

FACHGUTACHTEN

# Verkehrlich- schifffahrtspolizeiliche Risikoanalyse der im Rahmen der Fortschreibung des FEP der deutschen AWZ der Nordsee festzulegenden Gebiete

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie

**Bericht Nr.:** M-W-ADE 2020.170.B, Rev. 1.1

**Datum:** 2021-04-27



Projektname: Fachgutachten DNV GL SE – Maritime  
Berichtstitel: Verkehrlich- schiffahrtspolizeiliche Risikoanalyse Maritime Advisory  
der im Rahmen der Fortschreibung des FEP der Postfach 11 16 06  
deutschen AWZ der Nordsee festzulegenden 20416 Hamburg  
Gebiete Brooktorkai 18  
Kunde: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, 20457 Hamburg  
Postfach 30 12 20, 20305 Hamburg Tel.: +49 40 36149-0  
Kontaktperson: Dominic Plug Fax: +49 40 36149-200  
Datum: 2021-04-27 HRB 115442  
Projekt Nr.: 10249261  
Abteilungsname: Safety & Systems Engineering  
Bericht Nr.: M-W-ADE 2020.170.B, Rev. 1.1

Inhalt: Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) beauftragte DNV GL Maritime Advisory (DNV GL MA) als unabhängigen Sachverständigen mit der Erstellung eines Fachgutachtens zur verkehrlich- schiffahrtspolizeilichen Risikoanalyse der im Rahmen der Fortschreibung des Flächenentwicklungsplans der deutschen AWZ der Nordsee festzulegenden Gebiete.

Hierfür werden jeweils mit Hilfe einer qualitativen und quantitativen Analyse die Auswirkungen der Bebauung der Flächen auf die Schifffahrt unter Berücksichtigung einer jeweiligen kumulativen Betrachtung der benachbarten Windparkflächen durchgeführt.

Die qualitativen Bewertungen wurden von Nautitec GmbH durchgeführt, die Grundlagen sind in Abschnitt 5.2, die Ergebnisse in den Anhängen B und C dargestellt.

Erstellt von: 

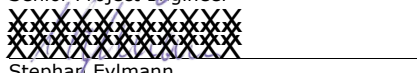
Armin Säbel  
Principal Engineer



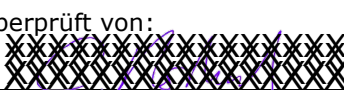
Nina Kähler  
Principal Engineer



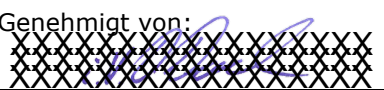
Sebastian Wulf  
Senior Project Engineer



Stephan Eylmann  
Principal Engineer

Überprüft von: 

Claas Rostock  
Head of Department. Safety & Systems Eng.

Genehmigt von: 

Dr.-Ing. Olaf Doerk  
Head of Maritime Advisory West Europe

- Uneingeschränkte Verteilung (intern und extern) Schlüsselworte: Technische Risikoanalyse,  
 Uneingeschränkte Verteilung innerhalb DNV GL SE Offshore Windpark  
 Eingeschränkte Verteilung innerhalb DNV GL SE  
nach 3 Jahren  
 Keine Verteilung/Weitergabe (vertraulich)  
 Geheimsache

Hinweis: DNV GL Maritime Advisory Germany liefert seine Dienstleistungen unabhängig und autonom von einer eventuellen Klassifikation / Zertifizierung durch andere organisatorische Einheiten innerhalb DNV GL. Zur Sicherstellung der Unabhängigkeit befindet sich DNV GL Maritime Advisory Germany in einer separaten Berichtslinie.

Im Falle einer Klassifikation / Zertifizierung durch DNV GL kann die hierfür zuständige Einheit daher zu einem anderen Ergebnis kommen als Maritime Advisory. Dieses Grundprinzip ist in unsrem nach ISO 9001 zertifizierten Management System definiert.

**Vorsitzender des Aufsichtsrats:** Remi Eriksen • **Vorstand:** Knut Ørbeck-Nilssen • Torsten Schramm • Dr. Björn-Olaf Borth  
**DNV GL SE, Sitz Hamburg, HRB 115442**

Gerichtsstand und Erfüllungsort ist Hamburg. Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der DNV GL SE in ihrer jeweils neuesten Fassung. Es gilt deutsches Recht.

## Inhaltsverzeichnis

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | ZUSAMMENFASSUNG .....  | 3  |
| 2     | EINLEITUNG.....  | 6  |
| 3     | UNTERSUCHUNGSRAHMEN .....  | 7  |
| 3.1   | FEP 2019   | 7  |
| 3.2   | Potentielle Erweiterungen der Gebiete östlich der SN10                               | 7  |
| 3.2.1 | Gebiete N-9 und N-10   | 9  |
| 3.2.2 | Gebiete N-11, N-12 und N-13  | 10 |
| 3.3   | Gebiete westlich der Schifffahrtsroute SN10  | 11 |
| 3.3.1 | Gebiete EN-14 und EN-16  | 11 |
| 3.4   | Gebiet EN-22   | 13 |
| 4     | SCHIFFSVERKEHR IN DER DEUTSCHEN AWZ DER NORDSEE .....                                | 14 |
| 4.1   | Verkehrssituation im Umfeld der zu untersuchenden Flächen – Deutsche AWZ der Nordsee | 14 |
| 4.2   | Verkehrslage im Bereich der Schifffahrtsroute SN10 (AIS Daten)                       | 15 |
| 4.2.1 | AIS-Datenauswertung und Darstellung der Ergebnisse                                   | 16 |
| 4.2.2 | Beschreibung der Datenquellen  | 19 |
| 4.2.3 | Abgleich der Daten mit anderen Datenquellen  | 21 |
| 4.2.4 | Schiffsverkehr entlang der Schifffahrtsroute SN10                                    | 22 |
| 4.2.5 | Schiffsverkehr entlang der Schifffahrtsroute SN4                                     | 28 |
| 4.2.6 | Auswertung zusätzlicher Zähllinien   | 30 |
| 4.3   | Verkehrsprognose bis 2030  | 35 |
| 4.3.1 | Ansätze zur Verkehrsprognose   | 35 |
| 4.3.2 | Zusammenhang Umschlagsvolumen / Verkehrszahlen                                       | 40 |
| 4.3.3 | Ermittlung der zu erwartenden Verkehre   | 42 |
| 4.4   | Einfluss der arktischen Routen   | 43 |
| 5     | GRUNDLAGEN DER BERECHNUNGEN .....  | 46 |
| 5.1   | Klima, Wetter und Hydrologie in der Nordsee  | 46 |
| 5.1.1 | Wind in der Nordsee (Deutsche Bucht)   | 46 |
| 5.1.2 | Seegang in der Nordsee (Deutsche Bucht)  | 47 |
| 5.1.3 | Strömung in der Nordsee (Deutsche Bucht)   | 48 |
| 5.2   | Grundlagen der qualitativen Untersuchung /3/   | 49 |
| 5.3   | Grundlagen der quantitativen Risikoberechnung  | 50 |
| 5.3.1 | Schifffahrtsrouten   | 50 |
| 5.3.2 | Harmonisierte Annahmen (Quantitative Analysen)                                       | 52 |
| 5.3.3 | Aufstellmuster der betrachteten Windparks  | 52 |
| 5.3.4 | Risikomindernde Maßnahmen (Quantitative Analysen)                                    | 54 |
| 6     | FLÄCHENUNTERSUCHUNG .....  | 64 |
| 6.1   | N-9 und N-10   | 64 |
| 6.1.1 | Kumulative Kollisionshäufigkeit  | 65 |
| 6.1.2 | Kollisionskonsequenzen   | 66 |
| 6.1.3 | Quantitative Risikobeurteilung   | 67 |
| 6.1.4 | Ergebnisse der quantitative Risikobeurteilung für N-9 und N-10                       | 68 |
| 6.1.5 | Ergebnisse qualitativen Risikobeurteilung  | 69 |
| 6.1.6 | Zusammenfassung der Risikobeurteilungen für N-9 und N-10                             | 69 |
| 6.2   | N-11, N-12 und N-13  | 69 |
| 6.2.1 | Kumulative Kollisionshäufigkeit  | 71 |
| 6.2.2 | Kollisionskonsequenzen   | 72 |
| 6.2.3 | Quantitative Risikobeurteilung   | 72 |
| 6.2.4 | Ergebnisse quantitative Risikobeurteilung N-11, N-12, N-13                           | 73 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 6.2.5 | Zusammenfassung der Risikobeurteilung für N-11 bis N-13         | 74 |
| 6.3   | Gebiete EN-14 und EN-16   | 74 |
| 6.3.1 | Kumulative Kollisionshäufigkeit                                 | 75 |
| 6.3.2 | Kollisionskonsequenzen  | 78 |
| 6.3.3 | Quantitative Risikobeurteilung                                  | 79 |
| 6.3.4 | Qualitative Analyse   | 80 |
| 6.3.5 | Zusammenfassung der Risikobeurteilung für N-11 bis N-13         | 80 |
| 6.4   | Gebiet EN-22  | 81 |
| 6.4.1 | Kumulative Kollisionshäufigkeit                                 | 82 |
| 6.4.2 | Zusammenfassung der Risikobeurteilung für EN-22                 | 82 |
| 6.5   | Fazit   | 83 |
| 7     | DISKUSSION VON ROUTENFÜHRUNGSMABNAHMEN .....                    | 85 |
| 7.1   | Dimensionierung von Verkehrstrennungsgebieten                   | 88 |
| 7.2   | Option I: VTG mit Trennzone                                     | 89 |
| 7.3   | Option II: VTG mit Mittelstreifen                               | 90 |
| 7.4   | Option III (Option II mit schmalere Einbahnwegen)               | 92 |
| 7.5   | Option IV: Bebauung zwischen den Fahrspuren der SN10 (ohne VTG) | 93 |
| 7.6   | Ergebnis  | 94 |
| 8     | LITERATURVERZEICHNIS .....                                      | 95 |

**Anhänge:**

A Methoden der Risikoberechnung

B Analyse des Vorbehaltsgebietes an der SN10 in der Deutschen AWZ

C Qualitative Risikoanalyse der nordwestlich der SN10 gelegenen Flächen in der Deutschen AWZ

## Dokumentrevisionen

| <b>Rev.</b> | <b>Datum</b> | <b>Version/ Modifikation</b>                | <b>Erstellt von</b>   | <b>Überprüft von</b> | <b>Genehmigt von</b> |
|-------------|--------------|---|---|----------------------|----------------------|
| 1.0         | 29.12.2020   |   | Armin Säbel<br>Sebastian Wulf<br>Stephan Eylmann                | Nina Kähler          | Claas Rostock        |
| 1.1         | 27.04.2021   | Kommentare des Auftraggebers berücksichtigt | Armin Säbel<br>Nina Kähler<br>Sebastian Wulf<br>Stephan Eylmann | Claas Rostock        | Olaf Doerk           |

## GLOSSAR

|            |  |
|------------|--|
| AIS        | Automatic Identification System  |
| AnIBV      | Anlaufbedingungsverordnung   |
| AtoN       | Aids to Navigation   |
| AWZ        | Ausschließliche Wirtschaftszone  |
| Bft        | Beaufort (Angabe zur Windstärke)   |
| BMVBS      | Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung                  |
| BMVBW      | Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen                    |
| BMVI       | Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur                 |
| BRZ        | Bruttoraumzahl   |
| BSH        | Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie                            |
| EMSA       | European Maritime Safety Agency  |
| F          | Frequenz   |
| FEP        | Flächenentwicklungsplan  |
| FVU        | Flächenvoruntersuchung   |
| GDWS       | Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt                           |
| HELCOM     | Baltic Marine Environment Protection Commission – Helsinki Commission    |
| IALA       | International Association of Lighthouse Authorities                      |
| IMO        | International Maritime Organization                                      |
| IWRAP MKII | Computer Programm zur Berechnung der Häufigkeiten von Schiffskollisionen |
| kn         | Knoten (Seemeilen pro Stunde)  |
| KVR        | Kollisionsverhütungsregeln   |
| LOA        | Length over all (Länge über Alles)                                       |
| LPP        | Length between perpendiculars (Länge zwischen den Loten)                 |
| MHW        | Mittleres Hochwasser   |
| MMSI       | Maritime Mobile Service Identity   |
| MNW        | Mittleres Niedrigwasser  |
| NOP        | Nordostpassage   |
| NWP        | Nordwestpassage  |
| OWEA       | Offshore Windenergieanlage   |
| OWP        | Offshore Windpark  |
| ROP        | Raumordnungsplan   |
| RPZ        | Risikoprioritätszahl   |
| SeeSchStrO | Seeschiffahrtsstraßen-Ordnung  |
| sm         | Seemeile (1 sm=1852 m)   |
| SRÜ        | Seerechtsübereinkommen   |
| SOLAS      | International Convention for the Safety of Life at Sea                   |
| TPR        | Transpolare Route  |
| WEA        | Windenergieanlage  |
| WSV        | Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes                     |

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Im hier vorliegenden Gutachten wird untersucht,


- ob die östlich der Schifffahrtsroute SN10 liegenden Gebiete N-9 bis N-13 im Vergleich zur ursprünglich untersuchten Planung nach Nordwesten ausgeweitet werden können,
- ob die westlich der Schifffahrtsroute SN10 liegenden Gebiete EN-14 und EN-16 aus schiffsverkehrlicher Sicht für eine Bebauung mit Windkraft geeignet sind und
- ob und wenn ja wo durch geeignete Routenführungsmaßnahmen im Bereich der Schifffahrtsroute SN10 zusätzlicher Raum für Windparks entstehen könnte.

Die Analyse des Schiffsverkehrs im betrachteten Gebiet gestaltete sich sehr aufwendig; Zum einen stellte sich heraus, dass keine der verfügbaren AIS-Datenquellen die für die beabsichtigte Verkehrsauswertung erforderliche Abdeckung für das gesamte Betrachtungsgebiet aufwies. Zum anderen wichen die verfügbaren AIS-Daten stark voneinander ab. Daher wurden im Rahmen dieses Projektes die AIS-Daten der verschiedenen AIS-Daten Provider in einem Datensatz kombiniert. Es zeigte sich, dass sich die Qualität des Datensatzes durch diesen Schritt zwar deutlich verbessern ließ, es jedoch nach wie vor Bereiche mit sehr schwacher AIS-Daten Abdeckung gibt, die sich auch durch die Kombination der Datensätze nicht auflösen lässt.

Für den überwiegenden Teil der in diesem Bericht dargestellten Ergebnisse wurde der kombinierte AIS-Datensatz (EMSA/WSV/Fleetmon/DNV GL) für das Jahr 2019 zugrunde gelegt. Die aus diesem Datensatz ermittelten Verkehrsdaten zeigen für die Schifffahrtsroute SN10 im Jahr 2019 Schiffs-bewegungen von 17202 Schiffen auf. Berücksichtigt wurden hierbei AIS-ausrüstungspflichtige Schiffstypen folgender Kategorien: Tank-, Bulk-, Container-, General Cargo- und Passagierschiffe. Die Gesamtzahl von 17202 ermittelten Schiffsbewegungen setzt sich auf der SN10 gleichmäßig aus 8.590 nordgehenden Schiffen und 8.612 südgehenden Schiffen zusammen. Daraus ergibt sich für die SN10 eine Frequenz für die oben genannten Schiffstypen von insgesamt ca. 47 Schiffspassagen pro Tag, wovon ca. jeweils 23,5 Fahrzeuge nord- bzw. südgehend sind. Für die Bereiche der SN10, für die auch der kombinierte Datensatz eine schwache bis mäßige AIS-Daten Abdeckung aufweist, wurden zusätzlich weitere AIS-Datenquellen verwendet (näheres hierzu in den jeweiligen Kapiteln).

Die Prognose des Schiffsverkehrs bis zum Jahr 2030 hat folgendes ergeben: Dem zu erwartenden leichten Anstieg der Umschlagszahlen in den kommenden Jahren steht ein Trend zu größeren Schiffen gegenüber. Es wird erwartet, dass die Anzahl der Schiffe im betrachteten Gebiet in den kommenden Jahren im Schnitt um ca. 2% pro Jahr ansteigen wird. In die weitere Zukunft geschaut wird erwartet, dass die Bedeutung des arktischen Verkehrs zunehmen wird. Aufgrund der geographischen Lage wird eine Zunahme des Verkehrs in der Deutschen AWZ jedoch nicht im Verlauf der Schifffahrtsroute SN10 sondern auf den Schifffahrtsrouten SN4 und SN7 sowie im westlichen Teil des „Entenschnabels“ erwartet.

Für die im Rahmen dieses Berichtes vorgestellten Ergebnisse der Kollisionshäufigkeitsberechnungen wurde der Untersuchungsraum nach Vorgabe bzw. in Absprache mit dem BSH in vier Betrachtungsräume aufgeteilt innerhalb derer jeweils eine Kumulativbetrachtung der geplanten Windparks vorgenommen wurde. Diese Kumulativbetrachtungen fassen umliegende Windparks in einem Radius von 20 Seemeilen ein (N-9 und N-10) ein oder berücksichtigen die geplanten hier zu untersuchenden Parkflächen entlang der Schifffahrtsroute 10 (N-11, N-12, N13, EN-14, EN-16 und EN-22). Die Ergebnisse der Berechnung der statistisch zu erwartenden Kollisionshäufigkeiten zeigen, dass auf Basis der angesetzten Parameter für die Erweiterungen der östlich der Schifffahrtsroute SN10 gelegenen Gebiete N-9 und N-10 unter Berücksichtigung von risikomindernden Maßnahmen wie Seeraumbeobachtung, Notschlepper Nordic Kollisionsperioden von über 100 Jahren erreicht werden können. Vergleichsberechnungen für



unterschiedliche Abstände zur Schifffahrtsroute 10 zeigen aber auch eine große Sensibilität der westlichen Ausdehnung auf die Kollisionshäufigkeiten, so dass eine über die hier berücksichtigte hinausgehende Expansion der Windparkflächen N-9 und N-10 nach Westen Richtung Schifffahrtsroute 10 entsprechend auch zu erhöhten Kollisionshäufigkeiten führt. Der Verlauf der Schifffahrtsroute 10 wird im östlichen Teil durch die An- und Aussteuerungen in den Niederlanden und Dänemark bestimmt, so dass der optimale Routenmittelpunkt (Ideallinie) nicht verlagert werden sollte. Es zeigt sich weiterhin, dass mit erhöhten Kollisionsrisiko zu rechnen ist, wenn die Planungen als Einzelparks ohne leitenden und führenden Effekt entlang einer geordneten ganzheitlichen Windparkperipherie realisiert werden.

Als Ergebnis der quantitativen und qualitativen Risikoanalysen wird insgesamt empfohlen, bei der Ausweitung der Gebiete N-9 und N-10 in nordwestliche Richtung einen Abstand von 2,0 sm plus 500 m Sicherheitszone zum (im ROP 2009 festgelegten) Vorranggebiet der Schifffahrt einzuhalten.

Die Gebiete N-11 bis N-13 wurden mit einem identischen Abstand wie N-9 und N-10 zur Schifffahrtsroute SN10 in einer zweiten kumulativen Betrachtung untersucht. Die Ergebnisse dieser Berechnung der statistisch zu erwartenden Kollisionshäufigkeiten zeigen, dass auf Basis der angesetzten Parameter unter Berücksichtigung von risikomindernden Maßnahmen wie Seeraumbeobachtung und vorhandenen Notschleppkapazitäten, Kollisionsperioden von über 100 Jahren nicht erreicht werden können.

Für die Gebiete EN-14 und EN-16, die westlich der Schifffahrtsroute SN10 liegen, hat die qualitative Risikoanalyse ergeben, dass durch eine Realisierung dieser Gebiete nicht mit einer signifikanten Einschränkung der Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs zu rechnen ist. Die quantitativen Berechnungen für EN-14 und EN-16 zeigen, dass nur unter der Bedingung eines einzuhaltenden Abstandes der Schifffahrt zur Windparkperipherie eine Kollisionsperiode sicher über 100 Jahren zu ermitteln ist.

Zusätzlich wurden erste grundsätzliche Überlegungen angestellt ob und wo durch Routenführungsmaßnahmen im Bereich der Schifffahrtsroute SN10 zusätzlicher Raum für Windenergie entstehen könnte. Dabei hat sich ein Bereich im nördlichen Bereich der Schifffahrtsroute 10 als potentiell möglich herausgestellt. Dieses Gebiet (EN-22) wurde im Rahmen dieser Studie einer quantitativen Risikoanalyse unterzogen. Die quantitativen Berechnungen für dieses Gebiet zeigen im Verhältnis zu den anderen Gebieten aufgrund der zentralen Lage eine höhere zu erwartenden Kollisionshäufigkeit von manövrierunfähigen Schiffen, sowie aufgrund der angrenzenden kreuzenden Verkehre eine erhöhte zu erwartenden Kollisionshäufigkeit von manövrierfähigen Schiffen auf. Die Berechnung der zu erwartenden Kollisionsperiode ergab einen Wert von weit unter 100 Jahren, so dass auf Basis dieses Ergebnisses von einer Beplanung abgeraten werden muss.

Zusammenfassend werden folgende Voraussetzungen und risikomindernde Maßnahmen für die betrachteten Gebiete angenommen bzw. empfohlen:

- Für EN-14 und EN-16: Der Schiffsverkehr hält den Abstand von 2 sm zur Sicherheitszone der Windparks ein. Für die Flächen EN-14 und EN-16 werden lediglich unter dieser Voraussetzung Kollisionsperioden von über 100 Jahren ermittelt.
- Hoheitliche Verkehrsüberwachung mit direkten Eingriffs- und Anweisungskompetenzen in den Schiffsverkehr bei Unterschreitung der erforderlichen Abstände der Schifffahrt zur Windparkperipherie ist erforderlich und wurde für alle untersuchten Gebiete berücksichtigt.
- Errichtung von fluchtenden Windparks entlang der Schifffahrtsroute SN10 in einem engen zeitlichen Rahmen um Vorsprünge und „Inseln“ für die Schifffahrt auf der SN10 zu vermeiden. Dies erfordert die länderübergreifende Koordination mit den zuständigen Stellen in den Niederlanden und Dänemark.



- Bei Nichteinhaltung von fluchtenden Peripherien während der Bau- und Betriebsphase sollte auf entsprechende risikomindernde Maßnahmen wie z.B. Betonungen oder Sicherungsfahrzeuge nicht verzichtet werden.
- Optimierung/Ergänzung von Notschleppkapazitäten: Die derzeitigen Kapazitäten würden für die Kumulativbetrachtung der Flächen N-11 bis N-13 nicht ausreichen.
  - Länderübergreifende Regelungen und Abkommen bezüglich der Notschleppkonzepte werden empfohlen.
- Verbesserungen der Verkehrsaufzeichnungen (AIS) mit sukzessivem Ausbau von Empfangsstationen in Richtung NW. Ziel: Bessere aktuelle Datenbasis für die Planfeststellungsverfahren in der Zukunft.
  - Insbesondere die Gebiete westlich der SN10 sind erneut bei Vorhandensein belastbarer Verkehrsdaten zu prüfen (siehe vorherigen Punkt).

Für die detaillierte Planung der Nutzung der deutschen AWZ ist eine enge Zusammenarbeit und Abstimmung mit den Nachbarländern Dänemark und Niederlande erforderlich, da die Planungen in allen drei Ländern jeweils großen Einfluss auf den grenzüberschreitenden Schiffsverkehr haben. Ein erster Gedankenaustausch hat im Rahmen dieser Studie im Rahmen eines Workshops stattgefunden. Weiterer Austausch und Zusammenarbeit ist im Rahmen einer im Jahre 2021 neu einzurichtenden Arbeitsgruppe bereits geplant.

## 2 EINLEITUNG

Zur Erreichung des Klimaschutzplanes 2050 hat das Bundeskabinett im Oktober 2019 den Ausbau der Windenergie auf See auf 20 GW im Jahr 2030 beschlossen. Im "Flächenentwicklungsplan 2020 für die deutsche Nord- und Ostsee" /1/ sind deshalb unter anderem Erweiterungen der östlich der Schifffahrtsroute SN10 gelegenen Gebiete N-9 bis N-13 geplant. In diesem Bericht wird untersucht, ob diese Gebiete nach Nordwesten in Richtung der Schifffahrtsroute SN10 erweitert werden können ohne die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs negativ zu beeinflussen. Weiterhin werden die westlich der SN10 gelegenen Gebiete EN-14 und EN-16 im Hinblick auf ihre Eignung für die Errichtung von Offshore Windenergieanlagen untersucht.

Hierfür werden jeweils mit Hilfe einer qualitativen und quantitative Analyse die Auswirkungen der Bebauung der einzelnen Flächen auf die Schifffahrt bestimmt. Die relevanten Größen zur Beurteilung der Eignung einer Fläche sind die statistisch zu erwartende Zeit zwischen zwei Kollisionsereignissen einerseits und die Einordnung in die Risikomatrix des BSH-Standards „Standard Konstruktion“ /2/ andererseits. Im Rahmen des quantitativen Teils dieser Untersuchung erfolgen Berechnungen der statistisch zu erwartenden Zeit zwischen zwei Kollisionsereignissen durch Addition aller Kollisionsrisiken manövrierunfähiger und manövrierfähiger Fahrzeuge. Einbezogen in die Betrachtung sind alle relevanten Schiffstypen der gewerblichen Schifffahrt auf den verschiedenen identifizierten Schifffahrtsrouten in drei unterschiedlichen kumulativen Betrachtungen entsprechend der flächenmäßigen Aufstellungen.

Zusätzlich werden grundsätzliche Überlegungen angestellt ob und wo möglicherweise durch Einführung von Routenführungsmaßnahmen im Bereich der SN10 zusätzlicher Raum für Windparks entstehen könnte. Ein dabei als potentiell geeignet identifiziertes Gebiet (EN-22) im nördlichen Bereich der Schifffahrtsroute wird im Rahmen dieser Studie einer quantitativen Risikoanalyse unterzogen.

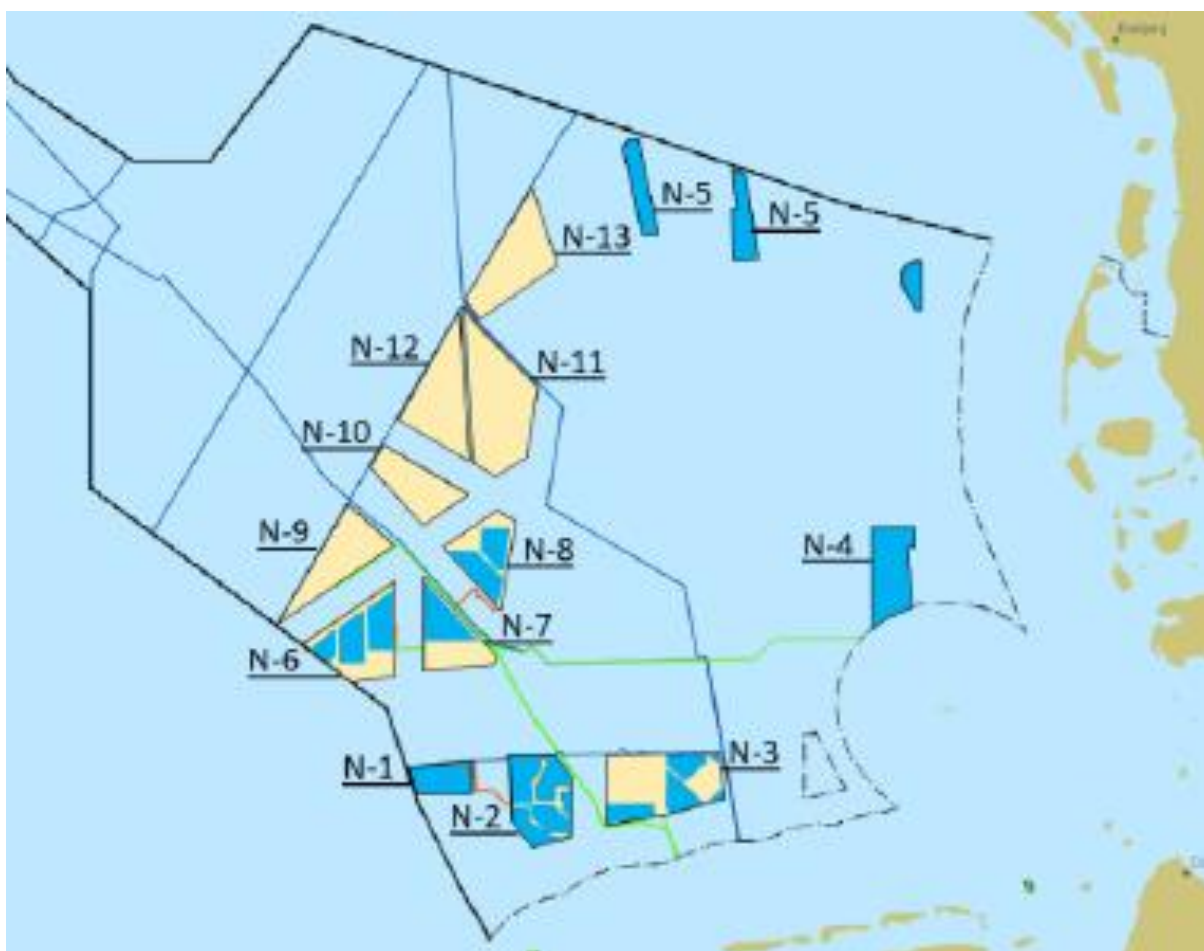
## 3 UNTERSUCHUNGSRAHMEN

### 3.1 FEP 2019

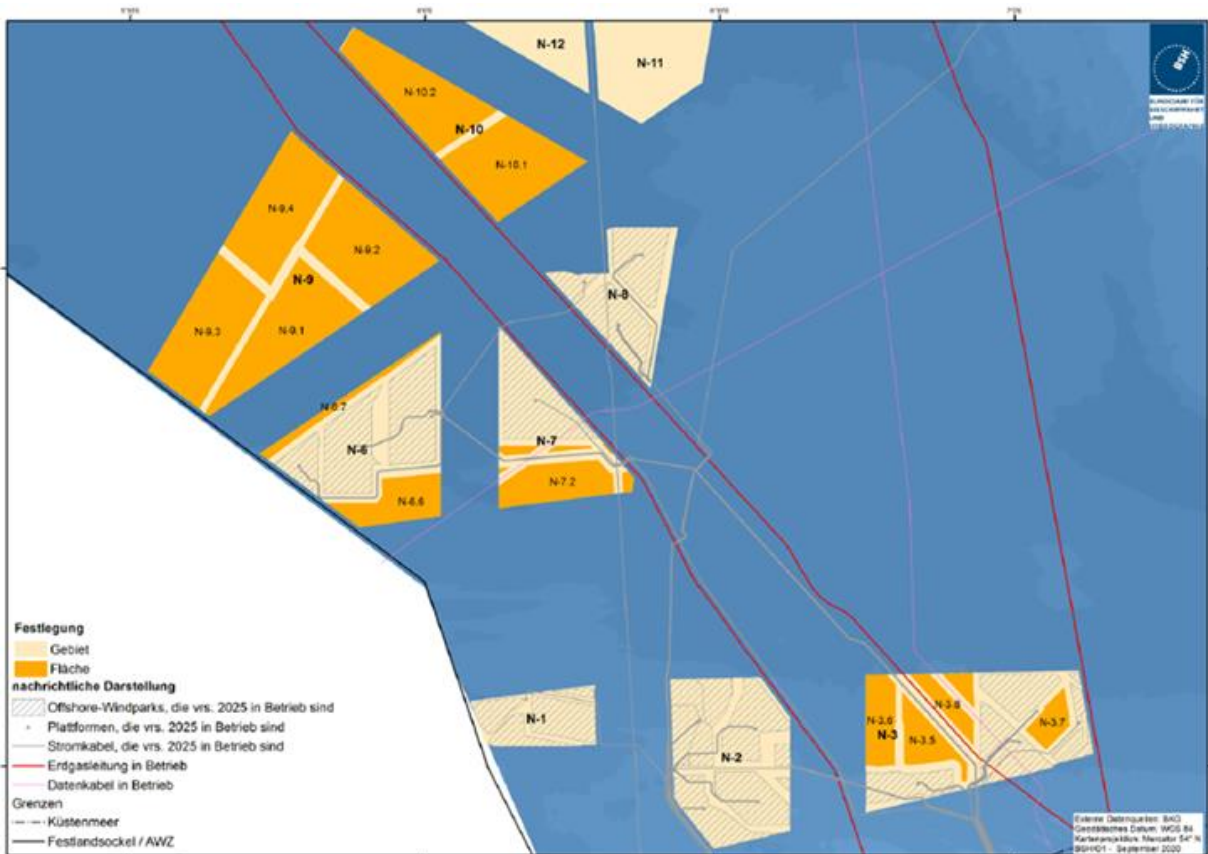
Im Bericht M-W-ADER 2019.137 Rev. 1.00 vom 06.12.2019 /3/ wurde im Auftrag des BSH eine gutachterliche Stellungnahme gemäß §12 Abs.3 WindSeeG zum Thema "Voruntersuchung zur verkehrlich- schiffahrtspolizeilichen Eignung von Flächen in der AWZ der Nord- und Ostsee" erstellt. Es wurden eine qualitative und eine quantitative Gesamtbewertung vorgenommen und die Ergebnisse für einzelne Gebiete bzw. konkrete Flächen unter Berücksichtigung der geplanten Inbetriebnahme vorgenommen. Im Bereich der Schifffahrtsroute 10 (SN10) wurden damals die Gebiete N-9, N-10 und N-12 (siehe Abbildung 1) untersucht.

### 3.2 Potentielle Erweiterungen der Gebiete östlich der SN10

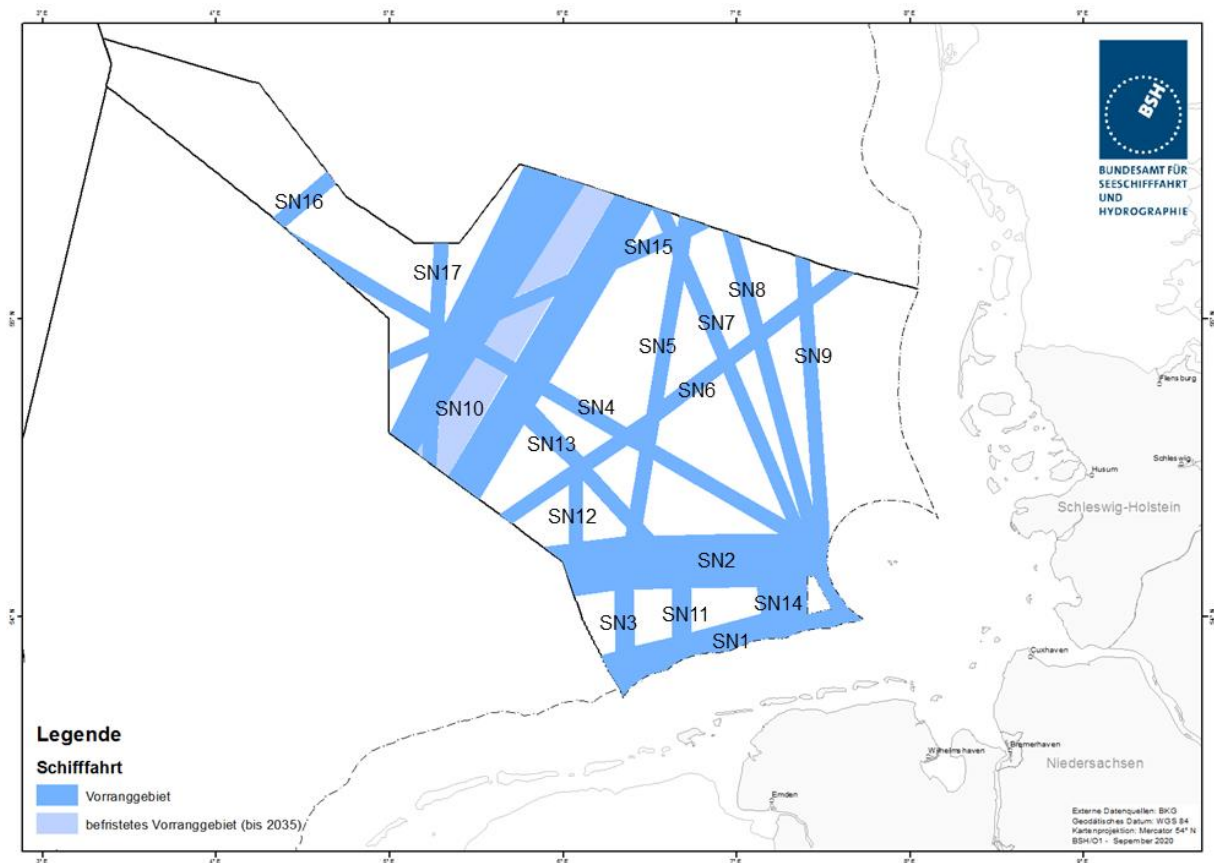
Abbildung 1 zeigt die Lage und Geometrie der gemäß FEP 2020 /1/ geplanten Gebiete, Abbildung 2 die geplanten Erweiterungen. Die Lage und Nummerierung der Schifffahrtsrouten in der deutschen AWZ ist in Abbildung 3 dargestellt.



**Abbildung 1: Lage der sich vrs. im Jahr 2025 in Betrieb befindlichen OWP in der Nordsee /3/**



**Abbildung 2: Flächen in den Gebieten N-3, N-6, N-7, N-9 und N10 in der deutschen AWZ der Nordsee /1/**



## Abbildung 3: Lage und Nummerierung der Schifffahrtsrouten in der Deutschen AWZ /4/

### 3.2.1 Gebiete N-9 und N-10

Für die Flächen N-9.1 und N-9.2 wurden in /3/ Inbetriebnahme-Szenarien für 2028 und 2029, für die Flächen N-10.1 und N-10.2 wurde das Inbetriebnahme-Szenario für 2030 untersucht. Für die genannten Flächen wurde eine grundsätzliche Eignung festgestellt.

Zur Erreichung des Klimaschutzplanes 2050 hat das Bundeskabinett im Oktober 2019 beschlossen, den Ausbau der Windenergie auf See auf 20 GW im Jahr 2030 auszudehnen. Im "Flächenentwicklungsplan 2020 für die deutsche Nord- und Ostsee" /1/ sind deshalb unter anderem Erweiterungen der Gebiete N-9 und N-10 geplant. Abbildung 1 zeigt die ursprünglich geplanten Gebiete, Abbildung 2 die Planung aus dem FEP 2020 /1/. In der neuen Planung sollen die Gebiete N-9 und N-10 nach Nordwesten in Richtung der SN10 erweitert werden.

#### 3.2.1.1 Gebiet N-9

In Gebiet N-9 werden im Rahmen des Plans vier etwa gleich große Flächen festgelegt. Die Fläche N-9.1 liegt im südwestlichen Bereich des Gebietes N-9 und wird nach Süden durch die Schifffahrtsroute SN6 begrenzt. Nördlich daran schließt sich die Fläche N-9.2 an, die bis zum „Vorbehaltsgebiet Leitungen“ reicht, welches die „Norpipe“ umgibt. Die Flächen N-9.3 und N-9.4 werden nach Süden durch die Flächen N-9.1 und N-9.2 begrenzt, nach Nordwesten durch die in der Konzeption zur Fortschreibung der Raumordnung geänderte Schifffahrtsroute 10 und nach Norden durch die „Norpipe“ /1/.

Das Gebiet N-9 hat im aktuellen Entwurf Flächenentwicklungsplan 2020 /1/ eine ungefähre Größe von 454 km<sup>2</sup>. Die Teilgebiete N-9.1 bis N-9.4 (siehe Abbildung 2) sind zwischen 100 und 105 km<sup>2</sup> groß und sollen jeweils mit 1000 MW bebaut werden.

Basierend auf der im FEP angegebenen Lage werden für das Gebiet N-9 folgende Eckkoordinaten für die Berechnungen angenommen:


54.399°N, 05.522°E  
54.640°N, 05.768°E  
54.507°N, 06.024°E  
54.351°N, 05.633°E

Auf jedem Teilgebiet werden für die Risikoanalyse 112 Offshore Windenergieanlagen (OWEA) (unter der Annahme von 9 MW pro Anlage) berücksichtigt. Die angegebenen Grenzen stellen die Grenze dar, auf denen noch OWEAs positioniert sein können. Die 500 m breite Sicherheitszone des Windparks liegt demnach außerhalb der angegebenen Grenzen.

#### 3.2.1.2 Gebiet N-10

Für das Gebiet N-10 ist ebenfalls die Festlegung von zwei Flächen erfolgt. Das Gebiet wird dabei in zwei etwa gleichgroße Flächen aufgeteilt. Die Fläche N-10.1 wird durch die „Europipe 1“ und die Schifffahrtsrouten SN4 und SN6 begrenzt. N-10.2 wird im Westen durch die „Europipe 1“, im Nordwesten durch die SN10 und im Norden durch die SN4 begrenzt. Es wird darauf hingewiesen, dass die Fläche N-10.2 nicht in vollem Umfang für die Erreichung von 20 GW erforderlich ist /1/.

Das Gebiet N-10 hat im aktuellen Flächenentwicklungsplan 2020 /1/ eine Größe von ca. 197 km<sup>2</sup> und ist in zwei etwa gleichgroße Flächen (93 bzw. 96 km<sup>2</sup>) aufgeteilt. Beide Flächen sollen mit jeweils 1000 MW bebaut werden.



Basierend auf der im FEP angegebenen Lage werden für das Gebiet folgende Eckkoordinaten für die Berechnungen angenommen:

54.720°N, 05.849°E  
54.741°N, 05.871°E  
54.606°N, 06.275°E  
54.546°N, 06.122°E

Auf jedem Teilgebiet wurde für die Risikoanalysen eine Anzahl von je 112 OWEA (unter der Annahme von 9 MW pro Anlage) berücksichtigt. Die angegebenen Grenzen stellen die Grenzen dar, auf denen noch OWEAs positioniert sein können. Die 500 m breite Sicherheitszone des Windparks liegt demnach außerhalb der angegebenen Grenzen.

### 3.2.2 Gebiete N-11, N-12 und N-13

Die Gebiete N-11, N-12 und N-13 liegen wie die Gebiete N-9 und N-10 östlich der SN10 (siehe Abbildung 1). Die Gebiete N-12 und N-13 sollen wie die Gebiete N-9 und N-10 in Richtung Nordwesten erweitert werden.

#### 3.2.2.1 Gebiet N-11

Das Gebiet N-11 wird durch die Schifffahrtsrouten SN4, SN5 und SN6, das grenzüberschreitende Seekabelsystem „NorNed“ sowie das Naturschutzgebiet „Sylter Außenriff – Östliche Deutsche Bucht“ begrenzt.

Basierend auf der im FEP angegebenen Lage werden für das Gebiet folgende Eckkoordinaten für die Berechnungen angenommen:

54.969°N, 06.262°E  
54.830°N, 06.500°E  
54.787°N, 06.500°E  
54.685°N, 06.470°E  
54.643°N, 06.366°E  
54.668°N, 06.294°E  
54.957°N, 06.263°E

Der angenommene Abstand der OWEA untereinander beträgt jeweils rund 1300 m und richtet sich nach der vorgegebenen zu installierenden Leistung für die Fläche (aus /1/). Das ergibt in der Summe eine angenommene Anzahl von 223 OWEA in der Fläche (unter der Annahme von 9 MW pro Anlage). Die angegebenen Grenzen stellen die Grenze dar, auf denen noch OWEAs positioniert sein können. Die 500 m breite Sicherheitszone des Windparks liegt demnach außerhalb der angegebenen Grenzen.

#### 3.2.2.2 Gebiet N-12

Das Gebiet N-12 wird durch die Schifffahrtsrouten SN4 und SN10 und das grenzüberschreitende Seekabelsystem „NorNed“ abgegrenzt.

Basierend auf der im FEP angegebenen Lage werden für das Gebiet folgende Eckkoordinaten für die Berechnungen angenommen:

55.089°N, 06.229°E  
54.673°N, 06.277°E  
54.793°N, 05.926°E

Der angenommene Abstand der OWEA untereinander beträgt jeweils rund 1050 m und richtet sich nach der vorgegebenen zu installierenden Leistung für die Fläche (aus /1/). Das ergibt in der Summe eine

angenommene Anzahl von 445 OWEA in der Fläche (unter der Annahme von 9 MW pro Anlage). Die angegebenen Grenzen stellen die Grenzen dar, auf denen noch die OWEAs positioniert sein können. Die 500 m breite Sicherheitszone des Windparks liegt demnach außerhalb der angegebenen Grenzen.

### 3.2.2.3 Gebiet N-13

Das Gebiet N-13 wird durch die Schifffahrtsroute SN10 und das Naturschutzgebiet „Sylter Außenriff – Östliche Deutsche Bucht“ sowie das „Hauptkonzentrationsgebiet für Seetaucher“ begrenzt.

Basierend auf der im FEP angegebenen Lage werden für das Gebiet folgende Eckkoordinaten für die Berechnungen angenommen:

54.952°N, 06.308°E

54.979°N, 06.260°E

55.104°N, 06.245°E

55.160°N, 06.302°E

55.185°N, 06.411°E

55.028°N, 06.499°E

Der angenommene Abstand der OWEA untereinander beträgt rund jeweils rund 1150 m und richtet sich nach der in /1/ vorgegebenen zu installierenden Leistung für die Fläche. Das ergibt in der Summe eine angenommene Anzahl von 223 OWEA in der Fläche (unter der Annahme von 9 MW pro Anlage). Die angegebenen Grenzen stellen die Grenzen dar, auf denen noch OWEAs positioniert sein können. Die 500 m breite Sicherheitszone des Windparks liegt demnach außerhalb der angegebenen Grenzen.

## 3.3 Gebiete westlich der Schifffahrtsroute SN10

### 3.3.1 Gebiete EN-14 und EN-16

Die Gebiete EN-14 und EN-16 liegen nordwestlich der Schifffahrtsroute SN10 und werden östlich von dieser begrenzt (siehe Abbildung 4).

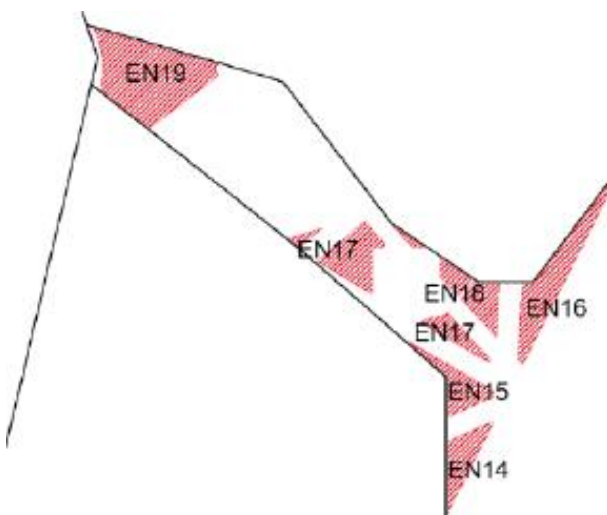


Abbildung 4: Gebiete westlich der SN10 /4/

### 3.3.1.1 Gebiet EN-14

Das Gebiet EN-14 wird nördlich durch die Schifffahrtsroute SN15 und westlich durch die Grenze der Deutschen AWZ begrenzt.

Basierend auf der im FEP angegebenen Lage werden für das Gebiet folgende Eckkoordinaten für die Berechnungen angenommen:

54.618°N, 05.000°E

54.829°N, 05.000°E

54.870°N, 05.228°E

54.618°N, 05.000°E

Der Abstand der OWEAs untereinander wurde beispielhaft von der Fläche N-13 übernommen und beträgt jeweils rund 1150 m zwischen den Anlagen. Das ergibt in der Summe eine angenommene Anzahl von 149 OWEA in der Fläche. Bei der Annahme von 9 MW pro Anlage ergibt sich hiermit eine insgesamt installierte Leistung von ca. 1340 MW. Die angegebenen Grenzen stellen die Grenzen dar, auf denen noch die OWEAs positioniert sein können. Die 500 m breite Sicherheitszone des Windparks liegt demnach außerhalb der angegebenen Grenzen.

### 3.3.1.2 Gebiet EN-16

Das Gebiet EN-16 wird im Westen durch die Schifffahrtsroute SN17 und im Nordwesten durch die Grenze der Deutschen AWZ begrenzt.

Basierend auf der im FEP angegebenen Lage werden für das Gebiet folgende Eckkoordinaten für die Berechnungen angenommen:

55.505°N, 05.748°E

55.498°N, 05.783°E

54.991°N, 05.331°E

55.249°N, 05.338°E

55.250°N, 05.403°E

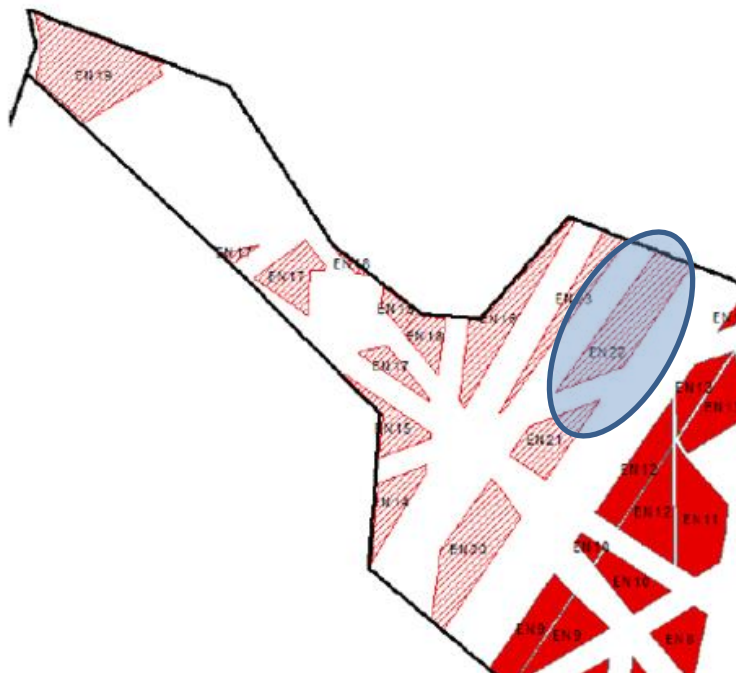
Der Abstand zwischen den OWEAs untereinander wurde beispielhaft vom Gebiet N-13 übernommen und beträgt jeweils rund 1150 m zwischen den Anlagen. Das ergibt in der Summe eine angenommene Anzahl von 307 OWEA in der Fläche. Unter der Annahme von 9 MW pro Anlage ergibt sich hiermit eine insgesamt installierte Leistung von ca. 2760 MW. Die angegebenen Grenzen stellen die Grenzen dar, auf denen noch OWEAs positioniert sein können. Die 500 m breite Sicherheitszone des Windparks liegt demnach außerhalb der angegebenen Grenzen.



### 3.4 Gebiet EN-22

Das Gebiet EN-22 wurde in der Konzeption zur Fortschreibung der Raumordnungspläne /5/ in Betracht gezogen, ist jedoch weder im aktuellen FEP /1/ noch im aktuellen ROP berücksichtigt. In dieser Studie wird es dennoch untersucht, da es sich bei den in Kapitel 7 dargestellten Untersuchungen als eine mögliche Option herausgestellt hat.

Das Gebiet EN-22 liegt zwischen den „Fahrspuren“ der Schifffahrtsroute SN10, siehe Abbildung 5.



**Abbildung 5: Lage des Gebietes EN-22 /5/**

Für das Gebiet werden folgende Eckkoordinaten für die Berechnungen angenommen:

55.441°N, 06.126°E  
55.069°N, 05.714°E  
55.148°N, 06.023°E  
55.409°N, 06.297°E

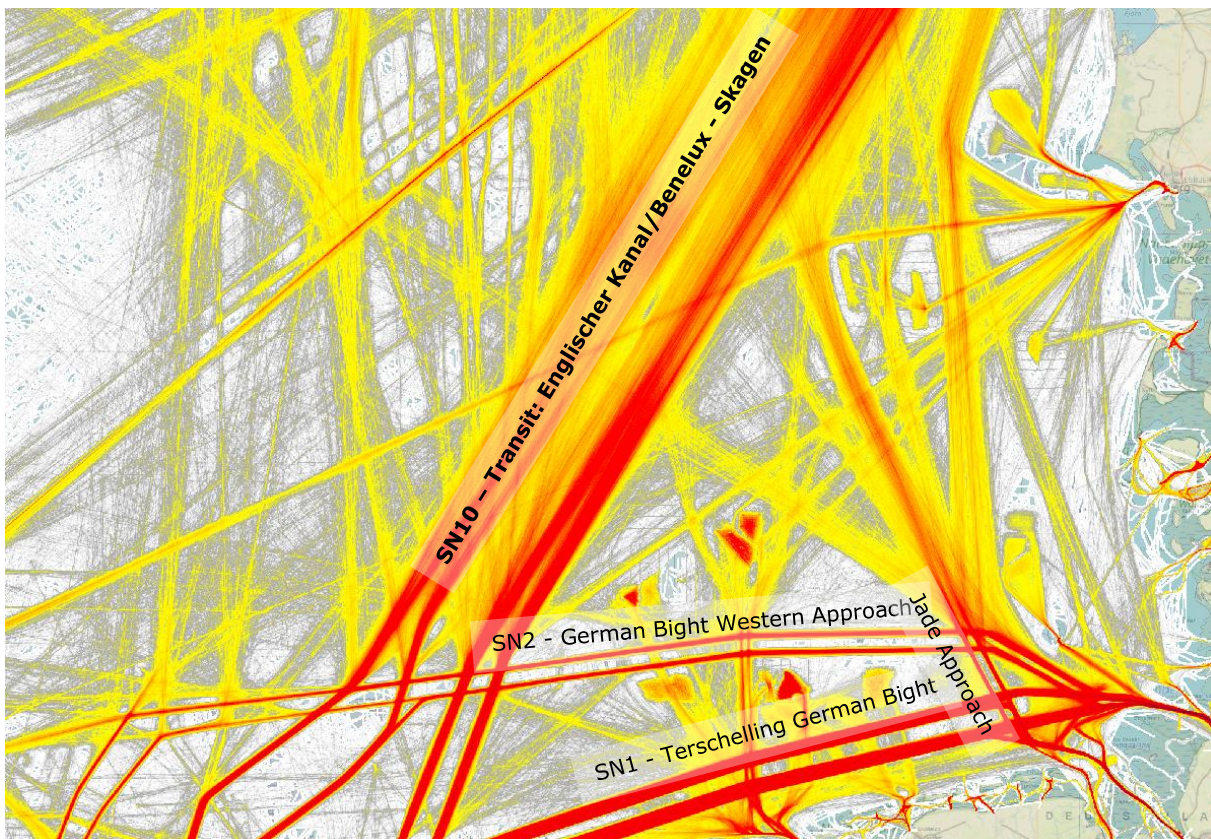
Der Abstand der OWEA untereinander wurde beispielhaft von der Fläche N-13 übernommen und beträgt jeweils rund 1150 m zwischen den Anlagen. Das ergibt in der Summe eine Anzahl von 388 OWEA in der Fläche. Bei der Annahme von 9 MW pro Anlage ergibt sich hiermit eine installierte Leistung von ca. 3500 MW. Die angegebenen Grenzen stellen die Grenzen dar, auf denen noch OWEAs positioniert sein können. Die 500 m breite Sicherheitszone des Windparks liegt demnach außerhalb der angegebenen Grenzen.

## 4 SCHIFFSVERKEHR IN DER DEUTSCHEN AWZ DER NORDSEE

### 4.1 Verkehrssituation im Umfeld der zu untersuchenden Flächen – Deutsche AWZ der Nordsee


Die deutsche AWZ der Nordsee ist ein viel befahrener Schifffahrtsbereich. Die Deutsche Bucht gehört zu den am stärksten befahrenen Revieren der Welt, mit einem großen Verkehrsaufkommen zum Hamburger Hafen, zu den bremischen Häfen, den Häfen der Ems und zu dem im September 2012 offiziell in Betrieb genommenen Tiefwasserhafen „JadeWeserPort“ Wilhelmshaven. Im südlichen Bereich der deutschen AWZ konzentriert sich der Großteil der über die Schifffahrt stattfindenden Handelsströme in der deutschen Bucht auf die im dort ausgewiesenen Verkehrstrennungsgebiete (VTG), siehe auch Abbildung 6:

- VTG „German Bight Western Approach“, gekennzeichnet mit „SN2“ in Abbildung 6. Es führt aus Richtung West zu auf das Feuerschiff "German Bight". Befahren wird es von besonders großen Schiffen, Tankern und Frachtern mit gefährlicher Ladung,
- VTG „Terschelling German Bight“, gekennzeichnet mit „SN1“ in Abbildung 6. Es verläuft aus Richtung West-Südwest kommend entlang der Linie der ostfriesischen Inseln. Hier herrscht die größte Verkehrsdichte,
- VTG „Jade Approach“, welches die Verbindung zwischen den beiden o.g. VTG herstellt.



**Abbildung 6: Verkehrssituation - Deutsche AWZ (SN10)**

Stark frequentiert ist auch die Schifffahrtsroute mit dem in Nord- bzw. in Südrichtung verlaufenden Verkehr nördlich der Emsmündung. Im nördlich des Verkehrstrennungsgebietes „German Bight Western



Approach“ gelegenen Seegebiet verläuft der Schiffsverkehr auf sogenannten Schifffahrtsrouten („SN1“ bis „SN17“ in Abbildung 3).

Diese Routen sind in der Regel nicht gekennzeichnet und ergeben sich praktisch durch die kürzesten Verbindungen zwischen stark frequentierten Häfen oder Schifffahrtshindernissen oder, im Falle der SN10, durch die Verbindung zwischen den VTGs in den Niederlanden und Dänemark.

Stark befahrene Schifffahrtsrouten bilden sich zudem aus dem Schiffsverkehr zwischen englischem Kanal, bzw. den niederländischen Häfen ins Skagerrak und dem dänischen Hafen Esbjerg und umgekehrt (gekennzeichnet mit Ziffern SN10 und SN6 in Abbildung 3).

Das Seegebiet östlich von Helgoland weist aufgrund von geringeren Wassertiefen, der fehlenden Infrastruktur zur Abfertigung eines überregionalen Warentransports, dem Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer und aufgrund von Bänken, bzw. Untiefen ein deutlich geringeres Verkehrsaufkommen auf.

Als Rechtsgrundlage für das Befahren des beschriebenen Seegebietes der deutschen Bucht gelten die internationalen Kollisionsverhütungsregeln (KVR), für die Zufahrten zu den großen deutschen Häfen gilt zusätzlich die nationale Anlaufbedingungsverordnung (AnIBV).

Eine grundsätzliche Lotsenpflicht für das Befahren des Seegebietes außerhalb des Geltungsbereichs der SeeSchStrO besteht nicht.

## 4.2 Verkehrslage im Bereich der Schifffahrtsroute SN10 (AIS Daten)

Eine wesentliche Grundlage für die qualitativen- und quantitativen Risikobewertungen zur Eignung eines Gebietes bzw. einer Fläche sind die Analysen des Schiffsverkehrs in dem betreffenden Gebiet. Dabei sind Kennwerte wie:

- Verkehrsaufkommen (Zählung von Schiffspassagen),
- Verkehrsdichte (Lateralverteilungen des Schiffsverkehrs),
- Verkehrswege (Struktur der Verkehrswege wie Kreuzungen, Abzweigungen, etc.)


von entscheidender Bedeutung.

Diese Kennwerte lassen sich grundsätzlich aus in Datenbanken aufgezeichneten Daten aus dem Automatic Identification System (AIS) ermitteln.

Mit AIS wird ein Funksystem bezeichnet, über das Schiffe Daten (u.a. Schiffstyp, Abmessungen, Position, Kurs, Geschwindigkeit, ...) für andere Teilnehmer an der Schifffahrt wie z.B. andere Schiffe, Landstationen, Hafenbehörden oder Rettungseinrichtungen übermitteln.

Das AIS-System soll der Schiffsführung in erster Linie ermöglichen den Schiffsverkehr in ihrem Umfeld zu erkennen und von diesem Verkehr erkannt zu werden. Die mittels UKW von AIS Transpondern ausgesendeten AIS Signale werden von AIS-Empfängern empfangen, die entsprechend ihrer Nutzung auf anderen Schiffen, landgestützten Stationen und niedrig fliegenden Satelliten installiert sind. Die beiden letzteren dienen z.B. der maritimen Verkehrssicherung.

Die Übertragung der AIS Signale mittels UKW-Frequenzen macht auch eine Schwäche dieser Daten für die Nutzung als Grundlage für eine Verkehrsauswertung deutlich – Die Daten werden in Abhängigkeit von Höhe der Sende- und Empfangsantennen, der Qualität des gesendeten Signals aber auch von äußeren Einflüssen, wie z.B. der Wetterlage etc. unterschiedlich gut, oder im extremen Fall gar nicht



übertragen oder empfangen. Satellitenbasierte AIS Empfangsstationen haben das Problem, das sie eine große Fläche abdecken und in Gebieten mit erheblichen Verkehrszahlen (wie z.B. in der Deutschen Bucht) die Anzahl übertragbarer Signale pro Zeit überschritten und somit nur unvollständig erfasst werden kann. Verstärkt wird dieser Effekt auch durch die zunehmende Anzahl von installierten AIS-Transceivern (z.B. durch intensive Nutzung von AIS-Kennzeichnungen zur Unterstützung der Navigation bzw. Aids to Navigation (AtoN)).

## 4.2.1 AIS-Datenauswertung und Darstellung der Ergebnisse

### 4.2.1.1 Schiffstypen

Die Verkehrsanalyse für dieses Projekt umfasst alle Schiffe, die dem SOLAS Abkommen (>500 BRZ) unterliegen. Einbezogen werden jedoch gegebenenfalls zusätzlich kleinere Einheiten mit vergleichbarem Risikopotential, die revierspezifisch zugeordnet werden können.

Grundsätzlich nicht berücksichtigt wurden:

- Schiffe der Bundesmarine,
- Marineschiffe anderer Staaten,
- Yachten,
- Fischereifahrzeuge < 50m,
- Schnellfähren < 25m.

### 4.2.1.2 Verkehrsdichtekarten (Traffic Density Maps)

Im Rahmen der Verkehrsanalyse werden Verkehrsdichtekarten (Traffic Density Maps (TDM)) mit einer geometrischen Auflösung von mindestens 200m x 200m erzeugt, siehe Abbildung 10. Für die Darstellung der Verkehrsdichte wird das Programm IWRAP MKII verwendet. Die Methodik der Darstellung entspricht der Methodik der EMSA/HELCOM2.

### 4.2.1.3 Verkehrsrichtungskarten

Eine weitere Form der Darstellung sind Verkehrsrichtungskarten. Hierbei werden die Richtungen, in die die Schiffe fahren jeweils farblich unterschiedlich dargestellt, siehe Abbildung 22.

- Rote Linien zeigen dabei süd- und westgehenden Verkehr,
- grüne Linien zeigen dabei nord- und ostgehenden Verkehr

#### 4.2.1.4 Zähllinien (Gates/Passagelines)

Die Analyse des Schiffsverkehrs wird an diskreten Orten durchgeführt. Hierzu werden an diesen Orten Zähllinien (auch als Gates oder Passagelines bezeichnet) definiert, die eine quantitative Analyse des Schiffsverkehrs in einem bestimmten Zeitraum (z.B. einem Jahr) erlauben.

Die Ergebnisse der Auszählungen werden, getrennt nach der Richtung, in der die jeweilige Zähllinie durchfahren wird, in Tabellen dargestellt, siehe Tabelle 1.

**Tabelle 1: Auswertung des Verkehrs an Zähllinien (Gates) - Beispiel**

| Westbound Traffic Leg 8 |                  |                     |                 |            |                |                    |              |                  |                |            |              |              |               |            |        |
|-------------------------|------------------|---------------------|-----------------|------------|----------------|--------------------|--------------|------------------|----------------|------------|--------------|--------------|---------------|------------|--------|
| Schiffslänge in [m]     | Crude oil tanker | Oil products tanker | Chemical tanker | Gas tanker | Container ship | General cargo ship | Bulk carrier | Ro-Ro cargo ship | Passenger ship | Fast ferry | Support ship | Fishing ship | Pleasure boat | Other ship | Sum    |
| 0-25                    | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 2                  | 0            | 0                | 1              | 5          | 35           | 0            | 0             | 8          | 51     |
| 25-50                   | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 4                  | 0            | 0                | 2              | 4          | 148          | 0            | 0             | 50         | 208    |
| 50-75                   | 0                | 31                  | 4               | 0          | 0              | 72                 | 0            | 0                | 4              | 0          | 25           | 0            | 0             | 150        | 286    |
| 75-100                  | 0                | 447                 | 0               | 0          | 0              | 3.464              | 0            | 0                | 2              | 0          | 28           | 0            | 0             | 89         | 4.030  |
| 100-125                 | 0                | 902                 | 0               | 0          | 0              | 1.567              | 0            | 0                | 1              | 0          | 15           | 0            | 0             | 37         | 2.522  |
| 125-150                 | 0                | 88                  | 0               | 0          | 0              | 843                | 0            | 0                | 9              | 0          | 9            | 0            | 0             | 21         | 970    |
| 150-175                 | 0                | 11                  | 0               | 0          | 0              | 706                | 0            | 0                | 1              | 0          | 1            | 0            | 0             | 25         | 744    |
| 175-200                 | 0                | 27                  | 0               | 0          | 0              | 846                | 2            | 2                | 20             | 0          | 0            | 0            | 0             | 112        | 1.009  |
| 200-225                 | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 597                | 0            | 0                | 24             | 0          | 0            | 0            | 0             | 22         | 643    |
| 225-250                 | 0                | 2                   | 0               | 0          | 0              | 383                | 0            | 0                | 11             | 0          | 0            | 0            | 0             | 12         | 408    |
| 250-275                 | 0                | 4                   | 0               | 0          | 0              | 286                | 1            | 0                | 20             | 0          | 0            | 0            | 0             | 8          | 319    |
| 275-300                 | 0                | 1                   | 0               | 0          | 0              | 524                | 0            | 0                | 26             | 0          | 0            | 0            | 0             | 4          | 555    |
| 300-325                 | 0                | 0                   | 0               | 0          | 4              | 236                | 0            | 0                | 18             | 0          | 0            | 0            | 0             | 3          | 261    |
| 325-350                 | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 256                | 0            | 0                | 11             | 0          | 0            | 0            | 0             | 6          | 273    |
| 350-375                 | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 285                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 285    |
| 375-400                 | 0                | 0                   | 0               | 0          | 6              | 180                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 3          | 189    |
| 400-                    | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0      |
| Sum                     | 0                | 1.513               | 4               | 0          | 10             | 10.251             | 3            | 2                | 150            | 9          | 261          | 0            | 0             | 550        | 12.753 |

#### 4.2.1.5 Lateralverteilung des Verkehrs - Histogramme

Der Schiffsverkehr verteilt sich entlang der Zähllinien (Gates/Passagelines) unterschiedlich intensiv. Auf stark befahrenen Schifffahrtsrouten wie Verkehrstrennungsgebieten weist die Lateralverteilung oft eine Verteilung in Form einer Gaußfunktion auf. Die Form kann jedoch je nach Verkehrsaufkommen und dem Verkehr zur Verfügung stehenden Platz erheblich davon abweichen.

Abbildung 7 und Abbildung 12 zeigen solche Lateralverteilungen, die hier im Zusammenhang mit dem Verkehrsdichteplot dargestellt wurden. Die Maximalwerte dieser Histogramme sind jeweils an dem Maximalwert der Verkehrsrichtung angeglichen und zeigen nur die Verteilung des Verkehrs entlang der Zähllinie je Fahrtrichtung an.

Abbildung 8 zeigt ebenfalls eine Lateralverteilung. In diesem Beispiel wurde die Zähllinie in 24 gleichbreite Segmente aufgeteilt und die passierenden Schiffstypen entsprechend der Anzahl der Passagen für jedes Segment zusammengefasst.

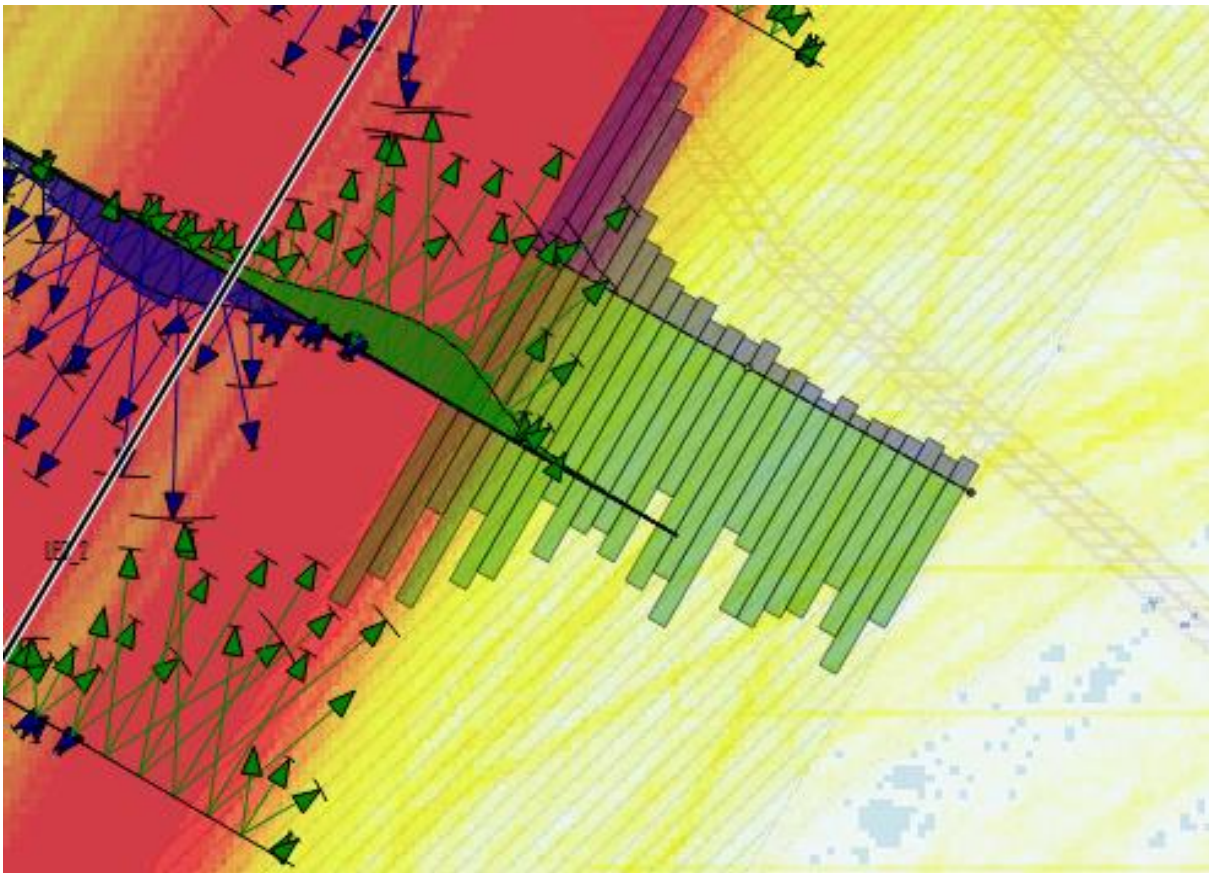


Abbildung 7: Beispiele für Histogramme im Verbund mit Verkehrsdichteplots  
Gate 1 2019 BD

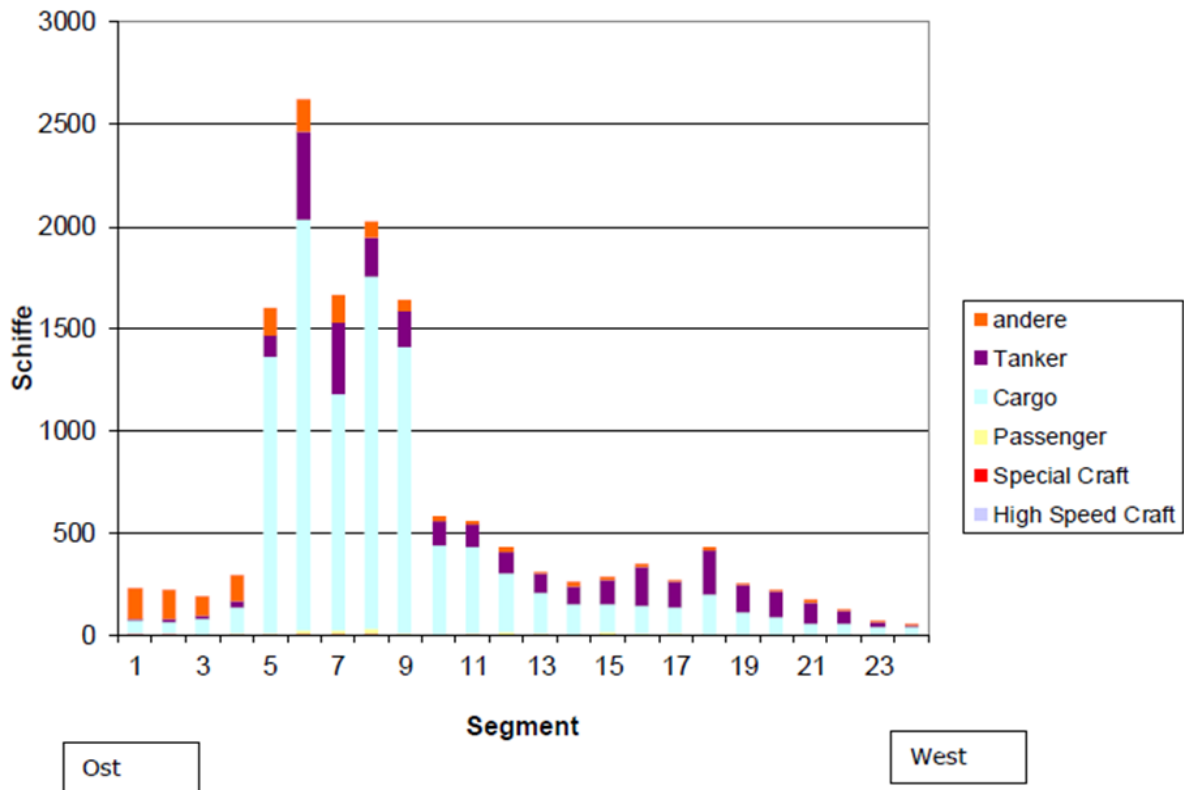


Abbildung 8: Beispiel - Lateralverteilung des Schiffsverkehrs

## 4.2.2 Beschreibung der Datenquellen

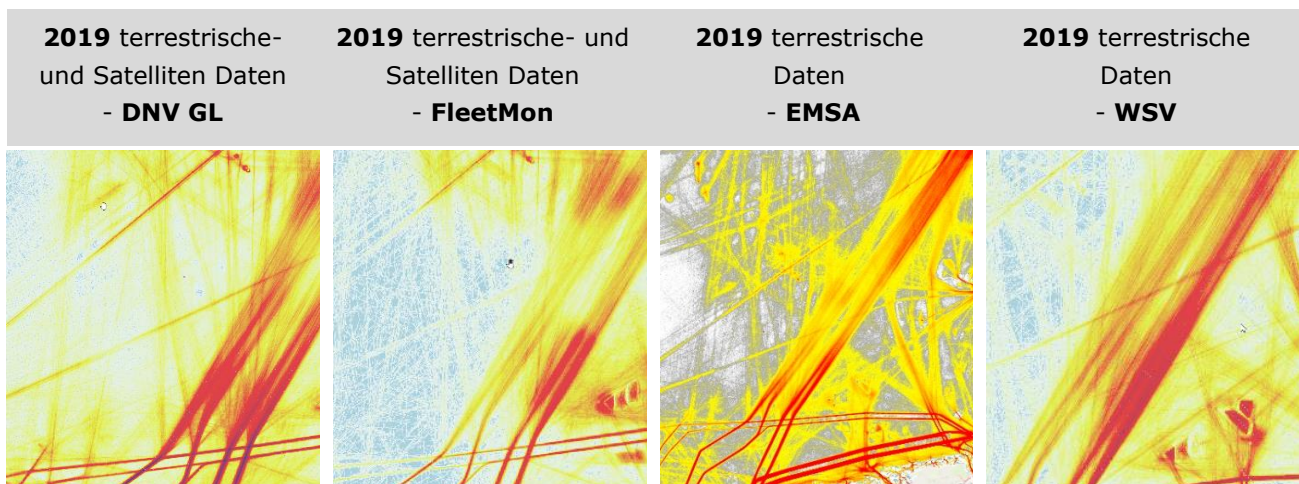
Die ersten Analysen der für dieses Projekt zur Verfügung stehenden Datenquellen zeigen, dass sich damit weder die Anzahl der Schiffe noch die Struktur des Verkehrs in dem zu betrachtenden Gebiet eindeutig aufzeigen ließ.

