

**Nautische Bewertung der
Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs
bei veränderter Gestaltung der Navigationsräume
in der Umgebung des Vorhabengebietes „Gennaker“**

Fortschreibung des Berichts vom 14.04.2022

- Revision 00 -

Erstellt durch:

Schiffahrtsinstitut Warnemünde e.V.

An der Hochschule Wismar

Richard-Wagner-Str. 31

D – 18119 Rostock



Verantwortlicher:

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Müller, Kpt.

Datum:

12.04.2024

Veranlassung

Die vorliegende Untersuchung auf der Basis von AIS-Daten und einer Traffic Flow Simulation (TFS) ist im Auftrag der OWP Gennaker GmbH vor dem Hintergrund der Umplanung des Offshore-Wind-Parks (OWP) „Gennaker“ erarbeitet worden.

Die OWP Gennaker GmbH besitzt seit dem 15.05.2019 eine Baugenehmigung nach §4 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) zur Errichtung und zum Betrieb des OWP „Gennaker“ im Wind-Vorranggebiet „Darß“. Diese umfasst 103 OWEA, 2 baugliche USP sowie die parkinternen Seekabel. Die Genehmigung basiert auf der zum Planungszeitpunkt größtmöglichen Turbine Siemens Wind Power SWT-8.0-154 mit einer Nennleistung von max. 8,4 MW. Der Turbinentyp stand damals an der Schwelle zur Markteinführung.

Durch unverschuldete Verzögerungen und Umsetzungshemmnisse war die Verfügbarkeit dieses Anlagentyps zum geplanten Errichtungszeitpunkt nicht mehr gewährleistet. Daher musste die Trägerin des Vorhabens (TdV) für die im Mai 2019 erteilte Genehmigung mit Antrag vom 28.06.2022 ein Änderungsverfahren gem. §16 BImSchG (wesentliche Änderung) für die weiterentwickelte Turbinenversion, hier die SG 167-DD, durchführen. Die Änderungsgenehmigung für das modifizierte Konzept ist Anfang 2024 erteilt worden.

Im Verlaufe sich zuspitzender multipler Krisen im Winter 2022 / 2023 nahmen generelle, d.h. auch internationale Marktverwerfungen, Inflation und krisenbedingte Engpässe stark zu. Die Folge war ein signifikanter Kosten- und Zinsanstieg, der sich entsprechend negativ auf die globalen Erzeugungs- und Lieferketten auswirkte, darunter auch auf die Offshore-Windindustrie und das Projekt „Gennaker“. Da sich bei hohen Vorverpflichtungen parallel die Inbetriebnahme erneut um ein weiteres Jahr verzögern sollte, musste nun der Einsatz der modifizierten OWEA erneut geprüft werden. Nach Herstellerangaben sollte der nächste Typenwechsel etwa ab Q1 2026 erfolgen. Mit der Verschiebung der Inbetriebnahme von 2026 auf 2027 ging unabhängig davon ein weiterer Kostenanstieg einher. Infolgedessen ist eine erneute Umplanung des Vorhabens erfolgt, die eine zeitliche Verschiebung der Inbetriebnahme im Jahr 2028 vorsieht. Aufgrund der Systematik im BImSchG ist ein erneutes Genehmigungsverfahren unvermeidbar.

Die aktualisierte Planung des Vorhabens OWP „Gennaker“ umfasst nun die Errichtung und den Betrieb von 63 WEA der 15 MW-Leistungsklasse sowie der windparkinternen Verkabelung. Gemäß der folgenden Tabelle wird mit der jetzt aktualisierten Planung eine Nettofläche von 44.3 km² beansprucht (ca. 24 NM²). Die Fläche für Windkraftanlagen wurde weiter reduziert.

Unverändert befindet sich das Vorhabengebiet des OWP „Gennaker“ vollständig innerhalb des im Juni 2016 von der Landesregierung Mecklenburg-Vorpommern im LEP M-V ausgewiesenen Vorranggebietes für Windenergie auf See „Darß“. Das Gebiet liegt in der südlichen Ostsee vor der Küste Mecklenburg-Vorpommerns innerhalb der 12-Seemeilenzone ca. 15 km nördlich der Halbinsel Fischland-Darß-Zingst und ca. 24 km westlich der Inseln Hiddensee und Rügen. Abbildung 1 zeigt die geografische Lage in einer Seekarte.

Vorhaben	Nutzungsfläche netto [km ²]				Anzahl Turbinen
	nördlich	südlich	östlich	Summe	
Alt	32,4	4,4	12,1	48,9	103
Neu	33,8	2,4	8,1	44,3	63

Ersichtlich aus Abbildung 1 ist, dass dabei nicht die gesamte LEP-Vorrangfläche als Vorhabengebiet genutzt werden soll. Die abgebildete LEP-Vorrangfläche ist die so genannte Bruttofläche mit ca. 112 km². Das Vorhabengebiet des OWP „Gennaker“ beansprucht für die Offshore-Windenergie eine nutzbare Nettofläche. Sie liegt innerhalb der LEP-Vorrangfläche und umfasst die genannte Fläche von ca. 44 km² (ohne die jeweils umhüllende Sicherheitszone von 500 m). Unter Berücksichtigung der Vorhabenfläche von EnBW Baltic1 mit einer Größe von ca. 7 km² werden damit lediglich 45,5 % der Vorrangfläche durch die Windenergie genutzt.

Die Ausdehnung der Vorhabenfläche, d.h. der Nettofläche, beträgt in Ost-West-Richtung ca. 18 km und in Nord-Süd-Richtung ca. 7,5 km. Die Wassertiefen variieren zwischen 12,5 m und 20 m gemessen zum mittleren Wasserstand (MSL).

Die vorliegende Analyse betrachtet die Ausgangslage im nautischen Bereich mit seinen aktiven und passiven Verkehrssystemen, Vorschriften, Regelungen, Schiffsverkehrsprofilen und dem nautischen Standard der Schiffe. Aufgrund der Veränderung der geografischen Ausdehnung des Vorhabengebietes und dem veränderten Profil der geplanten Offshore-Bauten wurde die Analyse mit den dazugehörigen Bewertungen auf den gegenwärtigen Kenntnisstand aktualisiert. Neben aktuellen wurden auch vorliegende Erkenntnisse aus vorangegangenen Genehmigungsverfahren berücksichtigt.

Ziel der vorliegenden Analyse ist die nautische Bewertung der Sicherheit und Leichtigkeit im Seeverkehr bei veränderter Gestaltung von Navigationsräumen. Auf der Basis einer Simulationsanalyse mittels aktueller Verkehrsdaten, fachlich ableitbaren Schlussfolgerungen und Empfehlungen wurde ein neuer Kenntnisstand erreicht. Die bisherigen Untersuchungen wurden damit überprüft und – sofern erforderlich – aktualisiert.

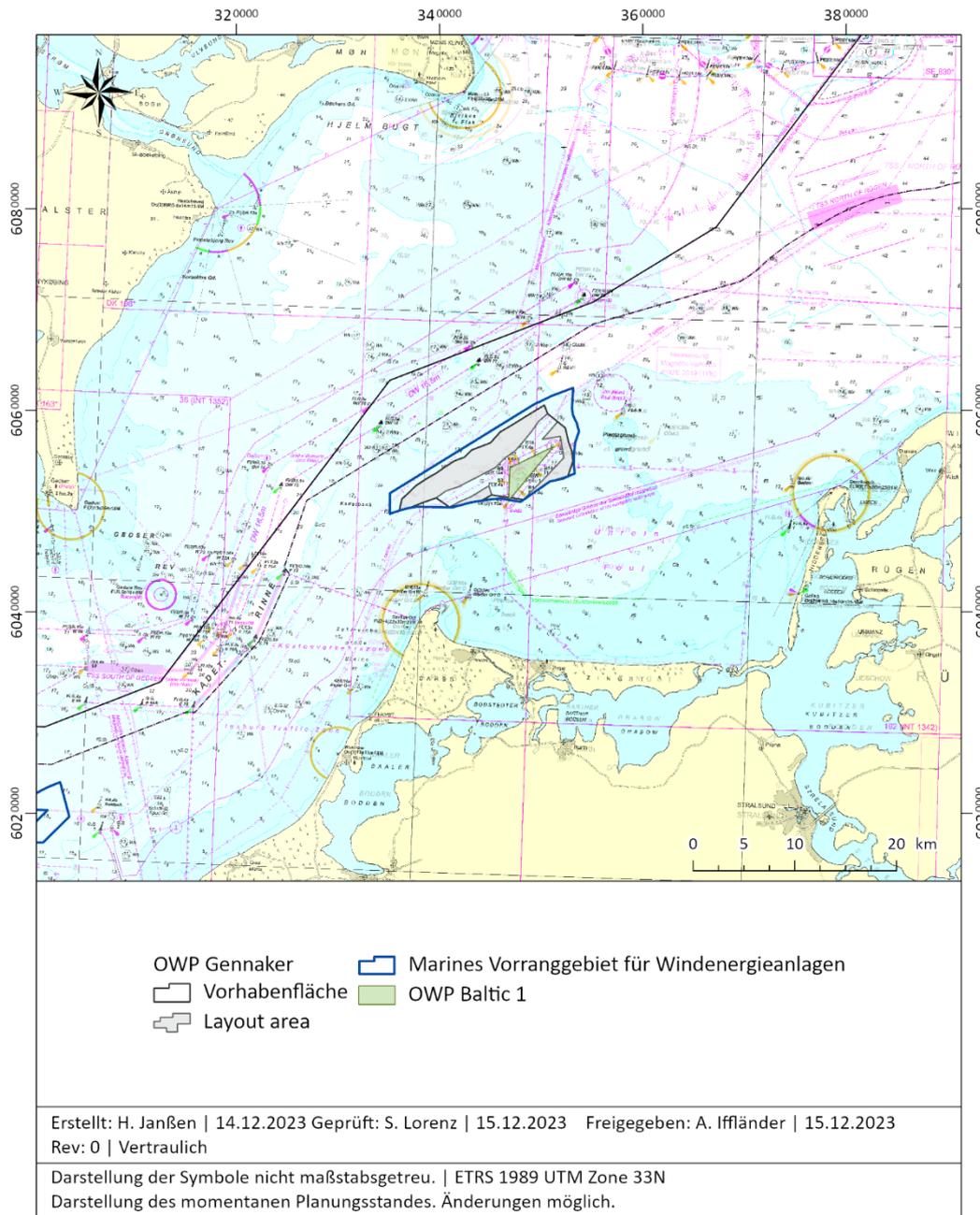


Abbildung 1: Verortung Vorhabenfläche OWP „Gennaker“ (Quelle AG)

Herangehensweise:

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde für das Planungsgebiet des OWP „Gennaker“ und seiner Umgebung eine umfassende Auswertung und Bewertung des Schiffsverkehrs auf der Basis der existierenden Verkehrsregularien und mehrjähriger historischer als auch aktueller AIS-Daten vorgenommen. Dabei wurden aktuelle Aussagen hinsichtlich der grundsätzlichen Planung des Küstenmeeres Mecklenburg-Vorpommern berücksichtigt.

Es wird von einem Verbleib des Messmastes „Darßer Schwelle“ an seiner gegenwärtigen Position ausgegangen. Diese ist mit Kardinalseezeichen gekennzeichnet, die entsprechend im Seegebiet ausgelegt sind (vgl. [29]). Für die Untersuchung wurden die aus realen Verkehrsdaten (zwischen 2012 und 12/2023) postulierten Verkehrsströme mathematisch analysiert und in entsprechenden Navigationsszenarien innerhalb einer Traffic Flow Simulation verarbeitet. Die entstandenen Simulationsergebnisse wurden einer nautischen Bewertung unterzogen. Weiterhin gab es einen Vergleich der auftretenden Verkehre südlich und nördlich des DW hinsichtlich der Sicherheit und Leichtigkeit für die Seeschifffahrt.

Die Untersuchungen berücksichtigen zusätzlich zu den gemessenen Daten eine Erhöhung des Verkehrsaufkommens um 25% als Trendanalyse.

Inhalt

1	Ausgangssituation und Beschreibung des Seegebietes	8
2	Aufspannen des zu betrachteten Untersuchungsgebietes.....	15
3	Trend, Prognose und verifizierte Seeverkehrsprofile	18
3.1	Aspekt Sicherheit	18
3.2	Aspekt Leichtigkeit.....	26
3.3	Trendanalysen und langfristige Prognosen	27
3.4	Messtechnische Analysen.....	32
4	Bereitstellung verifizierter Seeverkehrsprofile	35
4.1	Allgemeines	35
4.1.1	Methodik zur Bestimmung des Verkehrsaufkommens.....	35
4.1.2	Visualisierung der AIS- Daten	36
4.2	Datenerhebung.....	36
4.3	Aktualisierte Verkehrszahlen im Untersuchungsgebiet	37
5	Ansätze für die Verlagerung und die zukünftige Verteilung der Verkehre innerhalb der Verkehrsanalyse	45
6	Traffic Flow Simulation	53
6.1	Grundlagen des stochastischen Vergleichens	54
6.2	Beschreibung der Simulationsszenarien	55
6.2.1	Referenzszenario	62
6.2.2	Zielszenarien.....	62
6.2.3	Trendszenarien.....	62
6.3	Ergebnisse der Simulation	62
6.3.1	Gegenüberstellung der Verkehre nördlich des DW	63
6.3.2	Gegenüberstellung der Verkehre südlich des DW	63
6.3.3	Gegenüberstellung der Verkehre in den Trendszenarien.....	64
6.3.4	Zusammenfassung der Simulationsergebnisse	66
7	Bewertung der Passierkapazitäten aus statistischer Sicht	69
8	Passagebewertung aus nautischer Sicht.....	72
8.1	Bewertung im nördlichen Sektor.....	72

8.2	Bewertung in den Sektoren Süd, Ost und West	74
8.3	Nautische Gesamtbewertung.....	75
8.4	Vorschlag zur Wegeführung	77
9	Lotsung als weitere verkehrssichernde Maßnahme.....	79
10	Fazit.....	81
Anhang 1	Begriffsklärung	83
Anhang 2	Die maritime Verkehrssicherung durch die Verkehrszentralen (für Linien- und Flächenreviere).....	85
Anhang 3	Einführung des T.S.S. „North of Rügen“	87

1 Ausgangssituation und Beschreibung des Seegebietes

Für die Schifffahrt ist das Küstenmeer (12 NM-Zone) ein Teil des deutschen Hoheitsgebiets und unterliegt damit der föderalen Struktur der Bundesrepublik. Das bedeutet, dass seeseitig die gleiche Kompetenzverteilung, legislativ wie auch exekutiv, gilt, wie an Land. Neben den hoheitlichen Befugnissen, die der Bund mit seinen nachgeordneten Behörden und Dienststellen ausübt, sind regionale Zuständigkeiten im Küstenmeer allein Sache der jeweiligen Küstenbundesländer. In Abbildung 2 ist der zu Deutschland gehörende Teil der Ostsee bestehend aus Ausschließlicher Wirtschaftszone (AWZ) und Küstenmeer dargestellt.

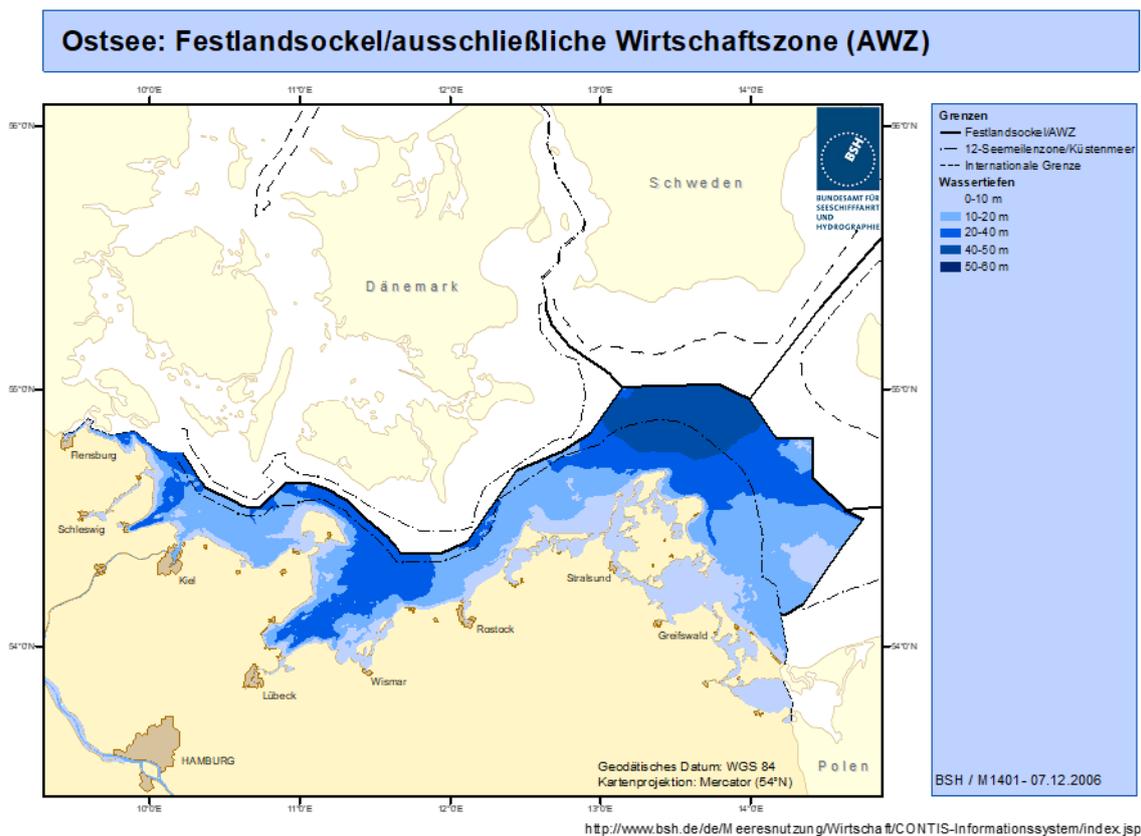


Abbildung 2: Grenzen der räumlichen Zuordnung (Quelle: BSH)

Wichtigste Bundesbehörde im Bereich der Meeresverwaltung ist das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH). Daneben besteht die dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) nachgeordnete Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), welche als Fachbehörde die Zuständigkeiten für die Verwaltung und die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auf den (bundeseigenen) Bundeswasserstraßen besitzt.

Das untersuchte Seegebiet liegt in der 12 NM Zone (sog. Küstenmeer) der Ostsee in der Zuständigkeit des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Das Land Mecklenburg-Vorpommern

hat im Zuge der Landesraumentwicklung ein neues Landesraumentwicklungsprogramm (LEP M-V) vorgelegt, das mit Landesverordnung vom 27.05.2016 verabschiedet und am 09.06.2016 im Internet veröffentlicht wurde. Im LEP M-V wurden Vorrang- und Vorbehaltsflächen für die Berufsschifffahrt und die Offshore Windenergie rechtskräftig ausgewiesen.

Die Studie bezieht sich räumlich auf das Vorhabengebiet des OWP „Gennaker“, das sich gemäß Abbildung 3 auf Teilen der Vorrangfläche für Offshore-Windenergie nördlich des Darß und westlich des Plantagenetgrundes befindet.

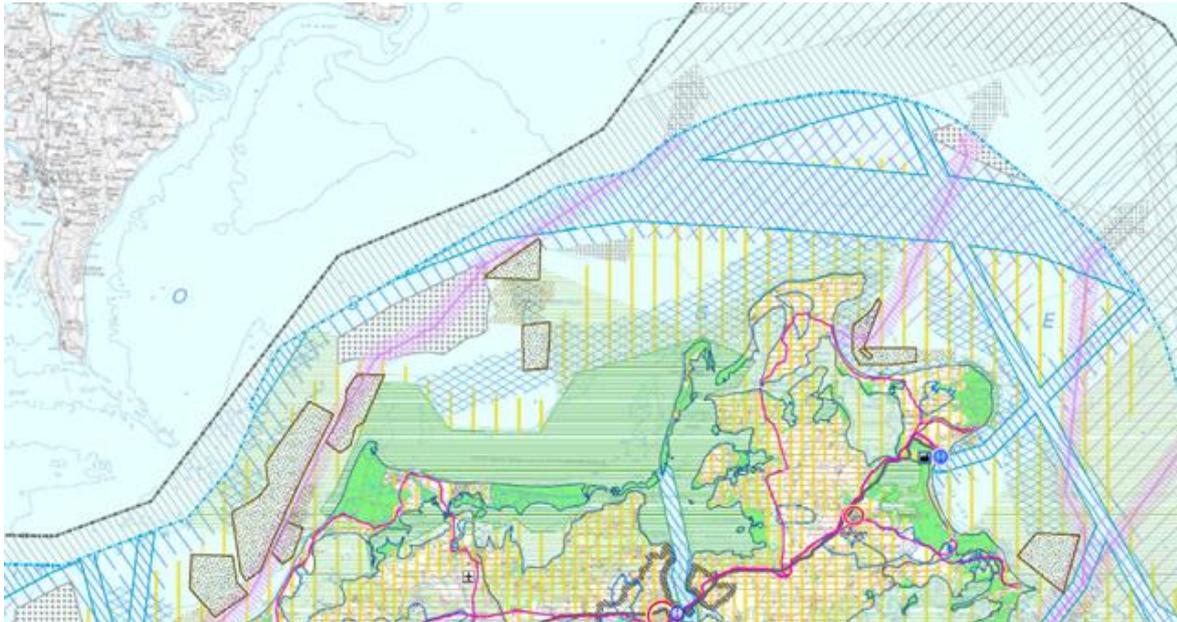


Abbildung 3: Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Schifffahrt und Windenergie (Ausschnitt) aus LEP II [01]

Die Fläche des Vorhabengebietes zeigt Abbildung 4. Die nördliche, östliche und südliche Teilfläche und der OWP Baltic1 sind jeweils räumlich voneinander getrennt. Die Abstände zueinander betragen an jeder Stelle mindestens einen Kilometer. Diese Fläche ist Grundlage für die weiteren Betrachtungen.

Im Vergleich zur erteilten Änderungsgenehmigung (2024) gab es Anpassungen v.a. der östlichen Fläche. Da die Lage und Ausdehnung der Vorhabenfläche im Wesentlichen aber unverändert sind, ist bezogen auf die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs einschließlich der Veränderung nautischer Herausforderungen von keinen veränderten Rahmenbedingungen außerhalb der Windparkfläche auszugehen. Geänderte Positionen einzelner Offshore-Bauwerke innerhalb der Vorhabenfläche wurden vorliegend berücksichtigt.

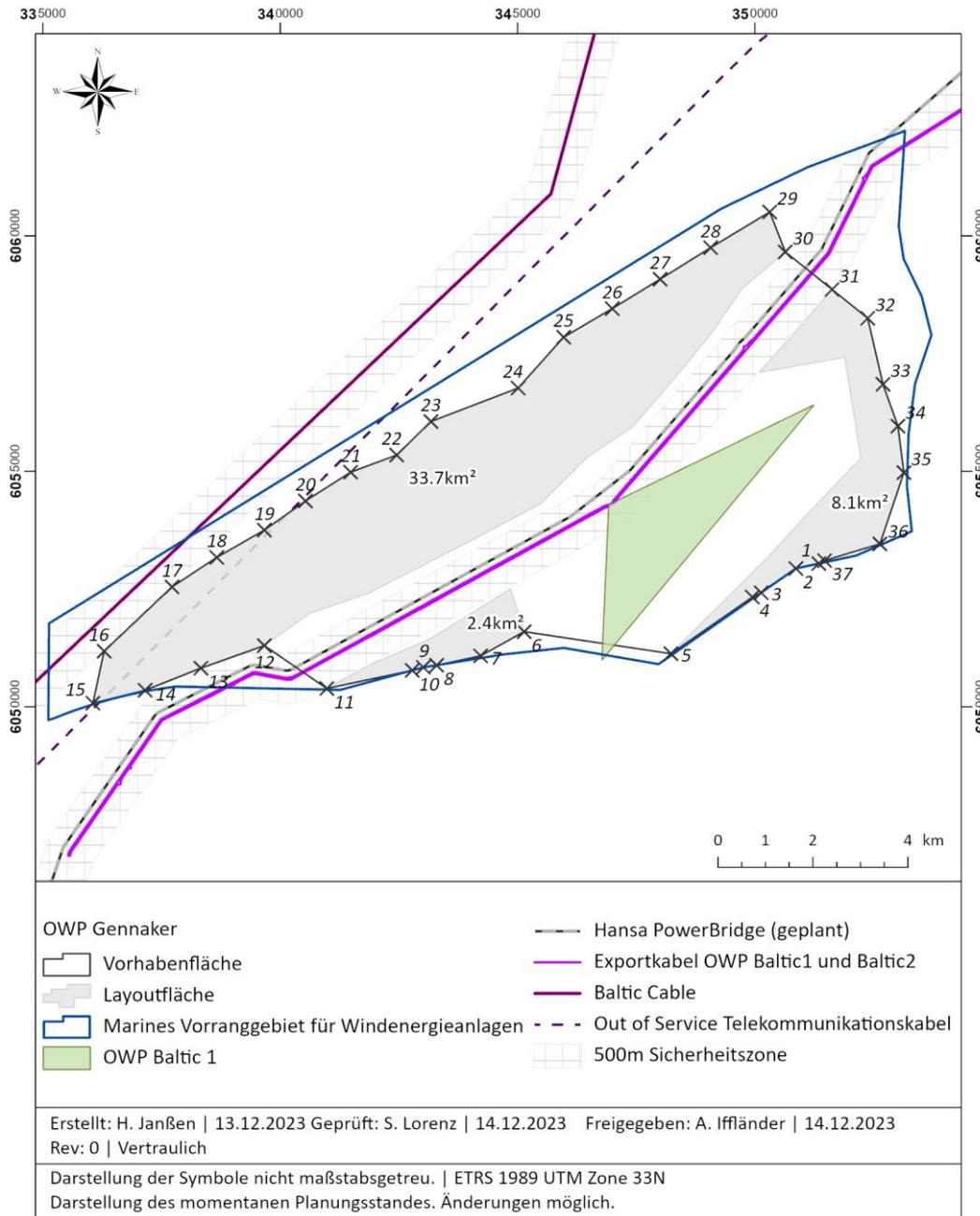


Abbildung 4: Vorhabengebiet des OWP „Gennaker“ vom 14.12.2023 (Quelle: AG)

Um die verkehrstechnischen Betrachtungen zu ermöglichen, beziehen sich die Untersuchungen bzgl. des Navigationsraumes lokal vom östlichen Ausgang des Verkehrsweges Kadetrinne und südlich der Untiefe mit Lat. 54° 50,0'N und Long. 012° 45,0'E

bis Lat. 54° 36,0'N und Long. 012° 53,0'E gemäß der dargestellten Ausdehnung in Abbildung 5. In dem hier betrachteten Untersuchungsgebiet befindet sich der betonnte Tiefwasserweg DW 16.5 (ehemals DW 17), im Folgenden „Tiefwasserweg“ bzw. „DW“ genannt. Nördlich davon laufen westgehende Verkehre dicht am DW, da keine alternativen Wegeführungen an den Untiefen des Gedser Rev's möglich sind.

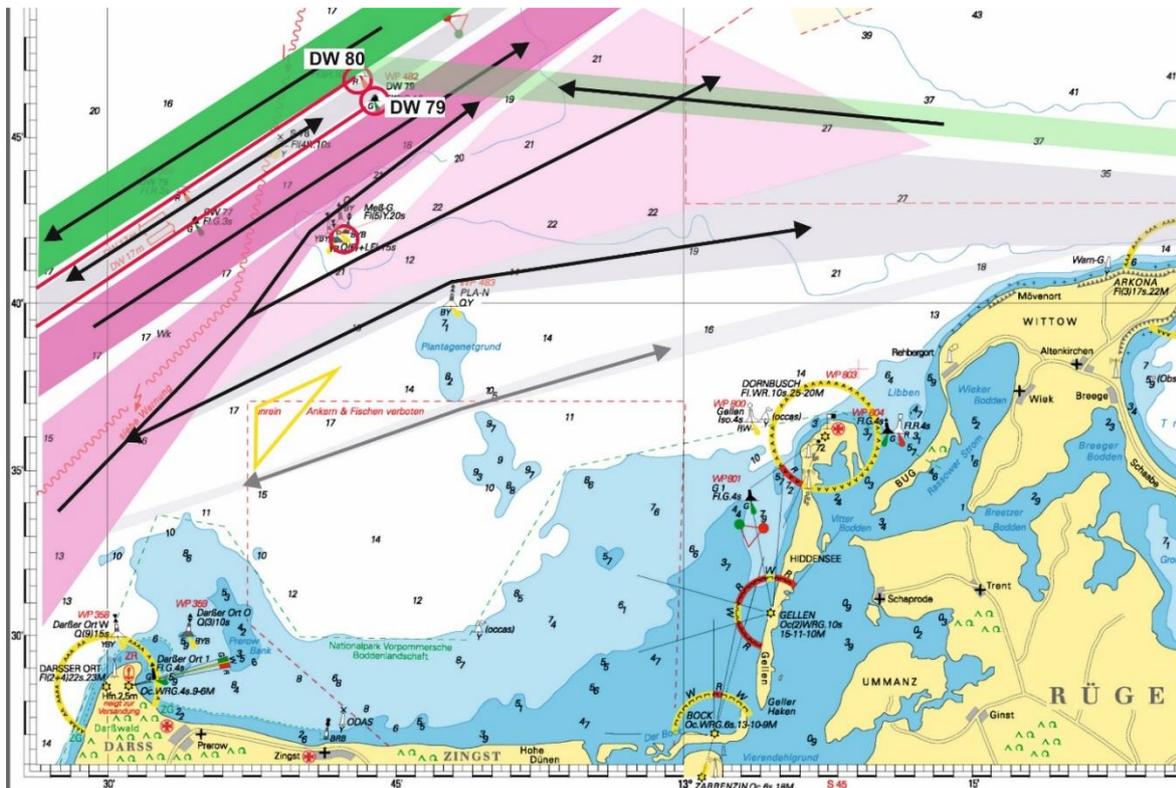


Abbildung 5: Ist Situation der Routenführung im betrachteten Navigationsraum

Der südlich des Tiefwasserweges verlaufende ostgehende Verkehr hat beim Passieren des Vorhabengebietes die Engstelle südlich vom Gedser Rev (Fahrstreifen zwischen DW16,5 und Inshore Traffic Area) bereits verlassen und wieder einen erweiterten Navigationsraum zur Verfügung (siehe grüner Kreis in Abbildung 6). Trotz des wieder vorhandenen größeren Navigationsraums zeigen die Fahrzeuge ein Verhalten, sich auch weiterhin dicht an der Grenze des Tiefwasserweges zu halten.

Mit dem Einschwenken der Fahrzeuge auf einen Kurs von ca. rechtweisend 55° erfolgt dann die Passage der Überwasserbauwerke im Planungsgebiet. Die Verhältnisse in diesem Passagenabschnitt werden mit Abbildung 7 deutlich. Es steht ein Fahrstreifen von der Mitte des DW bis an die Sicherheitszone des OWP-Planungsgebietes von ca. 4 NM (7,4 km) zur

Verfügung. Eine Einschränkung dieser Fahrstreifenbreite erfolgt erst nach der Passage des Planungsgebietes mit dem durch Kardinalseezeichen gekennzeichneten Messmast „Darßer Schwelle“.

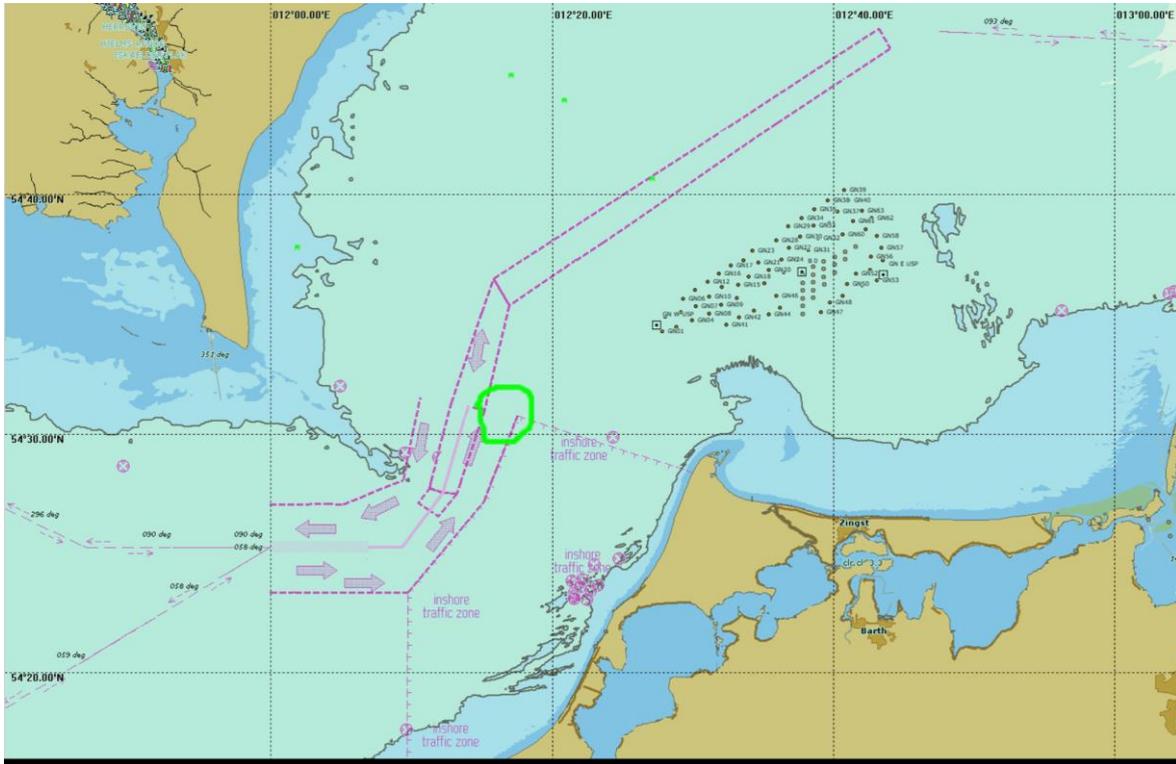


Abbildung 6: Umgebung des Planungsgebietes OWP „Gennaker“ mit Überwasserobjekten und grüner Markierung des beginnenden erweiterten Verkehrsraumes für ostgehende Fahrzeuge nach Verlassen des T.S.S. Kadetrinne

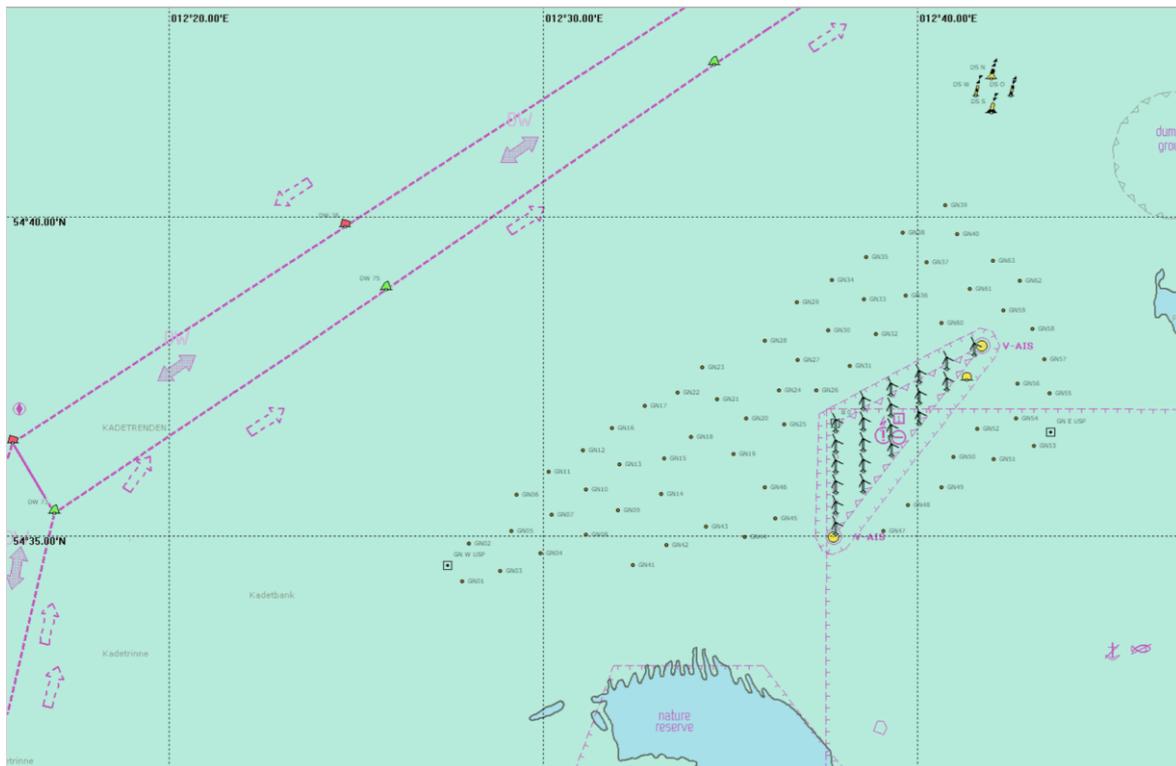


Abbildung 7: ECDIS Darstellung mit OWP „Gennaker“ Überwasserobjekten in Relation zum Schiffahrtsweg

Die Route des Ost-West-Verkehrs südlich des Plantagenetgrundes wird durch die mit der Zulassung des Vorhabens durch die zuständige Fachbehörde festgelegten Neuausrichtung des Seeverkehrs rechtzeitig vor Baubeginn des OWP aufgehoben. Das Planungsgebiet befindet sich dann innerhalb einer Küstenverkehrszone (KVZ, Inshore Traffic Area). Der Küstenverkehrsstrom mit Kursänderungspunkt nördlich an der Tonne „PLA-N“ gemäß Abbildung 5 wird vor Einrichtung der Baustelle dann entfallen.

