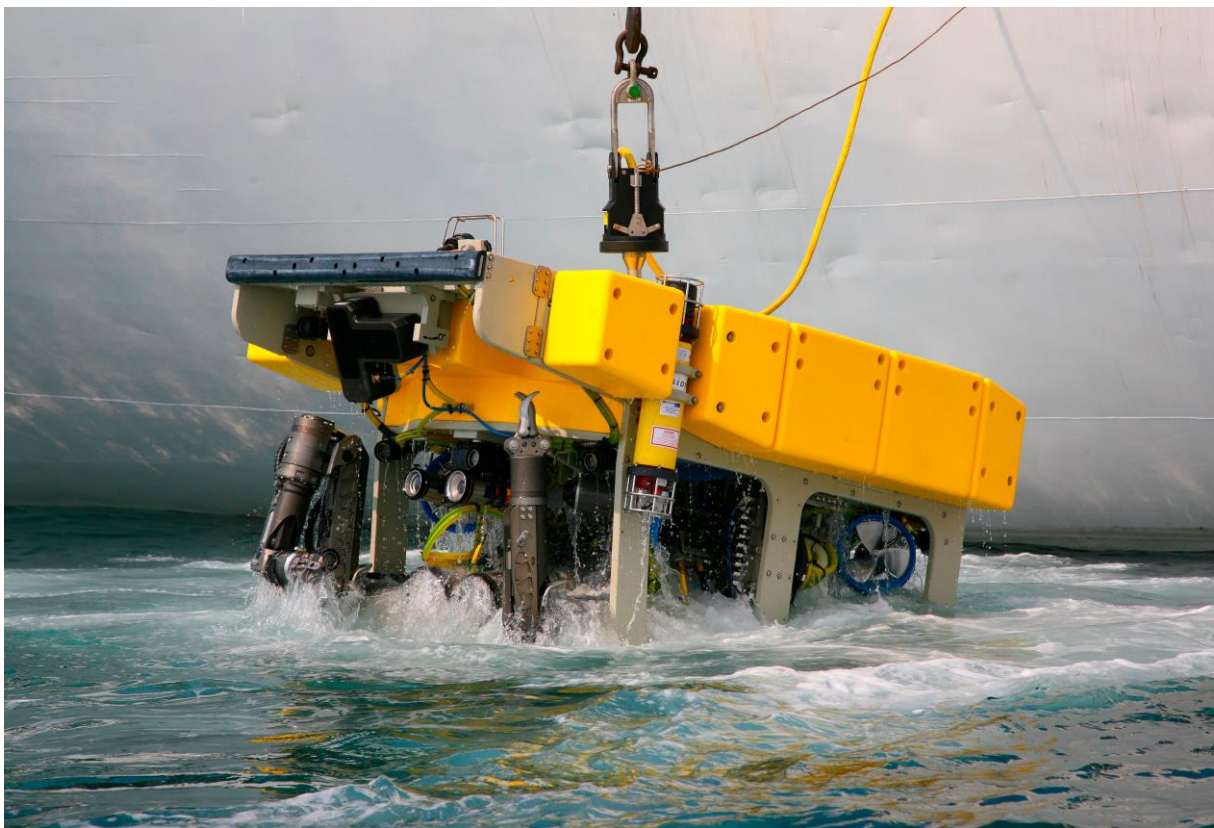


Abschlussbericht

Markt- und Potenzialanalyse für ein Offshore-Testzentrum in der Nordsee

zur Erprobung innovativer Technologien der Meeres-
technik unter anwendungsnahen Bedingungen



Abschlussbericht

Markt- und Potenzialanalyse für ein Offshore-Testzentrum in der Nordsee

zur Erprobung innovativer Technologien der Meeres-
technik unter anwendungsnahen Bedingungen

Projektnummer

B100400

Autoren

Marcel Hölterhoff (Projektleitung)

Fabian Malik

Matthias Canzler

Doreen Hüls

Tom Schütte

Auftraggeber

Deutsches Maritimes Zentrum e.V.

Abschlussdatum

November 2020

Prognos im Überblick - Wir geben Orientierung.

Wer heute die richtigen Entscheidungen für morgen treffen will, benötigt gesicherte Grundlagen. Prognos liefert sie – unabhängig, wissenschaftlich fundiert und praxisnah. Seit 1959 erarbeiten wir Analysen für Unternehmen, Verbände, Stiftungen und öffentliche Auftraggeber. Nah an ihrer Seite verschaffen wir unseren Kunden den nötigen Gestaltungsspielraum für die Zukunft – durch Forschung, Beratung und Begleitung. Die bewährten Modelle der Prognos AG liefern die Basis für belastbare Prognosen und Szenarien. Mit rund 150 Experteninnen und Experten ist das Unternehmen an acht Standorten vertreten: Basel, Berlin, Bremen, Brüssel, Düsseldorf, Freiburg, Hamburg, München und Stuttgart. Die Projektteams arbeiten interdisziplinär, verbinden Theorie und Praxis, Wissenschaft, Wirtschaft und Politik. Unser Ziel ist stets das eine: Ihnen einen Vorsprung zu verschaffen, im Wissen, im Wettbewerb, in der Zeit.

Geschäftsführer

Christian Böllhoff

Präsident des Verwaltungsrates

Dr. Jan Giller

Handelsregisternummer

Berlin HRB 87447 B

Umsatzsteuer-Identifikationsnummer

DE 122787052

Rechtsform

Aktiengesellschaft nach schweizerischem

Recht; Sitz der Gesellschaft: Basel

Handelsregisternummer

CH-270.3.003.262-6

Gründungsjahr

1959

Arbeitssprachen

Deutsch, Englisch, Französisch

Hauptsitz**Prognos AG**

St. Alban-Vorstadt 24
4052 Basel | Schweiz
Tel.: +41 61 3273-310
Fax: +41 61 3273-300

Weitere Standorte**Prognos AG**

Goethestr. 85
10623 Berlin | Deutschland
Tel.: +49 30 5200 59-210
Fax: +49 30 5200 59-201

Prognos AG

Domshof 21
28195 Bremen | Deutschland
Tel.: +49 421 845 16-410
Fax: +49 421 845 16-428

Prognos AG

Résidence Palace, Block C
Rue de la Loi 155
1040 Brüssel | Belgien
Tel: +32 280 89-947

Prognos AG

Werdener Straße 4
40227 Düsseldorf | Deutschland
Tel.: +49 211 913 16-110
Fax: +49 211 913 16-141

Prognos AG

Heinrich-von-Stephan-Str. 17
79100 Freiburg | Deutschland
Tel.: +49 761 766 1164-810
Fax: +49 761 766 1164-820

Prognos AG

Hermannstraße 13
(C/O WeWork)
20095 Hamburg | Deutschland
Tel.: +49 40 554 37 00-28

Prognos AG

Nymphenburger Str. 14
80335 München | Deutschland
Tel.: +49 89 954 1586-710
Fax: +49 89 954 1586-719

Prognos AG

Eberhardstr. 12
70173 Stuttgart | Deutschland
Tel.: +49 711 3209-610
Fax: +49 711 3209-609

info@prognos.com | www.prognos.com | www.twitter.com/prognos_ag

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
1 Managementsummary	1
2 Hintergrund und Aufgabenstellung	5
3 Vorgehensweise und Methodik	7
4 Der Markt für Meerestechnik	9
4.1 Die Meerestechnik: Querschnittsbranche mit unterschiedlichen Arbeitsfeldern	9
4.2 Technologien der mobilen Robotik, autonomer Systeme und Drohnen	10
4.3 Politische Rahmenbedingungen	12
5 Geplante Testzentren in Deutschland	15
5.1 Wirkungen eines Testzentrums aus volkswirtschaftlicher Perspektive	15
5.2 Digital Ocean Lab des Ocean Technologie Campus Rostock	17
5.3 Deutsches Testzentrum für Maritime Technologien Helgoland	19
6 Überblick über die internationale Testlandschaft	22
6.1 PLOCAN	23
6.2 Skagerrak	24
6.3 COVE	26
6.4 NTNU AMOS	27
6.5 Vergleich der internationalen Testzentren für Meerestechnik	29
7 Marktpotenziale und Trends der Meerestechnik	34
7.1 Marktpotenziale der einzelnen Arbeitsfelder	34
7.2 Technologische Trends und Forschungsschwerpunkte	41

7.3	Zwischenfazit zu den Marktpotenzialen und Trends der Meerestechnik	43
8	Bedarfs- und Zielgruppenanalyse	45
8.1	Zielgruppen für die Nutzung eines Testfeldes in der Nordsee	45
8.2	Anforderungen potenzieller Nutzer an ein Testzentrum	46
8.3	Umfang der Nutzung	49
8.4	Finanzierung und Zahlungsbereitschaft	50
8.5	Synergiepotenziale zwischen dem Testzentrum auf Helgoland und dem DOL Rostock	51
9	Identifizierung potenzieller Fördermaßnahmen	54
10	Bewertung des Marktpotenzials für ein Offshore-Testzentrum in der deutschen Nordsee	57
	Anhang	62
	Technologiekatalog Mobile Robotik der Meerestechnik	64
	Quellenverweise Bilder	81
	Impressum	83

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Überblick der natürlichen Gegebenheiten der Testzentren	30
Tabelle 2:	Übersicht zu Größe, Tiefe und Entfernung der Offshore-Testfelder	31
Tabelle 3:	Überblick über Testmöglichkeiten von Technologien und Materialien	31
Tabelle 4:	Natürliche Umgebungsbedingungen DTMT und DOL im Vergleich	52

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Überblick über Technologien der mobilen Robotik, autonomer Systeme und Drohnen der Meerestechnik	11
Abbildung 2:	Langfristige Strategie der Bundesregierung zur Unterstützung der maritimen Wirtschaft	13
Abbildung 3:	Theory of Change für ein Offshore-Testzentrum in Deutschland	16
Abbildung 4:	Übersicht der geplanten Testmöglichkeiten im Digital Ocean Lab des OTC	17
Abbildung 5:	Übersicht der geplanten Testmöglichkeiten des DTMT	20
Abbildung 6:	Übersicht der geplanten Testfelder des DTMT	21
Abbildung 7:	Übersicht der betrachteten Testzentren	22
Abbildung 8:	Umfrageergebnisse - Forschungsbedarf	43
Abbildung 9:	Seeseitige Anforderungen an ein Testzentrum	47
Abbildung 10:	Allgemeine und landseitige Anforderungen	48
Abbildung 11:	Perspektivischer zeitlicher Umfang der jährlichen Nutzung von Testzentren (in Tagen)	49
Abbildung 12:	Bisherige und perspektivische Nutzung von Testzentren	50
Abbildung 13:	Fördermöglichkeiten nach Zuständigkeit	55
Abbildung 14:	SWOT-Analyse des geplanten Testzentrums vor Helgoland	60

Abkürzungsverzeichnis

AAV	Autonomous Aerial Vehicle
AMOS	Centre for Autonomous Marine Operations and Systems
AUV	Autonomous Underwater Vehicle
AWI	Alfred-Wegener-Institut
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
COVE	Centre for Ocean Ventures & Entrepreneurship Abkürzung
DOL	Digital Ocean Lab
DTMT	Deutsches Testzentrum für Maritime Technologien
DMZ	Deutsches Maritimes Zentrum e.V.
GMT	Gesellschaft für maritime Technik e.V.
EU	Europäische Union
KI	künstliche Intelligenz
KMU	kleine und mittelständische Unternehmen
MCN	Maritimes Cluster Norddeutschland e.V.
NTNU	Norwegian University of Science and Technology
OTC	Ocean Technology Campus
PLOCAN	Plataforma Oceánica de Canarias
ROV	Remotely Operated Vehicle
SDGs	Social Development Goals
TRL	Technology Readiness Level/Technologischer Reifegrad
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
USV	Unmanned Surface Vehicles
VSM	Verband für Schiffbau und Meerestechnik

1 **Managementsummary**

Das Deutsche Maritime Zentrum (DMZ) versteht sich als Bindeglied zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und öffentlicher Hand. Mit dem Zweck, die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft des deutschen maritimen Standortes zu erhöhen, hat das DMZ die Prognos AG mit einer „Markt- und Potenzialanalyse für ein Offshore Testzentrum in der Nordsee zur Erprobung innovativer Technologien der Meerestechnik unter anwendungsnahen Bedingungen“ beauftragt.

Die technologische Entwicklung mobiler Robotik, autonomer Systeme und Drohnen für die maritime Wirtschaft benötigt intensive Test- und Erprobungsphasen. Dazu gehören Tests unter anwendungsnahen Umweltbedingungen, um die technischen Systeme in einen Reifegrad zu überführen, in welchem sie serienmäßig, risikoarm und kostengünstig im produktiven Betrieb einsetzbar sind. Anbieter von Meerestechnik sowie Institutionen aus Forschung und Wissenschaft wünschen sich zu diesem Zweck Offshore-Testfelder, in denen sie unter Realbedingungen ihre Technologien erproben und entwickeln sowie zertifizieren und demonstrieren können.

In Deutschland existieren derzeit nur zwei Areale, die gezielt auf die Erprobung von meerestechnischen Systemen und mobiler Robotik unter Realbedingungen ausgelegt sind. In der Ostsee befindet sich das Unterwasser-Testfeld Digital Ocean Lab (DOL), welches sich im Zuge des Ocean Technology Campus (OTC) Rostock bereits in der Realisierung befindet. In der Nordsee vor Helgoland wurde im Sommer 2019 ein weiteres Testfeld unter dem Namen Deutsches Testzentrum für Maritime Technologien (DTMT) gegründet.

Zu prüfen gilt, wie ein Testzentrum in der Nordsee zur Erprobung innovativer Technologien der Meerestechnik unter realistischen Anwendungsbedingungen Vorteile für die gesamte deutsche maritime Branche generieren könnte.

Auf der Grundlage von Fachgesprächen mit Betreibern und potenziellen Nutzern aus Industrie, Forschung und Wissenschaft sowie einer Befragung der meerestechnischen Wirtschaft hat die Prognos AG die Marktentwicklung für innovative Technologien in der Meerestechnik analysiert. Die Marktperspektiven für Testzentren mit einem Fokus auf mobiler Robotik wurden erörtert und eine Potenzial- und Strategieanalyse für ein Testzentrum zur Erprobung innovativer Technologien der Meerestechnik in der Nordsee durchgeführt.

Marktwachstum und günstige Rahmenbedingungen für die Meerestechnik

Viele Anwendungsfelder für Meerestechnik haben eine positive Wachstumsperspektive, allen voran die Offshore-Wind Industrie, die gerade für Deutschland eine zentrale Bedeutung hat. Auch für weitere Anwendungsbereiche, wie Offshore-Gas, Deepsea-Mining oder Aqua-Farming und Meeresforschung wird ein Wachstum erwartet. Zugleich werden in diesen Feldern zunehmend neue Methoden und Technologien der Meerestechnik nachgefragt, zum Beispiel um Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten unter herausfordernden Umgebungsbedingungen selbstständig, zuverlässig und effizient durchführen zu können. In der Folge entstehen in der maritimen Technologieentwicklung eine hohe Dynamik und Innovationsgeschwindigkeit. Erkennbar ist der Trend zu hochautomatisierten und (teil-)autonomen Systemen der mobilen Robotik für den Einsatz sowohl unter als auch auf und über dem Wasser.

Sowohl bei den Anwendungsfeldern als auch bei den Technologien herrscht international ein hoher Wettbewerbsdruck. Deutschland nimmt nur in wenigen Anwendungsfeldern, wie bspw. Offshore-Wind, Meeresenergie, Minenräumung oder Meeresforschung eine führende Rolle ein. Gleichzeitig ist die deutsche Meerestechnik vor allem durch KMUs geprägt, die häufig sehr innovativ und international, aber zumeist mit einer kleinen Palette hochspezifischer Produkte am Markt agieren. Die sehr gute Forschungslandschaft in Deutschland ist international wettbewerbsfähig aufgestellt.

Die insgesamt günstigen Marktbedingungen erfahren weitere Unterstützung durch die politischen Strategien der EU und Deutschlands: Mit dem jüngst beschlossenen Green Deal gewinnt das Thema Nachhaltigkeit auf europäischer Ebene weiter an Bedeutung. Im Nationalen Masterplan Maritime Technologien (NMMT) werden technologische Schwerpunktthemen mit Zukunftspotenzial definiert und auf Landesebene unterstützen regionale Innovationsstrategien vieler Küstenländer die maritime Wirtschaft und zugehörige Branchen.

Mit der positiven Entwicklung der Anwendungsmärkte, der steigenden Nachfrage nach neuen Technologien der Meerestechnik und der öffentlichen Förderung der maritimen Wirtschaft und Forschung, wird auch der Bedarf nach Testzentren, in denen solche Technologien und Anwendungen entwickelt und erprobt werden können, weiter steigen.

Das Konzept für das DTMT orientiert sich an den Anforderungen der Nutzer

Der Fokus des auf Helgoland im Aufbau befindlichen DTMT liegt auf der Bereitstellung von Testkapazitäten für Unternehmen der Meerestechnik und der angewandten Forschung. Es sollen insbesondere die Teilmärkte Offshore-Wind, Unterwassertechnik, Maritime Mess- und Umwelttechnik, Marikultur sowie Offshore Öl und Gas angesprochen werden. Ein Schwerpunkt des Testzentrums soll in der Erprobung von robotischen Systemen für den Einsatz unter Wasser, auf der Wasseroberfläche oder in der Luft liegen. Ergänzt werden sollen die Testmöglichkeiten durch entsprechende seeseitige Infrastrukturen für Docking- und Residence-Konzepte oder die Erprobung von Komponenten und Technologien z. B. im Bereich Sensorik, Messtechnik oder Energiesystemen. Die Planungen sehen sowohl land- als auch seeseitige Infrastrukturen und Services vor, die sich an den Anforderungen der potenziellen Nutzerinnen und Nutzer orientieren. Das Testzentrum für maritime Technologien auf Helgoland ist eine Einrichtung des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, des Robotics Innovation Center des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI), dem Helmholtz-Zentrum für Material- und Küstenforschung Geesthacht (HZG), dem Institut für Chemie und Biologie des Meeres der Universität Oldenburg und der Jacobs University Bremen. Die gebündelten Kompetenzen dieser Akteure lassen erwarten, dass ein attraktives Cluster für potenzielle Interessenten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung entsteht.

Das vor Helgoland geplante Testzentrum ergänzt eine bereits bestehende Landschaft nationaler und internationaler Testzentren, die ebenfalls Testareale zur Erprobung autonomer und teilautonomer Systeme der mobilen Robotik bereitstellen. Die durchgeführte Wettbewerbsbetrachtung kommt zu dem Ergebnis, dass internationale Testzentren, ebenso wie die im Aufbau befindlichen deutschen Zentren, stark in regionale Forschungs- bzw. Universitätsstrukturen eingebunden sind und überwiegend von nationalen Nutzern sowie von Nutzern aus Anrainerstaaten nachgefragt werden. Die durchgeführten Interviews mit Vertretern aus Industrie und Forschung bestätigen diesen Befund. Um hohe Reise- und Transportkosten zu vermeiden, gibt es eine Präferenz für Testmöglichkeiten in Deutschland. Auf Basis dieses Ergebnisses ginge von internationalen Testzentren kein Wettbewerbsdruck auf ein deutsches Testzentrum in der Nordsee aus. Gleichwohl begründet dieses Ergebnis einen potenziellen Wettbewerb innerdeutscher Testzentren.

Die Befragung in der meeresstechnischen Industrie und Wissenschaft hat gezeigt, dass die Nachfrage nach, sowie die Zahlungsbereitschaft für Testkapazitäten, derzeit noch begrenzt sind. Perspektivisch wird jedoch ein Wachstum an Nachfrage erwartet. Vor allem Industriekunden sind sehr kostensensibel und versuchen Testdauer und Testkosten von Offshore-Tests in Entwicklungs- und Erprobungsphasen eng zu begrenzen. Vorbehaltlich einer detaillierten Wirtschaftlichkeitsanalyse scheint es, dass sich Investitions- und Betriebskosten eines Testzentrums nicht vollumfänglich über Nutzungsgebühren gegenfinanzieren lassen werden. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht erscheint eine finanzielle Tragfähigkeit des operativen Betriebs, mit einem breiten Portfolio an Angeboten und Services für Wirtschaft und Wissenschaft sowie einer Mischkalkulation, perspektivisch aus privaten und öffentlichen FEI-Geldern möglich, sofern effiziente Strukturen geschaffen werden und eine professionelle Vermarktung erfolgt.

Komplementäre Angebote, Synergien und Vernetzung unterstützen den Bedarf für zwei deutsche Testzentren in Nord- und Ostsee

Sowohl das geplante DTMT auf Helgoland als auch das DOL legen einen Schwerpunkt auf die Entwicklung und Erprobung von Technologien der mobilen Robotik und Anwendungen, die in den wachstumssträchtigen Arbeitsfeldern Offshore Wind, Offshore Öl/Gas oder der Meeresforschung zum Einsatz kommen. Sie fokussieren sich damit in vielen Bereichen auf die gleiche Zielgruppe von Wirtschaftsunternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen. Beide Zentren planen aber auch komplementäre Angebote. So soll vor Helgoland zum Beispiel auch im Bereich der Eis- und Polarmeeresforschung und der mobilen Robotik auf und über dem Wasser (Drohnen), vor Rostock auch im Bereich der Munitionsdetektion, geforscht werden.