Für diese erste Auswertung wurden folgende Datenquellen – jeweils mit Daten für das gesamte Jahr 2019 – genutzt:

1. Terrestrische- und Satelliten AIS-Daten der DNV GL Datenbank
2. Terrestrische- und Satelliten AIS-Daten von FleetMon (kommerzieller AIS Datenanbieter)
3. Terrestrische AIS-Daten der European Maritime Safety Agency (EMSA)
4. Terrestrische AIS-Daten der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV)

Jede Datenquelle für sich genommen weist Schwächen in der Abdeckung des insgesamt zu betrachtenden Gebietes auf. Die Analysen zeigten aber, dass die Datensätze unterschiedlicher Herkunft jeweils verschiedene Gebiete unterschiedlich gut abdecken, siehe Abbildung 9.

Der sich daraus abzeichnende Weg zur Verbesserung der Datenlage liegt in der Zusammenführung der Datensätze zu einem kombinierten Datensatz.



**Abbildung 9: Vergleich unterschiedlicher Datenquellen**

Die in Abbildung 9 gezeigten Density Plots weisen Unterschiede in der räumlichen Abdeckung auf. Der zu betrachtende Auswertebereich (Schifffahrtsroute SN10) ist jedoch in allen Datensätzen enthalten. (Die hier gezeigten Plots beinhalten auch Fischereifahrzeuge, Yachten, Marineschiffe und Schnellfähren > 25 m.)

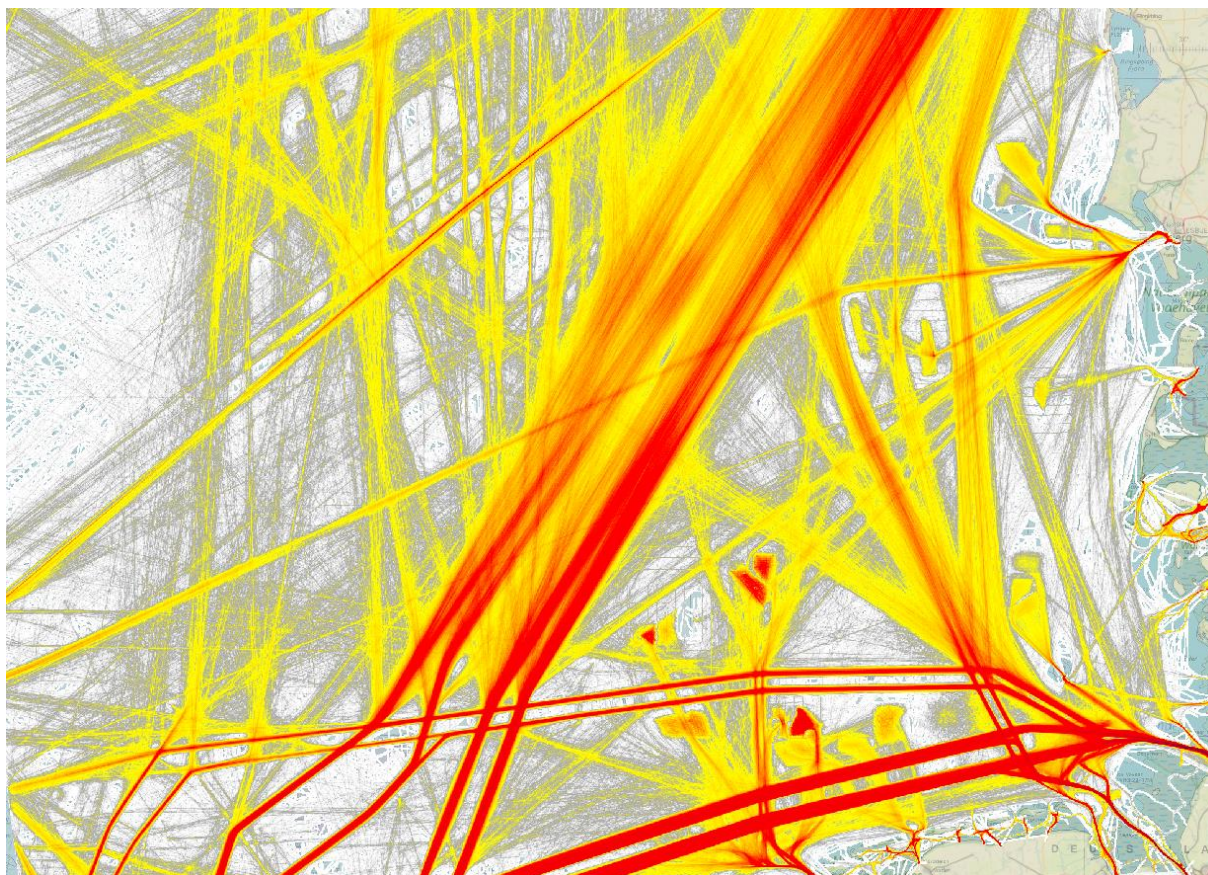
Ein Vergleich der Plotbilder zeigt, dass die Auflösung der untersuchten Daten im zentralen Bereich der Schifffahrtsroute SN10 unterschiedlich stark ausgeprägte Lücken aufweist. Dieser Eindruck ist nur zum geringen Teil auf die sich auffächernden Fahrspuren, und der damit einhergehenden geringeren Verkehrsdichte, zurückzuführen. Die Auswertung der Zähllinien entlang der Schifffahrtsroute SN10 zeigt im Bereich der deutschen AWZ nach Norden hin eine abnehmende Anzahl von Schiffen pro Jahr.

Dies ist darauf zurück zu führen, dass (derzeit) entlang der Schifffahrtsroute SN10 die AIS-Signale nicht mit gleichbleibender Qualität erfasst werden. Ein Umstand, der sowohl für die rein terrestrischen Daten der WSV als auch für die gemischten Daten (terrestrisch und Satellit) von DNV GL und FleetMon gilt.

Durch Zusammenführen dieser vier, in den vorab durchgeführten Einzelbetrachtungen als grundsätzlich geeignet eingestuft, Datensätze wurde angestrebt, die Datenlage im Bereich der Schifffahrtsroute SN10 insgesamt zu verbessern. Der Densityplot des kombinierte Datensatzes ist in Abbildung 10 dargestellt. Auch in diesem ist zu erkennen, dass die dargestellte Anzahl der Schiffe im mittleren und nordwestlichen Bereich der SN10 geringer ist als in den anderen Bereichen. Das Ziel, eine möglichst umfassende Darstellung des Verkehrs im Auswertebereich zu erreichen konnte also letztendlich nur bedingt erreicht werden.

In Absprache mit dem Auftraggeber wurden weitere Datenquellen für die Auswertung der Verkehrslage berücksichtigt. Als weitere Quellen standen zur Verfügung:

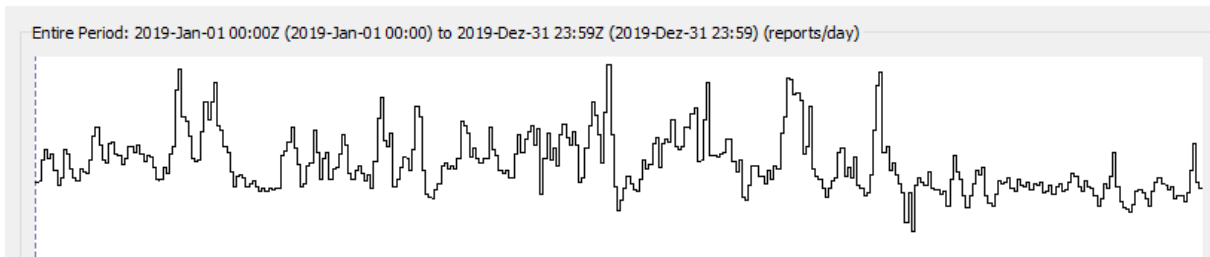
1. AIS-Daten der norwegischen Kystverket (Behörde für die Verwaltung des Küstenbereichs von Norwegen) für Januar – Dezember des Jahres 2019.
2. AIS-Daten der norwegischen Kystverket (Behörde für die Verwaltung des Küstenbereichs von Norwegen) für Januar – März des Jahres 2020.
3. AIS-Daten der Danish Maritime Authority (DMA) für Januar – Dezember des Jahres 2019.



**Abbildung 10: Kombiniertes Datensatz (DNV GL, FleetMon, WSV und EMSA) für 2019**

Die Anzahl der empfangenen Datensätze pro Tag für den kombinierten Datensatz (für das Jahr 2019) ist in Abbildung 11 dargestellt. Die Abbildung zeigt, dass die Verteilung über das Jahr nicht gleichmäßig ist; in den Wintermonaten wurden deutlich weniger Datensätze empfangen. Die maximale Anzahl Datensätze wurde am 29.06.2019 empfangen (1.761.546 Datensätze). Dieses zeigt, dass Daten eines kurzen Zeitraumes nicht unbedingt repräsentativ sind und eine Hochrechnung auf einen längeren Zeitraum immer mit großen Unsicherheiten behaftet ist.





**Abbildung 11: Anzahl der empfangenen Datensätze pro Tag für 2019 (kombinierter Datensatz)**

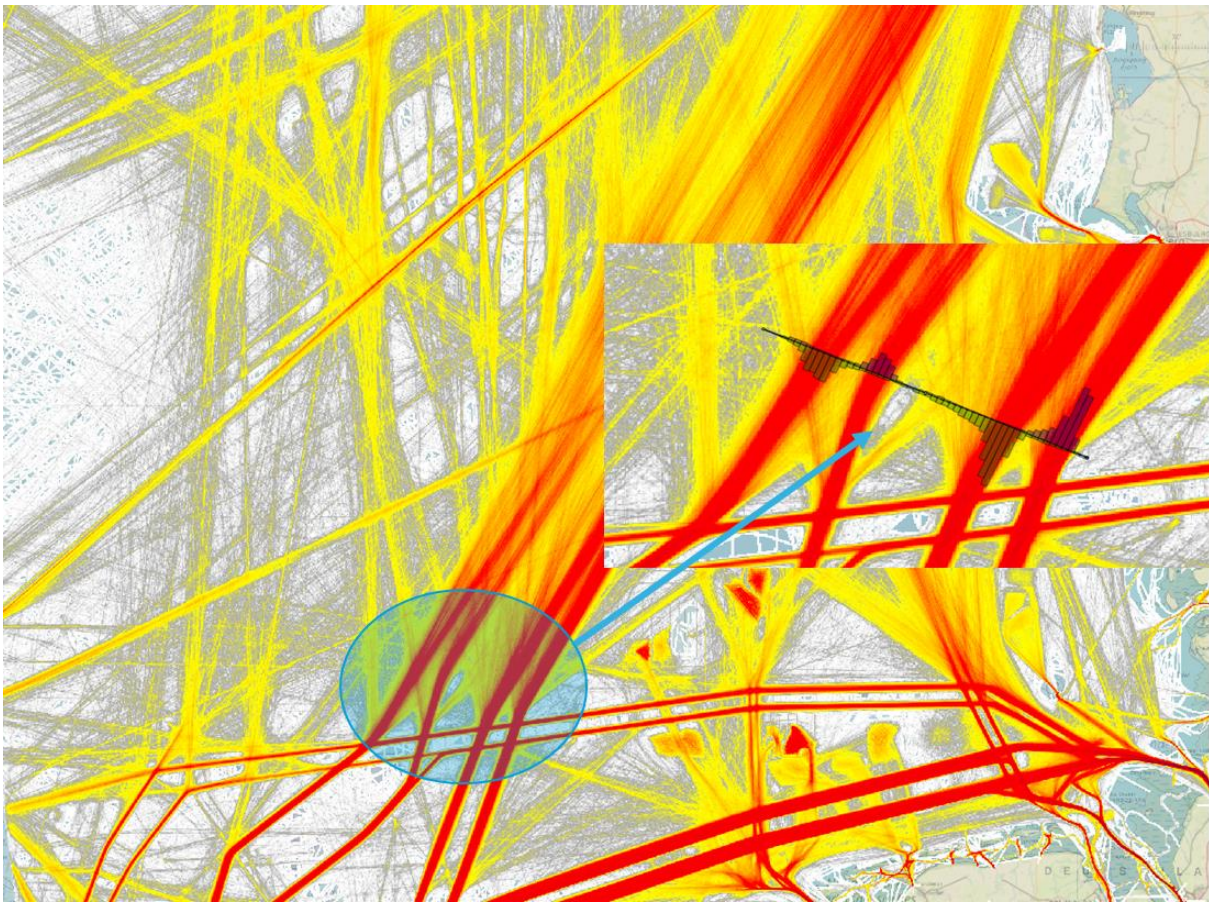
Von der WSV stehen neben den AIS-Daten für das Jahr 2019 für den Bereich der SN10 zusätzlich AIS-Daten für die Jahre 2010 und 2015 zur Verfügung. Diese Daten werden genutzt, um die Entwicklung des Verkehrs (Schiffstypen/transportierte Güter und Verkehrszahlen) im Bereich der SN10 zu untersuchen (siehe Abschnitt 4.3.1.3).

### 4.2.3 Abgleich der Daten mit anderen Datenquellen

Aufgrund der entstandenen Zweifel an der Belastbarkeit der Verkehrsdaten wurden zusätzlich Anstrengungen unternommen die Auswertungen und Daten mit den Behörden bzw. Beauftragten der Niederlande abzugleichen und die Datengrundlage somit abzusichern.

Für den Bereich der niederländischen AWZ wurden hierfür Zahlen von niederländischen Experten im Rahmen eines informellen Austausches der Behörden der Nordseerainer zur Verfügung gestellt. Diese Daten weisen im Bereich der südlichen Zu- bzw. Abfahrt zur Schifffahrtsroute SN10 für das Jahr 2019 Verkehrszahlen von 16607 südgehenden Schiffen und 16864 nordgehenden Schiffen auf. Hieraus ergibt sich für das Jahr 2019 im Bereich der Zufahrt zur SN10 von insgesamt 33471 Schiffspassagen. Über die Kriterien für die gezählten Schiffe (Schiffstypen, Größen, ...) liegen keine Angaben vor.

Ein Vergleich der entsprechenden Daten mit den für diese Untersuchung genutzten kombinierten Datensatz weist für diesen Bereich (siehe Abbildung 12) im Jahr 2019 insgesamt 31140 Schiffspassagen (15360 südgehend/15780 nordgehend) auf, wenn die AIS-Daten aller in diesem Bereich aufgenommenen Schiffstypen berücksichtigt werden.



**Abbildung 12: Lateralverteilung der Schiffspassagen im Bereich südlich der SN10 (niederländische AWZ)**

Die vergleichenden Werte für die von niederländischen Experten zur Verfügung gestellten Daten und des für diese Studie benutzten kombinierten Datensatzes sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Gründe für den Unterschied bei den absoluten Werten ließ sich im Rahmen dieser Untersuchung nicht gänzlich klären.

**Tabelle 2: Vergleich der Daten für das Jahr 2019**

| Niederländische Studie<br>[Schiffe je Richtung] | Kombinierter Datensatz<br>[Schiffe je Richtung] |
|---|---|
| 16736   | 15570   |
| 46 [Schiffe pro Tag]                            | 43 [Schiffe pro Tag]                            |
| 1,9 [Schiffe pro Stunde]                        | 1,8 [Schiffe pro Stunde]                        |

#### 4.2.4 Schiffsverkehr entlang der Schifffahrtsroute SN10

Der kombinierte Datensatz für 2019 weist im Bereich der Schifffahrtsroute SN10 in der deutschen AWZ im Vergleich der zur Verfügung stehenden einzelnen Datensätzen die beste AIS-Abdeckung auf. Für die quantitativen Analysen im Bereich der deutschen AWZ wird daher für dieses Projekt der kombinierte Datensatz für das Jahr 2019 genutzt. Da dieser Datensatz trotz der Kombination der verschiedenen zur Verfügung stehenden Datenquellen weiterhin „Lücken“ in der AIS-Abdeckung in Abhängigkeit der Position entlang der Schifffahrtsroute SN10 aufweist (siehe Abbildung 13), wurden weitere

Untersuchungen zum Schiffsverkehr in diesem Bereich vorgenommen. Dabei standen folgende Fragen im Vordergrund:

- Anzahl und Lateralverteilung der Schiffspassagen relevanter Schiffstypen (Tank-, Bulk-, Fracht- und Passagierschiffe) entlang der SN10,
- Hauptverkehrswege entlang der SN10,
- Zusammensetzung und Verteilung der querenden, sowie der in die SN10 ein- und ausfahrenden Schiffe,
- Anzahl und Lateralverteilung der in die SN10 ein- und ausfahrenden Schiffe



**Abbildung 13: Schifffahrtsroute SN10 im Bereich der deutschen AWZ**

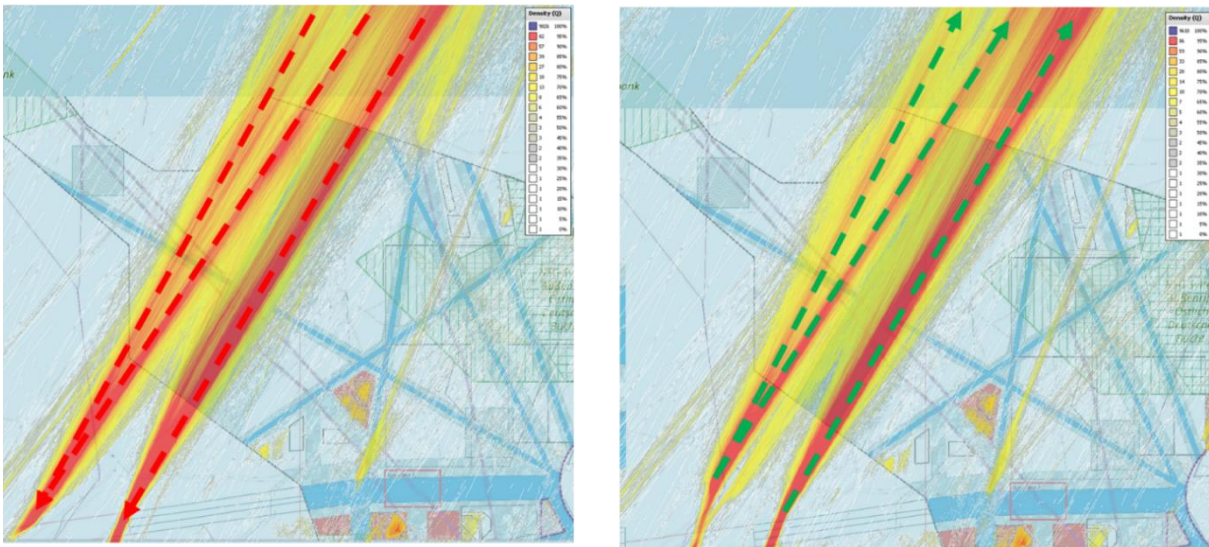
#### 4.2.4.1 Anzahl der Schiffspassagen relevanter Schiffstypen entlang der SN10

Aufgrund der lückenhaften AIS-Abdeckung lässt sich die tatsächliche Anzahl von Schiffspassagen entlang der SN10 nur indirekt bestimmen. Dabei bieten sich zwei Ansätze an:

1. Die Bestimmung der Anzahl von Schiffspassagen in einem Bereich sehr guter AIS-Abdeckung sowie anschließender Addition bzw. Subtraktion der in die SN10 ein- und auslaufenden Schiffe.
  - a. Der Verkehr im Bereich der SN10 zeichnet sich im Wesentlichen durch drei stark befahrende Hauptwege aus: (siehe Abbildung 14, hier wurden nur die Schiffe berücksichtigt, die auf Kursen von 200°-220° (rot), bzw. 20°-40° (grün) fahren).
    - i. Einen westlichen Hauptweg mit süd- und nordgehendem Verkehr
    - ii. Einen östlichen Hauptweg mit süd- und nordgehendem Verkehr
    - iii. Sowie einem dritten Hauptweg, auf dem ein Teil der Schiffe vom westlichen Hauptweg zum östlichen Hauptweg (und umgekehrt) wechselt.

- b. Zusätzlich gibt es einen nicht unerheblichen Anteil von „Streuverkehr“, der an vielen Orten in die SN10 ein-, bzw. ausläuft. Dieser Streuverkehr bewegt sich zum einen auf kleineren Schifffahrtsrouten, aber auch in den Bereichen zwischen diesen. Dieser Streuverkehr lässt sich somit schwer quantifizieren.
- c. Die AIS-Abdeckung ist sowohl für den Bereich der SN10 selbst als auch für die in die SN10 ein-, bzw. auslaufenden Schiffe abhängig von der Entfernung zur nächsten Empfangsstation. Unterschiedliche Auswertepositionen beinhalten somit auch immer unterschiedliche Fehlerraten.

Dieser Ansatz wurde deshalb nicht für die weiteren Analysen genutzt.



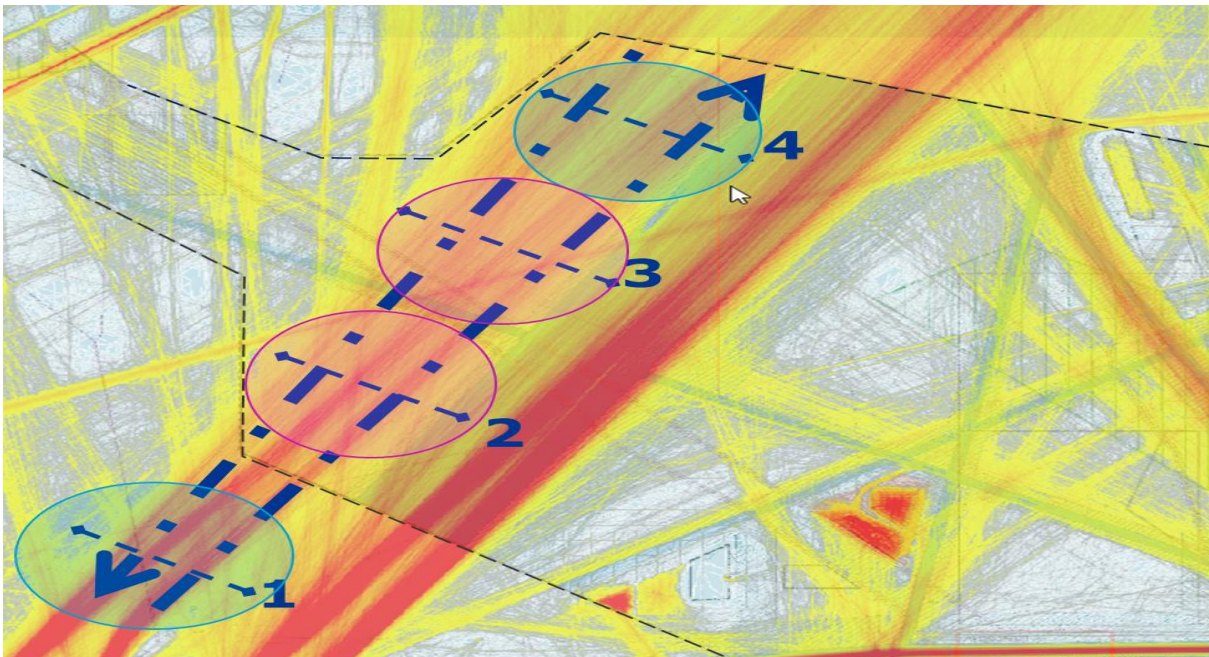
**Abbildung 14: Hauptverkehrswege entlang d. SN10 (rot = süd-, grün = nordgehender Verkehr)**

2. Der Verkehr auf der SN10 wird ausgehend von der Bestimmung der Anzahl von Schiffspassagen in mehreren geeigneten Bereichen mit sehr guter AIS-Abdeckung auf die schlecht abgedeckten Bereiche „hochgerechnet“. Hierbei werden nur Schiffe berücksichtigt, deren Kurs im jeweiligen Auswertebereich um nicht mehr als +/- 5° abweicht (Da es sich bei der SN10 im Wesentlichen um eine Transitroute handelt, kann bei diesen Schiffen davon ausgegangen werden, dass sie die Schifffahrtsroute SN10 auf der ganzen Länge, oder doch den überwiegenden Teil befahren).

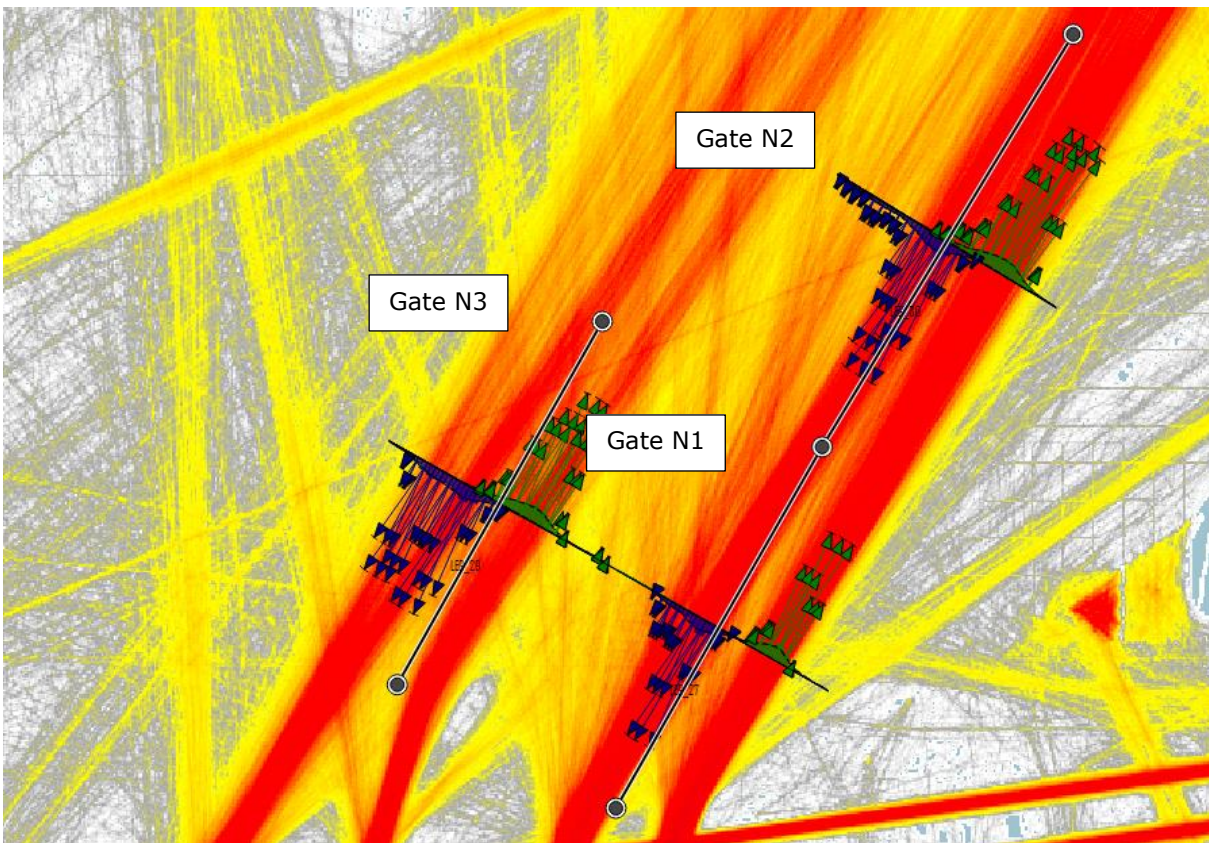
Diese Zahlen lassen sich dann direkt auf den Verkehr entlang der Schifffahrtsroute SN10 anwenden. Da bei diesem Ansatz die höchsten Zahlen (in den Bereichen mit guter AIS-Abdeckung) auf den gesamten Bereich angewendet werden, ist dieser Ansatz geringfügig konservativ.

Die Lage der Gates N1 – N3 (siehe Abbildung 16) wurde wegen der guten Abdeckung in diesem Bereich gewählt. Die Ergebnisse der Verkehrszahlen sind in Tabelle 3 bis Tabelle 8 zusammengefasst. Und graphisch in Abbildung 17 zusammengefasst.

- Dem westlichen Hauptweg konnten 6448 Schiffe pro Jahr zugeordnet werden
- Dem östlichen Hauptweg konnten 10754 Schiffe pro Jahr zugeordnet werden
- Insgesamt wird die Schifffahrtsroute SN10 jährlich von 17202 (Tank-, Bulk-, General Cargo-, Container- und Passagierschiffen) genutzt.



**Abbildung 15: AIS-Abdeckung entlang der westlichen SN10 (Bereiche 1 und 4 mit guter - mittlerer Abdeckung - Bereiche 2 und 3 mit geringer - schlechter Abdeckung)**



**Abbildung 16: Lateralverteilung an den Gates N1 - N3 südlicher Bereich der SN10**

**Die Verkehrszahlen im Einzelnen für den nordgehenden Verkehr (Tabelle 3 bis Tabelle 5):**

**Tabelle 3: Nordgehender Verkehr an Gate N1 (SN10)**

| Nordgehender Verkehr an Gate N1 (SN10) |                  |                     |                 |            |                |                    |              |                  |                |            |              |              |               |            |      |
|--|------------------|---------------------|-----------------|------------|----------------|--------------------|--------------|------------------|----------------|------------|--------------|--------------|---------------|------------|------|
| Länge [m]                              | Crude oil tanker | Oil products tanker | Chemical tanker | Gas tanker | Container ship | General cargo ship | Bulk carrier | Ro-Ro cargo ship | Passenger ship | Fast ferry | Support ship | Fishing ship | Pleasure boat | Other ship | Sum  |
| 0-25                                   | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 25-50                                  | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 1    |
| 50-75                                  | 0                | 6                   | 10              | 0          | 0              | 34                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 52   |
| 75-100                                 | 0                | 192                 | 0               | 1          | 0              | 921                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 1116 |
| 100-125                                | 0                | 347                 | 0               | 0          | 0              | 626                | 0            | 0                | 2              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 978  |
| 125-150                                | 0                | 157                 | 0               | 0          | 0              | 728                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 885  |
| 150-175                                | 0                | 69                  | 0               | 0          | 0              | 549                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 619  |
| 175-200                                | 0                | 140                 | 0               | 0          | 21             | 955                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 1118 |
| 200-225                                | 0                | 9                   | 0               | 0          | 0              | 462                | 0            | 0                | 6              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 478  |
| 225-250                                | 0                | 30                  | 0               | 0          | 0              | 494                | 6            | 0                | 8              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 539  |
| 250-275                                | 0                | 13                  | 0               | 0          | 0              | 36                 | 0            | 0                | 3              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 54   |
| 275-300                                | 0                | 1                   | 0               | 0          | 0              | 8                  | 0            | 0                | 19             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 28   |
| 300-325                                | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 2                  | 0            | 0                | 7              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 9    |
| 325-350                                | 0                | 1                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 1              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 4    |
| 350-375                                | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 3                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 3    |
| 375-400                                | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 400-                                   | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| Sum                                    | 0                | 965                 | 10              | 1          | 21             | 4818               | 6            | 0                | 46             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 5884 |

**Tabelle 4: Nordgehender Verkehr an Gate N2 (SN10)**

| Nordgehender Verkehr an Gate N3 (SN10) |                  |                     |                 |            |                |                    |              |                  |                |            |              |              |               |            |      |
|--|------------------|---------------------|-----------------|------------|----------------|--------------------|--------------|------------------|----------------|------------|--------------|--------------|---------------|------------|------|
| Länge [m]                              | Crude oil tanker | Oil products tanker | Chemical tanker | Gas tanker | Container ship | General cargo ship | Bulk carrier | Ro-Ro cargo ship | Passenger ship | Fast ferry | Support ship | Fishing ship | Pleasure boat | Other ship | Sum  |
| 0-25                                   | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 25-50                                  | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 50-75                                  | 0                | 2                   | 0               | 0          | 0              | 5                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 7    |
| 75-100                                 | 0                | 22                  | 0               | 0          | 0              | 43                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 66   |
| 100-125                                | 0                | 80                  | 0               | 0          | 0              | 41                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 121  |
| 125-150                                | 0                | 232                 | 0               | 0          | 0              | 41                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 274  |
| 150-175                                | 0                | 172                 | 0               | 0          | 0              | 102                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 275  |
| 175-200                                | 2                | 639                 | 0               | 0          | 0              | 333                | 0            | 0                | 4              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 980  |
| 200-225                                | 0                | 10                  | 0               | 0          | 0              | 77                 | 0            | 0                | 3              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 91   |
| 225-250                                | 0                | 247                 | 0               | 0          | 0              | 175                | 2            | 0                | 1              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 426  |
| 250-275                                | 2                | 283                 | 0               | 0          | 0              | 20                 | 0            | 0                | 2              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 309  |
| 275-300                                | 0                | 62                  | 0               | 0          | 0              | 14                 | 0            | 0                | 12             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 89   |
| 300-325                                | 0                | 12                  | 0               | 0          | 0              | 1                  | 0            | 0                | 7              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 21   |
| 325-350                                | 0                | 6                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 8    |
| 350-375                                | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 375-400                                | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 400-                                   | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| Sum                                    | 4                | 1767                | 0               | 0          | 0              | 852                | 2            | 0                | 29             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 2667 |

**Tabelle 5: Nordgehender Verkehr an Gate N3 (SN10)**

| Nordgehender Verkehr an Gate N2 (SN10) |                  |                     |                 |            |                |                    |              |                  |                |            |              |              |               |            |      |
|--|------------------|---------------------|-----------------|------------|----------------|--------------------|--------------|------------------|----------------|------------|--------------|--------------|---------------|------------|------|
| Länge [m]                              | Crude oil tanker | Oil products tanker | Chemical tanker | Gas tanker | Container ship | General cargo ship | Bulk carrier | Ro-Ro cargo ship | Passenger ship | Fast ferry | Support ship | Fishing ship | Pleasure boat | Other ship | Sum  |
| 0-25                                   | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 25-50                                  | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 50-75                                  | 0                | 5                   | 3               | 0          | 0              | 39                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 48   |
| 75-100                                 | 0                | 186                 | 0               | 0          | 0              | 890                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 1077 |
| 100-125                                | 0                | 343                 | 0               | 0          | 0              | 625                | 0            | 0                | 2              | 1          | 0            | 0            | 0             | 0          | 974  |
| 125-150                                | 0                | 156                 | 0               | 0          | 0              | 771                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 928  |
| 150-175                                | 0                | 77                  | 0               | 0          | 0              | 553                | 0            | 0                | 1              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 633  |
| 175-200                                | 0                | 155                 | 0               | 0          | 17             | 965                | 0            | 0                | 1              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 1141 |
| 200-225                                | 0                | 9                   | 0               | 0          | 0              | 463                | 0            | 0                | 7              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 480  |
| 225-250                                | 0                | 36                  | 0               | 0          | 0              | 493                | 4            | 0                | 7              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 542  |
| 250-275                                | 0                | 21                  | 0               | 0          | 0              | 26                 | 1            | 0                | 4              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 54   |
| 275-300                                | 0                | 2                   | 0               | 0          | 0              | 11                 | 0            | 0                | 19             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 33   |
| 300-325                                | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 1                  | 0            | 0                | 6              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 8    |
| 325-350                                | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 1              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 3    |
| 350-375                                | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 2                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 2    |
| 375-400                                | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 400-                                   | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| Sum                                    | 0                | 990                 | 3               | 0          | 17             | 4839               | 5            | 0                | 48             | 1          | 0            | 0            | 0             | 0          | 5923 |

**Die detaillierten Verkehrszahlen für den südgehenden Verkehr (Tabelle 6 bis Tabelle 8):**

**Tabelle 6: Südgehender Verkehr an Gate N1 (SN10)**

| Südgehender Verkehr an Gate N1 (SN10) |                  |                     |                 |            |                |                    |              |                  |                |            |              |              |               |            |      |
|---------------------------------------|------------------|---------------------|-----------------|------------|----------------|--------------------|--------------|------------------|----------------|------------|--------------|--------------|---------------|------------|------|
| Länge [m]                             | Crude oil tanker | Oil products tanker | Chemical tanker | Gas tanker | Container ship | General cargo ship | Bulk carrier | Ro-Ro cargo ship | Passenger ship | Fast ferry | Support ship | Fishing ship | Pleasure boat | Other ship | Sum  |
| 0-25                                  | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 25-50                                 | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 50-75                                 | 0                | 4                   | 6               | 0          | 0              | 29                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 42   |
| 75-100                                | 0                | 217                 | 0               | 1          | 0              | 746                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 965  |
| 100-125                               | 0                | 370                 | 0               | 0          | 0              | 657                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 1028 |
| 125-150                               | 0                | 80                  | 0               | 0          | 0              | 652                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 732  |
| 150-175                               | 0                | 10                  | 0               | 0          | 0              | 545                | 0            | 0                | 4              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 560  |
| 175-200                               | 0                | 37                  | 0               | 0          | 24             | 1024               | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 1086 |
| 200-225                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 450                | 0            | 0                | 3              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 454  |
| 225-250                               | 0                | 5                   | 0               | 0          | 0              | 428                | 6            | 0                | 3              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 444  |
| 250-275                               | 0                | 3                   | 0               | 0          | 0              | 24                 | 0            | 0                | 3              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 33   |
| 275-300                               | 0                | 1                   | 0               | 0          | 0              | 7                  | 0            | 0                | 15             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 24   |
| 300-325                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 1                  | 0            | 0                | 5              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 7    |
| 325-350                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 1              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 2    |
| 350-375                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 375-400                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 400-                                  | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| Sum                                   | 0                | 727                 | 6               | 1          | 24             | 4563               | 6            | 0                | 34             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 5377 |

**Tabelle 7: Südgehender Verkehr an Gate N2 (SN10)**

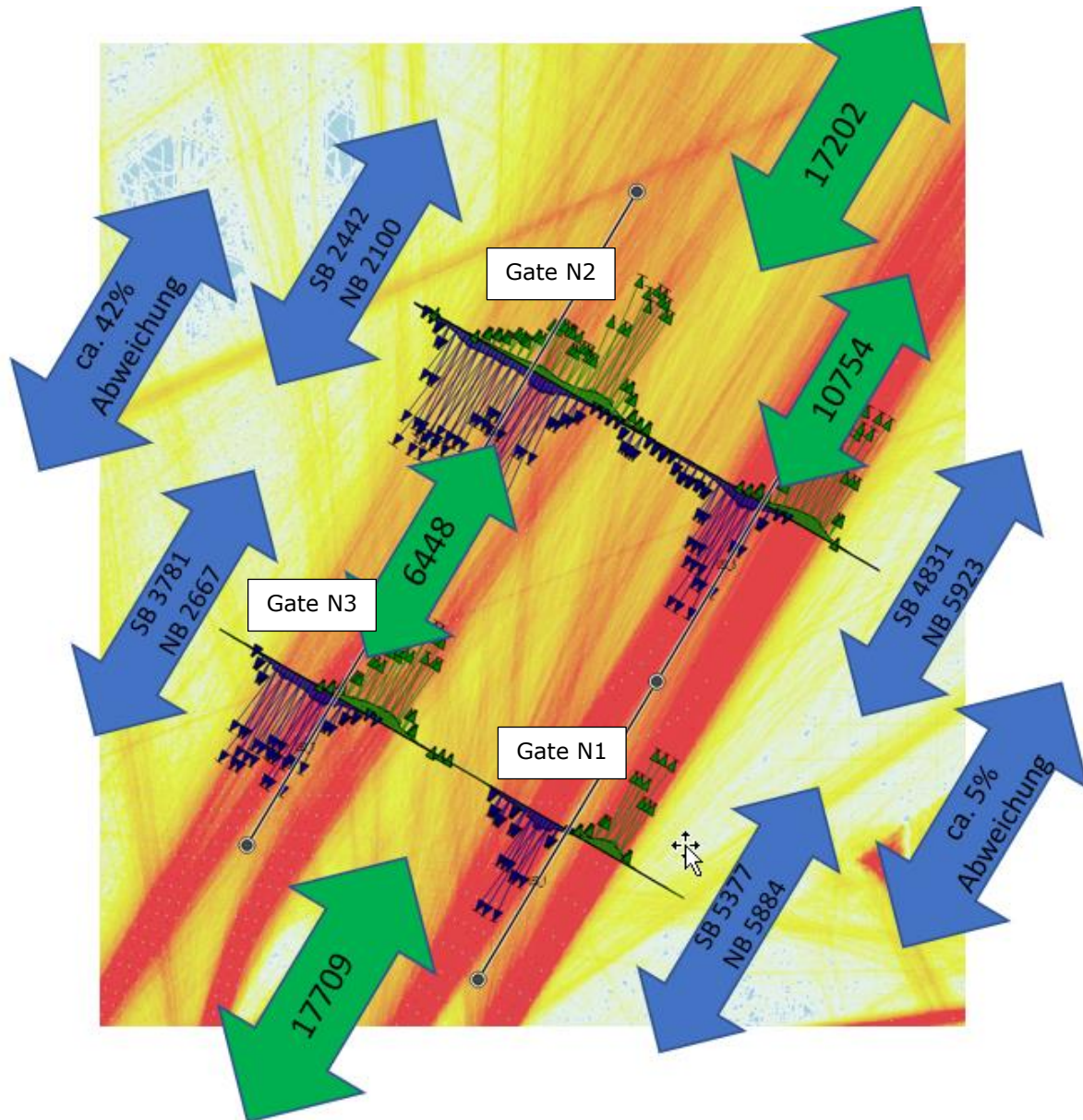
| Südgehender Verkehr an Gate N3 (SN10) |                  |                     |                 |            |                |                    |              |                  |                |            |              |              |               |            |      |
|---------------------------------------|------------------|---------------------|-----------------|------------|----------------|--------------------|--------------|------------------|----------------|------------|--------------|--------------|---------------|------------|------|
| Länge [m]                             | Crude oil tanker | Oil products tanker | Chemical tanker | Gas tanker | Container ship | General cargo ship | Bulk carrier | Ro-Ro cargo ship | Passenger ship | Fast ferry | Support ship | Fishing ship | Pleasure boat | Other ship | Sum  |
| 0-25                                  | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 25-50                                 | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 50-75                                 | 0                | 2                   | 0               | 0          | 0              | 4                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 7    |
| 75-100                                | 0                | 20                  | 0               | 0          | 0              | 47                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 68   |
| 100-125                               | 0                | 55                  | 0               | 0          | 0              | 65                 | 0            | 0                | 1              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 123  |
| 125-150                               | 0                | 207                 | 0               | 0          | 0              | 97                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 306  |
| 150-175                               | 0                | 259                 | 0               | 0          | 0              | 171                | 0            | 0                | 2              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 432  |
| 175-200                               | 1                | 897                 | 0               | 0          | 0              | 624                | 0            | 0                | 4              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 1528 |
| 200-225                               | 0                | 13                  | 0               | 0          | 0              | 130                | 0            | 0                | 4              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 148  |
| 225-250                               | 0                | 324                 | 0               | 0          | 0              | 348                | 3            | 0                | 3              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 679  |
| 250-275                               | 5                | 349                 | 0               | 0          | 0              | 31                 | 0            | 0                | 2              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 388  |
| 275-300                               | 0                | 58                  | 0               | 0          | 0              | 3                  | 0            | 0                | 12             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 74   |
| 300-325                               | 0                | 16                  | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 4              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 21   |
| 325-350                               | 0                | 4                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 1              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 7    |
| 350-375                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 375-400                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 400-                                  | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| Sum                                   | 6                | 2204                | 0               | 0          | 0              | 1520               | 3            | 0                | 33             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 3781 |

**Tabelle 8: Südgehender Verkehr an Gate N3 (SN10)**

| Südgehender Verkehr an Gate N2 (SN10) |                  |                     |                 |            |                |                    |              |                  |                |            |              |              |               |            |      |
|---------------------------------------|------------------|---------------------|-----------------|------------|----------------|--------------------|--------------|------------------|----------------|------------|--------------|--------------|---------------|------------|------|
| Länge [m]                             | Crude oil tanker | Oil products tanker | Chemical tanker | Gas tanker | Container ship | General cargo ship | Bulk carrier | Ro-Ro cargo ship | Passenger ship | Fast ferry | Support ship | Fishing ship | Pleasure boat | Other ship | Sum  |
| 0-25                                  | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 1    |
| 25-50                                 | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 50-75                                 | 0                | 2                   | 6               | 0          | 0              | 18                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 28   |
| 75-100                                | 0                | 179                 | 0               | 1          | 0              | 592                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 773  |
| 100-125                               | 0                | 291                 | 0               | 0          | 0              | 606                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 898  |
| 125-150                               | 0                | 56                  | 0               | 0          | 0              | 595                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 652  |
| 150-175                               | 0                | 12                  | 0               | 0          | 0              | 512                | 0            | 0                | 4              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 528  |
| 175-200                               | 0                | 28                  | 0               | 0          | 26             | 975                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 1031 |
| 200-225                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 444                | 0            | 0                | 3              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 448  |
| 225-250                               | 0                | 5                   | 0               | 0          | 0              | 409                | 3            | 0                | 3              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 422  |
| 250-275                               | 0                | 4                   | 0               | 0          | 0              | 16                 | 0            | 0                | 2              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 25   |
| 275-300                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 3                  | 0            | 0                | 13             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 17   |
| 300-325                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 1                  | 0            | 0                | 5              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 7    |
| 325-350                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 1              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 1    |
| 350-375                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 375-400                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| 400-                                  | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0    |
| Sum                                   | 0                | 577                 | 6               | 1          | 26             | 4171               | 3            | 0                | 31             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 4831 |

Aus diesem Ansatz ergeben sich folgende Zahlen, die in den weiteren Analysen genutzt wurden:

Für die Schifffahrtsroute SN10 werden insgesamt 17202 Schiffe pro Jahr angenommen: 6448 für den westlichen Bereich (basierend auf der Auswertung des Gates N3 (Abbildung 17)) und 10754 für den östlichen Bereich (basierend auf der Auswertung des Gates N2 (Abbildung 17)).



**Abbildung 17: Zusammenfassung der Verkehrszahlen im südlichen Bereich der SN10**

#### 4.2.5 Schiffsverkehr entlang der Schifffahrtsroute SN4

Abbildung 3 zeigt die Lage der Schifffahrtsroute SN4. Diese Route quert die SN10 rechtwinklig. Die Schiffsverkehrszahlen wurden am Gate SN4 ermittelt, dieses Gate erfasst den die SN10 querenden Verkehr.

Die Zahlen sind in Tabelle 9 und Tabelle 10 zusammengefasst. Die Lateralverteilung für das Gate SN4 zeigt Abbildung 18.

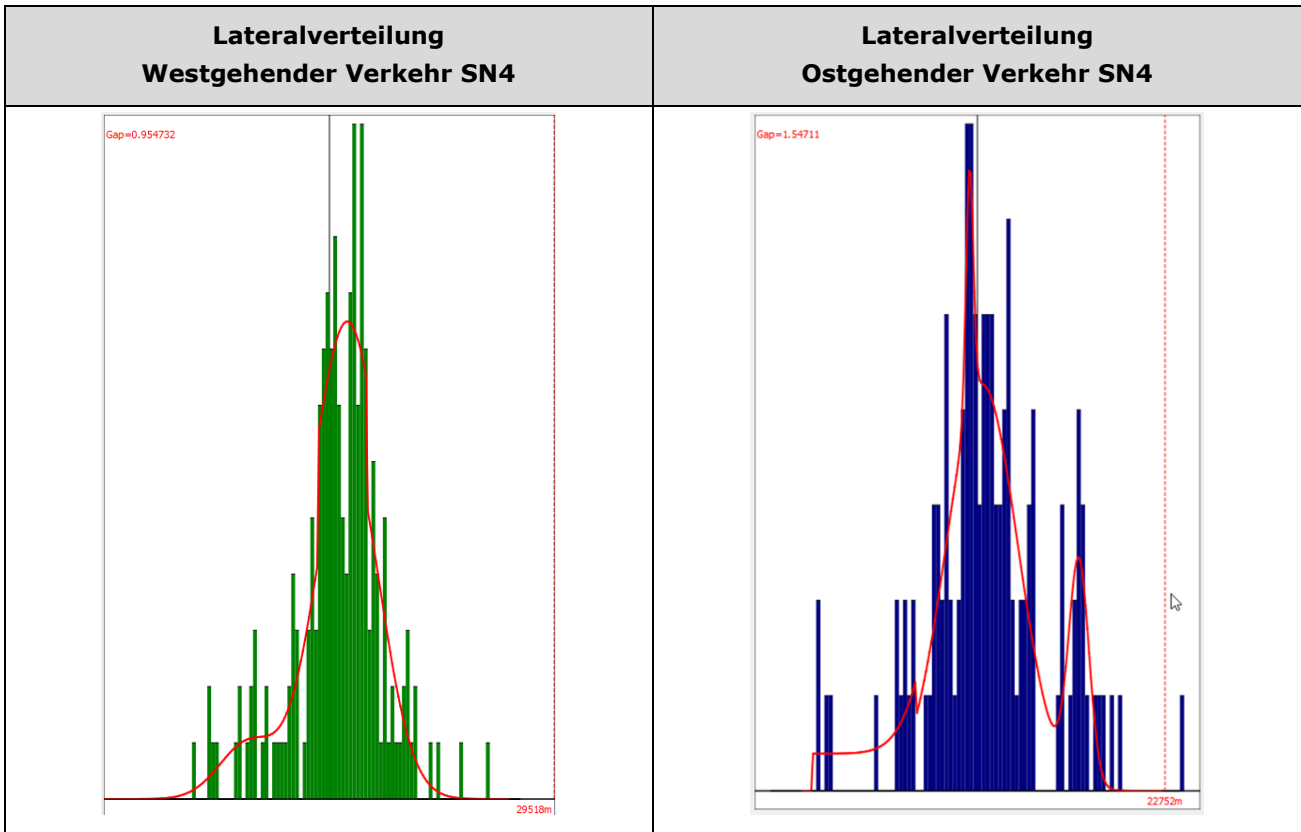


**Tabelle 9: Westgehender Verkehr am Gate SN4**

| Westgehender Verkehr - GateSN4 |                  |                     |                 |            |                |                    |              |                  |                |            |              |              |               |            |     |
|--------------------------------|------------------|---------------------|-----------------|------------|----------------|--------------------|--------------|------------------|----------------|------------|--------------|--------------|---------------|------------|-----|
| Länge [m]                      | Crude oil tanker | Oil products tanker | Chemical tanker | Gas tanker | Container ship | General cargo ship | Bulk carrier | Ro-Ro cargo ship | Passenger ship | Fast ferry | Support ship | Fishing ship | Pleasure boat | Other ship | Sum |
| 0-25                           | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 25-50                          | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 50-75                          | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 3                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 3   |
| 75-100                         | 0                | 6                   | 0               | 0          | 0              | 69                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 76  |
| 100-125                        | 0                | 6                   | 0               | 0          | 0              | 6                  | 0            | 0                | 3              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 16  |
| 125-150                        | 0                | 6                   | 0               | 0          | 0              | 9                  | 0            | 0                | 6              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 23  |
| 150-175                        | 0                | 3                   | 0               | 0          | 0              | 3                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 6   |
| 175-200                        | 0                | 6                   | 0               | 0          | 0              | 16                 | 0            | 0                | 9              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 33  |
| 200-225                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 26                 | 0            | 0                | 9              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 36  |
| 225-250                        | 0                | 53                  | 0               | 0          | 0              | 56                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 109 |
| 250-275                        | 0                | 29                  | 0               | 0          | 0              | 73                 | 0            | 0                | 3              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 106 |
| 275-300                        | 0                | 13                  | 0               | 0          | 0              | 153                | 0            | 0                | 6              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 173 |
| 300-325                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 19                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 19  |
| 325-350                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 3                  | 0            | 0                | 3              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 6   |
| 350-375                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 375-400                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 400-                           | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| Sum                            | 0                | 122                 | 0               | 0          | 0              | 436                | 0            | 0                | 39             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 606 |

**Tabelle 10: Ostgehender Verkehr am Gate SN4**

| Ostgehender Verkehr - GateSN4 |                  |                     |                 |            |                |                    |              |                  |                |            |              |              |               |            |     |
|-------------------------------|------------------|---------------------|-----------------|------------|----------------|--------------------|--------------|------------------|----------------|------------|--------------|--------------|---------------|------------|-----|
| Länge [m]                     | Crude oil tanker | Oil products tanker | Chemical tanker | Gas tanker | Container ship | General cargo ship | Bulk carrier | Ro-Ro cargo ship | Passenger ship | Fast ferry | Support ship | Fishing ship | Pleasure boat | Other ship | Sum |
| 0-25                          | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 25-50                         | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 50-75                         | 0                | 3                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 3   |
| 75-100                        | 0                | 6                   | 0               | 0          | 0              | 56                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 63  |
| 100-125                       | 0                | 6                   | 0               | 0          | 0              | 9                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 16  |
| 125-150                       | 0                | 3                   | 0               | 0          | 0              | 19                 | 0            | 0                | 3              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 26  |
| 150-175                       | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 175-200                       | 0                | 6                   | 0               | 0          | 0              | 19                 | 0            | 0                | 9              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 36  |
| 200-225                       | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 36                 | 0            | 0                | 6              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 43  |
| 225-250                       | 0                | 49                  | 0               | 0          | 0              | 43                 | 3            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 96  |
| 250-275                       | 0                | 19                  | 0               | 0          | 0              | 43                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 63  |
| 275-300                       | 0                | 9                   | 0               | 0          | 0              | 16                 | 0            | 0                | 33             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 59  |
| 300-325                       | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 325-350                       | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 6              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 6   |
| 350-375                       | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 375-400                       | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 400-                          | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| Sum                           | 0                | 101                 | 0               | 0          | 0              | 241                | 3            | 0                | 57             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 411 |



**Abbildung 18: Lateralverteilung am Gate SN4**

#### 4.2.6 Auswertung zusätzlicher Zähllinien

Zusätzlich zu den in den vorangegangenen Abschnitten dargestellten Auswertungen, wurden weitere Zähllinien gelegt und ausgewertet.



**Abbildung 19: zusätzliche Zähllinien**

**Tabelle 11: Nord- / südgehender Verkehr am Gate SN7a**

| Nord gehender Verkehr an Gate SN 7a |                  |                     |                 |            |                |                    |              |                  |                |            |              |              |               |            |            |
|-------------------------------------|------------------|---------------------|-----------------|------------|----------------|--------------------|--------------|------------------|----------------|------------|--------------|--------------|---------------|------------|------------|
| Länge [m]                           | Crude oil tanker | Oil products tanker | Chemical tanker | Gas tanker | Container ship | General cargo ship | Bulk carrier | Ro-Ro cargo ship | Passenger ship | Fast ferry | Support ship | Fishing ship | Pleasure boat | Other ship | Sum        |
| 0-25                                | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 25-50                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 50-75                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 75-100                              | 0                | 16                  | 0               | 0          | 0              | 4                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 20         |
| 100-125                             | 0                | 20                  | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 20         |
| 125-150                             | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 8              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 8          |
| 150-175                             | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 175-200                             | 0                | 12                  | 0               | 0          | 0              | 20                 | 0            | 0                | 16             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 48         |
| 200-225                             | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 4              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 4          |
| 225-250                             | 0                | 24                  | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 24         |
| 250-275                             | 0                | 8                   | 0               | 0          | 0              | 4                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 12         |
| 275-300                             | 0                | 4                   | 0               | 0          | 0              | 20                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 24         |
| 300-325                             | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 8                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 8          |
| 325-350                             | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 4              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 4          |
| 350-375                             | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 375-400                             | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 400-                                | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| <b>Sum</b>                          | <b>0</b>         | <b>84</b>           | <b>0</b>        | <b>0</b>   | <b>0</b>       | <b>56</b>          | <b>0</b>     | <b>0</b>         | <b>32</b>      | <b>0</b>   | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>      | <b>0</b>   | <b>172</b> |

| Süd gehender Verkehr an Gate SN 7a |                  |                     |                 |            |                |                    |              |                  |                |            |              |              |               |            |            |
|------------------------------------|------------------|---------------------|-----------------|------------|----------------|--------------------|--------------|------------------|----------------|------------|--------------|--------------|---------------|------------|------------|
| Länge [m]                          | Crude oil tanker | Oil products tanker | Chemical tanker | Gas tanker | Container ship | General cargo ship | Bulk carrier | Ro-Ro cargo ship | Passenger ship | Fast ferry | Support ship | Fishing ship | Pleasure boat | Other ship | Sum        |
| 0-25                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 25-50                              | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 50-75                              | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 75-100                             | 0                | 4                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 4          |
| 100-125                            | 0                | 16                  | 0               | 0          | 0              | 4                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 20         |
| 125-150                            | 0                | 4                   | 0               | 0          | 0              | 4                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 8          |
| 150-175                            | 0                | 4                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 4          |
| 175-200                            | 0                | 44                  | 0               | 0          | 0              | 28                 | 0            | 0                | 8              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 80         |
| 200-225                            | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 4                  | 0            | 0                | 4              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 8          |
| 225-250                            | 0                | 36                  | 0               | 0          | 0              | 16                 | 4            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 56         |
| 250-275                            | 0                | 32                  | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 32         |
| 275-300                            | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 8              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 8          |
| 300-325                            | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 8                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 8          |
| 325-350                            | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 4              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 4          |
| 350-375                            | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 375-400                            | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 400-                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| <b>Sum</b>                         | <b>0</b>         | <b>140</b>          | <b>0</b>        | <b>0</b>   | <b>0</b>       | <b>64</b>          | <b>4</b>     | <b>0</b>         | <b>24</b>      | <b>0</b>   | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>      | <b>0</b>   | <b>232</b> |

**Tabelle 12: Nord- / südgehender Verkehr am Gate SN7b**

| Nord gehender Verkehr an Gate SN 7b |                  |                     |                 |            |                |                    |              |                  |                |            |              |              |               |            |             |
|-------------------------------------|------------------|---------------------|-----------------|------------|----------------|--------------------|--------------|------------------|----------------|------------|--------------|--------------|---------------|------------|-------------|
| Länge [m]                           | Crude oil tanker | Oil products tanker | Chemical tanker | Gas tanker | Container ship | General cargo ship | Bulk carrier | Ro-Ro cargo ship | Passenger ship | Fast ferry | Support ship | Fishing ship | Pleasure boat | Other ship | Sum         |
| 0-25                                | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0           |
| 25-50                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 2                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 2           |
| 50-75                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 2                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 2           |
| 75-100                              | 0                | 33                  | 0               | 0          | 0              | 60                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 94          |
| 100-125                             | 0                | 65                  | 0               | 0          | 0              | 56                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 121         |
| 125-150                             | 0                | 36                  | 0               | 0          | 0              | 153                | 0            | 0                | 2              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 191         |
| 150-175                             | 0                | 9                   | 0               | 0          | 0              | 24                 | 0            | 0                | 2              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 36          |
| 175-200                             | 0                | 119                 | 0               | 0          | 0              | 348                | 0            | 0                | 11             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 479         |
| 200-225                             | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 139                | 0            | 0                | 22             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 162         |
| 225-250                             | 0                | 27                  | 0               | 0          | 0              | 146                | 4            | 0                | 15             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 193         |
| 250-275                             | 0                | 40                  | 0               | 0          | 0              | 11                 | 0            | 0                | 29             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 81          |
| 275-300                             | 0                | 20                  | 0               | 0          | 0              | 15                 | 0            | 0                | 9              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 45          |
| 300-325                             | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 11                 | 0            | 0                | 9              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 20          |
| 325-350                             | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 6                  | 0            | 0                | 13             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 20          |
| 350-375                             | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0           |
| 375-400                             | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 157                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 157         |
| 400-                                | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 2                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 2           |
| <b>Sum</b>                          | <b>0</b>         | <b>349</b>          | <b>0</b>        | <b>0</b>   | <b>0</b>       | <b>1132</b>        | <b>4</b>     | <b>0</b>         | <b>112</b>     | <b>0</b>   | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>      | <b>0</b>   | <b>1605</b> |

| Süd gehender Verkehr an Gate SN 7b |                  |                     |                 |            |                |                    |              |                  |                |            |              |              |               |            |             |
|------------------------------------|------------------|---------------------|-----------------|------------|----------------|--------------------|--------------|------------------|----------------|------------|--------------|--------------|---------------|------------|-------------|
| Länge [m]                          | Crude oil tanker | Oil products tanker | Chemical tanker | Gas tanker | Container ship | General cargo ship | Bulk carrier | Ro-Ro cargo ship | Passenger ship | Fast ferry | Support ship | Fishing ship | Pleasure boat | Other ship | Sum         |
| 0-25                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0           |
| 25-50                              | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0           |
| 50-75                              | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0           |
| 75-100                             | 0                | 54                  | 0               | 0          | 0              | 119                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 173         |
| 100-125                            | 0                | 108                 | 0               | 0          | 0              | 128                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 236         |
| 125-150                            | 0                | 18                  | 0               | 0          | 0              | 211                | 0            | 0                | 11             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 240         |
| 150-175                            | 0                | 13                  | 0               | 0          | 0              | 56                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 69          |
| 175-200                            | 0                | 155                 | 0               | 0          | 0              | 378                | 0            | 0                | 24             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 558         |
| 200-225                            | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 218                | 0            | 0                | 31             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 249         |
| 225-250                            | 0                | 9                   | 0               | 0          | 0              | 121                | 2            | 0                | 2              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 135         |
| 250-275                            | 0                | 33                  | 0               | 0          | 0              | 15                 | 0            | 0                | 27             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 76          |
| 275-300                            | 0                | 33                  | 0               | 0          | 0              | 6                  | 0            | 0                | 36             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 76          |
| 300-325                            | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 29                 | 0            | 0                | 15             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 45          |
| 325-350                            | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 4                  | 0            | 0                | 15             | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 20          |
| 350-375                            | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 6                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 6           |
| 375-400                            | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 144                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 144         |
| 400-                               | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 2                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 2           |
| <b>Sum</b>                         | <b>0</b>         | <b>423</b>          | <b>0</b>        | <b>0</b>   | <b>0</b>       | <b>1437</b>        | <b>2</b>     | <b>0</b>         | <b>161</b>     | <b>0</b>   | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>      | <b>0</b>   | <b>2029</b> |

**Tabelle 13: West- / ostgehender Verkehr am Gate X**

| West gehender Verkehr an Gate X |                  |                     |                 |            |                |                    |              |                  |                |            |              |              |               |            |            |
|---------------------------------|------------------|---------------------|-----------------|------------|----------------|--------------------|--------------|------------------|----------------|------------|--------------|--------------|---------------|------------|------------|
| Länge [m]                       | Crude oil tanker | Oil products tanker | Chemical tanker | Gas tanker | Container ship | General cargo ship | Bulk carrier | Ro-Ro cargo ship | Passenger ship | Fast ferry | Support ship | Fishing ship | Pleasure boat | Other ship | Sum        |
| 0-25                            | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 25-50                           | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 2                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 2          |
| 50-75                           | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 2                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 2          |
| 75-100                          | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 100-125                         | 0                | 2                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 2          |
| 125-150                         | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 12                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 12         |
| 150-175                         | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 175-200                         | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 277                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 277        |
| 200-225                         | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 225-250                         | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 250-275                         | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 275-300                         | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 300-325                         | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 325-350                         | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 350-375                         | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 375-400                         | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 400-                            | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| <b>Sum</b>                      | <b>0</b>         | <b>2</b>            | <b>0</b>        | <b>0</b>   | <b>0</b>       | <b>293</b>         | <b>0</b>     | <b>0</b>         | <b>0</b>       | <b>0</b>   | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>      | <b>0</b>   | <b>295</b> |

| Ost gehender Verkehr an Gate X |                  |                     |                 |            |                |                    |              |                  |                |            |              |              |               |            |            |
|--------------------------------|------------------|---------------------|-----------------|------------|----------------|--------------------|--------------|------------------|----------------|------------|--------------|--------------|---------------|------------|------------|
| Länge [m]                      | Crude oil tanker | Oil products tanker | Chemical tanker | Gas tanker | Container ship | General cargo ship | Bulk carrier | Ro-Ro cargo ship | Passenger ship | Fast ferry | Support ship | Fishing ship | Pleasure boat | Other ship | Sum        |
| 0-25                           | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 25-50                          | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 2                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 2          |
| 50-75                          | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 75-100                         | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 2                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 2          |
| 100-125                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 125-150                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 17                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 17         |
| 150-175                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 175-200                        | 0                | 2                   | 0               | 0          | 0              | 280                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 282        |
| 200-225                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 225-250                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 250-275                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 275-300                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 300-325                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 325-350                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 350-375                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 375-400                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| 400-                           | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0          |
| <b>Sum</b>                     | <b>0</b>         | <b>2</b>            | <b>0</b>        | <b>0</b>   | <b>0</b>       | <b>301</b>         | <b>0</b>     | <b>0</b>         | <b>0</b>       | <b>0</b>   | <b>0</b>     | <b>0</b>     | <b>0</b>      | <b>0</b>   | <b>303</b> |

**Tabelle 14: West- / ostgehender Verkehr am Gate Y**

| Westgehender Verkehr an Gate Y |                  |                     |                 |            |                |                    |              |                  |                |            |              |              |               |            |     |
|--------------------------------|------------------|---------------------|-----------------|------------|----------------|--------------------|--------------|------------------|----------------|------------|--------------|--------------|---------------|------------|-----|
| Länge [m]                      | Crude oil tanker | Oil products tanker | Chemical tanker | Gas tanker | Container ship | General cargo ship | Bulk carrier | Ro-Ro cargo ship | Passenger ship | Fast ferry | Support ship | Fishing ship | Pleasure boat | Other ship | Sum |
| 0-25                           | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 25-50                          | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 50-75                          | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 97                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 97  |
| 75-100                         | 0                | 7                   | 0               | 0          | 0              | 67                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 75  |
| 100-125                        | 0                | 5                   | 0               | 0          | 0              | 5                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 10  |
| 125-150                        | 0                | 2                   | 0               | 0          | 0              | 7                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 10  |
| 150-175                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 2                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 2   |
| 175-200                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 5                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 5   |
| 200-225                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 225-250                        | 0                | 2                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 2   |
| 250-275                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 275-300                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 300-325                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 325-350                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 350-375                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 375-400                        | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 400-                           | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| Sum                            | 0                | 16                  | 0               | 0          | 0              | 183                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 201 |

| Ostgehender Verkehr an Gate X |                  |                     |                 |            |                |                    |              |                  |                |            |              |              |               |            |     |
|-------------------------------|------------------|---------------------|-----------------|------------|----------------|--------------------|--------------|------------------|----------------|------------|--------------|--------------|---------------|------------|-----|
| Länge [m]                     | Crude oil tanker | Oil products tanker | Chemical tanker | Gas tanker | Container ship | General cargo ship | Bulk carrier | Ro-Ro cargo ship | Passenger ship | Fast ferry | Support ship | Fishing ship | Pleasure boat | Other ship | Sum |
| 0-25                          | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 25-50                         | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 2                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 2   |
| 50-75                         | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 92                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 92  |
| 75-100                        | 0                | 7                   | 0               | 0          | 0              | 102                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 110 |
| 100-125                       | 0                | 7                   | 0               | 0          | 0              | 30                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 17  |
| 125-150                       | 0                | 2                   | 0               | 0          | 0              | 37                 | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 40  |
| 150-175                       | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 2                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 2   |
| 175-200                       | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 7                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 7   |
| 200-225                       | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 225-250                       | 0                | 2                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 2   |
| 250-275                       | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 275-300                       | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 300-325                       | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 325-350                       | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 350-375                       | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 375-400                       | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| 400-                          | 0                | 0                   | 0               | 0          | 0              | 0                  | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 0   |
| Sum                           | 0                | 18                  | 0               | 0          | 0              | 252                | 0            | 0                | 0              | 0          | 0            | 0            | 0             | 0          | 272 |

## 4.3 Verkehrsprognose bis 2030

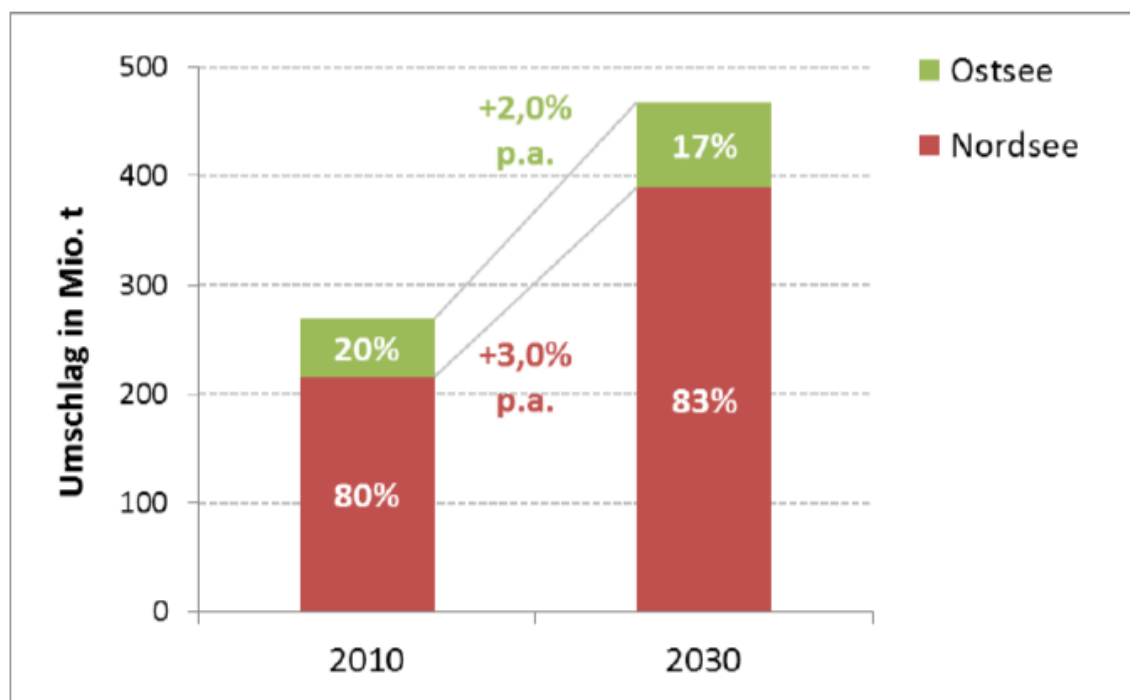
Die Verkehrsprognose vom Jahr 2020 zum Jahr 2030 ist – wie jede Prognose – mit Unsicherheiten behaftet. Anhand des Vergleichs prognostizierter Daten mit in der Vergangenheit tatsächlich erreichten Werten soll versucht werden diese Unsicherheiten möglichst zu minimieren. Daher werden in den folgenden Abschnitten zunächst verschiedene Ansätze zur Verkehrsprognose diskutiert und der geeignetste Ansatz ausgewählt. Basierend darauf wird abschließend die Prognose erstellt.

### 4.3.1 Ansätze zur Verkehrsprognose

#### 4.3.1.1 Basierend auf der Seeverkehrsprognose des BMVI

Für die *Voruntersuchung zur verkehrlich-schifffahrtspolizeilichen Eignung von Flächen in der AWZ der Nord- und Ostsee /3/*, wurde bereits im Jahr 2019 eine Prognose der zu erwartenden Verkehre in der Nord- und Ostsee basierend auf den prognostizierten Umschlagsvolumen der Seeverkehrsprognose 2030 /6/ (die 2014 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) erstellt wurde), sowie Daten des Statistischen Bundesamtes und Verkehrsdaten der Wasserstraßen und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) erstellt. Die Seeverkehrsprognose stellt zunächst eine Prognose der Umschlagsvolumen zur Verfügung, ein Zusammenhang dieser mit den Verkehrszahlen muss ggf. später hergestellt werden.

In der Seeverkehrsprognose werden auf Grundlage von Prognosen des Bruttoinlandprodukts sowie von Im- und Exportentwicklungen für die Häfen an Nord- und Ostsee die Änderungen der Umschlagsvolumen bis zum Jahr 2030 vorhergesagt. Ausgehend von den Umschlagsvolumen des Jahres 2010 wurde für die Nordsee eine Steigerung von jährlich 3,0% angesetzt, vgl. Abbildung 20.



**Abbildung 20: Deutsche Seehäfen, Umschlagsentwicklung und Marktanteile nach Seegebiet /6/**

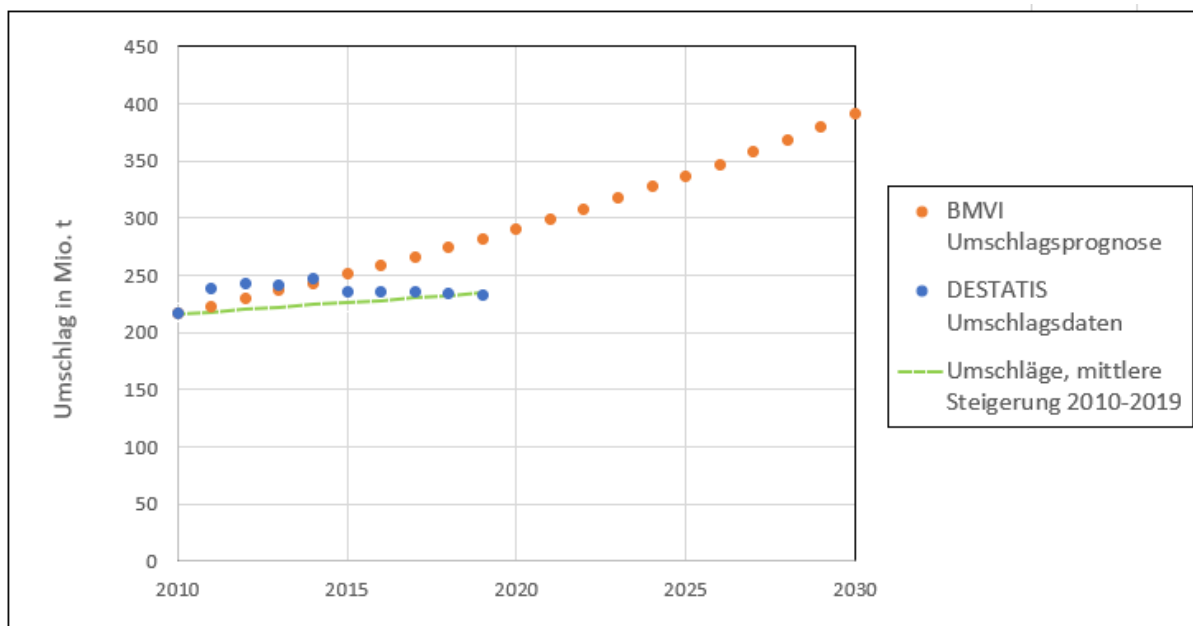
Zur Beantwortung der Frage, inwieweit diese Wachstumsraten zur Ableitung von Verkehrszahlen im jeweiligen Seegebiet sinnvoll ansetzbar sind, wurden die Zahlen, die sich aus der Prognose ergeben, mit den tatsächlich realisierten Umschlagsvolumen der Jahre 2010 bis 2018 verglichen. Die tatsächlichen Umschlagsvolumen sind den Daten des Statistischen Bundesamtes DESTATIS /7/ entnommen. Dieser

Vergleich wurde in einem ersten Schritt um die aktuell für diese überarbeitete Prognose zur Verfügung stehenden Daten für das Jahr 2019 erweitert, s. Abbildung 21.

Der Vergleich von prognostizierten und tatsächlich erreichten Umschlagsvolumen zeigt, dass zunächst die Prognose in den Jahren 2011 bis 2014 von den tatsächlichen Umschlagsvolumen übertroffen wird, während sich die tatsächlichen Umschlagsvolumen ab 2015 auf in etwa konstantem Niveau halten und somit die Prognose zu hohe Wachstumsraten ergibt. Die damalige Schlussfolgerung, dass eine Steigerung von 3,0% p.a. sehr wohl über mehrere Jahre hinweg erzielbar ist, ist sicherlich weiterhin haltbar, allerdings muss davon ausgegangen werden, dass - insbesondere vor dem Hintergrund der besonderen Situation 2020 – die Stagnation der Umschlagsvolumen auch über das Jahr 2019 hinaus zunächst anhalten wird. Die jährliche Steigerung von 3% p.a. über einen längeren Zeitraum hinweg wird somit voraussichtlich deutlich zu optimistisch angenommen.