Die Genehmigung wurde unter der aufschiebenden Bedingung erteilt, dass mit dem Bau des OWP „Gennaker“ erst begonnen werden darf, wenn bestandskräftige seeverkehrsrechtliche Regelung ergangen ist, entweder durch

- eine bestandskräftige Verlängerung des Verkehrstrennungsgebietes „South of Gedser“ in nordöstliche Richtung bis querab der Tannenposition „DW 79“ durch die IMO einschließlich der Einrichtung einer binnenwärts anschließenden Küstenverkehrszone oder
- eine bestandskräftige seeverkehrsrechtliche Regelung der GDWS zur Regelung des Schiffsverkehrs in Anlehnung an Regel 10 Buchstabe d der KVR, welche durch die nordöstliche Begrenzung der Küstenverkehrszone südöstlich des Verkehrstrennungsgebietes „South of Gedser“, die seewärtige Begrenzung des deutschen Küstenmeeres und eine Verbindungslinie von der Tonne DW 79 bis zum Unterfeuer „Zarrenzin“ begrenzt ist.

Ein wesentliches Ziel in dieser Seeverkehrsanalyse sind Aussagen zur Sicherheit und Leichtigkeit des Seeverkehrs. Diese ist sowohl bei räumlichen Entwicklungen, als auch bei Fragen der Genehmigungsfähigkeit baulicher Maßnahmen auf See zu bewerten. Neben der Aufrechterhaltung der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt ergab sich im Zuge dieser Untersuchungen einerseits die Frage nach den Wirkungen einer verlagerten Routenplanung und andererseits einer überlagerten nautisch optimierten Routenführung im betrachteten Navigationsraum.

Zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Seeverkehrs sind bereits vor der o.g. geplanten Küstenverkehrszone im Seegebiet verschiedene verkehrsregulierende Maßnahmen etabliert worden. Zu ihnen zählen das

- Verkehrstrennungsgebiet „North of Rügen“
- Verkehrstrennungsgebiet „Adlergrund“
- betonnte Fahrwasser der Kadettrinne mit seinem Tiefwasserweg
- Verkehrstrennungsgebiet „South of Gedser“.

Diese Seewege reichen teilweise bis in das Küstenmeer Mecklenburg-Vorpommerns hinein. Beim Konturieren der neu ausgewiesenen Vorbehalt- und Vorranggebiete für die Offshore Windenergie sind alle Vorrang- bzw. Vorbehaltsgelände im Küstenmeer gemäß LEP M-V berücksichtigt und übernommen worden. Dazu zählen Flächen

- Der Seeschifffahrt
- Des Naturschutzes
- Des Ressourcenabbaus
- Der Erholung
- Der militärischen Nutzung und
- Sonstige.

Überschneidungen existieren ausschließlich dort, wo keine Grenzmarkierungen vorhanden sind, so z. B. zu den äußeren Randbereichen von Vorbehaltsgeländen der Schifffahrt an den Planungsflächen des LEP M-V.

Als gegeben vorausgesetzt gelten der bestehende Windpark Baltic 1, welcher sich als Teilfläche des Vorranggebietes vor dem Darß im LEP M-V darstellt. Fragen der Schiffssicherheit für diesen Windpark sind jeweils in einem mehrstufigen Planungs- und Genehmigungsprozess abschließend beschieden worden.

2 Aufspannen des zu betrachteten Untersuchungsgebietes

Das Aufspannen des Untersuchungsgebietes (siehe Abbildung 5) erfolgte nach den Konturvorgaben gemäß Inhaltsangabe 2 a), b), c) und d) nach Vorgaben des AG's.

- a. im Norden durch den südlichen Grenzverlauf des Vorranggebietes der Schifffahrt ausgewiesen im Raumordnungsplan der AWZ und ihrer im LEP M-V etablierten Verlängerung in das Küstenmeer MV hinein
- b. im Süden durch den südlichen Grenzverlauf des OWP Baltic 1
- c. im Osten durch den Längengrad 14° 00' E
- d. im Westen durch den Längengrad 12° 25' E, frei vom Vorranggebiet "Darß"

Dieser zweidimensionale Raum ist neben dem Verkehrsprofil und dem Zeithorizont eine der Grundlagen für die Traffic Flow Simulation. Der für die Traffic Flow Simulation notwendige Navigationsraum ist identisch mit dem aufgespannten Untersuchungsgebiet nach Abbildung 5. Im Navigationsraum werden die Belange bestehender Nutzungen auf Grundlage der in der Raumordnung bereits ausgewiesenen Flächen der Vorrang- und Vorbehaltsgebiete berücksichtigt.

Offshore Windenergieanlagen (OWEA) – eingeordnet in den völkerrechtlichen Kontext von künstlichen Inseln, Anlagen und Bauwerken samt der sie umgebenden Sicherheitszonen dürfen nach dem Vertragstext des Seerechtsübereinkommens dort nicht errichtet werden, wo dies die Benutzung anerkannter und für die internationale Schifffahrt wichtiger Schifffahrtswege behindern kann. Allerdings: für das Sanktionieren von Verkehrstrennungsgebieten ist allein die IMO zuständig.

Das Untersuchungsgebiet im Küstenmeer Mecklenburg-Vorpommerns ist verkehrlich von der deutschen AWZ in der Ostsee beeinflusst. Auf Grund der engmaschigen räumlichen Verflechtungen ist das Untersuchungsgebiet flächendeckend an seiner Nordkante mit einem viel befahrenen Schifffahrtsbereich flankiert.

Die internationalen Schifffahrtswege verlaufen hier unmittelbar nördlich des Untersuchungsgebietes. [Dieser Bereich der Ostsee](#) wird insbesondere von Verkehren von und nach Skandinavien und dem Baltikum genutzt. Im Bereich der Kadettrinne / DW ist die gesamte AWZ bereits [im Jahre 2009](#) vom BSH als Vorranggebiet Schifffahrt festgelegt worden (siehe:

http://www.bsh.de/de/Meeresnutzung/Raumordnung_in_der_AWZ/index.jsp). Hierbei handelt es sich um einen Teilbereich mit einem stark frequentierten Schiffsverkehr in Relation zu anderen Passagen von Meerengen.

Im weiter östlichen Bereich wurde, ausgehend vom VTG „North of Rügen“ entlang einer gedachten Verlängerung zum VTG „Bornholmsgat“ in der Breite der VTG und entsprechend dem Vorgehen in der Nordsee, ein Vorranggebiet für die Schifffahrt ausgewiesen. Analog wird flankierend ein Sicherheitsabstand von 2 Nautischen Meilen (entspricht 2 x 1,852 km) plus 500 m als Vorbehaltsgebiet festgelegt (siehe Abbildung 8).

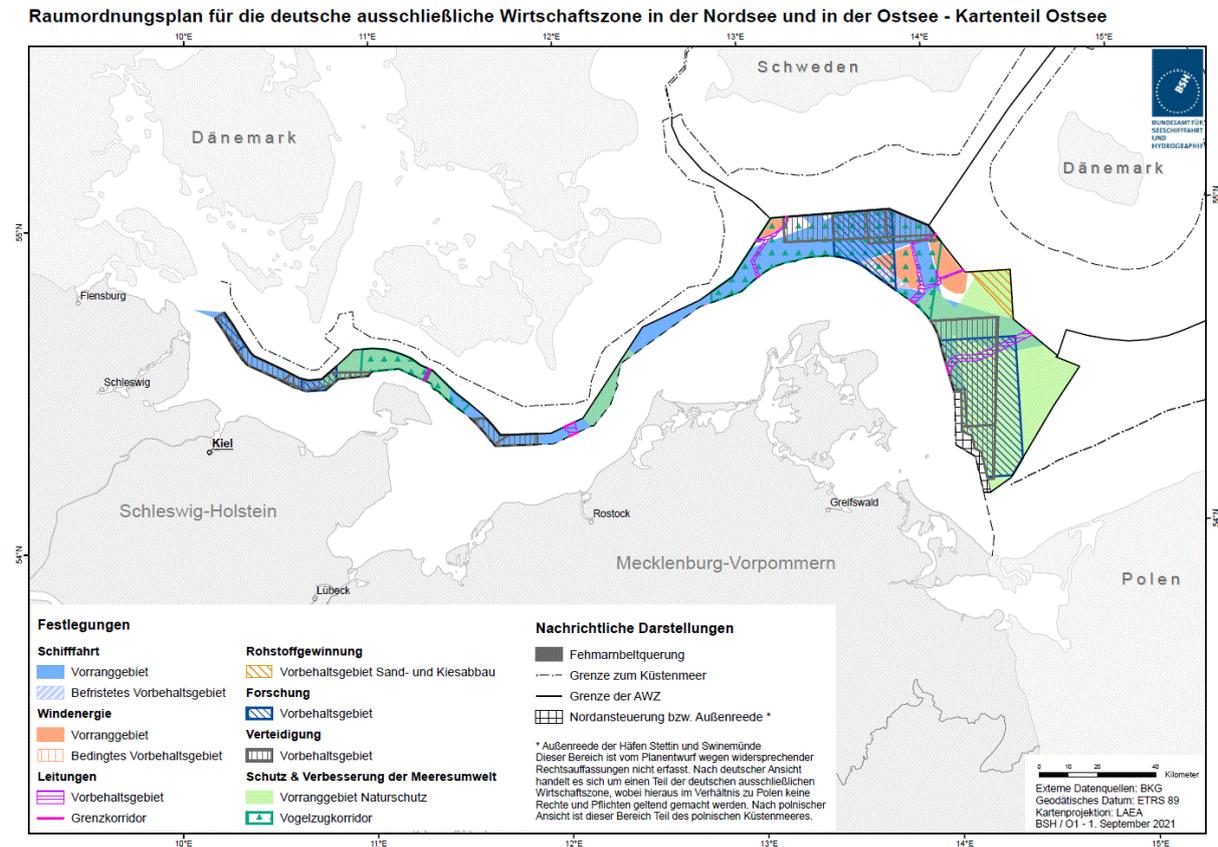


Abbildung 8: Raumordnungsplan für die AWZ in der Ostsee vom 01. September 2021 (Quelle: BSH)

Die vom BSH in der AWZ ausgewiesenen Vorrang- und Vorbehaltsgebiete für die Schifffahrt, den Naturschutz, das Militär, die Energie und Forschung werden in der Studie berücksichtigt. Dies erfolgt besonders für die seeseitige Begrenzung der Küstenzone des Landes Mecklenburg-Vorpommern.

Von 2016 bis **Januar 2024** waren keine Veränderungen aufgrund spezieller Nutzungen des Meeresunterbodens, der Seefläche oder Eingriffen wie Schürf-, Schüttstellen, militärische oder anderweitige Nutzungen des Untersuchungsgebietes erkennbar (siehe Abbildung 9). Zyklische Veränderungen in Form eines Wechsels auf Winterbetonung sind davon ausgenommen.



Abbildung 9: Aktuelle Gebietsübersicht aus elektronischer Seekarte

In Abbildung 9 wird der OWP Baltic 1 auf einer elektronischen Seekarte mit nur wenigen WEA dargestellt. Dieser Trend setzt sich dahin gehend fort, dass in der Navigationskarte DE 164 vom November 2023 nur noch die Eckbauwerke abgebildet werden. Es ist zu vermuten, dass sich die Herausgeber BSH Hamburg/Rostock und das UK Hydrographic Office Taunton hinsichtlich der navigatorischen Praxis auf diese hinreichende Darstellung geeinigt haben, denn zu dieser Kartendarstellung von OFFSHORE WIND FARMS heißt es erklärend „The Navigation in released Offshore Wind Farms (OWF) is at your own risk. The representation may be differ from the reality. Navigational rule for OWF in the German area of responsibility see Seehandbuch“ [29].

3 Trend, Prognose und verifizierte Seeverkehrsprofile

Durch das Ausweisen des Marinen Vorranggebietes für Windenergieanlagen im LEP M-V, auf dem das Vorhabengebiet des OWP „Gennaker“ liegt, erfolgt eine Reduktion potentieller Verkehrsfläche der Seeschifffahrt. Inwieweit real eine Einschränkung der Schifffahrt unter dem Aspekt ihrer Sicherheit und Leichtigkeit gegeben sein könnte, muss belastbar und für einen hinreichenden Zeitraum untersucht werden.

Dazu erfolgte u. a. im Projekt „The Baltic LINes project“ [24] die gemeinschaftliche Abstimmung von linearen Infrastrukturen in den Raumordnungsplänen der Ostseeanrainer.

The Baltic LINes project (2016-2019) aims at increasing transnational coherence of shipping routes and energy corridors in Maritime Spatial Plans (MSP). This is essential to prevent cross-border mismatches, to secure transnational connectivity and to assure efficient use of Baltic Sea space. Getting up-to-date georeferenced transnational data from the original sources is crucial to achieve this objective. HELCOM, in cooperation with Aalborg University, is leading the development of the first Marine Spatial Data Infrastructure (MSDI) prototype in the Baltic Sea. The prototype will be the first step towards a more efficient way to access MSP data from the original databases via compliant online standard services and formats.

Das Projekt stand unter der Leitung des BSH und endete 2019. Das Ziel war der Abgleich der nationalen Raumplanungen hinsichtlich eines konfliktfreien Durchganges und Anschlusses der Verkehrsräume. Für den gesamten baltischen Seeraum fanden die Planungsgebiete der Ostsee einschließlich des OWP's „Gennaker“ hier Eingang und wurden berücksichtigt. Eine Beanstandung für den Seeverkehr gab es aus den im Projekt fokussierten Gesichtspunkten nicht.

3.1 Aspekt Sicherheit

- Lage des Vorhabengebietes zu relevanten Schifffahrtswegen

Das Vorhabengebiet flankiert mit seiner nördlichen Grenze das Traffic Separation System (T.S.S.) Kadetrinne hier besonders die Separationszone für den ostwärts gehenden Verkehr (Tanker und Bulker, wesentlicher Beladungszustand Ballast). Inwieweit die Verträglichkeit zwischen OWP und Schifffahrt gegeben ist, wird wesentlich an diesem ostgehenden Fahrstreifen gemessen werden. Die Nordgrenze des Vorhabengebietes wird mit den Eckkoordinaten an der Position V-03 Long: 12° 29' 20,198" O und Lat.:54° 35' 42,285" N berücksichtigt. Der Verlauf der Peripherielinie des OWP „Gennaker“ in den Richtungen 055° und +180° folgt parallel dem Verlauf des Schifffahrtsweges in diesem Abschnitt, konkret der südlichen Begrenzung des Tiefwasserweges (Querabstand z. B. an den Tonnen DW75 und DW77). Die nördliche Grenze des Vorhabengebietes OWP „Gennaker“ hat zur südlichen Begrenzung des Tiefwasserweges einen Abstand von 3,9 Nautischen Meilen zzgl. eines Sicherheitsabstandes von 500 m (0,27 NM). **Diese 500 m breite Sicherheitszone ist nach**

Vorgaben der WSV in [12] um äußere Anlagen entlang der Peripherie einzurichten. Die Kennzeichnung der WEA erfolgt nach den Rahmenvorgaben der WSV in [12]. Dadurch sollen die Gefahren für die Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt minimiert werden.

Im Jahre 2005 initiierte das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen zusammen mit der WSV das sogenannte *Sicherheitskonzept Deutsche Küste*. Demnach sind die Verkehrszentralen (VKZ) die

- *die ordnungsausführenden Organe der Strom- und Schifffahrtspolizeibehörden (GDWS) und dienen ihnen als ein Instrument zur Verkehrssicherung und zur*
- *Abwehr von Gefahren für die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs sowie zur*
- *Verhütung der von der Schifffahrt ausgehenden Gefahren und schädlichen Umwelteinwirkungen.*

Die Aufgaben des Vessel Traffic Service (VTS) haben sich seit 2016 weiterentwickelt. Der Begriff des Verkehrsmanagements wurde eingeführt. Danach gilt:

- *Die WSV informiert, unterstützt und regelt aktiv den Schiffsverkehr, um einen flüssigen und sicheren Verkehr auf den Seeschiffahrtsstraßen zu ermöglichen.*

Die GDWS agiert damit gestalterisch, um den weiteren Erhalt eines sicheren Schiffsverkehrs im Einklang mit der neuen Nutzungsform Windenergie auf See sicherzustellen. Die WSV hat dabei bereits berücksichtigt, dass zukünftig sowohl mehr als auch größere Schiffe in einem Umfeld sich ausbreitender Windparkflächen fahren werden. Eine Konzentration des Schiffsverkehrs auf vorhandene oder neue Routen wird erwartet. Dadurch entstehen möglicherweise neue Herausforderungen, die von der GDWS untersucht und bewertet werden. Dieser Entwicklung soll mit modernen Navigationshilfsmitteln und der gezielten Anwendung von Maßnahmen der maritimen Verkehrssicherung begegnet werden.

Wegen der dynamischen Veränderungen in der Schifffahrt und der Windenergienutzung auf See wird das *Sicherheitskonzept Deutsche Küste* zurzeit überarbeitet [30]. Weitere Aussagen zur Verkehrssicherheit bei weiterem OWP-Ausbau liegen somit erst nach dessen Veröffentlichung vor.

Von Dänischer Seite wurde nach Anfrage zu eventuellen Entwicklungen oder Planungen im relevanten Seegebiet festgestellt:

„We can confirm that the TSS Gedser [27] is not being change now and there is no plans for doing changes in the future.“ (The Danish Maritime Authority vom 23.01.2024)

Zu erwarten sind in jedem Fall weitere technische Neuerungen, um den steigenden Anforderungen nach erhöhter Sicherheit auch in Zukunft gerecht zu werden. Es können zum Beispiel als Extrapolationen aus der Welt der Lotsen (Drones – an aid to increased Situational

Awareness in pilotage operations VesCo Systems, Remote Pilot supported by the Danish Maritime Fond) der Einsatz von Einwegdrohnen für die Notfallinspektion auf Schiffsrouten erwartet werden. Dazu sind kurze Flugzeiten wesentlich.

Die gegenwärtige Qualifikation der **Vessel Traffic Services** ergeben sich aus internationalen Forderungen wie der IALA [als auch der IMO \[01\]](#). Wesentlich für den Schiffsverkehr entlang des Planungsgebietes „Gennaker“ ist die Ausführung „USE OF DECISION SUPPORT TOOLS FOR VTS PERSONNEL“ (Edition 2.0, December 2021, urn:mrn:iala:pub:g1110:ed2.0) [und](#) „G1110 USE OF DECISION SUPPORT TOOLS FOR VTS PERSONNEL“ (Edition 2.1 January 2022, urn:mrn:iala:pub:g1110:ed2.1) mit Ergänzungen zu Notfallkonzepten und Technologien:

“According to IMO Resolution A.1158(32) 0, a vessel traffic service (VTS) means a service implemented by a Government with the capability to interact with vessel traffic and respond to developing situations within a VTS area to improve the safety and efficiency of navigation, contribute to the safety of life at sea and support the protection of the environment. Decision support tools (DST) are used to help enhance situational awareness and the decision-making process of VTS personnel by providing analysis and insight to developing or emergency situations, in real time, near real time and for long-term planning. Due to the perpetually evolving nature of VTS related concepts and technologies, consideration should be given to the continual development and refinement of DSTs as appropriate to meet future needs.”

Darüber hinaus werden u.a. folgende Anforderungen an die Weiterentwicklung von VTS postuliert:

“Depending on the needs of the VTS provider, DSTs may require user interaction to fully realize the capabilities of the DST or may be set to run autonomously until the set parameters trigger an alert for the VTSO to attend to. The operational procedures of the VTS should clarify the use of DST according to the local environment of the VTS area.

The DST can be implemented during or after the establishment of VTS, and if necessary, should be based on the outcome of a formal risk assessment.”

Die Anforderungen an Tools zur Entscheidungsunterstützung in Echtzeit, nahe einer Echtzeit oder für Vorausplanungen sind wie folgt gelistet:

- *“provide alerts and indicators (audible and / or visible);*
- *reduce the workload;*
- *enhance efficiency;*
- *be accurate and in real time;*
- *be configurable with local VTS operational procedures;*
- *facilitate the result-oriented decision making by VTS personnel in accordance with the purpose of the VTS;*
- *use the available data to predict future situations;*
- *comply with IALA Recommendation R0125 The use and presentation of Symbolology at a VTS Centre;*
and
- *have recording capability.”*

Technische und organisatorische Verbesserungen sind bordseitig bereits vorhanden bzw. zu erwarten. Sie erlauben es, das Fahrzeug landseitig mit wesentlich höherer Präzision zu tracken. Diese an Bord sich weiter ausbreitende navigatorisch-technische Erweiterung hat seinen Ursprung durch eine Verfügung der Panama-Kanal-Behörde mit der Aussage:

„Effective October 1, 2023, all vessels with a beam of 109 feet or more transiting the Panama Canal will be required to have a fix (non portable) piloting unit with Real Time Kinematics (RTK) for submeter accuracy. This measure is expected to improve the efficiency of the waterway by eliminating the delays associated with the installation of portable piloting units (PPU)“ [28].

Weiter wird das zukünftige Gebiet des OWP „Gennaker“ innerhalb einer RTK-Abdeckung liegen. Nach Angaben des DLR Neustrelitz [31] wird alternativ zu GNSS vom DLR in der Ostsee das Testfeld R-Mode-Baltic entwickelt. *„Seit 2022 ist es operativ einsetzbar. Weltweit ist es das erste System, mit dem Informationen zur Entfernungsmessung auf Basis von Mittelwellensignalen des maritimen GNSS-Korrekturdatendienstes gesendet werden. Damit werden Schiffe im sensiblen Küstenbereich künftig auch unabhängig von GNSS navigieren können.“*

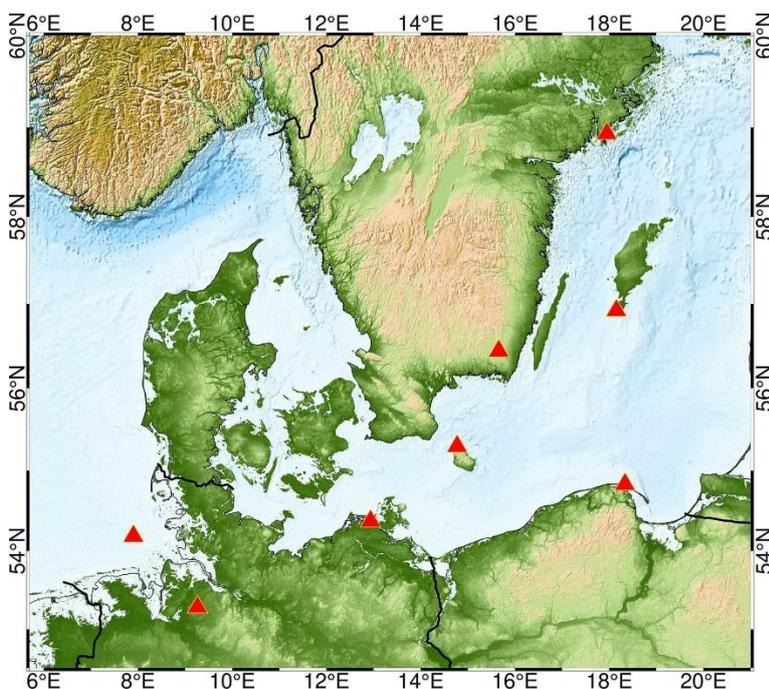


Abbildung 10: Alternative zu GNSS in der Ostsee: das Testfeld R-Mode-Baltic (Quelle DLR [31])

Diese technischen Neuerungen erhöhen die Möglichkeiten der GDWS, risikomindernde Maßnahmen in der Umgebung des Planungsgebietes zu verbessern. Sie zeichnen sich durch qualifizierte Aktivitäten seitens der Verwaltung zur Absicherung der Bauarbeiten bei der Errichtung von Windparks aus. Nachfolgend wird beispielhaft gezeigt, welche Maßnahmen während der Errichtungsphase gemäß ELVIS (Stand: 06. August 2021) [02] zum Tragen kommen können:

„Offshore Windparks

Verkehrssicherungsschiffe, Verkehrsbeobachtung sowie die Kennzeichnung der Baustelle durch Tonnen und mittels AIS geben der Schifffahrt die erforderliche nautische Unterstützung.

Im Zuge des Aufbaus von Windparks auf See sind außerdem umfangreiche Kabellegearbeiten für die Ableitung des erzeugten Stroms, die Datenübertragung und für die Vernetzung der Anlagen erforderlich. Gleichzeitig entstehen Umspann- und Versorgungsplattformen. Auch diese Maßnahmen haben Einfluss auf die Sicherheit der Navigation und erfordern die besondere Aufmerksamkeit der Schiffsführungen. Für in Betrieb befindliche Windparks erlässt die GDWS-Regeln für das Befahren der Sicherheitszonen mit Fahrzeugen, deren Rumpflänge 24 Meter nicht übersteigt. Dieses ist besonders für die Führer von Sportfahrzeugen wichtig, die sonst unter Umständen große Umwege fahren müssten. Diese Vorschriften werden in der Form von Allgemeinverfügungen für das Befahren von Windparks erlassen. Bei der Navigation in der Nähe der Windparks ist auf Kleinfahrzeuge innerhalb oder in unmittelbarer Nähe der Windparks zu achten, die nicht der AIS-Ausrüstungspflicht unterliegen und die im Radar schlecht auszumachen sind. Zwischen den Anlagen und dem Festland muss mit Starkstromkabeln gerechnet werden.

Grundsätzlich gilt: Während der Errichtungsphase ist das Befahren des Windparks und der eingerichteten Baustelle für alle Fahrzeuge nicht gestattet.“

Den Anweisungen der in den Baugebieten tätigen Verkehrssicherungsfahrzeuge ist Folge zu leisten.

- Historizität der Schifffahrtswege

Das Seegebiet der Kadetrinne mit seiner Ausweisung in den nautischen Dokumentationen und Seekarten ist historisch allein aus der Notwendigkeit entstanden, die Schifffahrt sicher um die Flachwasserstellen des Gedser Rev zu leiten. Damit ist der Flaschenhals für den Schiffsverkehr süd-östlich des Gedser Revs angesiedelt, und die Wegeführung der Kadetrinne wirkt ordnend für den Zulauf auf diese Engstelle. Dort ist der Schifffahrtsweg insgesamt 3,1 NM (5,7 km) in Verlängerung der Linie der Tonnen W70A und E70A breit. Von hier sind 11,5 NM (21,3 km) Distanz zur NW-Ecke des Vorhabengebietes festzustellen.

Der Seeweg entlang der Küste von M-V ist wesentlich durch den Transit- und Fährverkehr geprägt [16]. Der Verkehrsverlauf für die Schifffahrt wurde in den siebziger Jahren des letzten Jahrhunderts weltweit durch das Einführen von Verkehrstrennung gebündelt. In diesem Zusammenhang entstand die Wegeführung der Kadetrinne mit zeitlich folgenden *kleinen Veränderungen* (gemäß dem Sprachgebrauch der Hydrographen). **Ziel war dabei das Erhöhen der Sicherheit in der Schiffsführung. Aus der genannten historischen**

Flächenentwicklung für den Schiffsverkehr in der Kadetrinne und deren weniger werdenden *kleinen Veränderungen* wird eine Sättigung in den verkehrstechnischen Maßnahmen geschlussfolgert [29]. Derselbe Verkehr aus der Kadetrinne, wie oben für den Bereich südöstlich von Gedser Rev beschrieben, hat in diesem Abstand bei der Passage des Vorhabengebietes eine laterale Breite von 9 NM (3,9+1,2+3,9) bei paritätischer Streifenbreite „West“ (3,9 NM) und „Ost“ (3,9 NM) für den Schiffsverkehr zur Verfügung.

- Nutzung der Schifffahrtswege mit Kollisionsrisiko Schiff - WEA

Für das Beantworten dieser Fragestellung wurden einige Grundbedingungen postuliert und seit 2004 für derartige statistische Untersuchungen von verschiedenen Institutionen gemeinschaftlich verwendet, so auch in der zum Vorhabengebiet vorgenommenen Untersuchung des DNV [17]. Im Sinne der Fragestellung nach der mit einer eventuellen Kollision in Zusammenhang stehenden Schiffssicherheit sollen die dort ermittelten Ergebnisse unter einem erweiterten Kontext kommentiert werden.

1. Der Begriff Kollision ist in der Seeschifffahrt sehr streng besetzt und beinhaltet formal das Ereignis bei der Nichtbeachtung von existierenden Fahrregeln zwischen mindestens zwei Fahrzeugen (KVR-Regel 2). Ein feststehendes Bauwerk, wie z.B. ein Feuerturm oder eine WEA ist in diesem Sinne kein Kollisionsgegner.
2. Die Annahmen und danach durchgeführten Untersuchungen zur Berechnung der Wahrscheinlichkeit über das „Kollidieren“ von Seefahrzeugen mit WEA haben im Ansatz den Ausfall der Antriebs- und/oder Ruderanlage eines Schiffes zur Grundlage. Für das hier betrachtete Seegebiet sind maximale Wassertiefen bekannt (siehe Abbildung 11). Sie belegen ausreichende Wassertiefen und Untergründe für das Ankern. Die seemännische Verhaltensweise des Ankerns oder Notankerns wird in der Untersuchung des DNV [17] außer Acht gelassen. Ankersysteme mit Steuerung von der Brücke sind dagegen üblich und Stand der Technik. Notankermanöver können bei Ausfall der Antriebs- und/oder Ruderanlage von dort sehr kurzfristig ausgeführt werden. *Mit dem Notankern des Tankers „YANNIS P.“ vor der Insel Rügen gibt es im Untersuchungsgebiet ein Beispiel. Dazu heißt es auf der Internetseite der GWDS am 14.08.2023 unter „Öltanker mit Maschinenschaden in der Ostsee – Verschleppung gestartet“:*

„Der Schleppverband, bestehend aus dem Tanker Jannis P. und dem Schlepper BRITOIL 71, hat heute um 11.30 Uhr die deutsche AWZ (Ausschließliche Wirtschaftszone) verlassen. Auf deutschem Gebiet wurde er vom Notschlepper Bremer Fighter begleitet, gechartert von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Ziel des Schleppverbandes ist das Seegebiet vor Kaliningrad. Der mit Rohöl beladene Tanker befand sich auf der Reise von Russland nach Indien. Wegen eines Maschinenschadens musste er am 27. Juli in der Ostsee ankern. Bis zum Beginn der Verschleppung am frühen Morgen des 14. Aug. lag der Tanker sich am Anker, außerhalb der Schifffahrtswege bei 40

Metern Wassertiefe in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone. Die Verkehrszentrale Warnemünde des Straßen- und Schifffahrtsamtes Ostsee stand im kontinuierlichen Kontakt mit der Schiffsführung der Jannis P. Darüber hinaus hat die Verkehrszentrale regelmäßig Informationen und Hinweise für den Umgebungsverkehr herausgegeben. Um auf die Schlechtwetterphase vorbereitet zu sein, hat die Reederei frühzeitig – nach Aufforderung der Verkehrszentrale Warnemünde – den Hochseeschlepper MSC Dragon aus Rotterdam geordert. Das WSV -Mehrzweckschiff Arkona und der Notschlepper Bremen Fighter waren in dieser Zeit in der Nähe des Tankers auf standby. Für die anschließende Verschleppung bei gutem Wetter wurde der Schlepper MSC Dragon durch den Schlepper BRITOIL 71 ersetzt. Alle relevanten Behörden einschließlich des Havariekommandos waren fortlaufend informiert und haben die Entwicklung beobachtet. Wir danken allen Beteiligten für die professionelle Abwicklung und Kooperation.“

Diese Beschreibung zeigt die professionelle seemännische Praxis, mit welcher bei einem solchen Vorfall vorgegangen wird.

3. In der Seeschifffahrt ändern sich gebotene Verhaltensweisen in der Schiffsführung und Navigation durch technische Entwicklungen. Damit bieten abzuleitende Sorgfaltsregeln gemäß obiger Regel 2 keine hinreichenden Anhaltspunkte für das gebotene Verhalten. Dies wurde bereits durch Paul 1992 festgestellt [Paul, Wolfgang: Kollisionsverhütungsregeln S. 25, DSV-VERLAG GmbH Hamburg]. Wesentliche Änderungen für die Seeschifffahrt sind das Einführen des Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS – siehe Abbildung 9) mit der integrierten Satellitenortung, hochauflösender Radartechnik, Radarantwortbaken und AIS-Systeme.

