

Im Auftrag des:

Ministeriums für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung Mecklenburg-Vorpommern

**Ergänzendes nautisches Gutachten zu Anforderungen des geplanten Ausbaus des Seekanals Rostock an die Dimensionierung, Lage und Nutzung weiterer nautischer Einrichtungen, insbesondere der Reede Rostock sowie die Lotsenversetzstation „Diamond“ vor dem Hintergrund der Errichtung eines Offshore-Windparks im Windenergievorranggebiet nordwestlich Rostock-Warnemünde
(Testfeld und kommerzielle Fläche)**

Arbeitstitel: **Maritime Rostocker Sicherheit (MaRoSi)**

Erstellt durch: Schiffahrtsinstitut Warnemünde e.V.

An der Hochschule Wismar

Richard-Wagner-Str. 31

D – 18119 Rostock

Verantwortlicher: Prof. Dr.-Ing. Reinhard Müller-Demuth, Kapt.

Inhaltsverzeichnis

1	Präambel	4
2	Verkehrliche Einordnung des Untersuchungsgebietes hinsichtlich der Schifffahrt	5
2.1	Bedingungen und Vorschriften für zulaufende Verkehre (NOK, Großer Belt, Sund, Östliche Ostsee)	5
2.2	Navigatorische Beschreibung der Reede Rostock	6
2.3	Navigationstechnische Besonderheiten von Schiffen mit bis zu 15m Tiefgang	9
3	Geeignetheit und Erweiterung der Reede Rostock für 15 m tiefgehende Schiffe	11
4	Schiffsverkehre in Relation der Reede Rostock und dem Seekanal	16
5	Erreichbarkeit der Reede Rostock für Schiffe mit einem Tiefgang von bis zu 15 m bei Existenz eines Testfeldes.....	22
5.1	Die Erreichbarkeit der Ansteuerung der Rostocker Seehäfen.....	25
5.2	Erreichbarkeit der Reede Rostock bei Existenz des Testfeldes	26
6	Organisation des Hafenzulaufs bei Existenz des Testfeldes und der Reedenutzung	27
7	Lotstechnische Veränderungen beim Nutzen der Reede Rostock unter der Annahme eines Testfeldes im Untersuchungsgebiet	30
8	Empfehlungen / Maßnahmen hinsichtlich der Verkehrssicherung aus nautischer Sicht mittels passiver Verkehrssicherungssysteme für das Ansteuern Rostock.....	32
9	Empfohlenen Maßnahmen für den Erhalt der Leichtigkeit in der Schifffahrt für das Revier Rostock mittels aktiver Verkehrssicherung	33
10	Zusammenfassende Bewertung.....	35
11	Quellenververzeichnis.....	37

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Windverhältnisse südliche Ostsee [21]	7
Abb. 2: ECDIS Ausschnitt mit Reede Rostock und Gebietsvorschlag „Testfeld und kommerzielle Fläche Warnemünde“ unter Verwendung von Koordinaten nach [15]	8
Abb. 3: Gebiete_fuer_Schiffahrt_LEPMV2016 [16] (Auszug)	8
Abb. 4: Zusätzliche Steuerelemente eines Tankers für Geschwindigkeiten zwischen 0 kn bis 2 kn [20]	10
Abb. 5: (48) Ankerlieger Reede Rostock im Mai 2015 mit Verweilzeit > 6h	11
Abb. 6: (16) Ankerlieger Reede Rostock im Mai 2018 mit Verweilzeit > 6h	12
Abb. 7: (42) Ankerlieger Reede Rostock im Mai 2020 mit Verweilzeit > 6h	12
Abb. 8: Theoretische Kapazität Tiefwasserplätze	13
Abb. 9: Theoretische Kapazität zusätzlicher Tiefwasserplätze	14
Abb. 10: Die zwischen 2010 und 2019 ermittelten Schiffsanläufe und -abfahrten (AIS) der Häfen Rostocks separiert nach Jahreszahl und Passagenrichtung.....	16
Abb. 11: Die zwischen 2010 und 2019 ermittelten Schiffsanläufe und -abfahrten der Häfen Rostocks ohne Berücksichtigung der Passagierfähren; separiert nach Jahreszahl und Passagenrichtung (AIS).....	17
Abb. 12: Die relative Entwicklung der NRZ (Nettoregisterzahl) der anlaufenden und abfahrenden Schiffe ohne Berücksichtigung der Passagierfähren.....	18
Abb. 13: Zulaufrichtung und Anzahl der vor Anker liegenden Frachtschiffe auf der Reede Rostock im Frühjahr 2020	19
Abb. 14: Die durchschnittliche Verteilung aller Passagen im Seekanal über die Tagstunden.....	20
Abb. 15: Der für das Jahr 2016 ermittelte Tag mit der größten kumulierten Anzahl an Passagen.....	21
Abb. 16: Die durchschnittliche Häufigkeit der Tiefgangklassen aller Passagen pro Jahr ohne Berücksichtigung der Passagierfähren.....	22
Abb. 17: Radarbild mit ECDIS Seekartenüberlagerung und Safety Contour 14m.....	23
Abb. 18: Radarbild mit ECDIS Overlay und Safety Contour 17m	24
Abb. 19: Flächennutzung von AIS Zielen im Revier Rostock	29

1 Präambel

Es wird der relevante Schiffsverkehr im Küstenmeer Mecklenburg-Vorpommerns und angrenzender Bereiche hinsichtlich des Weg-Zeit-Verhaltens beim Zulauf zum Hafen Rostock untersucht. Dabei werden die gültigen Bedingungen für das Navigieren und einwirkende sowie unterstützende nautische Dienste aufgezeigt. Gültige Vorschriften für das Ansteuern der Rostocker Häfen besonders des Reedegebietes werden hinsichtlich ihrer Gültigkeit für tiefgehende Schiffe analysiert.

Im Überdeckungsbereich des Untersuchungsgebietes werden Lage und Form von faktischen Seeverkehrskorridoren sowie die Häufigkeit von Schiffsbewegungen mit Relevanz zur Reede Rostock dargestellt.

Diese Ergebnisse werden in Überlagerung mit den Flächen und Tiefenprofilen des Untersuchungsgebietes und den dort vorhandenen Gegebenheiten des Schiffsverkehrs einer Auswertung unterzogen. Auf dieser Grundlage werden Vorschläge für geeignete Festsetzungen zum Erhalt von Leichtigkeit und Sicherheit im Schiffsverkehr geliefert.

Der Schwerpunkt und Anlass der zu entwickelnden Vorschläge ist die dauerhafte Sicherung des geplanten Testfeldes innerhalb des Untersuchungsgebietes.

Die entwickelten Vorschläge und Empfehlungen stellen einen Arbeitsstand für Diskussionen und weitere Arbeitsberatungen dar. Die entwickelten Empfehlungen oder Ergänzungsvorschläge sind die Summe der Differenz zwischen jetziger Verkehrssituation und einer mit Testfeld inklusive 15m tiefgehender Schiffe im Untersuchungsgebiet.

2 Verkehrliche Einordnung des Untersuchungsgebietes hinsichtlich der Schifffahrt

Das Seegebiet vor Rostock ist in den Zweckkarten für Seefahrer mit den gegebenen topografischen Bedingungen versehen. Weiter sind Flächenabgrenzungen für Fahrwasser und Sondergebiete enthalten. Die Ostsee selbst ist dem Gebiet „Particularly Sensitive Sea Area (PSSA)“ zugeordnet. Die Küstenverkehrszonen (Inshore Traffic Zone) ist ein Bereich, der sich zwischen der Küstenlinie eines Staates und einem seewärts angrenzenden Verkehrstrennungsgebiet aufspannen kann. Im Untersuchungsgebiet beginnt diese Zone östlich des Meridians 012° 09,7' E (Nähe Markgrafeneide).

Temporär genutzte Flächen sind ebenfalls in den Karten eingetragen. Oft sind es Gebiete für militärische Tests oder militärische Übungsgebiete. Über die wöchentlich erscheinenden Updates (www.admiralty.co.uk) werden unter der Rubrik „Vorankündigungen“ diese Gebiete rechtzeitig mit zeitlicher Angabe von Beginn und Ende als gültig erklärt. Östlich der geografischen Länge 011° 52,0'E (von Heiligendamm den Lübeck-Gedser-Weg überdeckend bis zum Kiel-Ostsee-Weg).

Reeden sind bevorzugt ausgewiesene Gebiete für ein sicheres Ankern von Schiffen und oft historisch entstanden. Sie werden in den Karten mit verschiedenen Symbolen kenntlich gemacht. Im Untersuchungsgebiet ist das Reedegebiet zusätzlich mit einer Abgrenzung versehen. Diese Hinweise in den Karten über die Geeignetheit von Gebieten oder Plätze zum Ankern sind Empfehlungen an die Schifffahrt im Sinne von Leichtigkeit und Sicherheit. Grundsätzlich kann nach Ermessen des Schiffsführers überall geankert werden, wo keine ausschließenden Hinweise bestehen.

Reeden werden für den Ladungsumschlag oder das Abwettern von Schlechtwettersituationen bei der Passage eines Seegebietes angesteuert. Hauptsächlich aber dient so ein Gebiet mit ausgewiesenen sicheren Ankerorten dem Zuwarten auf die Abfertigung in den jeweiligen Häfen (Im Nachgang der Ölkrise 72/74 wurden sehr viele Waren von den „Ölstaaten“ geordert - mit der Konsequenz von hunderten von Schiffen auf den dortigen Reeden).

In der modernen Schifffahrt und den digitalisierten logistischen Abläufen kommt einer Reede im Warentransport lediglich noch eine zeitliche Pufferfunktion zu. Verweildauern auf Reede sind somit zunehmend nicht geplante Ausnahmesituationen für das jeweilige Fahrzeug. Von den Reedereibetrieben werden solche Zustände nicht angestrebt. Prozessbedingte Liegezeiten auf Reede mindern die Attraktivität eines Hafens.

2.1 Bedingungen und Vorschriften für zulaufende Verkehre (NOK, Großer Belt, Sund, Östliche Ostsee)

Die Lage der Rostocker Seehäfen zeichnet sich dadurch aus, dass eine Verbindung zu den Weltmeeren ohne Einschränkungen durch Kanäle, Schleusen, Tideinflüssen oder für die Navigation komplizierte Unterwasserstrukturen gegeben ist. Aus der Ostsee heraus führen

die Schifffahrtswege durch den Großen Belt, den Sund oder den Nord-Ostsee-Kanal (NOK). In die östliche Ostsee hinein führen Schifffahrtswege ohne natürliche Beeinträchtigungen. Die Wege sind mit einer sehr guten Infrastruktur versehen.

Der NOK ist mit 9,5m Tiefgang begrenzt und der Sund ist mit einer Tiefe von 8m ausgewiesen. Für sehr große Schiffe verbleibt damit als Ostseezugang allein der Große Belt. Dieser Zugang vom Skagerrak bis hin zum Revier Rostock ist in Nautischen Dokumentationen exakt beschrieben.

Die Schifffahrtswege in diesem Bereich sind mit passiven Verkehrssicherungssystemen versehen. Im Zuge der Digitalisierung des Seekartenmaterials (ECDIS) erfolgte eine genaue geografische Vermessung zusammen mit der Aufnahme der Tiefenprofile (z.B. in [10]). Für das Einlaufen in die Ostseezufahrten werden zusätzliche Lotsendienste ab Skagen oder Holtenau angeboten (Überseelotsverordnung) [09].

Allein bei einer durchgehenden Ausgestaltung dieser Schifffahrtswege inklusive des Reviers Rostock mit Vessel Traffic Service Systemen (VTS) gibt es noch Reserven in der Überdeckung und den angebotenen Diensten.

Im Zusammenhang mit dem Wachsen der Schiffsgrößen bei Tankern, Bulkern und Containerschiffen wurde für die Zufahrt durch den Großen Belt bis in die östliche Ostsee hinein Tiefwasserwege für die Schifffahrt eingerichtet (T-Route und H-Route) [14]. Sie sind mit Wassertiefen von 19m bzw. 17m ausgewiesen. Für das Erreichen oder Verlassen der östlichen Ostsee ist die Kadetrinne mit dem Tiefwasserweg „DW16,5“ eine Einschränkung hinsichtlich der Wassertiefe.

Weiterhin wurden Maximalgrößen der Schiffe für das Einlaufen in die Ostsee postuliert, sogenannte Baltimax - Schiffe [07]. Danach erlaubt die Zufahrt durch den Großen Belt Schiffsdimensionen von Länge, Breite und Tiefgang mit 240m x 42m x 15,4m. Darüber hinaus haben speziell die Schiffstypen „B-Max crude oil tanker“ (325m x 68m) und „Maersk Triple E class container ship“, (400m x 59m x 15.5m) ebenfalls die Möglichkeit die Ostsee über diesen Zugang zu befahren.

Für das gegenwärtige Anlaufen der Rostocker Seehäfen werden die maximalen Abmessungen von Schiffen mit 295m x 45m x 13m angegeben [04, 02]. Generell wird die Obergrenze der Schiffsabmessungen für das Einlaufen in den Hafen Rostock mit 330m x 50m x 13m festgesetzt [08]. Für die Planung in der Rostocker Hafenentwicklung wird ein Bemessungsschiff mit den Dimensionen 275m x 48m x 15m genannt [02].

2.2 Navigatorische Beschreibung der Reede Rostock

Für das Ankern im Revier Rostock wird ein bevorzugter Reedeplatz ausgewiesen [04]. Mit seiner Lage ist das Gebiet vom Fahrwasser der Ansteuerung Rostock grundsätzlich getrennt und das Navigieren in beiden Gebieten der Reede und der Ansteuerung voneinander entkoppelt. Oft sind Reeden „Taschen“ am Rande der Fahrwasser und damit navigatorisch problematisch (z.B. Blexen Reede). Mit seiner fast rechteckigen Begrenzung ist der

Reedeplatz hälftig in eine Reede1 und eine Reede2 eingeteilt (vgl. Abb. 2). Die Ausdehnung von ca. 7,68nm x 4,72nm ergibt eine Fläche von ca. 33,8 km².

Gemäß Seehandbuch [04] werden Wassertiefen zwischen 13m und 18m angegeben. Sand und Ton sind der Untergrund. Die Reede ist unsicher bei starken auflandigen Winden.

