

Metastudie

Binnenhäfen als Handlungsräume der Energiewende



Projektpartner

Fraunhofer UMSICHT



Duisburger Hafen AG



Projekt enerPort
FKZ 03EN3002AB

Living Document, Version 2

Oberhausen, 16.12.2021



Metastudie

Binnenhäfen als Handlungsräume der Energiewende

Projekt enerPort, FKZ 03EN3002AB

Vorgelegt von: **Fraunhofer-Institut für Umwelt-,
Sicherheits- und Energietechnik
UMSICHT**

Institutsleiter
Prof. Dr.-Ing. Eckhard Weidner
Osterfelder Straße 3
46047 Oberhausen

Projektleitung: Dr.-Ing. Anna Grevé
0208 8598 1271
anna.grevé@umsicht.fraunhofer.de

Autoren: Angelina Berger
Boris Dresen
Ulrike Ehrenstein
Volker Knappertsbusch
Pierre Pasqual Krisam
Lars Paschke
Sebastian Stiebel

Inhalt

Abkürzungen	3
Glossar	4
Kurzfassung	7
1 Einleitung	8
1.1 Binnenhäfen im Kontext der Energiewende	8
1.2 Aufbau der Studie	8
1.3 Vorgehen bei der Datenerhebung	9
1.4 Definition von Binnenhäfen im Sinne des Projekts	9
2 Metaanalyse Binnenhäfen Deutschland	11
2.1 Übersicht Binnenhäfen	11
2.1.1 Charakterisierung der Hafenlandschaft	12
2.1.2 Der Blick auf die Binnenhäfen	13
2.2 GIS-Analysen	14
2.2.1 Wirtschaftliche Bedeutung	16
2.2.2 Quartiersanbindung	17
2.2.3 Sektorkopplung	18
2.2.4 Erneuerbare Energien	19
2.3 Typologisierung von Binnenhäfen	20
2.3.1 Kategorisierung von Binnenhäfen	20
2.3.2 Aufbau typischer Binnenhäfen	23
2.3.3 Energetische Versorgung und Betreiberstrukturen von Binnenhäfen	30
2.4 Detailanalyse der ausgewählten Binnenhäfen	34
2.4.1 Auswahl von Binnenhäfen	34
2.4.2 Methodik	36
2.4.3 Hafenquartett	39
3 Übersicht bisheriger Forschungs- und Umsetzungsprojekte an Häfen	40
3.1 Projekte Hafen Rotterdam	41
3.2 Projekte Hamburger Hafen	42
3.3 Projekte Hafen Emden	46
3.4 Projekte Hafen Antwerpen	47
3.5 Projekte Hafenverbund DeltaPort	52
4 Zusammenfassung	54

5	Schlussfolgerungen und Ausblick	55
6	Tabellenverzeichnis	56
7	Abbildungsverzeichnis	57
8	Literaturverzeichnis	58
Anhang 63		
A.1	Liste der Binnenhäfen	63
A.2	Zusatzmaterial Detailanalyse	65
A.3	GIS-Karten	68
A.4	Hafenquartett	74
A.5	Übersicht zu Projekten an Häfen	82
A.5.1	Projekte am Rotterdamer Hafen	83
A.6	Versendete Fragebögen	93
A.6.1	Fragen der ersten Umfragerunde	93
A.6.2	Fragebogen zur zweiten Umfragerunde	94
A.6.3	Fragebogen zur Elementeliste für die Typologisierung	95
A.6.4	Fragebogen zur dritten Umfragerunde	97

Abkürzungen

CCUS	Carbon Capture Utilization and Storage
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
ETS, EU-ETS	EU Emissions Trading System
GIS	Geoinformationssysteme
LNG, Bio-LNG	engl.: Liquefied Natural Gas
PtX	Power-to-X
RoRo	engl.: „Roll on, roll off“
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes
SECA	engl.: Sulphur Emission Control Area

Glossar

Agribulk	Landwirtschaftliche Massengüter wie Sojabohnen, Getreide, Ölsaaten und Rohstoffe für Tierfutter. [Port of Amsterdam]
Blockchain	Die Blockchain-Technologie ist ein digitales Instrument und dient der sicheren Abwicklung von Transaktionen. Die hohe Sicherheit resultiert aus dem Aufbau des Transaktionssystems, der Manipulationen extrem erschwert: Eine Blockchain kann als ein dezentrales Kassenbuch angesehen werden, das in der Lage ist, Einträge automatisch selbst zu verifizieren. Dies gelingt, indem eindeutige Ketten von Transaktionen gebildet und über Knotenpunkte in einem Netzwerk gespiegelt werden. So werden die Daten auf allen Rechnern des Netzwerks gespeichert und können nachträglich nicht mehr geändert werden. Eine Manipulation ist nur möglich, wenn mehr als 50 % der Knotenpunkte korrumpiert werden. Die Technologie wird derzeit in verschiedenen Projekten im Bereich der Energiewirtschaft erprobt. Für ihren allgemeinen Einsatz sind unter anderem noch Fragen zum regulatorischen Rahmen zu klären. Denkbare Einsatzbereiche in der Energiewirtschaft sind zum Beispiel die Selbstorganisation des Strommarkts oder die Koordination zwischen der Übertragungs- und Verteilnetzebene. [Next Kraftwerke GmbH]
Breakbulk	Verpackte, aber nicht containerisierte Fracht. Mit Breakbulk werden Güter bezeichnet, die individuell verladen werden müssen. Beispielsweise fallen Gebinde, Kisten, Paletten, Fässer, Maschinen oder Anlagenteile hierunter. [Transway Internationale Spedition GmbH]
CCUS	Carbon Capture Utilization and Storage. Umfasst Technologien und Methoden zur Entfernung von CO ₂ aus Emissionsquellen oder der Atmosphäre sowie Wiederverwertung des CO ₂ in Nutzungskonzepten oder permanente Speicherung des CO ₂ . [American Institute of Chemical Engineers]
ETS, EU-ETS	EU Emissions Trading System. Weltweit erster Kohlenstoffmarkt, der nach dem „Cap and Trade“ Prinzip funktioniert. Das „Cap“ ist dabei eine definierte Gesamtmenge von Treibhausgasen, die durch unter das System fallende Anlagen emittiert werden dürfen. Das „Cap“ wird über die Zeit verringert, sodass die Gesamtemissionen reduziert werden müssen. Innerhalb des „Cap“ können Unternehmen Emissionszertifikate erhalten oder kaufen. Ein Zertifikat erlaubt dabei den Ausstoß einer Tonne CO ₂ -Äquivalent. Die Unternehmen können mit den Zertifikaten auch handeln, bspw. mit Unternehmen, die nicht über genügend Zertifikate verfügen. Die Gesamtmenge der Zertifikate ist dabei limitiert, um zu sicherzustellen, dass die jeweiligen Zertifikate einen definierten Wert haben. Am Jahresende muss jedes Unternehmen berichten, ob es genügend Zertifikate erworben hat, um seine Emissionen zu decken. Ist dies nicht der Fall, drohen dem Unternehmen Strafzahlungen. Reduziert ein Unternehmen seine Emissionen, kann es die eingesparten Zertifikate entweder für möglichen zukünftigen Bedarf behalten oder an andere Unternehmen verkaufen. [Eur. Kommission; Umweltbundesamt]

Geoprozessierung	Durchführung räumlicher Analysen mittels Geodaten. Durch Überlagerung, Zusammenführung, Verschneidung oder die Erstellung von topographischen Verbindungen können neue Informationen und aussagekräftige Karten generiert werden. Geocodierung, Reklassifizierung, Interpolation oder Puffererstellung, die Überführung von Punktdaten in ein Vektormodell (Dreiecksvermaschung, TIN), die Transformation in ein Rastermodell (GRID) oder die Ableitung von Profilen aus einem Digitalen Höhenmodell (DHM) sind weitere Beispiele für die zahlreichen Möglichkeiten der Geoprozessierung.
Wasserstoff	
<ul style="list-style-type: none"> • blauer • grüner 	<p>Aus Reformierung von Erdgas gewonnener Wasserstoff. Bei der Herstellung entstehendes CO₂ wird abgeschieden und eingelagert.</p> <p>Mittels Elektrolyse mit regenerativ erzeugtem Strom produzierter Wasserstoff. [Greenpeace Energy eG]</p>
Landstromversorgung	Energetische Versorgung von in Hafen liegenden Schiffen über das landseitige (lokale) Stromnetz.
Letztverbraucher:	Gemäß Energiewirtschaftsgesetz wird unter dem Begriff Letztverbraucher eine natürliche oder juristische Person verstanden, die Energie für den eigenen Verbrauch kauft.
LNG, Bio-LNG	Liquefied Natural Gas – verflüssigtes Erdgas, Bio-LNG: aus biologischen Materialien gewonnenes, verflüssigtes Methan
Modalität	Anschluss des Hafens an die Verkehrswege Straße, Wasser und Schiene. Es wird zwischen bimodal (Straße + Wasser) und trimodal (Straße + Wasser + Schiene) unterschieden.
Modal Split	Prozentuale Verteilung des Umschlags auf die verschiedenen Verkehrswege (Straße, Wasser, Schiene).
Peer-to-Peer-Energiemarkt	Vernetzung der Teilnehmer und direkter Handel von dezentral erzeugtem Strom (Bürger können z. B. eigenen PV-Strom direkt an ihren Nachbarn verkaufen).
Power-to-X	Zusammenfassender Ausdruck für Verfahren mit neuen oder neu eingeführten Optionen der Stromnutzung, in denen Strom aus einem variablen Stromangebot auf Basis erneuerbarer Energien in Verfahren zur Herstellung von Wertschöpfungsprodukten oder zur Bereitstellung von Dienstleistungen direkt oder indirekt genutzt wird.
Primärregelleistung	Bereitgestellte oder abgerufene Leistung, die zur Haltung der Normalfrequenz von 50 Hz im Stromnetz notwendig ist. Gleicht kurzfristige Laständerungen aus und muss innerhalb von 30 Sekunden und für mindestens 15 Minuten vollständig zur Verfügung stehen.
RoRo	„Roll on roll off“: Bewegliche Güter, die ohne zusätzliche Umschlagsaggregate aufgeladen oder gelöscht werden können (bspw. Autos).
Sektorkopplung	Nutzung von regenerativ bereitgestelltem Strom in weiteren Sektoren. Die Sektorkopplung dient der Integration regenerativer Energie in das Energiesystem und trägt somit zur Reduzierung der CO ₂ -Emissionen bei.

Binnenwasserstraße	„oberirdisches Gewässer als Wasserstraße im Küstengebiet gegen das Küstengewässer gesetzlich abgegrenzt“ [Deutsches Institut für Normung e.V.–09.1977]
Binnenschifffahrtsstraße	Binnenwasserstraße, auf der vorwiegend Binnenschiffe verkehren und auf der der Schiffsverkehr gesetzlich geregelt ist. [Deutsches Institut für Normung e.V.–09.1977]
Seeschifffahrtsstraße	„Binnenwasserstraße oder Seewasserstraße, auf der vorwiegend Seeschiffe verkehren und auf der der Schiffsverkehr gesetzlich geregelt ist.“ [Deutsches Institut für Normung e.V.–09.1977]
Temperaturgeführt	Logistik: temperierter Transport bzw. temperierte Lagerung temperatursensibler Güter.

Kurzfassung

Binnenhäfen haben als Knotenpunkte der Logistik und als industrielle Produktionsstandorte eine hohe wirtschaftliche Bedeutung und sind wichtige Handlungsräume für die Transformation des Energiesystems. Die vorliegende Studie gibt einen differenzierten Überblick über die Binnenhafenlandschaft in Deutschland, charakterisiert ausgewählte Häfen und analysiert diese hinsichtlich relevanter Anknüpfungspunkte für Transformationsprozesse. Dabei liegt der Fokus auf der Identifizierung von Optionen zum Ausbau von Erneuerbaren Energien (EE) und zur Kopplung bisher unabhängiger Sektoren. Zu diesem Zweck werden die Häfen kategorisiert und typologisiert. Die Erarbeitung der Hafentypologie erfolgt dabei in Anlehnung an bestehende Quartiers- und Siedlungstypologien und beinhaltet hafentypische Elemente, mit denen die Ausprägungen der zu untersuchenden Häfen jeweils beschrieben werden können. Die Typologie der Binnenhäfen bildet damit eine wichtige Grundlage für spätere Untersuchungen zur Übertragbarkeit von Transformationsprojekten innerhalb der Hafenlandschaft. Gleichzeitig erleichtert sie die Identifizierung von Synergiepotenzialen mit den durch Siedlungstypologien beschreibbaren angrenzenden urbanen Räumen. Insofern werden die Binnenhäfen in diesem Zusammenhang als besondere Stadtquartiere mit eigener Typologie aufgefasst.

Technologisch optimierte Konzepte können letztlich nur umgesetzt werden, wenn sie sich in den bestehenden regulatorischen Rahmen einfügen. Welche Gesetze, Verordnungen und Richtlinien jeweils zum Tragen kommen, ist standortbezogen abzuklären.

1 Einleitung

1.1 Binnenhäfen im Kontext der Energiewende

Binnenhäfen haben eine hohe Bedeutung für die Volkswirtschaft und tragen zur wirtschaftlichen Entwicklung sowie Wertschöpfung in den Regionen bei: Sowohl Endverbraucher als auch weiterverarbeitende Betriebe werden über sie erreicht. Binnenhäfen verbinden dabei den Transport von Gütern über Straße, Schiene und Wasserwege. Gleichzeitig sind sie mit den Herausforderungen der Energiewende konfrontiert. Ihre Weiterentwicklung als zukunftsfähige Logistikzentren, die sowohl den wirtschaftlichen als auch den Anforderungen des Klima- und Umweltschutzes entsprechen, ist folglich eine wichtige Aufgabe.

Mit Blick auf die Energiewende sind Binnenhäfen interessante Stadtgebiete mit einem eigenen Anforderungsprofil und großem Entwicklungspotenzial. Neben dem nationalen und internationalen Gütertransport und den Logistikunternehmen sind in den Häfen weitere Industrieunternehmen und Gewerbegebiete angesiedelt. Durch die Nähe zu Wohngebieten stehen Binnenhäfen zunehmend auch in der Verantwortung, zu einer attraktiven Wohnumgebung beizutragen. Das Projekt »enerPort« thematisiert die Energieversorgung von Binnenhäfen und leistet somit auch einen Beitrag zur Entwicklung von Quartierskonzepten. Solche Konzepte sind wesentliche Bausteine für die Umsetzung von Lösungen zur dezentralen Energieversorgung und für das Erreichen der Klimaschutzziele.

Das Projekt enerPort soll anhand von Gesamtkonzepten zur Energienutzung und -versorgung aufzeigen, wie Binnenhäfen als Stadtquartiere in Bezug auf die anstehenden Herausforderungen der Energiewende weiterentwickelt werden können. Wesentliches Merkmal des Vorhabens ist, dass keine objekt- oder unternehmensbezogenen Einzelmaßnahmen betrachtet werden, sondern eine ganzheitliche Transformation der Binnenhäfen angestrebt wird. Hier ist ein cross-industrieller Ansatz zur Sektorenkopplung von Energiewirtschaft mit Produktion, Logistik, urbanem Raum und Mobilität erforderlich, um übergreifend Synergien zu schaffen und die Potenziale der Standorte voll ausschöpfen zu können.

Um der Vielzahl der Binnenhäfen und ihrer unterschiedlichen Ausprägungen gerecht zu werden, liegt ein besonderes Augenmerk auf Fragen der Übertragbarkeit der Projektergebnisse. Daher ist die auch Erfassung, Kategorisierung und Charakterisierung der Binnenhäfen wesentlicher Bestandteil des Projekts. Die vorliegende Metastudie stellt die Ergebnisse der Untersuchungen dar und dient als Grundlage für eine zielgerichtete Planung von Maßnahmen zur Unterstützung des Transformationsprozesses an Binnenhäfen.

1.2 Aufbau der Studie

Im Rahmen der Studie wurde eine Internetrecherche zu Binnenhäfen durchgeführt. Hierüber konnten mehr als 170, teils sehr unterschiedlich ausgerichteten Häfen identifiziert werden. Mit Blick auf den Projektschwerpunkt wurde zunächst definiert, welche Häfen als projektrelevant anzusehen sind. Aus der Anwendung der Definition auf die Häfen resultierte eine Liste von insgesamt 123 projektrelevanten Binnenhäfen in Deutschland.

Es erfolgte eine weiterführende Datenerhebung zu diesen Häfen und es wurden Hafenkategorien anhand wesentlicher Unterscheidungsmerkmale definiert. Auf diese Weise konnten letztlich 75 Häfen kategorisiert werden (vgl. A.1 Liste der Binnenhäfen). Aus diesen wurden anhand festgelegter Kriterien 31 Häfen für die Erstellung eines Hafenquartetts ausgewählt. Dieses Quartett soll

die Vielfalt der Häfen widerspiegeln und eine Übersicht über die zu berücksichtigende Bandbreite an energetisch bedeutsamen Charakterisierungsmerkmalen aufzeigen.

Parallel wurde, angelehnt an die für Stadtquartiere entwickelte Siedlungstypologie von Erhorn-Kluttig et al, eine Typologie zur Beschreibung von Binnenhäfen erarbeitet. [Erhorn-Kluttig–2011] Diese Typologie soll dazu beitragen, die Häfen anhand standardisierter Merkmale beschreiben zu können, so dass bei Überlegungen zur Übertragbarkeit von Transformationskonzepten hierauf aufgebaut werden kann.

Um weiterhin den Stand der Bearbeitung energietechnischer Fragestellungen an Häfen zu beleuchten, wurde eine Recherche zu relevanten bestehenden Projekten an Häfen durchgeführt. Hierbei wurden auch Projekte an Seehäfen mit einbezogen, da es sinnvoll erscheint, auch diese auf Übertragbarkeit auf Binnenstandorte zu prüfen.

Die Studie ist als *Living Document* anzusehen: Sowohl die Anzahl der zu berücksichtigenden Häfen, als auch der Prozess der Datenerhebung und die im Laufe des Projekts herrschende besondere Lage im Zusammenhang mit der Corona-Krise, führen dazu, dass sich die Detailanalysen der Häfen nur mit starken zeitlichen Verzögerungen durchführen lassen. Die Studie wird daher im Laufe des gesamten Projekts immer weiter aktualisiert und vervollständigt werden. Vorliegend ist die 2. Version des Living Documents. Die erste Version diente als Meilensteinbericht des Projekts enerPort für den Projektträger Jülich und das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie.

1.3 Vorgehen bei der Datenerhebung

Um die ermittelten Häfen genauer beschreiben zu können, wurden alle relevanten Häfen in zwei Umfragerunden per E-Mail angeschrieben und um Auskunft zu Basisdaten ihrer Häfen gebeten. Geantwortet haben auf diese Anfrage 30 Häfen, davon waren 21 Antworten auswertbar, drei Antworten enthielten keine verwertbaren Daten und in sechs Fällen kam eine Absage.

Aus den erhaltenen Antworten wurden 28 Häfen für eine Detailanalyse ausgewählt und in einer zweiten Umfragerunde erneut kontaktiert und um weiterführende Auskünfte gebeten. Aufgrund geringer Rücklaufquote (insgesamt sind neun Antworten eingegangen) und der Erkenntnisse aus den eingegangenen Antworten, wurde eine weitere Umfragerunde aufgesetzt. Im Gegensatz zur zweiten Umfragerunde wurde der Fokus hier auf qualitative Fragen gelegt. Außerdem wurde der Teilnehmerkreis auf 31 Häfen erhöht. Alle Umfragen wurden zwischen November 2019 und September 2020 durchgeführt. Die Fragebögen aller Umfragen sind dem Anhang beigefügt (siehe A.6 Versendete Fragebögen). Eine detaillierte der Inhalte der Umfragen findet sich in den Kapiteln 2.3 und 2.4.

Neben der Befragung der Häfen wurden umfangreiche Internet-Recherchen durchgeführt und GIS-Analysen in die Datenerhebung zu den Häfen mit einbezogen. Auf diese Weise konnte eine Datenbasis zusammengestellt werden, die es ermöglicht, zahlreiche Häfen weitergehend zu charakterisieren. Gleichzeitig lässt sich aus den hier gewonnenen Erkenntnissen zur Datenlage aber auch bestehender Optimierungsbedarf für die zielführende Bearbeitung von Projekten ableiten (vgl. Kap. 5).

1.4 Definition von Binnenhäfen im Sinne des Projekts

Die Metastudie bezieht sich auf deutsche Binnenhäfen. Sie soll einen Überblick über die Hafenslandschaft geben, bestehende Transformationsbestrebungen in der Energieversorgung beschreiben und Entwicklungspotenziale aufzeigen. Aus den 172 identifizierten Häfen mussten dafür diejenigen Häfen ausgewählt werden, die hinsichtlich der Zielsetzung im Projekt von besonderer Relevanz sind. Hierfür bedurfte es einer Definition der projektrelevanten Binnenhäfen.

Recherchen haben verschiedene bestehende Binnenhafen-Definitionen ergeben:

- DIN 4054 definiert einen Binnenhafen als „a) Überwiegend für Binnenschiffe bemessener Hafen; b) Teil eines Seehafens binnenseitig der Seeschleuse“. [Deutsches Institut für Normung e.V.–09.1977]
- In der Verordnung 2017/1084 der Europäischen Kommission wird der Binnenhafen als „Hafen, der kein Seehafen ist, und zur Aufnahme von Binnenschiffen bestimmt ist“ angesehen. [Eur. Kommission–20.6.2017]
- Die praxisorientierte Einstufung der Häfen durch das statistische Bundesamt steht im Gegensatz zu den beiden oben genannten Definitionen. Das Bundesamt ermittelt den Umschlag in der deutschen Binnenschifffahrt über Angaben der auskunftspflichtigen Schiffsführer. Da auch an Häfen, die hauptsächlich durch Seeverkehr geprägt sind, Binnenschiffe verkehren, werden zu den umschlagsstärksten Häfen der Binnenschifffahrt mit bspw. dem Hamburger Hafen auch Häfen gezählt, die nach den obenstehenden Definitionen nicht als Binnenhafen zu klassifizieren sind (vgl. Kapitel 2.1, Tabelle 2.1)

Weiter ist zu beachten, dass die Binnenschifffahrt neben dem Güterverkehr auch Personen- und Freizeitverkehr aufweist. Häfen und Anlagestellen, die durch diesen Verkehr geprägt sind, werden in den vorher genannten Definitionen nicht explizit erwähnt. Aufgrund der Zielsetzung im Projekt und den angestrebten Aussagen zur Übertragbarkeit der Konzepte, die für den durch Industrie und Warenumsatz geprägten Duisburger Hafen entwickelt werden sollen, sind diese Häfen als nicht relevant anzusehen. In Abstimmung mit dem Projektpartner duisport wurde daher eine eigene, für das Projekt relevante Definition von Binnenhäfen entwickelt:

Ein für das Projekt enerPort relevanter Binnenhafen ist ein Hafen mit Warenumsatz, der sich an einer Binnenwasserstraße befindet und über keinen direkten Zugang zu einer Seeschifffahrtsstraße verfügt.

Dabei ist eine Binnenwasserstraße nach DIN 4054 ein „oberirdisches Gewässer als Wasserstraße im Küstengebiet gegen das Küstengewässer gesetzlich abgegrenzt“. [Deutsches Institut für Normung e.V.–09.1977] Seeschifffahrtsstraßen sind eine „Binnenwasserstraße oder Seewasserstraße, auf der vorwiegend Seeschiffe verkehren und auf der der Schiffsverkehr gesetzlich geregelt ist.“ [Deutsches Institut für Normung e.V.–09.1977] Analog zu dieser Definition beschreibt DIN 4054 auch Binnenschifffahrtsstraßen. Die Binnenwasserstraße bezieht sich also auf die geographische Lage der Wasserstraßen, während sich Binnenschifffahrts- und Seeschifffahrtsstraßen aus dem hauptsächlich vorkommenden Verkehr auf der jeweiligen Wasserstraße ergeben. [Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes] Die Binnenwasserstraßen werden zusätzlich in Klassen unterteilt. Insgesamt gibt es neun Klassen für Binnenwasserstraßen. Diese definieren die maximalen Ausmaße der auf den Straßen verkehrenden Schiffe und Schubverbände. [Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt]

2 Metaanalyse Binnenhäfen Deutschland

Die folgenden Kapitel beschreiben die Ergebnisse der Metaanalyse. Ein Großteil der Arbeiten, insbesondere die Kapitel 2.1, 2.3 und 2.4 stützen sich dabei auf Ergebnisse einer Masterarbeit.¹

2.1 Übersicht Binnenhäfen

Die in Kapitel 1.4 formulierte Definition wurde auf die Liste der mehr als 170 ermittelten Binnenhäfen unter Zuhilfenahme einer weiteren Informationsquelle angewandt: Im Webportal der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) [Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes] sind alle Wasserstraßen des Bundes mit ihrer genauen Klasse dargestellt. Anhand dieses Tools wurde die Einhaltung der Definition für jeden relevanten Hafen überprüft. Insgesamt konnten so 123 projektrelevante Binnenhäfen identifiziert werden. Abbildung 1 zeigt diese Häfen in einer Karte.

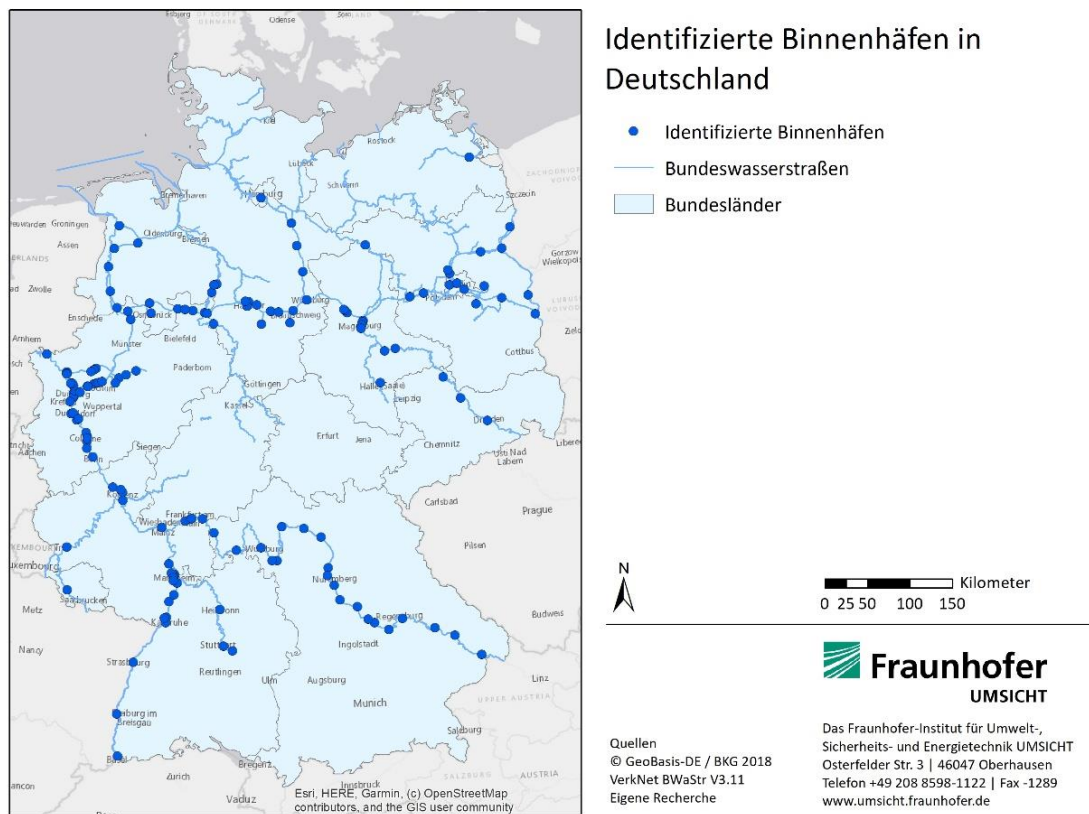


Abbildung 2.1: Übersicht der identifizierten projektrelevanten Häfen

¹ Die Masterarbeit wurde im Rahmen des Projekts am Fraunhofer UMSICHT angefertigt und betreut. Paschke [2020]

2.1.1 Charakterisierung der Hafenlandschaft

Erwähnenswert sind in diesem Zusammenhang die Häfen Bremen und Brunsbüttel. Diese waren im Jahr 2018 nach Angaben des statistischen Bundesamts unter den 20 umschlagsstärksten Häfen in der Binnenschifffahrt (vgl. Tabelle 2.1). Da beide Häfen aber direkt über eine Seeschiffahrtsstraße angefahren werden können, werden sie nach obenstehender Definition nicht betrachtet. Der Hamburger Hafen ist ein weiterer Sonderfall. Die Elbe um Hamburg liegt nicht im Verwaltungsbereich der WSV, sondern obliegt als Delegationsstrecke der Verwaltung des Bundeslandes Hamburg. Sie wird in der gesetzlichen Grundlage der Seeschiffahrtsstraßen, der Seeschiffahrtsstraßenordnung, explizit ausgegrenzt (siehe SeeSchStrO §1 Absatz 1 Satz 6.), gilt aber weiterhin als Binnenwasserstraße. Dadurch erfüllt der Hamburger Hafen die Bedingungen der Definition und wird in dieser Arbeit als Binnenhafen betrachtet. Um die Unterscheidung zwischen Umschlag aus Seeschiffahrt und Binnenschifffahrt (vgl. Kap 1.4) zu gewährleisten, wird in späteren Betrachtungen nicht der gesamte Umschlag des Hamburger Hafens, sondern der in Tabelle 2.1 angegebene Umschlag verwendet.

Tabelle 2.1: Die 20 umschlagsstärksten Hafenstandorte im Waren- und Containerumschlag in der Binnenschifffahrt. [Statistisches Bundesamt–2019]

Hafenstandort	Warenumschlag [1000 t]	Hafenstandort	Containerumschlag [1000 TEU]
Duisburg	48130	Duisburg	541
Hamburg	9794	Wörth am Rhein	181
Köln	8860	Neuss	129
Neuss	7656	Hamburg	127
Mannheim	7525	Germersheim	121
Karlsruhe	6414	Mainz	108
Ludwigshafen am Rhein	6052	Mannheim	94
Frankfurt am Main	4747	Emmerich am Rhein	92
Kiesbaggereien Kreis Wesel	4300	Bremerhaven	86
Gelsenkirchen	3908	Düsseldorf	86
Kehl	3907	Köln	77
Bremen	3710	Ludwigshafen am Rhein	73
Hamm	3483	Bremen	66
Brunsbüttel	3360	Bonn	64
Krefeld	3333	Braunschweig	60
Mainz	3222	Voerde (Niederrhein)	59
Marl	3139	Frankfurt am Main	57
Bottrop	3028	Krefeld	48
Saarlouis	2913	Koblenz	35
Salzgitter	2766	Kehl	33

2.1.2 Der Blick auf die Binnenhäfen

Eine Auswahl von sechs Veröffentlichungen zu Binnenhäfen und Verkehrswegen zeigt, wie sich der Blick auf die Häfen im Verlauf des letzten Jahrzehnts gewandelt hat. Im Jahr 2008 hebt die Landesregierung in NRW in der Fortschreibung des Wasserstraßenverkehrs- und Hafenkonzepts NRW in Anbetracht zunehmender Transportvolumina im Zuge der Globalisierung die Bedeutung der Binnenhäfen als wichtige Wirtschaftsstandorte hervor. Hier wurde der Bedarf gesehen, die Leistungsfähigkeit der Häfen weiter auszubauen und ihre Entwicklung hin zu trimodalen Knotenpunkten der Logistik voranzutreiben. [MBV NRW–2008] Auch Baden-Württemberg hat zu diesem Zeitpunkt Handlungsbedarf gesehen und eine Grundlagenuntersuchung in 2010 veröffentlicht. In dieser Untersuchung lag der Schwerpunkt darauf, die Kapazitätsreserven, die der Binnenschifffahrt in Bezug auf die Transportleistungen zugeschrieben wurden, zu analysieren sowie Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken herauszustellen. [IVT e. V.–2010] Im gleichen Jahr erschien eine Untersuchung zum Thema Binnenhäfen im Spannungsfeld konkurrierender Nutzungsinteressen. Hier rückt in den Fokus, dass Hafensareale neben ihrer hohen wirtschaftlichen Bedeutung als Logistiknotenpunkte durch ihre Stadtanbindung auch große Potenziale für die Neuentwicklung von Stadtquartieren mit Wasserbezug bieten. Am Beispiel des Medienhafens Düsseldorf wird aufgezeigt, dass Hafensareale in dieser Hinsicht sehr attraktive Standorte für Unternehmen sind. Somit resultieren Konkurrenzen um Flächen, aber auch Konflikte „durch das Nebeneinander von hafenswirtschaftlichen Nutzungen und benachbarten Büro-, Wohn- oder Freizeitnutzungen.“ Insbesondere die Verfügbarkeit von Flächen wird dabei als problematisch angesehen. [MWEBWV NRW–2010] Im Oktober 2015 erscheint das Nationale Hafenkonzept als Weiterentwicklung des Konzepts von 2009, richtet den Blick auf den internationalen Handel und bezieht auch die Binnenhäfen als Verbindung der deutschen Unternehmen mit den Weltmärkten explizit in dieses Konzept ein. Neben handelspezifischen Aspekten und Infrastrukturfragen sind beispielsweise auch Punkte wie Gefahrenabwehr und Sicherheit im IT-Bereich, demografischer Wandel sowie Umwelt- und Klimaschutz unter den Punkten, die die Weiterentwicklung erforderlich machen. [Die Bundesregierung–2015] Im Bundesverkehrswegeplan von 2016 wird dargelegt, wie die Verkehrswege modernisiert und die Infrastruktur vernetzt werden soll. Projekte zu Wasserstraßen werden hier als großräumig bedeutsam angesehen. Zwar zählen Häfen und Güterverkehrszentren nicht zu den Bundesverkehrswegen, ihre Anbindung obliegt jedoch dem Bund. [BMVI–2016] Im Masterplan Binnenschifffahrt findet der Bundesverkehrswegeplan seine spezifische Ausgestaltung für die wasserseitige Anbindung der Häfen. Hier werden die Infrastruktur, die Flotte, digitale Herausforderungen, die Stärkung der Binnenschifffahrt in der Transportkette sowie Maßnahmen zur Sicherung des Fachkräftebedarfs adressiert. Dabei sollen auch die Herausforderungen des Klimawandels und Maßnahmen zum Umweltschutz maßgeblich berücksichtigt werden. [BMVI–2019b] Im Projekt enerPort werden diese Entwicklungen aufgegriffen, indem die Energieversorgung der Häfen in den Mittelpunkt gerückt und der Quartiersbezug unter diesem Blickwinkel nochmals neu bewertet wird.