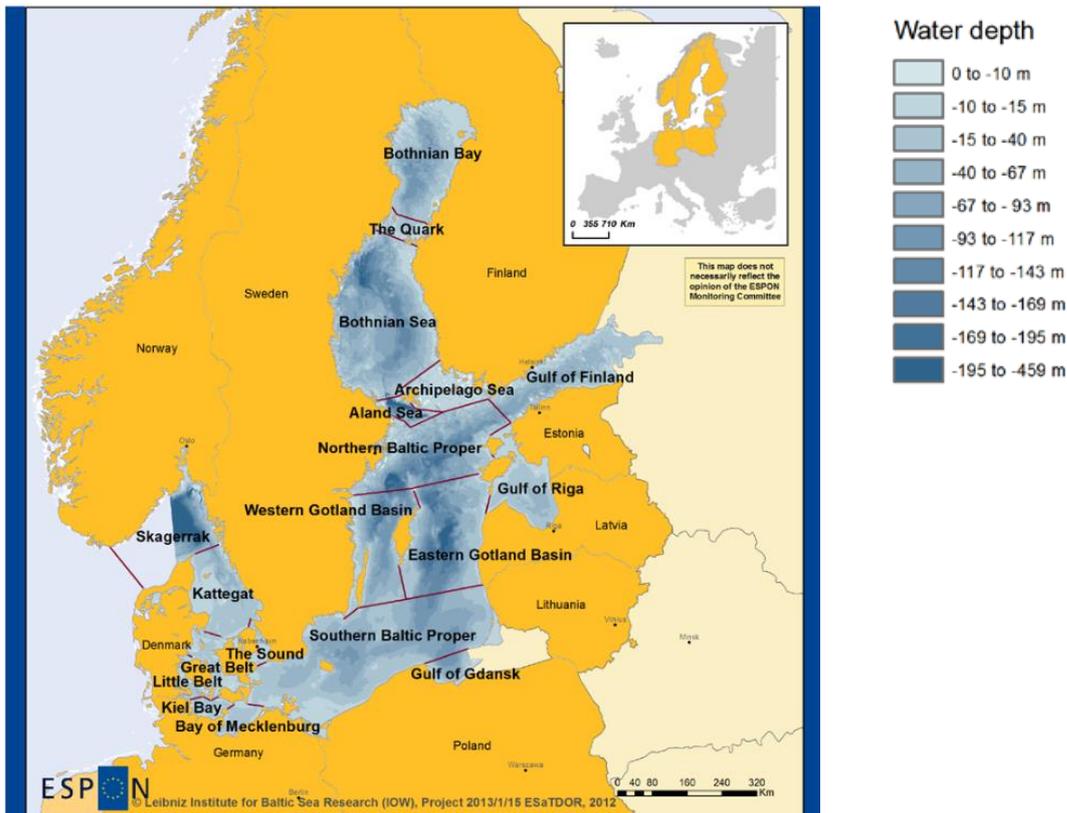


Abbildung 11: Map BA2b. Baltic Sea bathymetry and sub-basins [18, S. 06]

Die Axiome der Studie sind aus dem Jahre 2004 und früher. Seit dieser Zeit haben sich die Technik der Schiffsnavigation und somit die Schiffsführung wesentlich qualifiziert.

Damit kann die Aussage von Paul 1992 bestätigt werden.

Hieraus ist festzustellen, dass die DNV-Studie [17] in ihren Aussagen zum Kollisionsrisiko als äußerst pessimistisch einzustufen ist.

Weiterhin werden in den nachfolgenden Beschreibungen und Zitaten der Vergangenheit gemachte Aussagen zu Prognosen und Trends kommentiert. Der Fokus dabei sind die zu erwartenden Verkehrsdichten.

Für die Ostseeregion wurde 2009 generell festgestellt [19], dass der Handel im Ostseeraum seegehend in Relation zum Welthandel steht:

“3.1.1 Relationships between growth, trade and transport

According to Lemper and Tasto (2010)⁴ the important premises for maritime transport:

growth of economy, trade and container transport can be described as follows:

The relationship of growing world economy to world trade is 1: 1.8 while the relationship between trade and container transport is 1: 1.6.

The relationship between global production and world trade is 1: 2 and between production and growth of container traffic 1: 3.

.... The dynamics depend on several conditions. There is much competition concerning the feeder traffic between the ports.”

Weiter werden die Verkehre aus der Sicht von 2013 wie folgt eingeschätzt [18, S.25]:

“The Baltic Sea is characterized by a large share of short-sea shipping (Map BA13). In 2010 the share of short-sea shipping (SSS) of goods in total sea transport was above 90% for Denmark, Finland and Sweden. Poland and Latvia achieved SSS values above 80% (Eurostat, 2012a). The large share of SSS may be explained by intensive trade between neighbouring states but also by a large volume of feeder services towards/from larger international ports along the Northern Range (e.g. Hamburg, Rotterdam).

Container transport still plays a relatively small role in the Baltic Sea. Only a few ports in the BSR have the technical infrastructure to handle larger container volumes. The main container port in the BSR is Gothenburg which again is due to its easy accessibility via the North Sea (Maps BA15a, b).

Nonetheless, all ports which handle containers showed an increase in traffic from 2004 to 2008 (Map BA15c). About 20% of those ships registered by the Automatic Identification System (AIS) are oil tankers heading mainly from Russia towards the North Sea. About 290 million tonnes of oil are transported yearly mainly from or towards Russia and Sweden. These numbers have been relatively stable in the years 2008-2010 (Turku University, 2012). In the midterm an increase of oil transport via the Baltic

Sea may be assumed as Russia seeks to increase its oil production and as a new oil pipeline (Baltic Pipeline System 2) will increase the capacity of the Russian Ust-Luga port. This in turn increases the risks of collisions and groundings of oil tankers, especially for the narrow Gulf of Finland but also the narrow and shallow shipping routes along the Kadet fairway and through the Danish straits.”

Der hier erwartete Anstieg der Tankertransporte, beladen aus der Ostsee hinaus, ist sehr sensibel für die Wegeführung [in finnischen Gewässern](#). [Im Betrachtungszeitraum von 2012 bis Anfang 2024 ist eine nahezu unveränderte Aktivität mit einer einmaligen Reduktion im Jahre 2021 zu verzeichnen. Der Wiederanstieg auf vorheriges Niveau von 2021 zu 2022 wird in der Statistik zum Flüssigtransport in Abbildung 14 ebenfalls festgestellt.](#)

In der Kadetrinne wird der Tiefwasserstreifen mit diesem Tankerverkehr belastet. Hier ist ein [minimaler](#) Abstand von 3,9 Nautischen Meilen (über 7,2 km Querabstand) von den weiter südlich geplanten WEA im OWP „Gennaker“ festzustellen.

3.2 Aspekt Leichtigkeit

1. Für die Leichtigkeit des Schiffsverkehrs ist das existierende T.S.S. bereits genannt. Es dient der Geordnetheit des Verkehrs bei der Passage der Dänischen und Deutschen Küste. Aktive Verkehrssicherungssysteme in Inklusion mit dem OWP „Gennaker“ wären in der Weiterführung des BALTIC I „Konzeptes“ zum einen das VTS-Warnemünde mit seinem Aufgabenspektrum und [zum anderen die Betriebsleitwarte](#) des zukünftigen Betreibers.

2. Eine Erhöhung der Leichtigkeit der Verkehre ist durch die weiter ordnende Wirkung des Vorhabengebietes zu erwarten. Die OWP-Bauwerke bewirken eine bessere navigatorische Identifikation des Fahrweges. Die optische Sichtbarkeit am Tage und in der Nacht kann für den Schiffsführer weiter verbessert werden. Dies ist durch Aids to Navigation (AtoN) oder

Radarantwortbaken für die bordseitige Radaranzeige und Darstellung in der elektronischen Seekarte zu erreichen.

3. **Elemente von Verkehrsablaufsteuerungen werden gegenwärtig vom VTS-Warnemünde angeboten und sind zukünftig wegen internationaler Forderungen [01] noch ausgeprägter zu erwarten.** Für die weitere Entwicklung der Leichtigkeit in der Schifffahrt wird ein erhebliches Potential gesehen [20]. Die Kategorien sind:

- a) *the human factor,*
- b) *regulation and administration,*
- c) *safety of ships and cargoes,*
- d) *security and*
- e) *traffic control systems.*

Als technische Hilfsmittel und zukünftig intensiver anzuwendende Technologien werden

...satellite technology, implementation of e-Navigation and single-window system and co-operation in traffic surveillance in the Baltic Sea Region. ...

gesehen.

Im Rahmen der Einordnung des Vorhabengebietes hinsichtlich peripherer Verkehrsabläufe mit Bezug auf den Zeitbereich sind neben den Aussagen der DNV-Studie [17] Verkehrsentwicklungen in unterschiedlichem Fokus zu bewerten. Speziell ist die DNV-Studie [17] fixiert auf Wahrscheinlichkeiten. Die dortigen Merkmalsgrößen sind in der Branche etabliert worden, um bei vergleichbaren Untersuchungen verschiedener Projekte oder unterschiedlicher Gutachter einen einheitlichen Vergleichsmaßstab zu sichern. Erweiterungen der Merkmalsgrößen wie z.B. Ankern, Automatic Track oder Dynamische Positionierung (DP) sind über die Zeit seit 2004 nicht vorgenommen worden.

3.3 Trendanalysen und langfristige Prognosen

Erweiterte Betrachtungen sollten in der Breite der Aufnahme und Bewertung nach [20, S. 15] folgende Aspekte streifen:

Für positive Auswirkungen könnten die Merkmale stehen:

- *Stable political conditions*
- *Prosperous area with diversified economic structure*
- *New industries and technologies add to the welfare of the region*
- *Harmful environmental effects of shipping are minimised*
- *NGO's have an active role in society*

- *“All on board” - Good co-operation among all the Baltic Sea states, maritime stakeholders and citizens*
- *Resources are effectively utilised on a Baltic Sea scale*
- *There are no major security threats in the Baltic Sea area*
- *Vivid passenger traffic at sea e.g. due to increasing share of wealthy ageing population in the Baltic Sea Region*

Maritime safety and security issues:

- *The number of accidents is low despite of increased traffic and larger ships*
- *Safety and security related resources are utilised effectively in good understanding and co-operation in the Baltic Sea Region*
- *All ships operating in the Baltic Sea are high standard ships*
- *Effective information sharing, vessel traffic management and e-Navigation in the Baltic Sea Region, e.g. sharing route planning information, traffic separation schemes, VTS etc.*
- *Crew competence is of high level due to the good quality training, safety management and safety culture in shipping ...*

Zusätzlich zu diesen **bisher angenommenen** positiven Entwicklungen sind nach [20, S. 18] unbedingt die negativen Trends mit zu berücksichtigen. Diese könnten wie folgt spezifiziert sein:

- *Global economic crisis spreads to the Baltic Sea Region*
- *Economic crises causes major political instability*
- *The amount of passenger and cargo traffic decreases*
- *Organised crime and other criminality increase because unstable states cannot effectively manage their controlling authorities and systems (coast and borderguards, customs, police etc.)*
- *Human trafficking and illegal immigration are major problems in the region*
- *The likelihood and amount of cyber threats affecting maritime safety increases*
- *Climate change increases extreme weather conditions and phenomena*

Maritime safety and security issues:

- *Probability of accidents at sea is high*
- *Security risks are high and ships can be targets for terrorist attacks or hijacking*
- *Undeclared dangerous cargoes, such as illegal weapons, increase the risks of maritime traffic*
- *Shipping companies use old and sub-standard ships to reduce costs and potential losses*
- *Surveillance systems are not working properly or are not interconnected between countries*
- *Shipping becomes more dangerous and does not attract competent.*

Dieser Ansatz impliziert eine große Zahl von möglichen Unwägbarkeiten aus unterschiedlichen Prognoseansätzen. Um die vorliegende Untersuchung auch in Bezug auf Prognosen zukünftiger Entwicklungen abzusichern, sind die Kenntnis der Entwicklung von Frachtaufkommen und Passagen wichtig. **Im Auftrag des BMVI wurde eine**

Gemeinschaftsstudie erstellt. Diese „Verkehrsverflechtungsprognose 2030 sowie Netzumlegung auf die Verkehrsträger“ erarbeitet von den Partnern MWP, HIS, UNICONSULT und Fraunhofer CML hatte eine Seeverkehrsprognose bis zum Jahre 2030 zum Ziel. Das Verkehrsaufkommen in der Ostsee bis 2030 wird in dieser Studie verbal mit einer Steigerung von bis 20 Prozent beziffert. In Bezug auf das Verkehrsaufkommen mit Wirkung auf das Gebiet der Kadetrinne kann man die dort prognostizierten Umschlagszahlen der wichtigsten Ostseehäfen miteinander vergleichen. Dabei sind die absoluten Spitzenreiter in der Umschlagsmenge, als auch in der Steigerung bis 2030, die Häfen Lübeck und Rostock. Dagegen bleiben die übrigen Häfen unter dem obigen Durchschnittswert von ca. 20 Prozent. Das bedeutet dann ein wesentlich höheres Verkehrsaufkommen in der Ostsee, aber nicht im Sinne eines Frachtaustausches zwischen den östlichen und westlichen Häfen der Ostsee. Die prognostizierten Zahlen für Lübeck und Rostock bis 2030 spiegeln sich nicht in den Umschlagszahlen der anderen Ostseehäfen wider. Das lässt den Schluss zu, dass Lübecks und Rostocks prognostizierte Umschlagszahlen mit Verkehren nach außerhalb des Ostseeraumes erreicht werden.

Gleichzeitig liegen dem SIW aktuelle bestätigende Messungen (interner Bericht 2018, unveröffentlicht,) vor, dass das Frachtaufkommen mit immer weniger und größeren Fahrzeugeinheiten speziell in der Ostsee realisiert wird. Damit ist das Ergebnis obiger Studie nicht im Sinne einer Proportionalität von Frachtaufkommen und Anzahl der Fahrzeuge zu verwenden.

Bei Prognosen über Verkehrszahlen gibt es im Bundesverkehrsministerium Erfahrungen, dass Ergebnisse aus beauftragten Untersuchungen im Nachgang oft nicht bestätigt werden können:

So sind z.B. Ergebnisse über das Fahrzeugaufkommen am „Maschener Kreuz“ oder Passagenzahlen von Schiffen am Nord-Ostsee-Kanal prognostiziert nicht stimmig gewesen.

Das Handelsembargo mit Russland war nicht vorhersehbar, auch seine Dauer nicht. Mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung (Altvertragsprivilegien) sind diese Maßnahmen im Schiffsverkehr erkennbar geworden. So beträgt das zahlenmäßige Aufkommen der Schiffspassagen im Nord-Ostsee-Kanal gegenwärtig ca. 50 Prozent gegenüber der Situation vor dem Embargo und ist weiter rückläufig.

Im Baltic Port Barometer war zum Beispiel eine Prognose gesetzt worden. Dies erfolgte offensichtlich ohne Kenntnis der vollen Auswirkungen des Embargos [21]:

The Baltic Port Index for 2015 has lowered, predominantly due to slightly weakened economic sentiment. The expectancy for cargo volumes represents a similar development.

Based on BPI the economic growth driven sea transports still await sought-after boost in the Baltic Sea Region. The ports' projections on future development have been careful and evened out over the four past years.

Baltic Port Index is derived from the average of two balance figures; 1) ports' expectations for general economic development in the Baltic Sea region and 2) expectations of respondents own port's cargo volume development

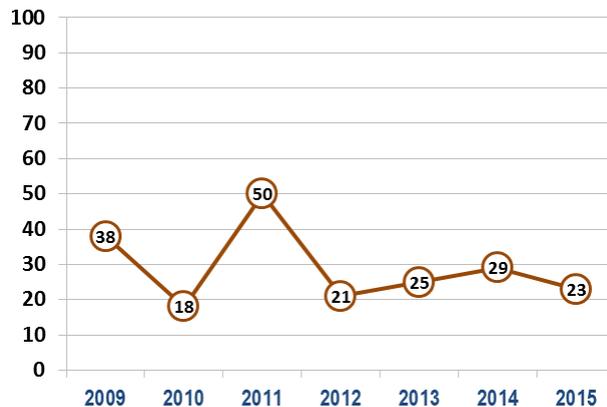


Abbildung 12: Entwicklung des Baltic Port Index

Die Quelle mit obiger Darstellung wurde bis einschließlich 2015 gepflegt.

Andererseits gab es mit Auswirkungen auf das zu untersuchende Seegebiet zeitlich vorher bereits plötzliche Änderungen in den Verkehrsströmen (siehe Abbildung 13):

2.3.3 Danish Straits and Kiel Canal

The total traffic intensity in the Great Belt and in the Sound was according to (COWI, Dec 1998) practically unchanged in the period 1978 to 1990, and has increased 20 % from 1990 to 1995. The increase is a result of a dramatically increase of 50 % in the traffic intensity in the Sound and a decrease in the traffic intensity in the Great Belt. The traffic in the Sound has doubled over the last ten years.

In the Little Belt traffic has decreased from around 8-9000 movements/year in 1998 to around 4000 in 1990. However a subsequent increase by 20 % in traffic is observed from 1990 to 1995.

Seen together the Great Belt, the Sound and the Little Belt show an increase of 20 % from 1990 to 1995. (A/S Great Belt, 1996).

The total traffic in the Kiel Canal has decreased over the past 7 years. The number of transit passages has decreased by 12 % from 1990 to 1995 and the tonnage has decreased by 15 % (Kiel, 1998; A/S Great Belt, 1996).

Abbildung 13: Textpassage aus Literatur [22]

Diese Beispiele sollen zeigen, dass Änderungen in Richtung und Umfang der Warenströme im Kontext einer weiteren Globalisierung oder auch deren Umkehrung hin zu mehr lokalen Warenströmen sehr schwer zu kalkulieren sind.

Die Welthandelsflotte in der Veränderung der Jahre zwischen 2005 und 2015 zeigte, dass der Bestand nach Stückzahl sich von ca. 50.000 auf ca. 57.000 verändert hatte (Karl-Heinz Hochhaus: Vereinsjournal deutscher Schiffsingenieure S.3 nach IHS Fairplay DatenH3, 05/06 2016). Dies entsprach einem prozentualen Wachstum von 12,28 %. Dieser Gradient im Anwachsen der Stückzahl der Fahrzeuge wurde nicht beibehalten. Nach dem *UNCTAD Handbook of Statistics 2023* [32] gibt es aktuell folgende Aussage: „In January 2023, the world's merchant fleet consisted of 56 500 ships. ... The world fleet reached a carrying capacity of 2.3 billion dead weight tons (dwt) in January 2023, 70 million dwt more than a year ago.“

Diese weltweite Entwicklung wird durch die aktuellen Messungen im Bereich des Vorhabengebietes bestätigt. Ergänzend zu den Messungen der Verkehrsentwicklung sei hier flankierend auf die beiden nachfolgenden Tabellen für 2021 und 2022 verwiesen (yoy: year on year).

Tab. 1. Baltic Sea region's (BSR) ports' total cargo turnover in 2021-2022 (thousand tonnes)¹

Nº	Country	2022	2021	yoy	Share 2022	Share 2021	Share 2022-2021 [percentage points; pp]
1	Russia	245,500	258,580	-5.1%	26.82%	28.32%	-1.51pp
2	Sweden	168,251	168,181	+/- 0%	18.38%	18.42%	-0.04pp
3	Poland	118,972	96,680	+23.1%	13.00%	10.59%	+2.41pp
4	Finland	106,566	103,727	+2.7%	11.64%	11.36%	+0.28pp
5	Denmark	97,196	94,255	+3.1%	10.62%	10.32%	+0.29pp
6	Germany	57,080	60,626	-5.8%	6.23%	6.64%	-0.41pp
7	Latvia	48,078	41,731	+15.2%	5.25%	4.57%	+0.68pp
8	Lithuania	40,537	49,751	-18.5%	4.43%	5.45%	-1.02pp
9	Estonia	33,339	39,404	-15.4%	3.64%	4.32%	-0.67pp
	Total	915,519	912,935	+0.3%			

¹ All tabs.: only Russian and German Baltic ports; all Danish ports; Russian ports – estimated

Tab. 2. BSR's ports' liquid bulk turnover in 2021-2022 (thousand tonnes)

Nº	Country	2022	2021	yoy	Share 2022	Share 2021	Share 2022-2021 [pp]
1	Russia	148,600	134,608	+10.4%	44.01%	42.99%	+1.02pp
2	Sweden	54,740	56,968	-3.9%	16.21%	18.20%	-1.98pp
3	Poland	38,825	29,890	+29.9%	11.50%	9.55%	+1.95pp
4	Finland	32,300	28,000	+15.4%	9.57%	8.94%	+0.62pp
5	Denmark	23,414	22,985	+1.9%	6.94%	7.34%	-0.41pp
6	Lithuania	16,487	14,811	+11.3%	4.88%	4.73%	+0.15pp
7	Estonia	11,610	13,770	-15.7%	3.44%	4.40%	-0.96pp
8	Latvia	8,577	8,824	-2.8%	2.54%	2.82%	-0.28pp
9	Germany	3,063	3,224	-5.0%	0.91%	1.03%	-0.12pp
	Total	337,616	313,080	+7.8%			
	Liquid's share of total	36.88%	34.29%	+7.5pp			

Abbildung 14: Transportvolumen Ostsee vollständig und Flüssigtransport für 2021 und 2022
(Quelle: Marek Błus: baltictransportjournal.com (am 12.01.2024))

Zu dieser Thematik führt die vorliegende Studie nicht vertiefend aus. Es soll allein die Komplexität der zu berücksichtigenden Parameter weiter verdeutlicht werden. In der vorliegenden Analyse wird real stattfindender Schiffsverkehr technisch gemessen und hinsichtlich seiner Wirkung auf eine Verkehrsdichte untersucht. Der einzige Punkt, dem eine Annahme zu Grunde liegt, ist die Vorgabe einer 25-prozentigen Erhöhung des Verkehrsaufkommens gegenüber dem gemessenen Verkehr als Trendanalyse. Die damit errechneten Verkehrsdichten werden dann zur Auswertung herangezogen.

Für den Zeitraum der letzten 12 Jahre ergeben sich folgende Werte:

- Prognose Referenzjahr 2012 inklusive einer angenommenen 25%-igen Erhöhung = 143,4 Fahrzeuge/d
- Gemessener Wert im Jahr 2021 = 120,7 Fahrzeuge/d
- Gemessener Wert im Jahr 2023 (Quartal IV) = 127,9 Fahrzeuge/d

Hier ist zu erkennen, dass die vorgegebene Prognose innerhalb der betrachteten Dekade nicht erfüllt wurde. Es gab lediglich eine Erhöhung um ein Sechstel des prognostizierten Wertes. Die 25%ige Erhöhung ist damit als sehr konservativ einzustufen.

3.4 Messtechnische Analysen

Ein Ansatz für verkehrstechnische Betrachtungen ist das Auswerten von Messungen mit festen Basisdaten. Dabei sind **Seefläche**, **Verkehrsfläche**, **Schiffsdimensionen** und gemessene **Schiffspassagen** jeweils gegeben.

Verkehrsflächen werden durch die Wegeführung des T.S.S. [05] und durch die Planungsflächen anderer Nutzungen gesetzt. Die **Schiffsdimensionen** ergeben sich aus den AIS-Analysen. Unter verschiedenen Varianten der Verkehrsfläche werden Kapazitätsrechnungen für den Verkehrsfluss ausgewertet. Um jetzt einen zeitlichen Bezug zu erhalten, werden diese Variantenrechnungen für signifikant unterschiedliche gemessene Passagenzahlen in ausgewählten Zeitbereichen betrachtet. Das so ermittelte Ergebnis gibt damit Aufschluss über Kapazitäten der Fahrwege mit und ohne Vorhabengebiet „Gennaker“.

Der Charakter der **Seefläche** in Relevanz zur Schifffahrt wird zahlenmäßig mit Unfallzahlen skizziert. Diese dienen dem Einordnen aller in der vorliegenden Studie betrachteten Randbedingungen und Szenarien sowie den gutachterlichen Aussagen.

Die gegenwärtig existierende Belastung der Verkehrsflächen der Ostsee zeigt der Überblick stattgefundenen Unfälle:

Die Entwicklung des Unfallgeschehens bis 2020 zeigt die nachfolgende Abbildung.

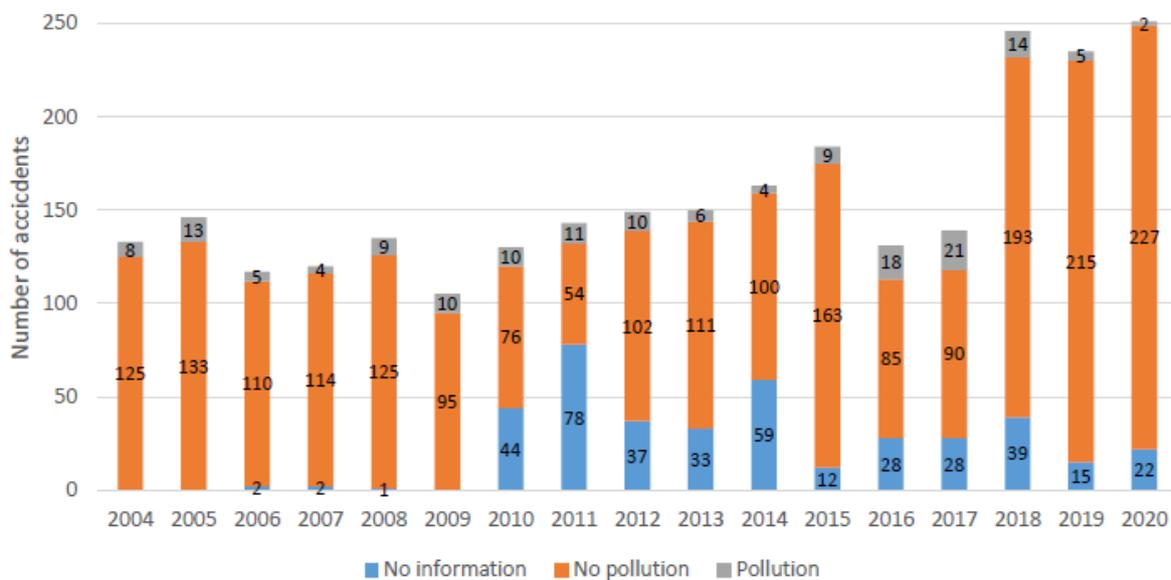


Abbildung 15: Anzahl gelisteter Unfälle in der Ostsee von 2004 – 2020 (Quelle: HELCOM)

Der Charakter der Unfälle wird wie folgt beschrieben:

Collisions and groundings are the most frequent types of accidents in the Baltic Sea. In 2011 35% of accidents were collisions and 25% were groundings. The share of fires was 7%, and machinery damages 12%. The human factor has been the main known cause for accidents in many years, in 2011 it accounted for 50 % of accidents. The share of technical factors was 22% and external factors caused 17% of the accidents in 2011. The cause of 6% of all reported accidents was, however, unknown (HELCOM 2012).

Nach Auswertung von HELCOM-Angaben (Quelle:

<http://maps.helcom.fi/website/flexviewers/ShippingAccidents/index.html>) ist dagegen zu bemerken, dass das Untersuchungsgebiet mit seiner dort benannten hohen Passagenhäufigkeit (60.000 Schiffspassagen pro Jahr, siehe oben) ausgesprochen wenig mit Seeunfällen im Vergleich zum weiter westlich und auch zum weiter östlich gelegenen Seegebiet belastet ist. Eine Ursache für diese Tatsache kann darin vermutet werden, dass in dem Untersuchungsgebiet mit der Wegeführung der Kadetrinne und deren navigatorischen Kenntlichmachung als passives Verkehrssicherungssystem ein hoher Grad an Geordnetheit für den Schiffsverkehr erzwungen wird. Reserven liegen eventuell bei der Einführung von Elementen einer Verkehrsablaufsteuerung durch Vessel Traffic Service (VTS). Es kann weiter festgestellt werden, dass die Struktur der vorgegebenen Wegeführung Mehrdeutigkeiten für die Navigation weitestgehend ausschließt.

Die nachfolgende Karte in Abbildung 16 **Error! Reference source not found.** zeigt die räumliche Verteilung gelisteter Seeunfälle im Seegebiet für 2020. Nach den Erhebungen aus

dem "Shipping accidents in the Baltic Sea 2020" sind keine Strandungen oder Kollisionen im Untersuchungsgebiet „Gennaker“ festzustellen.

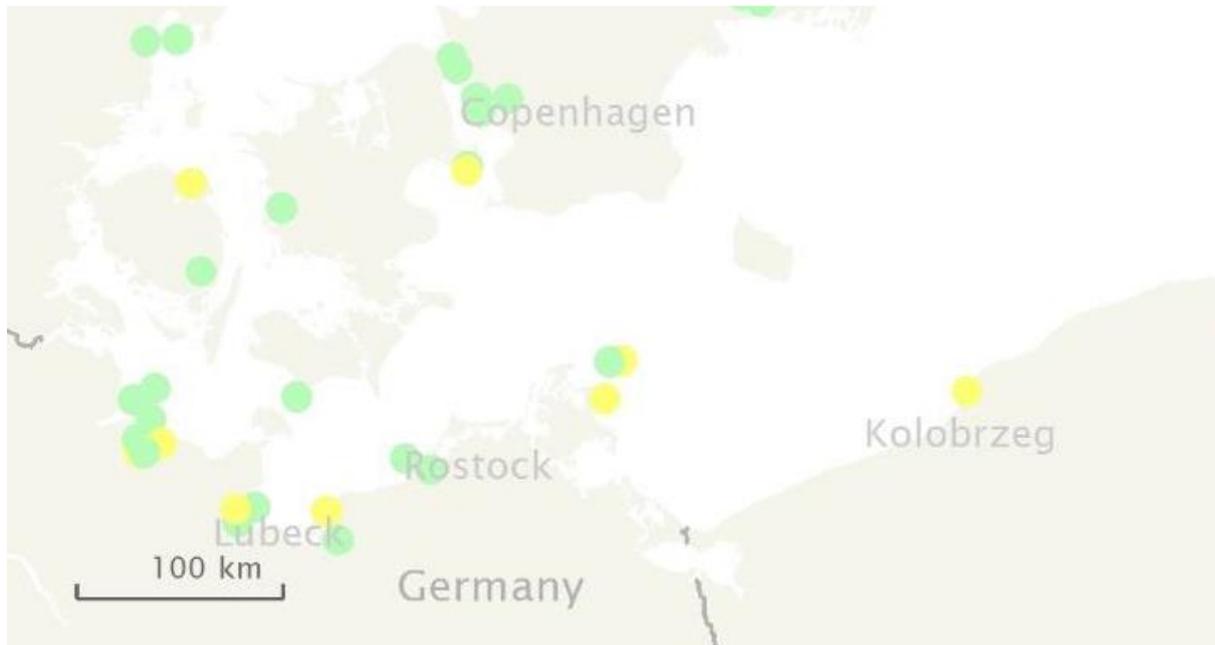


Abbildung 16: Räumliche Verteilung gelisteter Seeunfälle in der südlichen Ostsee im Jahre 2020 ([26])

Aus der Erweiterung der Unfallzahlen bis in das Jahr 2020 ist ein verhältnismäßig hoher Anstieg der Unfälle, insbesondere für das Jahr 2020 selbst, zu verzeichnen.

Von 2019 bis 2020 ist die Anzahl der Unfälle gestiegen. Dabei ist der Anteil der Unfallmeldungen im Bereich der offenen See von 105 auf 60 zurückgegangen. Dagegen gab es im Bereich der Häfen und Ansteuerungen eine Zunahme von 35 auf 110 Unfällen ([26], S. 10). Diese Ballung auf Ansteuerungen oder Häfen zeigt auch der Abschnitt der Deutschen Küste in obiger Abbildung 16.

Die Verkehrswegeföhrung im Seegebiet speziell der Kadetrinne wird gemeinschaftlich von Deutschland und Dänemark gepflegt. Für den operativen Betrieb der Verkehrssicherung sehen sich die dänischen Behörden als nicht zuständig an ([27], S.20).

Es bestehen gleiche Sichtweisen auf die Fahrweise in diesem Gebiet wie zum Beispiel [06]:

DW Route "Kadetrenden": Ships, other than ships which, because of their draught must use the DW Route, are recommended to use areas outside the DW Route, in such a manner that eastbound ships proceed on the east and south side of the DW Route and westbound ships on the north and west side.

4 Bereitstellung verifizierter Seeverkehrsprofile

4.1 Allgemeines

Das AIS (Automatisches Identifikationssystem) ist seit 2004 ein international vorgeschriebener Bestandteil der Navigationsausrüstung auf Handels- und Passagierschiffen. Mit diesem System identifizieren sich Schiffe und geben relevante statische, reisebezogene und dynamische Daten anderen Verkehrsteilnehmern bekannt. Zwischen den AIS-Geräten werden diese Daten automatisch in sehr kurzen Zeitabständen mit speziellen Sende- / Empfangseinheiten ausgetauscht, deren Reichweiten bei üblichen Antennenhöhen der Schiffe bis zu 35 NM betragen.

Das Empfangen, Aufzeichnen und Verarbeiten von originären AIS-Daten sind an spezielle Kriterien geknüpft, so dass eine Verwertung der Daten im Sinne der datenschutzrechtlichen Bestimmungen erfolgt.

4.1.1 Methodik zur Bestimmung des Verkehrsaufkommens

Zur numerischen/statistischen Beschreibung und Charakterisierung von Verkehrsströmen und -frequenzen sind zwei wesentliche Verfahren etabliert. Zum einen liefert die GATE-Methode ein lokales Verkehrsprofil entlang einer definierten Linie und zum anderen wird mit Hilfe der SPACE-Methode eine Verkehrsanalyse für eine vorgegebene geschlossene Fläche erstellt.

Die GATE-Methode

Eine virtuelle Strecke, deren Anfangs- und Endkoordinaten beliebig, jedoch bekannt sind, wird als Passagenlinie definiert. Die Linie selbst kann polygonförmig verlaufen.

Diejenigen aus den AIS-Daten produzierten Schiffsbewegungen, die die entsprechenden Schnittpunkte mit der Passagenlinie bilden, werden dem zu untersuchenden Schiffsverkehr zugeordnet. Alle anderen AIS-Daten bleiben unberücksichtigt.

Dieser Filterprozess läuft vollautomatisch, d. h. an der Schnittstelle der Rohdatenausgabe sorgt eine software-technische Einheit für die georeferenzierte und zeitliche Filterung aller empfangenen AIS- Daten. Die zeitliche Zuordnung wird ebenfalls als Eingabewert vorgegeben. Der Filterprozess kann auch online erfolgen.

Je nach Spezifik der Aufgaben- und Fragestellung erfolgt eine individuelle Auswertung der gefilterten Daten mit Hilfe üblicher Datenverarbeitungssoftware. Lagemaße, statistische

Gewichte, zeitliche Bezugsgrößen, Histogramme und erweiterte Datenexplorationen sind für die statischen Daten

- o Länge und Breite des Schiffes, Schiffstyp
- o reisebezogenen Daten
- o Tiefgang des Schiffes, Ladungskategorie, Zielhafen
- o dynamischen Daten
- o Position des Schiffes, Geschwindigkeit, Kurs, Manöverstatus (z. B. ankernd, manöverbehindert, fischend, unterwegs) einzeln und in Kombination mit oder ohne Lokalisationsreferenz entlang der Passagenlinie auswertbar.

Die SPACE-Methode

Als Erweiterung der GATE-Methode wird in der SPACE-Methode die polygonförmige Linie geschlossen, so dass eine beliebig geformte Fläche vollständig umschlossen wird. Hier sind im Unterschied zur GATE-Methode die Teilrouten der Schiffe analysierbar, z. B. Charakteristiken einzelner oder aller Schiffsbewegungen in der Fläche.

4.1.2 Visualisierung der AIS- Daten

Zur visuellen Beschreibung und Charakterisierung der Verkehre werden die AIS-Daten, die innerhalb eines definierten Radius um eine Centre-Position liegen, graphisch (meist eingebettet in eine elektronische Seekarte) als Punktwolke dargestellt. Jedem AIS-Positionsreport wird eine Pixelkoordinate in der Grafik zugewiesen. Dabei kann eine Häufigkeitsbeschreibung unterschiedlicher Schiffsmeldungen auf gleicher geographischer Position zu unterschiedlichen Zeiten mit Hilfe einer Nuancierung in den Farbtönen der Punktwolke gegeben werden. D. h. die kumulierte Anzahl identischer Koordinaten entspricht einem berechneten Farbwert des Pixels. Die Berechnung des Farbwertes erfolgt in Abhängigkeit der den AIS-Daten zu Grunde liegenden statistischen Lagemaßen.

Zu beachten ist weiterhin der vorliegende Maßstab der Seekarte, in der die Positionsreporte der AIS-Meldungen eingebettet werden.

4.2 Datenerhebung

Die vorliegende Studie greift auf Daten aus den Jahren 2007, 2015 (insgesamt 407 Kalendertage), 2021 (365 Kalendertage) und 2023 (93 Kalendertage) zurück und stellt damit eine umfassende Datenbasis über einen Zeitraum von ca. 16 Jahren dar. Die Daten stammen aus einem Datenpool des AN.

