffsregister der Internationalen Vereinigung zur Wahrnehmung der gemeinsamen Interessen der Binnenschifffahrt und der Versicherung und zur Führung des Binnenschiffsregisters in Europa (IVR) genutzt. Für die Seeschifffahrt wurden das Lloyd's-Register und verschiedene Internetquellen (z.B. <https://www.vesselfinder.com>; <http://www.marinetraffic.com>; <https://www.fleetmon.com>) verwendet.

⁸ Die geringfügige Abweichung zu der offiziellen Zahl der Schiffsbewegungen in der Güterschifffahrt im Jahr 2014 resultiert aus einer Auswertung der Detaildaten der Verkehrsstatistik.

4.2 Seeschifffahrt

Für die Seeschifffahrt lagen die Informationen der Verkehrsstatistik für mehrere Jahre vor. Die aktuellsten Zahlen stehen für das Jahr 2014 zur Verfügung. Die Auswertung der Verkehrsstatistik in Bezug auf die Güterschifffahrt mit Seeschiffen ist in Tabelle 4-2 dargestellt.⁹

Tabelle 4-2: Seegüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden 2014

Schiffstyp	Gesamtanzahl	beladen zu Berg	beladen zu Tal	leer zu Berg	leer zu Tal
Seegüterschiff	366	163	35	15	153

Der Maximaltiefgang der relevanten Seeschiffe ist von Bedeutung, da gut 90% der relevanten Seeschiffe bis Papenburg fahren und damit Tiefgangsbeschränkungen ausgesetzt sind. Tabelle 4-3 zeigt, dass maximal Schiffe der tdw-Klasse bis 9.999 Tonnen auf dieser Strecke verkehren. Die Schiffe dieser Klasse haben durchschnittlich einen Maximaltiefgang von 6,33 Metern, d.h. sie können wasserstandsbedingt immer nur teilabgeladen fahren. Abbildung 3-3 verdeutlicht, dass die Solltiefe der Unterems bei Papenburg lediglich 5,20 Meter beträgt (s. auch Abschnitt 7).

Tabelle 4-3: Seegüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden nach dwt-Klassen 2014

tdw-Klasse	Anzahl	Ø Maximaltiefgang
Bis 4.999	327	5,82
5.000-9.999	39	6,33
Summe	352	n.a. ¹⁰

Die Auslastungsgrade (Tabelle 4-4) machen deutlich, dass die Schiffe nur teilabgeladen fahren.

Tabelle 4-4: Auslastung der beladenen Schiffe nach Typ und Richtung 2014

tdw-Klasse	Auslastung zu Berg	Auslastung zu Tal
Bis 4.999	80%	70%
5.000-9.999	81%	71%

Papenburg ist der bedeutendste Hafen für die Seeschifffahrt auf dem relevanten Emsabschnitt. Im Jahr 2014 liefen 90% der genannten Schiffe Papenburg an und 10% Leer.¹¹ Von den Seeschiffen, die Papenburg anlaufen, bedienen 94% Seerelationen, d.h. sie fahren über

⁹ Die Differenz von 10 Schiffen ist dadurch bedingt, dass Schiffe vor dem Jahreswechsel in den Häfen einliefen und erst im neuen Jahr wieder ausliefen.

¹⁰ n.a. = not available

¹¹ Die Angaben aus den Häfen Leer und Pappenburg bestätigen diese Aufteilung.

Emden, Delfzijl oder Eemshaven hinaus. Dies sind 85% der gesamten relevanten Seeschiffe.

4.3 Binnenschifffahrt

Auch für die Binnenschifffahrt liegen auf Basis der Verkehrsstatistik aktuellste Zahlen für das Jahr 2014 vor. Zudem sind Daten für das Jahr 2010 verfügbar. Letzteres wurde als Basis für die weiteren Auswertungen genutzt, da es sich bei dem Jahr 2010 um das Basisjahr der VP 2030 handelt. Somit konnte auf Basis der Verkehrsstatistik die Prognose überprüft werden und mit den Zahlen der Verkehrsstatistik für das Jahr 2014 die Prognoseentwicklung kontrolliert werden.¹²

Tabelle 4-5: Binnengüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden 2010

Schiffstyp	Gesamtanzahl	beladen zu Berg	Beladen zu Tal	Leer zu Berg	leer zu Tal
Motorgüterschiff	4.911	2.244	1.437	416	814
Motortankschiff	1.778	826	182	127	643
Schubboot	15	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Summe	6.704	3.070	1.619	543	1.457

Zur Überprüfung und Anpassung der im Rahmen der VP 2030 erstellten Flottenstrukturprognose nach Tragfähigkeitstonnen-Klassen (TT-Klassen) gilt es die Flottenstruktur der beladenen Binnengüterschiffe im Jahr 2010 darzustellen.¹³

Tabelle 4-6: Beladene Binnengüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden nach TT-Klassen 2010

TT-Klasse	Anzahl Motorgüterschiffe	Anzahl Motortankschiffe	Anzahl Binnengüterschiffe
bis 400	5	4	9
401 bis 650	129	34	163
651 bis 900	566	28	594
901 bis 1000	140	6	146
1001 bis 1500	1.887	520	2.407
1501 bis 2000	844	345	1.189
2001 bis 2500	76	25	101
2501 bis 3000	7	41	48
über 3000	27	5	32
Summe	3.681	1.008	4.689

¹² Bei den Binnenschiffen erübrigt sich eine Kontrolle ob die Anzahl der zu Berg fahrenden Schiffe der der zu Tal fahrenden Schiffe entspricht. Dies müsste nur dann der Fall sein, wenn es keine Alternativroute und -ziele gäbe. So besteht u.a. für die Verkehre, die aus den Niederlanden die Ems zu Berg hochfahren die Möglichkeit eine Route über den Rhein und das Kanalnetz zu wählen. Gleiches gilt in der Gegenrichtung. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass Schiffe die Ems passieren und anschließend Relationen bedienen, die nicht über die Ems führen.

¹³ Da in der VP 2030 nur beladene Güterschiffe dargestellt werden, sind die leeren Güterschiffe gesondert zu betrachten.

Die Auslastung der Binnengüterschiffe ist insgesamt recht hoch. Es wird deutlich, dass die beladenen Schiffe gut ausgelastet fahren.

Tabelle 4-7: Auslastungsgrade beladener Binnengüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden nach TT-Klassen und Richtung 2010

Richtung	TT-Klasse	Motorgüterschiffe	Motortankschiffe
zu Berg	bis 400	100%	n.a.
zu Berg	401 bis 650	89%	n.a.
zu Berg	651 bis 900	87%	88%
zu Berg	901 bis 1000	86%	96%
zu Berg	1001 bis 1500	90%	91%
zu Berg	1501 bis 2000	72%	82%
zu Berg	2001 bis 2500	73%	82%
zu Berg	2501 bis 3000	81%	69%
zu Berg	über 3000	68%	77%
zu Berg	Durchschnitt	85%	87%
zu Tal	bis 400	92%	97%
zu Tal	401 bis 650	95%	96%
zu Tal	651 bis 900	91%	91%
zu Tal	901 bis 1000	89%	n.a.
zu Tal	1001 bis 1500	90%	86%
zu Tal	1501 bis 2000	79%	80%
zu Tal	2001 bis 2500	75%	n.a.
zu Tal	2501 bis 3000	70%	72%
zu Tal	über 3000	72%	n.a.
zu Tal	Durchschnitt	86%	86%
Gesamtdurchschnitt		86%	87%

Tabelle 4-8 zeigt die wichtigsten Binnenschiffsrelationen (inklusive Leerfahrten) für 2010.

Tabelle 4-8: Binnengüterschiffsrelationen (beladen und leer) auf dem relevanten Ems Abschnitt 2010

Richtung	Relation	Anzahl	Anteil
zu Berg	Niederlande zu Berg	2.319	64%
zu Berg	Emden Durchgang zu Berg	844	23%
zu Berg	Delfzijl - Leer	222	6%
zu Berg	Delfzijl - Papenburg	169	5%
zu Berg	Emden - Papenburg	30	1%
zu Berg	Emden - Leer	12	0%
zu Berg	Rest	18	0%
zu Berg	Summe	3.614	100%
zu Tal	Durchgang zu Tal in die Niederlande	995	32%
zu Tal	Papenburg - Delfzijl	994	32%
zu Tal	Durchgang zu Tal nach Emden	365	12%
zu Tal	Papenburg - Emden	346	11%
zu Tal	Leer - Delfzijl	244	8%
zu Tal	Papenburg - Eemshaven	58	2%
zu Tal	Durchgang zu Tal nach Eemshaven	46	2%
zu Tal	Leer - Emden	10	0%
zu Tal	Leer - Eemshaven	8	0%
zu Tal	Rest	11	0%
zu Tal	Summe	3.066	100%

Tabelle 4-9 zeigt die wichtigsten Relationen beladener Binnenschiffe für 2010.

Tabelle 4-9: Relationen beladener Binnengüterschiffe auf dem relevanten Ems Abschnitt 2010

Richtung	Relation	Anzahl	Anteil
zu Berg	Niederlande zu Berg	2.048	67%
zu Berg	Emden Durchgang zu Berg	734	24%
zu Berg	Delfzijl - Leer	139	5%
zu Berg	Delfzijl - Papenburg	121	4%
zu Berg	Emden - Papenburg	19	1%
zu Berg	Emden - Leer	3	0%
zu Berg	Rest	6	0%
zu Berg	Summe	3.070	100%
zu Tal	Durchgang zu Tal in die Niederlande	632	39%
zu Tal	Papenburg - Delfzijl	607	37%
zu Tal	Durchgang zu Tal nach Emden	157	10%
zu Tal	Papenburg - Emden	65	4%
zu Tal	Leer - Delfzijl	59	4%
zu Tal	Papenburg - Eemshaven	51	3%
zu Tal	Durchgang zu Tal nach Eemshaven	39	2%
zu Tal	Leer - Emden	3	0%
zu Tal	Leer - Eemshaven	1	0%
zu Tal	Rest	6	0%
zu Tal	Summe	1.620	100%

Im Binnenschiffsverkehr dominieren Durchgangsverkehre, unabhängig davon, ob alle Binnenschiffe oder nur die beladenen betrachtet werden. Als Durchgangsverkehre sind auch die Verkehre von und nach Dörpen anzusehen, sofern diese nicht in Emden beginnen oder enden. Auf den Dörpen-Relationen werden in erster Linie Zellstoff, Flüssigkreide, Container und Papier transportiert. Gemäß den geführten Gesprächen handelt es sich dabei zumindest bei den Zellstoff-, Flüssigkreide- und Containertransporten um Linienvorkehre. In der Verkehrsstatistik konnten entsprechende Verkehre identifiziert werden.

2010 waren es 1.311 Schiffsbewegungen, die Zellstofftransporten, 924, die Kreidetransporten, 572, die Containertransporten und 228, die Papiertransporten zugeordnet werden konnten. Insgesamt waren es 3.035 Schiffsbewegungen im Liniendienst auf Dörpen-Relationen. Dabei sind die Leerfahrten bereits berücksichtigt. Die Durchführung als Liniendienst wird bei den Nicht-Containertransporten dadurch deutlich, dass die Transporte Richtung Dörpen maximal abgeladen wurden und in Gegenrichtung ausschließlich Leerfahrten zu sehen waren. Bei Containerverkehren ist dies nicht so eindeutig, weil Exportcontainer und zumindest die Leercontainer auch in der Gegenrichtung transportiert wurden und somit keine echten Leerfahrten zu verzeichnen waren.

Somit waren 2010 gut 49% der Binnenschiffverkehre auf dem Emsabschnitt zwischen Leer und Papenburg (6.193 Binnenschiffsbewegungen insgesamt) auf Dörpen-Relationen im Liniendienst unterwegs. Dies ist werktäglich mit einer Fahrt von rund 12 Schiffen pro Tag auf der Strecke gleichzusetzen, was ungefähr den geschätzten Angaben im Interview entspricht. Somit sind auch die dort genannten Reiseverläufe plausibel. Die Schiffe fahren in Richtung Dörpen (zu Berg) etwa eine Stunde nach Niedrigwasser ab, d.h. sie fahren im Prinzip mit der Tidewelle zu Berg. In der Gegenrichtung sind die Abfahrten so geplant, dass die Schiffe während der Schleusenzeiten in Herbrum ankommen. Somit ist zumindest für die Hälfte der Binnenschiffe ein Fahrtschema gegeben, welche auch auf die Prognose übertragen werden kann. Auch bei den übrigen Binnenschiffen wird zu Berg die Tidewelle genutzt, d.h. 96% der Binnenschiffe, die zu Berg das Emssperrwerk passieren, fahren mit der Tide.

4.4 Fahrgastschiffahrt

Die Saison der Fahrgastschiffahrt auf der unteren Ems startet im Mai und endet erst Ende Dezember.¹⁴ Allerdings endet die Saison für die Fahrten, welche das Sperrwerk passieren, bereits Anfang Oktober. Somit sollte in der Untersuchung die Unterscheidung zwischen „Sommer und Winter“ an diesen Zeitpunkten festgemacht werden, d.h. die Sommerphase ist die Zeit der Fahrgastschiffahrt, welche von Mai bis Ende September geht. Das Sperrwerk wird während der Saison rund 10-mal pro Monat passiert. Der Fahrplan weist 43 relevante Fahrten in besagtem Zeitraum für 2016 auf. Hinzu kommt ungefähr dieselbe Anzahl an Charterfahrten. Im Ergebnis ist die Schätzung von 10 Fahrten durch das Sperrwerk durchaus realistisch. Dementsprechend ist davon auszugehen, dass das Sperrwerk zwanzigmal pro Monat (Hin- und Rückfahrt) passiert wird. Die Verkehrsstatistik lässt diese Angaben ebenfalls realistisch erscheinen. Im Jahr 2010 passierte das Fahrgastschiff der besagten Reederei 134-mal das Sperrwerk und in 2014 63-mal. Dies wären in der Saison 2010 rund 26 Fahrten

¹⁴ Diese und folgende Angaben basieren auf einem Interview mit dem Geschäftsführer der bedeutendsten Fahrgastreederei auf der unteren Ems.



pro Monat durch das Sperrwerk und in der Saison 2014 rund 12 pro Monat. Der Fahrplan wird tideabhängig gestaltet. Die Planung erfolgt immer ein Jahr im Voraus. Die Fahrpläne sind jeweils mit Strömung geplant. Die Fahrtgeschwindigkeit beträgt mit der Strömung 24 km/h über Grund und gegen die Strömung 15 km/h bis 17 /km/h über Grund. Nur bei Charterfahrten wird z.T. gegen die Strömung gefahren.

Die Auswertung der Verkehrsstatistik zeigt, dass zu den Fahrten der besagten Reederei noch einige weitere Passagierschiffahrten hinzukommen. Dabei wird offensichtlich, dass einige Passagierschiffe in beiden Jahren mehrfach den relevanten Emsabschnitt (regelmäßige Fahrten) passierten und dass einige Schiffe nur in einem der beiden Jahren oder nur ein- bis zweimal überhaupt den Abschnitt passierten (s. Tabelle 4-10).

Tabelle 4-10: Aufteilung der Passagierschiffahrten und weitere 2010 und 2014

	Fahrten		Anteile an Fahrten	
	2010	2014	2010	2014
regelmäßig	148	105	78%	74%
weitere	41	36	22%	26%
insgesamt	189	141	100%	100%

Weiter bestätigt die Verkehrsstatistik die Aussage bzgl. der Fahrgastsaison. In 2010 fanden 83% und in 2014 79% der Fahrgastschiffahrtfahrten von Mai bis September statt. Dies gilt im verstärkten Maße für die regelmäßigen Fahrten. Somit kann man vereinfacht festhalten, dass die regelmäßigen Fahrten wie Fahrplanfahrten in der Saison Mai-September und die weiteren Fahrten über das gesamte Jahr verteilt stattfinden.

4.5 Sonstige Fahrzeuge

Die sonstigen Fahrzeuge werden in der Verkehrsstatistik üblicherweise als „Spezialfahrzeuge inklusive Marine und Behörde“ und „Sonstige Fahrzeuge inklusive Yachten“ zusammengefasst. Die darin enthaltenen Motorboote werden nur unvollständig, d.h. ab einer Mindestlänge erfasst. Auch die Bagger- und Behördenschiffe werden nicht vollständig erfasst. Die Schiffe dieser Kategorien, die in der Verkehrsstatistik erfasst werden, wurden herausgerechnet. Diese Kategorien wurden gesondert erhoben. Somit wurde das Emssperrwerk im Jahr 2010 von 219 sonstigen Fahrzeugen (u.a. Marine, Segelschiffe, Fischerei) passiert.

Hinzukommen 68 Baggerfahrten des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes, d.h. 136 Fahrten durch das Emssperrwerk. Weiter sind laut Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Emden zwischen 480 und 560 Fahrten pro Jahr durch das Sperrwerk seitens der Wasserschutzpolizei und des Zolls zu verzeichnen. Im Mittel kann also von 520 Fahrten ausgegangen werden. Das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt selbst fährt zusätzlich zu den Baggerfahrten zwischen 414 und 444-mal pro Jahr durch das Sperrwerk. Im Durchschnitt also 430-mal. Die Zahl der jährlichen behördlichen Fahrten wird so auch für die Prognose 2030 übernommen.

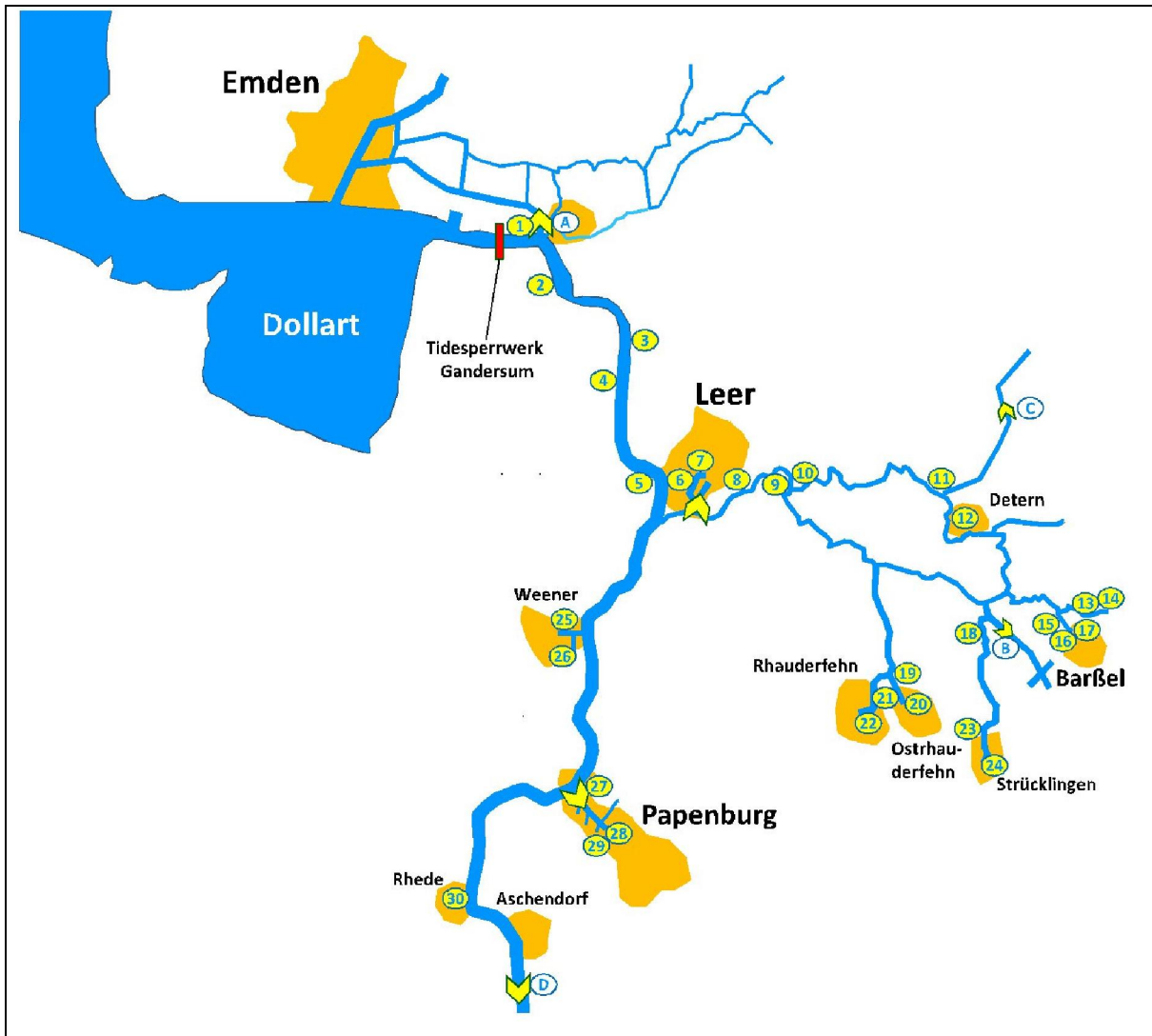
4.6 Freizeitschifffahrt

Nicht in der Verkehrsstatistik erfasst ist bis auf Ausnahmen die Freizeitschifffahrt. Diese muss geschätzt werden, da hierzu keine gesicherten Statistiken vorliegen. Laut Schleusenstatistik Herbrum wurden 2014 1.000 Kleinfahrzeuge (Sportboote/Freizeitschifffahrt) zu Berg und 761 zu Tal geschleust. Laut Angaben des Landesverbands Motorbootsport Niedersachsen e.V. ist davon auszugehen, dass diese Boote auch alle das Sperrwerk passiert haben. Die Ems gilt als reine Transitstrecke und wird gerne gemieden. Dies liegt an der Berufsschifffahrt und dem Schlick im Wasser, der schlecht für die Motorenkühlung sein soll. Zusätzlich zu den Sportbooten, die Herbrum durchfahren, sind noch weitere zu berücksichtigen. Hierzu zählen etwa die Boote, die durch die Schleusen Oldersum, Osterhausen und Brückenfehn, auf die Ems gelangen sowie die Boote aus den umliegenden Sportboothäfen (s. Abbildung 4-1). In den umliegenden Sportboothäfen liegen gut 1.100 Boote. In einer Schätzung seitens des Landesverbands Motorbootsport Niedersachsen e.V. wird davon ausgegangen, dass rund 10.100 Boote pro Jahr das Sperrwerk queren.¹⁵ Es gilt bei den weiteren Betrachtungen allerdings zu berücksichtigen, dass diese Boote mit einer Länge von durchschnittlich 10 Metern relativ kurz sind. So können sie z.B. in der Schleuse Herbrum zusammen mit Güterschiffen geschleust werden.

Eine Verteilung der Abfahrtszeiten an den einzelnen Tagen lag nicht vor. Bei der Simulation der Freizeitschifffahrt auf dem relevanten Emsabschnitt wurde davon ausgegangen, dass die Sportboote morgens ab 8 Uhr ihren Hafen verlassen. Boote, die in die Häfen einlaufen, laufen so ein, dass sie ab 18 Uhr ankommen. Die Ankünfte am Sperrwerk wurden unter der Prämisse ermittelt, dass die Boote mit ihrer durchschnittlichen Geschwindigkeit in ihren Häfen abfahren bzw. so das Sperrwerk seeseitig erreichen, dass sie mit ihrer Durchschnittsgeschwindigkeit pünktlich in ihren Häfen ankommen.

¹⁵ Von den umliegenden Schleusen gelangen 5.700 Boote zur Ems oder verlassen diese über die Schleusen. Ergänzend zu diesen Booten kommen die Boote hinzu, welche ihren Liegeplatz in den umliegenden Sportboothäfen haben. Dabei handelt es sich um 1.107 Boote. Es wird davon ausgegangen, dass 50% der Boote aus den umliegenden Sportboothäfen zweimal pro Jahr die Ems in beide Richtungen passieren. Weiter wird davon ausgegangen, dass 25% der Boote während der Saison einmal pro Monat das Sperrwerk queren. Bei einer sechsmonatigen Saison (Mai bis Ende September) ergeben sich so 3.324 Bootsquerungen.

Abbildung 4-1: Motorboothäfen in der Unteremsregion



Nr.	Hafen	Nr.	Hafen	Nr.	Hafen
1	Unterwasser YC Unterems	11	WSV Jümme	21	WSV Ostrhauderfehn
2	YC Midlum	12	Gästesteg WSC Jümme	22	Ortshafen Rhaderfehn
3	YC Aurich	13	WSV Neptun	23	WSV Sagter Ems
4	YC Jemgum	14	WSC Tange	24	VWF Strücklingen
5	Marina Bingum	15	WSC Soeste Barßel	25	Stadthafen Weener
6	Marina Leer	16	Gemeindehafen Barßel	26	SV Weener
7	SV Leer	17	Poseidon Barßel	27	YC Papenburg
8	SC Loga	18	WSV Elisabethfehn	28	Linssen Papenburg
9	SC Rhaderfehn	19	WSV Ostrhauderfehn	29	YC Turmkanal Papenburg
10	WSV Wiltshausen	20	Ortshafen Ostrhauderfehn	30	WSC Rhode Ems

Quelle: Landesverband Motorbootsport Niedersachsen e.V.

5 Prognose der Schiffsverkehre im Jahr 2030

Die Vorgehensweise der Prognose des Schiffsverkehrs ist für die Seeschifffahrt und die Binnenschifffahrt unterschiedlich. Für die Seeschifffahrt existiert eine reine Mengenprognose, welche in Schiffsbewegungen umgerechnet werden muss. Für die Binnenschifffahrt gibt es eine Prognose der Mengen und der Flottenstruktur. Für die Fahrgastschifffahrt und die sonstigen Fahrzeuge liegen keine Prognosen vor. Ziel der Prognose ist es, die Schiffsanzahlen im Prognosejahr zu schätzen, um darauf aufbauend die Auswirkungen der verschiedenen Varianten der flexiblen Sohlschwelle zu ermitteln.

5.1 Seeschifffahrt

Die aktuellsten Daten über die Seeschifffahrt auf dem relevanten Emsabschnitt liegen aus dem Jahr 2014 vor. Diese Informationen zur Flottenstruktur der Seeschifffahrt auf der Ems sollten auch als Basis für die Ermittlung der Flottenstruktur im Jahr 2030 genutzt werden.

Um das Jahr 2014 als Basisjahr verwenden zu können, musste die Seeverkehrsprognose 2030 mit Basisjahr 2010 ausgewertet und auf das Jahr 2014 hochgerechnet werden. Tabelle 5-1 zeigt die Entwicklung des Seegüterverkehrs nach Gütergruppen für die Häfen Papenburg und Emden in der Seeverkehrsprognose 2030.¹⁶

Tabelle 5-1: Seeverkehrsprognose 2030 für Emden und Papenburg - Umschlagmengen nach Güterarten in 1.000 Tonnen

Gütergruppe	Emden			Papenburg		
	2010	2030	Faktor	2010	2030	Faktor
Landwirtschaft	3	5	1,8	57	125	2,2
Erze	3	2	0,7	0	0	n.a.
Steine und Erden	1.561	2.088	1,3	135	216	1,6
Nahrungs- und Genussmittel	75	109	1,5	9	15	1,7
Holz etc.	614	1.049	1,7	15	17	1,2
Koks	2	2	1,0	21	25	1,2
Mineralölerzeugnisse	36	31	0,9	1	2	1,7
Chemische Erzeugnisse	178	379	2,1	93	357	3,8
Sonstige Mineralerzeugnisse	121	175	1,4	0	0	1,2
Metalle und Halbzeug	0	160	n.a.	22	32	1,5
Maschinen und Ausrüstungen	168	379	2,3	0	0	1,2
Fahrzeuge	1.504	2.097	1,4	0	0	1,4
Sekundärrohstoffe	6	9	1,5	4	8	1,8
Geräte und Material	0	0	n.a.	1	2	1,7
Nicht identifizierbare Güter	50	83	1,7	3	5	1,9
Summe	4.319	6.566	1,5	362	805	2,2

Aus dem Vergleich des Basisjahres 2010 zum Prognosejahr 2030 mussten jährliche Veränderungsdaten ermittelt werden, so dass man Veränderungsfaktoren von 2014 zu 2030 ermitteln konnte. Dies wurde nach Relationen und Gütergruppen durchgeführt und somit auch indirekt nach Schiffstypen, sofern einer Gütergruppe ein bestimmter Schiffstyp zuzuordnen ist.

¹⁶ Für den Standort Leer wurden die Änderungsfaktoren Papenburgs verwendet.

Wie sich bei der Auswertung der Verkehrsstatistik gezeigt hat, fahren die beladenen Seeschiffe meist wasserstandsbedingt sehr gut abgeladen, d.h. es ist nicht davon auszugehen, dass eine höhere Auslastung bei den Seeschiffen im Jahr 2030 erreicht wird.¹⁷ Somit ist eine Hochrechnung der Schiffszahlen und Relationen von 2014 auf 2030 mit Hilfe der Veränderungsfaktoren der Seeverkehrsprognose eine naheliegende Vorgehensweise. Dadurch werden die Entwicklungen bei den Transportmengen berücksichtigt und gleichzeitig implizit konstante Leerfahrerquoten unterstellt. Eine konstante Leerfahrerquote ist plausibel, sofern unterstellt wird, dass diese nicht abhängig von den Transportmengen sondern von den Relationen ist.¹⁸

Tabelle 5-2 zeigt die Prognose der Seegüterschifffahrt auf dem relevanten Emsabschnitt.

Tabelle 5-2: Seegüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden 2030

Schiffstyp	Gesamtanzahl	beladen zu Berg	beladen zu Tal	leer zu Berg	leer zu Tal
Seegüterschiff	790	360	55	35	340

Rund 90% der 790 Seeschiffe fahren auch in der Prognose bis Papenburg. Tabelle 5-3 zeigt die Verteilung der Seegüterschiffe auf die tdw-Klassen.

Tabelle 5-3: Seegüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden nach tdw-Klassen 2030

tdw-Klasse	Anzahl
Bis 4.999	708
5.000-9.999	82
Summe	790

5.2 Binnenschifffahrt

Für die Binnenschifffahrt auf der Ems liegt eine Prognose für das Jahr 2030 vor. Sie ist Bestandteil der Verflechtungsprognose 2030 des Bundesverkehrswegeplans. Es war, wie bereits erwähnt, allerdings zu prüfen, ob die Flottenstruktur der VP 2030 mit der Verkehrsstatistik kompatibel ist. Außerdem waren Leerfahrtanteile zu ermitteln, da diese in der VP 2030 nicht angegeben werden. Die Mengenentwicklungen und Relationen der Prognose sind als Resultat der entsprechenden Strukturdatenprognose allerdings fest vorgegeben und sollten nicht angepasst werden. Das Basisjahr der VP 2030 ist das Jahr 2010. Auf Basis dieses Jahres wurde auch die Flottenstruktur für das Jahr 2030 prognostiziert. Somit ist das Jahr 2010

¹⁷ Die wasserstandsbedingte sehr gute Auslastung ist nicht mit der generellen Auslastung der Seeschiffe zu verwechseln. Wasserstandsbedingt sehr gut ausgelastet bedeutet, dass die Reeder eine bei gegebenem Wasserstand nahezu maximal mögliche Abladetiefe wählen. Diese wasserstandsbedingte maximale Abladetiefe ist vom Maximaltiefgang zu unterscheiden.

¹⁸ Dabei tritt der Effekt auf, dass nicht dieselbe Anzahl Schiffe in den Hafen einfahren und den Hafen wieder verlassen. Da aber weder Schiffe im Hafen neu gebaut noch verschrottet werden, musste diese Unpaarigkeit durch zusätzliche Leerfahrten ausgeglichen werden.

der Verkehrsstatistik auch das Jahr, welches für den Abgleich genutzt werden musste. Dies ist der Fall, obwohl für das Jahr 2014 aktuelle Daten vorliegen. Die Korrektur der Prognose 2030 kann aber nur auf Basis desselben Basisjahres durchgeführt werden.

Tabelle 5-4 zeigt, dass es nicht zu vernachlässigende Unterschiede zwischen den Flottenstrukturen der Verkehrsstatistik und des Basisjahres der VP 2030 gibt. Sie zeigt aber auch, dass die Gesamtanzahl der Binnengüterschiffe im Basisjahr der VP 2030 recht gut mit der Verkehrsstatistik übereinstimmt.

**Tabelle 5-4: Beladene Binnengüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Em-
den nach TT-Klassen 2010 und VP 2030 Basisjahr 2010 (ohne Anpas-
sungen)**

TT-Klasse	Verkehrsstatistik 2010	VP 2030 (ohne Anpassungen) 2010
bis 400	9	44
401 bis 650	163	526
651 bis 900	594	1.033
901 bis 1000	146	220
1001 bis 1500	2.407	2.146
1501 bis 2000	1.189	569
2001 bis 2500	101	194
2501 bis 3000	48	0
über 3000	32	0
Summe	4.689	4.732

Tabelle 5-5 zeigt die Unterschiede zwischen den Flottenstrukturen der Verkehrsstatistik und der VP 2030 für das Basisjahr 2010. Es wird deutlich, dass die großen Schiffseinheiten (2.501 – 3.000 Tonnen und über 3.000 Tonnen) in der VP 2030 nicht vorkommen. Somit bestand Anpassungsbedarf. Es galt die Flottenstruktur der Verkehrsstatistik auf das Basisjahr 2010 der VP 2030 zu übertragen.¹⁹

¹⁹ Die Anpassungen für das Basisjahr wurden dadurch erzielt, dass unter Berücksichtigung der Durchschnittsladungen die Flottenstruktur des Basisjahrs der VP 2030 der Flottenstruktur der Verkehrsstatistik angenähert wurde. Die hierbei entstehenden Abweichungen spiegeln sich in den Flottenstrukturen in Tabelle 5-6 wieder und liegen bei 1%. Die Hochrechnung auf die angepasste Flottenstruktur des Prognosejahres findet unter Berücksichtigung der Gesamtladung der Flotte 2030 und der Entwicklung der Schiffszahlen in den Tragfähigkeitsklassen statt. Dabei wird die Entwicklung in den nicht besetzten Tragfähigkeitsklassen in der VP 2030 durch die Entwicklung der größten Schiffe in der VP 2030 approximiert.