#### 4.3.1.2 Basierend auf der tatsächlichen Entwicklung der letzten neun Jahre

In diesem Ansatz wird die gesamte Steigerung der Jahre 2010 bis 2019 als Referenz für zukünftige Steigerungen der Umschlagsmengen verwendet, vgl. die grüne Linie in Abbildung 21. Es ergibt sich eine mittlere jährliche Steigerung der Umschlagsvolumen von rund 0,9% p.a. über die vergangenen neun Jahre. Als Ansatz für zukünftiges Wachstum der Umschlagsvolumen wird 1% gewählt.



**Abbildung 21: Nordseehäfen, prognostizierte (2010 - 2030) und tatsächliche Umschlagsvolumen (2010 - 2019)**

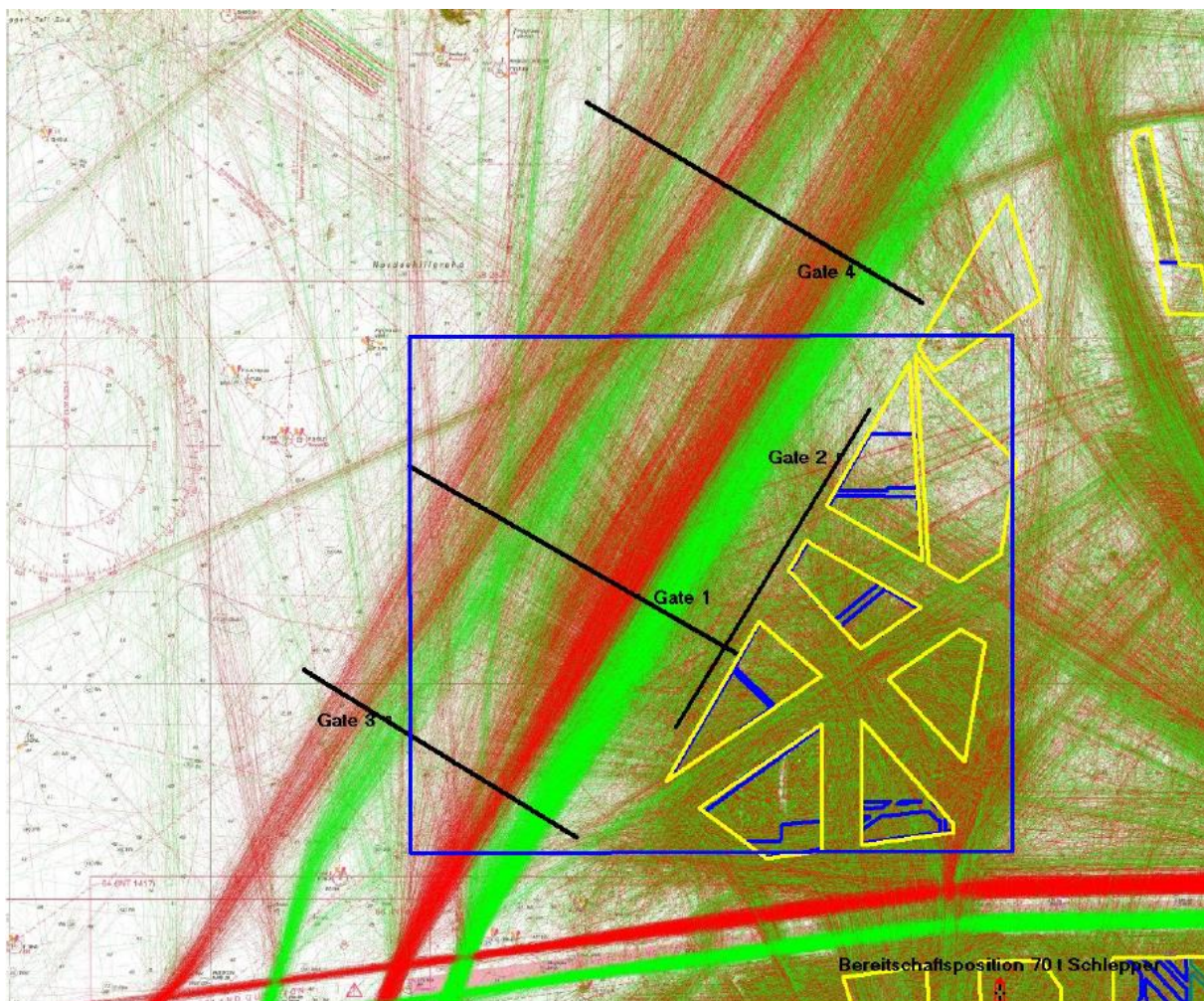
Aufgrund der Entwicklung der letzten fünf Jahre sowie der zu erwartenden Entwicklung für das Jahr 2020 kann dieser Ansatz einen realistischen Ansatz für eine langfristige Entwicklung der Umschlagsmengen im Bereich der deutschen Nordseehäfen darstellen.



### 4.3.1.3 AIS-Analyse der Schifffahrtsroute 10

Das relevante Gebiet für die hier zu erstellende Verkehrsprognose betrifft im Wesentlichen die Schifffahrtsroute Nr. 10, hier repräsentiert durch das Gate 1 wie in Abbildung 22 dargestellt. Die Auswertung der Verkehrszahlen (Daten der WSV für 2019) am Gate 1 für die Jahre 2010, 2015 und 2019 ergab folgende Entwicklung für alle Schiffsbewegungen innerhalb von 12 Monaten:

- 2010: rd. 5.900 Schiffsbewegungen / 12 Monate
- 2015: rd. 13.000 Schiffsbewegungen / 12 Monate
- 2019: rd. 15.000 Schiffsbewegungen / 12 Monate

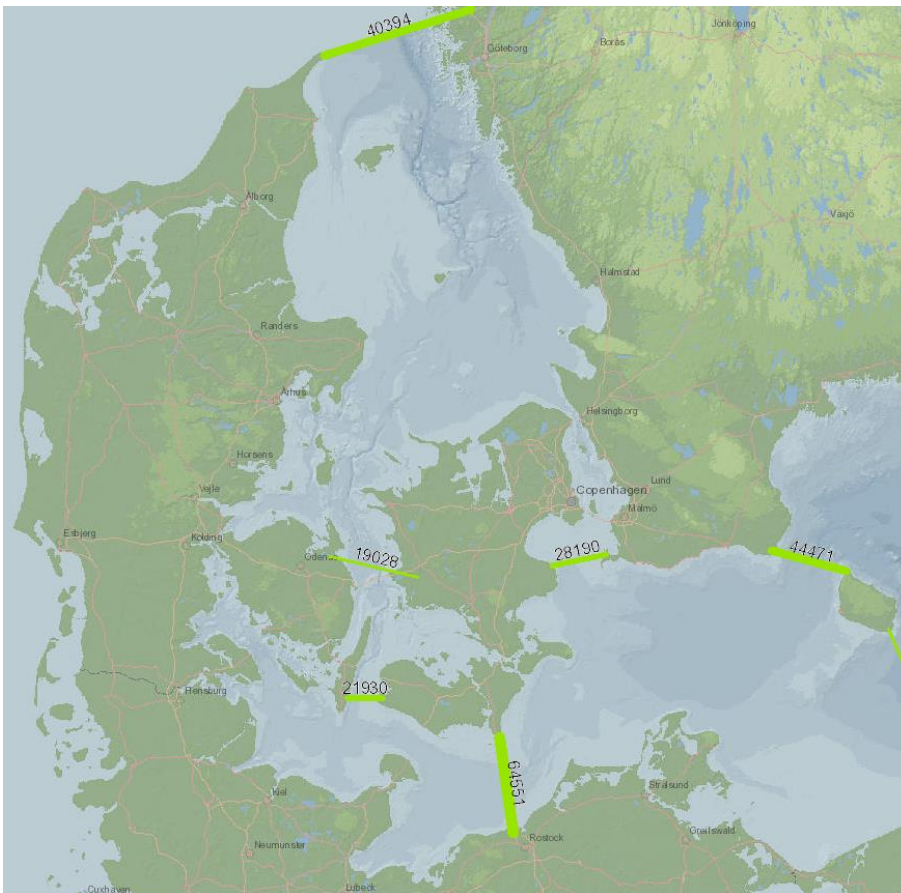


**Abbildung 22: Verkehr im Bereich der Schifffahrtsroute 10**

Die Entwicklung zeigt sehr große Unterschiede zwischen den Zeitpunkten der Erfassung. Die genaue Basis der Datenerfassung ist nicht klar.

#### 4.3.1.4 Vergleich der Verkehrsdaten in Nord- und Ostsee

Die Ansätze unter 4.3.1.1 und 4.3.1.2 basieren auf den Umschlags- bzw. Verkehrsdaten der Nordsee, sie umfassen somit vielfach Verkehre, die nicht direkt die Schifffahrtsroute 10 betreffen. Inwieweit die Entwicklung der Verkehre in der Nordsee im Allgemeinen auf die der Schifffahrtsroute 10 im Speziellen übertragbar sind, soll anhand des Vergleichs mit der Verkehrsentwicklung in der Ostsee überprüft werden. Hierzu werden von HELCOM bezogene Verkehrszahlen an den Zähllinien am nördlichen Zugang in die Ostsee, an der Grenze zwischen Skagerrak und Kattegat (Skagen bis nördlich Göteborg) sowie in der Kadetrinne (Rostock bis Gedser) herangezogen. In Abbildung 23 sind die HELCOM Zähllinien im westlichen Bereich der Ostsee dargestellt. Die Zahlen an den Zähllinien entsprechen den gesamten Schiffsbewegungen an den Linien im Jahre 2017.

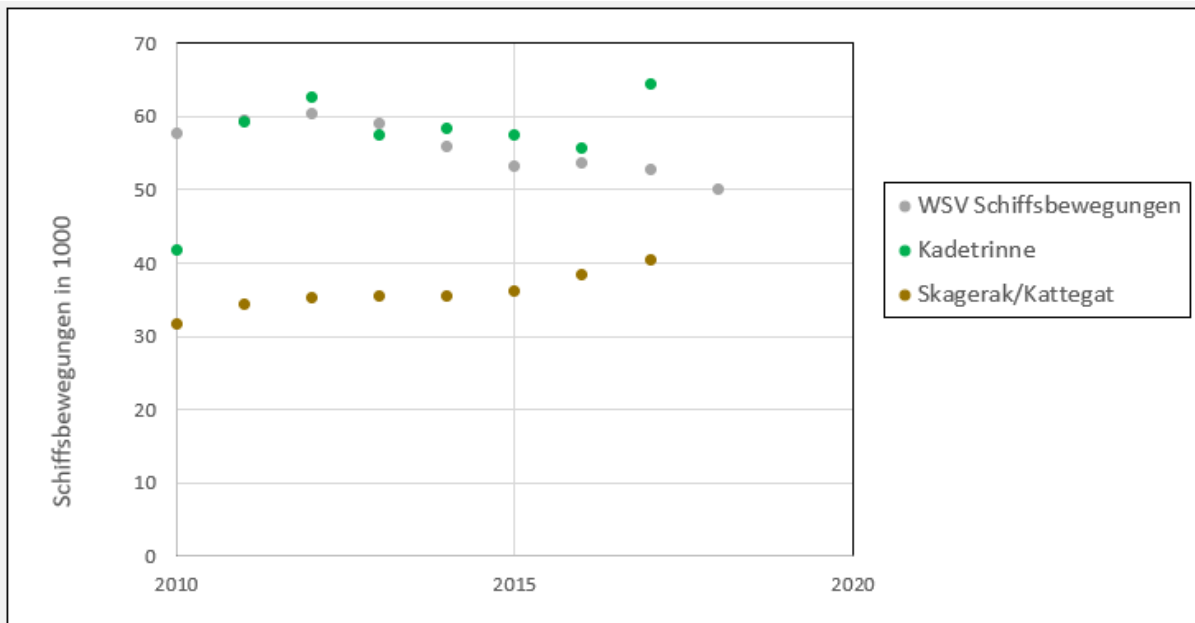


**Abbildung 23: Lage der HELCOM Zähllinien im westlichen Bereich der Ostsee**

Der Vergleich der Schiffsbewegungen der Jahre 2010 bis 2017 für oben genannte Gebiete, vgl. Abbildung 23, zeigt folgendes:

- WSV Schiffsbewegungen: 57659 Schiffsbewegungen im Jahr 2010 stehen 52868 Schiffsbewegungen im Jahr 2017 gegenüber. Bezogen auf 2010 ergibt sich ein Rückgang von 8,3% innerhalb von sieben Jahren.
- Kadetrinne: Für die Kadetrinne ergibt sich ein uneinheitliches Bild. Für das Jahr 2010 wurden 41752 Schiffsbewegungen registriert, für 2017 waren es 64551. Für den Gesamtzeitraum ergibt sich somit eine Steigerung von 54%. Berücksichtigt man die großen Veränderungen in den Jahren 2010/2011 und 2016/2017 nicht, ergibt sich für den Zeitraum 2011 bis 2016 jedoch ein Rückgang von 5,9%.

- Skagerrak/Kattegat: An der Grenze zwischen Skagerrak und Kattegat wurden 2010 31766 Schiffsbewegungen gezählt, 2017 waren es 40394. Dies entspricht einem Zuwachs von 27% innerhalb von sieben Jahren, einfach gemittelt 3,9% p.a..



**Abbildung 24: Vergleich der Schiffsbewegungen WSV (Nordsee), Kadetrinne sowie Skagerrak/Kattegat**

### Auswahl des Ansatzes

In 4.3.1.1 wird der Ansatz basierend auf der der BMVI Studie von 2019 beschrieben. Dieser übernimmt das prognostizierte Umschlagswachstum von 3% für die Nordsee der BMVI Studie. Die Studie basiert auf Ausgangsdaten von 2010 und den damaligen Wachstumsannahmen. Die tatsächlich erreichten Wachstumsraten bis 2019 liegen insgesamt und auch absolut während der letzten fünf Jahre deutlich unterhalb der prognostizierten Zuwächse.

Unter 4.3.1.2 wird die tatsächliche Entwicklung der letzten neun Jahre aufgezeigt. Die liegt im Mittel bei rd. 1% Umschlagsmengenwachstum pro Jahr. Verglichen mit obigem Ansatz liegt dieses Wachstum in der gleichen Größenordnung, jedoch deutlich unterhalb oben gemachter Prognosen.

Die unter 4.3.1.3 dargestellten Verkehrsdaten für die Schifffahrtsroute 10 zeigen ein erheblich uneinheitlicheres Bild. Während sich im Zeitraum 2010 – 2015 die Verkehrszahlen am Gate 1 in etwa verdoppeln, ergibt sich für den Zeitraum 2015 – 2019 ein Faktor von ca. 1,15. Eine derartige Entwicklung ist nicht im Einklang mit den realen Daten der allgemeinen Umschlags- bzw. Verkehrsentwicklung im Bereich der Nordsee. Als Grund hierfür wird die unklare Erfassung der Verkehrsdaten in der Vergangenheit, konkret im Jahr 2010, angesehen. Lässt man das Jahr 2010 unberücksichtigt, so ergibt sich für den Zeitraum 2015 bis 2019 eine Steigerung des Verkehrs von rd. 15%, einfach gemittelt 3,8% p.a.. Dieser Wert passt sehr gut zu den HELCOM-Daten für Skagerrak/Kattegat, vgl. 4.3.1.4. Da der Weg in die Ostsee um Skagen herum aus südlicher Richtung und umgekehrt im Wesentlichen über die Schifffahrtsroute 10 führt, ist diese Übereinstimmung gut aus der geographischen Lage erklärbar.

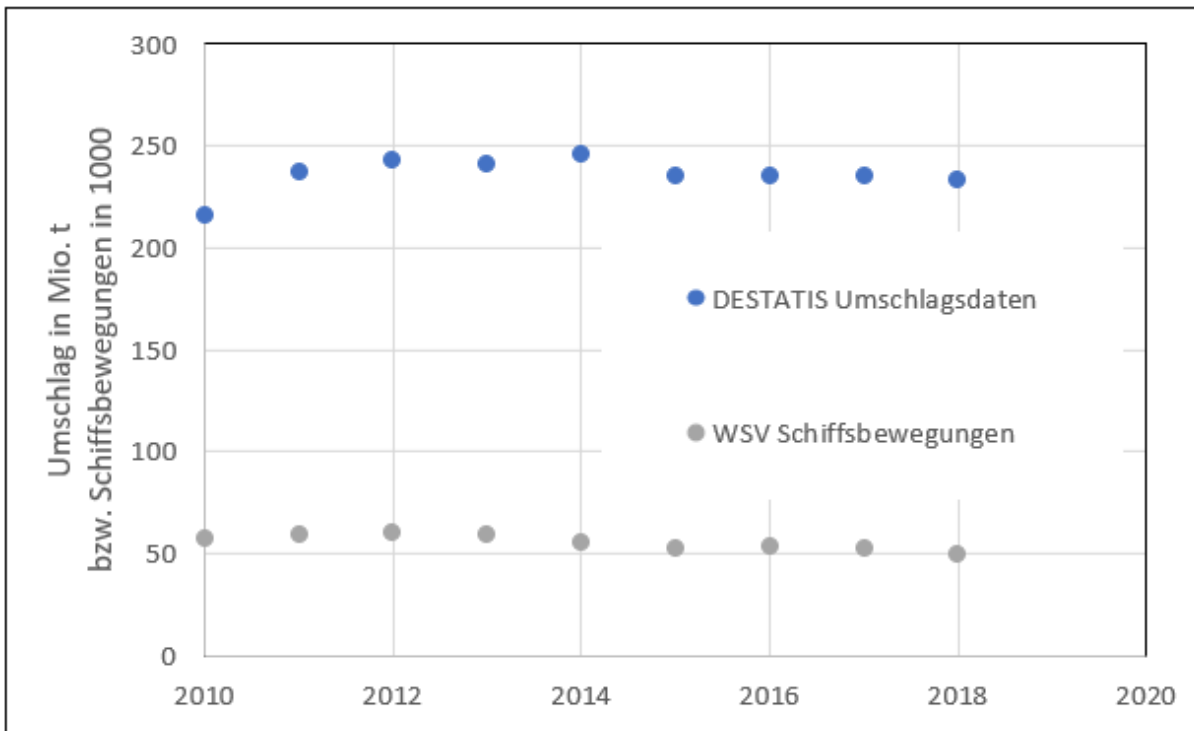
Der Vergleich der Nordseeverkehrsdaten mit denen der Ostsee zeigt, dass die Entwicklung der Verkehre in der Nordsee insgesamt nicht auf die Entwicklung für die Schifffahrtsroute 10 im Speziellen übertragbar ist. Zwischen den Verkehrsdaten der Schifffahrtsroute 10 sowie denen am Skagerrak/Kattegat lässt sich

ein Zusammenhang erkennen, der sich durch die geographische Lage zueinander erklärbar ist. Der mittlere jährliche Zuwachs der Schiffsbewegungen betrug demnach zwischen 3,8% und 3,9% p.a.. Im Vergleich hierzu geht der unter 4.3.1.2 dargestellte Ansatz basierend auf tatsächlichen Schiffsbewegungen in der Nordsee von deutlich zu geringen Wachstumsraten aus. Der unter 4.3.1.1 beschriebene Ansatz auf Basis der Umschlagsdaten des BMVI liegt mit einer Prognose der jährlichen Steigerung der Umschlagsmengen von 3% für den Nordseeraum unter Berücksichtigung eines gemäßigten Schiffsrößenwachstums ebenfalls unter den Wachstumsraten der Verkehre um rd. 3,8%, jedoch erheblich näher an der tatsächlichen Entwicklung der Schifffahrtsroute 10 in der Vergangenheit. Die Situation im Jahr 2020 lässt zumindest für das Jahr 2020 selbst und vermutlich noch darüber hinaus keine Steigerungen erwarten, so dass für diese Prognose ein Ansatz unterhalb der 3,8% p.a. gewählt wurde. Es wird daher der erste Ansatz wie unter 4.3.1.1 beschrieben basierend auf einer jährlichen Steigerung der Umschlagsvolumen von 3% gewählt.

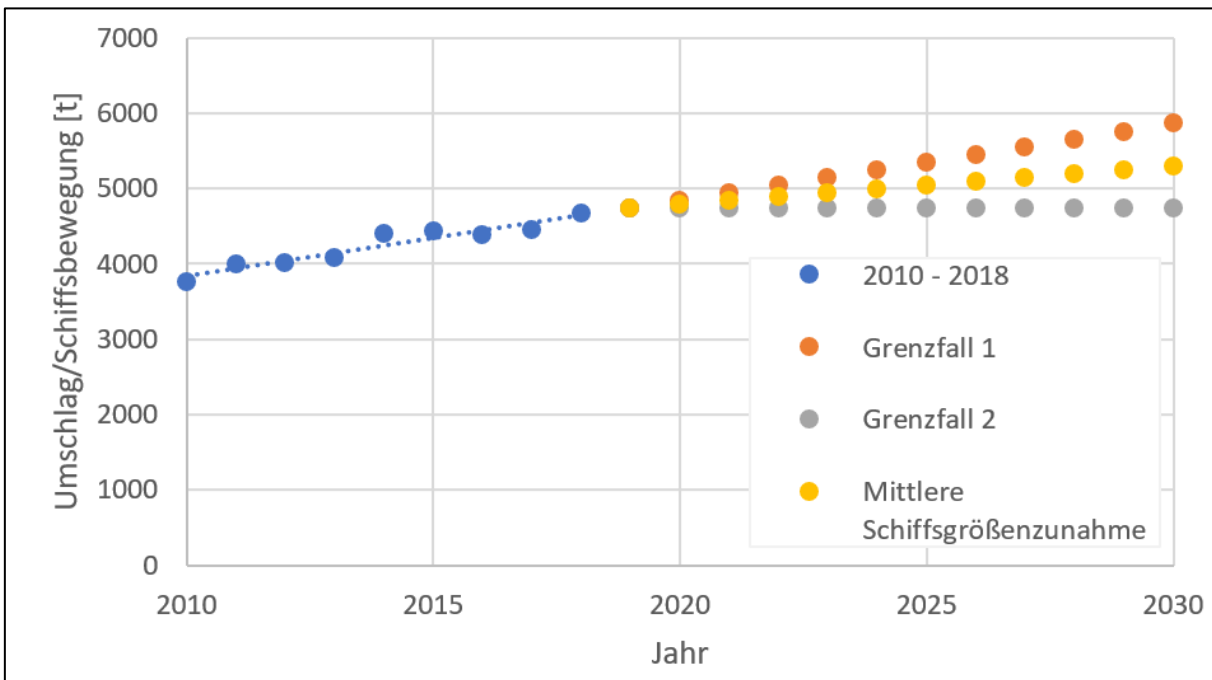
### 4.3.2 Zusammenhang Umschlagsvolumen / Verkehrszahlen

Der oben gewählte Ansatz für die Verkehrsprognose basiert auf Umschlagsvolumen. Für die Abschätzung der Verkehrszahlen bedarf es deshalb eines Zusammenhangs zwischen den Umschlagsvolumen und den Verkehrsdaten. Für diese Prognose wurden die Verkehrszahlen der Jahre 2010 bis 2018 von der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) zur Verfügung gestellt. In Abbildung 25 sind daher die tatsächlichen Umschlagsvolumen der Jahre 2010 bis 2018 den Schiffsbewegungen gegenübergestellt. Setzt man die Umschlagsmengen mit den Verkehrszahlen ins Verhältnis, vgl. Abbildung 26, so erkennt man einen Anstieg der Umschlagsmengen je Schiffsbewegung bis zum Jahr 2018 (blaue Datenpunkte), d.h. die Schiffe wurden größer. Es wird davon ausgegangen, dass sich dieser Trend bis 2030 grundsätzlich fortsetzen wird, sich jedoch in Zukunft abschwächt. Zu den Gründen der Abschwächung zählen die Grenzen des „Economy of Scale“ der Schiffe, begrenzende Infrastruktur, schwieriger werdendes Ladungshandling bei größeren Einheiten usw., vgl. z.B. die Ausführungen des *International Transport Forums* der OECD /8/.

Ein Grenzfall des Größenwachstums der Schiffe lässt sich definieren, indem man die bisherige Entwicklung linear extrapoliert, siehe die orangenen Punkte in Abbildung 26 („Grenzfall 1“). Der andere Grenzfall läge in der Annahme, dass ab 2019 gar kein Größenwachstum mehr stattfinden wird, siehe die grauen Punkte in Abbildung 26 („Grenzfall 2“). Das reale Größenwachstum der Schiffe wird zwischen diesen beiden Grenzfällen liegen, es wird daher ein Größenwachstum der Schiffe in der Mitte zwischen den Grenzfällen angesetzt („Mittlere Schiffsrößenzunahme“); gelbe Marker in Abbildung 26.



**Abbildung 25: Tatsächliche Umschlagsvolumen und Schiffsbewegungen der Jahre 2010 bis 2018**



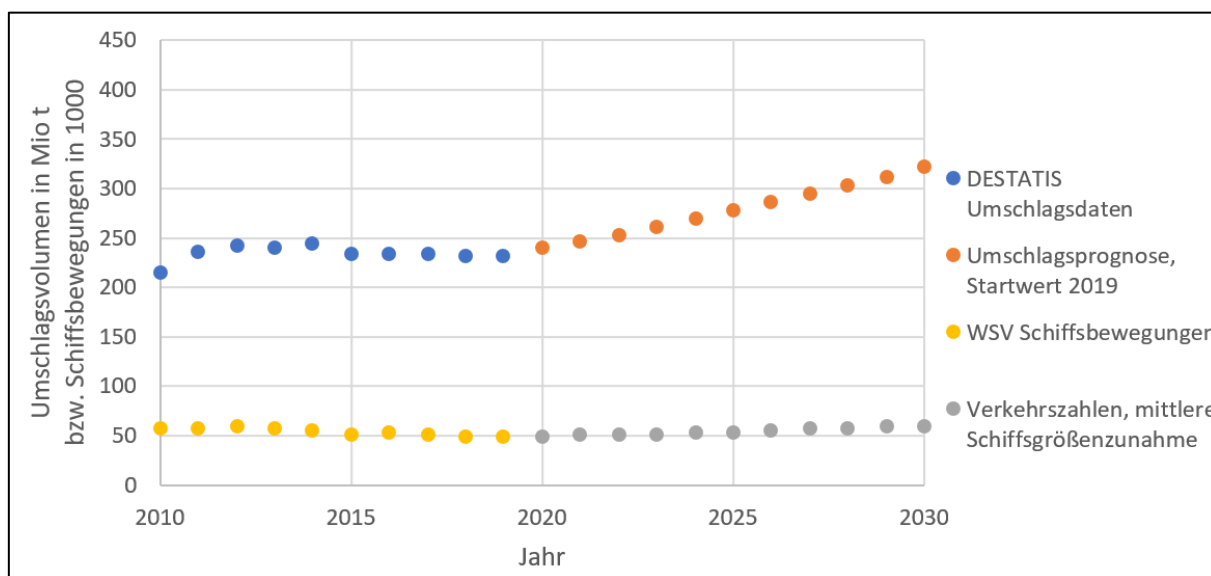
**Abbildung 26: Umschlag/Schiffsbewegung**

### 4.3.3 Ermittlung der zu erwartenden Verkehre

Folgende Schritte werden zur Prognose der zu erwartenden Verkehre bis zum Jahr 2030 durchgeführt:

- Der Startwert für die Prognose wird auf den realen Wert des Jahres 2019 gesetzt.
- Der gewählte Ansatz für die jährliche Steigerung der Umschlagsvolumen ab 2019 beträgt 3,0%.
- Die sich aus den Umschlagsvolumen ergebenden Verkehre im Bereich der Nordsee werden unter Berücksichtigung der Hälfte einer sich fortsetzenden linearen Entwicklung hin zu größeren Schiffen ermittelt.

Abbildung 27 zeigt die Umschlagsvolumen und Schiffsbewegungen im Bereich der Deutschen Bucht. Bis 2019 sind die tatsächlichen Werte aufgetragen, danach die unter Berücksichtigung obiger Annahmen zu erwartenden Werte. Für die Schiffsbewegungen wird demnach eine jährliche Steigerung von ca. 2% pro Jahr erwartet.



**Abbildung 27: Umschlagsvolumen und Schiffsbewegungen**

In Tabelle 15 sind die prognostizierten Verkehrszahlen für den Zeitraum von 2020 bis 2030 zusammengestellt. Für die Untersuchung sind die prozentualen Änderungen im genannten Zeitraum von Interesse. Die Änderungen beziehen sich auf die Verkehrszahlen des Jahres 2019.

**Tabelle 15: Verkehrsprognose für den Zeitraum 2020 bis 2030**

| Jahr | Verkehrsprognose | Änderung gegenüber 2019 in % |
|------|------------------|------------------------------|
| 2020 | 50137            | 1,9                          |
| 2021 | 51099            | 3,9                          |
| 2022 | 52085            | 5,9                          |
| 2023 | 53096            | 7,9                          |
| 2024 | 54132            | 10,0                         |
| 2025 | 55194            | 12,2                         |
| 2026 | 56283            | 14,4                         |
| 2027 | 57399            | 16,7                         |
| 2028 | 58543            | 19,0                         |
| 2029 | 59715            | 21,4                         |
| 2030 | 60917            | 23,8                         |

#### 4.4 Einfluss der arktischen Routen

Der Schiffsverkehr in der Nordsee über das Jahr 2030 hinaus wird neben der Entwicklung der Umschlagzahlen auch durch die mögliche Erschließung neuer Schifffahrtsrouten durch die Arktis beeinflusst werden. Wissenschaftler erwarten, dass die Arktis in absehbarer Zukunft im Sommer komplett eisfrei sein wird. Wann ist unklar; die Computermodelle, die für die Prognosen herangezogen werden, kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen: einige Quellen (z.B. /9/, /10/, /11/) nennen den Zeithorizont 2035-2040, das Alfred Wegener Institut prognostiziert dieses erst zum Ende des Jahrhunderts /12/. Im Winter wird aber weiterhin von einem komplett überfrorenen arktischen Ozean ausgegangen.

Für die Durchquerung einer eisfreien Arktis gibt es drei verschiedene Routen: die Nordostpassage (NOP), die Nordwestpassage (NWP) sowie die Transpolare Route (TPR), siehe Abbildung 28. Die Nutzung der arktischen Routen würde für den Seetransport teilweise erheblich kürzere Wege bedeuten: die Fahrt von Hamburg nach Seattle, die via Panama 17110 sm lang ist, verkürzt sich bei Nutzung der NOP um ca. 21 % auf 13459 sm. Die Reise von Rotterdam nach Shanghai, die via Suez/Malakka 19550 sm lang ist, ist über die NOP nur 15793 sm lang (-20%) /13/.

Derzeit ist Schifffahrt entlang der NOP in offenem Wasser während vier bis fünf Monaten zwischen Juli und November möglich /12/. Diese Route wird bereits heute vereinzelt genutzt, dem Vorteil der kürzeren Strecke stehen jedoch zahlreiche Nachteile gegenüber (hohe Kosten durch Gebühren, obligatorische Begleitung durch Eisbrecher und hohe Versicherungsprämien, max. Breite der Schiffe 30 m, max. Tiefgang 12 m /12/). Nordwestpassage und Transpolare Route bieten zurzeit bisher nur wenige Wochen im Jahr ähnliche Bedingungen und spielen bisher für die Frachtschifffahrt eine untergeordnete Rolle. Im Jahr 2018 gab es auf der NWP 93 Eskorten mit sieben Eisbrechern für 166 Schiffe, darunter Tanker, Kreuzfahrer, Bulker, Schlepper und Fischereischiffe. Die Zahl der kompletten Passagen schrumpfte von 31 (2017) auf 5 (2018). Bei »teilweisen Transiten« gab es einen Rückgang von 14 auf 12 /14/.

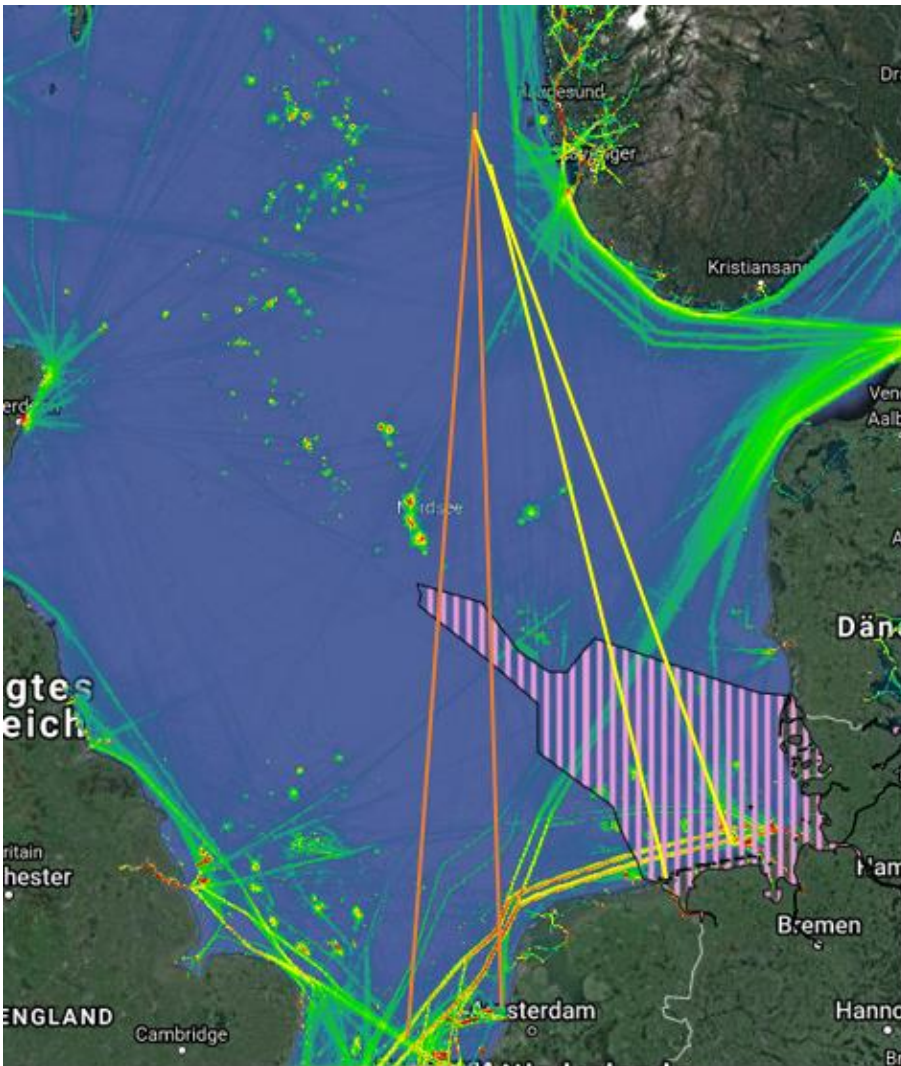
Eine Studie von DNV GL aus 2014 /15/ prognostiziert für den Verkehr auf den arktischen Routen (bezogen auf 2014) einen Anstieg um 41% bis 2040. Dabei wird insbesondere für Containerschiffe (+190%), Tanker (Gastanker +230%, Produktentanker +149%, Chemikaliertanker +138%) und Kreuzfahrtschiffe (+130%) ein signifikanter Anstieg erwartet.



**Abbildung 28: Routen für die Durchquerung des Arktischen Ozeans /12/**

Der Einfluss dieser erwarteten Entwicklung auf die Verkehrszahlen in der deutschen AWZ der Nordsee kann zurzeit nicht quantifiziert werden. Grundsätzlich ist jedoch aufgrund der geographischen Lage (siehe Abbildung 29) eine Zunahme des Nord- /Südverkehrs hauptsächlich im westlichen Teil (Entenschnabel) der deutschen AWZ zu erwarten, da Schiffe im arktischen Verkehr aus/in Richtung Niederlande oder Englischer Kanal dort entlang fahren werden (orange Linien in Abbildung 29). Die etablierten Schifffahrtsrouten der deutschen AWZ (z.B. SN7 und SN4) werden im arktischen Verkehr hauptsächlich von Schiffen mit Ausgangs- bzw. Zielhafen in Deutschland genutzt werden (gelbe Linien in Abbildung 29). Auf diesen Routen ist bei zunehmender Attraktivität der arktischen Routen ein Zuwachs des Schiffsverkehrs zu erwarten. Auf der SN10, die hauptsächlich von Schiffen in Richtung Ostsee genutzt wird, ist durch die vermehrte Nutzung arktischer Routen keine Zunahme des Schiffsverkehrs entlang der SN10 zu erwarten. Auf den die SN10 kreuzenden Routen (SN7 und SN4) hingegen ist mit einem Anstieg des Verkehrs zu rechnen.





**Abbildung 29: Mögliche Routen in/aus Richtung Arktis  
(Karte: EMODnet, Shipping density for cargo ships 2019 /16/)**

## 5 GRUNDLAGEN DER BERECHNUNGEN

### 5.1 Klima, Wetter und Hydrologie in der Nordsee

In den Risikoanalysen werden Umwelteinflüsse wie Wind und Strömung berücksichtigt. In diesem Abschnitt sind die für die Analyse verwendeten Eingangsdaten erläutert.

Das Klima und Wetter im Bereich des Windparks ist im Handbuch „Naturverhältnisse – Nordsee und Englischer Kanal“ /17/ beschrieben. In diesem Handbuch wurden die Wetterdaten für den Bereich deutsche Bucht entnommen:

- Wind
- Seegang

Die Strömungsverhältnisse wurden aus dem Strömungsatlas /18/ abgeleitet. Die Gezeitenverhältnisse werden in der Analyse mitberücksichtigt.

In den folgenden Abschnitten werden diese Einflüsse für das Seegebiet um den Windpark näher beschrieben.

#### 5.1.1 Wind in der Nordsee (Deutsche Bucht)

Der Wind kommt im Sommer überwiegend aus westlicher Richtung (270°). Im Winter treten auch sehr häufig östlich Winde (90°) auf. Die Auftretenswahrscheinlichkeit einzelner Windrichtungen ist in Tabelle 16 dargestellt.

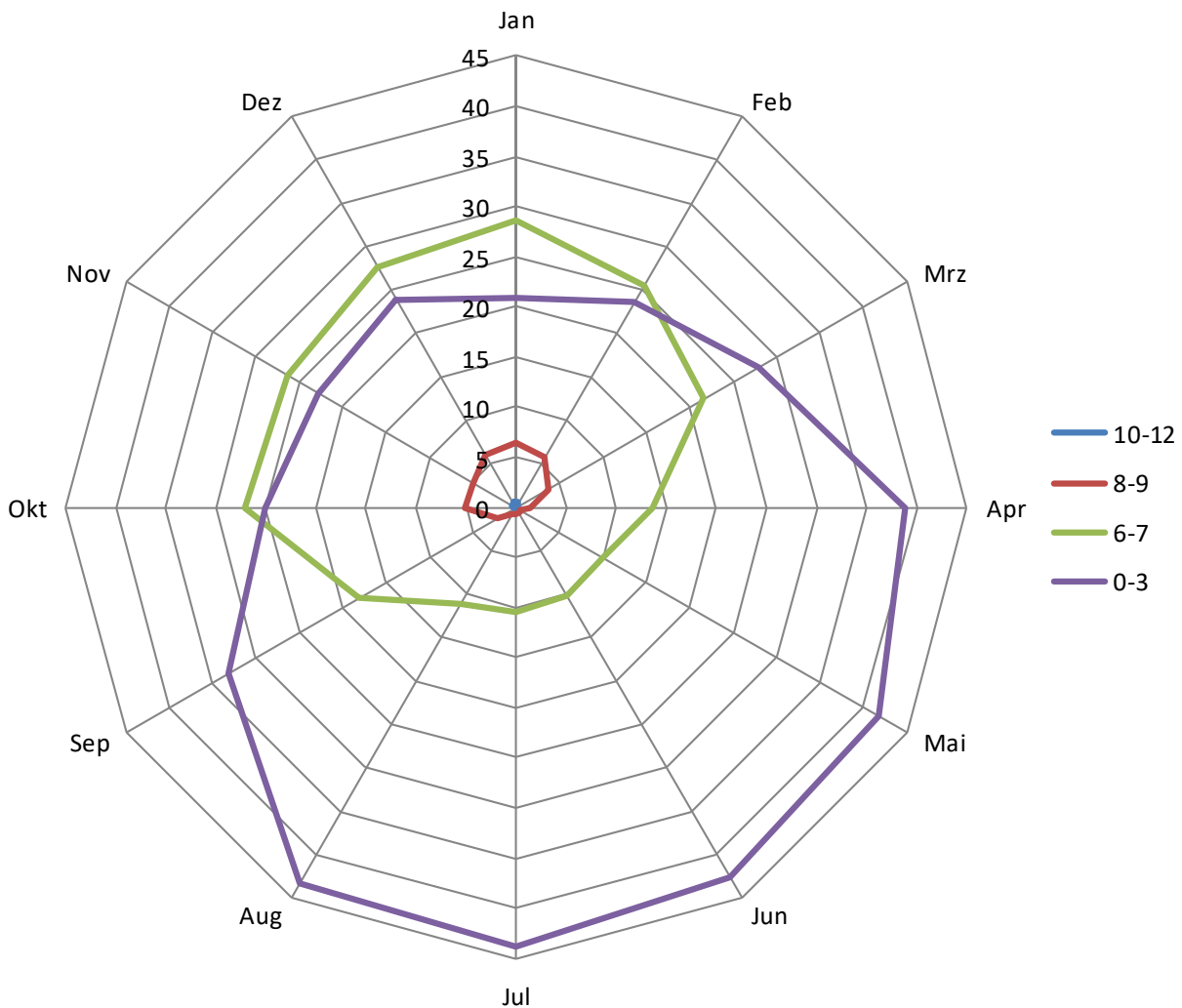
Die in Tabelle 16 gezeigten Werte aus /17/ wurden für den Bereich der Deutschen Bucht gemessen. Die gleiche Anzahl von Messungen wurde auch für auftretende Windgeschwindigkeiten gemacht. Die Ergebnisse dieser Messungen sind in Tabelle 16 dargestellt.

Die Verteilung zeigt eine maximale Auftretenswahrscheinlichkeit von Windgeschwindigkeiten im Bereich von 4 – 5 Bft.

**Tabelle 16: Deutsche Bucht, Relative monatliche Häufigkeit von Windstärkegruppen in [%]**

| Bft      | Jan  | Feb  | Mrz  | Apr   | Mai   | Jun   | Jul   | Aug   | Sep   | Okt  | Nov  | Dez  | Jahr |
|----------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| 10-12    | 0.6  | 0.5  | 0.2  | 0.1   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.1   | 0.3  | 0.4  | 0.5  | 0.2  |
| 8-9      | 6.5  | 5.7  | 3.7  | 1.4   | 0.5   | 0.6   | 0.6   | 0.7   | 2.2   | 5.2  | 4.9  | 6.0  | 3.2  |
| 6-7      | 28.6 | 25.5 | 21.7 | 13.7  | 10.0  | 10.2  | 10.5  | 11.1  | 18.2  | 27.0 | 26.4 | 27.6 | 19.2 |
| 4-5      | 43.5 | 44.7 | 46.4 | 46.0  | 47.8  | 46.7  | 45.1  | 44.9  | 46.3  | 42.6 | 45.6 | 42.0 | 45.1 |
| 0-3      | 20.8 | 23.6 | 28.0 | 38.9  | 41.7  | 42.5  | 43.8  | 43.3  | 33.2  | 25.0 | 22.7 | 23.9 | 32.2 |
| Richtung | S-W  | SW-W | SW-W | keine | keine | SW-NW | SW-NW | SW-NW | SW-NW | S-W  | S-SW | S-SW | SW-W |

Die folgende Abbildung zeigt eine grafische Darstellung der Daten aus Tabelle 16:



**Abbildung 30: Windverteilung für die Deutsche Bucht**

### 5.1.2 Seegang in der Nordsee (Deutsche Bucht)

Für die Analysen werden für den Seegang ebenfalls Daten aus /17/ verwendet. Die Angaben für den Bereich der Deutschen Bucht sind in Tabelle 17 dargestellt.

**Tabelle 17: Deutsche Bucht, Relative monatliche/Jährliche Häufigkeiten von Seegangsstufen [in % der Beobachtungen] und die mittlere Höhe des Seegangs [MSH]**

|             | Jan  | Feb  | Mrz  | Apr  | Mai  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Okt  | Nov  | Dez  | Jahr |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| >4,70 m     | 2.3  | 1.9  | 1.2  | 0.6  | 0.2  | 0.1  | 0.3  | 0.3  | 1    | 1.6  | 2.3  | 2    | 1.1  |
| 2,8 - 4,7 m | 12.8 | 11.2 | 9.5  | 4.5  | 2.8  | 3.7  | 3.6  | 4.1  | 8.6  | 9.9  | 11.3 | 12.3 | 7.9  |
| 1,3 - 2,7 m | 39.5 | 34.4 | 29.6 | 23.2 | 23.5 | 24.5 | 24.6 | 26.4 | 33.5 | 36.1 | 36.2 | 35.6 | 30.6 |
| 0,0 - 1,2 m | 45.4 | 52.4 | 59.7 | 71.8 | 73.5 | 71.7 | 71.5 | 69.2 | 57   | 52.4 | 50.2 | 50.1 | 60.4 |
| MSH [m]     | 1.6  | 1.5  | 1.3  | 1    | 0.9  | 1    | 0.9  | 1    | 1.3  | 1.4  | 1.5  | 1.5  | 1.3  |

### 5.1.3 Strömung in der Nordsee (Deutsche Bucht)

Die Strömungsverhältnisse im betrachteten Seegebiet lassen sich durch Geschwindigkeit und Richtung beschreiben. Für die statistische Beschreibung der Strömungsverhältnisse liegen die Daten des „ADMIRALTY TIDAL STREAM ATLAS“ /18/ zugrunde. Die sich ändernden Strömungsverhältnisse für das Seegebiet sind entsprechend dem Tidenprozess für jede Stunde definiert.

Nach vorliegenden Messwerten sind Strömungsgeschwindigkeiten um ca. 0,5 kn am häufigsten in der Deutschen Bucht anzutreffen. Starke Strömungen erreichen Geschwindigkeiten bis ca. 1,6 kn. In Abbildung 31 sind die Hauptströmungsrichtungen für einen Tidenprozess im Bereich der Windparks aufgezeigt. Abbildung 32 zeigt die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten für den Verlauf des zeitlichen Tidenprozesses in der Region der Windparks.

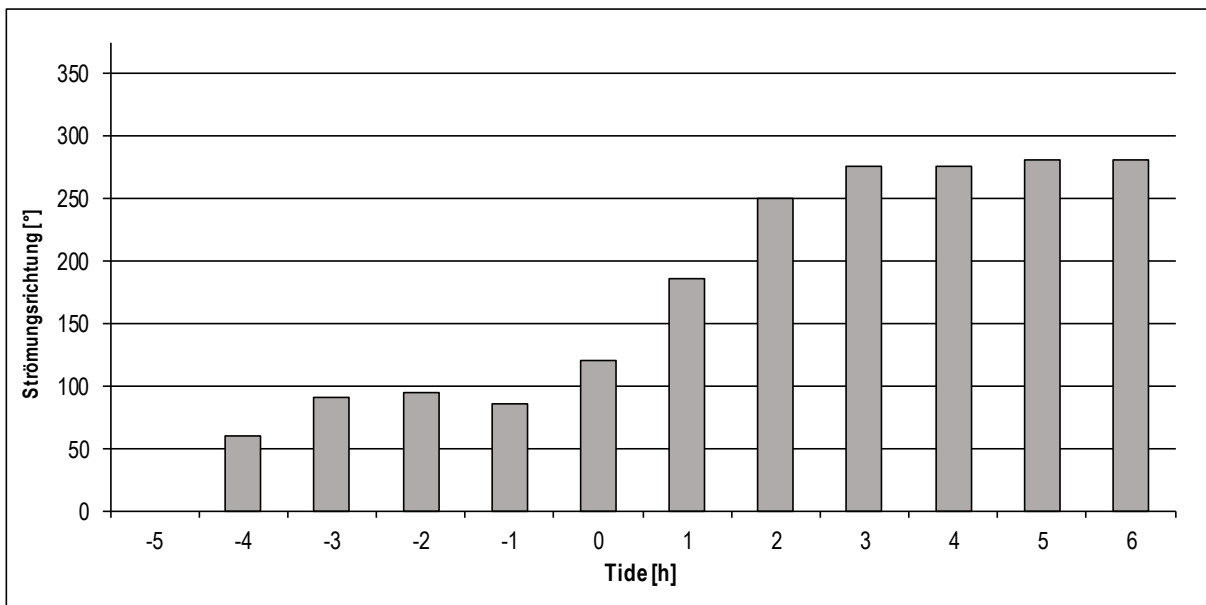


Abbildung 31: Strömungsrichtungen im Bereich des Untersuchungsgebietes

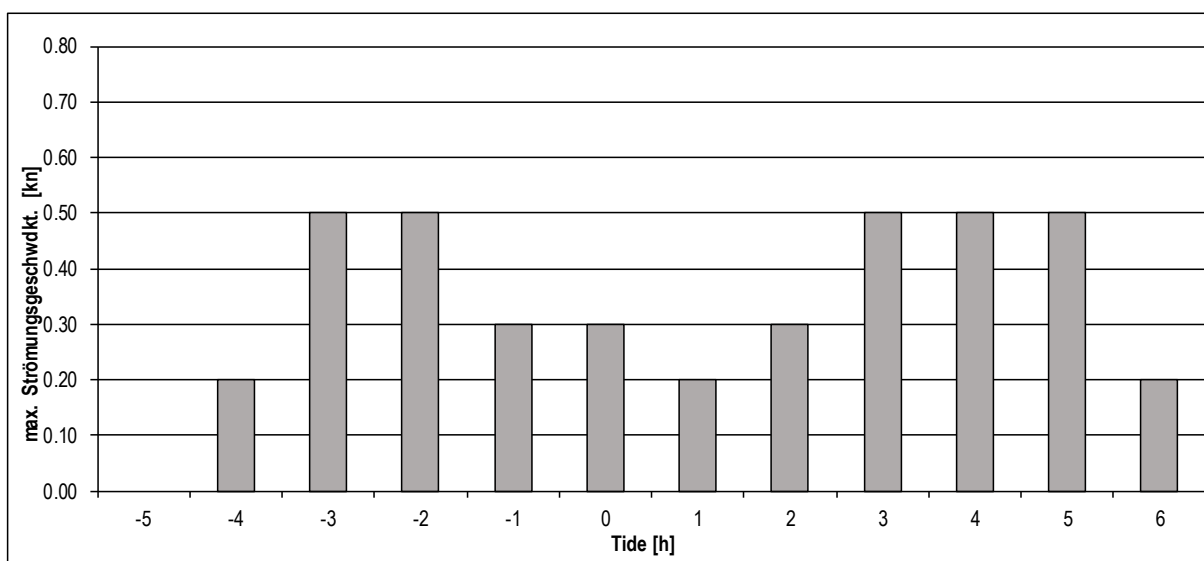


Abbildung 32: Verteilung der Strömungsgeschwindigkeiten im Bereich des Untersuchungsgebietes

## 5.2 Grundlagen der qualitativen Untersuchung /3/

Grundsätzlich ist bei der Risikobetrachtung zu berücksichtigen, dass (unabhängig von Schiffsgröße und -typ) jeder Schiffsführung bereits im Rahmen der ihr obliegenden seemännischen Sorgfaltspflichten zunächst eine Eigenverantwortung für eine sachgerechte Reiseplanung und eine sichere Durchführung jeder Reise obliegt. Gemäß Regel 35 des Kapitels V der Anlage zum Internationalen Übereinkommen von 1974 zum Schutz des menschlichen Lebens auf (siehe SOLAS /19/) muss der Schiffsführer jedes Schiffes vor dem Auslaufen sicherstellen, dass die beabsichtigte Reise unter Verwendung der für das betreffende Gebiet geeigneten Seekarten und nautischen Veröffentlichungen sowie unter Berücksichtigung der von der Organisation erarbeiteten Richtlinien und Empfehlungen geplant worden ist.

Im Reiseplan ist dabei eine Route festzulegen,


- welche die in Betracht kommenden Systeme der Schiffswegeföhrung berücksichtigt,
- auf der ausreichend Seeraum für die sichere Fahrt des Schiffes während der gesamten Reise gewährleistet ist,
- auf der alle nautischen Gefahren und widrigen Wetterverhältnisse in Betracht gezogen worden sind,
- welche die einschlägigen Maßnahmen des Meeresumweltschutzes berücksichtigt sowie Handlungen und Tätigkeiten so weit wie möglich vermeidet, die Schäden an der Umwelt verursachen könnten.

Für weitere Einzelheiten wird auf die von der International Maritime Organization (IMO) mit Entschlieöung A.893(21) angenommenen "Richtlinien für die Reiseplanung" verwiesen.

Darüber hinaus sind von jedem Schiffsführer die Vorschriften der Internationalen Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See (Kollisionsverhütungsregeln – KVR /20/) gebührend zu beachten und einzuhalten. Dies umfasst, ohne darauf beschränkt zu sein, insbesondere folgende Maßnahmen:

- jederzeitiges Halten eines gehörigen Ausgucks mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln zur Erlangung eines vollständigen Überblicks über die Lage und die Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoöes (vgl. Regel 5 KVR),
- jederzeitiges Fahren mit einer sicheren Geschwindigkeit, so dass geeignete und wirksame Maßnahmen getroffen werden können, um einen Zusammenstoö zu vermeiden, und das Schiff innerhalb einer Entfernung zum Stehen gebracht werden kann, die den gegebenen Umständen und Bedingungen entspricht. Zur Bestimmung der sicheren Geschwindigkeit müssen unter anderem die Sichtverhältnisse, die Verkehrsdichte einschließlich Ansammlungen von Fischerei- oder sonstigen Fahrzeugen sowie die Nähe von Schifffahrtsgefahren berücksichtigt werden (vgl. Regel 6 KVR),
- mit allen verfügbaren Mitteln entsprechend den gegebenen Umständen und Bedingungen vorzunehmende Feststellung, ob die Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoöes besteht, wobei im Zweifelsfall diese Möglichkeit anzunehmen ist (vgl. Regel 7 KVR).

Unter Berücksichtigung dieser konkreten sowie aller weiteren, der allgemeinen seemännischen Sorgfaltspflicht unterliegenden Verpflichtungen darf davon ausgegangen werden, dass Windparks bzw. deren Baustellen und die damit einhergehenden Gefahren dieser Schifffahrtshindernisse, sofern sie in hinreichendem Abstand zu den Schifffahrtswegen errichtet werden und ordentlich bekanntgemacht sind,



bei jeder Reiseplanung gebührend berücksichtigt und bei der Durchführung der Reise dann auch beachtet werden.

Das bedeutet, dass jeder Windpark als physisches Schifffahrtshindernis grundsätzlich zwar eine Gefahr für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs bedeutet, deren Akzeptanz und die Ableitung sowie Durchführung gefahrenmindernder Maßnahmen für das eigene Schiff zunächst in der Verantwortung eines jeden Schiffsführers selbst liegt. Daraus folgt, dass durch die Festlegung der hier in Rede stehenden Flächen für Offshore-Windparks die ordnungsgemäß betriebene Schifffahrt nicht oder nur gering beeinträchtigt werden wird.

Jedoch können infolge der Implementierung von Schifffahrtshindernissen Gefährdungen für die Schifffahrt z.B. dann entstehen, wenn im Schiffsbetrieb Abweichungen vom Normalzustand auftreten und eine Kollision Schiff-Windpark möglich wird. Dies könnte beispielsweise dann der Fall sein, wenn ein Schiff infolge technischen Ausfalls manövrierunfähig treibt oder anderweitig von seinem Sollkurs abweicht und sich damit einem Baufeld oder einem bereits errichteten Windpark nähert. Diesbezügliche Szenarien werden in den Anhängen B und C dargestellt und anschließend qualitativ bewertet.

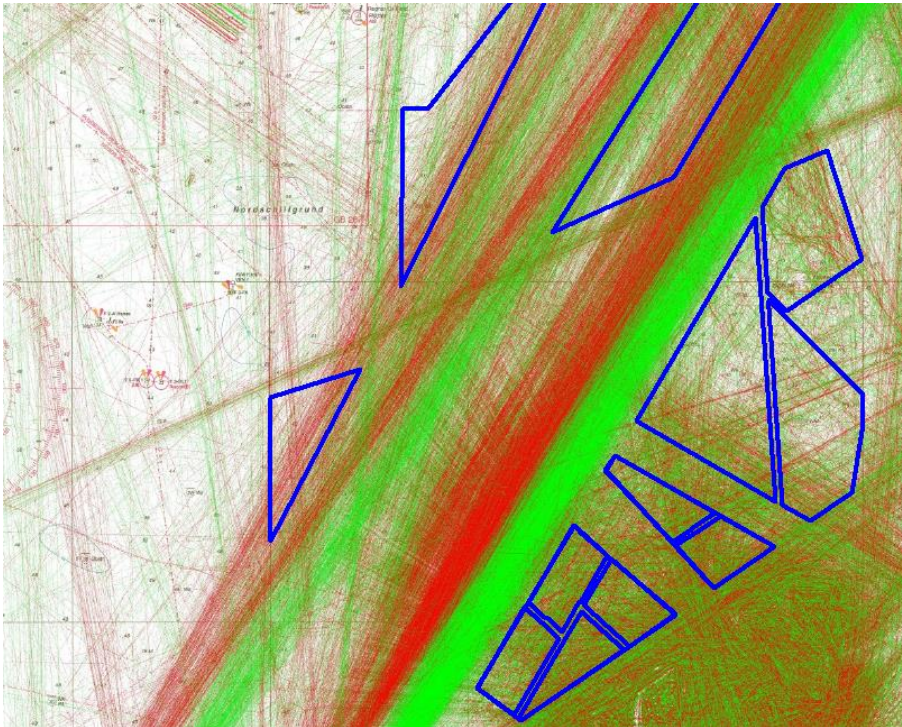
Die Grundlagen wurden bereits in den qualitativen Risikobewertungen der 2019 durchgeführten Flächenvoruntersuchung /3/ von Nautitec zusammengestellt und angewendet. Detaillierte Annahmen werden ggf. in den von Nautitec durchgeführten qualitativen Untersuchungen in den Anhängen B und C dargestellt.

## 5.3 Grundlagen der quantitativen Risikoberechnung

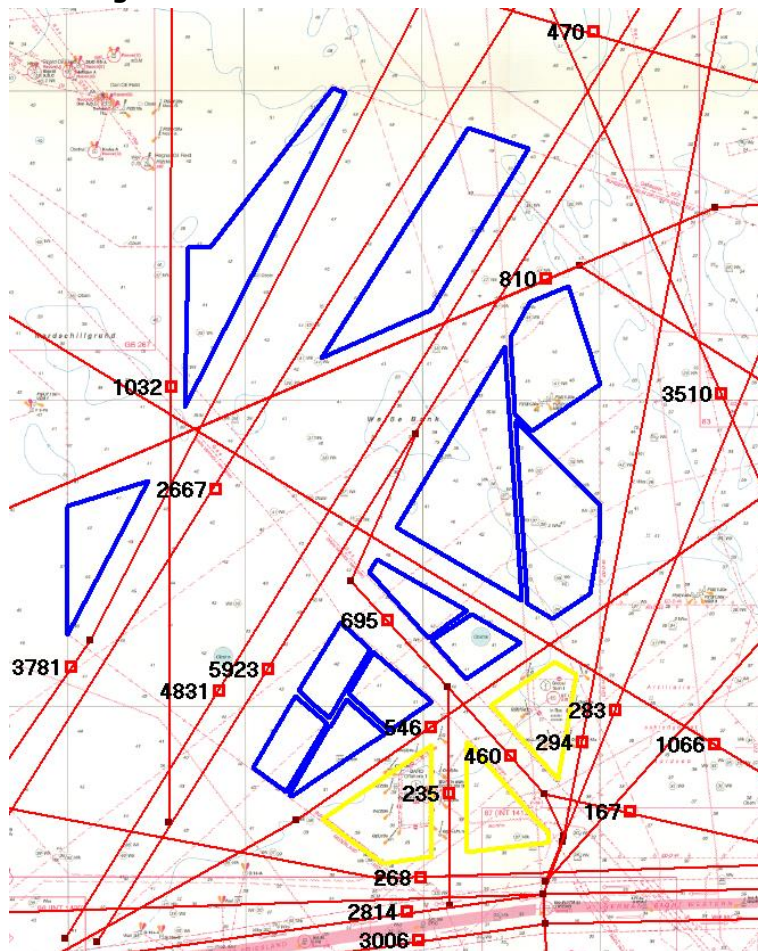
### 5.3.1 Schifffahrtsrouten

Die zugrundeliegenden Verkehrsinformationen und jährlichen Schiffsbewegungen entstammen aus den zusammengeführten Auswertungen des Kapitels 4.2. Die Verkehrsprognosen aus Kapitel 4.3 und 4.4 sind unberücksichtigt geblieben, da diese mit Unsicherheiten behaftet sind und sich diese Unsicherheiten auf alle weiteren Berechnungen auswirken würden. Es wird stattdessen empfohlen, aktuelle Schiffsverkehre in einer aktuellen Untersuchung zur Zeit der Planfeststellungsverfahren und ggf. im Zuge eines fortlaufenden Ausbaus der Windparks und damit einhergehender Verbesserung der Erfassbarkeit von AIS-Daten zu überprüfen.

Folgende Abbildungen zeigen die Verkehrsdichte sowie den Verlauf der aus den Verkehrsauswertungen abgeleiteten Routenführung entlang idealisierter Routen. Die angegebenen Zahlen benennen die jährlich berücksichtigten Schiffsbewegungen entlang der jeweiligen Route.



**Abbildung 33: Verkehrsichte im Bereich der untersuchten Gebiete**



**Abbildung 34: Nordsee, Schiffsrouten mit Schiffszahlen für unter Berücksichtigung der untersuchten Windparkflächen (zusammengeführte Verkehrsdatensätze)**

### 5.3.2 Harmonisierte Annahmen (Quantitative Analysen)

Im Auftrag vom BMVBW wurde vom BSH eine Harmonisierung der Annahmen zwischen den unterschiedlichen Gutachtern für die Erstellung von Risikoanalysen zum Kollisionsrisiko mit Installationen von Offshore-Windparks veranlasst.

Zwischen den Gutachtern des Germanischen Lloyd, DNV und MARIN wurde Ende 2004 eine Harmonisierung von Annahmen vorgenommen. Im Einzelnen wurden gemeinsame Grundannahmen für die Szenarien mit manövrierfähigen und manövrierunfähigen Schiffen vereinbart, die eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse der unterschiedlichen Gutachter gewährleisten sollen. Detaillierte Angaben hierzu sind im Bericht zur Harmonisierung /21/ zu finden.

Durch die harmonisierten Annahmen wurden hauptsächlich folgende Parameter vereinheitlicht:

#### Allgemeine Daten:

- Zur bisherigen Lateralverteilung der Schiffe auf den einzelnen Schiffsrouten durch eine Gauß-Verteilung wurde eine zusätzliche gleichförmige Verteilung mit einem Anteil von 2% der Schiffe angenommen, um die Sensibilität zu reduzieren. Dabei reduziert sich der Anteil der Schiffe, die durch die Gauß-Verteilung betrachtet werden, auf 98%.

#### Szenario mit manövrierfähigen Schiffen:

- Ein Causation Factor (Wahrscheinlichkeit  $P_{fm,k}$  von nicht erfolgten Maßnahmen zur Kursänderung) von  $3,0 \cdot 10^{-4}$  wurde gemeinsam vereinbart (vgl. Anhang A Abs. A.2.1).
- Die effektive Kollisionsbreite wurde mit dem 1,2-fachen der Schiffsbreite zzgl. des Durchmessers des Hindernisses festgelegt.

#### Szenario mit manövrierunfähigen Schiffen:

- Die Ausfallrate der Antriebs- und Ruderanlage wurde mit  $2,5 \cdot 10^{-4}$  pro Stunde festgelegt.
- Des Weiteren wurden Anpassungen an den Versagenswahrscheinlichkeiten von einer Notankerung und von Reparaturmaßnahmen vorgenommen.

### 5.3.3 Aufstellmuster der betrachteten Windparks

Die Aufstellungsmuster der geplanten Windparks wurden mit Hilfe eines halb-automatischen Verfahrens erstellt. Die im folgenden beschriebenen Randbedingungen wurden dem Flächenentwicklungsplan 2020 /1/ entnommen oder direkt mit dem BSH abgestimmt: Jede OWEA wurde mit einer Nennleistung von 9,0 MW angenommen. Für die untersuchten Flächen EN-14, EN-16 und EN-22, für die in /1/ keine Gesamtleistung vorgegeben ist, wurde ein Mindestabstand von ca. 1150 m zwischen den OWEA berücksichtigt, dies entspricht einen mittleren repräsentativen Wert abgeleitet aus den Gegebenheiten im Gebiet N-13. Die Anpassung (Reduzierung) der Leistung aufgrund Plausibilisierung (siehe /22/) wurde unter konservativen Gesichtspunkten nicht berücksichtigt. Somit wurde bei der Entwicklung der modellhaften Aufstellungsmuster im Vergleich zu den Leistungsangaben aus Tabelle 18 teilweise höhere Angaben berücksichtigt.

Die Koordinaten der einzelnen OWEA befinden sich innerhalb der definierten Flächen. Dabei wurde die äußere Begrenzung der Fläche ebenfalls als möglicher Aufstellort einer OWEA angenommen. Da die Grenzen der Flächen in vielen Fällen mit den Grenzen der definierten Gebiete zusammenfallen, ist es somit auch möglich, dass sich die Aufstellorte auch auf der Begrenzung der Gebiete befinden. Um eine möglichst gute Ausnutzung der Flächen zu erzielen, wurden die Aufstellungsmustern oftmals sogar so gewählt, dass sich die äußeren OWEA direkt auf der Grenze befinden. Die Flächen wurden im Vorfeld



bereits so gewählt, dass alle minimalen Abstände zu bestehenden und geplanten Kabel-, Rohr- und sonstigen Leitungen, sowie zu angrenzenden Vorrang- bzw. Vorbehaltsgebieten für die Schifffahrt eingehalten werden.

Im Weiteren wurde versucht, die ermittelte Anzahl der OWEA je Fläche möglichst gleichmäßig auf der Fläche zu verteilen. Dadurch wird ein möglichst effizientes und realitätsnahes Aufstellungsmuster erreicht. Lokale Effekte, wie die Bodenbeschaffenheit sowie eine finale wind-optimierte Aufstellung konnten allerdings zu diesem frühen Stand nicht berücksichtigt werden. Alle gewählten Parameter je Fläche, sowie die sich daraus ergebenden mittleren Abstände zwischen den OWEA sind in Tabelle 18 dargestellt. Die graphische Darstellung findet sich in Abbildung 39 und Abbildung 41.

Für die im Rahmen dieses Berichtes vorgestellten Ergebnisse der Kollisionshäufigkeitsberechnungen wurde der Untersuchungsraum nach Vorgabe des BSH in vier Betrachtungsräume aufgeteilt innerhalb derer jeweils eine Kumulativbetrachtung der geplanten Windparks vorgenommen wurde. Diese Kumulativbetrachtungen fassen umliegende Windparks in einem Radius von 20 Seemeilen ein (N-9 und N-10) ein oder berücksichtigen die geplanten hier zu untersuchenden Parkflächen entlang der Schifffahrtsroute 10 (N-11, N-12, N13, EN-14, EN-16 und EN-22). Die Kumulativbetrachtungen wurden in Absprache und Vorgabe mit dem BSH vorgenommen.

Die kumulativen Betrachtungen sind für die jeweiligen Gebiete in den nachstehenden entsprechenden Kapiteln dargestellt. Die Ergebnisse der ermittelten Kollisionshäufigkeiten gelten demnach entsprechend den Angaben in den folgenden Kapiteln, in denen die Ergebnisse für die Teilbetrachtungen angegeben sind, auch nur für die jeweils dargestellte kumulative Konstellation.

**Tabelle 18: Gewählte Parameter für die zu untersuchenden Flächen**

| Flächenbezeichnung | Voraussichtlich zu installierende Leistung [MW] /1/ | Gewählte Anzahl von OWEAs | Resultierende Leistung [MW] | Mittlerer Abstand [m] |
|--------------------|---|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| N-9.1              | 1000  | 112                       | 1008                        | ca. 960               |
| N-9.2              | 1000  | 112                       | 1008                        | ca. 970-1100          |
| N-9.3              | 1000  | 112                       | 1008                        | ca. 1000-1150         |
| N-9.4              | 1000  | 112                       | 1008                        | ca. 960-1100          |
| N-10.1             | 1000  | 112                       | 1008                        | ca. 1000              |
| N-10.2             | 1000  | 112                       | 1008                        | ca. 950               |
| N-11               | 2000  | 223                       | 2007                        | ca. 1300              |
| N-12               | 4000  | 445                       | 4005                        | ca. 1050              |
| N-13               | 2000  | 223                       | 2007                        | ca. 1150              |
| EN-14              | Keine Angabe  | 149                       | 1341                        | ca. 1150              |
| EN-16              | Keine Angabe  | 307                       | 2763                        | ca. 1150              |

| Flächenbezeichnung | Voraussichtlich zu installierende Leistung [MW] /1/ | Gewählte Anzahl von OWEAs | Resultierende Leistung [MW] | Mittlerer Abstand [m] |
|--------------------|---|---------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| EN-22              | Keine Angabe  | 388                       | 3492                        | ca. 1150              |

In den jeweiligen Abschnitten des Kapitels 6 sind die Aufstellmuster der betrachteten bzw. berücksichtigten Flächen dargestellt. Für die Anlagen wurde ein Fundament mit einem kollisionsrelevanten Durchmesser von 23,0 m berücksichtigt. Sollten in späteren Planungen für Windparks auf diesen Flächen kleinere Fundamente verwirklicht werden, so ist tendenziell mit einer geringfügigen Verbesserung der statistisch zu erwartenden Kollisionshäufigkeiten zu rechnen.

Für sämtliche Anlagen wird aufgrund der Forderungen der Planfeststellungsbehörde eine kollisionsfreundliche Konstruktion der Fundamente angenommen. Dies gilt sowohl für die genehmigten, als auch für die im Planfeststellungsverfahren befindlichen Gebiete.

### 5.3.4 Risikomindernde Maßnahmen (Quantitative Analysen)

Als risikomindernde Maßnahmen werden die Installation von AIS-Geräten an den Installationen der Windparks, Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung und die Wirksamkeit von Schleppern betrachtet.

Die Ausrüstung des jeweiligen Windparks mit AIS-Geräten und die deutschen Notschlepper werden als vorhandene Maßnahmen angenommen /23/.

Als zusätzliche Maßnahme können unterschiedliche Varianten von Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung vorgesehen werden. Hierdurch können auf Kollisionskurs fahrende Schiffe erkannt, identifiziert und ggf. gewarnt werden.

Als weitere zusätzliche Maßnahme können betreiberseitig vorgehaltene Schlepper in die Berechnung einbezogen werden.

#### 5.3.4.1 AIS - Automatic Identification System

AIS (siehe auch Abschnitt 4.2.1) ermöglicht der Schiffsführung das rechtzeitige Erkennen eines Kollisionskurses mit anderen Schiffen oder Offshore-Einrichtungen, die mit AIS ausgerüstet sind. Die Warnung erfolgt durch das jeweilige an Bord befindliche AIS-Gerät. Das Kollisionsrisiko manövrierfähiger Schiffe kann somit durch den Einsatz von AIS reduziert werden (Tabelle 19). Für alle Schiffe ab 300 BRZ in internationaler Fahrt, für Frachtschiffe ab 500 BRZ in nationaler Fahrt und für alle Passagierschiffe gilt die AIS-Ausrüstungspflicht.

Solange keine Erkenntnisse durch empirische Daten oder detaillierte analytische Modelle vorliegen, wird ein konservativer Wert als Faktor der Wirksamkeit von 1,25 angenommen /21/.

**Tabelle 19: Risikoreduzierungen aufgrund der Wirkung von AIS Geräten am Windpark**

| Szenario  | angesetzte Wirkung |
|---|--------------------|
| Kollision manövrierfähiger Schiffe mit Installationen der Windparks | Faktor             |
| <b>ohne AIS</b>   | 1,00               |
| <b>mit AIS</b>  | 1,25               |

### 5.3.4.2 Verkehrsüberwachung und Seeraumbeobachtung

Eine weitere Verminderung der Risiken kann durch die Einbeziehung einer Seeraumbeobachtung seitens des Betreibers oder einer Verkehrsüberwachung durch staatliche Stellen erzielt werden. Ziel der Seeraumbeobachtung und Verkehrsüberwachung ist es, Schiffe zu erkennen und zu identifizieren, die Kurs auf die Sicherheitszone nehmen oder sich auf Kollisionskurs mit dem Windpark befinden, und diese zu warnen sowie gegebenenfalls Navigationshinweise oder Navigationsanweisungen zu geben.

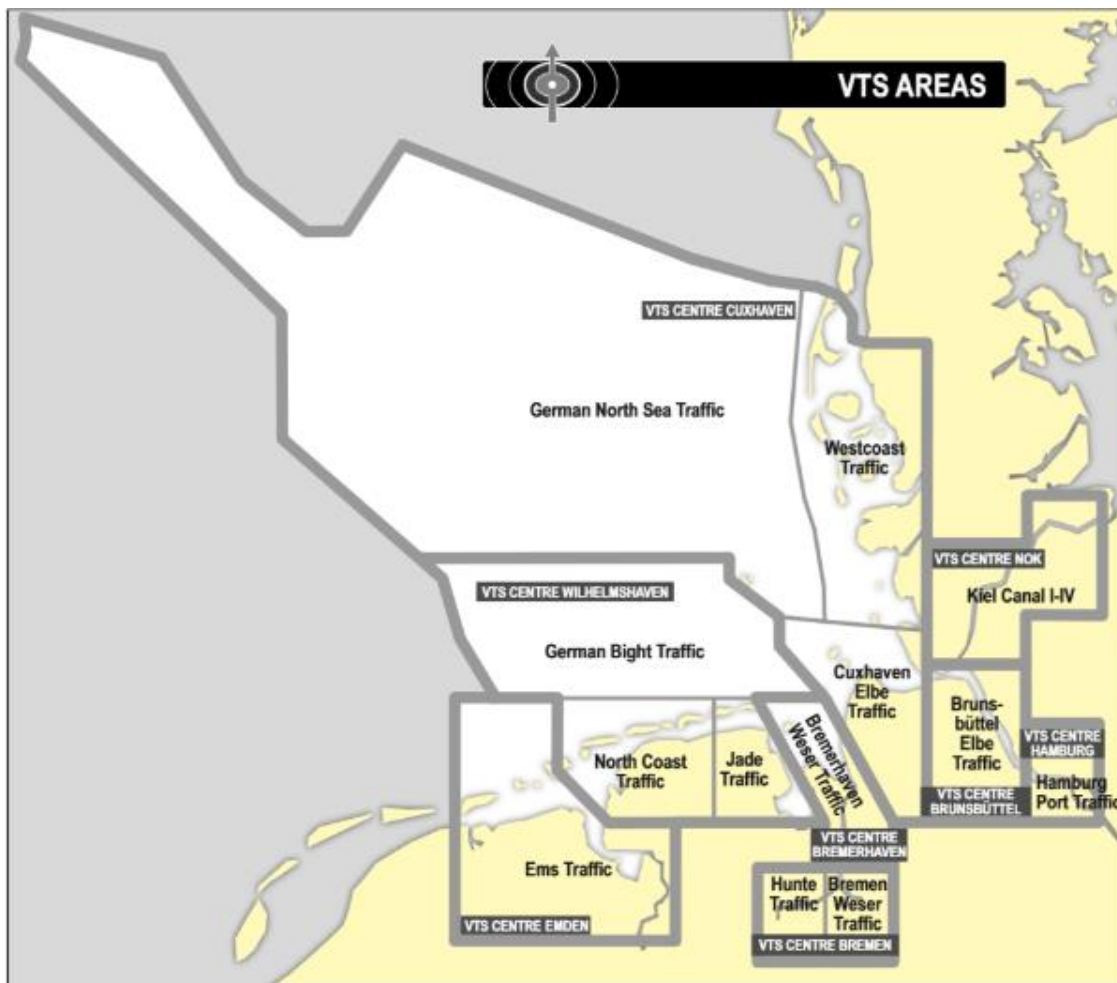
Der Schiffsverkehr in der Deutschen Bucht, Teilen der Ostsee und den Zufahrten zu den deutschen Seehäfen wird von den Verkehrszentralen (VZ) kontinuierlich mittels AIS und Radar überwacht (Aufteilung siehe Abbildung 35).