Jedes einzelne Datenpaket der AIS-Rohdaten ist hinsichtlich seiner Güte, Plausibilität und Verfügbarkeit geprüft worden. Nur bei Einhaltung der vorgegebenen Gültigkeitskriterien wurde dieses weiterverarbeitet.

Zur besseren Darstellung und Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist in den Untersuchungen ein entsprechender Tagesdurchschnitt der ermittelten Kennzahlen gebildet worden.

4.3 Aktualisierte Verkehrszahlen im Untersuchungsgebiet

Der Seeverkehr im Untersuchungsgebiet ist auch im internationalen Maßstab als intensiv zu charakterisieren. Der lange Zeitraum der untersuchten [Verkehrsströme \(ab 2007, siehe auch Fachgutachten vom 14.02.2022\)](#) zeigt eine nur wenig schwankende Entwicklung, die mit weltwirtschaftlichen Ereignissen korrespondiert. Messungen haben gezeigt, dass sich über die Jahrzehnte das Verkehrsaufkommen im Untersuchungsgebiet mit ca. 120 Fahrzeuge pro Tag beschreiben lässt. [Die Ergebnisse werden mit kontinuierlichen Messungen über 93 Tage bis zum 31.12.2023 verstetigt \(siehe Abbildung 17\)](#). Für die Jahre 2012, 2015, 2021 und 2023 wurde das durchschnittliche Passagenaufkommen mit 115, 121, 111 und 128 Fahrzeugen pro Tag ermittelt.

Der Verkehr im Untersuchungsgebiet wird hauptsächlich durch die Containerschiffahrt dominiert. Ihr Anteil am Gesamtverkehrsaufkommen beträgt über 40 % im Jahr 2012. Jedes fünfte Schiff im Untersuchungsgebiet ist als Passagierschiff identifiziert worden. Dies ist ursächlich im intensiven Fährlinedienst zwischen Deutschland, Schweden und Finnland zu sehen. Die Tankschiffahrt trägt mit über 10 % als dritte wesentliche Teilnehmergruppe am Gesamtverkehr bei. Alle diese Gruppen haben ihren Anteil am Gesamtverkehr bis 2023 um ein Viertel gesteigert. Diese Steigerung ging zu Lasten der Gruppe „Other“. In dieser Gruppe sind wesentlich Baustellenfahrzeuge enthalten. Ihr Anteil drittelte sich in der letzten Dekade. Dies ist auf das reduzierte Offshore-Baugeschehen zurückzuführen. Diese anteilige Zusammensetzung der Schiffstypen am Schiffsverkehr ist prägend für das Untersuchungsgebiet und verstetigt sich über die Jahre der Beobachtung.

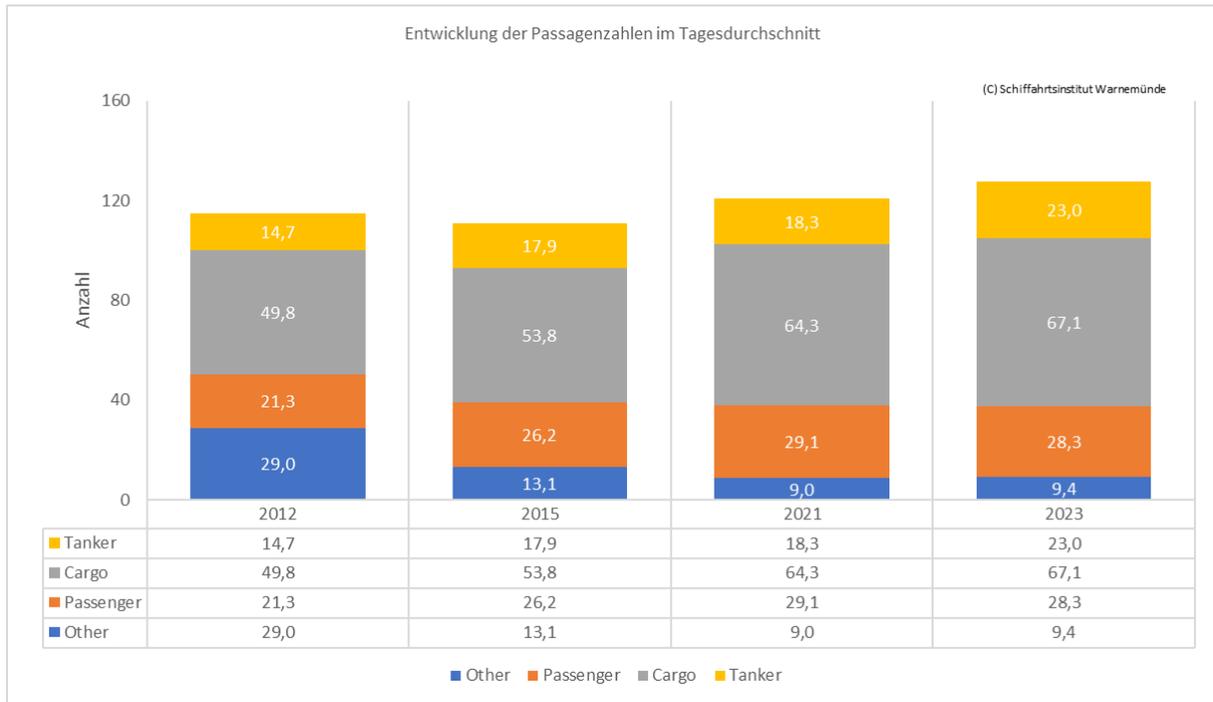


Abbildung 17: Entwicklung der Passagenanzahl von 2012 bis 2023

Die Messungen der Passagen im Untersuchungsgebiet im Jahr 2023 ergaben einen Wert in Höhe von 11.891 (siehe Abbildung 18). Davon entfallen 6.230 Fahrzeuge mit westgehenden Kursen und 5.661 Fahrzeuge mit ostgehenden Kursen. Insgesamt sind die Summe der Passagen über den Beobachtungszeitraum leicht rückläufig. Das Profil der Schiffstypen ist

nahezu unverändert. Zu erkennen ist saisonbedingt der Rückgang des Schiffstyps „Passenger“.

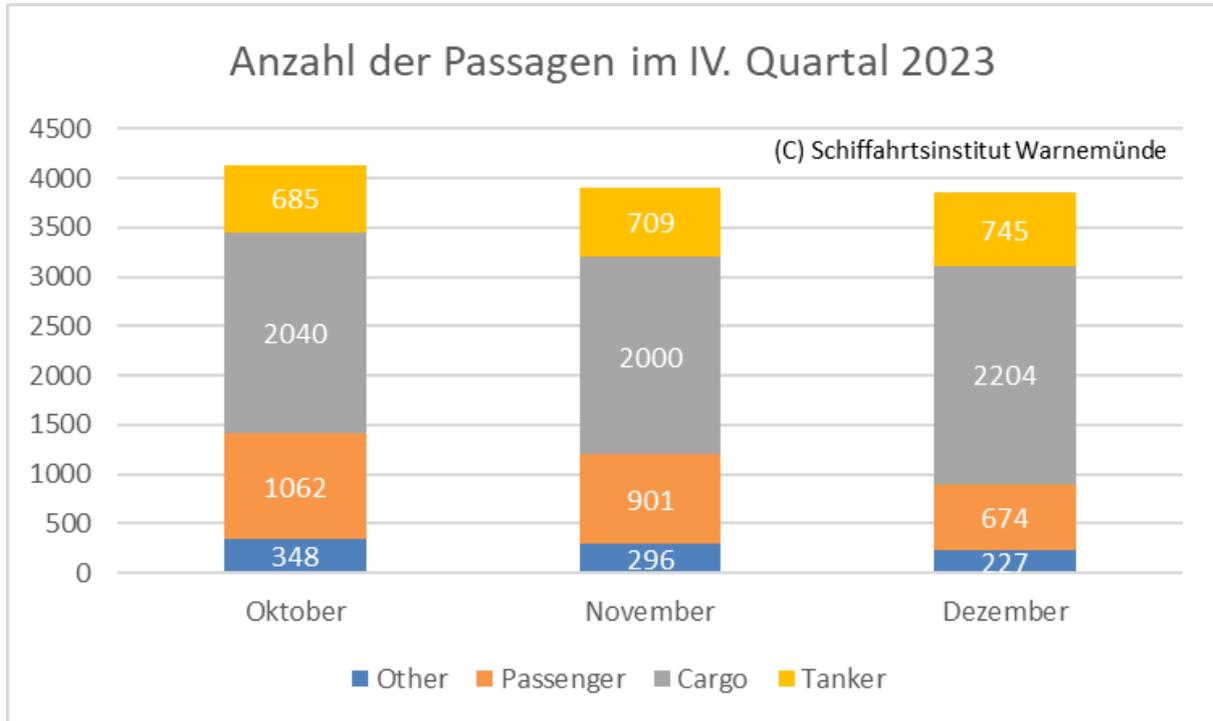


Abbildung 18: Gemessene Passagen im Jahr 2023

Als Referenz wurde das Verkehrsaufkommen des Jahres 2012 festgelegt. In Tabelle 1 sind die prozentualen Veränderungen der Passagenzahlen über die ausgewiesenen Jahre zum Referenzjahr 2012 aufgeführt. Auffällig ist die Steigerung der Passagen mit 11,4 % dahingehend, dass dieser Wert weit entfernt von 25- bzw. 30-prozentigen Prognoseansätzen zur Entwicklung des Verkehrsaufkommens liegt.

Tabelle 1: Charakteristische Verkehrszahlen in Relation zu 2012

	Relative Änderung zum Referenzjahr 2012 [%]			
	2012	2015	2021	2023
Passagen	0,0	-3,3	5,2	11,4
Schifflänge	0,0	0,4	0,7	1,4
Tiefgang	0,0	-0,2	-0,1	2,8

Bei einem Vergleich der durchschnittlichen Schiffslänge und des durchschnittlichen Tiefgangs der identifizierten Schiffe ist ein kontinuierliches Wachstum bei 9 % festzustellen (siehe Abbildung 19 und Abbildung 20). Für das Jahr 2023 konnte eine durchschnittliche Schiffslänge von 155,9 m identifiziert werden. Damit gab es seit 2012 keine wesentlichen Vergrößerungen bei den passierenden Fahrzeugen mehr.

Für das Jahr 2023 wurden bei den passierenden Fahrzeugen ein durchschnittlicher Tiefgang von 7,07 m festgestellt. Dieser Wert ist gegenüber dem Referenzjahr 2012 um knapp 3 % erhöht.

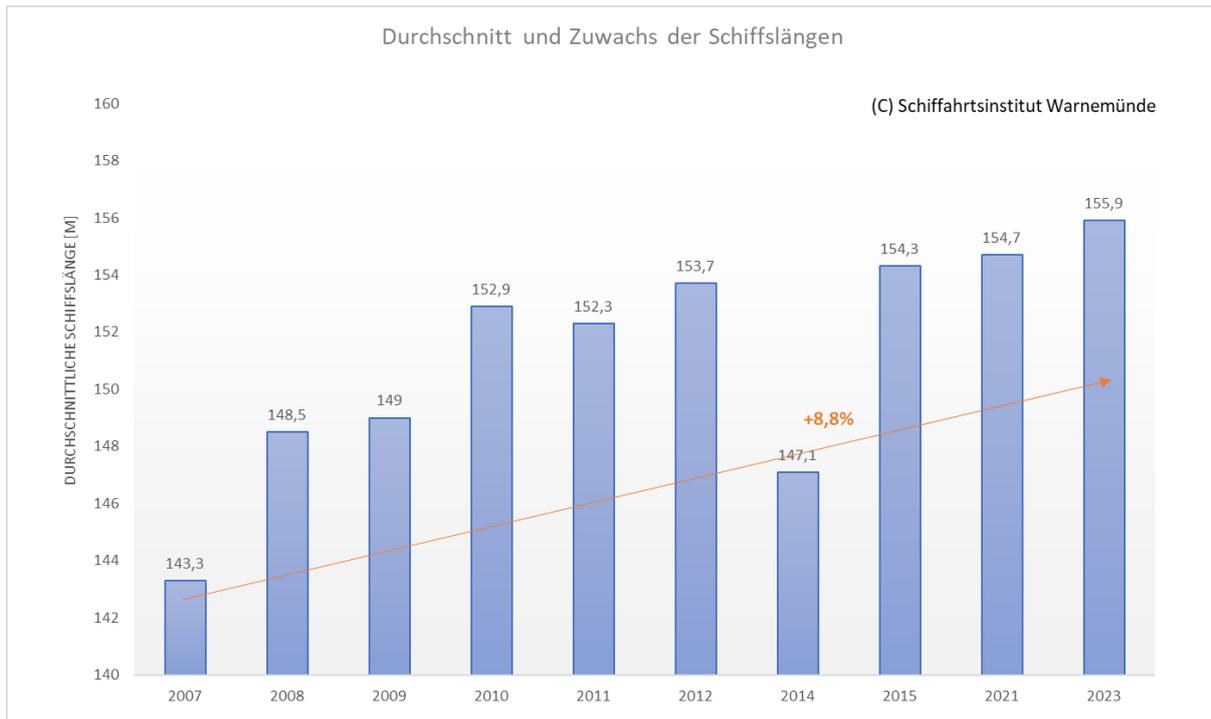


Abbildung 19: Entwicklung der durchschnittlichen Schiffslänge im Untersuchungsgebiet

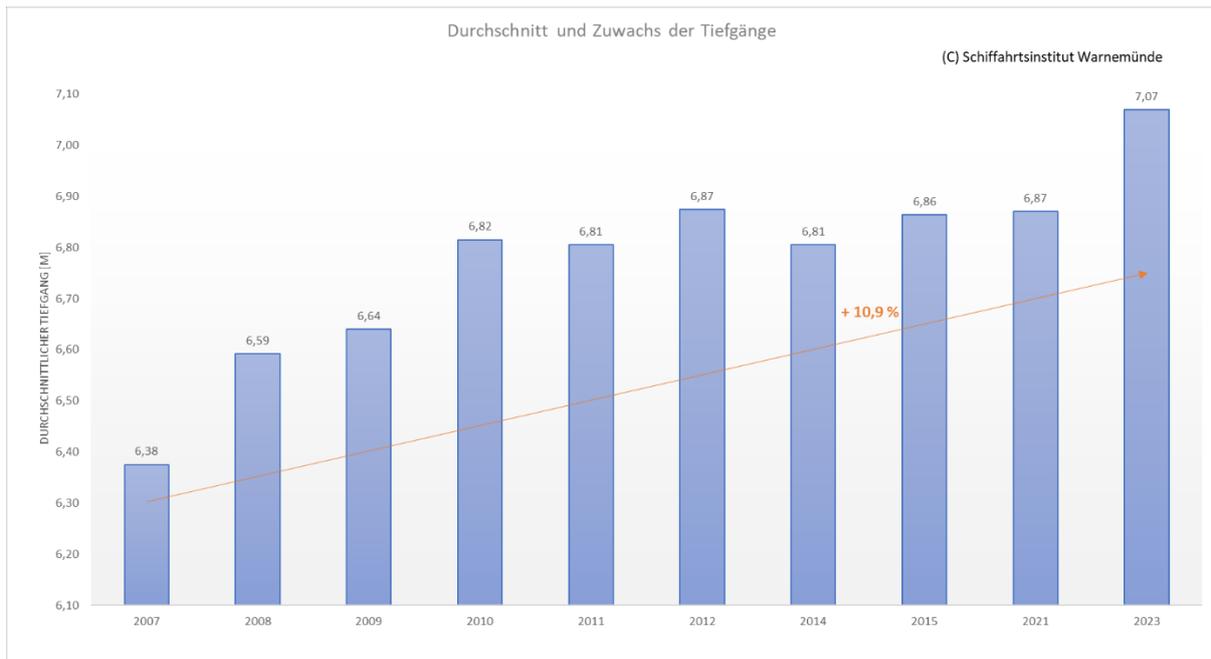


Abbildung 20: Entwicklung der durchschnittlichen Tiefgänge im Untersuchungsgebiet

Die Gruppe der Verkehrsteilnehmer, deren Schiffslängen die 220-Meter-Marke und deren Tiefgänge die 11-Meter-Marke nicht übersteigt, bestimmt maßgebend das Verkehrsprofil im Untersuchungsgebiet. 75 Prozent aller Fahrzeuge (oder 3 von 4 Fahrzeugen) lassen sich dieser Gruppe zuordnen. Es ist zu vermuten, dass hier die größten Schwankungen im betrachteten Zeitbereich liegen. Dazu müsste die Gruppe der Fahrzeuge ohne Längen- und Tiefgangsangaben in ihrem Anteil am Gesamtverkehr gleichbleibend sein. Jedoch ist ihr Anteil besonders im Zeitraum der größten Abnahme der Passagenzahlen überproportional gestiegen. **Dieser Trend scheint im Jahr 2023 gebrochen zu sein.** Der Anteil der Schiffe, zu dem keine Angaben zur Länge bzw. zum Tiefgang vorhanden sind ist nur noch gering, so dass nunmehr über 90 Prozent der Fahrzeuge im Untersuchungsgebiet als Schiffe mit bis zu 220 m Länge und mit höchstens 11 m Tiefgang identifiziert werden. Der Trend kann auch als Indiz einer weiteren Reife der Technik an Bord gewertet werden und die Aussagekraft der empfangenen AIS-Daten deutlich erhöhen.

Die Gruppe der Fahrzeuge mit Schiffslängen von über 220 m und Tiefgängen von über 11 m zeigt für den betrachteten Zeitbereich kontinuierlich einen gleichbleibenden Anteil am Gesamtverkehrsaufkommen in Höhe von ca. 5% bis 2021. Danach erhöht sich der absolute Anteil dieser Gruppe auf 18 Fahrzeuge pro Tag gemäß Abbildung 21. Auffällig in dieser Abbildung ist, dass die durchschnittliche Schiffslänge sich nach einem nahezu konstanten Wert zwischen 2015 bis 2021 für das Jahr 2023 wesentlich vergrößert hat.

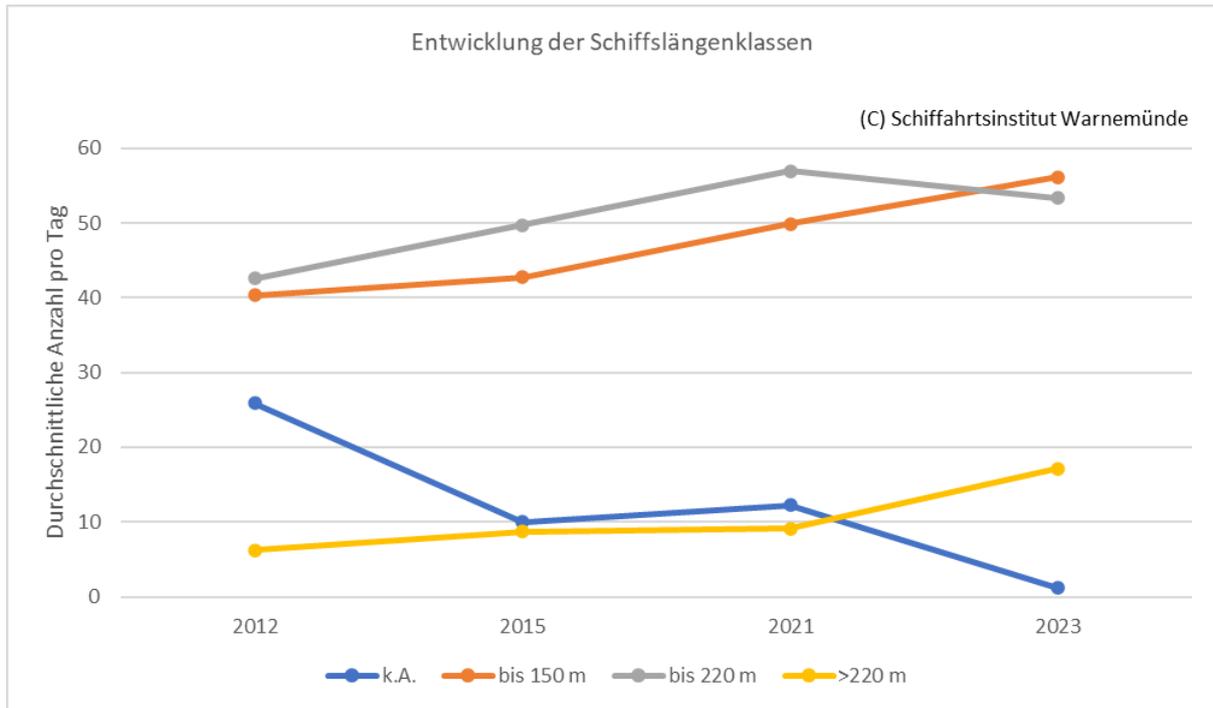


Abbildung 21: Schiffslängenklassen im Untersuchungsgebiet im Tagesdurchschnitt

In der Abbildung 22 wird noch einmal deutlich, dass die Aussagekraft der vorgenommenen Messungen einen Qualitätszuwachs durch die rapide Verringerung von AIS-Datensätzen ohne Tiefgangangaben erfahren hat. Eine erhöhte Disziplin bei den Eintragungen der statischen AIS-Daten an Bord ist zu vermuten. Die grüne Kurve zeigt die Besonderheit der Wassertiefenverhältnisse an den Ostseezugängen. Fahrzeuge über 15 m Tiefgang können die Ostsee nicht erreichen.

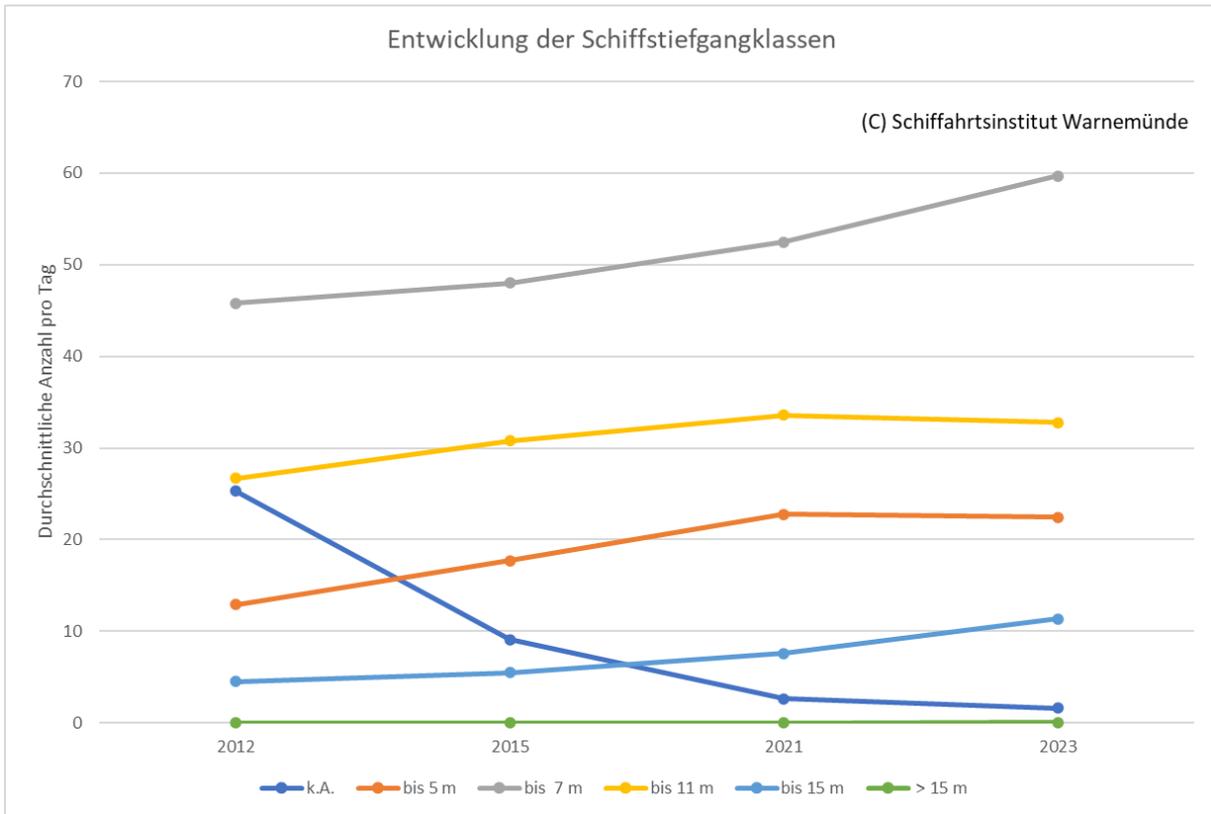


Abbildung 22: Tiefgangklassen im Untersuchungsgebiet im Tagesdurchschnitt

Zum Vergleich der ausgesuchten Jahre der Verkehrserhebungen im Untersuchungsgebiet zeigen die folgenden Diagramme der **Abbildung 23** die relativen Anteile der Längen und Tiefgangklassen im Gesamtverkehr.

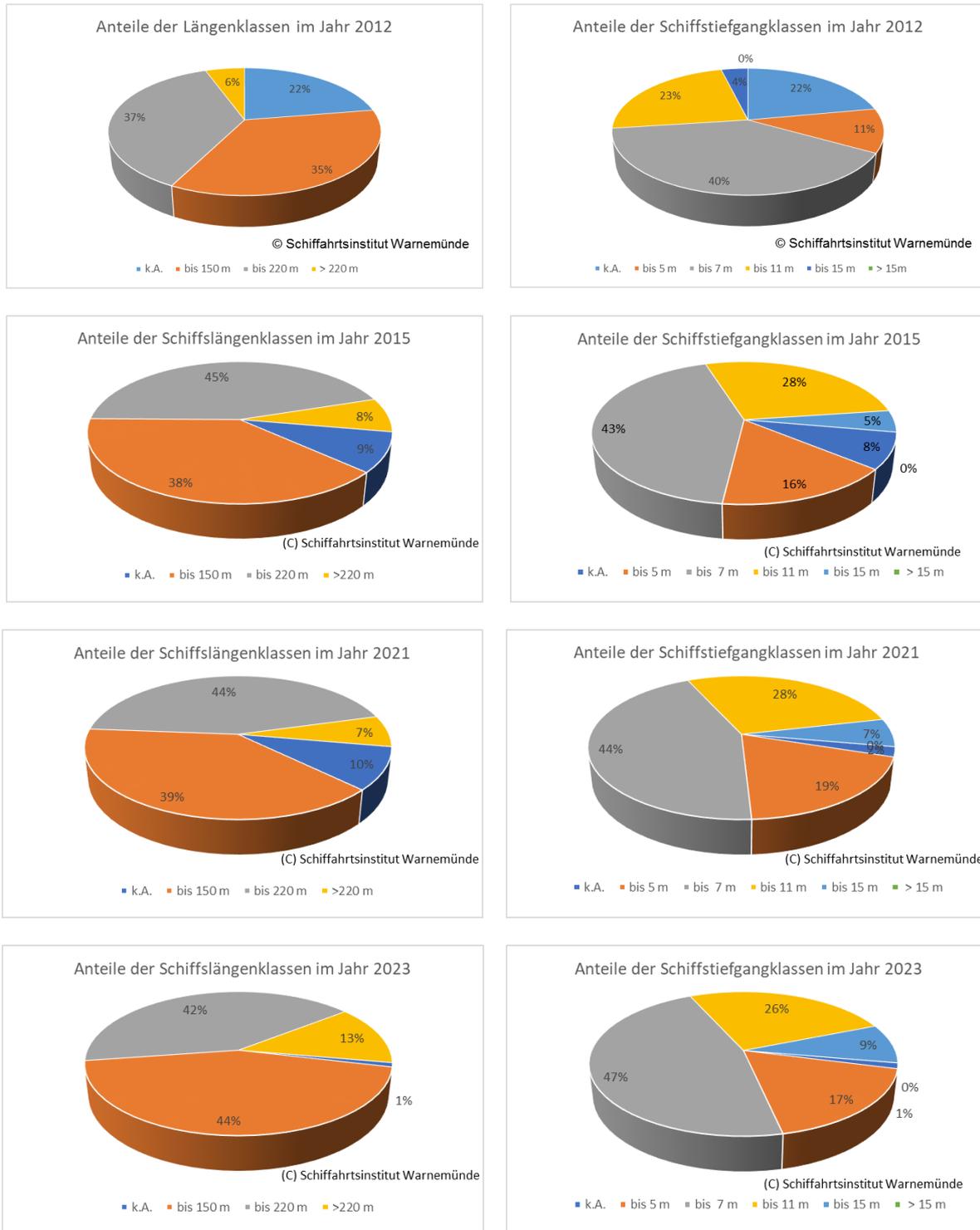


Abbildung 23: Zusammensetzung der Längen- und Tiefgangklassen im Vergleich für 2012, 2015, 2021 und 2023

5 Ansätze für die Verlagerung und die zukünftige Verteilung der Verkehre innerhalb der Verkehrsanalyse

Seit der verbindlichen Ausrüstungspflicht der SOLAS Schiffe mit dem System der automatischen Identifikation (AIS) ist für verkehrstechnische Untersuchungen die Möglichkeit gegeben auf umfangreiches und belastbares Datenmaterial zurückzugreifen. AIS ermöglicht es, Profilanalysen der Schiffsverkehre und –ströme zu erstellen, die über Quantitätsaussagen hinaus auch qualitative Aussagen liefern.

Mit Hilfe der etablierten GATE Methode können Transitverkehr besonders effizient analysiert werden. Je nach Spezifik der Aufgaben- und Fragestellung erfolgt eine individuelle Auswertung der gefilterten AIS-Daten mit Hilfe üblicher Datenverarbeitungssoftware. Lagemaße, statistische Gewichte, zeitliche Bezugsgrößen, Histogramme und erweiterte Datenexplorationen sind für die statischen Daten

- o Länge und Breite des Schiffes, Schiffstyp
- o reisebezogenen Daten
- o Tiefgang des Schiffes, Ladungskategorie, Zielhafen
- o dynamischen Daten
- o Position des Schiffes, Geschwindigkeit, Kurs, Manöverstatus (z. B. ankernd, manöverbehindert, fischend, unterwegs)

einzelnen und in Kombination mit oder ohne Lokalisationsreferenz entlang der Passagenlinie auswertbar.

Entlang der eingeführten Passagenlinie wird folgende Verteilung des derzeit stattfindenden Verkehrs ermittelt. Die Abbildung 24 zeigt mehrere glockenförmige Kurven aller Passagen.

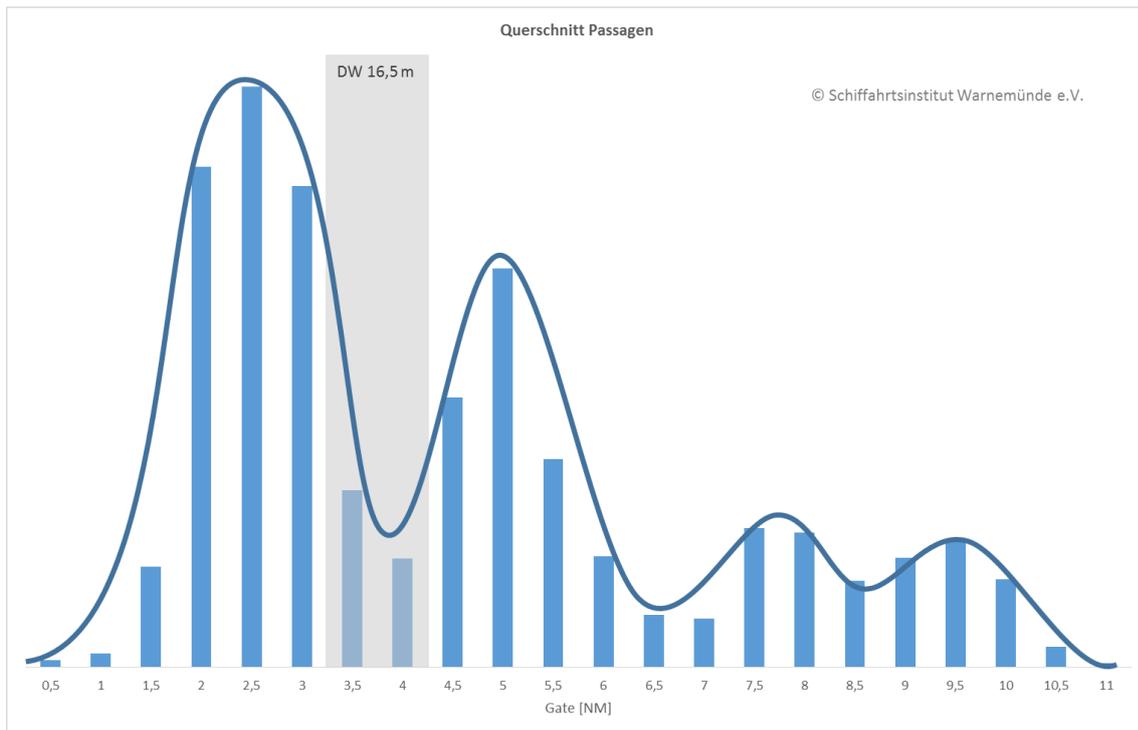


Abbildung 24: Verteilungsprofil der Passagen am Gate

Die am meisten ausgeprägten Glockenkurven verlaufen entlang des Gates von der Skalierung 0,5 bis 6,0, voneinander separiert durch den Tiefwasserweg DW 16,5 m. Zwei weitere Glockenkurven mit zueinander ähnlicher Ausprägung verlaufen zwischen den Skalierungen 7,5 bis 8,5 bzw. zwischen 9,0 bis 10,0. Die zwischen der Skalierung 6,5 bis 7,0 ersichtliche Senke im Querschnitt wird bewirkt durch den Messmast „Darßer Schwelle“, der dem Gate in westliche Richtung vorgelagert ist (siehe Abbildung 32, rote Markierung).

Die glockenförmigen Verteilungen sind charakteristisch für Verkehrsflächen mit gebundener Verkehrsführung (z.B. Navigationslinien, T.S.S.) oder auch für Transitverkehre mit ähnlichen Destinationen. D.h. der Navigationsraum wird derart genutzt, dass im Hinblick auf die einzuhaltenden Regularien, auf die sicheren Passierabstände und auf die Effizienz der Reiseroute die meisten Passagen mittig eines Verkehrsweges stattfinden.

Jede der obigen Glockenkurven soll im Weiteren einen **etablierten** Verkehrsweg symbolisieren. Bei einer Querschnittsbetrachtung **dieser Wege** mit richtungsabhängigen Passagen entsteht folgende Abbildung (siehe Abbildung 25).