Nach Statistik des DEWI stellen sich die Windverhältnisse wie folgt dar (vgl. Abb. 1):

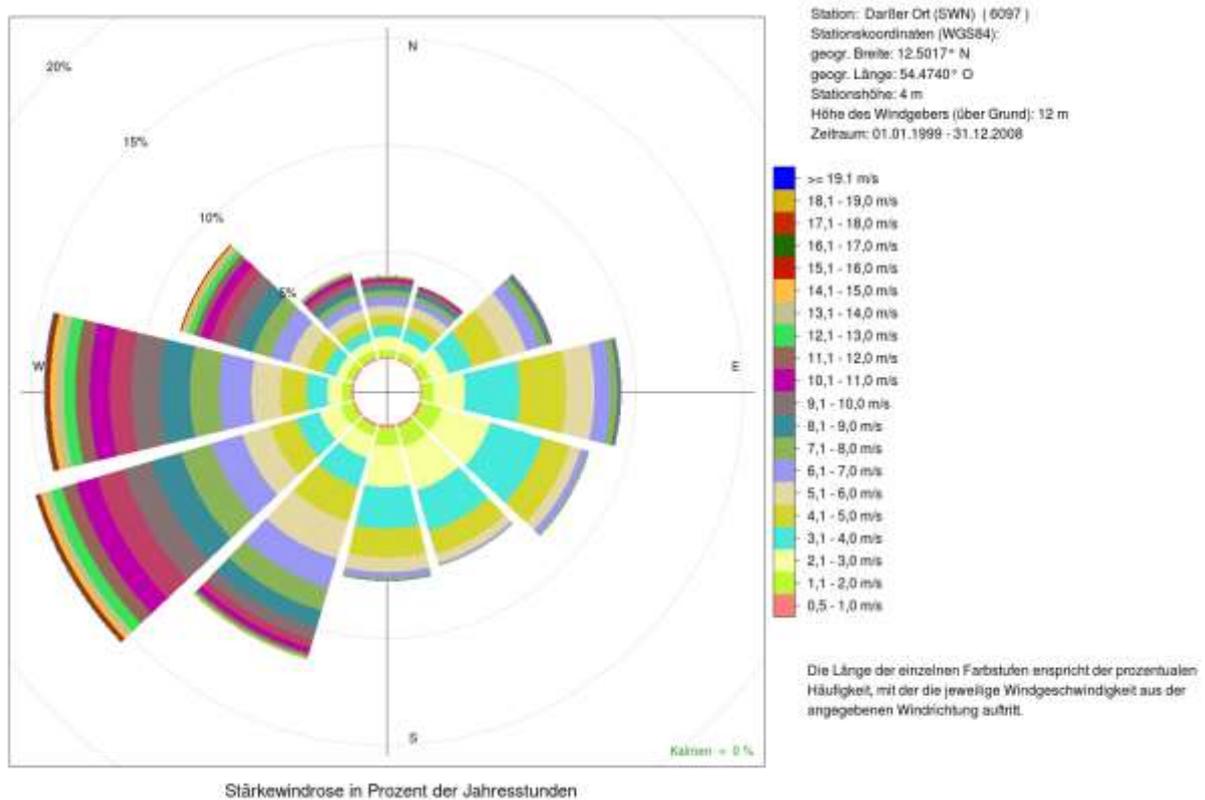


Abb. 1: Windverhältnisse südliche Ostsee [21]

In den seltenen Fällen von mehr als 7 Windstärken (7Bf == 28 – 33kn == 13,9 - 17,1m/s == 50 – 61Km/h == Steifer Wind) wird von großen einlaufenden Schiffen besonders im Ballast die Reede aufgesucht, da das Befahren des Seekanals dann unsicher wird.

Der Westteil der Reede (Reede2) kann für einen Ladungsumschlag, das Bebunkern und als Ankerplatz für Fahrzeuge mit gefährlicher Ladung genutzt werden – gemäß Bekanntmachungen der GDWS.

Die Struktur des Meeresbodens im Gebiet der Reede ist sehr ausgeglichen. Von Ost nach West fällt der Meeresboden ausgehend von 17m Tiefenlinie stätig ab. Diese Tiefenlinie unterteilt das Reedegebiet im Verhältnis von ca. 1/3 zu 2/3 (vgl. Abb. 2). Das westliche Gebiet mit den größeren Wassertiefen fällt dann weiter ab auf unter 18m. Diese Vertiefung setzt sich außerhalb der unmittelbaren westlichen Reedebegrenzung fort (vgl. Abb. 3).

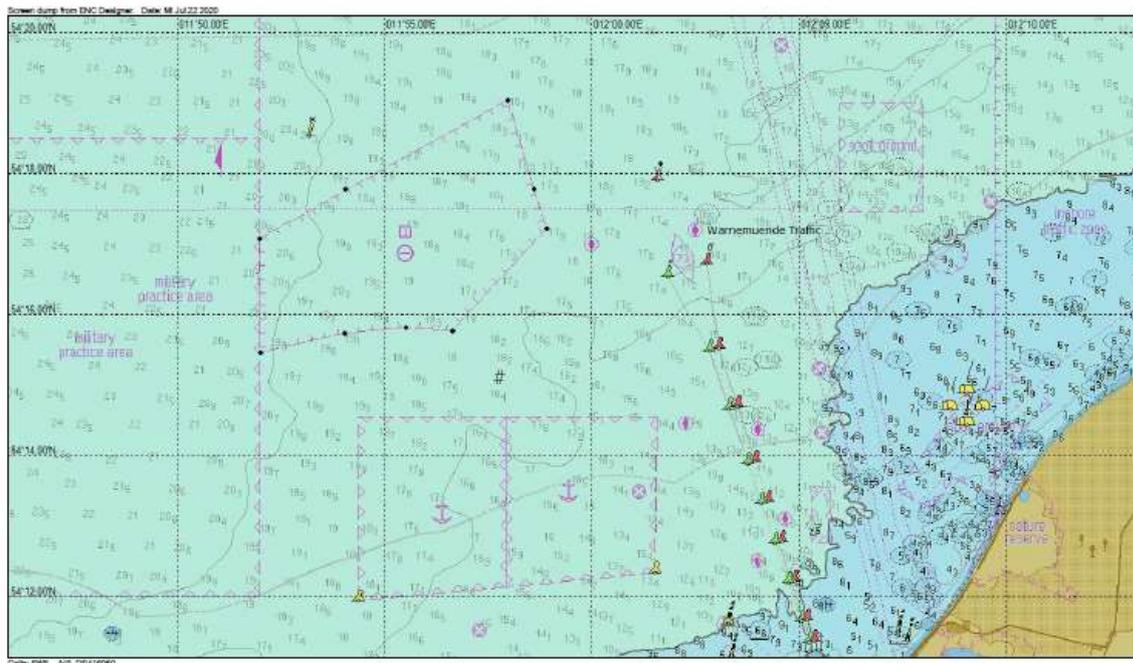


Abb. 2: ECDIS Ausschnitt mit Reede Rostock und Gebietsvorschlag „Testfeld und kommerzielle Fläche Warnemuende“ unter Verwendung von Koordinaten nach [15]

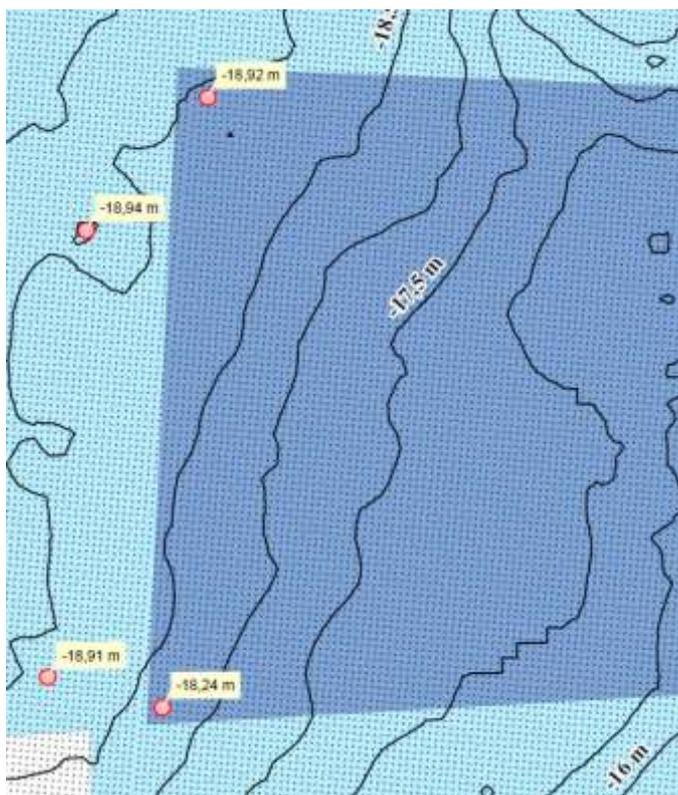


Abb. 3: Gebiete fuer Schifffahrt LEPMV2016 [16] (Auszug)

Das Ankern ist eine Möglichkeit der Schiffsmanövrierung. Das Ankern ist insbesondere bei geringer Meerestiefe unproblematisch und führt zu einer festen Verzerrung des

schwimmenden Schiffskörpers. Das Schiff treibt und driftet nicht. Es hängt fest an seinen Ketten, die durch Anker arretiert auf dem Meeresgrund liegen. Der/die Anker können einmal im Zusammenwirken mit der Propellerwirkung als auch allein als Prävention einer unerwünschten Drift eingesetzt werden.

„Beim Ankerwurf wird die Ankerkette ungefähr in dreifacher Länge der aktuellen Wassertiefe ausgelassen. Das bewirkt auf Grund der starken Trägheit der Kette, dass diese beim Verankern die wesentliche Last des schwimmenden Schiffes hält. Der Anker an sich muss also besonders in der anfänglichen Phase des Vorankergehens das Festliegen der Kette erreichen“ [05].

Bei üblichen Kettenlängen von ca. 330m wäre das Ankern bis 100m Wassertiefe unproblematisch. Bei 20m Wassertiefe wäre das Ausstecken von ca. 60m Kette ausreichend.

2.3 Navigationstechnische Besonderheiten von Schiffen mit bis zu 15m Tiefgang

Vor der eigentlichen Hinwendung zu den navigatorischen Herausforderungen beim Zulauf von tiefgehenden Schiffen in das Revier Rostock soll dieses „Objekt“ in Ergänzung zu den Definitionen „Bemessungsschiff“ oder „B-Max crude oil tanker“ näher erläutert werden. Definiert werden tiefgehende Schiffe in der weiteren Untersuchung als Fahrzeuge mit einem Tiefgang größer als oder gleich 10 Meter. Dies erfolgt in Anlehnung an die in den Seekarten unbedingt eingetragene 10-Meter-Tiefenlinie.

Eine neue Generation von “Shuttle Tankern” kam 1986 auf den Markt. Eine Besonderheit dieser Tanker war die Fähigkeit über den Bug die Beladung im freien Seeraum vorzunehmen. Während des Beladeprozesses waren diese Schiffe in der Lage ihre Position mit hoher Genauigkeit auf der Stelle zu halten oder akkurat eine vorgegebene Position und Ausrichtung des Schiffes einzunehmen. Die neu eingeführten Navigationshilfen waren sogenannte dynamische Positionierungssysteme (DP Systeme). Mit deren Weiterentwicklung unterscheiden wir heute nach Vorgaben der International Maritime Organisation (IMO) drei verschiedenen Klassen von DP Systemen:

- Klasse 1: Automatische und manuelle Position und Fahrtrichtung Steuerung unter bestimmten maximalen Umgebungsbedingungen
- Klasse 2: Automatische und manuelle Position und Steuerung unter bestimmten maximalen Umgebungsbedingungen Position, während und nach jedem einzelnen Fehler ohne Verlust eines Abteils. (Zwei unabhängige Computersysteme)
- Klasse 3: Automatische und manuelle Position und Steuerung unter bestimmten maximalen Umgebungsbedingungen Position, während und nach jedem einzelnen Fehler einschließlich Verlust eines Abteils durch Feuer oder

Hochwasser. (Mindestens zwei unabhängige Computersysteme mit einem getrennten Backup-System).

Computer basiert werden Wind, Strom, Gezeiten und der Betrieb der Thruster gemessen. Auf dieser Grundlage wird die Position des Schiffes mit dem Propeller und den lateralen Thrustern justiert (vgl. Abb. 4).

Heute sind die meisten Shuttle Tanker mit der DP Systemen der Klasse 2 ausgerüstet. Dies bedeutet eine redundante Ausrüstung auf dem jeweiligen Schiff. Die Anforderungen an die Tanker hinsichtlich dieser speziellen Ausrüstung sind regional verschieden.

“In other parts of the world with harsher environmental conditions, e.g. in the North Sea and in UK and Canadian waters, DYNPOS(AUTR) has been established as the required minimum. ... dynamic positioning systems are an essential component in today's shuttle tanker technology. These computerized steering and positioning systems keep the vessel on position in some of the harshest environments” [20].

Erhöhte Anforderungen mit der Ausrüstungsklasse 2 als Minimum sind u.a. für die Nordsee gültig.

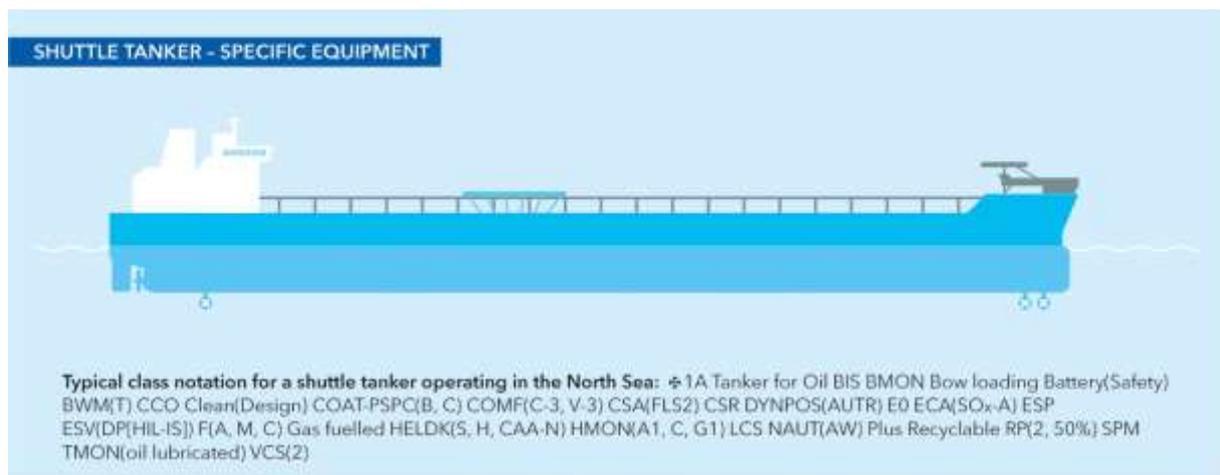


Abb. 4: Zusätzliche Steuerelemente eines Tankers für Geschwindigkeiten zwischen 0 kn bis 2 kn [20]

3 Geeignetheit und Erweiterung der Reede Rostock für 15 m tiefgehende Schiffe

Die größten gemessenen Schwojkreise seit 2015 hatten eine Ausdehnung von max. 0,28nm (vgl. Abb. 5, Abb. 6, Abb. 7) auf der Reede Rostock.