Tabelle 5-5: Flottenstruktur beladener Binnengüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden nach TT-Klassen 2010 und VP 2030 Basisjahr 2010 (ohne Anpassungen)

TT-Klasse	Verkehrsstatistik 2010	VP 2030 (ohne Anpassungen) 2010
bis 400	0%	1%
401 bis 650	3%	11%
651 bis 900	13%	22%
901 bis 1000	3%	5%
1001 bis 1500	51%	45%
1501 bis 2000	25%	12%
2001 bis 2500	2%	4%
2501 bis 3000	1%	0%
über 3000	1%	0%
Summe	100%	100%

Durch die Übertragung der Flottenstruktur auf das Basisjahr 2010 der VP 2030 ergibt sich folgendes Bild:

Tabelle 5-6: Beladene Binnengüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden nach TT-Klassen 2010 und VP 2030 Basisjahr 2010 (mit Anpassungen)

TT-Klasse	Verkehrsstatistik 2010	VP 2030 (mit Anpassungen) 2010
bis 400	9	9
401 bis 650	163	164
651 bis 900	594	599
901 bis 1000	146	147
1001 bis 1500	2.407	2.429
1501 bis 2000	1.189	1.200
2001 bis 2500	101	102
2501 bis 3000	48	48
über 3000	32	32
Summe	4.689	4.730

Bei der Anpassung wurde darauf geachtet, dass die durchschnittliche Ladung je Tragfähigkeitsklasse nur geringfügig verändert wurde und somit die Flotte geeignet ist die im Basisjahr der Prognose unterstellte Ladung transportieren zu können. Nutzt man nun die angepasste Flottenstruktur für das Basisjahr der VP 2030 auch für die Anpassungen der Flottenstruktur 2030, so ergibt sich folgendes Bild:

Tabelle 5-7: Beladene Binnengüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden nach TT-Klassen VP 2030 Basisjahr 2030 (mit Anpassungen)

TT-Klasse	Schiffsbewegungen	Anteile
bis 400	7	0%
401 bis 650	178	3%
651 bis 900	477	9%
901 bis 1000	131	3%
1001 bis 1500	2.250	44%
1501 bis 2000	1.828	36%
2001 bis 2500	195	4%
2501 bis 3000	47	1%
über 3000	34	1%
Summe	5.147	100%

Berücksichtigt man in der Prognose die Leerfahreranteile, welche aus der Verkehrsstatistik ermittelt wurden, so ergibt sich folgende Prognose der Schiffsbewegungen:

Tabelle 5-8: Beladene und leere Binnengüterschiffe auf der Ems zwischen Papenburg und Emden nach TT-Klassen VP 2030 Prognosejahr 2030 (mit Anpassungen)

TT-Klasse	beladene Schiffe	leere Schiffe	Schiffe insgesamt
bis 400	7	25	32
401 bis 650	178	75	253
651 bis 900	477	120	597
901 bis 1000	131	46	177
1001 bis 1500	2.250	928	3.178
1501 bis 2000	1.828	583	2.411
2001 bis 2500	195	120	315
2501 bis 3000	47	51	98
über 3000	34	23	57
Summe	5.147	1.971	7.118

Um zu prüfen, ob die Entwicklung in der angepassten Prognose mit der Entwicklung in der Realität im Einklang ist, wurden die jährlichen Steigerungsraten der angepassten Prognose genutzt, um das Jahr 2014 abzubilden. Es ergaben sich 6.699 Binnenschiffe auf dem relevanten Emsabschnitt gemäß der angepassten Prognose. Laut Verkehrsstatistik waren es 6.953. Die Größenordnung der Schiffsanzahlen und der Entwicklungstrend sind korrekt. Die Abweichung von 254 Schiffen zu der Verkehrsstatistik ist mit 3,6% völlig akzeptabel.²⁰

²⁰ Auf eine Darstellung der Relationen in der Prognose sei an dieser Stelle verzichtet. Sie ergibt sich, da die Mengen und Relationen, wie bereits erwähnt, unverändert bleiben müssen, direkt aus der VP 2030.

5.3 Güterschifffahrt auf der Ems zwischen Papenburg und Emden 2030

Tabelle 5-9 stellt die Prognose der Güterschiffsverkehre auf dem relevanten Emsabschnitt für 2030 dar.

Tabelle 5-9: Güterschifffahrt auf der Ems zwischen Papenburg und Emden 2030 (inklusive Leerfahrten)

Fahrzeuge	Anzahl
Binnenschiffe	7.118
Seeschiffe	790
Güterschiffe insgesamt	7.908

5.4 Fahrgastschifffahrt

Die Prognose der fahrplanmäßigen Fahrgastschifffahrt geht davon aus, dass der Umfang der Abfahrten unverändert bleibt und Fahrpläne an die Gegebenheiten angepasst werden. Derzeit wird der Fahrplan anhand der Tide geplant. Es ist kein Grund ersichtlich, warum die Planung nicht entsprechend der Gegebenheiten in den Szenarien angepasst werden sollte. Dann wäre nicht mehr die Tide direkt für die Planung maßgeblich, sondern indirekt über die Einsatzzeiten der flexiblen Sohlschwelle, bzw. im Fall einer Schleuse wieder direkt die Tide bzw. die Schleusenbetriebszeiten.

5.5 Sonstige Fahrzeuge und Freizeitschifffahrt

Die Prognose der sonstigen Fahrzeuge und der Freizeitschifffahrt unterstellt, dass sich die Anzahl der Sperrwerksquerungen nicht verändern wird und auch von den unterstellten Szenarien in den Planfällen unabhängig ist. Eine Ausnahme sind naheliegenderweise die Baggerfahrten. Es ist davon auszugehen, dass die Anzahl der Baggerfahrten je nach Planfall geringer als im Status Quo ausfällt. In Abstimmung mit dem Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Emden wird davon ausgegangen, dass im Vergleichsfall 40 Baggerfahrten, d.h. 80 Sperrwerkspassagen zu erwarten sind. Bei einer 2-Stunden-Steuerung der flexiblen Sohlschwelle wird von 20 Fahrten, d.h. von 40 Passagen und bei einer 4-Stunden-Steuerung von 10 Fahrten, d.h. 20 Querrungen ausgegangen. Hierbei handelt es sich um vorläufige Schätzungen. Im -1-Meter-Szenario wird davon ausgegangen, dass dieselbe Zahl Baggerfahrten wie im 4-Stunden-Szenario notwendig ist.²¹

²¹ Zur Definition der Szenarien s. Abschnitt 8.1.

5.6 Schiffsbewegungen in der Prognose

Im Ergebnis wurde für alle Simulationen für das Jahr 2010 eine einheitliche Zahl von Schiffsbewegungen – auch unter der Berücksichtigung der Kleinfahrzeuge – unterstellt. Demgegenüber wurden für das Jahr 2030 szenarienabhängige Schiffsanzahlen zugrunde gelegt. Tabelle 5-10 gibt einen Überblick über die Zahlen der Schiffsbewegungen in den verschiedenen Szenarien.

Tabelle 5-10: Anzahl der Schiffsbewegungen in den Szenarien insgesamt

Szenario	Anzahl
2010	17.767
2030 Ist-Zustand	19.256
2030 2-Stunden-Szenario	19.216
2030 4-Stunden-Szenario	19.196
2030 -1-Meter-Szenario	19.196

6 Statistisch ermittelte Parameter für die Simulation

Wie bereits erwähnt wurden durch die BAW Tidedaten zur Verfügung gestellt. Hierbei handelt es sich in erster Linie um Strömungsdaten und Wassertiefen für den Vergleichsfall und die drei Planfälle mit 2-Stunden-Steuerung, 4-Stunden-Steuerung und -1-Meter-Steuerung der flexiblen Sohlschwelle als Planfälle. Die weiteren benötigten Rahmendaten wurden vom Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Emden bereitgestellt (s. Abschnitt 3).

Zwei Parameter für die Simulation des Prognosejahres konnten mit Hilfe der Zeit- und Ortsangaben der Schiffe aus der Verkehrsstatistik (2010) und den zusätzlichen Angaben zum Eintreten des nächsten Tideniedrig- und des nächsten Tidehochwassers in Terborg ermittelt werden. Erstens konnte mit diesen Angaben und den Daten der BAW ermittelt werden, wie viel Prozent der Schiffsbewegungen in Abhängigkeit von der Tide durchgeführt wurden. Zweitens konnten Schiffsgeschwindigkeiten durch das Wasser und gegenüber Grund geschätzt werden. So konnten plausible Werte der Schiffsgeschwindigkeiten für die Simulation des Prognosejahres bestimmt werden.

6.1 Anteil der Güterschiffe, die mit der Strömung den relevanten Emsabschnitt befahren

Betrachtet man den Anteil der Schiffe, die mit der Strömung den relevanten Emsabschnitt passiert haben, so ergibt sich folgendes Bild:

Tabelle 6-1: Anteil der Schiffe, die den relevanten Emsabschnitt mit der Strömung passiert haben

Schiffstyp	Anzahl
Seeschiffe zu Berg	42%
Seeschiffe zu Tal	kein signifikanter Anteil mit der Strömung
Binnenmotorgüterschiffe zu Berg	96%
Binnenmotorgüterschiffe zu Tal	kein signifikanter Anteil mit der Strömung
Binnenmotortankschiffe zu Berg	95%
Binnenmotortankschiffe zu Tal	kein signifikanter Anteil mit der Strömung

Das Ergebnis der Auswertung spiegelt die Aussagen in den Fachgesprächen wider. Die Binnenschiffe fahren zu Berg mit der Strömung. Zu Tal gelingt dies nicht, weil die Schleusenbetriebszeiten in Herbrum eingeschränkt sind. Der überwiegende Teil der Binnenschiffe, welche den relevanten Emsabschnitt befahren, passieren die Schleuse Herbrum (s. Tabelle 4-9). Es wird aber auch deutlich, dass nicht nur die 49% der Binnenschiffe, die im Liniendienst fahren, zu Berg mit der Strömung fahren sondern 96% aller Binnenschiffe, die in diese Richtung fahren. Auch zu Tal verhalten sich Binnenschiffe unabhängig von der Betriebsform ähnlich. Dieses Verhalten ist eine Folge der Taktung des Verkehrs durch die Schleuse Herbrum.

Bei den Seeschiffen ist der Anteil mit der Strömung verkehrender Schiffsbewegungen mit 42% zu Berg nicht so hoch. Zu Tal gelingt dies wie bei den Binnenschiffen nicht, obwohl die Seeschiffe die Schleuse Herbrum nicht passieren. Seeschiffe, die nicht mit der Tidedestromung zu Berg fahren, müssen gegebenenfalls tidebedingte Wartezeiten einplanen. Dies geschieht in Abhängigkeit vom jeweiligen Tiefgang und Wasserstand. Seeschiffe, die zu Tal fahren, fahren zwar nicht ausschließlich mit der Tidedestromung, aber zumindest so, dass sie abladebedingt fahren können.

6.2 Durchschnittliche Geschwindigkeiten der Güterschiffe auf dem relevanten Emsabschnitt

Die ermittelten Durchschnittsgeschwindigkeiten spiegeln das Ergebnis, dass im Durchschnitt zu Berg mit Strömung gefahren wird und zu Tal nicht, wider. Die nachfolgende Tabelle macht dies für die Seeschiffe deutlich.

Tabelle 6-2: Durchschnittsgeschwindigkeiten der Seeschiffe auf dem relevanten Emsabschnitt

Seeschiffe	durchs Wasser zu Berg	durchs Wasser zu Tal	über Grund zu Berg	über Grund zu Tal
Kn	6,8	11,0	7,5	10,3
km/h	12,5	20,4	13,9	19,1

Zu Berg fahren die Seeschiffe gemessen über Grund mit einer höheren Geschwindigkeit als durchs Wasser, d.h. sie fahren im Durchschnitt mit der Strömung. Zu Tal hingegen ist die Durchschnittsgeschwindigkeit durchs Wasser größer als über Grund, d.h. sie fahren im Durchschnitt gegen die Strömung. Eine signifikante Unterscheidung zwischen beladenen und leeren Seeschiffen war nicht möglich.

Für die Binnenschiffe ergibt sich ein ähnliches Bild. Allerdings war bei den Binnengüterschiffen im Gegensatz zu den Seeschiffen eine Unterscheidung in beladene und leere Fahrzeuge möglich.

Tabelle 6-3: Durchschnittsgeschwindigkeiten der Binnengüterschiffe auf dem relevanten Emsabschnitt in km/h

Binnengüterschiffe	durchs Wasser zu Berg	durchs Wasser zu Tal	über Grund zu Berg	über Grund zu Tal
beladen	12,5	14,5	15,5	13,0
leer	11,3	13,2	14,4	11,5

Es wird zum einen deutlich, dass die beladenen Binnenschiffe schneller fahren als die leeren. Dies kann zumindest zum Teil auf vorgegebene Lieferzeiten zurückgeführt werden. Es bestätigt sich aber vor allem, dass zu Berg die Geschwindigkeiten über Grund höher sind als die durchs Wasser. Dies ist damit gleichzusetzen, dass auch die Binnenschiffe zu Berg im Durchschnitt mit der Strömung fahren. Zu Tal tritt der gegenteilige Effekt auf, d.h. im Durchschnitt fahren die Schiffe hier eher gegen die Strömung.²²

²² Nach Rücksprache mit dem WSA Meppen sind die relativ hohen Geschwindigkeiten der Binnengüterschiffe durchaus plausibel.

6.3 Zeitliche Verteilung der Schiffsbewegungen

Für die Simulation der Schiffsbewegungen im Prognosejahr ist die zeitliche Verteilung der Schiffe beim Eintreffen am Sperrwerk von großer Bedeutung. Folglich müssen die monatliche und die wochentägliche Verteilung der Schiffsfahrten ermittelt werden. Unter der Kenntnis, ob die Schiffe mit der Strömung fahren oder nicht, ergibt sich so eine Simulation, welche die Bestimmung von Warteschlangen und Wartezeiten am Emssperrwerk bei einer Schließung ermöglicht.

6.3.1 Zeitliche Verteilung der Schiffsbewegungen in der Güterschifffahrt

Die jahreszeitliche Verteilung der Güterschiffe im Durchschnitt über die Jahre 1998 bis 2015 zeigt die nachfolgende Grafik:²³

Abbildung 6-1: Monatsanteile der jährlichen Schiffsbewegungen nach Schiffstypen (Durchschnitt 1998 bis 2015)

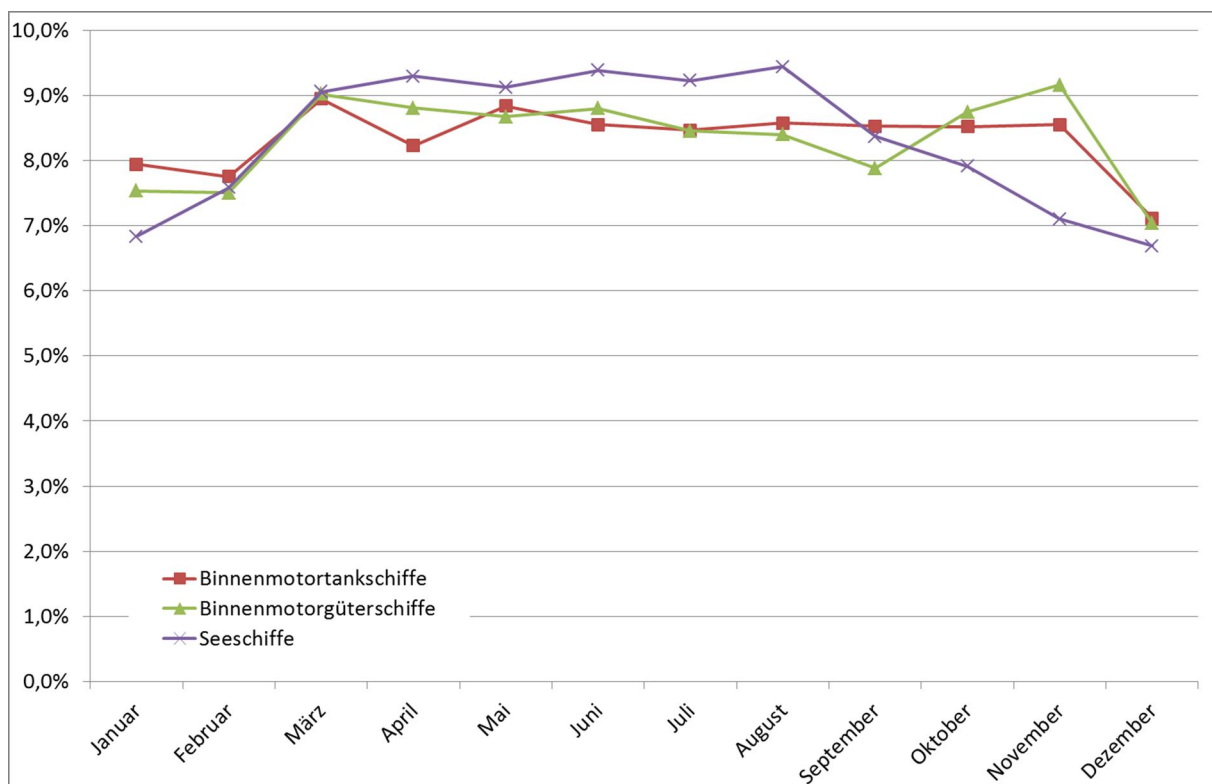
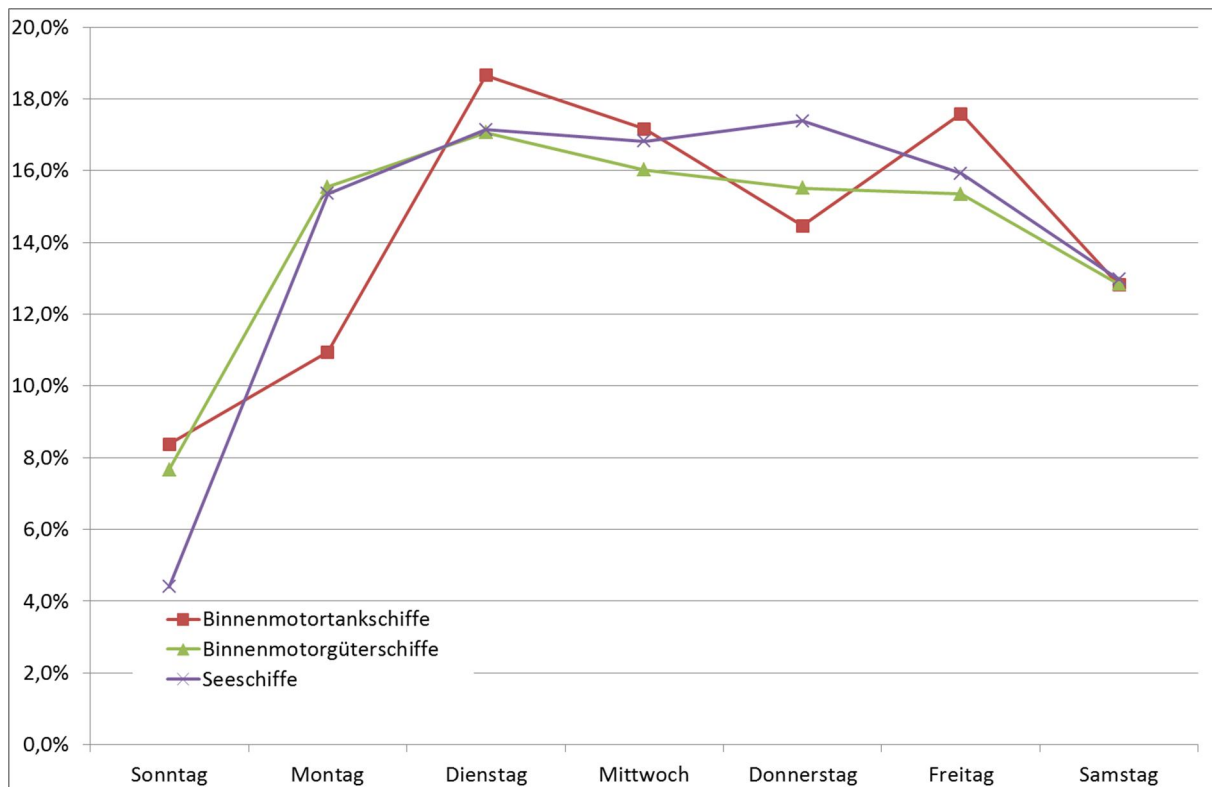


Abbildung 6-1 macht deutlich, dass im Winter weniger Schiffsbewegungen zu verzeichnen sind als im Sommer. Dies ist plausibel, weil ein Teil der Ladung saisonabhängig ist.

²³ Für diese Auswertung wurden die Daten der Verkehrsstatistik um weitere Jahre ergänzt.

Die wochentägliche Verteilung stellt sich wie folgt dar:

Abbildung 6-2: Anteil der Wochentage an den wöchentlichen Schiffsbewegungen nach Schiffstypen (Durchschnitt 1998 bis 2015)



In Abbildung 6-2 fällt auf, dass am Sonntag deutlich weniger Schiffsbewegungen zu verzeichnen sind. Bei den Binnenschiffen gibt es hierfür zwei Gründe. Zum einen finden am Wochenende generell weniger Güterschiffsbewegungen statt. Dies zeigt auch die Verteilung der Seeschiffe. Zum anderen ist aber auch ein erheblicher Unterschied zwischen dem Verkehr an Sonntagen und an Samstagen zu erkennen. Dieser Unterschied beruht auf den Schleusenbetriebszeiten in Herbrum. Während am Samstag ein normaler Zweischichtbetrieb eingerichtet ist, findet am Sonntag lediglich ein Einschichtbetrieb statt. Zukünftig wird allerdings auch am Sonntag ein Zweischichtbetrieb eingerichtet werden. Dann ist zu erwarten, dass sich der Anteil des Sonntagsverkehrs dem Anteil des Samstagsverkehrs angleichen wird und nur noch ein Wochenendeffekt zu beobachten sein wird.

6.3.2 Zeitliche Verteilung der Schiffsbewegungen in der Fahrgastschifffahrt

In Abschnitt 4.4 wurde bereits erwähnt, dass die Saison der Fahrgastschifffahrt von Mai bis Ende September dauert. Ergänzend dazu wird in Abbildung 6-3 die wochentägliche Verteilung der Fahrten dargestellt.

Abbildung 6-3: Fahrgastschiffsbewegungen je Wochentag 2010 und 2014

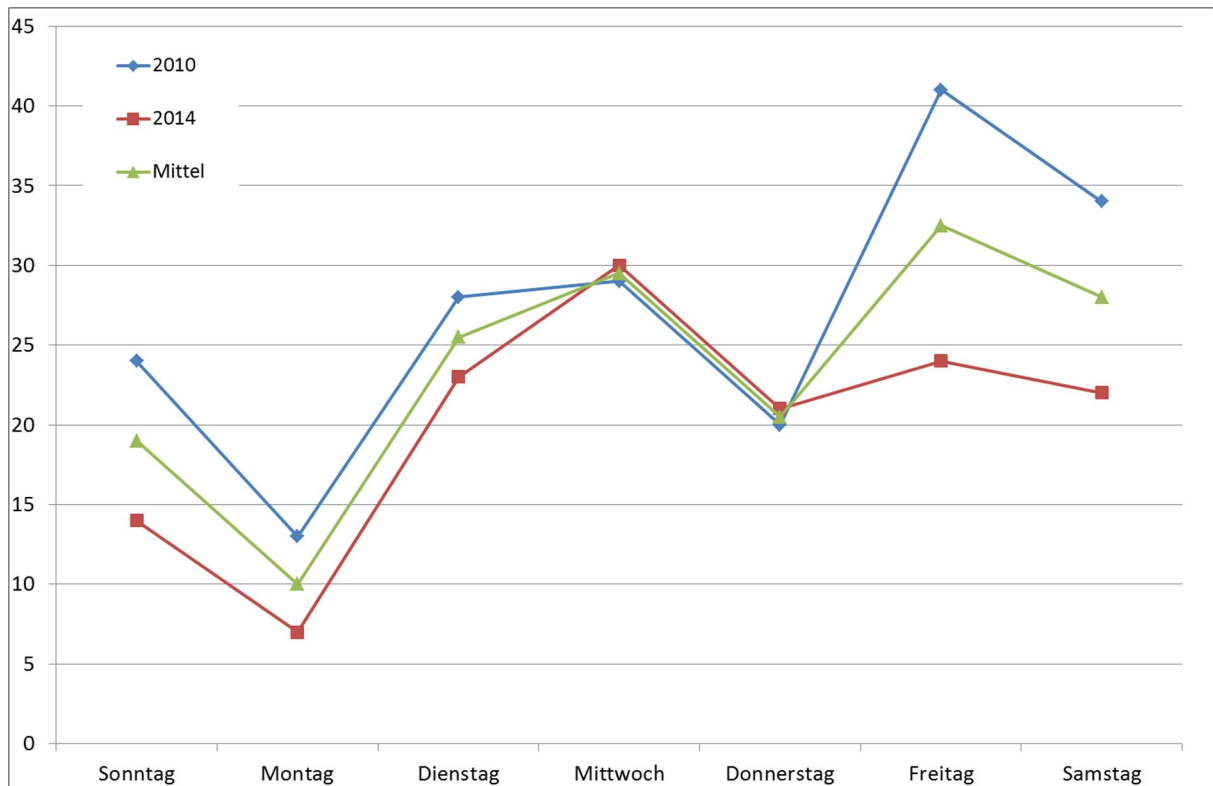
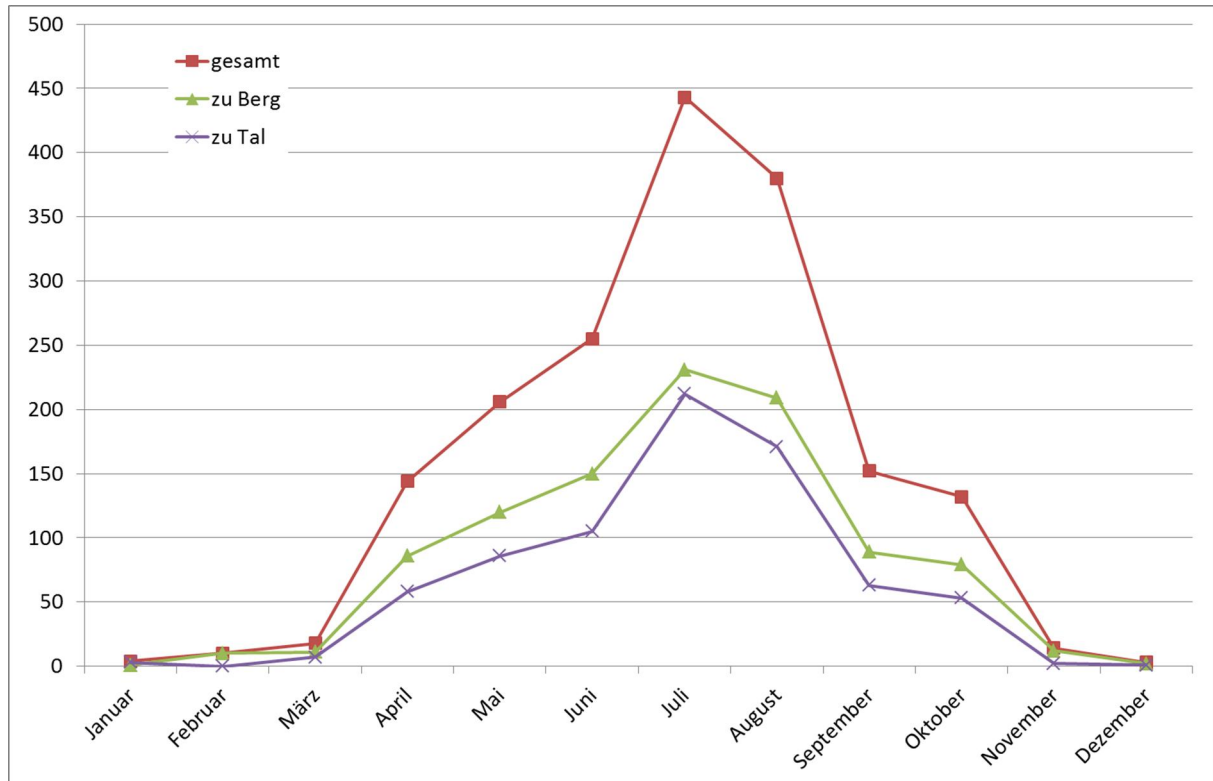


Abbildung 6-3 macht deutlich, dass die wochentägliche Struktur der Fahrgastschiffsbewegungen 2014 und 2010 sehr ähnlich ist. In den weiteren Betrachtungen werden die mittleren Anteile zugrunde gelegt.

6.3.3 Zeitliche Verteilung der Schiffsbewegungen in der Freizeitschifffahrt

In Abschnitt 4.6 wurde bereits erwähnt, dass die Saison der Freizeitschifffahrt von Mai bis Ende September dauert. 82% der im Jahr 2014 in Herbrum geschleusten Kleinfahrzeuge passierten die Schleuse in diesem Zeitraum.

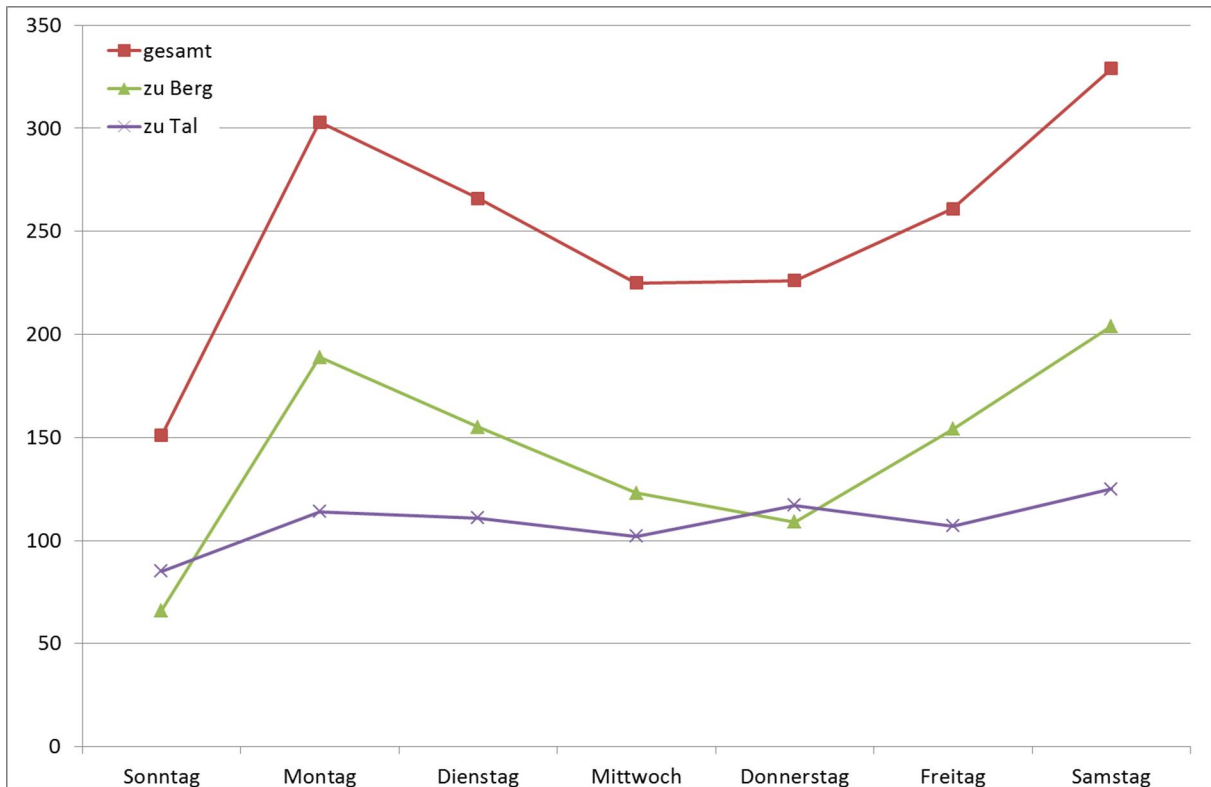
Abbildung 6-4: Jahreszeitlicher Verlauf der Schleusungen von Kleinfahrzeugen in Herbrum 2014



Geht man davon aus, dass die jahreszeitliche Verteilung der Schleuse Herbrum bezogen auf die Freizeitschifffahrt repräsentativ ist, so ist die Einteilung in eine Sommersaison von Mai bis Ende September nicht nur für die Güterschifffahrt und die Fahrgastschifffahrt sondern auch für die Freizeitschifffahrt vertretbar.

Der wochentägliche Verlauf der Schiffsbewegungen anhand des Beispiels der Schleuse Herbrum wird in Abbildung 6-5 abgebildet.

Abbildung 6-5: Wochentäglicher Verlauf der Schleusungen von Kleinfahrzeugen in Herbrum 2014



Es ist zu erkennen, dass es zwei Schwerpunkte für die Schleusung von Kleinfahrzeugen unter den Wochentagen gibt. Montag und Samstag sind die bevorzugten Tage bei den Schleusungen der Freizeitschiffahrt, wobei die Schwerpunktbildung bei den Schleusungen zu Berg deutlicher ausfällt. Zu den täglichen Abfahrtszeiten bzw. zu den Abfahrtszeiten bezogen auf die Tide lagen keine Informationen vor. Aus diesem Grund wurde die Verteilung der Abfahrtszeiten, wie in Abschnitt 4.6 beschrieben, geschätzt.

7 Verkehrliche Rahmenbedingungen

7.1 Derzeitige Situation (Vergleichsfall)

Die Basistiefe für die Simulationen entspricht der Solltiefe der Unter- und Außenems (s. Abbildung 3-3). Auf diesem Emsabschnitt sind drei Engpässe zu berücksichtigen. Es handelt sich um die Friesenbrücke, die Jann-Berghaus-Brücke und die Flachstelle bei Terborg. Die beiden Brücken sind aufgrund ihrer Durchfahrtshöhen ein Engpass für die Seeschifffahrt. Es handelt sich allerdings um Klappbrücken. Diese Funktion wird durch die veränderten Wasserstände aufgrund einer flexiblen Sohlschwelle nicht beeinflusst. Ein Problem mit den Brückendurchfahrtshöhen könnte für die Binnengüterschiffe in den Szenarien entstehen, wenn der Tideverlauf durch die flexible Sohlschwelle entsprechend beeinflusst wird (s. Abschnitt 7.2).²⁴ Derzeit stellt dies kein Problem dar.

Ein weiteres Engpassproblem besteht an der Flachstelle in Terborg entstehen. Dieses Engpassproblem wird in den Szenarien verstärkt. Wie in Abschnitt 8.3.1 beschrieben und in Abbildung 8-15 dargestellt, können dadurch, dass der Flutstrom nicht in vollem zeitlichem Umfang genutzt werden kann, zusätzliche Wartezeiten entstehen. Außerdem kann in den Szenarien ein niedrigerer maximaler Wasserstand als im Ist-Zustand auftreten (s. Abschnitt 7.2). Da das Tidemodell und somit auch die Simulation der Verkehre diesen Umstand berücksichtigt, spiegelt er sich sowohl in den Wartezeiten als auch in der Anzahl wartender Schiffe wider.

Ein drittes Engpassproblem besteht an der Schleuse Herbrum. Dort gibt es 16 Binnenschiff-liegeplätze. Bereits im Ist-Zustand bei derzeitigem Verkehrsaufkommen gibt es Fälle, in denen diese Anzahl von Liegeplätzen nicht ausreicht. Da die Schiffe zu Berg bereits jetzt nahezu getaktet fahren (96% der Binnengüterschiffe zu Berg fahren mit der Flutströmung), hat die geänderte Taktung durch eine flexible Sohlschwelle geringeren Einfluss auf die Aus- bzw. Überlastung der Liegeplätze als die steigende Anzahl von Binnenschiffen. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass eine Steigerung der Binnenschiffsanzahl auf diesem Emsabschnitt, in dieser Richtung um 25% für 2030 gegenüber 2010 prognostiziert wird. Vor dem Hintergrund dieser Zunahme ist eine veränderte Taktung der Ankünfte vernachlässigbar. Allein die Zunahme der Verkehre wird den Engpass an Liegeplätzen vor Herbrum verstärken.

Ein ähnliches Problem wie mit den Liegeplätzen an der Schleuse Herbrum könnte an den Schleusen selbst auftreten. Die Kapazitäten der Schleusen Herbrum und Bollingerfähr sind für die derzeitigen Verkehre ausreichend. Bei einer Steigerung des Verkehrsaufkommens von 25% allein in einer Richtung gilt es zu prüfen, ob die Schleusenkapazitäten auch für die Verkehre 2030 ausreichend sind. Um dies zu prüfen wurde die Schleusenkapazität Herbrum

²⁴ Ergänzend ist bezüglich der Binnenschifffahrt Folgendes zu erwähnen:

Da weder in der Verkehrsstatistik noch in den beiden Prognosen aus dem Bundesverkehrswegeplan Informationen über Gefahrguttransporte auf der Ems vorlagen, können auch im Rahmen der Simulation keine Aussagen dazu getroffen werden. Bezüglich des Nachtfahrverbotes für Schiffe mit A1 Zulassung gilt grundsätzlich dasselbe. Allerdings treten Schiffe mit A1 Zulassung in den Tragfähigkeitsklassen unterschiedlich häufig auf. Dadurch, dass die Flottenstruktur der Prognose an die Verkehrsstatistik angepasst wurde, ist davon auszugehen, dass die Anteile A1 Schiffe richtig übernommen wurden. Da weiter die Abfahrzeiten auch aus dem Jahr 2010 übernommen wurden, kann letztlich davon ausgegangen werden, dass die Nachtfahrverbote korrekt abgebildet wurden. Es sind lediglich keine Aussagen zu diesem Thema möglich.

berechnet. Sie beträgt 16.140 Schiffe pro Jahr und Richtung.²⁵ Damit ist die Kapazität in allen Szenarien und Varianten ausreichend.²⁶

Die Behinderung durch Baggerfahrten wird durch die Sperrungen abnehmen. Der Bedarf an Baggerungen wird sinken und somit die Anzahl der Baggerfahrten abnehmen. Dies wurde im Rahmen der Prognose des Schiffsverkehrs 2030 auf dem relevanten Emsabschnitt berücksichtigt (s. 5.5).