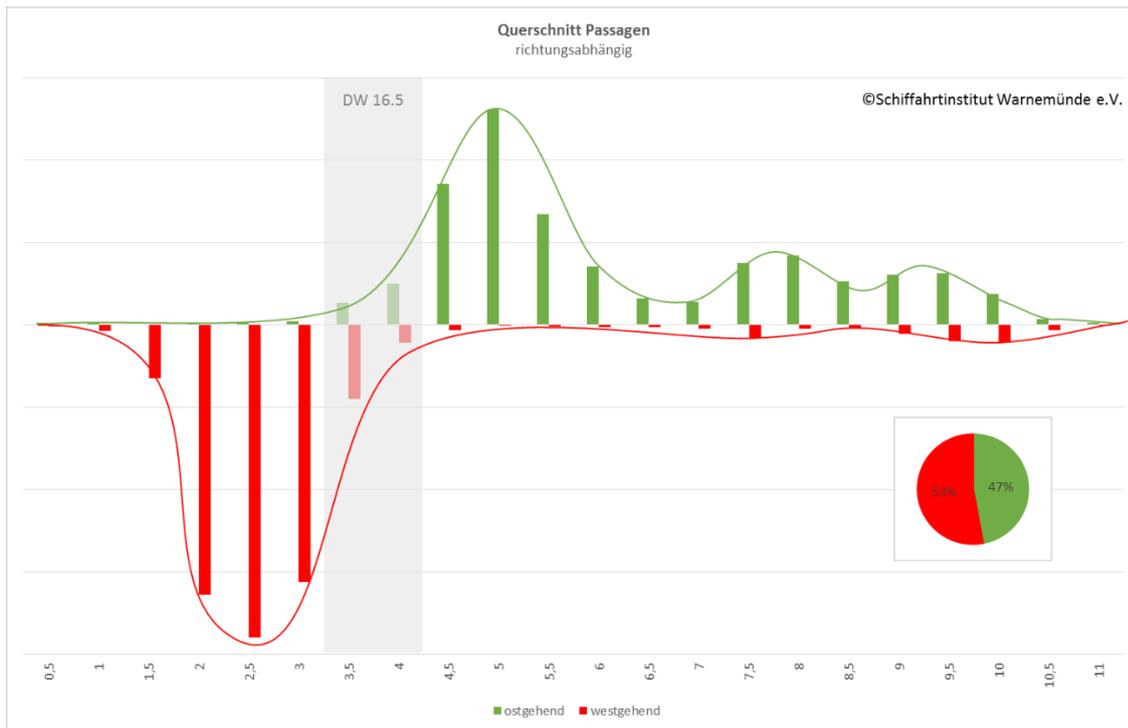


Abbildung 25: Verteilungsdiagramm richtungsabhängiger Passagen am Gate

Westgehende Passagen können am Gate hauptsächlich zwischen den Skalierungspunkten 0,5 bis 4,0 identifiziert werden. Übertragen in die betrachtete Verkehrsfläche entspricht dies des Verkehrstreifens nördlich des Tiefwasserweges DW 16.5 m. Südlich davon zeigen sich zwei kleinere Häufungen an den Skalierungswerte 7,5 bzw. 9,5 bis 10,0. Diese aus dem Skandinavischen Raum bzw. um Rügen kommenden Verkehre können als Passagen mit Destination Rostocker Hafen interpretiert werden und umgekehrt.

Ostgehende Passagen nutzen fast ausschließlich die Verkehrsfläche des Tiefwasserweges und südlich davon; am Gate ersichtlich zwischen den Skalierungspunkten 3,5 bis 11,0.

Die in die Ostsee zulaufenden Verkehre speisen sich über den Belt und den Sund. Demzufolge zeigt das Verhältnis der richtungsabhängigen Passagen am Gate, dass der Anteil des westgehenden Verkehrs um 6% höher liegt als der ostgehende.

Bei der geplanten Nutzungszuordnung der vorhandenen Seefläche in Vorrang- bzw. Vorbehaltsgebiete für die Seeschifffahrt und die Windenergieproduktion ist davon auszugehen, dass bestehende Seeverkehrswege beeinflusst und / oder verlagert werden. Für das geplante Vorhaben OWP „Gennaker“ sind die verkehrstechnischen Untersuchungen durchgeführt worden, die eine Traffic Flow Simulation beinhalten. Für dieses Verfahren ist ein entsprechendes zukünftiges Verkehrsprofil zu entwerfen. Grundlage des Entwurfs bildet die angestrebte Neuordnung der Seefläche und den daraus resultierenden Bedingungen für

den Seeverkehr. Veränderte Layouts, die den Fahrtweg unterschiedlich beeinflussen, bedingen unterschiedliche Entwürfe des zukünftigen Verkehrsprofils.

Das Postulieren zukünftiger Verkehrsprofile durch den AN erfolgt empirisch. Dieses Herleiten fußt auf wissenschaftlichen Arbeiten, basierend auf ausweisbaren nautischen und mathematischen Expertisen über lange Zeiträume [33].

Bei Umsetzung des Vorhabens OWP „Gennaker“ wird davon ausgegangen, dass:

- die bisherige Verkehrsfläche für Passagen von bzw. nach Rostock entfällt,
 - o Westgehende Passagen verlagern sich **vollständig** in den Verkehrsweg nördlich des DW 16,5 m
 - o Ostgehende Passagen verlagern sich in den Verkehrsweg südlich des DW 16,5 m, jedoch nördlich des Vorhabengebietes
- die glockenförmige Verteilung der Passagen auf den verbleibenden Verkehrswegen erhalten bleibt,
- 1% der Verkehrsteilnehmer entgegen der Hauptverkehrsrichtung fahren („Falschfahrer“).

Bestärkt werden diese Annahmen durch die Ankündigung der GWDS bei Beginn der Bauphase des OWP im Untersuchungsgebiet eine Küstenverkehrszone, wie auf Seite 9 genannt, einzurichten [25].

Allen untersuchten Szenarien sind diese Annahmen zu Grunde gelegt.

Beispielhaft für alle Szenarien sind in den folgenden Abbildungen die Verlagerung der Verkehre am Gate als „Gewinn- und Verlustrechnung“ veranschaulicht.

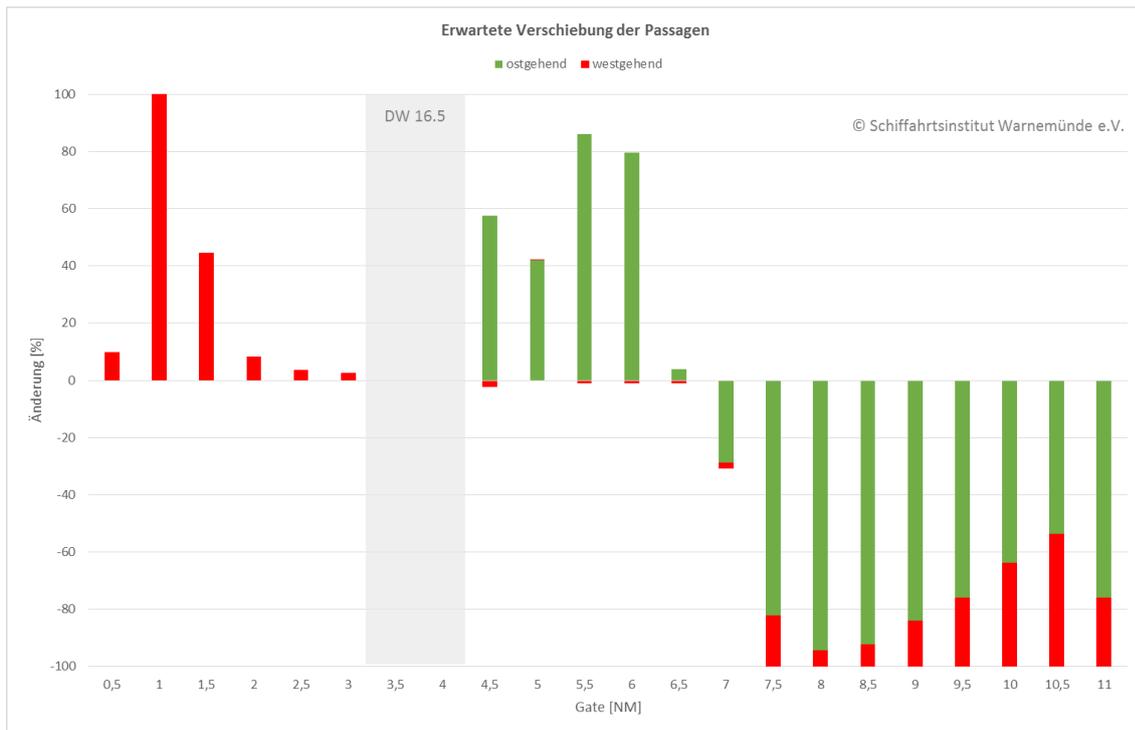


Abbildung 26: Angenommene Hinzurechnung und Abzug von Passagen entlang des Gates

Das Diagramm in Abbildung 26 zeigt die Differenzen des bestehenden Verkehrs zum angenommenen Verkehr. Der Abzug aller negativ dargestellten Passagen wird dem Verkehr zwischen den Skalierungspunkten 0,5 bis 6,5 hinzugerechnet. Die absolute Anzahl aller gemessenen Passagen bleibt unverändert. Die Asymmetrie in der Abbildung ergibt sich aus der relativen Darstellungsweise (Prozent) der Verkehre an jedem Skalierungspunkt des Gates.

Der Tiefwasserweg DW 16.5 bleibt in der Prognose bzgl. einer veränderten Verkehrsbelastung unberührt.

Eine angenommene 100%ige Zunahme des Verkehrs bedeutet die Verdoppelung des bereits vorhandenen, nicht aber, dass die Kapazität des Fahrwassers erschöpft ist!

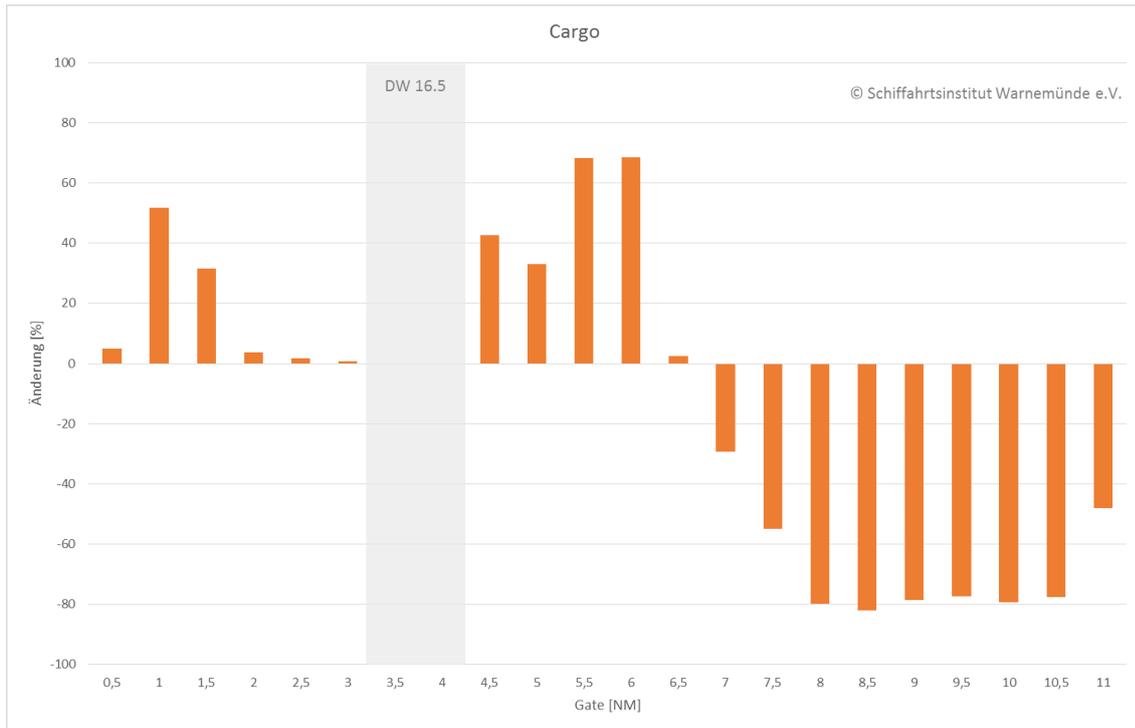


Abbildung 27: Angenommene Hinzurechnung und Abzug von Passagen entlang des Gates für den Schiffstyp Cargo

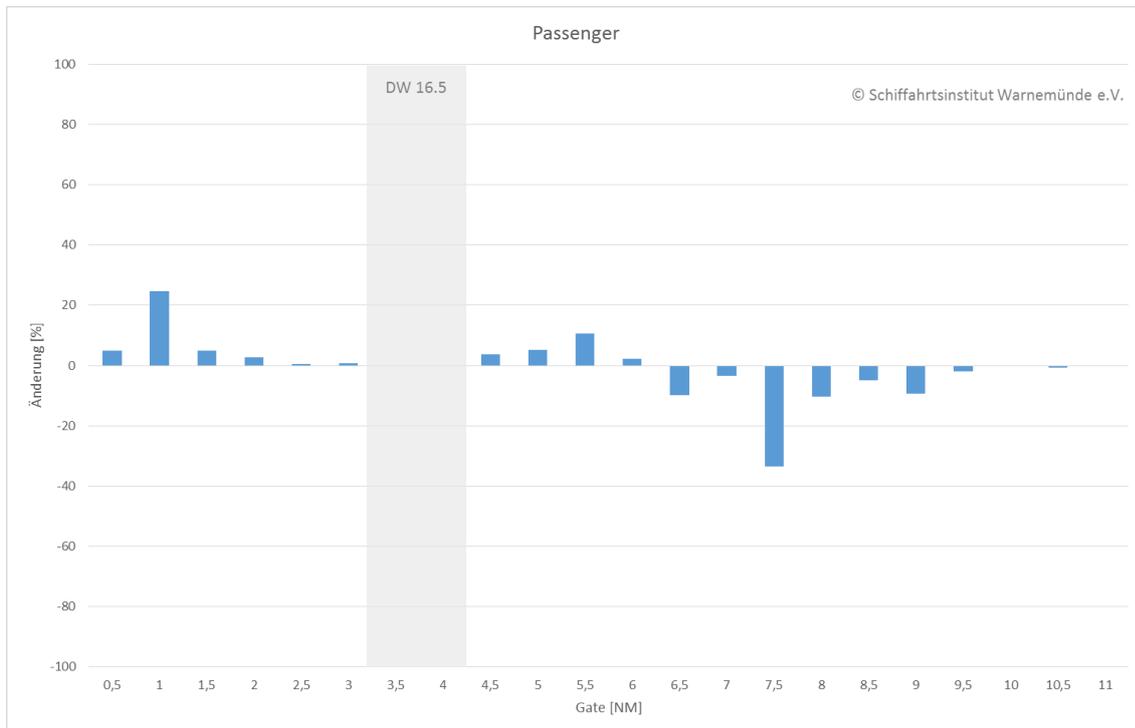


Abbildung 28: Angenommene Hinzurechnung und Abzug von Passagen entlang des Gates für den Schiffstyp Passenger

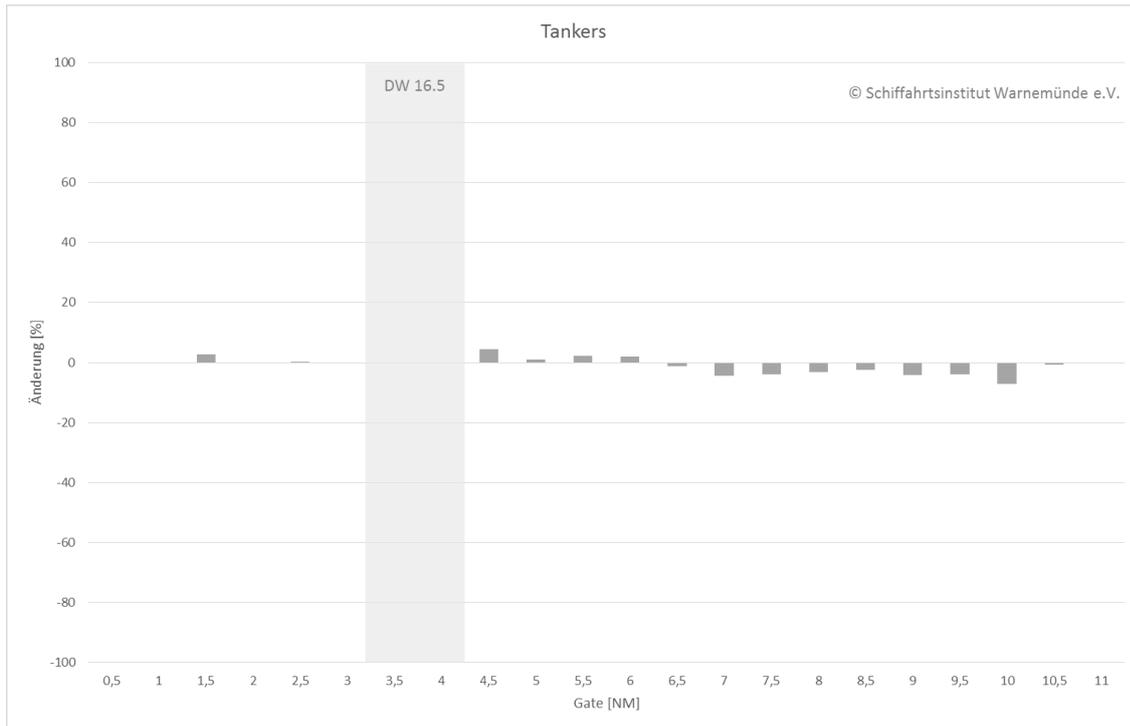


Abbildung 29: Angenommene Hinzurechnung und Abzug von Passagen entlang des Gates für den Schiffstyp Tanker

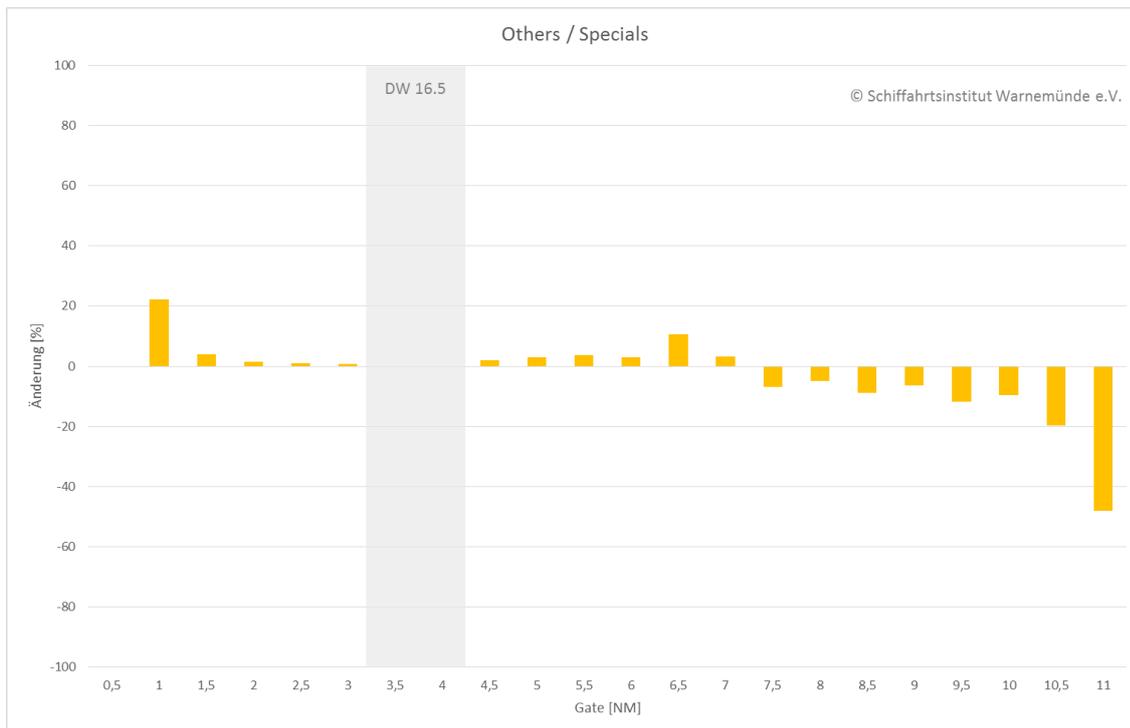


Abbildung 30: Angenommene Hinzurechnung und Abzug von Passagen entlang des Gates für den Schiffstyp Other / Specials

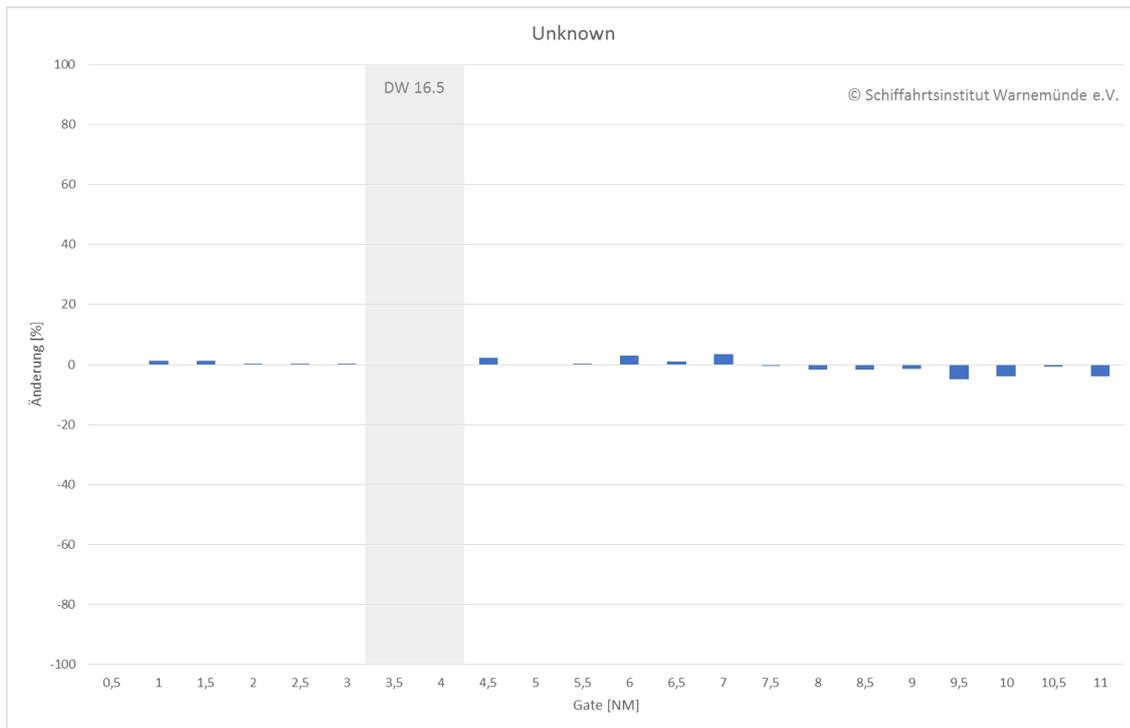


Abbildung 31: Angenommene Hinzurechnung und Abzug von Passagen entlang des Gates für den Schiffstyp Unknown

6 Traffic Flow Simulation

Die zur Anwendung kommende Traffic Flow Simulation (TFS) ist eine aus Forschungs- und Entwicklung des AN entstandene Software. Bei der TFS wird die Charakteristik eines gegebenen Verkehrsszenarios bestehend aus einem dimensionierten Navigationsraum, eines bekannten Verkehrsprofils und eines festgelegten Zeithorizonts simulationstechnisch nachgebildet. Das Verkehrsprofil aus der AIS-Analyse beschreibt die Verkehrsteilnehmer (Fahrzeugtyp, Dimension, Tiefgang) und ihre Reiserouten (Position, Kurs, Geschwindigkeit, Zielhafen) im betrachteten Navigationsraum. Die Einhaltung des Zeithorizonts garantiert die Verkehrsdichte, d.h. dass alle Verkehrsteilnehmer des Verkehrsprofils innerhalb der vorgegebenen Zeit den Navigationsraum vollständig passiert haben.

Die TFS arbeitet Takt-gesteuert. In jedem Takt können neue Verkehrsteilnehmer entsprechend der analysierten Verkehrsprofile in den Navigationsraum eintreten. Dieses Eintreten lenkt die TFS zufällig und physikalisch gesichert, d. h. im identischen Zeittakt können an unterschiedlichen Stellen mehrere oder gar keine Fahrzeuge in den betrachteten Navigationsraum eintreten. Bereits eingetretene Fahrzeuge werden hinsichtlich ihrer Routen durch die TFS fortgeschrieben **bis zum Verlassen des Navigationsraumes**. In jedem Takt entstehen veränderte Schiff-Schiff-Konstellationen, deren Parameter im Hintergrund der Simulation festgestellt und zum Zwecke der verkehrstechnischen Analyse gesammelt werden.

Durch eine Wiederholung der identisch konditionierten Simulation in ausreichendem Maße wird der auftretende Zufallsfehler minimiert.

Die Traffic Flow Simulation eröffnet die Möglichkeit, beabsichtigte Manipulationen an der Verkehrsführung und im Verkehrsaufkommen zu verifizieren. So zum Beispiel sind die Effekte der Verkehre bei

- Veränderter Anzahl / Struktur der Verkehrsteilnehmer
- Veränderter Breite des Verkehrsraumes und
- Veränderter Routenführung

einzelnen und in Kombination simulationstechnisch identifizierbar. Die Ergebnisse können verwendet werden, um Konfliktpotentiale zu ermitteln, zu beschreiben und zu bewerten. Weiterhin können unterschiedliche Verkehrsszenarien gegenübergestellt und einer vergleichenden Betrachtung unterzogen werden.

Ausgewählte Referenzen für die TFS sind im Quellenverzeichnis [33] zu finden.

6.1 Grundlagen des stochastischen Vergleichens

Es werden verkehrstechnische Simulationsszenarien mit Hilfe von Verkehrsprofilen erstellt und konditioniert. Die jeweiligen Simulationsergebnisse werden im Nachgang miteinander stochastisch verglichen und bewertet.

Unter dem *Referenzszenario* wird der Status Quo einer verkehrstechnischen Situation verstanden. Dieses bildet die Grundlage zu dem allen anderen Szenarien in Relation gesetzt und statistisch bewertet werden.

Unter dem *Zielszenario* wird diejenige verkehrstechnische Situation verstanden, wie sie in ihrer zukünftigen Charakteristik durch die Umsetzung des jeweiligen Vorhabens erwartet wird. Dieses beinhaltet – je nach Vorhaben – die zu erwartende Konturierung der Verkehrsflächen und die Veränderung von Fahrstreifen, die dem vorhandenen Schiffsverkehr zukünftig zur Nutzung zur Verfügung steht.

Das *Trendszenario* baut auf dem Zielszenario auf und ist derart beschrieben, dass hier ein erhöhtes Verkehrsaufkommen berücksichtigt wird. Die Höhe der Verkehrszunahme ist individuell, jedoch im Vorfeld der Untersuchungen zu bestimmen.

Die vergleichende Bewertung der gegenüberzustellenden Szenarien wird mit anerkannten Werkzeugen und Verfahrensweisen der Statistik / Stochastik durchgeführt. Ziel ist es, in Relation zum Referenzszenario untersuchungsbasierte Aussagen hinsichtlich der zu erwartenden Sicherheit und Leichtigkeit des Seeverkehrs in einem neu geordneten Verkehrsszenario zu treffen.

- a. Hinreichende Wiederholrate der Simulation für jedes Szenario zur Minimierung des stochastischen Fehlers
- b. Sammeln der Bewertungsparameter zur Bildung der Grundgesamtheiten zum stochastischen Vergleichen aller Szenarien
- c. Ausarbeiten deskriptiver Statistiken der Szenarien zur internen Bestimmung des geeigneten Testverfahrens
- d. Stochastisches Testen gegenüber der aufzustellenden Nullhypothese auf dem Signifikanzniveau von 5%
- e. Interpretation der Ergebnisse

Dazu werden mittels TFS für jedes zu untersuchendem Szenario statistische Ereignisläufe erstellt und in einer Grundgesamtheit zusammengefasst. Mittels geeigneter Testverfahren wird die Nullhypothese auf einem 5%igen Signifikanzniveau ($\alpha = 0,05$) getestet. Die Nullhypothese wird als zweiseitige Fragestellung wie folgt formuliert:

H_0 : Die beiden Stichproben entstammen der gleichen Grundgesamtheit, d.h. es wird vermutet, dass sich durch die Neuordnung der Verkehre der Durchschnittswert der kritischen Annäherung nicht verändert.

Als kritische Annäherung wird die Verletzung des elliptischen Sicherheitsradius eines jeweiligen Verkehrsteilnehmers durch mindestens einen zweiten Verkehrsteilnehmer verstanden. Die Ellipsenachse verläuft in Deckung zur Kiellinie jeden Schiffes, derart dass in Fahrtrichtung ein Sicherheitsradius von bis zu 0,5 NM und querab zum Schiff entsprechend weniger vorgehalten wird. Die absolute Größe des Radius wird entsprechend der gefahrenen Geschwindigkeit des Verkehrsteilnehmers bestimmt, so dass bei langsamer Fahrt der Radius kleiner gehalten wird als bei höherer Geschwindigkeit.

Beim Identifizieren kritischer Annäherungen wird zur Vermeidung einer multiplen Zählung die Kombination der involvierten Fahrzeuge berücksichtigt, d. h. die Annäherung des Fahrzeugs A an B ist die gleiche Annäherung wie die des Fahrzeugs B an A und wird nur einmal gezählt.

Zusätzlich zum kumulativen Feststellen der Anzahl kritischer Annäherungen wird ihre zeitliche Charakteristik untersucht. Klassifiziert ist das Merkmal der Dauer einer Annäherung in die Klassen „bis zu 3 min“, „bis zu 10 min“ und „über 10 min“. Bei einem zu geringen Umfang einer Klasse können diese zusammengefasst sein. Der Beginn bzw. das Ende einer kritischen Annäherung wird mit dem erstmaligen Identifizieren einer Verletzung bzw. dem Erreichen des Sicherheitsabstandes festgelegt. Die zeitliche Differenz wird dann der entsprechenden Klasse als Zählwert zugeordnet.

Motiviert ist diese Untersuchung aus der Fragestellung heraus, ob bei einem zahlenmäßigen Anstieg kritischer Annäherungen gleichzeitig eine erhöhte Dauer dieser Annäherung festgestellt werden muss oder nicht. Diese Aussage soll als Indiz für die Durchlässigkeit des Verkehrsraumes dienen.

Die hierfür als zweiseitige Fragestellung formulierte Nullhypothese auf einem 5%igen Signifikanzniveau lautet:

H_0 : Die Mittelwerte der Stichproben sind identisch, d. h. die durchschnittliche Dauer kritischer Annäherungen ist in den Gruppen gleich.

6.2 Beschreibung der Simulationsszenarien

In der Traffic Flow Simulation werden folgende Szenarien nachgebildet und simuliert:

1. Referenzszenario basierend auf dem etablierten Schiffsverkehr, wie er sich nördlich des Tiefwasserweges darstellt (Ist-Situation),
2. Zielszenarien basierend auf der zu erwarteten Verkehrsverlagerung basierend auf der Vorhabenplanung des OWP „Gennaker“ mit vorhandenem Messmast „Darßer Schwelle“
3. Trendszenario basierend auf den Zielszenarien mit einem gleichmäßigen 25%igen Anstieg des Verkehrsaufkommens.

Für die weiteren Untersuchungen und Berechnungen wird eine fiktive Gerade, eine Beobachtungslinie für das Passieren der Fahrzeuge (Gate), aufgespannt. Dieses Gate steht orthogonal zum Hauptverkehrsfluss als verlängerte Strecke einer gedachten Linie zwischen den Tonnen DW 80 und DW 79 (siehe Abbildung 32). Alle Fahrzeuge, die dieses Gate passieren, wurden mit ihren Daten mittels AIS erfasst (siehe Kapitel 4.1.1).

Für einen 93 Tage andauernden und zusammenhängenden Zeitraum des Quartals IV/2023 wurden am Gate insgesamt 11.891 Passagen identifiziert (5.661 ostgehend, 6.230 westgehend). Dieser Datenpool ist Grundlage der Traffic Flow Simulation, deren Ergebnisse im Weiteren ausgewertet und kommentiert werden.

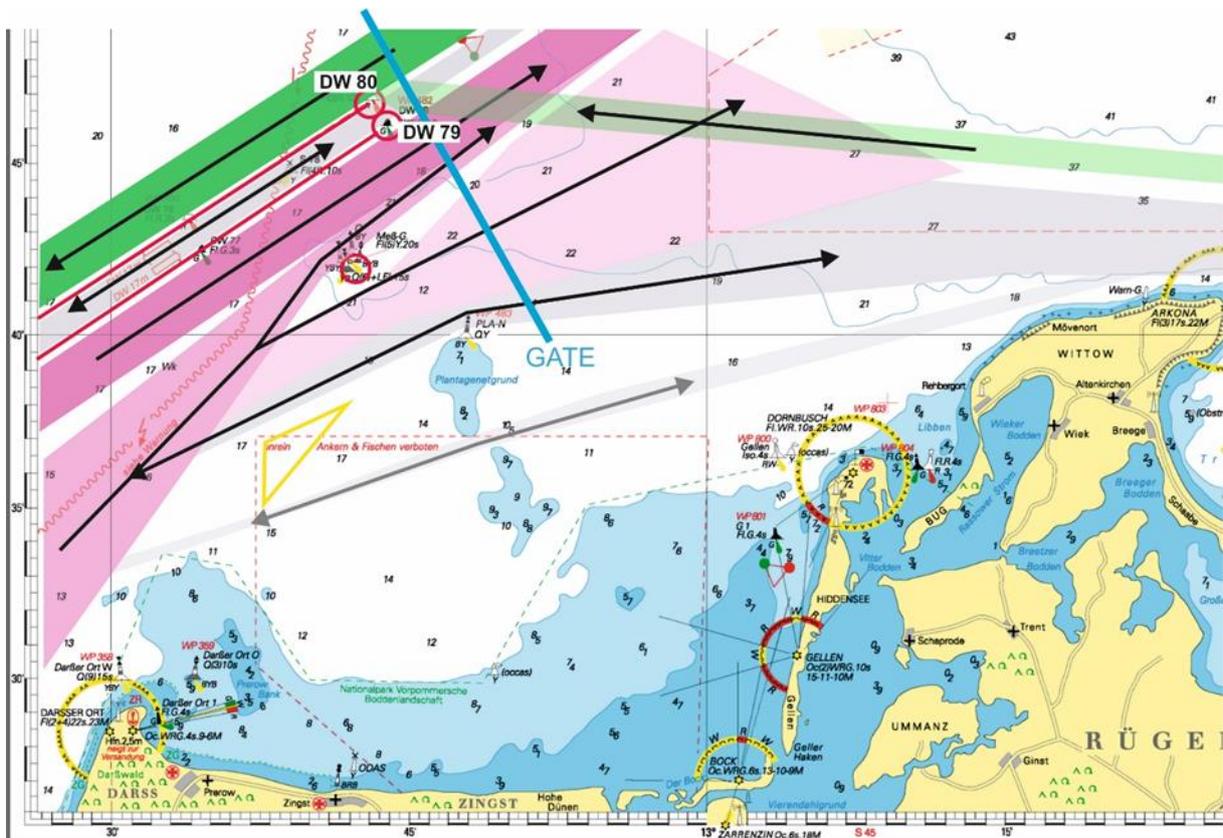


Abbildung 32: Projektion des Gates

Die Grafik in Abbildung 33 zeigt die identifizierte Verteilung der Passagen hinsichtlich ihrer durchschnittlichen Häufigkeiten im ostgehenden Verkehr pro Tag. Zwischen den genannten Tonnenpositionen zeigt die Grafik eine eindimensionale Ausdehnung des Gates zwischen den Fahrspuren 3,5 und 4,0 die den Tiefwasserweg DW 16,5 markiert. Südwärts der Tonne DW 79 werden die Verkehre noch in einem 7 NM breiten Streifen hinein bis in das Untersuchungsgebiet aufgezeigt. **Dieser Streifen mit hauptsächlich ostgehendem Verkehr wird von 61,1 gemessenen Fahrzeugen im Tagesdurchschnitt passiert. Für einen Beobachter direkt vor Ort würde sich die Situation derart darstellen, dass die Beobachtungslinie stündlich von ca. 2,5 Fahrzeugen auf einer Breite von 7 NM verteilt in östliche Richtung passiert werden.** Die laterale Verteilung auf dem betrachteten Streifen zeigt eine deutliche Reduktion der Passagenhäufigkeit im Bereich von 6,5 bis 7,5 NM gegenüber dem weiter nördlichen und weiter südlich verlaufenden Verkehr. Dies ist auf die Wirkung der etablierten Mess-Station „Darßer Schwelle“ im Seegebiet zurückzuführen (vgl. Abbildung 32).

Gemäß Abbildung 33 wird der ostgehende Verkehr durch die Schiffstypen Cargo, Tanker, Passenger (hier überwiegend Fähren) und andere Fahrzeuge gebildet. Die Häufigkeit zeigt einen überwiegenden Anteil der Typen *Cargo* und *Tanker*. Der Passagierverkehr verläuft grundsätzlich nördlich der Untiefe Plantagenetgrund. Zwischen dieser Untiefe und der Südgrenze des Tiefwasserwegs ist der überwiegende Tankerverkehr zu erkennen, der die eingeführte Beobachtungslinie in ostgehender Richtung passiert.