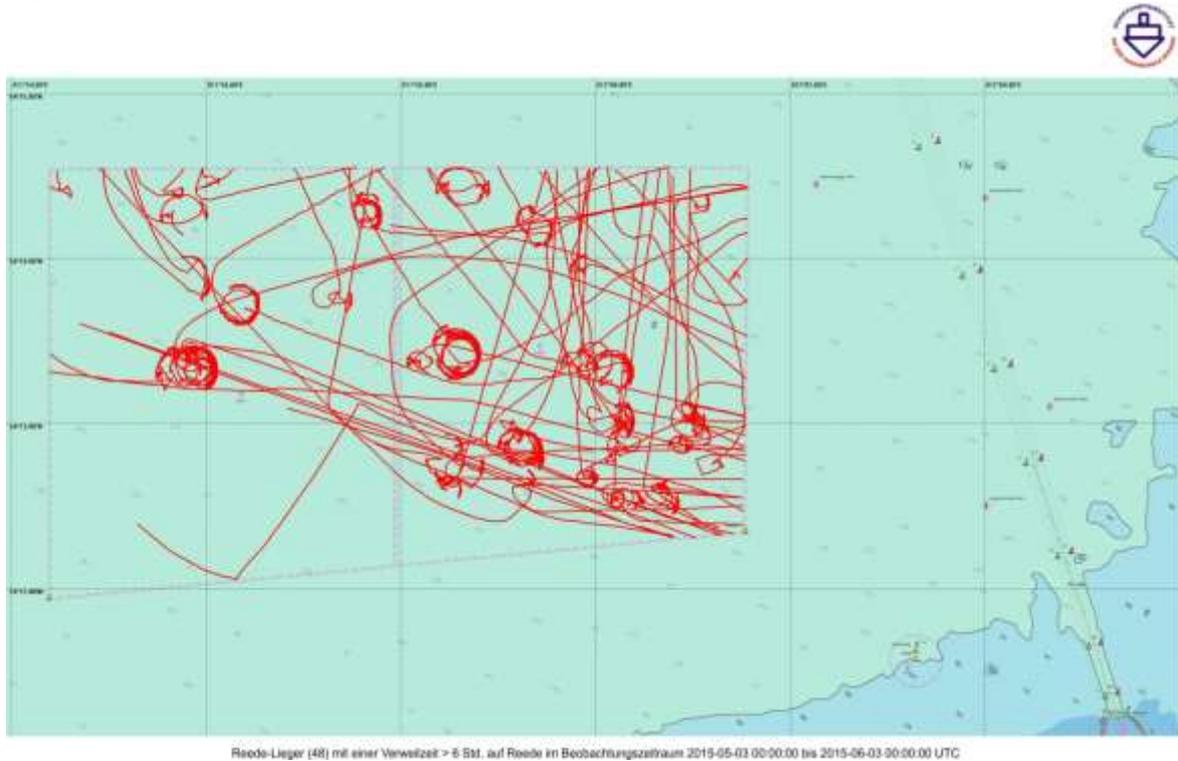


Abb. 5: (48) Ankerlieger Reede Rostock im Mai 2015 mit Verweilzeit > 6h und selektiertem größten Schwojkreis von ca. 617m

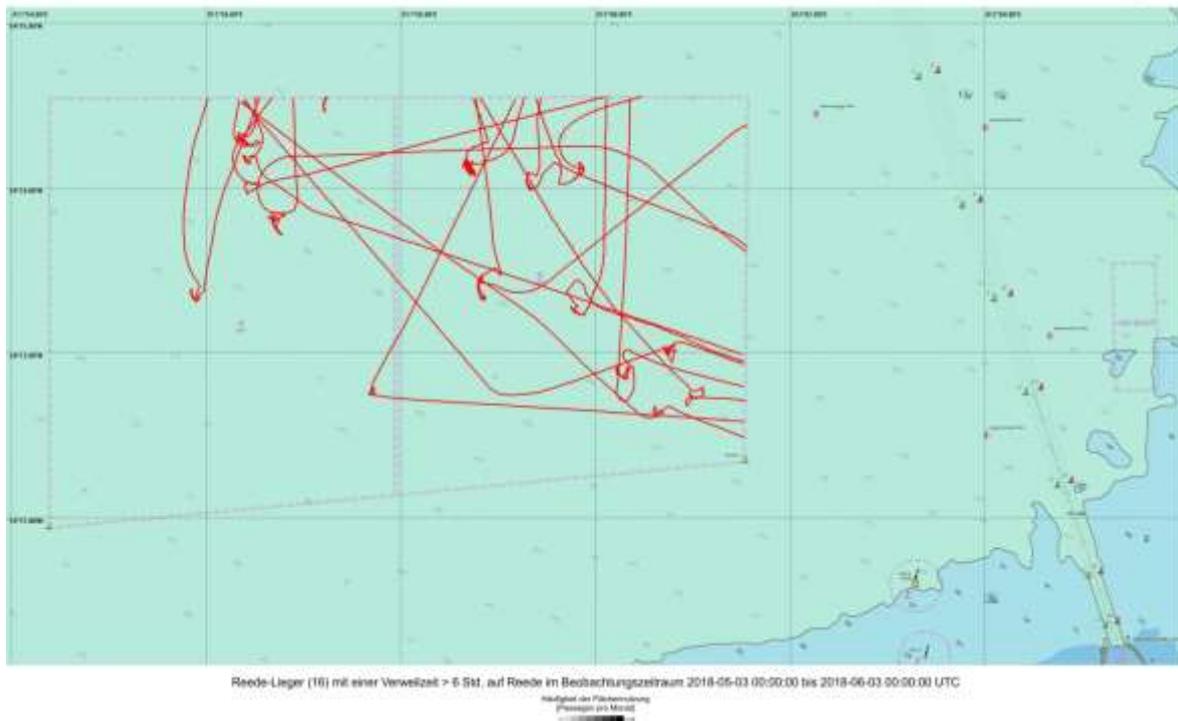


Abb. 6: (16) Ankerlieger Reede Rostock im Mai 2018 mit Verweilzeit > 6h

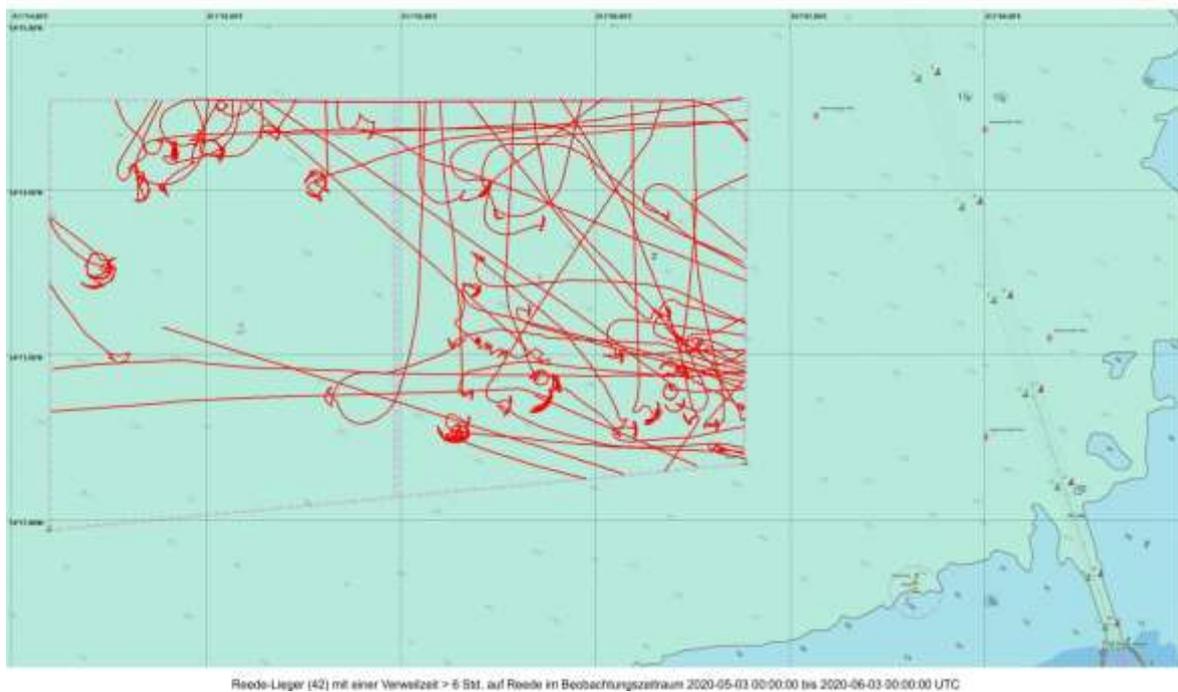


Abb. 7: (42) Ankerlieger Reede Rostock im Mai 2020 mit Verweilzeit > 6h

Bei dem genannten Bemessungsschiff [02] mit 275m Länge wäre hingegen ein erweiterter Schwjokreis zu berücksichtigen. Ein Schwjokreis von 640m (0,34nm) aus doppelter Strecke

von Schiffslänge und Abstand zum Ankerort wäre anzunehmen. In der Fläche der Reede2 östlich eingeschränkt durch die 17m Tiefenlinie wäre theoretisch eine Kapazität von 14 Plätzen für den Typ „Bemessungsschiff“ im voll abgeladenen Zustand vorhanden (vgl. Abb. 8).

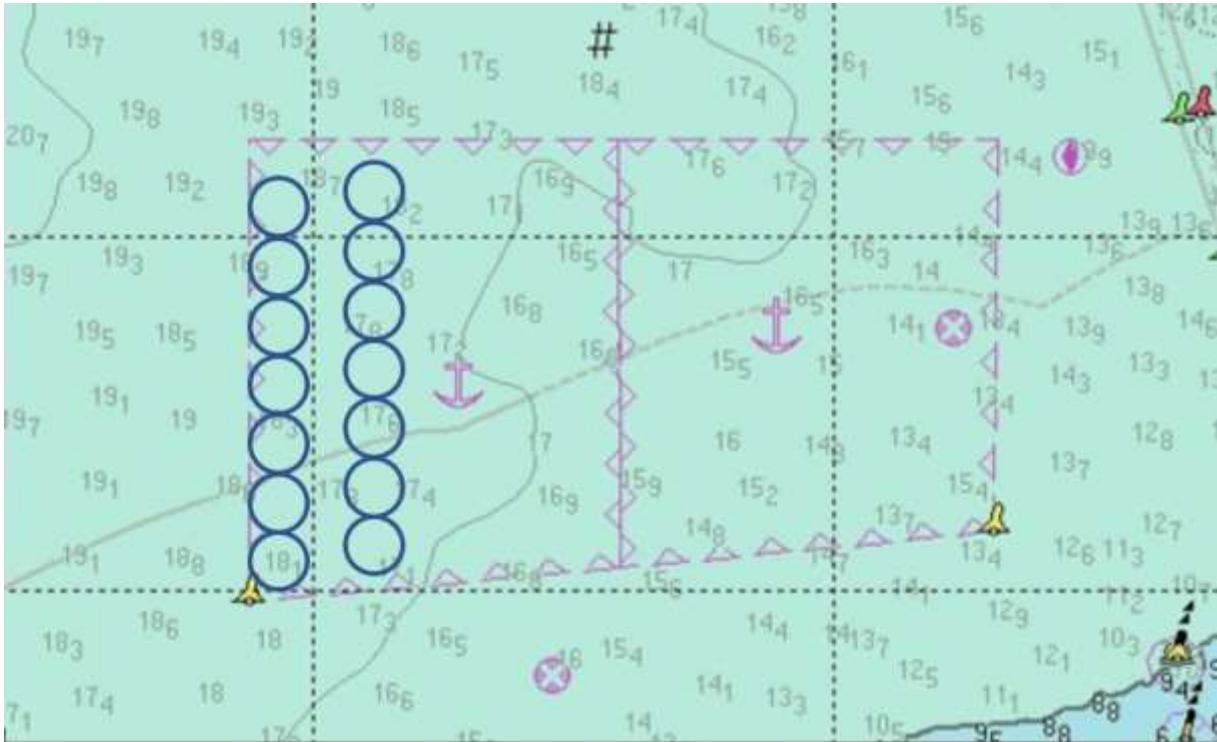


Abb. 8: Theoretische Kapazität Tiefwasserplätze

Bei einem Erweitern der Reedefläche durch Verschieben der westlichen Grenze um 0,5nm würde sich die Kapazität theoretisch um weitere 7 Plätze auf dann insgesamt eine Anzahl von 21 vergrößern (vgl. Abb. 9). Innerhalb der bestehenden Reedegrenze wären in jedem Fall an der westlichen Kante 7 Plätze mit einer Kieffreiheit von 2m verfügbar.

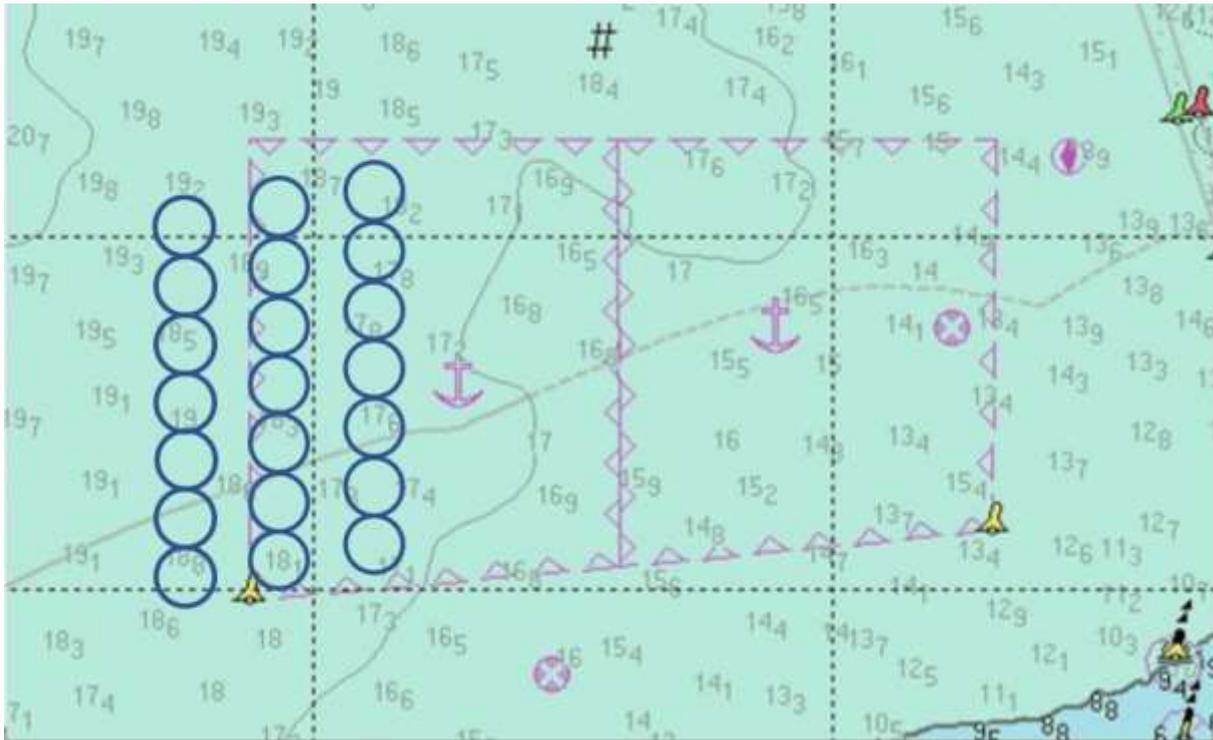


Abb. 9: Theoretische Kapazität zusätzlicher Tiefwasserplätze

Für die *statische* Betrachtung des Reedegebietes kann zusammenfassend festgestellt werden, dass im westlichen Gebiet der Reede2 durchweg Tiefen von über 17m zu verzeichnen sind. Auch eine Erweiterung der Fläche für tiefgehende Fahrzeuge ist allein von den existierenden Wassertiefen und der Beschaffenheit des Meeresbodens her möglich. Das Verlassen oder Erreichen der Tiefwasserplätze in Richtung Großer Belt wäre durchgängig mit einer Kieffreiheit (under keel clearance) von zwei Metern möglich.