Die Umgebungsbedingungen machen den Unterschied: das Testfeld in der Nordsee bietet mit bis zu 45 m eine größere Tiefe, eine höhere Strömungsgeschwindigkeit und insgesamt anspruchsvollere Wetterbedingungen. Das Testfeld in der Ostsee ist durch die gute Erreichbarkeit in Küstennähe und eine ganzjährige Nutzbarkeit durch stabile Wetter- und vergleichsweise milde Klimabedingungen gekennzeichnet. Die durchgeführten Interviews haben gezeigt, dass potenzielle Nachfrager häufig klare Präferenzen für Nord- bzw. Ostsee haben, da sie ihre Technologien bei Offshore-Tests in einer Umgebung testen wollen, die den künftigen Anwendungsbedingungen ihrer Technologien möglichst nahekommt. Beide Testfelder könnten sich zudem in der Testkaskade ergänzen, die für einzelne Anwendungen, von Simulationen und Tests Laborumgebungen über Tests in der Ostsee zu Tests in den rauerer Bedingungen in der Nordsee, erfolgt.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor könnte in den geplanten Betreiberstrukturen liegen. An beiden Zentren wird ein Fraunhofer-Institut, also ein starker, international renommierter wissenschaftlicher Akteur, in führender Funktion involviert sein. Dies würde die Möglichkeit bieten, über eine zielorientierte Zusammenarbeit und eine gemeinsame Vermarktung der Angebote zusätzlichen Mehrwert für die maritime Wirtschaft zu schaffen.

Die Industrie bekundet neben dem Forschungs- und Testbedarf entlang der Technologiereife grade einen Bedarf für standardisierte Zertifizierung v. a. im Bereich (hoch-)automatisierter Systeme, um Vertrauen und Sicherheit für neue Technologie zu schaffen und deutschen Anbietern den Marktzugang bei internationalen Kunden zu erleichtern. Ein weiteres Handlungsfeld für die Testzentren wird von vielen Akteuren die noch weiter zu stärkende Vernetzung entlang der Technologieentwicklung von der wissenschaftlichen Forschung bis hin zur wirtschaftlichen Anwendung beim Endnutzer genannt.

Wenn Synergien zwischen den Testzentren gezielt genutzt werden und eine strategische Zusammenarbeit erfolgt, könnten deutschen und internationalen Nutzern mit den Testzentren in der Nordsee und der Ostsee zwei Angebote zur Verfügung stehen, die zum einen in vielen Bereichen komplementär sind und unterschiedliche Anwendungsszenarien unterstützen, die darüber hinaus aber auch durch gezielte Kooperation und Vernetzung weiteren Mehrwert schaffen können.

Strategischer Nutzen für die deutsche maritime Wirtschaft

Aus einer strategischen Sicht sprechen viele Argumente dafür, die deutsche Meerestechnik mit einem weiteren Testzentrum vor Helgoland zu stärken. Die beiden deutschen Testzentren könnten durch ihre Testmöglichkeiten die Entwicklungsstärke und Innovationsfähigkeit der deutschen maritimen Wirtschaft fördern, durch Qualitätssiegel oder Zertifikate den Marktzugang deutscher Anbieter international stärken und die Vernetzung von Unternehmen, Kunden und Wissenschaft vorantreiben.

Die prognostizierten strategischen und volkswirtschaftlichen Erfolge werden sich nicht über Nacht einstellen. Es braucht Zeit, Netzwerke aufzubauen, Synergien zu erreichen und Renommee zu entwickeln. Die Prognos AG schlägt vor, die Infrastrukturen sukzessive und der Nachfrage folgend aufzubauen, diesen Weg mit langem Atem anzutreten und die Strukturen wie auch die Förderung auf ein langfristiges Wachstum auszulegen.

2 Hintergrund und Aufgabenstellung

Im Bereich der maritimen Wirtschaft ist die Meerestechnologie ein wachsendes Segment. Aufgrund global steigender Nachfrage nach (erneuerbarer) Energie, Rohstoffen und Lebensmitteln werden die Offshore-Windkraft, der Abbau mariner mineralischer Rohstoffe, die Meeresforschung allgemein, aber auch Spezialgebiete, wie die Kampfmittelräumung im Meer immer bedeutender. Sie befördern eine wachsende Nachfrage nach technischen Produkten der Meeres- und Unterwassertechnik sowie professionellen Dienstleistungen.

Die auf hoher See herrschenden Umgebungsbedingungen stellen hohe Anforderungen an Menschen und Technik. Betreiber von Offshore-Windparks als auch Infrastrukturen im Bereiche Offshore-Öl & Gas, Stahlwasserbau, Häfen oder Meeresenergie stehen dadurch vor großen Herausforderungen in Bezug auf Exploration, Inspektion und Instandhaltung. Inspektions- und Wartungsarbeiten bedeuten einen großen Kostenaufwand und sind häufig nicht ohne Risiko für Leib und Leben von technischem und tauchendem Personal.

Neue Methoden und Technologien aus den Bereichen der mobilen Robotik, Sensorik, autonomen Systemen und Drohnen sind zukünftig gefragt, um diese Arbeiten selbstständig, zuverlässig, sicher und effizient durchführen zu können. Der Einsatzbereich beschränkt sich dabei nicht nur auf die Wasseroberfläche. Auch die Bereiche unter Wasser sowie im Luftraum über Wasser stellen für innovative Technologien potenzielle Anwendungsfelder dar.

Die technologische Entwicklung mobiler Robotik, autonomer Systeme und Drohnen benötigt intensive Test- und Erprobungsphasen unter anwendungsnahen Umweltbedingungen, um die technischen Systeme in einen Reifegrad zu überführen, in welchem sie serienmäßig, risikoarm und kostengünstig im produktiven Betrieb einsetzbar sind. Anbieter von Meerestechnik, Forschung und Wissenschaft wünschen sich zu diesem Zweck Offshore-Testfelder, in denen sie unter Laborbedingungen ihre Technologien entwickeln und erproben können. Vor der Küste von Rostock/Warnemünde ist ein Nationales Testfeld für Offshore-Windenergie im Aufbau, das sich dem Test von Pilotwindenergieanlagen und der Erprobung von Fundamenten und Großkomponenten widmet. Bislang verfügt Deutschland jedoch noch nicht über ein Testfeld, das gezielt auf die Erprobung von Meerestechnik und mobiler Robotik ausgelegt ist. Ein Testareal ebenfalls in der Ostsee vor Rostock, das Digital Ocean Lab, ist derzeit im Aufbau und im Raumordnungsverfahren. Ein weiteres Testfeld in der Nordsee vor Helgoland, befindet sich zur Zeit in der Konzeptions- und Planungsphase.

Aufgabenstellung

Ein Testzentrum in der Nordsee zur Erprobung von Technologien der Meerestechnik unter realistischen Anwendungsbedingungen könnte Nutzen und Vorteile für die gesamte maritime Branche generieren. Zu prüfen ist, inwiefern ein Marktpotenzial für ein weiteres Testzentrum zur Pilotierung und Erprobung von Meerestechnik in der Nordsee besteht und welche Anforderungen potenzielle Nutzer an ein solches Testzentrum stellen.

Das Deutsche Maritime Zentrum (DMZ) versteht sich als Bindeglied zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und öffentlicher Hand. Die Arbeitsbereiche umfassen die gesamten Wertschöpfungsketten in den Bereichen Schiffbau und Meerestechnik, Schifffahrt sowie Häfen und maritime Logistik.

Zweck des Deutschen Maritimen Zentrums ist es, die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft des gesamten deutschen maritimen Standortes zu erhöhen und das Know-how sowie die Berufsperspektiven in der maritimen Wirtschaft zu stärken. Dazu gehört auch die Bearbeitung und Koordinierung von maritimen Querschnittsthemen, die eine branchenübergreifende Betrachtung erfordern.

Das DMZ hat daher die Prognos AG mit einer „Marktpotenzialanalyse für ein Offshore Testzentrum in der Nordsee zur Erprobung innovativer Technologien der Meerestechnik unter anwendungsnahen Bedingungen“ beauftragt. Ziel der Studie ist die Analyse, Erörterung und Beurteilung des Bedarfes und des ökonomischen Potentials eines deutschen Testzentrums in der Nordsee, welches Infrastrukturen und Services bietet, um im Marktsegment Meerestechnik innovative Technologien der mobilen Robotik, autonome Systeme und Drohnen unter anwendungsnahen Umwelt- und Einsatzbedingungen zu erproben.

Der Auftrag zur „Marktpotenzialanalyse für ein Offshore Testzentrum zur Erprobung innovativer Technologien der Meerestechnik unter Offshore-Bedingungen“ umfasst vier Arbeitspakete:

- Die Analyse des Marktes für Testzentren,
- eine Analyse des Marktes und Bestandserfassung innovativer Technologien der mobilen Robotik und Drohnen in der Meerestechnik,
- eine Potential- und Strategieberatung für ein Testzentrum zur Erprobung innovativer Technologien der Meerestechnik und
- eine Analyse der Förderlandschaft auf nationaler und europäischer Ebene.

3 Vorgehensweise und Methodik

Die Vorgehensweise bei der Erarbeitung der Studie orientiert sich an den Arbeitspaketen:

Projektauftakt

Im Anschluss an einen Kick-Off-Workshop zur Feinplanung der Arbeitsschritte und Meilensteine wurde die Projektarbeit zunächst durch Deskresearch verfügbarer Studien und Dokumente aufgenommen. In Ergänzung wurden sieben orientierende Fachgespräche mit Vertretern der beiden im Aufbau befindlichen Testzentren und weiteren Gesprächspartnern aus Wirtschaft und Forschung geführt.

Analyse des Marktes für Testzentren

Den Schwerpunkt der Analyse des Marktes für Testzentren bildeten telefonische Fachinterviews mit Vertretern von vier internationalen, bereits erfolgreich am Markt operierenden Testzentren und den zukünftigen Betreiber der beiden im Aufbau befindlichen deutschen Testzentren. Es wurden Aspekte wie Markteinschätzung, Schwerpunkte, Kundenstruktur, Nachfrage und Finanzierung erörtert.

Analyse des Marktes und Bestandserfassung innovativer Technologien der mobilen Robotik und Drohnen in der Meerestechnik

Zur Analyse der Märkte für innovative Technologien der mobilen Robotik wurden sowohl die Anwendungs- bzw. Arbeitsfelder der Meerestechnik und ihre Wachstumsperspektiven analysiert als auch die technologischen Trends in der mobilen Robotik. Die Grundlage bildeten vor allem Deskresearch und die Fachinterviews.

Potential- und Strategieanalyse für ein Testzentrum zur Erprobung innovativer Technologien der Meerestechnik

Die Potenzial- und Strategieanalyse für ein Testzentrum in der Nordsee wurde aus verschiedenen Perspektiven geführt. Mit einer PESTEL-Analyse der politischen, ökonomischen, gesellschaftlichen, ökologischen und rechtlichen Rahmenbedingungen wurden die relevanten fördernden und hemmenden Umfeldbedingungen für die Planung, Finanzierung und Umsetzung eines Testfeldes in der deutschen Nordsee in den Blick genommen. Ein besonderer Fokus lag dabei auf den intendierten politisch-strategischen Zielen und den volkswirtschaftlichen Wirkungen eines Testfeldes.

Die Nutzerperspektive und damit das Marktpotenzial für Testkapazitäten wurde über eine Online-Befragung potenzieller Nachfrager aus Wirtschaft und Wissenschaft erhoben. Hierzu wurden mit Unterstützung von GMT, VSM, MCN, BSH und DMZ rund 200 potenzielle Interessenten mit einem Schwerpunkt auf der Entwicklung, Herstellung und dem Einsatz von Technologien aus dem Bereich der mobilen Robotik angeschrieben. Der Rücklauf von $n=43^1$ Fragebögen blieb hinter den Erwartungen zurück. Eine Ursache wird im Zeitraum der Umfrage Juni/Juli 2020 und der besonderen Umstände im Zuge der COVID-19- Pandemie vermutet. Eine weitere Begründung kann

¹ Als Rücklauf gewertet wurden Fragebögen, die mindestens zur Hälfte bearbeitet wurden ($n=43$), vollständig ausgefüllt wurden $n=29$ Fragebögen.

darin gesehen werden, dass ein Testzentrum für mobile Robotik der Meerestechnologie per se eine sehr fokussierte Zielgruppe der meeresstechnischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen anspricht. Für die letzte These spricht, dass sich unter den Rückläufen viele namhafte Akteure befunden haben, die häufig an erster Stelle mit diesen Arbeitsfeldern und Technologien der Meerestechnik in Verbindung gebracht werden. Vor dem Hintergrund der geringen Fallzahl wurden ergänzend zehn weitere Fachinterviews vornehmlich mit Industrievertretern geführt, um die Aussagen zum Industriebedarf und zur Nachfrage nach Testkapazitäten noch weiter zu validieren.

Analyse der Förderlandschaft auf nationaler und europäischer Ebene

Die Analyse der Förderlandschaft wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber nur cursorisch geführt, da die konkrete Ausgestaltung der Förderung eines Testfeldes von einer Konkretisierung des Konzepts und der Planung abhängt.

Beirat

Zur fachlichen Begleitung der Studie wurde ein Beirat mit Vertretern von DMZ, Fraunhofer IFAM, Fraunhofer IGD, GMT e.V., Stiftung Offshore Windenergie und BSH ins Leben gerufen, der zweimal im Projektverlauf getagt hat. Einmal zur Diskussion der Zwischenergebnisse der Arbeitspakete 1-3 und ein weiteres Mal zur Diskussion des vorläufigen Endberichts.

Zeitraum

Die Studie wurde im Zeitraum April – November 2020 erstellt.

4 Der Markt für Meerestechnik

4.1 Die Meerestechnik: Querschnittsbranche mit unterschiedlichen Arbeitsfeldern

Gemäß der Gesellschaft für Maritime Technik e. V. (GMT) „entwickelt, produziert und verwendet [die Meerestechnik] Technologien für die Erforschung, den Schutz und die nachhaltige Nutzung der Meere“.² Der Verband für Schiffbau und Meerestechnik (VSM) definiert die Meerestechnik mit „Tätigkeiten unternehmerischer oder wissenschaftlicher Art, welche die Erforschung und Nutzung der Meere als Energie-, Rohstoff- und Nahrungsquelle nutzen“.³ Beiden Definitionen gemein ist, dass die Erforschung und Nutzung des Meeres im Vordergrund steht. Gleichzeitig nehmen beide Definitionen aber keine eindeutige technologische oder wirtschaftliche Ein- bzw. Abgrenzung vor. Unternehmen der Meerestechnik stammen u. a. aus den Bereichen Maschinenbau oder Elektrotechnik. Die Meerestechnik ist somit eine Querschnittsbranche, für die in der amtlichen Statistik keine eindeutige Abgrenzung vorliegt.

Informationen zur wirtschaftlichen Entwicklung der Branche oder zur Anzahl der Beschäftigten stellen somit immer nur Näherungswerte dar und sind abhängig von der jeweiligen Abgrenzung der Querschnittsbranche. Gemäß dem Nationalen Masterplan Maritime Technologien (NMMT) aus dem Jahr 2011 umfasst die deutsche Meerestechnik **rund 500 Unternehmen** und **fast 200 wissenschaftliche Institute**.⁴ Im NMMT aus dem Jahr 2018 werden dem Bereich der „maritimen Technologieanbieter“ über 1.350 Unternehmen und mehr als 125.000 Beschäftigte in Deutschland zugeordnet. Diese Definition umfasst allerdings neben Bereichen wie Material, Systeme und Komponenten auch den Bereich Schiffbau.⁵ Konkrete Angaben zur Zusammensetzung der Meerestechnik erfolgen nicht.

Laut dem VSM erwirtschaften die deutschen Unternehmen der Meerestechnik einen **jährlichen Umsatz von mehr als 11 Mrd. Euro**.⁶ Das BMWi geht für die deutlich weiter gefasste maritimen Branchen, bei der die Meerestechnik nur einen Teilbereich darstellt, von schätzungsweise 55 Mrd. Euro aus.⁷ Die Unternehmen sind dabei hauptsächlich im Bereich der Komponentenentwicklung und -herstellung tätig und die Unternehmenslandschaft im Wesentlichen geprägt durch Klein- und Mittelständler. Sehr vereinzelt finden sich auch Großunternehmen, deren unternehmerischer Fokus häufig aber nur zum Teil im Bereich der Meerestechnik liegt. Die Unternehmen konzentrieren sich keineswegs nur auf die Küstenländer, rund zwei Drittel haben ihren Sitz in den deutschen Binnenländern.⁸

² GMT-Webseite: Arbeitsfelder. Abgerufen unter: <https://www.maritime-technik.de/arbeitsfelder>

³ Verband für Schiffbau und Meerestechnik (o. D.): Meerestechnik. Abgerufen unter: <https://www.vsm.de/de/die-branche/was-ist-schiffbau-und-meerestechnik/meerestechnik>

⁴ BMWi (2011): Nationaler Masterplan Maritime Technologien (NMMT) – Deutschland, Hochtechnologie-Standort für maritime Technologien zur nachhaltigen Nutzung der Meere. Abgerufen unter: http://www.dmkn.de/wp-content/uploads/2012/11/bmw_i_nationaler_masterplan_maritime_technologien_druckversion1.pdf

⁵ BMWi (2018): Nationaler Masterplan Maritime Technologien zur Koordinierung und Stärkung der maritimen Branche. Abgerufen unter: https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/nationaler-masterplan-maritime-technologien-maritime-branche-broschuere.pdf?__blob=publicationFile&v=2

⁶ Verband für Schiffbau und Meerestechnik e.V (VSM). (2019): Jahresbericht 2018 | 2019. Abgerufen unter: https://www.vsm.de/sites/default/files/dokumente/fd4a264f7e6ee2a819373cb50828bc03/vsm_jahresbericht_2019_web.pdf

⁷ BMWi (2018): Nationaler Masterplan Maritime Technologien zur Koordinierung und Stärkung der maritimen Branche. Abgerufen unter: https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/nationaler-masterplan-maritime-technologien-maritime-branche-broschuere.pdf?__blob=publicationFile&v=2

⁸ Ebd.

Die unterschiedlichen Definitionen und der Querschnittscharakter der Branche verdeutlichen, dass sich quantitative Aussagen zur zukünftigen Entwicklung des Marktvolumens nur schwer treffen lassen. Zielführender erscheint eine Betrachtung der Anwendungsfelder und Teilmärkte der Meerestechnik. Die GMT definiert **zehn übergeordnete Arbeitsfelder**, die sich weitestgehend auch mit den Anwendungsfeldern für Meerestechnik gemäß dem Nationalen Masterplan Maritime Technologien (NMMT)⁹ des BMWi aus dem Jahr 2011 decken:

- Offshore-Windenergie
- Offshoretechnik Öl & Gas
- Küsteningenieurwesen / Wasserbau
- Mariner Umweltschutz / Meeresforschungstechnik
- Unterwassertechnik
- Marine mineralische Rohstoffe / Meeresbergbau
- Zivile maritime Sicherheitstechnik
- Marikultur
- Polartechnik
- Erneuerbare Energien

Die Arbeitsfelder verdeutlichen auch hier den Querschnittscharakter der Branche. Mit der Offshore-Windenergie oder der Offshoretechnik Öl & Gas finden sich Anwendungsfelder für Meerestechnik, während Bereiche wie bspw. die Unterwassertechnik oder die Polartechnik eher technologische Teilmärkte der Meerestechnik darstellen. So entwickelt und produziert die Unterwassertechnik Fahrzeuge die u. a. für Wartungs- und Instandhaltungsaufgaben in der Offshore-Windindustrie zum Einsatz kommen können. Eine Vielzahl der Unternehmen, die sich der Meerestechnik zuordnen lassen, sind damit sowohl Anbieter als auch Abnehmer von Produkten und Dienstleistungen der eigenen Querschnittsbranche.

Für die weitere Analyse und insbesondere für Aussagen zu den Marktpotenzialen der Meerestechnik (vgl. Kap.7.1) fokussiert sich die vorliegende Studie auf die zehn definierten Arbeitsfelder. Zusätzlich wird auch der Markt für zivile unbemannte Flugdrohnen in die Betrachtung mit einbezogen. Diese sind zwar nicht direkt der Meerestechnik zuzuordnen, spielen aber insbesondere im Bereich der Inspektion von Anlagen über der Wasseroberfläche eine zunehmend wichtige Rolle.

4.2 Technologien der mobilen Robotik, autonomer Systeme und Drohnen

Die unterschiedlichen Arbeitsfelder der Meerestechnik stellen aufgrund der anspruchsvollen Umgebungsbedingungen einerseits hohe technologische Anforderungen an die einzelnen Produkte und Systeme. Andererseits sind diese Anforderungen teils sehr spezifisch, so dass Weiterentwicklungen neuer und etablierter Systeme fortwährend erfolgen. Diese Weiterentwicklungen zeigen sich bspw. durch neue Kamerasysteme, einer angepassten Sensorik oder neuartiger Manipulatoren bzw. Greifarmen, die Unterwasserfahrzeugen neue Einsatzmöglichkeiten bieten.

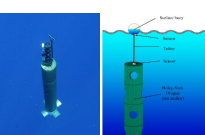
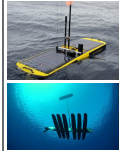
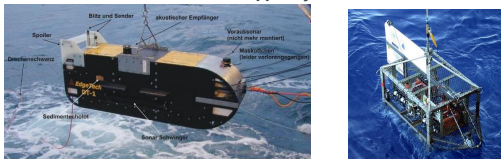
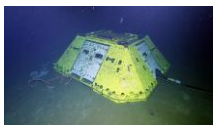
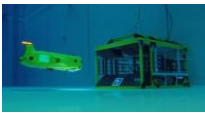
Die Bandbreite an potenziellen Entwicklungen ist äußerst umfangreich und nicht immer direkt zu erfassen. Eine neue Software führt bspw. zu einer verbesserten Autonomie von Fahrzeugen, während angepasste Steckverbindungen oder eine veränderte Zusammensetzung von Beschichtungen die Robustheit und Langlebigkeit von Produkten signifikant erhöhen kann. Testzentren

⁹ BMWi (2011)

sollten für eine Vielzahl dieser Tests offen sein, um möglichst umfangreich die Bedarfe von Kunden aus Wirtschaft und Wissenschaft abdecken zu können.