7.2 Verhältnisse in den Planfällen

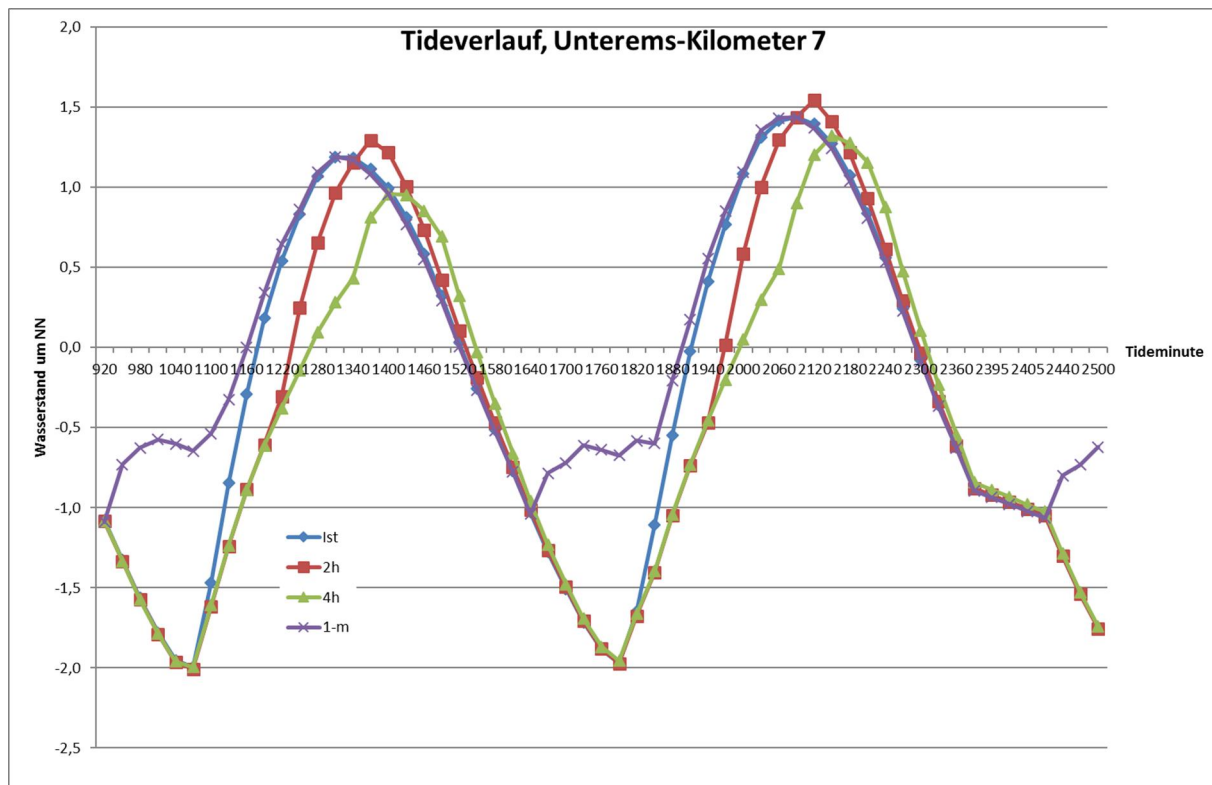
Zentraler Unterschied zwischen dem Vergleichsfall (Status-Quo) und den Planfällen (Szenarien) sind die Änderungen der Tide.²⁷ Wie stark der Einfluss der veränderten Wasserstände ist zeigen die nachfolgenden Abbildungen. Abbildung 7-1 zeigt einen zeitlichen Ausschnitt aus den Tideverläufen an der Friesenbrücke. Es wird deutlich, dass die Wasserhöchststände nur gering durch die flexible Sohlschwelle beeinflusst werden. Durch die flexible Sohlschwelle wird der zeitliche Verlauf der Tide stärker beeinflusst als die Wasserhöchststände. Im 2-Stunden-Szenario liegen die Höchststände knapp über denen des Ist-Zustandes. Die des -1-Meter-Szenarios sind nahezu identisch und die des 4-Stunden-Szenarios sind niedriger. Während der Einfluss der flexiblen Sohleschwelle auf die Wasserhöchststände je nach Emsabschnitt unterschiedlich ist, ist ihr Einfluss auf den zeitlichen Verlauf der Tide an allen Stellen gleich. Das -1-Meter-Szenario hat während des Flutstroms einen sehr ähnlichen Verlauf wie im Status Quo. Der Flutstrom fällt in den anderen Szenarien kürzer aus, wobei die Dauer des Flutstroms im 4-Stunden-Szenario stärker abnimmt. Auch

²⁵ Die Berechnung wurde gemäß der Methodik im Kompendium Nutzen-Kosten-Analysen für Investitionen an Binnenwasserstraßen durchgeführt. Dabei werden u.a. das Verkehrsaufkommen und die Öffnungszeiten berücksichtigt, aber auch die „Taktung“ der eintreffenden Schiffe. Da die Binnenschiffe zu Berg zu 96% mit der Flut fahren, wurde ein entsprechend geringer Anteil der Verkehre als poissonverteilt unterstellt. Zur Aufteilung der Verkehre in „mit“ und „gegen“ den Strom s. Abschnitt 6.1.

²⁶ Die Schleuse Bollingerfähr hat eine geringfügig kürzere Kammer. Ihre Kapazität von 16.124 Schiffsschleusungen pro Jahr und pro Richtung ist aber ebenso ausreichend.

²⁷ Die erwähnten Änderungen der Tide spiegeln sich in den Daten der BAW wieder. Es wurden Daten mit identischer Datenstruktur sowohl für den Fall ohne flexible Sohlschwelle als auch für die drei Szenarien bereitgestellt. Es handelte sich in erster Linie um Daten über Wassertiefen und Strömungsgeschwindigkeiten. Diese Daten wurden für die Unter- und Außenems von Kilometer 0 bis 113, sowie für die Mittelems von Kilometer 213,6 bis 225,82 übergeben. Die übergebenen Daten beschreiben einen Zeitraum von 10 Tagen und basieren auf Daten aus dem Jahr 2010. Diese Daten wurden für den Jahresverlauf 2010 angepasst und in das Tidemodell eingearbeitet.

Abbildung 7-1: Tideverläufe im Ist-Zustand und in den Szenarien an der Friesenbrücke



Für den Ebbstrom ergibt sich ein anderes Bild. Das Niedrigwasser ist im -1-Meter-Szenario naheliegenderweise weniger stark ausgeprägt als im Status Quo. Bei den übrigen Szenarien ist kein signifikanter Einfluss auf das Niedrigwasser festzustellen. Der zeitliche Verlauf des Ebbstroms ist in den Flutstromszenarien länger als im Ist-Zustand. Wie auch beim Flutstrom ist der zeitliche Verlauf des Ebbstroms im -1-Meter-Szenario dem des Ist-Zustands sehr ähnlich.

Um deutlich zu machen, dass der Einfluss der flexiblen Sohlschwelle auf die Amplituden der Tide an verschiedenen Abschnitten der Unterems unterschiedlich groß ist, wird ergänzend zu Abbildung 7-1 der Tideverlauf an der Flachstelle in Terborg dargestellt. Abbildung 7-2 macht deutlich, dass die Wasserhöchststände des 2-Stunden- und des -1-Meter-Szenarios in Terborg nahezu denen im Ist-Zustand entsprechen. Lediglich im 4-Stunden-Szenario wird der Maximalwasserstand des Status-Quo nicht erreicht. Die Niedrigwasserstände sind in den Flutstromszenarien nahezu unverändert. Im-1-Meter-Szenario hingegen ist der niedrigste Wasserstand immer höher als im Ist.

Abbildung 7-2: Tideverläufe im Ist-Zustand und in den Szenarien in Terborg

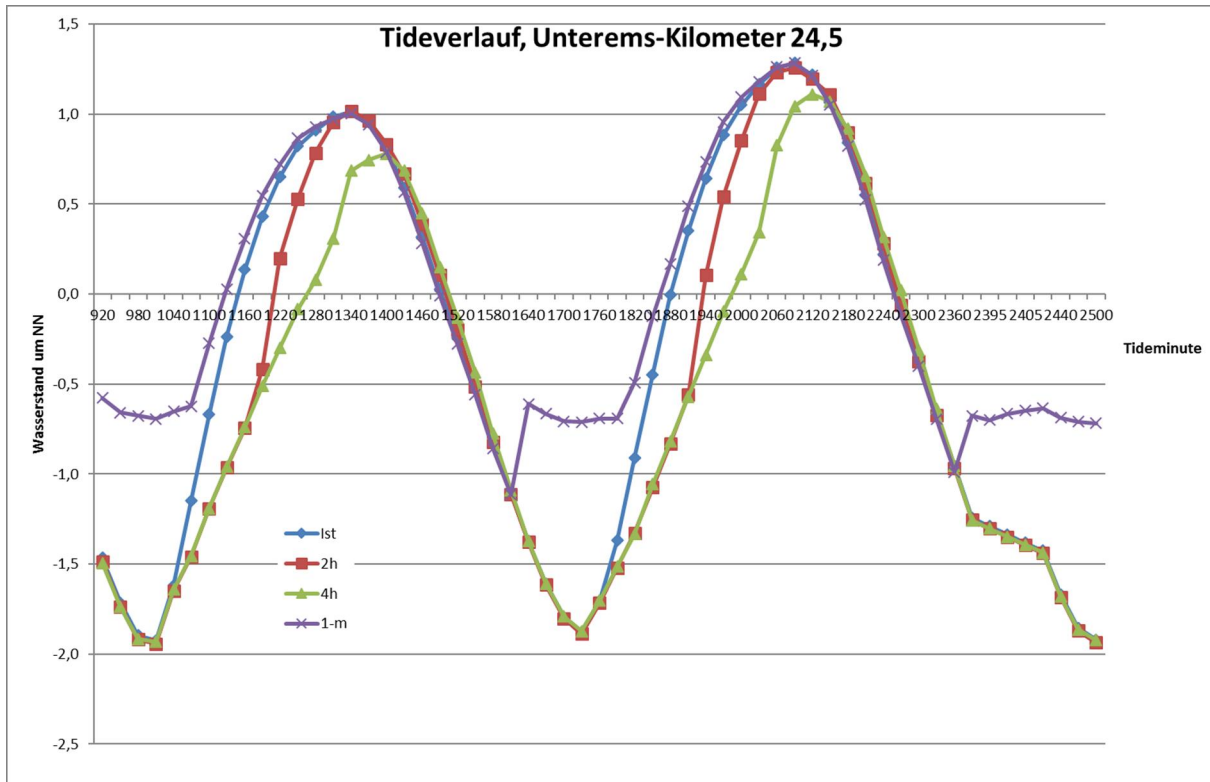


Tabelle 7-1 gibt einen Überblick über die Maximalwasserstände in den Szenarien im Vergleich zum Maximalwasserstand im Ist an ausgewählten Emsabschnitten. Es wird deutlich, dass im -1-Meter-Szenario nur geringfügige Veränderungen beim Maximalwasserstand zu verzeichnen sind. In den Flutstromszenarien ist der Einfluss der flexiblen Sohlschwelle davon abhängig, wo gemessen wird. In Herbrum ist der Maximalwasserstand in den Flutstromszenarien höher als im Ist-Zustand, an der Jann-Berghaus-Brücke hingegen niedriger. Auch an der Friesenbrücke sind die Unterschiede gering. Es ist davon auszugehen, dass durch eine flexible Sohlschwelle keine Probleme mit den Brückendurchfahrtshöhen entstehen. An der Jann-Berghaus-Brücke wird die Situation sogar besser. Die Erreichbarkeit der Häfen ist unverändert. Allerdings ist der Zeitraum, in dem sie in den Flutstromszenarien angelaufen werden können kürzer. Dies wird in den Simulationen berücksichtigt. Ein Problem mit den Wasserhöchstständen tritt an der Schleuse Herbrum in keinem Szenario auf. Der zeitlich kürzere Verlauf des Flutstroms kann das bereits geschilderte Problem der Liegeplatzknappheit in Herbrum verstärken. Die Flachstelle in Terborg ist kein Problem bei den Wasserhöchstständen aber bei Niedrigwasser kommt es zu Einschränkungen. Dieses Problem wird durch die minimalen Wasserstände verdeutlicht. Diese sind in den Flutstromszenarien identisch mit dem Niedrigwasser im Status Quo. Im -1-Meter-Szenario wird die Situation dadurch entschärft, dass der Minimalwasserstand knapp einen Meter höher ist als im Ist.

Tabelle 7-1: Vergleich der Maximalwasserstände in den Szenarien zum Ist-Zustand an ausgewählten Emsabschnitten in Zentimetern

	Herbrum	Hafen Papenburg	Friesenbrücke	Hafen Leer	Jann-Berghaus-Brücke	Flachstelle Terborg
2-Stunden-Szenario	31	14	4	-7	-8	-8
4-Stunden-Szenario	37	-2	-10	-17	-18	-17
-1-Meter-Szenario	0	-3	-2	-1	-1	1

Neben den Veränderungen bei den Wasserständen ist in den Szenarien auch von veränderten Strömungsverhältnissen auszugehen. Die veränderten Strömungsverhältnisse werden im Rahmen der Simulationen berücksichtigt. Folglich finden sich ihre Auswirkungen auch in den Wartezeiten und der Anzahl wartender Schiffe wieder. Grundsätzlich können alle Schiffe, die im Ist-Zustand die Außen- und Unterems befahren sie auch in den Strömungsbedingungen in den Szenarien befahren. Die Schiffsgeschwindigkeiten im Ist reichen auch in den Szenarien aus, um alle Ziele zu erreichen.

Es gibt bei den verkehrlichen Rahmenbedingungen allerdings auch wichtige Unterschiede, die allerdings das Simulationsergebnis nicht verändern. So ist bei dem Betrieb einer flexiblen Sohlschwelle ohne Schleuse der Einsatz von Sicherungsfahrzeugen auf beiden Seiten des Sperrwerks notwendig. Im derzeitigen Zustand und auch bei den Varianten mit Schleusen ist dies nicht notwendig. Weiter muss sichergestellt sein, dass die Wasserschutzpolizei und Rettungskräfte das Sperrwerk mit minimalen Verzögerungen passieren können. Hierzu ist es notwendig, dass in einem solchen Fall das Sperrwerk schnellst möglich geöffnet wird, bzw. die Einsatzschiffe schnellst möglich geschleust werden.²⁸

Notwendige und wünschenswerte Kompensationsmaßnahmen sowie weitere Auswirkungen des Sperrwerks werden in Abschnitt 9 beschrieben.

²⁸ Da ein solcher Einsatz die Ausnahme ist, kann er im Rahmen der Simulationen nicht abgebildet werden und beeinflusst das Ergebnis somit nicht.

8 Simulation des Schiffsverkehrs durch das Emssperrwerk

8.1 Simulationsmethodik

Bei der Simulation der Schiffsverkehre durch das Emssperrwerk werden sowohl die Tidebedingungen und in den Varianten mit Schleuse auch die schleusenbedingten Wartezeiten berücksichtigt. Mit den vorliegenden Informationen konnte ein Simulationsmodell für den Betrieb einer beweglichen Sohlschwelle im Emssperrwerk programmiert werden (s. Abschnitt 3 und Abschnitt 7). Dieses Modell berücksichtigt sowohl die Höhe der Tide als auch die entsprechende Strömung (Tidemodell). Hierzu wurden die Daten der BAW genutzt.

Weiter wurden in sämtlichen Szenarien und Varianten die Schiffsgeschwindigkeiten verwendet, welche sich aus der Verkehrsstatistik ableiten ließen.²⁹ Die Geschwindigkeit der einzelnen Schiffe wurde dabei auf die Streckenabschnitte so aufgeteilt, dass sie dem folgenden Schema entsprach.³⁰

Tabelle 8-1: Geschwindigkeitsschema (v-Profil) auf der Unter- und Außenems.

Ems-Kilometer	Geschwindigkeit in Knoten
0	6
39,9	6
40,0	6
51,9	6
52,0	8
73,9	8
74,0	12
83,9	12
84,0	12
107	12

Für die Schleuse und deren Betrieb wurden folgende Parameter unterstellt:

Die nutzbare Länge der Schleusenammer beträgt 225 Meter, die nutzbare Breite 27 Meter. Die Schleuse wird während jeder Schließung der Sohlschwelle betrieben. Sie hat eine Tor-schließzeit von 5 Minuten. Zwischen Seeschiffen ist ein Sicherheitsabstand von 15 Metern vorgeschrieben. Zwischen Binnenschiffen und Seeschiffen sowie zwischen Binnenschiff gilt ein Sicherheitsabstand von 10 Metern. Kleinfahrzeuge halten einen Sicherheitsabstand von 10 Metern zu Seeschiffen und 5 Metern zu anderen Schiffen ein. In der Breite ist der Sicherheitsabstand generell 4 Meter. Die Einfahrtfolgezeit von 4 Minuten und die Ausfahrtfolgezeit von 7 Minuten sind für See- und Binnenschiffe identisch. Die Einfahrt- und die Ausfahrtfolgezeit beträgt bei Kleinfahrzeugen jeweils 1 Minute (s. Tabelle 8-2).³¹

²⁹ Hierzu wurden die sich aus den An- und Abmeldedaten ergebenden Geschwindigkeiten auf Plausibilität überprüft. Unplausible Geschwindigkeiten wurden durch Durchschnittswerte ersetzt.

³⁰ Dieses Geschwindigkeitsprofil wurde in den Untersuchungen zur Vertiefung der Außenems verwendet.

³¹ Sämtliche Schleusenparameter wurden vom WSA Emden zur Verfügung gestellt. Eine Ausnahme sind die Einfahrt- und Ausfahrtfolgezeiten der Kleinfahrzeuge. Diese wurden aus Parameterkons-

Tabelle 8-2: Schleusenparameter

Parameterbezeichnung	Parameter
nutzbare Länge der Schleusenammer	225 Meter
nutzbare Breite der Schleusenammer	27 Meter
Torschließzeit	5 Minuten
Sicherheitsabstand zwischen Seeschiffen	15 Metern
Sicherheitsabstand zwischen Binnenschiffen	10 Metern
Sicherheitsabstand zwischen Binnen- und Seeschiffen	10 Metern
Sicherheitsabstand KLF (Ausnahme Seeschiffe)	5 Meter
Sicherheitsabstand zwischen KLF und Seeschiffen	10 Metern
Sicherheitsabstand in der Breite generell	4 Meter
Einfahrtfolgezeit alle Schiffe außer KLF	4 Minuten
Ausfahrtfolgezeit alle Schiffe außer KLF	7 Minuten
Einfahrtfolgezeit KLF	1 Minute
Ausfahrtfolgezeit KLF	1 Minute

Aus den genannten Schleusenparametern (s. Tabelle 8-2) und den Schiffsankünften am Sperrwerk ergeben sich die Anzahl der wartenden Schiffe während des Schleusenbetriebs und deren schleusenbedingten Wartezeiten (inklusive der Zeit der Schleusung).³²

Neben dem Schleusenmodell wurde das bereits erwähnte Tidemodell der Ems im Rahmen der Simulation erweitert und angewendet. Dabei ist nicht nur von Bedeutung, welche Wassertiefe zu welchem Zeitpunkt an einer bestimmten Stelle gegeben ist, sondern auch, wie stark die jeweilige Strömung ist. Während die Wassertiefe elementar für die Erreichbarkeit der Seehäfen Leer und Papenburg durch Seeschiffe ist, ist die Strömung für alle Schiffe im gleichen Maße relevant. Die Strömung hat maßgeblichen Einfluss auf die Schiffsgeschwindigkeit über Grund. Das Tidemodell der Planco wurde ursprünglich für die Bewertung von Projekten an seewärtigen Zufahrten der Nordsee (Unterems, Unter- und Außenweser, Unter- und Außenelbe) erstellt. Es wurde von der Planco bereits im Jahr 1990³³ entwickelt und für die Außenems speziell unter Berücksichtigung einer Mindertide im Jahr 2012 neu kalibriert.³⁴

tellationen übernommen, die sich im Rahmen der Simulationen zum Nord-Ostsee-Kanal bewährt haben.

³² Diese Art der Berechnung schleusenbedingter Wartezeiten hat sich im Rahmen der Aktualisierung der Verkehrsprognose für den Nord-Ostsee-Kanal bewährt. S. Planco Consulting GmbH, Aktualisierung der Verkehrsprognose für den Nord-Ostsee-Kanal, Essen 2009. Für den vorliegenden Fall wurde das Programm angepasst.

³³ Planco Consulting GmbH, Datenermittlung und Bewertungsverfahren für Regelungs- und Investitionsmaßnahmen des Bundes an Seeschiffahrtsstraßen, Essen, 1990.

³⁴ Planco Consulting GmbH, Aktualisierung der Nutzen-Kosten-Untersuchung einer Vertiefung der Außenems, Essen 2012.

Das Tidemodell berücksichtigt folgende Parameter:³⁵

1. Schiffsabmessungen (Länge, Breite, Völligkeitsbeiwert)
2. Ausbautiefe
3. Wasserstand
4. Strömungsgeschwindigkeit
5. Schiffsgeschwindigkeit
6. Krängung
7. Squat
8. Dichteänderung
9. Meßungenauigkeiten
10. Netto-Unterkieffreiheit

Das Tidemodell berechnet für jede Schiffsbewegung die tidebedingten Wartezeiten bzw. die durch eventuelle Langsamfahrt entstehenden Zeitverluste. Dazu wird für jedes Schiff für jede Minute innerhalb einer Tide ermittelt, ob für die geplante Fahrt an allen Stellen die benötigte Wassertiefe vorhanden ist. Dazu wird das Schiff in Schritten von je einer Minute bewegt. Der Wasserstand, die Strömungsgeschwindigkeit und alle anderen Daten an der jeweiligen Position werden aus den oben beschriebenen Eingabedaten interpoliert.

Die Eingangsdaten für das Modell wurden bereits in den vorangegangenen Abschnitten beschrieben. Bei den Simulationen für das Jahr 2010 wurden die Daten der Verkehrsstatistik übernommen, d.h. die Abfahrtszeiten der Schiffe stammen abgesehen von denen der Kleinfahrzeuge aus dieser Statistik. Für die Kleinfahrzeuge lagen ausschließlich Informationen darüber vor, in welchen Monaten und an welchen Wochentagen ein bestimmter Anteil der Kleinfahrzeuge unterwegs ist (s. 6.3.3).

Da das Basisjahr für die Tideangaben der BAW das Jahr 2010 war, war es naheliegend, die Abfahrten im Prognosejahr genauso zu verteilen, wie sie 2010 verteilt waren. Durch diese Vorgehensweise wird sichergestellt, dass die Anteile der Fahrzeuge, die in der Prognose mit der Tide fahren, denen aus dem Jahr 2010 entsprechen. Etwaige feste Liefertermine u.Ä. werden so auch in der Prognose berücksichtigt. Für die Güterschifffahrt wurden dementsprechend die Fahrten aus dem Jahr 2010 übernommen, aber die Anzahl der Fahrten ist im Prognosejahr höher. Die fehlenden Fahrten wurden so ergänzt, dass die zeitliche Verteilung - bezogen auf die Monate und Wochentage – insgesamt der entspricht, welche 2010 vorlag. Die Abfahrtszeiten an den Tagen wurden dabei wieder entsprechend aus 2010 übernommen (s. auch Abschnitt 3.2).

³⁵ Die Schiffsabmessungen (1) lagen aus der Verkehrsstatistik vor. Die Schiffsgeschwindigkeiten (5) wurden aus der Verkehrsstatistik abgeleitet. Der Wasserstand (3) und die Strömungsgeschwindigkeit (4) wurden von der BAW bereitgestellt, ebenso der Salzgehalt als Basis für die Dichteänderung (8). Die übrigen Parameter (2, 6, 7, 9, 10,11) wurden vom Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Emden bereitgestellt bzw. es wurden in Absprache mit dem Amt Standardwerte unterstellt, welche bei vorherigen Simulationen des Tidemodells für die Ems bereits genutzt wurden.

Für die Kleinfahrzeuge und die Fahrgastschiffe ergibt sich eine identische zeitliche Verteilung im Prognosejahr wie für das Jahr 2010. Die Baggerfahrten und die Fahrten der behördlichen Schiffe wurden gemäß den Angaben des WSA zeitlich verteilt. Wie in Abschnitt 5.5 bereits erwähnt ist die Zahl der Baggerfahrten von den jeweiligen Szenarien abhängig.

Es sei an dieser Stelle erneut darauf hingewiesen, dass durch die beschriebene Vorgehensweise bezüglich der Abfahrtszeiten in den Szenarien im Prognosejahr von Ausweichreaktionen auf die Sperrzeiten abgesehen wurde. Lediglich eine Geschwindigkeitserhöhung der einlaufenden Seeschiffe wurde im Rahmen einer Sensitivitätsrechnung unterstellt (s. Abschnitt 11). Es lagen abgesehen von wenigen Ausnahmen keine Informationen zur Reaktion der Reeder auf die Sperrzeiten. Es ist davon auszugehen, dass die meisten Fahrten in bestimmten Zeiträumen abgewickelt werden müssen. Eine Verschiebung um Tage oder Wochen dürfte somit nicht möglich zu sein, allenfalls kleinere Verschiebungen erscheinen plausibel. Aus diesem Grund wurden die Abfahrtszeiten im Rahmen der Simulationen variiert. Die Simulationsergebnisse dieser Variationen wurden gemittelt. Dies geschah u.a. auch um den Einfluss der Unsicherheiten bei den Abfahrtszeiten der Kleinfahrzeuge zu verringern.³⁶

Die Variationen erfolgten per Zufall. Bei den Seeschiffen wurde durch Zufallsauswahl die vorherige Tide bzw. die nächste Tide gewählt. Bei den Binnengüterschiffen, den Fahrgastschiffen, den Baggerschiffen und den behördlichen Schiffen wurden die Abfahrtszeiten in einem Zeitraum von -15 Minuten bis +15 Minuten um den Originalabfahrtszeitpunkt zufällig variiert. Bei den einlaufenden Kleinfahrzeugen wurde die Ankunftszeit maximal 30 Minuten vorverlegt und bei den auslaufenden Kleinfahrzeugen wurde die Abfahrtszeit um maximal 30 Minuten verzögert. Durch diese Variationen bleibt die grobe zeitliche Struktur (Monate und Wochentage) unverändert.

Die Simulationen wurden sowohl für den Zustand ohne bewegliche Sohlschwelle als auch für alle Szenarien mit und ohne Schleuse gerechnet. Außerdem wurden sämtliche Berechnungen für das Prognosejahr 2030 und für das Basisjahr 2010 gerechnet.

8.2 Simulation für das Jahr 2010

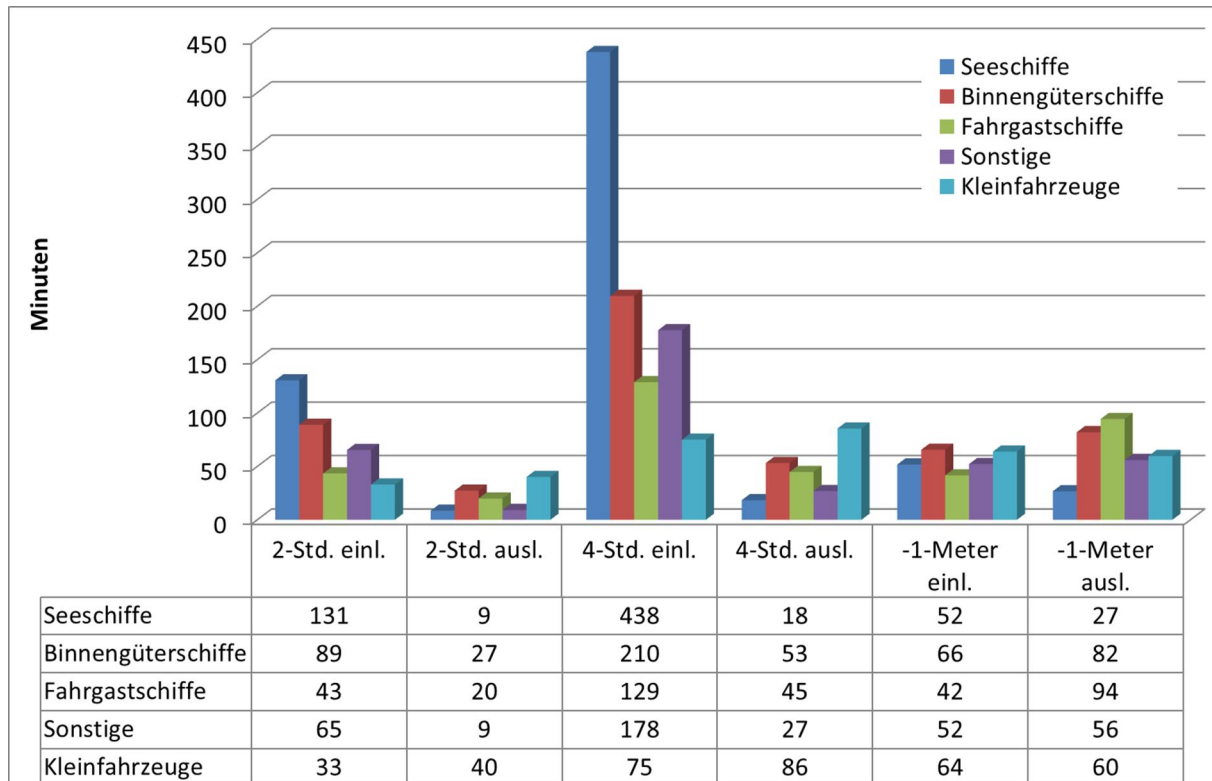
Die Simulation für das Jahr 2010 beschreibt einen hypothetischen „Was-wäre-gewesen-wenn“-Fall. Es wurde simuliert, welche Auswirkungen eine bewegliche Sohlschwelle in den beiden Szenarien auf den Schiffsverkehr durch das Emssperrwerk gehabt hätte. Wichtigste Ergebnisse der Simulationsrechnung sind die Wartezeiten, welche durch die bewegliche Sohlschwelle und deren Schließung entstanden wären sowie die Anzahl der betroffenen Schiffe.

³⁶ Durch das gewählte Vorgehen wird sichergestellt, dass die negativen Auswirkungen einer flexiblen Sohlschwelle auf die Schifffahrt nicht unterschätzt werden. Weitergehende Annahmen über Ausweichreaktionen würden sich gegebenenfalls auch der Kritik einer willkürlichen Festlegung oder im schlimmsten Fall einer zielorientierten Festlegung ausgesetzt sehen.

8.2.1 Wartezeiten für das Jahr 2010

Die durch die bewegliche Sohlschwelle bedingten durchschnittlichen Wartezeiten in der Variante ohne Schleuse zeigt Abbildung 8-1.

Abbildung 8-1: Mittlere Wartezeiten in Minuten 2010 – Variante ohne Schleuse



Die Wartezeit bei den Seeschiffen ist auch von der Tideströmung abhängig. Es gibt Fälle, in denen die Seeschiffe zwar durch das Sperrwerk fahren können bevor es geschlossen wird, dann aber tidebedingt nicht mehr weiterfahren können.³⁷ Weiter wird deutlich, dass im 2-Stunden-Szenario selbst bei den Seeschiffen die durchschnittliche Wartezeit niedriger ist als die Sperrzeiten. Im 2-Stunden-Szenario beträgt die Sperrzeit 3 Stunden und 50 Minuten. Die durchschnittliche Wartezeit der Seeschiffe beträgt aber nur 2 Stunden und 11 Minuten. Dies liegt daran, dass einige Seeschiffe zu den Öffnungszeiten des Sperrwerks eintreffen und ohne weitere Verzögerung zum Ziel durchfahren können, d.h. eine Wartezeit von 0 Minuten haben. Somit ergibt sich, dass die durchschnittliche Wartezeit niedriger als die Sperrzeit ist. Die mittlere Wartezeit der Seeschiffe im 4-Stunden-Szenario ist höher als die Sperrzeit. Sie beträgt rund 7 Stunden und 20 Minuten. Dies liegt daran, dass einige Seeschiffe eine hohe Auslastung fahren und dass 42% nicht optimal mit der Tide einlaufen. Insbesondere die hohe Auslastung wird dann zum Problem, wenn sie nur bei optimaler Tide, d.h. hinreichendem Tiefgang bis Papenburg, ihr Ziel erreichen können. Einige der Seeschiffe müssen hinter dem

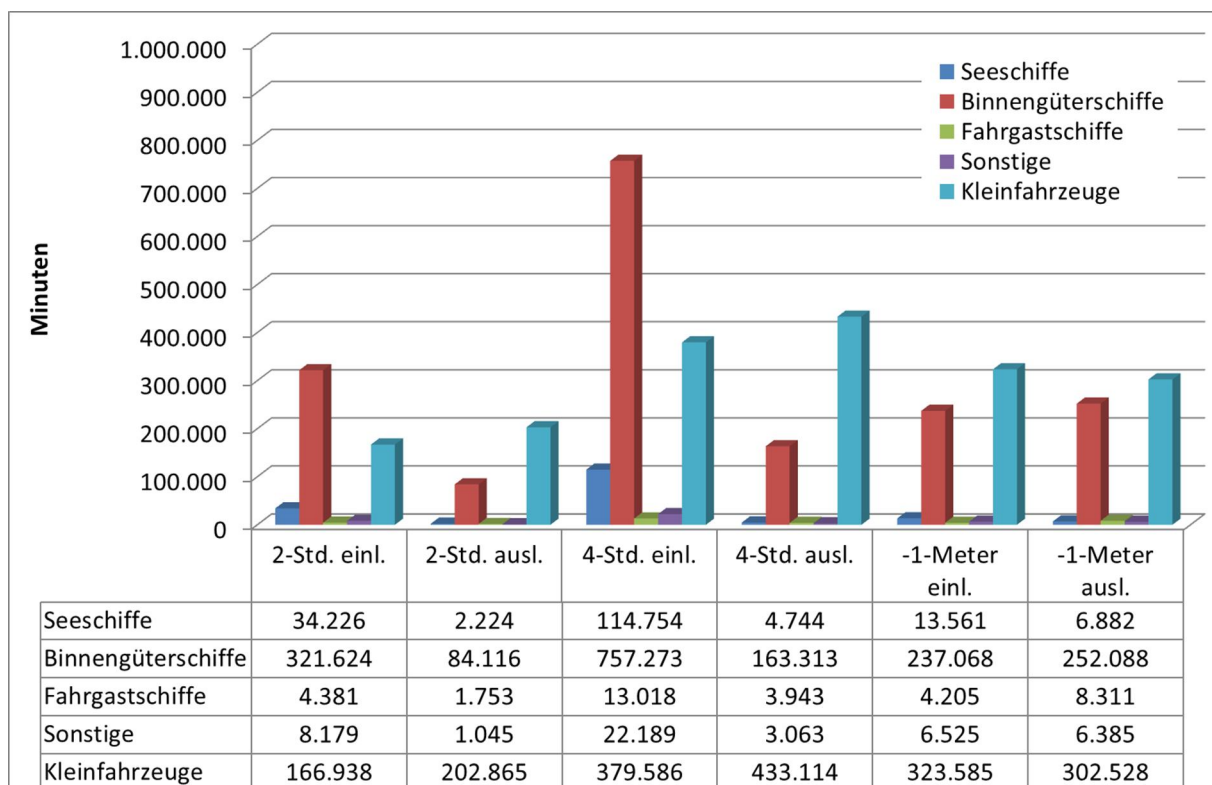
³⁷ Dies impliziert, dass es auf beiden Seiten, aber insbesondere auf der Binnenseite des Sperrwerks die Situation gibt, dass ein Seeschiff wartet bis die Tide eine Weiterfahrt zum Ziel erlaubt.