Bei einer *dynamischen* Betrachtung der Einflussgrößen von Wind und Strom sind Folgeeffekte zu betrachten. Dabei ist festzustellen, dass natürliche Strömungen im Untersuchungsgebiet nicht existieren. Auftretende Ströme in Küstennähe als Neerströme ausgeprägt werden durch die Windeinwirkung aufgebaut. Bei Starkwindereignissen gibt es ein zeitliches Nachlaufen der Strömung durch den in der Ostsee ausgeprägten „Badewanneneffekt“. Typischer Weise ergeben sich bei starken, anhaltenden südwestlichen Winden flache Wasserstände in den Häfen Rostock und Gedser. Starke Ostwinde dagegen verursachen einen erhöhten Wasserstand im Untersuchungsgebiet.

Die mit aufkommenden Stürmen einhergehenden Windströmungen sind Oberflächenströmungen mit nachlassender Wirkung in Richtung Meeresboden. Der Wind weht vornehmlich aus südwestlichen Richtungen im Untersuchungsgebiet.

Extremwerte im Gebiet ergeben im äußerst seltenen Fall Wasserstandsänderungen von +/- 1,5m [04]. Als Untermenge wurden Ereignisse eines Niedrigwassers zwischen 1860 und 2013 insgesamt 39-mal festgestellt [23]. Damit ergibt sich eine Wahrscheinlichkeit des Auftretens $P_N = 7 \cdot 10^{-4}$.

Die Schwimmfähigkeit des Schiffes bleibt in diesen Fällen theoretisch mit 0,5m erhalten. Bei 18m Wassertiefe verbliebe eine Kielfreiheit von 1,5m. Dem Kapitän obliegt es letztendlich den Ort des Ankerns (außerhalb ausgewiesener Verbotgebiete) auszuwählen oder auch wieder aufzugeben. Für das Selektieren einer geeigneten Wassertiefe gibt es in der Fachliteratur unter anderem den Hinweis „The water depth should be neither too shallow, hazarding the ship, nor too deep, facilitating the dragging of the anchor.“[22].

Bei einer Entscheidung in den seltenen Fällen des Zusammentreffens der Ereignisse des Ankerns eines 15m tiefgehenden Schiffes und extremen Wetterbedingungen auf der Reede Rostock diese wieder zu verlassen, würde das Schiff im freien Seeraum abwettern.

Beim Manövrieren auf der Reede oder dem Ansteuern des Ankerplatzes ist die genannte Kielfreiheit (under keel clearance) in Relation zu üblichen und erlaubten Geschwindigkeiten zwischen null und maximal sechs Knoten (11,1 Km/h) zu berücksichtigen. Mit zunehmender Geschwindigkeit und geringer Kielfreiheit können Squat oder Banking Effekte auftreten, die ein kurzzeitiges Tiefertauchen des Schiffsrumpfes verursachen. Zusätzlich kann bei einem starken Drehen des Schiffes mit entsprechend hoher Geschwindigkeit eine zeitweilige Schlagseite mit einhergehender Tiefgangs Erhöhung entstehen. Einschlägige Analysen zu dieser Problematik fokussieren für das Simulieren und Messen Schiffsgeschwindigkeiten im Bereich ab 8kn. Wegen der geringen gefahrenen Geschwindigkeiten als auch der ausgewiesenen Tiefen der Schiffsrouten im Zusammenhang mit einem 15m tiefgehenden Schiff im Untersuchungsgebiet werden Effekte einer temporären Tiefertauchung hier nicht weiter verfolgt.

Unter den genannten *dynamischen* Aspekten können die hier theoretisch ausgewiesenen Reedeplätze für tiefgehende Schiffe genutzt werden.

4 Schiffsverkehre in Relation der Reede Rostock und dem Seekanal

Das Reedegebiet mit seiner Frequentierung von verschiedenen Fahrzeugen ist hinsichtlich der navigatorischen Aktivitäten in Relation zum Schiffsverkehr von und nach den Rostocker Seehäfen zu betrachten. Dafür ist der Umfang des direkt in die Einfahrt Rostock gehenden Verkehrs heraus zu stellen.

Es zeigt sich, dass die Schiffspassagen von und aus Rostock im Jahre 2016 gegenüber 2012 mehr als eine Verdoppelung erfahren haben. In den Folgejahren ist diese Passagenzahl von ca. 17.000 Fahrzeugen jährlich bis 2019 nahezu unverändert geblieben (vgl. Abb. 10).

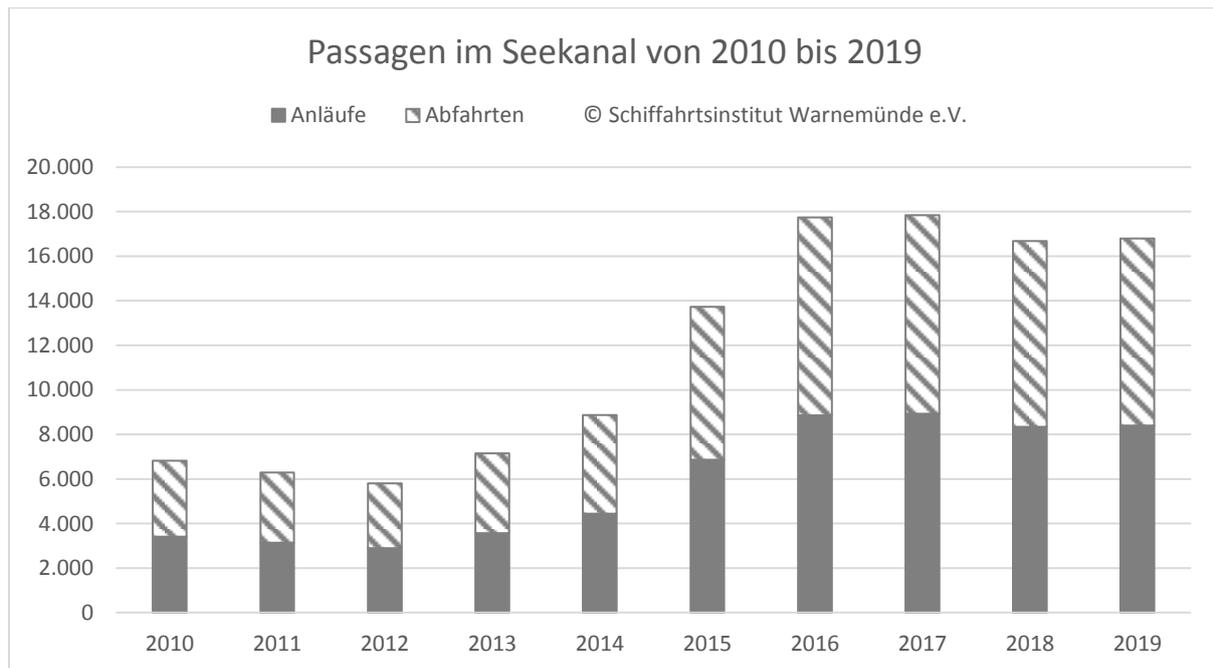


Abb. 10: Die zwischen 2010 und 2019 ermittelten Schiffsanläufe und -abfahrten (AIS) der Häfen Rostocks separiert nach Jahreszahl und Passagenrichtung. Die Summe aller Passagen im 10-jährigen Betrachtungszeitraum beträgt 117.779.

Einen sehr großen Anteil an den täglichen Anläufen hat der Fährverkehr. Dieser trug einen wesentlichen Anteil an der durchschnittlichen jährlichen Gesamtpassagenzahl von 17.000 bei. Ohne den Fährverkehr hingegen hat sich der Schiffsverkehr reduziert. Dieser Verkehr ohne Fähren konnte von 2012 an eine Steigerung bis 2015 erfahren (vgl. Abb. 11). Danach fiel dieser Wert unter den von 2012.

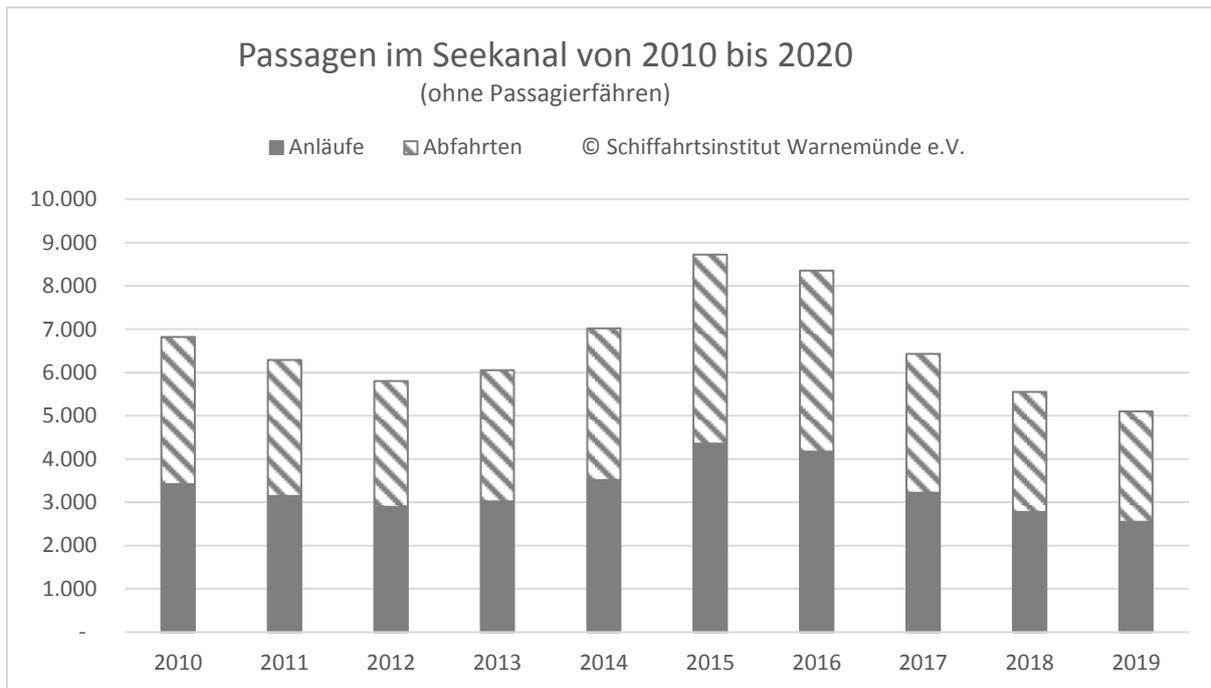


Abb. 11: Die zwischen 2010 und 2019 ermittelten Schiffsanläufe und -abfahrten der Häfen Rostocks ohne Berücksichtigung der Passagierfähren; separiert nach Jahreszahl und Passagenrichtung (AIS).

Die Summe dieser Passagen im 10-jährigen Betrachtungszeitraum beträgt 66.168.

Gleichzeitig mit der Verringerung der Passagenzahlen des Nicht-Fährverkehrs (vgl. Abb. 11) hat sich dieser in seinem Charakter deutlich verändert. Es ist eine Zunahme der Größe der zulaufenden Schiffe zu registrieren. Ausgehend von 2010 hat sich die durchschnittliche Schiffsgröße bis 2019 um 60% erhöht (vgl. Abb. 12).

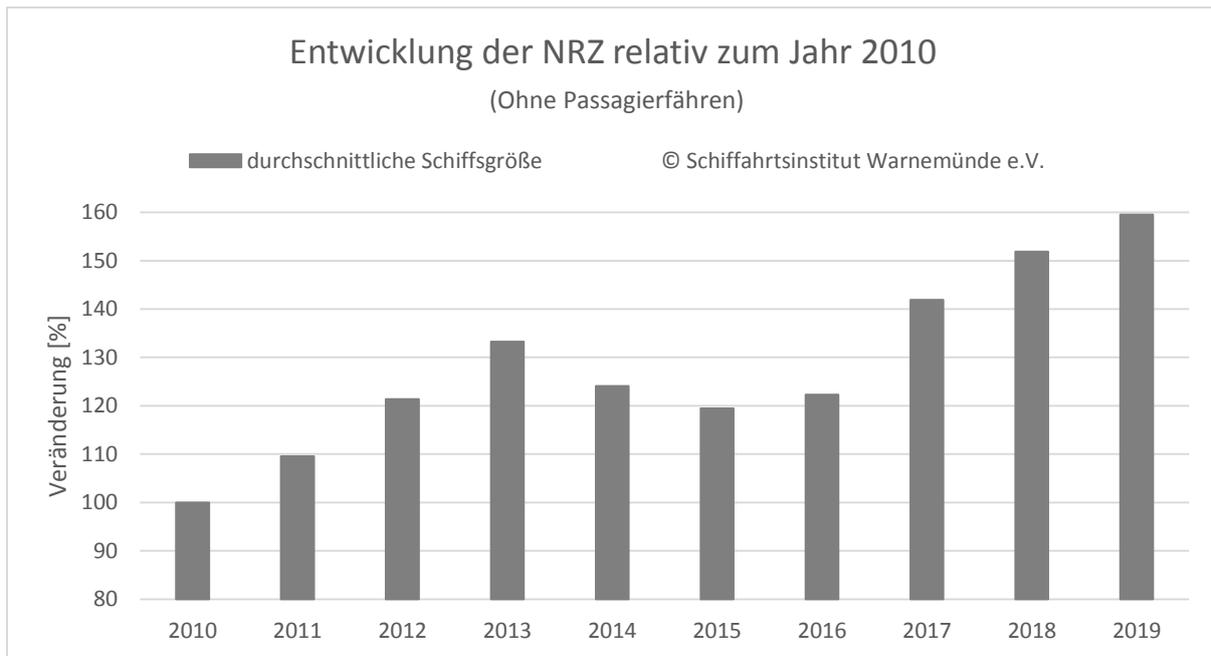


Abb. 12: Die relative Entwicklung der NRZ (Nettoregisterzahl) der anlaufenden und abfahrenden Schiffe ohne Berücksichtigung der Passagierfähren. Das Anfangsjahr des Betrachtungszeitraumes bildet den Grundwert für die prozentuale Veränderung der Folgejahre.

Vor der Kulisse des dargestellten Schiffsverkehrs im Seekanal der Rostocker Seehäfen sind die Art und der Umfang der Benutzung der Reede zu betrachten.