Bereits seit rund zwölf Jahren werden im Helgoländer Südhafen neue Materialien und Beschichtungen getestet. Der spezifische Fokus des neu aufzubauenden Testzentrums vor Helgoland liegt jedoch auf der Erforschung der mobilen Robotik, autonomen Systeme sowie Drohnen in maritimen Einsatzgebieten. Trotz dieser Fokussierung spricht das Testzentrum damit eine Vielzahl an Unternehmen und Forschungseinrichtungen an, die in den genannten Beispielen tätig sind. Gleichzeitig ermöglicht es einen generellen Überblick, über die aktuell bereits genutzten bzw. sich in der Weiterentwicklung befindlichen Technologien. Abbildung 1 stellt diese Technologien kategorisiert nach deren Anwendungsumgebung (unter Wasser, über Wasser, in der Luft) und deren Mobilität (mobil, geschleppt, stationär) dar.

Abbildung 1: Überblick über Technologien der mobilen Robotik, autonomen Systeme und Drohnen der Meerestechnik

		Unter Wasser			Über Wasser	In der Luft
Mobil	Ferngesteuert	ROV 	Crawler 	Plows/Trencher 	USV 	UAV (Drohnen) 
	Autonom	AUV 	Unterwassergleiter 	Floater/Drifter 	ASV 	Wellengleiter 
Geschleppt		Geschleppte Systeme 				
Stationär		Observatorien 	Lander 	Subsea-Residence 		

© Prognos AG. Bildquellen s. Technologiekatalog

Die dargestellten Technologien werden u. a. für die Wartung und Instandhaltung von Offshore-Infrastrukturen, dem Verlegen von Seekabeln oder zur Exploration und Kartierung des Meeresbodens eingesetzt. Viele der dargestellten Fahrzeuge werden fortlaufend weiterentwickelt. Zum Teil fungieren sie auch nur als Plattformen zum Test neuartiger Subkomponenten wie bspw. Mess-

oder Kamerasysteme. Der Test dieser Systeme im offenen Meer bzw. in einem Offshore-Testzentrum erfolgt allerdings erst, wenn ein technologischer Reifegrad¹⁰ erreicht ist, der dies auch rechtfertigt. Ein Technologiereifegrad von 4 entspricht dabei einem Versuchsaufbau im Labor. Ein Offshore-Testzentrum könnte diese Laborbedingungen bei ruhigen Wetterbedingungen eventuell simulieren. Wahrscheinlicher ist jedoch, dass die Produkte und Subkomponenten erst ab einem Technologiereifegrad von mindestens 6 in einem Offshore-Testzentrum zum Einsatz kommen und sich damit zumindest schon im Prototypenstatus befinden.

Nähere Informationen zu den dargestellten Technologien finden sich gesondert in einem **Technologiekatalog** im Anhang sowie auf der Webseite des DMZ.

4.3 Politische Rahmenbedingungen

Die zukünftigen Entwicklungen der Querschnittsbranche Meerestechnik werden sowohl in der Wirtschaft als auch in der Forschung nicht zuletzt durch politische Rahmenbedingungen geprägt. Der Blick auf zurückliegende Entscheidungen und aktuelle politische Planungen verdeutlicht, dass diese für Meerestechnik grundsätzlich positiv ausgefallen sind. Dabei fällt auf, dass die politischen Zielsetzungen sowohl global wie national als auch auf Landesebene in eine vergleichbare Richtung laufen.

Das 14. Sustainable Development Goal der UN zielt darauf *“to conserve and sustainably use the oceans, seas and marine resources for sustainable development”*. Auch bei der **Europäischen Union** rückt mit dem Thema Blue Growth | Maritime Affairs die nachhaltige Nutzung der Meere bereits zu Beginn des letzten Jahrzehnts verstärkt in den Fokus. Mit dem jetzt beschlossenen Green Deal gewinnt das Thema Nachhaltigkeit auf europäischer Ebene weiter an Bedeutung, was auch die maritime Wirtschaft deutlich beeinflussen wird. Es ist zu erwarten, dass der Markt für Meerestechnik von diesen politischen Rahmenbedingungen profitieren wird. Zum einen adressiert die Querschnittsbranche mit ihren unterschiedlichen Arbeitsfeldern Themen wie die Erneuerbaren Energien, den marinen Umweltschutz, Meeresforschung und Polartechnik, die eng verbunden sind mit einer nachhaltigen Nutzung der Meere. Zum anderen können auch steigende Umweltauflagen in Branchen wie Offshore Öl/Gas oder Meeresbergbau die Nachfrage nach technologischen Lösungen erhöhen.

Mit dem Entwicklungsplan Meer wurde in **Deutschland** schon vor rund zehn Jahren ein strategischer Rahmen gesetzt, der zu einer verbesserten Wettbewerbsfähigkeit der maritimen Wirtschaft und einer nachhaltigeren Nutzung der Meere führen sollte.¹¹ Die Maritime Agenda 2025 formulierte sechs Jahre später schließlich das Ziel, dass *„zentrale Herausforderungen wie die Automatisierung und Digitalisierung von Produkten und Dienstleistungen“* in der maritimen Wirtschaft zu lösen sind und es dafür geeigneter Instrumente bedürfe.¹² Eines dieser Instrumente ist die Fortentwicklung des Nationalen Masterplans Maritime Technologien (NMMT), welcher die maritime Wirtschaft in Deutschland analysiert, technologische Schwerpunktthemen definiert und Handlungsbereiche aufzeigt.¹³ Der NMMT übernimmt damit für die maritimen Technologien eine

¹⁰ Technologiereifegrad: gibt auf einer Skala von 1-9 an, in welchem Entwicklungsstadium sich eine Technologie befindet. Der Wert von 1 entspricht ersten Beobachtungen und der Beschreibung des Funktionsprinzips. Der Wert 9 steht für ein marktreifes Produkt.

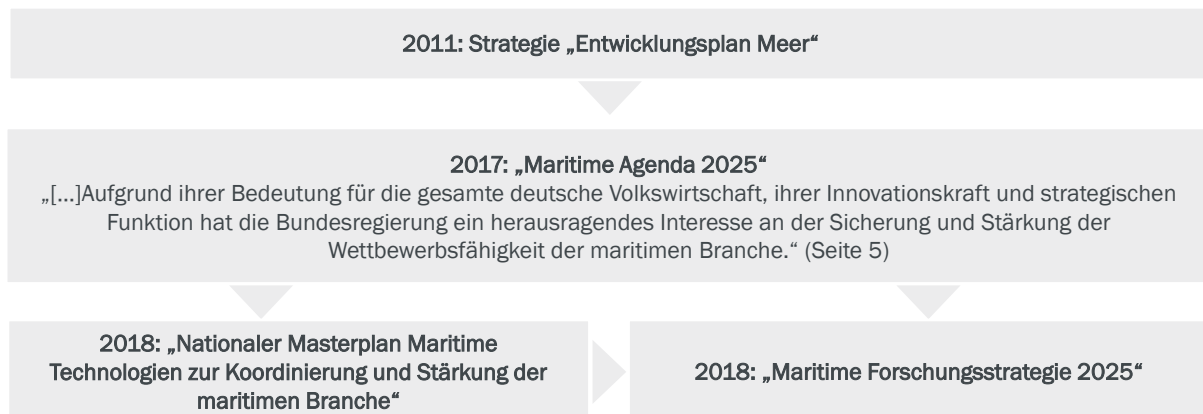
¹¹ BMVBS (2011): Entwicklungsplan Meer – Strategie für eine integrierte deutsche Meerespolitik. Abgerufen unter: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/WS/meerespolitik-entwicklungsplan-meer.pdf?__blob=publicationFile

¹² BMWi (2017): Maritime Agenda 2025 – Für die Zukunft des maritimen Wirtschaftsstandorts Deutschland. Abgerufen unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/maritime-agenda-2025.pdf?__blob=publicationFile&v=18

¹³ BMWi (2018): Nationaler Masterplan Maritime Technologien zur Koordinierung und Stärkung der maritimen Branche. Abgerufen unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/nationaler-masterplan-maritime-technologien-maritime-branche-broschuere.pdf?__blob=publicationFile&v=2

koordinierende Funktion und wirkt sich dabei auch auf die Maritime Forschungsstrategie 2025 aus.¹⁴ Die Forschungsstrategie identifiziert zentrale Trends der Branche und zeigt auf, welche technologischen Entwicklungen in den kommenden Jahren zu erwarten sind. Die einzelnen rahmengebenden Dokumente verdeutlichen, dass die Bundesregierung bereits eine langfristige Strategie verfolgt, was die Nutzung der Meere und die damit verbundenen Forschungs- und Wirtschaftszweige anbelangt (vgl. Abbildung 2).

Abbildung 2: Langfristige Strategie der Bundesregierung zur Unterstützung der maritimen Wirtschaft



© Prognos AG 2020

Mit dem NMMT werden die Planungen nochmals konkretisiert und auch Querbezüge zur High-tech-Strategie des Bundes hergestellt. Ein Handlungsbereich widmet sich explizit der Stärkung der maritimen Forschungsinstrumente und der „*Entwicklung von hochwertigen, ressourcenschonenden und marktgerechten maritimen Technologien*“.¹⁵ Es werden elf technologische Schwerpunktthemen mit Zukunftspotenzial definiert, die sich mit der technologischen, wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Weiterentwicklung u. a. der Offshore-Windindustrie oder auch der Offshore-Öl- & Gasindustrie auseinandersetzen. Mit Blick auf die Nutzung von Offshore-Testzentren in Deutschland und die Erprobung mobiler Robotik fallen dabei insbesondere die nachfolgenden Schwerpunktthemen auf:

- „*Entwicklung der Wertschöpfungskette der Offshore-Windenergie und der Erschließung weiterer erneuerbarer Energiequellen aus dem Meer einschließlich Technologien zum Bau, zur Wartung, zum Monitoring, zum Betrieb bis hin zum Rückbau von Offshore-Windparks*“,
- „*Schaffung von Rahmenbedingungen für die Technologieentwicklung eines wirtschaftlichen und umweltverträglichen Tiefseebergbaus*“,
- „*Erschließung von Zukunftstechnologien in den Anwendungsfeldern Unterwassertechnik (einschließlich autonomer meeres technischer Systeme) und Eis- und Polartechnik*“ sowie

¹⁴ BMWi (2018): Maritime Forschungsstrategie 2025. Abgerufen unter: <https://cdn.website-editor.net/d9be8a9bbc2447f095ba63c7529930b5/files/uploaded/Maritime%2520Forschungsstrategie%25202025.pdf>

¹⁵ BMWi (2018): Nationaler Masterplan Maritime Technologien zur Koordinierung und Stärkung der maritimen Branche. Abgerufen unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/nationaler-masterplan-maritime-technologien-maritime-branche-broschuere.pdf?__blob=publicationFile&v=2.

- „Identifikation und Unterstützung des Innovations- und Technologiebedarfs für Meeresforschung und -überwachung, auch als Bestandteil von Unterwassertechnik oder Eis- und Polartechnik“.¹⁶

Die Bundespolitik formuliert somit klare Ziele für die Entwicklung der maritimen Branche in Deutschland und adressiert mit der vorwiegend technologischen Ausrichtung und den definierten Schwerpunktthemen im NMMT insbesondere den Bereich der Meerestechnik. Und auch auf **Länderebene** kommen der maritimen Wirtschaft und der Meerestechnik eine prägende Rolle zu. In den sog. Regionalen Innovationsstrategien vieler Küstenländer werden die maritime Wirtschaft und vergleichbare Branchen häufig als eines der zentralen Spezialisierungsfelder definiert und stehen damit im Fokus der wirtschaftspolitischen und wissenschaftlichen Ausrichtung der Länder. Die Regionale Innovationsstrategie bildet wiederum die zentrale Grundlage für die Verteilung und Verwendung europäischer Fördergelder aus dem Europäischen Fond für Regionale Entwicklung (EFRE).

Insgesamt zeigt sich, dass die Erforschung und nachhaltige Nutzung der Meere auf allen politischen Ebenen über die letzten Jahre deutlich stärker in den Fokus gerückt sind. Dabei zeigt sich insbesondere durch die strategische Rahmensetzung der Bundesregierung, dass der Technologieentwicklung ein zentraler Stellenwert zukommt, welcher den Aufbau von Testkapazitäten in den deutschen Meeren unterstützt.

¹⁶ BMWi (2018): Nationaler Masterplan Maritime Technologien zur Koordinierung und Stärkung der maritimen Branche. Abgerufen unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/nationaler-masterplan-maritime-technologien-maritime-branche-broschuere.pdf?__blob=publicationFile&v=2.

5 Geplante Testzentren in Deutschland

In Deutschland sind in den letzten Jahren für unterschiedliche Technologien Offshore-Testfelder entstanden bzw. in Planung befindlich. Beispiele sind der Offshore Windpark „alpha-ventus“ als erste deutsche Testanlage für die Offshore-Nutzung von Windenergie oder das in Planung befindliche „Nationale Testfeld für Offshore-Windenergie“ vor Rostock Warnemünde zur Erprobung von Pilotwindenergieanlagen, Fundamenten und Großkomponenten wie Getrieben oder Rotorblättern.

Es gibt aber zur Zeit nur zwei Projekte, die sich in der Breite der Erprobung und Erforschung von innovativen Technologien der Meerestechnik widmen sollen und bei denen insbesondere auch eine Testumgebung für autonomen Systeme der mobilen Robotik geschaffen werden soll.

Unter der Führung des Fraunhofer IFAM soll vor Helgoland das Deutsche Testzentrum für Maritime Technologien (DTMT) entstehen, mit einem Schwerpunkt auf der Erprobung mobiler Robotik für den Einsatz auf, unter und über dem Wasser. In der Ostsee vor Warnemünde entwickelt Fraunhofer IGD mit dem Digital Ocean Lab ein Testfeld für Unterwassertechnologien in vielfältigen Anwendungsbereichen, eingebettet in den Forschungs- und Technologiecampus des Ocean Technology Campus in Rostock.

Zusammen mit den erwähnten bereits bestehenden Testfeldern entsteht ein Gefüge einer nationalen Testinfrastruktur der Offshore-Wind- und Meerestechnik. Im Fokus der vorliegenden Studie stehen aber die Testfelder zur Erprobung der innovativen Technologien der Meerestechnik, insbesondere das DTMT, das in der Nordsee in Planung ist.

Sowohl beim DTMT als auch beim DOL werden bzw. sollen öffentliche Fördermittel die finanzielle Grundlage für die Investition schaffen. Daher werden im folgenden Abschnitt zunächst die volkswirtschaftlichen Zielsetzungen einer Förderung von Testinfrastruktur beleuchtet, bevor die beiden Vorhaben jeweils ausführlich vorgestellt werden.

5.1 Wirkungen eines Testzentrums aus volkswirtschaftlicher Perspektive

Auch wenn die politischen Rahmenbedingungen die Etablierung und Nutzung von Offshore-Testzentren begünstigen (vgl. Kap. 4.3), stellt sich die Frage, welcher konkrete Nutzen durch ein Testzentrum für Deutschland daraus entsteht. Insbesondere mit Blick auf die Verwendung möglicher Fördergelder ist diese Frage von Bedeutung. Der Nutzen definiert sich dabei nicht allein durch wirtschaftliche Kennzahlen, sondern kann auch intangible Effekte, wie eine gestiegene Wahrnehmung und ein verbessertes Image Deutschlands als wichtigen Player auf dem Markt der Meerestechnik umfassen.

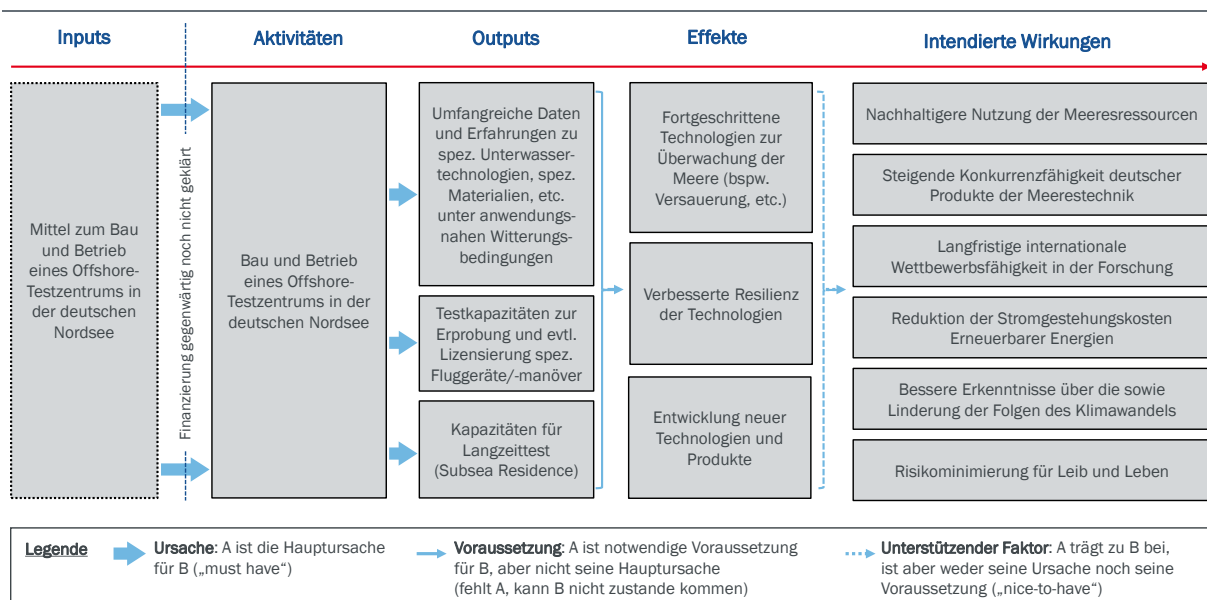
Eine dezidierte Messung des volkswirtschaftlichen Nutzens ist jedoch kaum möglich, da bspw. für die prosperierende Entwicklung einer Branche wie der Meerestechnik nicht nur das Vorhandensein eines Testzentrums entscheidend ist. Gleichwohl kann ein Offshore-Testzentrum bei der Branchenentwicklung unterstützend wirken und gleichzeitig auch einen Beitrag beim Erreichen der politischen Ziele, wie bspw. der nachhaltigeren Nutzung der Meere, leisten. Die Evaluierung und Messung des Nutzens, der von öffentlich geförderten Projekten wie einem Offshore-Testzentrum ausgehen, erfolgt häufig über Wirkungsketten. Die EU verweist in ihrer Better Regulation

Toolbox auf sog. Theories of Change, welche die Wirkungen von Förderungen aufzeigen sollen. Berücksichtigt werden dabei die kurzfristigen Outputs einer Förderung, die eher mittelfristigen Effekte sowie die langfristigen, mit der Förderung intendierten Wirkungen (vgl. Abbildung 3).

Offshore-Testzentren, wie sie in Deutschland geplant sind, ermöglichen umfangreiche Tests und liefern eine Vielzahl an Informationen, die grundsätzlich alle Arbeitsfelder der Meerestechnik adressieren. Beispiele sind u. a. die Erprobung sensorischer Systeme und autonomer Technologien oder die Erfahrungen aus Langzeit-Anti-Fouling Test. Die Ergebnisse fließen in Produkte ein, die bspw. bei der Überwachung und Inspektion von Offshore-Windrädern und deren Fundamente oder bei Aquafarmen zum Einsatz kommen. Die zunehmende Automatisierung dieser Arbeitsschritte kann langfristig zu sinkenden Stromgestehungskosten oder einer nachhaltigeren Nutzung der Meere führen. Andere intendierte Wirkungen zielen bspw. auf die Risikominimierung für Leib und Leben ab. Gegenwärtig gibt es kein Testzentrum, um bspw. das Übersetzen von Wartungspersonal vom Schiff auf feststehende Infrastrukturen unter Offshore-Bedingungen zu proben. Dieser Arbeitsschritt gehört jedoch zur täglichen Routine von Wartungsingenieuren in der Offshore-Öl- & Gas- sowie der Windindustrie. Jedes Übersetzen ist dabei mit hohen Risiken sowohl für das Personal als auch für die Infrastrukturen verbunden.

Die Beispiele verdeutlichen den vielfältigen kurz- und langfristigen Nutzen von Offshore-Testzentren. Abhängig von ihrem Design und ihrer Ausstattung adressieren die Testzentren dabei alle Arbeitsfelder der Meerestechnik mehr oder weniger deutlich und belegen damit den hohen wirtschaftlichen, umweltpolitischen und gesellschaftlichen Nutzen von Offshore-Testzentren. Das genaue Ausmaß der Wirkungen ist nicht abzuleiten.