2.2 GIS-Analysen

Für die Charakterisierung von Binnenhäfen in Deutschland sind Informationen zu den Hafenflächen selbst und für deren Umgebung erforderlich, die über eine Umgebungsanalyse unter Einsatz von Geoinformationssystemen (GIS) ermittelt wurden. Im Rahmen der Analyse wurden Indikatoren zu verschiedenen Themenfeldern ausgewählt. Für deren Berechnung wurden nutzbare Geodaten identifiziert und über Geoprozessierung wurden Informationen aus den Geodaten für das Indikatorensystem gewonnen. Zu jedem Indikator wurde eine Karte erstellt (siehe Anhang A.3 GIS-Karten).

Für die Berechnung der Indikatoren sind generell zwei Datensätze notwendig: (1) Standort und (2) Umgebung. Diese Datensätze mussten zunächst aus anderen Geodatensätzen abgeleitet werden. Folgende Geodaten standen dafür zur Verfügung:

(1) Der Standort ist der jeweilige Binnenhafen. Für den Standort werden zumeist Punktdaten verwendet, es können jedoch auch Flächendaten Anwendung finden. Aus verschiedenen Quellen liegen mehrere Datensätze für Häfen vor:

- eigene Recherche (Punktdaten)
- offene Geodaten: OSM (Punkt- und Flächendaten)
- amtliche Geodaten: Basis-DLM (Punkt- und Flächendaten)

→ Ein Datensatz mit recherchierten Binnenhafenstandorten wird als Startpunkt der Indikatorenberechnungen genutzt und um Koordinaten der Hafenzentren ergänzt.

(2) Für die Umgebung werden eine Reihe von Informationen benötigt. Grundlage für die inhaltliche Auswahl der Daten ist das zu entwickelnde Indikatorensystem. Es liegen bereits mehrere Datensätze für die Hafenumgebung aus verschiedenen Quellen vor:

Offene Geodaten:

- OSM (Punkt- und Flächendaten)

Amtliche Geodaten:

- Basis-DLM, Geländemodell etc. (Punkt- und Flächendaten)
- Zensus (Rasterdaten)
- DWD (Rasterdaten)

Privatwirtschaftliche Geodaten:

- VGE-Gasnetz Karte (Punkt-, Liniendaten)
- Lutum&Tappert Energiekarten (Punkt-, Linien und Flächendaten)

Für die Berechnung der Indikatoren sind Grundmodelle zur Geodatenverarbeitung erstellt worden, ein Beispiel hierfür ist in Abbildung 2.2 dargestellt.

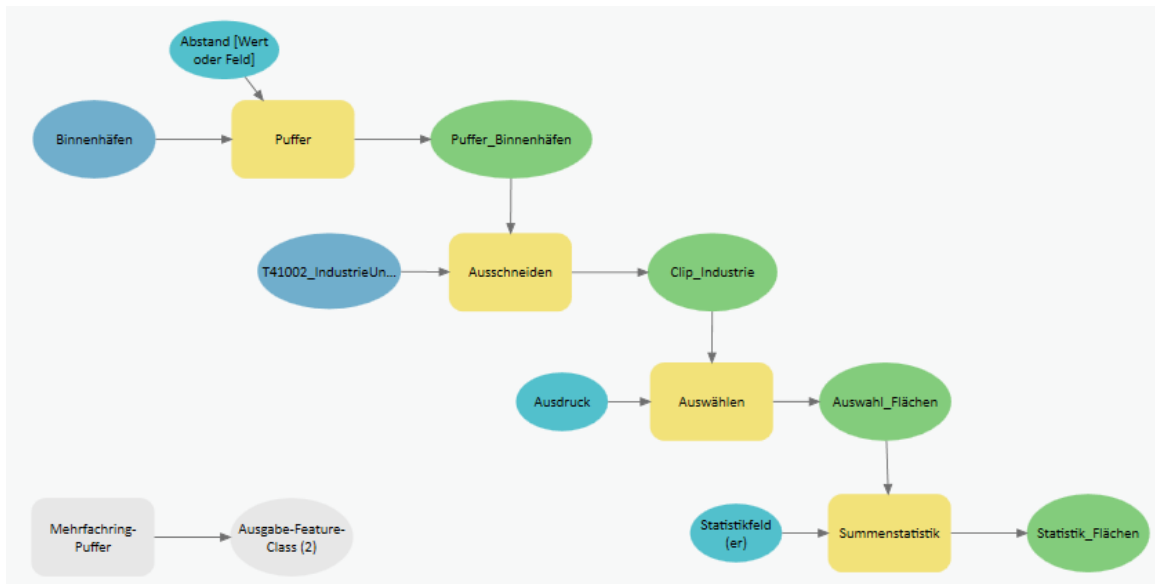


Abbildung 2.2: Model Builder Prozess: Umgebungsanalyse für Flächenstatistik

Auf Basis dieser Grundmodelle lassen sich in Abhängigkeit der zu generierenden Indikatoren und Informationen mehrere weitere Rahmenbedingungen und Anforderungen (Modifikationen) definieren, die im Modell zu berücksichtigen sind. Soll innerhalb eines Indikators auch die tatsächliche Erreichbarkeit, entweder des Hafens oder des Objekts in der Umgebung des Hafens, berücksichtigt werden, so ist die Lage des Hafens in Bezug auf die Flussseite entscheidend (Abbildung 2.3). Denn die gegenüberliegende Flussseite ist womöglich nur über Brücken oder eine andere Form der Flussquerung zu erreichen. Dies kann sich auf die reale Distanz auswirken. Hierzu ist eine entsprechende Modellerweiterung realisiert worden.

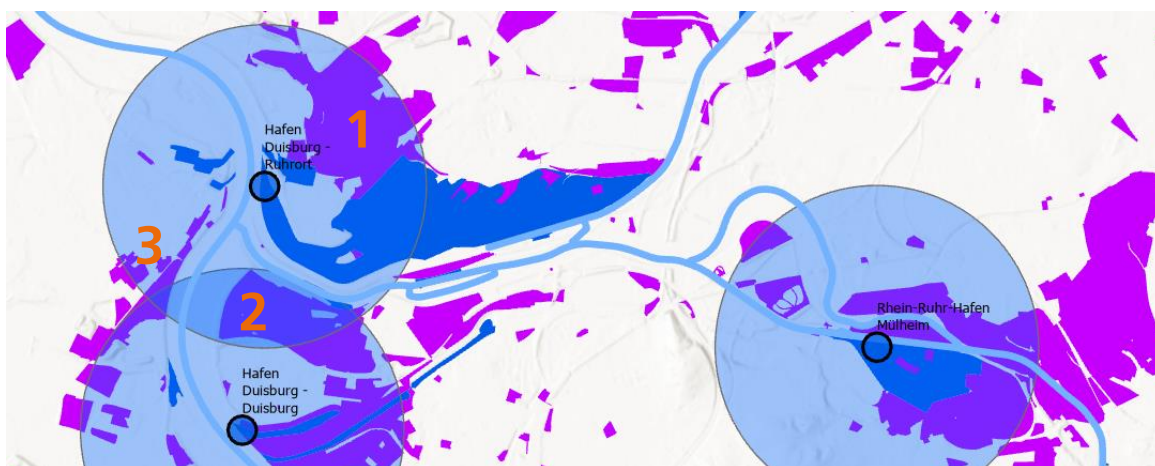


Abbildung 2.3: Lage von Industrie- und Gewerbeflächen in der Umgebung (hier 2 km Radius) von Binnenhäfen am Beispiel Duisburg und Mülheim

Insgesamt sind 12 Indikatoren für 172 Hafenstandorte berechnet worden, wobei bei einzelnen Indikatoren mehrere Varianten vorliegen (beispielsweise durch die Differenzierung in Flussseiten). Nachfolgend sind sie entsprechend ihrer thematischen Zuordnung aufgelistet. Die Indikatoren werden für die Bewertung von vier verschiedenen Aspekten der Binnenhäfen genutzt.

2.2.1 Wirtschaftliche Bedeutung

Tabelle 2.2: Indikatorbeschreibung I1: Distanz zur nächsten Autobahnauffahrt

Einordnung	Beschreibung
Zweck	Die Verkehrsanbindung über die Straße soll bewertet werden.
Erforderliche Geodaten	Basis-DLM, ver01_I, WDM 1301 ODER: OSM-Daten
Geodatenverarbeitung	Datensatz ver01_I für Deutschland erstellen (Zusammenführen), WDM 1301 auswählen (Auswählen), Entfernung vom Hafenzentrum zum nächsten Autobahn identifizieren (Near-Tabelle generieren)
Anmerkung	-

Tabelle 2.3: Indikatorbeschreibung I2: Distanz zum nächsten Frachtflughafen

Einordnung	Beschreibung
Zweck	Die Verkehrsanbindung über den Luftweg soll bewertet werden.
Erforderliche Geodaten	Basis-DLM: ver04_f
Geodatenverarbeitung	Datensatz ver04_f für Deutschland erstellen (Zusammenführen), ART 5510, 5511, 5512, ggfs. 5520 auswählen (Auswählen), Entfernung vom Hafenzentrum zum nächsten Flughafen identifizieren (Near-Tabelle generieren)
Anmerkung	Information, welcher Flughafen ein Frachtflughafen ist, ist erforderlich, wenn Information ART nicht ausreicht. Dieser Indikator wurde im weiteren Verlauf nicht mehr berücksichtigt, da die Frachtflughäfen nur in geringem Maße mit Binnenhäfen interagieren.

Tabelle 2.4: Indikatorbeschreibung I3: Distanz zum nächsten Seehafen

Einordnung	Beschreibung
Zweck	Die Verkehrsanbindung über Seehäfen soll bewertet werden.
Erforderliche Geodaten	BundesstraßenD, Häfen OSM
Geodatenverarbeitung	Network Dataset der Bundeswasserstraßen für Deutschland erstellen, Nächsten Seehafen identifizieren über den Network Analyst
Anmerkung	Dargestellt werden der nächste Seehafen und die dazugehörige Entfernung.

Tabelle 2.5: Indikatorbeschreibung I4: Distanz zur nächsten Bahnstrecke/Gleis

Einordnung	Beschreibung
Zweck	Die Verkehrsanbindung über die Schiene soll bewertet werden.
Erforderliche Geodaten	Basis-DLM: ver03_l oder ver06_p
Geodatenverarbeitung	Datensatz ver03_l / ver06_p für Deutschland erstellen (Zusammenführen), Entfernung vom Hafenzentrum zur nächsten Bahnstrecke identifizieren (Near-Tabelle generieren)
Anmerkung	Dargestellt wird die Entfernung zur nächsten Bahnstrecke und ob es in 3 km Entfernung eine Anbindung.

2.2.2 Quartiersanbindung

Tabelle 2.6: Indikatorbeschreibung I5: Wohnbaufläche in 3 km Radius

Einordnung	Beschreibung
Zweck	Die Bedeutung der Wohnbebauung soll quantifiziert werden.
Erforderliche Geodaten	Basis-DLM: sie02_f
Geodatenverarbeitung	Feature Class für Objektart 41001 erstellen; Verschneidung mit dem 3 km Puffer der Hafenzentren und der Wohnbaufläche durchführen; Flusseite beachten (Flussseiten und Wohnbaufläche paarweise überschneiden und Ergebnis mit dem Puffer räumlich verbinden)
Anmerkung	Flusseite wird berücksichtigt

Tabelle 2.7: Indikatorbeschreibung I6: Anzahl Bevölkerung in 3km Radius

Einordnung	Beschreibung
Zweck	Die Bedeutung der Wohnbevölkerung soll quantifiziert werden.
Erforderliche Geodaten	Zensus-Daten
Geodatenverarbeitung	Rasterdatenverarbeitung
Anmerkung	Flusseite wird berücksichtigt

Tabelle 2.8: Indikatorbeschreibung I7: Gewerbe- und Industrieflächen in 3km Radius

Einordnung	Beschreibung
Zweck	Die Bedeutung der Gewerbe- und Industriebebauung soll quantifiziert werden.
Erforderliche Geodaten	Basis-DLM: sie02_f
Geodatenverarbeitung	Feature Class für Objektart 41002 erstellen; Verschneidung mit dem 3 km Puffer der Hafenzentren und der Gewerbe- und Industriefläche durchführen; Flusseite beachten (Flussseiten und Gewerbe- und Industriefläche paarweise überschneiden und Ergebnis mit dem Puffer räumlich verbinden)
Anmerkung	Flusseite wird berücksichtigt

2.2.3 Sektorkopplung

Tabelle 2.9: Indikatorbeschreibung I8: Distanz zur nächsten Gasleitung

Einordnung	Beschreibung
Zweck	Entfernungen zu Energieinfrastrukturen ermitteln
Erforderliche Geodaten	VGE-Gasnetzkarte, Lutum&Tappert Energiekarten (Punkt-, Linien und Flächendaten), Basis-DLM
Geodatenverarbeitung	Gasnetzkarten aufbereiten, Entfernung vom Hafenzentrum zur nächsten Gasleitung identifizieren (Near-Tabelle generieren), Flussseite beachten (Flussseiten und Gasleitungen paarweise überschneiden und Ergebnis mit dem Puffer räumlich verbinden)
Anmerkung	Flussseite wird berücksichtigt

Tabelle 2.10: Indikatorbeschreibung I9: Gasleitungsklassen in 3 km Radius

Einordnung	Beschreibung
Zweck	Energieinfrastrukturen im Umkreis ermitteln
Erforderliche Geodaten	VGE-Gasnetzkarte, Basis-DLM
Geodatenverarbeitung	Aufbereitete Gasnetzkarte aus I8 verwenden und eine Verschneidung mit dem 3 km Puffer der Hafenzentren durchführen; Danach Gasleitungsklassen klassifizieren
Anmerkung	Flussseite wird nicht berücksichtigt

Tabelle 2.11: Indikatorbeschreibung I10: Wasserstoffleitungen in 15km und 3km Radius

Einordnung	Beschreibung
Zweck	Energieinfrastrukturen im Umkreis ermitteln
Erforderliche Geodaten	Recherche, selbst digitalisierte Karte (Datengrundlage: Gastechnologisches Institut gGmbH; AirLiquide)
Geodatenverarbeitung	Entfernung vom Hafenzentrum zur nächsten Wasserstoffleitung identifizieren in bis zu 15 km Entfernung (Near-Tabelle generieren)
Anmerkung	Offizielle Daten zu Leitungsverläufen sind nicht verfügbar, die Lage der Leitungen ist daher nicht genau zu bestimmen. Die Indikatorvariante mit einem 15 km Radius ist daher vorzuziehen.

2.2.4 Erneuerbare Energien

Tabelle 2.12: Indikatorbeschreibung I11: PV-Potenzial: Gebäudegrundflächen in 3km Radius

Einordnung	Beschreibung
Zweck	Ermittlung des PV-Potenzials an den Standorten
Erforderliche Geodaten	Hausumringe als Datengrundlage, Daten aus BAES II-Projekt, Dachflächen und Freiflächenpotenzial
Geodatenverarbeitung	Verschneidung mit dem 3 km Puffer der Hafenzentren und der Hausumringe durchführen; Flussseite beachten (Flussseiten und Hausumringe paarweise überschneiden und Ergebnis mit dem Puffer räumlich verbinden)
Anmerkung	Flussseite wird berücksichtigt

Tabelle 2.13: Indikatorbeschreibung I12: Wind-Potenzial: Potenzialflächen in 3 km Radius

Einordnung	Beschreibung
Zweck	Ermittlung Windenergiepotenzials an den Standorten
Erforderliche Geodaten	Daten aus BAES II-Projekt, Windenergiepotenzial 100m/140m
Geodatenverarbeitung	Standardmodellierung für Flächen
Anmerkung	Dargestellt werden die Potenzialflächen und mögliche platzierbare Anlagen

2.3 Typologisierung von Binnenhäfen

2.3.1 Kategorisierung von Binnenhäfen

Aus den Ergebnissen der Recherchen, der GIS-Analysen sowie der Hafenumfragen wurden Charakterisierungsmerkmale gefiltert, auf deren Basis eine Gruppierung der Häfen vorgenommen wurde.

Ein wesentliches Merkmal für die Einordnung von Häfen ist der Warenumsatz. Dieser korreliert mit der Größe und wirtschaftlichen Bedeutung des Hafens. Er bildet die Grundlage für Wechselwirkungen mit dem Verkehrssektor, da das Verkehrsaufkommen proportional mit der Größe des Hafens steigt. Aufgrund der eingeschränkten Datenverfügbarkeit zum Gesamtumsatz wurde die Gruppierung anhand des wasserseitigen Umschlages durchgeführt. Um eine – bei Anwendung weiterer Merkmale – zu kleinteilige Gruppierung zu vermeiden, wurden zwei umsatzbasierte Kategorien definiert. Als große Häfen werden dabei Häfen mit einem wasserseitigen Umsatz von über 3 Mio. Tonnen jährlich angesehen. Häfen mit kleineren Umsatzzahlen gelten als kleine Häfen.

Des Weiteren wurde die verkehrliche Anbindung bzw. Modalität des Hafens als Charakterisierungsmerkmal ausgewählt. Hier kann zwischen bimodal (Wasser + Straße) und trimodal (Wasser + Straße + Schiene) angebundenen Häfen unterschieden werden. Die Modalität ist ein wichtiger Faktor für die wirtschaftliche Bedeutung des Hafens sowie für die Auswahl möglicher Power-to-X-Technologien, da sich der Kraftstoffbedarf zwischen den verschiedenen Verkehrswegen unterscheidet.

Neben dem Hafengelände selbst wurden auch die angrenzenden Quartiere in die Gruppierung aufgenommen. Dafür wurde ein Radius von drei Kilometern ausgehend von der Mitte des Hafengeländes definiert. Stadtgebiete, die in diesem Umkreis liegen, wurden als angrenzende Quartiere betrachtet. Dies gilt auch für Gebiete, die ggf. keine eigene Grenze zum Hafen haben. Es wurde nicht unterschieden, ob sich ein Quartier noch weiter über den 3 km-Radius hinaus erstreckt oder nicht – alle Flächen innerhalb der drei Kilometer wurden berücksichtigt (vgl. Tabelle 2.6 und Tabelle 2.8).

Für die spätere Betrachtung von Optionen zur Sektorenkopplung ist der Charakter dieser angrenzenden Gebiete essenziell, da er Aufschlüsse über den Energiebedarf und die geeignete Wahl von Power-to-X-Technologien ermöglicht. Für die Charakterisierung wurde zwischen Wohnbau- und Gewerbebauflächen unterschieden. Dabei sind Industriebauflächen in Gewerbebauflächen einbezogen. Für die Einordnung wurden fünf Gebietsklassen definiert, die über den prozentualen Anteil der einzelnen Bauflächentypen an der gesamten Baufläche bestimmt werden. Hierüber lässt sich die Art der Quartiersanbindung in differenzierter Weise beschreiben. Es ergibt sich die in Tabelle 2.14 aufgezeigte Einteilung.

Tabelle 2.14: Beschreibung der Quartiersanbindung

Gebiets- klasse	Prozentualer Anteil der Wohnbaufläche	Prozentualer Anteil der Gewerbe/Industriefläche	Bezeichnung der Anbindung
I	0-10	90-100	Gewerbe/Industrie
II	10-40	60-90	Gewerbe/Industrie-affin
III	40-60	40-60	Mischform
IV	60-90	10-40	Wohnbau-affin
V	90-100	0-10	Wohnbau

Über die Kombination dieser Merkmale wurden 20 theoretische Kategorien gebildet. Auf Basis der erhobenen Daten konnten 75 der 123 Häfen zugeordnet werden (vgl. A.1 Liste der Binnenhäfen). Insgesamt wurden dabei zehn der theoretischen Kategorien tatsächlich Häfen zugewiesen (siehe Tabelle 2.15).

Tabelle 2.15: gebildete Kategorien, denen Häfen zugewiesen werden konnten

Typ	Warenumschatz [groß, klein]	Modalität	Quartiersanbindung
A	Groß	Trimodal	Mischform
B	Groß	Trimodal	Wohnbau-affin
C	Groß	Trimodal	Gewerbe/Industrie-affin
E	Groß	Trimodal	Gewerbe/Industrie
K	Klein	Trimodal	Mischform
L	Klein	Trimodal	Wohnbau-affin
M	Klein	Trimodal	Gewerbe/Industrie-affin
O	Klein	Trimodal	Gewerbe/Industrie
P	Klein	Bimodal	Mischform
Q	Klein	Bimodal	Wohnbau-affin

Mangels umfassender Datenverfügbarkeit wurde für die Einordnung der Häfen der wasserseitige Warenumschatz statt des Gesamtumschlags herangezogen. Hierüber konnte größtenteils eine treffende Einordnung erzielt werden. Aber bspw. anhand der Betrachtung des Nürnberger Hafens wird eine Schwachstelle des Kriteriums deutlich: Allein der Bahnumschatz übersteigt hier den Gesamtumschatz des Hafens Kelheim aus der gleichen Kategorie deutlich (siehe A.4 Hafenquartett). Gemessen am Gesamtumschatz wäre der Hafen daher treffender als großer Hafen einzuordnen. Weiterhin zeigt sich auch bei der Bestimmung der Mittelpunkte von Häfen eine Problematik: Die Hafenflächen sind in den gängigen Geoinformationsportalen nicht einheitlich sowie lückenhaft hinterlegt. Die Bestimmung des genauen Hafenareals wird dadurch sehr erschwert und kann zu einer falschen Bestimmung des Mittelpunkts führen. Des Weiteren ergeben sich Probleme bei Hafenstandorten mit mehreren, räumlich abgegrenzten Terminals. Die Setzung eines gemeinsamen Mittelpunkts kann hier zu einer fehlerhaften Einschätzung der Quartiersanbindung führen. So wurde für den Hafen Hamburg bspw. der zu betrachtende Umkreis aus der abgeschätzten Mitte der im Zentrum von Hamburg liegenden Terminals gezogen. Aufgrund der Größe des Hafens hat sich dadurch allerdings eine Gewerbe- bzw. Industrie-affine Quartiersanbindung ergeben,

die, ob der starken Nähe der einzelnen Hafenbereiche zum Wohnbausektor, der tatsächlich vorliegenden Quartiersanbindung wohl nicht gerecht wird. Wird jedoch jedes Hafenaerial einzeln betrachtet, kann dies ebenfalls zu Fehlern führen. Im Fall des Duisburger Hafens wird das besonders deutlich. Durch die Definition eines relevanten Umkreises für jedes Hafenaerial ist hier annähernd die gesamte Stadt als angrenzendes Quartier zu betrachten.

Abbildung 2.4 zeigt die prozentuale Verteilung der betrachteten Häfen in den einzelnen Gruppen. Die Gruppen A, K, L und M bilden 83 % der Häfen ab, wobei Gruppe K mit 36 % die größte Gruppe ist. Die meisten der betrachteten Häfen haben einen wasserseitigen Umschlag von weniger als 3 Mio. Tonnen jährlich, 21 % der Häfen weisen einen größeren Umschlag auf. Von den als „groß“ eingestuften Häfen ist Gruppe A mit 16 % der Gesamtmenge am stärksten vertreten. Große Häfen zeichnen sich demnach durch ihre gemischte Quartiersanbindung aus. Sie liegen zumeist direkt in der Stadt und weisen trotz ihres gewerblichen bzw. industriellen Charakters eine große Nähe zum Wohnsektor auf. Insgesamt ist festzustellen, dass Binnenhäfen sehr häufig über eine gemischte Quartiersanbindung verfügen: 56% der Häfen wird die Anbindung der Mischform zugewiesen, 13 % verfügen über eine Gewerbe/Industrie-affine Anbindung und 27 % weisen eine Wohnbau-affine Anbindung auf. Lediglich 4% der Häfen zeigen eine Anbindung an reine Gewerbe- und Industriegebiete, während für keinen Hafen eine Anbindung an reine Wohngebiete beobachtet werden kann.

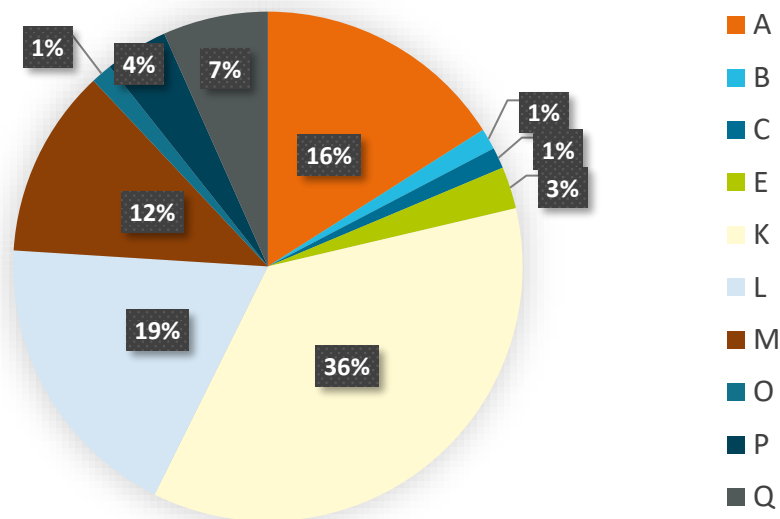


Abbildung 2.4: Prozentuale Verteilung der 75 Häfen in den Gruppen

Des Weiteren ist überwiegend eine trimodale Verkehrsanbindung zu beobachten. Es fällt auf, dass nur zwei von zehn Kategorien über eine bimodale Verkehrsanbindung verfügen. Diese beiden Kategorien enthalten 11 % der Häfen. Große Häfen sind immer trimodal an den Verkehr angeschlossen.

Die Verteilung in den Gruppen verdeutlicht den heterogenen Charakter von Binnenhäfen. Durch die überwiegend gegebene trimodale Verkehrsanbindung sowie den gemischten Charakter der angrenzenden Quartiere lassen sich Potentiale für die Kopplung der Sektoren Verkehr, Haushalte, GHD und Industrie vermuten.

2.3.2 Aufbau typischer Binnenhäfen

Anschließend zur Kategorisierung der identifizierten Binnenhäfen wurde analog zu der Typologisierung von Stadtquartieren nach Erhorn-Kluttig et. al. [Erhorn-Kluttig–2011] im zweiten Schritt eine Typologie für das Quartier Binnenhafen entwickelt, um die Strukturen des Quartiers Binnenhafen genauer beschreiben zu können. Diese soll u. a. eine weitergehende Unterscheidung verschiedener Hafentypen ermöglichen und Rückschlüsse auf energetische Kennwerte erlauben.

Dazu müssen in Anlehnung an die Kriterien zur Beschreibung von Stadtquartieren Kriterien für Binnenhäfen gefunden werden. Da Binnenhäfen nahezu ausschließlich aus Nichtwohngebäuden bestehen, sollen, analog zu der Typologie von Stadtquartieren, die Gebäudenutzung und der Gebäudetyp als ausschlaggebende Kriterien der Typologiebildung dienen. Für die Beschreibung der Gebäudetypen wurde, wenn möglich, auf die Bezeichnungen nach dem Bauwerkzuordnungskatalog zurückgegriffen. [Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg–2011] Die Nutzung der Gebäude ist in den Typen des Katalogs für gewöhnlich mit einbezogen. Neben den Gebäuden wurden auch Hafenanlagen und Wasserbauten wie Kaianlagen und Schleusen als Elemente der Typologie berücksichtigt. Um das Vorhandensein der Gebäude und Hafenanlagen zu prüfen, wurde eine Auswahl von Gebäuden und Bauwerken aus dem Bauwerkzuordnungskatalog zusammengestellt, dessen Relevanz für die Entwicklung einer Typologie für Binnenhäfen als hoch eingestuft wurde. Diese Liste (vgl. A.6 Versendete Fragebögen) wurde im Rahmen der zweiten Umfrage an 28 ausgewählte Häfen (vgl. Kap. 2.4) geschickt. Dabei wurde sowohl nach dem Vorhandensein von Bauwerken als auch nach ihrer Anzahl auf dem Hafengebiet gefragt, um eine quantitative Erfassung der einzelnen Elemente zu ermöglichen.

Da viele der kontaktierten Hafentreiber als Pächter agieren und daher keine detaillierten Informationen zu den einzelnen Hafengebieten und Akteuren besitzen, konnte die erstellte Liste nicht immer im erwünschten Detailgrad ausgefüllt werden. Eine zusätzlich geringe Rücklaufquote (von den 28 kontaktierten Häfen sind neun Antworten eingegangen) erforderte ein Anpassen der Methodik.

So wurden die am Hafen angesiedelten Industrie- und Gewerbeunternehmen über Internetrecherchen ermittelt. Außerdem wurde die typologische Struktur der Häfen mittels online verfügbaren Luftbildern approximativ beschrieben. Detaillierte Analysen zur genauen Nutzung einzelner Gebäude sowie hafentechnischer Anlagen wurden hingegen verworfen.

Um die Gebäudenutzung zu definieren, wurde die Unternehmenslandschaft einiger Häfen untersucht. Die Unternehmen wurden, soweit möglich, über Veröffentlichungen der Häfen selbst sowie anhand weiterer Recherchen über Google Maps ermittelt. Darüber hinaus enthielt die zweite Umfrage auch eine Frage nach den jeweils angesiedelten Unternehmen. Um einen Vergleich der Unternehmenslandschaften der verschiedenen Häfen zu ermöglichen, wurden die identifizierten Unternehmen in typisch vorkommende Gruppen eingeteilt. Des Weiteren erlaubt die Gruppenstruktur die Zuweisung von spezifischen Energieverbräuchen und Lastprofilen. Nachfolgend sind die gebildeten Gruppen aufgeführt:

Dienstleistung

Unter Dienstleistung sind alle Unternehmen eingeordnet, die einen vorherrschenden Bürobetrieb aufweisen. Darin enthalten sind bspw. Unternehmen der Informationstechnik, Verwaltungen, Polizeidienststellen und Versicherungen.

Produktion

Das produzierende Gewerbe sowie die Industrie ist der Gruppe Produktion zugeordnet.

Handel

Die Gruppe Handel beinhaltet alle Einzel- und Großhändler. Logistikzentren von großen Handelsketten sind nicht beinhaltet.

Recycling

Die Gruppe Recycling beschreibt alle Unternehmen, die vorher verwendete Wertstoffe annehmen, lagern oder aufbereiten.

Logistik

In der Gruppe Logistik sind die Unternehmen aufgeführt, welche den Umschlag oder Versand von Waren eigenhändig sicherstellen. Dazu gehören unter anderem Speditionen, Umschlagseinrichtungen, Warenlager und Poststellen.