Die Verkehrszentralen sind Organisationseinheiten der Wasserstraßen und Schifffahrtsämter. Aufgaben der Verkehrszentralen sind:

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

Hierzu werden der Schifffahrt Verkehrsinformationen und Verkehrsunterstützungen angeboten. Bei Bedarf wird verkehrsregelnd auf die Schifffahrt eingewirkt.

Die in diesem Bericht betrachteten Gebiete liegen derzeit in der Regel außerhalb der durch Verkehrszentralen überwachten Gebiete. Zum einen ist die AIS Abdeckung lückenhaft (siehe 4.2.1), des Weiteren findet die Kommunikation mit dem Schiffsverkehr üblicherweise über UKW- Sprechfunk, der eine sehr begrenzte Reichweite hat. Zusätzlich befinden sich die Gebiete außerhalb der deutschen Hoheitsgewässer, so dass ohnehin lediglich Informationen, Hinweise und Warnungen an die Schifffahrt gesendet werden könnten.



**Abbildung 35: Maritime Verkehrssicherung in der AWZ der Nordsee**

### Wirkung auf manövrierunfähige Schiffe

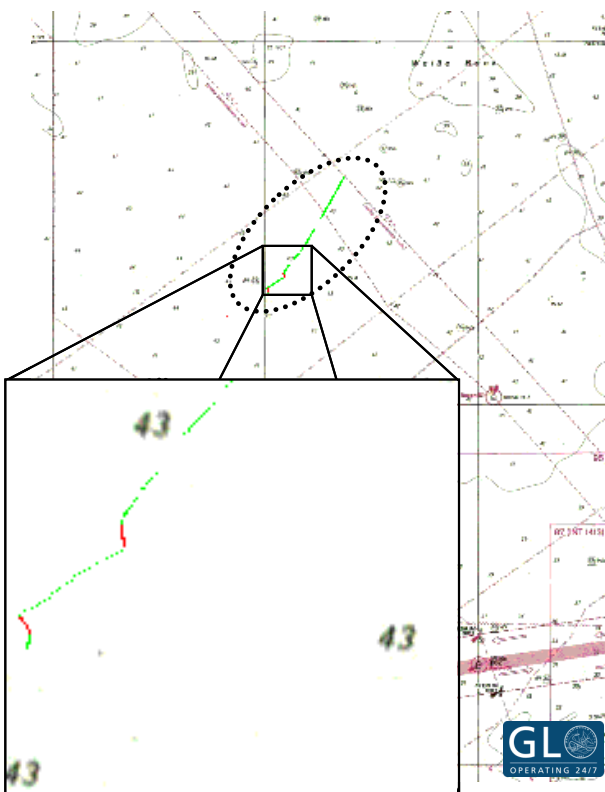
Durch eine Verkehrsüberwachung können in Richtung Windpark driftende manövrierunfähige Schiffe erkannt, identifiziert und gezielt angesprochen, sowie gegebenenfalls Rettungsmaßnahmen eingeleitet werden. Ein solcher Vorgang wird durch die technischen Mittel AIS und Radar unterstützt. Dabei hat der Aufwand bei der Realisierung solcher Maßnahmen einen entscheidenden Einfluss auf die Wirksamkeit. Weiterhin sind der Schulungsgrad und die Anzahl der involvierten Personen von zentraler Wichtigkeit.

Durch eine AIS-Überwachung können mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit Schiffe erkannt werden, die durch einen Ausfall der Maschinenanlage oder andere Ereignisse manövrierunfähig werden. Dabei werden Schiffe erfasst, die mit einem AIS-Gerät ausgerüstet sind und AIS-Daten senden. Aufgrund der Ausrüstungspflicht seit Anfang 2005 ist die Mehrzahl der im Seegebiet der OWP fahrenden Schiffe mit AIS-Geräten ausgerüstet. In dem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben SAFESHIP /24/ wurde pessimistisch eine Ausrüstung und die Sendung der AIS-Daten bei 90% aller Schiffe angenommen. Inzwischen ist mit einem deutlich über diesem Wert liegenden Anteil zu rechnen.

Sofern das manövrierunfähige Schiff sein Driften nicht selbst meldet, kann über verschiedene AIS- und Radar-Auswertungsmethoden eine Identifikation erfolgen. Dabei bietet AIS gegenüber Radar den Vorteil, dass neben GPS gestützten Positions-, Lage- und Geschwindigkeitsdaten auch schiffsspezifische Daten und Statusmeldungen übertragen werden. Der Informationsgehalt von Radar ist zwar geringer, jedoch

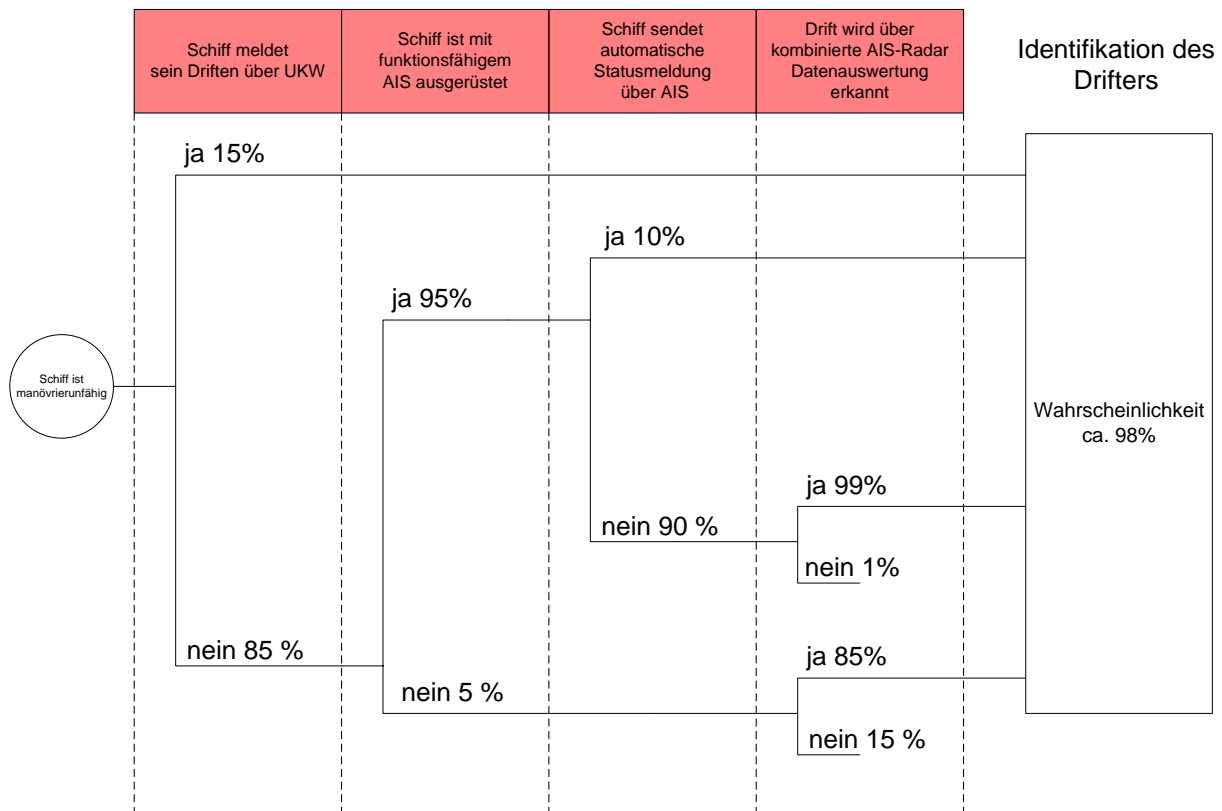
besteht hier der Vorteil, dass das Signal vom Schiff selbst unabhängig ist. Die höchste Wahrscheinlichkeit der Erkennung ist über eine Kombination von AIS und Radar zu erreichen.

Softwarealgorithmen, mit denen sich driftende Schiffe erkennen lassen, sind derzeit in der Entwicklung. Untersuchungen des Germanischen Lloyds deuten auf eine nahezu sichere Erkennung von driftenden Schiffen über AIS hin. Zum einen kann das AIS Gerät an Bord durch eine Statusmeldung (z.B. „not under command“ oder „restricted ability to manoeuvre“) auf ein Driften aufmerksam machen, zum anderen ist ein Erkennen durch Auswertung der Positionsmeldungen möglich. Letzteres ist durch ein Feststellen einer Differenz zwischen Kurs und Ausrichtung des Schiffes („course over ground“ und „heading“) und über komplexere Auswertung der zeitlichen Änderung verschiedener AIS-Parameter („speed over ground“, „course over ground“, „heading“) zu erreichen. Beispielhaft ist in Abbildung 36 die Spur eines über AIS-Auswertung identifizierten Drifters dargestellt.



**Abbildung 36: Driftweg eines über AIS-Auswertung identifizierten driftenden Schiffes**

Durch einen Ereignisbaum, der die jeweiligen Teilwahrscheinlichkeiten für verschiedene Arten der Identifikation enthält, lässt sich eine Gesamtwahrscheinlichkeit für das Erkennen eines driftenden Schiffes durch eine Verkehrsüberwachung ermitteln, siehe Abbildung 37. Bei Annahme konservativer Werte kann davon ausgegangen werden, dass ca. 98% aller manövrierunfähigen Schiffe identifiziert werden können. Über den in Abbildung 37 dargestellten Ereignisbaum wird eine Erkennung des manövrierunfähigen Schiffes in 98% aller Fälle errechnet.



**Abbildung 37: Ereignisbaum zur Identifikation driftender Schiffe durch Verkehrsüberwachung**

Bei Verfolgung der Driftbewegung der erkannten manövrierunfähigen Schiffe sowie einer Kommunikation mit dem driftenden Schiff kann ein Gefährdungspotential durch das jeweilig driftende Schiff abgeschätzt werden. Für die Beurteilung der risikomindernden Wirkung einer Verkehrsüberwachung auf Kollisionen manövrierunfähiger Schiffe mit Installationen der Windparks sind im Weiteren die Wirksamkeit der kommunikativen Unterstützung durch Verkehrsüberwachung und ggf. Bergungsmaßnahmen zu betrachten.

Kommunikative Unterstützung durch nautisch geschultes Personal kann zu einer Verminderung des Kollisionsrisikos führen. Dabei ist die Bereitstellung von Hinweisen zum gezielten Einsetzen von eventuell noch vorhandenen Bordmitteln, wie beispielsweise Bugstrahlruder, Ruderstellung oder Anker zur Beeinflussung der Drift zu nennen; hinzu kommt der psychologische Effekt der Beratung, der zu einer positiven Veränderung der Lage des Havaristen beitragen kann. Da dieser Effekt schwer zu quantifizieren ist, wird hier zunächst pessimistisch von einem Faktor 1,1 ausgegangen. Das heißt, in etwa 10% aller identifizierten Fälle kann eine Kollision zwischen manövrierunfähigen Schiffen und Windenergieanlagen durch kommunikative Mittel verhindert werden.

#### Wirkung auf manövrierfähige Schiffe

Für die Betrachtung und Quantifizierung der Maßnahmen der Verkehrsüberwachung/ Seeraumbeobachtung auf manövrierfähige Schiffe werden im Folgenden drei verschiedene Varianten unterschieden, die sich bezüglich ihrer Ausrüstung, Konzeption und Wirksamkeit unterscheiden.

#### **Variante 1: Vollständige Verkehrsüberwachung - Seeraumbeobachtung**

Eine vollständige Überwachung und Beobachtung schließt alle Maßnahmen der maritimen Verkehrssicherung ein. Dies beinhaltet eine permanente (manuelle) Beobachtung des Schiffsverkehrs durch ausgebildete Nautiker sowohl mit Hilfe von AIS, als auch mit Hilfe von Radar. Eine Quantifizierung der Wirksamkeit ist auf Grund der unterschiedlichen Ausrüstung der Schiffe und der jeweiligen

nautischen Gegebenheiten des betrachteten Seeraums schwierig. Die Studien /25/ und /26/ geben für die Vergangenheit eine Spanne der Reduzierung der Kollisionshäufigkeiten von Faktor 2 bis 10 an. Es wird erwartet, dass sich die Wirksamkeit auf Grund der ständig fortschreitenden technischen Ausrüstung der Schiffe eher reduziert hat. Andererseits wird jedoch erwartet, dass sich die Möglichkeit einer gezielten Identifikation einzelner Schiffe durch AIS in Verbindung mit einer Seeraumbeobachtung positiv auswirkt /27/. Basierend auf Ergebnissen eines vom Germanischen Lloyd, MARIN und der Technical University of Denmark durchgeführten Forschungsprojektes /24/ wurde ein risikomindernder Faktor von 4,33 für eine umfassende Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung quantifiziert. Im Rahmen der Harmonisierung der Annahmen unterschiedlicher Gutachter wurde ein Faktor von 4 vereinbart /21/.

### **Variante 2: Automatische Überwachung/Beobachtung mit manueller Option**

Grundlage der Variante 2 ist die ständige automatische Auswertung aller mit AIS ausgerüsteten Fahrzeuge. Parallel dazu erfolgt in regelmäßigen Abständen eine manuelle Auswertung. Werden Grenzparameter überschritten, das heißt, befindet sich beispielsweise ein Schiff in einem definierten Abstand auf Kollisionskurs mit dem Windpark, erfolgt in jedem Fall eine automatische Alarmierung/Warnung und eine weitere manuelle Überwachung/Beobachtung der entsprechenden Fahrzeuge durch Nautiker. Bei Identifikation eines Schiffes kann versucht werden, den potentiellen Kollisionsgegner rechtzeitig über Funk oder Satellitentelefon zu warnen. Für die hier vorgeschlagene automatische Beobachtung mit Hilfe von AIS-Signalen und einer zusätzlichen manuellen Beobachtung der in der Umgebung des Windparks fahrenden Schiffe ist ein geringerer Faktor als 4 anzusetzen, da einerseits nur AIS-Daten verwendet werden und andererseits teilweise eine automatische Beobachtung stattfindet. Mit diesen Einschränkungen gegenüber einer umfassenden Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung mit einer zusätzlichen Radarüberwachung und einer ständigen manuellen Auswertung sind Annahmen bezüglich einer reduzierten Wirksamkeit verbunden. Im Forschungsvorhaben SAFESHIP /24/ wurde eine Seeraumbeobachtung nur mit AIS-Geräten untersucht. Aufgrund der nicht 100%igen Verfügbarkeit der Schiffsinformationen (nicht vorhandenes, defektes oder abgeschaltetes AIS-Gerät an Bord) ist eine geringere Wirksamkeit anzusetzen. Jedoch sind aufgrund der besseren Identifikation der Schiffe durchaus Vorteile gegenüber einer Radarüberwachung vorhanden. Insgesamt konnte für eine nur über AIS betriebene Seeraumbeobachtung in /24/ ein Faktor von 3,66 festgestellt werden. Zusätzlich ist für diese Variante zu berücksichtigen, dass die Auswertung der AIS-Signale zunächst teilweise automatisch erfolgt. Hierbei ist mit einer Reduzierung der Wirksamkeit zu rechnen, so dass ein risikomindernder Faktor von 3 als realistisch angenommen wird.

### **Variante 3: Automatische Auswertung**

Diese Variante unterscheidet sich gegenüber der oben beschriebenen Variante 2 in der Weise, dass die Auswertung des Schiffsverkehrs permanent automatisch über AIS vor dem Hintergrund der Einleitung von Sofortmaßnahmen bei besonderen Ereignissen vorgenommen wird und nur bei Überschreiten vorgegebener Grenzparameter ein Aufmerksamkeitssignal als Hinweis erfolgt. Nach Überprüfung können mögliche Maßnahmen ergriffen werden. Es ist auch denkbar, dass zusätzlich eine automatische Textmeldung über AIS an das entsprechende Schiff gesendet wird oder automatisch über den DSC-Kanal des UKW-Funkgerätes (Kanal 70) an das entsprechende Schiff eine Dringlichkeits- oder Sicherheitsmeldung abgesetzt wird. Aufgrund der zunächst nur automatisch vorgenommenen Auswertung ist von einer weiteren Verminderung der Wirksamkeit im Vergleich zu Variante 2 auszugehen. Deshalb wird für diese Variante von einem reduzierten risikomindernden Faktor von 2,5 ausgegangen.

Tabelle 20 und Tabelle 21 zeigen die Faktoren zur Reduzierung der Kollisionshäufigkeiten, bedingt durch die Wirkung der Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung gemäß den verschiedenen Varianten.

Zusätzlich wird eine Kombination der Varianten 1 und 3 betrachtet, bei der im Seegebiet nördlich des Verkehrstrennungsgebietes German Bight Western Approach die Variante 3 berücksichtigt wird und im übrigen Seegebiet, in welchem die hohen Schiffsverkehre der Verkehrstrennungsgebiete dominieren, die Variante 1 berücksichtigt wird, da hier laut Aussagen der Außenstelle Nordwest der GDWS für diesen Bereich der deutschen AWZ eine zusätzliche Radarüberwachung als notwendig angesehen wird.

In Tabelle 22 sind die erforderlichen Ausrüstungen und das erforderliche Personal für eine Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung gemäß Variante 3 näher beschrieben.

**Tabelle 20: Risikoreduzierungen aufgrund der Wirkung einer Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung auf manövrierfähige Schiffe**

| Szenario  | angesetzte Wirkung |
|---|--------------------|
| Kollision manövrierfähiger Schiffe mit Installationen des Windparks | Faktor             |
| <b>ohne</b> Überwachung/Beobachtung und Warnmeldungen               | 1                  |
| <b>mit</b> Überwachung/Beobachtung nach Variante 1                  | 4                  |
| <b>mit</b> Überwachung/Beobachtung nach Variante 2                  | 3                  |
| <b>mit</b> Überwachung/Beobachtung nach Variante 3                  | 2,5                |

**Tabelle 21: Risikoreduzierungen aufgrund der Wirkung einer Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung und anschließender kommunikativen nautischen Unterstützung auf manövrierunfähige Schiffe**

| Szenario   | angesetzte Wirkung |
|--|--------------------|
| Kollision manövrierunfähiger Schiffe mit Installationen des Windparks      | Faktor             |
| <b>ohne</b> kommunikative Unterstützung durch nautisch geschultes Personal | 1                  |
| <b>mit</b> kommunikativer Unterstützung durch nautisch geschultes Personal | 1,1                |



**Tabelle 22: Ausrüstung und Personal für eine Seeraumbeobachtung durch die Leitwarte**

| <b>Ausrüstung:</b>          | <b>Beschreibung</b>  |
|-----------------------------|--|
| AIS                         | Redundante AIS-Empfangsgeräte und redundante Datenweiterleitung  |
| AIS-Auswertung              | Die am Windpark empfangenen AIS-Daten werden in geeigneter Art und Weise ausgewertet. Wenn sich in einem bestimmten Radius um den Windpark ein Schiff auf Kurs in Richtung des Windparks befindet, wird ein Alarm ausgegeben.<br><br>Eventuell ist in Verbindung mit den AIS-Geräten und den UKW-Funkgeräten eine zusätzliche automatische Alarmierung der entsprechenden Schiffsführung realisierbar. |
| UKW-Funk mit DSC            | Mindestens zwei redundant arbeitende Geräte<br><br>Es können potenzielle Kollisionsgegner informiert und gewarnt werden (z.B. über UKW Kanal 16 oder über den DSC Kanal 70).   |
| Telefon                     | Zur Kommunikation mit dem Kollisionsgegner (Satellitentelefon) und mit Behörden/Verkehrszentrale zur Information und gegebenenfalls zur Einleitung von Hilfsmaßnahmen  |
| Datenübertragung            | Redundante Datenübertragung vom Windpark zur Leitwarte des Windparks zur Sicherstellung des Informationsaustausches (Funk und AIS)   |
| Sicherheitshandbuch         | Sicherheitshandbuch mit Verfahrensanweisungen und Notfallplänen für das Personal   |
| Weitere Informationssysteme | Informationssysteme zur Anzeige von hydrologischen und meteorologischen Daten (Windstärke und -richtung, Wasserstand, Sichtweite)<br><br>Eventuell weitere Systeme, die den Status der einzelnen WEA anzeigen  |
| <b>Personal:</b>            |  |
| Betriebspersonal            | Ausgebildetes Personal ist 24 Stunden am Tag notwendig.  |

### 5.3.4.3 Berücksichtigung von Notfallschleppkapazitäten

Notschlepper werden zum Bergen von manövrierunfähigen Havaristen eingesetzt. „Notschleppen“ in diesem Sinne ist die Hilfeleistung eines vom Bund-, oder betreiberseitig vorgehaltenen Schleppschiffes (Notschlepper) für ein in der See manövrierunfähig treibendes Schiff, mit dem Ziel drohende Gefahren (z.B. Strandungen) abzuwehren. Notschlepper sollen eine Schleppverbindung zum Havaristen herstellen und ihn so lange in See halten oder verschleppen („kontrolliertes Driften“), bis die Manövrierfähigkeit des Havaristen wiederhergestellt ist, kommerzielle Bergungsschlepper den Havaristen gefahrlos übernehmen können oder die Gefahr auf andere Weise beseitigt werden kann.

Der risikomindernde Einfluss von Notschleppern kommt daher nur beim Szenario der Kollision von manövrierunfähigen Schiffen mit Installationen des Windparks zur Wirkung. Die Möglichkeit der Bergung

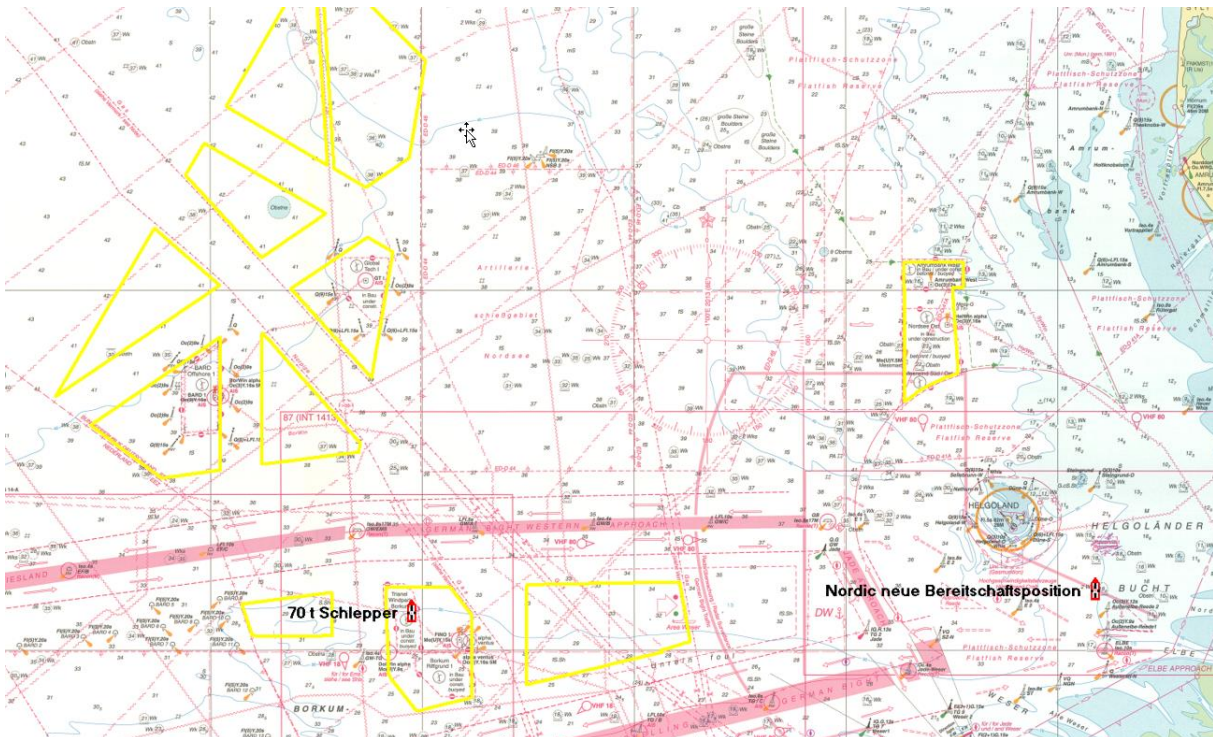
eines Havaristen durch einen oder mehrere Schlepper setzt neben der Erkennung und Identifikation des Schiffes die Einsatzbereitschaft der Schlepper voraus. Dafür können ebenfalls Annahmen getroffen werden. Die Bereitschaftspositionen für die Notschlepper in der Nordsee sind in Tabelle 23 und Abbildung 38 dargestellt.

Der große Nordseeschlepper „Nordic“, seit Anfang 2019 auf der neuen Bereitschaftsposition südlich von Helgoland (siehe Abbildung 38), kann ganzjährig für Notschleppsätze vom Havariekommando oder dem WSA Cuxhaven eingesetzt werden („hoheitlicher Notschlepper“). Er ist in der Regel innerhalb von 0,5 h einsatzklar. Bei diesem Schlepper kann von einer hohen Wahrscheinlichkeit der Bereitschaft von etwa 96% (d.h. an 16 Tagen im Jahr steht hier kein Schlepper zur Verfügung) ausgegangen werden, da er ausschließlich für Schleppmanöver, allerdings vorwiegend zum Küstenschutz, vorgehalten wird. Für den Fall des technischen Ausfalls, des Besatzungswechsels und Bunkerns von Treibstoff wird er adäquat durch andere Schiffe ersetzt. Ergänzend wird ein betreiberseitiger Schlepper berücksichtigt, der zu einem Zeitpunkt verfügbar sein muss, an dem die „Nordic“ nicht ausreichend Notschleppkapazitäten aufweist, um die Kriterien für die entsprechenden Windparkflächen zu erfüllen. Exemplarisch wird dieser Schlepper mit 70t Pfahlzug und einer Bereitschaftsposition im Umfeld des Vorhabens Trianel Borkum II angenommen, da für Windparks dieses Gebietes bereits eine entsprechende Anordnung in der Vergangenheit erfolgt ist. Die Leistungsdaten der Schlepper sind in Tabelle 23 zusammengestellt.

**Tabelle 23: Leistungsdaten für die berücksichtigten Schlepper**

| Notschlepper:    | Hoheitlicher Notschlepper „Nordic“   | Betreiberseitig vorzuhaltender Schlepper   |
|------------------|--|--|
| Geschwindigkeit: | 19,5 kn  | 14,0 kn  |
| Pfahlzug:        | 200 t  | 70 t   |
| Position         | Bereitschaftsposition: 5 sm SE'lich Helgoland, zwischen Insel Helgoland und Außenelbe-Reede<br><br>Sturmposition: in 5-sm-Radius um Pos. 8 sm S'lich Lcht.Tn. „GW/C“ | Angenommene Bereitschaftsposition im Umfeld des Vorhabens Trianel Windpark Borkum II |

In den quantitativen Analysen werden (konservativ) mögliche risikomindernde Effekte der genannten Mehrzweckschiffe „Mellum“ und „Neuwerk“ sowie der niederländische Notschlepper „Guardian“ in Den Helder vernachlässigt.



**Abbildung 38: Bereitschaftspositionen der berücksichtigten Notschlepper in der Nordsee**

Die Bergung durch einen Notschlepper innerhalb der Windparkfläche wird lediglich bis zu einer Windstärke von 4 Bft berücksichtigt, da eine erfolgreiche Bergung innerhalb der Windparkfläche bei höheren Windgeschwindigkeiten als unwahrscheinlich angesehen wird.

Bei Annahme einer Wahrscheinlichkeit für die Identifikation eines manövrierunfähigen Schiffes von 98% und einer Schlepperbereitschaft von 96% ergibt sich somit eine Gesamtwahrscheinlichkeit für die Initiierung eines Bergungsversuches von:

$$98\% \quad \times \quad 96\% \quad = \quad 94\%$$

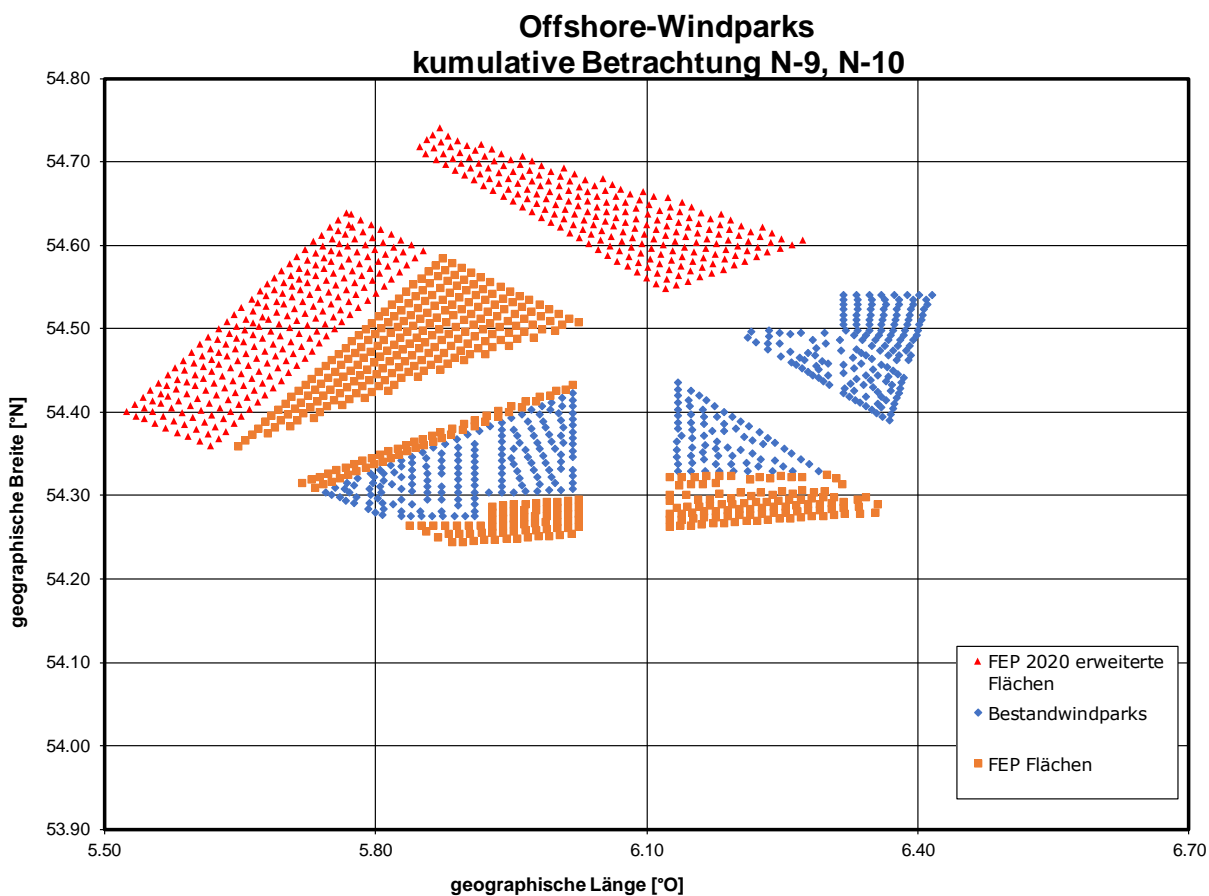
Um den risikomindernden Einfluss der Notschlepper auf die Kollisionshäufigkeit von Schiffen mit dem Windpark zu untersuchen, wurde das von manövrierunfähigen Havaristen ausgehende Kollisionsrisiko unter Berücksichtigung der Wirkung eines Notschleppers entsprechend den Angaben in Anhang A berechnet.

## 6 FLÄCHENUNTERSUCHUNG

### 6.1 N-9 und N-10

Im Rahmen der quantifizierten Risikoanalyse wurde für die statistisch zu erwartenden Kollisionswahrscheinlichkeiten für die Gebiete N-9 und N-10 folgendes Szenario untersucht:

Erweiterungen von N-9 und N-10 auf einen Abstand von 2,0 sm plus 500 m Sicherheitsabstand von der Grenze zum Vorranggebiet der Schifffahrt Nr. 10 (wie im ROP 2009 beschrieben), sowie die benachbarten Windparks, bzw. Windparkplanungen im Umkreis von 20 Seemeilen. Die kumulative Betrachtung der Gebiete N-9 und N-10 schließt die Gebiete N-6, N-7 und N-8 mit ein (siehe Abbildung 39).



**Abbildung 39: Aufstellmuster der Kumulativbetrachtung N-9 und N-10 (einschließlich N-6, N-7 und N-8)**

## 6.1.1 Kumulative Kollisionshäufigkeit

Die Ergebnisse der kumulativen Betrachtung mit und ohne Berücksichtigung der Wirkung risikomindernder Maßnahmen sind in Tabelle 24 zusammengestellt.

**Tabelle 24: Kumulative Betrachtung mit Erweiterungen der Flächen N-9.3, N-9.4, N-10.1, N-10.2 (einschließlich der Gebiete N-6, N-7 und N-8 gemäß Abb. 39) ohne und mit Berücksichtigung der risikomindernden Maßnahmen**

| Kumulative Betrachtung (einschließlich der Gebiete N-6, N-7 und N-8) entsprechend Abb. 39 mit Erweiterungen der Flächen N-9.3, N-9.4, N-10.1, N-10.2 (2030) auf 2,0 sm +500 m zum VRG Schifffahrt. | Kollisionshäufigkeit                    |   |   |   |
|--|---|---|---|---|
|  | für manövrierfähige Schiffe<br>[1/Jahr] | für manövrierunfähige Schiffe<br>[1/Jahr] | für manövrierfähige und manövrierunfähige Schiffe<br>[1/Jahr] | stat. zu erwartende Zeit zwischen zwei Kollisionen<br>[Jahre] |
| ohne risikomindernde Maßnahmen (Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung, AIS, Notfallschlepper)   | 0.0027                                  | 0.0207                                    | 0.0234  | 43  |
| mit AIS, ohne Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung und ohne Notfallschlepper   | 0.0022                                  | 0.0207                                    | 0.0229  | 44  |
| mit AIS, mit Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3 und ohne Notfallschlepper   | 0.0009                                  | 0.0188                                    | 0.0197  | 51  |
| mit AIS, Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3 und hoheitlichem Notschlepper „Nordic“ (neue Bereitschaftsposition)   | 0.0009                                  | 0.0080                                    | 0.0088  | 113   |
| mit AIS, Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3 und hoheitlichem Notschlepper „Nordic“ (neue Bereitschaftsposition) und 70 t Schlepper bei Trianel                                  | 0.0009                                  | 0.0067                                    | 0.0075  | 133   |

Die Kollisionshäufigkeit für die kumulative Aufstellung von manövrierfähigen und manövrierunfähigen Schiffen ergibt unter Berücksichtigung von AIS, einer automatischen Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3, der vorhandenen deutschen hoheitlichen

Notschleppkapazitäten sowie einem betreiberseitigen 70 t Schlepper eine Kollisionsperiode von 133 Jahren für das beschriebene Szenario.

Die Ergebnisse beruhen auf dem in Rahmen dieses Projektes generierten kombinierten Datensatz für das Jahr 2019. In diesem Datensatz wurden die einzelnen 2019er Datensätze, von DNV GL, FleetMon, WSV und EMSA, zu einem kombinierten Datensatz für das Jahr 2019 zusammengefasst, siehe Abschnitt 4.2.

Verkehrsauswertungen, die höhere Verkehrszahlen aufzeigen, können entsprechend der Anzahl und der Lage zu den Planungen das mögliche Risiko erhöhen. Die zu erwartende Veränderung der Anzahl an Schiffsbewegungen in der Zukunft wurde hier nicht berücksichtigt.

### 6.1.2 Kollisionskonsequenzen

In Tabelle 25 sind die statistisch zu erwartenden austretenden Schadstoffmengen mit und ohne Berücksichtigung risikomindernder Maßnahmen für die kumulative Anordnung des oben beschriebenen Szenarios angegeben. Im Falle einer Kollision, entsprechend der im vorigen Kapitel ermittelten Häufigkeit, ist von höheren Mengen, im Normalfall dagegen von keinerlei Austritten auszugehen. Die ermittelten statistischen Werte stellen somit keine regelmäßig zu erwartenden Mengen von auslaufenden Schadstoffen, sondern eher einen Risikovergleichswert dar.

**Tabelle 25: Analyseergebnisse für die das kumulative Szenario (einschließlich N-6, N-7 und N-8) mit und ohne Berücksichtigung der risikomindernden Maßnahmen**

| Kumulative Betrachtung der erweiterten Flächen N-9 und N-10 (einschließlich N-6, N-7 und N-8)  | Austretende Schadstoffmengen [t/Jahr] |
|--|---------------------------------------|
| ohne risikomindernde Maßnahmen (Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung, AIS, Notfallschlepper)   | 1,84                                  |
| mit AIS, ohne Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung und ohne Notfallschlepper   | 1,55                                  |
| mit AIS, mit Verkehrsüberwachung/ Seeraumbeobachtung der Variante 3 und ohne Notfallschlepper  | 0,82                                  |
| mit AIS, Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3 und hoheitlichem Notschlepper „Nordic“ (neue Bereitschaftsposition)   | 0,61                                  |
| mit AIS, Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3, hoheitlichem Notschlepper „Nordic“ (neue Bereitschaftsposition) sowie dem betreiberseitig vorgehaltenem 70 t Schlepper | 0,60                                  |

### 6.1.3 Quantitative Risikobeurteilung

In diesem Abschnitt wird die Einstufung des berechneten Risikos für die Umwelt in die Risikomatrix des Anhang 1 des BSH-Standards „Standard Konstruktion“ /2/ vorgenommen.

Bei Kollisionen mit driftenden Schiffen ist entsprechend der Annahme eines kollisionsfreundlichen Fundamentes bei einer Driftgeschwindigkeit bis 2 m/s kein Aufreißen der Außenhaut des Schiffes zu erwarten /2/. Insgesamt kann die Einstufung der Häufigkeit eines Ölaustritts aus einem Schiff bei Berücksichtigung der in der Risikoanalyse angegebenen risikomindernden Maßnahmen in die Häufigkeitsklasse „äußerst selten“ vorgenommen werden. Das beschriebene Szenario mit einem Ölaustritt aus dem Schiff können in die Konsequenzklassen „beträchtlich“ bis „schwerwiegend“ und somit in der Risikomatrix mit einer akzeptablen Risikoprioritätszahl (RPZ) von 2 bis 3 eingestuft werden.

Ein gleiches Bild (RPZ = 2 bis 3) liefert die Auswertung der FN-Diagramme. Die FN-Diagramme stellen den Zusammenhang zwischen Schadstoffaustrittsmengen und Häufigkeiten her und liefern somit die notwendigen Informationen für eine Einstufung des Risikos in die Risikoprioritätszahlen (RPZ). In Abbildung 40 ist das FN-Diagramm mit der zugehörigen RPZ dargestellt. Als risikomindernde Maßnahmen sind in dem Diagramm die Installation von

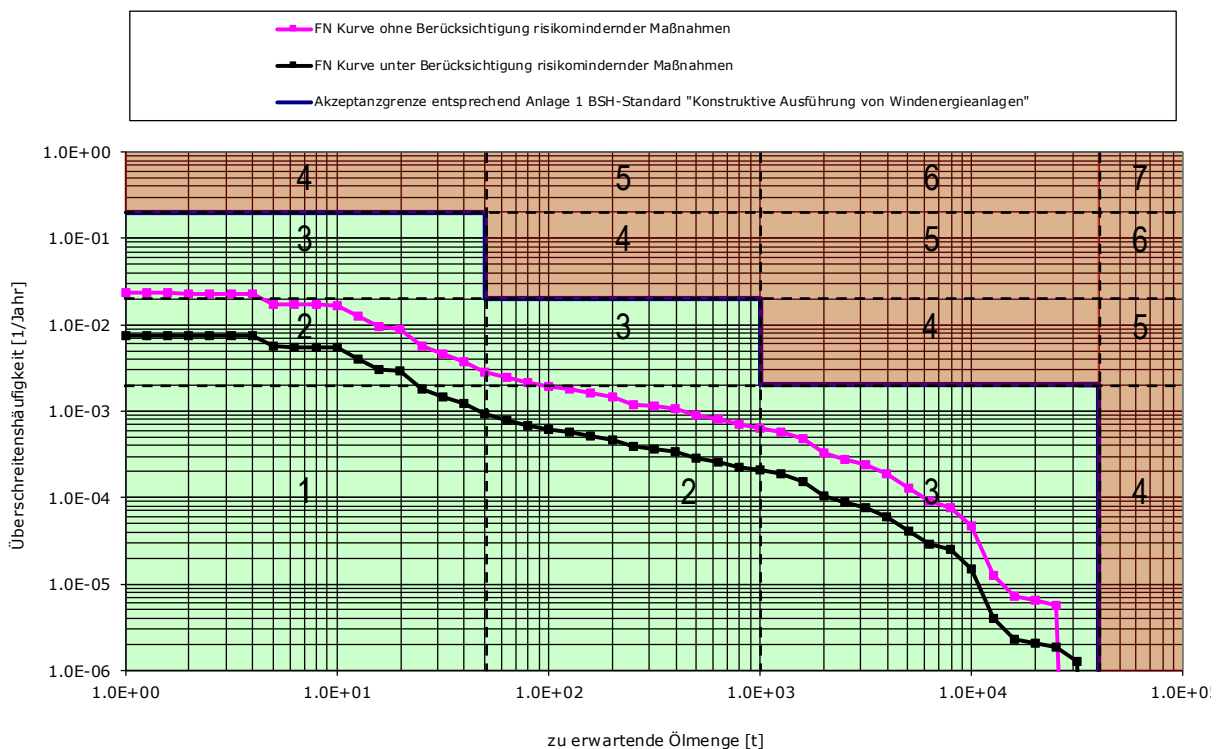
- AIS-Geräten an den Windparkinstallationen,
- eine Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung Variante 3, sowie
- dem hoheitlichen Notschlepper „Nordic“ auf Bereitschaftsposition und
- dem betreiberseitig vorgehaltenen Schlepper mit 70 t Pfahlzug

berücksichtigt.

Für die Abgrenzung der einzelnen Konsequenzklassen der Anlage 1 des BSH-Standards wurden folgende Einstufungen anhand der austretenden Schadstoffe vorgenommen (Tabelle 26).

**Tabelle 26: Definition der Konsequenzklassen**

| Konsequenzklasse | Freigesetzte Schadstoffmenge in t <sub>01</sub> |
|------------------|---|
| Unbedeutend      | 1 ... 50  |
| Beträchtlich     | > 50 ... 1.000                                  |
| Schwerwiegend    | > 1.000 ... 40.000                              |
| Katastrophal     | > 40.000  |



**Abbildung 40: Einstufung des Risikos anhand des FN-Diagramms für die kumulative Betrachtung des Szenarios**

### 6.1.4 Ergebnisse der quantitative Risikobeurteilung für N-9 und N-10

Die Ergebnisse der Berechnung der statistisch zu erwartenden Kollisionshäufigkeiten zeigen, dass auf Basis der angesetzten Parameter für die Erweiterungen der Gebiete N-9 und N-10 unter Berücksichtigung von risikomindernden Maßnahmen wie Seeraumbeobachtung, Notschlepper „Nordic“ und des betreiberseitig vorgehaltenen 70 t-Schleppers Kollisionsperioden von über 100 Jahren erreicht werden können. Der risikomindernde Effekt des niederländischen Notschleppers ist in diesen Berechnungen in einem konservativen Ansatz ausgeblendet.

Die Berechnungen der oben genannten Konstellation, sowie Vergleichsrechnungen mit geringerem Abstand der westlichen Grenze von N-9 und N-10 zur Schifffahrtsroute 10 zeigen, dass die zu erwartenden Kollisionshäufigkeiten sensibel auf eine weitere Expansion über die hier berücksichtigte westliche Grenze der Windparkflächen N-9 und N-10 nach Westen Richtung Schifffahrtsroute 10 reagieren. Der Verlauf der Schifffahrtsroute 10 wird im östlichen Teil durch die An- und Aussteuerungen in den Niederlanden und Dänemark bestimmt, so dass der optimale Routenmittelpunktes (Ideallinie) nicht verlagert werden sollte. Es zeigt sich weiterhin, dass mit erhöhten Kollisionsrisiken zu rechnen ist, wenn die Planungen als Einzelparks ohne leitenden und führenden Effekt entlang einer geordneten ganzheitlichen Windparkperipherie realisiert werden.

Die Ergebnisse der quantitativen Risikobeurteilung betrachten die statistisch zu erwartenden Risiken durch Kollisionen zwischen manövrierfähigen bzw. manövrierunfähigen Schiffen mit Windkraftanlagen der untersuchten Windparkflächen. Darüber hinaus können weitere Beeinträchtigungen oder Gefährdungen für den Schiffsverkehr in der Nähe entstehen. Deshalb kann das Ergebnis der statistisch zu erwartenden Kollisionshäufigkeiten zwischen Schiffen und Windenergieanlagen nicht das alleinige Beurteilungskriterium darstellen und die nautischen, qualitativen Ergebnisse sind ergänzend zu betrachten.



## 6.1.5 Ergebnisse qualitativen Risikobeurteilung

Die Ergebnisse der qualitativen Risikobewertung für die Gebiete N-9 und N-10 sind in Anhang B dargestellt.

Hinweis: Abweichend von den für die quantitative Analyse genutzten Daten (kombinierter Datensatz für 2019) beruhen die qualitativen Analysen zum Teil auf dem Datensatz der WSV für das Jahr 2019, da der kombinierte Datensatz zum Zeitpunkt dieser Untersuchung noch nicht zur Verfügung stand. Der WSV Datensatz weist für die SN 10 14890 Schiffsbewegungen auf, der kombinierte Datensatz rund 15% mehr (17202). Die im Anhang B dargestellten Aussagen sind auch für den Gesamtdatensatz gültig.

## 6.1.6 Zusammenfassung der Risikobeurteilungen für N-9 und N-10

Die Analysen basieren auf den Verkehrsauswertungen entsprechend Kapitel 4.2 und beruhen demnach auf den jeweils aktuell zur Verfügung stehenden Informationen. Dennoch kann in den quantitativen und qualitativen Betrachtungen nicht von einer absoluten Gewähr und Vollständigkeit ausgegangen werden.

Die Berechnung der statistisch zu erwartenden Kollisionshäufigkeiten (quantitative Analyse) zeigt, dass unter den genannten Annahmen eine Erweiterung der Gebiete N-9 und N-10 bis 2 sm plus 500 m Sicherheitszone an die Grenze des Vorranggebietes für die Schifffahrt (wie im ROP 2009 beschrieben) heran für die Erreichung von akzeptablen statistisch zu erwartenden Kollisionsperioden zwischen Schiffen und Anlagen möglich wäre.

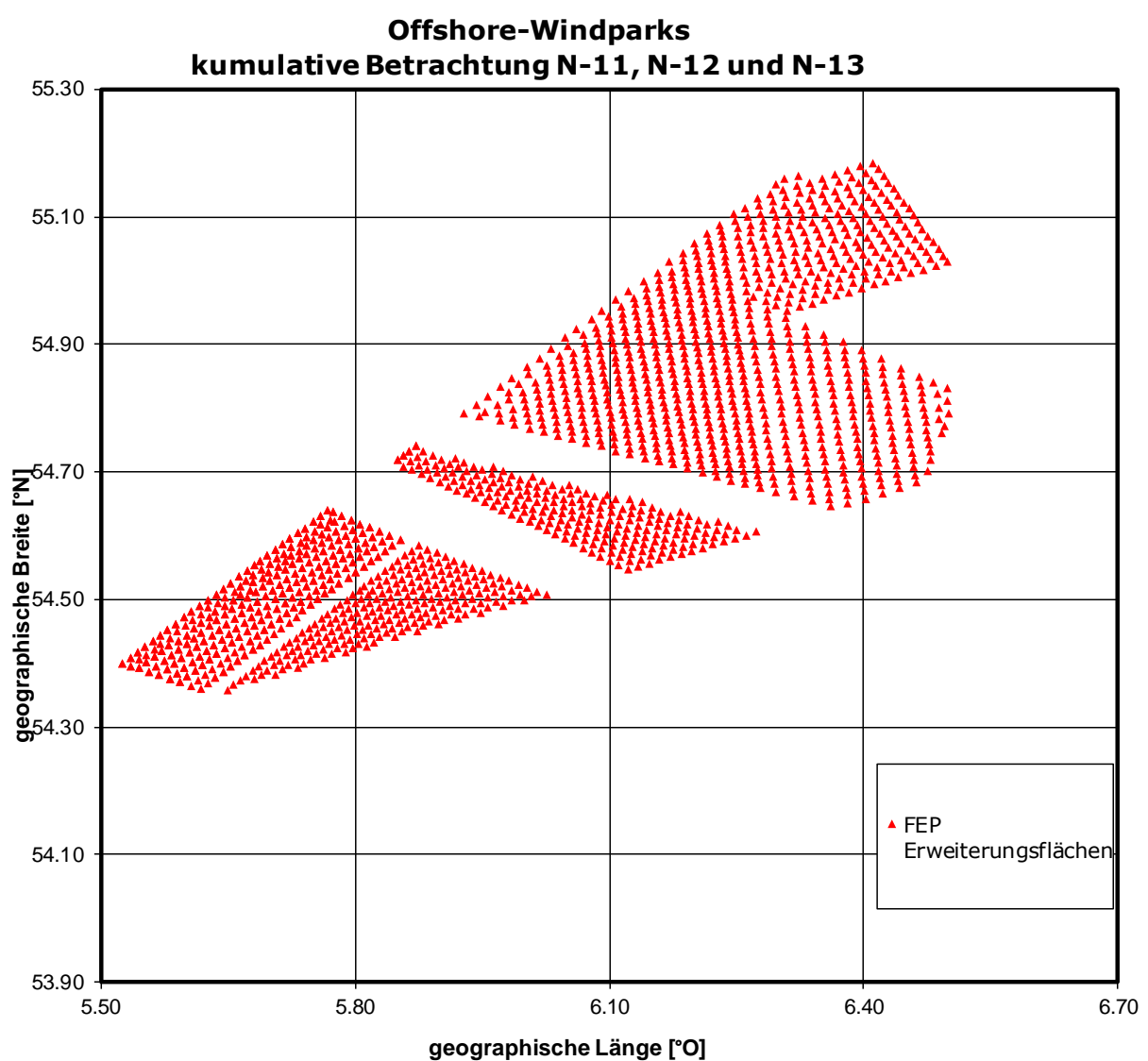
Die qualitative nautische Betrachtung (siehe Anhang B) empfiehlt zwischen den Grenzen der Windparks und dem Vorranggebiet einen Abstand von ca. 2,0 sm plus 500 m Sicherheitszone nicht zu unterschreiten.

Somit wird insgesamt empfohlen, bei der Ausweitung der Gebiete N-9 und N-10 in nordwestliche Richtung einen Abstand von 2,0 sm plus 500 m Sicherheitszone zum (im ROP 2009 festgelegten) Vorranggebiet der Schifffahrt Nr. 10 einzuhalten. Dieser Abstand entspricht auch etwa dem Abstand wie er im FEP 2020 /1/ festgelegt ist.

## 6.2 N-11, N-12 und N-13

Im Rahmen der quantifizierten Risikoanalyse wurde die statistisch zu erwartenden Kollisionswahrscheinlichkeiten für die Gebiete N-11, N-12 und N-13 folgendes kumulatives Szenario untersucht:

Erweiterungen von N-9 und N-10 auf einen Abstand von 2,0 sm und 500 m Sicherheitsabstand von der Grenze zum Vorranggebiet der Schifffahrt Nr. 10 (gemäß ROP 2009). Dieser Abstand wird ebenfalls für die Gebiete N-11, N-12 und N-13 berücksichtigt und hier zusammen in einer kumulativen Betrachtung untersucht. Die kumulative Betrachtung der Gebiete N-11, N-12 und N-13 schließt die Gebiete N-9 und N-10 mit ein (siehe Abbildung 41).



**Abbildung 41: Aufstellmuster der Kumulativbetrachtung (einschließlich N-9 und N-10) für N-11, N-12 und N-13**

## 6.2.1 Kumulative Kollisionshäufigkeit

Die Ergebnisse der kumulativen Betrachtung mit und ohne Berücksichtigung der Wirkung risikomindernder Maßnahmen sind in Tabelle 27 zusammengestellt.

**Tabelle 27: Kumulative Betrachtung (einschließlich der Gebiete N-9 und N-10) entsprechend Abb. 41 mit Erweiterungen der Flächen N-11, N-12, N-13 ohne und mit Berücksichtigung der risikomindernden Maßnahmen**

| Kumulative Betrachtung (einschließlich der Gebiete N-9 und N-10) entsprechend Abb. 41 mit Erweiterungen der Flächen N-11, N-12 und N-13 auf 2,0 sm +500 m zum VRG Schifffahrt. | Kollisionshäufigkeit                    |   |   |   |
|--|---|---|---|---|
|  | für manövrierfähige Schiffe<br>[1/Jahr] | für manövrierunfähige Schiffe<br>[1/Jahr] | für manövrierfähige und manövrierunfähige Schiffe<br>[1/Jahr] | stat. zu erwartende Zeit zwischen zwei Kollisionen<br>[Jahre] |
| ohne risikomindernde Maßnahmen (Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung, AIS, Notfallschlepper)   | 0.0053                                  | 0.0253                                    | 0.0306  | 33  |
| mit AIS, ohne Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung und ohne Notfallschlepper   | 0.0043                                  | 0.0253                                    | 0.0296  | 34  |
| mit AIS, mit Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3 und ohne Notfallschlepper   | 0.0017                                  | 0.0230                                    | 0.0247  | 40  |
| mit AIS, Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3 und hoheitlichem Notschlepper „Nordic“ (neue Bereitschaftsposition)   | 0.0017                                  | 0.0107                                    | 0.0124  | 81  |
| mit AIS, Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3 und hoheitlichem Notschlepper „Nordic“ (neue Bereitschaftsposition) und 70 t Schlepper bei Trianel              | 0.0018                                  | 0.0095                                    | 0.0113  | 89  |

Die Kollisionshäufigkeit für die kumulative Aufstellung von manövrierfähigen und manövrierunfähigen Schiffen ergibt unter Berücksichtigung von AIS, einer automatischen Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3, der vorhandenen hoheitlichen deutschen Notschleppkapazitäten sowie eines betreiberseitigen 70 t Schlepper eine Kollisionsperiode von 89 Jahren für das beschriebene Szenario.

Die Ergebnisse beruhen auf dem in Rahmen dieses Projektes generierten kombinierten Verkehrsdatensatz für das Jahr 2019. In diesem Datensatz wurden die einzelnen 2019er Datensätze, von

DNV GL, FleetMon, WSV und EMSA, zu einem kombinierten Datensatz für das Jahr 2019 zusammengefasst, siehe Abschnitt 4.2.

Verkehrsauswertungen, die höhere Verkehrszahlen aufzeigen, können entsprechend der Anzahl und der Lage zu den Planungen das mögliche Risiko erhöhen. Die zu erwartende Veränderung der Anzahl an Schiffsbewegungen in der Zukunft wurde hier nicht berücksichtigt.

## 6.2.2 Kollisionskonsequenzen

In Tabelle 28 sind die statistisch zu erwartenden austretenden Schadstoffmengen ohne und mit Berücksichtigung risikomindernder Maßnahmen für die kumulative Anordnung des oben beschriebenen Szenarios angegeben. Im Falle einer Kollision, entsprechend der im vorigen Kapitel ermittelten Häufigkeit, ist von höheren Mengen, im Normalfall dagegen von keinerlei Austritten auszugehen. Die ermittelten statistischen Werte stellen somit keine regelmäßig zu erwartenden Mengen von auslaufenden Schadstoffen, sondern eher einen Risikovergleichswert dar.

**Tabelle 28: Analyseergebnisse für die das kumulative Szenario (einschließlich N-9 und N-10) mit und ohne Berücksichtigung der risikomindernden Maßnahmen**

| Kumulative Betrachtung der erweiterten Flächen N-11, N-12 und N-13 (einschließlich N-9 und N-10)   | Austretende Schadstoffmengen [t/Jahr] |
|--|---------------------------------------|
| ohne risikomindernde Maßnahmen (Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung, AIS, Notfallschlepper)   | 7.0                                   |
| mit AIS, ohne Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung und ohne Notfallschlepper   | 5.7                                   |
| mit AIS, mit Verkehrsüberwachung/ Seeraumbeobachtung der Variante 3 und ohne Notfallschlepper  | 2.5                                   |
| mit AIS, Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3 und hoheitlichem Notschlepper „Nordic“ (neue Bereitschaftsposition)   | 2.3                                   |
| mit AIS, Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3, hoheitlichem Notschlepper „Nordic“ (neue Bereitschaftsposition) sowie dem betreiberseitig vorgehaltenem 70 t Schlepper | 2.3                                   |

## 6.2.3 Quantitative Risikobeurteilung

In diesem Abschnitt wird die Einstufung des berechneten Risikos für die Umwelt in die Risikomatrix des Anhang 1 des BSH-Standards „Standard Konstruktion“ /2/ vorgenommen.

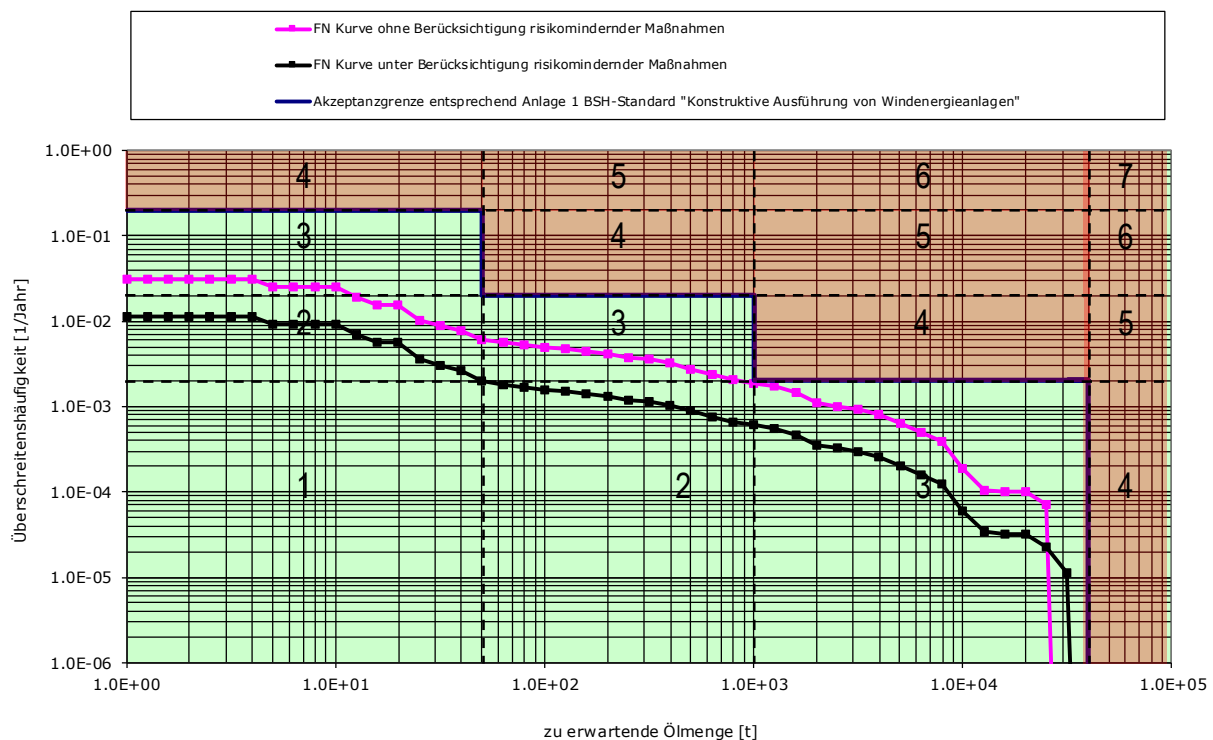
Bei Kollisionen mit driftenden Schiffen ist entsprechend der Annahme eines kollisionsfreundlichen Fundamentes bei einer Driftgeschwindigkeit bis 2 m/s kein Aufreißen der Außenhaut des Schiffes zu

erwarten /2/. Insgesamt kann die Einstufung der Häufigkeit eines Ölaustritts aus einem Schiff bei Berücksichtigung der in der Risikoanalyse angegebenen risikomindernden Maßnahmen in die Häufigkeitsklasse „äußerst selten“ vorgenommen werden. Das beschriebene Szenario mit einem Ölaustritt aus dem Schiff können in die Konsequenzklassen „beträchtlich“ bis „schwerwiegend“ und somit in der Risikomatrix mit einer akzeptablen Risikoprioritätszahl (RPZ) von 2 bis 3 eingestuft werden.

Ein gleiches Bild (RPZ = 2 bis 3) liefert die Auswertung der FN-Diagramme. Die FN-Diagramme stellen den Zusammenhang zwischen Schadstoffaustrittsmengen und Häufigkeiten her und liefern somit die notwendigen Informationen für eine Einstufung des Risikos in die Risikoprioritätszahlen (RPZ). In Abbildung 42 ist das FN-Diagramm mit der zugehörigen RPZ dargestellt. Als risikomindernde Maßnahmen sind in dem Diagramm folgende berücksichtigt:

- AIS-Geräten an den Windparkinstallationen,
- eine Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung Variante 3, sowie
- dem hoheitlichen Notschlepper „Nordic“ auf Bereitschaftsposition und
- dem betreiberseitig vorgehaltenen Schlepper mit 70 t Pfahlzug und


Für die Abgrenzung der einzelnen Konsequenzklassen der Anlage 1 des BSH-Standards wurden folgende Einstufungen anhand der austretenden Schadstoffe vorgenommen (Tabelle 26).



**Abbildung 42: Einstufung des Risikos anhand des FN-Diagramms für die kumulative Betrachtung des Szenarios**

### 6.2.4 Ergebnisse quantitative Risikobeurteilung N-11, N-12, N-13

Die Ergebnisse der Berechnung der statistisch zu erwartenden Kollisionshäufigkeiten zeigen, dass auf Basis der angesetzten Parameter und Annahmen für die oben beschriebene kumulative Betrachtung (einschließlich N-9 und N-10) der Gebiete N-11, N-12 und N-13 unter Berücksichtigung von risikomindernden Maßnahmen wie Seeraumbeobachtung, Notschlepper „Nordic“ und des betreiberseitig vorgehaltenen 70 t-Schleppers lediglich statistisch zu erwartende Kollisionsperioden von unter 100



Jahren ermittelt werden können. Maßgeblich verantwortlich ist hierfür der Anteil der Kollisionen von manövrierunfähigen Schiffen (Drifter) ausgehend von der Schifffahrtsroute 10. Es konnten aufgrund der großen Entfernung der Gebiete von den Notschlepperstandorten geringere Wirksamkeiten der Schlepperkapazitäten ermittelt werden als für südlichere Gebiete.

Die Berechnungen zeigen, wie auch in den Untersuchungen zu N-9 und N-10, dass die zu erwartenden Kollisionshäufigkeiten sensibel auf eine weitere Expansion über die hier berücksichtigte westliche Grenze der Windparkflächen N-11, N-12 und N-13 nach Westen Richtung Schifffahrtsroute 10 reagieren. Der Verlauf der SN10 wird im östlichen Teil durch die An- und Aussteuerungen in den Niederlanden und Dänemark bestimmt, so dass der optimale Routenmittelpunkt (Ideallinie) nicht verlagert werden sollte. Es zeigt sich weiterhin, dass mit erhöhten Kollisionsrisiken zu rechnen ist, wenn die Planungen als Einzelparks ohne leitenden und führenden Effekt entlang einer geordneten ganzheitlichen Windparkperipherie realisiert werden.

Die Ergebnisse der quantitativen Risikobeurteilung betrachten die statistisch zu erwartenden Risiken durch Kollisionen zwischen manövrierfähigen bzw. manövrierunfähigen Schiffen mit Windkraftanlagen der untersuchten Windparkflächen. Darüber hinaus können weitere Beeinträchtigungen oder Gefährdungen für den Schiffsverkehr in der Nähe entstehen. Deshalb kann das Ergebnis der statistisch zu erwartenden Kollisionshäufigkeiten zwischen Schiffen und Windenergieanlagen nicht das alleinige Beurteilungskriterium darstellen und die nautischen, qualitativen Ergebnisse sind ergänzend zu betrachten.

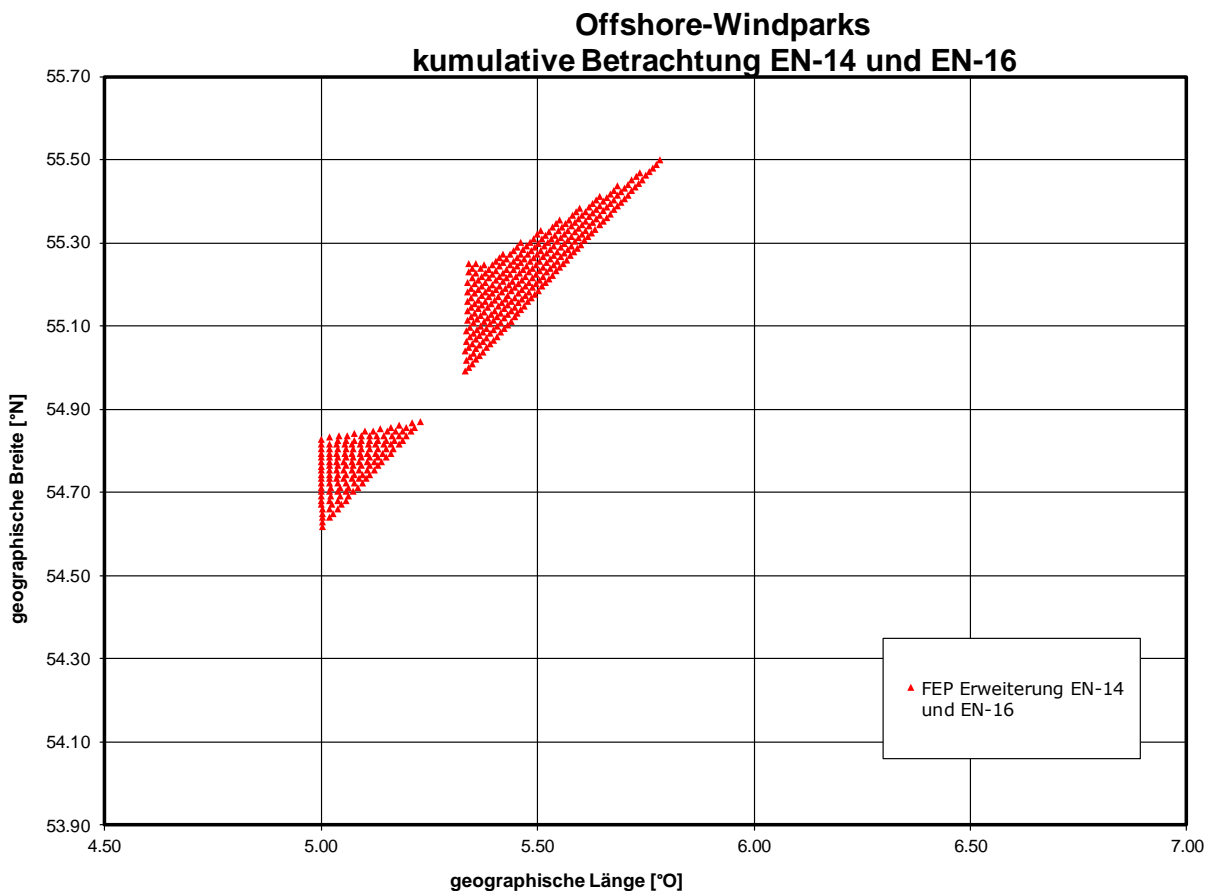
### 6.2.5 Zusammenfassung der Risikobeurteilung für N-11 bis N-13

Die Analysen basieren auf den Verkehrsauswertungen entsprechend Kapitel 4.2 und beruhen demnach auf den jeweils aktuell zur Verfügung stehenden Informationen. Dennoch kann in den quantitativen und qualitativen Betrachtungen nicht von einer absoluten Gewähr und Vollständigkeit ausgegangen werden.

Während die qualitative nautische Betrachtung (siehe Anhang B) zu dem Ergebnis kommt, dass bei Einhaltung eines Abstandes von ca. 2,0 sm plus 500 m Sicherheitszone zwischen den Grenzen der Windparks und dem Vorranggebiet nicht mit einer signifikanten Einschränkung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs zu rechnen ist, ergibt die Berechnung der statistisch zu erwartenden Kollisionshäufigkeiten (quantitative Analyse) unter Berücksichtigung von risikomindernden Maßnahmen wie Seeraumbeobachtung, Notschlepper „Nordic“ und des betreiberseitig vorgehaltenen 70 t-Schleppers lediglich statistisch zu erwartende Kollisionsperioden von unter 100 Jahren. Maßgeblich verantwortlich ist hierfür der Anteil der Kollisionen von manövrierunfähigen Schiffen (Drifter) ausgehend von der Schifffahrtsroute 10. Es konnten aufgrund der großen Entfernung der Gebiete von den Notschlepperstandorten geringere Wirksamkeiten der Schlepperkapazitäten ermittelt werden als für südlichere Gebiete.

## 6.3 Gebiete EN-14 und EN-16

Im Rahmen der quantifizierten Risikoanalyse wurde die statistisch zu erwartenden Kollisionswahrscheinlichkeiten für die Gebiete EN-14 und EN-16 kumulativ zusammen untersucht.



**Abbildung 43: Aufstellmuster der Kumulativbetrachtung für EN-14 und EN-16**

### 6.3.1 Kumulative Kollisionshäufigkeit

Die Flächen EN-14 und EN-16 bewirken, anders als die östlich an die SN10 angrenzenden Gebiete, eine Verdrängung/Einschnürung der optimalen Schiffsroute (siehe Abbildung 33 und Abbildung 34) des äußerst westlich verlaufenden Verkehrs zwischen der niederländischen und dänischen AWZ auf der SN10.

Die Ergebnisse der qualitativen Risikoeinschätzung (siehe Anhang C) sagen aus, dass ein Abstand der Schiffe zu den Windparkperipherien von 2 Seemeilen und 500 m Sicherheitsabstand eingehalten werden kann. Da aber von der Einhaltung des Sicherheitsabstandes nicht sicher ausgegangen werden kann, erfolgt die Quantifizierung der statistisch zu erwartenden Kollisionshäufigkeiten mit EN-14 und EN-16 für zwei Szenarien um gewisse Sensibilitäten bezüglich des freizuhaltenden Abstandes zur westlichen Peripherie aufzuzeigen:

1. Der Abstand der idealisierten Route von 2 sm plus 500 m wird **nicht** eingehalten. Die Schiffe fahren modellhaft in einem Abstand von nur 1 sm plus 500 m Sicherheitsabstand.
2. Der Abstand der idealisierten Route von 2 sm plus 500 m wird eingehalten. Die Schiffe fahren modellhaft in einem Abstand von 2 sm und 500 m Sicherheitsabstand.

Die Normalverteilungen des lateralen Routenquerschnitts werden hierbei mit 0,5 bzw. 0,75 sm angenommen (vergleiche Anhang A Abschnitt 2.1.).

Die Ergebnisse der beiden kumulativen Betrachtungen mit und ohne Berücksichtigung der Wirkung risikomindernder Maßnahmen sind in Tabelle 29 und Tabelle 30 zusammengestellt.

**Tabelle 29: Szenario 1. Kumulative Betrachtung entsprechend Abb. 43 mit Erweiterungen der Flächen EN-14 und EN-16 ohne und mit Berücksichtigung der risikomindernden Maßnahmen.**

| Kumulative Betrachtung EN-14 und EN-16. Szenario 1: 1 sm + 500 m Abstand  | Kollisionshäufigkeit                    |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|   | für manövrierfähige Schiffe<br>[1/Jahr] | für manövrierfähige Schiffe<br>[1/Jahr] | für manövrierfähige und manövrierunfähige Schiffe<br>[1/Jahr] | stat. zu erwartende Zeit zwischen zwei Kollisionen<br>[Jahre] |
| ohne risikomindernde Maßnahmen (Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung, AIS, Notfallschlepper)  | 0.0041                                  | 0.0166                                  | 0.0207  | 48  |
| mit AIS, ohne Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung und ohne Notfallschlepper  | 0.0033                                  | 0.0166                                  | 0.0199  | 50  |
| mit AIS, mit Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3 und ohne Notfallschlepper  | 0.0013                                  | 0.0151                                  | 0.0164  | 61  |
| mit AIS, Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3 und hoheitlichem Notschlepper „Nordic“ (neue Bereitschaftsposition)                                | 0.0013                                  | 0.0095                                  | 0.0108  | 92  |
| mit AIS, Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3 und hoheitlichem Notschlepper „Nordic“ (neue Bereitschaftsposition) und 70 t Schlepper bei Trianel | 0.0013                                  | 0.0088                                  | 0.0102  | 98  |



**Tabelle 30: Szenario 2. Kumulative Betrachtung entsprechend Abb. 42 mit Erweiterungen der Flächen EN-14 und EN-16 ohne und mit Berücksichtigung der risikomindernden Maßnahmen.**

| Kumulative Betrachtung EN-14 und EN-16. Szenario 2: 2 sm + 500 m Abstand  | Kollisionshäufigkeit                    |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|   | für manövrierfähige Schiffe<br>[1/Jahr] | für manövrierunfähige Schiffe<br>[1/Jahr] | für manövrierfähige und manövrierunfähige Schiffe<br>[1/Jahr] | stat. zu erwartende Zeit zwischen zwei Kollisionen<br>[Jahre] |
| ohne risikomindernde Maßnahmen (Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung, AIS, Notfallschlepper)  | 0.0015                                  | 0.0144                                    | 0.0159  | 63  |
| mit AIS, ohne Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung und ohne Notfallschlepper  | 0.0012                                  | 0.0144                                    | 0.0156  | 64  |
| mit AIS, mit Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3 und ohne Notfallschlepper  | 0.0005                                  | 0.0131                                    | 0.0136  | 74  |
| mit AIS, Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3 und hoheitlichem Notschlepper „Nordic“ (neue Bereitschaftsposition)                                | 0.0005                                  | 0.0078                                    | 0.0083  | 121   |
| mit AIS, Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3 und hoheitlichem Notschlepper „Nordic“ (neue Bereitschaftsposition) und 70 t Schlepper bei Trianel | 0.0005                                  | 0.0070                                    | 0.0075  | 134   |

Die zweistufige Ermittlung der Kollisionshäufigkeiten für die kumulative Aufstellung unter Berücksichtigung von AIS, einer automatischen Verkehrsüberwachung/ Seeraumbeobachtung der Variante 3, der hoheitlichen deutschen Notschleppkapazitäten sowie einem betreiberseitigen 70 t Schlepper zeigt deutlich den Einfluss des Abstandes des zukünftigen Verkehrs entlang der westlichen Windparkperipherie. Die Quantifizierungen zeigen, dass bei Nichteinhaltung eines Mindestabstandes von 2 Seemeilen plus 500 m Sicherheitsabstand die statistisch zu erwartende Kollisionsperiode von 100 Jahren, insbesondere durch manövrierfähige Schiffe, überstiegen werden kann. Daraus folgend wird der Realisierbarkeit der westlich der SN10 gelegenen Flächen ein gebotener Mindestabstand von 2 sm plus 500 m Sicherheitsabstand zum angrenzenden Schiffsverkehr (Routenmittellinie der idealisierten Route, siehe Anhang A2.1) auf der SN10 vorausgesetzt und angenommen.