Abbildung 3: Theory of Change für ein Offshore-Testzentrum in Deutschland

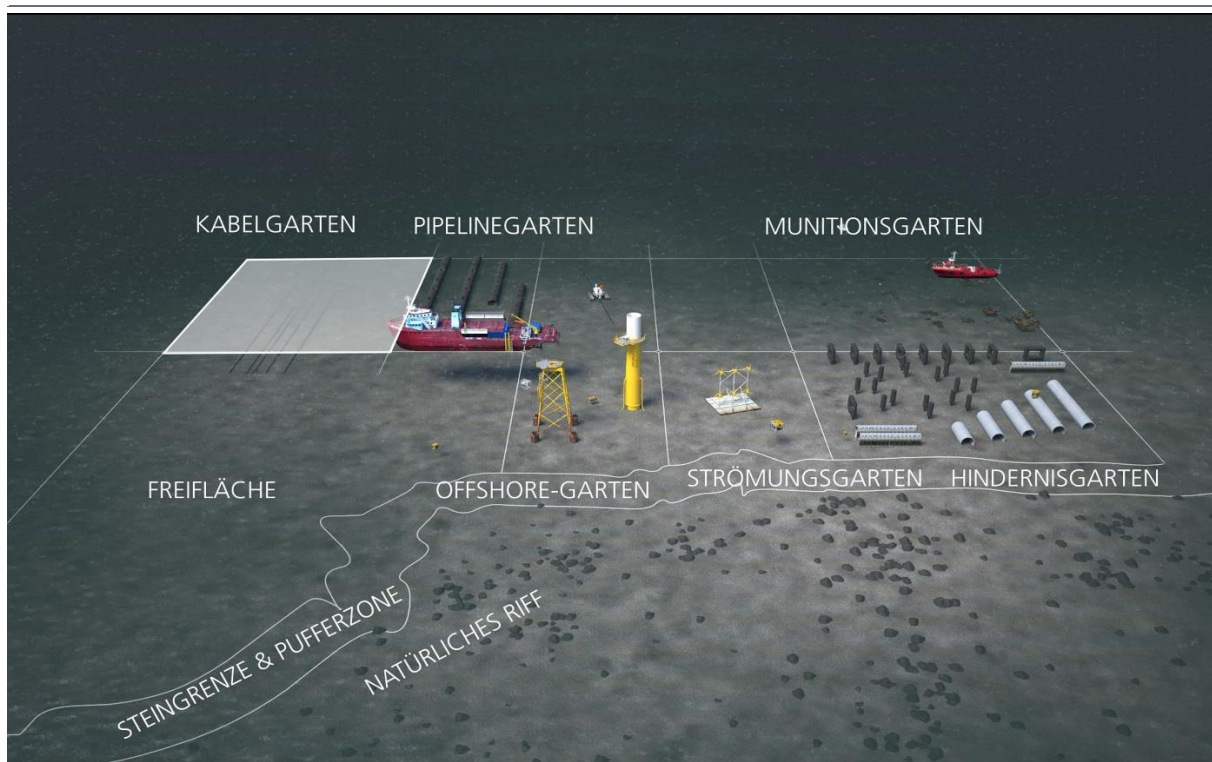


Quelle: Prognos AG, in Anlehnung an die Idee sog. Theory of Change der EU Better Regulation Toolbox (Tool #46)

5.2 Digital Ocean Lab des Ocean Technologie Campus Rostock

Unter der Führung des Fraunhofer-Instituts für Graphische Datenverarbeitung (IGD) wird im alten Fischereihafen der Hansestadt Rostock derzeit der Ocean Technology Campus (OTC) aufgebaut, ein Cluster der technologischen Unterwasserforschung. Der OTC verfolgt das Ziel „ein attraktives Ökosystem für die nächste Unterwassertechnologie-Generation“ zu schaffen und vereint hierzu Industrie und Forschung. Herzstück ist ein im Aufbau befindliches, vielseitig einsetzbares Testfeld in Küstennähe: Das »Digital Ocean Lab«. Als Unterwasser-Testfeld dient es dazu, Ideen und Simulationen unter kontrollierten Bedingungen in einem realen Umfeld testen zu können.

Abbildung 4: Übersicht der geplanten Testmöglichkeiten im Digital Ocean Lab des OTC



Quelle: <https://www.igd.fraunhofer.de/projekte/ocean-technology-campus-rostock>

Natürliche Bedingungen

Das DOL wird in Küstennähe, ca. 15km entfernt vom Fischereihafen Rostock auf einer Fläche von ca. 300 ha errichtet, die Wassertiefe beträgt ca. 16m. Der Standort zeichnet sich durch ein natürliches Riff aus und eine unterschiedliche Bodenbeschaffenheit mit Stein-, Mergel- und Sanduntergrund. Die Wetterbedingungen sind ostseetypisch durch ein mildes und konstantes Klima geprägt, das eine ganzjährige Nutzung erlaubt.

Inhaltliche Schwerpunkte und adressierte Teilmärkte

Vorgesehen sind verschiedene Unterwassertestfelder, mit denen die große Bandbreite der Einsatzmöglichkeiten unter Wasser abgedeckt werden sollen: In Planung befinden sich

- ein **Pipeline - und Kabelgarten** zur Entwicklung neuer Systeme und Verfahren zur Erkennung und Ortung, zum Messen der Verlegetiefe oder der Entdeckung von Kabelfehlern,
- eine **Munitionsaltlasten-(UXO)-Garten** zum Test von Sensoren (physikalische, chemische, biologische), videobasierter Objekterkennung und Manipulatoren und
- unterseeische Gärten (u. a. ein Strömungsgarten, nachgebaute Offshore-Anlagen und simulierte Hindernisse) für die **Entwicklung und Erprobung ferngesteuerter und autonome Unterwasserfahrzeuge** (ROV, AUV) u. a. in Bezug auf Steuerung und Überwachung der Fahrzeuge und Ausbildung und Training von Piloten,
- eine **Freifläche für verschiedene temporäre Zwecke**, Kriech- und Grabversuche, Prüfung der Unterwassertechnik oder Langzeittests,
- sowie eine **Fläche für die Erprobung geschleppter Systeme**.

See- und Landseitige Infrastruktur

Landseitig ist eine Operationszentrale geplant u. a. zur Testfeldüberwachung, Echtzeit-Datenübertragung, Messdatenspeicherung und Steuerung der Missionen, Labore und Werkstätten, ein Wellenbecken sowie die Möglichkeit zur Anmietung von Spezialschiffen und Mobilkränen. Geplant sind auch weitere Services wie zum Beispiel die wissenschaftliche Begleitung von Testversuchen.

Als Alleinstellungsmerkmal wird gesehen, dass das Digital-Ocean-Lab Teil eines geplanten Ocean-Technology-Campus am Fischerei-Hafen in Rostock sein wird. Dieser soll eine große Anzahl spezialisierter Unternehmen und Forschungseinrichtungen (u. a. das Fraunhofer IGD) vereinen und so ein attraktives Ökosystem für die nächste Unterwassertechnologie-Generation bilden.

Nachfrage und Nutzung

Die Gärten können für Dauerversuche und Prüfungen von Antifouling-Beschichtungen bis hin zu Kurzzeitprüfungen eines ROV oder AUV für wenige Tage genutzt werden. Am Standort Rostock profitiert das Testzentrum von einem starken Interesse der lokalen Wirtschaft und den bereits vorhandenen Akteuren der maritimen Wirtschaft und Forschung vor Ort.

Fraunhofer IGD rechnet beim DOL auch mit internationalem Interesse an den Testmöglichkeiten und forciert vor diesem Hintergrund internationale Partnerschaften mit dem Ziel ein internationales Forschungsnetzwerk aufzubauen. Eine Zusammenarbeit besteht bereits mit dem Norwegischen Global Centre of Excellence und dem National Subsea Centre (UK).

Finanzierung und Rahmenbedingungen

Das Gesamtvolumen für den Aufbau des Ocean Technology Campus beträgt über 60 Millionen Euro. Das Land Mecklenburg-Vorpommern stellt im Rahmen seiner Digitalen Agenda 20 Millionen Euro zur Verfügung. Der Bund unterstützt das Vorhaben mit 24 Millionen Euro. Weitere Mittel werden von Fraunhofer IGD und der Wirtschaftsförderung der Hansestadt Rostock eingebracht. Ein wichtiger Finanzierungsbaustein für den dauerhaften Betrieb sind aber auch die Nutzungsentgelte der Industrie- und Forschungskunden.

5.3 Deutsches Testzentrum für Maritime Technologien Helgoland

Das Deutsche Testzentrum für maritime Technologien auf Helgoland ist ein gemeinsames Vorhaben des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, des Robotics Innovation Center des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI), des Helmholtz-Zentrum für Material- und Küstenforschung Geesthacht (HZG), des Instituts für Chemie und Biologie des Meeres der Universität Oldenburg und der Jacobs University Bremen.

Einen wesentlichen Schwerpunkt des geplanten Testzentrums bildet die Erprobung (teil-)autonom robotischer Systeme in einer realistischen, anwendungsnahen Umgebung unter und auf der Wasseroberfläche sowie in der Luft. Beim Aufbau dieses Testzentrums kann auf langjährige Erfahrungen - vorwiegend im Bereich der Durchführung von Materialtests – und einem bestehenden Testfeld auf der Insel Helgoland angesetzt werden. Dieses soll nun kontinuierlich erweitert werden, um die Testlandschaft in Deutschland zu erweitern und auf ein breiteres Fundament zu stellen.

Natürliche Umgebungsbedingungen

Das geplante Testfeld weist aufgrund seiner Insellage typische Nordseebedingungen auf. Diese zeichnen sich durch harsche, stark wechselnde Wetter- und Windbedingungen sowie einen entsprechenden Seegang aus. Die Strömungsgeschwindigkeiten betragen etwa einen Meter pro Sekunde. Der Salzgehalt liegt nordseetypisch bei etwa 3,5 Prozent.

Inhaltliche Schwerpunkte und adressierte Teilmärkte

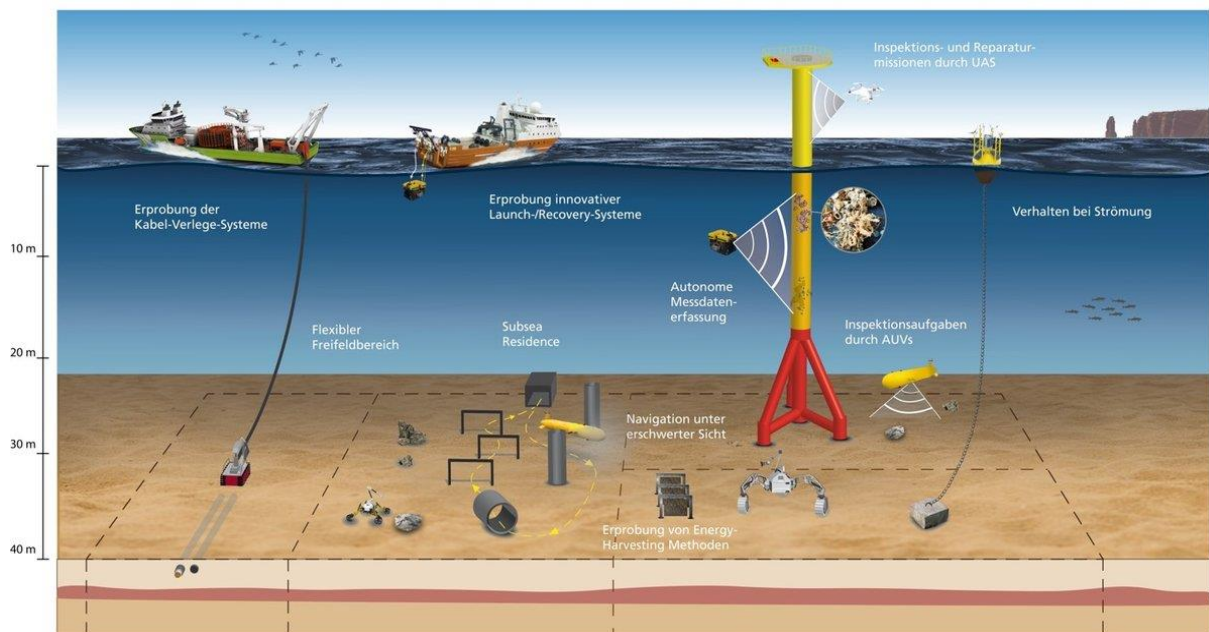
Der Fokus des im Aufbau befindlichen Testzentrums liegt auf der Bereitstellung von Testkapazitäten für Unternehmen der Meerestechnik und die angewandte Forschung. Damit sollen insbesondere die Technologien und Lösungen, insbesondere der mobilen maritimen Robotik, und damit verbundenen Testanforderungen für die folgenden Teilmärkte bedient werden: Offshore-Wind, Unterwassertechnik, Maritime Mess- und Umwelttechnik, Marikultur sowie Offshore Öl und Gas. Diese Teilmärkte bieten wiederum eine Vielzahl möglicher Anwendungsbereiche, in denen innovative Technologien eingesetzt werden können. Hierzu zählen bspw. die Durchführung von Materialtests und die Prüfung von Antifouling-Beschichtungen, die seit Längerem auf Helgoland durchgeführt werden. Diese sollen jedoch kontinuierlich durch Inspektionen bspw. an Stromtrassen und Tiefseekabeln, sowie an Pipelines, durch Wartungsarbeiten und Reparaturen in der Luft (z. B. Windkraftanlagen), sowie den Einsatz von autonomen Systemen und künstlicher Intelligenz ergänzt werden.

Der Schwerpunkt des Testzentrums liegt auf der Erprobung von robotischen Systemen. Dies können Fahrzeuge bzw. Systeme für den Einsatz unter Wasser, auf der Wasseroberfläche oder in der Luft sein; demnach sogenannten AUVs (Autonomous Underwater Vehicle), ROVs (Remotely Operated Vehicle) oder auch ein UAVs/AUS (Unmanned Aerial Vehicle bzw. Unmanned Aerial System). Ergänzt werden sollen diese durch Testmöglichkeiten für Infrastrukturen wie Docking- und Residence-Konzepte, die sich bspw. unter Wasser bzw. auf Windkraftanlagen befinden. Hier schließt sich auch der Kreis zu den bisherigen Forschungsvorhaben und Materialtests auf Helgoland. Denn gerade bei der Erprobung von Systemen unter Wasser und über einen längeren Zeitraum sind die Einflüsse von Korrosion, Fouling bzw. biologischem Bewuchs und Sedimentierung von Bedeutung.

Die Testmöglichkeiten sollen perspektivisch so konstituiert werden, dass Vergleichstests und Zertifizierungen durchgeführt werden können. Hierfür soll das Testfeld mit umfangreicher Sensorik

über und unter Wasser ausgestattet werden, sodass ein Echtzeit-Monitoring von System-, Testumfeld und Umweltdaten gewährleistet ist. Auf diese Weise lassen sich Daten und Ergebnisse sowie Einflussfaktoren dezidiert darstellen und analysieren.

Abbildung 5: Übersicht der geplanten Testmöglichkeiten des DTMT



Quelle: <https://www.maritimes-testzentrum.de>

See- und landseitige Infrastruktur

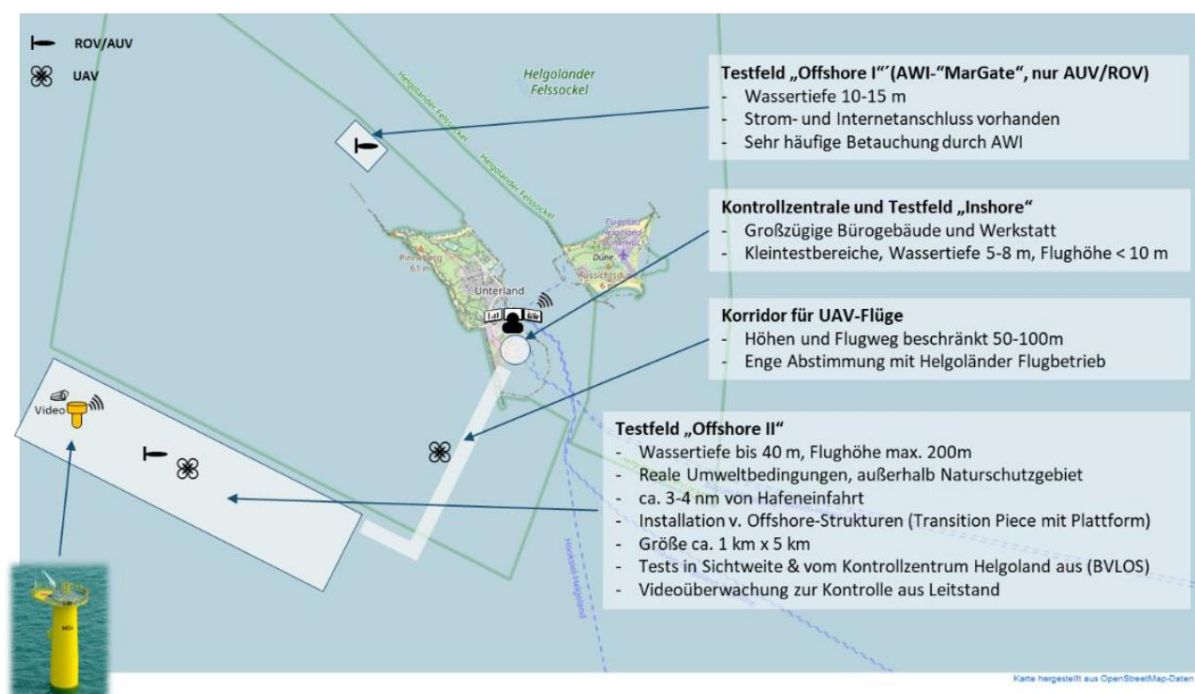
Das Alfred Wegener Institut, mit dem eine enge Partnerschaft geplant ist, unterhält auf Helgoland bereits seit vielen Jahren das Testfeld „MarGate“, das u. a. vom Center for Scientific Diving des awi genutzt wird. Dieses kleine Testfeld soll mit einem weiteren größeren Feld die seeseitige Infrastruktur des Testzentrums bilden. Beide sind mit einem Strom- und Internetanschluss ausgestattet. Das kleinere Offshore-Testfeld weist eine Wassertiefe von etwa zehn bis 15 Meter auf. Es eignet sich für erste Tests von AUVs und ROVs. Von zentraler Bedeutung ist das zweite, größere Offshore-Testfeld, das sich etwa fünf Kilometer vom Hafen auf Helgoland entfernt und außerhalb des Naturschutzgebiets befindet. Es hat eine Fläche von ca. fünf Quadratkilometern. Die Wassertiefe beträgt bis zu 45 Meter. Die maximale Flughöhe für Drohnensysteme liegt bei 200 Meter.

Ein erster wichtiger Meilenstein wurde im April 2020 durch die Austonnung erreicht. Perspektivisch ist eine vollständige Vernetzung des Testgebiets zur durchgängigen Erfassung von Mess-, Testinformations- und Umweltdaten in Echtzeit sowie die Installation von Unterwasserinfrastrukturen und einer Windkraftinfrastruktur vorgesehen. Vorgesehen ist eine flexible Ausstattung des Offshore-Testfelds mit temporären und fest installierten Infrastrukturen. Die Details sollen nun im Einklang mit den ermittelten und geäußerten Industriebedarfen ausgestaltet werden. Zwischen der Insel Helgoland und dem großen Offshore-Testfeld (Offshore II) soll ein Korridor zur Erprobung von autonomen Flugsystemen eingerichtet werden, der Tests unter realistischen Anwendungsumgebungen in der Nordsee erlaubt. Damit soll ein zusätzlicher Mehrwert der Testinfrastrukturen

auf Helgoland geschaffen werden. Der Flugweg und die Flughöhe bewegen sich zwischen 50 und 100 Meter.

Landseitig sind sowohl Infrastrukturen auf Helgoland als auch in Cuxhaven vorgesehen. Der Standort Helgoland dient der operativen Durchführung der Tests. Dafür stehen Bürogebäude, Werkstatträume und Kleintestbereiche mit einer Wassertiefe von fünf bis acht Metern sowie einer maximalen Flughöhe von zehn Metern zur Verfügung bzw. sollen eingerichtet werden. Der Standort Cuxhaven soll der Vorbereitung und logistischen Unterstützung für die Durchführung der Tests dienen. Dafür sollen (perspektivisch) Büro-, Lager- und Werkstatträume zur Verfügung stehen, um die Tests vorbereiten zu können und die zu erprobenden Systeme anschließend ins Testgebiet zu transportieren. Der logistischen und zollrechtlichen Unterstützung kommt aufgrund des Sonderstatus Helgolands eine besondere Bedeutung zu.

Abbildung 6: Übersicht der geplanten Testfelder des DTMT



Quelle: Fraunhofer IFAM, 2020

Nachfrage und Nutzung

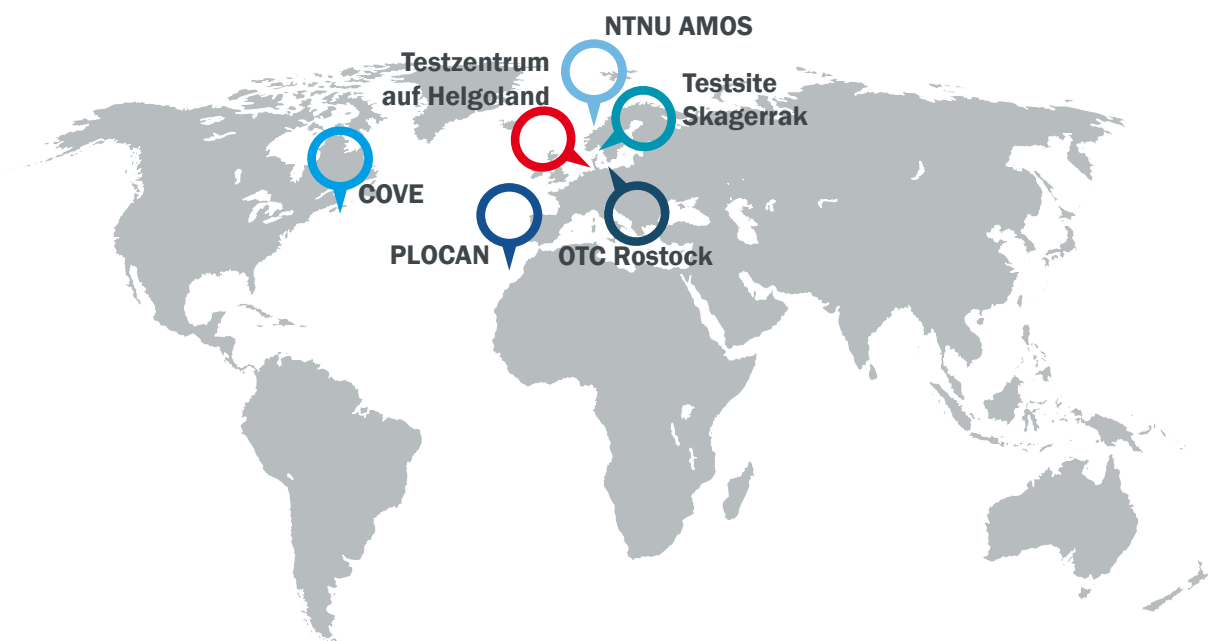
Bereits seit Längerem werden auf der Insel Helgoland Materialtests durchgeführt, um Materialien unter realistischen, anwendungsnahen Bedingungen in der Nordsee zu testen. Darüberhinausgehende Erprobungsmöglichkeiten befinden sich, wie oben beschrieben, derzeit im Aufbau. Der operative Betrieb soll etwa im Jahre 2022 starten und kontinuierlich ausgebaut werden. So soll das Serviceportfolio zu Beginn etwa erste Tests sowohl Unterwasser- als auch Überwasser umfassen. Zu den grundlegenden Dienstleistungen soll auch die Beratung durch Expertinnen und Experten vor Ort sowie das Echtzeittracking von Fahrzeug- und Umweltdaten gehören. Die Installation von flexibler Testinfrastruktur und der Entwicklung einer Testmethode zur Vergleichbarkeit und Zertifizierung im Sinne von „Helgoland approved“ soll bis ca. 2025 folgen. Zur

perspektivischen Nutzung der geplanten Testinfrastrukturen liegen nach Angaben von Fraunhofer IFAM derzeit von etwa 20 bis 30 Unternehmen und Forschungseinrichtungen sogenannten Letter of Intent (LoI), also Interessenbekundungen, vor. Aufgrund der realistischen Umgebungsfaktoren eignen sich die geplanten Testmöglichkeiten insbesondere für Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die Systeme mit einem höheren Technologiereifegrad testen wollen.