Sperrwerk auf eine solche Tide warten. Ein solches Beispiel ist bei den Ergebnissen der Simulation für das Prognosejahr dargestellt (s. Abschnitt 8.3.1).

Die auslaufenden Seeschiffe führen 2010 so, dass sie bei einer beweglichen Sohlschwelle mit Sperrzeiten überwiegend zu den Öffnungszeiten am Sperrwerk angekommen wären. Bei den übrigen Schiffstypen ist dies abgesehen von den Sonstigen Fahrzeugen nicht der Fall.

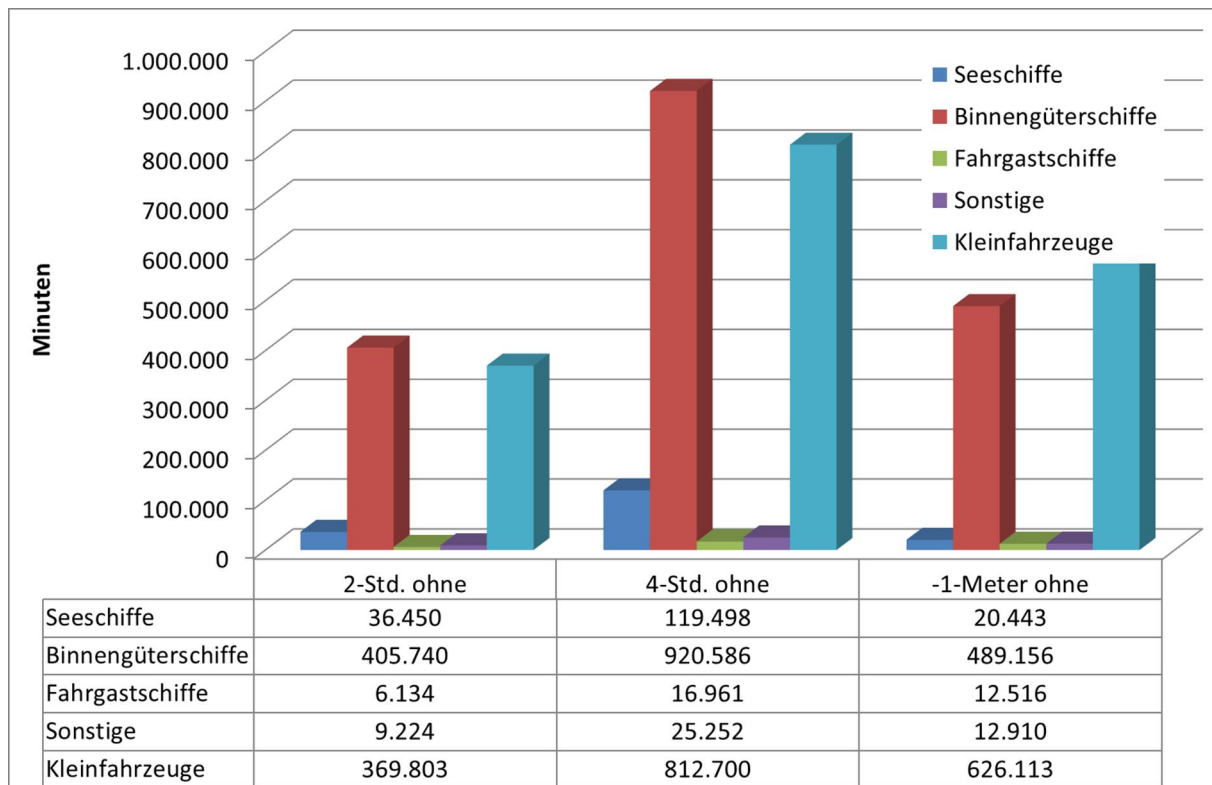
Das -1-Meter-Szenario hätte 2010 den einlaufenden Schiffsverkehr am wenigsten gestört. Die durchschnittlichen Wartezeiten wären am niedrigsten gewesen. Bei den auslaufenden Schiffen ist dies anders. Dort liegen die Wartezeiten sogar höher als im 4-Stunden-Szenario. Die Wirkung je Richtung wird insbesondere bei der Betrachtung der Summen an Wartezeiten je Schiffskategorie deutlich (s. Abbildung 8-2).

Abbildung 8-2: Summe der Wartezeiten in Minuten 2010 nach Fahrrichtungen – Variante ohne Schleuse



Lässt man die Kleinfahrzeuge bei der Betrachtung außen vor, so ist das -1-Meter-Szenario bei den einlaufenden Fahrzeugen das Szenario mit den niedrigsten mittleren Wartezeiten und der niedrigsten Summe der Wartezeiten. Betrachtet man die Wartezeitssummen insgesamt, so ergibt sich ein anderes Bild (s. Abbildung 8-3).

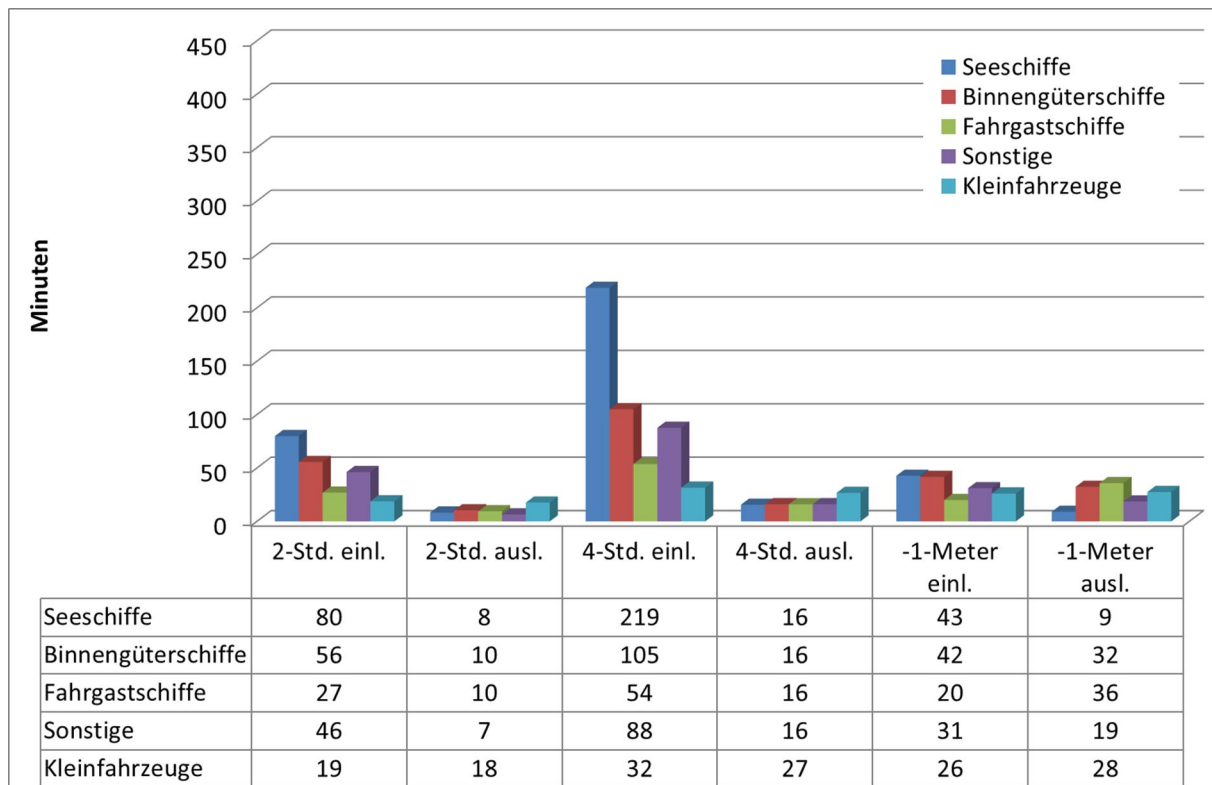
Abbildung 8-3: Summe der Wartezeiten in Minuten 2010 insgesamt – Variante ohne Schleuse



Lediglich bei den Seeschiffen ist die Summe der Wartezeiten im -1-Meter-Szenario niedriger als im 2-Stunden-Szenario. Bei allen anderen Schiffskategorien ist die Summe der Wartezeiten im 2-Stunden-Szenario am niedrigsten.

Wie bereits erwähnt, wurden in allen Szenarien Varianten mit und ohne Schleuse simuliert. Wie groß der Einfluss einer Schleuse auf die durchschnittliche Wartezeit ist, macht Abbildung 8-4 im Vergleich mit Abbildung 8-1 deutlich.

Abbildung 8-4: Mittlere Wartezeiten in Minuten 2010 nach Fahrtrichtungen – Variante mit Schleuse



Es wird deutlich, dass eine Schleuse die Wartezeiten erheblich reduziert. In welchem Umfang dies der Fall ist, zeigt Tabelle 8-3.

Tabelle 8-3: Reduktion der mittleren Wartezeiten durch eine Schleuse in Minuten 2010

Schiffskategorie	2-Std.-Szenario		4-Std.-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
Seeschiffe	51	0	219	3	9	18
Binnengüterschiffe	33	17	105	37	24	50
Fahrgastschiffe	17	10	75	29	22	59
Sonstige	19	3	90	11	21	37
Kleinfahrzeuge	14	23	43	59	38	32

Insbesondere im 4-Stunden-Szenario reduziert eine Schleuse die Wartezeiten der Güterschiffahrt erheblich im Vergleich zur Variante ohne Schleuse. Einlaufende Seeschiffe haben durchschnittlich eine um 3 Stunden und 39 Minuten kürzere Wartezeit, wenn im 4-Stunden-Szenario eine Schleuse eingebaut wird. Der Vorteil der zu Berg fahrenden Binnengüterschiffe beträgt durchschnittlich 1 Stunde und 45 Minuten.

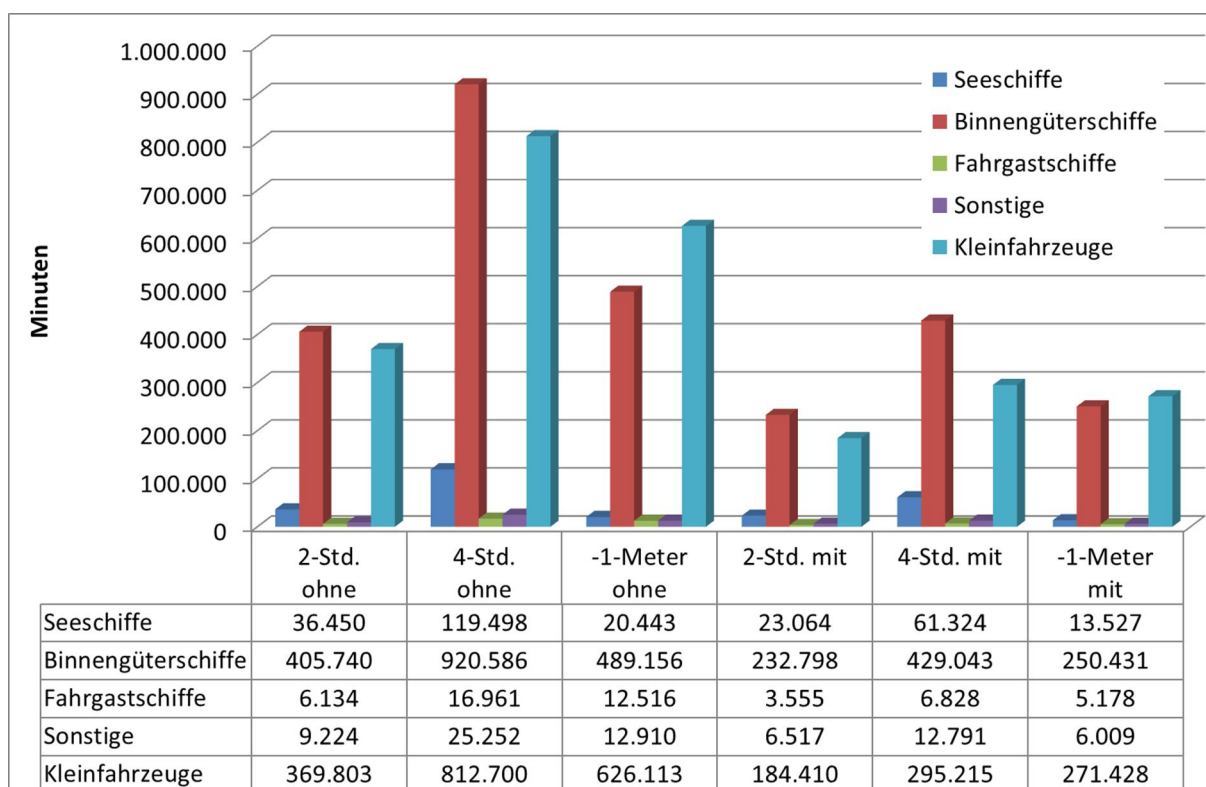
Tabelle 8-4 zeigt, dass eine Schleuse im 2-Stunden-Szenario die Wartezeiten der einlaufenden Schiffe um durchschnittlich rund 37% verkürzt und auslaufend um gut 40%. Im 4-Stunden-Szenario sind es einlaufend und auslaufend rund 55%. Im -1-Meter-Szenario sind es einlaufend rund 40% und auslaufend rund 60%.

Tabelle 8-4: Relative Reduktion der Wartezeiten durch eine Schleuse 2010

Schiffskategorie	2-Std.-Szenario		4-Std.-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
Seeschiffe	39%	3%	50%	15%	18%	66%
Binnengüterschiffe	38%	62%	50%	70%	36%	60%
Fahrgastschiffe	38%	52%	58%	64%	52%	62%
Sonstige	29%	29%	51%	40%	40%	67%
Kleinfahrzeuge	43%	56%	58%	69%	59%	54%

Die unterschiedlichen Wartezeiten der Varianten mit Schleuse im Vergleich zu den Varianten ohne Schleusen werden in der Darstellung der Summen der Wartezeiten besonders deutlich (s. Abbildung 8-5).

Abbildung 8-5: Summe der Wartezeiten in Minuten 2010 insgesamt – Variante mit und ohne Schleuse



Auch wenn die durchschnittlichen Wartezeiten bei den einlaufenden Seeschiffen in den Szenarien am höchsten gewesen sind, so ist in den Szenarien die Summe der Wartezeiten pro Jahr bei den Binnengüterschiffen erheblich höher. Dies liegt an der deutlich höheren Zahl an Binnenschiffen, die 2010 das Sperrwerk passierten. Im 4-Stunden-Szenario ohne Schleuse warten einlaufende Seeschiffe insgesamt gut 1.990 Stunden und Binnengüterschiffe gut 15.340 Stunden. Im selben Szenario mit Schleuse sind es bei den Seeschiffen rund 1020 Stunden und bei den Binnengüterschiffen rund 7.150 Stunden. Eine Schleuse reduziert somit im 4-Stunden-Szenario für 2010 die Gesamtwartezeit der Seeschiffe um rund 970 Stunden und die der Binnengüterschiffe um rund 8.190 Stunden.

Die nachfolgende Tabelle gibt die mittleren Wartezeiten für die Seeschiffsrelationen in den Szenarien wieder.

Tabelle 8-5: Mittleren Wartezeiten der Seeschiffe in den Szenarien nach Relationen in Minuten 2010

Seehafen	2-Std.-Szenario		4-Std.-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
ohne Schleuse						
Papenburg	157	10	477	17	61	28
Leer	33	6	289	24	20	23
mit Schleuse						
Papenburg	96	9	256	16	51	10
Leer	26	5	143	18	18	5

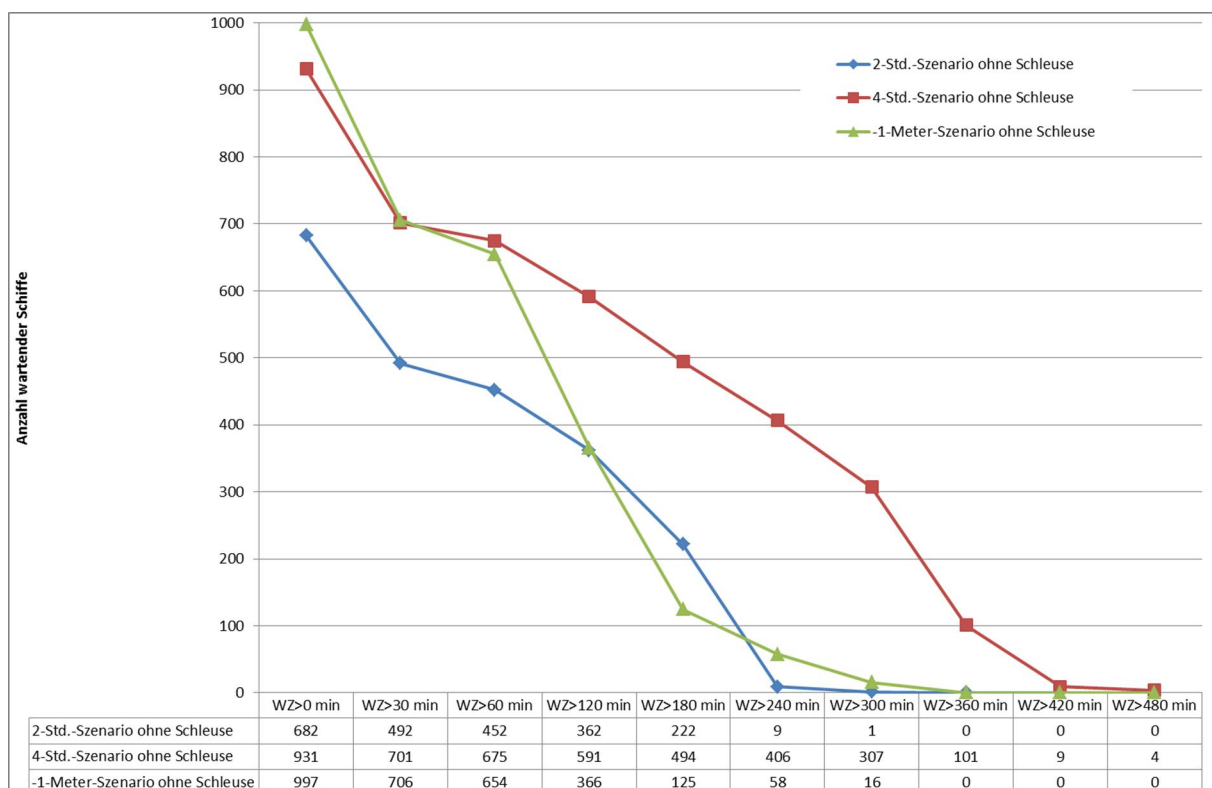
Tabelle 8-6 stellt die mittleren Wartezeiten für die Binnengüterschiffsrelationen in den Szenarien.

Tabelle 8-6: Mittleren Wartezeiten der Binnengüterschiffe in den Szenarien nach Relationen in Minuten 2010

Relation	2-Stunden-Szenario	4-Stunden-Szenario	-1-Meter-Szenario
ohne Schleuse			
Emden - Herbrum	72	173	74
Emden - Leer	26	61	63
Emden - Papenburg	64	146	52
Niederlande - Herbrum	105	239	65
Niederlande - Leer	52	155	26
Niederlande Papenburg	99	225	48
Herbrum - Emden	52	93	91
Herbrum - Niederlande	28	50	94
Leer - Niederlande	11	39	47
Papenburg - Niederlande	21	42	74
mit Schleuse			
Emden - Herbrum	49	93	45
Emden - Leer	19	40	33
Emden - Papenburg	41	66	31
Niederlande - Herbrum	72	125	47
Niederlande - Leer	37	83	17
Niederlande Papenburg	68	127	36
Herbrum - Emden	19	24	43
Herbrum - Niederlande	13	18	42
Leer - Niederlande	7	18	18
Papenburg - Niederlande	10	16	31

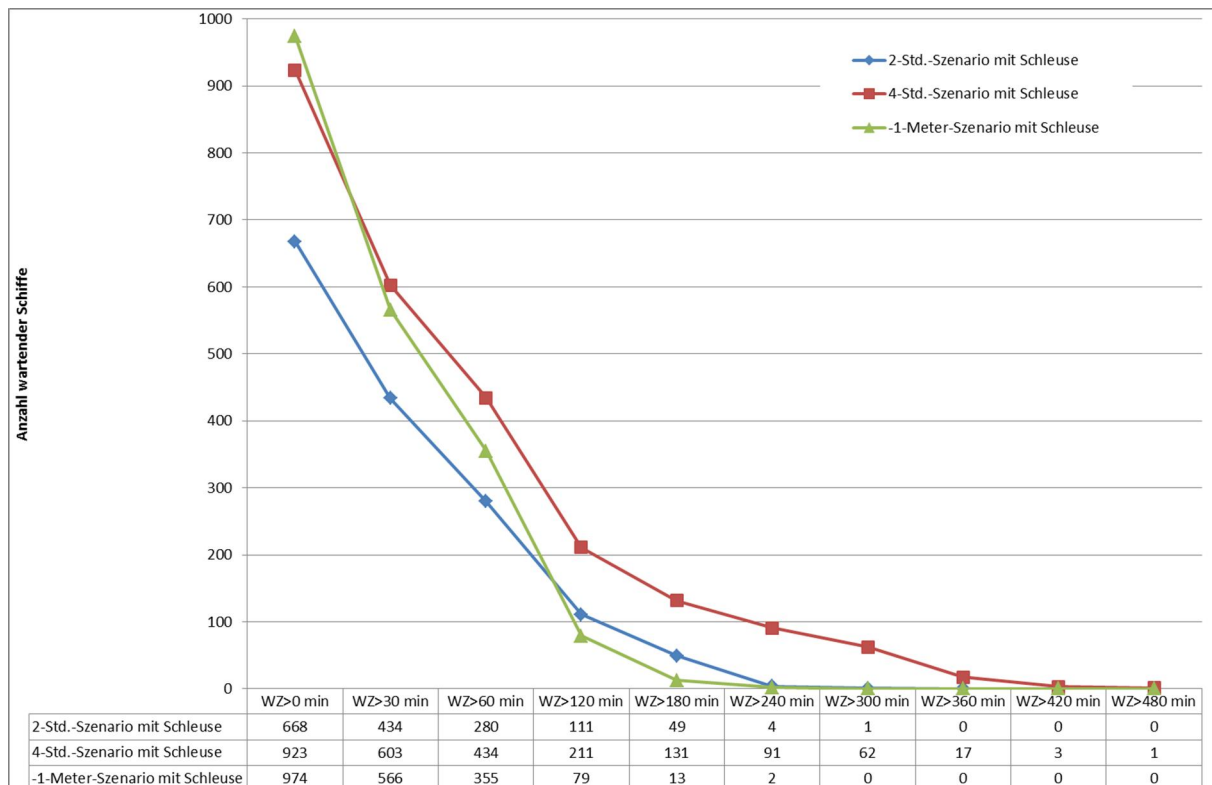
Neben den durchschnittlichen Wartezeiten je Schiffskategorie ist die Zahl der Schiffe, die je Szenario und Variante warten müssen, von Bedeutung. Hierzu wurden die Wartezeiten in Form von Mindestwartezeiten grafisch aufbereitet. Abbildung 8-6 zeigt wie viele Schiffe insgesamt in den Szenarien ohne Schleusen gestaffelt nach Mindestwartezeiten warten mussten. Länger als eine Stunde, d.h. $WZ > 60$ Min., müssten im 2-Stunden-Szenario insgesamt 452 Schiffe warten. Im 4-Stundenszenario wären es 675 Schiffe und im -1-Meter-Szenario 654 Schiffe. Es wird aber auch deutlich, dass das -1-Meter-Szenario zwar die höchste Anzahl wartender Schiffe aufweist, aber dies nur bis zu einer Wartezeit von 30 Minuten gilt. Im 4-Stunden-Szenario warten mehr Schiffe länger als eine Stunde ($WZ > 60$ Min.) als im -1-Meter-Szenario. Im 2-Stunden-Szenario warten mehr Schiffe länger als 2 Stunden ($WZ > 120$ Min.) als im -1-Meter-Szenario. Von einer Wartezeit länger als 4 Stunden sind dann allerdings wieder mehr Schiffe im -1-Meter-Szenario betroffen als im 2-Stunden-Szenario.

Abbildung 8-6: Anzahl der wartenden Schiffe 2010 in den Szenarien ohne Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten



Die Anzahl der wartenden Schiffe nach Wartezeitklassen in denselben Varianten mit Schleusen liegt erwartungsgemäß deutlich niedriger (s. Abbildung 8-7). Mit Schleuse müssen im 2-Stunden-Szenario nur 280 Schiffe, im 4-Stunden-Szenario nur 434 Schiffe und im -1-Meter-Szenario 355 Schiffe länger als eine Stunde warten.

Abbildung 8-7: Anzahl der wartenden Schiffe 2010 in den Szenarien mit Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten



Wie stark die Wirkung einer Schleuse auf die Mindestwartezeit der Schiffe ist, machen die Abbildung 8-8, Abbildung 8-9 und Abbildung 8-10 deutlich. So müssen im 2-Stunden-Szenario mit Schleuse 172 Schiffe weniger länger als eine Stunde (WZ>60 Min.) warten als in der Variante ohne Schleuse (s. Abbildung 8-8). Abbildung 8-9 zeigt denselben Zusammenhang für das 4-Stunden-Szenario. Dabei ist die Verbesserung durch die Schleuse gemessen an der Zahl der Schiffe mit einer Wartezeit von mehr als einer Stunde (WZ>60 Min.) absolut größer, nämlich ein Rückgang um 241 Schiffe. Abbildung 8-10 ist dieselbe Darstellung für das -1-Meter-Szenario. Die Verbesserung durch die Schleuse im -1-Meter-Szenario ist ein Rückgang der Anzahl der wartenden Schiffe mit einer Wartezeit von mehr als eine Stunde um 299 Schiffe. Relativ gesehen betragen die Verbesserungen bei der Wartezeit von mehr als einer Stunde 38% im 2-Stunden-Szenario, 36% im 4-Stunden-Szenario und 46% im -1-Meter-Szenario.

Die stärkste Wirkung einer Schleuse ist in den Flutstromszenarien bei der Wartezeit über 2 Stunden (WZ>120 Min.) zu verzeichnen. Im 2-Stunden-Szenario sind es 251 Schiffe weniger als in der Variante ohne Schleuse und im 4-Stunden-Szenario sind es 380 Schiffe weniger. Im -1-Meter-Szenario ist die stärkste Wirkung bei den Schiffen mit einer Wartezeit von mehr als einer Stunde zu verzeichnen. Dort sind es 299 Schiffe weniger.

Abbildung 8-8: Anzahl der wartenden Schiffe 2010 im 2-Stunden-Szenario mit und ohne Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten

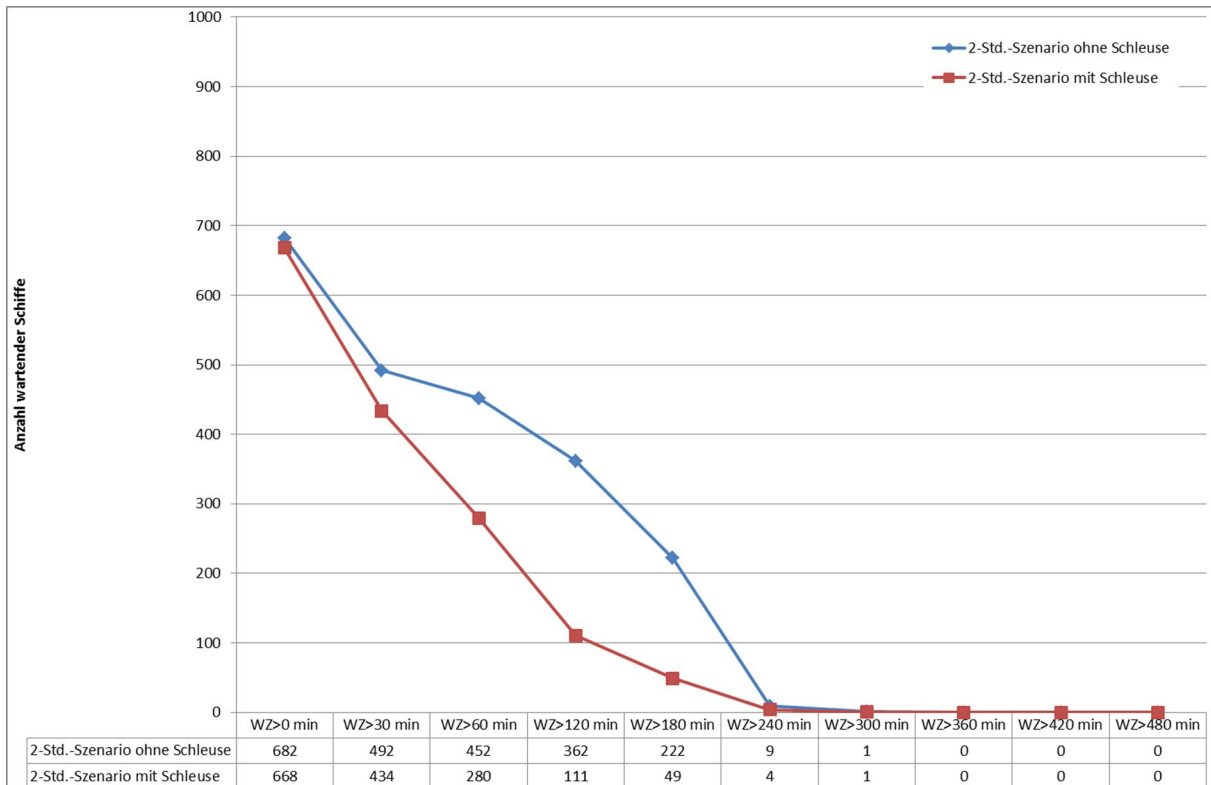


Abbildung 8-9: Anzahl der wartenden Schiffe 2010 im 4-Stunden-Szenario mit und ohne Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten

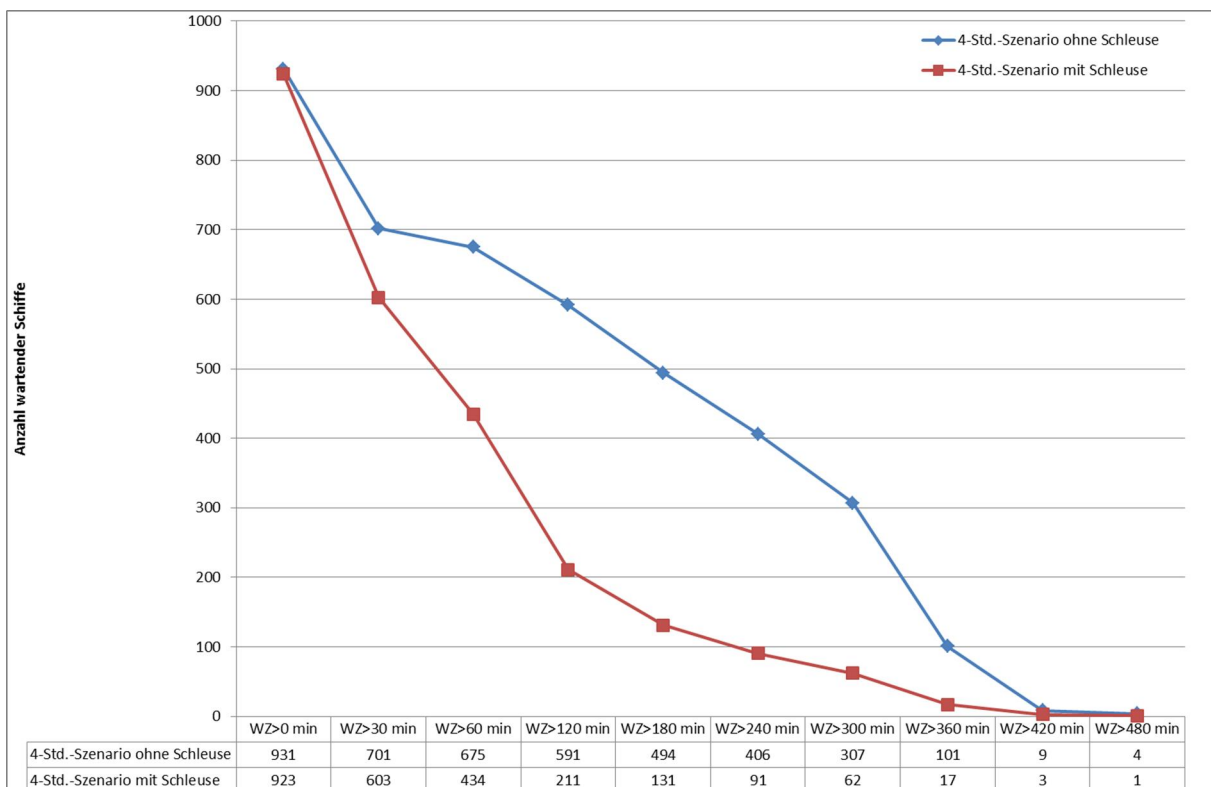
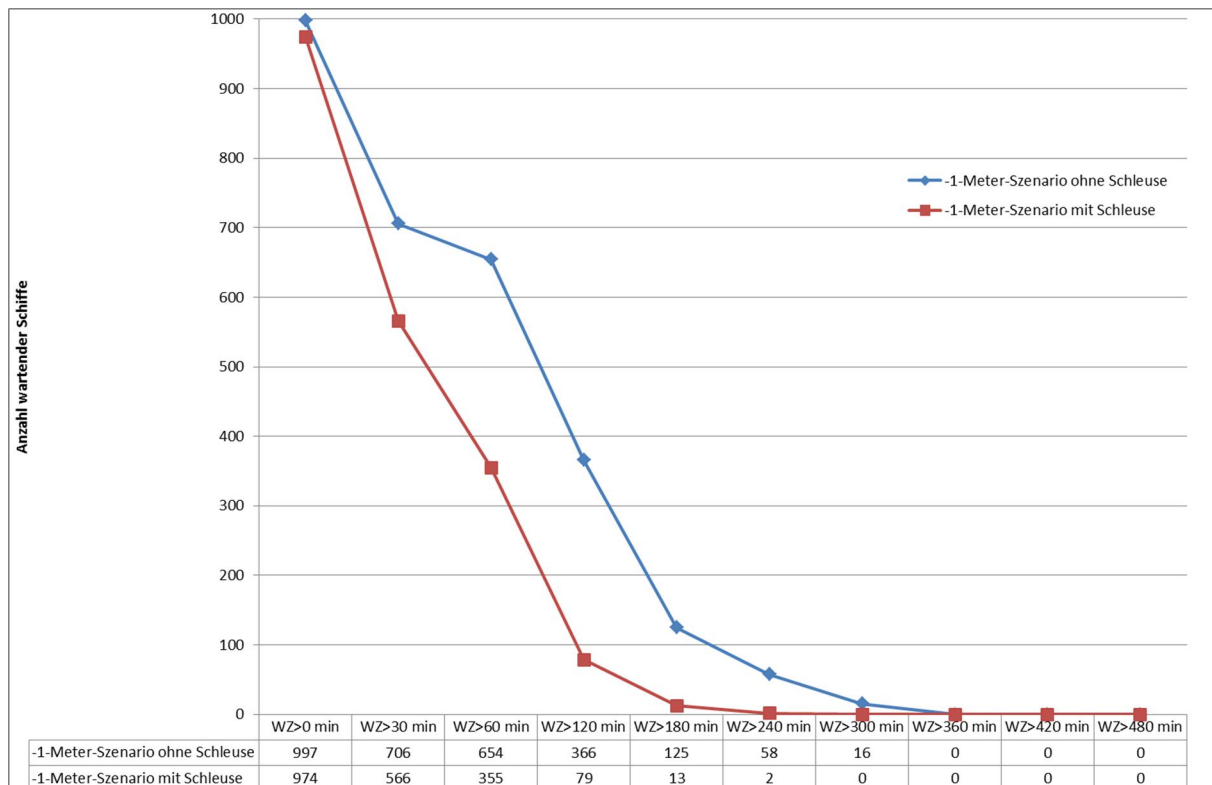


Abbildung 8-10: Anzahl der wartenden Schiffe 2010 im -1-Meter-Szenario mit und ohne Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten



8.2.2 Wartende Schiffe in der Simulation für das Jahr 2010

Neben den Wartezeiten der Schiffe ist von Interesse, wie viele Schiffe warten müssen und wie viele dies gleichzeitig tun.³⁸ Letztlich geht es dabei auch um die Frage, wie viele Liegeplätze in den jeweiligen Szenarien und Varianten am Sperrwerk bereitgestellt werden sollten. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass es sich bei den Simulationen mit der flexiblen Sohlschwelle in gewissem Sinne um „Worst-case-Betrachtungen“ handelt. Zur Erinnerung: Es werden keinerlei Reaktionen der Reedereien auf die flexible Sohlschwelle unterstellt (s. Abschnitt 3). Weiter muss eine Unterscheidung nach Schiffskategorien vorgenommen werden. Liegeplätze für Seeschiffe müssen nicht nur eine entsprechende Länge haben, sondern auch einen entsprechenden Tiefgang garantieren. Bei den übrigen Schiffskategorien müssen zumindest die Kleinfahrzeuge gesondert betrachtet werden, weil sie den geringsten Platzbedarf haben, aber ihre Anzahl am größten ist. Außerdem gilt es zu beachten, dass es Alternativen zu Liegeplätzen am Sperrwerk gibt.