Gewerbe

Die Gruppe Gewerbe beinhaltet sonstige Gewerbe oder gewerbeähnliche Betriebe, die in keine der vorherigen Gruppen eingeordnet werden konnten. Darunter fallen z. B. Werkstätten und andere handwerkliche Betriebe, Online-Händler ohne eigenen Fuhrpark, Feuerwehren, Veranstaltungsräume und Tankstellen.

Die in den Häfen vorkommenden Unternehmensgruppen sind in Abbildung 2.5 dargestellt. Die Untersuchung beinhaltet dabei 885 Unternehmen aus 19 Häfen. Mit 29 % machen Unternehmen der Gruppe „Logistik“ erwartungsgemäß den größten Anteil der identifizierten Unternehmen aus. Das Gewerbe bildet die zweitgrößte Gruppe, was durch die starke Heterogenität dieser Gruppe zu begründen ist. Die hier enthaltenen Unternehmen sind oft standortspezifisch und würden bei einer weiteren Auftrennung der Gruppe jeweils nur einen kleinen Anteil der Gesamtmenge ausmachen, wodurch eine unerwünschte Kleinteiligkeit in der Darstellung entstünde.

Die logistische Funktion von Häfen würde einen noch höheren Anteil von Logistik-Unternehmen erwarten lassen. Hier muss beachtet werden, dass der im Allgemeinen große Flächenbedarf der Unternehmen in der Verteilung nicht berücksichtigt ist. Durch diesen wird das tatsächliche Erscheinungsbild eines Hafens allerdings bestimmt. Daher können auch einzelne oder wenige Logistik-Unternehmen einen Hafen prägen. Die gleichmäßige Verteilung der weiteren Gruppen bestätigt dennoch den heterogenen Charakter von Binnenhäfen.

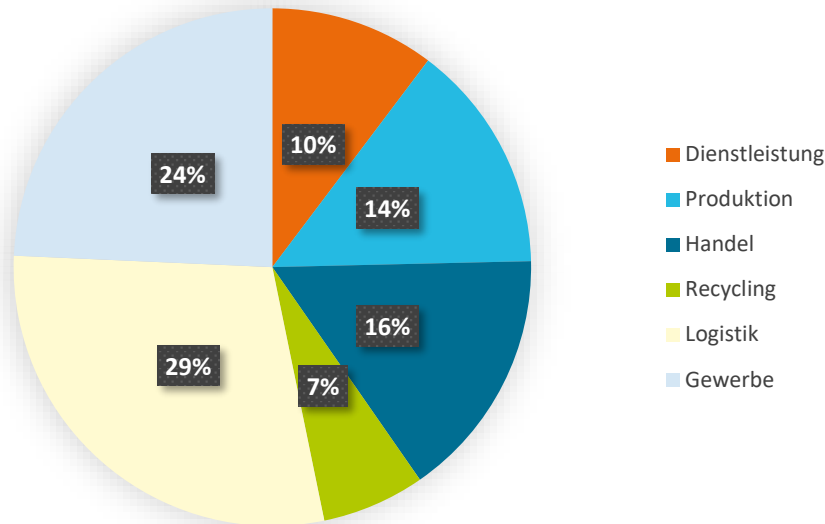


Abbildung 2.5: Verteilung aller identifizierten Unternehmen auf die Unternehmensgruppen.

Der Aufbau von Binnenhäfen ist dabei stark durch die vorhandenen Umschlagseinrichtungen und Lagerstätten geprägt. Aufgrund der Vielschichtigkeit der Umschlagsgüter sind diese Einrichtungen ebenfalls vielfältig. In Tabelle 2.16 sind die grundsätzlich zu definierenden Güterkategorien mit den typischerweise zugehörigen Lagerstätten dargestellt.

Tabelle 2.16: Klassifizierung von Güterarten

Güterkategorien	Lagerstätten
Schüttgüter	Freilager, Hallen, Silos
Stückgüter (Massengüter)	Freilager, Hallen
Flüssiggüter	Tanks
Container	Freilager
Schwergut	Freilager, Hallen
Roll-on-Roll-off (RoRo) Güter	Freilager, Hallen

Aus den unterschiedlichen Typen der Lagerstätten können sich prinzipiell verschiedene Möglichkeiten zur Einbindung von Photovoltaik bzw. Windkraft ergeben. Die Typen der Lagerstätten und ihre mögliche Eignung für die Installation von PV- oder Windkraftanlagen sowie gegenwärtig bestehende Hindernisse werden nachfolgend erläutert:

Freilager

Freilager sind Lagerflächen, die weder durch Mauern noch Dächer vor Wettereinflüssen geschützt werden. Sie werden für die Lagerung einer breiten Palette von Gütern verwendet. So finden sich Schüttgüter wie Kohle, Massengüter wie Holz, Stahl und Autos sowie Container und Schwergüter wie große Bauteile in solchen Lagerstätten. Da die Fläche gänzlich von den Gütern sowie den verkehrenden Umschlaganlagen eingenommen wird, ist die Integration von Photovoltaik und Windkraft in diesen Lagerstätten nur sehr eingeschränkt möglich.

Hallen

Hallen sind sehr flexibel einsetzbare Lagerflächen. Die Auswahl an Gütern, die in ihnen gelagert werden können, wird nur durch die benötigten Umschlagsaggregate eingeschränkt. So können Güter, die nur über Krane o. ä. Geräte bewegt werden können, nicht in den räumlich begrenzten Hallen gelagert werden. Dort, wo der Güterumschlag eine Hallenlagerung erlaubt, könnten sich passende Flächen für die einfache Integration von photovoltaischen Systemen ergeben. Die Eignung bestehender Dachflächen ist hierbei jedoch individuell zu prüfen. So sind neben Verschattungseffekten durch nahegelegene Bäume und Gebäude vor allem auch statische Randbedingungen zu betrachten, da viele Hallendächer nicht für die Befestigung von Solarmodulen ausgelegt sind.²

Tanks und Silos

Tanks werden für die Lagerung von Fluiden und Gasen verwendet, während Silos vor allem für die Lagerung von Getreide und Futtermitteln verwendet werden. Während Silos oft direkt an den Gebäudefassaden von Mühlen und Futterwerken angebaut sind, stehen Flüssig- und Gastanks meist isoliert von anderen Gebäuden. An Gebäude angebaute Silos könnten Flächen für photovoltaische Systeme bieten, da diese häufig abgeflacht und betoniert sind. Die Anbringung an Tanks ist dagegen problematischer: Für den Umschlag werden für beide Lagerstätten Rohre bzw. Pipelines verwendet, welche direkt an die Tanks der Verkehrsmittel angeschlossen werden können. Der Platzbedarf für den Umschlagsprozess ist daher zwar relativ gering. Durch ihre runde Form eignen sich Silos und Tanks jedoch nur bedingt für die Integration von Photovoltaikmodulen. Auch eine Nutzung der Freiflächen um die schattenwerfenden Tanks ist nicht sinnvoll. Als Alternative könnten ggf. photovoltaische Systeme auf Basis von biegsamen Folien verwendet werden. [pv magazine group GmbH & Co. KG–2018]

Eine qualitative Untersuchung der in Kapitel 2.3.1 kategorisierten Häfen über Luftbildaufnahmen in Google Maps in Hinblick auf die hauptsächlich vorkommenden Lagerstätten ergab die in Abbildung 2.6 gezeigte Verteilung. Ungefähr die Hälfte der Häfen weist ein gemischtes Vorkommen an Lagerstätten auf. Das heißt, alle der eingangs beschriebenen Lagerstätten sind auf dem Hafengelände zu finden. Etwas mehr als ein Viertel der Häfen weist eine Kombination aus zwei Lagerstätten auf. Die restlichen Häfen, die nur einen Typ von Lagerstätte aufweisen, sind durch Freilager dominiert.

² Angabe der Duisburger Hafen AG

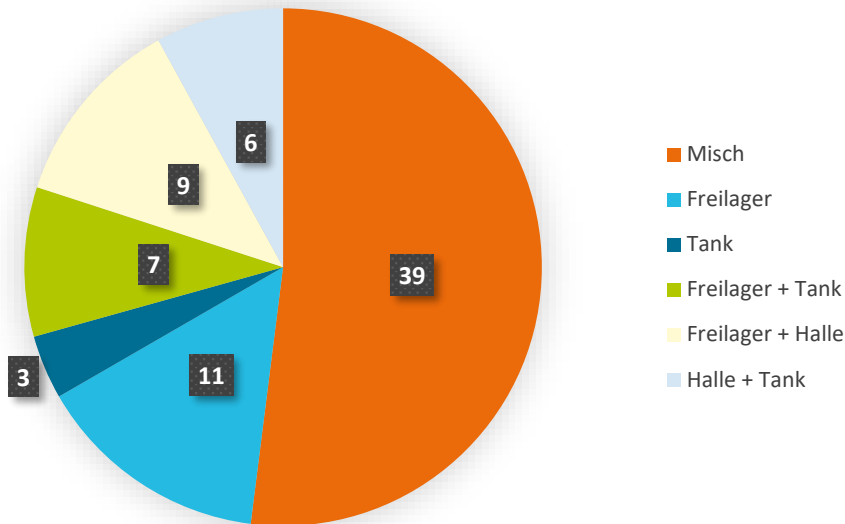


Abbildung 2.6: Aufkommen der Lagertypen in den 75 kategorisierten Häfen in Stückzahlen.

Bezogen auf die in Kapitel 2.3.1 definierten Kategorien ergibt sich die in Abbildung 2.7 gezeigte Verteilung. In den Kategorien A-C sowie K und L weisen jeweils mindestens die Hälfte der Häfen eine gemischte Lagerstruktur auf. Die als „groß“ klassifizierten Häfen sind besonders durch diese gemischte Struktur geprägt. Für die Häfen der Kategorie E sind verallgemeinernde Aussagen aufgrund der Gruppengrößen von nur zwei Häfen nur eingeschränkt möglich. Es ist aber festzustellen, dass zumindest einer dieser beiden Häfen ebenfalls über eine gemischte Lagerstruktur verfügt.

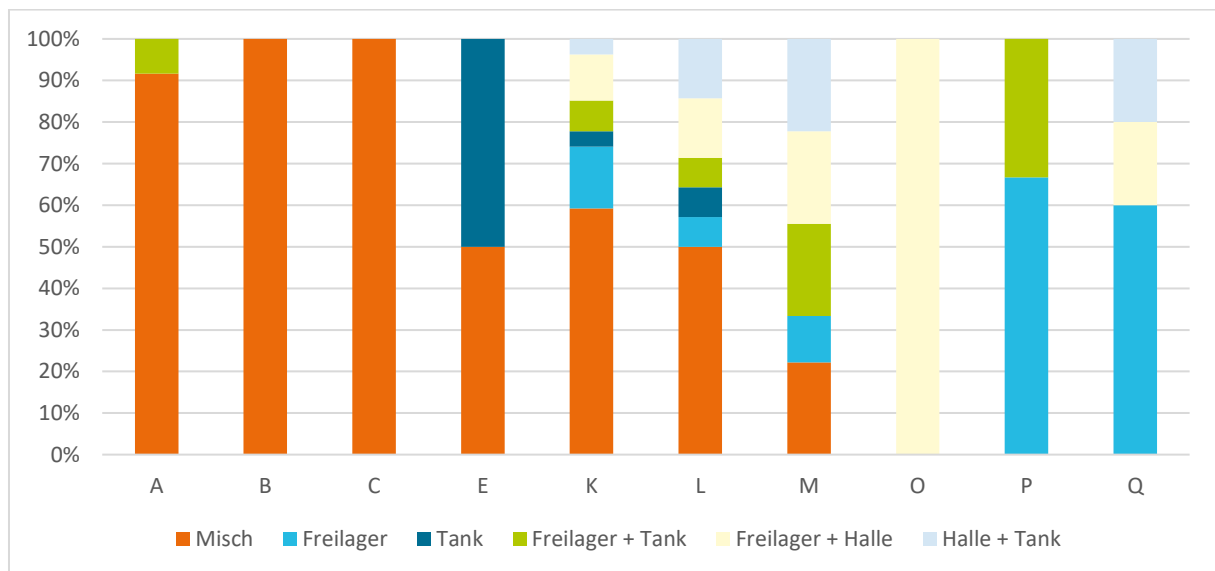


Abbildung 2.7: Lagerstruktur in den Häfen der Kategorien A-Q.

Bei den kleinen Häfen (K-Q) ist die Struktur der Lagerstätten differenzierter. In den Kategorien K und L dominiert zwar ebenfalls die Mischform, aber 40, bzw. 50% der dort zugewiesenen Häfen weist andere Lagerstrukturen auf. In den bimodalen Kategorien P und Q kommt die gemischte

Struktur unter den identifizierten Häfen nicht vor. Im Gegenteil weist der Großteil der Häfen hier eine homogene Lagerstruktur in Form von Freilagern auf. Es lässt sich vermuten, dass Häfen dieser Kategorien an sehr spezifischen und spezialisierten Standorten zu finden sind. Der Hafen der Kategorie O weist eine von Freilagern und Hallen dominierte Lagerstruktur auf.

Um einen Zusammenhang zwischen den dominierenden Lagerstätten und der Unternehmensstruktur herstellen zu können, sind in Abbildung 2.8 exemplarisch jeweils zwei Häfen mit gemischter Lagertypstruktur und in Abbildung 2.9 Hafensstandorte mit homogener Lagertypstruktur dargestellt.

Für die Lagerstrukturen „Misch“ und „Freilager + Halle“ liegt eine heterogene Unternehmensstruktur vor. Dies ist damit zu erklären, dass sowohl Freilager als auch Hallen als potentielle Lagerstätte für eine große Palette von Gütern dienen. Für die Kombination „Halle + Tank“ liegen vier der sechs Unternehmensgruppen vor. Ein gewisser Grad von Heterogenität ist hier durch die Präsenz von Lagerhallen gegeben. Tanks und Silos weisen allerdings ein begrenztes Spektrum von Umschlagsgütern auf, wodurch eine homogene Unternehmensstruktur zu erwarten ist. Das Wegfallen der Gruppen „Recycling“ und „Dienstleistung“ bei den Häfen mit dieser Lagerstruktur scheint diese Vermutung zu unterstreichen. Ebenfalls erwähnenswert ist der geringe Anteil an Logistikunternehmen im Hafen Dietfurt. Dieser rührt daher, dass die Umschlaganlagen des Hafens direkt an die Produktionsunternehmen gekoppelt sind. Die Hafensstandorte der Lagerkombination „Freilager + Tank“ weisen im Gegensatz zu den anderen Gruppen eine eher homogene Unternehmensstruktur auf. Diese beiden Standorte scheinen stark auf eine kleine Palette von Gütern spezialisiert zu sein, die auch stark von der im Ort ansässigen Industrie beeinflusst wird. So ist in der Nähe des Hafens Spelle-Venhaus ein Werk für Betonbauwerke und in Salzgitter ein Stahlwerk angesiedelt.

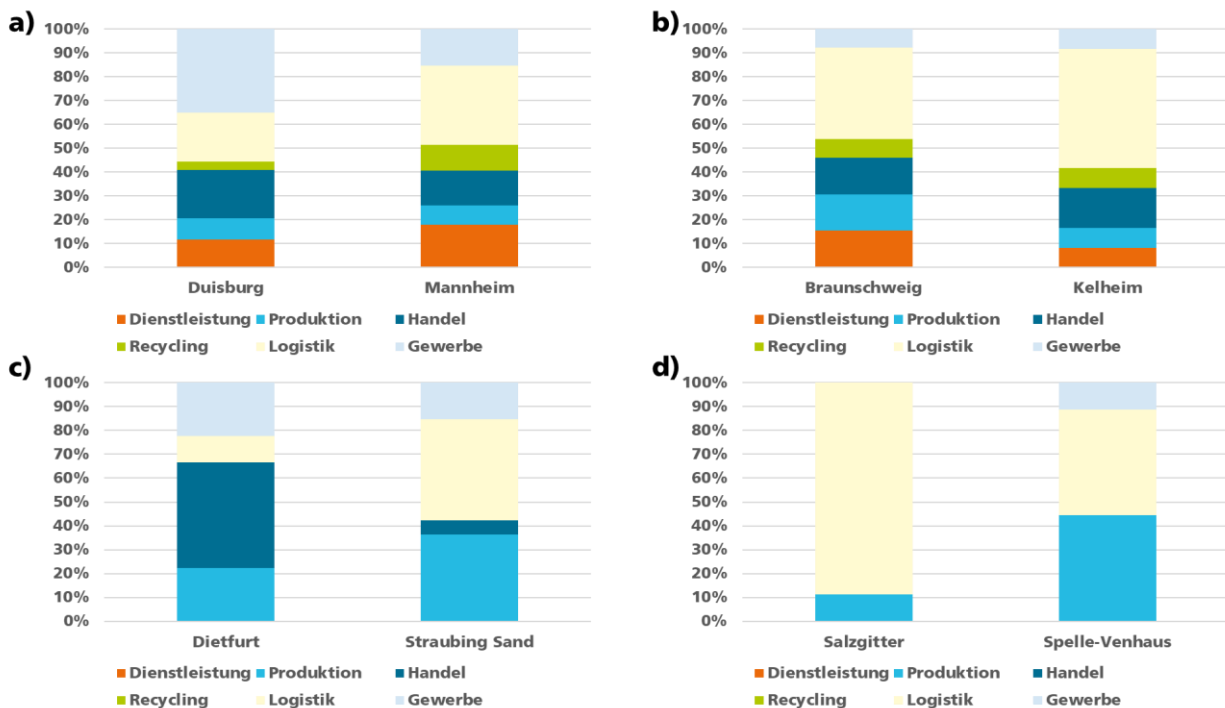


Abbildung 2.8: Vergleich der Unternehmensstruktur zwischen ausgewählten Häfen der Lagertypen Misch a), Freilager + Halle b), Halle + Tank c) und Freilager + Tank d)

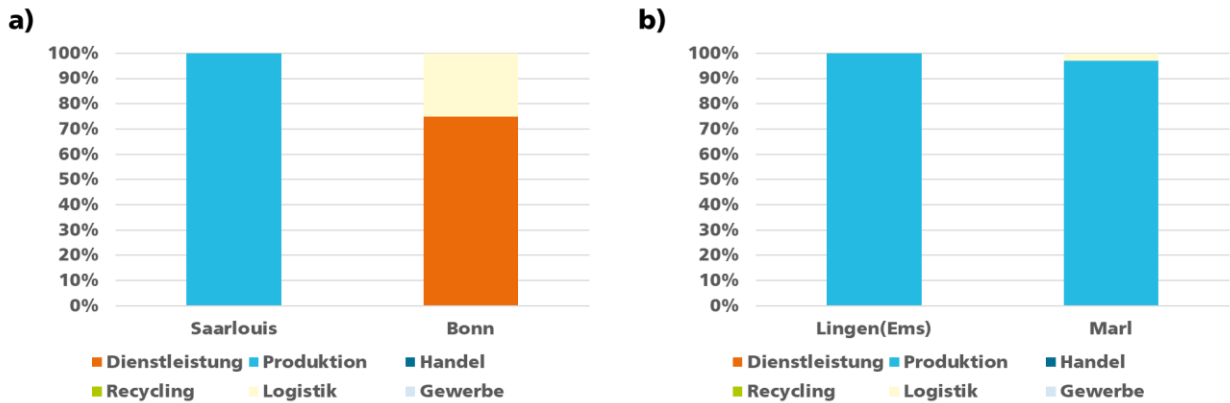


Abbildung 2.9: Vergleich der Unternehmensstruktur zwischen ausgewählten Häfen der Lagertypen Freilager a) und Tank b)

Die Häfen, die nur einen Typ von Lagerstätte aufweisen, sind von einer homogenen Unternehmenslandschaft geprägt. So befindet sich am Standort Saarlouis bspw. ein Stahlwerk. Der Bonner Hafen zeichnet sich hingegen durch den Umschlag von Containern aus. Eine Beteiligung am Umschlag durch die am Hafen ansässigen Unternehmen konnte hier nicht identifiziert werden. Die Unternehmensstruktur des Hafenstandorts Lingen(Ems) resultiert aus der starken Prägung des Standorts aus der dort ansässigen Ölraffinerie. Der Hafenstandort Marl ist durch den Marler Chemiepark geprägt.

Zusammenfassend bleibt für die Typologiebildung zu sagen, dass die Struktur von Häfen im Bereich der Lagereinrichtungen sowie der Unternehmen durch eine starke Heterogenität geprägt ist. Die meisten Häfen weisen im Bereich der Lagerstätten eine stark gemischte Struktur auf. Vor allem bei kleineren Binnenhäfen können aber auch homogene Lagerstrukturen beobachtet werden, was oft damit zu erklären ist, dass diese Häfen direkt an einen großen Produktionsstandort oder ein Kraftwerk gebunden sind und ausschließlich Waren für diesen Zweck umschlagen. Im Bereich der Unternehmen ist zu beobachten, dass in den meisten untersuchten Häfen Unternehmen verschiedener Branchen angesiedelt sind. Es liegen allerdings sehr hohe Spannen vor, was bei einem direkten Vergleich zweier Häfen deutlich wird. Um endgültige Aussagen zu treffen, wäre hier die detaillierte Analyse einer größeren Menge an Häfen nötig. Auch eine Betrachtung auf Basis der beanspruchten Fläche oder der Umschlagszahlen der Unternehmen anstelle der Betrachtung der Unternehmensanzahlen könnte ein genaueres Bild liefern. Als Beispiel sei hier der Hafenstandort Salzgitter genannt. Nach Unternehmenszahlen überwiegen an diesem Standort Logistikunternehmen. In der Realität ist der Platzanteil und vermutlich auch der Umschlag des Standorts aber durch das Stahlwerk Salzgitter dominiert. Eine Bestimmung anhand von Flächen oder unter Einbeziehung des jeweiligen Anteils der Unternehmen am Gesamtumschlag würde hier also eine andere Verteilung ergeben.

Aufgrund der Erkenntnisse lassen sich dennoch grundsätzlich zwei Typen von Binnenhäfen mit Warenumschlag definieren:

Handelshafen

Die Handelshäfen bilden die Mehrzahl der beobachteten Häfen. Sie zeichnen sich durch die Heterogenität der über sie umgeschlagenen Güter und der dort ansässigen Unternehmen aus. Große Häfen sind zumeist diesem Hafentyp zuzuweisen. Die Art der an den Hafen angrenzenden Quartiere ist für gewöhnlich ebenfalls stark durchmischt.

Spezialisierter Hafen

Spezialisierte Häfen weisen ein sehr homogenes Erscheinungsbild auf. Die Palette der umgeschlagenen Güter ist für gewöhnlich auf bis zu zwei Güterklassen beschränkt. Die Spezialisierung der Häfen ist häufig auf dort ansässige Industrieunternehmen zurückzuführen, welche das Erscheinungsbild des Hafens definieren. Den Erkenntnissen nach sind diese Häfen besonders von Freilagern (zumeist für Schüttgüter) und Tanks bzw. Silos geprägt. Typische Beispiele sind Häfen von Chemieparks, Kraftwerken und Kiesgruben sowie landwirtschaftlich geprägte Häfen.

Die Unterscheidung zwischen diesen Hafentypen ist allerdings nicht immer sehr deutlich. So können beispielsweise Häfen, die ausschließlich Container umschlagen (und damit durch eine homogene Lagerstruktur geprägt sind) durchaus eine heterogene Unternehmensstruktur aufweisen, da Container den Umschlag einer Vielzahl verschiedener Güter erlauben.

2.3.3 Energetische Versorgung und Betreiberstrukturen von Binnenhäfen

Wesentliche Aspekte für die Entwicklung standortspezifischer Transformationskonzepte sind eine verfügbare Datenbasis sowie die Akzeptanz von Planungen und Umsetzungsvorhaben durch die lokalen Akteure. Für beide Aspekte ist von Bedeutung, wie der Betrieb des Hafens organisiert ist, welche Kommunikationskanäle bestehen und in welcher Weise Transformationsvorhaben thematisiert werden.

Vor diesem Hintergrund erscheint es erforderlich, die bestehenden Organisationsstrukturen an Binnenhäfen näher zu beleuchten. Erste Befragungen hierzu erfolgten im Rahmen der beiden Umfragerunden (vgl. A.6 Versendete Fragebögen).

Stromversorgung und Wärmeversorgung

Zunächst wurden die Häfen zu ihrer Stromversorgung befragt. Sie sollten angeben, ob die Stromversorgung durch auf dem Hafengebiet befindliche, dezentrale Einrichtungen (betrieben durch den Hafenbetreiber, oder den einzelnen Akteuren) oder durch externe Versorger sichergestellt wird. Insgesamt sind 18 Antworten zu dieser Frage eingegangen, deren Verteilung in Abbildung 2.10 dargestellt ist. Der Energiebezug findet daher größtenteils durch externe Stromversorger statt.

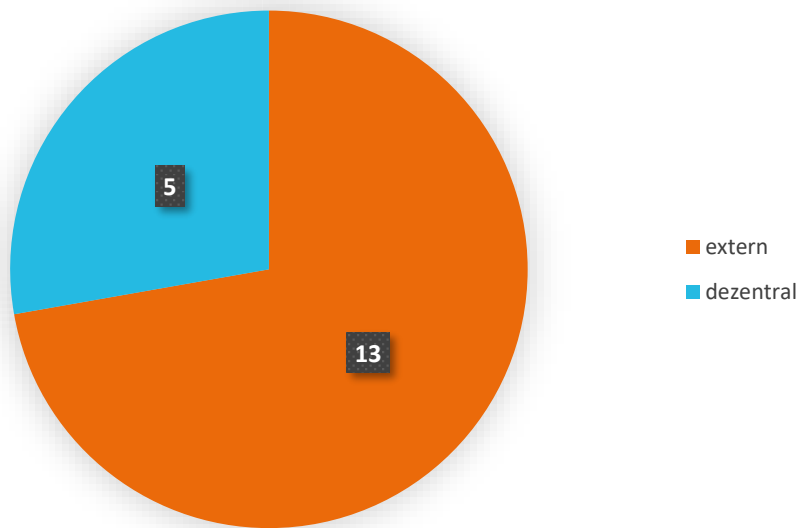


Abbildung 2.10: Prozentuale Verteilung der Antworten auf die Frage der Organisation der Stromversorgung in den Häfen. Mit Strombereitstellung durch einen externen Versorger (extern) oder individuelle Versorgung durch die Akteure bzw. dezentrale Versorgung im Hafen (dezentral).

Allerdings war es den meisten Hafenbetreibern nicht möglich in weiterführenden Fragen konkrete Bedarfe für Strom und Wärme zu nennen. Als ein mögliches Hindernis wurde hierbei eine mangelnde zentrale Erfassung der energetischen Bedarfe vermutet.

Um dem weiter nachzugehen wurden die Hafenbetreiber in einer dritten Fragerunde konkret gefragt, ob der Strom- und Wärmebedarf des Hafens an zentraler Stelle erfasst wird. Von den 31 befragten Häfen sind dazu neun Antworten eingegangen. Die Antworten bestätigen dabei die Vermutung: Lediglich einer der Hafenbetreiber hat angegeben, dass eine zentrale Erfassung des Strom- und Wärmebedarfs stattfindet.

Betreiberstrukturen

In der zweiten Umfragerunde wurden die ausgewählten 28 Hafenbetreiber ebenfalls nach der Betriebsstruktur gefragt, verbunden mit dem erläuternden Hinweis „verwaltet der Hafenbetreiber nur das Gelände oder beteiligt sich selber am Umschlag/Produktion?“ Dazu sind sechs Antworten eingegangen, wovon fünf Hafenbetreiber mindestens eine teilweise Beteiligung am Umschlag angegeben haben. Weiterführende Detailangaben konnten den Antworten jedoch nicht entnommen werden.

Insgesamt zeigt sich also ein Bedarf nach weiteren Informationen, um die Organisationsstruktur der Energieversorgung von Häfen präziser abbilden zu können.

Zu diesem Aspekt hat sich ein Austausch mit dem Bundesverband öffentlicher Binnenhäfen BÖB – zu dem im Rahmen der Hafenbefragungen Kontakt aufgenommen wurde – ergeben, der nun die Basis für die weitere Aufbereitung des Themas im Projektverlauf bildet.

Als übliche Betreiber-Modelle werden benannt [BMVI–2019a; World Bank–2006]:

- Landlord Port ("Vermieterhafen")
- Public Service Port (öffentlicher Betreiberhafen)
- Full Public Service Port
- Private Service Port (privater Betreiberhafen)
- Tool Port (Autonomer Hafen)

In Anlehnung an die Darstellung des Forschungsinformationssystems des BMVI [BMVI–2019a] hat der BÖB eigene Analysen unter den Verbandsmitgliedern durchgeführt und die einzelnen Modelle hinsichtlich der Ausprägungen von Merkmalen (öffentlich, privat, Mischform) in den Bereichen Infrastruktur, Akteursrolle, Personal und Optionale Dienstleistungen charakterisiert und die Ergebnisse in einer Abbildung zusammengefasst (Abbildung 2.11). Der Tool Port wurde dabei nicht separat ausgewiesen, sondern als erweiterte Form des Landlord Port angesehen und dort integriert. Während beim Private Service Port lediglich der Eichmeister als öffentliches Merkmal benannt ist, sind beim Full Public Service Port fast alle Merkmale als öffentlich gekennzeichnet; nur bei den Schwerkuttransporten kommen Mischformen vor. Landlord und Public Service Ports weisen alle drei Merkmalsausprägungen in unterschiedlichen Verteilungen auf.

Betreiber-Modell	Infrastruktur					Akteursrolle			Personal			Optionale Dienstleistungen					
	Hafenkante	Grund und Boden	Verladeequipment*	Hafenbahn	Gebäude	Spediteur	Verlader	Operateur	Hafenmeister	Öffentlich bestellter Eichmeister	Kranführer	Disponent	Durchführung des Vorlaufs	Durchführung des Nachlaufs	Qualitätskontrollen der Waren	Lagerei	Durchführung von Schwerkuttransporten
Landlord Port	Öffentlich	Öffentlich	Mischform	Öffentlich	Öffentlich	Privat	Privat	Privat	Öffentlich	Privat	Privat	Privat	Privat	Privat	Privat	Privat	Mischform
Public Service Port	Öffentlich	Öffentlich	Öffentlich	Öffentlich	Öffentlich	Privat	Privat	Privat	Öffentlich	Privat	Privat	Privat	Privat	Privat	Privat	Privat	Mischform
Full Public Service Port	Öffentlich	Öffentlich	Öffentlich	Öffentlich	Öffentlich	Öffentlich	Öffentlich	Öffentlich	Öffentlich	Öffentlich	Öffentlich	Öffentlich	Öffentlich	Öffentlich	Öffentlich	Öffentlich	Mischform
Private Service Port	Privat	Privat	Privat	Privat	Privat	Privat	Privat	Privat	Öffentlich	Privat	Privat	Privat	Privat	Privat	Privat	Privat	Privat

Legende

Farbgebung Öffentliches Merkmal Privates Merkmal Mischform möglich

* Verladeequipment Portalkräne, mobile Umschlagsmaschinen oder Seilbagger

Abbildung 2.11: Betreiber-Modelle von Binnenhäfen nach Einteilung und Analyse des BÖB für dessen Mitglieder

Um die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Modelle zu überprüfen, wurden die Hafenbetreiber in der dritten Befragungsrunde gebeten ihren Hafen einem der Modelle zuzuteilen. Von den sieben eingegangenen Antworten haben vier Hafenbetreiber das Landlord Modell als passend angegeben. Ein Hafen sieht sich als Public Service Port, während zwei weitere Hafenbetreiber keinem konkretem Modell zugeteilt werden konnten (siehe Abbildung 2.12).

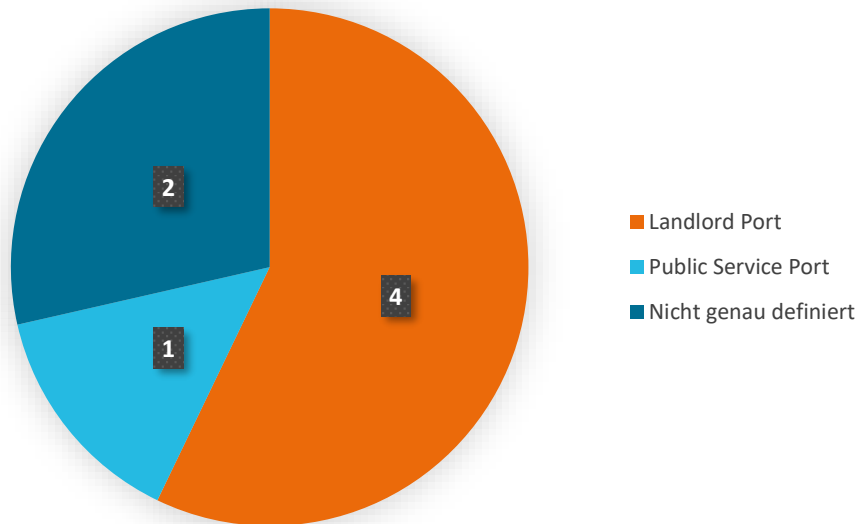


Abbildung 2.12: Umfrageergebnisse zur Betreiberstruktur in Binnenhäfen.