6 Überblick über die internationale Testlandschaft

Der Markt für Meerestechnologien ist aufgrund seines Querschnittscharakters und des Wachstumspotenzials sehr dynamisch. Um neu entwickelte Technologien der Meerestechnik bis zur Marktreife führen zu können und die Einsatzfelder zu eruieren, erfordert es auch entsprechende Testmöglichkeiten. Das spiegelt sich auch zunehmend in der Testlandschaft wider. Wie in Deutschland wurden in den letzten Jahren auch international Testzentren aufgebaut, die sich in unterschiedlich Entwicklungsstadien befinden und verschiedene Schwerpunkte setzen. Dabei werden auch bereits langjährig bestehende Testfelder kontinuierlich weiterentwickelt und ergänzt.

Abbildung 7: Übersicht der betrachteten Testzentren



Quelle: Prognos AG, 2020

Um eine Einordnung der in Deutschland im Aufbau befindlichen Testzentren in der Ost- und Nordsee zu ermöglichen, wurden vier internationale Testzentren näher betrachtet, die sich u. a. auf die Erprobung autonomer, robotischer Systeme spezialisiert haben. Die obige Abbildung gibt eine Übersicht der betrachteten deutschen und internationalen Testzentren. Die internationalen Testzentren die im Folgenden vorgestellt werden sind:

- PLOCAN, Spanien (Kanarische Inseln)
- Testsite Skagerrak, Schweden
- COVE, Kanada
- NTNU AMOS, Norwegen

6.1 PLOCAN

Nach einer Planungszeit von etwa sechs Jahren, wurde PLOCAN 2016 in Betrieb genommen. PLOCAN ist vollständig öffentlich finanziert und betreibt sowohl Projekte von privaten als auch öffentlichen Akteuren. Als öffentliche Einrichtung verfolgt PLOCAN einen starken Forschungsauftrag, befolgt offizielle Standards und ist in seiner Arbeit von supra-/internationalen Initiativen und Grundsätzen geleitet. PLOCANs Ziel ist es, die Entwicklung von Meerestechnologien und deren Kommerzialisierung voranzutreiben. Dafür sollen Industrie und Forschung sowie politische Entscheidungsträger vernetzt und Synergien zwischen verschiedenen Akteuren/Projekten gebildet werden.

Natürliche Bedingungen

Aufgrund milder und relativ stabiler Wetterbedingungen kann PLOCAN ganzjährig genutzt werden. Während Gezeiten berücksichtigt werden müssen, weist PLOCAN eine relativ geringe Strömungsgeschwindigkeit auf ($< 0,5$ m/s). Der Salzgehalt beträgt 3,5 Prozent.

Inhaltliche Schwerpunkte und adressierte Teilmärkte

PLOCAN ermöglicht die Erprobung von Technologien und Lösungen für unterschiedlichste **Teilmärkte**, die von erneuerbaren Energien, wie Offshore-Windenergie und Meeresenergien, über Umweltforschung und Küstenschutz hin zur maritimen Mess- und Umwelttechnik und Unterwassertechnik reichen. Hierzu zählen u. a. Autonomie, Sensorik, Materialtests sowie Kostenreduktion. Aus den unterschiedlichen Teilmärkten und Anwendungsbereichen ergeben sich unterschiedliche Technologie- und Materialtestmöglichkeiten. Diese umfassen u. a. Testungen von unbemannten stationären Systemen (bspw. Kabelnetzwerke) und unbemannten Fahrzeugen (bspw. UUVs, USVs) sowie autonomen Systemen (bspw. AUVs, AAVs). Darüber hinaus können ROV-, Unter-/Überwassergleiter- und Sensoriktests sowie Tests von Technologien zur Energiegewinnung (bspw. schwimmende und schwerkraftbasierte Windkraftanlagen) durchgeführt werden.

See- und Landseitige Infrastruktur

Hinsichtlich der **seeseitigen Infrastruktur** zeichnet sich PLOCAN insbesondere durch ein großes Offshore-Testfeld von 23 Quadratkilometern, eine große Wassertiefe von bis zu 600 Metern und einen unmittelbaren Zugang zum Seegebiet aus. Dabei beträgt auch die Entfernung vom Hafen zur Offshore-Plattform lediglich 200 Meter. Die Offshore-Plattform weist eine umfassende Ausstattung auf: Die VIMAS Basis umfasst ein Lager für autonome Unter- und Überwasserfahrzeuge, Arbeitsplatzmöglichkeiten, technische und logistische Vor-Ort-Unterstützung, verschiedene

Labore, Boote, und einen Kontrollraum sowie Werkstattbereich. Darüber hinaus bietet sie Übernachtungsmöglichkeiten für bis zu 15 Personen und einen Landeplatz für Helikopter. Das Testfeld verfügt ferner über ein Marine Smart Grid. In Hafennähe können darüber hinaus Tests in geringen Wassertiefen (um die acht Meter) durchgeführt werden. Die Plattform selbst wird ergänzt durch eine 0,4 Quadratkilometer große **landseitige Infrastruktur**. Dort gibt es weitere Werkstätten und Labore, wie ein (Salzwasser-)Becken. Darüber hinaus sind landseitig Lehr- und Besprechungsräume, ein Kongresszentrum, Lagerräume, ein Kontrollraum, und ein Rechen- und Datenzentrum vorhanden. Die landseitige Infrastruktur verfügt ferner über eine gute Anbindung.

Nachfrage und Nutzung

Das Kundensegment besteht zu etwa gleichen Teilen aus öffentlichen und aus privaten Einrichtungen und Akteuren. Überwiegend handelt es sich dabei um Kunden aus Europa, es gibt jedoch auch internationale Buchungen. Zu testen sind primär Technologien mit TRL vier bis neun. Neben Testmöglichkeiten, bietet PLOCAN auch verschiedene Trainingsangebote an, wie bspw. ein jährlich stattfindendes Unterwassergleiter-Training. Um Ansprüchen gerecht zu werden, entwickelt sich PLOCAN kontinuierlich weiter. Ein Beispiel ist das Vorhaben PLOCANs, das eigene Testfeld in den kommenden Jahren zu erweitern, um weiterführende Tests zu ermöglichen. PLOCAN sieht verschiedene Trends für die Zukunft, dazu gehören u. a. erneuerbare Meeresenergien, wie Wind, die effiziente Nutzung und Transformation von Energien, künstliche Intelligenz sowie die Meeresrobotik, insbesondere im Bereich Autonomie und Schwarmnavigation für den Einsatz bei Korrosion, Beobachtung, Überwachung, Verteidigung und Sicherheit.

Finanzierung und Rahmenbedingungen

PLOCAN wird überwiegend durch öffentliche Mittel finanziert, die vor allem von der spanischen und kanarischen Regierung sowie der Europäischen Union bereitgestellt werden.¹⁷ Durch seine Verpflichtung gegenüber öffentlichen Geldgebern bekennt sich PLOCAN zu internationalen Initiativen, wie dem EU Green Deal oder den Social Development Goals (SDG), und unterliegt somit (inter-)nationalen Anforderungen und Standards. Interessierte Nutzende müssen sich (gemeinsam mit PLOCAN) auf offene Ausschreibungen bzw. Forschungsprojekte bewerben, um sich zu qualifizieren oder alternativ in der Lage sein, Projekte selbst finanzieren zu können. Auch bei Letzterem versucht PLOCAN als unterstützender Dienstleister zu agieren. Aufgrund seiner Lage befindet sich PLOCAN in einem Niedrigsteuergbiet.

6.2 Skagerrak

Das Testfeld Skagerrak ist eingebettet in das übergeordnete Kristineberg Center und befindet sich zum Teil noch im Aufbau. Es versteht sich als Forschungs- und Innovationszentrum mit Testkapazitäten. Als Teil des Kristineberg Centers und auch aufgrund seiner zahlreichen Partnerschaften, verfügt Skagerrak über Zugriff auf eine Vielzahl von Testbereichen. Dies ermöglicht Skagerrak (als Serviceanbieter) flexibel und kundenorientiert zu arbeiten. Die Vielseitigkeit der Kunden stellt darüber hinaus umfassendes Know-how dar und bietet gute Möglichkeiten zur Zusammenarbeit, was sich förderlich auf die Entwicklung von innovativen Lösungen auswirkt.

¹⁷ Quelle: <https://www.plocan.eu/en/description/> zuletzt abgerufen am 23.10.2020

Natürliche Bedingungen

Die Wetterbedingungen um Skagerrak werden als mild und relativ konstant beschrieben. Die Strömung wird allgemein als gering eingestuft. Da die Testsite Skagerrak aber über mehrere, an unterschiedlichen Orten angesiedelte Testfelder verfügt, lassen sich zur Strömungsgeschwindigkeit und zum Salzgehalt keine allgemeingültigen Aussagen treffen.

Inhaltliche Schwerpunkte und adressierte Teilmärkte

Skagerrak ermöglicht primär Tests für die **Teilmärkte** Offshore-Wind, Unterwassertechnik sowie Marikultur. Skagerrak blickt zurück auf eine lange Geschichte von Testungen in den Bereichen Materialtests (insb. Korrosion und Holz), Anti-Bewuchs/-Befall und Sonartechnik (insb. Geräuschmonitoring), wodurch es in diesen Feldern bereits einen breiten Wissens- und Erfahrungsschatz aufbauen konnte. Zu den weiteren Anwendungsbereichen gehören Autonomie, Lebensmitteltests (z. B. Fisch und Austern), Qualitätssimulierungen, Meereslebewesen sowie Biotechnologie. Mit dem historischen Fokus liegend auf Materialtests, Anti-Bewuchs/-Befall und Sonartechnik, können Tests für entsprechende **Technologien und Materialien** in den unterschiedlichen Testfeldern von Skagerrak durchgeführt werden. Auch Tests im Bereich von Biomasse/Bioenergie sind möglich. Darüber hinaus können in den Testfeldern von Skagerrak AUVs, ROVs, unbemannte stationäre Systeme wie Kabelnetzwerke und perspektivisch autonome Boote getestet werden.

See- und Landseitige Infrastruktur

Wie bereits erwähnt, besteht Skagerraks **seeseitige Infrastruktur** aus verschiedenen geografisch gelegenen Testfeldern. Dadurch lassen sich in dem Fall von Skagerrak sowohl die Größe des Offshore-Testfeldes als auch die maximale Wassertiefe nicht abschließend beziffern. Unter anderem wird jedoch ein langer und geschützter Küstenabschnitt des Gullmarsfjordens als Testfeld genutzt. Dieser Testbereich weist eine maximale Tiefe von 120 Meter auf und eignet sich insbesondere zum Testen von Booten und autonomen Systemen. Darüber hinaus wird eine Fläche der Uppsala Universität mitgenutzt, bei der es sich um ein kleineres Testfeld mit einer Wassertiefe von bis zu 30 Meter handelt. Hier werden insbesondere Tests von Equipment und Meerestechnik durchgeführt. Um seeseitige Tests zu unterstützen, verfügt Skagerrak über Transportboote, ROVs und Forschungsschiffe. **Die landseitige Infrastruktur** ist unmittelbar an der Küste gelegen, umfänglich und gut angebunden. Sie umfasst ungefähr 25 Labore, von denen etwa 15 thermische Konstanträume sind. Die Labore bieten Testmöglichkeiten für Salzwassertests und Tests von Nahrungsmitteln wie Fisch und Austern sowie für Tests in flachen oder tiefen Gewässern. Darüber hinaus gibt es Werkstätten und eine Messstation. Skagerrak bietet als Service Unterstützung bei dem Monitoring an und verfügt über technische Vor-Ort-Expertise. Darüber hinaus sind Unterkunftsmöglichkeiten für mehr als 70 Personen vorhanden.

Nachfrage und Nutzung

Allgemein lässt sich sagen, dass Testkapazitäten überwiegend von regionalen Partnern und Kunden nachgefragt werden. Dabei lässt sich das Kundensegment in drei Kategorien unterteilen: (1) Behörden, (2) Forschungseinrichtungen bzw. Forscher und Forscherinnen und (3) Firmen, insbesondere Komponentenhersteller. Letzteres hängt u. a. damit zusammen, dass sich Skagerrak aufgrund der landseitigen Infrastruktur und der ruhigen Wetterbedingungen ideal zum Testen von Technologien mit noch geringerem Technologiereifegrad und einzelner Komponenten eignet. Darüber hinaus bietet das milde Wetter den Vorteil, dass die reine Leistungsfähigkeit von Technologien, d. h. die Funktionalität ohne jegliche Einwirkung exogener Faktoren, getestet werden kann. Die Nutzungsspanne variiert je nach Testvorhaben – wenn es um Beobachtungen geht häufig

Langzeittests durchgeführt werden (Bsp.: Materialforschung und Sonartechnik), gibt es auch die Möglichkeit Kurzzeittestungen vorzunehmen (bspw. bei autonomer Meerestechnik wie Drohnen). Skagerrak nimmt allgemein ein gesteigertes Interesse an Tests innovativer Meerestechnologien unter Offshore-Bedingungen wahr. Wachsende Nachfrage seitens der Kunden sieht Skagerrak insbesondere in folgenden Bereichen: Unterwasser, Drohnen, Überwachung, Materialentwicklung (Farbe und Holz), Geräuschmonitoring, Meereslebewesen und -auswirkungen sowie Methodenentwicklung.

Finanzierung und Rahmenbedingungen

Der Aufbau des Testzentrums Skagerrak wurde von der schwedischen Innovationsagentur finanziell unterstützt.¹⁸ Während die Grundfinanzierung sich laut Skagerrak etwas schwieriger gestaltet, ist das Testzentrum im Bereich Projekteinnahmen gut aufgestellt. Rund 50 Prozent der Projekte werden durch öffentliche Mittel oder Ausschreibungen finanziert. Bezüglich der Preise lässt sich keine feste Aussage machen, da die Preise je nach Testvorhaben stark variieren können. Allgemein schätzt Skagerrak die Rahmenbedingungen als gut ein, nicht zuletzt aufgrund guter Beziehungen zu den Behörden und der Regionalverwaltung. Der Aufwand um den Erhalt von Genehmigungen für Testdurchläufe kann je nach Testvorhaben unterschiedlich ausfallen. Als größtes Problem wird hier gesehen, dass für manche neuen Technologien noch keine (erneuerten) Regulierungen bestehen, wodurch bei der Beantragung von Genehmigungen für Testversuche entsprechender Technologien Schwierigkeiten entstehen können.

6.3 COVE

COVE wurde 2018 etabliert und ist in einen Gewerbepark mit einer Vielzahl von Unternehmen (ca. 70) integriert. Die starke und vielseitige Branchenpräsenz bietet zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten für die zu testenden Technologien. Als eine Non-Profit-Organisation verfolgt COVE das Leitbild neue Technologien zu fördern. Auch vor diesem Hintergrund pflegt COVE enge Beziehungen zu wissenschaftlichen Einrichtungen und ist Start-up inspiriert, gefördert und geführt.¹⁹ In sich selbst sieht COVE vor allem einen starken Vermittler zwischen Angebot und Nachfrage. Hierbei kann es auf ein gut ausgebautes Netzwerk zurückgreifen, das es kontinuierlich anstrebt zu erweitern.

Natürliche Bedingungen

Das Wetter in der Umgebung vom COVE kann als rau, mit Wind bis hin zu Böen, teilweise neblig und wechselhaft beschrieben werden.²⁰ Trotz des rauen Wetters ist die Strömungsgeschwindigkeit relativ gering. Der Salzgehalt des Wassers liegt zwischen 1,9 Prozent und 3 Prozent.

Inhaltliche Schwerpunkte und adressierte Teilmärkte

Das COVE bietet Testmöglichkeiten für Lösungen und Technologien aus einer Vielzahl von **Teilmärkten**, darunter u. a. Offshore-Windenergie, Offshore-Öl/Gas und Meeresenergien. Neben energiebezogenen Teilmärkten spricht das COVE auch Akteure, die im Bereich Ozeantechnologien (bspw. Robotik, akustische Kommunikation), Marikultur (Fischerei), Verteidigung (Marine) sowie

¹⁸ Quellen: <https://www.vinnova.se/en/p/testsite-skagerrak/> zuletzt abgerufen am 27.10.2020 sowie <https://offshorevast.com/planning-test-site-skagerrak-starts-week/> zuletzt abgerufen am 27.10.2020

¹⁹ Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=GeFnwm54zLo> zuletzt abgerufen am 14.08.2020

²⁰ Quellen: http://publications.gc.ca/collections/collection_2017/ecccc/En56-259-2016-1-eng.pdf zuletzt abgerufen am 14.08.2020 sowie <https://www.livingin-canada.com/climate-halifax.html> zuletzt abgerufen am 14.08.2020

Maritime Verkehrsleit- und Sicherheitstechnik tätig sind, an. Die **Anwendungsbereiche** umfassen Sensorik, v. a. Sonartechnik, Kommunikationssysteme, Autonomie und Materialtests wie bspw. Korrosionstechnologien. Zu den **Technologien und Materialien**, die schwerpunktmäßig beim COVE getestet werden gehören Marinetechnologien, Verkehrstechnik, neue Materialien, Sensorik (v. a. Sonartechnik) und Kommunikationssysteme. Auch können Unter- und Überwassertests von Systemen wie bspw. AUVs, ROVs und USVs vorgenommen werden. Darüber hinaus werden häufig Akzeptanztests durchgeführt.

See- und Landseitige Infrastruktur

Die **seeseitige Infrastruktur** umfasst ein circa 0,05 km² großes Testfeld, das aus unmöblierten Testarealen besteht und eine maximale Wassertiefe von 15 Meter aufweist. Die relativ kleine Größe des Offshore-Testfeldes ist u. a. durch die unmittelbare Nähe zum Hafen von Halifax bedingt. Aufgrund der Hafennähe ist die Umgebung vom COVE industriell geprägt, sehr belebt und verfügt über eine unterstützende (Hafen-)Infrastruktur. **Landseitig** umfasst das Gebiet eine Fläche von 0,03 km², wo Werkstätten, mechanische und elektronische Fertigungsräume sowie Büro-, Veranstaltungs- und Lagerräume vorzufinden sind.

Nachfrage und Nutzung

Beim COVE werden Testkapazitäten insbesondere von Anbietern aus den Bereichen Robotik, Überwachung/Monitoring, Mobilisierung nachgefragt. Oftmals geht es bei den Vorhaben darum die Technikeinsatzbereitschaft zu testen. Dies deutet bereits daraufhin, dass beim COVE tendenziell eher Technologien mit einem höheren technologischen Reifegrad – überwiegend mit TRL 9 – getestet werden. Bei COVE konzentriert sich die Nachfrage auf kanadische und US-amerikanische Nutzer und Nutzerinnen. Das COVE nimmt eine allgemein steigende Nachfrage wahr, die es u. a. auf die wachsende Geschwindigkeit neuer Technologiezyklen und den Bedeutungszuwachs umweltfreundlicher und autonomer Technologien zurückführt. Zu den wichtigsten Zukunftsfeldern gehören laut COVE Offshore-Wind, Aquakultur und Schiffsbau (gesamte Lieferkette).

Finanzierung und Rahmenbedingungen

Das COVE erhält starke finanzielle und ideelle Unterstützung durch die Bundes- und Provinzregierung. Darüber hinaus generiert das COVE Einnahmen durch Pachtgebühren. Die Preise können je nach Vorhaben stark variieren. Vor dem Hintergrund, dass es sich beim COVE um eine Non-Profit-Organisation, die Innovationsförderung zum Ziel hat, wird versucht Preise für die Durchführung von Tests innovativer Technologien niedrig zu halten. Für manche Tests, bei denen sich kanadische Unternehmen oder Unternehmen aus anderen Ländern mit kanadischen Unternehmen zwecks der Entwicklung innovativer Technologien zusammenschließen fallen bspw. nur geringe bis gar keine Kosten an. Der Aufwand für die Beantragung von Genehmigungen, die teilweise für die Durchführung von Tests benötigt werden, variiert je nach Testvorhaben. Besondere Anforderungen bestehen hier aufgrund der Hafennähe, die ggf. besondere Abstimmungen mit der Hafenbehörde oder Genehmigungen notwendig macht.

6.4 NTNU AMOS

NTNU AMOS ist ein zentraler Wissens-, Kompetenz- und Technologieanbieter in Norwegen und ist angegliedert an die NTNU Universität, Trondheim. Als interdisziplinäres Forschungs-, Bildungs- und Innovationszentrum, ist NTNU AMOS stark bemüht um einen ununterbrochenen Austausch zwischen Wissenschaft und Forschung. Dies zeigt sich an der engen Zusammenarbeit mit der

Industrie und der Entwicklung eigener Spinn-off Unternehmen. Nach dem Motto „The Science We Need for the Ocean We Want“²¹, angelehnt an die UN-Dekade Meeresforschung für nachhaltige Entwicklung, verfolgt NTNU AMOS das Ziel das führende Forschungsinstitut für autonome Meeresoperationen und -systeme zu werden.²²

Natürliche Bedingungen

Wie Skagerrak, verfügt auch das NTNU AMOS über mehrere Testbereiche. Die Wetterbedingungen können allgemein im Sommer als eher mild und im Winter als eher kühl und wechselhaft beschrieben werden. Aufgrund der unterschiedlichen Testumgebungen lässt sich keine abschließende Aussage zum Salzgehalt und Strömungsgeschwindigkeit festmachen.