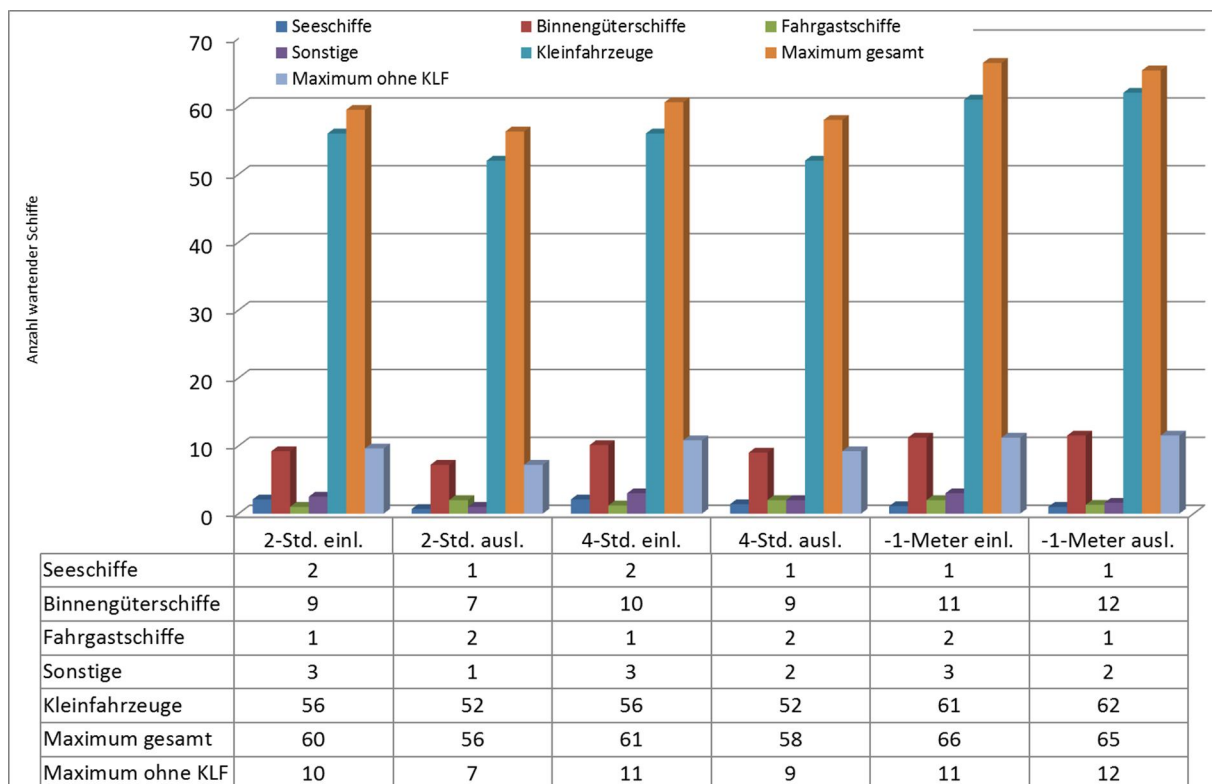
Die Unterscheidung nach Schiffskategorien ist noch aus einem zweiten Grund von Bedeutung. Die maximale Anzahl der wartenden Schiffe bei den Seeschiffen ist aufgrund der „Worst-case-Betrachtung“ und der nicht unterstellten Tiefgangsbeschränkung in den Szenarien

³⁸ Als wartende Schiffe werden alle Schiffe bezeichnet, die gegenüber dem Ist-Zustand in den Szenarien eine längere Reisezeit aufweisen. Diese längere Reisezeit kann in einigen Fällen auch durch langsamere Fahrt entstehen, wobei dann keine echte Wartezeit am Sperrwerk auftritt.

rien mit der Anzahl notwendiger Liegeplätze gleichzusetzen. Die Seeschiffe müssen das Sperrwerk passieren und anschließend warten können, um hinter dem Sperrwerk auf eine ausreichende Tidewelle für die Weiterfahrt warten zu können (s. Abbildung 8-15). Besteht diese Möglichkeit nicht, so besteht die Gefahr, dass die Seeschiffe ihr Ziel gar nicht erreichen können. Bei den übrigen Schiffskategorien müssen die Warteplätze generell nicht zwingend am Sperrwerk sein. In einigen Fällen kann sogar eine langsamere Fahrt oder eine spätere Abfahrt auf dem Weg zum Sperrwerk ausreichen, um pünktlich zur Öffnung anzukommen. Dies wäre allerdings eine Abweichung zur „Worst-case-Betrachtung“. Somit sind die nachfolgend genannten Anzahlen maximal wartender Schiffe allenfalls bei den Seeschiffen mit Liegeplätzen gleichzusetzen. Bei den übrigen Schiffskategorien ist dies nicht der Fall. Es ist aber davon auszugehen, dass auch für die übrigen Schiffskategorien Liegeplätze einzurichten sind, insbesondere wenn man an die Varianten mit Schleuse denkt.

Abbildung 8-11 gibt die maximal Anzahl wartender Schiffe je Schiffskategorie für das 2-Stunden-, das 4-Stunden- und das -1-Meter-Szenario jeweils ohne Schleuse an. Weiter wird die maximal wartende Anzahl von Schiffen insgesamt und insgesamt ohne Kleinfahrzeuge angegeben. Die Maxima je Schiffskategorie treten in der Regel allerdings nicht gleichzeitig auf. Dadurch wird auch ersichtlich, warum das Maximum insgesamt nicht der Summe der Maxima je Schiffskategorie entspricht sondern kleiner ist. Es wird deutlich, dass die relativ hohe Anzahl insgesamt wartender Schiffe von den Kleinfahrzeugen dominiert wird. Lässt man die Kleinfahrzeuge außer Acht, so dominieren die Binnengüterschiffe.

Abbildung 8-11: Anzahl der maximal gleichzeitig wartenden Schiffe 2010 in den Szenarien ohne Schleuse



Mit Schleuse kommt es zu einer leicht niedrigeren Zahl an wartenden Schiffen in den Szenarien (s. Abbildung 8-12).

Abbildung 8-12: Anzahl der maximal gleichzeitig wartenden Schiffe 2010 in den Szenarien mit Schleuse

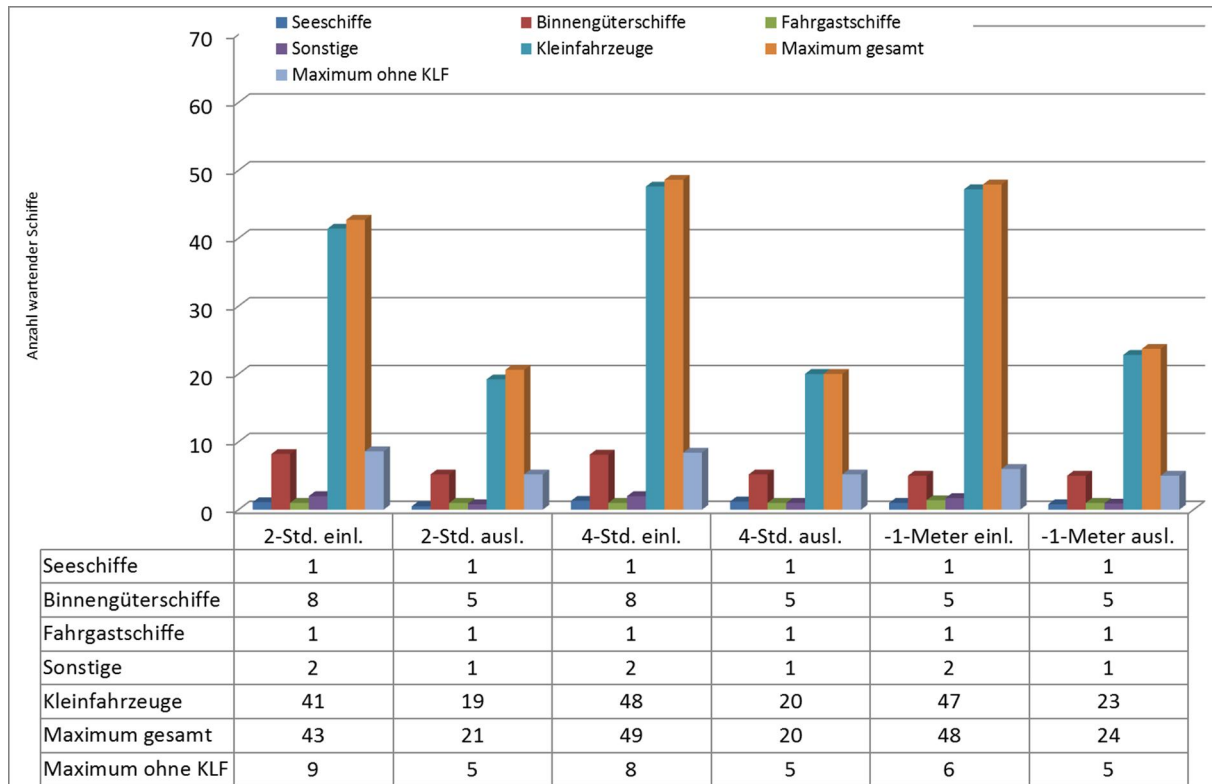


Tabelle 8-7 verdeutlicht den Einfluss der Schleuse auf die Zahl der wartenden Schiffe.

Tabelle 8-7: Differenz der Anzahl wartender Schiffe zwischen den Varianten mit und ohne Schleuse

Schiffskategorie	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend.	auslaufend	einlaufend.	auslaufend	einlaufend.	Auslaufend
Seeschiffe	1	0	1	0	0	0
Binnengüterschiffe	1	2	2	4	6	7
Fahrgastschiffe	0	1	0	1	1	0
Sonstige	1	0	1	1	1	1
Kleinfahrzeuge	15	33	8	32	14	39
Maximum gesamt	17	36	12	38	19	42
Maximum ohne KLF	1	2	2	4	5	7

Der Einfluss der Schleuse auf die maximale Zahl der wartenden Fahrzeuge ist geringer als auf die mittleren Wartezeiten. Einzige Ausnahme sind die Kleinfahrzeuge. Der Schleuseneff-

feht bei der Anzahl wartender Schiffe ist bei allen anderen Schiffskategorien geringer, denn die Schiffe treffen immer noch zum selben Zeitpunkt am Sperrwerk ein wie in der Variante ohne Schleuse. Es verkürzt sich in erster Linie ihre Wartezeit. Bei den Kleinfahrzeugen ist der Effekt größer, da von ihnen mehrere gleichzeitig geschleust werden können. Dies ist bei den übrigen Schiffskategorien nur eingeschränkt möglich.

8.2.3 Schleusendaten für das Jahr 2010

Die Schleusenparameter im Simulationsmodell wurden zu Beginn dieses Kapitels beschrieben. Nachfolgend werden die Daten geschildert, die sich durch die Simulation ergeben. Auch bei dieser Betrachtung gilt, dass der Unterschied durch die Geschwindigkeitsprofile vernachlässigbar ist.

Tabelle 8-8: Simulationsergebnisse für die Schleuse 2010

	Anzahl geschleuster Schiffe	Mittlere Schleusenzeit plus Wartezeit [Min.]	Anzahl voller Schleusenläufe	Mittlere Schleusenlaufdauer (voll) [Min.]	Schleusenbelegziffer
2-Stunden-Szenario	4.267	84	1.287	54	3,310
4-Stunden-Szenario	6.409	97	1.799	55	3,560
1-Meter-Szenario	5.343	89	1.591	53	3,360

In der Simulation für das Jahr 2010 wurden im 2-Stunden-Szenario 4.267 Schiffe geschleust. Diese brauchten durchschnittlich 84 Minuten mehr Zeit für ihre Reise als im Vergleichsfall (Ist-Zustand). Diese Mehrzeit setzt sich aus der Warte- und der Schleusenzeit zusammen. Es gab 1.287 mit Schiffen belegte Schleusungsvorgänge. Hieraus ergibt sich eine Schleusenbelegziffer von 3,31. Die durchschnittliche Dauer einer Schleusung beträgt 54 Minuten.

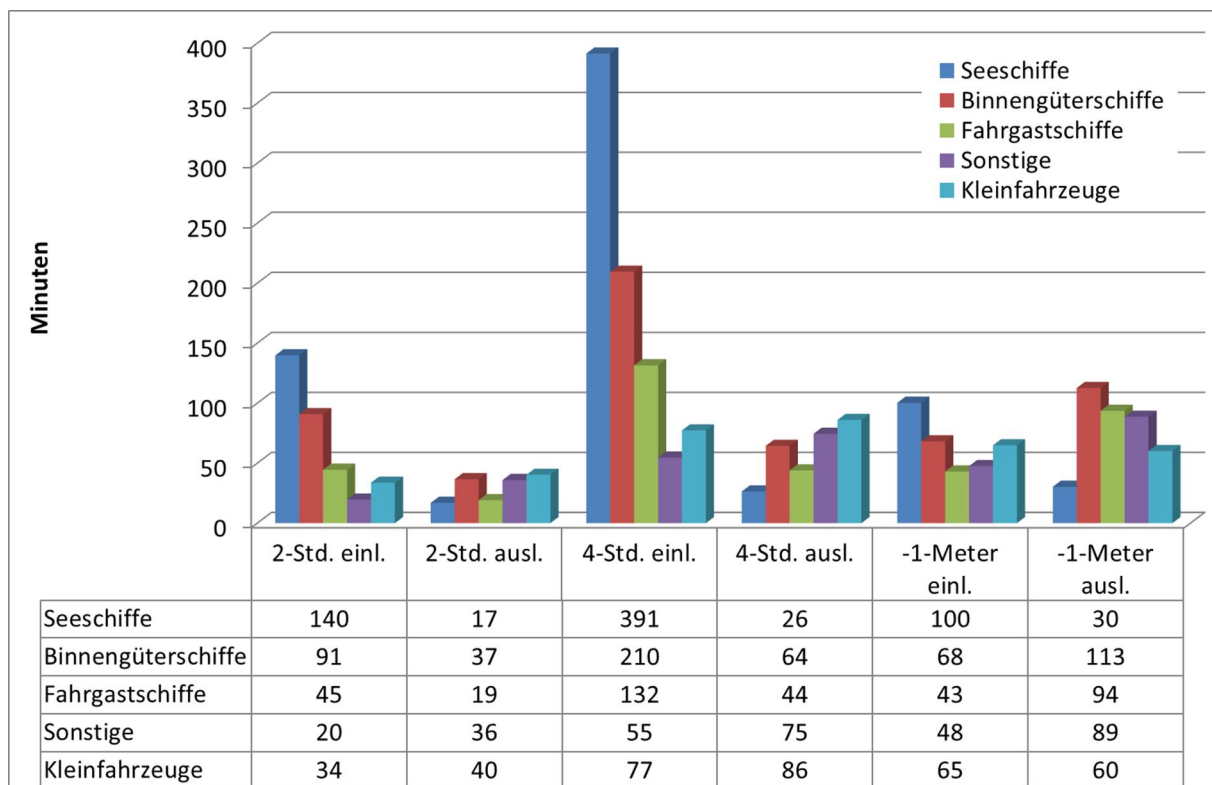
8.3 Simulation für das Jahr 2030

Die Simulation für das Prognosejahr 2030 ist analog zur Simulation des Basisjahres 2010 aufgebaut. Aus diesem Grund werden auch die Ergebnisse in analoger Form dargestellt.

8.3.1 Wartezeiten für das Jahr 2030

Die durch die bewegliche Sohlschwelle bedingten Wartezeiten in der Variante ohne Schleuse zeigt Abbildung 8-13.

Abbildung 8-13: Mittlere Wartezeiten in Minuten 2030 – Variante ohne Schleuse

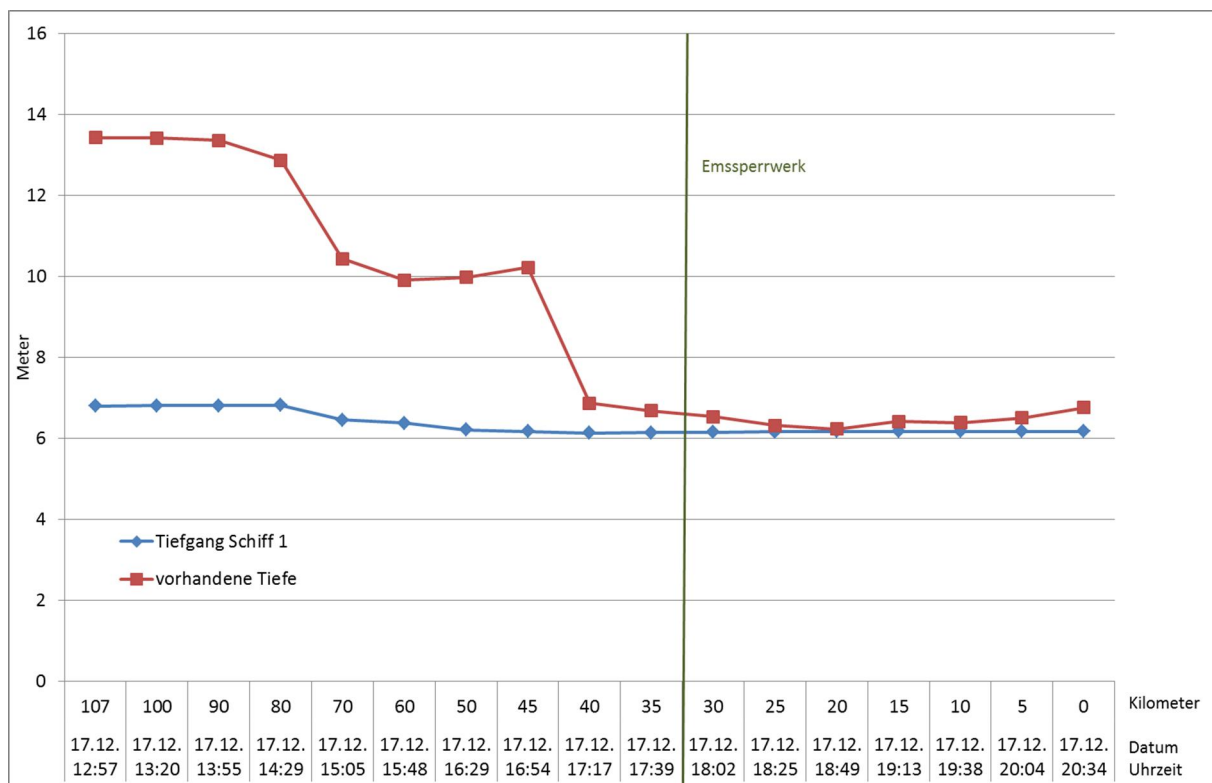


Wie bei der Simulation für das Jahr 2010 wird auch hier deutlich, dass die mittleren Wartezeiten im 2-Stunden und im -1-Meter-Szenario geringer ausfallen als die Sperrzeiten. So beträgt die mittlere Wartezeit bei den einlaufenden Seeschiffen im Jahr 2030 im 2-Stunden-Szenario 2 Stunden und 2 Minuten und die Sperrzeit beträgt 3 Stunden und 50 Minuten. Im 4-Stunden-Szenario besteht dasselbe Problem wie im Jahr 2010. Die mittlere Wartezeit der einlaufenden Seeschiffe ist länger als die Sperrzeiten. Die mittlere Wartezeit beträgt 6 Stunden und 31 Minuten, die Sperrzeit 5 Stunden und 50 Minuten.

Auch im Jahr 2030 müssen einige Seeschiffe auf eine ausreichende Tide für die Weiterfahrt warten, so dass sie deutlich länger warten müssen als die Sperrzeit ist. Wie bereits erwähnt, liegt dies daran, dass einige Seeschiffe mit einer hohen Auslastung fahren und dass 42% nicht optimal mit der Tide einlaufen. Insbesondere die hohe Auslastung wird dann zum Problem, wenn sie nur bei optimaler Tide, d.h. hinreichendem Tiefgang bis Papenburg, ihr Ziel erreichen können. Einige der Seeschiffe müssen hinter dem Sperrwerk auf eine ausreichende

Tide warten. Um die Problematik zu verdeutlichen, wurden die Fahrten von zwei Schiffen im Jahr 2030 mit den dazugehörigen Wasserständen grafisch aufbereitet. Abbildung 8-14 zeigt die Fahrt eines Seeschiffes (Schiff 1) am 17.12. von Kilometer 107 bis Kilometer 0 auf der Unter- und Außenems. Es sind der bei der gegebenen Abladetiefe notwendige Tiefgang sowie die Fahrrinntiefe über den Unter- und Außenemskilometern zu den jeweiligen Zeiten abgebildet. Trotz des hohen Tiefgangs kann das Schiff ohne Unterbrechung bis Papenburg durchfahren. Es ist aber zu sehen, dass bei Kilometer 20 die notwendige Fahrrinntiefe nur noch geringfügig größer ist als der Tiefgang des Schiffes. Es sind lediglich 6 Zentimeter mehr Fahrrinntiefe als notwendig vorhanden.

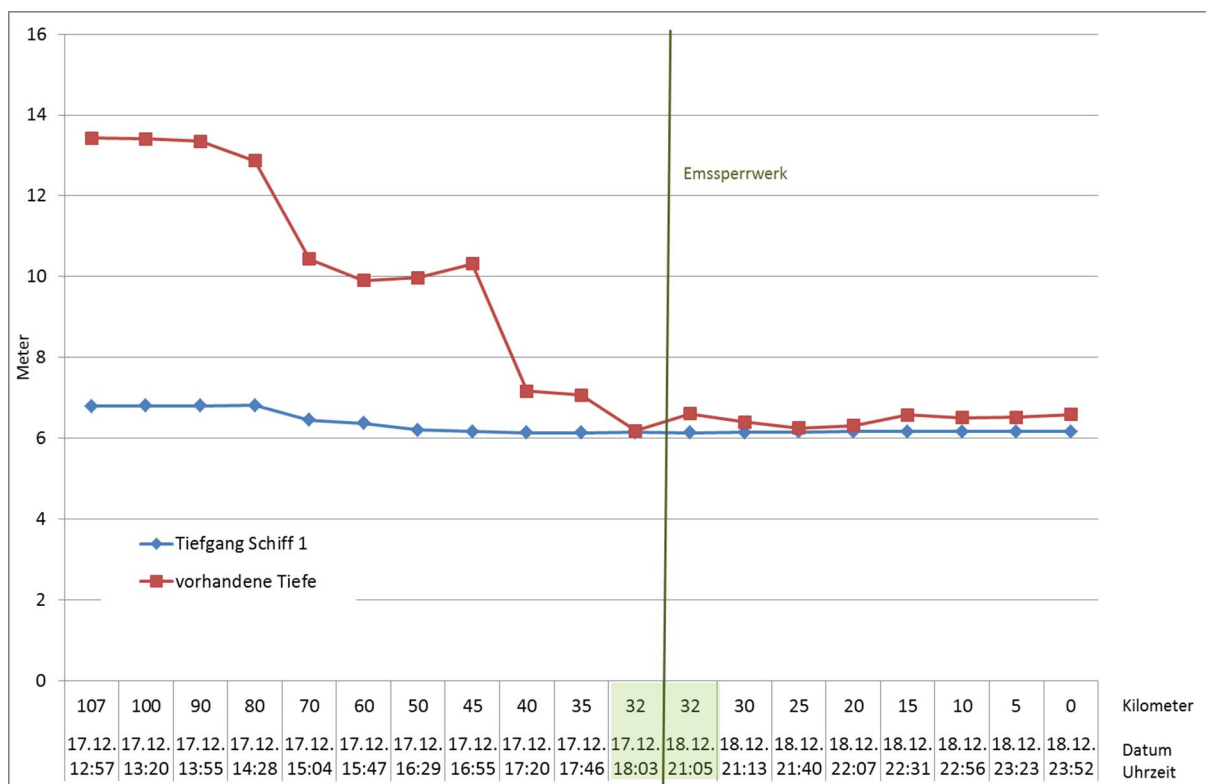
Abbildung 8-14: Fahrt eines Seeschiffes (Schiff 1) einlaufend bis Papenburg 2030 ohne flexible Sohlschwelle



Fährt dieses Schiff (Schiff 1) im 4-Stunden-Szenario (s. Abbildung 8-15) zur selben Zeit los, so kommt es zu erheblichen Wartezeiten, weil das Schiff erst auf ausreichende Wassertiefe für die Weiterfahrt bis Papenburg warten muss. Dieses Schiff kommt am 17.12. um 18:02 Uhr am Sperrwerk an und kann seine Weiterfahrt erst am 18.12. um 21:05 Uhr fortsetzen. Die Tiden nach dem Eintreffen am Sperrwerk bis zum 18.12. um 21:05 Uhr hätten keine aus-

reichende Fahrinnentiefe für die Weiterfahrt ergeben. Bei Schiff 1 handelt es sich um das Seeschiff mit der längsten Wartezeit im 4-Stunden-Szenario.³⁹

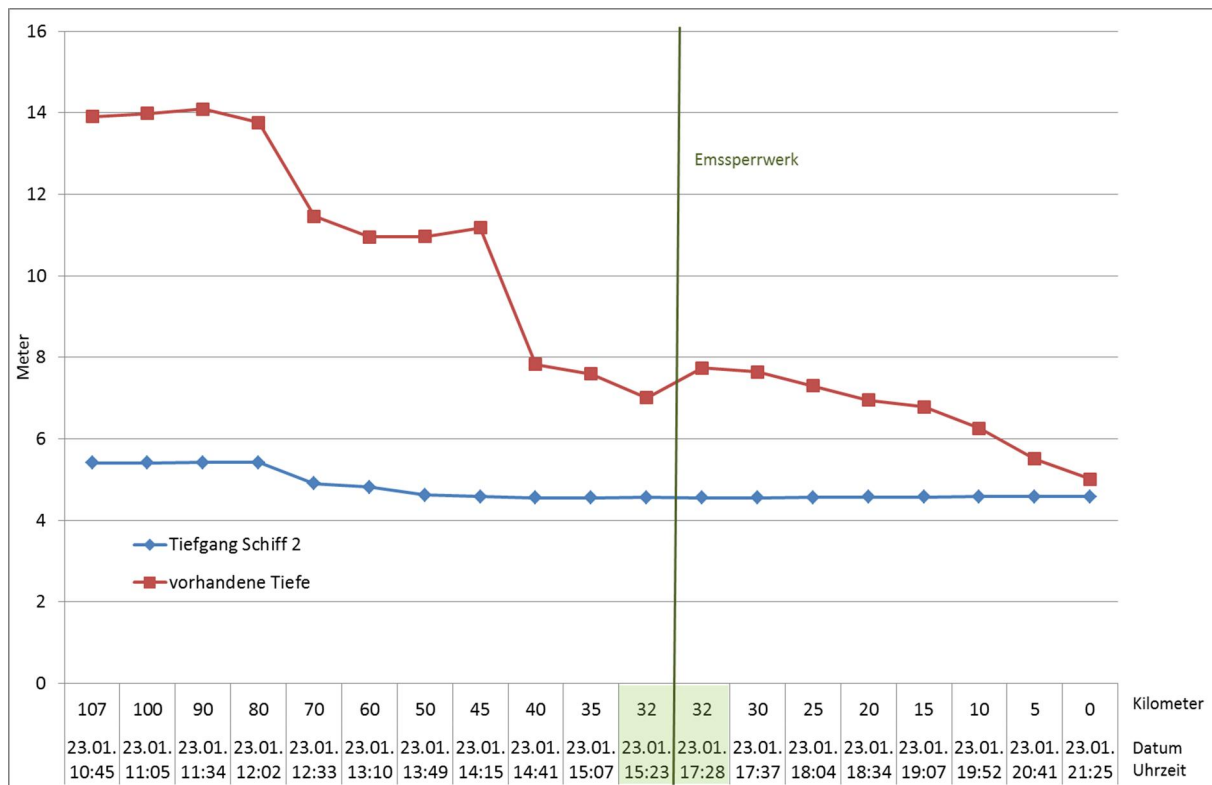
Abbildung 8-15: Fahrt eines Seeschiffes (Schiff 1) einlaufend bis Papenburg 2030 im 4-Stunden-Szenario



Um zu verdeutlichen, dass es auch den Fall gibt, dass das Seeschiff nach der Sperrung direkt weiterfahren kann wurde ein zweites Beispiel ausgewählt (Schiff 2). Während Schiff 1 das Sperrwerk mit einem Tiefgang von 6,15 Metern erreicht, hat Schiff 2 an derselben Stelle lediglich einen Tiefgang von 4,55 Metern. Ungeachtet der unterschiedlichen Zeitpunkte der Fahrt Richtung Papenburg (Schiff 1 passiert Außenemskilometer 107 am 17.12. um 12:57 Uhr und Schiff 2 am 23.01. um 10:45 Uhr) ist der Tiefgangsunterschied entscheidend. Während Schiff 1 nur bei günstigen Tiden (sehr hoher Wasserstand) bis Papenburg fahren kann, ist dies für Schiff 2 bei jedem Flutstrom möglich. Somit entstehen für Schiffs 2 im Gegensatz zu Schiff 1 keine zusätzlichen tidebedingten Wartezeiten am Sperrwerk.

³⁹ Die Tidedaten des BAW weisen für die einzelnen Tiden unterschiedliche Maximalwasserstrände auf. Dies ist der Grund, warum bei einer Tide Schiffe Papenburg erreichen können und bei einer anderen nicht. In der Simulation gibt es lediglich 2 Schiffe mit einer Wartezeit in dieser Größenordnung. Es ist davon auszugehen, dass derart extreme Tiefgänge im Falle des Betriebs einer flexiblen Sohlschwelle nicht gefahren werden. Das Risiko extremer Wartezeiten ist zu groß.

Abbildung 8-16: Fahrt eines Seeschiffes (Schiff 2) einlaufend bis Papenburg 2030 im 4-Stunden-Szenario

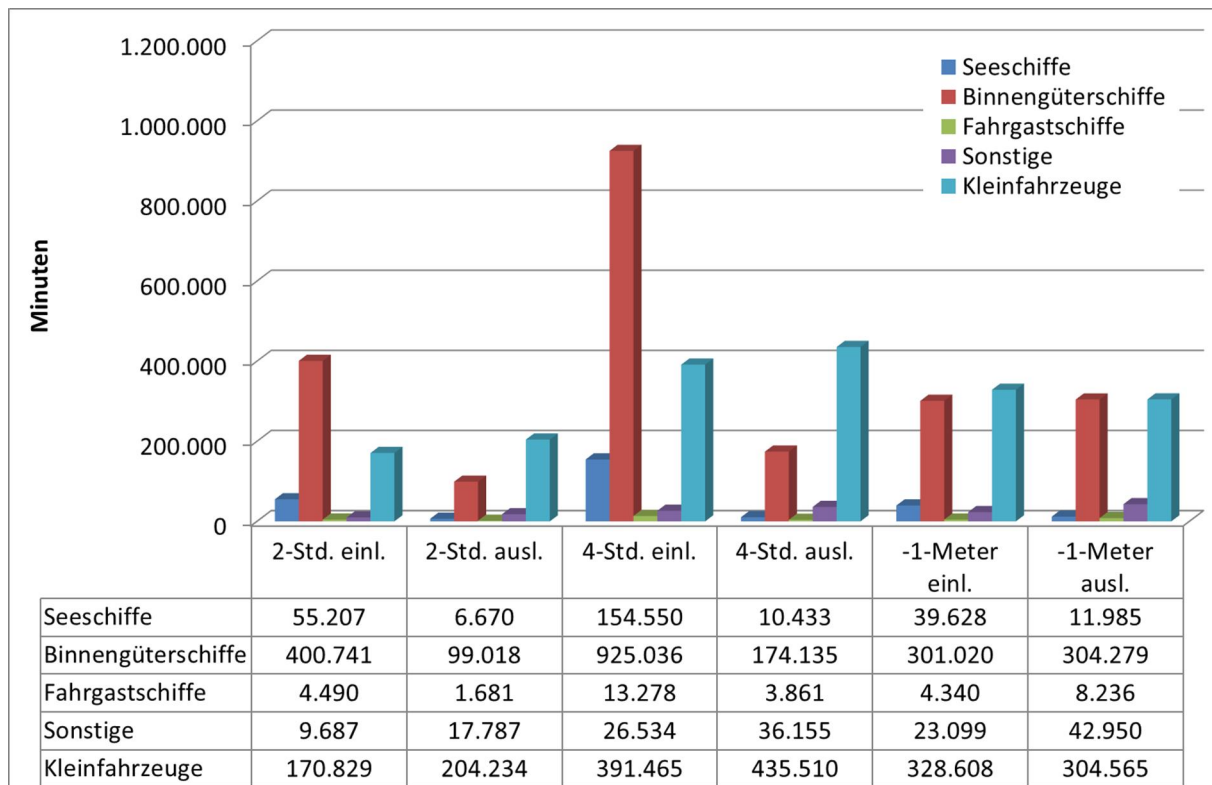


Bei Schiff 2 gibt es keine Tiefgangsproblematik. Es kommt während der Sperrung am Sperrwerk an, so dass es dort lediglich 2 Stunden und 5 Minuten warten muss.

Generell gilt: Dadurch, dass die Abfahrtszeiten der Schiffe im Jahr 2030 an die aus dem Jahr 2010 angelehnt wurden, ergibt sich eine ähnliche Struktur der Wartezeiten wie im Jahr 2010. Somit fahren auch im Jahr 2030 die auslaufenden Seeschiffe so, dass sie bei einer beweglichen Sohlschwelle mit Sperrzeiten überwiegend zu den Öffnungszeiten am Sperrwerk ankommen. Bei den übrigen Schiffstypen ist dies abgesehen von den Sonstigen nicht der Fall.