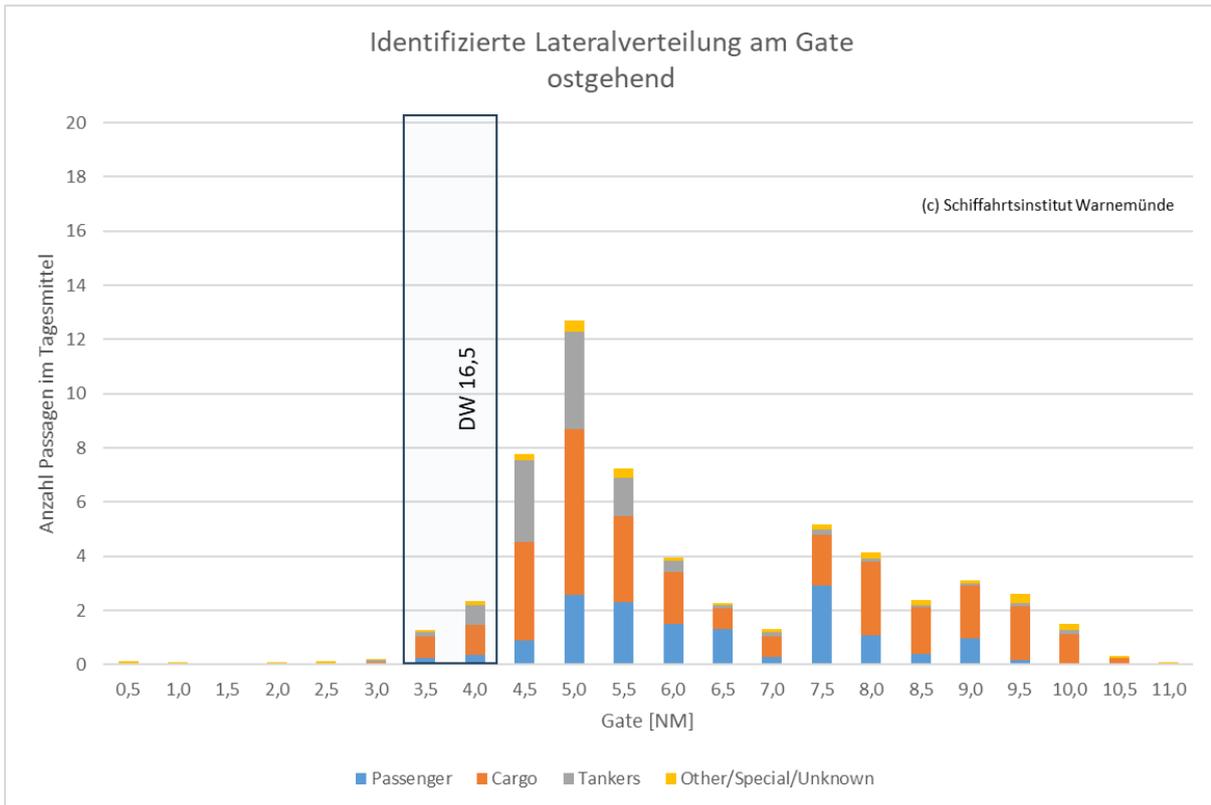


Abbildung 33: Häufigkeiten der ostgehenden Passagen für 2023 im Tagesdurchschnitt

Der Verkehr südlich der Tonne DW 79 ist weiter dadurch gekennzeichnet, dass hier ein Anteil von nach Westen gerichtetem Verkehr festzustellen ist. Dieser Anteil von ca. 6,3 Fahrzeugen im Tagesdurchschnitt ist in seiner Verteilung in **Abbildung 34** dargestellt. Dieser teilweise dem Hauptverkehrsstrom gegenläufige Verkehr kann mit 0,26 Fahrzeugen pro Stunde beziffert werden.

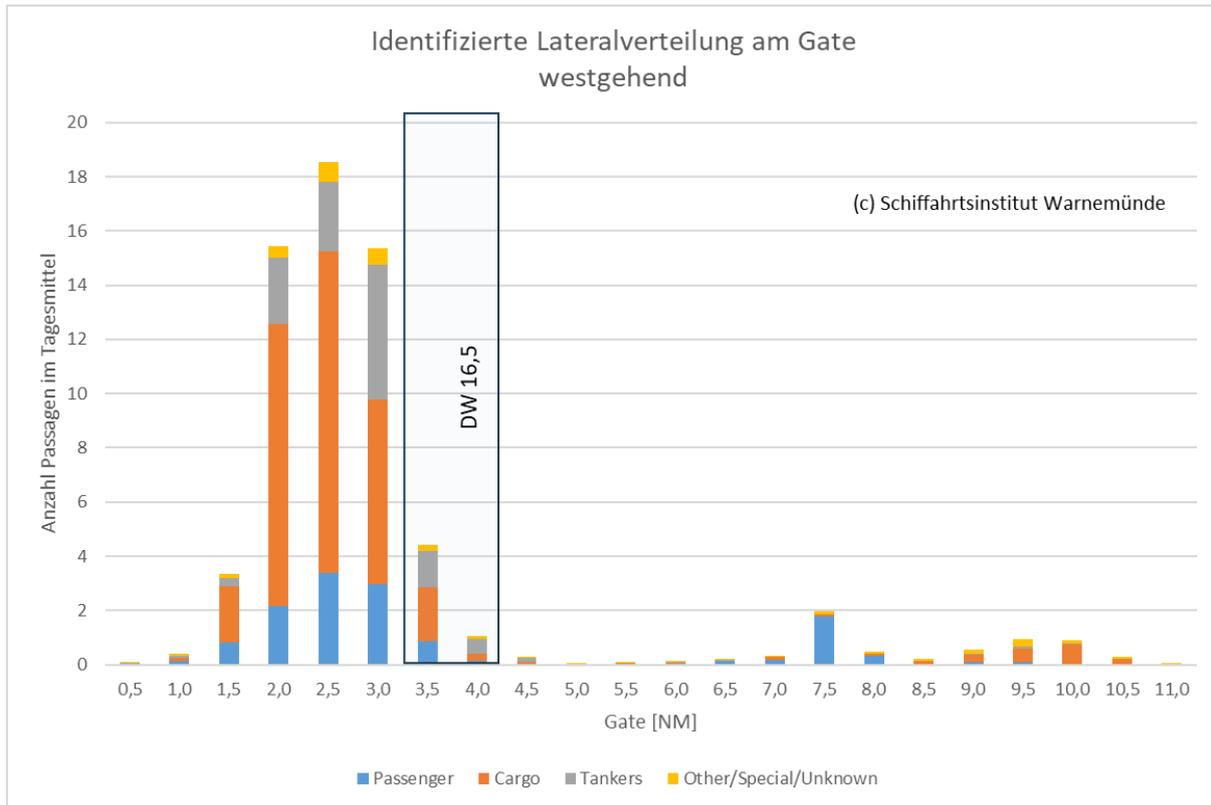


Abbildung 34: Häufigkeiten der westgehenden Passagen für 2023 im Tagesdurchschnitt

Gemäß Abbildung 35 ist bewegt sich der Schiffsverkehr mit Tiefgängen größer als 6 Meter (Tanker, Bulker) dicht an der Trennlinie zum DW 16,5. Von der Fahrspur 4,5 (Tonne DW79) bis Fahrspur 11 (7 NM südlicher auf der Linie des Gates) bedeuten die graphischen Aussagen in Abbildung 35, dass

- (1) 30,9 Fahrzeuge/d mit einem Tiefgang < 6 Meter und
- (2) 29,2 Fahrzeuge/d mit einem Tiefgang > 6 Meter passieren.

Dieser in (1) und (2) aufgeführte (südliche) Verkehr beinhaltet neben dem überwiegenden ostgehenden Verkehr auch wenige westgehende Fahrzeuge. In Bezug auf deren Tiefgänge kleiner 6 m ergibt sich eine Anzahl von 3,1 Fahrzeuge pro Tag und über 6 m Tiefgang eine Häufigkeit von 0,1 Fahrzeuge pro Tag in westliche Richtung („Falschfahrer“).

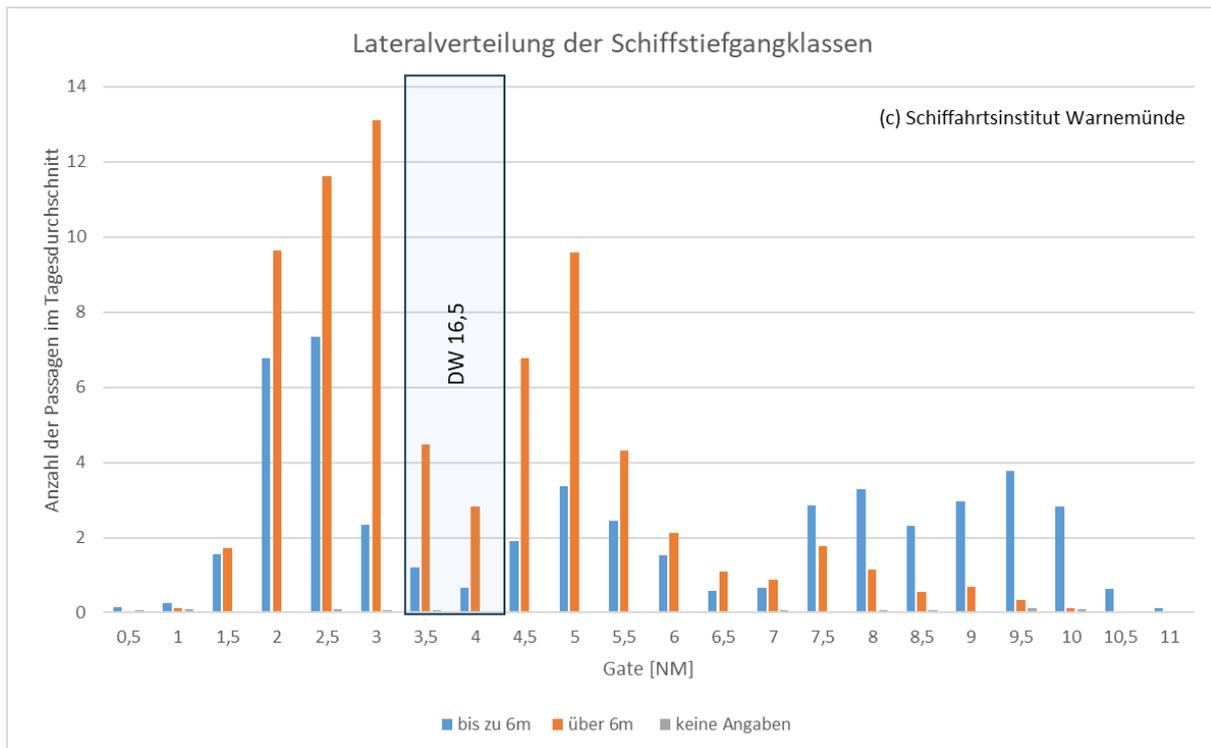


Abbildung 35: Verteilung der Tiefgangklassen am Gate im Untersuchungsgebiet 2023 (Fahrtrichtungsunabhängig)

Auf der Basis der AIS-Daten aus Quartal IV/2023 ist die zu erwartende Lateralverteilung des Verkehrs für die zu untersuchenden Szenarien (Ziel- und Trendszenarien) erarbeitet worden. Die folgenden Diagramme (Abbildung 36 und Abbildung 37) weisen die angenommenen Verkehrsveränderungen aus. Die Veränderungen betreffen ausschließlich die räumliche Verteilung der Verkehre. Die Anzahl, Dimensionen und Häufigkeiten der Passagen bleiben erhalten. Es wird ein Homogenisieren der überwiegender Fahrtrichtung auf dem südlichen Fahrstreifen angenommen. Weiterhin ist anzunehmen, dass sich der Verkehrsweg westgehender Fahrzeuge südlich des Tiefwasserweges in den nördlichen Fahrstreifen verlagern wird.

Dagegen ist südlich des Planungsgebietes der identifizierte Schiffsverkehr gekennzeichnet durch kleinere Fahrzeuge im Pendelverkehr zwischen den Häfen der deutschen Ostseeküste. Durch Etablieren einer Küstenverkehrszone (KVZ) vor Baubeginn des OWP wird dieser gegenwärtig minimale Verkehrsstrom zwischen südlicher Grenze des Planungsgebietes und dem Küstenverlauf nicht wesentlich eingeschränkt. Eine Inshore Traffic Area (KVZ) ist unter der Bedingung, dass eine Genehmigung eingeholt wird, von der Berufsschifffahrt befahrbar. Dies ist üblich und wird in der täglichen Praxis weltweit angewendet.

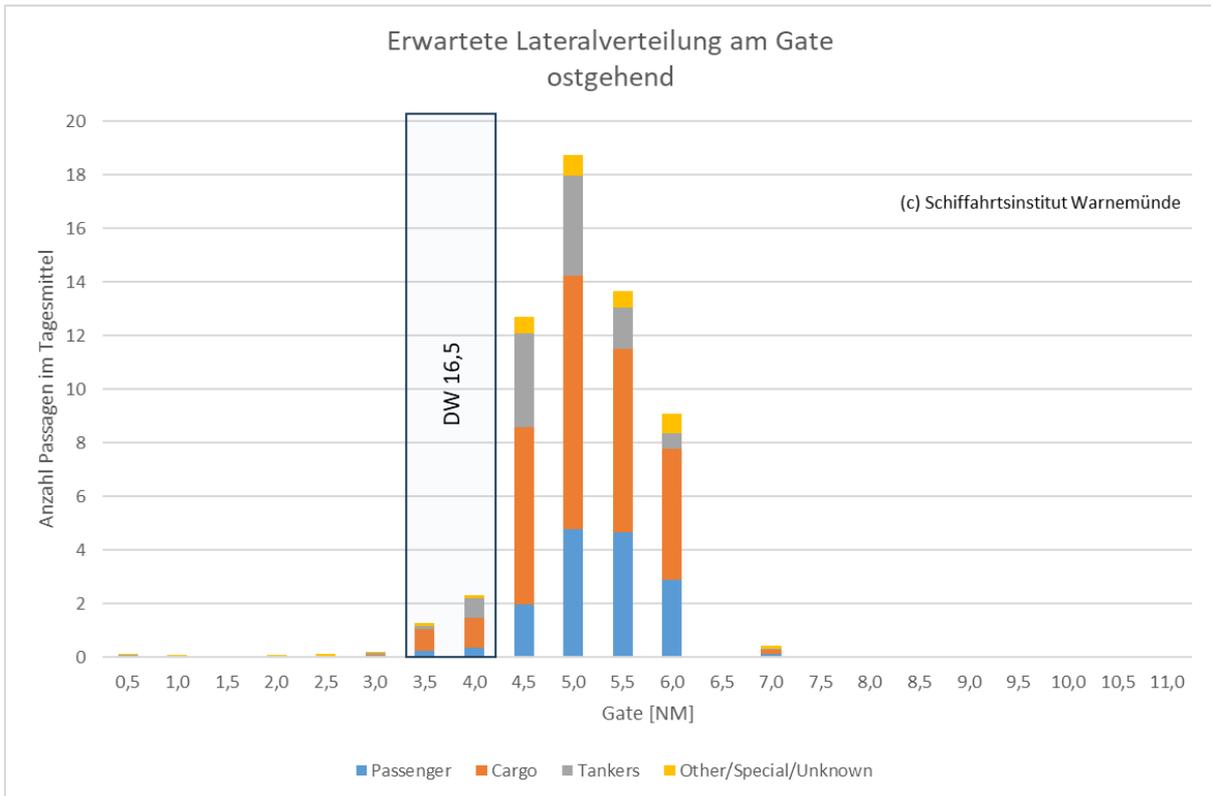


Abbildung 36: Erwartete Verteilung des Verkehrs in ostgehende Richtung

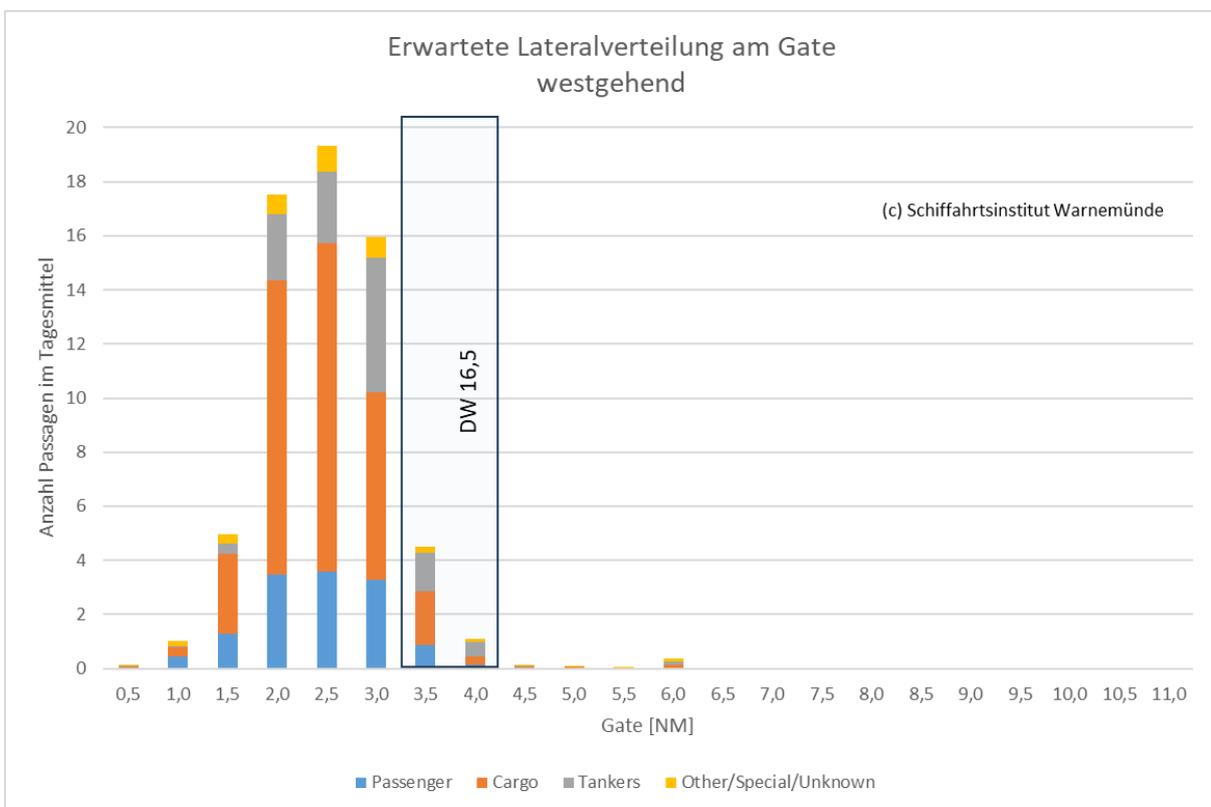


Abbildung 37: Erwartete Verteilung des Verkehrs in westgehende Richtung

6.2.1 Referenzszenario

Unter dem Referenzszenario wird diejenige verkehrstechnische Situation verstanden, wie sie in ihrer aktuellen Charakteristik auf dem Fahrstreifen nördlich des Tiefwasserweges darstellt. Diese ist schematisch in **Abbildung 5** (grüner Fahrstreifen) veranschaulicht. Grundlage des Verkehrsprofils bilden für dieses Szenario die identifizierten Verkehre und Verteilungen auf den Gate-Lanes 0,5 bis einschließlich 3,0 der **Abbildung 33** und **Abbildung 34**.

Die Festlegung dieses Fahrstreifens als Referenzszenario erfolgt aus dem Umstand heraus, dass durch die gegebenen natürlichen Untiefen in diesem Fahrwasser hier ein Flaschenhals des Navigationsraums gesehen und somit als kapazitive Obergrenze interpretiert wird.

6.2.2 Zielszenarien

Die Zielszenarien stellen die zukünftigen Verkehre nach, wie sie durch die Vorhabenplanung des OWP „Gennaker“ zu erwarten wären. Es werden die Zielszenarien nördlich des DW 16,5 („Zielszenario Nord“) und südlich davon eingeführt („Zielszenario Süd“).

Grundlage der Verkehrsprofile bilden für diese Szenarien die erwarteten Verkehre und Verteilungen der **Abbildung 36** und **Abbildung 37**. Die ost- bzw. westgehenden Verkehre der Gate-Lane 0,5 bis einschließlich 3,0 bilden das „Zielszenario Nord“ und die Verkehre der Gate-Lane 4,5 bis einschließlich 7,0 das „Zielszenario Süd“ ab.

Darin enthalten ist eine erwartete Verkehrsverlagerung der westgehenden Fahrzeuge aus dem Verkehrsraum südlich des DW 16,5 in den nördlichen in Höhe von 9,7%. Im „Zielszenario Süd“ wird ein verbleibender Rest (ca. 1%) westgehender Fahrzeuge innerhalb des südlichen Fahrstreifens als „Falschfahrer“ angenommen.

6.2.3 Trendszenarien

Die Trendszenarien bezeichnen die Zielszenarien Nord und Süd mit einer gleichmäßig um 25 % erhöhten Passagenzahl.

6.3 Ergebnisse der Simulation

Das Ermitteln der Anzahl kritischer Annäherungen im Navigationsraum über die definierte Beobachtungszeit von **93** Tagen ist ein wesentliches Maß zum Bestimmen der Verkehrsdichte über die Fläche. Die dazugehörigen simulationstechnischen Berechnungen sind im Abschnitt Grundlagen des stochastischen Vergleichens beschrieben. Für jeden der beiden konträr verlaufenden Fahrstreifen sind „kritische Annäherungen“ überwiegend als Überholvorgänge zu interpretieren, da die Szenarien keine Kreuzungsbereiche beinhalten und die Anzahl entgegenkommender Fahrzeuge äußerst gering ist. Das zeitliche Anhalten

derartiger „kritischer Annäherungen“ ist noch einmal gestaffelt für drei, zehn und mehr als zehn Minuten Dauer angegeben. Dieser Fokus wird zur Interpretation der kapazitiven Ausnutzung des Navigationsraumes herangezogen. Langanhaltende Annäherungszeiten weisen auf Überholvorgänge bzw. **Fahren im Pulk** hin.

6.3.1 Gegenüberstellung der Verkehre nördlich des DW

Abbildung 38 zeigt, dass im „Zielszenario Nord“ die Häufigkeit des Auftretens kritischer Annäherungen zwar ausweisbar leicht ansteigt, jedoch statistisch betrachtet ohne Relevanz ist. Es ist keine Signifikanz des Unterschieds nachweisbar. D. h. mit dem Zuwachs des Verkehrs sind mehr Begegnungssituationen zu erwarten, jedoch wächst ihr Anteil unkritisch.

Ebenso stabil zeigt sich die Dauer der Begegnungssituationen im Vergleich zwischen dem Referenzszenario und dem „Zielszenario Nord“. In Abbildung 38 ist ihr faktorieller Unterschied verschwindend gering. Eine Signifikanz kann nicht festgestellt werden. Die Verkehrsdichte bleibt im statistischen Sinne unverändert.

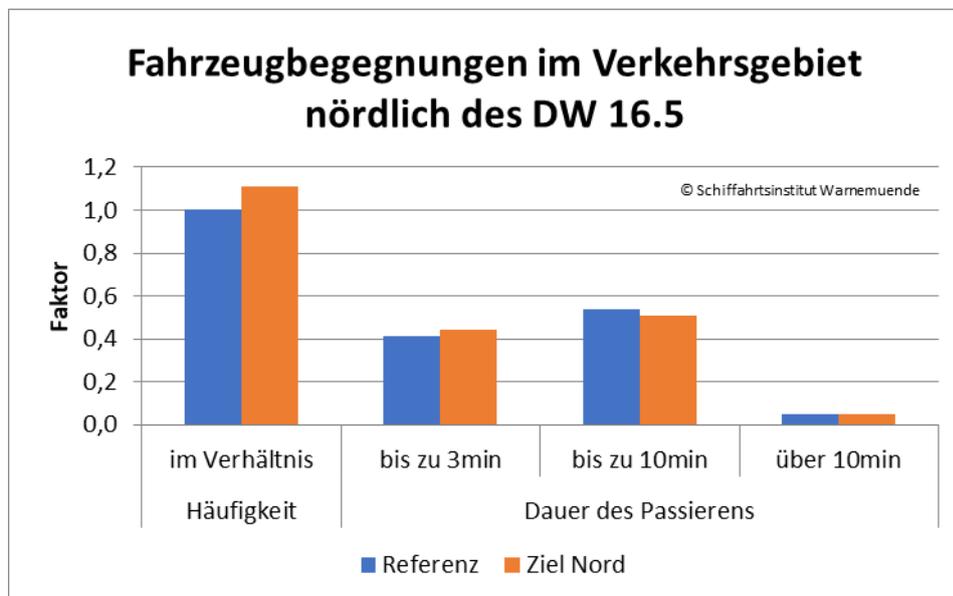


Abbildung 38: *Vergleich der Simulationsergebnisse im „Zielszenario Nord“*

6.3.2 Gegenüberstellung der Verkehre südlich des DW

Entsprechend der im „Zielszenario Nord“ erwarteten Verkehrsverlagerung in den nördlich des Tiefwasserweges verlaufenden Fahrstreifen werden im „Zielszenario Süd“ gleichlautend weniger Passagen (insbesondere mit gegenläufiger Fahrtrichtung) zu erwarten sein.

Die Abbildung 39 zeigt, dass im „Zielszenario Süd“ die Häufigkeit des Auftretens kritischer Annäherungen sinkt. Diese Differenz ist statistisch betrachtet relevant. Es ist eine Signifikanz des Unterschieds nachweisbar. D. h. mit der Verringerung/ Homogenisierung des Verkehrs

im „Zielszenario Süd“ sind weniger Begegnungssituationen als im Referenzszenario zu erwarten.

Der Vergleich der Dauer der Begegnungssituationen zeigt sich hingegen stabil. Ihr faktorieller Unterschied ist verschwindend gering und nicht signifikant. Die Verkehrsdichte bleibt im statistischen Sinne unverändert.

Zusammenfassend ist die Aussage zulässig, dass die Befahrbarkeit des südlichen Fahrstreifens im „Zielszenario Süd“ mit reduzierter Verkehrsfläche für die hier berücksichtigte Reduktion / Homogenisierung des Verkehrs im Vergleich zum etablierten Verkehr im Referenzszenario keine kapazitiven Veränderungen mit sich bringt.

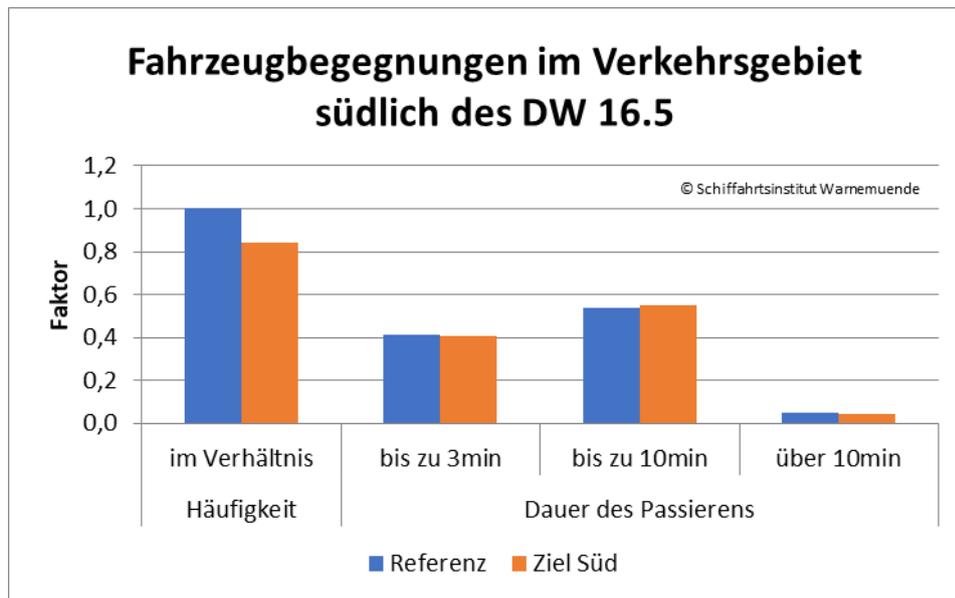


Abbildung 39: Vergleich der Simulationsergebnisse im „Zielszenario Süd“

6.3.3 Gegenüberstellung der Verkehre in den Trendszenarien

In allen Trendszenarien werden den Fahrstreifen südlich und nördlich des Tiefwasserweges ein gleichmäßiger Aufschlag des Verkehrs von 25% auf die erwartete Lateralverteilung hinzugerechnet. Der Simulationszeitraum bleibt wie im Referenzszenario und in den Zielszenarien erhalten.

Die Abbildung 40 zeigt, dass im „Trendszenario Nord“ die Häufigkeit des Auftretens kritischer Annäherungen im nördlichen Fahrstreifen statistisch ansteigt. Es ist eine Signifikanz des Unterschieds nachweisbar. Eine kapazitive Belastungsgrenze wird jedoch damit in keiner Weise erreicht. Detailliert wird darauf im Kapitel 7 eingegangen.

Im Vergleich der Dauer der Begegnungssituationen zeigt sich im „Trendszenario Nord“ die gleiche Charakteristik in Bezug auf die Referenz. Ihr faktorieller Unterschied ist verschwindend gering und statistisch nicht relevant.

Zusammenfassend ist die Aussage zulässig, dass bei der Befahrbarkeit des Fahrstreifens nördlich des Tiefwasserweges auch bei einem berücksichtigten Aufschlag der Passagenzahlen um 25 % im Vergleich zum Verkehr im Referenzszenario keine kapazitiven Veränderungen zu erwarten sind. Ein überlasteter Navigationsraum auf dem nördlichen Fahrstreifen ist für die Schifffahrt nicht zu erwarten.

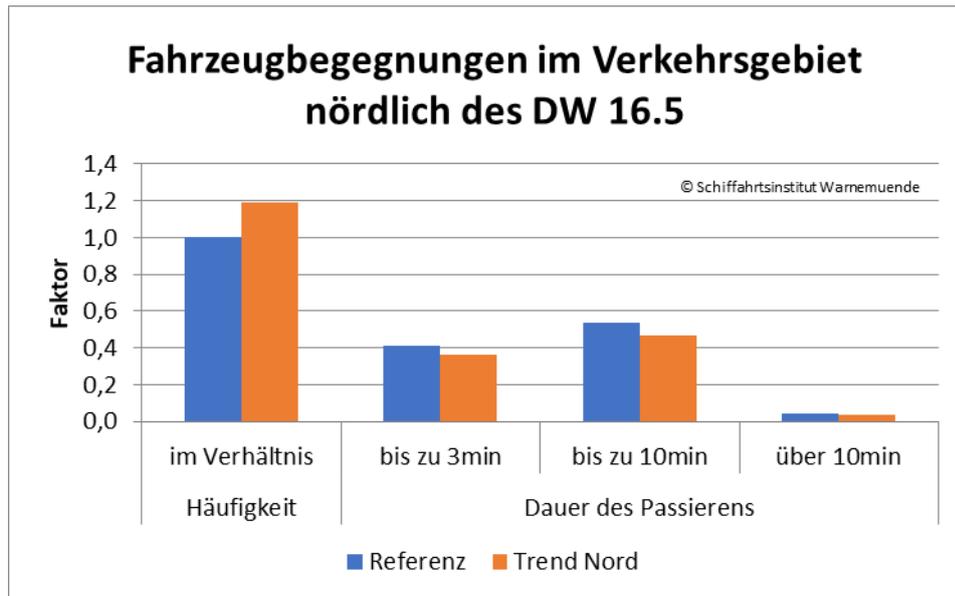


Abbildung 40: Vergleich der Simulationsergebnisse mit erhöhter Passagenzahl im Referenzszenario

Die Abbildung 41 zeigt, dass im „Trendszenario Süd“ die Häufigkeit des Auftretens kritischer Annäherungen im südlichen Fahrstreifen statistisch unverändert ist. Es ist keine Signifikanz des Unterschieds nachweisbar.

Im Vergleich der Dauer der Begegnungssituationen zeigt sich im „Trendszenario Süd“ die gleiche Charakteristik in Bezug auf die Referenz. Ihr faktorieller Unterschied ist verschwindend gering und statistisch nicht relevant.

Zusammenfassend ist die Aussage zulässig, dass bei der Befahrbarkeit des Fahrstreifens südlich des Tiefwasserweges auch bei einem berücksichtigten Aufschlag der Passagenzahlen um 25 % im Vergleich zum Verkehr im Referenzszenario keine kapazitiven Veränderungen zu erwarten sind. Ein überlasteter Navigationsraum auf dem südlichen Fahrstreifen ist für die Schifffahrt nicht zu erwarten.

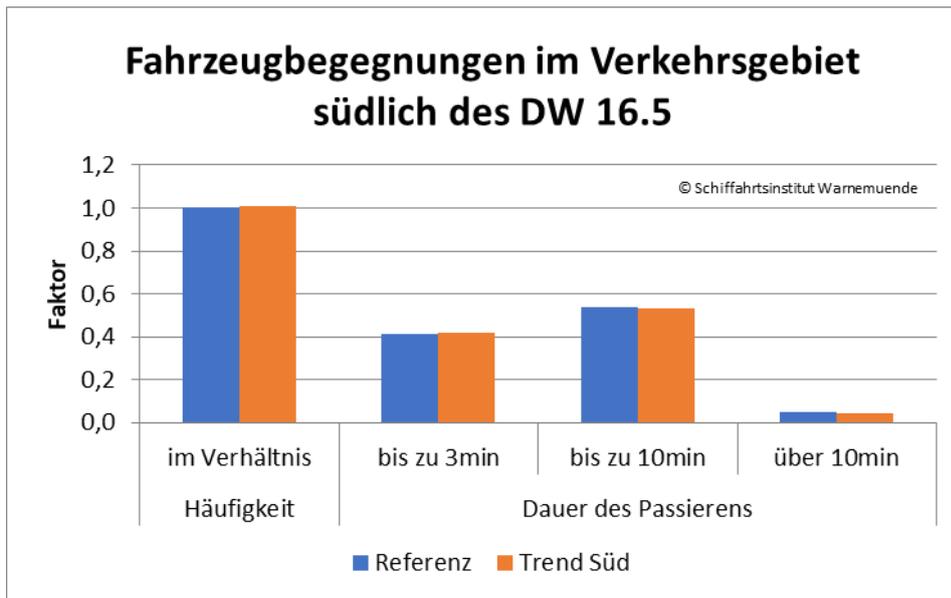


Abbildung 41: Vergleich der Simulationsergebnisse mit erhöhter Passagenzahl im "Zielszenario Süd"

6.3.4 Zusammenfassung der Simulationsergebnisse

In der Traffic Flow Simulation wurden folgende drei unterschiedliche Szenarien nachgebildet:

1. Referenzszenario (entspricht der Ist-Situation)
2. Zielszenarien (entsprechen den zu erwarteten Verkehrsverlagerungen nördlich bzw. südlich des DW 16,5)
3. Trendszenarien (entsprechen den Zielszenarien mit einer 25% Erhöhung der Passagenzahl)

In allen beschriebenen Szenarien wurden dabei die jeweils verfügbaren Verkehrsräume, das Verkehrsaufkommen und die Verkehrsabläufe auf Basis von AIS-Daten sowie eine mögliche zukünftige Verkehrsentwicklung unter Berücksichtigung derzeitiger und künftiger Bebauung mit Offshore Bauwerken berücksichtigt.