Inhaltliche Schwerpunkte und adressierte Teilmärkte

Beim NTNU AMOS wird u. a. viel zu energiebezogenen **Teilmärkten** geforscht, darunter Offshore-Windenergie, Offshore-Öl/Gas und Meeresenergien. Darüber hinaus sucht man auch nach innovativen Lösungen in den Bereichen Unterwasser- (bspw. Meeresrobotik) und maritime Mess- und Umwelttechnik. Auch im Bereich Marikultur wird beim NTNU AMOS geforscht. Forschungsergebnisse finden u. a. in den **Anwendungsbereichen** Autonomie und Robotik Verwendung. Hinsichtlich der **Technologien und Materialien**, die beim NTNU AMOS getestet werden können, lässt sich sagen, dass Testmöglichkeiten für Aufladestationen und autonome bzw. ferngesteuerte (Unterwasser-)Fahrzeuge bestehen. Vorhanden oder perspektivisch geplant sind bspw. Testmöglichkeiten für UAVs, USVs, ROVs, AUVs und ASVs (Autonomous Surface Vehicles).²³

See- und Landseitige Infrastruktur

Aufgrund der unterschiedlichen Testfelder wird von einer abschließenden Beschreibung der see- und landseitigen Infrastruktur abgesehen. Das NTNU AMOS verfügt jedoch über zahlreiche eigene Labore bzw. kann diese von Partnern mitbenutzen.²⁴ Durch die Angliederung an die NTNU Universität verfügt NTNU AMOS über enge Kontakte zur Wissenschaft und zur fachlichen Expertise.

Nachfrage und Nutzung

Da die Informationen zum NTNU AMOS allein auf Deskresearch basieren, ist es schwierig zur Nachfrage und Nutzung konkrete Angaben zu machen. In dem jährlichen Bericht von 2019 des NTNU AMOS wird aber darauf verwiesen, dass Innovationen für vier verschiedene Akteure entwickelt werden. Der größte Anteil mit 90 Prozent entfällt auf Partner aus der Industrie. Zu jeweils

²¹ Quellen: NTNU AMOS Annual Report 2019 zuletzt abgerufen unter https://www.ntnu.edu/documents/20587845/621664524/NTNU_AMOS_AnnualReport2019_Scr%281%29.pdf/a4aebd2e-90d2-ca51-af26-40d29714443c?t=1585816772940 am 14.08.2020 sowie <https://www.ntnu.edu/amos/about-amos> zuletzt abgerufen am 14.08.2020

²² ebd.

²³ Quellen: NTNU AMOS Annual Report 2019 zuletzt abgerufen unter https://www.ntnu.edu/documents/20587845/621664524/NTNU_AMOS_AnnualReport2019_Scr%281%29.pdf/a4aebd2e-90d2-ca51-af26-40d29714443c?t=1585816772940 am 14.08.2020, <https://www.ntnu.edu/amos/about-amos> zuletzt abgerufen am 14.08.2020, <https://www.ntnu.edu/amt> zuletzt abgerufen am 14.08.2020 sowie <https://www.ntnu.edu/aur-lab> zuletzt abgerufen am 14.08.2020

²⁴ Quellen: NTNU AMOS Annual Report 2019 zuletzt abgerufen unter https://www.ntnu.edu/documents/20587845/621664524/NTNU_AMOS_AnnualReport2019_Scr%281%29.pdf/a4aebd2e-90d2-ca51-af26-40d29714443c?t=1585816772940 am 14.08.2020, <https://www.ntnu.edu/amt/labs> zuletzt abgerufen am 14.08.2020 sowie <https://www.ntnu.edu/amos/laboratories> zuletzt abgerufen am 14.08.2020

vier Prozent werden Innovationen für Regierungsbehörden und neue Branchen entwickelt. Lediglich zwei Prozent entfallen auf Universitäten und Forschungsinstitute.²⁵

Finanzierung und Rahmenbedingungen

NTNU AMOS ist ein preisgekröntes Institut. Für bestimmte Projekte erhält es Fördermittel durch die Norwegian Research Council. Zusammen mit anderen Fachbereichen der NTNU, internationalen Forschungspartnern und Unternehmen hält das NTNU AMOS den Centre of Excellence Status. Das NTNU AMOS wird auch von Unternehmen und anderen Forschungseinrichtungen unterstützt. Hinsichtlich der Rahmenbedingungen wird eine Schwierigkeit in dem Rückstand bei Regulierungen für neue Technologien gesehen.²⁶

6.5 Vergleich der internationalen Testzentren für Meerestechnik

Die näher betrachteten und oben beschriebenen internationalen Testzentren bieten vielfältige Möglichkeiten zur Erprobung von (teil-)autonomen, maritimen robotischen Systemen, in Abhängigkeit von deren Technologiereifegrad und den natürlichen Gegebenheiten. Vor dem Hintergrund der Schwerpunktsetzung auf diese Technologien haben die Offshore-Testfelder eine herausgehobene Bedeutung für eine Gegenüberstellung. Die Umweltbedingungen und geografischen Merkmale der Offshore-Testfelder bilden zentrale Unterscheidungsmerkmale, die von außen nicht oder kaum beeinflussbar sind. Während der Salzgehalt und die Strömungsgeschwindigkeiten ähnlich sind, unterscheiden sich diese einerseits hinsichtlich der Wetterbedingungen (vgl. Tabelle 1).

Zum anderen unterscheiden sich die Offshore-Testfelder hinsichtlich ihrer Größe, ihrer Tiefe und ihrer Entfernung zum nächsten Hafen (vgl. Tabelle 2). Hier lassen sich deutliche Differenzen erkennen. In Schweden und Norwegen stehen je nach Testzweck und -ziel verschiedene Teilfelder zur Verfügung, sodass eine Angabe der Größe und der Entfernung nicht seriös möglich ist. Die Testfelder in Kanada und auf den Kanarischen Inseln sind demgegenüber abgegrenzter.

Die **natürlichen Rahmenbedingungen** prägen – ergänzend zu bereits länger bestehenden Forschungsbereichen – ganz wesentlich die Ausrichtung, Schwerpunktsetzungen und die Testmöglichkeiten in den Testzentren. Die eher ruhigen Wetterbedingungen am Skagerrak eignen sich beispielsweise vor allem zum Testen von Technologien mit einem Technologiereifegrad (TRL) von ein bis vier oder auch für die Erprobung einzelner Komponenten. Mildes Wetter hat zudem den Vorteil, die Leistungsfähigkeit von Technologien ohne (starke) Einwirkung exogener Faktoren untersuchen zu können. Die vorherrschenden Wetterbedingungen beim COVE können als windig bis hin zu böenartig, teilweise neblig und stark wechselhaft beschrieben werden, weshalb dort überwiegend Technologien im TRL-Stadium acht und neun getestet werden.

²⁵ Quelle: NTNU AMOS Annual Report 2019 S. 73 zuletzt abgerufen unter https://www.ntnu.edu/documents/20587845/621664524/NTNU_AMOS_AnnualReport2019_Scr%281%29.pdf/a4aebd2e-90d2-ca51-af26-40d29714443c?t=1585816772940 am 14.08.2020

²⁶ Quellen: NTNU AMOS Annual Report 2019 zuletzt abgerufen unter https://www.ntnu.edu/documents/20587845/621664524/NTNU_AMOS_AnnualReport2019_Scr%281%29.pdf/a4aebd2e-90d2-ca51-af26-40d29714443c?t=1585816772940 am 14.08.2020 sowie <https://www.ntnu.edu/amos/about-amos> zuletzt abgerufen am 14.08.2020

Tabelle 1: Überblick der natürlichen Gegebenheiten der Testzentren

Testzentrum	Wetter/Klima	Salzgehalt	Strömungs- geschwindigkeit
COVE	■ windig bis hin zu böenartig, rau, teilweise neblig, wechselhaft²⁷ ■ Durchschnittstemperaturen zwischen -5 °C und 18 °C²⁸ ■ Durchschnittliche Windgeschwindigkeit zwischen Oktober und April ca. 15,5Km/h; zwischen April und Oktober ca. 12 Km/h²⁹	1,9 % - 3 %	eher gering
PLOCAN	■ ganzjährig stabil, keine extremen Schwankungen ■ Durchschnittstemperaturen zwischen 15 °C und 26 °C ■ Durchschnittliche Windgeschwindigkeit zwischen Juni und September ca. 25 Km/h; zwischen September und April ca. 19 Km/h³⁰	ca. 3,5 %	eher gering
Skagerrak	■ mild, keine extremen Schwankungen ■ Durchschnittstemperaturen zwischen -3 °C und 21 °C ■ Durchschnittliche Windgeschwindigkeiten zwischen 12 und 14 Km/h³¹	ca. 3,5 %	eher gering
NTNU AMOS	■ milde Bedingungen im Sommer, eher kühl, rau und wechselhaft im Winter ■ Durchschnittstemperaturen zwischen -4 °C und 18 °C ■ Durchschnittliche Windgeschwindigkeit im Sommer ca. 6,7 Km/h; im Winter zwischen 10 und 14 km/h³²	ca. 3,5 %	abhängig von der Jahreszeit

Prognos AG (2020)

²⁷ Quellen: http://publications.gc.ca/collections/collection_2017/ecccc/En56-259-2016-1-eng.pdf zuletzt abgerufen am 14.08.2020 sowie <https://www.livingin-canada.com/climate-halifax.html> zuletzt abgerufen am 14.08.2020

²⁸ <https://en.climate-data.org/north-america/canada/nova-scotia/halifax-129/> zuletzt aufgerufen am 3.12.2020.

²⁹ Vgl. <https://de.weatherspark.com/y/28434/Durchschnittswetter-in-Halifax-Kanada-das-ganze-Jahr-%C3%BCber> zuletzt aufgerufen am 3.12.2020.

³⁰ <https://de.weatherspark.com/y/31698/Durchschnittswetter-in-Telde-Spanien-das-ganze-Jahr-%C3%BCber> zuletzt aufgerufen am 3.12.2020.

³¹ Vgl. <https://de.weatherspark.com/y/71566/Durchschnittswetter-in-G%C3%B6teborg-Schweden-das-ganze-Jahr-%C3%BCber> zuletzt aufgerufen am 3.12.2020.

³² Vgl. <https://de.weatherspark.com/y/68746/Durchschnittswetter-in-Trondheim-Norwegen-das-ganze-Jahr-%C3%BCber> zuletzt aufgerufen am 3.12.2020.

Tabelle 2: Übersicht zu Größe, Tiefe und Entfernung der Offshore-Testfelder

Testzentrum	Größe der Offshore-Testfelder in km ²	Maximale Wassertiefe der Offshore-Testfelder in Meter	Entfernung der Offshore-Testfelder zum Hafen in km
COVE	0,05	16	0
PLOCAN	23	600	0,2
Skagerrak	k.a.	120	k.a.
NTNU AMOS	k.a.	365	k.a.

Prognos AG (2020)

Die Testzentren zur Erprobung von innovativen Technologien der Meerestechnik und insbesondere (teil-)autonomer maritimer Fahrzeuge sind noch ein recht „junger“ Teil der (internationalen) Testlandschaft und hat sich erst in den letzten zehn Jahren stärker herausgebildet. Dieser Trend geht einher mit dem technologischen Fortschritt und der wachsenden Nachfrage nach Testkapazitäten. Dabei kann oftmals auf **bestehenden (Forschungs-)Netzwerken bzw. Forschungsaktivitäten und etablierten Infrastrukturen** aufgebaut werden. Die o.g. Testzentren sind beispielsweise eng mit regionalen Universitäten und Forschungseinrichtungen/-programmen und/oder Hafeninfrastrukturen verknüpft. Einen bereits seit Längerem bestehender Schwerpunkt bilden beispielsweise unterschiedliche Materialtests. Im Zuge der Entwicklung neuer, innovativer Technologien werden auch die Testkapazitäten und Serviceleistungen der Testzentren ausgeweitet, sofern die natürlichen Gegebenheiten dies zulassen. Die Möglichkeit Subsea-Residence- und Batterieladesysteme unter Wasser zu testen, wurde in Norwegen erst im vergangenen Jahr etabliert, da in diesem Marktsegment ein zunehmender Entwicklungs- und Forschungstrend zu verzeichnen ist. PLOCAN wiederum plant perspektivisch beispielsweise die Ausweisung eines zusätzlichen Offshore-Testfelds, in dem künftig noch stärker Technologien der Nutzung von Meeresenergien erprobt werden sollen. Somit lässt sich konstatieren, dass sich die Testzentren entsprechend der Forschungs- und Erprobungsbedarfe seitens der Unternehmen und Forschungseinrichtungen evolutionär weiterentwickeln. Dies kann sich auch in Verschiebungen der schwerpunktmäßigen Anwendungsbereiche und einer Veränderung bzw. Erweiterung der adressierten Teilmärkte niederschlagen. Die nachfolgende Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Testmöglichkeiten der im Rahmen dieser Studie schwerpunktmäßig betrachteten Technologien.

Tabelle 3: Überblick über Testmöglichkeiten von Technologien und Materialien

Testzentrum	(Autonome) Unterwasserfahrzeuge	(Autonome) Wasseroberflächenfahrzeuge	(Autonome) Überwasserfahrzeuge (Flugdrohnen)	Möglichkeit von Langzeittests (Subsea Residence)	Materialtests	Technologien der Meeresenergie	Sensorik
COVE	X	X	-	-	X	X	X
PLOCAN	X	X	(X)	-	X	X	X
Skagerrak	X	X	-	(X)*	X	-	X
NTNU AMOS	X	X	X	X	X	-	X

Prognos AG (2020)

Die Offshore-Testfelder stehen vor dem Hintergrund des Ziels der Erprobung innovativer Technologien der Meerestechnik im Fokus der Betrachtung. Diese werden jedoch durch unterschiedliche **landseitige Infrastrukturen und Serviceangebote** der Testzentren ergänzt. Hierzu zählen beispielsweise Büro- und Lagerflächen, Labore, Werkstätten sowie Übernachtungsmöglichkeiten, über die grundsätzlich alle Testzentren verfügen – wenngleich in unterschiedlicher Größe und Anzahl. Zudem bieten die Testzentren Basisdienste wie die Bereitstellung oder Vermittlung von Spezial- und Forschungsschiffen sowie Taucherdienstleistungen. Diese Services werden entweder durch die Testzentren selbst oder die Einbindung in ein entsprechendes regionales Netzwerk/Ökosystem ermöglicht.

Neben der Bereitstellung von Infrastrukturen bieten die Testzentren auch Forschungs- und Monitoring-Dienstleistungen, um Unternehmen und andere Forschungseinrichtungen bei der Durchführung ihrer Tests vor Ort zu unterstützen. Sowohl das Testzentrum Skagerrak als auch NTNU AMOS sind in die **nationalen universitären Forschungsstrukturen** eingebunden. Von dieser Expertise können Unternehmen profitieren. Auch COVE und PLOCAN verfügen über Expertinnen und Experten vor Ort, die bei der Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung unterstützen.

Die betrachteten Testzentren werden vor allem von Unternehmen und Forschungseinrichtungen und teilweise auch von öffentlichen Akteuren und Behörden genutzt. Das Verhältnis und die Nutzung variiert zwischen den Testzentren hinsichtlich

- der Art der Nutzung (z. B. Erprobung von Fahrzeugen oder Materialtests),
- der Nutzungsdauer (z. B. Kurzzeit-/Langzeittests) und
- der Nutzungsintensität (z. B. einmalige oder Serientests, Zusammenarbeit mit Expertinnen und Experten vor Ort).

Eine wesentliche Erkenntnis ist, dass die Nutzenden weit überwiegend aus dem nationalen oder regionalen Umfeld (bspw. Anrainerstaaten) der Testzentren stammen. So nutzen europäische Unternehmen und Einrichtungen in eher geringem Maße die Testmöglichkeiten des COVE in Kanada. Skagerrak und NTNU AMOS werden primär von skandinavischen Unternehmen genutzt. Werden jedoch genau die Umwelt- und Testbedingungen benötigt, die nur ein spezielles Testzentrum bietet, werden in Einzelfällen auch längere Anreisen und aufwendigere Logistikprozesse in Kauf genommen. Sollen Technologien beispielsweise in größerer Tiefe getestet werden, bietet sich vor allem PLOCAN als Testzentrum an.

Diese eher **national und regional geprägte Nutzerstruktur** bildet Wechselwirkungen zu den Schwerpunkten und Weiterentwicklungen der Testzentren. Zusammengefasst bedeutet das, dass die Testzentren sehr auf die Anforderungen ihrer Nutzer reagieren und hierfür die entsprechenden Infrastrukturen und Serviceleistungen bereitzustellen versuchen. Die konkreten Anforderungen der Unternehmen und Einrichtungen und die Schwerpunktsetzung der Testzentren bilden eine hohe Übereinstimmung.

Die Testzentren werden grundsätzlich zu einem signifikanten Anteil **durch öffentliche Gelder finanziert**, die sowohl aus Budgets der Bundes-, als auch der Landes- oder Provinzverwaltungen stammen. PLOCAN wird zudem durch Mittel der Europäischen Union finanziert. Die Mittelzuweisung erfolgt sowohl für die Grundfinanzierung als auch die Projektfinanzierung. Die Kosten für Unternehmen, die die Testzentren nutzen variieren abhängig von Art, Umfang und Dauer der Nutzung. Da es sich meist um innovative Technologien und neue Nutzungsszenarien handelt, können keine pauschalen Kostensätze über die Bereitstellung von Basisinfrastrukturen hinaus aufgerufen werden. Teilweise werden die Kosten der Unternehmen auch durch die öffentliche

Unterstützung von Forschungsprojekten abgedeckt. Festzuhalten ist, dass der Betrieb der Testzentren ohne öffentliche Finanzmittel nicht möglich wäre.

Die Betrachtung der internationalen Testzentren lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- 1.** Die Testzentren werden sehr stark durch ihre natürlichen Gegebenheiten geprägt. Hieraus resultieren wesentliche Nutzungs- und Anwendungsmöglichkeiten, die durch landseitige Infrastrukturen und Dienstleistungen ergänzt werden.
- 2.** Die Testzentren sind stark in nationale Forschungs- oder Universitätsstrukturen eingebunden. Ergänzt durch unterschiedliche Dienstleister vor Ort bieten die Testzentren ein hohes Serviceniveau für potenzielle Nutzer.
- 3.** Die Schwerpunkte der Testzentren hängen mit der Nutzerstruktur zusammen. Die Testzentren reagieren auf die Anforderungen und die Nachfrage der Unternehmen und Einrichtungen. Dadurch werden neue Schwerpunkte geschaffen bzw. verändert.
- 4.** Die Nutzer stammen in den meisten Zentren überwiegend aus dem jeweiligen Land oder Anrainerstaaten. Ein Grund sind die bestehenden nationalen und regionalen Netzwerke und Reise- und Transportkosten für Personal und Equipment.
- 5.** Die Testzentren werden zu einem signifikanten Anteil durch öffentliche Gelder finanziert. Ohne diese wäre der Betrieb nicht möglich.

7 Marktpotenziale und Trends der Meerestechnik

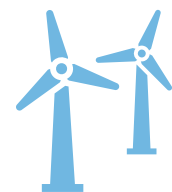
Aufbauend auf den in Kapitel 4.1 definierten Arbeitsfeldern werden im Folgenden einzelnen Arbeitsfelder der Meerestechnik kurz skizziert und deren Status Quo sowie Wachstumserwartungen dargestellt. An die Analyse schließt sich eine Darstellung der wesentlichen zukünftigen Forschungsbedarfe an, welche die Grundlage für ein potenzielles Offshore-Testzentrum bilden.

In einem abschließenden Zwischenfazit werden die vorangegangenen Ergebnisse zusammengetragen und im Abgleich mit den Informationen aus der Online-Befragung sowie den Experteninterviews bewertet. Berücksichtigung finden dabei auch aktuellen die politischen Zielsetzungen.

7.1 Marktpotenziale der einzelnen Arbeitsfelder

Offshore-Windenergie

Die Offshore-Windenergie beschreibt die Nutzung der Windenergie auf dem Meer zur Stromerzeugung. Der Teilmarkt umfasst Unternehmen und Dienstleister aus allen Bereichen der Wertschöpfungskette. Neben den Herstellern von Windkraftanlagen sind dies unter anderem weitere Komponentenhersteller, Planungs- und Projektierungsgesellschaften sowie Bauunternehmen und Service- und Wartungsunternehmen.