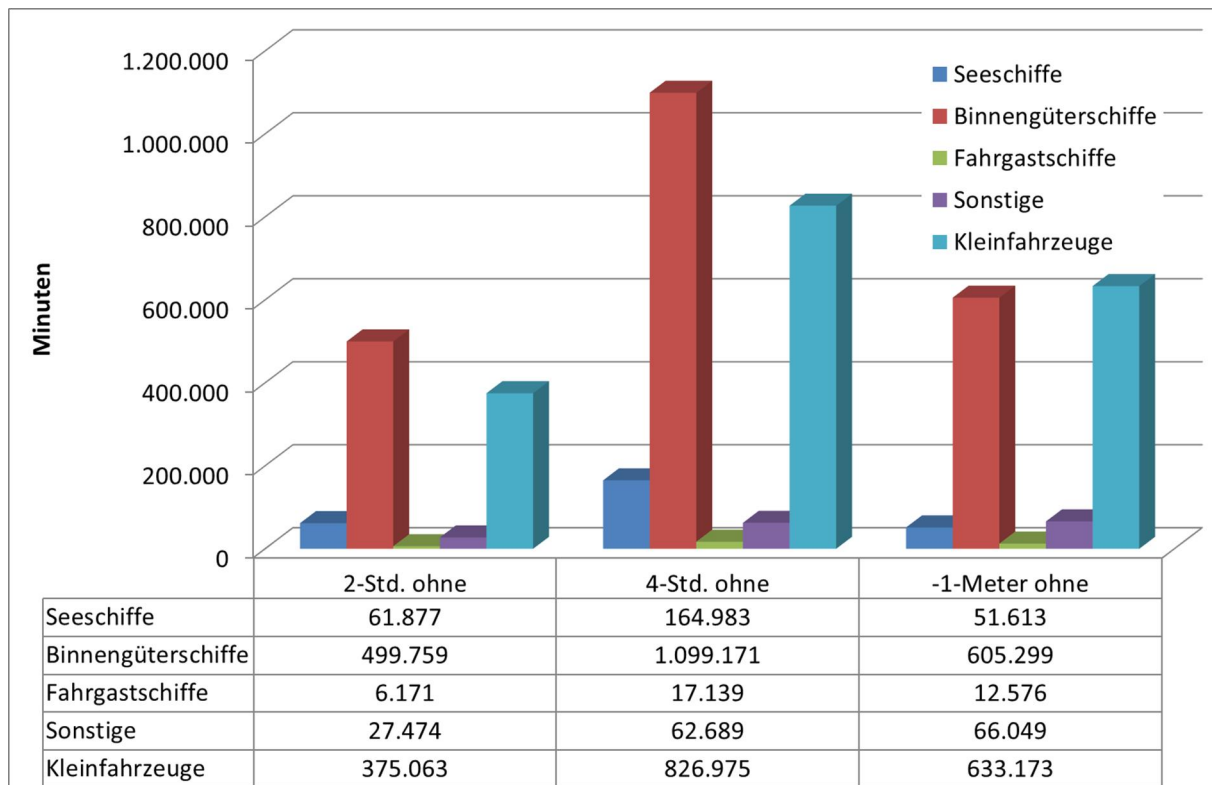
Im -1-Meter-Szenario würde 2030 der einlaufende kommerzielle Schiffsverkehr am wenigsten gestört. Die durchschnittlichen Wartezeiten wären am niedrigsten. Bei den auslaufenden Schiffen ist dies anders. Dort liegen die Wartezeiten sogar höher als im 4-Stunden-Szenario. Die Wirkung je Richtung wird insbesondere bei der Betrachtung der Summen der Wartezeiten je Schiffskategorie deutlich (s. Abbildung 8-17).

Abbildung 8-17: Summe der Wartezeiten in Minuten 2030 nach Fahrrichtungen – Variante ohne Schleuse



Lässt man die Kleinfahrzeuge und die sonstigen Fahrzeuge bei der Betrachtung außen vor, so ist das -1-Meter-Szenario bei den einlaufenden Fahrzeugen das Szenario mit den niedrigsten mittleren Wartezeiten und der niedrigsten Summe der Wartezeiten. Während die Seeschiffe im 2-Stunden-Szenario einlaufend insgesamt rund 990 Stunden und im 4-Stunden-Szenario insgesamt gut 2.500 Stunden warten, sind es im -1-Meter-Szenario nur rund 660 Stunden. Bei den Binnengüterschiffen sind es im 2-Stunden-Szenario knapp 6.700 und im 4-Stunden-Szenario rund 15.400 Stunden. Im -1-Meter-Szenario fallen die Wartezeiten der Binnengüterschiffe mit nur gut 5.000 Stunden hingegen geringer aus. Betrachtet man die Wartezeitssummen insgesamt, so ergibt sich ein anderes Bild (s. Abbildung 8-18).

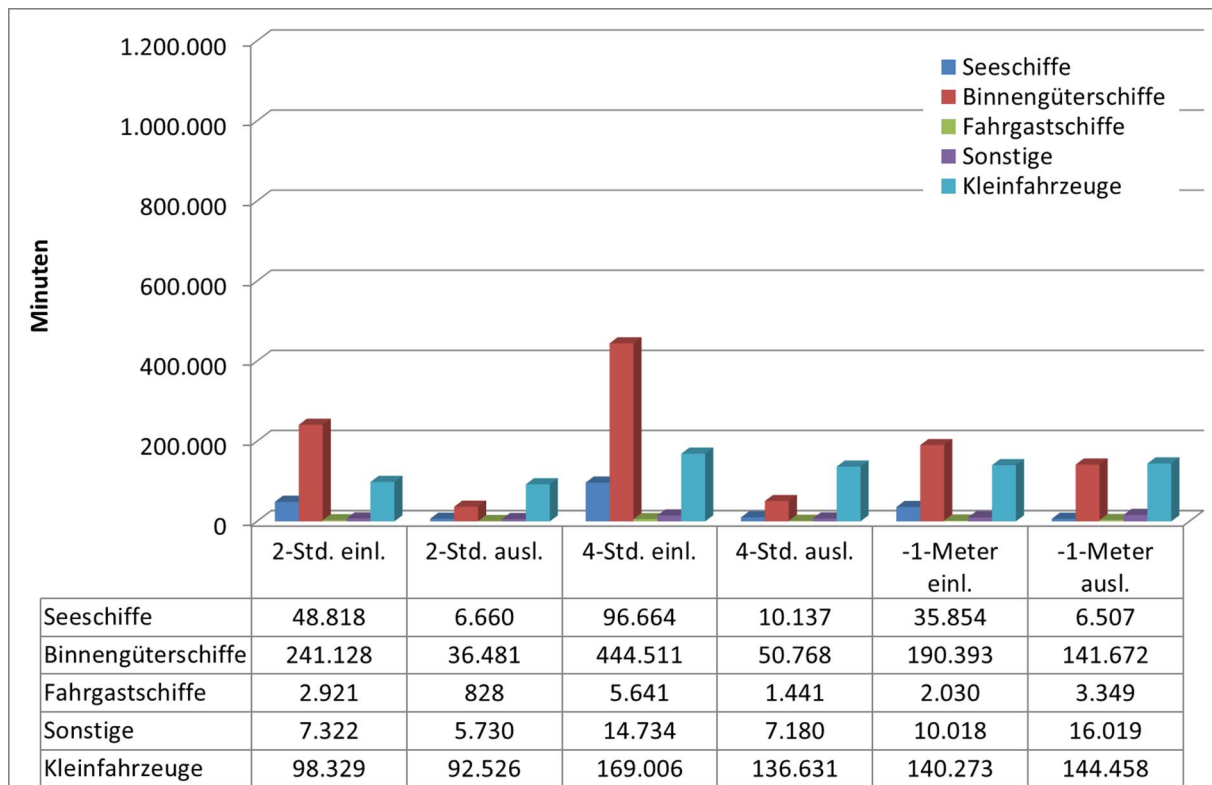
Abbildung 8-18: Summe der Wartezeiten in Minuten 2030 insgesamt – Variante ohne Schleuse



Lediglich bei den Seeschiffen ist die Summe der Wartezeiten im -1-Meter-Szenario (ca. 860 Stunden) niedriger als im 2-Stunden-Szenario (ca. 1.030 Stunden). Auch im Jahr 2030 ist bei allen anderen Schiffskategorien die Summe der Wartezeiten im 2-Stunden-Szenario am niedrigsten. Bei den Binnengüterschiffen sind es im 2-Stunden-Szenario rund 8330 Stunden, im 4-Stunden-Szenario rund 18.320 Stunden und im -1-Meter-Szenario rund 10.090 Stunden.

Wie für das Jahr 2010 wurden für das Prognosejahr 2030 sämtliche Szenarien auch als Varianten mit Schleuse simuliert. Abbildung 8-19 zeigt das Ergebnis in Form von Summen der Wartezeiten je Schiffskategorie in den Szenarien mit Schleuse.

Abbildung 8-19: Summe der Wartezeiten in Minuten 2030 nach Fahrrichtungen – Variante mit Schleuse



Die größte Wirkung hat eine Schleuse, wie im Jahr 2010, auf die einlaufenden Schiffe. Im 2-Stunden-Szenario müssen die einlaufenden Seeschiffe ohne Schleuse insgesamt 920 Stunden warten. Mit Schleuse sind es 814. Im 4-Stunden-Szenario liegen die Wartezeiten bei 2.576 ohne Schleuse und 1.611 Stunden mit Schleuse. Im -1-Meter-Szenario sind es 660 Stunden mit und 598 Stunden ohne Schleuse. Tabelle 8-9 gibt eine Übersicht über die Wirkung einer Schleuse auf die gesamten Wartezeiten.

Tabelle 8-9: Verringerung der Wartezeitensummen durch eine Schleuse in Stunden 2030

Schiffskategorie	2-Std.-Szenario		4-Std.-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
Seeschiffe	106	0	965	5	63	91
Binnengüterschiffe	2.660	1.042	8.009	2.056	1.844	2.710
Fahrgastschiffe	26	14	127	40	39	81
Sonstige	39	201	197	483	218	449
Kleinfahrzeuge	1.208	1.862	3.708	4.981	3.139	2.668

Die Wirkung einer Schleuse zeigt sich auch bei den mittleren Wartezeiten (s. Abbildung 8-13 und Abbildung 8-20).

Abbildung 8-20: Mittlere Wartezeiten in Minuten 2030 nach Fahrtrichtungen – Variante mit Schleuse

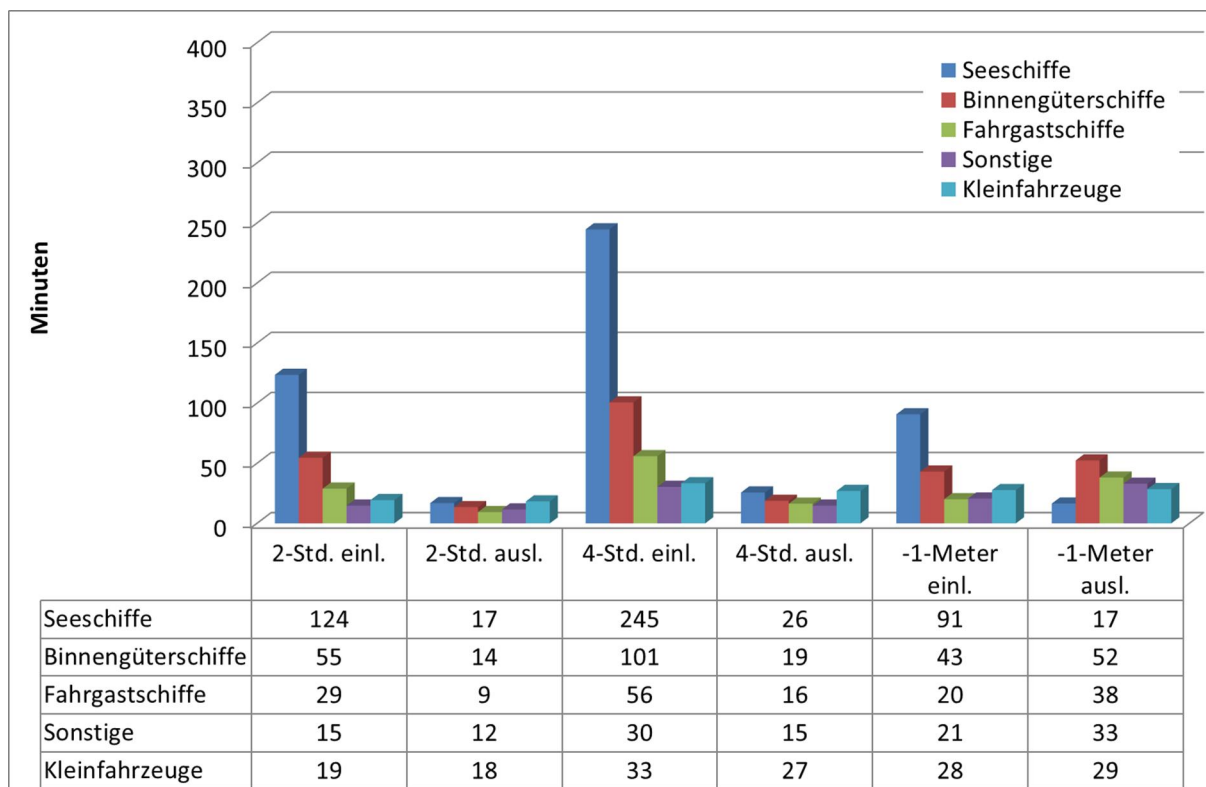


Tabelle 8-10 verdeutlicht eine erhebliche Reduzierung der mittleren Wartezeiten durch eine Schleuse:

Tabelle 8-10: Verringerung der mittleren Wartezeiten durch eine Schleuse in Minuten 2030

Schiffskategorie	2-Std.-Szenario		4-Std.-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
Seeschiffe	16	0	147	1	10	14
Binnengüterschiffe	36	23	109	46	25	60
Fahrgastschiffe	16	10	76	28	23	56
Sonstige	5	24	24	60	27	56
Kleinfahrzeuge	14	22	44	59	37	32

Tabelle 8-11 zeigt, dass eine Schleuse im 2-Stunden-Szenario die Wartezeiten der einlaufenden Schiffe durchschnittlich um rund 31% verkürzt und auslaufend um rund 45%. Im 4-Stunden-Szenario verkürzen sich die mittleren Wartezeiten einlaufend um rund 47% und auslaufend um rund 57% sowie im -1-Meter-Szenario einlaufend um 43% und auslaufend um 55%.

**Tabelle 8-11: Relative Verringerung der mittleren Wartezeiten durch eine Schleuse
2030**

Schiffskategorie	2-Std.-Szenario		4-Std.-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
Seeschiffe	12%	0%	37%	3%	9%	46%
Binnengüterschiffe	40%	63%	52%	71%	37%	53%
Fahrgastschiffe	35%	51%	57%	63%	53%	59%
Sonstige	24%	68%	44%	80%	57%	63%
Kleinfahrzeuge	42%	55%	57%	69%	57%	53%

Tabelle 8-12 gibt die mittleren Wartezeiten für die Seeschiffsrelationen in den Szenarien wieder:

Tabelle 8-12: Mittlere Wartezeiten der Seeschiffe in den Szenarien nach Relationen in Minuten 2030

Seehafen	2-Std.-Szenario		4-Std.-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
ohne Schleuse						
Papenburg	144	18	409	27	104	26
Leer	86	5	160	18	50	73
mit Schleuse						
Papenburg	128	18	256	27	95	15
Leer	67	5	102	13	37	34

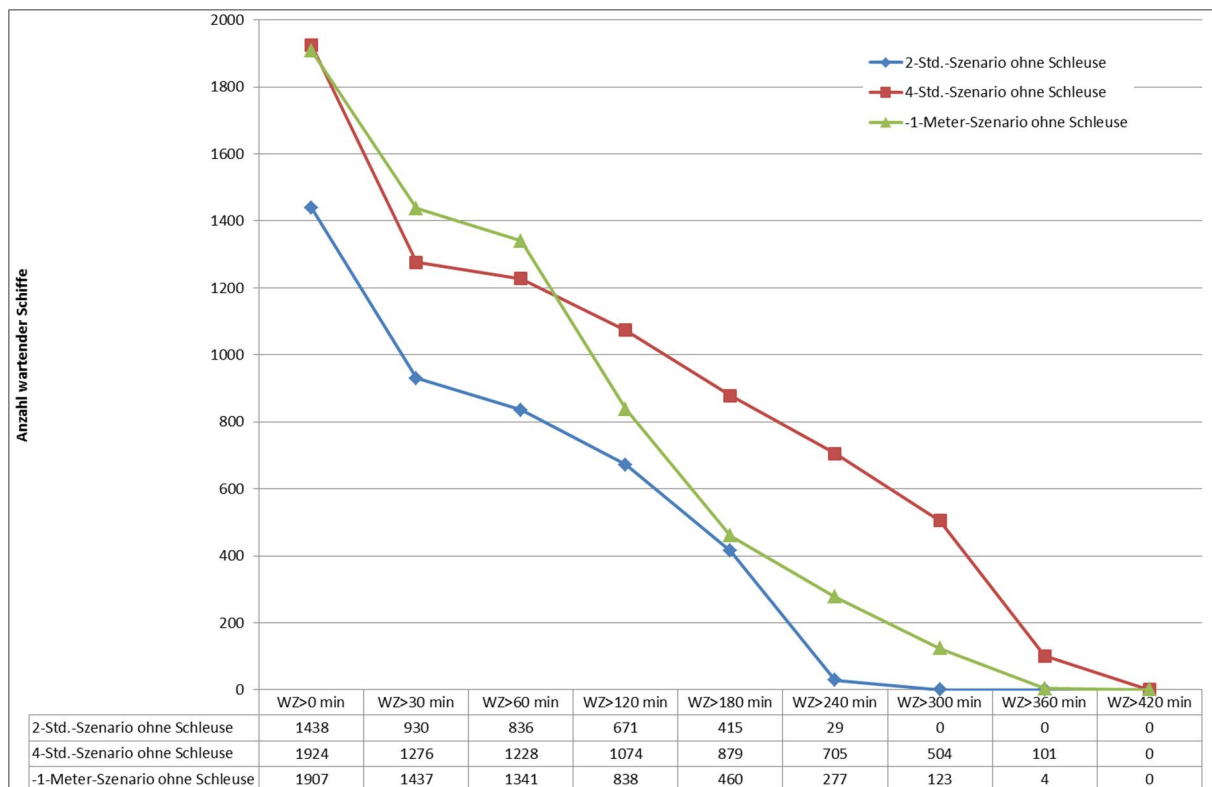
Tabelle 8-13 stellt die mittleren Wartezeiten für die Binnengüterschiffsrelationen in den Szenarien dar:

Tabelle 8-13: Mittlere Wartezeiten der Binnengüterschiffe in den Szenarien nach Relationen in Minuten 2030

Relation	2-Stunden-Szenario	4-Stunden-Szenario	-1-Meter-Szenario
ohne Schleuse			
Emden – Herbrum	68	156	81
Emden – Leer	52	143	26
Emden – Papenburg	91	188	77
Niederlande – Herbrum	110	247	67
Niederlande – Leer	57	148	27
Niederlande Papenburg	87	209	48
Herbrum – Emden	46	80	118
Herbrum – Niederlande	33	58	121
Leer – Niederlande	18	39	65
Papenburg – Niederlande	29	49	85
mit Schleuse			
Emden – Herbrum	42	74	46
Emden – Leer	36	84	16
Emden – Papenburg	42	67	48
Niederlande – Herbrum	76	130	48
Niederlande – Leer	42	87	20
Niederlande Papenburg	63	119	34
Herbrum – Emden	18	23	57
Herbrum – Niederlande	14	20	60
Leer – Niederlande	8	17	35
Papenburg – Niederlande	10	17	44

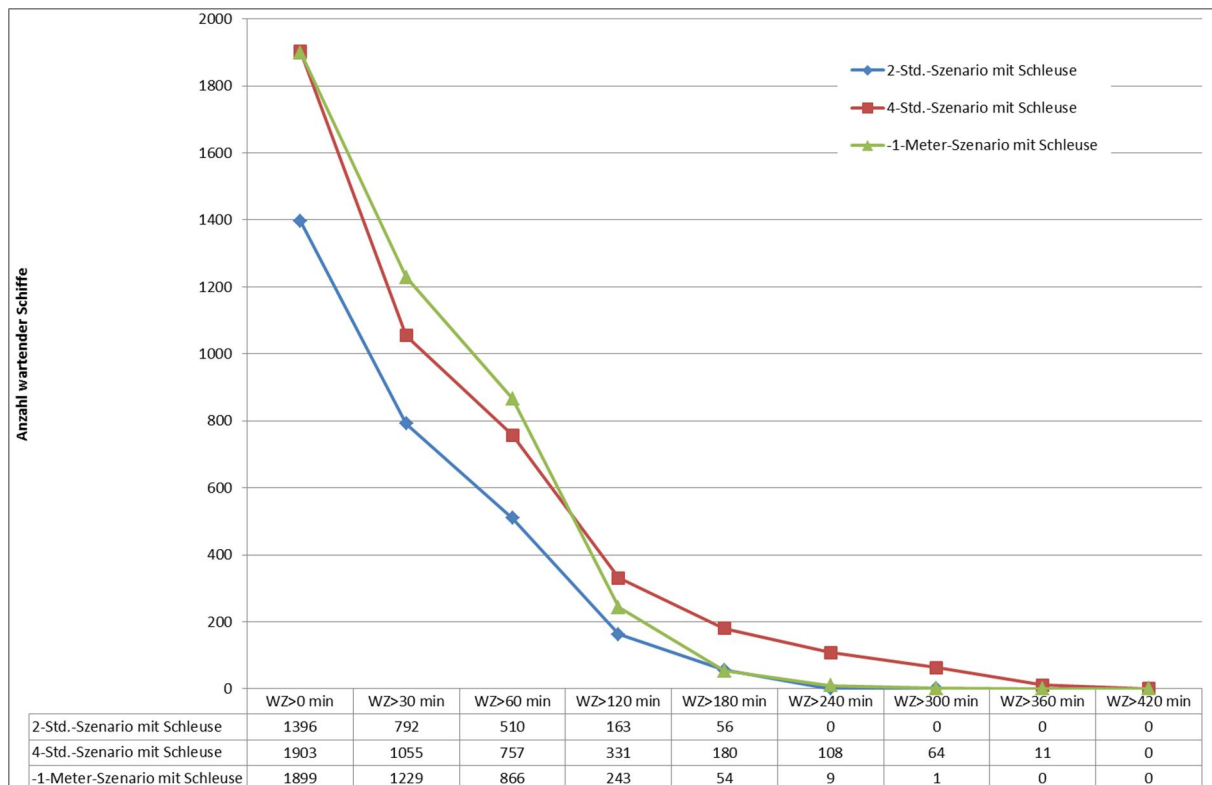
Wie bei den Simulationen für das Jahr 2010 sind bei den Simulationen für das Jahr 2030 neben den durchschnittlichen Wartezeiten je Schiffskategorie die Zahl der Schiffe, die je Szenario und Variante warten müssen, von Bedeutung. Hierzu wurden auch für das Prognosejahr die Wartezeiten in Form von Mindestwartezeiten grafisch aufbereitet. Abbildung 8-21 zeigt wie viele Schiffe insgesamt im 2-Stunden- und 4-Stunden-Szenario gestaffelt nach Mindestwartezeiten warten mussten. Länger als eine Stunde, d.h. WZ>60 Min., müssten im 2-Stunden-Szenario insgesamt 836 Schiffe warten. Im 4-Stunden-Szenario wären es 1.228 Schiffe und im -1-Meter-Szenario wären es 1.341 Schiffe.

Abbildung 8-21: Anzahl der wartenden Schiffe 2030 in den Szenarien ohne Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten



Die Anzahl der wartenden Schiffe nach Wartezeitklassen in den Varianten mit Schleuse ist erwartungsgemäß deutlich niedriger (s. Abbildung 8-22). Mit Schleuse müssten im 2-Stunden-Szenario nur 510 Schiffe, im 4-Stunden-Szenario nur 757 Schiffe und im -1-Meter-Szenario nur 866 Schiffe länger als eine Stunde warten.

Abbildung 8-22: Anzahl der wartenden Schiffe 2030 in den Szenarien mit Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten



Wie stark die Wirkung einer Schleuse auf die Mindestwartezeit der Schiffe ist, machen die Abbildung 8-23, Abbildung 8-24 und Abbildung 8-25 deutlich. So müssen im 2-Stunden-Szenario mit Schleuse 326 Schiffe weniger länger als eine Stunde (WZ>60 Min.) warten als in der Variante ohne Schleuse (s. Abbildung 8-23). Abbildung 8-24 zeigt denselben Zusammenhang für das 4-Stunden-Szenario. Dabei ist die Verbesserung durch die Schleuse gemessen an der Zahl von 471 Schiffen mit einer Wartezeit von mehr als eine Stunde (WZ>60 Min.) absolut größer. Abbildung 8-25 ist die entsprechende Darstellung für das -1-Meter-Szenario. Die Verbesserung durch die Schleuse im -1-Meter-Szenario beträgt bei der Anzahl der wartenden Schiffe mit einer Wartezeit von mehr als eine Stunde eine Verringerung um 475 Schiffe. Relativ gesehen betragen die Verbesserungen bei der Wartezeit von mehr als einer Stunde 39% im 2-Stunden-Szenario, 38% im 4-Stunden-Szenario und 35% im -1-Meter-Szenario.

Die größte Wirkung einer Schleuse ist in allen Szenarien bei der Wartezeit über 2 Stunden (WZ>120 Min.) zu verzeichnen. Im 2-Stunden-Szenario sind 508 Schiffe weniger als in der Variante ohne Schleuse Wartezeiten von mehr als 2 Stunden ausgesetzt, im 4-Stunden-Szenario 743 Schiffe weniger und im -1-Meter-Szenario 595 Schiffe weniger.

Abbildung 8-23: Anzahl der wartenden Schiffe 2030 im 2-Stunden-Szenario mit und ohne Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten

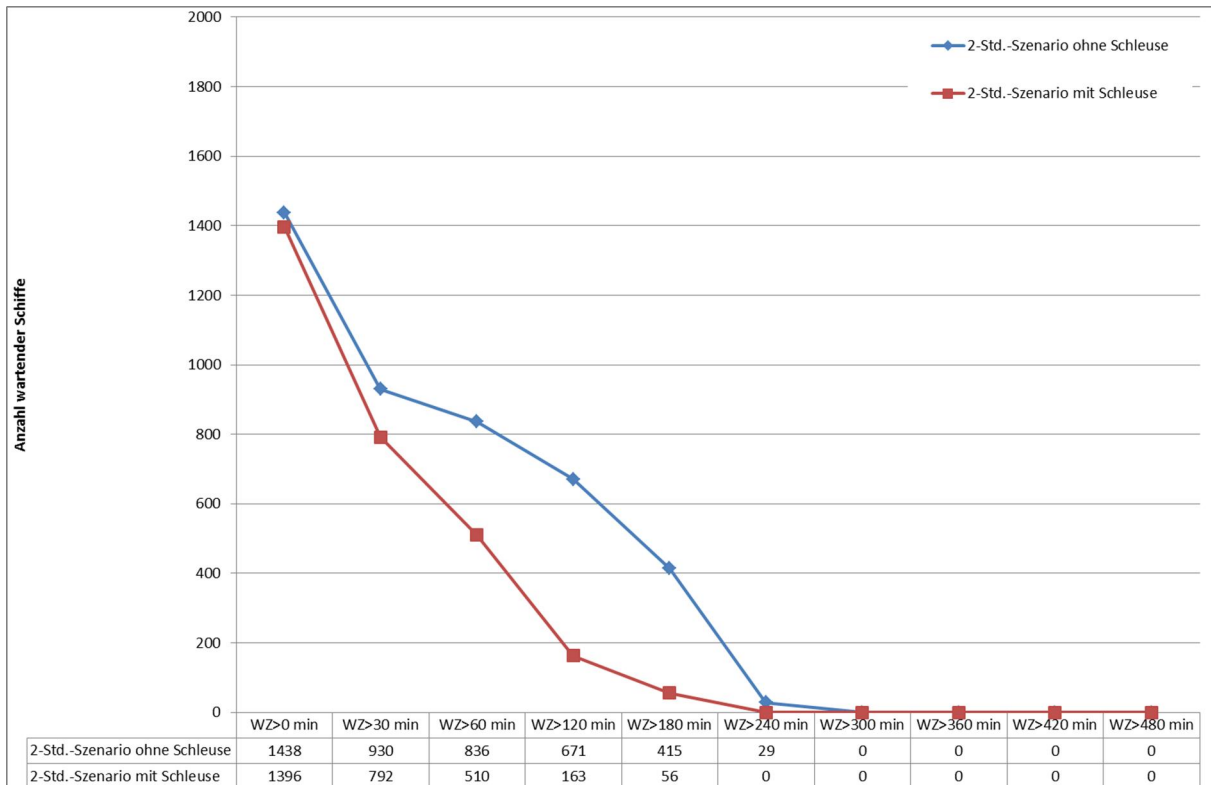


Abbildung 8-24: Anzahl der wartenden Schiffe 2030 im 4-Stunden-Szenario mit und ohne Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten

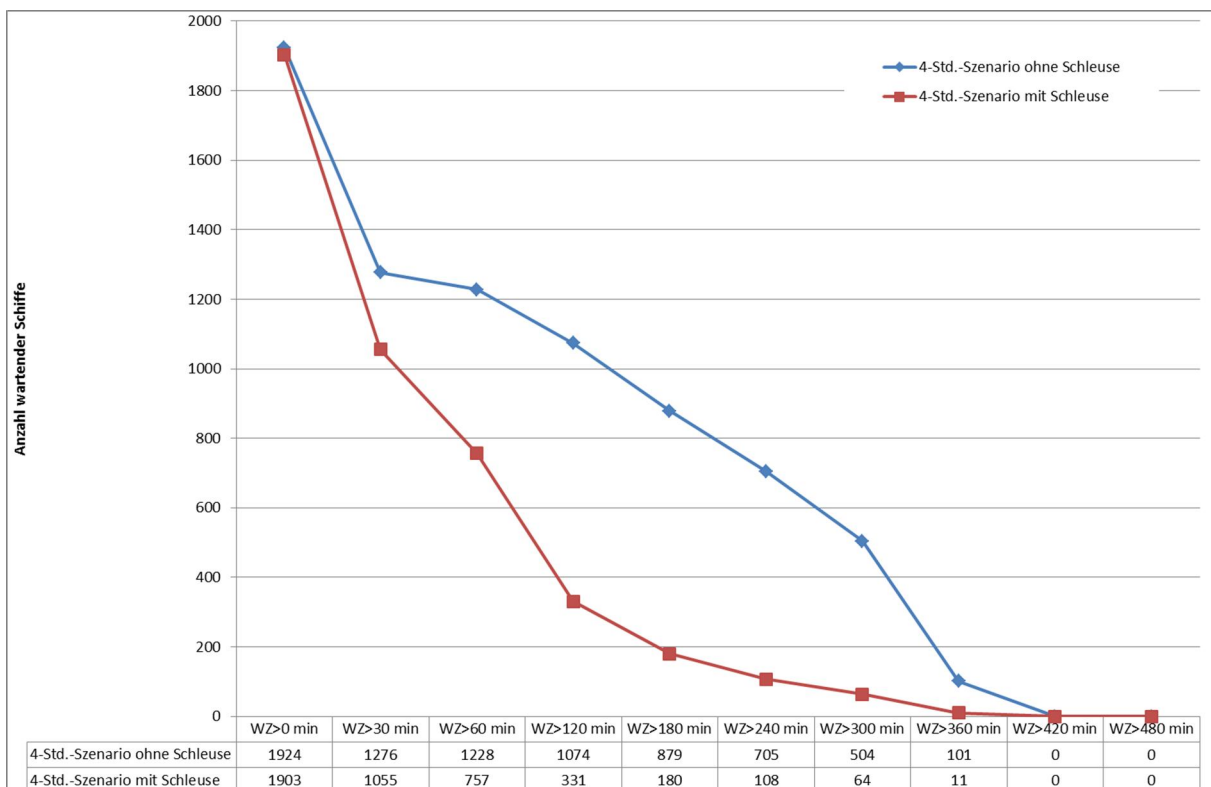
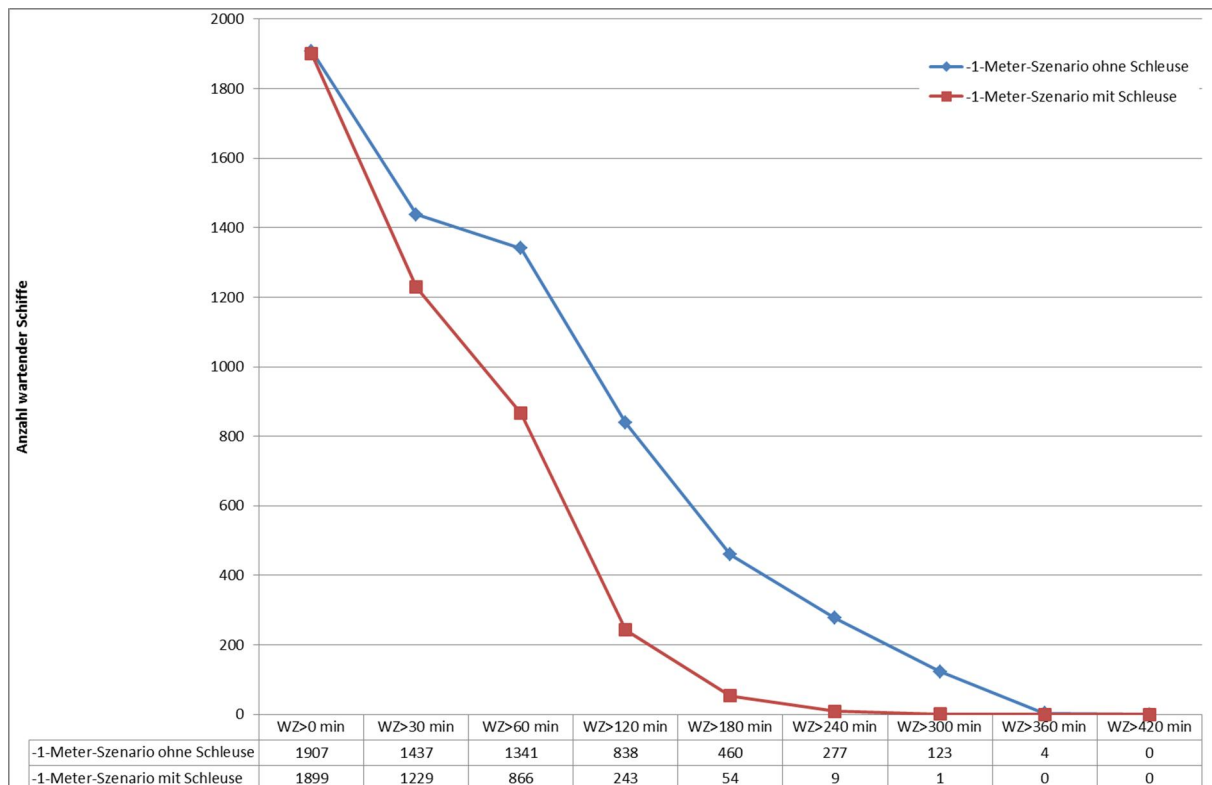


Abbildung 8-25: Anzahl der wartenden Schiffe 2030 im -1-Meter-Szenario mit und ohne Schleuse insgesamt in Abhängigkeit von Mindestwartezeiten



Die Anzahl der Schiffsbewegungen im Jahr 2030 ist größer als im Jahr 2010. Somit ist es naheliegend, dass die Verbesserung bei der Zahl der wartenden Schiffe im Jahr 2030 größer ausfällt. Es befinden sich schlichtweg mehr Schiffe in den Warteschlangen. Folglich führt die Schleuse auch bei einer größeren Zahl an Schiffen zu einer Verkürzung der Wartezeit.⁴⁰

8.3.2 Wartende Schiffe in der Simulation für das Jahr 2030

Wie bereits oben (s. Abschnitt 8.2.2) geschildert, ist neben den Wartezeiten der Schiffe von Interesse, wie viele Schiffe warten müssen und wie viele dies gleichzeitig tun. Letztlich geht es dabei auch um die Frage, wie viele Liegeplätze in den jeweiligen Szenarien und Varianten am Sperrwerk bereitgestellt werden sollten. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass es sich bei den Simulationen mit der flexiblen Sohlschwelle in gewissem Sinne um „Worst-case-Betrachtungen“ handelt. Zur Erinnerung: Es werden keinerlei Reaktionen der Reedereien auf die flexible Sohlschwelle unterstellt (s. Abschnitt 3).