Die Ergebnisse der Berechnung der statistisch zu erwartenden Kollisionshäufigkeiten für das Szenario 2 mit einem zu gewährleisteten Abstand von 2 sm plus 500 m Sicherheitszone zeigen, dass auf Basis der angesetzten Parameter und Annahmen für die oben beschriebene kumulative Betrachtung der Gebiete EN-14 und EN-16 unter Berücksichtigung von risikomindernden Maßnahmen wie Seeraumbeobachtung, Notschlepper „Nordic“ und des betreiberseitig vorgehaltenen 70 t-Schleppers statistisch zu erwartende Kollisionsperioden von 134 Jahren ermittelt werden können

Die Ergebnisse beruhen auf dem in Rahmen dieses Projektes generierten kombinierten Verkehrsdatensatz für das Jahr 2019. In diesem Datensatz wurden die einzelnen 2019er Datensätze, von DNV GL, FleetMon, WSV und EMSA, zu einem kombinierten Datensatz für das Jahr 2019 zusammengefasst, siehe Abschnitt 4.2.

Verkehrsauswertungen, die höhere Verkehrszahlen aufzeigen, können entsprechend der Anzahl und der Lage zu den Planungen das mögliche Risiko erhöhen. Die zu erwartende Veränderung der Anzahl an Schiffsbewegungen in der Zukunft wurde hier nicht berücksichtigt.

### 6.3.2 Kollisionskonsequenzen

In Tabelle 31 sind die statistisch zu erwartenden austretenden Schadstoffmengen ohne und mit Berücksichtigung risikomindernder Maßnahmen für die kumulative Anordnung des oben beschriebenen Szenarios 2 angegeben. Im Falle einer Kollision, entsprechend der im vorigen Kapitel ermittelten Häufigkeit, ist von höheren Mengen, im Normalfall dagegen von keinerlei Austritten auszugehen. Die ermittelten statistischen Werte stellen somit keine regelmäßig zu erwartenden Mengen von auslaufenden Schadstoffen, sondern eher einen Risikovergleichswert dar.

**Tabelle 31: Analyseergebnisse für die das kumulative Szenario 2 mit und ohne Berücksichtigung der risikomindernden Maßnahmen**

| Kumulative Betrachtung EN-14 und EN-16<br>Szenario 2: Abstand 2 SM + 500 m  | Austretende Schadstoffmengen [t/Jahr] |
|---|---------------------------------------|
| ohne risikomindernde Maßnahmen<br>(Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung, AIS, Notfallschlepper)   | 7.0                                   |
| mit AIS, ohne Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung und ohne Notfallschlepper  | 5.7                                   |
| mit AIS, mit Verkehrsüberwachung/ Seeraumbeobachtung der Variante 3 und ohne Notfallschlepper   | 2.5                                   |
| mit AIS, Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3 und hoheitlichem Notschlepper „Nordic“ (neue Bereitschaftsposition)        | 2.3                                   |
| mit AIS, Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3, hoheitlichem Notschlepper „Nordic“ (neue Bereitschaftsposition) sowie dem | 2.4                                   |

|  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| Kumulative Betrachtung EN-14 und EN-16<br>Szenario 2: Abstand 2 SM + 500 m | Austretende Schadstoffmengen [t/Jahr] |
| betreiberseitig vorgehaltenem 70 t Schlepper                               |                                       |

### 6.3.3 Quantitative Risikobeurteilung

In diesem Abschnitt wird die Einstufung des berechneten Risikos für die Umwelt in die Risikomatrix des Anhang 1 des BSH-Standards „Standard Konstruktion“ /2/ vorgenommen.

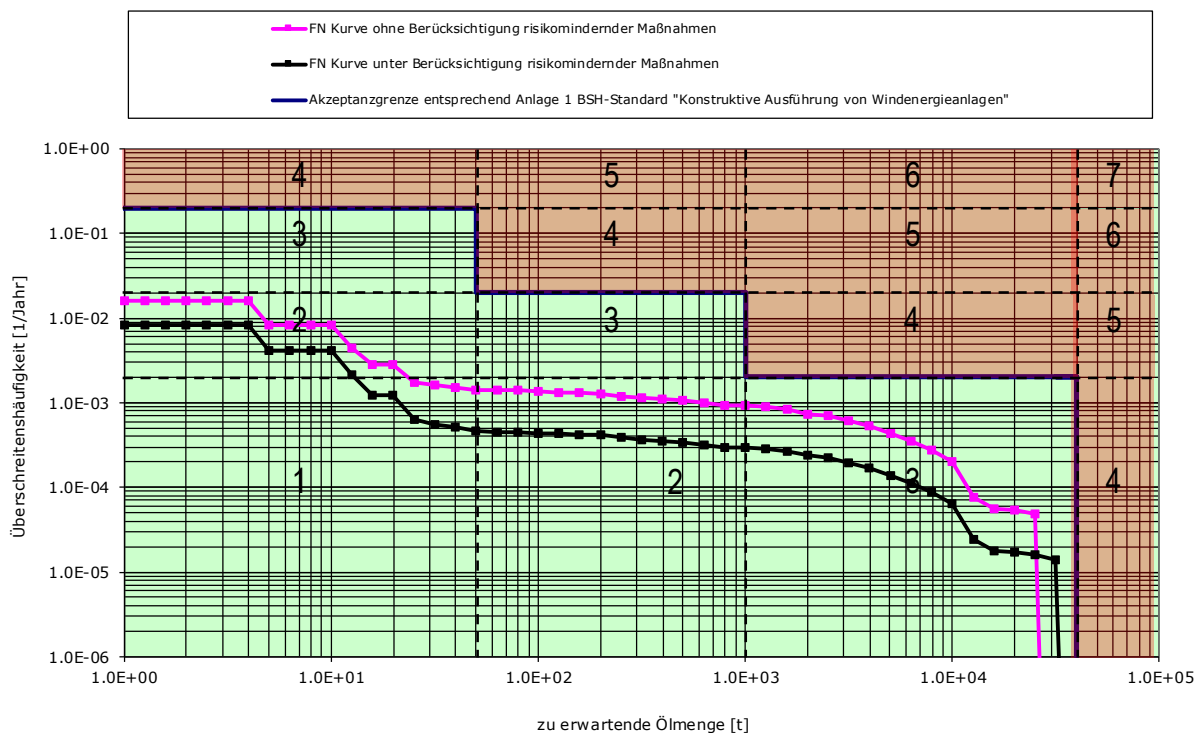
Bei Kollisionen mit driftenden Schiffen ist entsprechend der Annahme eines kollisionsfreundlichen Fundamentes bei einer Driftgeschwindigkeit bis 2 m/s kein Aufreißen der Außenhaut des Schiffes zu erwarten /2/. Insgesamt kann die Einstufung der Häufigkeit eines Ölaustritts aus einem Schiff bei Berücksichtigung der in der Risikoanalyse angegebenen risikomindernden Maßnahmen in die Häufigkeitsklasse „äußerst selten“ vorgenommen werden. Das beschriebene Szenario mit einem Ölaustritt aus dem Schiff können in die Konsequenzklassen „beträchtlich“ bis „schwerwiegend“ und somit in der Risikomatrix mit einer akzeptablen Risikoprioritätszahl (RPZ) von 2 bis 3 eingestuft werden.

Ein gleiches Bild (RPZ = 2 bis 3) liefert die Auswertung der FN-Diagramme. Die FN-Diagramme stellen den Zusammenhang zwischen Schadstoffaustrittsmengen und Häufigkeiten her und liefern somit die notwendigen Informationen für eine Einstufung des Risikos in die Risikoprioritätszahlen (RPZ). In Abbildung 42 ist das FN-Diagramm mit der zugehörigen RPZ dargestellt. Als risikomindernde Maßnahmen sind in dem Diagramm folgende berücksichtigt.

Szenario 2 (2 Seemeilen + 500 m Abstand):

- AIS-Geräten an den Windparkinstallationen,
- eine Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung Variante 3, sowie
- dem hoheitlichen Notschlepper „Nordic“ auf Bereitschaftsposition und
- dem betreiberseitig vorgehaltenen Schlepper mit 70 t Pfahlzug.

Für die Abgrenzung der einzelnen Konsequenzklassen der Anlage 1 des BSH-Standards wurden folgende Einstufungen anhand der austretenden Schadstoffe vorgenommen (Tabelle 26).



**Abbildung 44: Einstufung des Risikos für EN-14 und EN-16 anhand des FN-Diagramms für die kumulative Betrachtung (Szenario 2)**

### 6.3.4 Qualitative Analyse

Die qualitative Analyse (siehe Anhang C) kommt zu dem Ergebnis, dass, unter Berücksichtigung der beschriebenen risikomindernden Maßnahmen, sowie ggf. weiterer im Planfeststellungsbeschluss zu konkretisierender Bedingungen und Auflagen, durch eine Realisierung der Flächen EN-14 und / oder EN-16 insgesamt nicht mit einer signifikanten Einschränkung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs zu rechnen ist.

### 6.3.5 Zusammenfassung der Risikobeurteilung für N-11 bis N-13

Die Analysen basieren auf den Verkehrsauswertungen entsprechend Kapitel 4.2 und beruhen demnach auf den jeweils aktuell zur Verfügung stehenden Informationen. Dennoch kann in den quantitativen und qualitativen Betrachtungen nicht von einer absoluten Gewähr und Vollständigkeit ausgegangen werden.

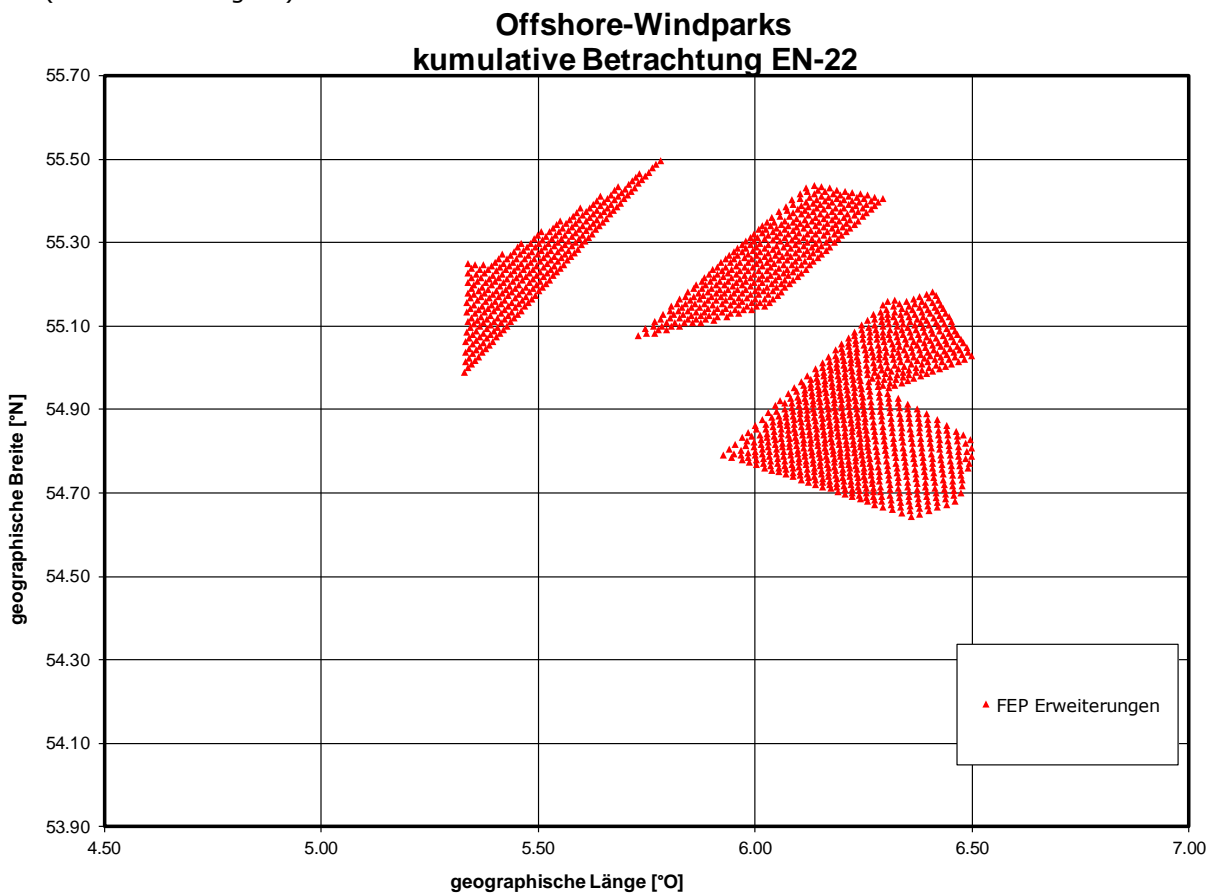
Die quantitative Analyse zeigt, dass unter den genannten Annahmen das Akzeptanzkriterium einer Kollisionsperiode von über 100 Jahren für die Gebiete N-14 und N-16 erreicht wird. Die qualitative Analyse kommt zu dem Ergebnis, dass, unter den getroffenen Annahmen, durch eine Realisierung der Flächen EN-14 und / oder EN-16 insgesamt nicht mit einer signifikanten Einschränkung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs zu rechnen ist.

## 6.4 Gebiet EN-22

Im Rahmen der quantifizierten Risikoanalyse wurde die statistisch zu erwartenden Kollisionswahrscheinlichkeiten für das Gebiet EN-22 (vgl. Abbildung 5), folgendes kumulatives Szenario untersucht:

Die Erweiterungen von N-11, N-10 und N-13 halten einen Abstand von 2,0 sm plus 500 m Sicherheitsabstand von der Grenze zum Vorranggebiet der Schifffahrt Nr. 10 (gemäß ROP 2009) ein. Zu EN-16 wird ein Abstand der idealisierten Schiffsrouten von 2 sm plus 500 m Sicherheitsabstand berücksichtigt.

Die kumulative Betrachtung des Gebietes EN-22 schließt die Gebiete EN-16, N-11, N-12 und N-13 mit ein (siehe Abbildung 45).



**Abbildung 45: Aufstellmuster der Kumulativbetrachtung für EN-22**

## 6.4.1 Kumulative Kollisionshäufigkeit

Die Ergebnisse der kumulativen Betrachtung mit und ohne Berücksichtigung der Wirkung risikomindernder Maßnahmen sind in Tabelle 32 zusammengestellt.

**Tabelle 32: Kumulative Betrachtung EN-22 entsprechend Abb. 45 mit Erweiterungen der Flächen N-11, N-12, N-13 ohne und mit Berücksichtigung der risikomindernden Maßnahmen**

| Kumulative Betrachtung entsprechend Abb. 44 EN-22  | Kollisionshäufigkeit                    |   |   |   |
|--|---|---|---|---|
|  | für manövrierfähige Schiffe<br>[1/Jahr] | für manövrierunfähige Schiffe<br>[1/Jahr] | für manövrierfähige und manövrierunfähige Schiffe<br>[1/Jahr] | stat. zu erwartende Zeit zwischen zwei Kollisionen<br>[Jahre] |
| ohne risikomindernde Maßnahmen (Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung, AIS, Notfallschlepper)                                     | 0.0052                                  | 0.0406                                    | 0.0458  | 22  |
| mit AIS, ohne Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung und ohne Notfallschlepper   | 0.0041                                  | 0.0406                                    | 0.0447  | 22  |
| mit AIS, mit Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3 und ohne Notfallschlepper                                       | 0.0016                                  | 0.0369                                    | 0.0386  | 26  |
| mit AIS, Verkehrsüberwachung/Seeraumbeobachtung der Variante 3 und hoheitlichem Notschlepper „Nordic“ (neue Bereitschaftsposition) | 0.0016                                  | 0.0171                                    | 0.0188  | 53  |

Die Kollisionshäufigkeit für die kumulative Aufstellung des Gebietes EN-22 mit manövrierfähigen und manövrierunfähigen Schiffen ergibt unter Berücksichtigung von AIS, einer automatischen Verkehrsüberwachung/ Seeraumbeobachtung der Variante 3 und der vorhandenen hoheitlichen deutschen Notschleppkapazitäten eine Kollisionsperiode von 53 Jahren für das beschriebene Szenario.

## 6.4.2 Zusammenfassung der Risikobeurteilung für EN-22

Aufgrund der zentralen Lage weist diese Betrachtung eine im Verhältnis zu den anderen Gebieten höhere zu erwartenden Kollisionshäufigkeit von manövrierunfähigen Schiffen, sowie aufgrund der angrenzenden kreuzenden Verkehre eine höhere zu erwartenden Kollisionshäufigkeit von manövrierfähigen Schiffen auf, so dass auf Basis dieser Ergebnisse von einer Beplanung abgeraten werden muss. Eine weitergehende quantitative und qualitative Betrachtung wird aus denselben Gründen nicht weiterverfolgt.

## 6.5 Fazit

Die Ergebnisse der Berechnung der statistisch zu erwartenden Kollisionshäufigkeiten zeigen, dass auf Basis der angesetzten Parameter für die Erweiterungen der östlich der Schifffahrtsroute SN10 gelegenen Gebiete N-9 und N-10 unter Berücksichtigung von risikomindernden Maßnahmen wie Seeraumbeobachtung, Notschlepper Nordic und des betreiberseitig vorgehaltenen 70 t-Schlepper Kollisionsperioden von über 100 Jahren erreicht werden können.

Die Berechnungen zeigen weiterhin, dass die zu erwartenden Kollisionshäufigkeiten sensibel auf eine weitere Expansion über die hier berücksichtigte westliche Grenze der Windparkflächen N-9 und N-10 nach Westen Richtung Schifffahrtsroute 10 reagieren.

Der Verlauf der Schifffahrtsroute 10 wird im östlichen Teil durch die An- und Aussteuerungen in den Niederlanden und Dänemark bestimmt, so dass der optimale Routenmittelpunkt (Ideallinie) nicht verlagert werden sollte. Es zeigt sich weiterhin, dass mit erhöhtem Kollisionsrisiko zu rechnen ist, wenn die Planungen als Einzelparks ohne leitenden und führenden Effekt entlang einer geordneten ganzheitlichen Windparkperipherie realisiert werden.

Als Ergebnis der quantitativen und qualitativen Risikoanalysen wird insgesamt empfohlen, bei der Ausweitung der Gebiete N-9 und N-10 in nordwestliche Richtung einen Abstand von 2,0 sm plus 500 m Sicherheitszone zum (im ROP 2009 festgelegten) Vorranggebiet der Schifffahrt einzuhalten.

Die Gebiete N-11 bis N-13 wurden mit einem identischen Abstand wie N-9 und N-10 zur Schifffahrtsroute SN10 in einer zweiten kumulativen Betrachtung untersucht. Die Ergebnisse dieser Berechnung der statistisch zu erwartenden Kollisionshäufigkeiten zeigen, dass auf Basis der angesetzten Parameter unter Berücksichtigung von risikomindernden Maßnahmen wie Seeraumbeobachtung und vorhandenen Notschleppkapazitäten, Kollisionsperioden von über 100 Jahren nicht erreicht werden können.

Für die Gebiete EN-14 und EN-16, die westlich der Schifffahrtsroute SN10 liegen hat die qualitative Risikoanalyse ergeben, dass durch eine Realisierung dieser Gebiete nicht mit einer signifikanten Einschränkung der Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs zu rechnen ist. Die quantitativen Berechnungen für EN-14 und EN-16 zeigen, dass nur unter der Bedingung eines einzuhaltenden Abstandes der Schifffahrt zur Windparkperipherie eine Kollisionsperiode sicher über 100 Jahren zu ermitteln ist.

Zusätzlich wurden erste grundsätzliche Überlegungen angestellt, ob und wo durch Routenführungsmaßnahmen im Bereich der Schifffahrtsroute SN10 zusätzlicher Raum für Windenergie entstehen könnte. Dabei hat sich ein Bereich im nördlichen Bereich der Schifffahrtsroute 10 als potentiell möglich herausgestellt. Dieses Gebiet (EN-22) wurde im Rahmen dieser Studie einer quantitativen Risikoanalyse unterzogen. Die quantitativen Berechnungen für dieses Gebiet zeigen, im Verhältnis zu den anderen Gebieten aufgrund der zentralen Lage, eine höhere zu erwartenden Kollisionshäufigkeit von manövrierunfähigen Schiffen, sowie aufgrund der angrenzenden kreuzenden Verkehre eine erhöhte zu erwartenden Kollisionshäufigkeit von manövrierfähigen Schiffen auf. Eine Berechnung der zu erwartenden Kollisionsperiode ergab einen Wert von weit unter 100 Jahren, so dass auf Basis dieser Ergebnisse von einer Beplanung abgeraten werden muss.

Zusammenfassend werden folgende Voraussetzungen und risikomindernde Maßnahmen für die betrachteten Gebiete empfohlen bzw. angenommen:

- Für EN-14 und EN-16: Der Schiffsverkehr hält den Abstand von 2 sm zur Sicherheitszone der Windparks ein. Für die Flächen EN-14 und EN-16 werden lediglich unter dieser Voraussetzung Kollisionsperioden von über 100 Jahren ermittelt.
- Hoheitliche Verkehrsüberwachung mit direkten Eingriffs- und Anweisungskompetenzen in den Schiffsverkehr bei Unterschreitung der erforderlichen Abstände der Schifffahrt zur Windparkperipherie ist erforderlich und wurde für alle untersuchten Gebiete berücksichtigt.
- Errichtung von fluchtenden Windparks entlang der Schifffahrtsroute SN10 in einem engen zeitlichen Rahmen, um Vorsprünge und „Inseln“ für die Schifffahrt auf der SN10 zu vermeiden. Dies erfordert die länderübergreifende Koordination mit den zuständigen Stellen in den Niederlanden und Dänemark.
  - Bei Nichteinhaltung von fluchtenden Peripherien während der Bau- und Betriebsphase sollte auf entsprechende risikomindernde Maßnahmen wie z.B. Betonungen oder Sicherungsfahrzeuge nicht verzichtet werden.
- Optimierung/Ergänzung von Notschleppkapazitäten: Die derzeitigen Kapazitäten würden für die Kumulativbetrachtung der Flächen N-11 bis N-13 nicht ausreichen.
  - Länderübergreifende Regelungen und Abkommen bezüglich der Notschleppkonzepte werden empfohlen.
- Verbesserungen der Verkehrsaufzeichnungen (AIS) mit sukzessivem Ausbau von Empfangsstationen in Richtung NW. Ziel: Bessere aktuelle Datenbasis für die Planfeststellungsverfahren in der Zukunft.
  - Insbesondere die Gebiete westlich der SN10 sind erneut bei Vorhandensein belastbarer Verkehrsdaten zu prüfen (siehe vorherigen Punkt).

Für die detaillierte Planung der Nutzung der deutschen AWZ ist eine enge Zusammenarbeit und Abstimmung mit den Nachbarländern Dänemark und Niederlande erforderlich, da die Planungen in allen drei Ländern jeweils großen Einfluss auf den grenzüberschreitenden Schiffsverkehr haben. Ein erster Gedankenaustausch hat im Rahmen dieser Studie im Rahmen eines Workshops stattgefunden. Weiterer Austausch und Zusammenarbeit ist im Rahmen einer im Jahre 2021 neu einzurichtenden Arbeitsgruppe bereits geplant.



## 7 DISKUSSION VON ROUTENFÜHRUNGSMAßNAHMEN

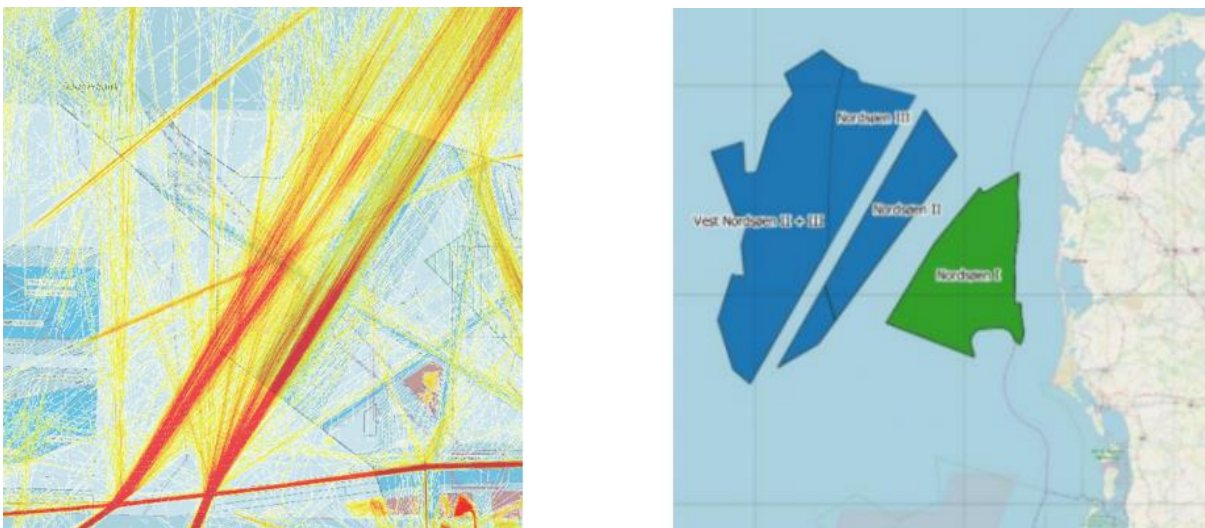
In diesem Abschnitt wird untersucht, ob Routenführungsmaßnahmen in der deutschen AWZ geeignet sein könnten, um eventuell weitere Flächen für die Nutzung durch Windkraft zu erhalten bzw. bereits geplante Flächen zu vergrößern.

Vorangestellt sei, dass aus nautischer Sicht zurzeit kein Verkehrstrennungsgebiet (VTG) im betrachteten Bereich notwendig ist, da der Schiffsverkehr zum jetzigen Zeitpunkt und mit der aktuellen Bebauung ohne nennenswerte Zwischenfälle verläuft und kaum Unfälle passieren.

Grundsätzlich wurden folgende Möglichkeiten untersucht:

- Ein VTG mit zwei Einbahnwegen,
- zwei parallele VTG mit je zwei Einbahnwegen.

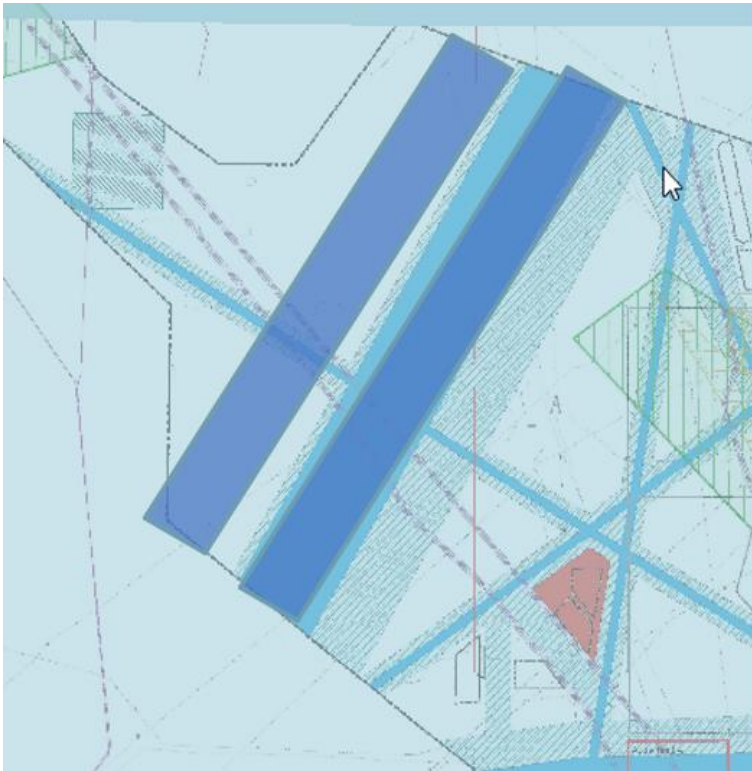
Da der Schiffsverkehr in den Niederlanden deutlich zwei voneinander getrennte Verkehrsströme aufzeigt und die dänische Windparkplanungskarte ebenfalls zwei „Durchfahrten“ aufweist (siehe Abbildung 46) (<https://ens.dk/ansvarsomraader/vindenergi/fakta-om-vindenergi>) wurde die Variante „ein VTG mit zwei Einbahnwegen“ nicht weiter untersucht.



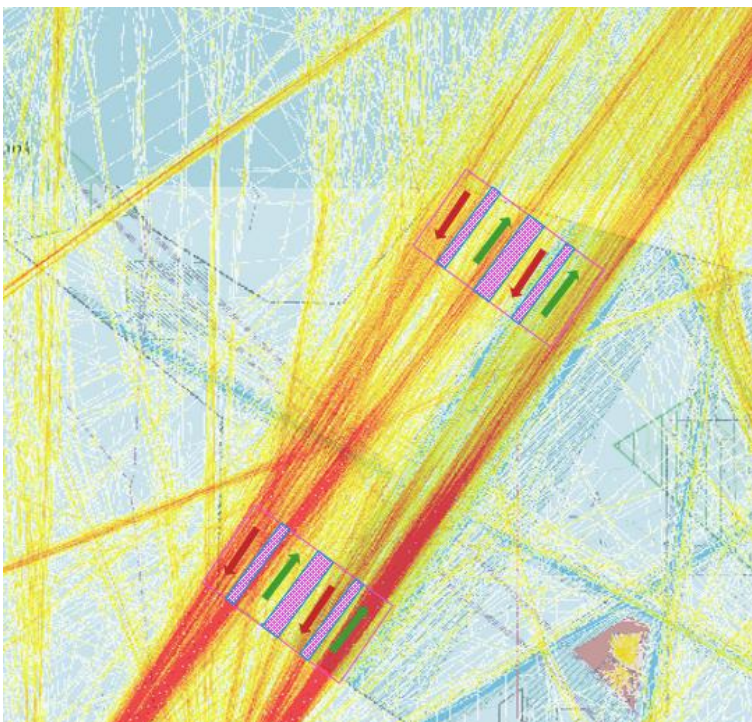
**Abbildung 46: links: Verkehrsströme in NL, rechts: Windparkplanung in DK (<https://ens.dk/ansvarsomraader/vindenergi/fakta-om-vindenergi>)**

Für zwei parallele VTG mit je zwei Einbahnwegen wurden folgende Varianten diskutiert:

1. Zwei parallele VTG durch die gesamte deutsche AWZ entlang der SN10 (Prinzipiskizze in Abbildung 47)
2. Zwei parallele VTG auf einem oder mehreren Teilabschnitten der SN10 (Prinzipiskizze in Abbildung 48)



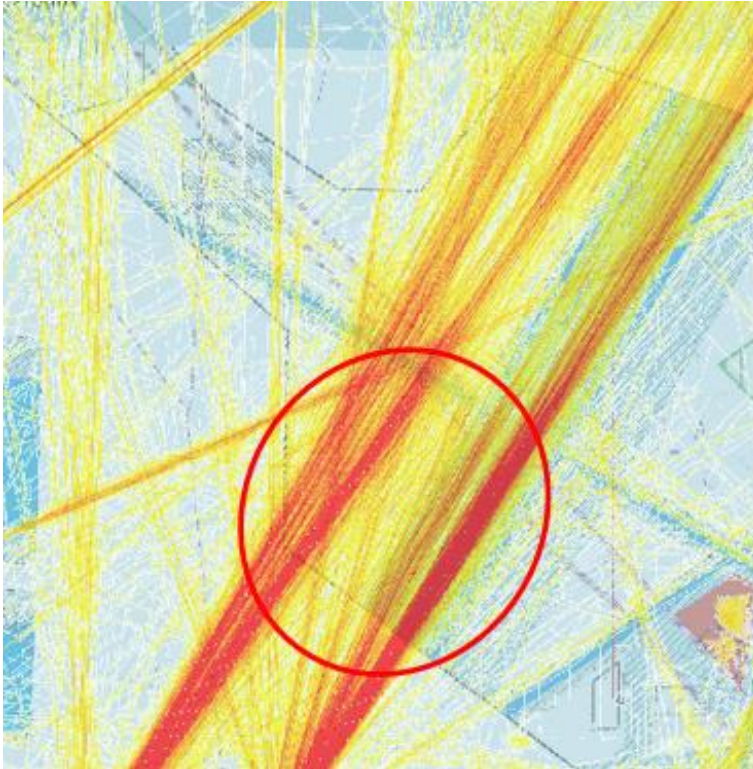
**Abbildung 47: Prinzipskizze zwei parallele VTG durch die gesamte deutsche AWZ**



**Abbildung 48: Prinzipskizze parallele VTG auf Teilabschnitten der SN10**

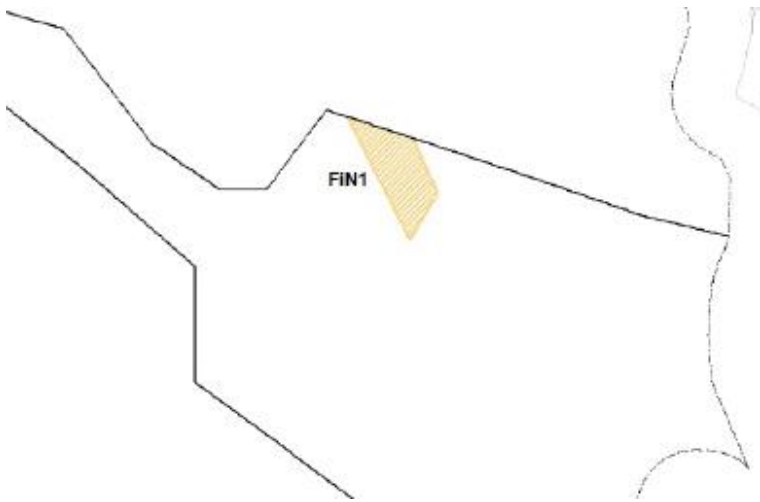
Da es in der deutschen AWZ neben der SN10 Schifffahrtsrouten gibt, die diese queren (SN4, SN15, SN17 siehe Abbildung 3), ist die Einführung eines durchgehenden VTGs mit dem bisherigen Schiffsverkehr nicht vereinbar. Diese Variante wurde deshalb nicht weiter untersucht.

Die Auswertung von AIS Daten zeigt, dass im südlichen Bereich der deutschen AWZ (insbesondere südlich der SN4) stark divergierender und konvergierender Schiffsverkehr zu beobachten ist (Abbildung 49). Daher würde die Einrichtung eines VTGs in diesem Bereich zu einer starken Verdrängung der Schifffahrt führen. Die weiteren Untersuchungen konzentrieren sich deshalb auf den Bereich nördlich der SN4.



**Abbildung 49: divergierender Schiffsverkehr südlich der SN4**

Für den Bereich nördlich der SN4 wurden verschiedene Optionen untersucht und sind im Folgenden dargestellt. Dabei wurde auch berücksichtigt, dass im aktuellen Entwurf des ROP /4/ im nördlichen Bereich der SN10 ein Vorbehaltsgebiet für die Fischerei auf Kaisergranat vorgesehen ist („FIN1“ in Abbildung 50). Fischerei ist in Verkehrstrennungsgebieten nur begrenzt möglich aufgrund der vorgegebenen Einbahnwege mit entsprechender Verkehrsrichtung und dem Behinderungsverbot von fischenden Fahrzeugen im Einbahnweg gemäß Regel 10 10 i) KVR. In Windparkgebieten ist Fischerei ausgeschlossen.



**Abbildung 50: Vorbehaltsgebiet für die Fischerei auf Kaisergranat /4/**

Bei den in den Tabellen dargestellten möglichen Flächengewinnen ist zu beachten, dass diese nur zeichnerisch mit großen Unsicherheiten ermittelt wurden. Diese Flächen dienen nur als Anhalts- und Vergleichswert.

## 7.1 Dimensionierung von Verkehrstrennungsgebieten

Verkehrstrennungsgebiete (VTG) werden von der IMO festgelegt /28/ um in Gebieten mit starkem Schiffsverkehr die Sicherheit des Schiffsverkehrs zu verbessern. Für die Ausgestaltung eines VTG werden Daten zu Anzahl, Geschwindigkeit und Kurs Schiffe sowie die Häufigkeiten von Schiffstypen, deren Tiefgänge, sowie vorherrschende Windrichtungen, Windstärken und Strömungen berücksichtigt, zusätzlich fließt die Erfahrung und subjektive Meinung der planenden Experten ein. Die im jeweiligen VTG zur Verfügung stehende Breite der Einbahnwege muss dabei den herrschenden Verkehr sicher aufnehmen sowie genügend Seeraum für etwaig notwendige Manöver (z.B. für überholende- oder querende Fahrzeuge) gewährleisten. Trennzonen müssen zudem genügend -zusätzlichen- Seeraum z.B. für manövrierunfähige Fahrzeuge zur Verfügung stellen. Zusätzlich muss berücksichtigt werden, ob der Verkehr in einem VTG ggf. durch eine Verkehrszentrale überwacht und gelenkt wird. Planung und Umsetzung eines VTG ist relativ zeitaufwendig. Daher ist es geboten auch Verkehrsprognosen in die Planungen einzubeziehen.

Als Orientierung für den möglichen Platzbedarf eines VTG im Bereich der Schifffahrtroute 10, wurde für die hier durchgeführten Überlegungen auf die räumliche Ausdehnung bestehender VTGs wie etwa:

- VTG „Terschelling Deutsche Bucht“ (Breite der Einbahnwege ca. 3 sm, Breite der Trennzone ca. 2 sm und ca. 30.000 Schiffsbewegungen in 2018).
- VTG „North Hinder North“ (Breite der Einbahnwege ca. 2,7 sm, Breite der Trennzone ebenfalls ca. 2,7 sm und einem ebenfalls hohen Verkehrsaufkommen).

zurückgegriffen.

Dieser Ansatz ist lediglich geeignet den generellen Platzbedarf eines VTG im Bereich der Schifffahrtsroute 10 abzuschätzen. Der tatsächlich erforderliche Platzbedarf sowie die Ausgestaltung eines VTG kann ggf. erst nach weitergehenden Überlegungen und Analysen erfolgen.

## 7.2 Option I: VTG mit Trennzone

In der Option I wurde die Einführung eines VTG mit 4 Einbahnwegen und Trennzone zwischen diesen untersucht. Die Gesamtbreite dieser Variante beträgt ca. 23 sm (siehe Abbildung 51). Die Breite der Einbahnwege orientiert sich am VTG „Terschelling – German Bight“, eine Version mit schmaleren Einbahnwegen wird in Option III betrachtet.

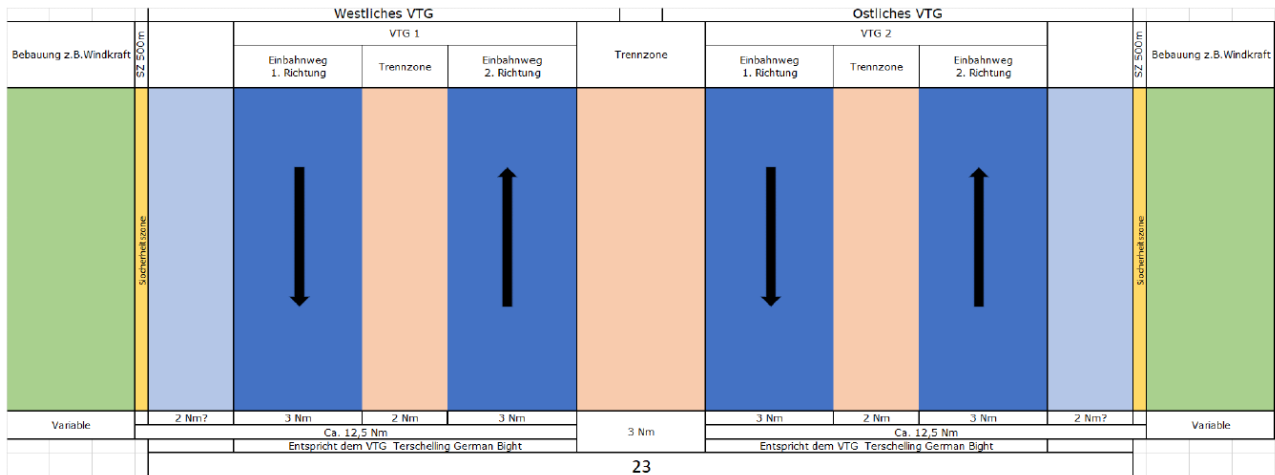


Abbildung 51: Option I VTG mit vier Einbahnwegen und Trennzone

### Option Ia: VTG möglichst weit im Westen (Südliche Ausdehnung begrenzt durch SN15)

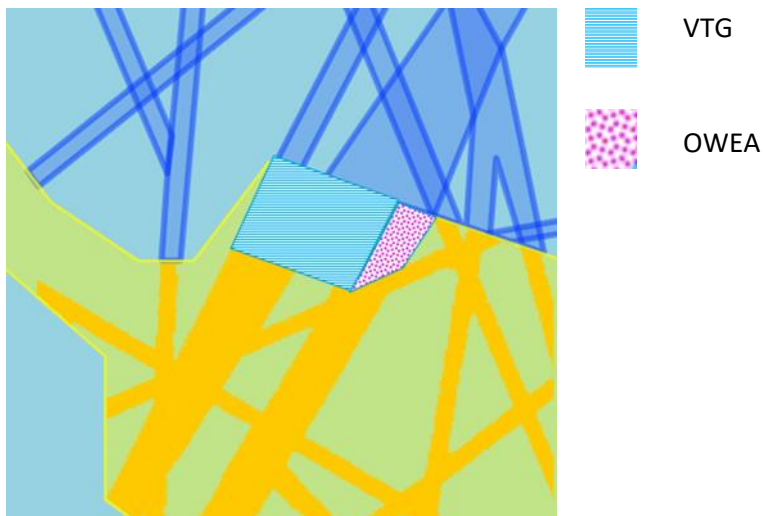


Abbildung 52: Option Ia

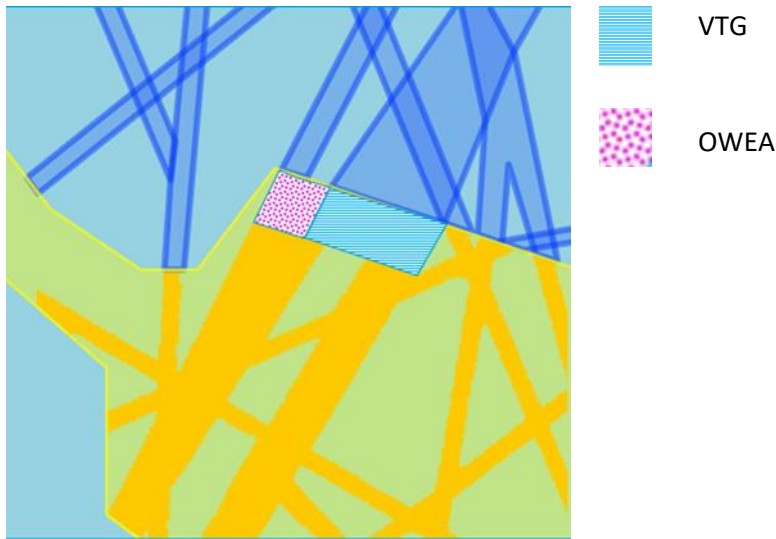
#### Pro

Flächengewinn (ca. 20 km<sup>2</sup>) für Windkraft „landnah“

#### Contra

Starke Einschränkung des Schiffsverkehrs, da der gesamte Verkehr, der den östlichen Rand der SN10 betrifft nach Westen verdrängt würde  
Gebiet für Fischerei auf Kaisergranat betroffen  
Kreuzender Verkehr in DK  
Zunahme des divergierenden Verkehrs im Süden / südlich der Dt. AWZ

**Option Ib: östliches VTG (Ausdehnung nach Süden begrenzt durch SN 15)**



**Abbildung 53: Option Ib**

**Pro**

Flächengewinn für Windkraft (ca. 40 km<sup>2</sup>)

**Contra**

Sehr starke Einschränkung des Schiffsverkehrs, Tiefwasserweg „abgeschnitten“

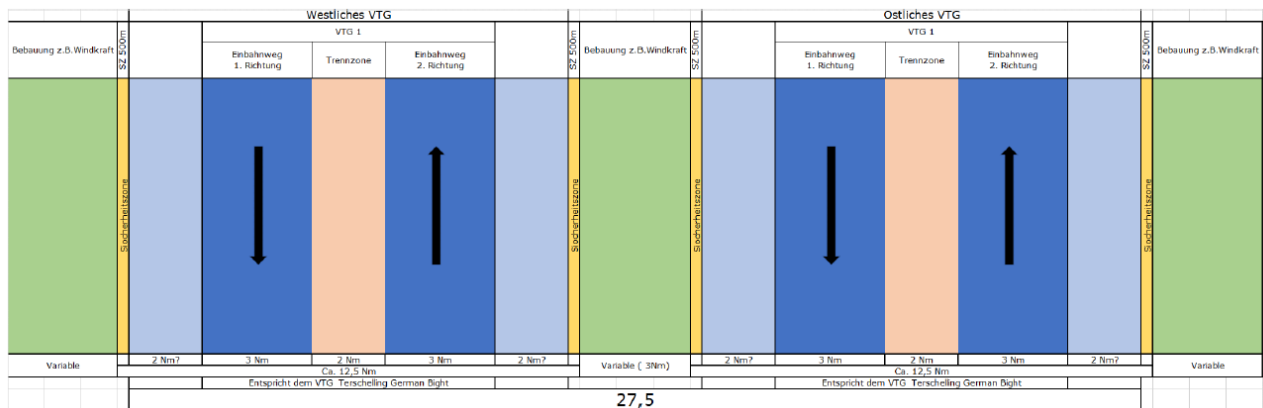
Gebiet für Fischerei auf Kaisergranat betroffen  
Kreuzender Verkehr in DK

Divergenz und Konvergenz des Verkehrs wird in den dänischen Bereich verlagert

Flächengewinn für Windkraft landfern

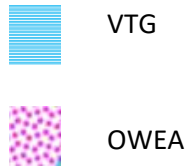
**7.3 Option II: VTG mit Mittelstreifen**

In der Option II wird ein VTG mit vier Einbahnwegen und einem 3sm breiten mit OWEA bebauten Mittelstreifen betrachtet (Abbildung 54). Die Gesamtbreite dieser Variante beträgt ca. 27,5 sm.



**Abbildung 54: Option II VTG mit vier Einbahnwegen und bebautem Mittelstreifen**

### Option IIa: „kompakt“



**Abbildung 55: Option IIa**

#### Pro

Flächengewinn für Windkraft (ca. 100 km<sup>2</sup>) im Mittelstreifen (ca. B=5.5 km, L=18 km)

#### Contra

Flächengewinn landfern

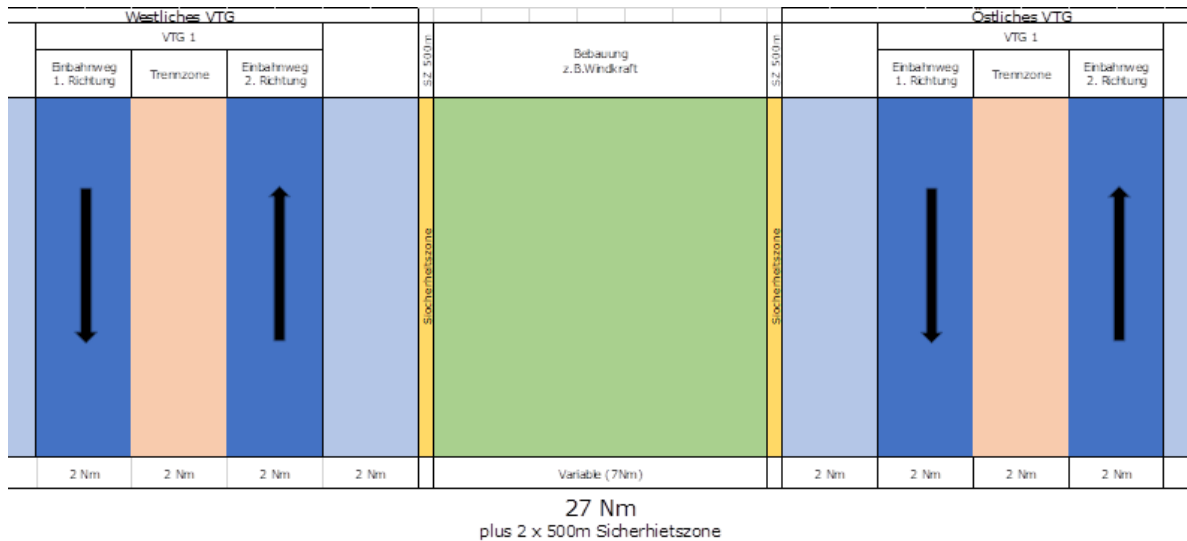
Gebiet für Fischerei auf Kaisergranat betroffen

Kreuzender Verkehr in DK,  
Divergenz und Konvergenz des Verkehrs wird in den dänischen Bereich verlagert

Zunahme des divergierenden Verkehrs im Süden / südlich der Dt. AWZ

## 7.4 Option III (Option II mit schmalere Einbahnwegen)

In dieser Option wurde die Breite der einzelnen Einbahnwege von 3 auf 2 sm verringert. Ob die Einbahnwege in dieser Option ausreichend dimensioniert sind, ist fraglich und bedarf einer weiteren Untersuchung (siehe 7.1).



**Abbildung 56: VTG Option III**

In dieser Option vergrößert sich das mögliche Gebiet für Windkraft im Mittelstreifen im Vergleich zur Option IIa von ca. 100 km<sup>2</sup> auf ca. 230 km<sup>2</sup>



## 7.5 Option IV: Bebauung zwischen den Fahrspuren der SN10 (ohne VTG)

In dieser Option wird eine Bebauung zwischen den Fahrspuren der SN10, die sich ohne die Einführung eines VTG abzeichnen, betrachtet:

### Option IVa: Bebauung des nördlichen Gebietes

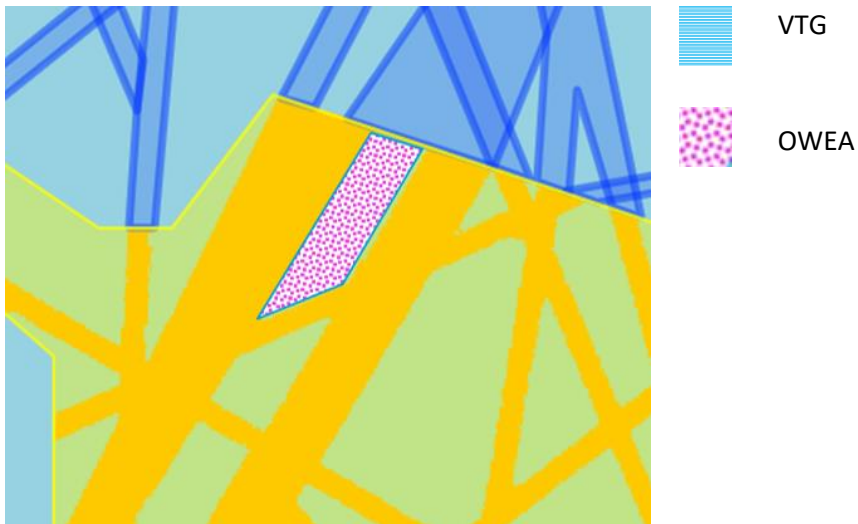


Abbildung 57: Option IVa

#### Pro

Große Fläche für Windkraft (ca 400 km<sup>2</sup>)  
Geringer Einfluss auf aktuellen Verkehr

#### Contra

Gebiet für Fischerei auf Kaisergranat teilweise betroffen (durch Windpark)

### Option IVb: Bebauung des nördlichen und südlichen Gebietes

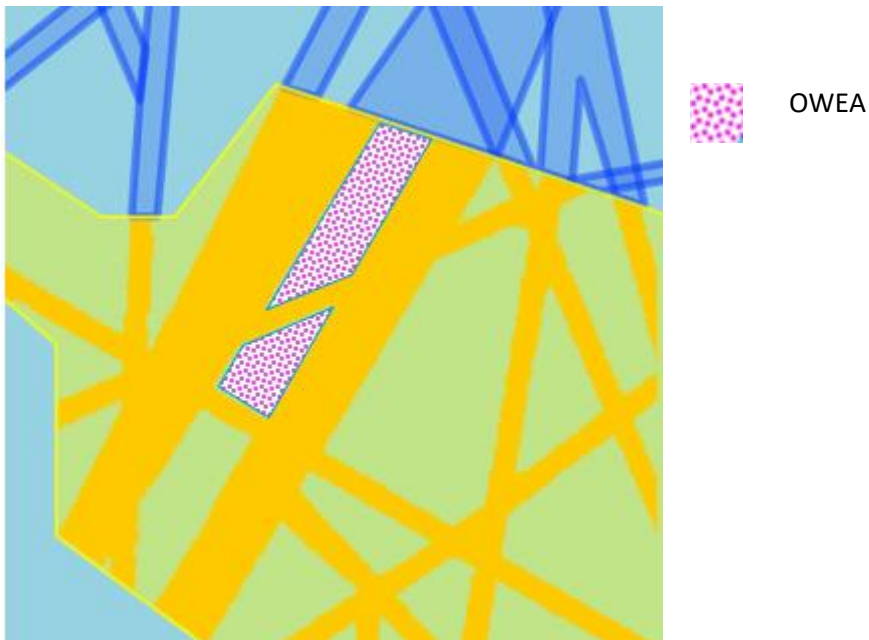


Abbildung 58: Option IVb

#### Pro

Große Fläche für Windkraft (ca. 400 km<sup>2</sup>(N) + 220 km<sup>2</sup> (S))

#### Contra

Starker Einfluss auf Verkehr, im südlichen Gebiet; Konvergenz und Divergenz des Verkehrs wird in den südlichen Teil der deutschen AWZ verlagert und trifft dort auf den bereits vorhandenen Verkehr


Gebiet für Fischerei auf Kaisergranat teilweise betroffen (durch Windpark)

## 7.6 Ergebnis

Aus den oben dargestellten Optionen wurde die Option IVa für die weitere Untersuchung ausgewählt, da diese Option eine relativ große Fläche für Windkraft ermöglichen würde und von den untersuchten Optionen den geringsten Einfluss auf den bestehenden Schiffsverkehr hat. Dieses Gebiet (EN-22) wird in Abschnitt 3.4 beschrieben. Das Ergebnis der quantitativen Analyse ist in Abschnitt 6.4 dargestellt.

## 8 LITERATURVERZEICHNIS

- /1/ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. Flächenentwicklungsplan 2020 für die deutsche Nord- und Ostsee; 18. Dezember 2020.
- /2/ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH). Standards: "Standard Konstruktion", BSH-Nr.: 7005; BSH 2015.
- /3/ DNV GL Maritime Advisory. Voruntersuchung zur verkehrlich- schiffahrtspolizeilichen Eignung von Flächen in der AWZ der Nord- und Ostsee; 2019-12-06.
- /4/ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. Entwurf Raumordnungsplan für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone in der Nord- und Ostsee; 25. September 2020.
- /5/ BSH. Konzeption zur Fortschreibung der Raumordnungspläne für die deutsche ausschließliche Wirtschaftszone; 31. 01. 2020.
- /6/ MWP GmbH, IHS, Uniconsult, Fraunhofer CML. Seeverkehrsprognose 2030 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Forschungsbericht FE-Nr. 96.980-2011 Hamburg & Frankfurt am Main; 9. Mai 2014.
- /7/ Statistisches Bundesamt. Fachserie 8. Verkehr 5, Seeschifffahrt Wiesbaden; erscheint jährlich.
- /8/ OECD. The Impact of Mega-Ships. International Transport Forum ITF; 2015.
- /9/ WWF. <https://www.wwf.de/themen-projekte/projektregionen/arktis/arktis-ohne-eis>; besucht am 01.12.2020.
- /10/ A. Seliger auf [www.polarkreis.de](http://www.polarkreis.de). Transpolare Schifffahrtsroute schon in 20 Jahren?; September 2020.
- /11/ Paul, M. SWP-Studie 2020/S 14. Arktische Seewege Zwiespältige Aussichten im Nordpolarmeer; Juli 2020.
- /12/ Alfred-Wegener-Institut. Fact sheet "Schifffahrt in der Arktis"; August 2019.
- /13/ Christensen, Danish Institute for International Studies. Are the northern sea routes really the shortest? Maybe a too rose-coloured picture of the blue Arctic Ocean; March 2009.
- /14/ M. Meyer in HANSA International Maritime Journal. Nordwestpassage zwischen den Fronten; 04/2019.
- /15/ DNV GL Maritime Advisory. Prognoser for skipstrafikken mot 2040 (auf norwegisch); 2014.
- /16/ EMODnet. <https://www.emodnet-humanactivities.eu/view-data.php> ; (besucht am 01.12.2020).
- /17/ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. Nr. 20062 "Naturverhältnisse - Nordsee und Englischer Kanal" Hamburg und Rostock; 2009.
- /18/ Hydrographic Office. "Admiralty Tidal Stream Atlas – north sea eastern part" Taunton; Edition 2 2004.
- /19/ International Maritime Organization (IMO). International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974. [Online]. Available from: [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\),-1974.aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS),-1974.aspx).
- /20/ Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Elektronischer Wasserstraßen-Informationsservice (ELWIS). [Online].; Verordnung zu den Internationalen Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See (KVR). Available from: <https://www.elwis.de/DE/Schifffahrtsrecht/Seeschifffahrtsrecht/KVR/KVR-node.html>.
- /21/ MARIN, DNV und Germanischer Lloyd. Harmonisierung der Grundannahmen für Kollisionsrisikoanalysen zwischen MARIN, DNV und GL. Hamburg: MARIN, DNV und Germanischer Lloyd; 2004.
- /22/ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH). Flächenentwicklungsplan 2019 für die deutsche Nord- und Ostsee Hamburg & Rostock: BSH; 28. Juni 2019.
- /23/ BMVBW. Genehmigungrelevante Richtwerte für Offshore-Windparks - Bericht einer Arbeitsgruppe Bonn; März 2005.
- /24/ Germanischer Lloyd, MARIN, Technical University of Denmark. SAFESHIP - Reduction of Ship Collision Risks for Offshore Wind Farms. ; January 2005.
- /25/ Olsen D, HHGYF. Risk Reducing Effect of the Great Belt VTS System. In VTS 92 – 7th International VTS Symposium; 1992; Vancouver Canada.
- /26/ Fujii Y, NM. Design of VTS systems for water with bridges. In Proc. of the International Symposium on Advances in Ship Collision Analysis; 1998; Copenhagen, Denmark. p. Gluver & Olsen eds.

- 
- /27/ Foxwell D. AIS: The next big thing in navigation. Fairplay. November 2003.
- /28/ IMO. International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended by res. MSC.99(73). CHAPTER V SAFETY OF NAVIGATION. 2019 Edition.
- /29/ Bundesgesetzblatt. Gesetz zu dem Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen vom 10. Dezember 1982. [Online].; Jahrgang 1994, Teil III. Available from:  
[https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?start=//\\*%5B@attr\\_id=%27bgbl294s1798.pdf%27%5D#\\_\\_bgbl\\_\\_%2F%2F\\*%5B%40attr\\_id%3D%27bgbl294s1798.pdf%27%5D\\_\\_1574095872395](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?start=//*%5B@attr_id=%27bgbl294s1798.pdf%27%5D#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl294s1798.pdf%27%5D__1574095872395).
- /30/ Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV). Richtlinie Offshore-Anlagen. [Online].; 1. Juli 2019. Available from:  
[https://www.gdws.wsv.bund.de/DE/schifffahrt/01\\_seeschifffahrt/windparks/Richtlinie\\_Offshore\\_Anlagen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.gdws.wsv.bund.de/DE/schifffahrt/01_seeschifffahrt/windparks/Richtlinie_Offshore_Anlagen.pdf?__blob=publicationFile&v=2).



## ANHANG A

---

### Methoden der Risikoberechnung

- A.1 Risikoberechnungen für den Windpark
- A.2 Verfahren zur Berechnung des Risikos für Kollisionen **manövrierfähiger Schiffe** mit Installationen des Windparks
  - A.2.1 Berechnung der Kollisionshäufigkeiten
  - A.2.2 Berechnung der Kollisionskonsequenzen
  - A.2.3 Berechnung des Kollisionsrisikos
- A.3 Verfahren zur Berechnung von Risiken für die Kollisionen **manövrierunfähiger Schiffe** mit Installationen des Windparks
  - A.3.1 Berechnung der Kollisionshäufigkeit
  - A.3.2 Berechnung der Kollisionskonsequenzen
  - A.3.3 Berechnung des Kollisionsrisikos
- A.4 Literatur zum Anhang A

## A.1 Risikoberechnungen für den Windpark

Verfahren zur Berechnung von Risiken können in statistische<sup>1</sup> und analytische<sup>2</sup> Verfahren eingeteilt werden. Statistische Verfahren basieren auf der Erfassung ("Zählung") von Sachverhalten. Bezogen auf Kollisionsereignisse sind das z.B. die Zahl von Schiff-Schiff Kollisionen in einem bestimmten Seegebiet. Sofern sich die Randbedingungen der Statistik nicht ändern, können aus den statistisch ermittelten Werten Prognosen abgeleitet werden. Bei analytischen Verfahren wird versucht, die Einflussgrößen des Sachverhaltes (z.B. Windeinfluss, Zusammensetzung des Schiffsverkehrs) und das Zusammenspiel der Einflussfaktoren zu ermitteln. Bei der Beschreibung der Einflussgrößen werden dann wiederum statistische Methoden verwendet.

Sowohl statistische als auch analytische Verfahren zur Risikoberechnung werden in der Technik angewendet. Welche Vorgehensweise besser geeignet ist, um bestimmte Sachverhalte zu klären, ergibt sich aus einer Abwägung der Vor- und Nachteile der jeweiligen Verfahren.

### Vorteile statistischer Verfahren

- Statistische Verfahren beinhalten alle Einflussgrößen  
Da statistische Verfahren auf Messungen und Zählungen basieren, erfassen sie naturgemäß alle wirkenden Einflussfaktoren und deren Zusammenwirken.
- Grundlage sind historische Daten  
Da Statistiken auf tatsächlich geschehenen Ereignissen basieren, liefern sie ein exaktes Abbild des Sachverhaltes.
- Einfache Ermittlung von Statistiken  
Sofern der Sachverhalt direkt messbar ist, können statistische Werte sehr schnell und einfach ermittelt werden.

### Nachteile statistischer Verfahren

- Vertrauen statistischer Ergebnisse  
Das Gesetz der großen Zahlen besagt, dass sich die relative Häufigkeit (Wahrscheinlichkeit) eines Zufallsergebnisses immer weiter an die theoretische Wahrscheinlichkeit für dieses Ergebnis (Erwartungswert) annähert, je häufiger das Zufallsexperiment durchgeführt wird. Das bedeutet, um eine "sichere" statistische Aussage über zufällige Ereignisse zu machen, müssen diese in ausreichender Menge vorhanden sein bzw. gemessen werden. Bei sehr selten auftretenden Ereignissen ist dies häufig nicht gegeben. Kollisionsereignisse von Schiffen mit Installationen von Windparks sind bisher nicht bekannt geworden. Eine Auswertung von Kollisionsereignissen aus statistischen Unfallzahlen für genau dieses Szenario ist daher nicht möglich.
- Übertragung statistischer Ergebnisse  
Die Übertragung statistischer Werte von einem System auf ein anderes System ist nur begrenzt möglich. Mit Bezug auf Kollisionen von Schiffen mit Installationen eines Windparks bedeutet das, dass bei statistisch ermittelten Kollisionshäufigkeiten eine Übertragung von einem Windpark zu einem anderen Windpark nur zulässig ist, sofern die Randbedingungen (nautische Gegebenheiten, Umwelteinflüsse, etc.) bei beiden Windparks die gleichen sind. In der Regel unterscheiden sich diese.

<sup>1</sup> Statistik, allg.: (meist in Tabellenform zusammengestellte) Ergebnisse von zahlenmäßigen Erfassungen bestimmter Sachverhalte (z.B. Bevölkerungs-, Ind.-, Landwirtschafts-, Verkehrs- und Preisstatistik).

<sup>2</sup> Analyse allg.: Verfahren, bei dem Erkenntnisse durch die Untersuchung der einzelnen, elementaren Bestandteile eines Ganzen gewonnen werden (Ggs.: Synthese).

- **Entwicklung des Systems**

Aus den ersten beiden Nachteilen ergibt sich ein dritter Nachteil. Sind die zu beobachtenden Ereignisse sehr selten, so vergeht ein großer Zeitraum bevor statistisch sichere Aussagen formuliert werden können. Innerhalb dieses Zeitraums verändert sich das System jedoch selbst. Beispiele hierfür sind die Veränderungen der Schiffsbewegungen auf Grund wirtschaftlicher Veränderungen oder die Entwicklung neuer Hilfsmittel für die Navigation bzw. neuer Schiffsmaschinenanlagen. Das bedeutet, dass sich das System an sich geändert hat und statistische Aussagen auf der Basis früherer Ereignisse nicht mehr dem aktuellen Systemzustand entsprechen.

### **Vorteile analytischer Verfahren**

- **Unabhängigkeit von historischen Kollisionseignissen**

Ein Vorteil analytischer Verfahren ist, dass sie auch zur Prognose seltener Ereignisse geeignet sind, weil für sie keine historischen Daten des Ereignisses selbst notwendig sind. Bei analytischen Verfahren werden die elementaren Bestandteile und deren Zusammenspiel betrachtet. Mit Bezug auf Kollisionsszenarien bedeutet das, dass einzelne Einflussgrößen (z.B. auftretende Windrichtungen) separat untersucht werden können und nicht nur im Zusammenhang mit Kollisionen von Schiffen zu betrachten sind. Das Erfassen der elementaren Bestandteile wiederum kann auf statistischem Wege erfolgen.

- **Berücksichtigung der Entwicklung des Systems**

Durch die Kenntnis des Zusammenwirkens der einzelnen Einflussfaktoren können auch neue Einflussgrößen in das System eingearbeitet werden. Das bedeutet, dass neue Entwicklungen (z.B. die Wirkung von AIS) in der Schiffstechnik bei der Prognose von Kollisionseignissen berücksichtigt werden können.

### **Nachteile analytischer Verfahren**

- **Komplexes mathematisches Modell**

Je mehr Einflussfaktoren vorhanden sind und je komplexer deren Zusammenspiel ist, umso schwieriger ist es, ein mathematisches Modell für deren Beschreibung zu finden. Um die Komplexität des mathematischen Modells in Grenzen zu halten, werden wesentliche und unwesentliche Einflüsse voneinander getrennt. Die Vernachlässigung von unbedeutenden Einflüssen führt zu Ungenauigkeiten in den Ergebnissen.

- **Prüfung des analytischen Verfahrens**

Um die Qualität des analytischen Verfahrens zu überprüfen, ist eine Überprüfung des Verfahrens notwendig. Sofern vorhanden, werden dafür statistische Daten historischer Ereignisse herangezogen. Exemplarisch wird dann ein Vergleich der Ergebnisse des analytischen Verfahrens mit den statistisch ermittelten Werten vorgenommen.

## A.2 Verfahren zur Berechnung des Risikos für Kollisionen manövrierfähiger Schiffe mit Installationen des Windparks

### A.2.1 Berechnung der Kollisionshäufigkeiten

Basierend auf Arbeiten von Fujii /A-1/ und MacDuff /A-2/ wurde von Pedersen /A-3/ ein Verfahren präsentiert, dass die Berechnung der Häufigkeit von Kollisionen von Schiffen mit im Wasser befindlichen Objekten ermöglicht.

Das Verfahren basiert auf zwei Bedingungen, die gleichzeitig erfüllt sein müssen, damit es zur Kollision eines Schiffes mit einem Objekt kommt.

- Das Schiff muss sich auf Kollisionskurs mit einer Windenergieanlage oder Umspannstation des Windparks befinden (die Wahrscheinlichkeit dafür wird mit  $P_{fK,k}$  bezeichnet).
- Die Schiffsführung unternimmt keine Kurskorrektur, um die drohende Kollision zu vermeiden oder die Kurskorrektur erfolgt zu spät, um die Kollision zu vermeiden (die Wahrscheinlichkeit dafür wird mit  $P_{fM,k}$  bezeichnet).

Für beide Bedingungen muss die Eintrittswahrscheinlichkeit bestimmt werden.

Für die Berechnung der Kollisionshäufigkeit werden diese Wahrscheinlichkeiten ( $P_{fM,k}$ ,  $P_{fK,k}$ ) mit der Zahl der Schiffsbewegungen  $n_{S,k}$  (Zahl der Schiffspassagen einer Routenabschnitts) multipliziert, siehe Gleichung (A-1).

Die Berechnung der Wahrscheinlichkeiten  $P_{fM,k}$  und  $P_{fK,k}$  wird im Folgenden erläutert.

$$n_{\text{coll,pow}} = \sum_K n_{\text{coll,pow,k}} = \sum_K P_{fM,k} \cdot P_{fK,k} \cdot n_{S,k} \quad (\text{A-1})$$

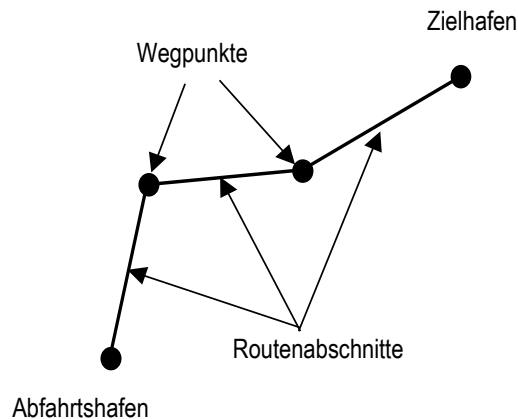
Befinden sich in einem Seegebiet mehrere Schifffahrtsrouten, so kann die Gesamtkollisionshäufigkeit  $n_{\text{coll,pow}}$  aller Routen durch Addition der Kollisionshäufigkeiten  $n_{\text{coll,pow,k}}$  der einzelnen Routenabschnitte der Schifffahrtsrouten bestimmt werden.

#### Wahrscheinlichkeit $P_{fK,k}$ von Schiffen auf Kollisionskurs

Für die Berechnung der Kollisionshäufigkeit muss die Wahrscheinlichkeit  $P_{fK,k}$  bestimmt werden. Diese Wahrscheinlichkeit beschreibt den Anteil von Schiffen des Seegebietes, der sich auf Kollisionskurs mit dem Windpark befinden.

Für die Berechnung dieser Wahrscheinlichkeit wird modellhaft davon ausgegangen, dass Schiffe auf idealisierten Routen fahren, die typischerweise aus dem kürzesten Weg zwischen Abfahrts- und Zielhafen bestehen. Aufgrund nautischer Restriktionen wie Tiefgang, markierten Wasserwegen, Zwangswegen etc. muss der Kurs im Allgemeinen an so genannten Wegpunkten geändert werden. Eine Route besteht somit aus mindestens einem Routenabschnitt. Ein Routenabschnitt wird durch Abfahrts-, Zielhafen oder durch Wegpunkte begrenzt (siehe Abbildung 8-1).





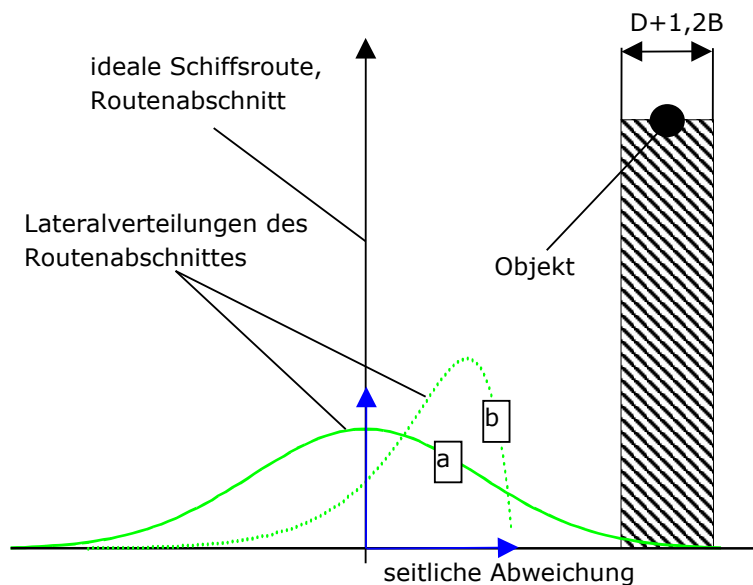
### Abbildung 8-1: Zusammenhang von Schiffsrouten, Routenabschnitt und Wegpunkten

Aufgrund von Ungenauigkeiten beim Abstecken des Kurses beziehungsweise Versatz durch Wind, Strömung und Wellen weichen die tatsächlich gefahrenen Routen der Schiffe jedoch mehr oder weniger stark von der im Programm verwendeten, idealisierten Route ab.

Es wird davon ausgegangen, dass die Schiffsführung bestrebt ist, die ideale, kürzeste Route aus Zeit- und Kostengründen zu fahren. Folglich kann man auch davon ausgehen, dass die Wahrscheinlichkeit von kleinen Abweichungen größer ist als die Wahrscheinlichkeit von großen Abweichungen.

Die Abweichung der Schiffe orthogonal zur idealen Route wird über sog. Lateralverteilungen (statistischen Verteilungsfunktionen) in die Berechnung einbezogen.

Bei Schifffahrtsrouten, die keinen nautischen Restriktionen unterliegen, geht man von Gauß'schen Normalverteilungen aus. Eine typische Lateralverteilung dieses Typs ist in Abbildung 8-2 als "a" dargestellt. Bei dieser Verteilung geht man davon aus, dass die Abweichungen der Schifffahrtsrouten von der idealen Route nach beiden Seiten in gleichem Maße auftreten, also symmetrische Verteilungen vorhanden sind. Auf Zwangswegen wie Verkehrstrennungsgebieten oder betonten Fahrwassern (Verteilungsfunktion "b" in Abbildung 8-2) verschiebt sich das Maximum der Verteilungsfunktion (Modalwert) zum Rand des Fahrwassers, weil die Betonung häufig als Orientierungspunkt genutzt wird und nach den Kollisionsverhütungsregeln ein Rechtsfahrgebot vorliegt.



**Abbildung 8-2: Lateralverteilungen für den Schiffsverkehr**

Die Wahrscheinlichkeit  $P_{fk,k}$ , dass sich ein Schiff auf Kollisionskurs mit einer Windenergieanlage oder der Umspannstation befindet, ergibt sich aus der Fläche unter der jeweiligen Lateralverteilung  $h_i = f(x)$  des Routenabschnittes  $k$ , die von der Schattenfläche der WEA/Umspannwerk (UW) plus 1.2 mal der Schiffsbreite  $B$  überdeckt wird. Für die  $i$ -te Installation mit dem Durchmesser  $D_i$  wird diese Wahrscheinlichkeit mit Gleichung (A-2) berechnet.

$$P_{fk,k} = \sum_i P_{fk,k,i} = \sum_i \int_{D_i+1,2B} f_k(x) dx \quad (A-2)$$

Durch Annahme der 1.2-fachen Schiffsbreite wird die Möglichkeit einer seitlichen Kollision berücksichtigt. Dies kann auftreten, wenn ein Schiff sich mit einem kleinen Schiebewinkel relativ zur Kurslinie fortbewegt (z. B. durch Windeinfluss).

Neben den Kollisionen der Kategorie I durch eine laterale Verteilung der Schiffe werden auch Kollisionen der Kategorie II durch ein Verpassen des Wegpunktes entsprechend den Angaben in /A-4/ berücksichtigt.

### Wahrscheinlichkeit $P_{fM,k}$ von Maßnahmen zur Kursänderung

Die Wahrscheinlichkeit  $P_{fM,k}$ , dass ein Kollisionskurs auf einem Routenabschnitt nicht geändert wird, kann aus statistischen Daten oder mit Hilfe analytischer Methoden (Fehlerbaummethode, Bayes'sche Netzwerke) ermittelt werden.

Statistische Daten von Schiffsunfällen mit Offshore-Windparks liegen z. Z. nicht vor. Somit kann derzeit die Wahrscheinlichkeit  $P_{fM,k}$  nicht aus statistischen Daten abgeleitet werden. Eine Orientierung der Größenordnung dieser Wahrscheinlichkeit liefern jedoch Unfallszenarien mit Brücken, Schiffsstrandungen oder Schiff-Schiff-Kollisionen aus unterschiedlichen Seegebieten. In Tabelle 8-1 sind Minimal- und Maximalwerte für die Wahrscheinlichkeit  $P_{fM,k}$  aus unterschiedlichen Unfallszenarien der Schifffahrt gemäß /A-4/ dargestellt.