Ende 2019 lag das Volumen der installierten Gesamtleistung in Deutschland bei rund 7,4 GW. Die Zahl der installierten Windenergieanlagen betrug Ende Juni 2020 rund 1.500 Stück. Damit ist der deutsche Markt nach Großbritannien (9,7 GW) der zweitgrößte in Europa. Der europäische Markt macht mit einem Gesamtvolumen von rund 22 GW den Großteil der global installierten Leistung aus. Diese betrug Ende 2019 rund 27,2 GW. Die Marktführer bei der Entwicklung von Offshore-Windparks sind das dänische Unternehmen Ørsted und RWE mit einem Marktanteil von 13 bzw. 10 Prozent im Jahr 2018.³³

Szenarien einer aktuellen Studie von WindEurope gehen für Deutschland von einem Ausbau der installierten Offshore-Leistung auf bis zu 20 GW bis 2030 aus.³⁴ Aufgrund hoher Stromgestehungskosten hatte die Offshore-Windenergie Mitte der 2010er Jahre Schwierigkeiten sich in Deutschland durchzusetzen. Mit der sog. Strompreisbremse wurde ein Maximum für den Ausbau der kommenden Jahre festgelegt. Mittlerweile hat die Technologie jedoch ihre Zuverlässigkeit und ihren hohen Nutzen bewiesen, sodass Mitte 2020 auch die Ausbauziele durch die Bundesregierung angepasst wurden. Bis zum Jahr 2030 soll jetzt eine installierte Leistung von 20 statt vorher 15 GW in der deutschen See entstehen. Auf europäischer Ebene wird bis 2030 ein Ausbaupotenzial von rund 99 GW installierte Leistung gesehen.³⁵ Die kumulierten Ziele der einzelnen Mitgliedsstaaten liegen aktuell jedoch für das Jahr 2030 noch bei 65-85 GW. Anpassungen sind

³³ International Energy Agency (IEA) (2019): Offshore Wind Outlook 2019. Abgerufen unter: http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/Offshore_Wind_Outlook_2019.pdf

³⁴ WindEurope (2017): Wind energy in Europe: Scenarios for 2030. Abgerufen unter: <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/reports/Wind-energy-in-Europe-Scenarios-for-2030.pdf>

³⁵ WindEurope (2017): Wind energy in Europe: Scenarios for 2030. Abgerufen unter: <https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/reports/Wind-energy-in-Europe-Scenarios-for-2030.pdf>

jedoch nicht ausgeschlossen. Für den globalen Offshore-Windenergiemarkt geht die International Energy Agency von einem Anstieg der installierten Gesamtleistung bis 2040 auf rund 345 GW aus, was dem 15-fachen des Wertes von 2018 (23 GW) und einem jährlichem Wachstum von rund 14 Prozent entspricht. In einem Szenario mit verstärktem politischem Fokus auf die Dekarbonisierung der Energieerzeugung wird sogar eine installierte Leistung von rund 560 GW prognostiziert.³⁶

Offshoretechnik Öl & Gas

Die Teilbranche Offshoretechnik Öl & Gas beschreibt die Erschließung von Erdölfeldern und Gas-Lagerstätten im Meer. Sie umfasst damit Unternehmen sowie Dienstleister aus den jeweiligen Wertschöpfungsketten. Dazu gehören Bauunternehmen, Planungs- und Projektierungsgesellschaften, Anlagenbetreiber oder auch Service- und Wartungsunternehmen. Gemessen am Umsatz ist das Arbeitsfeld mit Abstand das größte der Meerestechnik und auch der maritimen Wirtschaft. Eine Studie der OECD aus dem Jahr 2016 geht davon aus, dass rund ein Drittel der Wertschöpfung in der maritimen Wirtschaft durch die Offshoretechnik Öl & Gas erwirtschaftet werden. Auch wenn sich die Daten auf das Jahr 2010 beziehen und der Meeres- und Küstentourismus in der Analyse Berücksichtigung finden, wird dennoch die hohe Bedeutung des Arbeitsfelds deutlich.³⁷



Laut der International Energy Agency (IEA) wurden zwischen 2006 und 2016 weltweit rund 27 Millionen Barrel Öl pro Tag gefördert.³⁸ Der Anteil der Offshore-Förderung an der gesamten Fördermenge sank in diesem Zeitraum, da das Gesamtfördervolumen zunahm, während das Fördervolumen aus Offshore-Anlagen gleich blieb. Der Anteil der Förderung aus tiefen Wassertiefen (>400m) ist gleichzeitig deutlich gestiegen. Im selben Zeitraum stieg das Fördervolumen der Offshore-Gasindustrie um fast 30 Prozent auf über 1.000 Milliarden Kubikmeter im Jahr 2016. Zusammengefasst betrug der aus Offshore-Anlagen stammende Teil der Gesamtförderung von Öl und Gas rund 25 Prozent. Die Nordsee ist dabei eines der wichtigsten Fördergebiete, die größten Anteile gehören zu Großbritannien und Norwegen. Neben der Förderung von Öl- und Gasreserven wird der Rückbau von Offshore-Anlagen ein immer bedeutenderes Thema für die Öl- und Gasindustrie in der Nordsee.

Die IEA geht bis 2040 von einer sinkenden bis nur leicht steigenden globalen Ölnachfrage aus. Für die Offshore-Ölindustrie sieht die Studie insbesondere im ersten Szenario eine schwierige Zukunft. Die Nachfrage nach Erdgas wird laut der Studie bis 2040 um 45 Prozent steigen. In einer aktuellen Studie der DNV GL wurden Prognosen zu den weltweit geförderten Mengen an Öl und Gas im Offshore-Bereich getroffen.³⁹ Während ein Rückgang von über 50 Prozent für die globale Offshore-Ölproduktion bis 2030 vorausgesagt wird, prognostiziert die Studie ein Wachstum der Offshore-Gasproduktion von rund 20 Prozent im selben Zeitraum.

³⁶ IEA (2019): Offshore Wind Outlook 2019. S. 27. Abgerufen unter: http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/Offshore_Wind_Outlook_2019.pdf

³⁷ OECD (2016): The Ocean Economy in 2030, OECD Publishing Paris. Abgerufen unter: <https://geoblueplanet.org/wp-content/uploads/2016/05/OECD-ocean-economy.pdf>

³⁸ International Energy Agency (IEA) (2018): Offshore Energy Outlook. Abgerufen unter: <https://www.sipotra.it/wp-content/uploads/2018/11/Offshore-Energy-Outlook.pdf>

³⁹ DNV GL (2017): Oil and Gas Forecast to 2050 – Energy Transition outlook 2017. Abgerufen unter: https://www.ourenergypolicy.org/wp-content/uploads/2017/09/DNV-GL_Energy-Transition-Outlook-2017_oil-gas_lowres-single_3108_3.pdf

Küsteningenieurwesen/Wasserbau

Das Arbeitsfeld Küsteningenieurwesen/Wasserbau beschäftigt sich mit dem Bau und der Planung von meeresbezogenen Bauten. Dies schließt Aktivitäten zum Küstenschutz, Seebau, Offshorebau und Hafenbau mit ein. Damit ist der Maritime Wasserbau ein breites Anwendungsfeld, was die Darstellung eines gesamtumfassenden Status Quo nur teilweise möglich macht.



Der Maritime Wasserbau gehört in den Statistiken des Statistischen Bundesamtes zum Bereich „Sonstiger Tiefbau“. Dieser hat im Jahr 2019 ein Umsatzwachstum von 2,2 Prozent sowie einen Anstieg der Beschäftigung von 0,7 Prozent gegenüber dem Jahr 2018 verzeichnet.⁴⁰

Ein sehr interessanter Wachstumsmarkt für Unternehmen des Arbeitsfelds Bauten, die beim weiteren Ausbau der Offshore-Windenergie in Deutschland anfallen. Mit einer installierten Offshore-Windenergieleistung von rund 7,9 GW bietet sich noch ein großes Ausbaupotenzial bis zur Zielerreichung von 20 GW im Jahr 2030. Des Weiteren besteht mit den Herausforderungen des Klimawandels, allen voran denen des steigenden Meeresspiegels, auch in Zukunft weiterer Investitionsbedarf im Bereich Küstenschutz. Allein das Land Niedersachsen hat im Jahr 2018 rund 62 Mio. EUR in den Küstenschutz investiert.⁴¹

Mariner Umweltschutz/Meeresforschungstechnik

Das Arbeitsfeld Mariner Umweltschutz/Meeresforschungstechnik umfasst mehrere, sich teilweise überschneidende Bereiche. Die Meeresforschungstechnik beschäftigt sich mit Technologien und Methoden zur Erforschung der Meere. Die Maritime Umwelttechnik umfasst die Entwicklung und den Einsatz von Technologien für die Vermeidung der Verschmutzung des Ozeans. Der Teilbereich der Hydrographie beschreibt die Erhebung, Verarbeitung und Bewertung von Daten über das Gewässer. Alle drei Bereiche sind Querschnittsbereiche, weshalb sie unter dem Begriff Mariner Umweltschutz/Meeresforschungstechnik zusammengefasst sind.



Das Arbeitsfeld Mariner Umweltschutz/Meeresforschungstechnik legt mit seinen Ergebnissen aus der Meeresforschung und Hydrographie den Grundstein für die Arbeit der gesamten maritimen Industrie. Der Querschnittscharakter des Arbeitsfelds macht es wiederum schwierig, eindeutige Daten zu Umsatz oder Wachstum zu ermitteln. Für Nordamerika schätzt bspw. das Magazin Hydro-International das Umsatzvolumen des Markts für hydrographisches Equipment im Jahr 2014 auf rund 417 Mio. USD. Die Erwartung für das Jahr 2020 lagen bei etwa 452 Mio. USD.⁴² In einer aktuelleren Umfrage des Magazins aus dem Jahr 2018 gaben knapp 70 Prozent der Teilnehmenden an, dass sie bis zum Jahr 2020 ein Umsatzwachstum erwarten.⁴³

Auch in Deutschland wird von einem generellen Wachstum des Arbeitsfelds ausgegangen. Konkrete Daten zu Umsatz und Wachstum lassen sich zwar nicht finden. Für die Sensorik und die

⁴⁰ Statistisches Bundesamt (2020): Umsatz im Bauhauptgewerbe im Jahr 2019: +5,1 % zum Jahr 2018. Abgerufen unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2020/03/PD20_085_441.html

⁴¹ Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (2018): Land investiert 61,6 Millionen Euro in den Küstenschutz. Abgerufen unter: <https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/pressemitteilungen/land-investiert-616-millionen-euro-in-den-kuestenschutz-lies-auswirkungen-des-klimawandels-begegnen-162395.html>

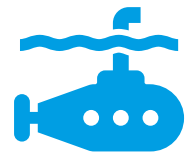
⁴² Hydro International (o. D.): North American Hydrographic Equipment Market Shows Strong Growth. Abgerufen unter: <https://www.hydro-international.com/content/news/north-american-hydrographic-equipment-market-shows-strong-growth?output=pdf>

⁴³ Hydro International (2018): Hydro International Business Survey 2018. Abgerufen unter: <https://www.hydro-international.com/content/article/optimistic-outlook-for-hydrographic-market?output=pdf>

Messtechnik, bei der die maritime Umwelttechnik einen Teilbereich darstellt, geht der AMA Verband für Sensorik und Messtechnik von einem Umsatzwachstum seiner Mitglieder von rund 5 Prozent im Jahr 2019 aus. Seit dem Jahr 2005 konnten die Umsätze zudem mehr als verdoppelt werden.⁴⁴

Unterwassertechnik

Die Unterwassertechnik beschreibt Produkte, Technologien, Verfahren und Dienstleistungen zur Erschließung und Erforschung von Unterwasserregionen. Insbesondere für Menschen schwer oder gar nicht zugängliche Regionen in tiefen Gewässern sind Anwendungsbereiche der Unterwassertechnik. Dabei kommen vor allem unbemannte Unterwasserfahrzeuge zum Einsatz. Ferngesteuerte Unterwasserfahrzeuge (ROVs) sowie autonome Unterwasserfahrzeuge (AUVs) erledigen eine Reihe an Aufgaben, die für den Menschen gefährlich oder kostspielig wären. Einige Beispiele für die Anwendung sind die Exploration des Meeres oder die Inspektion und Wartung von Wasserbauten. Des Weiteren umfasst das Arbeitsfeld u. a. die Verlegung von Seekabeln zur Anbindung von Offshore-Anlagen an das Festland.



Laut der International Federation of Robotics gehören die unbemannten Systeme der Unterwassertechnik zur Kategorie „Professional Service Robots“. Von diesen wurden – gemessen über alle Branchen – im Jahr 2018 weltweit 271.000 Roboter für rund 9,2 Milliarden USD verkauft.⁴⁵ Zudem werden sehr positive Wachstumsperspektiven erwartet. Derselbe Bericht geht für das Jahr 2022 von über einer Million verkauften Robotern aus, was einem Wachstum von über 350 Prozent gegenüber 2018 entspricht.

Die generellen Wachstumsperspektiven im Robotikmarkt sind somit als sehr gut zu bezeichnen. Aber auch bei einem spezifischeren Blick auf Unterwassertechnologien wird das hohe Wachstumspotenzial deutlich. Insbesondere bei der kommerziellen Nutzung von autonomen Unterwasserrobotern (AUV) sind die Perspektiven sehr gut. Zwischen 2018 und 2022 wird erwartet, dass die Nachfrage um 74 Prozent steigt. Ein wesentlicher Treiber der Nachfrage ist die Offshore-Öl- & Gasbranche.⁴⁶

Marine mineralische Rohstoffe/Meeresbergbau

Beim Abbau mariner mineralischer Rohstoffe rücken neben den klassischen Rohstoffen wie Sand, Kies, Öl oder Gas immer mehr Rohstoffe aus der Tiefsee in den Fokus. Die drei wichtigsten Rohstoffe, die mitunter aus mehr als 1.000 Metern Tiefe gefördert werden sollen, sind Manganknollen, Kobaltkrusten und sogenannte Massivsulfide. Diese Rohstoffe sollen mit Hilfe von Systemen aus der Unterwassertechnik, wie zum Beispiel speziellen Pumpsystemen, gefördert werden. Dem wirtschaftlichen Nutzen stehen allerdings potenzielle ökologische Auswirkungen entgegen. Eine aktuelle Auswertung einer im Jahr 1989 begonnenen Studie, an der u. a. das



⁴⁴ AMA – Verband für Sensorik + Messtechnik (2019): Branchenstatistik 2019. Abgerufen unter: <https://www.ama-sensorik.de/verband/brancheninformationen/branchenstatistik-2019/>

⁴⁵ International Federation of Robotics (2019): Executive Summary World Robotics 2019 Service Robots. Abgerufen unter: https://ifr.org/downloads/press2018/Executive_Summary_WR_Service_Robots_2019.pdf

⁴⁶ Westwood Global Energy Group (2018): World AUV Market Forecast 2018-2022. Abgerufen unter: <https://www.westwoodenergy.com/reports/world-auv-market-forecast-2018-2022>

Alfred-Wegener-Institut teilgenommen hat, kam zu dem Ergebnis, dass der Tiefseebergbau das marine Ökosystem bis zu 50 Jahre nachhaltig schaden kann.⁴⁷

Derzeit findet noch kein großflächig angelegter Tiefseebergbau statt. Technische und wirtschaftliche Hürden standen einer Kommerzialisierung im Weg.⁴⁸ Des Weiteren befanden sich laut der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) im Jahr 2016 lediglich 15 Prozent der bekannten Manganknollenvorkommen in Ausschließlichen Wirtschaftszonen.⁴⁹ Es liegt, Stand heute, noch keine Gesetzgebung vor. Außerdem liegt noch keine offizielle Klassifizierung von existierenden Rohstoffvorkommen als Reserven vor. Umfassende Aussagen über ein potenzielles Marktvolumen wären damit verfrüht.

Gleichwohl wird auch auf politischer Ebene das große Potenzial des Arbeitsfelds gesehen. Im Rahmen des von der EU geförderten Projekts „Blue Mining“ wurden Potenziale und mögliche Hindernisse des Tiefseebergbaus erörtert.⁵⁰ Ein Ergebnis des Projektes ist, dass schon ein einziges Tiefseebergbau-Projekt die Importabhängigkeit Deutschlands für den Rohstoff Nickel um 45 Prozent senken könnte. Entsprechend wird erwartet, dass das Interesse rund um den Tiefseebergbau in den kommenden Jahren weiter zunehmen wird.

Zivile maritime Sicherheitstechnik

Im engeren Sinne umfasst der Bereich der zivilen maritimen Sicherheitstechnik die Verkehrssicherheit in Hafenanlagen, auf Seewasserstraßen sowie auf offener See. Neben der Sicherheit im Schiffsverkehr gehört hierzu auch die Sicherheit auf Offshore-Plattformen sowie die Umweltsicherheit und Ressourcensicherung. Technologien und Anwendungsfelder der maritimen Sicherheitstechnik reichen von Verkehrsleitsystemen, Offshore-Überwachungs- und Rettungssystemen über Sensorik bis hin zur Entwicklung zuverlässiger Umwelterfassungssysteme.



Da es bei der Definition des zivilen maritimen Sicherheitsmarktes keine eindeutige Abgrenzung gibt, lassen sich nur schwer eindeutige Aussagen über das Marktvolumen treffen. In einem White Paper der NMMT Arbeitsgruppe „Zivile Maritime Sicherheitstechnik“ wird das Umsatzvolumen des Gesamtmarkts für Sicherheitstechnologien und -dienstleistungen in Deutschland auf rund 31 Mrd. EUR im Jahr 2015 geschätzt. Auf den Bereich maritime Sicherheit soll dabei ein großer Anteil entfallen.⁵¹ Insbesondere mit Blick auf die zunehmenden Umschläge an deutschen Häfen und einem zunehmenden Schiffsverkehr ist auch weiterhin von einem steigenden Bedarf an ziviler maritimer Sicherheitstechnik auszugehen.

⁴⁷ Vonnahme, T.R. et al. (2020): Effects of a deep-sea mining experiment on seafloor microbial communities and functions after 26 years, *Science Advances* Vol. 6 No. 18. Abgerufen unter: <https://advances.sciencemag.org/content/6/18/eaaz5922>

⁴⁸ Woods Hole Oceanographic Institute (o. D.): Seafloor Mining. Abgerufen unter: <https://www.whoi.edu/know-your-ocean/ocean-topics/ocean-resources/seafloor-mining/>

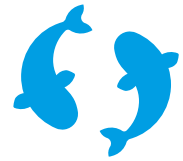
⁴⁹ OECD (2016)

⁵⁰ Lehnen, F. et al. (2019): Mining Report Glückauf 155. Abgerufen unter: https://mining-report.de/wp-content/uploads/2019/04/MRG_1902_Blue_Mining_190320.pdf

⁵¹ NMMT (2015): Zukunftsinitiative Securitas Maritima – Kurs auf die Märkte von morgen. Abgerufen unter: <http://www.old.maritime-technik.de/dokumente/2015/White%20Paper%20Zukunftsinitiative%20Securitas%20Maritima.pdf>

Marikultur

Die Marikultur ist ein Teilbereich der Aquakultur. Aquakultur beschreibt die kontrollierte Aufzucht von Wasserorganismen wie Fischen, Muscheln oder Pflanzen. Je nach Salzgehalt des Wassers wird zwischen der Limnokultur (Süßwasser) und der Marikultur (Salzwasser) unterschieden. Die Marikultur wird weiter unterteilt in Brackwasser- und Meerwasserkulturen. In Statistiken wird häufig nur der gesamte Bereich der Aquakultur erfasst, weshalb im Folgenden von der Aquakultur die Rede ist. Laut OECD macht die Marikultur weltweit knapp die Hälfte der Produktion aus Aquakulturen aus.⁵²



Laut der Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) hatte die Aquakultur in Europa im Jahr 2016 einen Anteil von rund 18 Prozent an der gesamten Fischproduktion.⁵³ Der weltweite Durchschnitt lag im selben Jahr bei rund 45 Prozent. Bleibt China unberücksichtigt, sinkt der weltweite Durchschnitt auf rund 28 Prozent und liegt damit immer noch weit über dem deutschen Durchschnitt. Gemäß dem Statistischen Bundesamt konnte im Jahr 2019 in Deutschland ca. 2.500 Betriebe dem Bereich der Aquakultur zugeordnet werden, welche rund 18.500 Tonnen Fisch und 19.000 Tonnen Muscheln produzierten.⁵⁴

Die Weltbank geht davon aus, dass im Jahr 2030 rund 62 Prozent des weltweiten Angebots an Fisch für den menschlichen Verzehr aus Aquakulturen stammen.⁵⁵ Da die Marikultur weltweit knapp die Hälfte der Aquakultur ausmacht, wäre diese also im Jahr 2030 für rund ein Drittel der weltweiten Fischproduktion verantwortlich. Der europäischen sowie deutschen Aquakultur kommt dabei allerdings nur eine vergleichsweise kleine Rolle zu. Den Märkten in Afrika und Asien gehöre hingegen gemäß Weltbank die Zukunft.

Polartechnik

Die Eisdicken und die Eisausbreitung in der Arktis nehmen durch den Klimawandel stark ab, dadurch werden die sich in der Arktis befindenden Öl- und Gasreserven leichter erreichbar. Die US-Fachbehörde Geological Survey nimmt an, dass sich rund 412 Milliarden unentdeckte Barrel-Äquivalente Öl und Gas nördlich des (nördlichen) Polarkreises befinden.⁵⁶ Des Weiteren könnten sich Gasreserven im Ausmaß von rund einem Viertel der weltweit bekannten Gasreserven unter dem Eis befinden.⁵⁷ Die Teilbranche Eis- und Polartechnik bezieht sich unter anderem auf die Entwicklung innovativer Verfahren zur Exploration und Gewinnung von Öl und Gas, sowie anderer Rohstoffe und deren Transport durch den eisbedeckten Seeweg oder durch Pipelines. Außerdem umfasst die Teilbranche Technologien für Eisvorhersage und Routenoptimierung, Schiffe und Plattformen zur Produktion von Offshore-Öl und Gas sowie Rettungstechniken.



⁵² Vgl. Fußnote 49

⁵³ FAO (2020): 2020 – The State of World fisheries and aquaculture – Sustainability in action. Abgerufen unter: <http://www.fao.org/3/ca9229en/CA9229EN.pdf>

⁵⁴ Statistisches Bundesamt (2020): Fischerzeugung 2019 in Aquakulturen um 2,4 % gestiegen. Abgerufen unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Fischerei/_inhalt.html#sprg239474

⁵⁵ The World Bank (2013): Fish to 2030: prospects for fisheries and aquaculture (English). Abgerufen unter: <http://documents.worldbank.org/curated/en/458631468152376668/Fish-to-2030-prospects-for-fisheries-and-aquaculture>

⁵⁶ U.S. Geological Survey (2008): Circum-Arctic Resource Appraisal: Estimates of Undiscovered Oil and Gas North of the Arctic Circle. Abgerufen unter: <https://pubs.usgs.gov/fs/2008/3049/fs2008-3049.pdf>

⁵⁷ Desjardins, J. (2016): This infographic shows how gigantic the Arctic's undiscovered oil reserves might be. Abgerufen unter: <https://www.businessinsider.com/how-gigantic-arctics-undiscovered-oil-reserves-might-be-2016-4?r=DE&IR=T>

Gemäß dem NMMT nimmt die deutsche Polartechnik weltweit eine führende Rolle ein. Dies sei insbesondere beim Bau von eisbrechenden Schiffen, Ingenieursdienstleistungen, Modellversuchen für eisbrechende Schiffe und Offshore-Anlagen sowie der Schifffahrt der Fall.⁵⁸ Insbesondere die Öl- und Gasindustrie hat ein steigendes Interesse an der Exploration der Arktis zur Erschließung von Rohstoffreserven. Während aufgrund der Verteilung der Ausschließlichen Wirtschaftszonen kein direkter Einfluss der deutschen Industrie auf die Rohstoffförderung in den arktischen Regionen möglich ist, hat die deutsche Zuliefererindustrie bei einem tatsächlichen Rohstoffabbau in der Arktis beste Voraussetzungen um ihre starke Position im Bereich der Eis- und Polartechnik weiter voranzubringen.