Weiter muss eine Unterscheidung nach Schiffskategorien vorgenommen werden. Liegeplätze für Seeschiffe müssen nicht nur eine entsprechende Länge haben, sondern auch einen entsprechenden Tiefgang garantieren. Bei den übrigen Schiffskategorien müssen zumindest die Kleinfahrzeuge gesondert betrachtet werden, weil sie den geringsten Platzbedarf haben,

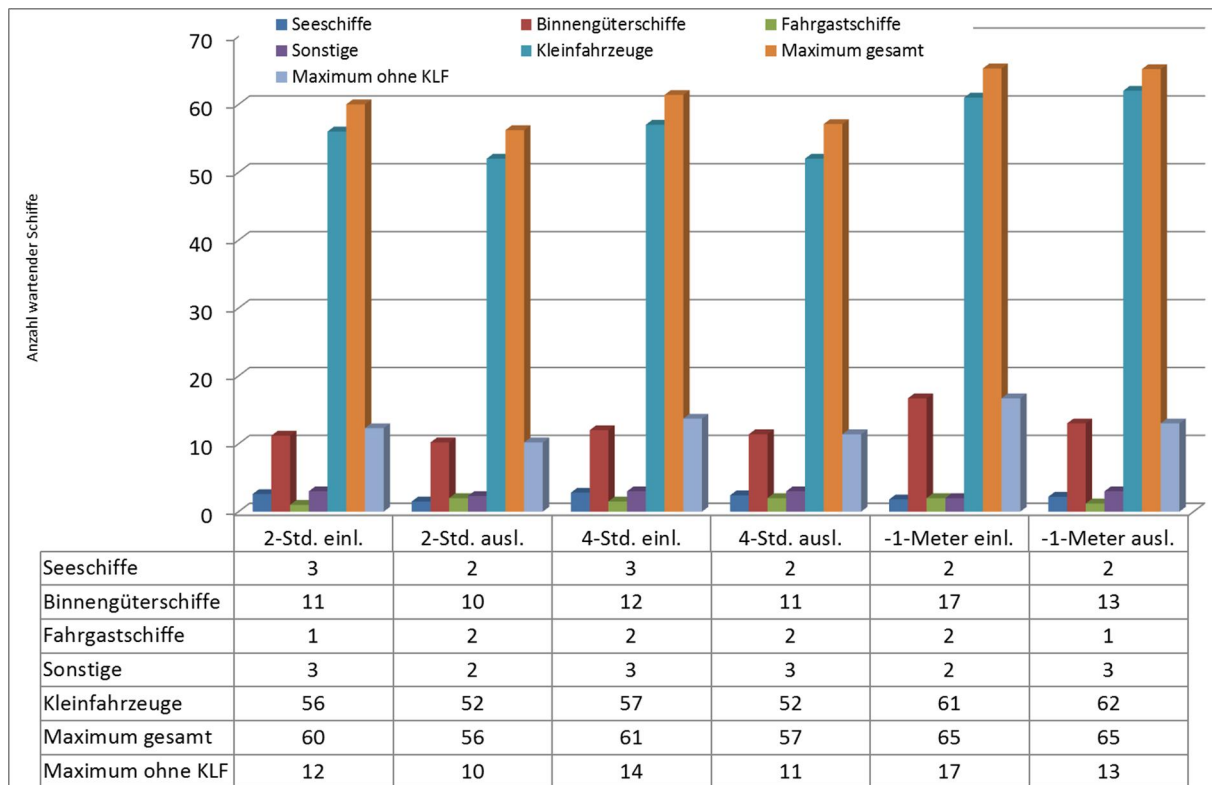
⁴⁰ Dieser Effekt würde nur dann nicht auftreten, wenn die Schleuse bereits in der Simulation 2010 an ihrer Kapazitätsgrenze arbeiten würde.

aber ihre Anzahl am größten ist. Außerdem gilt es zu beachten, dass es Alternativen zu Liegeplätzen am Sperrwerk gibt.

Die Unterscheidung nach Schiffskategorien ist noch aus einem zweiten Grund von Bedeutung. Die maximale Anzahl der wartenden Schiffe bei den Seeschiffen ist aufgrund der „Worst-case-Betrachtung“ und der nicht unterstellten Tiefgangsbeschränkung in den Szenarien mit der Anzahl notwendiger Liegeplätze gleichzusetzen. Die Seeschiffe müssen das Sperrwerk passieren und anschließend die Möglichkeit haben, auf eine ausreichende Tidewelle für die Weiterfahrt warten zu können (s. Abbildung 8-15). Besteht diese Möglichkeit nicht, so besteht die Gefahr, dass die Seeschiffe ihr Ziel gar nicht erreichen können. Bei den übrigen Schiffskategorien müssen die Warteplätze generell nicht zwingend am Sperrwerk sein. In einigen Fällen kann sogar eine langsamere Fahrt oder eine spätere Abfahrt auf dem Weg zum Sperrwerk ausreichen, um pünktlich zur Öffnung anzukommen. Dies wäre allerdings eine Abweichung zur „Worst-case-Betrachtung“. Somit sind die nachfolgend genannten Anzahlen maximal wartender Schiffe allenfalls bei den Seeschiffen mit Liegeplätzen gleichzusetzen. Bei den übrigen Schiffskategorien ist dies nicht der Fall. Es ist aber davon auszugehen, dass auch für die übrigen Schiffskategorien Liegeplätze einzurichten sind, insbesondere bei den Varianten mit Schleuse.

Abbildung 8-26 gibt die maximale Anzahl wartender Schiffe je Schiffskategorie für das 2-Stunden-, das 4-Stunden- und das -1-Meter-Szenario jeweils ohne Schleuse an. Weiter wird die maximal wartende Anzahl von Schiffen insgesamt und insgesamt ohne Kleinfahrzeuge angegeben. Die Maxima je Schiffskategorie treten in der Regel allerdings nicht gleichzeitig auf. Dadurch wird auch ersichtlich, warum das Maximum insgesamt geringer als die Summe der Maxima je Schiffskategorie ist. Es wird deutlich, dass die relativ hohe Anzahl insgesamt wartender Schiffe von den Kleinfahrzeugen dominiert wird. Lässt man die Kleinfahrzeuge außer Acht, so dominieren die Binnengüterschiffe.

Abbildung 8-26: Anzahl der maximal gleichzeitig wartenden Schiffe 2030 in den Szenarien ohne Schleuse



Mit Schleuse kommt es in den Szenarien zu einem leichten Rückgang der Zahl wartender Schiffe.

Abbildung 8-27: Anzahl der maximal gleichzeitig wartenden Schiffe 2030 in den Szenarien mit Schleuse

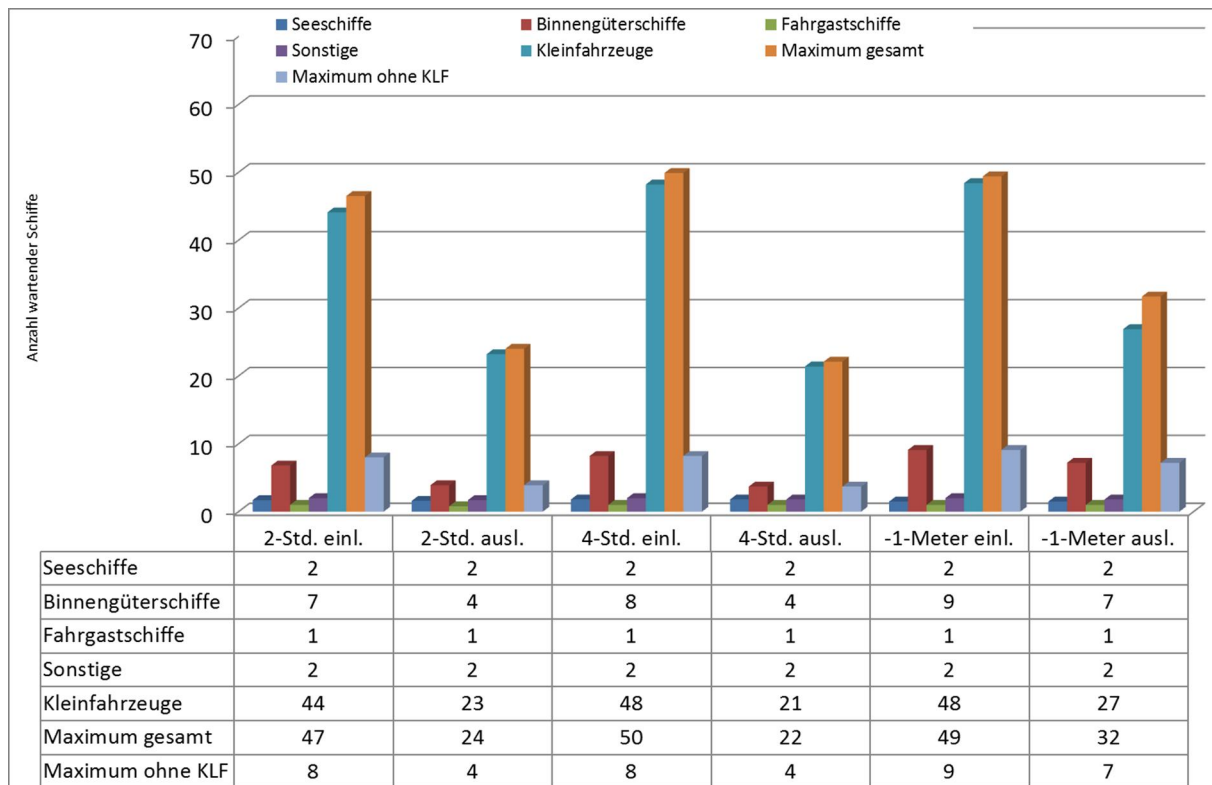


Tabelle 8-14 macht den Einfluss der Schleuse auf die Zahl wartender Schiffe deutlich:

Tabelle 8-14: Differenz der Anzahl wartender Schiffe zwischen den Varianten mit und ohne Schleuse 2030

Schiffskategorie	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend.	auslaufend	einlaufend.	auslaufend	einlaufend.	auslaufend
Seeschiffe	1	0	1	1	0	1
Binnengüterschiffe	4	6	4	8	8	6
Fahrgastschiffe	0	1	1	1	1	0
Sonstige	1	1	1	1	0	1
Kleinfahrzeuge	12	29	9	31	13	35
Maximum gesamt	14	32	12	35	16	34
Maximum ohne KLF	4	6	6	8	8	6

Wie für das Jahr 2010 gilt im Jahr 2030: Der Einfluss der Schleuse auf die Anzahl wartender Schiffe ist geringer als auf die mittleren Wartezeiten. Einzige Ausnahme sind die Kleinfahrzeuge. Der Schleuseneffekt ist bei allen anderen Schiffskategorien geringer, denn die Schiffe treffen immer noch zum selben Zeitpunkt am Sperrwerk ein wie in der Variante ohne Schleuse. Es verkürzt sich in erster Linie ihre Wartezeit. Bei den Kleinfahrzeugen ist der Schleu-

seneffekt größer, da von ihnen mehrere gleichzeitig geschleust werden können. Dies ist bei den übrigen Schiffskategorien nur eingeschränkt möglich.

Für die „Worst-case-Betrachtung“ ohne Tiefgangsbeschränkung oder verkehrsregelnde Maßnahmen ist die Anzahl wartender Seeschiffe gemäß Tabelle 8-15 mit der Anzahl notwendiger Liegeplätze gleichzusetzen.

Tabelle 8-15: Anzahl der im Worst-case wartenden Seeschiffe in den Szenarien mit und ohne Schleuse 2030

	ohne Schleuse	mit Schleuse
2-Stunden-Szenario	4	3
4-Stunden-Szenario	5	4
-1-Meter-Szenario	4	0

8.3.3 Schleusendaten für das Jahr 2030

Die Schleusenparameter im Simulationsmodell wurden zu Beginn dieses Kapitels beschrieben. Nachfolgend werden die wesentlichen Simulationsergebnisse präsentiert. Auch bei dieser Betrachtung gilt, dass der Unterschied durch die Geschwindigkeitsprofile vernachlässigbar ist.

Tabelle 8-16: Simulationsergebnisse für die Schleuse 2030

	Anzahl geschleuster Schiffe	Schleusenzeit plus Wartezeit [Min.]	Anzahl voller Schleusenläufe	Mittlere Schleusenlaufdauer (voll) [Min.]	Schleusenbelegziffer
2-Stunden-Szenario	4.828	84	1.463	55	3,30
4-Stunden-Szenario	7.090	97	2.008	56	3,53
-1-Meter-Szenario	5.913	90	1.787	53	3,31

In der Simulation für das Jahr 2030 wurden im 2-Stunden-Szenario 4.828 Schiffe geschleust. Diese brauchten durchschnittlich 84 Minuten mehr Zeit für ihre Reise als im Vergleichsfall (Ist-Zustand). Diese Zunahme setzt sich aus der Warte- und der Schleusenzeit zusammen. Es gab 1.463 mit Schiffen belegte Schleusungsvorgänge. Hieraus ergibt sich eine Schleusenbelegziffer von 3,30. Die durchschnittliche Dauer einer Schleusung beträgt 55 Minuten.

9 Mögliche weitere Auswirkungen einer flexiblen Sohlschwelle

9.1 Mögliche Verlagerungswirkungen

Durch die in den Szenarien und Varianten ermittelten Wartezeiten besteht die Gefahr, dass es zu Verkehrsverlagerungen kommt. Diese Gefahr ist in erster Linie bei den Transporten in Liniendiensten bzw. Rundläufen gegeben. So haben die Gespräche deutlich gemacht, dass bei den Zellstofftransporten aus Emden Richtung Dörpen eine Alternative existiert. Diese Alternative wäre, Zellstoff aus Brake nach Dörpen im Rundlauf zu transportieren. Käme es zu einer solchen Verlagerung, so wäre die Hafenvirtschaft in Emden betroffen. Dort würden die Zellstofftransporte sowohl von der Seeseite als auch im Weitertransport per Binnenschiff wegfallen. In der Prognose fahren 937 Schiffe auf der Relation Emden – Dörpen. Davon handelt es sich bei 74% um Zellstofftransporte, d.h. 690 Schiffe pro Jahr.

Um zu ermitteln ob eine solche Verkehrsverlagerung wahrscheinlich ist, wurde eine Vergleichsrechnung durchgeführt und der seeseitige Transport analysiert. Der Vergleichsrechnung zwischen den Transporten Emden – Dörpen im Rundlauf und Brake – Dörpen im Rundlauf liegen folgende Daten zugrunde:

Tabelle 9-1: Vergleichsrechnung Rundläufe Emden - Dörpen versus Brake - Dörpen

	Gesamtkilometer pro Richtung	Kanalkilometer pro Richtung	Anzahl Schleusen	Reisezeit (Rundlauf) Stunden
Emden – Dörpen	69,7	28,9	3	24,9
Brake - Dörpen	97,2	64,0	1	31,4

Der Unterschied in der Umlaufzeit zwischen den beiden Relationen beträgt 6,5 Stunden. Dieser Unterschied resultiert zum einen aus der längeren Distanz auf der Relation Brake – Dörpen und zum anderen daraus, dass der Kanalanteil höher ist. Da auf dem Kanal eine geringere Geschwindigkeit gefahren wird muss auf einem Großteil der Strecke mit einer geringeren Geschwindigkeit gefahren werden. Für beide Relationen wurden dieselben Geschwindigkeiten für den Flussabschnitt gewählt und auch dieselben Geschwindigkeiten für den Kanalabschnitt. Die Hafenzeiten sind bei dieser Betrachtung irrelevant, da davon auszugehen ist, dass sie auf beiden Relationen identisch sind. Relevant für die Vergleichsrechnung sind die Schleusenzeiten und die durch ein Begegnungsverbot auf dem Küstenkanal entstehenden Wartezeiten.⁴¹

Neben dem Kostenvorteil der Relation Emden – Dörpen (kürzere Strecke bedeutet weniger Treibstoffverbrauch) hat sie auch einen großen zeitlichen Vorteil. Unter Vernachlässigung aller weiteren Transportumstände bedeuten die 6,5 Stunden Zeitvorteil letztlich, dass die Binnenschiffe im Rundlauf Emden – Dörpen durchschnittlich rund 6,5 Stunden warten können, bevor die Alternative interessant wird. Die mittlere Wartezeit bei den Binnengüterschiffen beträgt aber selbst im 4-Stunden-Szenario ohne Schleuse lediglich 4,6 Stunden, wenn man von

⁴¹ Im Rahmen der Beispielrechnung wurden weder die Tideproblematik auf der Hunte noch mögliche Wartezeiten an der Eisenbahnklappbrücke an der Hunte berücksichtigt. Folglich ist davon auszugehen, dass der Zeitvorteil der Relation Emden – Dörpen gegenüber der Relation Brake – Dörpen noch größer ausfällt als die berechneten 6,5 Stunden. Berücksichtigt wurde hingegen die Begegnungsrestriktion auf dem Küstenkanal für Schiffe ab 1.350 Tonnen auf dem Abschnitt zwischen Kampe und dem Sicherheitstor Hundsmühlen.

der durchschnittlichen Wartezeit je Richtung ausgeht.⁴² Tabelle 9-2 stellt die Wartezeiten in den Szenarien und Varianten für die auf der Relation Emden – Herbrum eingesetzten Schiffe dar:

Tabelle 9-2: Wartezeiten in den Szenarien für den Rundlauf Emden – Dörpen in Stunden

	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.
Emden – Dörpen	1,13	0,70	2,60	1,24	1,35	0,76
Dörpen – Emden	0,76	0,30	1,33	0,39	1,96	0,95
Rundlauf	1,89	1,00	3,93	1,62	3,31	1,71

Somit sind die Wartezeiten der im Rundlauf befindlichen Schiffe deutlich niedriger als der Zeitvorteil von Emden gegenüber Brake im Ist-Zustand.⁴³

Es besteht aber noch die Möglichkeit, dass der Vorteil von Emden geringer als 6,5 Stunden ausfällt. Dies wäre der Fall, wenn die Seetransporte zum Alternativstandort günstiger wären. Günstiger können sie durch den Einsatz größerer Seeschiffe oder durch eine kürzere Transportstrecke auf See sein.

Die Zellstofftransporte finden in der Regel auf Relationen mit Skandinavien statt. Um den relevanten Hafen in Skandinavien zu ermitteln, wurden die Zellstofftransporte aus der Verkehrsstatistik ausgewertet. Die Zellstofftransporte nach Emden kamen in der Regel aus Pietarsaari in Finnland. Die Distanz der Seetransporte nach Emden ist 69 Seemeilen länger als nach Brake.⁴⁴ Bei einer Standardgeschwindigkeit der Massengutschiffe von 12 Knoten beträgt die längere Fahrtzeit nach Emden 5 Stunden und 45 Minuten. Somit ist ein nicht zu vernachlässigender Distanzvorteil von Brake gegeben. Der gesamte Zeitvorteil der Transportkette über Emden beträgt damit lediglich gut eine Stunde. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass bei dieser verkürzten Darstellung mögliche Unterschiede in der Abwicklung in den Häfen und in der Wartezeit bis zum Weitertransport nicht berücksichtigt werden.

Es bleibt weiter zu prüfen, ob Brake einen Schiffsgrößenvorteil gegenüber Emden hat. Brake kann tideabhängig mit einem Tiefgang von 11,9 Metern angefahren werden. Emden kann an der entsprechenden Stelle im Hafen tideabhängig mit einem Tiefgang von 11 Metern angefahren werden. Somit ist der Schiffsgrößenvorteil von Brake vernachlässigbar. Weiter wurde in Gesprächen zur Studie „Aktualisierung der Nutzen-Kosten-Untersuchung einer Vertiefung

⁴² Dieses Ergebnis kann noch durch Anpassen des Rundlaufs an die neuen Gegebenheiten, d.h. an die Sperrzeiten optimiert werden. Bisher waren die Transporte tideoptimiert. Zukünftig würden sie dann vermutlich sperrzeitoptimiert.

⁴³ Die Interviews mit den Schifffahrtstreibenden verdeutlichten, dass bei einer Sperrzeit von sechs Stunden die Rundläufe Emden – Dörpen nicht wettbewerbsfähig wären. Diese Aussage korrespondiert gut mit den Ergebnissen der Beispielrechnung. Weiter wurde in den Gesprächen deutlich gemacht, dass die Schiffe keine 2 bis 3 Stunden am Sperrwerk liegen dürften, da ansonsten aufgrund der Schleusungszeiten in Herbrum die Rundläufe nicht wettbewerbsfähig wären. Eine solche Wartezeit ist im 4-Stunden-Szenario und im -1-Meter-Szenario ohne Schleuse gegeben.

⁴⁴ Quelle: <http://www.marinetraffic.com>

der Außenems aus dem Jahre 2007“ Eemshaven als Alternativstandort zu Emden für die Zellstofftransporte angesehen.⁴⁵ Eemshaven hat einen substanziellen Tiefgangsvorteil gegenüber Emden. Eine Verlagerung der Zellstofftransporte nach Eemshaven wäre aber im selben Umfang von den sperrzeitbedingten Wartezeiten betroffen wie die Transporte über Emden.

Somit bleibt nur der unterschiedlich lange Seeweg beim Vergleich der Relationen Emden – Dörpen und Brake – Dörpen zu berücksichtigen. Für den Seetransport von Pietarsaari ergeben sich folgende Kosten:

Tabelle 9-3: Kostenvergleich des Seetransports von Pietarsaari/Finnland nach Emden bzw. nach Brake in Euro pro Tonne

Pietarsaari – Emden	3,69
Pietarsaari – Brake	3,44
Differenz	0,25

Es ergibt sich folgendes Bild für die Kosten des reinen Binnenschiffstransports und für die Gesamttransporte von Pietarsaari nach Dörpen über Emden bzw. über Brake:

Tabelle 9-4: Kosten des Transports Emden – Dörpen bzw. Brake – Dörpen in Euro pro Tonne

ohne Seetransport							
	Ist	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
		ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.
Emden – Dörpen	1,01	1,09	1,05	1,17	1,08	1,15	1,08
Brake – Dörpen	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
mit Seetransport							
	Ist	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
		ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.
Emden – Dörpen	4,70	4,78	4,74	4,86	4,77	4,83	4,77
Brake – Dörpen	4,83	4,83	4,83	4,83	4,83	4,83	4,83
Vorteil Emden							
	Ist	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
		ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.
absolut (€/t)	0,13	0,06	0,09	-0,03	0,07	0,00	0,06
relativ	3%	1%	2%	-1%	1%	0%	1%

Es zeigt sich, dass lediglich im 4-Stunden-Szenario ohne Schleuse der Transport über Brake günstiger ist. In allen anderen Fällen ist der Transport über Emden günstiger. Die Kostenunterschiede zwischen den Relationsalternativen sind allerdings in allen Szenarien und Varianten sehr gering. Ein substanzieller Kostenvorteil, der zu einer Verlagerung von etablierten Transportrelationen, führt ist in keinem Fall gegeben. Da allein über ein Drittel der Seeschiffskosten Treibstoffkosten sind, würden bei diesen geringen Kostenunterschieden selbst Schwankungen im Treibstoffpreis zu Verlagerungen führen. Gleiches gilt für Binnenschiffs-

⁴⁵ Planco Consulting GmbH, Aktualisierung der Nutzen-Kosten-Untersuchung einer Vertiefung der Außenems aus dem Jahre 2007, Essen 2011.

kosten, bei denen der Anteil der Treibstoffkosten noch leicht höher liegt. Auf Basis des Kostenvergleichs ist eine Verlagerung der Verkehre nicht zu erwarten.

Weiter stellt sich die Frage, ob ein Alternativverkehrsträger die Rolle der Rundläufe übernehmen könnte. Bei einem Massenguttransport fällt der Lkw als Alternative aus. Auch wenn er bei Eissperrung eingesetzt wird, ist er als Basisverkehrsträger für ein ganzes Jahr mit zu hohen Kosten verbunden. Somit bleibt die Bahn als Alternative. Laut Informationen vor Ort reicht die Kapazität in Dörpen aber nicht aus, um die Mengen von täglich über 2.000 Tonnen Zellstoff bahnseitig abzuwickeln. Dennoch wurde eine Vergleichsrechnung durchgeführt. Basierend auf den Wertansätzen und der Methodik des aktuellen Bundesverkehrswegeplans 2030 wurden die Kosten des Bahntransports von Emden nach Dörpen kalkuliert.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen das Ergebnis der Kostenvergleichsrechnung für die beiden genannten Alternativen.

Tabelle 9-5: Kostenvergleich des Transports Emden – Dörpen mit dem Binnenschiff und der Bahn in Euro

Transportkosten pro Tonne							
	Ist	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
		ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.
Binnenschiff	1,01	1,09	1,05	1,17	1,08	1,15	1,08
Bahn	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
Vorteil Binnenschiff							
	Ist	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
		ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.
absolut (€/t)	0,13	0,05	0,09	-0,03	0,06	0,00	0,06
relativ	11%	5%	8%	-3%	6%	0%	5%

Wie auch beim Vergleich der Binnenschifftransporte Emden – Dörpen und Brake – Dörpen, ist auch im Vergleich Bahn zu Binnenschiff nur im 4-Stunden-Szenario ohne Schleuse die Bahn günstiger als der etablierte Transport. Auch hier ist nicht von einem signifikanten Vorteil mit Verlagerung auszugehen. Insbesondere vor dem Hintergrund des bahnseitigen Kapazitätsmangels in Dörpen ist in keinem der Szenarien von einer Änderung der Modalwahl auszugehen.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass bei den ermittelten Wartezeiten eine Transportverlagerung der Zellstofftransporte auf der Relation Emden – Dörpen selbst im 4-Stunden-Szenario und im -1-Meter-Szenario ohne Schleuse gemäß der Kostenvergleiche nicht zu erwarten ist. Somit gäbe es auch keine Auswirkungen auf die Hafestandorte Emden und Dörpen. Berücksichtigt man allerdings, dass nach Angaben der Gesprächspartner der Rundlauf bei einer Wartezeit von mehr als 2 Stunden nicht mehr darstellbar wäre, so müsste dieser in den beiden genannten Szenarien mit mehr Schiffen durchgeführt werden und wäre dadurch teurer. Ebenso ist in diesen Szenarien der Gesamttransport von Finnland aus über Brake unter den getroffenen Annahmen günstiger.⁴⁶ Bei der Relation Brake - Dörpen sind einzelne Nachteile nicht in die Transportzeitberechnung eingeflossen. Daher ist davon auszugehen, dass die im Interview genannte maximale Wartezeit von 2 Stunden den Vorteil der Relation

⁴⁶ S. Fußnote 41.

Emden – Dörpen im Rundlauf ausmacht. Dementsprechend könnte es, wenn eine Anpassung an die Sperrzeiten nicht möglich ist, im 4-Stunden-Szenario ohne Schleuse und im -1-Meter-Szenario ohne Schleuse zu Verlagerungen kommen. In allen Varianten mit Schleusen wäre dies nicht der Fall. Somit ist eine zumindest für Binnengüterschiffe geeignete Schleuse in den beiden Varianten eine Kompensationsmaßnahme, um Verlagerungen mit Sicherheit zu vermeiden.

Bei den Seeschiffen ist ebenfalls davon auszugehen, dass es keine Verlagerungseffekte gibt. Bei den größeren Entfernungen, welche die Seeschiffe zurücklegen, hat die Wartezeit am Sperrwerk nur einen geringen Einfluss auf die Gesamtreisezeit. Eine Beispielrechnung für Seeschiffstransporte nach Papenburg verdeutlicht diese Argumentation. Eine für Papenburg wichtige Relation wurde auf Grundlage des Umschlags in Papenburg nach Gütergruppen ausgewählt. Dabei wurden die aktuellsten verfügbaren Daten aus dem Jahr 2015 zugrunde gelegt.⁴⁷

Tabelle 9-6: Seehafenumschlag in Papenburg 2015 nach Gütergruppen und Richtung

Gütergruppe	Seeeingang in Tonnen	Seeausgang in Tonnen	Anteile am Eingang	Anteile am Ausgang
Torf	157.665	0	38%	0%
Holzabfälle	36.676	0	9%	0%
Splitt, Schotter, Schlacke	47.309	0	11%	0%
Maschinenteile	25.299	140.129	6%	82%
Eisen	38.803	0	9%	0%
Dünger	64.611	0	16%	0%
Stammholz	44.899	0	11%	0%
Plastikschröder	0	15.111	0%	9%
Gummiabfälle	0	16.325	0%	10%
Summe	415.262	171.565	100%	100%

Die wichtigste Gütergruppe ist Torf (Steine und Erden). Die einzige Gütergruppe, welche nicht zu Massengütern zählt und damit eher transportzeitkritisch als transportkostenkritisch ist, sind die Maschinenteile. Der Anteil der Maschinenteile wird gemäß der Seeverkehrsprognose allerdings in beiden Richtungen sinken. Die übrigen Güter sind in der Regel nicht zeitkritisch. Insbesondere bei den Massengütern Steine und Erden stehen die Transportkosten im Vordergrund. Eine längere Transportzeit wird nur dann kritisch, wenn die Transportkosten dadurch deutlich steigen. Als Standardrelation für den Torftransport konnte aus der Verkehrsstatistik die Relation Klaipeda – Papenburg identifiziert werden. Die Reisedistanz beträgt 905 nautische Meilen.⁴⁸ Die eingesetzten Massengutschiffe verkehren mit einer mittleren Reisegeschwindigkeit von 12 Knoten. Daraus ergibt sich eine reine Fahrtzeit von 75 Stunden und 25 Minuten. Hinzu kommt die Schleusenzeit in Papenburg von 45 Minuten. Dies ergibt eine Reisedauer von 76 Stunden und 10 Minuten. Daraus resultieren gemäß den Wertansätzen des Bundesverkehrswegeplans 2030 Gesamtkosten von 46.167 Euro für die

⁴⁷ Es wurde nicht die Seeverkehrsprognose gewählt, weil nur für die Ist-Daten echte Relationen aus der Verkehrsstatistik vorliegen. Für die Seeverkehrsprognose liegen nur Länder bzw. Regionen als Quellen und Ziele der Seetransporte vor.

⁴⁸ Quelle: <http://ports.com/sea-route/>

Reise. Die nachfolgende Tabelle gibt die Wartezeiten für diese Relation in den Szenarien und Varianten an:

Tabelle 9-7: Wartezeiten für die Relation Klaipeda - Papenburg 2030 in Minuten

	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.
Wartezeit in Minuten	200	170	423	201	135	134
Mehrkosten in Euro	737	626	1557	739	496	492
relative Mehrkosten	1,6%	1,4%	3,4%	1,6%	1,1%	1,1%

Die Schiffe haben bei den Auslastungen mit denen sie üblicherweise Richtung Papenburg fahren eine durchschnittliche Lademenge von 4.280 Tonnen. Die Transportkosten pro Tonne betragen im Zustand ohne flexible Sohlschwelle 10,79 Euro. Die Wartezeiten in den Szenarien erhöhen die Transportkosten pro Tonne nur unwesentlich (s. Tabelle 9-8).

Tabelle 9-8: Kostenerhöhung in Euro pro Tonne für die Relation Klaipeda - Papenburg durch die Wartezeiten 2030 in den Szenarien

	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.
Mehrkosten in Euro	0,17	0,15	0,36	0,17	0,12	0,12

Die Beispielrechnung macht deutlich, dass aufgrund der Wartezeiten in den Szenarien eine Verkehrsverlagerung nicht zu erwarten ist. Lediglich im 4-Stunden-Szenario ohne Schleuse betragen die Mehrkosten 0,36 Euro pro Tonne (3,4 %). In den übrigen Szenarien liegen die Mehrkosten jeweils unter 2%.

Somit wäre auch die Hafenwirtschaft in den Seehäfen Leer und Papenburg nicht von Verlagerungseffekten betroffen.

9.2 Zur Wirtschaftlichkeit der Schifffahrt auf der Ems bei Inbetriebnahme einer flexiblen Sohlschwelle

Die Wirtschaftlichkeit der Schifffahrt auf der Ems wird durch die Inbetriebnahme einer flexiblen Sohlschwelle in jedem Fall geschwächt. Es entstehen Wartezeiten, welche die Transporte auf der Ems teurer werden lassen. Eine Änderung der Wirtschaftlichkeit der Schifffahrt auf der Ems führt aber gemäß der Ergebnisse in Abschnitt 9.1 nicht unbedingt zu Änderungen im Transportverhalten.

Eine weitere Beispielrechnung für die Relation Emden – Leer bestätigt dies. Dies ist die kürzeste Relation, die von einer flexiblen Sohlschwelle im Emssperrwerk betroffen ist. Aus diesem Grund ist zu erwarten, dass bei ihr auch der größte Effekt zu erwarten ist. Auf der Relation verkehren Binnenschiffe dreier Tragfähigkeitsklassen (1.000 t – 1.500 t; 1.500 t –

2.000 t; über 3.000 t) mit unterschiedlichen Auslastungsgraden. Tabelle 9-9 gibt einen Überblick über die wirtschaftlichen Kennzahlen der Transporte ohne flexible Sohlschwelle.⁴⁹

Tabelle 9-9: Transportaufkommen und –kosten der Binnenschifffahrt auf der Relation Emden – Leer

Tragfähigkeitsklasse	Gesamtkosten [€]	Ladungsmenge	Kosten [€] pro Tonne
1.000 – 1.500 t	8.301	1.101,00	7,54
1.500 – 2.000 t	9.402	1.354,77	6,94
über 3.000 t	11.059	2.004,73	5,52

Die durchschnittlichen Wartezeiten auf der Relation Emden - Leer verdeutlicht die folgende Tabelle:

Tabelle 9-10: Durchschnittliche Wartezeiten auf der Relation Emden – Leer 2030 in Minuten

	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.
Wartezeiten	52	36	143	84	26	16

Aus diesen Wartezeiten resultieren Mehrkosten (Vorhaltekosten plus Personalkosten) (S. Tabelle 9-11).

Tabelle 9-11: Mehrkosten durch Wartezeiten auf der Relation Emden – Leer

Tragfähigkeitsklasse	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.	ohne Schl.	mit Schl.
Mehrkosten pro Reise in Euro						
1.000 – 1.500 t	47,34	32,70	129,98	76,66	23,83	14,47
1.500 – 2.000 t	53,67	37,07	147,35	86,91	27,02	16,41
über 3.000 t	62,66	43,28	172,05	101,48	31,55	19,16
Mehrkosten pro Tonne in Euro						
1.000 – 1.500 t	0,04	0,03	0,12	0,07	0,02	0,01
1.500 – 2.000 t	0,04	0,03	0,11	0,06	0,02	0,01
über 3.000 t	0,03	0,02	0,09	0,05	0,02	0,01
relative Mehrkosten						
1.000 – 1.500 t	0,6%	0,4%	1,6%	0,9%	0,3%	0,2%
1.500 – 2.000 t	0,6%	0,4%	1,6%	0,9%	0,3%	0,2%
über 3.000 t	0,6%	0,4%	1,6%	0,9%	0,3%	0,2%

⁴⁹ Die Kostenberechnungen wurden gemäß der Methodik des aktuellen Bundesverkehrswegeplans 2030 durchgeführt.

Selbst für die kürzeste relevante Relation bleiben die Mehrkosten so gering, dass diese nicht zu Verlagerungseffekten führen dürften. Zwar gibt es auch Relationen mit längeren Wartezeiten, aber diese sind dann auch durch längere Reisedistanzen mit entsprechend längeren Gesamtreisezeiten gekennzeichnet. Auf den Relationen Emden – Leer und Emden – Dörpen führen diese Verschlechterungen der Wirtschaftlichkeit der Schifffahrt auf der Ems zu keine zusätzlichen Verlagerungseffekten. Es ist davon auszugehen, dass auch auf den anderen Relationen keine weiteren Effekte auftreten.

Bei der Fahrgastschifffahrt wurde bereits erwähnt, dass diese ihren Fahrplan, der bisher tideabhängig gestaltet wurde, bei einer flexiblen Sohlschwelle sperrzeitenabhängig gestalten sollte (s. Abschnitt 4.4). Dies ist möglich.