Das Reedegebiet Rostock wurde räumlich in den letzten fünf Jahren gemäß den Abb. 5, Abb. 6 und Abb. 7 von allen Schiffsarten genutzt. Die „schönsten“ Plätze sind in der südöstlichen Ecke wegen der Nähe zur Hafeneinfahrt zu vermuten. Eine Auslastung der Reede in Richtung auf eine Kapazitätsgrenze ist aus den Untersuchungen über den Zeitraum von 2010 bis 2020 nicht zu erkennen gewesen. Dass dieser Fall jemals auftrat, ist nicht bekannt.

Ankerlieger auf der Reede Rostock sind überwiegend Frachtschiffe. Behördenschiffe und Spezialschiffe nutzen ebenfalls das Gebiet. Der Zulauf der Fahrzeuge auf die Reede erfolgt aus der östlichen Ostsee, der westlichen Ostsee oder den Rostocker Häfen. Letztere gehen im Ballast vor Anker um auf ein neues Ladungsangebot zu warten. Aus dem Zeitraum von 2015 bis zum Mai 2020 wurden als signifikantes Beispiel 32 Tage beginnend mit dem 27.03.2020 ausgewählt (vgl. Abb. 13). Demzufolge lagen in dem Betrachtungszeitraum zu keiner Zeit mehr als 8 Frachtschiffe gleichzeitig auf Reede. Die Gruppe der Ankerlieger vom Westen kommend dominiert, gefolgt von den Fahrzeugen aus dem Seekanal zulaufend. Die Gruppe der vom Osten her angelaufenen Ankerlieger bildet die kleinste Gruppe. Anzahl, Verteilung und Herkunft der Reedelieger ist in der Zeit von 2015 bis Mai 2020 keinen nennenswerten Schwankungen ausgesetzt gewesen.

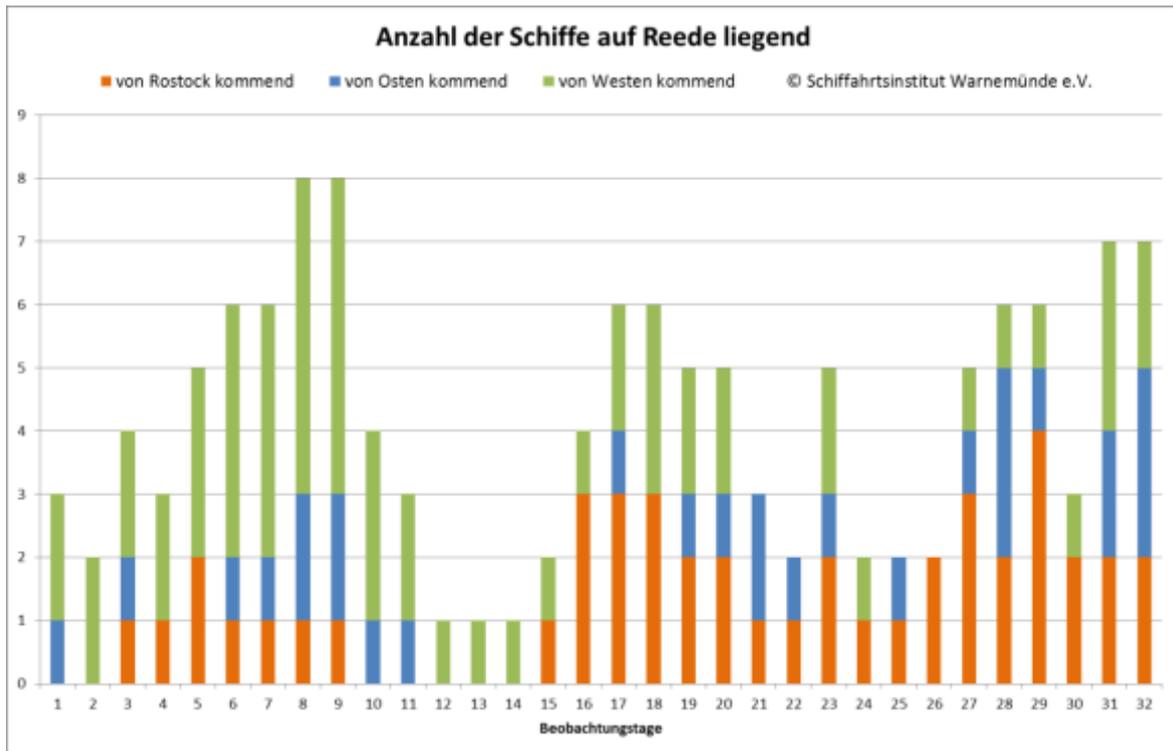


Abb. 13: Zulaufrichtung und Anzahl der vor Anker liegenden Frachtschiffe auf der Reede Rostock im Frühjahr 2020

Die vor Anker liegenden Fahrzeuge können in einem tagesweisen Vergleich in Relation gesetzt werden. Sind die Ankerlieger bei einer Anzahl von 4 schon an der Obergrenze der durchschnittlichen täglichen Reedebelegung, wird die Hafenzufahrt in gleicher Zeit mit durchschnittlich 32,25 Fahrzeuge frequentiert (vgl. Abb. 14).

Gemäß Abb. 16 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** laufen im Jahresdurchschnitt 17,4 Fahrzeuge der Tiefgangklasse „13m“ den Hafen an. Geht man sehr konservativ davon aus, dass jedes dieser Fahrzeuge einen Tag auf der Reede verweilt, so liegt diese Wahrscheinlichkeit bei $P_R = 17,4 / 365 = 0,048$. Unter Beachtung der Wahrscheinlichkeit eines Niedrigwasserereignisses (vgl. S. 14) mit $P_N = 7 * 10^{-4}$ ergibt sich für das gleichzeitige Zusammentreffen beider Ereignisse (Niedrigwasser und tiefgehendes Schiff auf Reede) eine Wahrscheinlichkeit von $P = P_N * P_R = 3,3 * 10^{-5}$. Mit anderen Worten: Innerhalb von 100.000 Tagen (ca. 274 Jahre) treffen 3,3-mal ein Niedrigwasser mit einem Reede-liegenden, tiefgehendes Schiff zusammen.

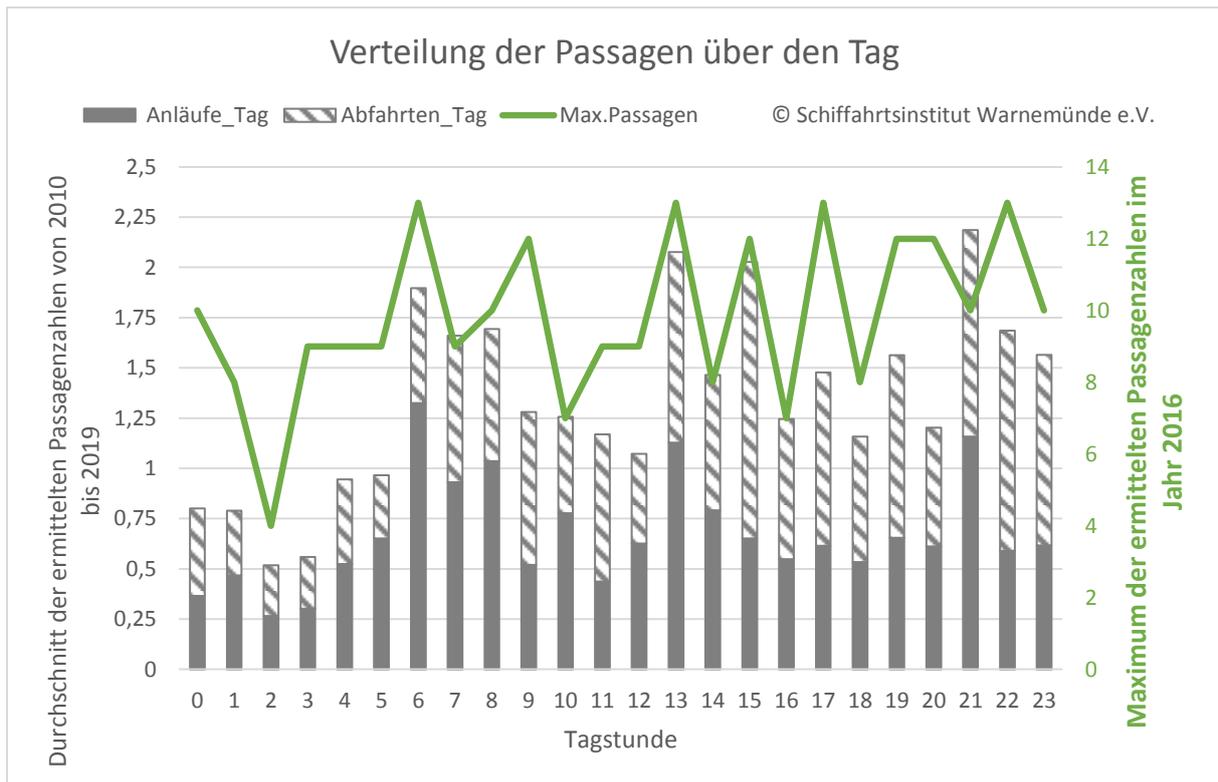


Abb. 14: Die durchschnittliche Verteilung aller Passagen im Seekanal über die Tagstunden. Alle im 10-jährigen Betrachtungszeitraum aufgezeichneten Fahrzeuge sind hinsichtlich ihrer ATA (Actual Time of Arrival) bzw. ATD (Actual Time of Departure) der entsprechenden Tagstunde zugeordnet. Ein beispielsweise um 12:47 Uhr einlaufendes Schiff ist der Tagstunde 12 zugeordnet. Die als Balken dargestellten Durchschnittswerte repräsentieren das arithmetische Mittel der Passagenzahlen einer Tagstunde separiert nach Passagenrichtung. Der Gesamtdurchschnittswert beträgt 32,25 Passagen pro Tag. Die im Diagramm als grüne Markierung über den Tagesverlauf abgetragene Linie stellt die Maximalwerte der Passagen im Jahr 2016 dar, d.h. die Tagstunden mit der jeweils höchsten Anzahl der Anläufe und Abfahrten aus 366 Kalendertagen. Die Maximalwerte müssen nicht zwangsläufig demselben Tag entstammen. Der kleinste Maximalwert von 4 Fahrzeugen wird in der Tagstunde 2 und die größten (13) werden in den Tagstunden 6, 13, 17 und 22 identifiziert.

Bei einer Betrachtung der Extremwerte der täglichen Schiffsbewegungen kann von einem Versegeln von acht Fahrzeugen auf die bis dahin leere Reede angenommen werden. Aus dem Zeitraum von 2010 bis 2020 wurde der Tag der maximalen Schiffsbewegungen in der Hafenansteuerung Rostock selektiert (vgl. Abb. 15). Die 107 identifizierten Schiffsbewegungen stehen in dieser Maximalbetrachtung den 8 angenommenen Prozeduren des Vor-Anker-Gehens auf der Reede innerhalb von 24h gegenüber. Setzt man diese ins Verhältnis, dann kommen auf ca. 27 Schiffspassagen 2 Reedelieger.

Bei durchschnittlichen jährlichen Hafenanläufen von ca. 8.500 und 24 Reedeanläufen von tiefgehenden Schiffen ist dies ein Anteil von 0,28%. Geht man davon aus, dass die zukünftigen 15m tiefgehenden Schiffe dieselben Schiffe der gegenwärtigen Frequentierung

nur mit größerer Abladung sind, kann man den recherchierten Wert von 0,28% für zukünftige Verhältnisse verwenden.

Aus den Extremtagdaten und der durchschnittlichen Verteilung der Schiffspassagen über den Tag ist ein erhöhtes Aufkommen in den Tagstunden zu verzeichnen. Tägliche Spitzenzeiten des Anlaufens von 05.00 bis 08.00 Uhr wurden in einer der vorherigen Untersuchungen bereits festgestellt [01, S.27]. Die Schiffsbewegungen in dieser Zeit stellen aber keine extreme Spitze dar. Vielmehr ist nach dem Anstieg der Passagenzahlen am Morgen ein hohes Aufkommen über den weiteren Tag bis zu den Abendstunden zu verzeichnen. Für das Jahr 2016 mit dem gefundenen Tag der Extremwerte ist statistisch gesehen keine Wartezeit im Schiffsverkehr zu verzeichnen gewesen [01 S.28].

Bei den 107 gemessenen Fahrzeugpassagen als Maximalwert ist der Abstand zur theoretischen Kapazitätsgrenze zu hinterfragen. Bei einem einschiffigen Befahren des Seekanals mit 6 kn und 1nm Folgeabstand würde sich ein Zulauf / Ablauf von 6 Schiffen pro Stunde ergeben. Dem Gedanken folgend, hat die theoretische Auslastung des Seekanals an diesem Extremtag nur ca. 30% betragen.

Übertragen auf praktische Relationen kann abgeleitet werden, dass die „Leistungsfähigkeit des Seekanals“ [01, S.27] für die Häufigkeit der Passagen nicht bestimmend ist. Vielmehr sind die Aufnahmekapazitäten der Häfen und die benötigten Manövrierzeiten im unmittelbaren Pierbereich für die Höchsthäufigkeit der Passagen im Seekanal bestimmend.

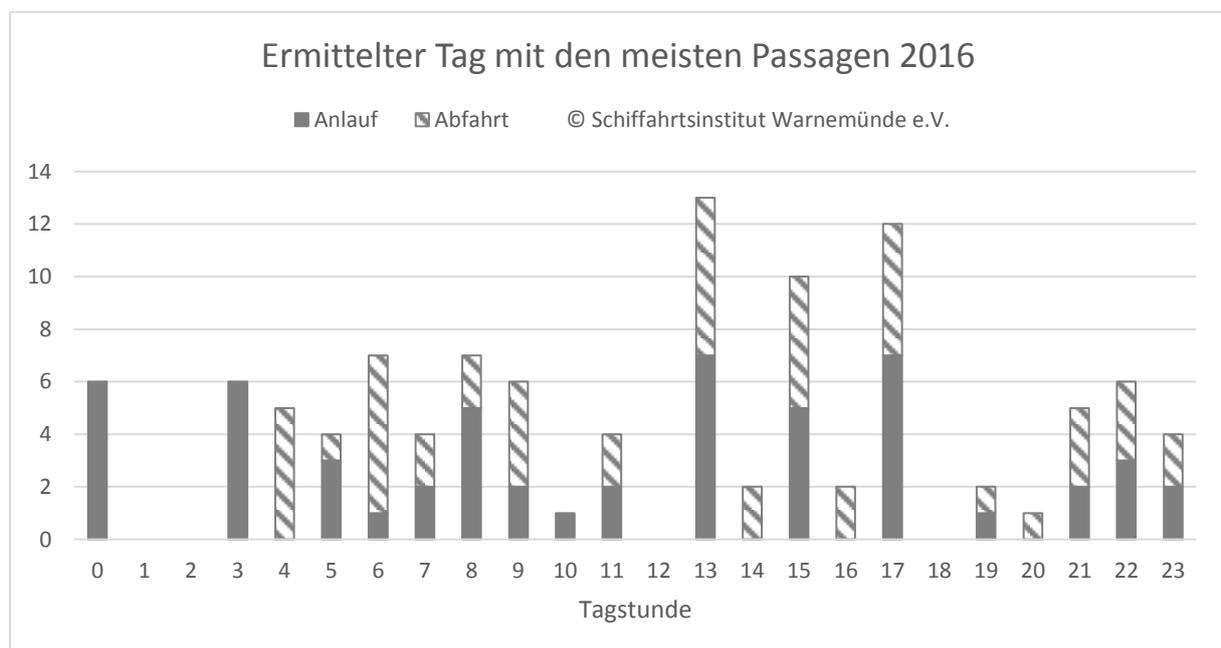


Abb. 15: Der für das Jahr 2016 ermittelte Tag mit der größten kumulierten Anzahl an Passagen.