Aufgrund der geringen Anzahl an Antworten lässt sich keine konkrete Aussage zur in Deutschland vorliegenden Verteilung treffen. Allerdings dominiert laut Angaben des BÖB das Landlord Modell, während der Full Public Service Port eher selten anzutreffen ist.

Die Umfrageergebnisse zeigen, dass es für Häfen derzeit oftmals nicht leicht ist, die erforderlichen Daten bereitzustellen. Organisationsstrukturen, Zuständigkeiten und Besitzverhältnisse sind allgemein nicht darauf ausgerichtet, die für die energetischen Planungen erforderlichen Daten zentral zu erfassen. Es ist daher notwendig eine Vielzahl an Akteuren mit unterschiedlichen Erfahrungs- und Informationshintergründen und unterschiedlichen Motivationslagen in die Datenerhebung einzubeziehen.

2.4 Detailanalyse der ausgewählten Binnenhäfen

2.4.1 Auswahl von Binnenhäfen

Auf Basis der Ergebnisse der Recherche und der Antworten aus der Umfrage wurden fünf Kriterien für die Auswahl von Häfen für die Detailanalyse aufgestellt: Die definierten **Hafenkategorien** (vgl. Tabelle 2.15) sollten angemessen vertreten sein. Es wurden jene Häfen bevorzugt behandelt, die bereits **Daten** zur Verfügung gestellt hatten. Ebenso war ausschlaggebend, ob die Häfen Bereitschaft für einen weitergehenden **Austausch** signalisiert hatten. Es wurde berücksichtigt, ob an den jeweiligen Hafenstandorten bereits **themenrelevante Projekte** bekannt waren. Zudem wurden die **Bundesländer** einbezogen, damit möglichst alle Länder in der Detailanalyse vertreten sind.

Nach den genannten Kriterien wurden ursprünglich 31 Häfen ausgewählt. Die ausgewählten Hafenstandorte sind in Tabelle 2.17 mit ihren jeweiligen Kategorien dargestellt. Die Bildung der Kategorien sowie Hinweise zu den teilweise auftretenden Problemen bei der Einordnung der Häfen sind Kapitel 2.3.1 zu entnehmen.

Kategorie P ist als einzige Kategorie nicht in der Auswahl vertreten. Diese Gruppe zeichnet sich durch ihre bimodale Verkehrsanbindung aus, die im Gegensatz zur trimodalen Anbindung nur selten vorkommt. Ein Beispiel für eine bimodale Anbindung ist in Kategorie Q gegeben. Und auch die Quartiersanbindung von Kategorie P ist in der Auswahl bereits ausreichend repräsentiert. Hier wird von einer grundsätzlichen Übertragbarkeit der Lösungsansätze ausgegangen, so dass eine Repräsentation von Kategorie P nicht zwingend erforderlich erscheint. Des Weiteren ist keine Antwort der in Kategorie P eingeordneten Häfen eingegangen und die Bundesländer dieser Kategorie sind ebenfalls ausreichend in der Auswahl abgebildet.

Tabelle 2.17: Ausgewählte Häfen, sortiert nach Kategorien

Kategorie	Hafen
A	Bottrop
	Duisburg
	Frankfurt am Main
	Köln
	Ludwigshafen am Rhein
	Mannheim
B	Hamm
C	Krefeld
E	Hamburg
	Marl
K	Brandenburg an der Havel
	Dortmund
	Essen
	Hildesheim
	Magdeburg
	Orsoy
	Saarlouis
	Trier
	Hafenverbund DeltaPort
L	Kelheim
	Königs Wusterhausen
	Nürnberg-Roth
	Wolfsburg-Fallersleben
	Würzburg
M	Bülstringen
	Braunschweig
	Salzgitter
	Schweinfurt
O	Dessau-Roßlau
Q	Bonn
	Halle

Abbildung 2.13 zeigt die prozentuale Verteilung der Quartetthäfen auf die definierten Kategorien im Vergleich zu der Verteilung in der Gesamtmenge der kategorisierten Häfen (siehe Abbildung 2.4). Durch die kleinere Menge an Häfen gewinnen die ursprünglich kleinen Gruppen an Gewicht. So verzeichnen die Kategorien B, C und O einen Zuwachs von ca. 2%, während der Anteil der Kategorie E um ca. 4% steigt. Für Kategorie A kann ein Zuwachs von drei Prozentpunkten beobachtet werden, während Kategorie M um einen Prozentpunkt ansteigt. Die stärkste Diskrepanz zur ursprünglichen Verteilung zeigt sich bei Kategorie K, welche um sieben Prozentpunkte kleiner ausfällt. Der Anteil von Kategorie L sinkt auf 16%, während der Anteil der Kategorie Q nahezu unverändert bleibt.

Zusammenfassend zeigt die Auswahl der Häfen für die Detailanalyse also kleinere Abweichungen zur der Gesamtmenge der Binnenhäfen hinsichtlich ihrer Kategorien. Eine genau treffende Auswahl war aufgrund der verfügbaren Daten nicht möglich. Da es sich aber größtenteils um kleinere Abweichungen handelt, stellt das Hafentertett dennoch eine gute Approximation der im Rahmen dieser Studie identifizierten deutschen Binnenhafenlandschaft dar.

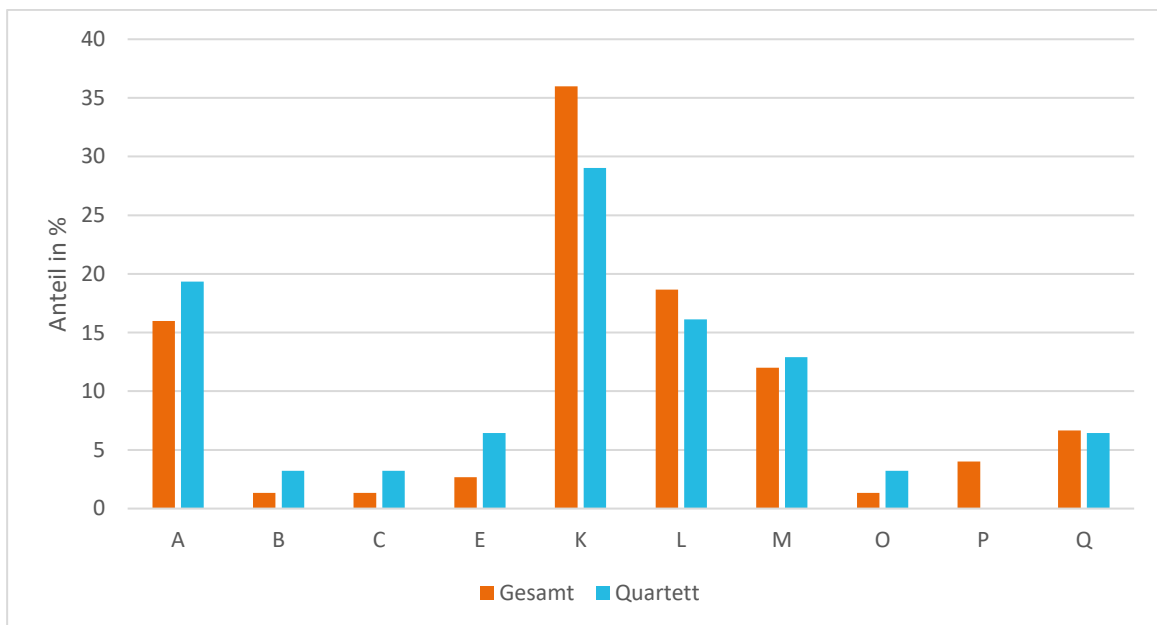


Abbildung 2.13: Vergleich der anteiligen Verteilung der Kategorien in der Gesamtmenge der Häfen (Gesamt) mit $n=75$ und den für das Hafentertett ausgewählten Häfen (Quartett) mit $n=31$.

2.4.2 Methodik

Die ausgewählten Häfen sollen weitergehend beschrieben und verglichen werden können. Dafür wurden zunächst 75 Kriterien identifiziert, die die Häfen in Hinblick auf deren Lage, Typ, Wertschöpfung, Energieversorgung, Sektorenkopplung und Flächen beschreiben. Diese Kriterien wurden mittels Rangfolgeverfahren gegeneinander abgeglichen. [Breiing–1997] Dafür wurden sie einander in einer Matrix gegenüber gestellt und paarweise verglichen (vgl. Abbildung A.2.1) Für jeden Vergleich wurde ein Kriterium ausgewählt, das hinsichtlich der vorgesehenen energetischen Betrachtung als sinnvoller anzusehen ist. Aus der Summe der favorisierenden Entscheidungen ergab sich so eine Auswahl von 12 maßgeblichen Kriterien. Diese sind im Anhang in Tabelle A.2.1 aufgeführt.

Aus den erhaltenen Antworten wurde allerdings ersichtlich, dass einige der Fragen von den kontaktierten Hafengebäudefachleuten nicht oder nur im Teil beantwortet werden konnte. Hierbei handelte es sich vor allem um quantitative Fragen bezüglich des Energiebedarfs. Problematisch ist dabei, dass viele Häfen keine zentrale Erfassung dieser Daten vornehmen, sowie die Hafengebäudefachleute oft keine genauen Informationen zu allen Gebäuden des Hafens haben, da die Flächen an Unternehmen verpachtet werden und diese sich im Anschluss selber um die Versorgung des Grundstücks kümmern (siehe Kapitel 2.3.3).

Vor diesem Hintergrund wurde eine weitere Befragung durchgeführt, in der die quantitativen Fragen durch qualitative Alternativen ersetzt wurden. Die Fragerunde beinhaltete außerdem Fragen zur Betreiberstruktur sowie der allgemeinen Organisation des Hafens bzw. der Verantwortung des kontaktierten Hafengebäudefachleuten (siehe Kapitel 2.3.3). Diese dritte Umfrage wurde an insgesamt 31 Häfen versendet. Der versendete Fragebogen ist im Anhang A.7.4 einzusehen. Eine Analyse der erhaltenen Antworten zu qualitativen Fragen des Energiebedarfs finden sich in Kapitel 2.3.3.

Statt der Angabe von installierter Leistung von erneuerbaren Energien wurde auf die Ergebnisse der GIS-Analysen aus Kapitel 2.2 zurückgegriffen. Die dort berechneten die Entfernungen zu Erdgas- und Wasserstoffleitungen wurden als Kriterium für die Detailanalyse herangezogen.

Aus der berechneten Potenzialfläche für Windkraftanlagen wurde eine Anzahl möglich installierbarer Modellanlagen berechnet. Als Modellanlage wurde dabei die E82 – E2 der Firma Enercon verwendet. Diese weist eine Nennleistung von 2,3 MW bei einem Rotordurchmesser von 82 m und einer Nabenhöhe von 138 m auf. [enercon GmbH] Die Anzahl möglicher Windkraftanlagen ist insbesondere von den Abständen zwischen einzelnen Anlagen abhängig. Als Abstand zwischen einzelnen Anlagen wurde hier der 4-fache Rotordurchmesser (328 m) angenommen. Das Windkraftpotenzial ergibt sich dann als Produkt der Nennleistung einer einzelnen Anlage mit der berechneten Anzahl der Anlagen.

Das PV Potenzial wurde über eine Bemessung der Gebäudegrundflächen angenähert, welcher über die GIS-Analysen bestimmt wurden. Um die gemessenen Flächen in ein PV-Potenzial in MW umzurechnen wurde eine flächenspezifische Leistung von PV-Modulen ermittelt. Dafür wurden 17 PV-Module von führenden Herstellern verglichen und über Mittelung der Nennleistung und Fläche der Module eine spezifische Leistung von $193 \text{ W}_p/\text{m}^2$ berechnet (siehe Tabelle A2.2). Da nur die Gebäudegrundflächen, und nicht die nutzbaren Dachflächen gemessen werden konnten, müssen die Grundflächen mit einem Flächennutzungsfaktor multipliziert werden, um die tatsächlich für PV-Module nutzbare Fläche zu approximieren. Für die Berechnung des Flächennutzungsfaktors wurden Daten des Solarkatasters des Regionalverbands-Ruhr (RVR) als Referenz verwendet. Aus Annäherung des mit der genannten spezifischen Leistung berechneten PV-Potenzials an die Potenzialdaten des RVR für den Duisburger Hafen wurde so ein Flächennutzungsfaktor von 32,8% bestimmt, der für die anderen 30 Standorte ebenso verwendet wurde. Das auf den Quartettkarten angegebene PV-Potenzial berechnet sich demnach aus der Multiplikation der gemessenen Gebäudegrundflächen mit dem Flächennutzungsfaktor und der flächenspezifischen Leistung der PV-Module.

Zusätzlich wurden qualitative Fragen zur Nutzung von erneuerbaren Energien oder alternativen Kraftstoffen zu dem binären Kriterium „Maßnahmen Energiewende“ zusammengeführt, um eine Aussage hinsichtlich derzeitiger Bestrebungen der einzelnen Hafenstandorte treffen zu können. Für die ausgewählten Hafenstandorte ergibt sich so der in Tabelle Tabelle 2.18 dargestellte Kriterienkatalog.

Tabelle 2.18: Ausgewählte Kriterien für die differenzierte Beschreibung der ausgewählten Binnenhäfen

Kriterien	Beschreibung/ Einheit	Themenfeld
Quartiersanbindung	Wohnbau, Industrie, Gewerbe, Mischform	Umfeld des Hafens
Wasserstraße	Nennung	Lage des Hafens
Modalität	bi- oder trimodal	Infrastruktur am Hafen
Hauptumschlagsgüter	Nennung	Wertschöpfung und Warenumschlage am Hafen
Warenumsschlag (Wasser, Schiene, Straße)	t	Wertschöpfung und Warenumschlage am Hafen
PV-Potenzial	MW	Energieversorgung am Hafen
Windkraft-Potenzial	MW	Energieversorgung am Hafen
Entfernung Gasleitung	m	Energieversorgung am Hafen
Entfernung Wasserstoffleitung	km	Energieversorgung am Hafen
Maßnahmen Energiewende	Ja/nein	Energieversorgung am Hafen

Entsprechend des Zeitraums der Umfragen (November 2019 – September 2020) beziehen sich über die Umfrage ermittelte Daten der Häfen auf die Jahre 2018 bzw. 2019. Für Häfen, bei denen keine Antwort eingegangen ist, wurde auf Veröffentlichungen des Hafens oder auf Angaben des statistischen Bundesamtes [Statistisches Bundesamt–2019] zurückgegriffen.

2.4.3 Hafenquartett

Die Ergebnisse dieser Analyse dienen letztendlich auch der Akteursansprache mit Blick auf die Übertragbarkeit der Projektergebnisse und die Gewinnung weiterer Häfen für Transformationsprojekte. Aus diesem Grund soll ein Hafenquartett erstellt werden, das die Ergebnisse übersichtlich und ansprechend dargestellt. Zu diesem Zweck wurde ein Kartenformat entworfen, das neben den ermittelten Daten auch Übersichtskarten der jeweiligen Häfen enthält. In wie weit die Quartettkarten ausgefüllt werden können, hängt allerdings von der verfügbaren Datenbasis ab. Diese soll im Laufe des Projekts weiter vervollständigt werden. Der aktuelle Stand der Quartettkarten ist A.4 Hafenquartett zu entnehmen. Hier soll nur die Quartettkarte für den Duisburger Hafen in Abbildung 2.14 als Beispiel dienen.



Abbildung 2.14: Quartettkarte Duisburg

3 Übersicht bisheriger Forschungs- und Umsetzungsprojekte an Häfen

Im Rahmen der Energie- und Rohstoffwende beschäftigen sich Hafenbetriebe und Industrieunternehmen an Häfen verstärkt mit Maßnahmen für die Integration von erneuerbaren Energien und mit der Reduktion von Treibhausgas- und Partikelemissionen im Hafen- und Schifffahrtsbetrieb. Diese Maßnahmen werden in einer Vielzahl an unterschiedlichen Projekten an den jeweiligen Häfen umgesetzt. Die identifizierten Projekte behandeln dabei diverse Themen hinsichtlich der Integration von erneuerbaren Energien und Sektorenkopplung, wie z. B.:

- LNG und synthetische Kraftstoffe
- grüner oder blauer Wasserstoff und eine Wasserstoffinfrastruktur
- Brennstoffzellenantriebe
- Elektromobilität
- Elektrifizierung von Terminals
- Landstromversorgung der Schiffe
- Ausbau der erneuerbaren Energien (Wind, PV) am Hafen
- Energieeffizienzmaßnahmen
- Nutzung von Abwärme und Installation eines Dampfnetzwerks
- Flexibilitätsmanagement
- Infrastrukturmaßnahmen zur effizienteren Verteilung der Güter auf dem Hafengebiet
- Green-Award Zertifikate
- etc.

Die überwiegende Anzahl der identifizierten Projekte befinden sich aktuell in der Planungs- bzw. Umsetzungsphase und werden im Laufe der nächsten Jahre fertiggestellt. In der umfassenden Literaturrecherche konnten vor allem auch Forschungs- und Umsetzungsprojekte an großen Seehäfen identifiziert werden, die aber oftmals für eine Adaption an Binnenhäfen geeignet erscheinen und deshalb an dieser Stelle in die Darstellungen mit aufgenommen wurden. Es ist zudem zu erwarten, dass insbesondere die Häfen Rotterdam und Antwerpen vor dem Hintergrund der zu erreichenden CO₂-Neutralität bis zum Jahr 2050 bzw. der Bestrebungen, der nachhaltigste Hafen Europas zu werden, weitere Projekte anstoßen werden.

Die bisher identifizierten Projekte an Häfen bieten einen guten Überblick über mögliche Sektorenkopplungsoptionen, die an Häfen umgesetzt werden können, und bilden damit eine umfassende Basis für mögliche Adaptionen und die Einbeziehung in die angestrebten ganzheitlichen Konzepte im Projekt enerPort. Einige ausgewählte Beispiele sind nachfolgend aufgeführt.

3.1 Projekte Hafen Rotterdam

Der Rotterdamer Hafen (Niederlande) zählt mit einer Hafenfläche von 12.713 ha und einem Gesamtgüterumschlag von 468.984.000 Tonnen in 2018 zu den zehn größten Häfen weltweit und ist der größte Seehafen Europas [Port of Rotterdam; Port of Rotterdam]. 2018 wurden hier 29.476 Seeschiffe und 107.000 Binnenschiffe abgefertigt [Port of Rotterdam]. Der Güterumschlag ist dabei vielfältig – etwa die Hälfte des Güterumschlags machen flüssiges Massengut wie bspw. Rohöl, Mineralölprodukte oder LNG aus [Port of Rotterdam]. Trockenes Massengut in Form von Eisenerz, Schrott, Kohle oder Agribulk trägt zu 17 % zum Gesamtgüterumschlag bei [Port of Rotterdam]. Container machen mit 32 % einen weiteren Hauptanteil des Güterumschlags aus [Port of Rotterdam]. Der Rest verteilt sich auf Breakbulk in Form von Roll-on/ Roll-off-Gütern sowie sonstiges Stückgut [Port of Rotterdam]. Der Güterumschlag im Rotterdamer Hafen erfolgt an einer Vielzahl unterschiedlicher Terminals – von Raffinerie- sowie Tankterminals für Ölprodukte über ein LNG-Terminal zu verschiedenen Container-, Trockenmassengut- und Stückgutterminals [Port of Rotterdam].

Im Rahmen der Energie- und Rohstoffwende und in Einklang mit den Zielen des Klimaschutzabkommens von Paris hat sich der Rotterdamer Hafen das Ziel gesetzt, bis 2050 ein CO₂-neutraler Hafen zu werden [Port of Rotterdam]. Der Hafenbetreiber des Rotterdamer Hafens hat dazu eine Vielzahl an zukünftigen Zielen im Rahmen der Energiewende definiert. Dazu zählen [Port of Rotterdam]:

- Effizienzsteigerungen in Industrieunternehmen und im Hafenbetrieb durch optimierte Fertigungsprozesse, Kraftstoffeinsparungen, den Einsatz alternativer Kraftstoffe und intelligente Kooperationen mit anderen Unternehmen
- Optimierungen der Infrastrukturen durch Produktaustausch der Hafenbetriebe in Form von Dampf, Wärme und Wasserstoff, sowie die Nutzung von Windenergie der Windanlagen im Hafengebiet und der angeschlossenen Offshore-Windparks
- die Elektrifizierung insbesondere in der Wärmebereitstellung für betriebliche Prozesse über Strom und/oder Wasserstoff, sowie die Ausstattung von Betriebsgebäuden mit Solarmodulen
- eine Kreislaufwirtschaft mittels Einsatz von grünem Wasserstoff und – als wichtigster Importhafen – für sekundäre Rohstoffe und Biomasse
- eine effiziente Logistik mit dem Einsatz von LNG und Biokraftstoffen in Schiffen mit langfristiger Option für Elektromotoren, dem Einsatz von elektrischen Kranen sowie dem Kurzstreckentransport von Containern im Hafen über elektrisch angetriebene LKW

Neben einer Vielzahl an Projekten mit verschiedenen Industrieunternehmen am Hafen (vgl. A.5.1 Projekte am Rotterdamer Hafen), wurde am Rotterdamer Hafen ein neues Hafen- und Industriegebiet (Maasvlakte 2) entwickelt, das zu einem der nachhaltigsten und innovativsten Hafengebiete der Welt werden soll [Port of Rotterdam].

Auf dem 1000 ha großen Hafengebiet der Maasvlakte werden hohe Nachhaltigkeitsanforderungen an Unternehmen gestellt, die sich dort niederlassen wollen. Dazu zählen bspw. Vereinbarungen über Luftqualität, Lärmbelästigungen und saubere Hinterland-Transporte über Binnenschiffe, aber ebenso Vereinbarungen über effiziente (Wieder-) Verwertung von Energie sowie Restwärme, Abfallstoffe und Halbfabrikate. Ebenso findet der Güterumschlag an nachhaltigen Terminals statt. Das bedeutet konkret ein vollständig elektrischer Betrieb (von Automated Guided Vehicles bis zu Kaikranen) auf Basis von Wind-Energie. Zudem sind eine Vielzahl an Gebäuden in der Maasvlakte 2 mit Kälte- und Wärmespeichern ausgestattet. [Port of Rotterdam]

Die Maasvlakte 2 ist darüber hinaus an die neugebaute Container Exchange Route im Rotterdamer Hafen angeschlossen. Die Route verbindet verschiedene Container-Unternehmen an Tiefsee- und Binnenschiff-Terminals, Leerdepots und das staatliche Inspektionsterminal sowie alle Verteilzentren über eine durchgehende Straße. Ziel ist es, die Containerströme zu bündeln, sodass Züge, Binnenschiffe und Zubringerschiffe nicht mehr jedes Terminal individuell anfahren müssen und somit Container-Austauschkosten gespart werden können. [Port of Rotterdam]

Weiterhin vergibt der Rotterdamer Hafenbetrieb sog. Green-Award-Zertifikate. Diese dienen als Gütesiegel für Schiffe, welche definierte hohe Sicherheits- und Umweltaforderungen erfüllen. Beispielhaft werden für Binnenschiffe NOx- und Partikelemissionen ermittelt, das Antriebskonzept auf den möglichen Einsatz nachhaltiger Kraftstoffe wie LNG oder Biokraftstoffe und Kraftstoffeffizienzoptionen untersucht, der Umgang mit Betriebsabfällen und Abwässern an Bord ermittelt sowie die Energieversorgung auf Basis von erneuerbaren Energien untersucht. Schiffe, die ein Green-Award-Zertifikat erhalten, bekommen einen Preisnachlass auf die Hafengebühren. [Green Award]

Weitere laufende Projekte, die am Rotterdamer Hafen im Rahmen der Energie- und Rohstoffwende durchgeführt werden, sind im Anhang unter A5.1 aufgeführt.

3.2 Projekte Hamburger Hafen

Der Hamburger Hafen hat eine Fläche von 7145 ha und ist gemessen am Umschlag der größte Hafen Deutschlands und der drittgrößte Hafen Europas. [eurostat; Hafen Hamburg–2016] 2019 wurden 136,6 Millionen Tonnen an Gütern im Hamburger Hafen umgeschlagen. Der Containerumschlag lag bei 93,9 Millionen Tonnen an Gütern oder 9,3 Millionen TEU. Nach Containern sind Greifergüter und Flüssiggüter die größten Umschlagsgüter. Die wichtigsten Handelspartner des Hafens sind die chinesischen Häfen. Russland ist der nächstgrößte Handelspartner im Seegüterumschlag. Im Containerumschlag spielt außerdem Singapur eine wichtige Rolle. [Hafen Hamburg–2016; Hafen Hamburg Marketing e.V.]

Der Hafen dient als wichtiger Übergang des internationalen Seeverkehrs auf den Binnenverkehr in Deutschland. Diese Bedeutung wird durch die Umsatzstärke der Binnenschifffahrt bestätigt. So ist der Hamburger Hafen gemessen am Umschlag der drittgrößte Hafen in der deutschen Binnenschifffahrt (siehe Tabelle 2.1). Er ist außerdem der größte Eisenbahnhafen Europas. Im Jahr 2018 wurden 46,78 Millionen Tonnen an Gütern über die Schienen der Hamburger Hafenbahn transportiert. Der Anteil des Bahnverkehrs am Modal Split im Hinterlandverkehr beträgt ca. 46 %. Die Binnenschifffahrt hat einen Anteil von ca. 12 %. [Hafen Hamburg–2016; Hafen Hamburg Marketing e.V.]

Mit der Initiative „smartPort“ stellt sich der Hafen hinsichtlich der Digitalisierung zukunftsweisend auf. Die Initiative steht auf mehreren Säulen, die neben der Digitalisierung von Wartungsarbeiten und Steuerungs- und Überwachungsaufgaben im Verkehr auch die Transformation der Energieversorgung des Hafens beinhalten. So soll die Nutzung von erneuerbaren Energien wie Windkraft und Solarenergie weiter verstärkt werden. Außerdem wird auch die Nutzung von Biomasse überprüft. Die laufenden Energieprojekte des Hafens zeichnen sich durch die Verknüpfung dieser Transformationsbestrebungen mit der Digitalisierung aus. [Hamburg Port Authority]

Einzelne Teilprojekte der smartPort Initiative sind in den nachfolgenden Tabellen aufgeführt. Dabei sind die Projekte nach Anwendungen in der Logistik (Tabelle 3.1) und der Energieversorgung (Tabelle 3.2) aufgeteilt.

Tabelle 3.1: Auswahl an laufenden und abgeschlossenen Projekten mit EE- bzw. Sektorenkopplungsbezug am Hamburger Hafen (Teil 1: Logistik)

Projekt	Projekthalt	Beteiligte Partner	Quelle
Alternative Antriebe für hafeneigene Flotte	Die Nutzung von alternativen Kraftstoffen wie GTL, Methanol und LNG soll verstärkt werden. Zusätzlich soll die Nutzung alternativer Antriebstechnologien auf Basis von Brennstoffzellen und Batterien geprüft werden.	Hamburg Port Authority (HPA)	[Behörde für Umwelt und Energie–2017; Hamburg Port Authority]
Stärkung der wasserseitigen Containerumfuhr	Um die landseitigen Verkehrswege zu entlasten und Emissionen zu sparen, soll die hafeninterne Container-Umfuhr verstärkt auf Wasserwege verlagert werden.	HPA, BMVI	[Behörde für Umwelt und Energie–2017]
Ausbau der wasserseitigen Infrastruktur	Um den Anteil der Binnenschifffahrt am Modal Split zu gewährleisten, sollen die Wasserwege um den Hamburger Hafen ausgebaut werden. Dies schließt neben hafeneigenen Kanälen auch einen Ausbau der Elbe als Wasserstraße ein.	Hansestadt Hamburg, HPA	[Behörde für Umwelt und Energie–2017]
Ausbau der Bahn-Infrastruktur	Der Anteil des Bahnverkehrs am Modal Split wird im Containertransport bis 2030 auf bis zu 40,1 % steigen. Um dies zu gewährleisten soll die hafeninterne Schieneninfrastruktur ausgebaut und erneuert werden.	HPA	[Behörde für Umwelt und Energie–2017]
smartPort logistics	Das Verkehrsaufkommen im Hafen soll mit digitalen Systemen gesteuert werden. Unter dem Dachprojekt „smartport logistics“ werden dafür seit 2014 mehrere Projekte durchgeführt.	HPA und mehrere Partner für einzelne Teilprojekte	[Behörde für Umwelt und Energie–2017; Hamburg Port Authority]

Tabelle 3.2: Auswahl an laufenden und abgeschlossenen Projekten mit EE- bzw. Sektorenkopplungsbezug am Hamburger Hafen (Teil 2: Energieversorgung)

Projekt	Projekthalt	Beteiligte Partner	Quelle
Ersatz der schiffseitig erzeugten elektrischen Energie	Zur Versorgung der Systeme des Schiffs wird üblicherweise auch im Hafen der Schiffsmotor zu Erzeugung von elektrischer Energie verwendet. Um die Emissionen zu vermeiden, wird vom Hafen die nötige Infrastruktur einer landseitigen Stromversorgung aufgebaut.	HPA, Fa. Becker Marine Systems, AIDA, Fa. Hybrid Port Energy, BMVI	[Becker; Behörde für Umwelt und Energie–2017]
Aufbau einer LNG Infrastruktur	Um die erwartete verstärkte Nutzung von LNG als Kraftstoff zu ermöglichen, wird die zugehörige Infrastruktur durch mehrere Projekte am Hafen ausgebaut. Nach Schätzungen der HPA wird der Anteil von Seeschiffen mit LNG Antrieb im Jahr 2020 0,5 % und im Jahr 2025 5 % betragen. Für Schlepper und Fähren werden höhere Anteile erwartet (2020: 1 % 2025: 10 %).	HPA	[Behörde für Umwelt und Energie–2017]
BESIC (batterieelektrische Schwerlastfahrzeuge im Intelligenten Containerterminalbetrieb)	Im Terminal Altenwerder werden automatisierte Lastfahrzeuge verwendet. Der Betrieb dieser Fahrzeuge, insb. das Laden zu Zeiten hoher Erzeugung, soll auf Wirtschaftlichkeit geprüft werden.	HHLA, Vattenfall	[Hafen Hamburg Marketing e.V.–2016; Hamburger Hafen und Logistik Aktiengesellschaft]

Fortsetzung Tabelle 3.2

Projekt	Projekthalt	Beteiligte Partner	Quelle
FRESH: Flexibilitätsmanagement und Regelenergiebereitstellung von Schwerlastfahrzeugen im Hafen	Die automatisierte Lastfahrzeugflotte im Containerhafen Altenwerder soll zur Bereitstellung von Regelleistung verwendet werden, ohne dass der Betrieb des Terminals gestört wird. Bis 2022 soll dafür die gesamte Flotte elektrifiziert sein und mit Hilfe von 18 Stromtankstellen 4 MW an Primärregelleistung bereitstellen können. Die Einspeisung soll durch ein von Next Kraftwerke betriebenes virtuelles Kraftwerk koordiniert werden.	HHLA, Next Kraftwerke, OFFIS, Universität Göttingen	[Hafen Hamburg Marketing e.V.–2019]
Power to Aluminium	Der wachsende Anteil an erneuerbaren Energien im Strommix erfordert die Nutzung verschiedener Speicherlösungen um Erzeugungsspitzen auffangen zu können. In Zusammenarbeit mit Trimet soll die Aluminiumherstellung im Hamburger Werk flexibilisiert werden, damit es zur Erhaltung der Netzstabilität beitragen kann.	Trimet, BMWi	[Erneuerbare Energien Hamburg Clusteragentur GmbH]
Hamburg Green Hydrogen Hub	Die Projektpartner planen den Aufbau eines Wasserstoffnetzes im Hamburger Hafen. Geplant ist der Bau eines 100 MW Elektrolyseurs, der mit Strom aus Wind und Solarkraft gespeist wird. Der produzierte Wasserstoff soll anschließend über ein Pipelinennetz zu verschiedenen Verbrauchern transportiert werden.	Shell, MHI, Wärme Hamburg, Vattenfall	[Shell Deutschland GmbH]
Elektro-thermischer Energiespeicher	Auf dem Gelände der Trimet-Hütte im Terminal Altenwerder testet Siemens-Gamesa einen elektro-thermischen Energiespeicher. Die Speicherkapazität soll 30 MWh betragen.	Siemens Gamesa, TU Hamburg, Hamburg Energie	[Preuß–12.06.2019; Siemens Gamesa Renewable Energy, S.A.–2017]

3.3 Projekte Hafen Emden

Im Projekt WASH2Emden wurde die Wasserstoffherzeugung und Nutzung am Emdener Hafen untersucht. Die Projektpartner abh Ingenieur-Technik GmbH, DBI – Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg, MARIKO Maritimes Kompetenzzentrum Leer gGmbH und Tyczka GmbH sowie der Verbundkoordinator Niedersachsen Ports GmbH & Co. KG analysierten unterschiedliche Erzeugungsmöglichkeiten und Wasserstoffversorgungsketten, die sich für den Emdener Hafen eignen [BMVI–2018]. Ziel des Ende 2018 gestarteten Projektes war es, Möglichkeiten für die Speicherung der Energie in „grünem“ Wasserstoff und für deren Nutzung in unterschiedlichen Anwendungen am Hafen zu finden [BMVI–2018]. Hierdurch sollen langfristig die CO₂- und Luftschadstoffemissionen im Hafenebetrieb und im Hafen liegender Schiffe reduziert werden [Bettinger–21.11.2019].