**Tabelle 8-1: Bereiche der Wahrscheinlichkeit  $P_{fm,k}$  aus anderen Unfallszenarien der Schifffahrt /A-4/**

| Szenario   | Minimaler Wert | Maximaler Wert |
|--|----------------|----------------|
| Schiff - Schiff Kollisionen (frontale Kollisionen) | 4.9E-05        | 5.18E-04       |
| Schiff - Schiff Kollisionen (seitliche Kollision)  | 9.5E-05        | 1.11E-04       |
| Schiffsstrandungen                                 | 8.0E-05        | 6.3E-04        |
| Schiff - Brücke Kollisionen                        | 4.0E-05        | 5.4E-04        |

Fujii und Mizuki geben in /A-5/ wird für die Kollision von Schiffen mit fixen Objekten ein Bereich für die Wahrscheinlichkeit von  $8.12E-05 < P_{fm,k} < 5.26E-04$  an. Das angegebene Intervall für die Wahrscheinlichkeit  $P_{fm,k}$  wurde auf der Grundlage von Radarbeobachtungen erhoben und enthält alle möglichen Ursachen für Kollisionsunfälle einschließlich aller Aspekte menschlichen Versagens. Der entsprechend der Harmonisierung /A-6/ in den vorliegenden Berechnungen verwendete Wert für die Wahrscheinlichkeit  $P_{fm,k} = 3.0E-04$  entspricht dem Mittelwert des angegebenen Wahrscheinlichkeitsintervalls.

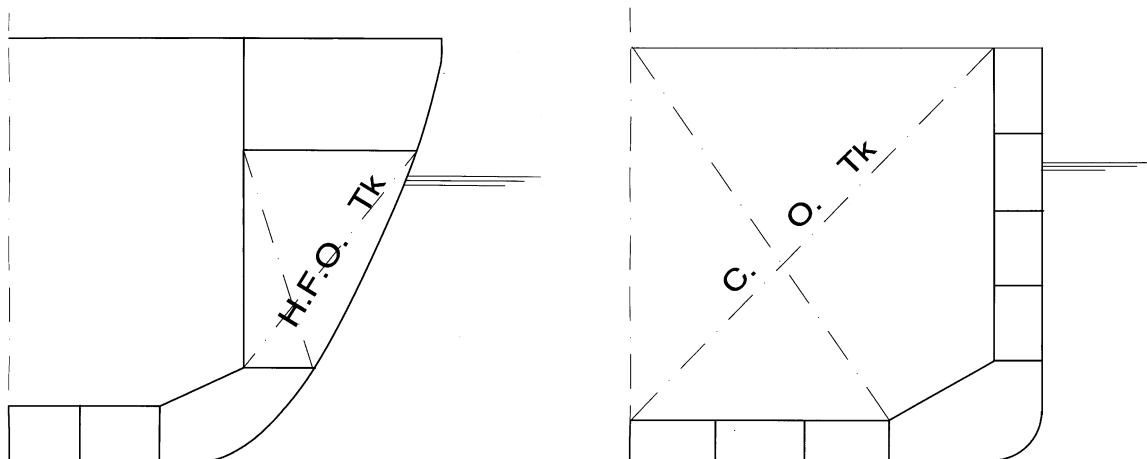
## A.2.2 Berechnung der Kollisionskonsequenzen

Je nach Ablauf einer Kollision eines Schiffes mit einer Installation eines Windparks sind unterschiedliche Konsequenzen zu erwarten.

Ein mögliches Szenario des Auftreffens von Schiffen bei Kollisionen ist die frontale Kollision, bei der der Bug des Schiffes den Turm der WEA zentral trifft. Bei einer derartigen Kollision ist damit zu rechnen, dass es zum Versagen des Turmes kommt. Dabei kann der Turm am Fundament oder in der Nähe des Kollisionspunktes abknicken. Bei einem zentralen Stoß ist mit einem Aufreißen der Außenhaut im Bereich von Tanks nicht zu rechnen.

Trifft das Schiff nicht zentrisch, sondern streift seitlich am Bug des Schiffes entlang, so ist ebenfalls mit dem Versagen des Turmes zu rechnen. Das relative steife konische Vorschiff kann einen großen Teil der Kollisionsenergie umwandeln, in dem das Schiff beim seitlichen Entlangschleifen vom Turm weggedrückt wird. Schäden am Vorschiff sind zu erwarten. Inwieweit ein seitliches Streifen des Schiffes am Turm zu einem Aufreißen der Schiffsaußenhaut im Bereich möglicher Ladetanks oder Brennstofftanks führen kann, ist derzeit nicht abschließend geklärt. Bei Einhüllenschiffen ist ein lokal begrenztes Aufreißen der Außenhaut denkbar. Bei Doppelhüllenschiffen ist ein Aufreißen der inneren Wand nur schwer vorstellbar, kann jedoch bisher nicht vollständig ausgeschlossen werden. Eine detaillierte Quantifizierung dieser Szenarien für manövrierfähige Schiffe erfolgte bisher nicht in einem vergleichbaren Rahmen wie die Quantifizierung der möglichen Szenarien für manövrierunfähige driftende Schiffe. Die Kollisionskonsequenzen durch Kollisionen manövrierunfähiger Schiffe mit Windenergieanlagen wurden intensiv in Forschungsvorhaben der TU Harburg (F. Biehl) und im europäischen SAFESHIP-Vorhaben /A-7/ betrachtet.

Zur Veranschaulichung der Lage von Brennstofftanks und Ladeölkzellen sind in Abbildung 8-3 typische Schiffsquerschnitte dargestellt.



Typischer Achterschiffsquerschnitt eines Trockenfrachters/Containerschiffs mit einem Brennstoffseitentank (H.F.O. Tk)

Typischer Mittschiffsquerschnitt eines Doppelhüllentankers mit Ladeölszelle (C.O.Tk)

**Abbildung 8-3: Typische Schiffsquerschnitte**

Die Frage, ob die Gondel auf das kollidierende Schiff fällt und dadurch weitere Schäden bewirkt oder nicht auf das Schiff fällt, ist ebenfalls nicht abschließend wissenschaftlich untersucht.

Die Berechnung der Kollisionskonsequenzen konzentrieren sich auf die Freisetzung von Öl und Brennstoff sowie in den Installationen des Windparks enthaltene wassergefährdende Schadstoffe. Bei der Berechnung der Konsequenzen werden sowohl die Treibstofftanks als auch die Ladetanks von Schiffen betrachtet. Es werden zusätzlich Ölmengen berechnet, die im Falle einer Kollision durch umstürzende Windenergieanlagen freigesetzt werden. Bei Passagierschiffen wird angenommen, dass Brennstoff nur im Doppelboden und in Zwischentanks im Mitschiffsbereich gelagert wird. An diesen Positionen sind Schäden durch Kollisionen mit einer Windenergieanlage nicht zu erwarten und werden daher ausgeschlossen.

Grundlage der Berechnungen zur Konsequenzanalyse (austretende Schadstoffmengen) ist ein Kollisionsgutachten, das eine Aussage über die kritische Schiffsgeschwindigkeit gibt, ab der mit einem Versagen der Schiffsstruktur und der Windkraftanlage zu rechnen ist.

Die bei einer Kollision freigesetzte mittlere Ölmenge  $\bar{M}_{\text{Öl}}$  wird für manövrierfähige Schiffe mit Gleichung (A-3) berechnet. Vereinfachend wird auf die Darstellung des Zählers k für jeden betrachteten Routenabschnitt an dieser Stelle verzichtet.

$$\bar{M}_{\text{Öl,pow}} = \sum_s \sum_t (P_{\text{SE,Br}} \cdot M_{\text{Br,s,t}} + P_{\text{SE,La}} \cdot M_{\text{La,pow,s,Tanker}}) \cdot P_s \cdot P_t + \sum_l P_{\text{WEA,Typ,l}} \cdot M_{\text{Öl,l}} \quad (\text{A-3})$$

In Gleichung (A-3) ist  $P_{\text{SE,Br}}$  - die Wahrscheinlichkeit, dass bei der Kollision ein Brennstofftank getroffen wird,  $M_{\text{Br,s,t}}$  - die freigesetzte Brennstoffmenge für ein Schiff der Größenklasse s und des Typs t,  $P_{\text{SE,La}}$  - die Wahrscheinlichkeit, dass bei einer Kollision ein Ladetank getroffen wird,  $M_{\text{La,s,Tanker}}$  - die freigesetzte Ladeölmenge für einen Tanker der Größenklasse s,  $P_s$  - die Auftretenswahrscheinlichkeit der Schiffsgrößenklasse s und  $P_t$  die Auftretenswahrscheinlichkeit des Schiffstyps t,  $P_{\text{WEA,Typ,l}}$  die Wahrscheinlichkeit des Typs l (WEA oder Umspannwerk (UW)) und  $M_{\text{Öl,l}}$  die freiwerdende Ölmenge Typs l (WEA oder UW). Die betrachteten Schiffsgrößenklasse s und die unterschiedlichen Schiffstypen t werden der Schiffsverkehrsdatenbank entnommen und sind aus den Schiffsverkehrsdaten abgeleitet. Die unterschiedlichen Anlagentypen l des Windparks definieren sich durch die Angaben der Planer. Es wird

zwischen unterschiedlichen Anlagen der Windenergieanlagen (WEA) und der Umspannwerke (UW) unterschieden.

Eine Bedingung, dass bei der Kollision ein Brennstofftank getroffen wird, ist dass die Kollisionsstelle im Bereich eines an der Außenhaut des Schiffes liegenden Brennstofftanks liegt. Die Wahrscheinlichkeit dafür ist 0.15, da die Länge der Tanks im Verhältnis zur Schiffslänge nur 15 % ausmacht.

Die zweite Bedingung, dass ein Brennstofftank geschädigt wird ist, dass das Schiff überhaupt einen an der Außenhaut liegenden Brennstofftank besitzt. Dies ist bei etwa 25 % der Schiffe der Fall.

Berücksichtigt man beide Bedingungen so ergibt sich ein Faktor  $P_{SE,Br} = 0.0375$ .

$$P_{SE,Br} = P_{tt} \cdot P_{ta} = 0.25 \cdot 0.15 = 0.0375 \quad (A-4)$$

Die freigesetzte Brennstoffmenge für ein Schiff der Größenklasse s und des Schiffstyps t ergibt sich aus Gleichung (A-5).

$$M_{Br,s,t} = \frac{(a_k + b_k \cdot T + c_k \cdot T^2)}{6} \quad (A-5)$$

In Gleichung (A-5) sind  $a_k$ ,  $b_k$ ,  $c_k$  - die angewendeten schiffstypspezifischen Koeffizienten aus Tabelle A-2 und T die Tonnage des betrachteten Schiffes. Die Koeffizienten der Tabelle 8-2 wurden statistisch ermittelt, in dem stichprobenartig beim Germanischen Lloyd klassifizierte Schiffe ausgewählt wurden. Aus den Klasseunterlagen konnte deren Brennstoffmenge ermittelt werden und durch eine Regressionsfunktion approximiert werden.

**Tabelle 8-2: Schiffstypspezifische Koeffizienten für Gleichung A-5, Brennstoff**

| Schiffstyp k                 | Obere Tonnagebegrenzungen [tdw] | Koeffizienten |           |            |
|------------------------------|---------------------------------|---------------|-----------|------------|
|                              |                                 | $a_k$         | $b_k$     | $c_k$      |
| Stückgut & Containerschiffe  | 100 000                         | 1.886E+01     | 8.560E-02 | 4.000E-07  |
| Massengut                    | 300 000                         | 5.480E+01     | 4.940E-02 | 0.000E+00  |
| RoRo-Schiffe                 | 50 000                          | 1.890E+01     | 8.560E-02 | 4.000E-07  |
| Gastanker                    | 70 000                          | 1.750E+02     | 7.090E-02 | -1.690E-07 |
| Chemikaliertanker            | 200 000                         | 4.761E+01     | 2.760E-02 | 0.000E+00  |
| Öltanker                     | 200 000                         | 7.120E+02     | 2.98E-02  | 0.000E+00  |
| Fähren- und Passagierschiffe | 50 000                          | 0.000E+00     | 0.000E+00 | 0.000E+00  |

Für Öltanker wird ebenfalls der Austritt von Ladeöl im Berechnungsverfahren berücksichtigt. Bedingung für den Austritt von Ladeöl ist, dass die Kollision im Bereich eines Ladeöltanks erfolgt. Dieser Faktor wird  $P_{SE,La} = 0.75$  angenommen, was dem Verhältnis der Länge der Ladöltanks zur Schiffslänge 75 % entspricht.

Bei der Berechnung der Menge austretenden Ladeöls wird konservativ davon ausgegangen, dass der komplette Inhalt zweier Ladetanks freigesetzt wird und dass 50% der Tanker voll beladen sind.

Die freigesetzte Ladeölmenge  $M_{La,k}$  für einen Tanker der Größenklasse k wird mit Gleichung (A-6) berechnet.

$$M_{La,pow,s,Tanker} = 2 \cdot (a_k + b_k \cdot T + c_k \cdot T^2) \quad (A-6)$$

In Gleichung (A-6) sind  $a_k$ ,  $b_k$ ,  $c_k$  Koeffizienten, die statistisch aus den Klasseunterlagen von beim Germanischen Lloyd klassifizierten Tankern ermittelt wurden, und T die Tonnage des betrachteten Schiffes.

**Tabelle 8-3: Schiffstypspezifische Koeffizienten für Gleichung (A-6) und (A-21), Ladeöl**

| Schiffstyp k | Obere Tonnagebegrenzung [tdw] | Koeffizienten |           |           |
|--------------|-------------------------------|---------------|-----------|-----------|
|              |                               | $a_k$         | $b_k$     | $c_k$     |
| Öltanker     | 200 000                       | 0.000E+00     | 8.020E-02 | 4.000E-08 |

### A.2.3 Berechnung des Kollisionsrisikos

Das Kollisionsrisiko für das Szenario "Kollision von manövrierfähigen Schiffen mit Installationen des Windparks" ergibt sich für jeden betrachteten Routenabschnitt k aus der Kombination von Kollisionshäufigkeiten und Kollisionskonsequenzen.

$$R_{\text{Öl},k} = n_{\text{coll,pow},k} \cdot \bar{M}_{\text{Öl,pow},k} \quad \text{für jeden Routenabschnitt k} \quad (\text{A-7})$$

## A.3 Verfahren zur Berechnung von Risiken für die Kollisionen manövrierunfähiger Schiffe mit Installationen des Windparks

In den internationalen Kollisionsverhütungsregeln /A-8/ (KVR 1972, Teil A, Regel 3) wird ein manövrierunfähiges Schiff wie folgt definiert:

"Der Ausdruck "manövrierunfähiges Fahrzeug" bezeichnet ein Fahrzeug, das wegen außergewöhnlicher Umstände nicht so manövrieren kann, wie es die Regeln vorschreiben, und daher einem anderen Fahrzeug nicht ausweichen kann."

Manövrierunfähige Schiffe müssen ihre Manövrierunfähigkeit durch Setzen entsprechender Signalkörper bzw Lichter (KVR 1972, Teil C, Regel 27) deutlich machen.

Ein manövrierunfähiges Schiff muss führen:

- (i) zwei rote Rundumlichter senkrecht übereinander dort, wo sie am besten gesehen werden können;
- (ii) zwei Bälle oder ähnliche Signalkörper senkrecht übereinander dort, wo sie am besten gesehen werden können;
- (iii) bei Fahrt durch Wasser zusätzlich zu den unter diesem Buchstaben vorgeschriebenen Lichtern Seitenlichter und ein Hecklicht."

Zusätzlich müssen manövrierunfähige Schiffe im Falle verminderter Sicht alle 2 min die Signaltöne - lang, kurz, kurz - (KVR 1972, Teil D, Regel 35) geben.


Eine häufige Ursache für Manövrierunfähigkeit sind Ausfälle der Antriebs- oder Ruderanlage. Solche Ausfälle bewirken, dass Schiffe aufgrund von Seegangs-, Wind- und Strömungskräften anfangen zu driften. Die Driftrichtung und Driftgeschwindigkeit hängen jeweils von der Größe der am Schiff angreifenden Kräfte ab. In Abhängigkeit vom Ort, an dem ein Schiff manövrierunfähig wird, müssen bestimmte Kombinationen von Wind-, Strömungs- und Seegangskräften vorhanden sein, so dass das Schiff in Richtung Windpark treibt. Zusätzliche Einflussgrößen für die Driftbewegung sind Schiffstyp und Schiffsgröße.

Bevor es zu einer Kollision mit Installationen des Windparks kommt, besteht die Möglichkeit einer Notankerung, einer erfolgreichen Reparatur und somit die Wiedererlangung der Manövrierfähigkeit, oder die Bergung durch andere Fahrzeuge. Die zur Verfügung stehende Zeit ist vom Havarieort, den Wetter-/Stömungsbedingungen und dem Abstand zum Windpark abhängig.

### A.3.1 Berechnung der Kollisionshäufigkeit

Die Kollisionshäufigkeit von manövrierunfähigen Schiffen wird je Routenabschnitt aus der Kombination der Wahrscheinlichkeit der Manövrierunfähigkeit, der Kollisionswahrscheinlichkeit durch entsprechende Driftbewegungen, der Versagenswahrscheinlichkeit der kollisionsverhindernden Maßnahmen und der Anzahl der Schiffe auf dem Routenabschnitt bestimmt. Eine Erläuterung der Berechnung der einzelnen Wahrscheinlichkeiten wird in diesem Abschnitt vorgenommen.

Als Grundannahme für die Manövrierunfähigkeit wird die Ausfallrate des Propulsionssystems (Antriebs- und Rudersystem) verwendet. Entsprechend der Harmonisierung der Grundannahmen für Kollisionsrisikoanalysen /A-6/ wird für diese Ausfallrate ein Wert von  $2,5 \cdot 10^{-4}$  pro Stunde angesetzt. Dies entspricht einem durchschnittlichen statistischen Ausfallintervall von 4.000 Stunden.



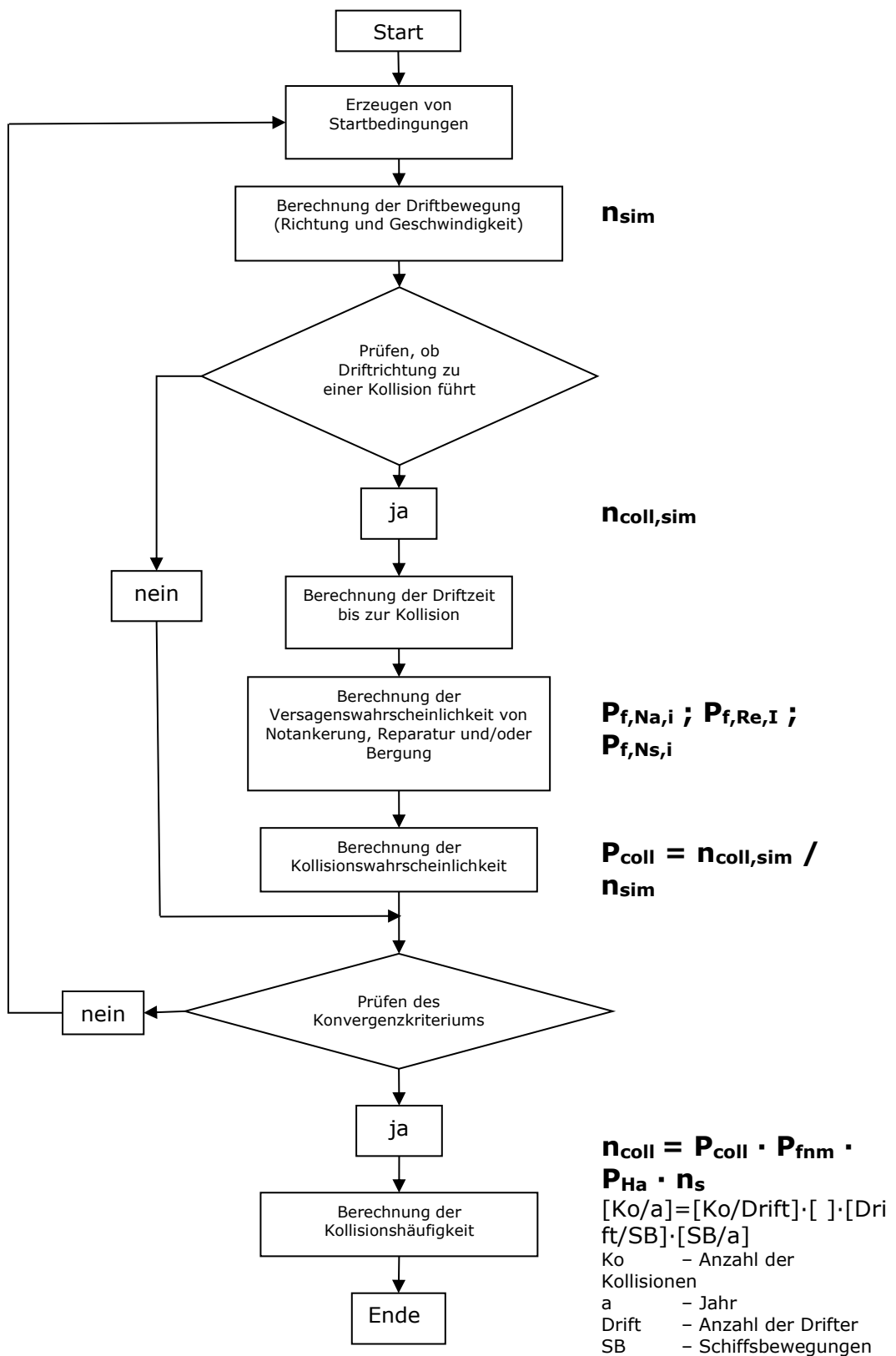
Die Kollisionswahrscheinlichkeit aufgrund der Driftbewegung wird berechnet, indem alle Kombinationen aus den genannten Einflussgrößen herausgefiltert, die zu einer Kollision führen. Dies wird mit Hilfe einer Monte-Carlo Simulation durchgeführt. Eine ausführliche Beschreibung des Verfahrens ist in /A-9/ gegeben.

Bei der angewendeten Monte-Carlo Simulation /A-9/ wird die Wahrscheinlichkeit der Kollision von Schiffen mit Installationen des Windparks ermittelt, in dem mögliche Driftvorgänge von manövrierunfähigen Schiffen rechnerisch simuliert werden. Hierzu werden eine Vielzahl von Simulationsläufen durchgeführt, bei denen für jeden Simulationslauf die den Driftvorgang bestimmenden Einflussfaktoren als Startbedingungen vorgegeben werden. Als Ergebnis eines Simulationslaufes ergibt sich, ob ein Schiff unter den angenommenen Startbedingungen in Richtung einer Anlage driftet oder nicht und eine Kollisionsgefahr besteht. Es wird eine Vielzahl von Simulationsläufen durchgeführt, wobei die Startbedingungen für jeden Simulationslauf neu generiert werden.

Die Kollisionswahrscheinlichkeit ergibt sich aus dem Quotienten der Anzahl von Simulationsläufen mit Kollision und der Gesamtzahl an durchgeführten Simulationsläufen. Bei der Ermittlung der Kollisionswahrscheinlichkeit werden zunächst risikomindernde Maßnahmen nicht miteinbezogen. Diese werden in einem späteren Schritt bei der Berechnung der Kollisionshäufigkeit berücksichtigt.

In **Abbildung 8-4** ist der Ablauf der Monte-Carlo Simulation grafisch dargestellt. Die einzelnen Schritte der Simulation werden im Folgenden erläutert.



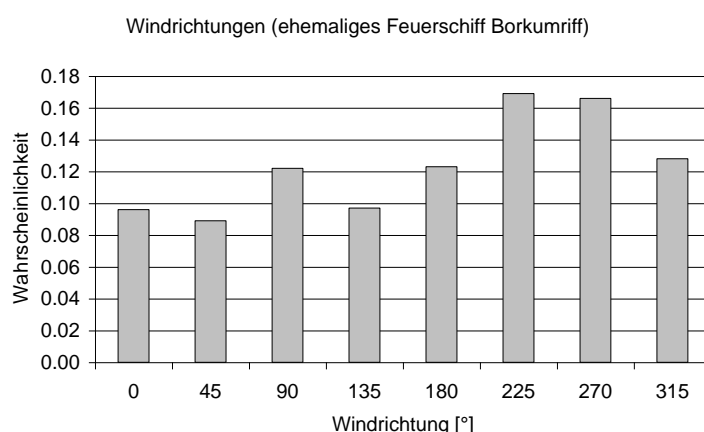


**Abbildung 8-4: Schematische Darstellung des Ablaufs der Monte-Carlo Simulation**

## Generierung von zufälligen Startbedingungen

In einer Monte-Carlo Simulation werden Zufallsvariablen betrachtet, die durch Verteilungsfunktionen beschrieben werden. Im Gegensatz zu deterministischen Variablen, denen jeweils ein bestimmter Wert zugewiesen wird, können Zufallsvariablen ein ganzes Spektrum von Werten annehmen, denen jeweils eine Auftretenswahrscheinlichkeit oder Auftretenshäufigkeit zugeordnet wird.

Eine typische Zufallsvariable ist z.B. die Windrichtung. Einer deterministischen Variablen kann nur ein Wert zugewiesen werden, z.B. Windrichtung Ost (90°). Bei einer Zufallsvariable werden alle Windrichtungen mit ihrer entsprechenden Auftretenswahrscheinlichkeit beschrieben. Sie umfasst somit das gesamte Spektrum möglicher Werte, z.B. die Windrichtungen 0-360°.



### Abbildung 8-5: Beispiel einer Zufallsvariable (Windrichtung)

Im Falle der Kollisionsberechnungen von manövrierunfähigen Schiffen mit Installationen des Windparks werden die folgenden Zufallsvariablen betrachtet werden.

- schiffsbezogen
  - Schiffstyp
  - Schiffsgröße
- routenbezogen
  - Ort, an dem das Schiff manövrierunfähig wird
- umweltbezogen
  - Wind (Geschwindigkeit und Richtung)
  - Strömung (Geschwindigkeit und Richtung sind zeitenabhängig)
  - Seegang (Wellenrichtung, Wellenhöhe)
  - Wassertiefe, (Gezeiten)

In einer Monte-Carlo Simulation werden eine Reihe von Simulationsläufen durchgeführt. In jedem Simulationslauf wird der Prozess deterministisch untersucht. Das bedeutet, dass jeder Simulationslauf mit deterministischen Variablen durchgeführt werden muss. Im Falle der Kollision von manövrierunfähigen Schiffen mit Installationen des Windparks bedeutet dies, dass ein Simulationslauf mit genau einem Schiff einer bestimmten Größe, eines bestimmten Typs, bei einer definierten Windrichtung und Windstärke, etc. durchgeführt wird. Die Problematik besteht nun darin, aus den Zufallsvariablen (den Verteilungen) Werte (z.B. eine Windrichtung) zu finden, mit denen die einzelnen Simulationsläufe durchzuführen sind. Hinzu kommt, dass die deterministischen Variablen so ausgewählt werden sollen, dass sie in ihrer Gesamtheit (alle Simulationsläufe zusammen betrachtet) den Häufigkeiten ihres Auftretens entsprechen. Das bedeutet, dass Windrichtungen, die in der Realität häufiger vorkommen auch häufiger in den Simulationsläufen verwendet werden sollen. Für den einzelnen

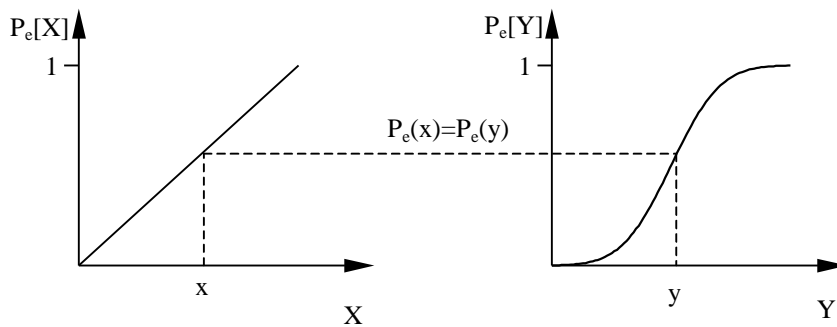
Simulationslauf ist die Auswahl der Startbedingungen zufällig. In der Gesamtheit aller Simulationsläufe entsprechen sie den real existierenden Verteilungen.

Diese Forderung an das Berechnungsverfahren wird umgesetzt, indem Zufallszahlen gebildet werden, die an die Verteilungsfunktionen der Zufallsvariablen angepasst werden. Zufallsgeneratoren können im Allgemeinen nur gleichverteilte Zufallszahlen zwischen 0 und 1 erzeugen. Das bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit aller Zahlen in besagtem Intervall gleich groß ist. Die Anpassung der Verteilungsfunktionen der Zufallsvariablen erfolgt über eine mathematische Transformation.

Die Transformationsvorschrift lautet:

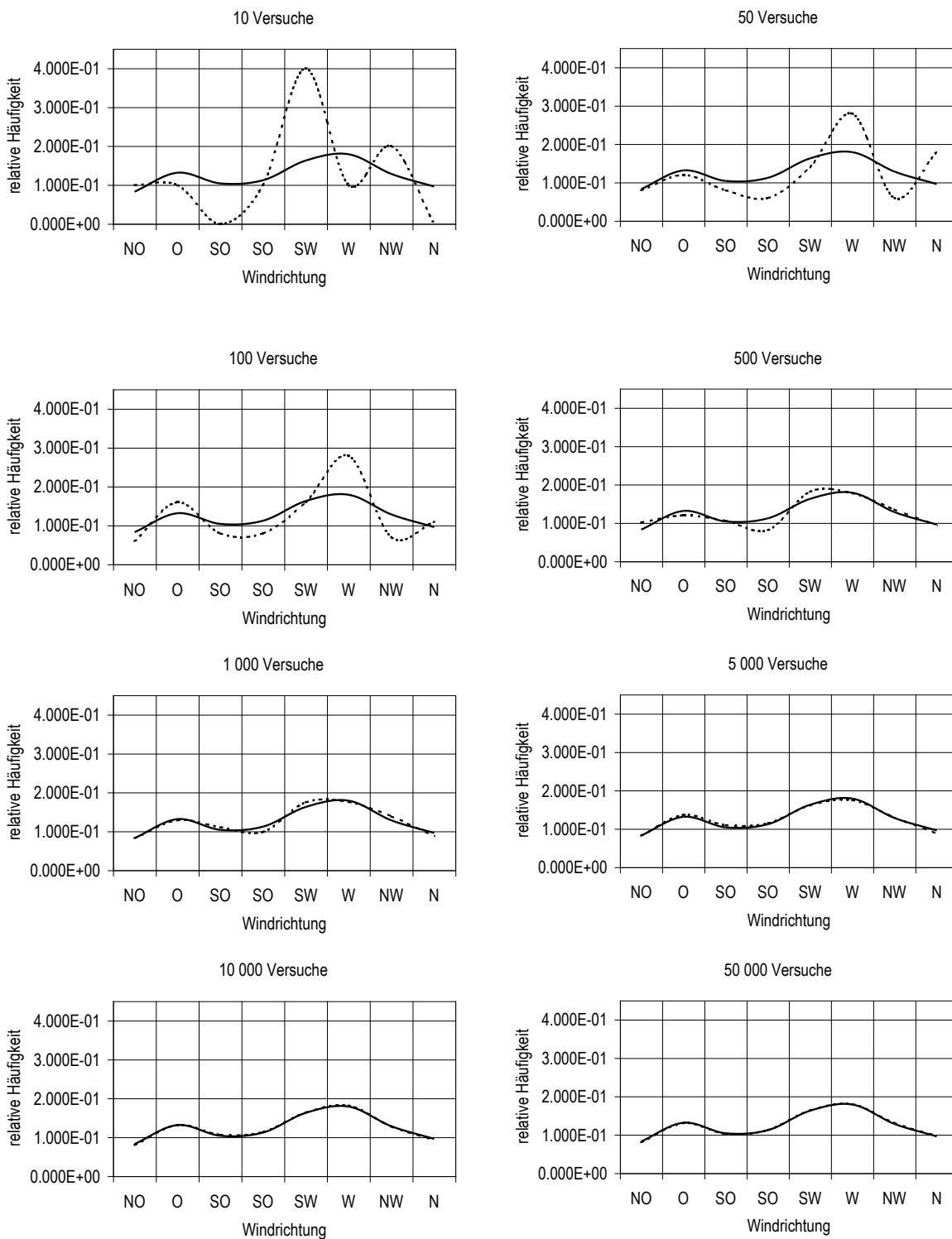
$$P_e[X] = P_e[Y] \quad (A-8)$$

In Gleichung (A-8) ist  $P_e[X]$  die Überschreitenswahrscheinlichkeit der gleichverteilten Zufallszahlen des Zufallsgenerators und  $P_e[Y]$  die Überschreitenswahrscheinlichkeit der anzupassenden Zufallsvariablen (z.B. Windrichtung). In Abbildung 8-6 ist der Algorithmus der Berechnung zufälliger Startbedingungen graphisch dargestellt. Es wird per Zufallsgenerator eine Zahl  $x$  erzeugt und der entsprechende Funktionswert  $P_e(x)$  berechnet. Dann wird die Zahl  $y$  gesucht, bei der  $P_e(y)$  gleich  $P_e(x)$  ist.



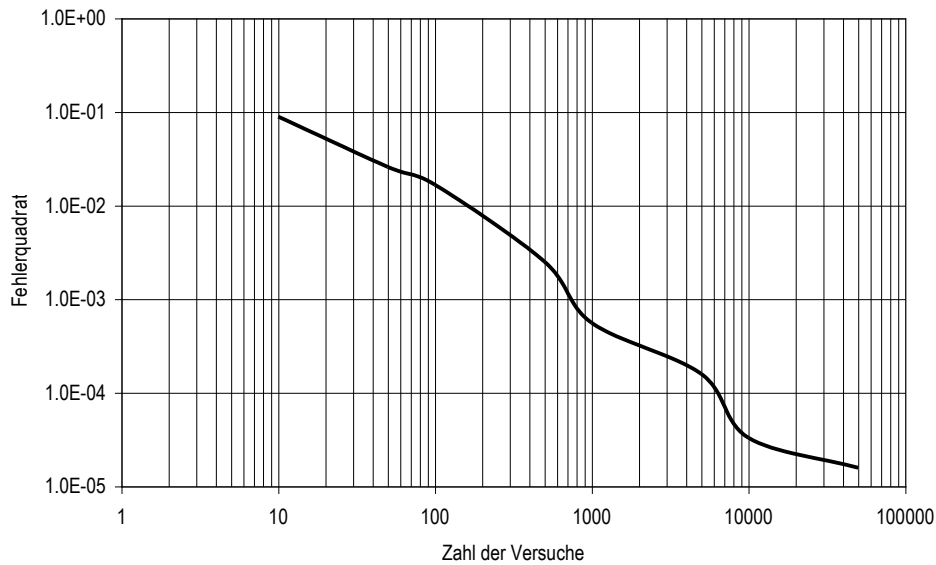
**Abbildung 8-6: Transformation gleichverteilter Zufallszahlen**

Die Genauigkeit, mit der die einzelnen Einflussfaktoren von der Monte-Carlo Simulation abgebildet werden, steigt mit der Zahl der Simulationsläufe. In Abbildung 8-7 wird dieses konvergierende Verhalten für eine jeweils unterschiedliche Anzahl von Simulationsläufen beispielhaft an der Verteilung der Windrichtungen gezeigt. In den einzelnen Bildern stellt die durchgezogene Kurve jeweils die Verteilung der original gemessenen Daten dar. Die gestrichelte Kurve zeigt die relative Häufigkeit der simulierten Windrichtungen an. Es ist deutlich zu erkennen, wie die gestrichelte Kurve der simulierten Windrichtungen sich mit wachsender Zahl von Simulationsversuchen der originalen Kurve anpasst.



**Abbildung 8-7: Konvergenz der simulierten Windrichtungen mit steigender Zahl von Versuchen**

Bildet man das Quadrat des Fehlerintegrals, also das Quadrat der Fläche zwischen den beiden Kurven, so kann man die Konvergenz erkennen. In Abbildung 8-8 ist das Quadrat des Fehlerintegrals über die Zahl von Versuchen der Simulation dargestellt. Deutlich ist die Abnahme des Fehlerintegrals zu erkennen.



**Abbildung 8-8: Quantitative Beschreibung des Konvergenzverhaltens der berechneten Startbedingungen**

Die Kombination der einzelnen deterministischen Variablen wird in den Berechnungen unabhängig vorgenommen. Das bedeutet, dass der für einen Simulationslauf ausgewählte Schiffstyp unabhängig davon ist, welche Windrichtung für den Simulationslauf ausgewählt wird. Am Ende der Auswahl der Startbedingungen liegen für einen Simulationslauf ein Satz Startbedingungen (ein Schiffstyp, eine Schiffsgröße, eine Windrichtung, eine Windgeschwindigkeit, Ort der Havarie, etc.) vor, mit dem die Driftbewegung des Schiffes berechnet werden kann.

### Berechnung der Driftbewegung

Für jeden Simulationslauf muss für die gewählten Startbedingungen die Berechnung der Driftbewegung erfolgen, um festzustellen, ob das Schiff in Richtung des Windparks driftet oder nicht. Diese Driftbewegung wird 24 Stunden lang für jede Stunde neu berechnet. So können die Einflüsse der Tidenströmungen, die abhängig von der Position des Havaristen und dem Tidenprogress sind, mit in die Driftbewegung einfließen.

Die Driftbewegung eines Schiffes ergibt sich allgemein aus dem Gleichgewicht der auf das Schiff wirkenden Wind-, Wellen- und Strömungskräfte. Um die Driftbewegung des Havaristen berechnen zu können, müssen die jeweils wirkenden Kraftkomponenten berechnet werden. Für die einzelnen Kraftkomponenten wurden die folgenden Berechnungsformeln /A-11/ angewendet:

### Windkräfte

Die auf das manövrierunfähige Schiff wirkenden Windkräfte werden mit Gleichung (A-9) berechnet.

$$\bar{F}_{Wi,90} = c_{d,Win,90} \frac{\rho_{Air}}{2} \cdot (\vec{v}_{Wi} + \vec{v}_S)^2 \cdot A_{l,Win} \quad (A-9)$$

In Gleichung (A-9) ist  $c_{d,Win,90} = 0.855$  - der Widerstandsbeiwert des Überwasserschiffes,  $\rho_{Air} = 1.3 \text{ kg/m}^3$  - die Dichte von Luft,  $v_{Wi}$  - die Windgeschwindigkeit,  $A_{l,Win}$  - die Lateralfläche des Überwasserschiffes und  $v_S$  - die Geschwindigkeit des Schiffes über Grund. Die Lateralfläche  $A_{l,Win}$  des Überwasserschiffes ergibt sich aus der Länge multipliziert mit dem Freibord des Schiffes. Dazu wird die Fläche addiert, die sich aus dem Produkt der Länge und Höhe der Decksaufbauten ergibt. Die laterale

Fläche der Decksaufbauten schließt bei Frachtschiffen die Flächen der möglichen Ladung ein, dies gilt insbesondere für Containerschiffe.

### Wellendriftkräfte

Die resultierende Wellendriftkraft wird mit Gleichung (A-10) berechnet.

$$\vec{F}_{We,90} = c_{d,We,90} \cdot \frac{\rho_w}{2} \cdot g \cdot \nabla^{1/3} \cdot \xi_a^2 \quad (A-10)$$

In Gleichung (A-10) ist  $c_{d,We,90} = 0.5$  - der Beiwert der Wellendriftkraft,  $\rho_w = 1024 \text{ kg/m}^3$  - die Dichte von Seewasser,  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$  - die Erdbeschleunigung,  $\Delta$  - die Verdrängung des Havaristen und  $\xi_a$  - die signifikante Wellenamplitude ( $H_s/2$ ).

### Strömungskräfte

Die resultierende Strömungskraft wird mit Gleichung (8-11) berechnet.

$$\vec{F}_{St,90} = c_{d,St,90} \cdot \frac{\rho_w}{2} \cdot (\vec{v}_s + \vec{v}_{T,Wd})^2 \cdot A_{l,St} \quad (A-11)$$

In Gleichung (A-11) ist  $c_{d,St,90} = 0.6$  - der Beiwert der Strömungskraft,  $\vec{v}_s$  - die Geschwindigkeit des Schiffes über Grund,  $\vec{v}_{T,Wd}$  - die Geschwindigkeit der Strömung von Gezeiten und Winddrift und  $A_{l,St}$  - die Lateralfläche des Unterwasserschiffes. Die Lateralfläche des Unterwasserschiffes ergibt sich aus dem Produkt der Schiffslänge zwischen den Loten und dem Schiffstiefgang.

Unter der Annahme, dass bei konstanter Driftbewegung alle am Schiff angreifenden Kräfte im Gleichgewicht stehen, ergibt sich die Driftgeschwindigkeit (Fahrt des Schiffes über Grund) als Lösung von Gleichung (A-12).

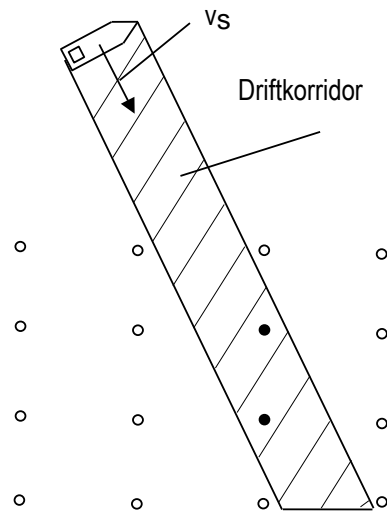
$$\vec{0} = \vec{F}_{Wi,90} + \vec{F}_{We,90} + \vec{F}_{St,90} \quad (A-12)$$

Die Driftrichtung ergibt sich aus der komponentenweisen Betrachtung der Vektorgleichung (A-12).

Vergleichsberechnungen mit realen Driftbewegungen von manövrierfähigen Schiffen haben gezeigt, dass unter Einbeziehung der Windkräfte und der Kräfte aus Wind- und Tidenströmung eine realistische Driftbewegung berechnet werden kann. Somit bleibt die Wellenkraft für die Berechnung der Driftbewegung unberücksichtigt. Unabhängig davon wird diese Kraftkomponente bei der Ermittlung der erforderlichen Schleppleistung eines Notschleppers berücksichtigt.

### Prüfen, ob Driftrichtung zu einer Kollision führt

Im nächsten Schritt des Berechnungsverfahrens wird geprüft, ob die Driftbewegung des Havaristen zu einer Kollision zwischen Schiff und WEA bzw. UW führen kann. Hierfür wird die Fläche (Driftkorridor) berechnet, über die das Schiff manövrierunfähig driftet, siehe Abbildung 8-9. Liegen WEA oder UW des Windparks innerhalb dieses Korridors, so ist das Schiff kollisionsgefährdet.



**Abbildung 8-9: Driftkorridor eines manövrierunfähigen Schiffes (nicht maßstäblich)**

#### Berechnung der Driftzeit bis zur Kollision

Liegen im Driftkorridor Installationen des Windparks, so kann aus der Driftgeschwindigkeit  $v_s$  und der Distanz  $d$  (Strecke zwischen der Position an der die Drift des Schiffes begann und der dichtesten WEA im Driftkorridor) die Driftzeit  $t_d$  bis zur Kollision berechnet werden.

$$t_d = \frac{d}{v_s} \quad (\text{A-13})$$

#### Berechnung der Versagenswahrscheinlichkeit von Notankerung, Reparatur und/oder Bergung

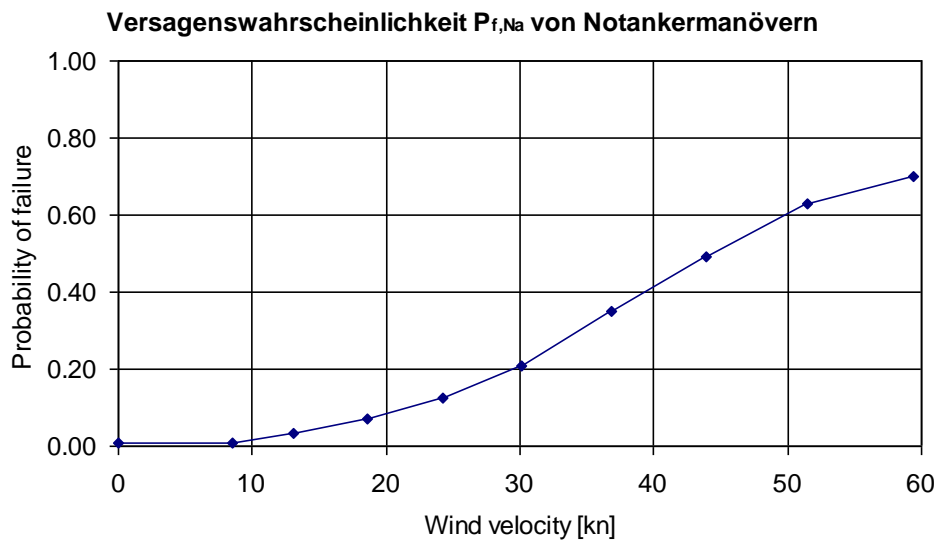
In der Simulation werden drei Arten von kollisionsverhindernden Maßnahmen berücksichtigt, die von jeder Schiffsführung eingeleitet werden können, deren Schiff manövrierunfähig geworden ist. Diese Maßnahmen sind Notankerung, Reparatur und Bergung.

Hierfür wird bei jedem Simulationslauf die Wahrscheinlichkeit ermittelt, die den Erfolg oder Misserfolg dieser risikomindernden Maßnahmen ausdrücken.

#### Notankerung

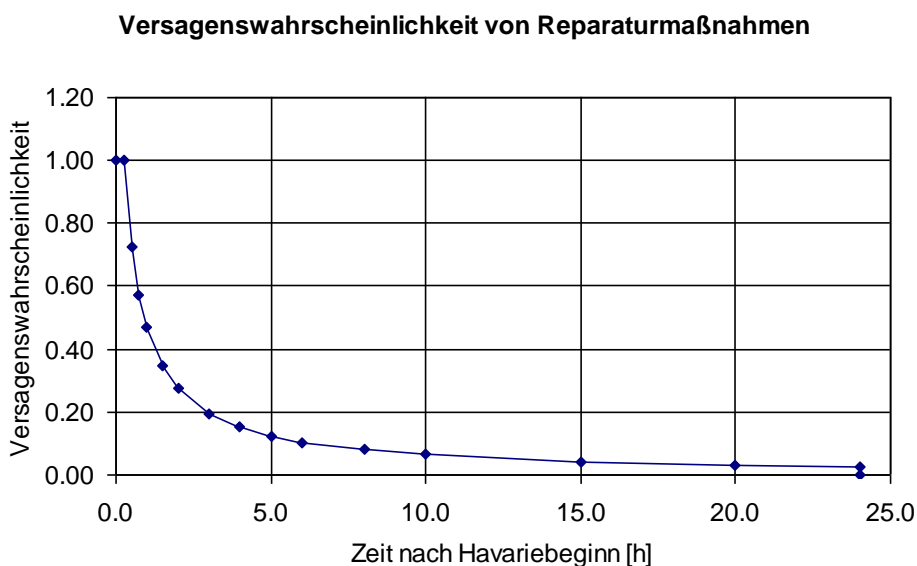
Eine Möglichkeit, die Drift des manövrierunfähigen Schiffes aufzuhalten oder zu verlangsamen, ist die Notankerung. Dabei werden einer oder beide Anker geworfen und es wird versucht, das Schiff aufzustoppen. Gelingt die Notankerung, so besteht für das Schiff keine weitere Kollisionsgefahr.

Um die mögliche risikoreduzierende Wirkung einer Notankerung in die Berechnung einfließen zu lassen, wird eine Funktion (Abbildung 8-10) eingeführt, welche die Versagenswahrscheinlichkeit von Notankermanövern in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit beschreibt. Diese Funktion entspricht den harmonisierten Grundannahmen /A-6/.



**Abbildung 8-10: Risikomindernde Wirkung von Notankerung  
Reparaturmaßnahmen**

Manövrierunfähigkeit ist im Zusammenhang mit der Methode zur Ermittlung des Kollisionsrisikos mit dem Ausfall der Antriebs- und/oder der Ruderanlage verbunden. Somit besteht in den meisten Fällen auch die Möglichkeit einer Reparatur der ausgefallenen Anlage und somit der Wiedererlangung der Manövrierfähigkeit. Kritisch für die Wiederherstellung der Manövrierfähigkeit ist daher die dafür zur Verfügung stehende Zeit. Die Versagenswahrscheinlichkeit von Reparaturmaßnahmen wird deshalb als zeitabhängige Funktion in der Simulation berücksichtigt (Abbildung 8-11). Diese Funktion entspricht den harmonisierten Grundannahmen /A-6/ und wurde von MARIN aus der Datenbank über manövrierunfähige Schiffe der niederländischen Coastguard aus den Jahren 2002 und 2003 abgeleitet (siehe /A-10/). Die Datenbank ermöglicht aufgrund der enthaltenen Informationen die Ableitung des Zusammenhangs zwischen Ausfall des Antriebs- und Rudersystems und der Dauer der Manövrierunfähigkeit.

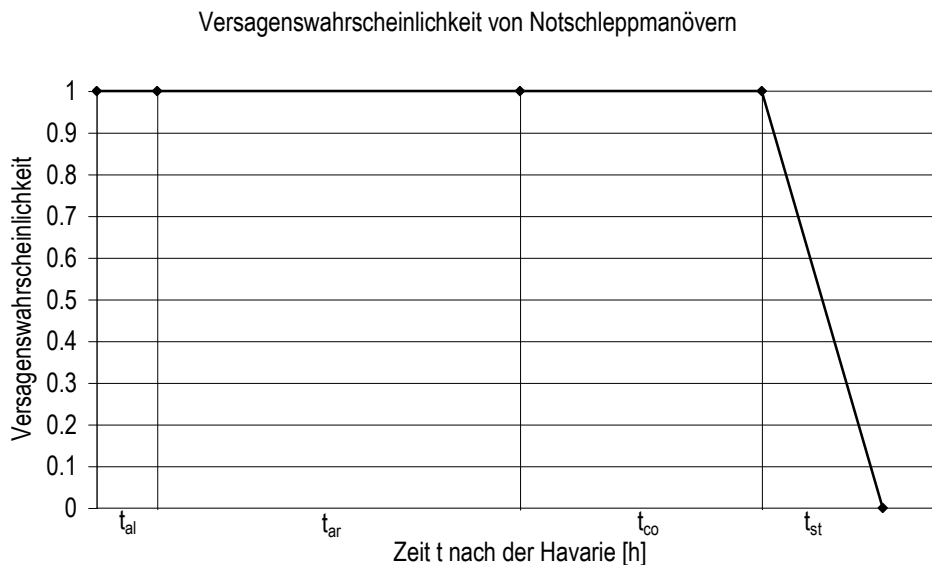


**Abbildung 8-11: Berücksichtigung von Reparaturmaßnahmen in der Monte-Carlo Simulation**



## Bergung mit Schlepperunterstützung

Der Einsatz von Bergungsschleppern ist eine weitere Möglichkeit, die drohende Kollision eines manövrierunfähigen Schiffes mit WEA oder der UW abzuwenden. Es wird eine zeitabhängige Funktion der Versagenswahrscheinlichkeit (Abbildung 8-12) eingeführt. Die einzelnen Zeitabschnitte müssen entsprechend der Position des Windparks sowie des Havaristen und der Kapazitäten von verfügbaren Bergungsschleppern angepasst werden. In Abbildung 8-12 ist daher der Verlauf der Funktion nur schematisch dargestellt.



**Abbildung 8-12: Berücksichtigung von Bergungseinsätzen in der Monte-Carlo Simulation**

Die Zeit, die für eine erfolgreiche Bergung benötigt wird, lässt sich durch die in der Abbildung 8-12 schematisch dargestellten Faktoren  $t_{al}$ ,  $t_{ar}$ ,  $t_{co}$  und  $t_{st}$  beschreiben. Wird diese Zeit überschritten, kommt es auf jeden Fall zu einem Versagen des Bergungsmanövers. Ansonsten sinkt die Versagenswahrscheinlichkeit erst im Laufe der Zeitperiode für die Stabilisierung und Anschleppens des manövrierunfähigen Schiffes langsam auf Null ab. D.h., sollte keine ausreichende Zeit für die Stabilisierung und das Anschleppen verbleiben, kann nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden, dass es trotz Leinenverbindung zwischen Schlepper und driftendem Schiff zu einer Kollision mit einer Windenergieanlage kommen kann. Das Notschleppmanöver gilt als gescheitert, wenn es innerhalb der Summe der hier aufgezeigten Teilzeiten (Alarmierung, Anfahrt, Leinenverbindung und Stabilisieren) zu einer Kollision zwischen Drifter und WEA kommt bzw. wenn das manövrierunfähige Schiff bei Windstärken größer 4 Bft in einen Windpark driftet. Die Bergung gilt als erfolgreich, wenn der Schlepper den Havaristen mit Ablauf der Zeit für die Stabilisierung angeschleppt hat und es bis dahin zu keiner Kollision gekommen ist bzw. das Schiff bei Windstärken größer 4 Bft nicht in einen Windpark gedriftet ist.

Entsprechend den harmonisierten Annahmen von 2005 /A-14/ berücksichtigt das Rechenmodell des GL eine detaillierte Modellierung der Bergung durch Notschlepper mit Berücksichtigung der zeitlichen Abläufe sowie der Schleppkapazitäten. Eine Begrenzung der Notschleppsätze auf Windbedingungen kleiner 8 Bft wird nicht vorgenommen.

$t_{al}$  - Zeit für die Alarmierung und Aktivierung

Die Zeit  $t_{al}$  umfasst den Zeitraum von der Havarie bis zum Auslaufen des Bergungsschleppers von seinem Stationierungsort. Diese Zeitspanne enthält die Zeit zur Feststellung der Havarie bei, die Zeit bis

zur Entscheidung, ob Bergungsschlepper eingesetzt werden sollen und die Mobilisierung der Schlepper und deren Besatzung. Diese Zeitspanne variiert für die einzelnen Notschlepper. Die "Nordic" steht permanent für Notschleppsätze zur Verfügung und benötigt somit nur eine geringe Zeitspanne, um zu beginnen, in Richtung Einsatzgebiet zu fahren. Die "Neuwerk" und die "Mellum" benötigen gegebenenfalls längere Zeit, um sich zum Havaristen in Marsch zu setzen, sofern sie gerade mit anderen Aufgaben (Tonnenlegen, Messungen, etc.) beauftragt sind. Im Mittel kann von einer Zeit für die Alarmierung von 0.5 h ausgegangen werden, da die Erkennung über AIS und Radar innerhalb weniger Minuten möglich ist.

#### *t<sub>ar</sub> - Zeit für den Anfahrtsweg*

Nach dem Auslaufen benötigen die Schlepper eine gewisse Zeit, um bis zum Havaristen zu fahren. Diese Zeitspanne ist von der Distanz zum Havaristen und von der möglichen Geschwindigkeit des Schleppers abhängig. Zusätzlich haben auch die herrschenden Witterungsbedingungen wie Wind, Strömung und Seegang Einfluss auf die Geschwindigkeit des Schleppers. Die Zeitspanne für den Anfahrtsweg des Schleppers ist daher variabel. Es wird eine maximale Vorausgeschwindigkeit bei 9 Bft Gegenwind und 5 m Wellenhöhe angenommen, die etwa 14 kn beträgt.

#### *t<sub>co</sub> - Zeit zum Herstellen der Leinenverbindung zwischen Havarist und Schlepper*

Ist der Schlepper beim Havaristen eingetroffen, so wird eine gewisse Zeit benötigt, um eine Schleppverbindung mit dem Havaristen herzustellen. Die benötigte Zeit schwankt zwischen 0.5 h unter normalen Bedingungen und evtl. mehreren Stunden bei schwerer See. Sie ist sowohl von der Ausrüstung des Schleppers (Leinenschussgeräte etc.) und des Havaristen (Notschleppgeschirre), von den Witterungsbedingungen (Seegang, Wind) als auch von Erfahrungen bzw. Fähigkeiten der Besatzungen an Bord beider Schiffe abhängig. In den Berechnungen wird diese Zeitspanne pessimistisch mit 1.0 h bei Windgeschwindigkeiten bis 8 Bft angenommen. Bei Windverhältnissen ab 8 Bft wird eine längere Zeitspanne für die Leinenverbindung von 3.5 h angenommen.

#### *t<sub>st</sub> - Zeit bis zur Stabilisierung der Lage des Havaristen*

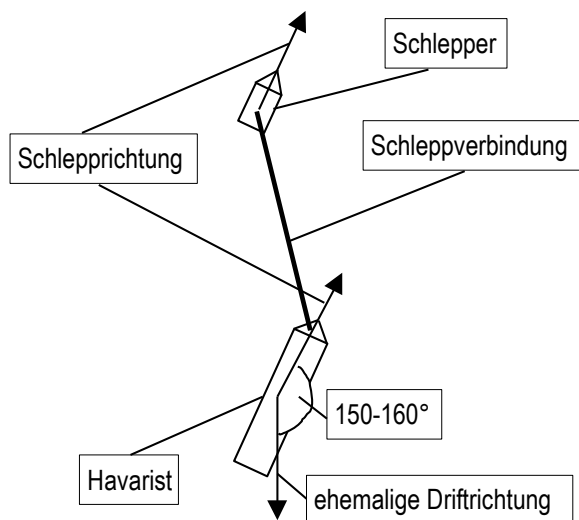
Nachdem eine Schleppverbindung hergestellt wurde, kann damit begonnen werden, die Driftgeschwindigkeit des Havaristen zu verringern und ihn aus der Gefahrenzone zu schleppen. Die Zeit, die dafür benötigt wird, hängt wiederum von einer Reihe von Faktoren ab. Zunächst ist sie von der Leistung der Schlepper und von den vorhandenen Umweltbedingungen abhängig. Aber auch die Erfahrungen der Besatzung und die angewendete Schleppstrategie beeinflussen diesen Zeitraum. In Moore et al. /A-12/ wird eine mittlere Zeit von 15 min für Tanker bei 30 kn Windgeschwindigkeit angegeben. Bei Schleppsimulationen am "Institut für Schiffsbetrieb, Seeverkehr und Simulation" (ISSUS) zeigte sich, dass diese Zeiträume auch bis zu einer Stunde lang sein können. Daher wird dieser Zeitraum  $t_{st}$  mit 0.5 h angenommen. Im Zeitraum  $t_{st}$  sinkt die Versagenswahrscheinlichkeit linear auf Null herab. Bei Windverhältnissen ab 8 Bft wird eine längere Zeitspanne bis zur Stabilisierung der Lage des Havaristen (Aufstoppen der Drift) von 1.0 h angenommen.

### **Berechnung der notwendigen Schleppkraft**

Eine Voraussetzung für den Schlepper ist eine ausreichende Schleppleistung, so dass der Schlepper die Drift des Havaristen vor Erreichen des Windparks aufstoppen kann. Insofern muss geprüft werden, ob die zur Verfügung stehenden Schlepper in der Lage sind, bei den gegebenen Umweltbedingungen, Größe und Typ des Havaristen etc., den Havaristen zu bergen.

Wie schon bei der Berechnung der Driftgeschwindigkeit, benötigt man zur Ermittlung der notwendigen Schleppleistung die auf den Havaristen wirkenden Kräfte. Erfahrungswerte und Simulationen (siehe

/A-13/) zeigten, dass sich in den meisten Fällen eine stabile Lage des Havaristen zum Schleppen bei etwa 150 –160 ° zur Driftrichtung ergibt, siehe Abbildung 8-13.



### Abbildung 8-13: Annahme zur Lage von Havarist und Schlepper bei Schleppmanövern

In der Realität ist der Schleppvorgang natürlich ein sehr dynamischer Vorgang. Das bedeutet, dass sich die Lage zwischen Schlepper und Havaristen ständig verändert. Aus der jeweiligen Lage des Havaristen zu den wirkenden Kraftkomponenten (Wind, Wellen und Strömung) verändern sich die Angriffsflächen der jeweiligen Kraftkomponenten.

Nur wenn die Pfahlzugleistung des Schleppers größer als der erforderliche Pfahlzug  $\bar{F}_p$  ist, wird die Wahrscheinlichkeitsfunktion, Abbildung 8-12, angewendet. Ansonsten wird der Schlepper als wirkungslos betrachtet. Als wirkende Kraft wird in den Berechnungen eine Trossenzugkraft der Schlepper in Höhe von 60% der angegebenen Pfahlzugkraft angenommen.

### Berechnung der Kollisionswahrscheinlichkeit

Ist ein Simulationslauf abgeschlossen, so kann die Kollisionswahrscheinlichkeit pro Schiff  $P_{coll}$  berechnet werden. Diese ergibt sich aus der Zahl der durchgeführten Simulationsläufe mit erfolgter Kollision  $n_{coll,sim}$  und der Gesamtzahl an durchgeführten Simulationsläufen  $n_{sim}$  entsprechend Gleichung (A-14).

$$P_{coll} = \frac{n_{coll,sim}}{n_{sim}} \quad (A-14)$$

### Prüfen des Konvergenzkriteriums

Als Konvergenzkriterium der Monte-Carlo Simulation wird der Standard Fehler des Mittelwertes SEM ("Standard Error of the Mean Statistic") verwendet. Diese statistische Größe, Gleichung (A-15), wird aus der Standardabweichung der Kollisionswahrscheinlichkeit und der Anzahl der Simulationsläufe berechnet.

$$SEM = \frac{\sigma_{P_{coll}}}{\sqrt{n}} \quad (A-15)$$

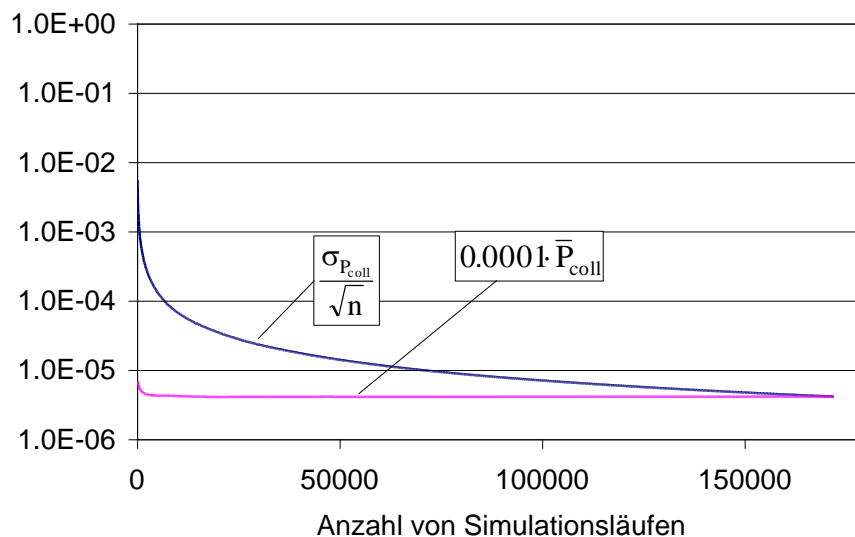
Ein gängiges Maß für die Konvergenz der Simulation ist wenn der SEM Wert kleiner als 1% des Mittelwertes der Kollisionswahrscheinlichkeit  $P_{coll}$  ist. In den Berechnungen des GL wird ein genaueres Konvergenzkriterium 0.01 % des Mittelwertes angewendet.

Daraus ergibt sich als Konvergenzkriterium der Simulation:

$$\frac{\sigma_{P_{coll}}}{\sqrt{n}} < 0.0001 \cdot \bar{P}_{coll} \quad (A-16)$$

In Gleichung (A-16) ist  $\sigma_{P_{coll}}$  die Standardabweichung der Kollisionswahrscheinlichkeit,  $\bar{P}_{coll}$  der Mittelwert der Kollisionswahrscheinlichkeit und  $n$  die Anzahl der Simulationsläufe. Das Konvergenzverhalten der Monte-Carlo Simulation ist in

Abbildung 8-14 dargestellt. Die beiden Kurven stellen jeweils eine Seite der Ungleichung (A-16) dar. Deutlich ist die Annäherung der Kurven mit zunehmender Anzahl von Simulationsläufen zu erkennen. Am Schnittpunkt beider Kurven ist das Abbruchkriterium der Simulation erreicht und die Simulation wird beendet.



**Abbildung 8-14: Konvergenz der Kollisionswahrscheinlichkeit innerhalb der Monte-Carlo Simulation**

### Berechnung der Kollisionshäufigkeit

Die Kollisionshäufigkeit von manövrierunfähigen Schiffen mit Installationen des Windparks wird mit Gleichung (A-17) berechnet.

$$n_{coll} = P_{coll} \cdot \bar{P}_{fmm} \cdot P_{Ha} \cdot n_S \quad (A-17)$$

In Gleichung (A-17) ist  $\bar{P}_{fmm}$  die Versagenswahrscheinlichkeit von Notankerung, Selbstreparatur und Bergung,  $P_{Ha}$  die Wahrscheinlichkeit der Havarie eines Schiffes auf dem betrachteten Routenabschnitt und  $n_S$  die Anzahl der Schiffe auf dem Routenabschnitt.

Die Wirkung von Notankerung, Selbstreparatur und Bergung wird im Faktor  $\bar{P}_{fmm}$  für alle Simulationsläufe zusammengefasst.

$$\bar{P}_{\text{inn}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{coll,sim}}} (P_{f,Na,i} \cdot P_{f,Re,i} \cdot P_{f,Ns,i})}{n_{\text{coll,sim}}} \quad (\text{A-18})$$

Darin sind  $P_{f,Na,i}$ ,  $P_{f,Re,i}$  und  $P_{f,Ns,i}$  - die Versagenswahrscheinlichkeiten der kollisionsverhindernden Maßnahmen unter der Bedingung, dass der Havarist auf das Objekt zu driftet.

$$P_{\text{Ha}} = \frac{l_k}{v_s \cdot t_{f,PS}} \quad (\text{A-19})$$

In Gleichung (A-19) ist  $l_k$  die Länge des betrachteten Routenabschnittes,  $t_{f,PS}$  das Ausfallintervall des Propulsionssystems und  $v_s$  die Schiffsgeschwindigkeit nach Tabelle 8-4.

**Tabelle 8-4: Tabelle der typspezifischen Schiffsgeschwindigkeiten**

| Schiffstyp                  | durchschnittliche Schiffsgeschwindigkeit<br>$v_s$ [kn] |
|-----------------------------|--|
| Stückgutschiffe             | 20.0   |
| Containerschiffe            | 20.0*)   |
| Ro-Ro Schiffe               | 20.0   |
| Bulker                      | 14.0   |
| Fähren und Passagierschiffe | 20.0   |
| Öltanker                    | 14.0   |
| Gastanker                   | 15.0   |
| Chemikalien tanker          | 15.0   |

\*) Die durchschnittliche Schiffsgeschwindigkeit für Containerschiffe wurde gegenüber den harmonisierten Annahmen konservativ mit einer Geschwindigkeit von 20.0 kn angenommen.

### A.3.2 Berechnung der Kollisionskonsequenzen

Im Falle der Kollision von manövrierunfähigen Schiffen ist mit deutlich kleineren Kollisionsenergien zu rechnen als im Falle der Kollision von manövrierfähigen Schiffen, da Driftgeschwindigkeiten deutlich kleiner sind als die Fahrtgeschwindigkeiten der Schiffe.

Im Falle eines driftenden Schiffes kann davon ausgegangen werden, dass das Schiff seitlich mit dem Turm der WEA in Kontakt kommt. Durch die geringe Auftreffgeschwindigkeit ist damit zu rechnen, dass der Turm am Fundament versagt und der Turm vom Schiff wegfällt. Dass die Gondel auf das Schiff fällt, ist bei diesem Szenario nicht zu erwarten.

Wie bereits erwähnt, ist die Schiffstruktur in der Lage, begrenzt Kollisionsenergie zu absorbieren. Somit kann bei geringen Driftgeschwindigkeiten davon ausgegangen werden, dass die Schiffsaußenhaut sich verformt aber nicht aufreißt. Letztendlich kann bisher jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden, dass es auch bei seitlichen Kollisionen zum Aufreißen der Schiffsaußenhaut kommt. Grundlage der Berechnungen zur Konsequenzanalyse (austretende Schadstoffmengen) ist ein Kollisionsgutachten, dass eine Aussage über die kritische Schiffsgeschwindigkeit gibt, bei der mit einem Versagen der Schiffsstruktur zu rechnen ist. Als pessimistische Annahme wird in den Berechnungen davon ausgegangen, dass bei allen höheren Geschwindigkeiten als bei der ermittelten immer ein Versagen der Schiffshaut zur Folge hat. Ein Kollaps der Windenergieanlage wird pessimistisch für jede Driftgeschwindigkeit angenommen.

Beim angenommenen Versagen der Schiffshaut wird in den Berechnungen sowohl von möglichen Schädigungen von Treibstoff- als auch von Ladetanks ausgegangen. Es werden zusätzlich Ölmengen

berechnet, die im Falle einer Kollision durch umstürzende Windenergieanlagen freigesetzt werden. Bei Passagierschiffen wird wiederum angenommen, dass Brennstoff nur im Doppelboden und in Zwischentanks im Mitschiffsbereich gelagert wird. An diesen Positionen sind Schäden durch Kollisionen mit einer Windenergieanlage nicht zu erwarten und werden daher ausgeschlossen.

Die bei einer Kollision freigesetzte mittlere Ölmenge  $\bar{M}_{\text{Öl}}$  wird für manövrierunfähigen Schiffen mit Gleichung (A-20) berechnet. An dieser Stelle wird ebenfalls vereinfachend auf die Darstellung des Zählers k für jeden betrachteten Routenabschnitt verzichtet.

$$\bar{M}_{\text{Öl,dis}} = \sum_s \sum_t (P_{\text{SE,Br}} \cdot M_{\text{Br,s,t}} + P_{\text{SE,La}} \cdot M_{\text{La,dis,s,Tanker}}) \cdot P_s \cdot P_t + \sum_l P_{\text{WEA,Typ,l}} \cdot M_{\text{Öl,l}} \quad (\text{A-20})$$

In Gleichung (A-20) werden für die Berechnung der durch Kollisionen manövrierunfähigen Schiffe freigesetzten Ölmengen die selben Elemente wie in Gleichung (A-3) für Kollisionen manövrierfähiger Schiffe im Abschnitt A.2.2 verwendet. Ausnahme bildet die freigesetzte Ladeölmenge  $M_{\text{La,dis,s,Tanker}}$  für einen Tanker der Größenklasse s.

Bei der Berechnung der Menge des austretenden Ladeöls wird bei einem angenommenen Aufreißen der Schiffshaut konservativ davon ausgegangen, dass der ganze Inhalt eines<sup>3</sup> Ladetanks freigesetzt wird.

Die freigesetzte Ladeölmenge  $M_{\text{La,dis,s,Tanker}}$  für einen manövrierunfähigen Tanker der Größenklasse s wird mit Gleichung (A-21) berechnet.

$$M_{\text{La,dis,s,Tanker}} = (a_k + b_k \cdot T + c_k \cdot T^2) \quad (\text{A-21})$$

In Gleichung (A-21) sind  $a_k$ ,  $b_k$ ,  $c_k$  Koeffizienten, die statistisch aus den Klasseunterlagen von beim Germanischen Lloyd klassifizierten Tankern ermittelt wurden und T die Tonnage des betrachteten Schiffes (Tabelle 8-3)

### A.3.3 Berechnung des Kollisionsrisikos

Das Kollisionsrisiko für das Szenario "Kollision von manövrierfähigen Schiffen mit Installationen des Windparks ergibt sich für jeden betrachteten Routenabschnitt k aus der Kombination von Kollisionshäufigkeiten und Kollisionskonsequenzen.

$$R_{\text{Öl,dis,k}} = n_{\text{coll,dis,k}} \cdot \bar{M}_{\text{Öl,dis,k}} \quad \text{für jeden Routenabschnitt k} \quad (\text{A-22})$$

<sup>3</sup> Im Gegensatz zu den Annahmen bei der Kollision eines manövrierunfähigen Tankers wird bei einer Kollision eines manövrierfähigen Tankers aufgrund des eventuell auftretenden „Entlangschleifens“ von der Freisetzung des gesamten Ladeinhalts zweier Ladetanks ausgegangen.

## A.4 Literatur zum Anhang A

- /A-1/ Fujii, Y., Yamanouchi, H., Mizuki, N.: "Some Factors Affecting the Frequency of Accidents in Marine Traffic". Section II – The Probability of Stranding and Section III – The Effect of Darkness on the Probability of Collision and Stranding, Journal of Navigation, Vol. 27, pp. 235-247, 1974.
- /A-2/ MacDuff, J.: "The Probability of Vessel Collision", Ocean Industry, September 1974.
- /A-3/ Pedersen, P. T.; „Collision and Grounding Mechanics“; Department of Ocean Engineering; Technical University of Lyngby; in WEMT 95, Denmark, 1995.
- /A-4/ ISES0 Project 7 and 8: Grounding and Collision: Basic Modelling Principles and Validation of Software for Prediction of Frequencies, 2000-05-30.
- /A-5/ Fujii, Y., Mizuki, N., "Design of VTS systems for water with bridges", Gluver & Olsen (eds) Ship Collision Analysis, Balkema ISBN 90 54 10 962 9, Rotterdam 1998.
- /A-6/ MARIN, DNV und Germanischer Lloyd: Harmonisierung der Grundannahmen für Kollisionsrisikoanalysen zwischen MARIN, DNV und GL; Hamburg, Dezember 2004.
- /A-7/ Dalhoff, P., J. Stein: Development of a Simplified Method for the Calculation of Consequences for the Windturbine / HV Station; SAFESHIP deliverable 7-1, confidential, Germanischer Lloyd WindEnergie GmbH, Januar 2005.
- /A-8/ Verordnung zu den Internationalen Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See vom 13. Juni 1977 (BGBl. I S. 813), zuletzt geändert durch die Verordnung seeverkehrsrechtlicher Vorschriften (Ausführungsverordnung zum Seerechtsübereinkommen), Kollisionsverhütungsregeln (KVR).
- /A-9/ VDI-Richtlinie 4008; Blatt 6; „Monte-Carlo-Simulation“; Beuth-Verlag; Berlin; 1999.
- /A-10/ Van der Tak, C.: Harmonization of assumptions; MARIN Memo, Netherlands, Dec. 2004.
- /A-11/ OCIMF; Prediction of Wind and Current Loads on VLCCs; published by Oil Companies International Marine Forum; London.
- /A-12/ Moore, C. et al.; "An Application of Collision and Grounding Simulation to Regulatory Assessment"; Proceedings of the International Conference of Collision and Grounding of Ships; Copenhagen; 2001.
- /A-13/ Otto, S.; Östergaard, C.; "Berechnung notwendiger Trossenzüge für Notschleppensätze in Nord- und Ostsee"; intern; Germanischer Lloyd; Hamburg; 2001.
- /A-14/ BMVBW: Genehmigungrelevante Richtwerte für Offshore-Windparks - Bericht einer Arbeitsgruppe; Referat LS 23, Bonn, März 2005.



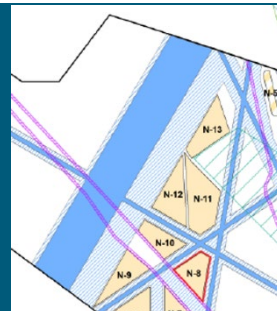
## **ANHANG B**

---

### **Analyse des Vorbehaltsgebietes an der SN10 in der Deutschen AWZ**



# ANALYSE DES VORBEHALTSGEBIETES AN DER SCHIFFFAHRTSROUTE 10 IN DER DEUTSCHEN AWZ



|                            |                               |
|----------------------------|-------------------------------|
| <b>Version:</b>            | <b>1.8</b>                    |
| <b>Bearbeitungsstatus:</b> | <b>abgestimmte Endfassung</b> |
| <b>Ort und Datum</b>       | <b>Leer, 16.12.2020</b>       |

erstellt durch:

- **Matthias Mattausch**, Diplom-Wirtschaftsingenieur für Seeverkehr, Kapitän und Studienrat an der Hochschule Emden / Leer,
- **Dietmar Szech**, Diplom-Wirtschaftsingenieur für Seeverkehr, Kapitän und Seehauptkapitän der WSV a.D.,
- **Georg Haase**, Diplom-Wirtschaftsingenieur für Seeverkehr, Kapitän und Seelotse i.R.

sowie

- dem gesamten **NAUTITEC-Team**.