Für den 02.04.2016 wurden über den Tag verteilt 107 Passagen identifiziert, 55 Anläufe und 52 Abfahrten. Diese Anzahl liegt um das Dreifache höher als sein Durchschnitt (vgl. Abb. 10).

5 Erreichbarkeit der Reede Rostock für Schiffe mit einem Tiefgang von bis zu 15 m bei Existenz eines Testfeldes

In der gegenwärtigen Situation der Beschaffenheit und der navigatorischen Infrastruktur des Reviers Rostock ist der Seekanal mit seiner Solltiefe von 14,5 m die flachste Stelle bei einem Zulauf aus der Nordsee oder der östlichen Ostsee. Tiefgehende Schiffe sind in der Verteilung aller Anläufe ein seltenes Ereignis (vgl. Abb. 16).

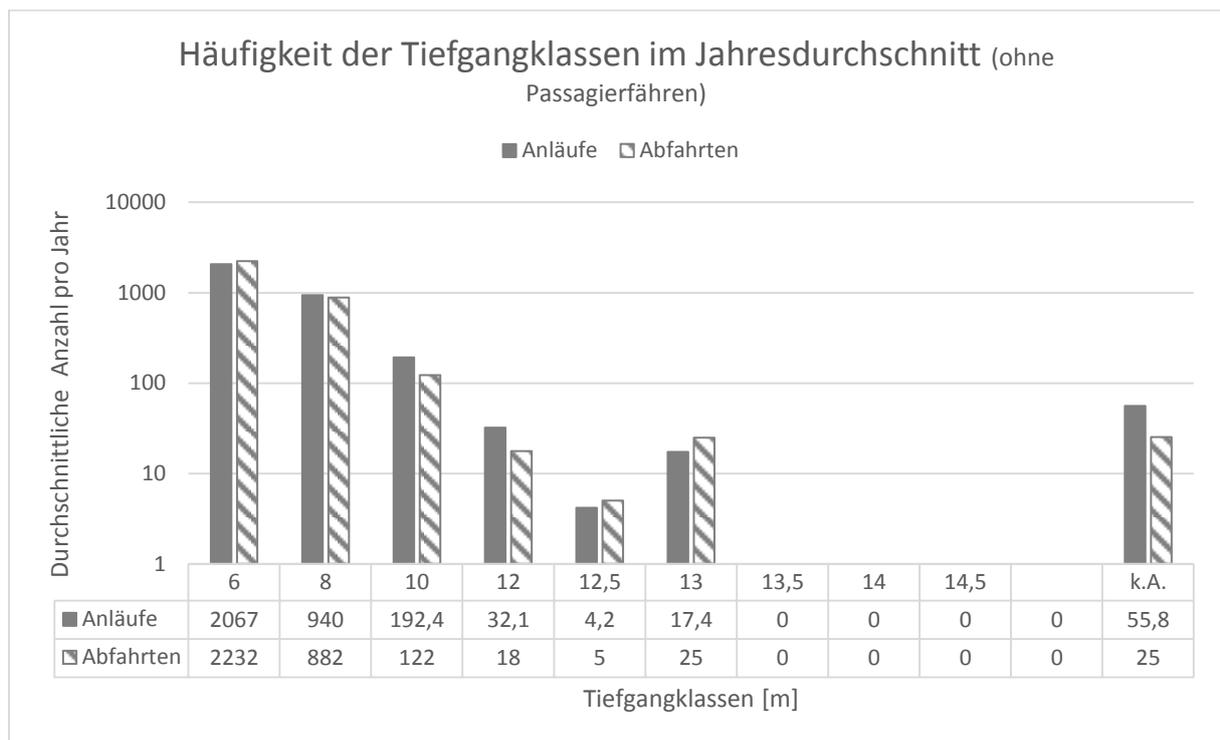


Abb. 16: Die durchschnittliche Häufigkeit der Tiefgangklassen aller Passagen pro Jahr (logarithmische Skalierung) ohne Berücksichtigung der Passagierfähren.

Die numerisch ausgewiesene Tiefgangklasse beinhaltet alle Passagen der Schiffe mit einem Tiefgang kleiner oder gleich ihrer Nummer. Bei etwa 1% der Passagen wurde kein Tiefgang ausgewiesen. Die kumulierte Passagenanzahl der Schiffe mit einem Tiefgang von mindestens 10m beträgt 104 pro Jahr. Dies sind durchschnittlich 2 Fahrzeuge pro Woche. In keinem Jahr des Betrachtungszeitraumes wurden Schiffe mit einem Tiefgang größer gleich als 13,5m ausgewiesen.

Innerhalb des Untersuchungsgebietes ist ein Schiff mit 15m Tiefgang ein seltenes navigatorisches Ereignis. Im Zeitraum von 2010 – 2020 konnte ein solches Schiff nicht identifiziert werden. Gemessen an den Schiffszuläufen von ca. 3308 erreichen die Fahrzeuge der Tiefgangklasse „13m“ einen Anteil von 0,52 %.

Für das Anlaufen Rostock mit einem Schiff der Tiefgangklasse 13 gemäß Abb. 16 würde sich der verfügbare Navigationsraum „Navigational Space“ in der Form der Abb. 17 darstellen. Dieser ist in der Abbildung schwarz ausgefüllt.



Abb. 17: Radarbild mit ECDIS Seekartenüberlagerung und Safety Contour 14m

Es ist zu erkennen, dass die Ansteuerungstonne ungehindert von See oder aus dem Hafen kommend erreichbar ist. Das Reedegebiet ist für diese Tiefenklasse auf 2/3 der Fläche benutzbar. Das Versegeln zwischen Hafen und Reede ist in jedem Fall über die vollständige Strecke des Seekanals zu realisieren. Eventuell kann zwischen „Tn1“ und „Tn3“ passiert werden.

Bei einem angenommenen Tiefgang von 15m würde sich der verfügbare Navigationsraum verkleinern. Für den Schiffsführer würde sich bei einer gewählten Safety Contour von 17m die Erreichbarkeit von der Ansteuerung oder der Reede gemäß Abb. 18 darstellen.



Abb. 18: Radarbild mit ECDIS Overlay und Safety Contour 17m

Mit dieser theoretischen Kieffreiheit von 2m ist ein sehr konservativer Ansatz gewählt worden, der mit der geplanten Vertiefung des Seekanals das Einlaufen von 15m tiefgehenden Schiffen nicht erlauben würde. Somit ist in diesem Radarbild der Seekanal als nicht befahrbar ausgewiesen; was im Falle einer geplanten Vertiefung (16,5m) unverändert bliebe.

Wie unter Kapitel 2.3 Navigationstechnische Besonderheiten von Schiffen mit bis zu 15m Tiefgang bereits beschrieben, verringert sich die nutzbare Reedefläche auf ca. 1/3 im westlichen Teil. Im Vergleich beider Bilder kann festgestellt werden, dass sich die Fläche für ein Navigieren mit 15m Tiefgang zwar verkleinert aber nicht verkompliziert hat. Es sind keine Flachstellen als „Inseln“ entstanden; lediglich die schon bekannte Kontur von 14m hat sich weiter seewärts verschoben.

Vor dem Hintergrund einer gewählten Safety Contour zwischen 15m und 17m und dem damit verbundenen modifizierten Flächenumfang sind verschiedene Szenarien zu betrachten.

5.1 Die Erreichbarkeit der Ansteuerung der Rostocker Seehäfen

Bei der Existenz des Testfeldes sind folgende Fälle von Bedeutung:

Szenario A, Zulauf/Ablauf westliche Ostsee:

Von der T-Route, dem Kiel-Ostsee-Weg oder dem Lübeck-Gedser-Weg kommend kann ein Fahrzeug ungehindert gemäß Regel 10 der Kollisionsverhütungsregeln (KVR/Collregs) [17] in Richtung der Tonne „Rostock“ ausscheren. Das Verlassen des Reviers Rostock für Fahrzeuge in westliche Richtung beginnt mit nördlichen Kursen um sich dann später gemäß Regel 10 in die Verkehrswege ost- oder westgehend einzuordnen.

Szenario B, Zulauf/Ablauf östliche Ostsee:

Nach Überfahren der Trennlinie Mittelfahrwasser des Traffic Separation Scheme (TSS) „SOUTH OF GEDSER“ wird die Tonne „Rostock“ ungehindert erreicht. Das Verlassen des Reviers Rostock in östliche Richtung und das Einscheren in den Verkehrsweg erfolgt ungehindert.

5.2 Erreichbarkeit der Reede Rostock bei Existenz des Testfeldes

Einflüsse auf das Navigieren hat die Existenz eines Testfeldes beim Erreichen oder Verlassen der Reede Rostock für tiefgehende Schiffe (15 Meter).

Neben dem Zu- bzw. Ablauf des Verkehrs werden im folgenden Schema die Fälle für den Zu- und Ablauf der Reede Rostock für Schiffe mit einem Tiefgang von maximal 15m zusammengestellt.

Tabelle 1: Schema Navigationsszenarien für Schiffe mit 15m Tiefgang (Bemessungsschiff) im Revier Rostock

	Szenario	Mit Testfeld	Ohne Testfeld
1.	Ablaufen von Reede zur Ansteuerung	von Referenzposition 3,6nm mit ca. 300°, weiter auf N-Kurs für 2,2nm, dann 4,2nm mit ca. 60°, danach 3,8nm eindrehend auf Tn1 [Summe: 13,8nm]	von Referenzposition mit N-Kurs 4,5nm, weiter mit E-Kurs 2,1nm, dann südwärts 1,2nm auf Höhe Tn1 [Summe: 7,8nm]
2.	Anlaufen der Reede 2 vom Westen kommend	von Kollisionsschutzweg vor Tn67/68 mit Kurs ca. 164°, nach 12,8nm mit Kurs ca.123°, nach 3,4nm Erreichen Referenzposition [Summe: 16,2nm]	von Kollisionsschutzweg vor Tn67/68 mit Kurs ca. 154°, 13,5nm zur Referenzposition [Summe: 13,5nm]
3.	Anlaufen der Reede 2 vom Osten kommend	von Tn69 mit S-Kurs 8nm, dann 4,2nm auf Kurs 205° zur Referenzposition [Summe: 12,2nm]	von Tn69 mit S-lichen Kurs 12nm, zur Referenzposition [Summe: 12,2nm]
4.	Anlaufen der Reede 2 von der Ansteuerung kommend	Nach Tn2 auf W-Kurs max. 2,2nm, dann mit ca. 205° 3,7nm zur Referenzposition [Summe: 5,9nm]	Nach Tn2 auf W-Kurs 2,2nm, dann mit ca. 205° 3,7nm zur Referenzposition [Summe: 5,9nm]
5.	Ablaufen von Reede 2 nach Westen	von Referenzposition 3,4nm auf ca. 303°, dann mit ca. 344° 10,8nm zum Kollisionsschutzweg [Summe: 14,2nm]	von Referenzposition 13,4nm auf ca. 354° zum Kollisionsschutzweg [Summe: 13,4nm]
6.	Ablaufen von Reede 2 nach Osten	von Referenzposition mit NE-lichem Kursen ca. 10,0nm zum TSS zwischen T60A und Tn70 [Summe: 10,0nm]	von Referenzposition mit NE-lichem Kursen ca. 10,0nm zum TSS zwischen T60A und Tn70 [Summe: 10,0nm]

6 Organisation des Hafenzulaufs bei Existenz des Testfeldes und der Reedenutzung

Neben den räumlichen, statistischen und schiffsführungstechnischen Betrachtungen soll hier der Prozesscharakter im Sinne von „Position, Navigation und Time“ (PNT) analysiert werden. In der statistischen Betrachtung hatte dieser Aspekt insoweit Bedeutung, als dass eine Anzahl von Plätzen auf der Reede und deren Erreichbarkeit von See ausgewiesen wurden. Die Aufnahmefähigkeit der Häfen hingegen wurde bisher als unlimitiert angenommen. Führt man hier eine praktisch bedingte Grenze ein, entsteht eine Pufferfunktion für die Reede. Inwieweit diese Möglichkeit des „Zwischenparkens“ benutzt wird, hängt wesentlich von den aktuellen Umständen des Hafengeschehens mit Schlepperbetrieb, der Arbeit der Verkehrszentralen (VZ) und der Lotsen ab.

Für die Passage zwischen der Tonne „Rostock“ und dem Liegeplatz ist die Zahl der gleichzeitig agierenden Fahrzeuge limitiert. Die theoretische beschriebene Grenze des Limits wurde bisher nicht überschritten. Es muss daher angenommen werden, dass die nachgewiesene Zahl der Ankerlieger mit Destination Rostock nicht aus operativen Gründen des Verkehrsmanagements, sondern vielmehr wegen besetzter Liegeplätze entstanden ist.

Für die navigatorische Sicherstellung des verzögerungsfreien Hafenzulaufes ist die Reiseplanung des jeweiligen Schiffes beeinflussbar. Aus der Reiseplanung geht die voraussichtliche Ankunftszeit (ETA) hervor. Diese wird für die Strategische Planung im Zielhafen in einem Zeitmaß von Tagen angefordert [08]. Diese hat generell aus verschiedenen Gründen eine gewisse Unschärfe. Für den operativen Teil sind 3h vor Anlauf der Ansteuerung Rostock durch das Schiff Informationen zu geben [04].

Bei einer langjährigen Durchschnittsgeschwindigkeit der Welthandelsflotte von 14,5kn wäre dies ein Abstand von 43,5nm von der Hafenansteuerung. Für den Fall der hier betrachteten 15m tiefgehenden Schiffe findet man Orientierung in den ausgewiesenen Betriebsgeschwindigkeiten der ankerliegenden Tankschiffe in der Nordsee 18. Danach liegen diese Geschwindigkeiten zwischen 9,6kn und 12kn.

Im Fehmarnbelt auf Höhe Tonne 68 wäre die ETA Meldung fällig bei einer angenommenen durchschnittlichen Fahrt von 10kn bis zur Tonne „Rostock“. Aus dem Osten kommend wäre diese Meldeposition bei der Tonne DW76 nördlich Darßer Ort. Es wird die Annahme getroffen, dass die finale Geschwindigkeit für das Einlaufen dieser Schiffsklasse an der Ansteuerungstonne erreicht sein soll. Navigatorisch ist das „3h ETA“ sehr hilfreich. Zum Agieren stehen 30nm zur Verfügung, in denen das zulaufende Fahrzeug seine Fahrt bis zur Grenze der Steuerfähigkeit von ca. 6kn minimieren kann. Damit entsteht für das Organisieren des Einlaufens ein potentieller Zeitpuffer von 2h, das Anlaufen kann in diesem Zeitraum ETA-2h bis ETA -5h gesteuert (gelenkt) werden. Für ein notwendiges Ankern aus taktischen Gründen (Belegung des Hafens) ist das „3h ETA“ die letzte zeitliche Schwelle, diese Information an das Schiff zu geben.