Dafür wurden im Projekt zunächst verschiedene Anwendungsfelder zu einer Wasserstoffnutzung am Hafen ermittelt: Beispiele hierfür sind Gabelstapler bis 3,5 Tonnen, Personenkraftwagen und Kleinbusse, Hafemobilkrane, Dieselaggregate und die Landstromversorgung von Schiffen über Brennstoffzellen [Hänel–21.11.2019]. Weiterhin wurde das Wasserstoffpotential am Hafen analysiert: Dieses beträgt für den Bereich Umschlagsgeräte (ohne Krananlagen) 17.472,95 m³/a, für die Landstromversorgung der Schiffe 3.581.183,24 m³/a und für den Strombedarf der Gebäude 11.505,15 m³/a [abh INGENIEUR-TECHNIK GmbH–21.11.2019].

Ebenso wurden verschiedene Distributionspfade für die Wasserstoffproduktion untersucht. Der erste Distributionspfad beschreibt die Wasserstoffproduktion auf dem Hafengebiet. Hierbei werden die Windkraftanlagen sowie die Elektrolyse-Anlagen im Hafengebiet installiert. Dieser Distributionspfad hat die Vorteile der primären Windenergienutzung, der Wasserstoff-Back-Up-Funktion in der Energieversorgung und der Logistik-Reduktion. Als Nachteile werden der erhöhte Platzbedarf und die Genehmigungsverfahren für die Windkraftanlagen im Hafen genannt. Der zweite Distributionspfad sieht die Wasserstoffproduktion am Windpark außerhalb des Hafengebiets mit anschließendem Transport zum Hafen vor. Der deutlich geringere Platzbedarf am Hafen ist hierbei der große Vorteil, während gleichzeitig die benötigte Logistik und Nutzung des Stromnetzes als Nachteile genannt werden. Die dritte Distributionsvariante beinhaltet die Wasserstoffproduktion am Windpark und gleichzeitig eine Trennung der Rückverstromung für die Landstromversorgung und die Terminals. Hierdurch soll die Versorgung der einzelnen Bereiche flexibilisiert werden. Der Nachteil dieser Variante ist der erhöhte Aufwand. [abh INGENIEUR-TECHNIK GmbH–21.11.2019]

In den Ergebnissen des Verbundprojekts wird die lokale Erzeugung von Wasserstoff am Hafen oder im näheren Umfeld des Hafens als kurzfristig darstellbar eingestuft. Der Import von Wasserstoff aus multiplen, weiter entfernten Quellen, ist aufgrund fehlender Infrastruktur derzeit nicht umsetzbar. Mögliche Nutzungsquellen sehen die Projektpartner in dem Antrieb von Flurfahrzeugen, LKW, Zügen und ÖPNV sowie in der Erzeugung von Wärme in BHKWs. Als konkretes Anwendungsbeispiel wird die lokale Erzeugung von Wasserstoff über PEM Elektrolyse mittels Strom aus Windkraft vorgeschlagen. Der erzeugte Wasserstoff soll über LKWs zu Tankstellen transportiert werden, welche wiederum zum Tanken von Gabelstaplern, Bussen des ÖPNV oder PKWs verwendet werden können. [Niedersachsen Ports]

3.4 Projekte Hafen Antwerpen

Der Hafen Antwerpen (Belgien) zählt mit 14.391 ankommenden Seeschiffen in 2019 zu den größten Seehäfen und damit Logistikstandorten Europas [Port of Antwerp–2019]. Neben Seeschiffen wird im Hafen ebenso eine Vielzahl an Binnenschiffen abgefertigt, die 44 % der Transporte ins Inland durchführen [Port of Antwerp]. 2019 lag die Zahl der abgefertigten Binnenschiffe bei 56.585, die durchschnittliche Kapazität pro Schiff betrug dabei 2.427 m³ [Port of Antwerp–2019].

Der Güterumschlag am Hafen Antwerpen ist vielfältig. Der Gesamtgüterumschlag betrug 2019 339,5 Mio. t, wobei etwa 70 % über den Seegüterverkehr und mit 101,3 Mio. t ca. 30 % über Binnenschiffe umgeschlagen wurden, [Port of Antwerp–2019]. Tabelle 3.3 schlüsselt die spezifischen über Binnenschiffe umgeschlagenen Güter und ihre jeweiligen Gesamtmengen auf [Port of Antwerp–2019]:

Tabelle 3.3: Güter und deren Umschlag im Hafen Antwerpen. [Port of Antwerp–2019]

Güterart	Gesamtmenge 2019 in t
Ackerbauprodukte & lebende Tiere	1.104.106
Nahrungsmittel & Viehfutter	1.477.243
Festkraftstoffe	2.227.955
Erdöl & Erdölprodukte	27.442.378
Erze und Metallabfälle	1.225.947
Produkte der Metallindustrie	4.262.465
Rohmineralien und Baustoffe	4.972.326
Düngemittel	3.377.023
Chemikalien	28.833.139
Maschinen, Transportmittel, Container und sonstige Güter	26.377.733

Neben dem Binnenschifftransport verfügt der Hafen Antwerpen über eine Pipelineanbindung zum Hafen Rotterdam [Port of Antwerp–2019]. Diese wird für den Rohöltransport zwischen den Häfen Rotterdam und Antwerpen genutzt [Port of Antwerp]. 2019 betrug die Menge an Rohöl, die vom Hafen Rotterdam nach Antwerpen transportiert wurde, 29,5 Mio. t [Port of Antwerp–2019]. Das Rohöl wird in den drei Raffinerien am Hafen Antwerpen (Total Refining & Petrochemicals, Exxon-Mobil Antwerp Refinery und Gunvor) eingesetzt und weiterverarbeitet [Port of Antwerp].

Neben dem Güterumschlag und -transport hat der Hafen Antwerpen zudem eine wichtige Funktion als Bunkerhafen: Mit einer Gesamtmenge von 6,5 Mio. t an gebunkerten fossilbasierten Kraftstoffen ist der Hafen Antwerpen der fünftgrößte Bunkerhafen der Welt [Port of Antwerp]. Als ein wichtiger Chemie- und Logistikstandort hat der Hafen daher das Ziel, langfristig zum nachhaltigsten Hafen Europas zu werden [Port of Antwerp]. Dazu werden eine Vielzahl an Projekten mit Bezug zu erneuerbarer Energie (EE)- bzw. zur Sektorkopplung bearbeitet, die in der folgenden Tabelle näher erläutert werden:

Tabelle 3.4: Auswahl an laufenden und abgeschlossenen Projekten mit EE- und Sektorkopplungsbezug am Hafen Antwerpen

Projektname	Beschreibung	Projektpartner	Quelle
Hydrotug – the world’s first hydrogen fueled tug	<p>Konstruktion und Betrieb des weltweit ersten mit Wasserstoff angetriebenen Schleppers (4000 kW).</p> <p>Die Verbrennungsmotoren werden dabei über die Dual-Fuel-Technologie mit Wasserstoff und Diesel angetrieben. Die Technologie wurde bereits mit dem „Hydroville“-Shuttle, einer Passagierfähre, die mit dem Dual-Fuel-Antrieb für den Pendlerverkehr im Hafengebiet eingesetzt wird, in der Praxis getestet.</p> <p>Ziel: Schlepper mit extrem niedrigen CO₂-Emissionen; durch zusätzlichen Partikelfilter und Katalysator min. NOx- und Partikelemissionen erreichen.</p>	<p>Port of Antwerp</p> <p>Compagnie Maritime Belge (Bau)</p>	[Port of Antwerp]
Ecluse – a steam network with residual heat	<p>Aufbau und Betrieb eines großskaligen Dampfnetzwerks, in dem Wärme in Form von Dampf aus sechs Müllverbrennungsanlagen zu nahegelegenen Chemie-Unternehmen am Hafen (Waasland Port) transportiert wird. Der Transport erfolgt über wärmeisolierte Pipelines.</p> <p>Daten zum Dampfnetzwerk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dampf-Parameter: 400 °C, 40 bar • Kapazität: 168 MW_{th} • Länge: 5 km (4 km oberirdisch verlegt) <p>Eine Kondensat-Pipeline führt das Kondensat (heißes Wasser) zurück zu den Müllverbrennungsanlagen. Das Kondensat wird nochmals für die Gebäudebeheizung der Büros von DP World genutzt.</p> <p>Ziel: Einsparung von 100.000 t CO₂ pro Jahr durch Wärmeaustausch.</p>	<p>Müllverbrennungs-Unternehmen: Indaver, SLECO (in Kooperation mit Fluvius),</p> <p>Chemie-Unternehmen: INEOS Phenol, ADPO, LANXESS Belgium, Monument Chemical, Ashland Specialities Belgium</p> <p>Weitere Partner: Maatschappij Linkerscheldeover, Fineg, Water-Link</p>	[Ecluse–14. März 2019]

Fortsetzung Tabelle 3.4

Projektname	Beschreibung	Projektpartner	Quelle
Shore-side power for better air quality	Nutzung von Landstromversorgung für Schiffe im Hafen. Am Hafen (Noordkasteeldok, Quay 75) gibt es bereits neun Anlegestellen, an denen die Landstromversorgung für Binnenschiffe möglich ist (Tarif: 0,27 €/kWh). Ebenso wird für die Flotte des Hafenbetreibers eine Landstromversorgung genutzt.	Port of Antwerp Authority Alfaport-VOKA Techelec Schneider Electric ABB Actemium Siemens	[Port of Antwerp; Port of Antwerp; Port of Antwerp]
	Ziel: Ausbau der Landstromversorgung für Seeschiffe.		
Energy-neutral lock: The hydro-turbine	Infolge der Gezeiten im Fluss Schelde, der den Hafen Antwerpen mit der See verbindet, besteht oft ein erheblicher Unterschied zwischen dem Wasserstand im Fluss und dem Pegel in den Docks. Daher wurden sieben Seeschleusen eingerichtet, um den Wasserstand in den Docks konstant zu halten und bspw. kleinere Schiffe zu jeder Tageszeit be- und entladen zu können. Durch die sieben Seeschleusen fließt täglich eine große Menge Wasser. Dieser Wasserfluss soll zur Stromerzeugung genutzt werden.	Port of Antwerp Authority	[Port of Antwerp]
	Ziel: Energieneutraler Betrieb der Wassersperren		
Wind turbines at Port of Antwerp	Installation und Betrieb von vier weiteren Windkraftanlagen im Hafengebiet (Linke Bank der Schelde).	Wind aan de Strom (Bau) Port of Antwerp Authority und Left Bank Development (Betrieb)	[Port of Antwerp]
	Dadurch wird die Anzahl der Windturbinen im Hafengebiet auf 20 erhöht. Die jährliche Kapazität beträgt 150 GWh. Ziel: Ausbau der installierten Windleistung		

Fortsetzung Tabelle 3.4

Projektname	Beschreibung	Projektpartner	Quelle
Sustainable methanol and CCUS <i>LNG</i>	Der Projektpartner Fluxys errichtet aktuell am Hafen Antwerpen Bunkeranlagen zur Bereitstellung von LNG als Alternativkraftstoff für Binnenschiffe und kleinere Seeschiffe. Ein LKW-zu-Schiff-Bunker mit LNG ist bereits am Hafen Antwerpen vorhanden (durch Fluxys bereitgestellt).	Port of Antwerp Authority, Fluxys (Gasinfrastruktur-Unternehmen)	[Port of Antwerp]
<i>Sustainable methanol</i>	Pilotprojekt zur Produktion von 4.000 - 8000 t nachhaltigem Methanol pro Jahr. Hintergrund: Am Hafen Antwerpen werden jährlich 300.000 t Methanol für chemische Prozesse und die Kraftstoffproduktion benötigt. Im Pilotprojekt soll Methanol aus Abgas-CO ₂ und EE-basiertem Elektrolyse-Wasserstoff erzeugt werden.	ENGIE (Know-How über den Energiemarkt) Oiltanking (Logistik für die Methanolproduktion und – Speicherung), Indaver (CO ₂ -Abscheidung), Vlaamse Milieuholding VMH (Finanzierung)	[Port of Antwerp–22. März 2019]
	Ziel: Einsparungen von 1-2 t CO ₂ je produzierter Tonne Methanol	Helm-Proman (Methanolmärkte), Port of Antwerp Authority	
Blockchain	Start als Pilotprojekt für den digitalen Austausch von phytosanitären Zertifikaten von Obst, das von Neuseeland nach Europa verschifft wird (Zertifikate garantieren Herkunft und Hygienestandards der Ware). Die Blockchain-Technologie wird eingesetzt, um den sicheren Dokumentenaustausch zu garantieren und allen beteiligten Parteien einen schnellen Zugang zu Daten zu gewähren. Ergebnis des Pilotprojekts: Effizientere Inspektionen und geringere Transitzeiten	Port of Antwerp Authority, T-Mining (Antwerp Blockchain Start-Up) Involvierte Unternehmen: Belfruco (Spediteur), Enzafruit (belgischer Importeur), PortApp, 1-Stopp, T&G Global	[Port of Antwerp]

Fortsetzung Tabelle 3.4

Projektname	Beschreibung	Projektpartner	Quelle
Intelligent wharf wall	<p>Teil des Pilotprojektes der Stadt Antwerpen „Capital of Things“:</p> <p>Installation von digitalen Kameras und Sensoren am Deurganckdok (Hauptdock für die Container-Abfertigung am Hafen Antwerpen), damit Binnen- und Seeschiffe korrekt an den für sie reservierten Liegeplatz anlegen. Dadurch, dass Schiffe nicht mehr nach einem Liegeplatz suchen müssen, wird die Wartezeit erheblich verkürzt.</p>	<p>Port of Antwerp Authority City of Antwerp University of Antwerp</p>	<p>[Port of Antwerp]</p>

3.5 Projekte Hafenverbund DeltaPort

Insgesamt drei Standorte gehören zum Hafenverbund DeltaPort: Der Hafen Emmelsum/ Voerde, der Rhein-Lippe-Hafen Wesel sowie der Stadthafen Wesel. In den Häfen wurden in 2019 mit insgesamt 3,6 Mio t. bzw. 105.000 TEU eine Vielzahl an Gütern umgeschlagen. Die umgeschlagenen Güter umfassen dabei Schüttgüter, wie bspw. Baustoffe, Futtermittel oder Salz, Stückgüter in Form von Papier und Zellstoff, Flüssiggüter wie Mineralölprodukte und Schwergüter sowie Container. [DeltaPort GmbH & Co. KG–06.11.2020]

Der Hafenverbund DeltaPort ist Mitglied im „EcoPort“-Netzwerk und besitzt als erster europäischer Binnenhafenverbund den Status eines EcoPorts, der durch eine Zertifizierung nach PERS (Port Environmental Review System) erreicht wurde. Dafür wurden im DeltaPort-Verbund verschiedene Maßnahmen umgesetzt [DeltaPort GmbH & Co. KG]:

- Vorrichtung für die Landstromversorgung von Binnenschiffen im Stadthafen Wesel mit vollständig regenerativem Strom aus Wasserkraft
- Abfallmanagement für die Binnenschiffe mit fachgerechter Entsorgung des anfallenden Hausmülls und Slops (Gemisch aus Ladungsrückständen, Waschwasserresten, Rost und/ oder Schlamm). Zudem werden zwei Liegeplätze zur Reinigung von Binnenschiffen nach CDNI geschaffen
- Bereitstellung von Elektrofahrzeugen für tägliche Dienstfahrten der Hafenmeister zwischen den Betriebsstätten
- Minimierung des LKW-Verkehrs in der Transportkette durch stärkeren Einbezug von Binnenschiffen und Bahnverkehr

Zudem werden weitere Nachhaltigkeits- und Sektorkopplungsprojekte im Hafenverbund DeltaPort initiiert. Im September 2018 startete das Projekt „EcoPort 813“ der Projektpartner DeltaPort, E.ON und TRIMET Aluminium. Ziel des Projektes ist die Nutzung von überschüssiger Abwärme aus der Aluminiumproduktion zur Versorgung von Logistikimmobilien des Hafenbetreibers DeltaPort im Hafen Emmelsum sowie im Rhein-Lippe-Hafen Wesel. Die überschüssige Abwärme kann dabei in Form von Kälte oder Wärme über eine Wärmerückgewinnung der Firma E.ON (136 GWh nutzbare Wärme pro Jahr) für die Versorgung der Immobilien genutzt werden. [DeltaPort GmbH & Co. KG–20.5.2020b] Ein essenzieller Teil der Abwärmenutzung stellt dabei die Etablierung eines sog. „Cool Corridors“ zwischen den DeltaPort-Häfen und dem Hafen Rotterdam dar. Ziel des Vorhabens ist es, den Hinterlandtransport von Kühlcontainern zukünftig über die Verkehrsträger Binnenschiff und Bahn zu gestalten. Üblicherweise werden temperaturgeführte Container nach Ankunft im Seehafen Rotterdam in Kühlzentren entladen und anschließend per LKW zum Zielort transportiert. Die Nutzung der Abwärme ermöglicht hingegen den Betrieb eines temperaturgeführten Distributionscenters der Firma Nordfrost in Wesel. Dadurch wird der Transport von temperaturgeführten Containern aus Rotterdam per Binnenschiff oder Bahn ermöglicht. [DeltaPort GmbH & Co. KG–20.5.2020a; DeltaPort GmbH & Co. KG–20.5.2020b; DeltaPort GmbH & Co. KG–2021]

Ebenso soll die Abwärme im Rahmen des Projekts „EcoPort 813“ für den Betrieb eines Elektrolyseurs am Rhein-Lippe Hafen Wesel verwendet werden. Im Rahmen des Projekts „H2UB DeltaPort“ soll der produzierte Wasserstoff als Kraftstoff für LKW und Binnenschiffe, sowie als Brennstoff von Blockheizkraftwerken verwendet werden. Die Einspeisung des Wasserstoffs in die durch das Ruhrgebiet laufende Wasserstoffpipeline ist ebenfalls ein denkbare Szenario. [DeltaPort GmbH & Co. KG–26.10.2020] Die Nutzung von Wasserstoff wird auch in weiteren Projekten forciert. Die

Vorhaben umfassen neben den Betrieb von wasserstoffbetriebenen Schiffen (H₂Rhine), die Untersuchung der Nutzung von Wasserstoff in der städtischen Mobilität, sowie die Gründung von Reallaboren (H₂City) und die Evaluation der Rolle der Binnenschifffahrt für den Transport von Wasserstoff (H₂Port). [DeltaPort GmbH & Co. KG–2021]

Weitere Projekte des Hafenverbunds finden sich in dessen Umweltbericht des Jahres 2021. [DeltaPort GmbH & Co. KG–2021]

4 Zusammenfassung

Binnenhäfen sind in ihrer Anzahl und Vielfalt wirtschaftlich wichtige und planerisch anspruchsvolle Handlungsräume für die Energiewende. Die Untersuchungen zeigen, dass die Integration erneuerbarer Energien bereits an einer Vielzahl von Häfen im Rahmen unterschiedlichster Projekte erfolgt: Beispielsweise wird an Themen wie Landstromversorgung, alternativen Kraftstoffen und Binnenschiffantrieben, Wärmenetzwerken und der Elektrifizierung von Terminals gearbeitet. Auch die Integration des Energieträgers Wasserstoff ist ein Thema, das steigend an Bedeutung gewinnt.

Um jedoch umfassende und ganzheitliche Gesamtkonzepte für Häfen entwickeln zu können, sind detaillierte standortbezogene Untersuchungen erforderlich. Um zukünftig gezielte Realisierungsprojekte umzusetzen, wurden in dieser Studie die notwendigen Grundlagen zur Charakterisierung und Bewertung der Häfen erarbeitet. Dazu wurden Hafentypologien abgeleitet, die die Übertragbarkeit der Bewertungsansätze sicherstellen sollen. Im Rahmen der Arbeiten erfolgte eine umfassende Datenerhebung durch Fragebögen, Internetrecherchen unter Einbeziehung von Geoinformationssystemen und Expertengespräche mit der Duisburger Hafen AG und dem Bundesverband öffentlicher Binnenhäfen e. V.

Angesichts der Vielzahl an Binnenhäfen wurde zunächst definiert, welche Häfen als projektrelevant anzusehen sind. Darauf aufbauend wurden die relevanten Häfen nach ausgewählten Kriterien in Kategorien eingeteilt. Bereits diese Einteilung zeigt die Heterogenität der Hafenlandschaft und daraus folgend die Notwendigkeit einer differenzierten Herangehensweise in den weiteren Untersuchungen. Um dieser Anforderung im Rahmen des Projektes gerecht zu werden, wurde ein abgestuftes Vorgehen gewählt: Aus den projektrelevanten Häfen wurden 31 Standorte für weitergehende Analysen ausgewählt.

Zur näheren Beschreibung der 31 ausgewählten Häfen wurde eine Befragung durchgeführt und es wurde ein Indikatorensystem erarbeitet, dem mit Hilfe von Geoinformationssystemen hafenspezifische Werte zugewiesen werden konnten. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind in ein Hafenquartett aus 31 Häfen eingeflossen. Dieses Quartett soll eine möglichst ausgewogene Darstellung der deutschen Binnenhäfen in Bezug auf vorher gebildete Kategorien bieten und einen schnellen, Vergleich verschiedener Hafenstandorte ermöglichen.

Es wurde außerdem eine Typologie für Binnenhäfen erarbeitet, die es ermöglichen soll, die inneren Strukturen der einzelnen Häfen genau zu erfassen und die Übertragbarkeit der Methoden und Handlungsempfehlungen auf gleichermaßen strukturierten Binnenhäfen sicherzustellen. Aus der Unternehmenslandschaft sowie der Lagerstruktur von Binnenhäfen konnten zwei grundsätzliche Typen abgeleitet werden.

Parallel wurde für einige ausgewählte Häfen eine umfassende Literaturrecherche zu relevanten bestehenden Forschungs- und Umsetzungsprojekten durchgeführt. Hierbei wurden auch Projekte an Seehäfen untersucht, bei denen davon ausgegangen werden kann, dass sie sich für Binnenstandorte anpassen lassen. Die aufgeführten Projekte geben ein umfangreiches Bild von an Häfen umsetzbaren Sektorkopplungsmaßnahmen und bilden so eine Informationsbasis für die Erstellung von ganzheitlichen Konzepten im Projekt enerPort.

5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass an vielen Häfen ein Interesse am Projekt enerPort und die Bereitschaft zur Mitwirkung bestehen: Insgesamt konnte Kontakt mit vielen Hafenbetreibern aufgenommen werden, die teilweise großes Interesse an den Ergebnissen des Projekts anmerkten und gerne die erwünschten Informationen bereitstellten.

In der Auswertung der erhobenen Daten wurde jedoch deutlich, dass weiterhin große Lücken in den für fundierte Planungen erforderlichen Datensätzen bestehen. Mehrere Hafenbetreiber haben angemerkt, dass sie nur als Verwalter des Grundstücks agieren und daher keine genauen Informationen zu aktueursspezifischen Fragestellungen bereitstellen können. Aus den Antworten lässt sich ableiten, dass die Häfen, im Gegensatz zu großen Industriegebieten wie Chemieparcs, oftmals nicht über eine zentrale Verwaltung der Infrastruktur verfügen. Die Akteursvielfalt und Fragen des Datenschutzes erschweren somit die Datenerhebung. Mit aktuellem Bezug lässt sich auch vermuten, dass die mit der Corona-Pandemie einhergehenden erschwerten Arbeitsbedingungen einen zusätzlich negativen Einfluss auf die Anzahl der Rückmeldungen hatte.

Des Weiteren ist zu prüfen, wie Häfen, die auf die Anfragen bislang nicht reagiert haben, mittelfristig in den Transformationsprozess einbezogen werden können. Zu den oben genannten möglichen Gründen für die Datenlücken in den ausgefüllten Fragebögen, kommen hier ggf. noch weitere Aspekte, wie ein evtl. fehlendes Interesse am Thema oder ein fehlendes Verständnis für die Notwendigkeit umfangreicher Datenerhebungen hinzu.

In Kombination mit standortbezogenen Konzeptentwicklungen am Duisburger Hafen soll diese Studie so letztendlich eine fundierte Basis für die Vorbereitung weiterer ganzheitlicher Transformationsprojekte an Binnenhäfen bilden. Im Sinne solcher Konzepte werden Synergiepotenziale auch mit den umliegenden Quartieren ausgelotet und Ziel sollte es sein, das Quartier Binnenhafen so in die Stadt einzubinden, dass Nutzungskonkurrenzen minimiert werden. Das funktioniert umso besser, wenn man den Hafen als eigenes wertschöpfendes Stadtquartier begreift.

6 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Die 20 umschlagsstärksten Hafenstandorte im Waren- und Containerumschlag in der Binnenschifffahrt. [Statistisches Bundesamt–2019]	12
Tabelle 2.2: Indikatorbeschreibung I1: Distanz zur nächsten Autobahnauffahrt	16
Tabelle 2.3: Indikatorbeschreibung I2: Distanz zum nächsten Frachtflughafen	16
Tabelle 2.4: Indikatorbeschreibung I3: Distanz zum nächsten Seehafen	16
Tabelle 2.5: Indikatorbeschreibung I4: Distanz zur nächsten Bahnstrecke/Gleis	17
Tabelle 2.6: Indikatorbeschreibung I5: Wohnbaufläche in 3 km Radius	17
Tabelle 2.7: Indikatorbeschreibung I6: Anzahl Bevölkerung in 3km Radius	17
Tabelle 2.8: Indikatorbeschreibung I7: Gewerbe- und Industrieflächen in 3km Radius	17
Tabelle 2.9: Indikatorbeschreibung I8: Distanz zur nächsten Gasleitung	18
Tabelle 2.10: Indikatorbeschreibung I9: Gasleitungsklassen in 3 km Radius	18
Tabelle 2.11: Indikatorbeschreibung I10: Wasserstoffleitungen in 15km und 3km Radius	18
Tabelle 2.12: Indikatorbeschreibung I11: PV-Potenzial: Gebäudegrundflächen in 3km Radius	19
Tabelle 2.13: Indikatorbeschreibung I12: Wind-Potenzial: Potenzialflächen in 3 km Radius	19
Tabelle 2.14: Beschreibung der Quartiersanbindung	21
Tabelle 2.15: gebildete Kategorien, denen Häfen zugewiesen werden konnten	21
Tabelle 2.16: Klassifizierung von Güterarten	25
Tabelle 2.17: Ausgewählte Häfen, sortiert nach Kategorien	35
Tabelle 2.18: Ausgewählte Kriterien für die differenzierte Beschreibung der ausgewählten Binnenhäfen	38
Tabelle 3.1: Auswahl an laufenden und abgeschlossenen Projekten mit EE- bzw. Sektorkopplungsbezug am Hamburger Hafen (Teil 1: Logistik)	43
Tabelle 3.2: Auswahl an laufenden und abgeschlossenen Projekten mit EE- bzw. Sektorkopplungsbezug am Hamburger Hafen (Teil 2: Energieversorgung)	44
Tabelle 3.3: Güter und deren Umschlag im Hafen Antwerpen. [Port of Antwerp–2019]	47
Tabelle 3.4: Auswahl an laufenden und abgeschlossenen Projekten mit EE- und Sektorkopplungsbezug am Hafen Antwerpen	48
Tabelle A.2.1: Ursprünglich erstellter Kriterienkatalog für die Detailanalyse	66
Tabelle A2.2: Betrachtete PV-Module für die Berechnung der flächenspezifischen Leistung	67

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Übersicht der identifizierten projektrelevanten Häfen	11
Abbildung 2.2: Model Builder Prozess: Umgebungsanalyse für Flächenstatistik	15
Abbildung 2.3: Lage von Industrie- und Gewerbeflächen in der Umgebung (hier 2 km Radius) von Binnenhäfen am Beispiel Duisburg und Mülheim	15
Abbildung 2.4: Prozentuale Verteilung der 75 Häfen in den Gruppen	22
Abbildung 2.5: Verteilung aller identifizierten Unternehmen auf die Unternehmensgruppen.	25
Abbildung 2.6: Aufkommen der Lagertypen in den 75 kategorisierten Häfen in Stückzahlen.	27
Abbildung 2.7: Lagerstruktur in den Häfen der Kategorien A-Q.	27
Abbildung 2.8: Vergleich der Unternehmensstruktur zwischen ausgewählten Häfen der Lagertypen Misch a), Freilager + Halle b), Halle + Tank c) und Freilager + Tank d)	28
Abbildung 2.9: Vergleich der Unternehmensstruktur zwischen ausgewählten Häfen der Lagertypen Freilager a) und Tank b)	29
Abbildung 2.10: Prozentuale Verteilung der Antworten auf die Frage der Organisation der Stromversorgung in den Häfen. Mit Strombereitstellung durch einen externen Versorger (extern) oder individuelle Versorgung durch die Akteure bzw. dezentrale Versorgung im Hafen (dezentral).	31
Abbildung 2.11: Betreiber-Modelle von Binnenhäfen nach Einteilung und Analyse des BÖB für dessen Mitglieder	32
Abbildung 2.12: Umfrageergebnisse zur Betreiberstruktur in Binnenhäfen.	33
Abbildung 2.13: Vergleich der anteiligen Verteilung der Kategorien in der Gesamtmenge der Häfen (Gesamt) mit n=75 und den für das Hafenquartett ausgewählten Häfen (Quartett) mit n=31.	36
Abbildung 2.14: Quartettkarte Duisburg	39

8 Literaturverzeichnis

- abh INGENIEUR-TECHNIK GmbH (21.11.2019): Innovative und umweltfreundliche Wasserstoff-Anwendungen im Seehafen EMDEN. Distribution und Speicherung im Emden Hafen am Beispiel EPAS. Zuletzt geprüft am: 09.06.2020. https://www.nports.de/aktuelles-presse/?tx_news_pi1%5BoverwriteDemand%5D%5Byear%5D=2019&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&cHash=47b2bb41945951b99244b00b24be7651.
- American Institute of Chemical Engineers: What is CCUS? Zuletzt geprüft am: 07.06.2020. <https://www.aiche.org/ccusnetwork/what-ccus>.
- Becker, Christian: LNG Hybrid Barge. Saubere Energie für Kreuzfahrtschiffe im Hafen. Zuletzt geprüft am: 05.03.2020. <https://future.hamburg/project/lng-hybrid-barge/>.
- Behörde für Umwelt und Energie (2017): Luftreinhalteplan für Hamburg (2. Fortschreibung). Hamburg.
- Bettinger, Adenike (21.11.2019): Wasserstoff- Energieträger der Zukunft. Zuletzt geprüft am: 09.06.2020. <https://www.mariko-leer.de/downloads/praesentationen/>.
- BMVI (2016): Bundesverkehrswegeplan 2030.
- BMVI (2018): WASH2Emden – Innovative und umweltfreundliche Wasserstoffanwendungen im Seehafen Emden. Zuletzt geprüft am: 09.06.2020. https://www.innovativehafentechnologien.de/wp-content/uploads/2018/12/IHATEC_Projektsteckbrief_Wash2Emden_formatiert.pdf.
- BMVI (2019a): Hafenorganisation. Zuletzt geprüft am: 12.06.2020. <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/57338/>.
- BMVI (2019b): Masterplan Binnenschifffahrt.
- Breuing, Alois; Knosala, Ryszard (1997): Bewerten technischer Systeme. Theoretische und methodische Grundlagen bewertungstechnischer Entscheidungshilfen. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg.
- Changzhou Trina Solar Energy Co. Ltd (2016): Downloadbereich - Datenblätter. Zuletzt geprüft am: 24.04.2020. <https://www.trinasolar.com/de/resources/downloads>.
- Deltalinqs: H-Vision. Zuletzt geprüft am: 30.01.2020. <https://www.deltalinqs.nl/h-vision-en>.
- DeltaPort GmbH & Co. KG: Ecoports. Zuletzt geprüft am: 20.05.2020. <https://www.deltaport.de/deltaport/ecports/>.
- DeltaPort GmbH & Co. KG (20.5.2020a): Attraktive Freiflächen und nachhaltige Projekte: DeltaPort präsentiert sich auf der Expo Real. Zuletzt geprüft am: 20.05.2020. <https://www.deltaport.de/pressemitteilungen/gruendung-der-deltaport-niederrheinhaefen-gmbh-2-2-2-2-2-2-2-2-2-2/>.
- DeltaPort GmbH & Co. KG (20.5.2020b): DeltaPort Niederrheinhäfen stellen zukunftsweisende Projekte vor. Zuletzt geprüft am: 20.05.2020. <https://www.deltaport.de/pressemitteilungen/gruendung-der-deltaport-niederrheinhaefen-gmbh-2-2-2-2-2-2-2-2-2-2/>.
- DeltaPort GmbH & Co. KG (26.10.2020): Angabe des Hafens aus E-Mail-Verkehr.
- DeltaPort GmbH & Co. KG (06.11.2020): Daten & Fakten. Zuletzt geprüft am: 06.11.2020. <https://www.deltaport.de/schifffahrt/daten-fakten/>.
- DeltaPort GmbH & Co. KG (2021): Umweltbericht 2021.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (09.1977): DIN 4054. Verkehrswasserbau - Begriffe.
- Die Bundesregierung (2015): Nationales Hafenkonzept für die See- und Binnenhäfen.
- Ecluse (14. März 2019): Official opening steam network Ecluse. Zuletzt geprüft am: 24.02.2020. <https://www.ecluse.be/news-detail/official-opening-steam-network-ecluse/>.
- enercon GmbH: Technische Beschreibung Enercon Windenergieanlage E82 E2 / 2MW/2,3MW.