Titelbild: Schifffahrtrouten und Flächen für geplante Offshore-Windparks in der Nordsee

Quelle:

[https://www.bsh.de/DE/PUBLIKATIONEN/Anlagen/Downloads/Offshore/FEP/Flaechenentwicklungsplan\\_2019.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=9](https://www.bsh.de/DE/PUBLIKATIONEN/Anlagen/Downloads/Offshore/FEP/Flaechenentwicklungsplan_2019.pdf?__blob=publicationFile&v=9), Seite 76, Abbildung 10.

## I. Inhaltsverzeichnis

|  |          |
|--|----------|
| I. Inhaltsverzeichnis .....  | 3        |
| II. Abbildungsverzeichnis .....  | 4        |
| III. Abkürzungsverzeichnis .....   | 5        |
| <b>Analyse des Vorbehaltsgebietes an der Schifffahrtsroute 10.....</b>         | <b>7</b> |
| <b>in der deutschen AWZ .....</b>  | <b>7</b> |
| 1. Einleitung.....   | 7        |
| 2. Das Untersuchungsgebiet .....   | 11       |
| 3. Der Verkehrsraum im Untersuchungsgebiet.....                                | 13       |
| 4. Statistik des Schiffsverkehrs im Untersuchungsgebiet.....                   | 16       |
| 5. Analyse der Verkehrsstatistik.....  | 19       |
| 6. Derzeitige Planung in der deutschen AWZ.....                                | 21       |
| 7. Nautische Analyse .....   | 22       |
| 7.1 Grundsätzliche Manövriereigenschaften von Schiffen .....                   | 22       |
| 7.2 PIANC-Empfehlungen für eine sichere Passage von Offshore-Windparks.....    | 24       |
| 7.3 Nautische Bewertung und Empfehlung.....                                    | 26       |
| 7.4 Differenziertere Verkehrsanalyse im Untersuchungsgebiet .....              | 28       |
| 7.5 Auswirkungen auf die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs ..... | 30       |
| 7.6 Empfehlungen für risikomindernde Maßnahmen.....                            | 37       |
| 8. Fazit .....   | 43       |
| 9. Abschluss.....  | 44       |

## II. Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 1: Nummerierung der Festlegungsbereiche für die Schifffahrt in der Nordsee ..... | 8  |
| Abbildung 2: Festlegung von Gebieten und Raumordnungsplan für die AWZ in der Nordsee.....  | 9  |
| Abbildung 3: Untersuchungsgebiet .....   | 11 |
| Abbildung 4: Systeme der Schifffwegführung in der südlichen Nordsee .....                  | 13 |
| Abbildung 5: System der Schifffwegführung im Bereich von Skagen .....                      | 14 |
| Abbildung 6: Fahrspuraufzeichnung im Untersuchungsgebiet .....                             | 15 |
| Abbildung 7: Erhebung der Verkehrsstatistik durch eingerichtete AIS-Gates .....            | 16 |
| Abbildung 8: Verkehrsstatistik für 2019 am Gate 1 .....                                    | 17 |
| Abbildung 9: Verkehrsstatistik für 2019 am Gate 2 .....                                    | 18 |
| Abbildung 10: Advance und tactical diameter .....  | 22 |
| Abbildung 11: Platzbedarf zwischen Verkehrstrennungsgebiet und Sicherheitszone.....        | 25 |
| Abbildung 12: MS „Madrid Maersk“ .....   | 26 |
| Abbildung 13: Differenzierte Verkehrsstatistik im Vorbehaltsgebiet .....                   | 28 |
| Abbildung 14: Analyse des Verkehrs im Vorbehaltsgebiet .....                               | 29 |
| Abbildung 15: Szenarische Betrachtung der Flächen entlang der Schifffahrtsroute 10 .....   | 35 |
| Abbildung 16: Empfehlungen für risikomindernde Maßnahmen .....                             | 38 |
| Abbildung 17: Kardinaltonnen .....   | 40 |

### III. Abkürzungsverzeichnis

|          |   |
|----------|---|
| AIS      | Automatic Identification System   |
| AIS-AtoN | AIS-Schifffahrtszeichengerät  |
| AWZ      | Ausschließliche Wirtschaftszone   |
| BMVI     | Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin und Bonn   |
| BSH      | Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg und Rostock  |
| DNV-GL   | DNV-GL SE, Hamburg  |
| EEG      | Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien   |
| FEP      | Flächenentwicklungsplan   |
| GDWS     | Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt, Bonn  |
| IMO      | International Maritime Organization, London (Vereinigtes Königreich von Großbritannien und Nordirland)  |
| KVR      | Internationale Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See (Anlage zu § 1 der Verordnung zu den Internationalen Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See) – Kollisionsverhütungsregeln |
| MSC      | Maritime Safety Committee (Schiffssicherheitsausschuss der IMO)   |
| NAUTITEC | NAUTITEC GmbH & Co. KG, Leer  |
| OWEA     | Offshore-Windenergieanlage  |
| OWP      | Offshore-Windpark   |
| PIANC    | The World Association for Waterborne Transport Infrastructure, Brüssel (Belgien)  |
| PL       | Polen   |
| ROG      | Raumordnungsgesetz  |
| ROP      | Raumordnungsplan  |
| sm       | Seemeile (1 sm = 1.852 m)   |
| SOLAS    | Internationales Übereinkommen von 1974 zum Schutz des menschlichen Lebens auf See   |
| SWE      | Schweden  |
| TEU      | Twenty-foot Equivalent Unit   |

16.12.2020

---

|          |  |
|----------|--|
| VTG      | Verkehrstrennungsgebiet  |
| VO-KVR   | Verordnung zu den Internationalen Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See |
| WEA      | Windenergieanlage  |
| WindSeeG | Gesetz zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf See (Windenergie-auf-See-Gesetz)  |
| WSV      | Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes                                       |

## **Analyse des Vorbehaltsgebietes an der Schifffahrtsroute 10 in der deutschen AWZ**

### **1. Einleitung**

Die Bundesrepublik Deutschland hat sich gemäß § 1 des Gesetzes für den Ausbau erneuerbarer Energien (EEG) eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zum Ziel gesetzt, mit der u.a. fossile Energieressourcen geschont und die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien zu gefördert werden sollen. Bis zum Jahr 2030 sollen dabei mindestens 65 % und bis zum Jahr 2050 mindestens 80 % des gesamten Bruttostromverbrauches mittels erneuerbarer Energien bereitgestellt werden.<sup>1</sup>

Auf der Grundlage des Raumordnungsgesetzes (ROG) hat die Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2009 einen Raumordnungsplan (ROP 2009) für die deutsche Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) in der Nordsee erlassen, mit dem die zunehmenden Nutzungskonflikte auf dem Meer, insbesondere zwischen der sich dort entwickelnden flächenintensiven Offshore-Windenergienutzung und dem Meeresumweltschutz sowie den herkömmlichen Nutzungen wie der Schifffahrt und der Fischerei koordinierten Lösungen zugeführt werden sollen. Zu diesem Zweck werden Leitlinien zur räumlichen Entwicklung formuliert und Ziele und Grundsätze, insbesondere Gebiete, für einzelne Funktionen und Nutzungen festgelegt.

Somit enthält der ROP 2009 koordinierte Festlegungen für Schifffahrt, Rohstoffgewinnung, Rohrleitungen und Seekabel, wissenschaftliche Meeresforschung, Windenergiegewinnung, Fischerei und Marikultur sowie den Schutz der Meeresumwelt. Die Gebietsfestlegungen für die Offshore-Windenergie dienen dabei der Umsetzung der „Strategie der Bundesregierung zur Windenergienutzung auf See“ von 2002 im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie, um die Rahmenbedingungen für die Erschließung des Potenzials der Offshore-Windenergie zu schaffen.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Quelle: § 1 EEG.

<sup>2</sup> Quelle: ROP 2009, Kapitel 1..

16.12.2020

In dem ROP 2009 werden u.a. Vorbehaltsgebiete (blau schraffierte Markierungen) und Vorranggebiete (dunkelblaue Markierungen) für die Schifffahrt festgelegt.



Abbildung 1: Nummerierung der Festlegungsbereiche für die Schifffahrt in der Nordsee<sup>3</sup>

Der Begriff *Vorbehaltsgebiet für Schifffahrt* wird dabei wie folgt definiert:

In den in der Karte dargestellten festgelegten Vorbehaltsgebieten für Schifffahrt wird der Schifffahrt ein besonderes Gewicht beigemessen. Dies ist bei der Abwägung mit anderen raumbedeutsamen Planungen, Maßnahmen und Vorhaben entsprechend zu Gunsten der Schifffahrt einzustellen.

Weiterhin wird der Begriff *Vorranggebiet Schifffahrt* wie folgt definiert:

In den in der Karte dargestellten festgelegten Vorranggebieten für Schifffahrt wird der Schifffahrt Vorrang vor anderen raumbedeutsamen Nutzungen eingeräumt. Soweit raumbedeutsame Planungen, Maßnahmen und Vorhaben in diesen Gebieten mit der Funktion des Vorranggebietes Schifffahrt nicht vereinbar sind, sind diese ausgeschlossen.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Quelle: ROP 2009, Kapitel 3.1.2.

<sup>4</sup> Quelle: ROP 2009, Kapitel 3.1.1.



16.12.2020

Der darauf aufbauende und vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) erarbeitete Flächenentwicklungsplan 2019 für die deutsche Nord- und Ostsee (FEP 2019) weist u.a. für die Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) grundsätzlich geeignete Flächen aus.

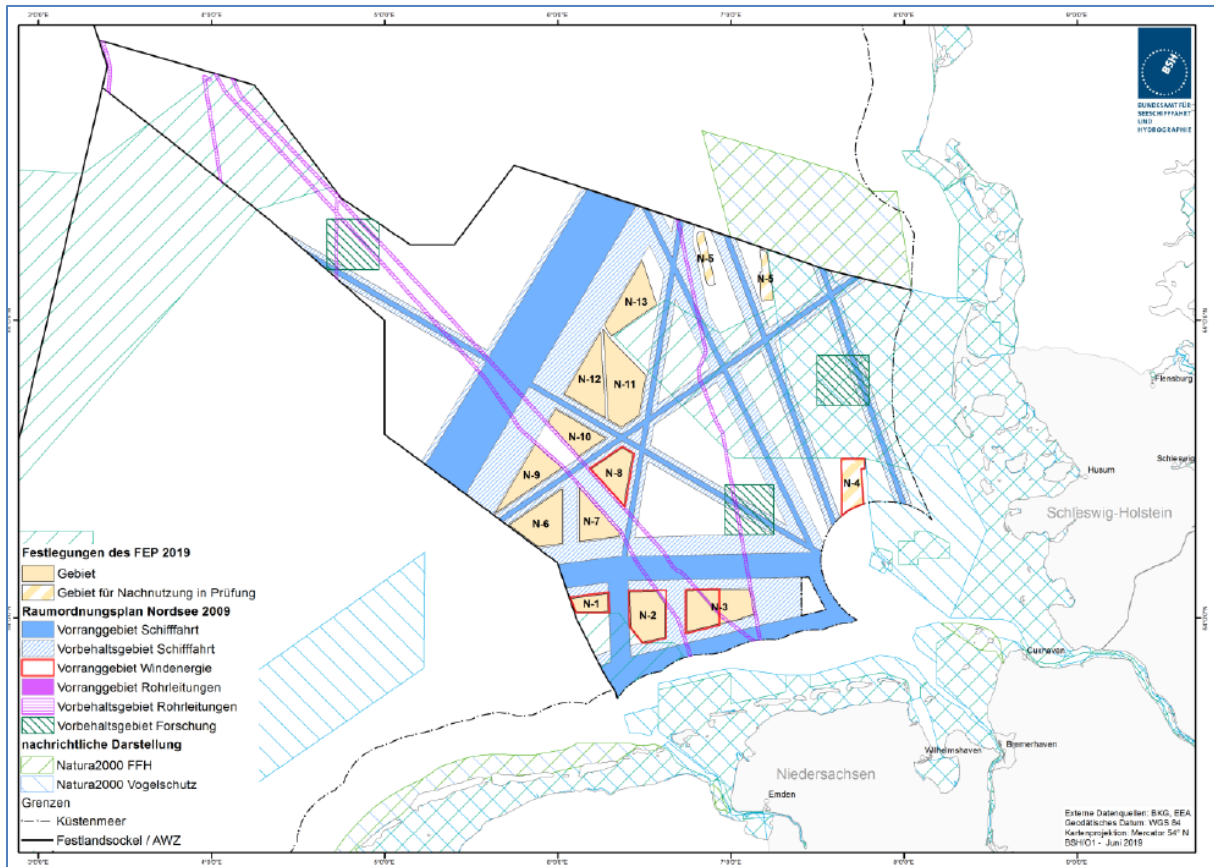


Abbildung 2: Festlegung von Gebieten und Raumordnungsplan für die AWZ in der Nordsee<sup>5</sup>

„Die informatorischen Darstellungen im Anhang zum FEP 2019 haben verdeutlicht, dass zur Erreichung eines Ausbauziels von 20 GW bis zum Jahr 2030 die Entwicklung der Offshore Windenergie in den Gebieten N-9, N-10 und N-12 und demnach in Zone 3 erforderlich ist. Gleichzeitig zeigen aktuelle Auswertungen zum tatsächlichen Schiffsverkehr, die im Rahmen des Projekts NorthSEE erstellt wurden, in der unmittelbar nordwestlich an die betreffenden Gebiete anschließenden Schifffahrtsroute 10 die Möglichkeit einer maßvollen Erweiterung der Gebiete für Offshore Windenergie in nordwestlicher Richtung auf. Eine solche Erweiterung bietet demnach das Potential, die Gebiete in Zone 3 zu vergrößern und damit weitere küstennähere Gebiete zu erschließen, bevor Gebiete jenseits der Schifffahrtsroute 10 (Zone 4 und 5) erforderlich werden. Im bestehenden Raumordnungsplan für die AWZ der Nordsee aus dem Jahr 2009 ist in den für die Erweiterung

<sup>5</sup> Quelle: FEP 2019, Kapitel 5..

relevanten Bereichen jedoch ein Vorbehaltsgebiet Schifffahrt festgelegt. Aus diesem Grund ist für eine Erweiterung der Gebiete eine umfassende Risikoanalyse unter Berücksichtigung aktueller Verkehrsdaten angezeigt.“<sup>6</sup>

- ➔ **Mit dem hier vorgelegten Untersuchungsbericht soll (ausschließlich!) aus nautischer Sicht eine Möglichkeit eruiert und bewertet werden, gegebenenfalls einen Teil des vorgenannten Vorbehaltsgebietes Schifffahrt zugunsten der Bebauung mit OWEA umzuwidmen.**

---

<sup>6</sup> Quelle: BSH: Leistungsbeschreibung für die Erstellung von Fachgutachten zur verkehrlich-schifffahrtspolizeilichen Risikoanalyse der im Rahmen der Fortschreibung des Flächenentwicklungsplans der deutschen AWZ der Nordsee festzulegenden Gebiete vom 18.05.2020 (Aktenzeichen: 0800Z12-1114/002/875), Abschnitt 2..

## 2. Das Untersuchungsgebiet

Die nachfolgende Abbildung zeigt das für die hier in Rede stehende Untersuchung maßgebliche Gebiet.

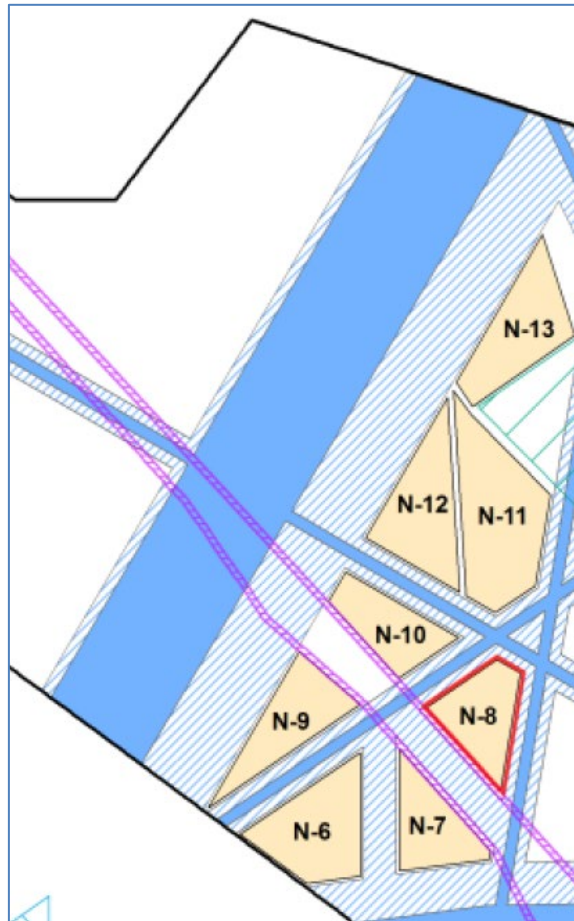


Abbildung 3: Untersuchungsgebiet<sup>7</sup>

Die Lage der für diese Untersuchung relevanten Flächen lässt sich wie folgt beschreiben:

- Die **Fläche N-9** wird durch die Schifffahrtrouten 6 und 10 sowie das Vorbehaltsgebiet für Rohrleitungen („Norpipe“) begrenzt.
- Die **Fläche N-10** liegt zwischen den Schifffahrtrouten 4, 6 und 10 sowie dem Vorbehaltsgebiet Rohrleitung („Europipe 1“).
- Die **Fläche N-12** wird durch die Schifffahrtrouten 4 und 10 und das grenzüberschreitende Seekabelsystem „NorNed“ begrenzt.
- Die **Fläche N-13** wird durch die Schifffahrtroute 10 und das Naturschutzgebiet „Sylter Außenriff – Östliche Deutsche Bucht“ begrenzt.

<sup>7</sup> Quelle: FEP 2019, Kapitel 5.1.

16.12.2020

---

Auf den vorgenannten Flächen gelten gemäß FEP 2019 für die Errichtung von OWEA und deren Netzanbindungen zur Vermeidung von Beeinträchtigungen der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs folgende Planungsgrundsätze:

- zeitliche Gesamtkoordinierung der Errichtungs- und Verlegearbeiten,
- Rückbau von OWEA, Seekabeln und Rohrleitungen,
- Bündelung von Seekabelsystemen im Sinne einer Parallelführung,
- Kreuzung der Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Schifffahrt auf kürzestem Weg,
- Berücksichtigung von behördlichen Standards, Vorgaben bzw. Konzepten,
- rechtwinklige Kreuzung der Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Schifffahrt,
- Erreichbarkeit von Plattformen mit Schiffen,
- schonendes Verlegeverfahren,
- Überdeckung.<sup>8</sup>

Das mit dem ROP 2009 festgelegte Vorbehaltsgebiet im östlichen Teil der Schifffahrtsroute 10 weist eine Breite von 6,5 sm auf.<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> Quelle: FEP 2019, Kapitel 7.2.

<sup>9</sup> Quelle: ROP 2009, Kapitel 3.1.2.

16.12.2020

### 3. Der Verkehrsraum im Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet wird hauptsächlich auf der Schifffahrtsroute 10 vom Durchgangsverkehr zwischen Großbritannien, den Niederlanden und Dänemark befahren.

In der niederländischen AWZ ist ein System der Schiffswegeföhrung eingerichtet, mit dem der aus dem Englischen Kanal kommende und für diesen bestimmte Schiffsverkehr auf den Tiefwasserrouten der Verkehrstrennungsgebiete (VTG) „Off Friesland“ und „West Friesland“ in die Nordsee gerichtet wird. Die International Maritime Organization (IMO) begründete deren Festlegung mit dem Erfordernis einer Route einerseits für Fahrzeuge mit großem Tiefgang und andererseits für beladene Tankschiffe, die aus Umweltschutzgründen möglichst küstenfern geföhrt werden sollen.

Etwas weiter im Osten befindet sich das Verkehrstrennungsgebiet „Off Vlieland“, mit dem der Zubringerverkehr von und zu den belgischen und niederländischen Häfen, z.B. Antwerpen, Rotterdam, Amsterdam, geföhrt wird.

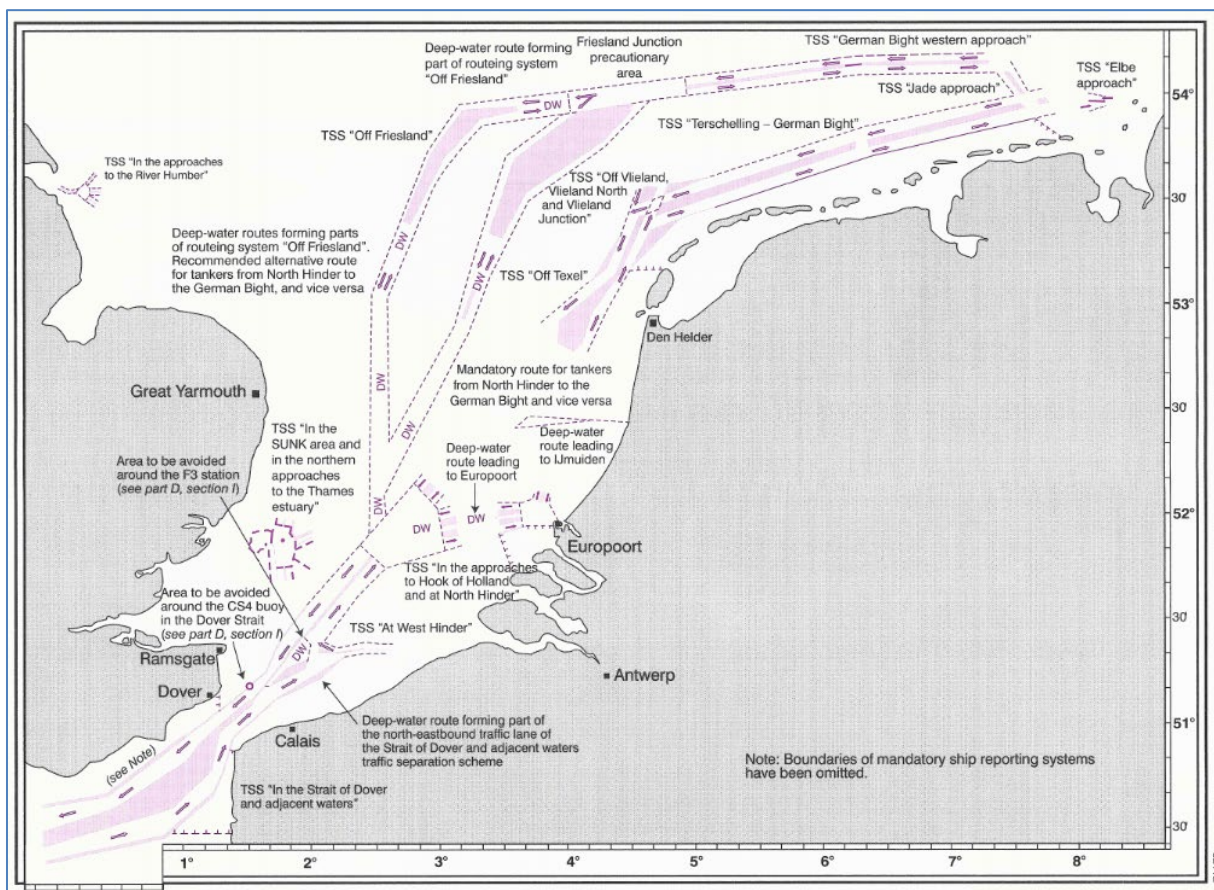


Abbildung 4: Systeme der Schiffswegeföhrung in der südlichen Nordsee<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Quelle: IMO – Ships' Routing Guide.

16.12.2020

Im dänischen Küstenmeer laufen diese beiden Routen zusammen und werden mit dem VTG „Skagen West“ in die Ostsee hinein- bzw. über dieses VTG aus der Ostsee herausgeführt.

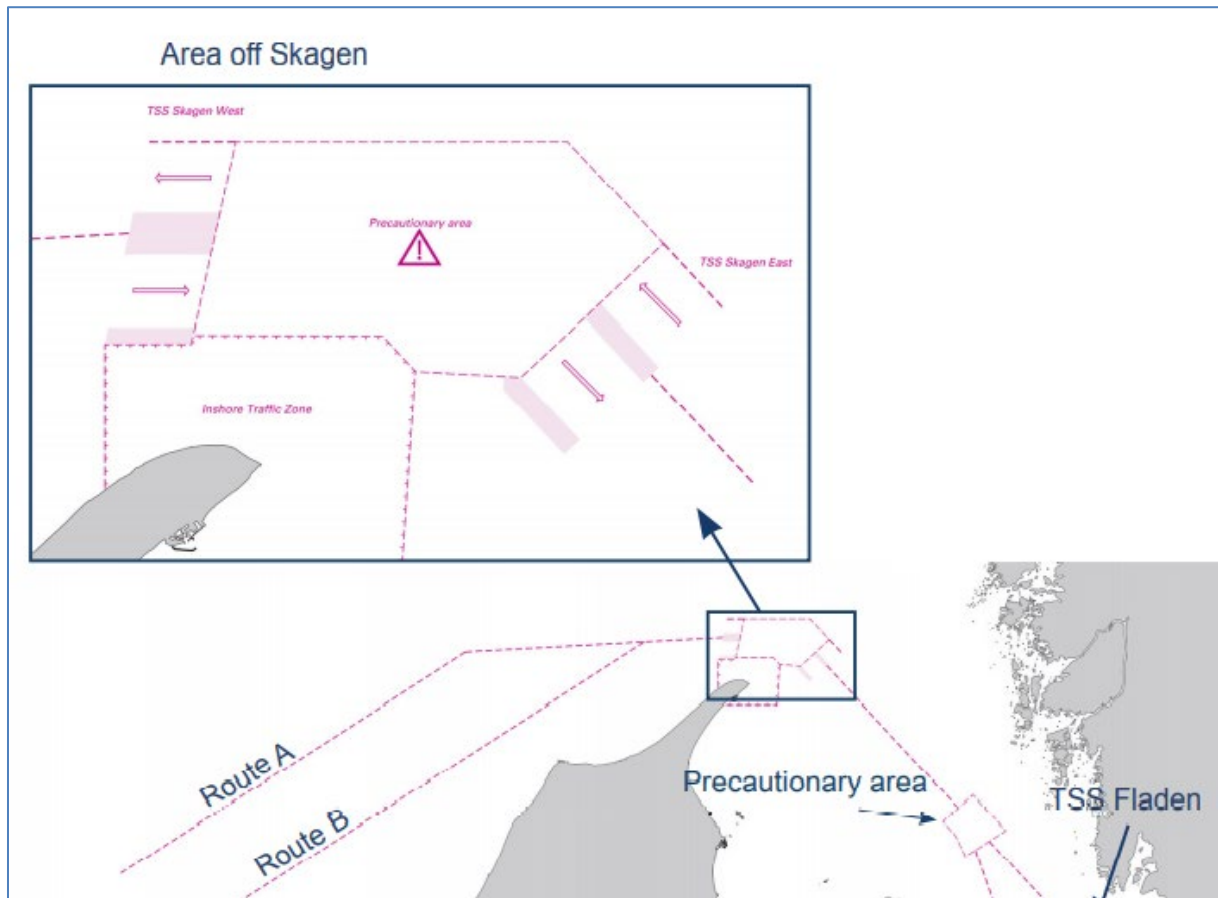


Abbildung 5: System der Schiffswegeführung im Bereich von Skagen<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Quelle: <https://www.dma.dk/Documents/Publikationer/NewShippingRoutes.pdf>.

16.12.2020

Der nordwärts aus und der südwärts zu den o.g. Verkehrstrennungsgebieten fahrende Schiffsverkehr durchläuft die deutsche AWZ auf zwei in Richtung Dänemark langsam konvergierenden Routen.

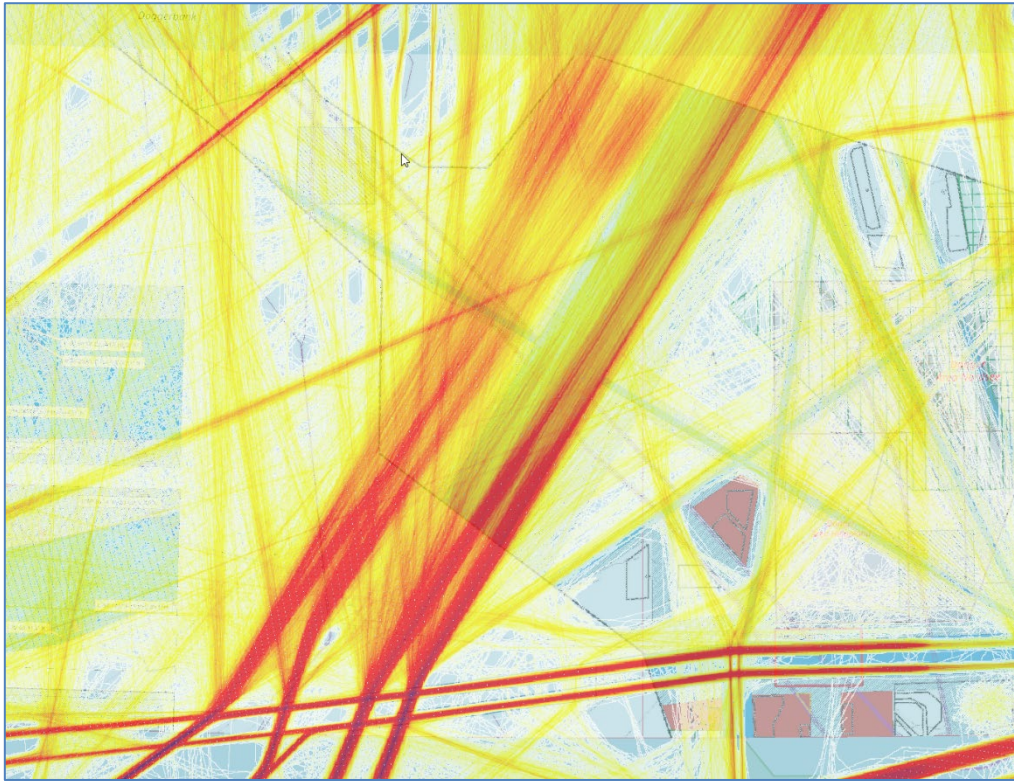


Abbildung 6: Fahrsपुरaufzeichnung im Untersuchungsgebiet<sup>12</sup>

Die Schifffahrtsroute 6 wird vom Durchgangsverkehr von der südlichen Nordsee zur Westküste Dänemarks und umgekehrt genutzt, der damit die Schifffahrtsroute 10 im Bereich niederländischen AWZ quert.

Die Schifffahrtsroute 4 wird vom Durchgangsverkehr von der Inneren Deutschen Bucht nach Schottland genutzt, der damit die Schifffahrtsroute 10 quert.

---

<sup>12</sup> Quelle: DNV-GL.

16.12.2020

#### 4. Statistik des Schiffsverkehrs im Untersuchungsgebiet

Für das Jahr 2019 hat DNV-GL eine Verkehrsstatistik erhoben, zu deren Zweck im Untersuchungsgebiet sogenannte virtuelle AIS-Gates installiert wurden.

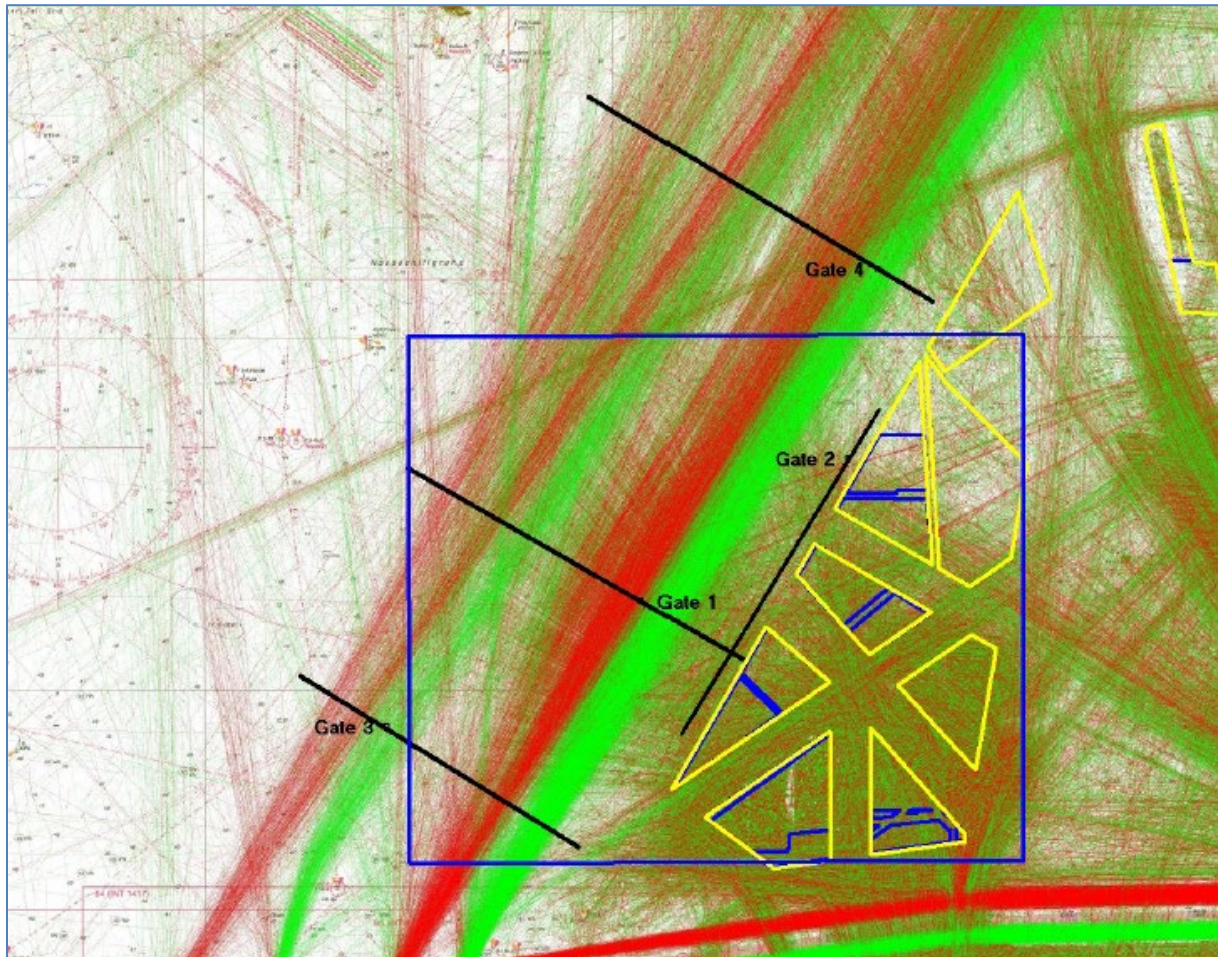


Abbildung 7: Erhebung der Verkehrsstatistik durch eingerichtete AIS-Gates<sup>13</sup>

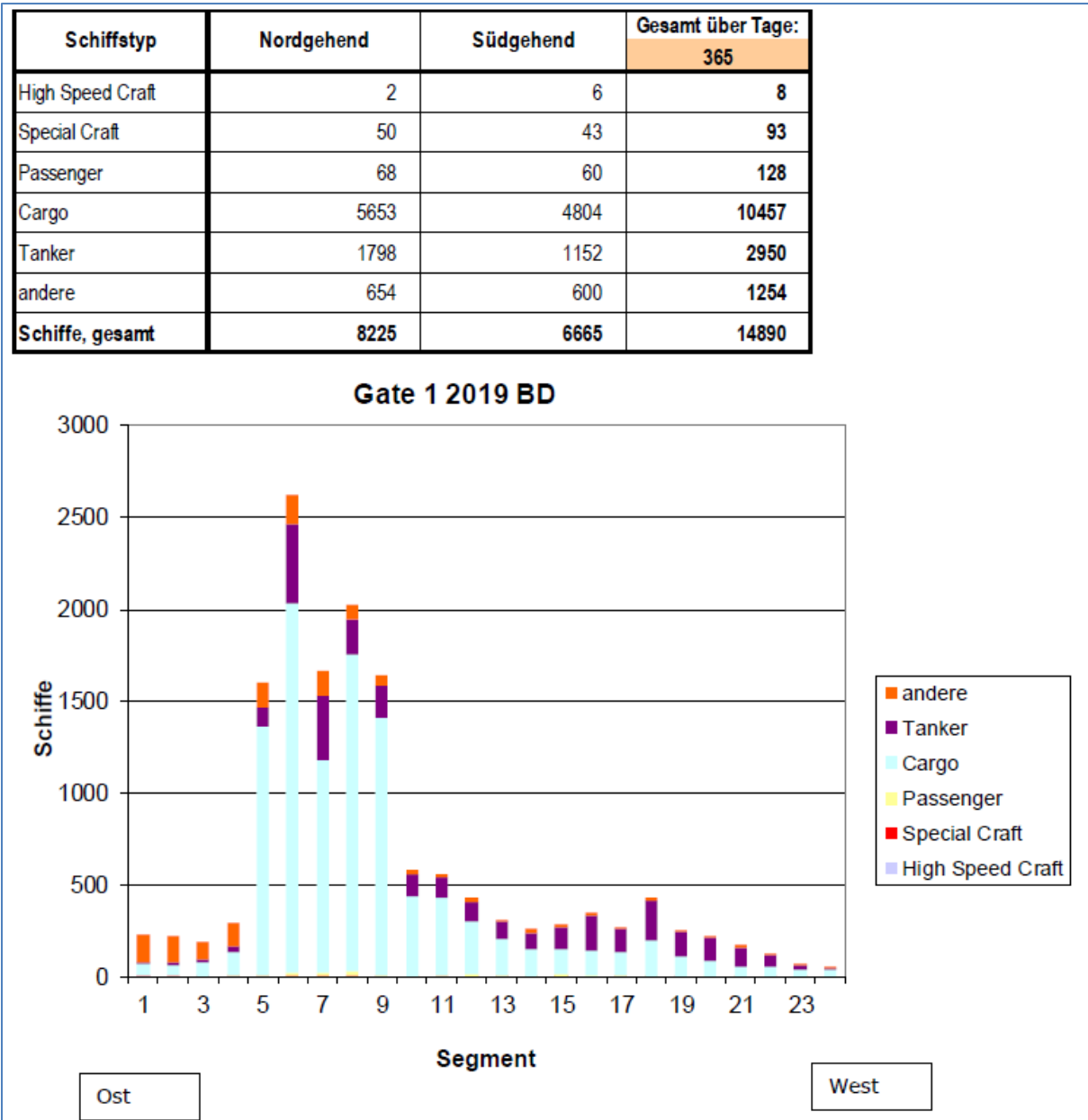
Der diese Gates passierende Schiffsverkehr wurde erfasst und nach Schiffstyp und Fahrtrichtung differenziert ausgewertet. Dabei wurde festgestellt, dass die Verkehrszahlen der Gates 1, 3 und 4 jeweils nahezu identisch sind, handelt es sich doch um den Durchgangsverkehr zwischen dem Englischen Kanal und Skagen.

<sup>13</sup> Quelle: DNV-GL.



16.12.2020

Insofern stellt die Verkehrsstatistik am **Gate 1** die für die hier in Rede stehende Untersuchung maßgeblichen Verkehrszahlen bereit. Die Gesamtbreite dieses Gates beträgt 32,8 sm, das wiederum in 24 Segmente mit einer jeweiligen Breite von ca. 1,37 sm (= 2,53 km) unterteilt wurde.

Abbildung 8: Verkehrsstatistik für 2019 am Gate 1<sup>14</sup><sup>14</sup> Quelle: DNV-GL.

16.12.2020

Der die Schifffahrtsroute 10 auf den Schifffahrtsrouten 4 und 6 querende Schiffsverkehr wurde mit dem o.g. **Gate 2** erfasst. Die Gesamtbreite dieses Gates beträgt 32,5 sm, das ebenfalls in 24 Segmente mit einer jeweiligen Breite von ca. 1,35 sm (= 2,51 km) unterteilt wurde.

| Schiffstyp             | Nordgehend  | Südgehend   | Gesamt über Tage: |
|------------------------|-------------|-------------|-------------------|
|                        |             |             | 365               |
| High Speed Craft       | 2           | 4           | 6                 |
| Special Craft          | 75          | 85          | 160               |
| Passenger              | 18          | 25          | 43                |
| Cargo                  | 369         | 437         | 806               |
| Tanker                 | 178         | 173         | 351               |
| andere                 | 631         | 713         | 1344              |
| <b>Schiffe, gesamt</b> | <b>1273</b> | <b>1437</b> | <b>2710</b>       |

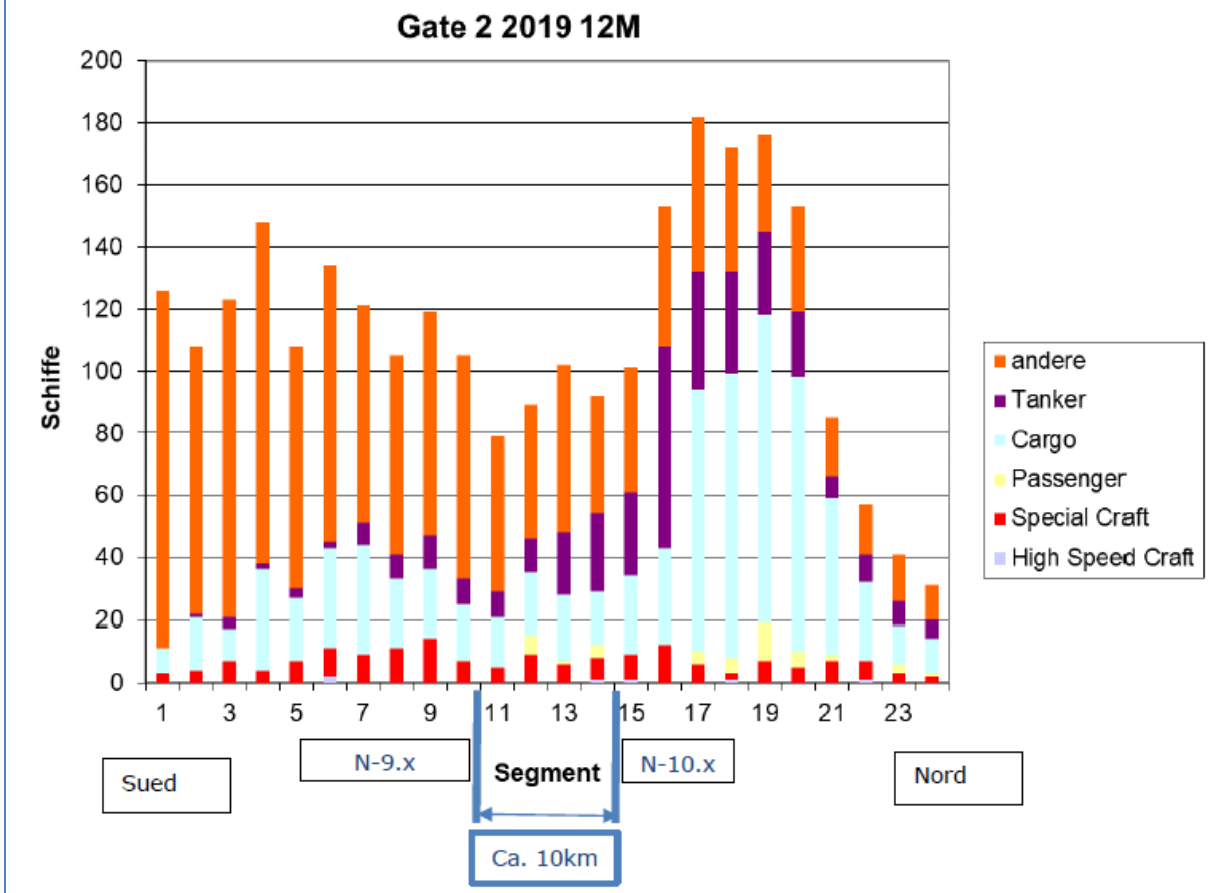


Abbildung 9: Verkehrsstatistik für 2019 am Gate 2<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Quelle: DNV-GL.

## 5. Analyse der Verkehrsstatistik

Mit der im voranstehenden Abschnitt dargestellten Verkehrsstatistik lässt sich der im Untersuchungsgebiet laufende Schiffsverkehr wie folgt analysieren:

- Die Schifffahrtsroute 10 wird pro Jahr insgesamt von 14.890 Fahrzeugen befahren, wovon 8.225 Fahrzeuge nordgehend und 6.665 Fahrzeuge südgehend sind.
  - ➔ Dies entspricht einer durchschnittlichen Anzahl von insgesamt ca. 41 Fahrzeugen pro Tag, wovon ca. 23 Fahrzeuge nordgehend und ca. 18 Fahrzeuge südgehend sind.
- Die größte Verkehrsdichte ist in den Segmenten 5 bis 9 des Gates 1 mit einer durchschnittlichen Anzahl von ca. 2.000 Fahrzeugen (nord- und südgehend) zu verzeichnen.
  - ➔ Dies entspricht demjenigen Schiffsverkehr in der oben dargestellten Fahrspuraufzeichnung, der vom VTG „Off Vlieland“ nach Querung des VTG „East Friesland“ hier auf einer Breite von ca. 5,5 sm auf die dänische Nordküste konvergierend zuläuft und umgekehrt divergierend abläuft.
  - ➔ Die Segmente 5 bis 9 des Gates 1 entsprechen dabei dem Vorranggebiet der Schifffahrtsroute 10 des ROP 2009.
- In den weiter westlich gelegenen Segmenten des Gates 1 läuft der Schiffsverkehr von den Tiefwasserwegen aus dem englischen Kanal kommend hauptsächlich in Richtung Dänemark und zu einem sehr geringen Teil in Richtung Norwegen.
  - ➔ Dies entspricht in der obigen Fahrspuraufzeichnung demjenigen Schiffsverkehr, der von den Verkehrstrennungsgebieten „Off Friesland“ und „West Friesland“ nordwärts in Richtung der dänischen Nordküste konvergierend zu dem weiter östlich zu verzeichnenden Schiffsverkehr zuläuft und umgekehrt divergierend in Richtung der vorgenannten Verkehrstrennungsgebiete abläuft.
  - ➔ Auch diese Segmente des Gates 1 werden von dem Vorranggebiet der Schifffahrtsroute 10 gemäß ROP 2009 abgedeckt.
- In den Segmenten 1 bis 4 des Gates 1 weist die Verkehrsstatistik durchschnittlich jeweils etwa 200 Fahrzeuge pro Jahr aus.
  - ➔ Das bedeutet, dass in diesem ca. 5,5 sm breiten Streifen durchschnittlich etwa 800 Fahrzeuge pro Jahr nord- bzw. südgehend verkehren.
  - ➔ Dies entspricht hier einem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen von etwas mehr als zwei Fahrzeugen pro Tag.
  - ➔ Dabei handelt es sich laut der Verkehrsstatistik von DNV-GL lediglich bei der knappen Hälfte um kommerzielle Handelsschiffe, während der etwas größere Teil

16.12.2020

---

auf andere Schiffstypen, z.B. Fischereifahrzeuge, Fahrzeuge der Sport- und Freizeitschifffahrt, entfällt.

→ Die Segmente 1 bis 4 des Gates 1 entsprechen dabei dem Vorbehaltsgebiet der Schifffahrtsroute 10 gemäß ROP 2009.

- Der die Schifffahrtsroute 10 (über das Gate 2) querende Verkehr aus der Inneren Deutschen Bucht in Richtung Schottland und umgekehrt beläuft sich insgesamt auf durchschnittlich 2.710 Fahrzeuge pro Jahr.

→ Dies entspricht einer durchschnittlichen Frequenz von 7,5 Fahrzeugen pro Tag.

→ Dieser Verkehr verteilt sich im status quo relativ homogen auf eine Breite von insgesamt 32,5 sm, wobei sich die Spitzen in den Segmenten 16 bis 20 des Gates 2 durch den Verkehr auf der Schifffahrtsroute 4 erklären.

## 6. Derzeitige Planung in der deutschen AWZ

Gemäß FEP 2019 sind derzeit entlang der Schifffahrtsroute 10 vier Flächen für eine zukünftige Bebauung mit OWEA vorgesehen. Dafür wurde ein gestaffelter Zeitplan entwickelt, wonach zunächst auf der Fläche N-9 und anschließend auf den weiter nordnordöstlich gelegenen Flächen N-10, N-12 und N-13 mit der Entwicklung der Offshore Windenergie begonnen werden soll, um u.a. damit das Ausbauziel von 20 GW bis zum Jahr 2030 erreichen zu können.

Bevor dann im weiteren Verlauf dann weitere küstenfernere Gebiete erschlossen werden, sollte aus Gründen der Kosteneffizienz zunächst eine möglichst küstennahe Entwicklung geprüft werden. Die im Rahmen des Projektes NorthSEE erstellten Auswertungen des tatsächlichen Schiffsverkehrs entlang der Schifffahrtsroute 10 zeigen die Möglichkeit einer maßvollen Erweiterung der o.g. Flächen in nordwestlicher Richtung für Offshore Windenergie auf.<sup>16</sup>

- ➔ **Diese Möglichkeit soll nun aus nautischer Sicht analysiert werden, ob eine Erweiterung der Flächen N-9, N-10, N-12 und N-13 in nordwestlicher Richtung grundsätzlich möglich wäre.**
- ➔ **Bejahendenfalls sollen die Auswirkungen einer solchen Erweiterung auf die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs untersucht, bewertet und ein entsprechender Vorschlag unterbreitet werden.**

---

<sup>16</sup> Quelle: BSH: Leistungsbeschreibung für die Erstellung von Fachgutachten zur verkehrlich-schifffahrtspolizeilichen Risikoanalyse der im Rahmen der Fortschreibung des Flächenentwicklungsplans der deutschen AWZ der Nordsee festzulegenden Gebiete vom 18.05.2020 (Aktenzeichen: 0800Z12-1114/002/875), Abschnitt 2..

16.12.2020

## 7. Nautische Analyse

### 7.1 Grundsätzliche Manövriereigenschaften von Schiffen

Für die Beschreibung von Manövriereigenschaften von Schiffen werden grundsätzlich u.a. folgende Begriffe verwendet:

- **Tactical diameter:**

Der tactical diameter beschreibt den maximalen seitlichen Platzbedarf eines Schiffes beim Durchfahren eines Drehkreises mit maximaler Ruderlage und voller Reisegeschwindigkeit. Dieses Manöver ist ein Standardmanöver bei der Erprobung von Seeschiffen und integraler Bestandteil der an Bord verfügbaren Manövrierinformationen, z.B. Wheelhouse Poster.

- **Advance:**

Der Advance beschreibt den maximalen Platzbedarf in ursprünglicher Fahrtrichtung des Schiffes sowohl beim Durchfahren eines Drehkreises mit maximaler Ruderlage und voller Reisegeschwindigkeit als auch beim Crash-Stopp-Manöver<sup>17</sup>, bei dem unter Aufbringung der maximalen Rückwärtsleistung der Antriebsanlage das Schiff schnellstmöglich aufgestoppt werden soll. Auch dieses Manöver ist ein Standardmanöver bei der Erprobung von Seeschiffen und integraler Bestandteil der o.g. Manövrierinformationen.

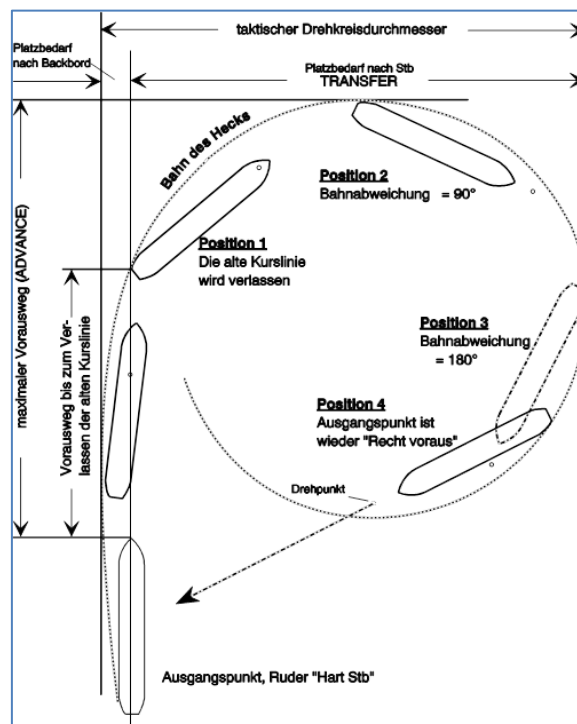


Abbildung 10: Advance und tactical diameter

<sup>17</sup> crash → amerikanische Umgangssprache: „blitzschnell ausgeführt“; crash-stopp → „Schnellstopp“

16.12.2020

Der Schiffssicherheitsausschuss der IMO (MSC) hat in seiner Resolution MSC.137(76) „Standards for Ship Manoeuvrability“ vom 04.12.2002

- Mindestanforderungen für das Manövrierverhalten von Schiffen ab 100 m Länge und von Gas- bzw. Chemikalientankern jeglicher Länge,
  - Standardmanöver für die Ermittlung der Manöverkennwerte
- sowie
- Mindestkriterien für die erfolgreiche Durchführung der Manöver

festgelegt.

- ➔ **So sollte beispielsweise der Vorausweg im Drehkreis (= Advance) einen Wert von 4,5 Schiffslängen und der taktische Durchmesser<sup>18</sup> (= tactical diameter) 5 Schiffslängen nicht überschreiten.**
- ➔ **Der Stoppweg für ein Crash-Stopp-Manöver sollte 15 Schiffslängen, in Ausnahmen für z.B. Großtanker 20 Schiffslängen, nicht überschreiten.**

Wind, Seegang und Strömung haben jeweils einen Einfluss auf die vorstehend beschriebenen Manövriereigenschaften, so dass sich die angegebenen Werte in der Praxis vergrößern, aber auch verkleinern können.

- ➔ **So wirkt sich beispielsweise ein seitlich einkommender Wind signifikant auf den tactical diameter aus, hat jedoch nur marginalen Einfluss auf den Advance.**

---

<sup>18</sup> Die IMO berücksichtigt dabei nicht den für ein Drehkreismanöver erforderlichen Platzbedarf zu der Seite, zu der nicht das Ruder gelegt wurde, sondern stellt den Platzbedarf nach der Seite, zu der das Ruder gelegt wurde, gleich mit dem taktischen Durchmesser.

## 7.2 PIANC-Empfehlungen für eine sichere Passage von Offshore-Windparks

PIANC – The World Association for Waterborne Transport Infrastructure – ist eine der ältesten weltweit tätigen technisch-wissenschaftlichen Vereinigungen des Hafen- und Wasserstraßenbaus und der Schifffahrt im See- und Binnenbereich einschließlich der Sport- und Freizeitschifffahrt.

Ziele des Verbandes sind, unter Einbeziehung umweltrelevanter, wirtschaftlicher und verkehrlicher Aspekte, die Förderung der Entwicklungen bei Entwurf, Aus- und Neubau sowie Betrieb und Unterhaltung von:

- Binnen- und Seewasserstraßen,
- Binnen- und Seehäfen,
- Küstenschutz und Meerestechnik.

In ihrem Bericht Nr. 161-2018 „INTERACTION BETWEEN OFFSHORE WIND FARMS AND MARITIME NAVIGATION“ wird von jedem Schiffsführer, der einen OWP passieren möchte, die Einhaltung der guten Seemannschaft gefordert:

**„The basic rule which should firstly be adopted by navigators around or within OffshoreWindFarm zones is: ‚Navigate with caution and avoid these OffshoreWindFarm areas as much as possible.‘<sup>19</sup>**

Darüber hinaus hat PIANC in dem o.g. Zusammenhang Untersuchungen durchgeführt, um den erforderlichen Mindestabstand zwischen einem VTG und der (nicht zu befahrenden) Sicherheitszone eines OWP definieren zu können, damit passierenden Schiffen jederzeit der erforderliche Manövrierraum zur Verfügung steht. Die Untersuchungsergebnisse fasst PIANC in einer einfachen Formel zusammen:

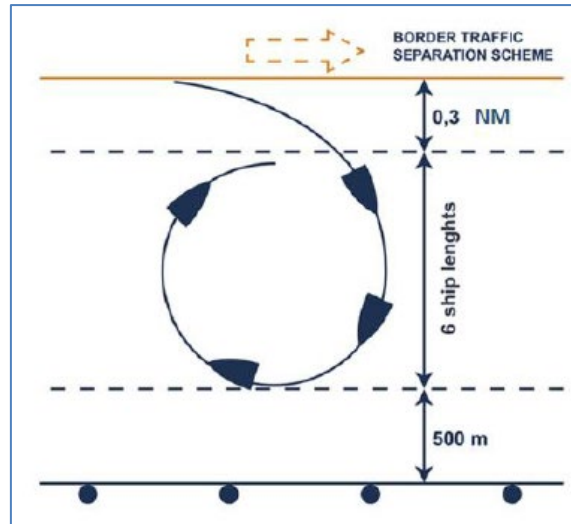
**Mindestabstand zur Sicherheitszone = sechsfache Schiffslänge plus 0,3 sm<sup>20</sup>**

---

<sup>19</sup> Quelle: PIANC: „REPORT No. 161-2018: INTERACTION BETWEEN OFFSHORE WIND FARMS AND MARITIME NAVIGATION“, Kapitel 7.2.3., Seite 46.

<sup>20</sup> Quelle: PIANC: „REPORT No. 161-2018: INTERACTION BETWEEN OFFSHORE WIND FARMS AND MARITIME NAVIGATION“, Kapitel 7.2.3., Seite 46.



Abbildung 11: Platzbedarf zwischen Verkehrstrennungsgebiet und Sicherheitszone<sup>21</sup>

Hergeleitet wird diese Formel wie folgt:

- Für den Fall, dass der Kurshalter<sup>22</sup> nicht entsprechend den Kollisionsverhütungsregeln (KVR) handelt, bleibt für den Ausweichpflichtigen nur eine Maßnahme: der Vollkreis über Steuerbord.
- Der dafür notwendige Platzbedarf errechnet sich wie folgt:
  - Normalerweise beginnt der Ausweichpflichtige sein Ausweichmanöver mit einer Kursänderung nach Steuerbord und beobachtet gleichzeitig den Kurshalter. In der dafür benötigten Zeit verlässt der Ausweichpflichtige seinen ursprünglich geplanten Kurs. **Für diese Abweichung vom ursprünglichen Kurs werden 0,3 sm kalkuliert.**
  - Falls der Kurshalter nun seiner Pflichtenlage gemäß Regel 17 a) i) KVR aus irgendeinem Grund nicht gerecht wird, wird der Ausweichpflichtige zur Vermeidung einer Nahbereichslage mit einhergehender Kollisionsgefahr einen Vollkreis über Steuerbord mit Hartruderlage einleiten.
  - Dem Umstand, dass der Schiffsführer nicht vollständig auf das Fahren eines Vollkreises vorbereitet ist, Rechnung tragend, hält PIANC die **Berücksichtigung einer weiteren Schiffslänge als Sicherheitsmarge** für angemessen.

➔ **Somit wird letztlich ein Platzbedarf von sechs Schiffslängen plus 0,3 sm kalkuliert, mit dem ein Einlaufen in die Sicherheitszone unter allen Umständen vermieden werden soll.**

<sup>21</sup> Quelle: PIANC: „REPORT No. 161-2018: INTERACTION BETWEEN OFFSHORE WIND FARMS AND MARITIME NAVIGATION“, Kapitel 4.2.1., Seite 23.

<sup>22</sup> Quelle: Regel 17 a) i) KVR.

16.12.2020

### 7.3 Nautische Bewertung und Empfehlung

Wie bereits beschrieben wird die Schifffahrtsroute 10 hauptsächlich vom Transitverkehr zwischen dem Englischen Kanal und der Einfahrt in die Ostsee bei Skagen genutzt.

Für die nautische Bewertung eines sicheren Abstandes zwischen dieser Schifffahrtsroute und der nordwestlichen Grenze einer denkbaren Erweiterung der Flächen N-9, N-10, N-12 und N-13 ist zunächst das sogenannte Bemessungsschiff auf dieser Route zu definieren.

→ Um die o.g. PIANC-Empfehlungen anwenden zu können, ist somit dasjenige Schiff auf der Schifffahrtsroute 10 zu finden, das die größte Länge besitzt.

Dabei handelt es sich derzeit um Schiffe in der Größenordnung der sogenannten Triple-E-Klasse der Reederei Maersk aus Dänemark, die eine Länge von 399,00 m aufweisen. Diese Schiffe laufen regelmäßig Häfen in der Ostsee, z.B. Göteborg (SWE), Gdynia (PL), an und befahren auf ihrem Weg dorthin bzw. von dort weg die Schifffahrtsroute 10.



Abbildung 12: MS „Madrid Maersk“<sup>23</sup>

Ab 2026 werden sogar noch größere Containerschiffe, die dann vsl. bis zu 30.000 Standardcontainer (= TEU) transportieren können, mit einer Länge von ca. 430,00 m auf den Weltmeeren erwartet.<sup>24</sup>

<sup>23</sup> Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Triple-E-Klasse#/>.

<sup>24</sup> Quelle: [https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiO9Kvw3I7tAhXOjgQKHQaaCKAQFjABegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.mdpi.com%2F2077-1312%2F7%2F5%2F131%2Fpdf&usq=AOvVaw03pHSla\\_-Vb9q9LbX-TuAe.](https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiO9Kvw3I7tAhXOjgQKHQaaCKAQFjABegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.mdpi.com%2F2077-1312%2F7%2F5%2F131%2Fpdf&usq=AOvVaw03pHSla_-Vb9q9LbX-TuAe.)

16.12.2020

Unter Berücksichtigung der o.g. PIANC-Empfehlungen errechnet sich somit der erforderliche Abstand zwischen der äußeren Begrenzung eines Verkehrstrennungsgebietes und der Sicherheitszone eines Windparks wie folgt:

$$\begin{aligned}
 \text{Mindestabstand zur Sicherheitszone} &= \text{sechsfache Schiffslänge plus 0,3 sm} \\
 &= 6 \text{ mal } 399,00 \text{ m plus } 555,60 \text{ m} \\
 &= 2.394,00 \text{ m plus } 555,60 \text{ m} \\
 &= 2.949,60 \text{ m (= 1,59 sm)}
 \end{aligned}$$

Dieser Wert von 1,59 sm kann jedoch so nicht direkt auf den hier in Rede stehenden Untersuchungsgegenstand übertragen werden. Die PIANC-Empfehlung bezieht sich schließlich auf einen passierenden Verkehr, der mittels eines Verkehrstrennungsgebietes gerichtet an einem OWP vorbeigeführt wird. Bei dem Schiffsverkehr im Untersuchungsgebiet handelt es sich nicht um einen (durch ein System der Schiffswegeföhrung<sup>25</sup> gerichteten, sondern – wie oben beschrieben – vielmehr um sowohl divergierenden als auch konvergierenden Verkehr, der zusätzlich von weiteren Schifffahrtsrouten gequert wird.

Insofern kann die o.g. PIANC-Empfehlung für die hier in Rede stehende Untersuchung nicht direkt verwendet werden, sondern muss um eine zusätzliche Sicherheitsmarge ergänzt werden. Die Unterzeichner erachten einen zusätzlichen Wert in Höhe von einem Drittel des oben ermittelten Abstands (= Faktor 0,33) für erforderlich, um der beschriebenen sowohl Divergenz als auch Konvergenz des Schiffsverkehrs in direkter Nähe zu den geplanten OWP hinreichend Rechnung tragen zu können.

$$\begin{aligned}
 \text{Mindestabstand nach PIANC plus } 1/3 &= 1,59 \text{ sm plus } 1/3 \text{ mal } 1,59 \text{ sm} \\
 &= 1,59 \text{ sm plus } 0,52 \text{ sm} \\
 \text{Mindestabstand} &= 2,11 \text{ sm}
 \end{aligned}$$

➔ **Vorbehaltlich der nachfolgenden Prüfungen kann somit ein Abstand von ca. zwei Seemeilen zwischen der Sicherheitszone und der Schifffahrtsroute 10 grundsätzlich als nautisch vertretbar angesehen werden.**

<sup>25</sup> Quelle: SOLAS Kapitel V Regel 10.

16.12.2020

#### 7.4 Differenziertere Verkehrsanalyse im Untersuchungsgebiet

Um die Auswirkungen auf die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs, die mit einer solchen Erweiterung der Flächen einhergehen, beurteilen zu können, ist eine weitergehende Verkehrsanalyse im Untersuchungsgebiet unerlässlich.

Gleicht man das im ROP 2009 festgelegte Vorbehaltsgebiet im östlichen Teil der Schifffahrtsroute 10 mit der o.g. Verkehrsstatistik von DNV-GL ab, so ist eine Übereinstimmung dieses Bereiches mit den Segmenten 1 bis 4 des Gates 1 erkennbar.

Für eine etwas differenziertere Analyse hat DNV-GL nordwestlich der Fläche N-9.1 über das Vorbehaltsgebiet ein weiteres virtuelles AIS-Gate installiert und die Verteilung der dortigen Verkehre im status quo erfasst.



Abbildung 13: Differenzierte Verkehrsstatistik im Vorbehaltsgebiet<sup>26</sup>

<sup>26</sup> Quelle: DNV-GL.

16.12.2020

Auch hier wurde das Gate wieder in einzelne Segmente unterteilt, die eine jeweilige Breite von 0,5 sm aufweisen. Für diese Segmente wurden jeweils die nord- und die südgehenden Verkehrszahlen erfasst und in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

| Fahrzeuge pro Jahr | Fahrzeuge pro Tag | Abstand des Segmentes von der Fläche N-9.1 |           |
|--------------------|-------------------|--|-----------|
|                    |                   | Meter                                      | Seemeilen |
| 3.159              | 8,7               | 12.964                                     | 7,0       |
| 2.111              | 5,8               | 12.038                                     | 6,5       |
| 1.515              | 4,2               | 11.112                                     | 6,0       |
| 1.195              | 3,3               | 10.186                                     | 5,5       |
| 1.013              | 2,8               | 9.260                                      | 5,0       |
| 885                | 2,4               | 8.334                                      | 4,5       |
| 778                | 2,1               | 7.408                                      | 4,0       |
| 675                | 1,8               | 6.482                                      | 3,5       |
| 577                | 1,6               | 5.556                                      | 3,0       |
| 496                | 1,4               | 4.630                                      | 2,5       |
| 416                | 1,1               | 3.704                                      | 2,0       |
| 321                | 0,9               | 2.778                                      | 1,5       |
| 221                | 0,6               | 1.852                                      | 1,0       |
| 112                | 0,3               | 926  | 0,5       |

Abbildung 14: Analyse des Verkehrs im Vorbehaltsgebiet<sup>27</sup>

Geht man von einer Breite des jetzigen Vorbehaltsgebietes von 6,5 sm aus<sup>28</sup>, und zieht davon die im vorangegangenen Abschnitt ermittelten 2,1 sm sowie die einzurichtende Sicherheitszone von 500 m<sup>29</sup> ( $\approx$  0,3 sm) ab, so ergibt sich eine aus nautischer Sicht vertretbare nordwestliche Erweiterung der Flächen im Untersuchungsgebiet von ca. 4 sm.

- ➔ **Ausweislich der o.g. Verkehrsanalyse im Vorbehaltsgebiet bedeutete dies im Bereich der Fläche N-9 eine Verdrängung von durchschnittlich 778 Fahrzeugen pro Jahr bzw. 2,1 Fahrzeugen pro Tag in nordwestlicher Richtung.**
- ➔ **Überträgt man diese Zahlen auf die anderen Flächen im Untersuchungsgebiet, so ginge auch dort eine nordwestliche Erweiterung der Flächen um einen Betrag von ca. 4 sm zugunsten der Windenergie auf See mit einer Verdrängung in ebendieser Richtung von durchschnittlich zwei Fahrzeugen pro Tag einher.**

<sup>27</sup> Quelle: DNV-GL.

<sup>28</sup> Quelle: ROP 2009, Kapitel 3.1.2.

<sup>29</sup> Quelle: § 7 Abs. 1 VO-KVR.

- Zwischen dieser neuen nordwestlichen Grenze der Flächen und dem Beginn des Vorranggebietes für die Schifffahrt verblieben noch knapp 2,5 sm Raum, der einerseits sowohl für die Einrichtung einer Sicherheitszone als auch für die Aufnahme des verdrängten Schiffsverkehrs und andererseits für ggf. notwendige Ausweichmanöver sowohl für den als auch gegenüber dem querenden Schiffsverkehr auf den Schifffahrtsrouten 4 und 6 nutzbar wären.

## 7.5 Auswirkungen auf die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs

NAUTITEC hat für DNV-GL im Jahr 2019 im Rahmen der Flächenvoruntersuchung eine qualitative Analyse hinsichtlich der Auswirkungen einer Bebauung auf die Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs erstellt. Diese Analyse beinhaltete auch eine Darstellung und flächenbezogene Bewertung von grundsätzlichen Maßnahmen, mit denen identifizierte Risiken für das vorgenannte Schutzgut gemindert werden können.<sup>30</sup>

- Die seinerzeit getroffenen Annahmen und beschriebenen Auswirkungen bezogen sich auf eine vollständige Verfügbarkeit des hier in Rede stehenden Vorbehaltsgebietes für die Schifffahrt.

Unter der Annahme, dass die Flächen N-9, N-10, N-12 und N-13 nun jeweils in dem gleichen Maße in nordwestlicher Richtung um die o.g. 4 sm erweitert würden, entstünden an der östlichen Begrenzung der Schifffahrtsroute 10 keine einzelnen stufenförmigen Barrieren, sondern eine relativ homogene Verkehrsführung in nordöstlicher bzw. südwestlicher Richtung entlang der jeweiligen Sicherheitszonen.

---

<sup>30</sup> Quelle: DNV GL SE: „Voruntersuchung zur verkehrlich-schifffahrtspolizeilichen Eignung von Flächen in der AWZ der Nord- und der Ostsee“ (Bericht Nr.: M-W-ADER 2019.137, Rev. 1.00) vom 06.12.2019.

16.12.2020

Für die Beschreibung der Auswirkungen auf die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs infolge einer Erweiterung wurden durch die Unterzeichner folgende Gefährdungsszenarien untersucht und jeweils qualitativ bewertet:

### 1. Begegnungen

Werden Begegnungsmanöver im Umkreis von 20 sm um die Fläche weiterhin uneingeschränkt möglich sein?

Ein Begegnungsmanöver zweier Fahrzeuge erfordert stets einen vom ursprünglich geplanten Kurs zusätzlichen seitlichen Manövrierraum, in der Regel nach Steuerbord (d.h. bei der Begegnung zweier Maschinenfahrzeuge untereinander<sup>31</sup>).

Sofern dieser Verkehrsraum durch Hindernisse, z.B. Windenergieanlagen, anhand definierter Kriterien eingeschränkt werden sollte, ist von einer Risikoerhöhung für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auszugehen.

→ **Hierbei wurde angenommen, dass für solche Manöver ein Platzbedarf von mindestens 1 sm je Schiff erforderlich ist.**

### 2. Überholen

Werden Überholmanöver im Umkreis von 20 sm um die Fläche weiterhin uneingeschränkt möglich sein?

Ein Überholmanöver zweier Fahrzeuge erfordert stets einen vom ursprünglich geplanten Kurs zusätzlichen seitlichen Manövrierraum, wobei die KVR hierfür keine bestimmte Seite vorschreiben, auf der das zu überholende Schiff zu passieren ist.<sup>32</sup>

Sofern dieser Verkehrsraum durch Hindernisse, z.B. Windenergieanlagen, anhand definierter Kriterien eingeschränkt werden sollte, ist von einer Risikoerhöhung für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auszugehen.

→ **Hierbei wurde angenommen, dass für solche Manöver ein Platzbedarf von mindestens 1 sm je Schiff erforderlich ist.**

---

<sup>31</sup> Quelle: Regel 14 KVR.

<sup>32</sup> Quelle: Regel 13 KVR.

### 3. Kreuzende Kurse

Steht für Kreuzende Kurse zweier Fahrzeuge genügend Verkehrsraum zur Verfügung?

Kreuzende Kurse zweier Fahrzeuge erfordert stets einen vom ursprünglich geplanten Kurs zusätzlichen seitlichen Manövrierraum, damit das jeweils andere Fahrzeug klar passiert werden kann. Für solche Manöver kommen insbesondere die Regeln 12, 15 oder 18 der KVR zur Anwendung.

Sofern dieser Verkehrsraum durch Hindernisse, z.B. Windenergieanlagen, anhand definierter Kriterien eingeschränkt werden sollte, ist von einer Risikoerhöhung für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auszugehen.

→ **Hierbei wurde angenommen, dass für solche Manöver ein Platzbedarf von mindestens 2 sm je Schiff erforderlich ist.**

### 4. Erfordernis für eine (zusätzliche) Kursänderung durch die Bebauung der Fläche

Wird der im status quo die jeweilige Fläche passierende Verkehr verdrängt, so dass dieser Schiffsverkehr gezwungen wird, eine (zusätzliche) Kursänderung durchzuführen, um das Befahren der jeweiligen Fläche (inkl. der diese umgebenden Sicherheitszone) zu vermeiden?

Sofern eine Fläche im Untersuchungsgebiet direkt in einer im status quo von der Schifffahrt regelmäßig genutzten Route liegen sollte, würde deren Nutzung in dem bis dato möglichen Maß nicht mehr möglich sein. Die Schifffahrt wäre nun gezwungen, die durch den Windpark beanspruchte Fläche zu umfahren. Grundsätzlich gehört eine solche Reaktion der Schiffsführung zwar zu deren alltäglichen Aufgaben. Es muss aber auch berücksichtigt werden, dass für die Einrichtung und Bekanntmachung einer Baustelle ein entsprechender Zeitbedarf besteht und diese Informationen u.U. erst mit einiger Verspätung den Schiffsführungen zur Kenntnis gelangen können.

→ **Insofern stellt eine solche Verdrängungs- und / oder Kanalisierungswirkung für die Schiffsführungen ein besonderes Risiko dar, welches insbesondere in der Realisierungsphase zum Tragen kommen kann.**



##### 5. Beeinträchtigung ggf. erforderlicher Ankermanöver im Notfall

Steht für notfalls erforderliche Ankermanöver genügend Verkehrsraum mit akzeptabler Wassertiefe zur Verfügung?

Im freien Seeraum wird ein Schiff in der Regel nicht ankern, um auf das Freiwerden eines Liegeplatzes o.ä. zu warten. Ein solches Manöver kann jedoch zur Abwendung einer aus dem Schiffsbetrieb selbst heraus resultierenden Störung, z.B. Maschinenschaden, erforderlich sein. Damit ein anderes Schiff diesen Ankerlieger sicher passieren kann, ist für das Vorbeifahren ein sicherer Passierabstand nötig, der das Schwojen und auch das mögliche Vertreiben des Ankerliegert berücksichtigt.

Ist dieser Verkehrsraum durch Hindernisse, z.B. Windenergieanlagen, anhand definierter Kriterien nicht mehr oder nur eingeschränkt verfügbar, ist von einer Risikoerhöhung für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auszugehen.

➔ **Hierbei wurde angenommen, dass für solche Manöver ein eigener Platzbedarf von mindestens 0,5 sm und eine maximale Wassertiefe von ca. 50 m erforderlich sind.**

##### 6. Passage manövrierunfähig treibender Schiffe

Steht für den die Fläche passierenden Verkehr, der ggf. manövrierfähigen Fahrzeugen ausweichen muss, genügend Platz zur Verfügung?

Als manövrierunfähig wird gemäß Regel 3 f) KVR ein Fahrzeug verstanden, welches "aufgrund außergewöhnlicher Umstände nicht so manövrieren kann, wie es die Regeln vorschreiben, und daher einem anderen Fahrzeug nicht ausweichen kann." Wird ein Schiff manövrierunfähig, so muss die passierende Schifffahrt diesen Umstand gebührend berücksichtigen und diesem Schiff gemäß Regel 18 a – c KVR weiträumig ausweichen. Dabei ist nicht nur das Verdriften, sondern auch unkontrollierte und damit nicht vorhersehbare Manöver des anderen Fahrzeugs einzukalkulieren, wodurch für das ausweichende Schiff ein erhöhter Platzbedarf erforderlich wird.

Ist dieser Verkehrsraum durch Hindernisse, z.B. Windenergieanlagen, anhand definierter Kriterien nicht mehr oder nur eingeschränkt verfügbar, ist von einer Risikoerhöhung für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auszugehen.