Somit ist bei der kommerziellen Schifffahrt zwar eine Verschlechterung der Wirtschaftlichkeit der Schifffahrt auf der Ems im Falle einer flexiblen Sohlschwelle zu verzeichnen, aber dieser ist eher gering und hat keine Folgeeffekte wie etwa Verlagerungen auf andere Verkehrsträger.

Die Wirtschaftlichkeit der Unterhaltung dürfte sich hingegen verbessern. Die Baggerkosten werden sinken. Dies wird in den Szenarien bereits dadurch berücksichtigt, dass die Zahl der Baggerfahrten szenarienabhängig abnimmt. Bei der Verkehrssicherung kann es hingegen zu einer wirtschaftlichen Verschlechterung kommen. In den Varianten ohne Schleuse sind Sicherungsfahrzeuge während der Sperrungen einzusetzen. Dies ist relativ kostspielig.

9.3 Mögliche Kapazitätsbeschränkungen für die Schifffahrt aufgrund einer flexiblen Sohlschwelle

Die Simulationen der Verkehre sowohl für das Jahr 2010 als auch für das Jahr 2030 haben keine Kapazitätsprobleme auf der Unter- und Außenems gezeigt. Dies gilt für alle Szenarien und alle Varianten. Für die Varianten mit Schleusen lassen sich gemäß dem Kompendium Nutzen-Kosten-Analysen für Investitionen an Binnenwasserstraßen die Kapazitätsgrenzen ermitteln.⁵⁰ Dies geschieht analog zur Berechnung der Schleusenkapazität in Abschnitt 7.1.⁵¹

Die Kapazität einer Seeschleuse (mit den Parametern gemäß Tabelle 8-2) bei gegebener Flottenstruktur liegt im 4-Stunden-Szenario bei 16.524 Schiffen pro Richtung, d.h. 33.048 Schiffsschleusungen insgesamt. Sie liegt somit weit über der für das Jahr 2030 prognostizierten Anzahl an Schiffsbewegungen. Das 4-Stunden-Szenario wurde gewählt, weil in diesem Szenario der größte Engpass entsteht.

⁵⁰ Die Taktung der eintreffenden Schiffe aufgrund der Taktung durch die Schleuse Herbrum bzw. seeseitig aufgrund der tidebedingten Taktung wurde durch einen entsprechend geringen Anteil poissonverteilter Ankünfte bei der Berechnung der Kapazitäten berücksichtigt.

⁵¹ Im Unterschied zu der Kapazitätsberechnung dort wird an dieser Stelle von einem Betrieb während der Sperrzeiten ausgegangen. Somit ist die Kapazität natürlich geringer. Allerdings gilt dies nur, wenn während der Nicht-Betriebszeiten, dass Sperrwerk geschlossen wäre. Folglich ist ein Vergleich mit den dortigen Ergebnissen nicht zulässig. Vielmehr ist davon auszugehen, dass außerhalb der Betriebszeiten die Kapazität um ein Vielfaches höher ist als während des Betriebs.

Es besteht allerdings auch die Möglichkeit, eine Binnenschiffsschleuse in das Sperrwerk einzubauen. In diesem Fall stünde die Kapazität nur Binnenschiffen zur Verfügung und Seeschiffe müssten wie in den Varianten ohne Schleuse warten. Für den Bau einer Binnenschiffsschleuse gibt es zwei Varianten. Es kann eine Doppelkammer- und eine Einzelkammerschleuse gebaut werden. Für beide Varianten wurde die Kapazität im 4-Stunden-Szenario berechnet.

Bei einer Doppelkammerschleuse beträgt die Kapazität pro Richtung 24.161 Schiffsschleusungen, d.h. 48.322 Schiffsschleusungen insgesamt. Bei einer Einzelkammerschleuse liegen die Kapazitäten bei 12.081 Schleusungen pro Richtung, d.h. 24.162 Schleusungen insgesamt.

Somit entsteht in keiner Schleusen-Variante ein Engpass und es bestehen noch Kapazitätsreserven über die für 2030 prognostizierte Schiffsanzahl hinaus. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass die Schleusen nur gemäß dem 4-Stunden-Szenario im Betrieb sind und in der restlichen Zeit die Kapazität deutlich höher liegt. Weiter gilt es zu beachten, dass über 10.000 Kleinfahrzeuge in der prognostizierten Flotte enthalten sind. Diese können bei Engpässen auch auf den Ems-Seitenkanal ausweichen.

9.4 Kompensationsbedarf wegen der Auswirkungen einer flexiblen Sohlschwelle

Der Einbau einer flexiblen Sohlschwelle in das Emssperwerk führt zu Beeinträchtigungen für die Schifffahrt. Diese können ganz oder zumindest teilweise durch Kompensationsmaßnahmen verhindert bzw. gemildert werden.

Die erste Möglichkeit scheint die Nutzung des Ems-Seitenkanals zu sein. Der Ems-Seitenkanal führt von Kilometer 30 mit zwei Schleusen bis zum Binnenhafen in Emden. Er hat eine mögliche Tauchtiefe von 1,55 bis 2 Metern. Allein die Tiefgangsbeschränkung bewirkt, dass lediglich 27 % der Binnengüterschiffe den Kanal passieren könnten. Die mindestens zwei Schleusen, die passiert werden müssen, verursachen bei einer angenommenen Schleusenzeit (Gesamtzeitverlust an der Schleuse) von 45 Minuten 90 Minuten Verzögerung durch die Wahl des Ems-Seitenkanals gegenüber der Ems. Dies bedeutet, dass der Ems-Seitenkanal allein aus Zeitgründen nur im 4-Stunden-Szenario ohne Schleuse bei den einlaufenden Schiffen und im -1-Meter-Szenario ohne Schleuse nur bei den auslaufenden Schiffen eine vorteilhafte Alternative wäre (s. Tabelle 9-12).

Tabelle 9-12: Mittlere Wartezeiten der Binnenschiffe in den Szenarien 2030 in Minuten

	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend	Auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
ohne Schleuse	91	37	210	64	68	113
mit Schleuse	56	15	102	21	45	57

Schiffe, deren Fahrt nicht in Emden beginnt oder endet, haben noch eine weitere Schleuse in Emden zu passieren. Damit wird der Zeitvorteil der Ems gegenüber dem Emsseitenkanal noch größer. Ungeachtet weiterer Einschränkungen ist allein aus diesen Aspekten (Reisezeit

und Abmessungs- bzw. Tiefgangsbeschränkungen) der Ems-Seitenkanal keine Alternative zur Ems.

Für die Seeschiffe besteht auf den Relationen mit Papenburg und Leer keine Alternative zur Ems. Als Kompensationsmaßnahme sind daher Liegeplätze am Sperrwerk einzurichten, damit sie überhaupt diese Seehäfen anlaufen können sind, sofern keine anderen Maßnahmen ergriffen werden (s. 8.3.2 bzw. Tabelle 9-13).

Tabelle 9-13: Anzahl der für Seeschiffe erforderlichen Liegeplätze in den Szenarien mit und ohne Schleuse 2030

	ohne Schleuse	mit Schleuse
2-Stunden-Szenario	5	4
4-Stunden-Szenario	5	4
-1-Meter-Szenario	4	4

Es sollten Alternativen in Betracht gezogen werden, da es für Seeschiffe problematisch ist, Liegeplätze im Strom anzulaufen und zu nutzen. Eine Alternative ist eine Tiefgangsbeschränkung für Seeschiffe. Eine Tiefgangsbeschränkung kann verhindern, dass ein Seeschiff nach Durchfahren des Sperrwerks einen Liegeplatz anlaufen muss, um auf ausreichendes Wasser für die Weiterfahrt zu warten. Ergänzend hierzu können verkehrsleitende Maßnahmen ergriffen werden.

Außerdem könnte für die Seeschiffe der Nachtumschlag ermöglicht werden, um zusätzliche Verzögerungen in Folge der Wartezeiten in den Szenarien zu mindern. Nur dann ist sichergestellt, dass die Beeinträchtigungen durch die flexible Sohlschwelle in jedem Fall minimiert werden.

Während für die Seeschiffe die Anzahl der Liegeplätze oder eine Tiefgangsbeschränkung notwendig ist, ist dies bei den Binnenschiffen nicht der Fall. Auch bei Ihnen gibt es eine maximale Zahl wartender Schiffe. Die Binnenschiffe müssen aber nicht alle zwingend am Sperrwerk warten. Die maximal notwendige Zahl von Liegeplätzen zeigt Tabelle 9-14.

Tabelle 9-14: Anzahl der wartenden Binnenschiffe in den Szenarien mit und ohne Schleuse 2030

	ohne Schleuse	mit Schleuse
2-Stunden-Szenario	21	11
4-Stunden-Szenario	23	12
-1-Meter-Szenario	30	26

Bei den Binnenschiffen gibt es noch eine weitere Kompensationsmaßnahme, welche Auswirkungen der Wartezeiten mindert. Die Schleusen in Herbrum und Bollingerfähr könnten auf einen 24-Stunden-Betrieb umgestellt werden. Dies kann auch ein Betrieb auf Anmeldung sein. Nicht alle Binnenschiffe werden diese Änderung nutzen können, da nicht alle im Dauerbetrieb fahren. Die Rundläufe mit Dörpen würde diese Maßnahme aber sichern.

Selbst die Schleusen im Sperrwerk können als Kompensationsmaßnahme interpretiert werden. Sie vermindern die Wartezeiten. Dabei stellt sich die Frage nach der Wirtschaftlichkeit (s. Abschnitt 10).

Für die große Zahl der Kleinfahrzeuge ist es sehr wahrscheinlich nicht möglich Liegeplätze im ausreichenden Maße am Sperrwerk zur Verfügung zu stellen. Für die Kleinfahrzeuge ist allerdings der Ems-Seitenkanal eine Alternative, die genutzt werden kann. In welchem Umfang weitere Kompensationsmaßnahmen für die Kleinfahrzeuge durchgeführt werden sollten, hängt sehr stark von der Reaktion der Freizeitschiffer auf die Wartezeiten an der flexiblen Sohlschwelle bzw. auf die Veränderungen an der Unter- und Außenems ab.

9.5 Mögliche Auswirkungen auf die maritime Hafenwirtschaft und den Tourismus

Wie in Abschnitt 9.1 geschildert, sind Auswirkungen auf die maritime Hafenwirtschaft nicht zu erwarten. Eine Ausweitung der Betriebszeiten der Schleuse Papenburg ist nicht erforderlich, da sie bereits im 24-Stundenbetrieb arbeitet. Lediglich die Ankunfts- und Abfahrtszeiten der Schiffe können sich verschieben. Hieraus können sich neue Umschlagzeiten bei einzelnen Relationen ergeben. Somit ist lediglich der mögliche Nachtumschlag als Kompensationsmaßnahme anzusehen und die Auswirkungen zu berücksichtigen. Der Gesamteffekt auf die maritime Hafenwirtschaft bleibt aber gering.

Die Auswirkungen auf die Fahrgastschifffahrt führen zu keinen weiteren Einschränkungen (s. Abschnitt 9.2). Vor diesem Hintergrund auch keine Veränderung beim Tourismus zu erwarten. Die Fahrgastschifffahrt ist nicht signifikant beeinträchtigt. Somit ändern sich auch keine tourismusrelevanten Bedingungen.

Lediglich die Situation für die Kleinfahrzeuge ändert sich. Sie müssen mit Wartezeiten am Sperrwerk rechnen (s. Tabelle 9-15). Diese betragen im 4-Stunden-Szenario ohne Schleuse im Mittel maximal knapp 1,5 Stunden. Mit Schleuse beträgt die maximale durchschnittliche Wartezeit 47 Minuten. Sie ergibt sich ebenfalls im 4-Stunden-Szenario.

Tabelle 9-15: Mittlere Wartezeiten der Kleinfahrzeuge in den Szenarien 2030 in Minuten

	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
ohne Schleuse	34	40	77	86	65	60
mit Schleuse	25	26	47	42	42	38

Diesen Wartezeiten steht allerdings eine sauberere, d.h. schwebstoffärmere Unterems gegenüber. Die Freizeitschifffahrt könnte von dem saubereren Wasser profitieren. Dies ist u.a. für die Motoren von Vorteil. Somit lässt sich keine eindeutige Aussage darüber treffen, ob die flexible Sohlschwelle positiv oder negativ auf die Freizeitschifffahrt wirkt. Damit bleibt ebenfalls die weitergehende Wirkung auf die Tourismusbranche unklar. Die Freizeitschifffahrt ist nur ein Teil der Tourismusnachfrage. Die übrige Tourismusnachfrage wird, wie bereits erörtert, nicht von der flexiblen Sohlschwelle beeinflusst.

10 Fazit

Die Simulationen zeigen, dass unabhängig vom gewählten Szenario in allen Fällen sämtliche prognostizierten Schiffsreisen möglich bleiben. Hierzu bedarf es aber „Kompensationsmaßnahmen“ zur beweglichen Sohlschwelle. Damit Seeschiffe die Häfen Papenburg und Leer mit unverändert hohen Tiefgängen auch in den Szenarien erreichen können, müssen Liegeplätze für die Seeschiffe am Sperrwerk eingerichtet werden. Dies gilt für alle Szenarien. Es besteht allerdings auch durch Einführung von Tiefgangsbeschränkungen die Möglichkeit ohne Seeschifflichegeplätze die Verkehre aufrechtzuerhalten. Die Tiefgangsbeschränkung muss ausreichend sein, um den Fall von Schiff 1 (s. Abbildung 8-15) zu verhindern und das Warten eines Seeschiffs am Sperrwerk ausschließen zu können. D.h. die Tiefgangsbeschränkung muss verhindern, dass ein Schiff nur ausgewählte Tiden mit hinreichend hohem Wasserstand zur Weiterfahrt nutzen kann. Ergänzend zur Tiefgangsbeschränkung sollten verkehrsleitende Maßnahmen ergriffen werden. Werden weder Tiefgangsbeschränkungen noch verkehrsleitende Maßnahmen eingeführt, so ist die Zahl der notwendigen Seeschifflichegeplätze vom Szenario abhängig. In den Varianten mit Schleuse sollte eine gewisse Mindestanzahl von Seeschifflichegeplätzen eingerichtet werden.

Die Anzahl der Liegeplätze für Schiffe der übrigen Kategorien mit Wartezeiten wird von den Kosten und den Eingriffsmöglichkeiten der Verkehrsleitung beeinflusst. Allein die Zahl der Binnengüterschiffe mit Wartezeit variiert in den Szenarien von 11 Schiffen im 2-Stunden-Szenario mit Schleuse bis 30 Schiffen im -1-Meter-Szenario ohne Schleuse. In allen Fällen sollte eine Mindestanzahl von Liegeplätzen bereitgestellt werden. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass Seeschifflichegeplätze auch von Binnenschiffen genutzt werden können und Kleinfahrzeuge nicht nur Seeschifflichegeplätze, sondern auch Binnenschifflichegeplätze zusätzlich zu speziellen Liegeplätzen für Kleinfahrzeuge nutzen können.

Um die negativen Auswirkungen auf die Binnenschifffahrt zu minimieren, könnten die Schleusenbetriebszeiten der Schleusen in Herbrum und in Bollingerfähr auf einen 24-Stunden-Dienst ausgedehnt werden. Dadurch wird der störende Einfluss der flexiblen Sohlschwelle insbesondere auf die Rundläufe und Linienverkehre soweit minimiert, dass sie weiterbestehen können. Dabei ist es unwesentlich, ob die Schleusen 24 Stunden besetzt sind oder ob sie nur in Ausnahmefällen nach Anmeldung auch außerhalb der normalen Dienstzeiten besetzt sind.

Der Einfluss auf die Fahrgastschifffahrt ist vergleichsweise gering. Es entstehen zwar Wartezeiten bei unveränderten Abfahrtszeiten, aber eine Fahrplananpassung zur Vermeidung der Wartezeiten ist möglich. Bei den Fahrgastschiffen ohne Fahrplan müssen die Einzelfahrten entsprechend geplant und gegebenenfalls Wartezeiten in Kauf genommen werden. Grundsätzlich kann die Fahrgastschifffahrt weiter betrieben werden.

Für die behördlichen Schiffe und die Baggerschiffe müssen die Fahrten ebenfalls entsprechend geplant werden, um Wartezeiten zu minimieren bzw. zu vermeiden. In jedem Fall wird die Zahl der Baggerfahrten reduziert. Dafür erhöht sich aber für die Varianten ohne Schleuse der Aufwand für die Verkehrssicherung. In diesen Fällen müssen Sicherungsschiffe am Sperrwerk patrouillieren. Außerdem gilt es den Einfluss der flexiblen Sohlschwelle auf Rettungseinsätze zu minimieren. Sollten Rettungs- oder Polizeischiffe im Einsatz das Sperrwerk passieren müssen, so ist dieses für sie schnellstmöglich zu öffnen bzw. prioritär eine Schleusung durchzuführen.



Der größte Unsicherheitsfaktor bei den Simulationen und auch bei den Kompensationsmaßnahmen ist die Freizeitschifffahrt in Form von Kleinfahrzeugen. Deren Anzahl ist so hoch, dass an den Bau von einer ausreichenden Zahl von Liegeplätzen am Sperrwerk nicht zu denken ist. Dies gilt insbesondere, sofern die Freizeitschiffer nicht auf die Sperrzeiten reagieren und den Ems-Seitenkanal als Alternative nutzen. Eine Schätzung, wie viele Liegeplätze für Kleinfahrzeuge eingeplant werden sollten ist kaum möglich. Für die hohe Zahl der Kleinfahrzeuge scheint die Einführung von verkehrsleitenden Regelungen sinnvoll.

Auswirkungen auf die Hafenwirtschaft und den Tourismus sind eher gering. Die Häfen werden keine Einbußen beim Umschlag haben, da keine Verlagerungseffekte auftreten. Der Tourismus bezogen auf die Fahrgastschifffahrt wird ebenfalls keine Veränderungen erfahren. Die Reaktionen der Freizeitschifffahrt determinieren mögliche Veränderungen in diesem Tourismussegment. Grundsätzlich bestehen weiterhin alle Möglichkeiten der Freizeitschifffahrt und die flexible Sohlschwelle hat sowohl Vor- als auch Nachteile für die Freizeitschifffahrt.

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass die flexible Sohlschwelle grundsätzlich die Wirtschaftlichkeit der Schifffahrt negativ und die Attraktivität der Unter- und Außenems sowohl positiv als auch negativ beeinflusst. Dies führt aber nicht zu indirekten negativen Effekten wie Verkehrsverlagerungen und Umschlagrückgängen in den Häfen. Ob der Bau einer flexiblen Sohlschwelle im Emssperrwerk auch volkswirtschaftlich sinnvoll, d.h. volkswirtschaftlich rentabel, ist, bleibt offen. Um eine solche Aussage treffen zu können, bedarf es einer Nutzen-Kosten-Analyse. Ebenso wenig ist entschieden, welches Szenario zu präferieren ist. Dies ist letztlich ebenfalls nur auf Grundlage einer Nutzen-Kosten-Untersuchung belastbar zu ermitteln. Folgende Bedingungen werden allerdings einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf das Ergebnis einer Nutzen-Kosten-Untersuchung haben:

Die Varianten mit Schleuse wurden unter der Annahme simuliert, dass eine Seeschleuse in das Sperrwerk eingebaut wird. Von den insgesamt maximal 19.256 prognostizierten Schiffsbewegungen auf dem relevanten Emsabschnitt im Jahr 2030 entfallen lediglich 790 auf Seeschiffe. Es stellt sich somit die Frage, ob die 790 Schiffsbewegungen mit der entsprechenden Wartezeitverkürzung in den Szenarien mit Schleuse die Mehrkosten einer Seeschleuse gegenüber einer Binnenschleuse rechtfertigen. Mit Ausnahme der Seeschiffe können alle anderen Schiffskategorien auch eine Binnenschleuse passieren. Eine andere Fragestellung ist, ob eine Doppelkammer- oder Einzelkammerschleuse zielführend ist. Die Kapazitäten beider Schleusenvarianten sind auf alle Fälle ausreichend (s. Abschnitt 9.3).

Tabelle 10-1 macht deutlich, in welchen Szenarien die Wirkung einer Seeschleuse am bedeutsamsten ist. Im 4-Stunden-Szenario reduziert eine Seeschleuse die mittlere Wartezeit der einlaufenden Seeschiffe um 143 Minuten, d.h. 2 Stunden und 23 Minuten. In allen übrigen Szenarien und Richtungen liegt die Wirkung auf die mittlere Wartezeit unter 20 Minuten. Betrachtet man die Summe der Wartezeiten, so bestätigt sich der Eindruck, dass die Seeschleuse ihre volle Wirkung in erster Linie im 4-Stunden-Szenario entfaltet. In diesem Szenario würde sie bei den einlaufenden Seeschiffen eine Wartezeitersparnis von gut 940 Stunden pro Jahr bewirken und insgesamt bei Seeschiffen von rund 945 Stunden pro Jahr. Im 2-Stunden-Szenario würde sie insgesamt lediglich knapp 105 Stunden Wartezeit pro Jahr verhindern und im -1-Meter-Szenario insgesamt rund 150 Stunden pro Jahr.

Tabelle 10-1: Wirkung von Schleusen auf die Wartezeiten der Seeschiffe in den Szenarien 2030 in Minuten

	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
mittlere Wartezeit	16	0	143	1	9	13
Summe Wartezeit	6.268	10	56.412	273	3.690	5.323

Somit ist die Frage der Wirtschaftlichkeit einer Seeschleuse sehr stark von dem gewählten Szenario abhängig.

Es bleibt die grundsätzliche Frage bestehen, welches Szenario zu präferieren ist. Betrachtet man nur die Auswirkungen auf die Schifffahrt insgesamt, so ist das 2-Stunden-Szenario am vorteilhaftesten. Die Wartezeitensummen (s. Tabelle 10-2) sind in dem Szenario am geringsten.

Tabelle 10-2: Summe der Wartezeiten aller Schiffe in den Szenarien 2030 in Minuten

	2-Stunden-Szenario	4-Stunden-Szenario	-1-Meter-Szenario
ohne Schleuse	640.954	1.510.863	696.695
mit Schleuse	432.357	807.737	459.058

Einzelne Schiffskategorien wie zumindest die Fahrgastschifffahrt (s. Abschnitt 4.4) werden ihr Verhalten anpassen. Betrachtet man vor diesem Hintergrund nur die Wartezeiten der Güterschifffahrt, so ergibt sich folgendes Bild:

Tabelle 10-3: Summe der Wartezeiten aller Güterschiffe in den Szenarien 2030

	2-Stunden-Szenario	4-Stunden-Szenario	-1-Meter-Szenario
ohne Schleuse	455.948	1.079.586	340.648
mit Schleuse	295.237	546.827	235.490

Aus diesem Blickwinkel ist das -1-Meter-Szenario das Vorteilhafteste. Bei sämtlichen angebotenen Betrachtungen gilt es allerdings zu berücksichtigen, dass ausschließlich die Wirkung auf die Schifffahrt betrachtet wurde. Die Wirkungen auf die Verschlickung und die Unterhaltungskosten der Unter- und Außenems fanden keine Berücksichtigung. Diese müssten als positive Wirkungen in eine Nutzen-Kosten-Analyse einbezogen werden. Hierzu lagen im Rahmen dieser Untersuchung keine Informationen vor.

Insgesamt hat sich gezeigt, dass die Simulationen sehr ergebnisstabil sind. Lediglich bei den Seeschiffen ist eine Geschwindigkeitserhöhung auf dem unteren Emsabschnitt wirksam (s. Abschnitt 11). Parameterveränderungen bei der Schleusensimulation zeigen nur bei den Kleinfahrzeugen Wirkung (s. Abschnitt 11).

Abschließend ist noch zu erwähnen, dass seitens des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) ein weiteres Szenario zur Reduzierung der Verschlickung der Unterems untersucht wird. Das NLWKN-Szenario basiert auf einer vierstündigen Schließung des Sperrwerks. In der vierstündigen Sperrung sind die Zeiten für den Schließvorgang ebenso wie die Zeiten für das Öffnen des Sperrwerks enthalten. Zusätzlich zu diesen Sperrzeiten ist das Sperrwerk 15 Minuten vor Beginn des Schließvorgangs und 15 Minuten nach Beendigung des Öffnens aus Sicherheitsgründen gesperrt. Diese sicherheitsbedingten Sperrzeiten korrespondieren mit den Annahmen in den simulierten Szenarien. Im Gegensatz zu den Szenarien der Flutstromsteuerung (2-Stunden-Szenario und 4-Stunden-Szenario) beginnt der Schließvorgang im NLWKN-Szenario aber nicht zum Ebbstromkenterpunkt sondern 15 Minuten davor. Tabelle 10-4 zeigt die zeitlichen Verläufe der Sperrungen in den Szenarien bezogen auf den Ebbstromkenterpunkt.

Tabelle 10-4: Zeitlicher Verlauf der Sperrungen im NLWKN-, im 2-Stunden- und im 4-Stunden-Szenario

	Begin der Sperrung inklusive Sicherung	Ende der Sperrung inklusive Sicherung	Gesamtsperrzeit
NLWKN	30 Minuten vor Ebbstromkenterpunkt	4 Stunden nach Ebbstromkenterpunkt	4 Stunden und 30 Minuten
2-Stunden-Szenario	15 Minuten vor Ebbstromkenterpunkt	3 Stunden 35 Minuten nach Ebbstromkenterpunkt	3 Stunden und 50 Minuten
4-Stunden-Szenario	15 Minuten vor Ebbstromkenterpunkt	5 Stunden 35 Minuten nach Ebbstromkenterpunkt	5 Stunden und 50 Minuten

Tabelle 10-4 zeigt, dass im NLWKN-Szenario die Sperrung 15 Minuten früher als im 2-Stunden-Szenario beginnt und 25 Minuten später endet. Daraus folgt, dass im NLWKN-Szenario mindestens die gleiche Schiffsanzahl von der Sperrung betroffen ist wie im 2-Stunden-Szenario. Das NLWKN-Szenario ändert nach Informationen des NLWKN sowohl Wasserstände als auch Strömungsverhältnisse bezogen auf die natürlichen Gegebenheiten nur so geringfügig, dass die Beeinträchtigung der Schifffahrt direkt aus den Sperrzeiten hergeleitet werden kann. Unter der Annahme, dass damit auch die Wasserstände und Strömungsverhältnisse mit denen des 2-Stunden und des 4-Stunden-Szenarios vergleichbar sind, kann davon ausgegangen werden, dass die Wartezeiten, die vom NLWKN Szenario generiert werden, zwischen dem 2-Stunden Szenario und dem 4-Stunden Szenario liegen, vermutlich aber dichter beim 2-Stunden Szenario als am 4-Stunden Szenario. Die Vermutung basiert darauf, dass die Gesamtsperrzeit im NLWKN-Szenario näher an der des 2-Stunden-Szenarios als an der des 4-Stunden-Szenarios liegt.

Inwieweit der um 15 Minuten vorgezogene Beginn der Sperrung gegenüber dem 4-Stunden-Szenario Bedeutung hat, kann nur geschätzt werden. Die Wahrscheinlichkeit größerer Auswirkungen ist unter der Annahme ähnlicher Strömungsverhältnisse im NLWKN-Szenario und im 4-Stunden-Szenario allerdings nicht hoch.

Eine endgültige Aussage zu den Wartezeiten im NLWKN-Szenario ist letztlich nur durch eine Simulation mit den Tideparametern dieses Szenarios möglich.

11 Anhang: Variationen der Simulationsparameter

Es wurden verschiedene Parameterkonstellationen bei den Simulationen getestet. Eine Variation war die Geschwindigkeit der einlaufenden Seeschiffe ab dem Sperrwerk. In der Basis-simulation wurde davon ausgegangen, dass Seeschiffe diesen Abschnitt maximal mit 6 Knoten (Geschwindigkeitsprofil v6) befahren. Als Variation wurde davon ausgegangen, dass sie dies mit maximal 8 Knoten (Geschwindigkeitsprofil v8) tun. Als zweite Variation wurden in den Varianten mit Schleuse die Einfahrt- und Ausfahrtfolgezeiten unterstellt, wie sie ursprünglich vom WSA genannt wurden. Tabelle 11-1 bietet eine Übersicht über die Variationen der Simulation.

Tabelle 11-1: Übersicht Simulationsrechnungen

Jahr und Szenario	Parameterkonstellationen					
2010 Ist Zustand.	Geschwindigkeitsprofil v6			Geschwindigkeitsprofil v8		
	ohne Schleuse			ohne Schleuse		
2010 2-Std.	Geschwindigkeitsprofil v6			Geschwindigkeitsprofil v8		
	ohne Schleuse	mit Schleuse		ohne Schleuse	mit Schleuse	
		Parameter WSA	Parameter Planco		Parameter WSA	Parameter Planco
2010 4-Std.	Geschwindigkeitsprofil v6			Geschwindigkeitsprofil v8		
	ohne Schleuse	mit Schleuse		ohne Schleuse	mit Schleuse	
		Parameter WSA	Parameter Planco		Parameter WSA	Parameter Planco
2010 -1-Meter.	Geschwindigkeitsprofil v6			Geschwindigkeitsprofil v8		
	ohne Schleuse	mit Schleuse		ohne Schleuse	mit Schleuse	
		Parameter WSA	Parameter Planco		Parameter WSA	Parameter Planco
2030 Ist Zustand.	Geschwindigkeitsprofil v6			Geschwindigkeitsprofil v8		
	ohne Schleuse			ohne Schleuse		
2030 2-Std.	Geschwindigkeitsprofil v6			Geschwindigkeitsprofil v8		
	ohne Schleuse	mit Schleuse		ohne Schleuse	mit Schleuse	
		Parameter WSA	Parameter Planco		Parameter WSA	Parameter Planco
2030 4-Std.	Geschwindigkeitsprofil v6			Geschwindigkeitsprofil v8		
	ohne Schleuse	mit Schleuse		ohne Schleuse	mit Schleuse	
		Parameter WSA	Parameter Planco		Parameter WSA	Parameter Planco
2030 -1-Meter.	Geschwindigkeitsprofil v6			Geschwindigkeitsprofil v8		
	ohne Schleuse	mit Schleuse		ohne Schleuse	mit Schleuse	
		Parameter WSA	Parameter Planco		Parameter WSA	Parameter Planco

Die Auswirkungen der Geschwindigkeitserhöhung zeigen sich verständlicher Weise nur bei den einlaufenden Seeschiffen. Es galt aber zu prüfen, ob durch diese Variation die Szenarien derart verändert werden, dass sich ein anderes Szenario als im Fall ohne Geschwindigkeitserhöhung als das vorteilhaft erweist.

Tabelle 11-2 macht deutlich, dass zwar die Wirkung der Geschwindigkeitserhöhung in den Szenarien unterschiedlich starke Auswirkungen hat, aber das -1-Meter-Szenario für die Seeschiffe 2010 weiterhin das günstigste wäre.

Tabelle 11-2: Wartezeitenvergleich der einlaufenden Seeschiffe 2010 in Minuten – Variante ohne Schleuse (Geschwindigkeitsprofil v6 versus v8)

	2-Stunden Szenario	4-Stdunden-Szenario	-1-Meter-Szenaio
Seeschiffe v6	131	438	52
Seeschiffe v8	81	351	36
Differenz	50	87	16

Es blieb zu prüfen, ob diese Aussage auch für das Jahr 2030 gilt. Die einlaufenden Seeschiffe können durch Erhöhung ihrer Geschwindigkeit im letzten Fahrtabschnitt ihre durchschnittliche Wartezeit im 2-Stunden-Szenario um 3% senken, im 4-Stunden-Szenario um 21% und im -1-Meter-Szenario um 2%. Letztlich ist die Verbesserung im 2-Stunden-Szenario im Jahr 2030 aber nicht ausreichend groß, um bei den einlaufenden Seeschiffen günstiger als das -1-Meter-Szenario zu sein (s. Tabelle 11-3).

Tabelle 11-3: Wartezeitenvergleich der einlaufenden Seeschiffe 2010 in Minuten – Variante ohne Schleuse (Geschwindigkeitsprofil v6 versus v8)

	2-Stunden Szenario	4-Stunden-Szenario	-1-Meter-Szenario
Seeschiffe v6	140	391	100
Seeschiffe v8	136	307	98
Differenz	4	84	2

Die Wartezeitreduktionen fallen beim Geschwindigkeitsprofil v8 absolut niedriger aus als beim Geschwindigkeitsprofil v6, da die Wartezeiten sowohl in der Variante mit als auch ohne Schleuse niedriger sind. Relativ betrachtet sind die Verbesserungen aber denen beim Geschwindigkeitsprofil v6 sehr ähnlich. Somit wird an dieser Stelle auf eine Darstellung des Geschwindigkeitsprofils v8 verzichtet.

Den Einfluss der beiden unterschiedlichen Annahmen beim Schleusenmodell macht Tabelle 11-4 für das Jahr 2010 deutlich.

Tabelle 11-4: Vergleich Wartezeiten 2010 in Minuten – WSA-Variante mit Schleuse versus Planco-Variante mit Schleuse (Geschwindigkeitsprofil v6)

WSA-Variante						
Schiffskategorie	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
Seeschiffe	81	8	232	16	44	9
Binnengüterschiffe	56	12	106	18	44	35
Fahrgastschiffe	30	10	70	18	22	41
Sonstige	46	7	89	18	31	20
Kleinfahrzeuge	25	25	46	41	41	37
Planco-Variante						
Schiffskategorie	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
Seeschiffe	80	8	219	16	43	9
Binnengüterschiffe	56	10	105	16	42	32
Fahrgastschiffe	27	10	54	16	20	36
Sonstige	46	7	88	16	31	19
Kleinfahrzeuge	19	18	32	27	26	28
Differenz						
Schiffskategorie	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
Seeschiffe	1	0	13	0	1	0
Binnengüterschiffe	1	1	1	2	2	3
Fahrgastschiffe	3	1	16	2	2	5
Sonstige	0	0	1	2	0	1
Kleinfahrzeuge	6	8	15	15	15	10

Erwartungsgemäß ist der Einfluss verkürzter Einfahrt- und Ausfahrtfolgezeiten bei den Kleinfahrzeugen auf die Wartezeiten dieser Schiffskategorie am größten. Der Zeitvorteil liegt zwischen 25% einlaufend im 2-Stunden-Szenario und 36 % einlaufend im -1-Meter-Szenario. Bei den übrigen Schiffskategorien sind diese Auswirkungen deutlich geringer.

Auch für die Simulation des Jahres 2030 wurde getestet, welchen Einfluss die unterschiedlichen Annahmen bezüglich der Schleusenparameter haben. Den Einfluss macht Tabelle 11-5 deutlich.

Tabelle 11-5: Vergleich Wartezeiten 2030 – WSA-Variante mit Schleuse versus Planco-Variante mit Schleuse (Geschwindigkeitsprofil v6)

WSA-Variante						
Schiffskategorie	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
Seeschiffe	124	17	249	26	91	17
Binnengüterschiffe	56	15	102	21	45	57
Fahrgastschiffe	32	10	68	19	23	45
Sonstige	15	12	31	15	21	33
Kleinfahrzeuge	25	26	47	42	42	38
Planco-Variante						
Schiffskategorie	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
Seeschiffe	124	17	245	26	91	17
Binnengüterschiffe	55	14	101	19	43	52
Fahrgastschiffe	29	9	56	16	20	38
Sonstige	15	12	30	15	21	33
Kleinfahrzeuge	19	18	33	27	28	29
Differenz						
Schiffskategorie	2-Stunden-Szenario		4-Stunden-Szenario		-1-Meter-Szenario	
	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend	einlaufend	auslaufend
Seeschiffe	0	0	4	0	0	0
Binnengüterschiffe	1	1	1	3	2	4
Fahrgastschiffe	3	0	12	2	3	7
Sonstige	0	0	0	0	0	-1
Kleinfahrzeuge	6	7	14	15	14	9

Im Jahr 2030 liegt die Verringerung der Wartezeiten für Kleinfahrzeuge zwischen 22% auslaufend im 2-Stunden-Szenario und 36 % auslaufend im 4-Stunden-Szenario. Bei den übrigen Schiffskategorien sind diese Auswirkungen deutlich geringer.