Ein auslaufendes Fahrzeug hat seine „ready to sail“ Meldung ebenfalls 3h vorab zu geben. Ein verzögertes „an der Pier liegen“ innerhalb der Verkehrsablauforganisation stellt navigatorisch keine Beeinträchtigung dar.

Die im 3h Bereich im Zulauf befindlichen Fahrzeuge sind technisch gut zu identifizieren und in ihrer Fahrt zu verfolgen. Mit den Lageinformationen des Hafens, der Lotsen und vor allem der Verkehrszentrale inklusive der Fahrpläne der Fährschiffahrt ist potentiell die Grundlage für eine Verkehrsablaufsteuerung gegeben.

Bei temporärem Regeln des Schiffsverkehrs liegen sehr gute Erfahrungen aus dem Betrieb des Nord-Ostsee-Kanals vor; ist der Kanal weltweit das einzige Revier in dem durchgängig eine Verkehrslenkung erfolgt. Am Kanal werden im Zuge der sich vollziehenden technischen Entwicklungen immer wieder wissenschaftliche Untersuchungen zur weiteren Verbesserung seiner Durchlassfähigkeit mittels logistischer Ansätze durchgeführt. Die letzte Aktivität ist die Forschungsinitiative MFUND im Rahmen des *SchleusenNOK40-Projekts*.

Für die Rostocker Seehäfen ist die Ansteuerung allerdings nicht im Sinne eines permanenten Betriebes organisiert. Vielmehr ist die Organisation den Verhältnissen eines finalen Anlaufpunktes angepasst. Dies zeigt sich durch die Frequenz der Fährbewegungen als Schiffe mit „normalem Tiefgang“. Die Anzahl aller vorhandenen oder geplanten tiefen Liegeplätze zur Gesamtzahl der Plätze in den Rostocker Häfen ist gering.

Die Bewegungen abgeladener tiefgehender Schiffe gemessen am Gesamtverkehr gleichen einer Poissonverteilung.

Der Schiffsverkehr um und im Seekanal nach der Verkehrsdichteverteilung gemäß Abb. 19 zeigt, dass für das Ein- und Auslaufen die Peripherie des Seekanals ebenfalls von Schiffen mit geeigneten Tiefgängen genutzt wird. Seewärts von den Molenköpfen spannt sich fächerförmig eine Verkehrsdichte auf, die durch den Seekanal und seiner östlichen Peripherie dominiert wird. Dieses Dichteprofil wird sich durch einen zunehmenden Anteil von tiefgehenden Fahrzeugen nicht verändern, sind diese doch an das Fahrwasser des Seekanals gebunden.

In der Tabelle 1: Schema Navigationsszenarien für Schiffe mit 15m Tiefgang (Bemessungsschiff) im Revier Rostock wurden die sechs relevanten Szenarien zusammengestellt. Mit der Platzierung des Testfeldes im Untersuchungsgebiet fällt das Szenario 1 auf. Es beschreibt das Versegeln eines tiefgehenden Fahrzeuges von der Reede2 zur „Tn1“. Die absoluten Segelstrecken betragen einmal 7,8nm „direkt“ zur „Tn1“ und 13,8nm beim nördlichen Umfahren des Testfeldes hin zur „Tn1“.

Die Distanzen bei einem Versegeln haben eine Differenz von ca. 6nm. Diese größere Distanz ergibt sich in dem Szenario durch die Ausdehnung des Testfeldes.

Aus der Beschreibung des gegenwärtigen (Abb. 10) als auch prognostizierten Verkehrsaufkommens ist der Seekanal mit der größten Verkehrsdichte im Untersuchungsgebiet behaftet. In diesen Verkehr muss sich navigatorisch das tiefgehende

Schiff von der Reede kommend „einfädeln“. Dabei steht dem Fahrzeug auf dem 13,8nm langen Weg ein umfangreicheres Geschwindigkeitsprofil zur Verfügung als bei einer Distanz von 7,8nm. Der „Manöverspielraum“ im Sinne von zu wählender minimaler und maximaler Fahrt wird größer. Es sind keine harten Kursänderungen für das Einordnen in den übrigen zulaufenden Verkehr in Richtung zum Eingang des Seekanals notwendig. Der übrige Verkehr kann beim Ansteuern Rostock dieses dann mitlaufende Schiff gut einordnen auch für eventuelle Überholmanöver. Der Auslaufende Verkehr kann das zulaufende tiefgehende Schiff klar als „Entgegenkommer“ identifizieren. Sicherheit und Leichtigkeit werden bei dieser Wegführung um das Testfeld herum nicht nur für das tiefgehende Schiff sondern auch für den übrigen Schiffsverkehr erhöht.

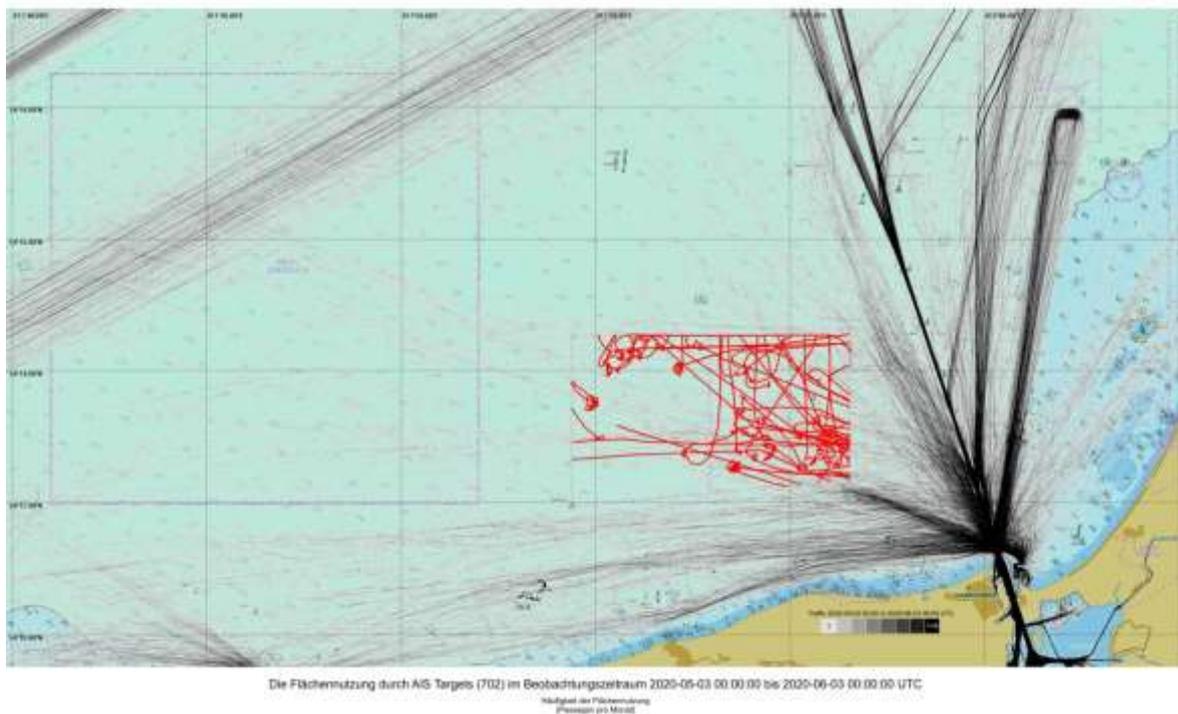


Abb. 19: Flächennutzung von AIS Zielen im Revier Rostock

7 Lotstechnische Veränderungen beim Nutzen der Reede Rostock unter der Annahme eines Testfeldes im Untersuchungsgebiet

Gegebenheiten der Interaktionen für den operativen Betrieb zwischen Lotsenboot und Seeschiff sind in den Nautischen Dokumentationen mit den Seekarten „136“, „1671“ und „1355“ (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie) enthalten. Sie sind als Rhombus oder „Diamond“ Markierungen angebracht. Historisch entstanden und heute von wesentlicher Bedeutung sind diese Markierungszeichen als geografische Referenz für die Interaktion des Lotsen-Versetzens. Bei verminderter Sicht z.B. kann mit Bezug zum „Diamond“ vom Seeschiff aus das Lotsenboot ausfindig gemacht werden. Absprachen zwischen Schiff und Lotsenboot können mit Bezugnahme auf diese Positionsmarkierung in der Seekarte vorgenommen werden. Der Rhombus-förmige Eintrag in den Seekarten ist nicht zwingend die geografische Position des unmittelbaren Aufnehmens oder Abgebens des Lotsen. Vielmehr geht das Lotsenboot an dem fahrenden Seeschiff in seinem Fahrwasser längsseits und der Lotse „klettert“ an Bord.

Im Revier Rostock sind Rhombus-Symbole entlang des Seekanals an drei verschiedenen Abständen zu den Molenköpfen platziert (vgl. Tabelle 2).Tabelle 1

Tabelle 2: Lotsversetz-Positionen Ansteuerung Rostock

Nr.	Nähe zu den Fahrwassertonnen	ca. Abstand zu den Molenköpfen [nm]	ca. Versegelungszeiten [min]
1	Tn1	7,03	55
2	Tn5	3,58	33
3	Tn11	1,62	15

Einlaufend gilt die Tabelle 2 für Fahrzeuge über 11,58m Tiefgang nordwestlich „Tn1“, für Fahrzeuge über 6,5m Tiefgang westlich „Tn5“ und für Fahrzeuge bis 6,5 m Tiefgang bei „T11“.

Bei besonderen Wetter- oder Verkehrsbedingungen gilt: das Lotsenboot fährt voraus, bis die sichere Versetzung möglich ist; andere Versetzpositionen können vereinbart werden [04].

In verschiedenen Quellen werden die Organisation und die Bedingungen der Lotsvorgänge beschrieben [04, 06, 08]. Welche Fahrzeuggrößen und Fahrzeugtypen einer Lotspflicht unterliegen ist klar geregelt. Eine Besonderheit der Rostocker Seehäfen ist der große Anteil der „Freifahrer“. Diese Erreichen oder Verlassen die Pier ohne Lotsenunterstützung. Dazu gehört die überwiegende Anzahl der Fährschiffe von und nach Skandinavien.

Im verbleibenden Verkehrsaufkommen (vgl. Abb. 12) benötigt der „klassische“ Schiffsverkehr eine Lotsenberatung. Die Vorgehensweise und Organisation des „An-Bord-Gehens“ haben die Lotsen selbst zu entscheiden. Hierbei spielen die Umstände von Wetter und die Beschaffenheit des zu lotsenden Schiffes die wesentliche Rolle.

Die Sicht des Schiffsführers auf das unmittelbare tiefenabhängige verfügbare Navigationsgebiet beim Anlaufen Rostock wird mit den Abb. 17 und Abb. 18 nachempfunden. Die beiden Abbildungen sollen veranschaulichen, welche

Tiefeninformationen der Schiffsführer im Überblick zur Verfügung hat. In beiden Bildeinstellungen wird eine Sicherheit von 2m angenommen.

In der Abb. 17 ist eine Safety Contour von 14m gewählt worden. Sie zeigt schwarz markiert den verfügbaren Navigationsraum für Schiffe, die bei einer vorgegeben Sicherheit und ihrem Tiefgang diesen Wert nicht überschreiten. Es wird deutlich, dass unter diesen Bedingungen der Hafen Rostock gegenwärtig gemäß der Darstellung in der ECDIS durch das Fahrwasser passierbar (schwarz) ist. Bei einer Seekanaltiefe von 14,5m wäre das Einlaufen eines 12,5m Schiffes möglich, der größte Teil des Reedegebietes könnte angesteuert werden. Zur praktischen Anwendung des „under ceel clearance“ Wertes sei festgestellt, dass den Hafen Rostock im Untersuchungszeitraum auch Fahrzeuge mit einem Tiefgang größer 12,5m anliefen.

In der Abb. 18 wird im Vergleich eine Safety Contour von 17m eingeblendet. Sie entspricht bei unverändert angenommener Sicherheit von 2m einem Tiefgang von 15m für das anlaufende Schiff. Dieser Ansatz ist sehr konservativ gewählt worden. Er hilft beim Ansteuern das tiefe Wasser zu erkennen. Für die Ansteuerung selbst ist dieses Limit jedoch zu hoch gewählt. Es müsste der zukünftigen Tiefe des Seekanals angepasst sein. Die westliche Reede hingegen wäre unter gegenwärtigen Bedingungen erreichbar und benutzbar.

Bei einem Definieren des „Point of no Return“ für den Schiffsführer eines tiefgehenden Schiffes mit Destination Rostock wäre in Anlehnung an Abb. 17 eine Position nördlich der Tonne „Rostock“ zu wählen. Möglicherweise gab es bereits ähnliche Überlegungen bei der Gestaltung des Fahrwassers mit seiner Betonung und Befeuerung im Sinne von Sicherheit und Leichtigkeit für den Schiffsführer. Beim Passieren so einer eigenständig festgelegten Position sollte an Bord über die weiteren Prozeduren des Einlaufens Klarheit bestehen, alle notwendigen landseitigen Informationen sollten dann vorhanden sein.

Die zu betrachtenden tiefgehenden Schiffe gehören in jedem Fall zur Gruppe der zu lotsenden Fahrzeuge. Bei so einem Zulaufscenario eines 15m tiefgehenden Schiffes ist davon auszugehen, dass das Fahrzeug bei Annäherung an das Revier Rostock bereits mit einem Überseelotsen (DAN PILOT Regulations) besetzt ist, weil es einen Tiefgang über 11m hat.

Nach einem Passieren von ca. 1,1nm der nordöstlichen Ecke des Testfeldes wäre das Gebiet zum Aufnehmen des/ der lokalen Lotsen vor dem Tonnenpaar „Tn1“ und „Tn2“ bereits wieder ca. 1,6nm entfernt.

Bei einem eher unwahrscheinlichen Abbruch des Versetzmanövers hat die Schiffsführung des tiefgehenden Schiffes die Wahl des Aufstoppens oder des Abdrehens entlang der südlichen Grenze des Testfeldes zur Reede². Ein Abdrehen nach Osten ist ebenfalls von der Schiffsführung zu entscheiden. In dieser Entscheidungsfindung der Schiffsführung bleibt die Option einer Unterstützung durch eine Kommunikation mit dem Lotsen und/ oder der VZ.

8 Empfehlungen / Maßnahmen hinsichtlich der Verkehrssicherung aus nautischer Sicht mittels passiver Verkehrssicherungssysteme für das Ansteuern Rostock

Das Revier Rostock mit seiner Ansteuerung und den tangierenden Transitwegen hat sich in seiner lokalen Ausprägung historisch entwickelt und befindet sich in der technischen Ausrüstung auf einem hohen Stand. Ein Anpassen der Befeuerung und Betonung im Zusammenhang mit der Vertiefung des Seekanals ist zu erwarten.