Es wird eine Neuordnung etablierter Navigationsgebiete vor Baubeginn des OWP nach den folgenden Maßgaben erfolgen:

- durch eine bestandskräftige Verlängerung des Verkehrstrennungsgebietes „South of Gedser“ in nordöstliche Richtung bis querab der Tonnenposition „DW 79“ durch die Internationale Seeschiffahrtsorganisation (IMO) einschließlich der Einrichtung einer binnenwärts anschließenden Küstenverkehrszone,

oder

- eine bestandskräftige seeverkehrsrechtliche Regelung der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS) zur Regelung des Schiffsverkehrs in Anlehnung an Regel 10 Buchstabe d der Internationalen Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See (Kollisionsverhütungsregeln, KVR) auf den Wasserflächen im deutschen Küstenmeer, welche durch die nordöstliche Begrenzung der Küstenverkehrszone südöstlich des Verkehrstrennungsgebietes „South of Gedser“, die seewärtige Begrenzung des deutschen Küstenmeeres und eine Verbindungslinie von der Tonne DW 79 bis zum Unterfeuer „Zarrenzin“ begrenzt sind,

Beide Alternativen oder zeitlich versetzten Maßnahmen der passiven Verkehrssicherung [25, S.19] führen zu einer Verschiebung der Seeverkehre. Dies wurde mit den vorliegend betrachteten Varianten empirisch erarbeitet und in den Querschnitten der erwartenden Verkehre dargestellt.

Sofern die passiven und aktiven verkehrssichernden Maßnahmen unverändert bleiben, würde allein die Sicherheitszone des OWP „Gennaker“ ordnend auf den Verkehrsverlauf wirken.

Die Üblichkeiten einiger Schifffahrtslinien zeigen sich beim Erreichen des Untersuchungsgebietes aus der östlichen Ostsee kommend dadurch, dass sie mit gehörigem Abstand vom DW 16.5 das Untersuchungsgebiet passieren, um sich dann nördlich vor Rostock in den westgehenden Transitverkehr „einzufädeln“. Es wird erwartet, dass diese Verkehre sich vor Rügen bereits in den westgehenden Fahrstreifen einordnen werden. Die überwiegende Anzahl der selten westgehenden Fahrzeuge südlich des Tiefwasserweges wird dann den Fahrstreifen nördlich davon nutzen. Demzufolge homogenisiert sich das Verkehrsprofil hinsichtlich der Fahrtrichtung. Es wird mit wesentlich weniger entgegenkommenden Fahrzeugen zu rechnen sein.

Die hieraus gewonnenen Ergebnisse hinsichtlich der Häufigkeit und der Dauer von Begegnungssituationen jedes einzelnen Szenarios wurden explorativ untersucht und ausgewertet. Die Verkehrsszenarien mit OWP stehen in der stochastischen Analyse der Ist-Situation (Referenzszenario) gegenüber.

Es ist zwar mit einer Änderung in der Häufigkeit und der Dauer von kritischen Annäherungen zu rechnen, jedoch ist ihr Anteil statistisch gesehen unbedeutend. Es ist somit die

Interpretation zulässig, dass die zu erwartende Verschiebung und Verlagerung der Verkehre im Untersuchungsgebiet keinen nachweisbaren Einfluss auf die Durchlässigkeit oder Kapazität der genutzten Fahrstreifen besitzt. Die zu erwartende Verkehrssituation wird sich im Hinblick auf die Häufigkeit und die Dauer kritischer Annäherungen von Verkehrsteilnehmern auch unter Berücksichtigung einer Zunahme des Verkehrs um 25 % im Vergleich zur bisherigen Verkehrssituation nicht verschlechtern.

Zusammenfassend kann aus stochastischer Sicht davon ausgegangen werden, dass sich

- die verkehrliche Situation südlich des Tiefwasserweges vergleichbar oder besser darstellt als nördlich davon,
- die verkehrliche Situation südlich des Tiefwasserweges vergleichbar oder besser darstellt als nördlich davon, wenn ein um 25% erhöhtes Verkehrsaufkommen angenommen wird.

Die zu erwartende Verkehrssituation wird sich durch die Errichtung des OWP „Gennaker“ und unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Szenarien im Hinblick auf die Häufigkeit und die Dauer kritischer Annäherungen von Verkehrsteilnehmern auch unter Berücksichtigung einer Zunahme des Verkehrs um 25 % im Vergleich zur bisherigen Verkehrssituation nicht verschlechtern.

Die Streifenbreite in nordöstlicher Richtung wird gegenwärtig (Quartal IV/2023: 93d → 5.480 Fahrzeuge) mit 2,45 Fahrzeuge pro h belastet. Hinzu kommt die Verhaltensweise, dass alle großen und tiefgehende Fahrzeuge dicht am DW 16,5 bleiben. Dies impliziert einmal einen großen Querabstand zum OWP und zum anderen ausreichend Platz für Überholmanöver der Fahrzeuge untereinander. Außerhalb der in Abbildung 7 südlich des DW und der markierten empfohlene Fahrtrichtung (NO) kann weiter uneingeschränkt für ein westliches Passieren bei vorhandenem OWP genutzt werden. Es ist somit die Prognose zulässig, dass die zu erwartende Verschiebung und Verlagerung der Verkehre im Untersuchungsgebiet keine Beeinträchtigung auf die Durchlässigkeit oder Kapazität der genutzten Fahrstreifen nach sich zieht.

Für die geplante Einschränkung der überwiegend ostgehenden Verkehre südlich des Tiefwasserweges kann geschlussfolgert werden, dass die Kapazität des verbleibenden Fahrwassers dem jetzigen und zukünftigen Verkehrsaufkommen genügt, da:

1. die zu erwartende Breite des Fahrwassers nicht geringer ist als das Fahrwasser nördlich des Tiefwasserweges,
2. die Homogenität der Fahrtrichtung wesentlich erhöht wird,
3. der ostwärts gehende Verkehr zahlenmäßig geringere Umfänge und geringere Tiefgänge aufweist als der westgehende Verkehr.

7 Bewertung der Passierkapazitäten aus statistischer Sicht

Ein Fahrzeug mit einer Länge von 200 m und einer Geschwindigkeit von 14 kn benötigt zum vollständigen Passieren einer beliebigen Lokalisation ca. 30 sec. Wird ein sicherer Abstand voraus von 0,5 NM zur eigenen Schiffslänge hinzugerechnet, vergrößert sich die Passierzeit auf knappe 3 min. Reiht man dieses Fahrzeug mit seinem Sicherheitsabstand mit weiteren Fahrzeugen wie eine Perlenschnur hintereinander, so können innerhalb von 24 Stunden insgesamt 480 Fahrzeuge die Lokalisation passieren. In einem Fahrwasser von insgesamt 3NM Breite können somit 6 x 480 dieser Fahrzeuge täglich verkehren, wenn für jede Perlenschnur eine separate Fahrspurbreite von 0,5 NM festgelegt wird. Dies bedeutet, dass der Mindestpassierabstand zweier Schiffe damit ebenfalls eine halbe Meile beträgt. Eine homogene Fahrtrichtung und Geschwindigkeit für den Betrachtungszeitraum werden vorausgesetzt.

Bei Fahrzeugen mit anderen Längen und Geschwindigkeiten verändert sich die Passierkapazität der Fahrspuren entsprechend. Folgende Tabelle 2 zeigt diesbezügliche Passierzeiten (Angaben in min). Die darin aufgeführten Passierlängen beinhalten gleichzeitig einen Sicherheitsabstand, der sich als Linearkombination von Geschwindigkeit und Tiefgang zur Eigenschiffslänge addiert (siehe Abbildung 42).

Tabelle 2: Zeit [min] für das vollständige Passieren einer Lokalisation für unterschiedliche Passierlängen und Geschwindigkeiten eines Fahrzeugs

Passierlänge [m]	Geschwindigkeit [kn]				
	8	10	12	14	16
500	2,0	1,6	1,3	1,2	1,0
1000	4,0	3,2	2,7	2,3	2,0
1500	6,1	4,9	4,0	3,5	3,0
2000	8,1	6,5	5,4	4,6	4,0
2500	10,1	8,1	6,7	5,8	5,1
3000	12,1	9,7	8,1	6,9	6,1
3500	14,2	11,3	9,4	8,1	7,1
4000	16,2	13,0	10,8	9,3	8,1

Beispiele: Für ein 119 m langes Schiff wird auf Grund seines Tiefgangs von 7,4 m und seiner Geschwindigkeit von 9,7 Knoten eine Passierlänge von 2.406 m errechnet. Dieses Schiff benötigt 8,0 min zum Passieren einer Lokalisation. 7,4 min werden zum Passieren benötigt, wenn sich ein 191 m langes Schiff mit einer Geschwindigkeit von 16,4 Knoten und einem Tiefgang von 6,1 m bewegt. Ihre zugewiesene Passierlänge beträgt 3.764 m (vgl. Abbildung 42).

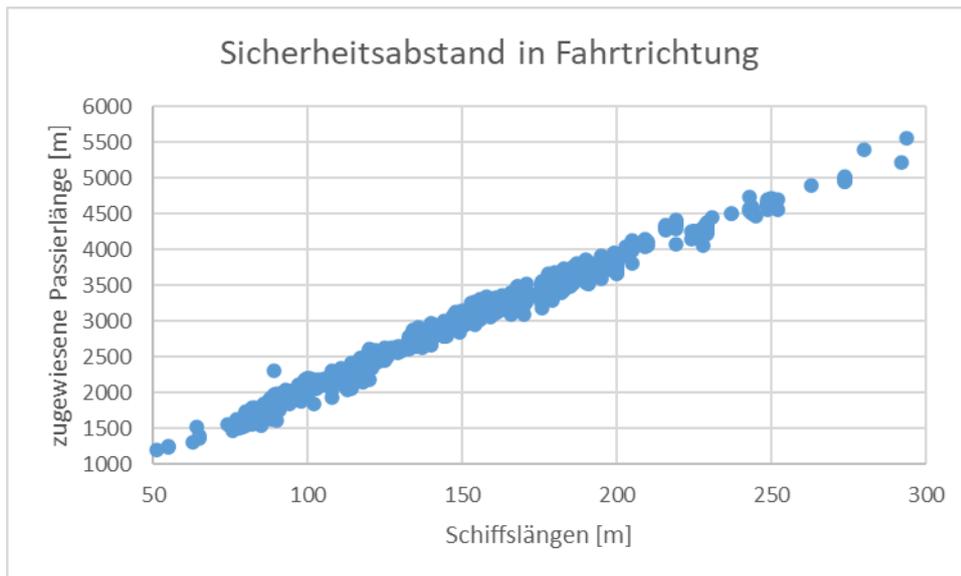


Abbildung 42: Zugewiesene Passierlänge eines Fahrzeugs entsprechend seines Tiefgangs und seiner Geschwindigkeit

Beim Ermitteln der Gesamtpassierzeit nach obiger Herangehensweise auf das identifizierte Verkehrsprofil westgehend in der Kadetrinne entfällt auf einen durchschnittlichen Tag bei 58,6 Fahrzeugen mit einer durchschnittlichen Passierlänge von 3000 m (Abbildung 42: Annahme einer durchschnittliche Schiffslänge 150 m) und einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 14,5 Kn ergibt sich eine Gesamtpassierzeit von 6,5 h für alle Fahrzeuge. Theoretisch würde danach in den verbleibenden 17,5 h des Tages kein Schiffsverkehr stattfinden. Das heißt: Beim Passieren in westliche Richtung benötigen an einem durchschnittlichen Beobachtungstag alle Fahrzeuge direkt hintereinander und mit einem Sicherheitsabstand versehen knapp ein Viertel des Tages. Statistisch betrachtet finden somit zu Dreivierteln des Tages keine Passagen statt.

Rein rechnerisch könnten gleichzeitig die Anzahl und die hier zugewiesenen Sicherheitsabstände der Fahrzeuge verdoppelt werden, ohne die Kapazitätsgrenze des Fahrwassers überschritten zu haben.

Für die geplante Einschränkung der überwiegend ostgehenden Verkehre südlich des Tiefwasserweges kann somit geschlussfolgert werden, dass die Kapazität des verbleibenden Fahrwassers dem jetzigen und zukünftigen Verkehrsaufkommen standhält, da:

1. die zu erwartende Breite des Fahrwassers nicht geringer als das Fahrwasser nördlich des Tiefwasserwegs ist,
2. die Homogenität der Fahrtrichtung wesentlich erhöht wird,
3. der ostwärts gehende Verkehr zahlenmäßig geringere Umfänge und geringere Tiefgänge als der westgehende Verkehr ausweist und

4. auch mit der geforderten Annahme einer 25-prozentigen Erhöhung des Verkehrsaufkommens in den Untersuchungen von 2023 eine Kapazitätsgrenze nicht erreicht wurde.

8 Passagebewertung aus nautischer Sicht

Die Untersuchungen basieren darauf, dass bei allen Szenarien die Ergebnisse der zu erwartenden Verkehrsdichten für den ostwärts laufenden Verkehr mit den Werten des gegebenen westgehenden Verkehrs verglichen wurden. Dabei wurde generell festgestellt, dass der ostgehende Verkehr geringer ist als der Verkehr in westliche Richtung. Die Ursache hierfür ist das Einlaufen vieler unbeladener Schiffe (im Ballast) in die Ostsee über die Wegführung durch den Sund und nicht durch den Großen Belt. Im beladenen Zustand dagegen wird der Weg durch den Belt gewählt.

Das Ungleichgewicht dieser beiden Verkehrsströme wurde bisher hingenommen.

Obwohl der nördliche „Referenzstreifen“ des T.S.S. „South of Gedser“ höher frequentiert befahren wird als der südliche Bereich, existieren für beide Gebiete (nördlicher und südlicher Fahrstreifen) keine unterschiedlichen Regelungen. Für beide Teilgebiete gilt Regel 10 (KVR) gleichermaßen.

8.1 Bewertung im nördlichen Sektor

In der Simulation wird der mittels AIS gemessene Verkehr unterschiedlichen Szenarien mit entsprechender Dimensionierung des verfügbaren Navigationsraumes unterworfen. Effekte dabei sind Erhöhungen oder Verringerungen von Verkehrsdichte, die lokal zugeordnet werden können. Vorschläge von Routenbegrenzungen können so a priori hinsichtlich deren Wirkung für die Navigation der Schifffahrt analysiert werden. So wurde z. B. das Design des Traffic Separation Scheme „North of Rügen“ mit dieser Methode entworfen und nach Genehmigung durch die IMO und Setzung des Gebietes diese anschließenden verifiziert. Die Simulationsergebnisse wurden dabei bestätigt [33].

In der Einleitung wurde auf die geringe Unfallhäufigkeit und die sehr geordnete Struktur der Wegführung nördlich des Vorhabengebietes verwiesen. Gleichzeitig ist bei der vorhandenen Routenführung aufgrund des Messmastes „Darßer Schwelle“ eine Gabelung, bzw. Verzweigung der Verkehre und ein Zusammenführen in dem Teil der östlich gerichteten Wegführung zu erkennen (vgl. Abbildung 43). Eine Verzweigung der Wege bedeuten für den Schiffsführer immer zusätzliche Aufmerksamkeit und Aktivitäten in Form von Kursänderungen oder Fahrtänderungen. Dies um sich einzuordnen in den begehrten Verkehrsabschnitt oder anderen Verkehrsteilnehmer dieses zu ermöglichen. Bei einer Zusammenführung der Verkehrsströme ist ebenfalls eine erhöhte Aufmerksamkeit für den Schiffsführer geboten, da er eine Veränderung der Verkehrsdichte erwarten muss.

Die Sicherheit und Leichtigkeit für diesen, das Untersuchungsgebiet passierenden Verkehr mit seiner nördlichen Ausdehnung bis zum Gebiet der Messstelle hin, stellt sich als Bypass-Route zum weiter nördlich verlaufenden Hauptverkehrsstrom dar. Für die Gebiete der

8.2 Bewertung in den Sektoren Süd, Ost und West

Der diskutierte Effekt einer Entstehung von vergleichbaren Bedingungen für die Navigation auf beiden Streifen (westgehend und ostgehend) lässt die Bündelung des Verkehrs in östliche Richtung zu. Ein weiterer Effekt im Untersuchungsgebiet ist, dass das Vorhabengebiet des OWP „Gennaker“ die Verkehrswege flankiert und damit in keiner Weise eine Wirkung als Barriere hat. Die Untersuchungen mittels Traffic Flow Simulation hat gezeigt, dass das Modifizieren des Verkehrsraumes keine nachteilige Veränderung der Schifffahrtswege darstellt. Die zu erwartende Konzentration von Verkehrsfläche im Sinne eines künstlichen Verkleinerns von Seefläche ist nicht proportional dem Verkleinern des Navigationsraumes. Weltweit wurde mit der Einführung von Traffic Separation Schemes (T.S.S.) vorhandener Seeraum für die Schifffahrt künstlich eingeschränkt, um die Geordnetheit des Verkehrs herzustellen oder zu verbessern und das damit verbundene Erhöhen von Sicherheit und Leichtigkeit zu erreichen.

Bewertung der Sektoren im Süden, Osten und Westen:

Im Süden des Vorhabengebietes laufen die Verkehre auf einem ca. 2 NM Auf breiten Streifen. Die Südspitze des OWP Baltic 1 wird offensichtlich als navigatorischer Bezugspunkt genutzt. Gekreuzt wird dieser Fahrstreifen durch den Werksverkehr zwischen dem OWP Baltic 1 und dem Servicestützpunkt Barhöft und weiter östlich vom Verkehr zwischen Hiddensee und Rügen. Das Ausweisen des Vorhabengebietes „Gennaker“ würde an der Südseite des Untersuchungsgebietes keine verkehrlichen Änderungen mit sich bringen und hier den Status von Sicherheit und Leichtigkeit nicht verändern.

Mit der jetzt vorliegenden Flächenausweisung des Vorhabengebietes und den entstandenen Konturen gemäß Abbildung 1 ist der Abstand zum Hauptfahrstreifen erhalten geblieben. Ein markantes Bauwerk im Zusammenhang mit dem Befahren der Transitwege als auch der Küstenverkehrszone stellt an der südwestlichen Ecke des OWP die Umspannplattform dar. Als guter Navigationspunkt innerhalb der Schar der WEA des OWP „Baltic 1“ und „Gennaker“ wird das Bauwerk für den Nautiker an Bord optisch, in der ECDIS, als AIS oder im Radar zu erkennen sein. Mit geeigneter Befeuerung, eventuell mit einem ATON (Aids to Navigation) in Abstimmung zum Sendezeichen des RACON's Gedser Rev (Abbildung 44, Markierung 2) könnte dies ein wichtiger und markanter Navigationspunkt für alle Fahrzeuge in der Umgebung werden und zur Sicherheit und Leichtigkeit beim Passieren des OWP „Gennaker“ beitragen. Die Befeuerung „B0 Oc(3)Y.16s16m5M“ zusammen mit dem installierten ATON zum OWP EnBW Baltic 1 gehörend, würde an Bedeutung verlieren und wäre anzupassen. Dies gilt auch für die beiden weiteren Eckbefeuerungen des OWP Baltic 1 auf den Anlagen „B6“ und „B21“ inklusive der beiden dort vorhandenen virtuellen ATONs.

Weiter westlich und östlich mit erheblicher Distanz zum Vorhabengebiet OWP „Gennaker“ ergeben sich für diese Fahrstreifen weiterhin das Ein- und Ausfädeln in und aus dem Hauptverkehrsstrom. Der von Rostock ostgehende Verkehr wäre dann bereits Bestandteil des ostgehenden Verkehrsstromes entlang des Vorhabengebietes. [Weiter östlich wäre die Verkehrsaufteilung zwischen der Tonne DW79 bis zum Passieren des Leuchtfuers Dornbusch vollzogen, so dass sich mit breiter Verteilung der Verkehr zwischen den Richtungen Bornholmsgatt und Greifswalder Bodden auffächert.](#)

Diese Route des Ost-West-Verkehrs südlich des Plantagenetgrundes würde durch die Einrichtung eines T.S.S. verkehrstechnisch neu geordnet werden. [Aufgrund der bereits bekannten verkehrsregulierenden Maßnahmen der GWDS wird die neue Wegeführung rechtzeitig vor Baubeginn des OWP „Gennaker“ die Verkehrssicherheit in diesem Gebiet weiter erhöhen.](#)

8.3 Nautische Gesamtbewertung

[Das relevante Untersuchungsgebiet hat sich nicht verändert. Aufgrund der aktualisierten Planung auf der Fläche des Vorranggebiets „Darß“ ist ein Windparklayout basierend auf 63 OWEA \(anstatt vorher 103\) zu berücksichtigen.](#) Die gegenwärtige Verkehrssituation im Untersuchungsgebiet wurde einer zukünftigen Verkehrssituation unter Berücksichtigung des Messmastes „Darßer Schwelle“ und der geplanten Grenzen des Vorhabengebietes OWP „Gennaker“ gegenübergestellt und bewertet. Grundlagen der Bewertungen bildeten eine mathematische und nautische Analyse der Ergebnisse einer Traffic Flow Simulation. Deren Konditionierung wurde aus den gegebenen Flächen des Vorhabengebietes und des lokalen Seeverkehrsprofils abgeleitet. Die Ergebnisse enthalten Spielräume für das weitere Gestalten der Gebietskulisse für die Schifffahrt in der Umgebung des Vorhabengebietes.

Alle Ergebnisse gelten auch für ein prognostiziertes erhöhtes Verkehrsaufkommen von ca. 25% im Jahre 2030. Die im LEP M-V erfolgte Ausweisung des Vorranggebietes Schifffahrt im Küstenmeer von Mecklenburg-Vorpommern im Sinne einer IMO-Anmeldung für eine neue Wegeführung zur Modifizierung des DW in der Kadetrinne würde die Vorrangfläche zur Windenergiegewinnung auf See im hier betrachteten Untersuchungsgebiet nicht beeinflussen.

Als ein wesentliches Kriterium für das Einschätzen einer neu entstehenden Verkehrskonzentration im Untersuchungsgebiet wurde die Ist-Situation diesbezüglich im westgehenden Zweig der Kadetrinne mit seiner sich darstellenden Streifenbreite hinzugezogen (Streifen GRÜN in Abbildung 32). Dazu wurde ein gleich großer Fahrstreifen südlich der Tonne DW 79 definiert (Streifen ROT).

Der Ansatz war der real westgehende Verkehr plus einen Offset aus fiktivem westgehendem Verkehr entsprechend dem Aufkommen südlich der Tonne DW 79 einerseits und dem östlichen Verkehr in seiner Häufigkeit untergebracht in einem fiktiven Fahrstreifen gemäß Abbildung 32 (Streifen ROT). **Die Verkehre sind gemessen an ihrer Häufigkeit als nahezu gleichwertig zu erkennen. Die Fahrbedingungen bezüglich des Parameters Häufigkeit können als gleichwertig für beide Fahrstreifen angesehen werden.** Aus diesem Parameter wurde die Verkehrsdichte abgeleitet.

Die Dichte auf den Fahrstreifen wurde gemäß Abbildung 39 aus identifizierten Überholvorgängen ermittelt. Die Annäherungen selbst ergaben sich aus den gemessenen realen Geschwindigkeiten der involvierten Fahrzeuge und deren Track Verfolgung. Erst aus der Analyse der Verkehrsdichte heraus lassen sich vergleichende Betrachtungen zwischen beiden diskutierten Fahrstreifen ROT und GRÜN anstellen und damit vervollständigte Aussagen zur Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs ableiten. Es ist festzustellen, dass die Verkehrsdichte, das laterale Profil und die Passagenhäufigkeit für beide Fahrstreifen vergleichbar groß sind.

Aus nautischer Sicht ist also für den diskutierten und besonders interessierenden Verkehr südlich des DW mit der vorgeschlagenen Ausprägung dann ein gleiches Maß an Sicherheit und Leichtigkeit zu erwarten, wie es im nördlichen Streifen westgehend (GRÜN) vorzufinden ist.

Eine ordnende und führende Wirkung der WEA-Kette an der Peripherie des OWP „Gennaker“ mit **mindestens** 1000 Meter Abstand der einzelnen Anlagen untereinander wird erwartet. In navigatorisch sehr anspruchsvollen Seegebieten existieren zur dortigen Verbesserung von Sicherheit und Leichtigkeit feste Signalbauwerke oder Großtonnen in und an den **Fahrwasserrändern** (Feuertürme im Großen Belt für die Wegeführung des DW, Drodgen als Beispiel in der näheren Umgebung des Untersuchungsgebietes).

Aus einer erheblichen Anzahl von Simulationsläufen für das Passieren von OWP wurden bei Berufsnautikern folgende Verhaltensweisen festgestellt:

- Kontrolle der weiteren Route ausgehend von der aktuellen Schiffsposition,
- Erkennen einer zu erwartenden Passage von WEA aus der Seekarte oder ECDIS,
- Identifikation der **signifikanten WEA (Eckbauten) bzw. der gesamten Verteilungsstruktur des Windparks mittels Bordradar** (Abbildung 44, **Markierung 1: Windpark Nysted**), durch optische Beobachtung oder eventuell auch mittels AIS üblicherweise in Abständen von 24 bis 12 Nautischen Meilen,
- Passage **der peripheren WEA's** mit Abgleich der Abstände zu jeder Anlage eventuell mittels Parallelindexing (Methode zum permanenten Erkennen von unzulässiger Annäherung an ortsfeste Objekte oder Konturen).

Besondere Gefahren oder Herausforderungen für den Schiffsführer bei der Passage von OWP konnten bei den Untersuchungen nicht identifiziert werden (Forschungsprojekt SIMWIS – Visualisierung der Befeuern von Offshore-Windenergieanlagen im Auftrag des BMV, unveröffentlicht)

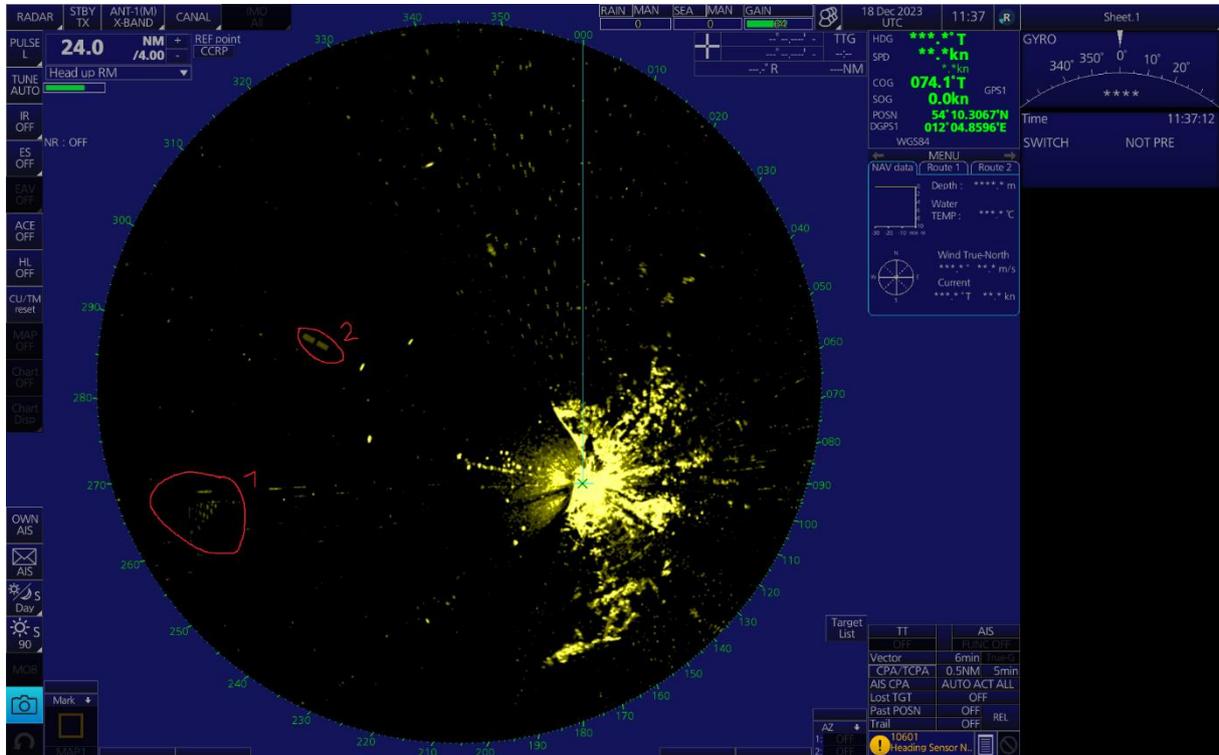


Abbildung 44: Radarplot Standort Warnemünde vom 18.12.2023, 24 NM Range, dezentral, Markierung 1 – Windpark Nysted, Markierung 2 – RACON Gedser Rev

8.4 Vorschlag zur Wegführung

Aufgrund der Ergebnisse aus der Traffic Flow Simulation sieht zusammengefasst die zukünftige Ausgestaltung des Wegeverlaufes gemäß Abbildung 32 wie folgt aus:

- Eingrenzung des ostgehenden Verkehrs auf eine Streifenbreite von 3,9 NM südlich des DW,
- Übernahme des „streuenden“ westgehenden Verkehrs südlich des DW in den nördlich des DW verlaufenden Fahrstreifen mit Ausnahme des unmittelbaren Küstenverkehrs südlich des Vorhabengebietes,
- Kursführungen des südlichen Streifens (ROT) **parallel** zum DW und zum hier betrachtenden Vorhabengebiet OWP „Gennaker“.

Gegenwärtig ist das in Relation zur Untersuchung gewählte Referenzjahr der verkehrstechnischen Untersuchungen dadurch gekennzeichnet, dass der ostgehende

Verkehr südlich des Tiefwasserweges partiell zusätzlich mit entgegenkommendem Verkehr in westliche Richtung belastet ist. Diese Situation ist im Jahr 2023 unverändert. So werden westgehende Kurse abgehend vom Messmast „Darßer Schwelle“ gefahren, bis diese in den westgehenden Verkehr im nördlichen Teil der Kadetrinne oder in den Kiel – Ostsee – Weg münden (vgl. Abbildung 45). Verkehrsorganisatorische Maßnahmen [25, S.19], wie sie von der GDWS vor dem Baubeginn OWP „Gennaker“ geplant sind, würden das Risiko der gegenwärtigen „Geisterfahrer“ entsprechend minimieren und die Sicherheit und Leichtigkeit der Schiffsverkehre weiter erhöhen.

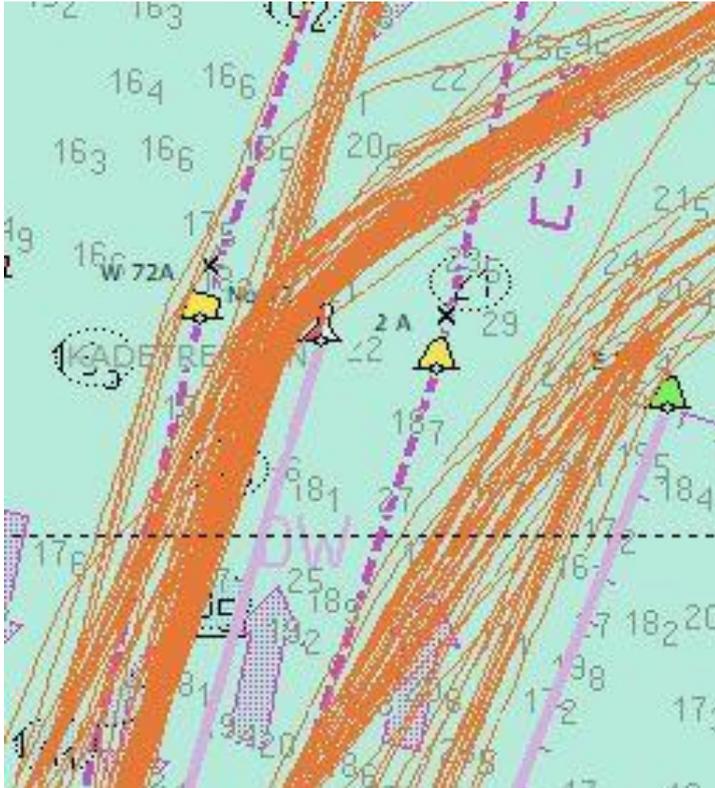


Abbildung 45: Sortieren gegenläufiger Verkehre am Nordausgang der Kadetrinne (2021)

9 Lotsung als weitere verkehrssichernde Maßnahme

Das Lotswesen als aktive verkehrssichernde Prozedur hat eine lange Tradition. Sie ist primär auf das Erreichen und Verlassen der Häfen gerichtet. Hinzu gekommen sind in den letzten Jahrzehnten weitere Dienste als Überseelotungen. Der Stand der Verordnung und damit im Zusammenhang stehende Aspekte der Schifffahrt in der Nähe vom OWP „Gennaker“ haben sich wie folgt verändert:

Die Verordnung über die Verwaltung und Ordnung des Seelotsreviers Wismar/Rostock/Stralsund (Wismar-Rostock-Stralsund-Lotsverordnung – WIROST-LV) vom 08. April 2003 gilt im Einzelnen –

Auf Grund des § 5 Abs. 1 Nr. 3, 4 und 5 in Verbindung mit § 12 des Seelotsgesetzes in der Fassung der Bekanntmachung vom 13. September 1984 (BGBl. I S. 1213), in Verbindung mit § 4 der Allgemeinen Lotsverordnung vom 21. April 1987 (BGBl. I S. 1290), von denen § 5 Abs. 1 des Seelotsgesetzes zuletzt durch Artikel 327 der Verordnung vom 31. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2407) geändert worden ist, verordnet die Wasser- und Schifffahrsdirektion Nord nach Anhörung der Küstenländer und der Bundeslotsenkammer:

"Seelotsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 13. September 1984 (BGBl. I S. 1213), das zuletzt durch Artikel 105 des Gesetzes vom 8. Dezember 2010 (BGBl. I S. 1864) geändert worden ist"

Stand: Neugefasst durch Bek. v. 13.9.1984 I 1213; Zuletzt geändert durch Art. 105 G v. 8.12.2010 I 1864:

Eine Reform des Seelotsgesetzes wurde im April 2021 im Bundestag verabschiedet. Der Kern der Änderung ist die Form und der Inhalt der zukünftigen Lotsenausbildung in Deutschland. Andere Normativen bleiben bestehen. Dazu gehört neben der Revierlotsung die Überseelotung. Basisorte der Überseelotung für Routen entlang des Planungsgebietes „Gennaker“ sind Spodsbjerg, Kiel/Holtenau und Rostock.

Gemäß nachfolgender Auflistung wurde der temporäre Rückgang der Überseelotungen von 2015 bis 2016 im Betrachtungsjahr 2018 nur teilweise wieder wettgemacht.

Number of deep sea pilot operations in total (Baltic)

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
29	29	33	16	24	21	9	9	11

(balticpilotage.org)

Der generelle Rückgang der Lotsungen an den deutschen Ostseehäfen gemäß der folgenden Abbildung 46 korrespondiert mit dem Rückgang des Schiffsverkehrs im Betrachtungszeitraum von 2016 bis 2021. Für das Planungsgebiet „Gennaker“ bedeutet dies, dass ein erhöhtes Risiko alleine durch eine eventuelle Zunahme von besonderem, eine Überseelotung bedürfenden Schiffsverkehrs, an seiner Begrenzung nicht zu verzeichnen ist.