Erhorn-Kluttig, Heike (2011): Energetische Quartiersplanung. Methoden - Technologien - Praxisbeispiele; Im Rahmen des Begleitforschungsprojektes der Förderinitiative "Energieeffiziente Stadt (EnEff:Stadt)" des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verl..

Erneuerbare Energien Hamburg Clusteragentur GmbH: Power-to-Aluminium. Lastverschiebung bei einer Aluminiumelektrolyse-Zelle. Zuletzt geprüft am: 05.03.2020. <https://new4-0.erneuerbare-energien-hamburg.de/de/new-40-projekte/details/power-to-aluminium-lastverschiebung-bei-einer-aluminiumelektrolyse-zelle.html>.

Eur. Kommission: EU Emissions Trading System (EU ETS). Zuletzt geprüft am: 07.06.2020. https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en.

eurostat: Top 20 ports handling freight. 2012-2017. Zuletzt geprüft am: 05.03.2020. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Top_20_ports_handling_freight,_2012-2017_\(million_tonnes\).png](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Top_20_ports_handling_freight,_2012-2017_(million_tonnes).png).

Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt: Klassifizierung der Binnenwasserstraßen. Zuletzt geprüft am: 08.06.2020. https://www.gdws.wsv.bund.de/DE/wasserstrassen/01_bundeswasserstrassen/Klassifizierung/Klassifizierung_node.html.

Green Award: Certification & Requirements. Zuletzt geprüft am: 27.01.2020. <https://www.greenaward.org/inland-shipping/requirements/>,

Greenpeace Energy eG: Broschüre: Blauer Wasserstoff. Lösung oder Problem der Energiewende?. Zuletzt geprüft am: 09.06.2020. <https://www.greenpeace-energy.de/blog/aktuelles/blauer-wasserstoff/>.

Hafen Hamburg (2016): Flyer: Der Hamburger Hafen. Daten und Fakten. Zuletzt geprüft am: 09.06.2020. <https://www.hafen-hamburg.de/de/statistiken>.

Hafen Hamburg Marketing e.V.: Europas größter Eisenbahnhafen. Zuletzt geprüft am: 05.03.2020. <https://www.hafen-hamburg.de/de/europas-groesster-eisenbahnhafen>.

Hafen Hamburg Marketing e.V.: Statistiken Hafen Hamburg. Zuletzt geprüft am: 05.03.2020. <https://www.hafen-hamburg.de/de/statistiken>.

Hafen Hamburg Marketing e.V. (2016): Energiewende-Projekt BESIC erfolgreich abgeschlossen. Zuletzt geprüft am: 05.03.2020. <https://www.hafen-hamburg.de/de/news/energiewende-projekt-besic-erfolgreich-abgeschlossen---35007>.

Hafen Hamburg Marketing e.V. (2019): HHLA leistet spürbaren Beitrag zur Energiewende. Containertransporter sorgen als mobile Stromspeicher für mehr Netzstabilität. Zuletzt geprüft am: 05.03.2020. <https://www.hafen-hamburg.de/de/news/hhla-leistet-spuerbaren-beitrag-zur-energiewende-containertransporter-sorgen-als-mobile-stromspeicher-fuer-mehr-netzstabilitaet---36165>.

Hamburg Port Authority: Flotte Hamburg GMBH & CO. KG. Umweltschutz als Fundament. Zuletzt geprüft am: 07.06.2020. <https://www.hamburg-port-authority.de/de/wasser/hamburg-flotte/>.

Hamburg Port Authority: SmartPort. Der intelligente Hafen. Zuletzt geprüft am: 05.03.2020. <https://www.hamburg-port-authority.de/de/hpa-360/smartport/>.

Hamburger Hafen und Logistik Aktiengesellschaft: Strom statt Diesel. Zuletzt geprüft am: 05.03.2020. <https://hhla.de/unternehmen/tochterunternehmen/container-terminal-altenwerder-cta/strom-statt-diesel>.

Hänel, Andreas (21.11.2019): H2-Anwendungsfelder im Emden Hafen. Zuletzt geprüft am: 09.06.2020. https://www.nports.de/aktuelles-presse/?tx_news_pi1%5BoverwriteDemand%5D%5Byear%5D=2019&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&cHash=47b2bb41945951b99244b00b24be7651.

Hanwha Q CELLS GmbH (15.4.2020): Produktübersicht. Zuletzt geprüft am: 24.04.2020. <https://www.q-cells.de/produkte/produktuebersicht.html>.

- IVT e. V (2010): Grundlagenuntersuchung zu einem Binnenschiffahrts- und Hafenkonzept Baden-Württemberg. Schlussbericht.
- JA Solar Technology Co., Ltd. (24.4.2020): Produktspezifikationen. Zuletzt geprüft am: 24.04.2020. <https://www.jasolar.com/index.php?m=content&c=index&a=lists&catid=147>.
- LyondellBasell Industries: LyondellBasell and Covestro kick-off Circular Steam Project in Maasvlakte. Zuletzt geprüft am: 28.01.2020. <https://www.lyondellbasell.com/en/news-events/corporate--financial-news/lyondellbasell-and-covestro-kick-off-circular-steam-project-in-maasvlakte/>.
- MBV NRW (2008): Wasserstraßenverkehr, Binnenhäfen und Logistik in Nordrhein-Westfalen. Fortschreibung des Wasserstraßenverkehrs- und Hafenkonzeptes Nordrhein-Westfalen.
- Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (2011): Bauwerkszuordnungskatalog und Synopse.
- MWEBWV NRW (2010): Binnenhäfen im Spannungsfeld konkurrierender Nutzungsinteressen. Düsseldorf.
- Next Kraftwerke GmbH: Wissen. Zuletzt geprüft am: 07.06.2020. <https://www.next-kraftwerke.de/wissen>.
- Niedersachsen Ports: NPorts-Nachhaltigkeit-Projekt-WASh2Emden-Abschlussbericht.
- Paschke, Lars (2020): Binnenhäfen als Handlungsräume der Energiewende. Masterarbeit (unveröffentlicht). Darmstadt.
- Port of Amsterdam: Agribulk. Zuletzt geprüft am: 07.06.2020. <https://www.portofamsterdam.com/en/business/cargo/agri-bulk>.
- Port of Antwerp: Antwerp Blockchain pilot pioneers with secure and efficient document flow. Zuletzt geprüft am: 25.02.2020. <https://www.portofantwerp.com/en/news/antwerp-blockchain-pilot-pioneers-secure-and-efficient-document-workflow>.
- Port of Antwerp: Antwerp, your partner in liquid bulk supply chain. Zuletzt geprüft am: 21.02.2020. https://www.portofantwerp.com/sites/portofantwerp/files/0919HVA082_Marketing_Brochure_TankStorage_12PG_V11_LR_0.pdf.
- Port of Antwerp: Deurganck Dock gets smarter. Zuletzt geprüft am: 25.02.2020. <https://www.portofantwerp.com/en/news/deurganck-dock-gets-smart>.
- Port of Antwerp: Energy and Environment. Zuletzt geprüft am: 24.02.2020. <https://www.portofantwerp.com/en/energy-and-environment-new-solutions-sustainable-future>.
- Port of Antwerp: Energy transition with re-use of CO2. Zuletzt geprüft am: 24.02.2020. <https://www.portofantwerp.com/en/news/port-antwerp-brings-different-players-together-produce-sustainable-methanol>.
- Port of Antwerp: Hydrogen-powered tug is world first for Port of Antwerp. Zuletzt geprüft am: 24.02.2020. <https://newsroom.portofantwerp.com/hydrogen-powered-tug-is-world-first-for-port-of-antwerp#>.
- Port of Antwerp: Multi Fuel Port. Zuletzt geprüft am: 21.02.2020. <https://www.portofantwerp.com/en/multi-fuel-port>.
- Port of Antwerp: Onshore power. Zuletzt geprüft am: 24.02.2020. <https://www.portofantwerp.com/en/onshorepower>.
- Port of Antwerp: Port of Antwerp pushes ahead with onshore power for ships. Zuletzt geprüft am: 24.02.2020. <https://www.portofantwerp.com/en/news/port-antwerp-pushes-ahead-onshore-power-ships>.
- Port of Antwerp: Sustainability. Zuletzt geprüft am: 21.02.2020. <https://www.portofantwerp.com/en/sustainability-1>.

- Port of Antwerp (2019): Statistisches Jahrbuch 2019. Zuletzt geprüft am: 21.02.2020. https://www.portofantwerp.com/sites/portofantwerp/files/Statistisch%20Jaarboek%202019_1.pdf.
- Port of Antwerp (22. März 2019): Port of Antwerp brings different players together to produce sustainable methanol. Zuletzt geprüft am: 24.02.2020. <https://www.portofantwerp.com/en/news/port-antwerp-brings-different-players-together-produce-sustainable-methanol>.
- Port of Rotterdam: Container Exchange Route. Zuletzt geprüft am: 27.01.2020. <https://www.portofrotterdam.com/de/geschaeftsmoeglichkeiten/hafen-der-zukunft/innovation/container-exchange-route-cer>.
- Port of Rotterdam: Der Hafenbetrieb: Auftakt zu noch größer angelegten Wasserstoffherstellung- und –Netzwerk. Zuletzt geprüft am: 30.01.2020. <https://www.portofrotterdam.com/de/nachrichten-und-pressemitteilungen/der-hafenbetrieb-auftakt-zu-noch-grosser-angelegten>.
- Port of Rotterdam: Die Energiewende sorgt für viel Wirbel beim Wasserstoff. Zuletzt geprüft am: 30.01.2020. <https://www.portofrotterdam.com/de/nachrichten-und-pressemitteilungen/die-energiewende-sorgt-fuer-viel-wirbel-beim-wasserstoff>.
- Port of Rotterdam: Eine neue Heizung. Zuletzt geprüft am: 28.01.2020. <https://www.portofrotterdam.com/de/eine-neue-heizung>.
- Port of Rotterdam: Eneco und Vattenfall eröffnen Windpark Slufterdam 2.0 mit doppelter Leistung. Zuletzt geprüft am: 28.01.2020. <https://www.portofrotterdam.com/de/nachrichten-und-pressemitteilungen/eneco-und-vattenfall-eroeffnen-windpark-slufterdam-20-mit>.
- Port of Rotterdam: First inland vessel on 100% sustainable biofuel for Heineken. Zuletzt geprüft am: 06.02.2020. <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/first-inland-vessel-on-100-sustainable-biofuel-for-heineken>.
- Port of Rotterdam: Güterumschlag. Zuletzt geprüft am: 27.01.2020. <https://www.portofrotterdam.com/de/unsere-hafen/fakten-und-zahlen/fakten-und-zahlen-zum-hafen/gueterumschlag>.
- Port of Rotterdam: Güterumschlag im Rotterdamer Hafen. Güterumschlag 2018 und 2017. Zuletzt geprüft am: 27.01.2020. <https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/gueterumschlag-rotterdam-hafen-2018.pdf?token=3f7WCjRE>.
- Port of Rotterdam: Hafeninfrastruktur. Zuletzt geprüft am: 27.01.2020. https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/hafeninfrastruktur_0.pdf?token=aQ2yA_aJ.
- Port of Rotterdam: H-vision. Blue hydrogen for a green future. Zuletzt geprüft am: 30.01.2020. <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/h-vision-blue-hydrogen-for-a-green-future>.
- Port of Rotterdam: In drei Schritten CO2-neutral. Zuletzt geprüft am: 27.01.2020. <https://www.portofrotterdam.com/de/geschaeftsmoeglichkeiten/hafen-der-zukunft/energiewende/in-drei-schritten-co2-neutral>.
- Port of Rotterdam: Laufende Projekte. Zuletzt geprüft am: 27.01.2020. <https://www.portofrotterdam.com/de/geschaeftsmoeglichkeiten/hafen-der-zukunft/energiewende/laufende-projekte>.
- Port of Rotterdam: Maasvlakte 2. Zuletzt geprüft am: 27.01.2020. <https://www.portofrotterdam.com/de/unsere-hafen/unsere-themen/ein-nachhaltiger-hafen/maasvlakte-2>.
- Port of Rotterdam: REKO investiert EUR 125 Millionen in eine zweite Anlage zur thermischen Reinigung von teerhaltigem Asphaltgranulat. Zuletzt geprüft am: 31.01.2020. <https://www.portofrotterdam.com/de/nachrichten-und-pressemitteilungen/reko-investiert-eur-125-millionen-in-eine-zweite-anlage-zu>.
- Port of Rotterdam: Teilnehmer am Test mit mobile Landstrom für die Seefahrt bekannt. Zuletzt geprüft am: 06.02.2020. <https://www.portofrotterdam.com/de/nachrichten-und-pressemitteilungen/teilnehmer-am-test-mit-mobilem-landstrom-fuer-die-seefahrt>.

- Port of Rotterdam: Vier Prototypen Blocklab zur Beschleunigung der Energiewende. Zuletzt geprüft am: 30.01.2020. <https://www.portofrotterdam.com/de/nachrichten-und-pressemitteilungen/vier-prototypen-blocklab-zur-beschleunigung-der-energiewende>.
- Preuß, Olaf (12.06.2019): Auf der Suche nach dem Superspeicher. Zuletzt geprüft am: 05.03.2020. <https://www.welt.de/regionales/hamburg/article195143935/Siemens-Gamesa-testet-neuen-Energiespeicher.html>.
- pv magazine group GmbH & Co. KG (2018): Weltweit größte Fassadeninstallation mit organischer Photovoltaik im Duisburger Hafen. Zuletzt geprüft am: 04.06.2020. <https://www.pv-magazine.de/unternehmensmeldungen/weltweit-groesste-fassadeninstallation-mit-organischer-photovoltaik-im-duisburger-hafen/>.
- Rotterdam CCUS: Project Porthos. CO2 reduction through storage beneath the North Sea. Zuletzt geprüft am: 28.01.2020. <https://www.rotterdamccus.nl/en/>.
- Shell Deutschland GmbH: Hamburg Green Hydrogen Hub. Zuletzt geprüft am: 03.12.2021. <https://www.hghh.eu/>.
- Siemens Gamesa Renewable Energy, S.A. (2017): Start of construction in Hamburg-Altenwerder. Siemens Gamesa to install FES heat-storage for wind energy. Zuletzt geprüft am: 05.03.2020. <https://www.siemensgamesa.com/en-int/newsroom/2017/11/start-of-construction-in-hamburg-altenwerder>.
- Statistisches Bundesamt (2019): Statistisches Jahrbuch 2019.
- Stedin: Stedin AVR, en EKC nemen stoomnetwerk Rotterdamse Botlek in gebruik. Zuletzt geprüft am: 28.01.2020. <https://www.stedin.net/over-stedin/pers-en-media/persberichten/stedin-avr-en-ekc-nemen-stoomnetwerk-rotterdamse-botlek-in-gebruik>.
- Transway Internationale Spedition GmbH: Informationen zu Breakbulk. Zuletzt geprüft am: 12.06.2020. <https://www.spedition-seefracht.de/service/lexikon/informationen-zu-breakbulk-transway/>.
- Umweltbundesamt: Der Europäische Emissionshandel. Zuletzt geprüft am: 07.06.2020. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/der-europaeische-emissionshandel#teilnehmerprinzip-und-umsetzung-des-europaischen-emissionshandels>.
- Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes: Gliederung der Bundeswasserstraßen. Zuletzt geprüft am: 07.06.2020. https://www.gdws.wsv.bund.de/DE/wasserstrassen/01_bundeswasserstrassen/Gliederung/Gliederung_node.html.
- Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes: WMS Client. Zuletzt geprüft am: 07.06.2020. <https://atlas.wsv.bund.de/clients/desktop/>.
- Waste-to-Chemicals Rotterdam: Waste-to-Chemicals Rotterdam. Zuletzt geprüft am: 31.01.2020. <https://w2c-rotterdam.com/>.
- World Bank (2006): Port Reform Toolkit. MODULE 3 - Alternative Port Management Structures and Ownership Models, 2. Aufl. Washington, DC: World Bank; Public-Private Infrastructure Advisory Facility.
- Yingli Green Energy Holding Company Limited (24.4.2020): Downloads - Datenblätter. Zuletzt geprüft am: 24.04.2020. <http://www.yinglisolar.com/en/downloads>.

Anhang

A.1 Liste der Binnenhäfen

Tabelle A.1.1 Identifizierte Binnenhäfen und deren Kategorie

Hafenstandort	Kategorie	Hafenstandort	Kategorie
Andernach	K	Ludwigshafen am Rhein	A
Bamberg	K	Lüneburg	K
Bonn	Q	Lünen	L
Bottrop	A	Magdeburg	K
Brandenburg an der Havel	K	Mainz	A
Braunschweig	M	Mannheim	A
Bülstringen	M	Marl	E
Deggendorf	K	Minden	L
Dietfurt	Q	Mülheim an der Ruhr	L
Dörpen	M	Neuss	A
Dorsten	P	Nürnberg	L
Dortmund	K	Ochsenfurt	Q
Duisburg	A	Orsoy	K
Eberswalde	K	Osnabrück	L
Emmerich	K	Passau	L
Essen	K	Plochingen	K
Frankfurt am Main	A	Recklinghausen	Q
Fürstenwalde/Spree	L	Regensburg	K
Gelsenkirchen	A	Roßlau	O
Hafenverbund DeltaPort	K	Rüdersdorf bei Berlin	K
Haldensleben	K	Saarlouis	K
Hamburg	E	Salzgitter	M
Hamm	B	Schwedt/Oder	M
Hanau	L	Schweinfurt	M
Hannover	K	Spelle-Venhaus	M
Heilbronn	K	Stolzenau	P

Hafenstandort	Kategorie	Hafenstandort	Kategorie
Herne	K	Straubing-Sand	K
Hildesheim	K	Stuttgart	K
Ibbenbüren	K	Trier	K
Karlsruhe	A	Uelzen	M
Kehl	A	Wertheim	K
Kelheim	L	DeltaPort	K
Köln	A	Wittenberge	L
Königs Wusterhausen	L	Wittingen	M
Krefeld	C	Fallersleben	L
Lahnstein	Q	Worms	K
Lingen (Ems)	L	Würzburg	L
Lübbecke	P	Zeil	K

A.2 Zusatzmaterial Detailanalyse

Folgend ist ein Ausschnitt der Auswahlmatrix für die Auswahl der Kriterien des Hafenquartetts dargestellt. In der gesamten Matrix wurden 75 Kriterien miteinander verglichen. Mit „1“ versehene Zellen entsprechen einer höheren Bewertung des obenstehenden Kriteriums.

1		Lage des Hafens im regionalen Kontext					
		Lage	Standort	Einzugsgebiet	Entfernung zum nächsten Seehafen	Lage an Wasserweg	Entfernung zum nächsten Frachtflughafen
Lage des Hafens im regionalen Kontext	Lage		0	1	0	0	0
	Standort	1		1	1	1	1
	Einzugsgebiet	0	0		0	0	0
	Entfernung zum nächsten Seehafen	1	0	1		0	0
	Lage an Wasserweg	1	0	1	1		1
	Entfernung zum nächsten Frachtflughafen	1	0	1	1	0	
	Nutzung	0	0	0	0	0	0
Hafentypisierung	Hafentyp/ Zugang	1	0	1	1	1	1
	Zusammengehörigkeit mit anderen Häfen	1	0	1	1	1	1
	Hafengesellschaft/ Betreiber	1	0	1	1	1	1
	Alter des Hafens	1	0	1	1	1	1
Hafenfläche und angrenzende Quartiere	Gesamtfläche	0	0	1	0	0	0
	Gebäudeflächen	0	0	1	0	0	0
	Freiflächen	0	0	1	0	0	0
	Lagerfläche	0	0	1	0	0	0
	Tankfläche	1	0	1	0	0	0
	Angrenzende Quartiere an das Hafengebiet (Wohngebiete)	0	0	1	0	0	0
	Angrenzende Quartiere an das Hafengebiet (Industrie)	0	0	1	0	0	0
	Angrenzende Quartiere an das Hafengebiet (Fläche mit EE-Potential)	0	0	1	0	0	0
	Angrenzende Städte an den Hafenstandort	1	0	1	0	1	1
	Einwohner der angrenzenden Städte	0	0	1	0	0	0

Abbildung A.2.1: Ausschnitt der Auswahlmatrix für die Kriterien im Hafenquartett.

Aus den ersten zwei durchgeführten Fragerunden wurde der untenstehende Kriterienkatalog erstellt. Aufgrund von Datenmangel wurde der Kriterienkatalog im Laufe des Projekts zu den in Kapitel 2.4.2 beschriebenen Katalog angepasst.

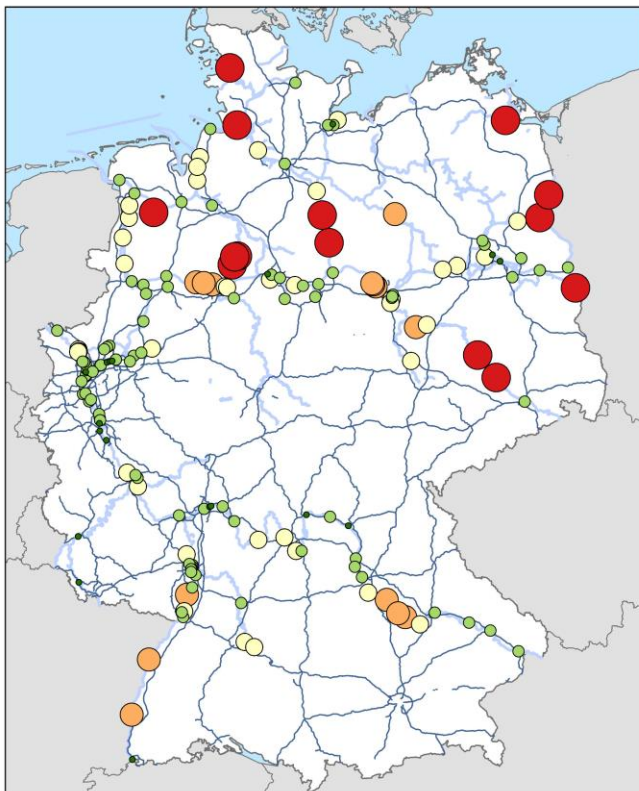
Tabelle A.2.1: Ursprünglich erstellter Kriterienkatalog für die Detailanalyse

Kriterien	Beschreibung/ Einheit	Themenfeld
Quartiersanbindung	Stadtquartier, Industriegebiet	Lage des Hafens im regionalen Kontext
Modalität	bi- oder trimodal	Infrastruktur am Hafen
Nutzung	Umschlagsgüter	Hafentypisierung
Hauptindustrie/ Hauptprodukte	Nennung	Wertschöpfung und Warenumschlag am Hafen
Strombedarf bzw. -verbrauch	kWh	Energieversorgung am Hafen
Installierte EE-Leistung	kW	Energieversorgung am Hafen
Wärmebedarf	kWh	Energieversorgung am Hafen
Elektro-Tankstellen (Landstrom)	Anzahl	Sektorkopplung am Hafen
LNG-Tankstellen	Anzahl	Sektorkopplung am Hafen
Warenumschlag	t	Wertschöpfung und Warenumschlag am Hafen
EE-Potential (Freiflächen/ Angrenzende Quartiere an das Hafengebiet (Fläche mit EE-Potential))	m ²	Hafenfläche und angrenzende Quartiere
Fernwärmenutzung bzw. -erzeugung am Standort / angrenzendes Quartier	ja/ nein	Energieversorgung am Hafen

Tabelle A2.2: Betrachtete PV-Module für die Berechnung der flächenspezifischen Leistung

Modul	Nennleistung [W _p]	Modulfläche [m ²]	spez. Leistung [W _p /m ²]	Quelle
TSM-DE15M(II)	400	2,03	196,84	[Changzhou Trina Solar Energy Co. Ltd–2016]
TSM-DE06M.08 (II)	335	1,70	196,50	[Changzhou Trina Solar Energy Co. Ltd–2016]
TSM-DE06H (II)	325	1,70	190,64	[Changzhou Trina Solar Energy Co. Ltd–2016]
TSM-DD06M.05(II)	325	1,70	190,64	[Changzhou Trina Solar Energy Co. Ltd–2016]
TSM-DE15H(II)	390	2,03	191,92	[Changzhou Trina Solar Energy Co. Ltd–2016]
Q.PEAK DUO-G5	325	1,69	192,88	[Hanwha Q CELLS GmbH–15.4.2020]
Q.PEAK DUO-G6	345	1,79	192,50	[Hanwha Q CELLS GmbH–15.4.2020]
Q.PEAK DUO-G6+	345	1,79	192,50	[Hanwha Q CELLS GmbH–15.4.2020]
Q.PEAK DUO-G7	330	1,69	195,85	[Hanwha Q CELLS GmbH–15.4.2020]
Q.PEAK DUO-G8	350	1,79	195,29	[Hanwha Q CELLS GmbH–15.4.2020]
JAM60S01 290-310/PR	300	1,64	183,47	[JA Solar Technology Co., Ltd.–24.4.2020]
JAM72S01 355-375/PR	365	1,94	187,92	[JA Solar Technology Co., Ltd.–24.4.2020]
JAM60S03 300-320/PR	310	1,66	186,42	[JA Solar Technology Co., Ltd.–24.4.2020]
YLM 144 Half Cell	405	2,01	201,80	[Yingli Green Energy Holding Company Limited–24.4.2020]
YLM 120 Half Cell	330	1,68	196,17	[Yingli Green Energy Holding Company Limited–24.4.2020]
YLM 60	325	1,67	194,81	[Yingli Green Energy Holding Company Limited–24.4.2020]
YLM 72	390	1,98	196,68	[Yingli Green Energy Holding Company Limited–24.4.2020]

A.3 GIS-Karten



Autobahnanbindung der Binnenhäfen in Deutschland

Entfernung zur Autobahn [km]

- ≤ 1
- ≤ 5
- ≤ 10
- ≤ 20
- ≤ 36

- Autobahn
- Bundeswasserstraßen
- Europagrenzen

Dargestellt ist die Entfernung (Luftlinie) des Hafenzentrums zur nächsten Autobahnauffahrt.

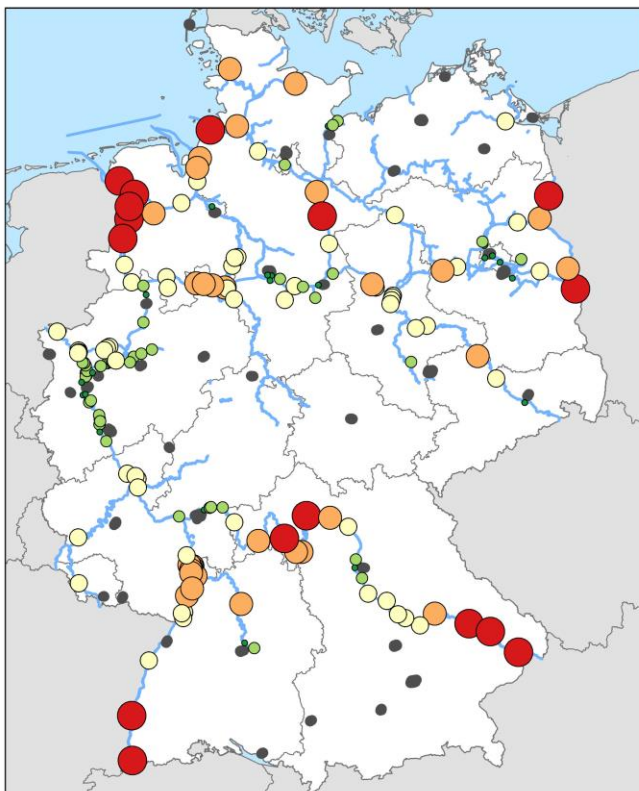


0 25 50 100 150 Kilometer

Fraunhofer
UMSICHT

Quellen
© GeoBasis-DE / BKG 2018
VerkNet BWaStr V3.11
Eigene Recherche

Fraunhofer-Institut für Umwelt-,
Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
Osterfelder Straße 3 | 46047 Oberhausen
Telefon: +49 208 8598-1122 | Fax -1289
www.umsicht.fraunhofer.de



Flughafenanbindung der Binnenhäfen in Deutschland

Entfernung zum Flughafen [km]

- ≤ 10
- ≤ 25
- ≤ 50
- ≤ 75
- ≤ 136

- Bundeswasserstraßen
- Flughäfen
- Europagrenzen
- Bundesländer

Dargestellt ist die Entfernung (Luftlinie) des Hafenzentrums zum nächsten Verkehrsflughafen.