Aus der Betrachtung der Reede-Größe, deren Zweiteilung und ihren Tiefenverhältnissen sind diesbezüglich keine Veränderungen notwendig. Der theoretischen Reede-Kapazität für tiefgehende Schiffe bis 15m steht ein praktischer Anspruch aus dem Vorhandensein von „tiefen“ Liegeplätzen gegenüber. **Aus den Erläuterungen zum HEP2030 und dessen Fortschreibung auf 2040 [19] kann eine ausreichende Anzahl von tiefgehenden Ankerplätzen innerhalb der Reede2 konstatiert werden.** Diese Schlussfolgerung wird aus dem bisherigen Ergebnis zum Verhältnis von Ankerliegern und Hafenzulauffrequenz der Fahrzeuge bestätigt.

Würde für jeden der tiefen Liegeplätze ein Reede Platz vorgehalten, wäre man weit unter der theoretischen Ankerliegerzahl gemäß der ermittelten gegenwärtig vorhandenen Kapazität und deren ausgewiesenen Reserven.

Eine Erweiterung oder Veränderung der Reede fläche wäre aus diesen Sachverhalten heraus nicht notwendig. **Eventuell sind statt der pauschalen Begrenzungslinien der Reede2 Einzelplätze mit der üblichen Symbolik in den Seekarten auszuweisen.**

9 Empfohlenen Maßnahmen für den Erhalt der Leichtigkeit in der Schifffahrt für das Revier Rostock mittels aktiver Verkehrssicherung

Die Verkehrszentralen sind Organisationseinheiten der Wasser- und Schifffahrtsämter (WSA) und werden international als Vessel Traffic Service Center (VTSC) bezeichnet. Das Untersuchungsgebiet ist Teil des Überdeckungsgebietes der VZ Warnemünde. Dort wird agiert zum Zwecke:

- der Verhütung von Kollisionen und Grundberührungen
- der Verkehrsablaufsteuerung sowie
- der Verhütung von der Schifffahrt ausgehender Gefahren auf die Meeresumwelt

Kontinuierlich werden der Schifffahrt Verkehrsinformationen und Verkehrsunterstützungen angeboten. Bei Bedarf wird verkehrsregelnd auf die Schifffahrt eingewirkt. **Die Bekanntmachung eines 15m tiefgehenden Schiffes im Revier als Navigationswarnung entsprechend den Lagemeldungen der Britischen Maritime & Coastguard Agency und der French Coastguard im Ärmelkanal ist zu empfehlen.**

Die Verbesserung der Arbeit der Verkehrszentralen ist ein stetiger Prozess. In den letzten Jahren fand die Erneuerung der Verkehrswegeföhrung für die Deutsche Nordseeküste unter Leitung des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) statt. Gleiches ist für die Ostsee in Durchführung.

Zur Vermeidung von Schiffsunfällen werden Verkehrsstrukturen und den Sicherheitsbedürfnissen angepasste Verkehrswegeföhrungen erarbeitet.

Für das weitere Ausgestalten der Verkehrswege werden neben den hydrologischen, morphologischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen insbesondere die aus der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs resultierenden Anforderungen berücksichtigt.

Um das Kollisionsrisiko und damit auch das Risiko von Schadstoffunfällen auf See deutlich herabzusetzen, wurden im Bereich der deutschen Nord- und Ostseeküste Verkehrstrennungsgebiete (VTG) ab 1976 eingerichtet. Diese erfüllen den Zweck, dass gegenläufige Verkehrsströme grundsätzlich, und bestimmte Gefahrgüter transportierende Verkehre vom übrigen Verkehr, räumlich voneinander getrennt werden.

Das Verhalten von Fahrzeugen in einem VTG und der angrenzenden Küstenverkehrszone richtet sich nach den international gültigen Kollisionsverhütungsregeln. Diese geben der Schifffahrt detaillierte und eindeutige Verhaltensmaßregeln für das Befahren der VTG vor. Darüber hinaus wurden und werden die Zufahrten zu den Häfen den wachsenden Sicherheitsbedürfnissen angepasst und unterliegen einer ständigen Kontrolle und Verbesserung. Hier sind im Wesentlichen folgende Maßnahmen zu nennen:

- Setzen und Betreiben von Seezeichen (Betonnung, Befeuerung etc.)
- Bereitstellen und Optimieren elektronischer Hilfsmittel für die sichere Navigation
- Vorhalten bestimmter Fahrwassertiefen und -breiten
- Anpassung der Kurvenradien an die gewachsenen Schiffsgrößen.

Diese Aktivitäten gestalten sich vor dem Hintergrund eines „*Vessel Traffic Service*“, der sich wie folgt beschreiben lässt:

Die Verkehrszentralen sind rund um die Uhr mit qualifizierten Nautikern besetzt, die unmittelbar auf den Schiffsverkehr einwirken und im Rahmen der Gefahrenabwehr die Schiffsführungen in ihren navigatorischen Entscheidungsfindungen unterstützen.

Die Aufgaben der Verkehrszentralen umfassen dabei im Einzelnen:

- Das Überwachen des Reviers,
- Die Überwachung der Funktion von Schifffahrtszeichen (einschließlich Positionskontrolle),
- Die Messung und Bekanntgabe von Wind, Wasserstände und Sichtweiten,
- Das Ermitteln und Bekanntgeben des Zustandes der Wasserstraße als Verkehrsweg,
- Überwachung des Schiffsverkehrs und des Verkehrsflusses,
- Die Entgegennahme und Verarbeitung von Schiffsmeldungen,
- Die Überwachung der Einhaltung der Verkehrsvorschriften,
- Die Förderung des effizienten Verkehrsablaufes,
- Das Erteilen von Genehmigungen und Befreiungen,
- Das Überwachen der Einhaltung von Bedingungen und Auflagen.

Die Unterstützung des Schiffsverkehrs zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs beinhaltet im Einzelnen:

- Die Bekanntmachungen zur Verkehrslage, besonderen Vorkommnissen, Störungen an Schifffahrtszeichen etc.,
- Das Erteilen von Verkehrsinformationen,
- Die Erteilung von Navigationsunterstützungen und
- Das Regeln des Schiffsverkehrs.

Das zukünftige Testfeld sollte mit seiner schifffahrtsspezifischen Infrastruktur organisch in die beschriebenen Aufgaben des existierenden „*Vessel Traffic Service*“ mit einbezogen werden.

Zur weiteren navigatorischen Unterstützung der Schifffahrt existieren die Lotsendienste. Für das Lotsen ist bisher die jeweilige Übernahmeposition flexibel gehandhabt worden. Ein Verlegen der seeseitigen Lotsenversetzposition ist im Zusammenhang mit der Neuausrichtung der Betonung und Befeuerung des dann vertieften Seekanals zu prüfen. **Allein aus der Existenz des Testfeldes ist keine Veränderung der Lotsenversetzgebiete abzuleiten.** Beim Zulauf von 15m tiefgehenden Schiffen ist davon auszugehen, dass das Lotsen in harmonischer Abstimmung zwischen dem an Bord befindlichen Überseelotsen und seinem/seiner dann dazukommenden Rostocker Kollegen erfolgen wird.

Beim Nutzen der Reede2 sollten 15m tief abgeladene Schiffe ohne Lotsenberatung nicht vor Anker gehen oder diese verlassen.

10 Zusammenfassende Bewertung

Die bisherige Arbeit der Lotsen und der Verkehrszentrale inklusive der Schlepperdienste beim Andienen der Schiffe unfallfrei bis zum Liegeplatz zeugt von der Erfahrung und dem Wissen des Personals. Gemäß dem Charakter des Hafens ist diese festzustellende hohe Qualifizierung bei den Kapitänen der Fährschiffe ebenfalls gegeben.

Die Reede Rostock ist in ihrer unveränderten Ausdehnung über viele Jahre im Zuge von Schiffsanläufen in die Rostocker Seehäfen genutzt worden. Es konnten folgende Gegebenheiten ermittelt werden:

- Die durchschnittliche tägliche Reedebelegung ist mit der Anzahl von 4 Fahrzeugen gegeben.
- Die Hafenzufahrt wird täglich von durchschnittlich 32,25 Fahrzeugen (AIS) frequentiert.
- Die maximale Anzahl der täglichen Schiffsbewegungen betrug 107 zwischen 2010 und 2020.
- Es sind maximal 8 neue Ankerlieger auf der Reede innerhalb von 24h zu verzeichnen gewesen.
- Auf ca. 27 Schiffspassagen täglich kommen zwei neue Reedelieger.
- Zwei Tage beträgt die durchschnittliche Verweildauer der Fahrzeuge auf Reede.
- Die Auslastung der Reede2 im Verhältnis zur Reede1 beträgt 1:4.
- Der Anteil von mindestens 10m tiefgehenden Schiffen auf Reede beträgt 5,4% zur Gesamtzahl der Reedelieger.
- Es kommen ca. 21% der Ankerlieger aus den Rostocker Seehäfen (warten „For Order“).
- Es verbleibt ein sehr geringer Anteil von „Ankerliegern im Transit“.
- Im strategischen Bereich des Hafenzulaufs erfolgt die zeitliche Vorgabe des Ankerliegens von den Maklern der Rostocker Seehäfen.
- Im operativ taktischen Bereich erfolgt die Vorgabe des Ankerliegens zeitlich ca. 3h vor Erreichen der Ansteuerung.

Im Zusammenhang mit der Darstellung des Ankerliegens von Schiffe mit größerem Tiefgang (bis zu 15 m) vor dem Hintergrund einer Seekanalvertiefung können folgende Feststellungen getroffen werden:

- **Es ist eine Reedetiefe von mindestens 17m vor Rostock für Schiffe mit einem Tiefgang von bis zu 15 m erforderlich .**
- **Ca. 1,5m Kielfreiheit benötigt ein Schiff mit 15m Tiefgang im Verkehrsraum vor Warnemünde (under keel clearance).**

Die Reede Rostock ist für Schiffe mit einem Tiefgang von 15 Metern abschnittsweise geeignet. Im Gebiet der Reede 2 ist ausreichend Wasser vorhanden. Dort kann bei beliebigen Wetterlagen geankert werden.

Die notwendige Kieflfreiheit auf dem Reedegebiet in Abhängigkeit von Trimm, Wellenhöhe und Wasserstandspegel für 15m tiefgehende Schiffe ist von der Schiffsführung des jeweiligen Schiffes zusammen mit der Verkehrszentrale zu entscheiden.

Ein wetterbedingtes Ankern eines 15m tiefgehenden Schiffes besonders wegen Starkwinden quer zum Verlauf des Seekanals würden von der Schiffsführung, den beteiligten Lotsen und der Verkehrszentrale untereinander abgestimmt werden müssen. Aus den durchschnittlichen Starkwindzeiten pro Jahr mit den speziellen Richtungen Ostwind und Westwind aus der Statistik des DEWI sind die Fälle mit Beaufort (Bf) 7 und größer zu betrachten, um die Häufigkeit gegebener Ankersituationen zu bestimmen. Dabei sind die Phasen mit einem Effekt der Wasserstandserhöhung noch einmal besonders zu betrachten, da sie die Einlaufsituation eventuell verbessern würden.

Die Existenz eines Offshore-Windparks auf der vorgesehenen Fläche würde das Nutzen der bestehenden Reede mit oder ohne Erweiterung nach Westen weiterhin erlauben. Auf der Reede2 können Fahrzeuge bis zu 15m Tiefgang vor Anker gehen.

Ein ausgewiesener verlängerter Weg vom Ankerplatz zur Ansteuerung des Seekanals gegenüber einem „direkten“ Weg zur Einfahrt des Seekanals ist navigatorisch nicht nachteilig. In Hinblick auf die übrige Schifffahrt ist der Weg von der Reede2 nördlich um das Testfeld herum im Sinne von Sicherheit und Leichtigkeit navigatorisch vorteilig.

Eine smarte zentrale Zulaufsteuerung eines 15m tiefgehenden Schiffes (9kn - 12kn) wäre attraktiv und ein Alleinstellungsmerkmal des Hafens Rostock.

Unter Beachtung aller genannten Einflussgrößen und Zusammenhänge im Untersuchungsgebiet und deren Betrachtung über einem Zeitbereich der letzten 10 Jahre kann festgestellt werden, dass keine nachteilige Beeinflussung des Schiffsverkehrs durch das Testfeld zu erwarten ist.

11 Quellenverzeichnis

1. Green Cruise Port. Abschlußbericht_seekanal_Final020318, Hamburg Port Consulting GmbH 02.03.18
2. Kosten-Nutzen-Analyse einer Anpassung der seeseitigen Zufahrt zum Hafen Rostock. PLAMCO Consulting GmbH Essen, 2009
3. Prognose Umschlagpotenzials des Hafens Rostock. ISL, Bremen 2014
4. Ostsee-Handbuch Südwestlicher Teil. BSH, Hamburg/Rostock 2020
5. Driftverhalten großer Schiffe und Ankermanöver. Arbeitsbericht, Kvaerner Warnowwerft, Warnemünde 2004
6. Verordnung über die Verwaltung und Ordnung des Seelotsreviers Wismar/Rostock/Stralsund vom 08. April 2003
7. Baltimax Schiffsdefinition in WIKIPEDIA, 2020
8. Ports Guide of Rostock. Last update June, 07th 2016
9. RECOMMENDATION ON THE USE OF ADEQUATELY QUALIFIED DEEP-SEA PILOTS IN THE BALTIC SEA. IMO Resolution A.1081(28), London, 4 December 2013
10. Tiefenkarte Rostock. Arbeitskarte Energieministerium M-V, 11.03.2020, Schwerin
11. „Hafenentwicklungsplan 2030“ (HEP 2030). Guido Kaschel, Leiter der Lübeck Port Authority (LPA), Vortrag 2018
12. Newsletter ROSTOCK PORT GmbH Dezember 2017 Nr. 4 Investitionen im Überseehafen orientieren sich an geplanter Seekanalvertiefung
13. Hafenentwicklungsplan 2030. Rostock Port, Stadt Rostock, 2016
14. Navigation Through Danish Waters. The Danish Maritime Authority, 13.0 FEB 2019
15. Lageplan Testfeld Warnemünde. Energieministerium M-V, 29.11.2016
16. Gebiete_fuer_Schifffahrt_LEPMV2016
17. Kollisionsverhütung auf See. Hilgert/Schilling transpress Verlag Berlin 1985
18. Liste der der Tankerlieger Nordsee mit Tiefgang, Tagesanalysedatum (SIW)
19. Ausführungen zum Hafenentwicklungsplan 2030 (HEP2030/HEP 2040). T. Biebig, ROSTOCK PORT GmbH, 06.08.2020
20. Dynamic Positioning Systems. Maritime Impact DNV GL 2020
21. Deutscher Wetterdienst. Klima und Umweltberatung, Auslandsklima und maritimes Klima, Hamburg
22. Richard R. Hobbs: Marine Navigation S.242, U.S. Naval Institute, Annapolis, Maryland
23. Niedrigwasserstatistik. WSA Lübeck 2019