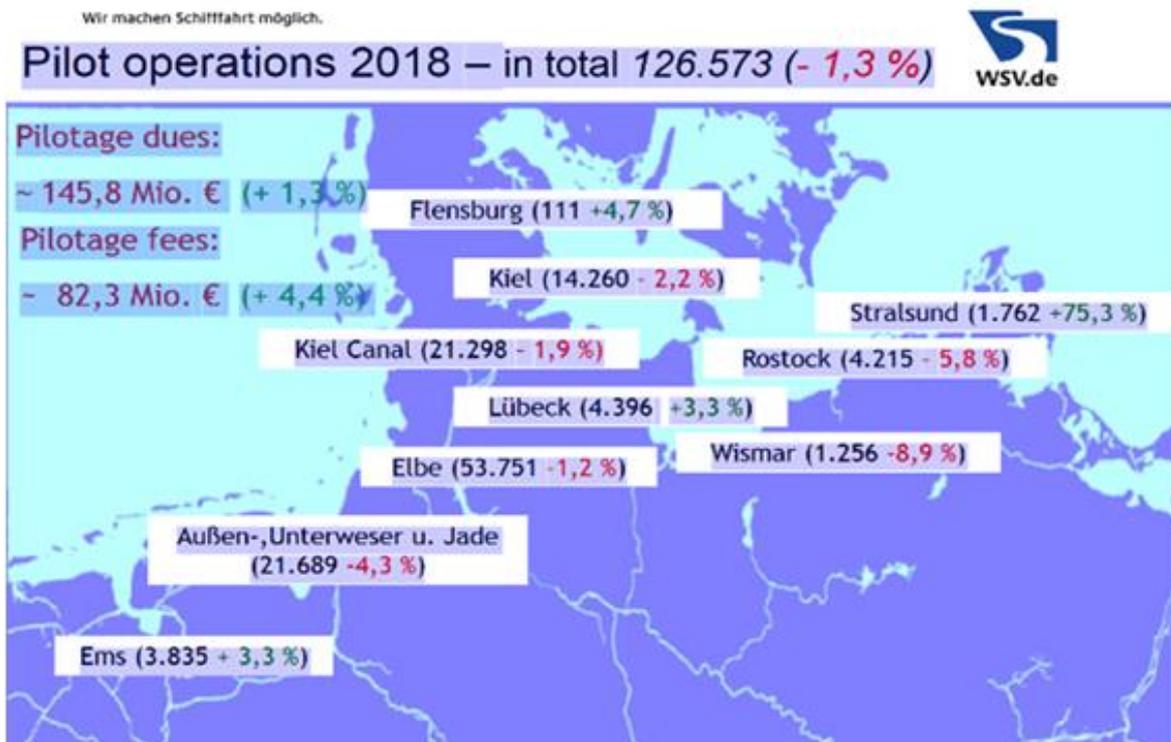


Abbildung 46: BPAC 2019 – Germany Joachim Giese, Federal Waterways and Shipping Agency, Kiel

10 Fazit

- Die Vorhabenfläche für den Offshore Windpark „Gennaker“ hat in seiner derzeitigen Ausprägung **mit 63 statt bisher 103 WEA** keinen negativen Einfluss auf die Sicherheit und Leichtigkeit des Seeverkehrs.
- **Bei einer angenommenen Zunahme des Verkehrs um 25 % kann die vorherige Aussage ebenfalls getroffen werden. Dies belegen die im Untersuchungszeitraum seit 2012 analysierten Daten.**
- Im Untersuchungsgebiet hat sich das Unfallgeschehen seit 2016 weiter verringert; dies vor dem Hintergrund einer besonders im Jahr 2018 drastisch erhöhten Unfallzahl in der Ostsee insgesamt. Die geäußerte Vermutung einer ausgewogenen Verkehrswegeföhrung etabliert durch die GWDS und den Anrainerstaaten im Untersuchungsgebiet ist damit erhärtet.
- Die Sicherheit und Leichtigkeit in der Umgebung des Vorhabengebietes wird durch dessen Geometrie im Sinne einer höheren Geordnetheit der Verkehrsströme verbessert.
- Die Anzahl der Kursänderungen der ostgehenden Verkehre kann durch die modifizierte Wegeföhrung entlang der Nordgrenze des Planungsgebietes verringert werden.
- Eine Verringerung der Seefläche föhrt nicht automatisch zum Verlust von Komfort (Leichtigkeit) im Navigationsraum.
- Wirtschaftlich ausgeprägte Nachteile für den Transitverkehr (Umwege, Fahrabschnitte mit reduzierter Geschwindigkeit) sind nicht zu erwarten.

Veränderte Verkehrsfläche durch Errichtung des OWP:

- Die Verkehrsfläche wird für den ostgehenden Verkehr durch das Vorhabengebiet des OWP „Gennaker“ in seiner lateralen Ausdehnung geringer.
- **Mit der Reduktion der WEA-Anzahl wird die Leichtigkeit der Navigation als auch die Sicherheit der berechtigten Schifffahrt innerhalb des OWP verbessert.**
- **Die mit der veränderten Verkehrsfläche entstehende Verkehrsdichte des ostgehenden Verkehrs erreicht vergleichsweise nicht den Wert für den westgehenden Verkehr nördlich des Tiefwasserweges. Die Dichte bleibt geringer.**
- Die Differenz in der Verkehrsdichte zwischen dem bestehenden westgehenden Verkehr und den simulierten Varianten des ostgehenden Verkehrs beträgt ca. 25%.
- Mit einer 25-prozentigen Erhöhung des Verkehrsaufkommens in seiner Fahrzeuganzahl wird die reduzierte Verkehrsfläche durch das Vorhabengebiet des OWP „Gennaker“ in ihrer Durchlasskapazität nicht ausgeschöpft.
- Der ostgehende Schiffsverkehr würde nach Passieren der Nordgrenze des OWP sich überwiegend auf den ca. 2,6 NM breiten Streifen zwischen der Südgrenze Tiefwasserweg und der Tonne BY in Richtung Ansteuerung T.S.S. „North of Rügen“ bewegen. Ein anteiliger Verkehr zwischen der Nordgrenze OWP (nördlichste Anlage)

und der Tonne YB kann ebenfalls in gleiche weiterführende Richtung erwartet werden. Entscheidungen des Schiffsführers für ein südliches Passieren des Navigationshindernisses (Messmast) könnten dadurch motiviert sein, dass langsamer Verkehr voraus hinderlich und das Fahrtgebiet südlich der Tonne YB frei ist.

- Die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs würde bei der Installation des OWP „Gennaker“ erhalten bleiben, unabhängig eines Verbleibens der Gefahrenstelle „Darßer Schwelle“ an ihrer gegenwärtigen Position.
- Die vorliegende Aktualisierung zusammen mit der Erstuntersuchung vom 17.06.2016 sowie der erteilten Änderungsgenehmigung gem. §16 BImSchG bestätigt die Aussage, dass der OWP „Gennaker“ in seiner jetzigen Ausprägung keine Verringerung von Leichtigkeit und Sicherheit der Schifffahrt mit sich bringt.

Anhang 1 Begriffsklärung

Der Begriff der Schiffsrouten wird durchaus unterschiedlich interpretiert. Nach WIKIPEDIA gibt es folgende Definition für Schiffsrouten: „A sea lane, sea road or shipping lane is a regularly used route for vessels on oceans and large lakes. In the Age of Sail they were not only determined by the distribution of land masses but also the prevailing winds, whose discovery was crucial for the success of long voyages. Sea lanes are very important for trade by sea.“

In Erweiterung dieser Erklärung heißt es bei [08] an anderer Stelle: “Maritime routes are a function of obligatory points of passage, which are strategic locations that act as chokepoints. Physical constraints (coasts, winds, marine currents, depth, reefs, ice) and political borders also play an important role in shaping maritime routes. As a result, maritime routes draw arcs on the earth water surface as intercontinental maritime transportation tries to follow the great circle distance. Core routes are those supporting the most important commercial shipping flows servicing major markets. Secondary routes are mostly connectors between smaller markets.”

Danach können Routen aus wirtschaftlichen Erwägungen, Vorgaben der Wegeführung durch die Hafenstaaten (Verkehrstrennungsgebiete, Kollisionsschutzwege oder Verbotsgelände) oder operativ für das einzelne Schiff durch den Kapitän bestimmt werden.

Weiter ist die Einteilung in Flächenverkehr und Streckenverkehr möglich. Dazu wird in [07] ausgesagt: „Flächenverkehr teilweise synonym für Distributionsverkehr. Verkehr bzw. Transporte zur Verbindung vieler nahe beieinander liegender Orte außerhalb von Ballungsräumen. Gegensatz: Streckenverkehr.“

Für die Schifffahrt gibt es bei allen zur gegenseitigen Verständigung in den vorliegenden Studien benutzen Synonymen lediglich die drei Einschränkungen für die eigene Wahl des Kurses. Diese sind gegeben durch den Messmast „DarßerSchwelle“ mit seiner Betonung, durch den OWP Baltic 1 und bei entsprechend großem Tiefgang durch den vorgehaltenen Tiefwasserweg.

Befugnisse

Für die Sicherung von OWP's werden den Betreibern entsprechende Dienste angeboten. Dies umfassen u.a. die Seeraumbeobachtung, Nautische Beratung und Marine-Coordination.

Beispielhaft bietet die EMO [10] die Besetzung von Marine-Coordination-Centern mit erfahrenem nautischem Fachpersonal an. Dazu heißt es: „...Von einem 24/7 besetzten Kontrollraum aus beobachten und überwachen unsere Marine-Coordinators die Bewegungen aller Fahrzeuge, ... mithilfe elektronischer Seekarten. Sie moderieren den

Betriebsfunk, koordinieren Rettungsmaßnahmen, prüfen Schiffs- und Personenzertifikate, erteilen Arbeitsgenehmigungen und stehen in engem Austausch mit den Verkehrsleitzentralen, Wasser- und Schifffahrtsämtern sowie dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)...“.

Zur Seeraumbeobachtung und dem dafür notwendigen Personal wird erklärt, „dass auch bei der vom BSH anerkannten simultanen Beobachtung mehrerer Parks stets die höchste Sicherheitsstufe gewährleistet wird, setzt die EMO entgegen den Minimalanforderungen ausschließlich auf nautische Wachoffiziere mit unbeschränkt gültigem Offizierspatent als Wachgänger.“.

In den Verkehrszentralen der Deutschen Küste sind weiterhin unverändert für die Funktionen „Nautischer Wachoffizier“ und „Nautiker vom Dienst“ Inhaber des notwendigen Nautischen Befähigungszeugnisses beschäftigt (tel. Anfrage Verkehrszentrale Warnemünde 02.10.17).

Das Planungsgebiet OWP „Gennaker“ fällt hinein in den Korridor zu seeseitigen Begrenzungen des Küstenmeeres Mecklenburg-Vorpommern (12 NM). Die Verkehrssicherung unterliegt somit den hoheitlichen Aufgaben; insbesondere auf dem Gebiet der Gefahrenabwehr (Schifffahrtspolizei), des Umweltrechtes und der Strafverfolgung. In diesem Korridor gelten die die n §1 Abs. (2) der Seeschifffahrtsstraßenordnung aufgeführten Bestimmungen und die Fahrtregeln der Kollisionsverhütungsregeln.

Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) mit ihren Wasser- und Schifffahrtsdirektionen Nord und Nordwest betreibt insgesamt 11 Verkehrszentralen (VzZ'en), die u.a. mit Hilfe von Radar, UKW und mittels AIS, das gesamte deutsche Hoheitsgebiet einschließlich Teile der AWZ überwachen.

Das Verkehrssicherungssystem in Deutschland insgesamt besteht aus der Summe mehrerer Komponenten der präventiven Gefahrenabwehr, die für das untersuchte Seegebiet ebenfalls ihre Gültigkeit haben:

- Verkehrsregeln
- Anlaufbedingungsverordnung
- Verkehrswegeföhrung
- Seezeichenwesen
- Seelotswesen
- Notschleppkonzept

Anhang 2 Die maritime Verkehrssicherung durch die Verkehrszentralen (für Linien- und Flächenreviere)

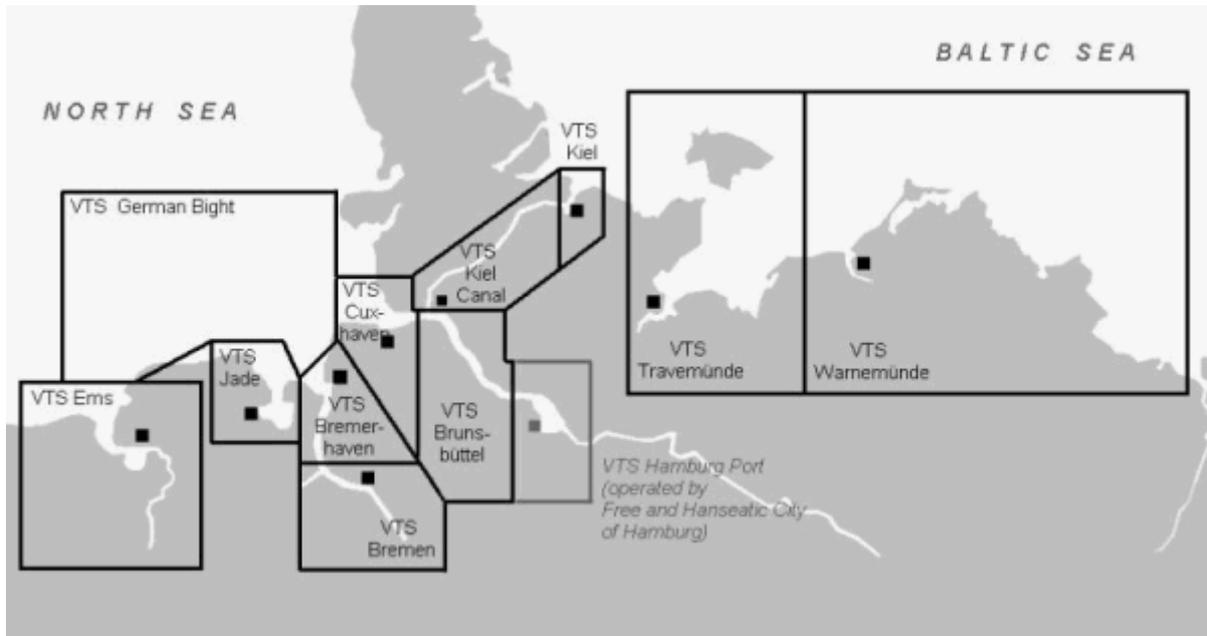


Abbildung 47: Verkehrszentralen der WSV an der deutschen Nord- und Ostseeküste (Quelle: WSV)

Die VkZ'en sind im Rahmen der präventiven Gefahrenabwehr eine wichtige Komponente des Sicherheitskonzeptes Deutsche Küste [12]. Sie sind organisatorisch jeweils einem Wasser- und Schifffahrtsamt zugeordnet. Sie dienen der WSV als Instrument zur Abwehr von Gefahren für die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs, zur Verhütung der von der Schifffahrt ausgehender Gefahren und schädlicher Umwelteinwirkungen (Schifffahrtspolizei) sowie zur Erhaltung der Bundeswasserstraßen in einem für die Schifffahrt erforderlichen Zustand (Strompolizei). Zur Erfüllung dieser Aufgaben ist das Betriebspersonal der VkZ'en mit umfangreichen polizeilichen Befugnissen ausgestattet [13].

Das Planungsgebiet gehört geografisch gemäß obiger Abbildung zum Zuständigkeitsbereich der Verkehrszentrale Warnemünde. Zu den Aufgaben der VkZ Warnemünde gehören:

- die Abwehr von Gefahren für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs,
- die Verhütung der von der Schifffahrt ausgehenden Gefahren einschließlich der für die Meeresumwelt und
- die Aufrechterhaltung der Wasserstraße in einem für die Schifffahrt erforderlichen Zustand

Der Zuständigkeitsbereich beginnt vom Leuchtturm Buk und endet an der polnischen Grenze. Das gesamte deutsche Seegebiet wird mit dem Automatischen Identifikationssystem AIS überwacht. Dieses hilft den diensthabenden Nautikern in der Verkehrszentrale sowohl die Schiffe, als auch deren individuellen Daten zu erfassen.

Die Verkehrszentrale setzt sich aus insgesamt 25 Mitarbeitern zusammen, die die VkZ im Schichtdienst rund um die Uhr besetzt halten. In einer diensthabenden Schicht befinden sich ständig mindestens 4 Mitarbeiter, sodass die Tag- und Nachtbesetzung gesichert ist. Die Qualifikation der diensttuenden Mitarbeiter umfasst mindestens ein Nautisches Patent nach STCW95 [14]. Diese Mitarbeiter überwachen die Zufahrten zu den Bereichen Warnemünde/Rostock, Stralsund, Wolgast und Saßnitz. Dabei geben sie Verkehrsinformationen, Verkehrsunterstützung und Verkehrsregelungen an die Schifffahrt.

Die verkehrsordnende Struktur des gesamten Untersuchungsgebiets spiegelt sich in dem Sicherheitskonzept Deutsche Küste (Quelle: BMVI) der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung wider. Hier werden Maßnahmen gezielt kombiniert eingesetzt, um den Verkehr sicherer und leichter zu machen, Menschen, Sachen und die Umwelt vor Schadensereignissen zu bewahren und im Notfall effektive Hilfe leisten zu können. Das System besteht aus vorbeugenden (präventiven) Maßnahmen und maritimem Notfallmanagement.

Einführung einer Meldepflicht:

Es existieren Meldepflichten für die internationale Schifffahrt vorwiegend im Zulauf hoch frequentierter nationaler Reviere. In der Ostsee existiert das dänische „Ship Reporting System“ (SHIPPOS), welches sich jedoch auf Meldungen von Schiffen mit gefährlicher Ladung, mehr als 20.000 BRZ oder mehr als 11 Meter Tiefgang beschränkt.

Einführung einer Lotsenannahmepflicht:

Die allgemeine Lotsenannahmepflicht ist heute bei allen Ostseeanrainerstaaten als wichtiger Beitrag für die Verkehrssicherung in den nationalen Gewässern und damit zum Schutz der Umwelt in ökologisch sensiblen Gebieten unbestritten und wurde insbesondere in den Hafenzuläufen umgesetzt.

Einführung einer Überseelotsenannahmepflicht:

Die Transportwege in den internationalen Gewässern im Bereich Belte und Sund sowie der Kadetrinne sind sowohl in ökologischer als auch in navigatorischer Hinsicht mit den Besonderheiten der nationalen Hafenzuläufe vergleichbar. Eine allgemeine Annahmepflicht von Überseelotsen scheiterte hier bisher an der Zustimmung der Anrainerstaaten. Die Bereitschaft von Überseelotsen wird durch die Küstenstaaten vorgehalten und bei Bedarf aus der Schifffahrt in Anspruch genommen. In der Ostsee hat sich ein Überseelotswesen als fester Bestandteil der maritimen Verkehrssicherung etabliert. Die Entscheidung zur Annahme dieses Lotsendienstes ist freiwillig und liegt in der wirtschaftlichen Entscheidung des Kapitäns, des Reeders oder des Charterers. Die Gewässer des Sundes, des Beltes und der Kadetrinne sind für eine Überseelotung besonders nachgefragt.

Anhang 3 Einführung des T.S.S. „North of Rügen“

Die Ostseeanrainerstaaten können auf einen langen Prozess der stetigen Verbesserung der Schiffsicherheit und des Erhöhen von Sicherheit und Leichtigkeit im Seeverkehr zurückblicken. Vom Gulf of Finland bis zur Fehmarnsund Passage waren alle Seegebiete im Focus. Dabei konnte generell bei Maßnahmen zur Bündelung des Verkehrs der Effekt einer Erhöhten Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs verzeichnet werden. Am Beispiel der Einführung eines passiven Verkehrssicherungssystems im Gebiet nördlich von Rügen soll dieser Effekt dargestellt werden [15]. Gemäß der Abbildung 48 gab es dort einen Schiffsverkehr der überwiegend in die mittlere Ostsee hinein führte oder aus diesem Seegebiet herauskam.

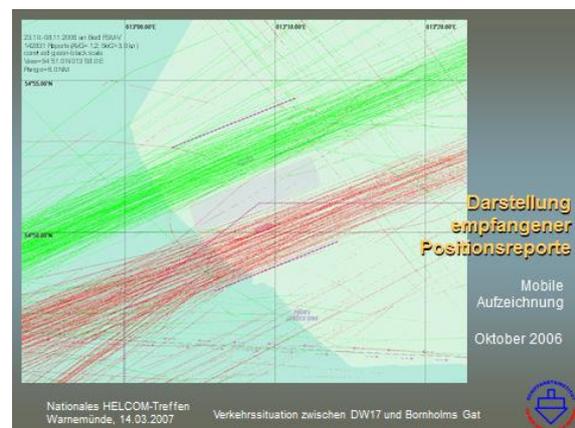
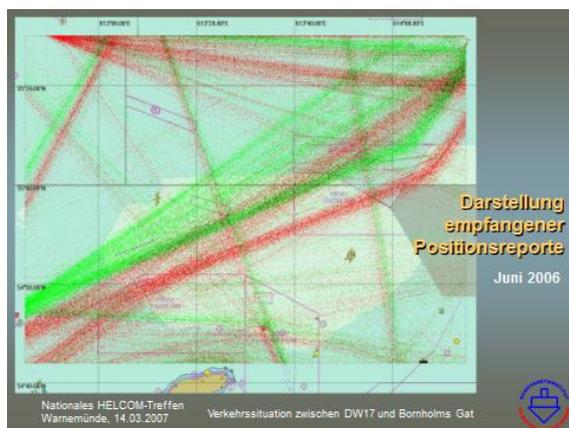


Abbildung 48: Schiffstracks vor Einführung T.S.S. Abbildung 49: Schiffstracks nach Einführung T.S.S.

Der Verkehr überspannte in seiner Breitenausdehnung ein Maß von ca. 10 NM. Er war schwach geordnet, so dass kritische Situationen von sich entgegenkommenden Fahrzeugen an der Tagesordnung waren. Weiter ist auf der Abbildung die geplante Begrenzung eines zukünftigen Verkehrstrennungsgebietes (T.S.S.) zu erkennen, mit dem eine Verkehrsbündelung von ca. 10 NM auf letztlich 4NM bei gleichzeitigem Ordnen der Fahrrichtungen angestrebt wurde. Die Dimensionierung des zukünftigen T.S.S. erfolgte durch vorab Simulationen nach der hier für das Planen des OWP „Gennaker“ wiederholt benutzten Methoden [11 und 15].

Im Einzelnen heißt es zu diesem Belang der geplanten verkehrsbündelnden Maßnahme:

„Zu Beginn der Studie wurde der aktuelle Verkehr anhand von aufgezeichneten AIS-Tracks analysiert. Hierbei wurde eine relative Geordnetheit des ost- und westgehenden Verkehrs im Bereich nördlicher Ausgang DW 17 und Bornholmsgatt ermittelt. Mit Hilfe von statistischen Untersuchungen wurden verschiedene Vorschläge zur Regulierung der Transitschiffahrt

berechnet. Die Gültigkeit dieser bevorzugten Routenvorschläge wurde auch unter Berücksichtigung von zukünftig erwarteten Verkehrsprofilen und -dichten überprüft. Die Ergebnisse dienten zum einen als Entscheidungsgrundlage für die deutsche nationale EWG und gleichzeitig als IMO-Entscheidungsbasis, die in Zusammenarbeit mit den Ostseeanrainerstaaten im Juli 2005 bei der IMO verabschiedet wurde.

Als Routeing-Maßnahmen im Bereich zwischen dem nördlichen Ausgang DW 17 und Bornholms Gatt wurden die folgenden Vorschläge erarbeitet, die weiter untersucht wurden:

1. keine verkehrsunterstützenden Maßnahmen
2. Einrichtung einer Recommended Route
3. Installation von untersetzten Verkehrstrennungsgebieten (VTG) mit Precautionary Areas in den Bereichen des N-S-gehenden Fährverkehrs.

Die verschiedenen Maßnahmen wurden vorgestellt und entsprechend des erzielten Vor- und Nachteiles bewertet. Vorteile der beiden ersten Vorschläge wären die geringen Installationskosten, die Möglichkeit der Navigationsassistenz sowie in Vorschlag 2 die Unterstützung der bestehenden Geordnetheit des ost- und westgehenden Verkehrs. Vorschlag 1 sowie Vorschlag 2 fanden keine Berücksichtigung, da u.a. entsprechend der Verkehrsprognosen zukünftig mit zunehmenden Verkehrsaufkommen sowie der Vergrößerung der Schiffskapazitäten in der Ostsee zu rechnen ist.

Die beabsichtigte Installation von Verkehrstrennungsgebieten in Vorschlag 3 würde zu einer konsequenten Trennung des Ost- vom Westgehenden Verkehr führen, die Schiffe würden auf einen parallelen Kurs gezwungen werden, Kursänderungen könnten vermieden werden und gleichzeitig könnte durch die Einrichtung von VTG die Aufmerksamkeit des Schiffsführers erhöht werden. Von Seiten Dänemark und Schweden wurden zeitgleich für das Gebiet Bornholms Gatt Verkehrstrennungsgebiete als verkehrsregulierende Maßnahmen geplant. Aus diesem Grund war es eine logische und konsequente Schlussfolgerung, die Vorschläge der verkehrsregulierenden Maßnahmen im Gebiet zwischen dem nördlichen Ausgang DW 17 und Bornholms Gatt aneinander anzupassen und zu harmonisieren.

Ergebnis ist auf deutscher Seite die Einrichtung des Verkehrstrennungsgebiet „TSS North of Rügen“. Die Vorteile des eingerichteten Verkehrstrennungsgebietes TSS North of Rügen sind:

- Sofortige Bündelung des Verkehrs am Ausgang von DW17
- Weitreichende Vorgabe der Richtung und damit Reduzierung der Kursänderungspunkte
- Klare Separation der Verkehrsrichtungen
- Sicherer Passierabstand des Verkehrs mit entgegen gesetzten Richtungen
- Offener Zugriff für beliebige Verkehrsführung oder landseitiger Assistenz.

Das Hauptergebnis ist ein gebündelter und separierter Richtungsverkehr sowie eine einheitliche länderübergreifende Verkehrsregulierung im Gebiet zwischen dem nördlichen Ausgang DW 17 und Bornholms Gatt. Diese Harmonisierung ist vorteilhaft für sich im Transit befindliche Schiffskapitäne, die wenig Routenerfahrung in der Ostsee haben, dient der Unfallprävention und stellt somit einen wichtigen Beitrag zum Schutz der Umwelt dar.

In einem 2. Vortrag des Schiffahrtsinstituts Warnemünde wurden erste Ergebnisse der verkehrstechnischen Untersuchung nach der Einrichtung des Verkehrstrennungsgebietes „North of Rügen“ präsentiert.

Die statistischen Untersuchungen wurden mit aufgezeichneten AIS-Daten des HELCOM-Servers durchgeführt, die für einen Untersuchungszeitraum von 2 Monaten (Juni, Juli 2006) zur Verfügung gestellt wurden. Für die Analyse wurden die Schiffspassagedaten am östlichen Ende des eingerichteten Verkehrstrennungsgebietes betrachtet. Die AIS-Daten wurden gefiltert und für die Untersuchungen vorverarbeitet. Ergebnis ist, dass 83% der Schiffe das Verkehrstrennungsgebiet benutzen (vgl. Abbildung 49). Somit halten sich die Verkehrsteilnehmer sehr diszipliniert an die neue Verkehrsregelung. Das neue Verkehrstrennungsgebiet besitzt eine hohe Akzeptanz.

Die Analyse ergab eine klare Veränderung in der lateralen Verteilung der Verkehre am Gate, d.h. der Verkehr wird jetzt stärker gebündelt von einem nahezu unbegrenzt zu nutzendem Bereich (die betrachtete Gatelänge wurde jedoch auf 10,5 nm begrenzt) auf einen Bereich von 5 nm (Ausdehnung des T.S.S.). Nach Einführung des Verkehrstrennungsgebietes wurden keine Veränderungen in der Verkehrsdichte in Bezug auf die Anzahl und Häufigkeit der Fahrzeuge ermittelt. Im Untersuchungszeitraum wurden keine Entgegenkommer-Situationen festgestellt. Die Untersuchung bezüglich des Abstands und Dichte bei der Annäherung von zwei Schiffen vor und nach der Installation des VTG sind vergleichbar.

Damit kann eingeschätzt werden, dass durch die Einrichtung des Verkehrstrennungsgebietes „T.S.S. North of Rügen“ eine Separierung des Verkehrs bei gleichzeitiger Bündelung erreicht wurde. Dies trägt zur Erhöhung der Sicherheit bei.“

Der obige Text bezieht sich auf Vorschläge einer geordneten Verkehrsführung. Weiter wird die Durchführung der Maßnahmen erläutert. Abschließend erfolgt eine Verifizierung des etablierten T.S.S. „North of Rügen“. Dabei wird in der folgenden Abbildung die simulationstechnisch prognostizierte Verteilung des Schiffsverkehrs durch die Praxis bestätigt. Die im obigen Text gemachten Schlussfolgerungen:

- Sofortige Bündelung des Verkehrs am Ausgang von DW17 (heute DW 16,5)
- Klare Separation der Verkehrsrichtungen
- Sicherer Passierabstand des Verkehrs mit entgegen gesetzten Richtungen
- Offener Zugriff für beliebige Verkehrsführung oder landseitiger Assistenz.

wären bei einer Bündelung der Verkehrsfläche besonders zwischen Tiefwasserweg und nördlichem Grenzverlauf des Planungsgebietes OWP „Gennaker“ von gleicher Bedeutung. Der Anstrich „Weitreichende Vorgabe der Richtung und damit Reduzierung der Kursänderungspunkte“ als auch „Sicherer Passierabstand des Verkehrs mit entgegengesetzten Richtungen“ würden als Effekte zu erwarten sein.

Quellen:

- [01] [IMO Resolution A.1158\(32\) Guidelines for Vessel Traffic Services](#)
- [02] BSH: Elektronischer Wasserstraßen-Informationsservice (ELWIS). www.bsh.de
- [03] Nr. 49/15 - 14.04.2015 - EM - Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung MV
- [04] INT1 Symbols Abbreviations Terms used on Charts – BSH 1996
- [05] BSH: *Mariners' Routeing Guide Baltic Sea*. Seekarte Nr: 2911, ISBN 978-3-86987-199-8, 2011
- [06] Danish Geodata Agency, Lindholm Brygge 31, 9400 Nørresundby, gst@gst.dk
- [07] Springer Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Flächenverkehr, online im Internet:
<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/82573/flaechenverkehr-v7.html>
- [08] Dr. Jean-Paul Rodrigue, Dept. of Global Studies & Geography, Hofstra University, New York, USA.
- [09] Schifffahrt und Schiffssicherheit auf der Ostsee Entwicklung, Chancen, Risiken und Vorsorge Nautische Vereine, Kiel, Lübeck, Neustadt, Rostock, Wismar und Vogelfluglinie, September 2014
- [10] EMS Maritime Offshore GmbH, Dithmarscher Straße 13, D-26723 Emden
- [11] Reinhard Müller, Michaela Demuth: Determination of efficiency of traffic regulation measurements, HANSA International Maritime Journal – 142 Jahrgang- 2005- Nr. 7 (S.45 bis 48)
- [12] WSV: Sicherheitskonzept Deutsche Küste. www.wsv.de
- [13] W. Förster, H. Hilmer, B. Litmeyer, T. Dehmel: 3 Years of Experience with Simulator Based VTS Training in Germany. Vortrag zur IALA Conference 2002, Sydney, Australien
- [14] International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers) IMO London 1995
- [15] Prof. Dr.-Ing. Reinhard Müller, Dr.-Ing. Anke Zölder, Dipl.-Math. Michaela Demuth, Dipl.-Ing. Frank Hartmann: BALTIC SCIENCE, Modifizierung von FSA – Ansätzen zur Bewertung verkehrstechnischer Maßnahmen auf der Basis von AIS – Daten

- (Wissenschaftliche Begleitung der HELCOM – Experten – Arbeitsgruppe “Transit Routeing”), Forschungsbericht: 40.0374/2006, Bundesministerium für Verkehr.
- [16] Aufbereitung statistischer Daten zu Schiffsverkehren in Nord- und Ostsee. ISL Bremen 2000
- [17] DNV: OFFSHORE-WINDPARK GENNAKER, Technische Risikoanalyse, Bericht Nr.: MRGDE717 2016.054, Rev. 1.2, 2016-05-27, Technische Risikoanalyse, Revision, Bericht Nr.: M-W-ADER 2018.074, Rev. 1.00, 2018-10-08.
- [18] ESaTDOR. European Seas and Territorial Development, Opportunities and Risks, ANNEX 4 to the Scientific Report: Baltic Sea Regional Profile Applied Research 2013/1/5, Version 16/1/2013
- [19] Review of existing prognoses for the development of maritime traffic in the Baltic Sea Region. Antje Willnow, Sybille Schnegelsberg, Prepared for Interreg IVB Project “BalticMasterII”, Conducted by GAUSS – Institute for Environmental Protection and Safety in Shipping, Bremen 2009
- [20] SCENARIOS FOR THE DEVELOPMENT OF MARITIME SAFETY AND SECURITY IN THE BALTIC SEA REGION. THE CENTRE FOR MARITIME STUDIES, UNIVERSITY OF TURKU 2012
- [21] The Baltic Port Barometer 2015. Irina Wahlström, Sakari Kajander, Centre for Maritime Studies, Brahea-Centre at the University of Turku, Finland 2014
- [22] Statistical Analysis of the Baltic Maritime Traffic. Jorma Rykönen, Liisa Siitonen, Timo Riipi, Jukka Sassi, VTT, Espoo 30 September 2002
- [23] Lotsenbrüderschaft Wismar Rostock Stralsund: Verordnung über die Verwaltung und Ordnung des Seelotsreviers Wismar/Rostock/Stralsund (Wismar-Rostock-Stralsund-Lotsverordnung – WIROST-LV) vom 08. April 2003
- [24] Baltic LINES – Coherent Linear Infrastructures in Baltic Maritime Spatial Plans (2019)
- [25] [Änderungsgenehmigung Nr.1.6.1G – 60.090/13-50: StALU Vorpommern, Stralsund 06.03.2024](#)
- [26] [HELCOM: Report on Shipping Accidents in the Baltic Sea 2020.pdf, 2020](#)
- [27] [The Danish Maritime Authority: Navigation Through Danish Waters, Version 15.0, Sep. 2022](#)
- [28] [Panama Canal Authority, Vice Presidency for Operations: Advisory to Shipping No. A-32-2022, 05.10.2022](#)
- [29] [BSH: DE 164/INT13420, DE 162/INT13421 und DE 163/INT13510, 23. November 2023, Hamburg](#)

- [30] https://www.gdws.wsv.bund.de/DE/schifffahrt/01_seeschifffahrt/sicherheitskonzept_kueste/sicherheitskonzept-node.html; 14.01.2024
- [31] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt <https://www.dlr.de> › aktuelles › nachrichten › 2022/02
- [32] UNCTADstat (UNCTAD, 2023a); Clarksons Research. Part: 5.2 Merchant fleet
- [33] Referenzen für die Traffic Flow Simulation:**

2004 i.A. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen:

„Wissenschaftliche Zuarbeit für eine IMO-Entscheidungsvorlage zur Regulierung der Schiffswegeführung in der Ostsee“ (Baltic Advanced)

Ergebnispräsentation: Meeting of the HELCOM Expert Working Group „Transit routes for Tankers in the Baltic“, 19./20.01.2004 in Bonn

Ergebnispräsentation: Meeting of the HELCOM Expert Working Group „Transit routes for Tankers in the Baltic“, 20./21.09.2004 in St. Petersburg

Ergebnispräsentation: ISIS 2004- International Symposium Information on Ships, 23.-24.09.2004 in Hamburg

2006 i.A. der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord:

„Wissenschaftlichen Untersuchung und Bewertung von Effekten verkehrsregulierender Maßnahmen auf der Basis empfangener AIS – Daten in der Deutschen Bucht“ (VERMANO)

2007 i.A. der ENOVA Energieanlagen GmbH

2008 i.A. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung:

„Untersuchung verkehrstechnischer Maßnahmen auf der Basis von AIS – Daten für das Seegebiet südlich von Bornholm - Wissenschaftliche Begleitung zur Erstellung einer Inf-Note für das Sub-Committee on Safety of Navigation“ (BALTIC BORNHOLM), 2010, i.A. der Ramboll AS