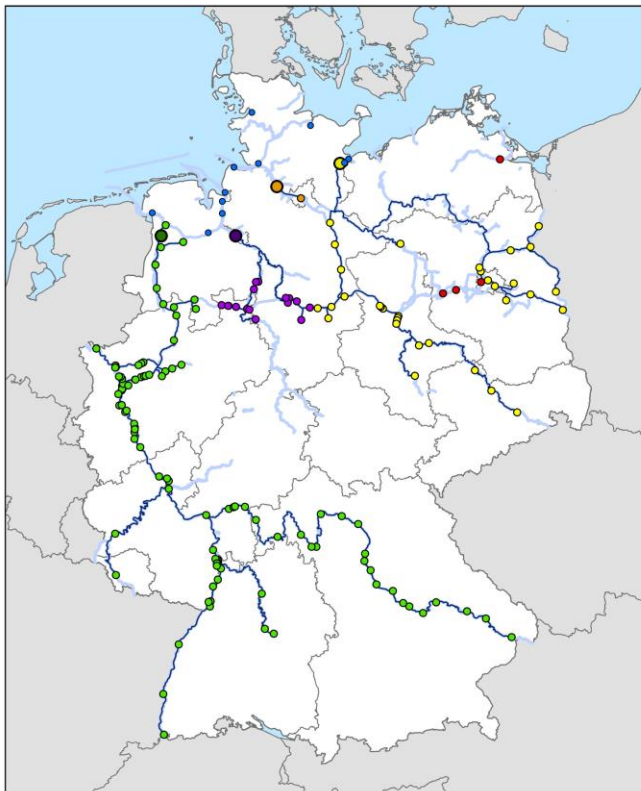


0 25 50 100 150 Kilometer

Fraunhofer
UMSICHT

Quellen
© GeoBasis-DE / BKG 2018
VerkNet BWaStr V3.11
Eigene Recherche

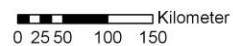
Fraunhofer-Institut für Umwelt-,
Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
Osterfelder Straße 3 | 46047 Oberhausen
Telefon: +49 208 8598-1122 | Fax -1289
www.umsicht.fraunhofer.de



Anbindungen der Binnenhäfen an den nächsten Seehafen in Deutschland

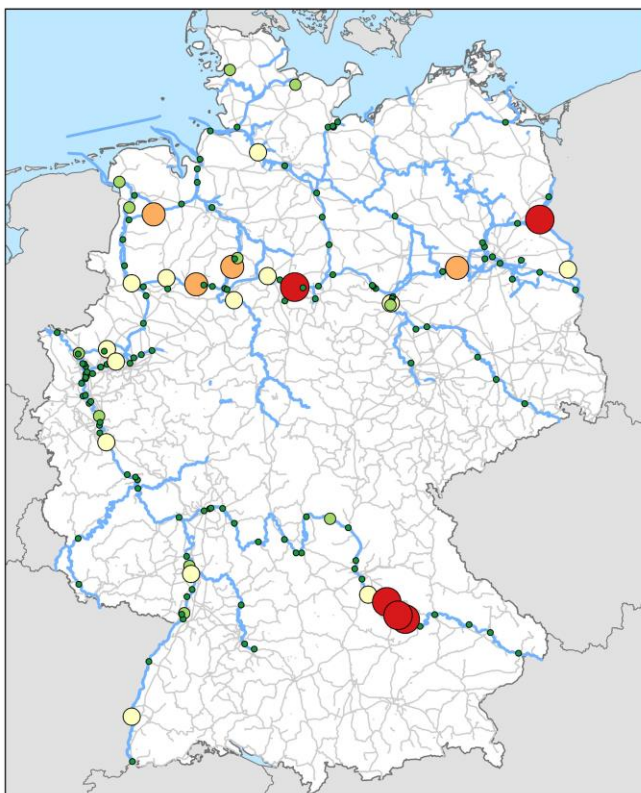
- Nächster Seehafen**
- Bremen
 - Hafen Papenburg
 - Lübeck Nordlandkai
 - Stade
 - keine Anbindung
- Routen
 — Bundeswasserstraßen
 □ Bundesländer
 □ Europagrenzen

Dargestellt werden die Anbindungen der Binnenhäfen an den nächstgelegenen Seehafen über die Bundeswasserstraßen.



Quellen
 © GeoBasis-DE / BKG 2018
 VerKNet BWaStr V3.11
 Eigene Recherche

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
 Osterfelder Straße 3 | 46047 Oberhausen
 Telefon: +49 208 8598-1122 | Fax: -1289
 www.umsicht.fraunhofer.de

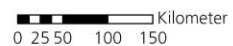


Bahnanbindung der Binnenhäfen in Deutschland

Entfernung zur Schiene [m]

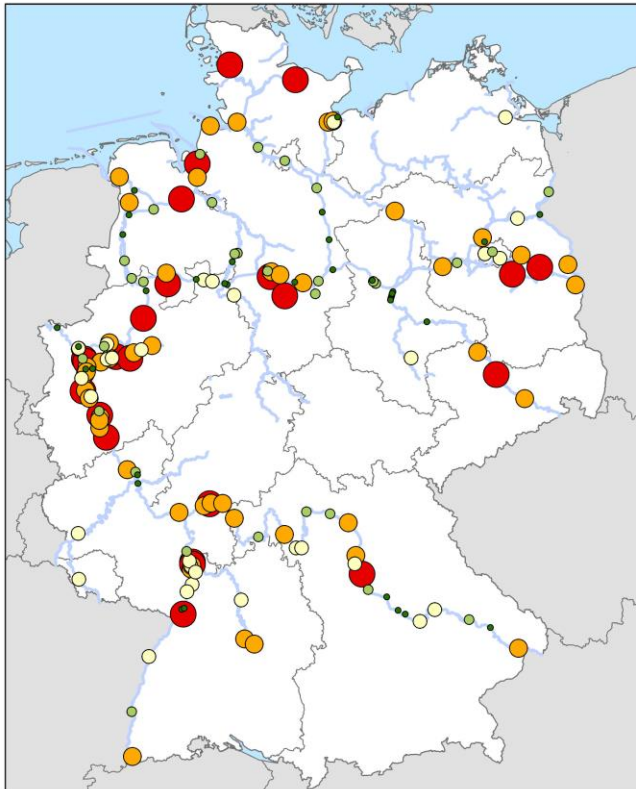
- ≤ 500
 - ≤ 1000
 - ≤ 2000
 - ≤ 5000
 - ≤ 15000
- Bundeswasserstraßen
 — Schienennetz
 □ Deutschlandgrenze
 □ Europagrenzen

Dargestellt ist die Entfernung (Luftlinie) des Hafenzentrums zur nächsten Bahnschiene.



Quellen
 © GeoBasis-DE / BKG 2018
 VerKNet BWaStr V3.11
 Eigene Recherche

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
 Osterfelder Straße 3 | 46047 Oberhausen
 Telefon: +49 208 8598-1122 | Fax: -1289
 www.umsicht.fraunhofer.de



Wohnbaufläche im Umkreis der Binnenhäfen in Deutschland

Wohnbaufläche [km²]

- ≤ 400 000
- ≤ 1 000 000
- ≤ 2 000 000
- ≤ 4 000 000
- ≤ 8 750 000

- Bundeswasserstraßen
- Bundesländer
- Europagrenzen

Dargestellt ist die Größe der Wohnbaufläche innerhalb eines drei Kilometer Radius um den Hafenzentrum.

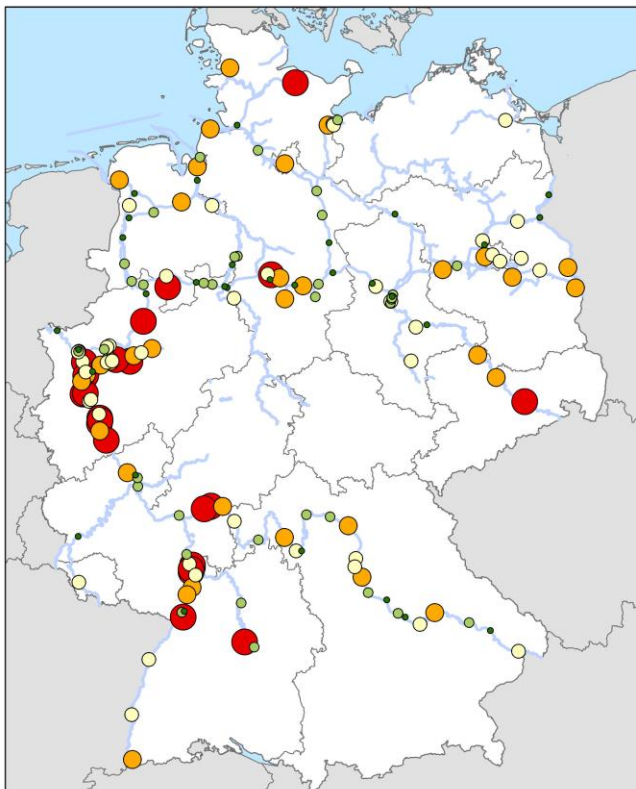


0 25 50 100 150 Kilometer



Quellen
© GeoBasis-DE / BKG 2018
VerkNet BWaStr V3.11
Eigene Recherche

Fraunhofer-Institut für Umwelt-,
Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
Osterfelder Straße 3 | 46047 Oberhausen
Telefon: +49 208 8598-1122 | Fax -1289
www.umsicht.fraunhofer.de



Bevölkerung im Umkreis der Binnenhäfen in Deutschland

Bevölkerung [Anzahl]

- ≤ 1000
- ≤ 5000
- ≤ 15 000
- ≤ 30 000
- ≤ 110 000

- Bundeswasserstraßen
- Bundesländer
- Europagrenzen

Dargestellt ist die Bevölkerungsanzahl innerhalb eines drei Kilometer Radius um den Hafenzentrum.

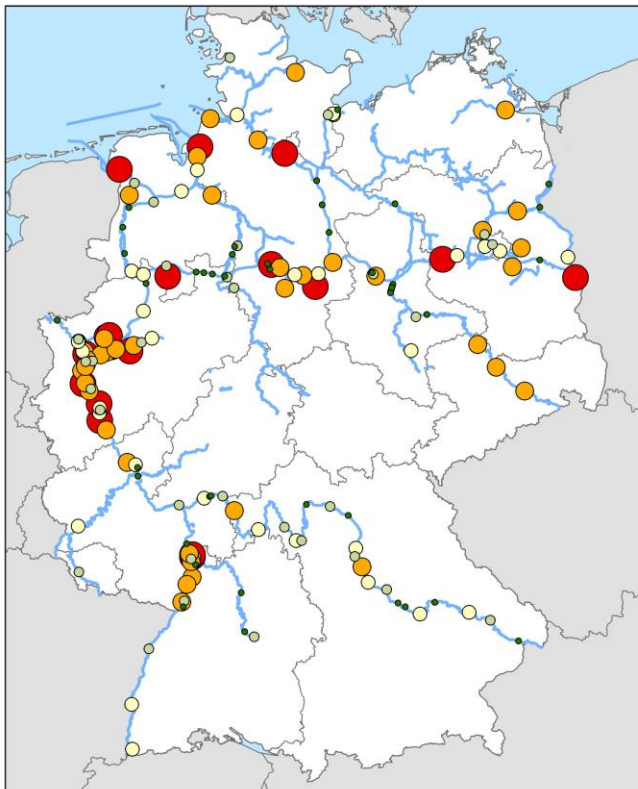


0 25 50 100 150 Kilometer



Quellen
© GeoBasis-DE / BKG 2018
VerkNet BWaStr V3.11
Eigene Recherche

Fraunhofer-Institut für Umwelt-,
Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
Osterfelder Straße 3 | 46047 Oberhausen
Telefon: +49 208 8598-1122 | Fax -1289
www.umsicht.fraunhofer.de



Gewerbe- und Industrieflächen im Umkreis der Binnenhäfen in Deutschland

Gewerbe- und Industrieflächen [km²]

- ≤ 250 000
- ≤ 1 000 000
- ≤ 2 000 000
- ≤ 4 000 000
- ≤ 10 000 000
- Bundeswasserstraßen
- Bundesländer
- Europagrenzen

Dargestellt ist die Gewerbe- und Industriefläche innerhalb eines drei Kilometer Radius um den Hafenzentrum.

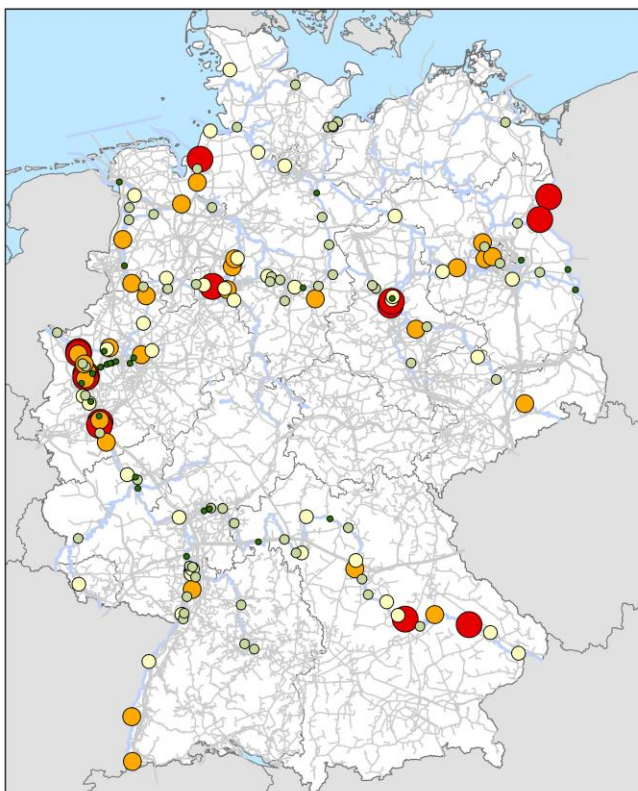


0 25 50 100 150 Kilometer



Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
 Osterfelder Straße 3 | 46047 Oberhausen
 Telefon: +49 208 8598-1122 | Fax: -1289
 www.umsicht.fraunhofer.de

Quellen
 © GeoBasis-DE / BKG 2018
 VerNet BWaStr V3.11
 Eigene Recherche



Gasleitungenbindung der Binnenhäfen in Deutschland

Entfernung [m]

- ≤ 250
- ≤ 750
- ≤ 1500
- ≤ 3000
- ≤ 7100
- Gasleitungen
- Bundeswasserstraßen
- Bundesländer
- Europagrenzen

Dargestellt ist die Entfernung (Luftlinie) des Hafenzentrums zur nächsten Gasleitung.

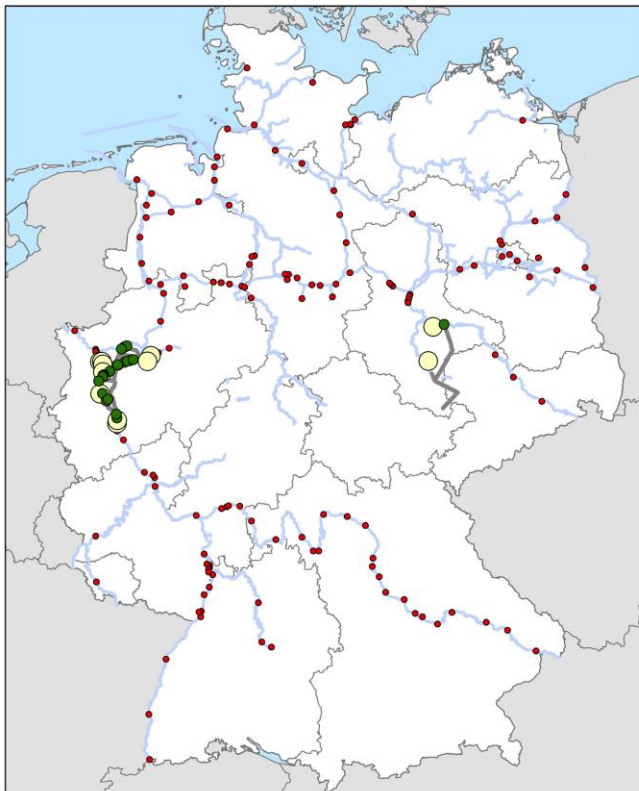


0 25 50 100 150 Kilometer



Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
 Osterfelder Straße 3 | 46047 Oberhausen
 Telefon: +49 208 8598-1122 | Fax: -1289
 www.umsicht.fraunhofer.de

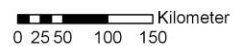
Quellen
 © GeoBasis-DE / BKG 2018
 VerNet BWaStr V3.11
 Eigene Recherche



Anbindungen der Wasserstoffpipelines an die Binnenhäfen in Deutschland

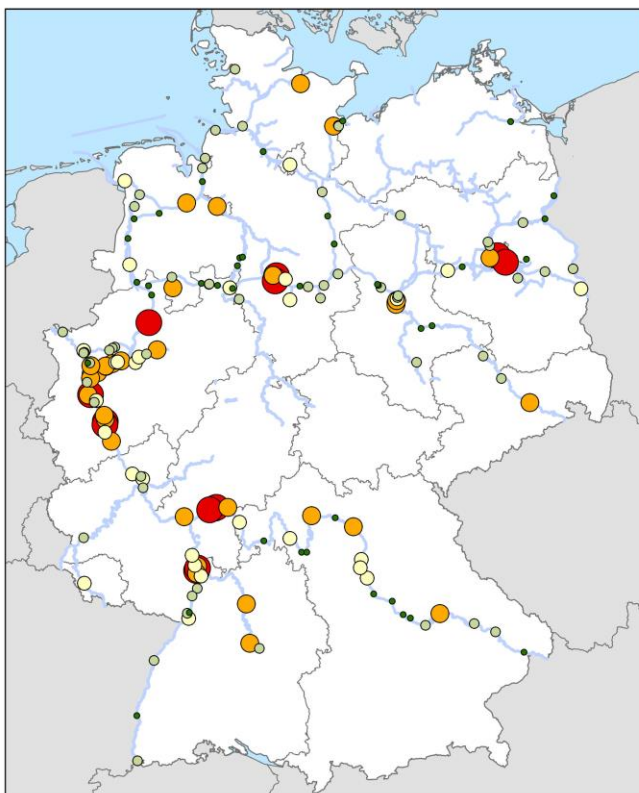
- Entfernung [km]
- keine
 - ≤ 3
 - ≤ 15
 - Wasserstoffpipelines
 - Bundeswasserstraßen
 - Bundesländer
 - Europagrenzen

Dargestellt werden die Wasserstoffpipelines und die Entfernung (Luftlinie) des Hafenzentrums zur nächsten Pipeline.



Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
 Osterfelder Straße 3 | 46047 Oberhausen
 Telefon: +49 208 8598-1122 | Fax -1289
 www.umsicht.fraunhofer.de

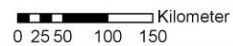
Quellen
 © GeoBasis-DE / BKG 2018
 VerKNet BWaStr V3.11
 Eigene Recherche



Photovoltaik Potenziale der Binnenhäfen in Deutschland

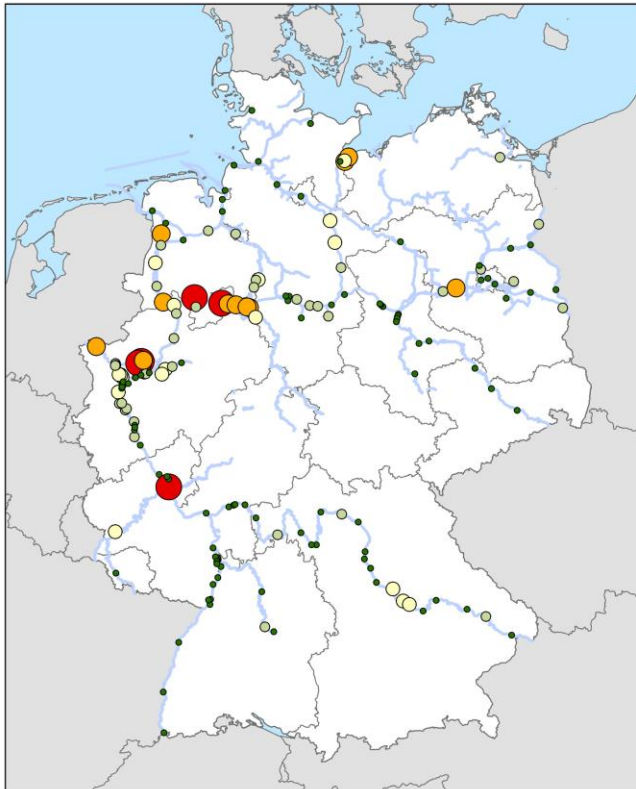
- Photovoltaik Potenziale [km²]
- ≤ 1 000 000
 - ≤ 2 000 000
 - ≤ 3 000 000
 - ≤ 4 500 000
 - ≤ 6 200 000
 - Bundeswasserstraßen
 - Bundesländer
 - Europagrenzen

Dargestellt werden die Flächen der Hausumringe, die die Photovoltaik Potenziale widerspiegeln sollen, in einem drei Kilometer Radius um den Hafenzentrum.



Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
 Osterfelder Straße 3 | 46047 Oberhausen
 Telefon: +49 208 8598-1122 | Fax -1289
 www.umsicht.fraunhofer.de

Quellen
 © GeoBasis-DE / BKG 2018
 VerKNet BWaStr V3.11
 Eigene Recherche



Windpotentialflächen im Umkreis der Binnenhäfen in Deutschland

Potentialfläche [km²]

- 0
- 0,1 - 1
- 1,1 - 2,5
- 2,6 - 5
- 5,1 - 12,2

— Bundeswasserstraßen

□ Bundesländer

■ Europagrenzen

Dargestellt ist die Potentialfläche für Windenergieanlagen innerhalb eines drei Kilometer Radius um den Hafenzentrum.



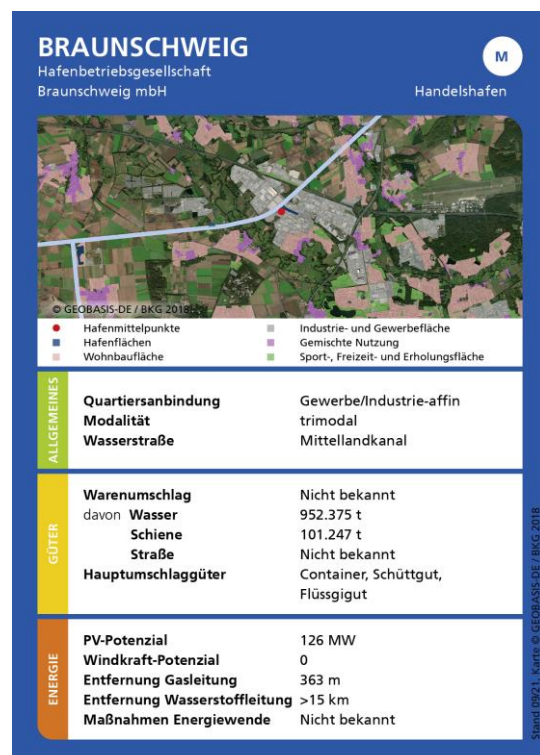
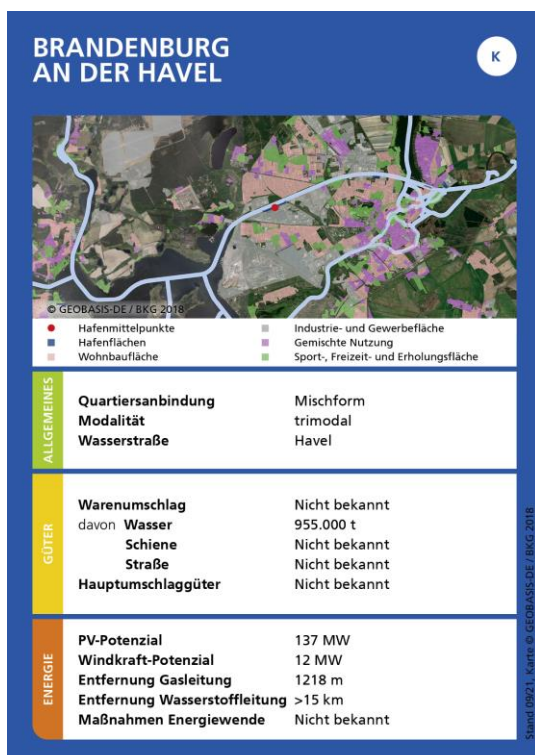
0 25 50 100 150 Kilometer



Quellen
 © GeoBasis-DE / BKG 2018
 VerKNet BWaStr V3.11
 Eigene Recherche

Fraunhofer-Institut für Umwelt-,
 Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
 Osterfelder Straße 3 | 46047 Oberhausen
 Telefon: +49 208 8598-1122 | Fax -1289
 www.umsicht.fraunhofer.de

A.4 Hafenuartett



BÜLSTRINGEN

Agravis Ost GmbH M

Spezialisierter Hafen



© GEOBASIS-DE / BKG 2018

● Hafencenterpunkte	■ Industrie- und Gewerbefläche
■ Hafengebiete	■ Gemischte Nutzung
■ Wohnbaufläche	■ Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Gewerbe/Industrie-affin
	Modalität	trimodal
	Wasserstraße	Mittellandkanal

GÜTER	Warenumschlag	Nicht bekannt
	davon Wasser	1.212.523 t
	Schiene	Nicht bekannt
	Straße	Nicht bekannt
	Hauptumschlaggüter	Getreide, Düngemittel


ENERGIE	PV-Potenzial	19 MW
	Windkraft-Potenzial	0 MW
	Entfernung Gasleitung	320 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	>15 km
	Maßnahmen Energiewende	Nicht bekannt

Stand: 09/21, Karte: © GEOBASIS-DE / BKG 2018

HAFENVERBUND DELTAPORT (WESEL/VOERDE)

DeltaPort GmbH & Co. KG K

Handelshafen



© GEOBASIS-DE / BKG 2018

● Hafencenterpunkte	■ Industrie- und Gewerbefläche
■ Hafengebiete	■ Gemischte Nutzung
■ Wohnbaufläche	■ Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Mischform
	Modalität	trimodal
	Wasserstraße	Rhein, Wesel-Datteln-Kanal

GÜTER	Warenumschlag	3.155.344 t
	davon Wasser	1.320.149 t
	Schiene	688.614 t
	Straße	1.146.581 t
	Hauptumschlaggüter	Mineralöle, Container, Schüttgüter


ENERGIE	PV-Potenzial	120 MW
	Windkraft-Potenzial	2 MW
	Entfernung Gasleitung	3424 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	>15 km
	Maßnahmen Energiewende	Ja

Stand: 09/21, Karte: © GEOBASIS-DE / BKG 2018

DESSAU-ROSSLAU

Industriehafen Roßlau GmbH O

Spezialisierter Hafen



© GEOBASIS-DE / BKG 2018

● Hafencenterpunkte	■ Industrie- und Gewerbefläche
■ Hafengebiete	■ Gemischte Nutzung
■ Wohnbaufläche	■ Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Gewerbe/Industrie
	Modalität	trimodal
	Wasserstraße	Elbe

GÜTER	Warenumschlag	Nicht bekannt
	davon Wasser	Nicht bekannt
	Schiene	Nicht bekannt
	Straße	Nicht bekannt
	Hauptumschlaggüter	Land- und Forstwirtschaftliche Erzeugnisse

ENERGIE	PV-Potenzial	57 MW
	Windkraft-Potenzial	0
	Entfernung Gasleitung	378 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	0,2 km
	Maßnahmen Energiewende	Nicht bekannt

Stand: 09/21, Karte: © GEOBASIS-DE / BKG 2018

DORTMUND

Dortmunder Hafen AG K

Handelshafen



© GEOBASIS-DE / BKG 2018

● Hafencenterpunkte	■ Industrie- und Gewerbefläche
■ Hafengebiete	■ Gemischte Nutzung
■ Wohnbaufläche	■ Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Mischform
	Modalität	trimodal
	Wasserstraße	Dortmund-Ems-Kanal

GÜTER	Warenumschlag	Nicht bekannt
	davon Wasser	3.000.000 t
	Schiene	Nicht bekannt
	Straße	Nicht bekannt
	Hauptumschlaggüter	Container, Baustoffe, Mineralöle, Eisen und Stahl

ENERGIE	PV-Potenzial	189 MW
	Windkraft-Potenzial	28 MW
	Entfernung Gasleitung	11 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	9,4 km
	Maßnahmen Energiewende	Nicht bekannt

Stand: 09/21, Karte: © GEOBASIS-DE / BKG 2018

DUISBURG

Duisburger Hafen AG A

Handelshafen

© GEOBASIS-DE / BKG 2018

● Hafenmittelpunkte	■ Industrie- und Gewerbefläche
■ Hafenflächen	■ Gemischte Nutzung
■ Wohnbaufläche	■ Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Mischform
	Modalität	trimodal
	Wasserstraße	Rhein, Ruhr, Rhein-Herne Kanal

GÜTER	Warenumschat	65.300.000 t
	davon Wasser	14.200.000 t
	Schiene	18.700.000 t
	Straße	32.400.000 t
	Hauptumschlaggüter	Container, Schüttgut, Stückgut, Flüssiggut

ENERGIE	PV-Potenzial	279 MW
	Windkraft-Potenzial	0
	Entfernung Gasleitung	1945 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	11,2 km
	Maßnahmen Energiewende	Ja

Stand: 09/21, Karte © GEOBASIS-DE / BKG 2018

ESSEN

Stadtwerke Essen AG K

Handelshafen

© GEOBASIS-DE / BKG 2018

● Hafenmittelpunkte	■ Industrie- und Gewerbefläche
■ Hafenflächen	■ Gemischte Nutzung
■ Wohnbaufläche	■ Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Mischform
	Modalität	trimodal
	Wasserstraße	Rhein-Herne Kanal

GÜTER	Warenumschat	Nicht bekannt
	davon Wasser	780.000 t
	Schiene	360.000 t
	Straße	Nicht bekannt
	Hauptumschlaggüter	Stückgut, Schüttgut

ENERGIE	PV-Potenzial	249 MW
	Windkraft-Potenzial	0 MW
	Entfernung Gasleitung	212 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	0,9 km
	Maßnahmen Energiewende	Nicht bekannt

Stand: 09/21, Karte © GEOBASIS-DE / BKG 2018

FRANKFURT AM MAIN

HFM Managementgesellschaft für Hafen und Markt mbH A

Handelshafen

© GEOBASIS-DE / BKG 2018

● Hafenmittelpunkte	■ Industrie- und Gewerbefläche
■ Hafenflächen	■ Gemischte Nutzung
■ Wohnbaufläche	■ Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Mischform
	Modalität	Trimodal
	Wasserstraße	Main

GÜTER	Warenumschat	Nicht bekannt
	davon Wasser	2.787.676 t
	Schiene	981.514 t
	Straße	Nicht bekannt
	Hauptumschlaggüter	Steine und Erden, Container, Mineralölerzeugnisse

ENERGIE	PV-Potenzial	Keine Daten
	Windkraft-Potenzial	0 MW
	Entfernung Gasleitung	190 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	> 15 km
	Maßnahmen Energiewende	Ja

Stand: 09/21, Karte © GEOBASIS-DE / BKG 2018

HALLE

CTHS GmbH A

Spezialisierter Hafen

© GEOBASIS-DE / BKG 2018

● Hafenmittelpunkte	■ Industrie- und Gewerbefläche
■ Hafenflächen	■ Gemischte Nutzung
■ Wohnbaufläche	■ Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Nicht bekannt
	Modalität	trimodal
	Wasserstraße	Saale

GÜTER	Warenumschat	Nicht bekannt
	davon Wasser	Nicht bekannt
	Schiene	Nicht bekannt
	Straße	Nicht bekannt
	Hauptumschlaggüter	Container

ENERGIE	PV-Potenzial	96 MW
	Windkraft-Potenzial	0 MW
	Entfernung Gasleitung	462 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	14,7 km
	Maßnahmen Energiewende	Nicht bekannt

Stand: 09/21, Karte © GEOBASIS-DE / BKG 2018

HAMBURG

Hamburg Port Authority E
Handelshafen

Legend:
 ● Hafenummündungspunkte
 ■ Hafenummündungsflächen
 ■ Wohnbaufläche
 ■ Industrie- und Gewerbefläche
 ■ Gemischte Nutzung
 ■ Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Gewerbe/Industrie
	Modalität	trimodal
	Wasserstraße	Elbe
GÜTER	Warenumsatz	Nicht bekannt
	davon Wasser	9.794.000 t
	Schiene	Nicht bekannt
	Straße	Nicht bekannt
Hauptumschlaggüter		Container, Schüttgut, Stückgut, Flüssiggut
ENERGIE	PV-Potenzial	140 MW
	Windkraft-Potenzial	0
	Entfernung Gasleitung	1481 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	>15 km
	Maßnahmen Energiewende	Ja

Stand: 09/21, Karte © GEOBASIS-DE / BKG 2018

HAMM

Stadtwerke Hamm GmbH B
Handelshafen

Legend:
 ● Hafenummündungspunkte
 ■ Hafenummündungsflächen
 ■ Wohnbaufläche
 ■ Industrie- und Gewerbefläche
 ■ Gemischte Nutzung
 ■ Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Wohnbau-affin
	Modalität	trimodal
	Wasserstraße	Datteln-Hamm Kanal
GÜTER	Warenumsatz	Nicht bekannt
	davon Wasser	1.686.000 t
	Schiene	606.000 t
	Straße	Nicht bekannt
Hauptumschlaggüter		Mineralöle, Ölsaaten, Düngemittel, Futtermittel
ENERGIE	PV-Potenzial	248 MW
	Windkraft-Potenzial	0 MW
	Entfernung Gasleitung	883 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	>15 km
	Maßnahmen Energiewende	Nicht bekannt

Stand: 09/21, Karte © GEOBASIS-DE / BKG 2018

HILDESHEIM

Hafenbetriebsgesellschaft mbH K
Handelshafen

Legend:
 ● Hafenummündungspunkte
 ■ Hafenummündungsflächen
 ■ Wohnbaufläche
 ■ Industrie- und Gewerbefläche
 ■ Gemischte Nutzung
 ■ Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Mischform
	Modalität	trimodal
	Wasserstraße	Mittellandkanal
GÜTER	Warenumsatz	600.000 t
	davon Wasser	Nicht bekannt
	Schiene	75.000 t
	Straße	Nicht bekannt
Hauptumschlaggüter		Kraftstoffe, Baustoffe, Agrarprodukte
ENERGIE	PV-Potenzial	141 MW
	Windkraft-Potenzial	0 MW
	Entfernung Gasleitung	616 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	>15 km
	Maßnahmen Energiewende	Nicht bekannt