➔ **Hierbei wurde angenommen, dass für solche Manöver ein Platzbedarf von mindestens 2 sm erforderlich ist.**

## 7. Kollision Schiff – Offshore-Windenergieanlage(n)

Erhöht sich das Risiko einer Kollision zwischen einem Schiff und einer Windenergieanlage?

Grundsätzlich ist diese Frage zu bejahen, denn mit zunehmender Bebauung wird der bis dahin der Schifffahrt zur Verfügung stehende Verkehrsraum eingeschränkt und die Fläche innerhalb derer ein Schiff mit einem Hindernis kollidieren kann, vergrößert. Das bedeutet, dass dieses Risiko bei Beginn der Planungsphase demjenigen des status quo entspricht, d.h. die Risikozunahme beginnt quasi bei Null, da die in Rede stehende Fläche der Schifffahrt noch uneingeschränkt als Verkehrsraum zur Verfügung steht. Nach vollständiger Errichtung des Windparks wird die Zunahme des Kollisionsrisikos dann ihr Maximum erreicht haben.

Kollidiert ein Schiff mit einer Windenergieanlage, muss – unabhängig von der Ursache – mit Schäden nicht nur an der Windenergieanlage, sondern auch auf bzw. an dem Schiff gerechnet werden.

Stürzt bspw. die Turbine aus großer Höhe auf das Schiff, wird dies allein aufgrund der hohen Masse dieser Turbine zu schweren strukturellen Schäden am Schiff führen. Schlimmstenfalls könnte das Schiff sinken. Ein solcher Unfall birgt weiterhin die Gefahr für das Wohl an Bord befindlichen Besatzung bzw. Passagiere. Darüber hinaus muss in einem solchen Fall mit einer Schädigung der Meeresumwelt, z.B. durch Ölaustritt, gerechnet werden.

16.12.2020

Auf der Grundlage der vorstehend beschriebenen grundsätzlichen Auswirkungen auf den Schiffsverkehr bei einer Realisierung von Flächen zugunsten der Windenergie auf See führt die Analyse der untersuchten Szenarien inkl. einer qualitativen Bewertung dieser Auswirkungen für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs zu folgendem Ergebnis:

| Szenarische Betrachtung hinsichtlich der Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs infolge einer Bebauung   | status quo | ab Planungs- und Realisierungsphase | ab Betriebsphase |
|--|------------|-------------------------------------|------------------|
| Begegnungen  | N/A        | o                                   | o                |
| Überholen  | N/A        | o                                   | o                |
| Kreuzende Kurse  | N/A        | +                                   | +                |
| Erfordernis für eine (zusätzliche) Kursänderung durch die Bebauung der Fläche  | N/A        | o                                   | o                |
| Beeinträchtigung ggf. erforderlicher Ankermanöver im Notfall   | N/A        | o                                   | o                |
| Passage manövrierunfähig treibender Schiffe  | N/A        | +                                   | +                |
| Kollision Schiff – Offshore-Windenergieanlage(n)   | N/A        | +                                   | ++               |
| Legende: Der Grad der möglichen Beeinträchtigung wird in drei Stufen bewertet: <ul style="list-style-type: none"> <li>o = keine Beeinträchtigung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs infolge der Bebauung</li> <li>+</li> <li>++ = erhebliche Beeinträchtigung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs infolge der Bebauung</li> </ul> |            |                                     |                  |

Abbildung 15: Szenarische Betrachtung der Flächen entlang der Schifffahrtsroute 10

Die vorstehende Darstellung zeigt, dass mit einer nordwestlichen Erweiterung der Flächen entlang der Schifffahrtsroute 10 um ca. 4 sm – mit Ausnahme der Gefahr einer Kollision zwischen Schiff und OWEA – nicht von einer signifikanten Beeinträchtigung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auszugehen ist.

16.12.2020

Insgesamt führte eine solche Realisierung – über die oben bereits beschriebene Verdrängungswirkung hinausgehende – dort zu folgenden Auswirkungen auf den Schiffsverkehr:

- Der Abstand zwischen der Schifffahrtsroute 10 und den die Windparks umgebenden Sicherheitszonen beträgt mindestens 2 sm. Daher wird für den dort fahrenden Verkehr grundsätzlich nicht von einer Beeinträchtigung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs in Folge einer erweiterten Bebauung der Fläche im Untersuchungsgebiet ausgegangen.
- Durch die Einrichtung der Baustellen wären keine signifikanten Auswirkungen auf den umgebenden Schiffsverkehr zu erwarten, die nicht durch Bedingungen und Auflagen ausgeglichen werden könnten.
- Auszugehen wäre von einer Zunahme der für die Baustellen erforderlichen Zubringer- und Werkverkehre, die jedoch vom Südosten her die Baustelle anführen und somit den Schiffsverkehr auf der Route 10 nicht unmittelbar tangierten.
- Für die Querungen der Schifffahrtsroute 10 und die daraus resultierenden Kreuzungssituationen stünde grundsätzlich etwas weniger Manövrierraum zur Verfügung. Durch die im weiteren Verlauf aufgeführten Maßnahmen könnten die Auswirkungen auf die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs jedoch auf ein aus nautischer vertretbares Maß wiederum reduziert werden, zumal auch die Eigenverantwortung eines jeden Schiffsführers für eine sichere Fahrt nicht außer Acht gelassen werden darf. Und sofern die für die Schifffahrt nicht mehr zur Verfügung stehenden Flächen rechtzeitig und ordentlich bekanntgemacht werden, wird jeder Schiffsführer seine Reiseplanung und -durchführung auch darauf abstellen.
- Nach Abschluss der Bauarbeiten wäre von einem Rückgang des Baustellenverkehrs auszugehen. Lediglich die zum Betrieb und zur Unterhaltung des Windparks erforderlichen Fahrzeuge werden das Gebiet ansteuern.
- Infolge der Bebauung und der damit neu entstehenden Schifffahrtshindernisse wäre von einer erhöhten Kollisionswahrscheinlichkeit zwischen Schiff und Offshore-Windenergieanlagen auszugehen.

## 7.6 Empfehlungen für risikomindernde Maßnahmen

Anschließend wurden jeweils für

1. den status quo,
2. den Zeitraum ab voraussichtlichem Beginn der Planungs- und Realisierungsphase  
sowie
3. dem Zeitraum ab voraussichtlichem Beginn der Betriebsphase

diejenigen Empfehlungen für Standardmaßnahmen zugeordnet, die aus Sicht der Unterzeichner für eine Minderung des durch die Realisierung der Flächen entstehenden Risikos für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs erforderlich sein werden.

Unter dem Begriff *Planungs- und Realisierungsphase* wird dabei der Zeitraum vom Beginn der ersten Erschließungsmaßnahmen in der konkreten Fläche bis hin zur vollständigen Errichtung des OWP dort verstanden.

Unter dem Begriff *Betriebsphase* wird der Zeitraum ab dem Beginn des Wirkbetriebes des OWP verstanden.

16.12.2020

Mit der nachfolgend dargestellten Zuordnung zu den einzelnen Phasen empfohlener Maßnahmen könnten die zuvor ggf. identifizierten Risiken für die Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs verringert werden:

| Empfehlungen für Maßnahmen, mit denen identifizierte Risiken für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs gemindert werden können  | status quo | (zusätzliche) Maßnahmen<br>– bezogen auf status quo – |                  |
|---|------------|---|------------------|
|   |            | ab Planungs- und Realisierungsphase                   | ab Betriebsphase |
| Einrichtung einer Sicherheitszone   | X          | ✓   | ✓                |
| Befahrensverbot für alle Fahrzeuge  | X          | ✓   | X                |
| Befahrensregelung durch GDWS  | X          | X   | ✓                |
| kardinale Betonung der Fläche   | X          | ✓   | ✓                |
| kollisionsfreundliche Bauweise der Anlagen  | X          | ✓   | ✓                |
| behelfsmäßige Kennzeichnung der Anlagen während der Errichtungsphase  | X          | ✓   | X                |
| Kennzeichnung der Anlagen als Schifffahrtshindernis   | X          | X   | ✓                |
| Maritime Verkehrssicherung durch die WSV  | ✓          | ✓   | ✓                |
| Seeraumbeobachtung  | X          | ✓   | ✓                |
| Erfordernis für Verkehrssicherungsfahrzeuge   | X          | ✓   | X                |
| Verfügbarkeit staatlicher Notschleppkapazitäten   | ✓          | ✓   | ✓                |
| <p>Legende: Der oben bestimmte Grad einer Beeinträchtigung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs bildet die Grundlage für die Empfehlung in Bezug auf die risikomindernden Maßnahmen:</p> <p>X = nicht vorhanden bzw. nicht erforderlich</p> <p>✓ = Bereits vorhanden bzw. erforderlich</p> |            |   |                  |

Abbildung 16: Empfehlungen für risikomindernde Maßnahmen

16.12.2020

Die o.g. Maßnahmen werden nachfolgend kurz erläutert und ggf. durch Verweise auf die dafür derzeit gültigen Rechtsnormen ergänzt. Eine Zuordnung der einzelnen Maßnahmen zu bestimmten Risiken ist nicht möglich, bildet doch erst die Gesamtheit aller empfohlener Maßnahmen einen optimalen Schutz der Windenergieanlagen vor dem Schiffsverkehr und umgekehrt.

### **Sicherheitszonen**

Die Möglichkeiten zur Einrichtung von Sicherheitszonen sowie zur Definition geeigneter Schutzmaßnahmen darin sind im Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen vom 10.12.1982 (SRÜ) geregelt.

Gemäß Art. 60 Abs. 4 SRÜ kann ein Küstenstaat um "künstliche Inseln, Anlagen und Bauwerke angemessene Sicherheitszonen einrichten, in denen er geeignete Maßnahmen zum Schutz der Schifffahrt sowie der künstlichen Inseln, Anlagen und Bauwerke ergreifen", d.h. anordnen, kann. In Art. 60 Abs. 5 SRÜ wird die maximal mögliche Ausdehnung solcher Sicherheitszonen grundsätzlich mit 500 m – gemessen von jedem Punkt des äußeren Randes der künstlichen Inseln, Anlagen und Bauwerke – definiert.

### **Befahren von Sicherheitszonen**

Das Befahren von Sicherheitszonen wird in § 7 Abs. 2 der VO KVR definiert, wonach Sicherheitszonen grundsätzlich nicht befahren werden dürfen. Dies gilt nicht für Fahrzeuge, die für die Versorgung der Anlagen oder Vorrichtungen eingesetzt sind sowie vorbehaltlich des Absatzes 3 für Fahrzeuge deren Rumpflänge 24 Meter nicht übersteigt oder die vom Befahrensverbot befreit sind.

Gemäß § 7 Absatz 3 VO KVR kann die Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS) das vorgenannte Befahrensverbot weitergehend regeln bzw. für Fahrzeuge mit einer maximalen Rumpflänge von 24 m ggf. mögliche Abweichungen davon konditionieren:

### **Kardinale Betonung der Baufläche**

Für jeden Schiffsführer ist die Kenntnis möglicher Hindernisse und / oder Gefahren eine der zwingenden Voraussetzungen für die Durchführung einer sicheren Reise. Dazu ist u.a. wichtig, dass Baustellen auf See, die bereits im Ansatz ein mögliches Gefahrenpotential beinhalten könnten, eindeutig und unmittelbar gekennzeichnet werden.

Aus diesem Grund ist jede (ortsfeste) Baustelle auf See als "Allgemeine Gefahrenstelle" gemäß den international einheitlichen Vorgaben des IALA Maritime Buoyage Systems zu kennzeichnen.

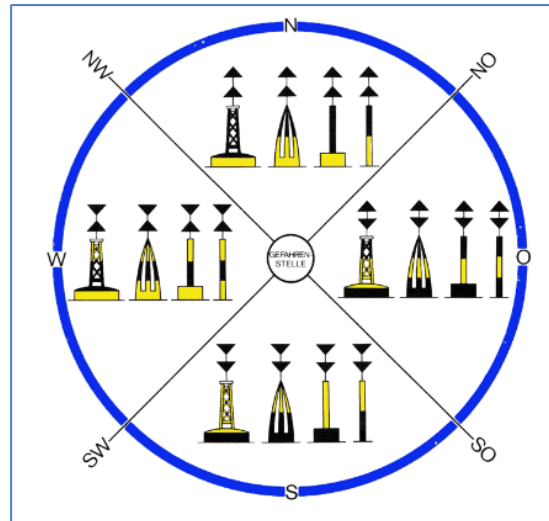


Abbildung 17: Kardinaltonnen

### Kollisionsfreundliche Bauweise der einzelnen Anlagen

Für eine Minderung der von Offshore-Windparks für die Schifffahrt ausgehenden Risiken kann – neben Maßnahmen zur Reduzierung der grundsätzlichen Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kollision zwischen Schiff und Windenergieanlage – weiterhin das mögliche Optimierungspotential des Risikofaktors "Schadensfolge" für das möglicherweise kollidierende Schiff (und damit auch für etwaige Folgerisiken einer Kollision für z.B. die Meeresumwelt) durch die Umsetzung geeigneter (konstruktiver) Schutzmaßnahmen an den Bauwerken selbst ausgeschöpft werden.

Der Begriff der "kollisionsfreundlichen Bauweise" und die Anforderungen an selbige werden ebenfalls in der von der GDWS erlassenen "Richtlinie Offshore- Anlagen zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs" in ihrer aktuellen Version 3.0 vom 01.07.2019 geregelt. Demnach sind alle Offshore-Anlagen grundsätzlich in "kollisionsfreundlicher Bauweise" zu errichten.

### Behelfsmäßige Kennzeichnung der Anlagen in der Bauphase

Die behelfsmäßige Kennzeichnung der Anlagen in der Bauphase wird durch die "Richtlinie Offshore-Anlagen zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs" in ihrer aktuellen Version 3.0 vom 01.07.2019 geregelt. Diese Richtlinie wurde durch die GDWS erlassen und beinhaltet in ihrem Abschnitt 6.2.2 zur behelfsmäßigen Kennzeichnung die entsprechenden Anforderungen.



**AIS-Kennzeichnung**

Auf Vorgabe der WSV sind Baustellen in bestimmten Fällen zusätzlich mit AIS-Schifffahrtszeichengeräten (AIS-AtoN) zu kennzeichnen. Dies gilt insbesondere dann, wenn z.B. im Rahmen planbarer Teilbauphasen einzelne Bauwerke temporär in exponierter Lage (z. B. ein alleinstehendes Umspannwerk) errichtet werden oder planbare Unterbrechungen der Bauphase erfolgen.

Mit AIS-AtoN werden einzelne Punkte oder Bauwerke im Baufeld (z. B. Umspannwerk) bzw. die ausgelegten Schifffahrtszeichen gekennzeichnet.

**Maritime Verkehrssicherung durch die WSV**

Für die Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs in der AWZ hat die Bundesrepublik Deutschland die Anlaufbedingungsverordnung erlassen, mit der neben den Bestimmungen der KVR u.a. das Verkehrsverhalten von Schiffen und die Möglichkeit der Verkehrsüberwachung dort geregelt werden.

**Seeraumbeobachtung**

Unter dem Begriff "Seeraumbeobachtung" wird die vom Betreiber des Windparks einzurichtende Überwachung der parkinternen und parknahen Flächen verstanden, für die das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) die Durchführungsrichtlinie "Seeraumbeobachtung Offshore-Windparks" (Stand: April 2014) erlassen hat.

Diese Seeraumbeobachtung hat zum Ziel, "Kollisionen von Schiffen mit Anlagen des Windparks zu verhindern, indem drohende oder sich entwickelnde Gefahrenlagen rechtzeitig und zuverlässig, d.h. bereits im Entwicklungsstadium sicher erkannt, bewertet und entsprechende Handlungen daraus abgeleitet werden. Die Seeraumbeobachtung bildet damit die Grundlage sowohl für die Einleitung betrieblicher Maßnahmen zum Schutz des OWP und dort tätiger Personen und leistet gleichzeitig einen Beitrag für die Sicherheit des Schiffsverkehrs im Sinne einer risikomindernden Maßnahme."

**Verkehrssicherungsfahrzeuge (Guard vessels) im Baugebiet**

Der Begriff des "Verkehrssicherungsfahrzeugs" und die Anforderungen an ein solches werden ebenfalls in der von der GDWS erlassenen "Richtlinie Offshore-Anlagen zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs" in ihrer aktuellen Version 3.0 vom 01.07.2019 geregelt.

16.12.2020

---

**+Verfügbarkeit von hoheitlichen Notschleppern**

Die Bundesrepublik Deutschland hat ein Notschleppkonzept erarbeitet und umgesetzt, mit dem zusätzlich zu den bundeseigenen Mehrzweckschiffen insgesamt vier private Notschlepper gechartert wurden und an neuralgischen Verkehrsknotenpunkten stationiert sind.

Unter dem Begriff "Notschleppen" wird dabei die Hilfeleistung eines vom Bund vorgehaltenen Schleppschiffes (Notschlepper) für ein in der See manövrierunfähig treibendes Schiff verstanden, um drohende Gefahren (z.B. Strandungen) abzuwehren. Der Notschlepper soll einen Havaristen so lange in See halten oder verschleppen bis die Manövrierfähigkeit des Havaristen wiederhergestellt ist, kommerzielle Bergungsschlepper den Havaristen gefahrlos übernehmen können oder die Gefahr auf andere Weise beseitigt werden kann.

## 8. Fazit

Zur Erreichung eines Ausbauziels von 20 GW bis zum Jahr 2030 ist die Entwicklung der Offshore Windenergie in den Flächen N-9, N-10 und N-12 erforderlich. Die Möglichkeit einer maßvollen Erweiterung dieser Flächen für Offshore Windenergie in nordwestlicher Richtung kann aus nautischer Sicht ausgeschöpft werden, ohne dass signifikante Auswirkungen auf die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs zu erwarten sind, denen nicht risikomindernde Maßnahmen entgegengesetzt werden können.

Eine solche Erweiterung der genannten Flächen im Untersuchungsgebiet sollte jedoch einen Wert von ca. vier Seemeilen nicht überschreiten, um die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs sowohl auf der Schifffahrtsroute 10 als auch auf den diese querenden Schifffahrtsrouten auch weiterhin gewährleisten zu können.

Begründung:

1. Der gemäß Kapitel 2.2 Nr. 8 der „Richtlinie Offshore-Anlagen zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs“ der GDWS<sup>33</sup> definierte Richtwert eines Mindestabstands zwischen Offshore-Anlagen und von der Schifffahrt genutzten Verkehrswegen von 2,0 sm plus 500 m Sicherheitszone kann eingehalten werden.
2. Auch den grundsätzlichen Festlegungen des derzeit gültigen Raumordnungsplans aus dem Jahr 2009 kann weiterhin entsprochen werden, wonach ein Abstand von 2,0 sm plus 500 m Sicherheitszone zwischen einer Schifffahrtsroute und einem daran gelegenen Windpark nicht unterschritten werden soll.<sup>34</sup>
3. Des Weiteren entspräche eine solche Erweiterung auch dem aktuell in der Fortschreibung befindlichen Entwurf des Raumordnungsplans 2020.<sup>35</sup> Demnach ist es nun geplant, die Schifffahrtsroute 10 auf einer Gesamtbreite von ca. 25 sm als (teils befristetes) Vorranggebiet festzulegen, sodass östlich davon Flächen für die Windenergie auf See ausgewiesen werden könnten.

Für den Fall einer solchen Realisierung ist es aus Sicht der Unterzeichner jedoch zwingend erforderlich, die im vorangegangenen Abschnitt benannten risikomindernden Maßnahmen jeweils flächenbezogen umzusetzen.

---

<sup>33</sup> Version 3.0 vom 01.07.2019.

<sup>34</sup> Quelle: ROP 2009, Kapitel 3.1.2.

<sup>35</sup> Quelle: Entwurf des ROP 2020 (Stand 25.09.2020), Kapitel 2.1.

16.12.2020

## 9. Abschluss

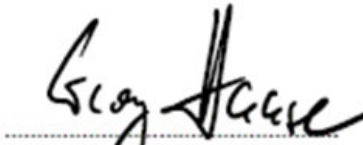
Die Unterzeichner versichern, das vorstehende Gutachten

- nach bestem Wissen und Gewissen,
- allein ausgehend von den genannten Informationsquellen und Bearbeitungsunterlagen sowie
- von den nautisch-seemännischen und in der Lehre allgemein anerkannten Regeln und Erkenntnissen erstellt zu haben.

Leer, 16.12.2020

  
Kapitän Matthias Mattausch

  
Kapitän Dietmar Szech

  
Kapitän Georg Haase

**YOUR VISION IS OUR MISSION!**

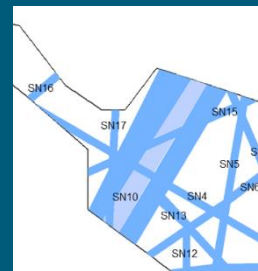


## **ANHANG C**

---

### **Qualitative Risikoanalyse der nordwestlich der SN10 gelegenen Flächen in der Deutschen AWZ**

# QUALITATIVE RISIKOANALYSE DER NORDWESTLICH DER SCHIFFFAHRTSROUTE 10 GELEGENEN FLÄCHEN IN DER DEUTSCHEN AWZ



|                            |                               |
|----------------------------|-------------------------------|
| <b>Version:</b>            | <b>1.2</b>                    |
| <b>Bearbeitungsstatus:</b> | <b>abgestimmte Endfassung</b> |
| <b>Ort und Datum</b>       | <b>Leer, 16.12.2020</b>       |

erstellt durch:

- **Matthias Mattausch**, Diplom-Wirtschaftsingenieur für Seeverkehr, Kapitän und Studienrat an der Hochschule Emden / Leer,
- **Dietmar Szech**, Diplom-Wirtschaftsingenieur für Seeverkehr, Kapitän und Seehauptkapitän der WSV a.D.,
- **Georg Haase**, Diplom-Wirtschaftsingenieur für Seeverkehr, Kapitän und Seelotse i.R.

sowie

- dem gesamten **NAUTITEC-Team**.

Titelbild: Schifffahrtrouten in der Nordsee

Quelle: BSH, Entwurf des Raumordnungsplanes 2020, Anhang: Abbildung 1 (Stand: 25.09.2020)

## I. Inhaltsverzeichnis

|  |          |
|--|----------|
| I. Inhaltsverzeichnis .....  | 3        |
| II. Abbildungsverzeichnis .....  | 3        |
| III. Abkürzungsverzeichnis .....   | 4        |
| <b>Qualitative Risikoanalyse der nordwestlich der Schifffahrtsroute 10 .....</b> | <b>5</b> |
| <b>gelegenen Flächen in der deutschen AWZ .....</b>                              | <b>5</b> |
| 1. Einleitung.....   | 5        |
| 2. Das Untersuchungsgebiet .....   | 7        |
| 3. Der Verkehrsraum im Untersuchungsgebiet.....                                  | 9        |
| 4. Analyse des Schiffsverkehrs im Untersuchungsgebiet.....                       | 10       |
| 5. Szenarisch-qualitative Untersuchung.....                                      | 13       |
| 5.1 Auswirkungen auf die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs .....   | 13       |
| 5.2 Empfehlungen für risikomindernde Maßnahmen.....                              | 20       |
| 6. Fazit .....   | 26       |
| 7. Abschluss.....  | 27       |

## II. Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 1: Festlegungsbereiche für die Schifffahrt in der Nordsee .....          | 5  |
| Abbildung 2: Flächen für Windenergie auf See gemäß ROP-Entwurf 2020 .....          | 6  |
| Abbildung 3: Flächenfestlegungen für die deutsche AWZ gemäß ROP-Entwurf 2020 ..... | 7  |
| Abbildung 4: Fahrspuraufzeichnung im Untersuchungsgebiet .....                     | 9  |
| Abbildung 5: Erhebung der Verkehrsstatistik durch eingerichtete AIS-Gates .....    | 10 |
| Abbildung 6: Öl- und Gasförderplattformen in der dänischen AWZ.....                | 11 |
| Abbildung 7: Erhebung der Verkehrsstatistik durch eingerichtete AIS-Gates .....    | 12 |
| Abbildung 8: Szenarische Betrachtung der Flächen EN-14 und EN-16 .....             | 18 |
| Abbildung 9: Empfehlungen für risikomindernde Maßnahmen .....                      | 21 |



### III. Abkürzungsverzeichnis

|          |   |
|----------|---|
| AIS      | Automatic Identification System   |
| AIS-AtoN | AIS-Schifffahrtszeichengerät  |
| AWZ      | Ausschließliche Wirtschaftszone   |
| BMVI     | Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin und Bonn   |
| BSH      | Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg und Rostock  |
| D        | Bundesrepublik Deutschland  |
| DK       | Dänemark  |
| DNV-GL   | DNV-GL SE, Hamburg  |
| FEP      | Flächenentwicklungsplan   |
| GDWS     | Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt, Bonn  |
| IALA     | International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (Organisation zur internationalen Kooperation der Seezeichenverwaltungen), Saint-Germain-en-Laye (Frankreich) |
| KVR      | Internationale Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See (Anlage zu § 1 der VO KVR) – Kollisionsverhütungsregeln   |
| NAUTITEC | NAUTITEC GmbH & Co. KG, Leer  |
| OWEA     | Offshore-Windenergieanlage  |
| OWP      | Offshore-Windpark   |
| ROG      | Raumordnungsgesetz  |
| ROP      | Raumordnungsplan  |
| sm       | Seemeile (1 sm = 1.852 m)   |
| SRÜ      | Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen vom 10.12.1982  |
| VO KVR   | Verordnung zu den Internationalen Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See  |
| VTG      | Verkehrstrennungsgebiet   |
| WindSeeG | Gesetz zur Entwicklung und Förderung der Windenergie auf See (Windenergie-auf-See-Gesetz)   |
| WSV      | Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes  |

## Qualitative Risikoanalyse der nordwestlich der Schifffahrtsroute 10 gelegenen Flächen in der deutschen AWZ

### 1. Einleitung

Auf der Grundlage des Raumordnungsgesetzes (ROG) hat die Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2009 einen Raumordnungsplan (ROP 2009) für die deutsche Ausschließliche Wirtschaftszone (AWZ) in der Nordsee erlassen, mit dem die zunehmenden Nutzungskonflikte auf dem Meer, insbesondere zwischen der sich dort entwickelnden flächenintensiven Offshore-Windenergienutzung und dem Meeresumweltschutz sowie den herkömmlichen Nutzungen wie der Schifffahrt und der Fischerei koordinierten Lösungen zugeführt werden sollen. Zu diesem Zweck wurden im ROP 2009 u.a. Gebiete für einzelne Funktionen und Nutzungen festgelegt.

Derzeit befindet sich der ROP 2009 in der Fortschreibung, womit u.a. den aktuellen Entwicklungen beim Ausbau der Windenergie auf See für die Erreichung der gesetzten Klimaziele Rechnung getragen werden soll.

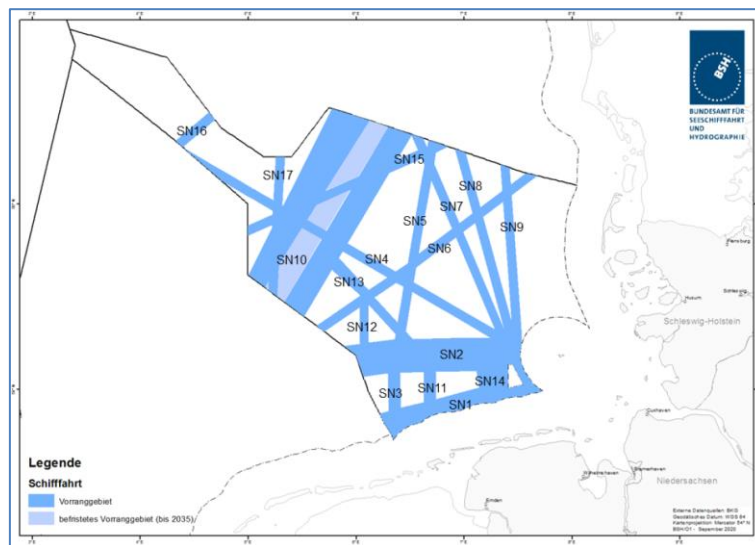


Abbildung 1: Festlegungsbereiche für die Schifffahrt in der Nordsee<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Quelle: Entwurf des ROP 2020 (Stand 25.09.2020), Anhang, Abbildung 3.

16.12.2020

In diesem Zusammenhang sollen auch die direkt an der nordwestlichen Seite der Schifffahrtsroute SN10 gelegenen Bereiche auf ihre grundsätzliche Eignung für eine Bebauung mit Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) geprüft werden.

Dabei handelt es sich zunächst um die im Entwurf des Raumordnungsplans 2020 (ROP 2020)<sup>2</sup> als Vorbehaltsgebiete für die Windenergie auf See ausgewiesenen Flächen EN-14 und E-16.

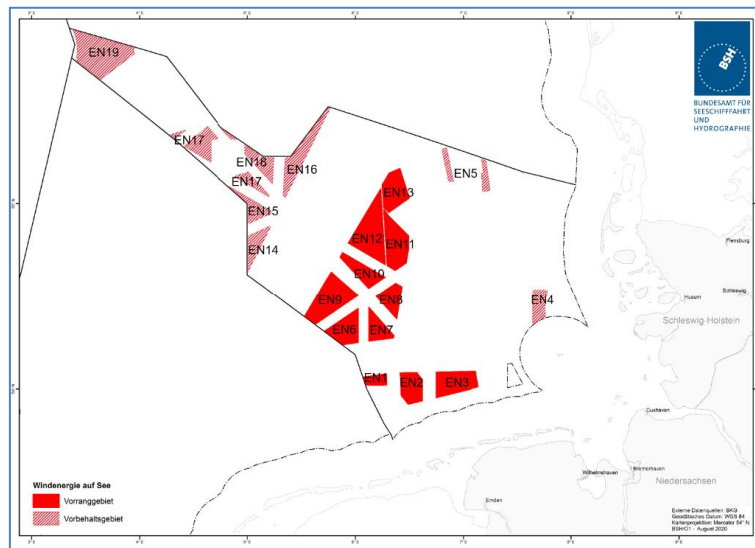


Abbildung 2: Flächen für Windenergie auf See gemäß ROP-Entwurf 2020<sup>3</sup>

Den Unterzeichnern wurde somit folgender Auftrag erteilt:

- ➔ Für die Flächen EN-14 und EN-16 ist eine qualitative Untersuchung durchzuführen, mit der die grundsätzliche verkehrlich-schifffahrtspolizeiliche Eignung und die sich durch eine Errichtung von Offshore-Windparks (OWP) in diesem Bereich ergebenden Auswirkungen auf die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs analysiert werden soll.
- ➔ Darauf aufbauend sind erforderlichenfalls Vorschläge für risikomindernde Maßnahmen zu formulieren, mit denen das o.g. Schutzgut weiterhin gewährleistet werden kann.

<sup>2</sup> Quelle: Entwurf des ROP 2020 (Stand 25.09.2020), Kapitel 2.2.2.

<sup>3</sup> Quelle: Entwurf des ROP 2020 (Stand 25.09.2020), Anhang, Abbildung 3.

16.12.2020

## 2. Das Untersuchungsgebiet

Die nachfolgende Abbildung zeigt das für die hier in Rede stehende Untersuchung maßgebliche Gebiet der deutschen AWZ mit allen derzeit bereits bestehenden bzw. zukünftig geplanten Nutzungen.

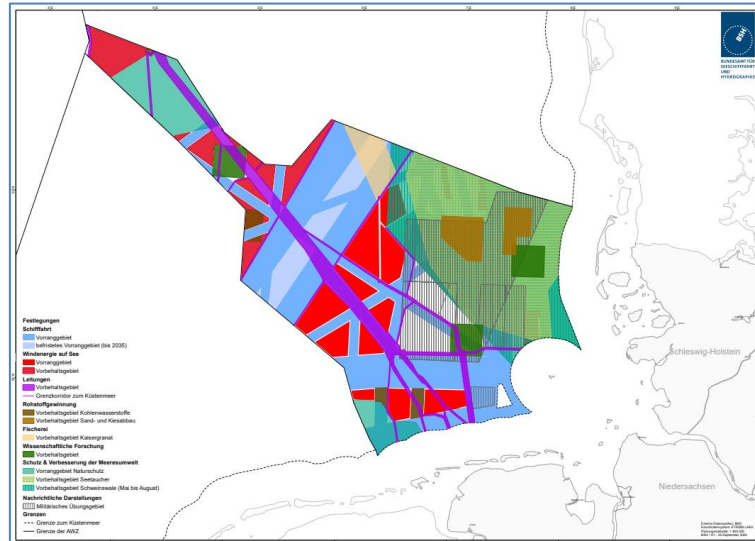


Abbildung 3: Flächenfestlegungen für die deutsche AWZ gemäß ROP-Entwurf 2020<sup>4</sup>

Die Lage der für diese Untersuchung relevanten Flächen lässt sich wie folgt beschreiben:

- Die **Fläche EN-14** wird
  - im Norden durch die Schifffahrtsroute SN15,
  - im Osten durch die Schifffahrtsrouten SN17 und SN10,
 und
  - im Südosten durch die von den Niederlanden beanspruchte AWZ begrenzt.
  - Darüber hinaus verläuft direkt an der südöstlichen Begrenzung der Fläche EN-14 das Vorbehaltsgebiet für Leitungen LN11.
- Die **Fläche EN-16** wird
  - im Norden und Nordwesten durch die von Dänemark beanspruchte AWZ,
  - im Osten durch Schifffahrtsroute SN10,
 und
  - im Südwesten durch die Schifffahrtsrouten SN17 und SN15 begrenzt, die in diesem Bereich ineinander übergehen.
  - Darüber hinaus verläuft im äußersten südlichen Bereich der Fläche EN-16 das Vorbehaltsgebiet für Leitungen LN1.

<sup>4</sup> Quelle: Entwurf des ROP 2020 (Stand 25.09.2020), Kartenteil Nordsee.

16.12.2020

---

Auf den vorgenannten Flächen kämen im Falle einer Bebauung mit OWP auch die vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) im Flächenentwicklungsplans 2019 (FEP 2019) dargestellten Planungsgrundsätze für die Errichtung von OWEA und deren Netzanbindungen zur Vermeidung von Beeinträchtigungen der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs zur Anwendung:

- zeitliche Gesamtkoordinierung der Errichtungs- und Verlegearbeiten,
- Rückbau von OWEA, Seekabeln und Rohrleitungen,
- Bündelung von Seekabelsystemen im Sinne einer Parallelführung,
- Kreuzung der Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Schifffahrt auf kürzestem Weg,
- Berücksichtigung von behördlichen Standards, Vorgaben bzw. Konzepten,
- rechtwinklige Kreuzung der Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Schifffahrt,
- Erreichbarkeit von Plattformen mit Schiffen,
- schonendes Verlegeverfahren,
- Überdeckung.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Quelle: FEP 2019, Kapitel 7.2.

### 3. Der Verkehrsraum im Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet wird auf verschiedenen Routen vom Durchgangsverkehr zwischen der Bundesrepublik Deutschland, Großbritannien, den Niederlanden, Dänemark, Norwegen und weiteren Nord- und Ostsee-Anrainerstaaten befahren.

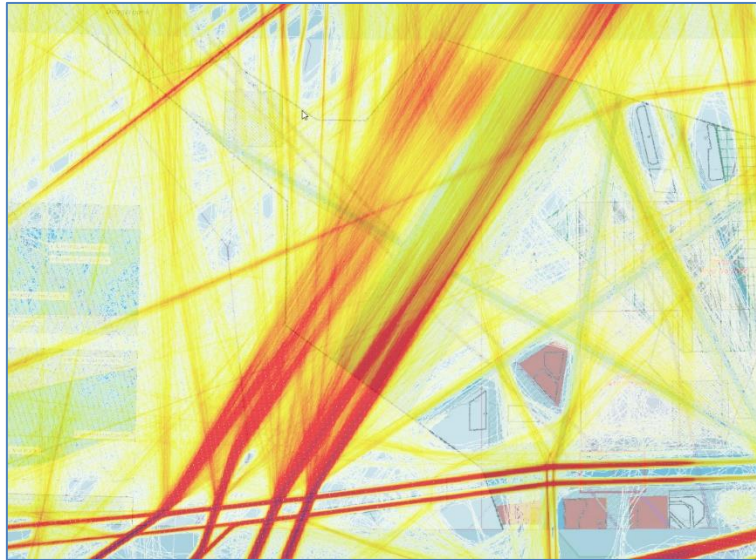


Abbildung 4: Fahrspuraufzeichnung im Untersuchungsgebiet<sup>6</sup>

Diese Routen dienen folgenden grundsätzlichen Schiffsverkehren:

- Der **Schifffahrtsroute SN10** kommt die größte Bedeutung zu, stellt sie doch die direkte Verbindung zwischen der südlichen Nordsee und dem Zugang zur Ostsee via Skagerrak dar.
- Die **Schifffahrtsroute SN4** stellt die Verkehrsverbindung zwischen der Inneren Deutschen Bucht und Schottland dar und quert die Schifffahrtsroute SN10 im Bereich der deutschen AWZ.
- Die **Schifffahrtsroute SN13** stellt die Verkehrsverbindung zwischen der Ems und Schottland bzw. Norwegen dar, quert divergierend die Schifffahrtsroute SN10 im Bereich der deutschen AWZ und geht in diesem Bereich teilweise in die Schifffahrtsroute SN4 über.
- Die **Schifffahrtsroute SN15** wird vom Durchgangsverkehr vom Süden Großbritanniens zur Westküste Dänemarks und umgekehrt genutzt, der damit die Schifffahrtsroute 10 im Bereich der deutschen AWZ quert.
- Die **Schifffahrtsroute SN17** wird vom Durchgangsverkehr von den niederländischen und belgischen Häfen nach Norwegen und umgekehrt genutzt, der damit die Schifffahrtsroute 10 im Bereich der sowohl der deutschen als auch der niederländischen AWZ quert.

<sup>6</sup> Quelle: DNV-GL.

#### 4. Analyse des Schiffsverkehrs im Untersuchungsgebiet

Für das Jahr 2019 hat DNV-GL eine Verkehrsstatistik erhoben, zu deren Zweck direkt auf der nördlichen Grenze der deutschen zur dänischen AWZ sogenannte virtuelle AIS-Gates installiert wurden. Die Lage und Breite dieser Gates sind aus der nachfolgenden Abbildung ersichtlich:

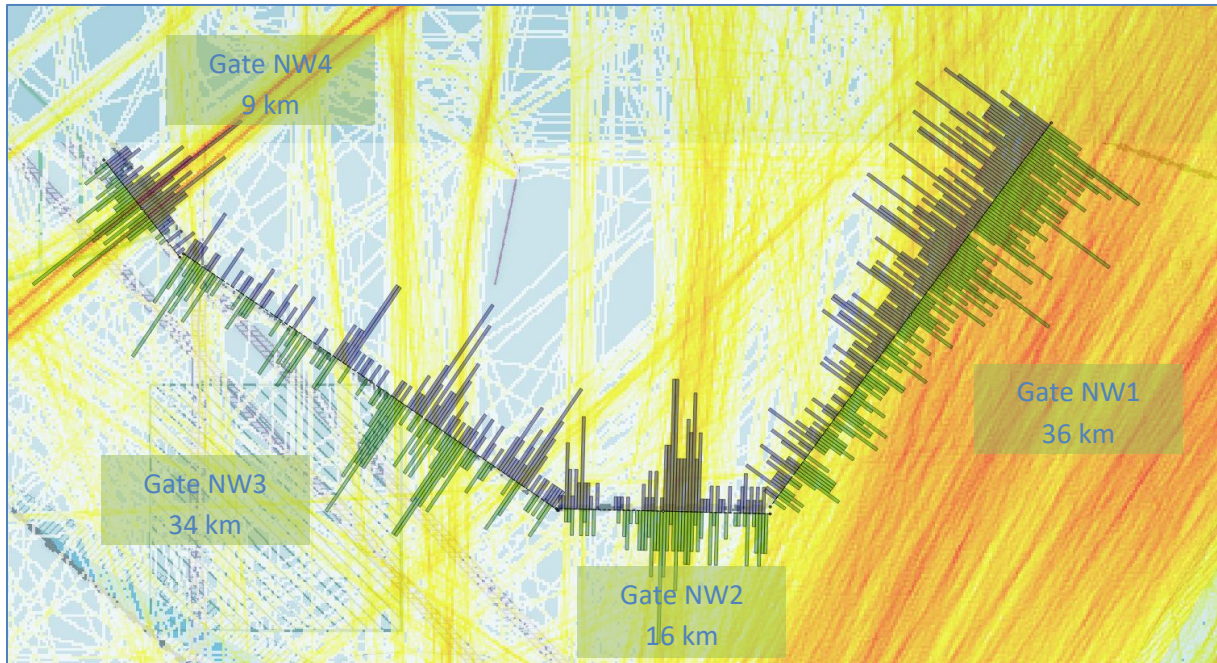


Abbildung 5: Erhebung der Verkehrsstatistik durch eingerichtete AIS-Gates<sup>7</sup>

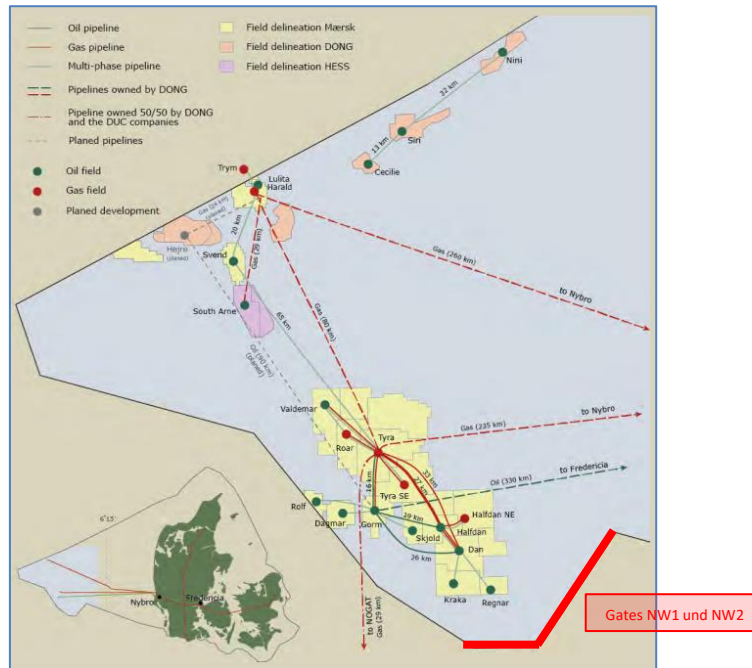
Der diese Gates passierende Schiffsverkehr wurde erfasst und nach Schiffstyp und Fahrtrichtung differenziert ausgewertet:

- Maßgeblich für die hier in Rede stehende Untersuchung ist der Schiffsverkehr an den **Gates NW1 und NW2**, da das Gate NW1 direkt an der westlichen Begrenzung der Fläche EN-16 liegt und der die Fläche EN-14 passierende Verkehr über das Gate NW2 läuft.
- Das **Gate NW1** wird überwiegend nicht rechtwinklig passiert, wobei der hier erfasste Schiffsverkehr nahezu in Nord-Süd-Richtung verläuft.
- Am **Gate NW1** wurden dabei jeweils für ein Jahr 1.151 südgehende Fahrzeuge und 1.285 nordgehende Fahrzeuge erfasst. Insgesamt passieren somit 2.436 Fahrzeuge pro Jahr, mithin durchschnittlich 6,7 Fahrzeuge pro Tag, dieses Gate. Dabei handelt es sich in der überwiegenden Zahl um Produktentanker und Stückgutschiffe mit jeweiligen Schiffslängen zwischen 50 und 250 m.

<sup>7</sup> Quelle: DNV-GL.

16.12.2020

- Die Lateralverteilung des am **Gate NW1** erfassten Verkehrs zeigt eine Konzentration im nördlichen Teil auf einer Strecke von ca. sieben Seemeilen, mithin der Fläche EN-16. Dies erklärt sich durch den von Belgien, den Niederlanden und der Ems in Richtung Norwegen und umgekehrt laufenden Schiffsverkehr, der auf den Schifffahrtsrouten SN10 und SN13 nord- bzw. südgehend fährt und diese Routen im Bereich des Gates NW-1 nordwärts divergierend verlässt bzw. auf diese südwärts konvergierend zuläuft. Damit werden die in der dänischen AWZ im Status quo bereits errichteten Öl- und Gasförderplattformen östlich passiert.

Abbildung 6: Öl- und Gasförderplattformen in der dänischen AWZ<sup>8</sup>

- Das **Gate NW2** wird auf der Schifffahrtsroute SN17 überwiegend rechtwinklig in Nord-Süd-Richtung und damit in direkter Nähe westlich der Fläche EN-16 passiert.
- Am **Gate NW2** wurden jeweils für ein Jahr 560 südgehende Fahrzeuge und 653 nordgehende Fahrzeuge erfasst. Insgesamt passieren somit 1.213 Fahrzeug pro Jahr dieses Gate, mithin durchschnittlich 3,3 Fahrzeuge pro Tag, dieses Gate. Dabei handelt es sich hier fast ausschließlich um Stückgutschiffe mit jeweiligen Schiffslängen zwischen 75 und 175 m.
- Die Lateralverteilung des am **Gate NW2** erfassten Verkehrs zeigt eine Konzentration im mittleren Teil, mithin auf der Schifffahrtsroute SN17 auf einer Breite von ca. vier Seemeilen. Dies erklärt sich ebenfalls durch den von der Westküste Norwegens in Richtung der

<sup>8</sup> Quelle: [https://ens.dk/sites/ens.dk/files/oliegas/oil\\_and\\_gas\\_in\\_denmark\\_2013.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/oliegas/oil_and_gas_in_denmark_2013.pdf), Abbildung 1.1, Seite 5; Anmerkung Die Lage der Gate NW1 und NW2 sind durch die roten Markierungen in der Grafik kenntlich gemacht.



16.12.2020

Niederlande und Belgiens zulaufenden Schiffsverkehr und umgekehrt. Auch dieser Verkehr passiert die o.g. dänischen Förderplattformen östlich.

Für die Schifffahrtsroute SN10 hat DNV-GL ebenfalls eine AIS-basierte Verkehrsstatistik für das Jahr 2019 erhoben. Zu diesem Zweck wurden über der Schifffahrtsroute SN10 die in der nachfolgenden Abbildung dargestellten Gates 1, 3 und 4 und über den Schifffahrtsrouten SN4 und SN13 das Gate 2 installiert.

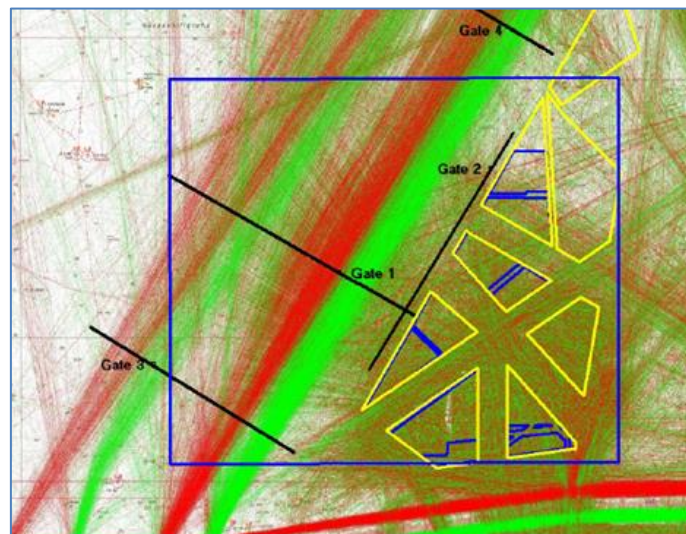


Abbildung 7: Erhebung der Verkehrsstatistik durch eingerichtete AIS-Gates<sup>9</sup>

Der diese Gates passierende Schiffsverkehr wurde ebenfalls erfasst und auch nach Schiffstyp und Fahrtrichtung differenziert ausgewertet:

- Für die Schifffahrtsroute SN10 selbst wurden ca. 15.000 Fahrzeuge aller Arten und aller Größen pro Jahr ermittelt, wobei sich die Lateralverteilung des nach und von Skagen bestimmten Schiffsverkehrs vornehmlich auf den östlichen Teil dieser Schifffahrtsroute konzentriert.
- Für den Verkehr auf den Routen SN4 und SN13 wurden insgesamt 2.710 Fahrzeuge für ein Jahr ermittelt, wobei auch hier alle Arten und alle Größen verkehren und die Lateralverteilung im Status quo sehr breit gestreut ist.

<sup>9</sup> Quelle: DNV-GL.

## 5. Szenarisch-qualitative Untersuchung

### 5.1 Auswirkungen auf die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs

Für die Beschreibung der Auswirkungen auf die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs infolge einer Realisierung der Flächen EN-14 und EN-16 wurden die nachfolgend dargestellten Gefährdungsszenarien untersucht und jeweils qualitativ bewertet.

Dabei wurde auch berücksichtigt, dass

- die Flächen EN-9, EN-10, EN-12 und EN-13 nach derzeitiger Planung dann bereits realisiert sein sollen und sich dadurch aller Wahrscheinlichkeit nach insbesondere auf den Schifffahrtsrouten SN4 und SN13 eine Bündelungswirkung für den Schiffsverkehr eingestellt haben wird
- und
- der im status quo für die Schifffahrt ohne Einschränkungen verfügbare Verkehrsraum auf den Flächen EN-12 und EN-13 nach einer dortigen Realisierung eine mittelbare Abschirmungswirkung auf die Fläche EN-16 haben wird.

Folgende Szenarien wurden analysiert:

#### 1. Begegnungen

Werden Begegnungsmanöver im Umkreis von 20 sm um die Flächen EN-14 und EN-16 weiterhin uneingeschränkt möglich sein?

Ein Begegnungsmanöver zweier Fahrzeuge erfordert stets einen vom ursprünglich geplanten Kurs zusätzlichen seitlichen Manövrierraum, in der Regel nach Steuerbord (d.h. bei der Begegnung zweier Maschinenfahrzeuge untereinander<sup>10</sup>).

Sofern dieser Verkehrsraum durch Hindernisse, z.B. Windenergieanlagen, anhand definierter Kriterien eingeschränkt werden sollte, ist von einer Risikoerhöhung für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auszugehen.

**→ Hierbei wurde angenommen, dass für solche Manöver ein Platzbedarf von mindestens 1 sm je Schiff erforderlich ist.**

---

<sup>10</sup> Quelle: Regel 14 KVR.

## 2. Überholen

Werden Überholmanöver im Umkreis von 20 sm um die Flächen EN-14 und EN-16 weiterhin uneingeschränkt möglich sein?

Ein Überholmanöver zweier Fahrzeuge erfordert stets einen vom ursprünglich geplanten Kurs zusätzlichen seitlichen Manövrierraum, wobei die KVR hierfür keine bestimmte Seite vorschreiben, auf der das zu überholende Schiff zu passieren ist.<sup>11</sup>

Sofern dieser Verkehrsraum durch Hindernisse, z.B. Windenergieanlagen, anhand definierter Kriterien eingeschränkt werden sollte, ist von einer Risikoerhöhung für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auszugehen.

→ **Hierbei wurde angenommen, dass für solche Manöver ein Platzbedarf von mindestens 1 sm je Schiff erforderlich ist.**

## 3. Kreuzende Kurse

Steht im Umfeld der Flächen EN-14 und EN-16 für kreuzende Kurse zweier Fahrzeuge genügend Verkehrsraum zur Verfügung?

Kreuzende Kurse zweier Fahrzeuge erfordern stets einen vom ursprünglich geplanten Kurs zusätzlichen seitlichen Manövrierraum, damit das jeweils andere Fahrzeug klar passiert werden kann. Für solche Manöver kommen insbesondere die Regeln 12, 15 oder 18 der KVR zur Anwendung.

Sofern dieser Verkehrsraum durch Hindernisse, z.B. Windenergieanlagen, anhand definierter Kriterien eingeschränkt werden sollte, ist von einer Risikoerhöhung für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auszugehen.

→ **Hierbei wurde angenommen, dass für solche Manöver ein Platzbedarf von mindestens 2 sm je Schiff erforderlich ist.**

---

<sup>11</sup> Quelle: Regel 13 KVR.

#### **4. Erfordernis für eine (zusätzliche) Kursänderung durch die Bebauung der Flächen EN-14 und EN-16**

Wird der im status quo die jeweilige Fläche passierende Verkehr verdrängt, so dass dieser Schiffsverkehr gezwungen wird, eine (zusätzliche) Kursänderung durchzuführen, um das Befahren der jeweiligen Fläche (inkl. der diese umgebenden Sicherheitszone) zu vermeiden?

Sofern eine Fläche im Untersuchungsgebiet direkt in einer im status quo von der Schifffahrt regelmäßig genutzten Route liegen sollte, würde deren Nutzung in dem bis dato möglichen Maß nicht mehr möglich sein. Die Schifffahrt wäre nun gezwungen, die durch den Windpark beanspruchte Fläche zu umfahren.

Grundsätzlich gehört eine solche Reaktion der Schiffsführung zwar zu deren alltäglichen Aufgaben. Es muss aber auch berücksichtigt werden, dass für die Einrichtung und Bekanntmachung einer Baustelle ein entsprechender Zeitbedarf besteht und diese Informationen u.U. erst mit einiger Verspätung den Schiffsführungen zur Kenntnis gelangen können.

**→ Insofern stellt eine solche Verdrängungs- und / oder Kanalisierungswirkung für die Schiffsführungen ein besonderes Risiko dar, welches insbesondere in der Realisierungsphase zum Tragen kommen kann.**

#### **5. Beeinträchtigung ggf. erforderlicher Ankermanöver im Notfall**

Steht für notfalls erforderliche Ankermanöver im Umfeld der Flächen EN-14 und EN-16 genügend Verkehrsraum mit akzeptabler Wassertiefe zur Verfügung?

Im freien Seeraum wird ein Schiff in der Regel nicht ankern, um auf das Freiwerden eines Liegeplatzes o.ä. zu warten. Ein solches Manöver kann jedoch zur Abwendung einer aus dem Schiffsbetrieb selbst heraus resultierenden Störung, z.B. Maschinenschaden, erforderlich sein.

Damit ein anderes Schiff diesen Ankerlieger sicher passieren kann, ist für das Vorbeifahren ein sicherer Passierabstand nötig, der das Schwojen und auch das mögliche Vertreiben des Ankerliegers berücksichtigt.

16.12.2020

Ist dieser Verkehrsraum durch Hindernisse, z.B. Windenergieanlagen, anhand definierter Kriterien nicht mehr oder nur eingeschränkt verfügbar, ist von einer Risikoerhöhung für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auszugehen.

→ **Hierbei wurde angenommen, dass für solche Manöver ein eigener Platzbedarf von mindestens 0,5 sm und eine maximale Wassertiefe von ca. 50 m erforderlich sind.**

#### 6. Passage manövrierunfähig treibender Schiffe

Steht für den die Flächen EN-14 und EN-16 passierenden Verkehr, der ggf. manövrierunfähigen Fahrzeugen ausweichen muss, genügend Platz zur Verfügung?

Als manövrierunfähig wird gemäß Regel 3 f) KVR ein Fahrzeug verstanden, welches "aufgrund außergewöhnlicher Umstände nicht so manövrieren kann, wie es die Regeln vorschreiben, und daher einem anderen Fahrzeug nicht ausweichen kann." Wird ein Schiff manövrierunfähig, so muss die passierende Schifffahrt diesen Umstand gebührend berücksichtigen und diesem Schiff gemäß Regel 18 a – c KVR weiträumig ausweichen. Dabei ist nicht nur das Verdriften an sich, sondern auch unkontrollierte und damit nicht vorhersehbare Manöver des anderen Fahrzeugs einzukalkulieren, wodurch für das ausweichende Schiff ein erhöhter Platzbedarf erforderlich wird. Ist dieser Verkehrsraum durch Hindernisse, z.B. Windenergieanlagen, anhand definierter Kriterien nicht mehr oder nur eingeschränkt verfügbar, ist von einer Risikoerhöhung für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auszugehen.

→ **Hierbei wurde angenommen, dass für solche Manöver ein Platzbedarf von mindestens 2 sm erforderlich ist.**

## 7. Kollision Schiff – Offshore-Windenergieanlage(n)

Erhöht sich das Risiko einer Kollision zwischen einem Schiff und einer Windenergieanlage?

Grundsätzlich ist diese Frage zu bejahen, denn mit zunehmender Bebauung wird der bis dahin der Schifffahrt zur Verfügung stehende Verkehrsraum eingeschränkt und die Fläche, innerhalb derer ein Schiff mit einem Hindernis kollidieren kann, vergrößert.

Das bedeutet, dass dieses Risiko bei Beginn der Planungsphase demjenigen des status quo entspricht, d.h. die Risikozunahme beginnt quasi bei Null, da die in Rede stehende Fläche der Schifffahrt noch uneingeschränkt als Verkehrsraum zur Verfügung steht. Nach vollständiger Errichtung des Windparks wird die Zunahme des Kollisionsrisikos dann ihr Maximum erreicht haben.

Kollidiert ein Schiff mit einer Windenergieanlage, muss – unabhängig von der Ursache – mit Schäden nicht nur an der Windenergieanlage, sondern auch auf bzw. an dem Schiff gerechnet werden.

Stürzt bspw. die Turbine aus großer Höhe auf das Schiff, wird dies allein aufgrund der hohen Masse dieser Turbine zu schweren strukturellen Schäden am Schiff führen. Schlimmstenfalls könnte das Schiff sinken. Ein solcher Unfall birgt weiterhin die Gefahr für das Wohl an Bord befindlichen Besatzung bzw. Passagiere. Darüber hinaus muss in einem solchen Fall mit einer Schädigung der Meeresumwelt, z.B. durch Ölaustritt, gerechnet werden.

16.12.2020

Auf der Grundlage der vorstehend beschriebenen grundsätzlichen Auswirkungen auf die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs bei einer Realisierung von Flächen zugunsten der Windenergie auf See führt die Analyse der untersuchten Szenarien sowie einer qualitativen Bewertung derselben für die Flächen EN-14 und EN-16 zu folgendem Ergebnis:

| Szenarische Betrachtung hinsichtlich der Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs infolge einer Bebauung   | status quo | ab Planungs- und Realisierungsphase | ab Betriebsphase |
|--|------------|-------------------------------------|------------------|
| Begegnungen  | N/A        | o                                   | o                |
| Überholen  | N/A        | o                                   | o                |
| Kreuzende Kurse  | N/A        | o                                   | o                |
| Erfordernis für eine (zusätzliche) Kursänderung durch die Bebauung der Fläche  | N/A        | +                                   | +                |
| Beeinträchtigung ggf. erforderlicher Ankermanöver im Notfall   | N/A        | o                                   | o                |
| Passage manövrierunfähig treibender Schiffe  | N/A        | +                                   | +                |
| Kollision Schiff – Offshore-Windenergieanlage(n)   | N/A        | +                                   | ++               |
| <p>Legende: Der Grad der möglichen Beeinträchtigung wird in drei Stufen bewertet:</p> <p>o = keine Beeinträchtigung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs infolge der Bebauung</p> <p>+ = geringe Beeinträchtigung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs infolge der Bebauung</p> <p>++ = erhebliche Beeinträchtigung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs infolge der Bebauung</p> |            |                                     |                  |

Abbildung 8: Szenarische Betrachtung der Flächen EN-14 und EN-16

Die vorstehende Darstellung zeigt, dass bei einer Realisierung der Flächen EN-14 und EN-16 – mit Ausnahme der Gefahr einer Kollision zwischen Schiff und OWEA – nicht von einer signifikanten Beeinträchtigung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs auszugehen ist.

16.12.2020

Insgesamt führte eine solche Realisierung im Untersuchungsgebiet zu folgenden Auswirkungen auf den Schiffsverkehr:

- Die Schifffahrtsroute SN10 weist laut Entwurf des ROP 2020 eine Breite von ca. 25 sm auf.<sup>12</sup> Damit besteht für den gesamten auf dieser Route verkehrenden Verkehr die Möglichkeit, ein Abstand von mindestens 2 sm zu den Flächen EN-14 und EN-16 inkl. der um diese Flächen herum einzurichtenden Sicherheitszonen einzuhalten. Daher wird für den dort fahrenden Verkehr grundsätzlich nicht von einer Beeinträchtigung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs in Folge einer erweiterten Bebauung der Fläche im Untersuchungsgebiet ausgegangen.
- Durch die Einrichtung der Baustellen wären keine signifikanten Auswirkungen auf den umgebenden Schiffsverkehr zu erwarten, die nicht durch Bedingungen und Auflagen ausgeglichen werden könnten.
- Auszugehen wäre von einer Zunahme der für die Baustellen erforderlichen Zubringer- und Werkverkehre, die vom Südosten (D) bzw. von Osten (DK) her die Baustellen anführen und somit den Schiffsverkehr auf der Route SN10 queren müssten.
- Für die Querungen der Schifffahrtsroute SN10 und die daraus resultierenden Kreuzungssituationen stünde grundsätzlich genügend Manövrierraum zur Verfügung. Und sofern die für die Schifffahrt nicht mehr zur Verfügung stehenden Flächen rechtzeitig und ordentlich bekanntgemacht werden, wird jeder Schiffsführer seine Reiseplanung und -durchführung auch darauf abstellen.
- Nach Abschluss der Bauarbeiten wäre von einem Rückgang des Baustellenverkehrs auszugehen. Lediglich die zum Betrieb und zur Unterhaltung des Windparks erforderlichen Fahrzeuge werden das Gebiet ansteuern.
- Mit der durch eine zeitlich vorlaufende Realisierung der Flächen EN-9, EN-12 und EN-13 käme es in diesem Bereich bereits zu einer Bündelung des Verkehrs auf den Schifffahrtsrouten SN 4 und SN13. Diesem Verkehr stünde laut Entwurf des ROP 2020 auf diesen Routen bei der Passage der Flächen EN-14 und EN16 (inkl. der dort einzurichtenden Sicherheitszonen) ein mit mindestens 3 sm als ausreichend anzusehender Manövrierraum zur Verfügung.<sup>13</sup>
- Gleiches gilt für die Schifffahrtsroute SN15.
- Eine Realisierung der Fläche EN-16 führte in deren nördlichen Teil zu einer Verdrängung des im status quo dort nord- bzw. südgehenden Schiffsverkehrs in Richtung Norden. Aufgrund der Tatsache, dass die östlich der Fläche EN-16 gelegene Schifffahrtsroute SN10 weiterhin

---

<sup>12</sup> Quelle: Entwurf des ROP 2020 (Stand 25.09.2020), Kapitel 2.1.

<sup>13</sup> Quelle: Entwurf des ROP 2020 (Stand 25.09.2020), Kapitel 2.1.



16.12.2020

genügend Manövrierraum zur Verfügung stellte, wäre nicht mit einer signifikanten Beeinträchtigung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs in diesem Bereich zu rechnen.

- Infolge der Bebauung und der damit neu entstehenden Schifffahrtshindernisse wäre von einer erhöhten Kollisionswahrscheinlichkeit zwischen Schiff und Offshore-Windenergieanlagen auszugehen.

## 5.2 Empfehlungen für risikomindernde Maßnahmen

Im Anschluss an die im vorangegangenen Abschnitt Analyse der Auswirkungen auf die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs infolge einer Realisierung der Flächen EN-14 und EN-16 wurden jeweils für

1. den status quo,
  2. den Zeitraum ab voraussichtlichem Beginn der Planungs- und Realisierungsphase<sup>14</sup>
- sowie
3. dem Zeitraum ab voraussichtlichem Beginn der Betriebsphase<sup>15</sup>

diejenigen Empfehlungen für Standardmaßnahmen zugeordnet, die aus Sicht der Unterzeichner für eine Minderung der damit einhergehenden Risiken erforderlich sein werden.

---

<sup>14</sup> Unter dem Begriff *Planungs- und Realisierungsphase* wird dabei der Zeitraum vom Beginn der ersten Erschließungsmaßnahmen in der konkreten Fläche bis hin zur vollständigen Errichtung des OWP dort verstanden.

<sup>15</sup> Unter dem Begriff *Betriebsphase* wird der Zeitraum ab dem Beginn des Wirkbetriebes des OWP verstanden.

16.12.2020

Deren Ergebnis ist in der nachfolgenden Abbildung zusammengefasst dargestellt.

| Empfehlungen für Maßnahmen, mit denen identifizierte Risiken für die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs gemindert werden können  | status quo | (zusätzliche) Maßnahmen – bezogen auf status quo – |                  |
|---|------------|--|------------------|
|   |            | ab Planungs- und Realisierungsphase                | ab Betriebsphase |
| Einrichtung einer Sicherheitszone   | X          | √  | √                |
| Befahrensverbot für alle Fahrzeuge  | X          | √  | X                |
| Befahrensregelung durch GDWS  | X          | X  | √                |
| kardinale Betonung der Fläche   | X          | √  | √                |
| kollisionsfreundliche Bauweise der Anlagen  | X          | √  | √                |
| behelfsmäßige Kennzeichnung der Anlagen während der Errichtungsphase  | X          | √  | X                |
| Kennzeichnung der Anlagen als Schifffahrtshindernis   | X          | X  | √                |
| Maritime Verkehrssicherung durch die WSV  | X          | √  | √                |
| Seeraumbeobachtung  | X          | √  | √                |
| Erfordernis für Verkehrssicherungsfahrzeuge   | X          | √  | X                |
| Verfügbarkeit staatlicher Notschleppkapazitäten   | √          | √  | √                |
| <p>Legende: Der oben bestimmte Grad einer Beeinträchtigung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs bildet die Grundlage für die Empfehlung in Bezug auf die risikomindernden Maßnahmen:</p> <p>X = nicht vorhanden bzw. nicht erforderlich</p> <p>√ = Bereits vorhanden bzw. erforderlich</p> |            |  |                  |

Abbildung 9: Empfehlungen für risikomindernde Maßnahmen

16.12.2020

Die o.g. Maßnahmen werden nachfolgend kurz erläutert und ggf. durch Verweise auf die dafür derzeit gültigen Rechtsnormen ergänzt. Eine Zuordnung einzelner Maßnahmen zu bestimmten Risiken ist nicht möglich, bildet doch erst die Gesamtheit aller empfohlener Maßnahmen einen optimalen Schutz der Windenergieanlagen vor dem Schiffsverkehr und umgekehrt.

### **Sicherheitszonen**

Die Möglichkeiten zur Einrichtung von Sicherheitszonen sowie zur Definition geeigneter Schutzmaßnahmen darin sind im Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen vom 10.12.1982 (SRÜ) geregelt.

Gemäß Art. 60 Abs. 4 SRÜ kann ein Küstenstaat um "künstliche Inseln, Anlagen und Bauwerke angemessene Sicherheitszonen einrichten, in denen er geeignete Maßnahmen zum Schutz der Schifffahrt sowie der künstlichen Inseln, Anlagen und Bauwerke ergreifen", d.h. anordnen, kann. In Art. 60 Abs. 5 SRÜ wird die maximal mögliche Ausdehnung solcher Sicherheitszonen grundsätzlich mit 500 m – gemessen von jedem Punkt des äußeren Randes der künstlichen Inseln, Anlagen und Bauwerke – definiert.

### **Befahren von Sicherheitszonen**

Das Befahren von Sicherheitszonen wird in § 7 Abs. 2 der VO KVR definiert, wonach Sicherheitszonen grundsätzlich nicht befahren werden dürfen. Dies gilt nicht für Fahrzeuge, die für die Versorgung der Anlagen oder Vorrichtungen eingesetzt sind sowie vorbehaltlich des Absatzes 3 für Fahrzeuge deren Rumpflänge 24 Meter nicht übersteigt oder die vom Befahrensverbot befreit sind.

Gemäß § 7 Absatz 3 VO KVR kann die Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS) das vorgenannte Befahrensverbot weitergehend regeln bzw. für Fahrzeuge mit einer maximalen Rumpflänge von 24 m ggf. mögliche Abweichungen davon konditionieren.

### **Kardinale Betonung der Baufläche**

Für jeden Schiffsführer ist die Kenntnis möglicher Hindernisse und / oder Gefahren eine der zwingenden Voraussetzungen für die Durchführung einer sicheren Reise. Dazu ist u.a. wichtig, dass Baustellen auf See, die bereits im Ansatz ein mögliches Gefahrenpotential beinhalten könnten, eindeutig und unmittelbar gekennzeichnet werden.

Aus diesem Grund ist jede (ortsfeste) Baustelle auf See als "Allgemeine Gefahrenstelle" gemäß den international einheitlichen Vorgaben des IALA Maritime Buoyage Systems zu kennzeichnen.

### **Kollisionsfreundliche Bauweise der einzelnen Anlagen**

Für eine Minderung der von Offshore-Windparks für die Schifffahrt ausgehenden Risiken kann – neben Maßnahmen zur Reduzierung der grundsätzlichen Eintrittswahrscheinlichkeit einer Kollision zwischen Schiff und Windenergieanlage – weiterhin das mögliche Optimierungspotential des Risikofaktors "Schadensfolge" für das möglicherweise kollidierende Schiff (und damit auch für etwaige Folgerisiken einer Kollision für z.B. die Meeresumwelt) durch die Umsetzung geeigneter (konstruktiver) Schutzmaßnahmen an den Bauwerken selbst ausgeschöpft werden.

Der Begriff der "kollisionsfreundlichen Bauweise" und die Anforderungen an selbige werden ebenfalls in der von der GDWS erlassenen "Richtlinie Offshore- Anlagen zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs" in ihrer aktuellen Version 3.0 vom 01.07.2019 geregelt. Demnach sind alle Offshore-Anlagen grundsätzlich in "kollisionsfreundlicher Bauweise" zu errichten.

### **Behelfsmäßige Kennzeichnung der Anlagen in der Bauphase**

Die behelfsmäßige Kennzeichnung der Anlagen in der Bauphase wird durch die "Richtlinie Offshore-Anlagen zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs" in ihrer aktuellen Version 3.0 vom 01.07.2019 geregelt. Diese Richtlinie wurde durch die GDWS erlassen und beinhaltet in ihrem Abschnitt 6.2.2 zur behelfsmäßigen Kennzeichnung die entsprechenden Anforderungen.

### **AIS-Kennzeichnung**

Auf Vorgabe der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) sind Baustellen in bestimmten Fällen zusätzlich mit AIS-Schifffahrtszeichengeräten (AIS-AtoN) zu kennzeichnen. Dies gilt insbesondere dann, wenn z.B. im Rahmen planbarer Teilbauphasen einzelne Bauwerke temporär in exponierter Lage (z. B. ein alleinstehendes Umspannwerk) errichtet werden oder planbare Unterbrechungen der Bauphase erfolgen.

Mit AIS-AtoN werden einzelne Punkte oder Bauwerke im Baufeld (z. B. Umspannwerk) bzw. die ausgelegten Schifffahrtszeichen gekennzeichnet.

### **Maritime Verkehrssicherung durch die WSV**

Für die Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs in der AWZ hat die Bundesrepublik Deutschland die Anlaufbedingungsverordnung erlassen, mit der neben den Bestimmungen der KVR u.a. das Verkehrsverhalten von Schiffen und die Möglichkeit der Verkehrsüberwachung dort geregelt werden.

Im status quo ist für das Untersuchungsgebiet noch keine Maritime Verkehrssicherung durch die WSV eingerichtet. Bedingt ist dies durch die derzeit mangels entsprechender Bauwerke noch nicht gegebene Möglichkeit, sowohl UKW-Sprechfunk- als auch AIS-Sende- und Empfangsstationen mit entsprechender Reichweite in diesem Bereich zu installieren.

Im Zuge des weiteren Ausbaus der Windenergie auf See, insbesondere durch eine Realisierung der östlich der Schifffahrtsroute SN10 gelegenen Flächen, darf jedoch davon ausgegangen werden, dass zum Zeitpunkt einer Realisierung der Flächen EN-14 und EN-16 sowohl eine AIS-Abdeckung als Grundlage der Verkehrsüberwachung als auch eine UKW-Abdeckung als Grundlage für die notwendige Kommunikation mit den Schiffen dann dort zur Verfügung stünde.

Auch wenn die Bundesrepublik Deutschland in der von ihr beanspruchten AWZ lediglich eingeschränkte Souveränitätsrechte besitzt, kann eine Maritime Verkehrssicherung auch im Untersuchungsgebiet als risikomindernde Maßnahme angesehen werden.

#### **Seeraumbeobachtung**

Unter dem Begriff "Seeraumbeobachtung" wird die vom Betreiber des Windparks einzurichtende Überwachung der parkinternen und parknahen Flächen verstanden, für die das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) die Durchführungsrichtlinie "Seeraumbeobachtung Offshore-Windparks" (Stand: April 2014) erlassen hat.

Diese Seeraumbeobachtung hat zum Ziel, "Kollisionen von Schiffen mit Anlagen des Windparks zu verhindern, indem drohende oder sich entwickelnde Gefahrenlagen rechtzeitig und zuverlässig, d.h. bereits im Entwicklungsstadium sicher erkannt, bewertet und entsprechende Handlungen daraus abgeleitet werden. Die Seeraumbeobachtung bildet damit die Grundlage sowohl für die Einleitung betrieblicher Maßnahmen zum Schutz des OWP und dort tätiger Personen und leistet gleichzeitig einen Beitrag für die Sicherheit des Schiffsverkehrs im Sinne einer risikomindernden Maßnahme."

#### **Verkehrssicherungsfahrzeuge (Guard vessels) im Baugebiet**

Der Begriff des "Verkehrssicherungsfahrzeugs" und die Anforderungen an ein solches werden ebenfalls in der von der GDWS erlassenen "Richtlinie Offshore-Anlagen zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs" in ihrer aktuellen Version 3.0 vom 01.07.2019 geregelt.

16.12.2020

---

**Verfügbarkeit von hoheitlichen Notschleppern**

Die Bundesrepublik Deutschland hat ein Notschleppkonzept erarbeitet und umgesetzt, mit dem zusätzlich zu den bundeseigenen Mehrzweckschiffen insgesamt vier private Notschlepper gechartert wurden und an neuralgischen Verkehrsknotenpunkten stationiert sind.

Unter dem Begriff "Notschleppen" wird dabei die Hilfeleistung eines vom Bund vorgehaltenen Schleppschiffes (Notschlepper) für ein in der See manövrierunfähig treibendes Schiff verstanden, um drohende Gefahren (z.B. Strandungen) abzuwehren. Der Notschlepper soll einen Havaristen so lange in See halten oder verschleppen bis die Manövrierfähigkeit des Havaristen wiederhergestellt ist, kommerzielle Bergungsschlepper den Havaristen gefahrlos übernehmen können oder die Gefahr auf andere Weise beseitigt werden kann.

Ungeachtet der vorstehend grundsätzlich beschriebenen risikomindernden Maßnahmen, darf auch die Eigenverantwortung eines jeden Schiffsführers für eine sichere Fahrt und damit die sichere Passage von Schifffahrtshindernissen – sofern sie ordentlich bekanntgemacht worden sind, nicht außer Acht gelassen werden.

## 6. Fazit

Unter den oben getroffenen Annahmen und unter der Berücksichtigung der genannten risikomindernden Maßnahmen sowie ggf. möglicherweise weiterer im Planfeststellungsbeschluss gemäß § 48 WindSeeG zu konkretisierenden Bedingungen und Auflagen wird davon ausgegangen, dass durch eine Realisierung der Flächen EN-14 und / oder EN-16 insgesamt nicht mit einer signifikanten Einschränkung der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs zu rechnen ist.

16.12.2020

## 7. Abschluss

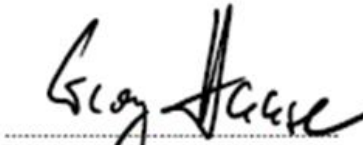
Die Unterzeichner versichern, das vorstehende Gutachten

- nach bestem Wissen und Gewissen,
- allein ausgehend von den genannten Informationsquellen und Bearbeitungsunterlagen sowie
- von den nautisch-seemännischen und in der Lehre allgemein anerkannten Regeln und Erkenntnissen erstellt zu haben.

Leer, 16.12.2020

  
Kapitän Matthias Mattausch

  
Kapitän Dietmar Szech

  
Kapitän Georg Haase

**YOUR VISION IS OUR MISSION!**





## **ABOUT DNVGL SE**

Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, DNV GL enables organizations to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification and technical assurance along with software and independent expert advisory services to the maritime, oil and gas, and energy industries. We also provide certification services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our professionals are dedicated to helping our customers make the world safer, smarter and greener.