Stand: 09/21, Karte © GEOBASIS-DE / BKG 2018

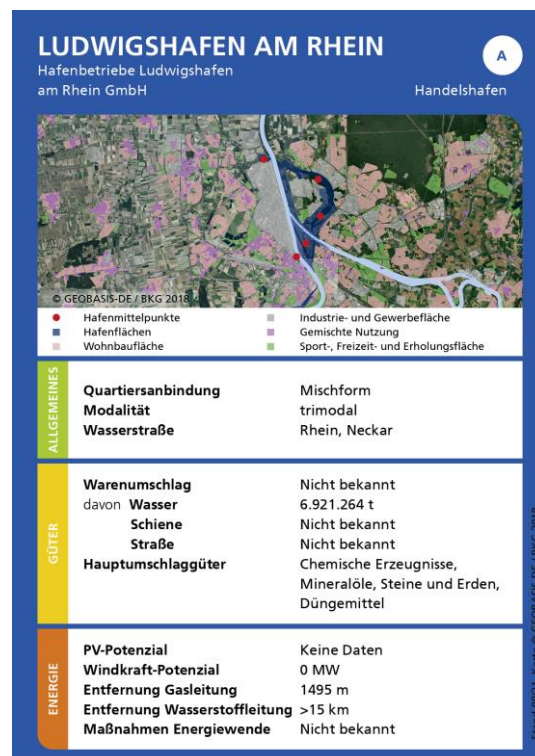
KELHEIM

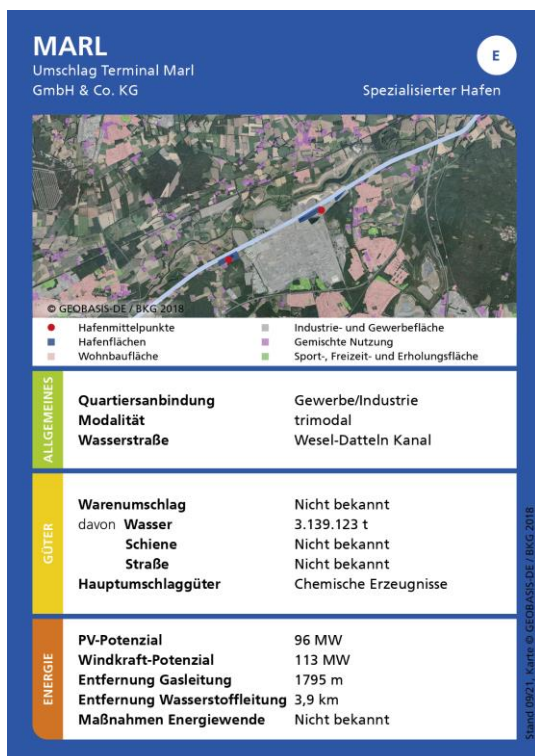
Zweckverband Häfen im Landkreis Kelheim L
Handelshafen

Legend:
 ● Hafenummündungspunkte
 ■ Hafenummündungsflächen
 ■ Wohnbaufläche
 ■ Industrie- und Gewerbefläche
 ■ Gemischte Nutzung
 ■ Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Wohnbau-affin
	Modalität	trimodal
	Wasserstraße	Donau
GÜTER	Warenumsatz	Nicht bekannt
	davon Wasser	256.667 t
	Schiene	Nicht bekannt
	Straße	Nicht bekannt
Hauptumschlaggüter		Schüttgut, Stückgut
ENERGIE	PV-Potenzial	77 MW
	Windkraft-Potenzial	0 MW
	Entfernung Gasleitung	432 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	>15 km
	Maßnahmen Energiewende	Nicht bekannt

Stand: 09/21, Karte © GEOBASIS-DE / BKG 2018





ORSOY

Niederrheinische Verkehrsbetriebe
Aktiengesellschaft NIAG

K
Spezialisierter Hafen

© GEOBASIS-DE / BKG 2018

● Hafenzentralpunkte	■ Industrie- und Gewerbefläche
■ Hafengebiete	■ Gemischte Nutzung
■ Wohnbaufläche	■ Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Mischform
	Modalität	trimodal
	Wasserstraße	Rhein

GÜTER	Warenumsatz	2.292.000 t
	davon Wasser	Nicht bekannt
	Schiene	Nicht bekannt
	Straße	Nicht bekannt
	Hauptumschlaggüter	Schüttgüter

ENERGIE	PV-Potenzial	62 MW
	Windkraft-Potenzial	55 MW
	Entfernung Gasleitung	331 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	13,6 km
	Maßnahmen Energiewende	Nicht bekannt

Stand: 09/21, Karte © GEOBASIS-DE / BKG 2018

SAARLOUIS

DHUG Dillinger Hafenumschlagsgesellschaft mbH

K
Spezialisierter Hafen

© GEOBASIS-DE / BKG 2018

● Hafenzentralpunkte	■ Industrie- und Gewerbefläche
■ Hafengebiete	■ Gemischte Nutzung
■ Wohnbaufläche	■ Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Mischform
	Modalität	trimodal
	Wasserstraße	Saar

GÜTER	Warenumsatz	Nicht bekannt
	davon Wasser	2.913.000 t
	Schiene	Nicht bekannt
	Straße	Nicht bekannt
	Hauptumschlaggüter	Schüttgüter, Stückgüter

ENERGIE	PV-Potenzial	171 MW
	Windkraft-Potenzial	0 MW
	Entfernung Gasleitung	1124 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	>15 km
	Maßnahmen Energiewende	Nicht bekannt

Stand: 09/21, Karte © GEOBASIS-DE / BKG 2018

SALZGITTER

Verkehrsbetriebe
Peine-Salzgitter GmbH

M
Handelshafen

© GEOBASIS-DE / BKG 2018

● Hafenzentralpunkte	■ Industrie- und Gewerbefläche
■ Hafengebiete	■ Gemischte Nutzung
■ Wohnbaufläche	■ Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Gewerbe/Industrie-affin
	Modalität	trimodal
	Wasserstraße	Mittellandkanal

GÜTER	Warenumsatz	Nicht bekannt
	davon Wasser	2.766.000 t
	Schiene	Nicht bekannt
	Straße	Nicht bekannt
	Hauptumschlaggüter	Mineralöle, Getreide, Stahlprodukte, Brennstoffe

ENERGIE	PV-Potenzial	71 MW
	Windkraft-Potenzial	7 MW
	Entfernung Gasleitung	1581 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	>15 km
	Maßnahmen Energiewende	Nicht bekannt

Stand: 09/21, Karte © GEOBASIS-DE / BKG 2018

SCHWEINFURT

Stadtwerke Schweinfurt GmbH

M
Handelshafen

© GEOBASIS-DE / BKG 2018

● Hafenzentralpunkte	■ Industrie- und Gewerbefläche
■ Hafengebiete	■ Gemischte Nutzung
■ Wohnbaufläche	■ Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Gewerbe/Industrie-affin
	Modalität	trimodal
	Wasserstraße	Main

GÜTER	Warenumsatz	1.010.000 t
	davon Wasser	604.000 t
	Schiene	406.000 t
	Straße	0 t
	Hauptumschlaggüter	Schüttgut, Flüssiggut

ENERGIE	PV-Potenzial	197 MW
	Windkraft-Potenzial	0 MW
	Entfernung Gasleitung	1241 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	>15 km
	Maßnahmen Energiewende	Ja

Stand: 09/21, Karte © GEOBASIS-DE / BKG 2018

TRIER

Trierer Hafengesellschaft mbH

K

Handelshafen

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Mischform
	Modalität	trimodal
	Wasserstraße	Mosel
GÜTER	Warenumschlag	Nicht bekannt
	davon Wasser	726.000 t
	Schiene	808.000 t
	Straße	Nicht bekannt
Hauptumschlaggüter	Mineralöle, Erze und NE-Metalle	
ENERGIE	PV-Potenzial	Keine Daten
	Windkraft-Potenzial	32 MW
	Entfernung Gasleitung	580 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	>15 km
	Maßnahmen Energiewende	Ja

Stand: 09/21, Karte © GEOBASIS-DE / BKG 2018

WOLFSBURG

AGRAVIS Niedersachsen-Süd GmbH

L

Spezialisierte Hafen

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Wohnbau-affin
	Modalität	trimodal
	Wasserstraße	Mittellandkanal
GÜTER	Warenumschlag	54.000 t
	davon Wasser	Nicht bekannt
	Schiene	Nicht bekannt
	Straße	Nicht bekannt
Hauptumschlaggüter	Getreide, Dünger	
ENERGIE	PV-Potenzial	123 MW
	Windkraft-Potenzial	0 MW
	Entfernung Gasleitung	500 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	>15 km
	Maßnahmen Energiewende	Nicht bekannt

Stand: 09/21, Karte © GEOBASIS-DE / BKG 2018

WÜRZBURG

Würzburger Hafen GmbH

L

Handelshafen

ALLGEMEINES	Quartiersanbindung	Wohnbau-affin
	Modalität	trimodal
	Wasserstraße	Main
GÜTER	Warenumschlag	Nicht bekannt
	davon Wasser	250.000 t
	Schiene	Nicht bekannt
	Straße	Nicht bekannt
Hauptumschlaggüter	Schüttgut, Flüssiggut	
ENERGIE	PV-Potenzial	130 MW
	Windkraft-Potenzial	0 MW
	Entfernung Gasleitung	318 m
	Entfernung Wasserstoffleitung	>15 km
	Maßnahmen Energiewende	Ja

Stand: 09/21, Karte © GEOBASIS-DE / BKG 2018

A.5 Übersicht zu Projekten an Häfen

Nachfolgend werden die im Rahmen der Energie- und Rohstoffwende identifizierten laufenden Projekte an ausgewählten Häfen vorgestellt. Diese Projekte dienen dazu, einen Eindruck über bisherige Ansätze zur Integration von erneuerbaren Energien, zur Implementierung der Sektorkopplung und für Maßnahmen zur CO₂-Minderung/-Reduktion an Häfen zu geben.

A.5.1 Projekte am Rotterdamer Hafen

Tabelle A.5.1 Laufende und abgeschlossene Projekte am Rotterdamer Hafen mit EE- bzw. Sektorkopplungsbezug (Part I – Effizienzmaßnahmen für die Industrie)

Projekt	Projekthalt bzw. -ziel	Beteiligte Partner	Quelle
Restwärmenutzung aus Industrieprozessen	Nutzung von Restwärme aus Industrieprozessen als Erdgasersatz für die Wärmebereitstellung in Haushalten und Gewächshäusern.	Hafenbetrieb Rotterdam, Gasunie (beide Partner sind Teil der Warmtealliantie Zuid-Holland)	[Port of Rotterdam; Port of Rotterdam]
	Die Wärmebereitstellung erfolgt dabei über ein regionales Wärmeleitungsnetz. Nutzbare Wärmequellen im Hafengebiet: <ul style="list-style-type: none"> • Restwärme aus Raffinerien • Geothermische Quellen 		
	Projektziel: Versorgung von 500.000 Haushalten mit Wärme sowie einen Teil der Gewächshausregion (Jährliche Einsparung von 1,3 Mrd. m ³ Erdgas)		

Projekt	Projekthalt bzw. -ziel	Beteiligte Partner	Quelle
CO ₂ -Reduktion in der Industrie (Projekt Porthos)	Abscheidung der CO ₂ -Emissionen aus Industrieprozessen und anschließender Speicherung in der Nordsee oder Nutzung des abgeschiedenen CO ₂ (CCUS)	ExxonMobil, Shell, Air Liquide, Air Products	[Port of Rotterdam; Rotterdam CCUS]
	CO ₂ -Capture findet durch die r.g. Unternehmen an den Raffinerien und Wasserstoffherzeugungs-Standorten am Hafen Rotterdam statt. Transport und Speicherung des CO ₂ erfolgt über eine kollektive Pipeline, die durch das Hafengebiet verläuft (organisiert durch Porthos). Das CO ₂ in der Pipeline wird zu einer Kompressor-Station geleitet, bevor es via Pipeline zu einer 20 km entfernten Plattform in der Nordsee transportiert wird. Dort wird das CO ₂ in ein leeres Gasfeld gepumpt. Alternativ kann das CO ₂ auch in die Gewächshäuser der umliegenden Gewächshausregion transportiert werden und dort für die Förderung des Pflanzenwachstum eingesetzt werden.		
	Projektziel: CO ₂ -Emissionsreduktion von Raffinerie- und Wasserstoffherzeugungs-Unternehmen am Hafen		
Dampfnetzwerk im Rotterdamer Hafen	Dampfnetzwerk verbindet Industrien, die bei ihren Fertigungsprozessen Dampf herstellen mit umliegenden Unternehmen, die Dampf benötigen	Hafenbehörde Rotterdam, Bauunternehmen Visser & Smit, Stedin	[Port of Rotterdam; Stedin]
	2 km langes Dampfnetz, das jährlich 450.000 t Dampf zwischen zwei Unternehmen transportiert. Angeschlossenene Unternehmen: <ul style="list-style-type: none"> • Abfallverarbeiter AVR/ Van Gansewinkel als Dampflieferant • Chemieunternehmen Emerald Kalama Chemical (EKC) als Dampfverbraucher (Hersteller von Konservierungsstoffen, Aromen-Rohstoffen etc.) 		
	Projektziel: Erweiterung des bestehenden Dampfnetzwerks		

Projekt	Projekthalt bzw. -ziel	Beteiligte Partner	Quelle
Abwasseraufbereitung bei Lyondell Basell	Verbesserte Teil-Abwasserreinigung durch Bakterien statt vollständige Verbrennung.	Lyondell Basell, Covestro	[LyondellBasell Industries; Port of Rotterdam]
	Lyondell Basell-Covestro-Joint-Venture Anlage in der Maasvlakte 2 zur Produktion von Propylenoxid und Styrolmonomere erhält eine neue Abwasseraufbereitungsanlage, in der 40% des Abwassers durch Bakterien gereinigt wird. Hierbei entstehen u.a. Biogas und Dampf, die im Betrieb der Joint-Venture- Anlage für Wärmebereitstellungsprozesse genutzt werden können		
	Projektziele: <ul style="list-style-type: none"> • CO₂-Reduktion (140.000 t CO₂/a) • Verringerung der Salzfreesetzung von etwa 11 Mio kg Salz/ a • Reduktion der zu erzeugenden Erdgas-basierten Energie (0,9 Pt/a) 		

Tabelle A.5.2 Laufende und abgeschlossene Projekte am Rotterdamer Hafen mit EE- bzw. Sektorkopplungsbezug (Part II – Veränderung des Energiesystems)

Projekt	Projekthalt bzw. -ziel	Beteiligte Partner	Quelle
Windkraftanlagen im Hafengebiet	Installation und Ausbau von Windkraftanlagen im Rotterdamer Hafengebiet	Hafenbetrieb Rotterdam, Eneco (Windanlageneigentümer), Vattenfall (Windanlageneigentümer), GVB (als Stromabnehmer) Royal Schiphol Group (als Stromabnehmer)	[Port of Rotterdam; Port of Rotterdam]
	<p>Installation von weiteren 150 MW an Windleistung in Planung.</p> <p>Austausch einiger Windkraftanlagen durch neuere/ leistungsstärkere Anlagen (bspw. im März 2019 Ersatz von 17 Windkraftanlagen auf dem Slufterdijk durch 14 Anlagen mit fast doppelt so hoher Kapazität)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leistung wurde von 25,5 MW auf 50,4 MW verdoppelt • Leistung je Windkraftanlage 3,6 MW • 8 Windanlagen Eigentum von Vattenfall, 6 Windanlagen Eigentum von Eneco • Jährliche Stromerzeugung der 14 Windanlagen: 180 GWh Windstrom <p>Weiterhin Testbetrieb der größten Windanlage der Welt (12 MW) für den Offshore-Betrieb</p>		
	<p>Projektziel:</p> <p>2020 sollen insgesamt 300 MW Windkraftanlagenleistung im Hafengebiet installiert sein.</p> <p>Weltweit größte Windkraftanlage für Offshore-Betrieb (12 MW) soll 2021 im Hafengebiet getestet werden</p>		

Projekt	Projekthalt bzw. -ziel	Beteiligte Partner	Quelle
Hafenbetrieb Rotterdam	<p>Maßnahmen zur CO₂-Emissionsreduktion in der Logistik sowie im Wärmebereich</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1/3 der Patrouillenfahrzeuge werden mit 100% Biokraftstoffen betrieben • Mitarbeiter-Förderung in der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel und Fahrräder • CO₂-Norm von 59 g/ km für Leasing-Autofahrer • Nutzung von Hafenwärme und grünem Strom in Bürogebäuden <p>Austausch der Straßenbeleuchtung gegen LED-Beleuchtung</p>	Hafenbetrieb Rotterdam	[Port of Rotterdam]
H-Vision: blauer Wasserstoff	<p>Machbarkeitsstudie zur Herstellung und Anwendung von blauem Wasserstoff zur Versorgung der Industrie mit CO₂-armer Energie</p> <p>Herstellung des blauen Wasserstoffs am Hafen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aus Erdgas oder industriellen Restgasen (insbes. Raffinerie-Heizgas) → Aufspaltung in Wasserstoff und CO₂ • CO₂ wird abgeschieden und in einem leeren Gasfeld in der Nordsee gespeichert oder in Industrieprozessen als chemisches Edukt genutzt (insbesondere für die Herstellung von Pflanzendüngemittel) • Herstellung mittels Autothermal Reforming-Technologie (ATR) <p>Projektziel:</p> <p>Langfristiger Ersatz von Erdgas und Kohle mit blauem Wasserstoff. Blauer-Wasserstoff-Infrastruktur soll als Basis und ein Proof-of-Concept für die langfristige Integration von grünem Wasserstoff (aus windstrombetriebener Wasserelektrolyse) sein.</p>	<p>Detalinqs, TNO, Air Liquide, BP, EBN, Engie, Equinor, Gasunie, GasTerra, Linde, OCI Nitrogen, Port of Rotterdam authority, Shell, TAQA, Uniper, Koninklijke Vopak</p> <p>→ Partner repräsentieren die gesamte Wasserstoff-Wertschöpfungskette am Hafen (von der Produktion zum Endnutzer)</p>	[Deltalinqs; Port of Rotterdam; Port of Rotterdam; Port of Rotterdam]

Projekt	Projekthalt bzw. -ziel	Beteiligte Partner	Quelle
<p>Grüner Wasserstoff in der BP-Raffinerie</p>	<p>Machbarkeitsuntersuchungen für die Produktion von grünem Wasserstoff für die BP-Raffinerie mit Fokus auf die dafür erforderliche Infrastruktur</p>	<p>BP, Nouryon (früher: Akzo Nobel Speciality Chemicals; Bau und Betrieb der Anlage), Hafenbetrieb Rotterdam</p>	<p>[Port of Rotterdam; Port of Rotterdam; Port of Rotterdam]</p>
	<p>BP-Raffinerie (im Europoort) nutzt den Wasserstoff u.a. zur Entschwefelung von Brennstoffen → für diese Anwendung soll der Einsatz von grünem Wasserstoff geprüft werden.</p> <p>Anforderungen an die Anlage:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 45.000 t Wasserstoff/ a • 250 MW Elektrolyseleistung (inkl. Anschluss an Ökostrom) [Vergleich: Offshore-Windkraftanlage hat eine durchschn. Kapazität von 6-10 MW] → Maßnahmenausrichtung auf Technologiemix 		
	<p>Zudem weitere Untersuchungen zur notwendigen Infrastruktur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchungen, welches Edukt letztendlich transportiert wird: Ökostrom oder Wasserstoff und die Auswirkungen auf die Infrastruktur • Mitberücksichtigung der notwendigen Infrastruktur für Wasser, mögliche Anbindungen ans Wärmenetz sowie Sauerstoffleitungen • Einbezug der Ergebnisse über eine mögliche Ringleitung von Wasserstoff im Hafengelände (u.a. in Abhängigkeit der Ergebnisse von H-Vision) • Eduktnutzung von Sauerstoff bei der Herstellung von blauem Wasserstoff mittels ATR-Technologie 		

Projekt	Projekthalt bzw. -ziel	Beteiligte Partner	Quelle
Blockchain-Technologie am Hafen	Entwicklung von vier funktionsfähigen Prototypen, bei denen die Blockchaintechnologie für den Energiemarkt eingesetzt wird	Blockchain und der Wärmeverteilerkreis: CGI, Eneco Blockchain und Windenergie: Clearwatts Blockchain für den Peer-to-Peer-Energiemarkt: TOBLOCKCHAIN, ENGIE, The Green Village Zuverlässige intelligente Stromzähler: Intrinsic ID, Guardtime	[Port of Rotterdam; Port of Rotterdam]
	Blockchain und der Wärmeverteilerkreis <ul style="list-style-type: none"> • Einsatz der Blockchain-Technologie für die Verwaltung der Wärmeversorgung • Applikation, mit der die Wärmeversorgungs-betriebe des Wärmeverteilerkreis Südholland eine einzige gemeinsame Verwaltung aufbauen 		
	Blockchain und Windenergie <ul style="list-style-type: none"> • Einsatz von Preisinformationen auf dem Windmarkt in der Blockchaintechnologie • Konstruktion einer Plattform, auf der preisrelevante Informationen aller Stakeholder zusammenkommen 		
	Blockchain für den Peer-to-Peer-Energiemarkt <ul style="list-style-type: none"> • Blockchainnetzwerk, in dem Verbraucher, Unternehmen, Netzbetriebe und Energielieferanten zusammenarbeiten • Ergänzung verschiedener Applikationen möglich, bei denen Akkus, Solarzellen, Wohnungen und Büros Energiedaten austauschen können Zuverlässige intelligente Stromzähler <ul style="list-style-type: none"> • Datenaustausch mittels Blockchain-Technologie an Stromzählgeräten • Ergebnis: Datentechnologie ist vollständig sicher, ebenso wie der Input der genutzten Hardware 		
	Projektziel: Entwicklung und Validierung der Blockchain-Prototypen und langfristige Einsatz am Hafen		

Tabelle A.5.3 Laufende und abgeschlossene Projekte am Rotterdamer Hafen mit EE- bzw. Sektorkopplungsbezug (Part III – Ersatz fossiler Rohstoffe)

Projekt	Projekthinhalt bzw. -ziel	Beteiligte Partner	Quelle
Waste-to-chemicals	Herstellung von Chemikalien und Biokraftstoffen (Methanol) aus nicht-recyclebarem Abfall	Air Liquide (Sauerstoffbereitstellung), Enerkem (Anlagenkonzept), Nouryon (vorher Akzo Nobel Speciality Chemicals) (Wasserstoffbereitstellung, Methanolnutzung), Shell (Methanolnutzung), Hafenbetrieb Rotterdam (Infrastruktur)	[Waste-to-Chemicals Rotterdam]
	Standort der W2C-Fabrik im Botlek-Gebiet des Rotterdamer Hafens <ul style="list-style-type: none"> • Nicht recyclebarer, gemischter Abfall wird in Synthesegas und Methanol umgewandelt → benötigter Sauerstoff und Wasserstoff durch Lieferung hafenansässiger Unternehmen, Nutzung der Infrastruktur des Rotterdamer Hafens • Anlagenvolumen: 360.000 t Abfall können zu 220.000 t Methanol aufbereitet werden • Bereitstellung des Abfalls u.a. aus Kunststoffabfällen am Hafengebiet 		
	Projektziel: Pilotprojekt zur Umwandlung und Aufbereitung des Abfalls mit langfristiger Entwicklung eines Sammelsystems		
Vollständiges Recycling verunreinigter Baustoffe des Rotterdamer Betriebs	Bau einer neuen Anlage zur Reinigung von verunreinigtem Asphalt	REKO (Recycling Kombinatie REKO B.V.), Hafenbetrieb Rotterdam (Warmwassereinspeisung ins Wärmenetz)	[Port of Rotterdam; Port of Rotterdam]
	Thermische Reinigung von Asphalt bei 1000 °C in Drehtrommelöfen (Entfernung der enthaltenen Schadstoffe) <ul style="list-style-type: none"> • Edukte: teerhaltiges Asphaltgranulat, Dachpappe • Produkte: Primärrohstoffe (Sand, Kies, Füllstoffe) • Anlagenkapazität: 1,2 Mio. t/a • Nutzung der Abgase zur Dampfgewinnung mit anschließender Umwandlung in Strom • Wärmebereitstellung über erzeugten Dampf 		
	Projektziel: Bau einer neuen effizienteren Anlage und gesteigerter Stromerzeugung für 50.000 Haushalte		

Tabelle A.5.4 Laufende und abgeschlossene Projekte am Rotterdamer Hafen mit EE- bzw. Sektorkopplungsbezug (Part IV – Nachhaltiger Transport)

Projekt	Projekthalt bzw. -ziel	Beteiligte Partner	Quelle
Biokraftstoffe und die Binnenschifffahrt	Machbarkeits-Demonstration zum Einsatz von Biokraftstoffen in der Binnenschifffahrt. Projekt ist Teil der Kooperation <i>Green Corridor</i> (Realisierung von nachhaltigen Transportrouten)	GoodFuels (Kraftstoffherstellung) REINPLUS FIWADO Bunker Combined Cargo Terminals (CCT)	[Port of Rotterdam; Port of Rotterdam]
	Projektpartner demonstrieren den Betrieb eines Binnenschiffes auf Basis erneuerbarer Kraftstoffe ohne Modifikationen an Schiff oder Motor. Eingesetzter Kraftstoff ist dabei ein Drop-In-Marine-Biokraftstoff, hergestellt aus zertifizierten Abfallströmen (forstwirtschaftlichen Rückständen und Altölprodukten). Eingesetzte Kraftstoffmischung ist ein 50%-Blend und kann direkt in Dieselmotoren ohne Motorenanpassung eingesetzt werden.		
	Projektziel: Ausbau des Biokraftstoff-Einsatzes in der Binnen- und Containerschifffahrt zur langfristigen Treibhausgasreduktion in der Schifffahrt		
Emissionsfreie Binnenschifffahrt	Untersuchung zum Einsatz elektrischer Antriebe sowie zum Einsatz von Wasserstoff-Antrieben in der Binnenschifffahrt Unterstützung des Hafenbetriebs durch Senkung der Binnenhafengebühren Teil des Groene-Cirkels-Programm (Ziel: Nachhaltige Brauerei mit niedrigen CO ₂ -Emissionen)	Hafenbetrieb Rotterdam, Heineken, u.a.	[Port of Rotterdam]

Projekt	Projekthalt bzw. -ziel	Beteiligte Partner	Quelle
Landstromversorgung für Seeschiffe	Machbarkeitsuntersuchungen für die Landstromversorgung von Seeschiffen (und Binnenschiffen) im Rotterdamer Hafen.	Testbetrieb:	[Port of Rotterdam; Port of Rotterdam]
	<p>Abnahme von Landstrom ist bereits an den > 500 Liegeplätzen für Binnenschiffe im Rotterdamer Hafen obligatorisch (Power-to-Ship)</p> <p>Teststandort für die Landstromversorgung Seeschiffen: Erstmals werden Testversuche mit mobilem Landstrom für die Seefahrt durchgeführt (deutlich größere Energiemengen notwendig, als in der Binnenschiffahrt)</p> <p>Unterschiedliche Testaggregate:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hybrid-System mit einer Big Battery Box, integriert in einen mit Biokraftstoff betriebenen Motor-Generator • Hybrid-Container mit Batterie in Kombination mit blauem Diesel betriebenen Generator • LNG-betriebener Gasmotor • Bio-LNG-betriebene Turbine • Mit Wasserstoff betriebenes Brennstoffzellenaggregat <p>Zudem weitere Machbarkeitsstudie für Öko-Landstrom im Calandkanaal</p>	<p>Hafenbetrieb Rotterdam, Stadt Rotterdam, ENGIE Ventures & Integrated Solutions BV, PON Power & Schwestergesellschaften, Aggreko Benelux, Mobiele Stroom BV, JP-Energiesysteme B.V.</p> <p>Machbarkeitsstudie: Hafenbetrieb Rotterdam, Eneco, Heerema</p>	

A.6 Versendete Fragebögen

A.6.1 Fragen der ersten Umfragerunde

Es wurde um Informationen zu folgenden Punkten gebeten:

- Größe des Hafenareals [km²]
- Nutzungsart (Container, Stückgut, Flüssiggut etc.)
- Warenumsschlag (Gesamtumschlag [t], Produkte und Mengen [t])
- Modalität
- Anzahl Terminals
- Anzahl Becken
- Anzahl Kräne
- Energieversorgung des Hafens (bspw. dezentral, individuell durch Akteure, usw.; mit PV, BHKW, o. ä.)
- Art der Quartiersanbindung (z. B. angrenzende Wohn- oder Bürogebäude)

Angefügt war zudem der Hinweis „Gerne können Sie auch weitere Punkte ergänzen, die spezifisch für Ihren Hafen sind.“

A.6.2 Fragebogen zur zweiten Umfragerunde

Umschlag nach Verkehrsweg _____t
(Wasser, Schiene, Straße)

Hauptumschlagsgüter _____Nennung

Strombedarf _____kWh/a

Landstromeinrichtungen _____Anzahl / kW

LNG-Infrastruktur _____ja/nein

Wärmebedarf _____kWh/a

Fernwärmeanbindung _____ja/nein

Freiflächen (potentielle Fläche für EE) _____m²

Für PV verwendbare Dachflächen _____m²

Leistung installierter EE _____kW

Emissionen _____t CO₂ äq.

Verwendung Power-to-X-Technologien _____ja/nein, wenn ja:
Art + Leistung

Vorhandene Energiespeicher _____ja/nein, wenn ja:Art
+ Speicherkapazität

Pipelineanbindungen (Gas, Öl, etc.) _____ja/nein, wenn ja: Art

Ansässige Unternehmen _____Nennung

Betriebsstruktur (verwaltet der Hafенbetreiber nur das Gelände oder beteiligt sich selber am Umschlag/Produktion?)

A.6.3 Fragebogen zur Elementliste für die Typologisierung

Element	Anzahl
Produktionsstätten / Verarbeitung	
Gewerbliche Produktionsstätten	
Industrielle Produktionsstätten	
Gebäude für Lagerung	
Offene Lagergebäude	
Geschlossene Lagergebäude	
Siloplanlagen	
Kühlhäuser	
Brennstoff- / Betriebsstofflager-gebäude / Tanklager	
Gefahrstofflagergebäude	
Schiffsterminals	
Container-Terminals	
Schüttgut-Terminals	
Flüssiggut-Terminals	
Stückgut-Terminals	
RoRo-Terminals	
Schienen-Terminals	
Wasserbauten, Hafenanlagen	
Schiffsstege	
Schleusen	
Kaianlagen	
Hochwasserschutzanlagen	
Trockendock	
Schwimmdock	
Bauwerke für die Abfallbehandlung	
Müllverbrennungsanlagen	
Abfallbunker, Müllhäuser, Recyclinghöfe	
Müllaufbereitungsanlagen	
Sondermüllbehandlung	

Element	Anzahl
Bauwerke für Versorgung mit elektrischer Energie, Wärme, Kälte, Gas und Öl	
Heizzentralen	
Trafostationen	
Turbinenhäuser	
Verteilerhäuser	
Ladestationen	
Akkumulatorenhäuser	
Gasstationen	
Tankstellen	
Verkaufsstätten	
Großhandelsgebäude	
Werkstätten	
Werkstätten	
Bauwerke und Anlagen für die Versorgung mit Wasser	
Löschwasserbehälter	
Gesamtanlage für öffentliche Bereitschaftsdienste	
Flussmeistereien	
Hafenmeistereien	
Fuhrparks	
Feuerwehren / Rettungswachen	
Bürogebäude und Verwaltung	
Büro- und Verwaltungsgebäude	
Fahrzeuge und Maschinen	
Krane	
Fahrzeuge für das Handling von Gütern (Gabelstapler, Reachstacker, etc.)	
Sonstiges	

A.6.4 Fragebogen zur dritten Umfragerunde

Wird der Strombedarf des Hafens zentral erfasst?	_____	Ja/nein
Wird der Wärmebedarf des Hafens zentral erfasst?	_____	Ja/nein
Sind grundsätzlich Freiflächen am Hafengelände vorhanden?	_____	Ja/nein
Sind Anlagen für Erneuerbare Energien (PV, Windkraftanlagen, Biomasse-BHKW o.ä.) auf dem Hafengelände installiert?	_____	Ja/nein
Weitere Anmerkungen	_____	