Erneuerbare Energien

Das Arbeitsfeld Erneuerbare Energien oder Meeresenergien beschreibt die Nutzung von Wellen-, Gezeiten- und Strömungsenergie durch Kraftwerke. Gezeitenkraftwerke nutzen die Energie, die im Wechsel zwischen Ebbe und Flut freigesetzt wird. Dazu werden häufig Meeresbuchten oder Flussströmungen künstlich vom Meer abgetrennt. Strömungskraftwerke nutzen die Strömungen im Meer zur Energieerzeugung. Um die Wellenenergie in Form von Auf- und Abwärtsbewegungen der Wellen zu nutzen, können beispielsweise Auftriebskörper zum Einsatz kommen. Die Nutzung der Temperaturdifferenz zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser durch ozeanthermische Gradienten-Kraftwerke ist ein weiterer Potenzialbereich der Meeresenergien.



Nach vielversprechenden Anfängen, u. a. mit dem im Jahr 2008 in Portugal in Betrieb genommene „Aguçadoura-Wellenkraftwerk“, ist die Nutzung der Meeresenergie immer noch weit von dem Potenzial entfernt, welches ihr attestiert wird. Neben einigen, sich schon länger in Betrieb befindlichen Gezeitenkraftwerken mit einer weltweit installierten Leistung von 0,55 GW, waren im Jahr 2017 in Europa Wellenenergie- und Strömungskraftwerke mit einer installierten Leistung von lediglich knapp 0,03 GW installiert.⁵⁹ Aktuell befindet sich mit dem vom BMWi geförderten Projekt „NEMOS“ ein deutsches Wellenkraftwerk in der Testphase.⁶⁰

Die Meeresenergie ist aufgrund ihrer Unerschöpflichkeit ein potenziell großer Zukunftsmarkt. Allerdings gibt es noch Schwierigkeiten bezüglich der technischen Machbarkeit sowie der Wirtschaftlichkeit der Kraftwerke. Für den deutschen Küstenbereich ist das Potenzial maritimer Energiequellen vergleichsweise gering.⁶¹ Weltweit wird jedoch ein hohes Potenzial gesehen. Die International Energy Agency erwartet bis 2050 eine weltweit installierte Leistung von rund 300 GW sowie ein jährliches Investitionsvolumen von 35 Mrd. USD.⁶²

⁵⁸ BMWi (2018): Nationaler Masterplan Maritime Technologien zur Koordinierung und Stärkung der maritimen Branche. Abgerufen unter: https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/nationaler-masterplan-maritime-technologien-maritime-branche-broschuere.pdf?__blob=publicationFile&v=2

⁵⁹ ForschungsVerbund Erneuerbare Energien (o. D.): Meeresenergie. Abgerufen unter: <https://www.fvee.de/forschung/forschungsthe-men/meeresenergie/>

⁶⁰ NEMOS (o. D.): NEMOS. Abgerufen unter: <https://www.nemos.org/>

⁶¹ Siehe Fußnote 59

⁶² Ebd.

Drohnen

Eine Flugdrohne, oder UAV (Unmanned Aerial Vehicle) ist ein unbemanntes, ferngesteuertes oder autonomes Luftfahrzeug. Eine grobe Unterteilung der Drohnen ist die in Drehflügler und Flächenflieger. Des Weiteren werden Drohnen nach Größe und Gewicht klassifiziert. Drohnen werden in verschiedensten Anwendungsgebieten eingesetzt, kommerzielle Aufgaben sind unter anderem Inspektionen, Vermessungen und Film- und Fotoaufnahmen. In der Energiewirtschaft werden beispielsweise Drohnen zur Inspektion von (Offshore-)Windenergieanlagen eingesetzt.



Laut einer Marktstudie des Verbandes für unbemannte Luftfahrt befanden sich im Jahr 2019 rund 474.000 Drohnen in Deutschland im Einsatz.⁶³ Der kommerzielle Markt für Drohnen nimmt mit 19.000 Stück dabei nur einen geringen Anteil ein. Der deutsche Markt besteht aus rund 400 Unternehmen mit einem Jahresumsatz von durchschnittlich 330 Tsd. EUR. Der Markt ist gegenwärtig noch von einer Start-Up Kultur geprägt. Die Unternehmen sind mit einem Alter von durchschnittlich drei Jahren und einer Belegschaft von durchschnittlich 12 Personen noch vergleichsweise jung und klein. Der europäische Markt ist mit rund 20 Prozent Weltmarktanteil der zweitgrößten hinter Nordamerika. Dabei stellt der deutsche Markt innerhalb Europas wiederum den zweitgrößten hinter Frankreich und ist damit weltweit der viertgrößte Markt.

Der Verband Unbemannte Luftfahrt geht von einem Wachstum des deutschen Drohnenmarktes um 79 Prozent bis zum Jahr 2030 aus. Für das kommerziellen Segment wird dabei mit einem Wachstum von rund 560 Prozent gegenüber dem Jahr 2015 ein besonders dynamisches Wachstum prognostiziert. Während heute eine von vierundzwanzig Drohnen kommerziell genutzt wird, sollen es im Jahr 2030 eine von sechs Drohnen sein. Dieses Wachstum wird sich auch beim Umsatz niederschlagen. Bis zum Jahr 2030 wird für den kommerziellen Drohnenmarkt ein jährliches Wachstum von 14 Prozent in Deutschland erwartet. Im Jahr 2030 erreicht der kommerzielle Drohnenmarkt damit ein Marktvolumen von rund 2,5 Mrd. EUR und übersteigt damit den privaten Markt mit einem Volumen von 0,2 Mrd. EUR um ein Vielfaches.⁶⁴

In einer Umfrage von Drone Industry Insights wurden Hersteller und Nutzer bzw. Dienstleister nach ihrer Einschätzung der wichtigsten zukünftigen Anwendungsgebiete für Drohnen befragt.⁶⁵ Neben der Agrarkultur und allgemeinen Vermessungs- und Besichtigungsaufgaben wurde die Inspektion von Energie- und Wasserbauten als zentrales zukünftiges Anwendungsgebiet genannt.

7.2 Technologische Trends und Forschungsschwerpunkte

Mit dem Ziel, die Innovationskraft und die Wettbewerbsfähigkeit der maritimen Wirtschaft zu stärken, veröffentlichte der Bund im Jahr 2018 die Maritime Forschungsstrategie 2025.⁶⁶ Die Forschungsstrategie verdeutlicht, wo zentrale Trends der Branche liegen und welche technologischen Entwicklungen in den kommenden Jahren zu erwarten sind. Vier übergeordnete Säulen werden vorgestellt. Eine dieser Säulen ist die Meerestechnik. Für sie sieht der Bund drei zentrale

⁶³ Verband Unbemannte Luftfahrt (2019): Analyse des deutschen Drohnenmarktes. Abgerufen unter: https://www.verband-unbemannte-luftfahrt.de/wp-content/uploads/2019/02/190212_VUL-Marktstudie_Analyse-des-deutschen-Drohnenmarktes.pdf

⁶⁴ Ebd.

⁶⁵ Drone Industry Insights (2018): The European Drone Industry – Drone Industry Barometer 2018. Abgerufen unter: <https://www.droneii.com/wp-content/uploads/2018/06/The-European-Drone-Industry-v1.1.pdf>

⁶⁶ BMWi (2018): Maritime Forschungsstrategie 2025. Abgerufen unter: <https://cdn.website-editor.net/d9be8a9bbc2447f095ba63c7529930b5/files/uploaded/Maritime%2520Forschungsstrategie%25202025.pdf>

Innovationspfade, in denen es zu prägenden technologischen Entwicklungen kommt: die nachhaltige und wirtschaftliche Offshoretechnik, die marinen Ressourcen sowie die intelligenten und autonomen Systeme. Dabei steht insbesondere der letztgenannte Innovationspfad nicht nur für sich selbst, sondern gestaltet durch seine Produkte und Forschungsleistungen die anderen beiden Pfade wesentlich mit.

Nicht nur in Deutschland stehen die Innovationspfade im Fokus. Auch auf dem weltweiten Markt wird erwartet, dass technologische Entwicklungen sich in und um die genannten Themenbereiche konzentrieren. Insbesondere dem Thema Autonomie und autonomen Systeme wird dabei eine hohe Bedeutung beigemessen. Abhängig von der Art und dem Einsatzzweck einzelner Technologien sind weitere Trends bspw. die (Weiter-)Entwicklung von Robotern, der Einsatz und die Entwicklung neuer Materialien, Sensor- und Kommunikationstechnik oder die Nutzung und Analyse von Big Data. Die Übergänge zwischen den Trends sind dabei zum Teil fließend.⁶⁷

Die fließenden Übergänge zeigen sich auch bei einem genaueren Blick auf das Thema Autonomie. Die Studie „Global Marine Technology Trends 2030 – Autonomous Systems“ zeigt fünf Technologie- und Forschungsbereiche auf, die für die erfolgreiche Entwicklung autonomer Systeme sowie autonomer mobiler Robotik entscheidend sind:⁶⁸

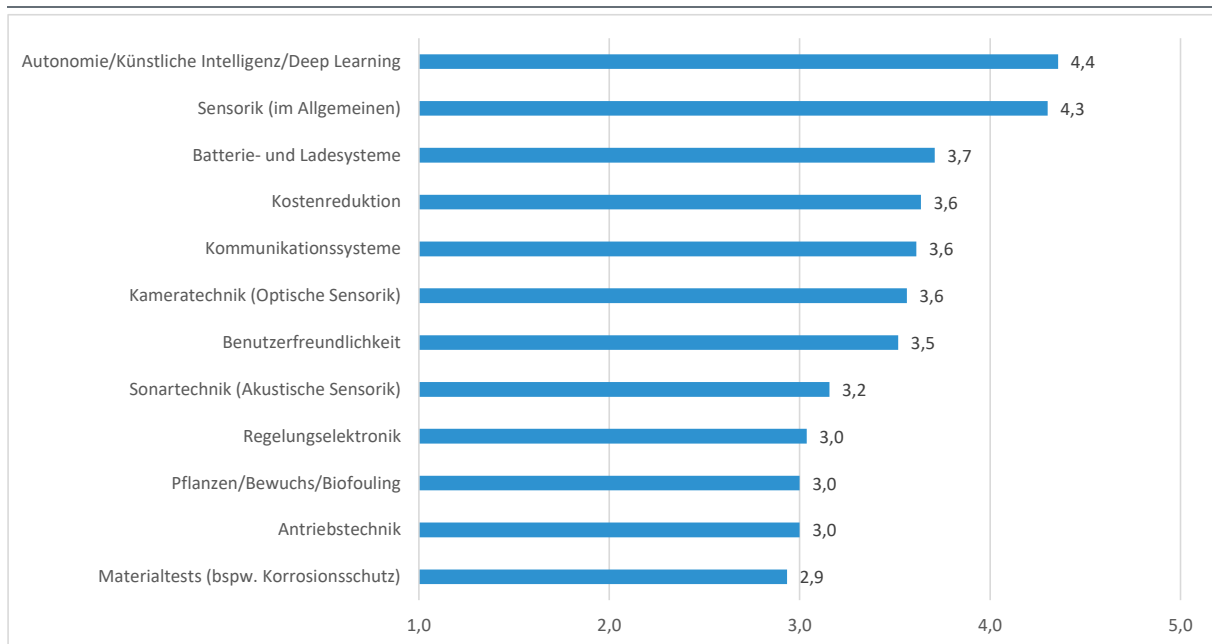
- Künstliche Intelligenz
- Sensorik und Situationsbewusstsein
- Konnektivität (Kommunikation, Datenübertragung, etc.)
- Cyber-Sicherheit
- Energiemanagement und Nachhaltigkeit

Die identifizierten Technologie- und Forschungsbereiche decken sich weitestgehend Einschätzungen aus der Online-Umfrage. Die Themen „Autonomie/Künstliche Intelligenz/Deep Learning“ sowie „Sensorik (im Allgemeinen)“ sind die Bereiche, für die mit Abstand der größte Forschungsbedarf gesehen wird (vgl. Abbildung 8). Auch Kommunikationssysteme, Antriebstechnik und Materialforschung finden sich in den Antworten wieder. Allerdings besteht neben den technischen Anforderungen auch Forschungsbedarf in grundsätzlichen Bereichen wie der Kostenreduktion und der Benutzerfreundlichkeit. Insgesamt lässt sich festhalten, dass der Forschungsbedarf für einzelne Themen höher eingeschätzt wird als für andere. Grundsätzlich lässt sich jedoch für alle abgefragten Themen ein Forschungsbedarf attestieren.

⁶⁷ Lloyd's Register Group Ltd. (2016): Global Marine Technology Trends 2030. Verfügbar unter: <https://www.lr.org/en/insights/global-marine-trends-2030/global-marine-technology-trends-2030/>

⁶⁸ Lloyd's Register Group Ltd. (2017): Global Marine Technology Trends 2030 Autonomous Systems. Verfügbar unter: <https://www.lr.org/en/insights/global-marine-trends-2030/technology-trends/>

Abbildung 8: Umfrageergebnisse - Forschungsbedarf



Erläuterung: 1 = kein weiterer Forschungsbedarf; 5 = Forschungsbedarf
Quelle: Online-Befragung der Prognos AG, 2020

Die Befragungsergebnisse decken sich weitestgehend auch mit den Aussagen aus den Experteninterviews. Das Thema Autonomie wird auch hier hervorgehoben. Gleichzeitig wird aber auch deutlich, dass es Entwicklungen und Forschung in einer Vielzahl von Bereichen bedarf, wie bspw. bei der Sensor- und Messtechnik, der Kommunikationstechnik oder dem Thema der Robustheit, um erfolgreich Produkte auf den Markt zu bringen. Vor diesem Hintergrund hält die Maritime Forschungsstrategie 2025 deshalb auch fest, dass es *„auf dem Weg zur vollständigen Autonomie [...] in den Bereichen Navigation, Unterwasserkommunikation, Datenmanagement, Robotik, Material und Langzeitenergieversorgung erhebliche Forschungsanstrengungen notwendig [sind].“*⁶⁹

7.3 Zwischenfazit zu den Marktpotenzialen und Trends der Meerestechnik

Die vorangegangenen Analysen bestätigen das hohe Wachstumspotenzial der Meerestechnik. Getrieben durch politische Zielsetzungen, dem Klimawandel sowie einem Paradigmenwechsel hin zu einem nachhaltigeren Wirtschaften, lassen Arbeitsfelder wie die Offshore-Windenergie, der marine Umweltschutz/die Meeresforschungstechnik oder die Marikultur ein deutliches Wachstum erwarten. Neben dem Bau von Anlagen und Infrastrukturen steht dabei auch die langfristige Wartung, Inspektion und Überwachung der Systeme im Vordergrund. Nutznießer davon ist einerseits die Unterwassertechnik, welche durch ferngesteuerte oder autonome Fahrzeuge Lösungen für diese Herausforderungen anbietet. Andererseits wird der Drohnenmarkt profitieren, da auch über Wasser die Wartung und Inspektion von Infrastrukturen zunehmend ferngesteuert erfolgen wird.

Für die Offshore-Öl & Gasindustrie zeigt sich teilweise ein ambivalentes Bild. Insbesondere für die Gasförderungen werden weiterhin deutlich Wachstumspotenziale gesehen, während die

⁶⁹ BMWi (2018): Maritime Forschungsstrategie 2025. S. 38. Abgerufen unter: <https://cdn.website-editor.net/d9be8a9bbc2447f095ba63c7529930b5/files/uploaded/Maritime%2520Forschungsstrategie%25202025.pdf>

Ölförderung langfristig zurückgehen wird. Dennoch stellt das Arbeitsfeld innerhalb der Meerestechnik aktuell und auch für die kommenden Jahre weltweit weiterhin den umsatz- und finanzstärksten Bereich dar. Für Unternehmen aus der Meerestechnik ist die Offshore-Öl- & Gasindustrie damit mittelfristig weiterhin ein hochattraktiver Absatzmarkt.

Technologisch liegt der Fokus zukünftig eindeutig auf der Entwicklung und Verbesserung autonomer Systeme. Dies umfasst den Bau und Betrieb kompletter Unterwasserfahrzeuge (AUV) wie auch die Forschung an bzw. die Verbesserung von Subkomponenten und entsprechender Technologien. Dazu gehören u. a. die Entwicklung innovativer Sensor- und Kameratechnik oder die Verbesserung von Kommunikations- und Datenübertragungssystemen. Mit der zunehmenden Automatisierung sowie der Erforschung und Nutzung von Unterwasserfahrzeugen auch in größeren Wassertiefen, steigen zudem auch die Anforderungen an Batterien sowie die Verlässlichkeit und Robustheit der Systeme insgesamt. Hierzu zählt bspw. auch der Korrosionsschutz der Materialien sowie die Verwendung vollkommen neuer Materialien.

Die Einschätzungen zu den grundsätzlichen Marktpotenzialen sowie den zukünftigen Forschungsbedarfen werden weitestgehend auch durch die **Ergebnisse der Online-Umfrage** sowie der **Experteninterviews** bestätigt. Die befragten Unternehmen und Institutionen gehen von einer positiven Entwicklung ihrer Geschäftsfelder bzw. ihres Forschungsbereichs aus. Trotz der im vorherigen Kapitel beschriebenen, teils sehr dynamischen Wachstumserwartungen (vgl. Kap. 3), erwartet die Mehrzahl der Befragten aber ein eher stetiges Wachstum, welches sich auf dem Niveau der vorherigen Jahre bewegt. Ein Boom, welcher die deutschen Unternehmen erfasst, wird nicht erwartet. Ein Grund für diese vergleichsweise nüchternen Wachstumserwartungen könnte u. a. in der Zusammensetzung der Unternehmenslandschaft liegen. Die deutsche Meerestechnik ist vorwiegend durch klein- und mittelständische Unternehmen (KMU) geprägt. Die Unternehmen entwickeln bspw. Mess-, Steuer- und Regelungstechnik sowie die dazugehörige Software. Sie sind hoch spezialisiert. Gleichzeitig verfügen sie häufig aber nicht über die zeitlichen oder finanziellen Ressourcen, um Märkte abseits ihrer bestehenden Kunden oder in großem Umfang international zu erschließen.

Weiteren Auftrieb könnten die politischen Zielsetzungen der EU sowie der Bundesregierung geben. Mit dem Green Deal der EU, der Maritimen Forschungsstrategie 2025 (vgl. Kap. 7.2) sowie dem Nationalen Masterplan Maritime Technologien (NMMT) zeigt die Bundesregierung ein klares Commitment, die Meerestechnik in Deutschland weiter zu unterstützen (vgl. Kap. 4.3). Dies bestätigt sich auch durch die Ausführungen im NMMT, in denen es heißt, dass *„nur durch die Förderung innovativer Spitzentechnologien [...] die hohen Anforderungen und Erwartungen an eine umweltschonende und ökonomische Nutzung der Meere unter Berücksichtigung der anspruchsvollen Randbedingungen, wie z. B. raue Wetterverhältnisse und große Wassertiefen, erreicht werden können“*.⁷⁰

⁷⁰ BMWi (2018): Nationaler Masterplan Maritime Technologien. S. 21/22. Abgerufen unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Technologie/nationaler-masterplan-maritime-technologien-maritime-branchen-broschuere.pdf?__blob=publicationFile&v=2

8 Bedarfs- und Zielgruppenanalyse

Die Analyse der verschiedenen Arbeitsfelder der Meerestechnik und die dort eingesetzten Technologien unterstreichen – wie in Kapitel 6 dargestellt – die vielfältigen Potenziale in diesen Marktsegmenten. In dem nun folgenden Kapitel analysieren wir

- welche Zielgruppen sich perspektivisch für die Nutzung eines Testzentrums in der Nordsee interessieren,
- welche Anforderungen diese Zielgruppen an ein Testzentrum stellen und
- in welchem Umfang und zu welchen Konditionen die Zielgruppen ein Testfeld voraussichtlich nutzen würden.

Grundlage der folgenden Analysen sind die Befragung und Fachgespräche mit ausgewählten potenziellen Industriekunden und Forschungseinrichtungen.

8.1 Zielgruppen für die Nutzung eines Testfeldes in der Nordsee

Unternehmen und Forschungseinrichtungen in Deutschland haben die Marktchancen erkannt und entwickeln innovative Lösungen für die Meerestechnik. Die Kundenanforderungen auf dem Markt für Meerestechnologien sind hoch, nicht zuletzt wegen der anspruchsvollen Umgebungsbedingungen, unter denen die Technologien zum Einsatz kommen. Bevor Lösungen und Technologien einsatzreife und Zugang zum Markt erlangen, fordern die Kunden Nachweise über Funktionalität, Verlässlichkeit und Sicherheit unter den jeweiligen Anwendungsbedingungen, zunehmend auch in Form standardisierter und zertifizierter Tests. Da potenzielle Kunden, wie zum Beispiel Betreiber von Offshore-Windkraftanlagen, in vielen Fällen keine Testmöglichkeiten an ihren eigenen Infrastrukturen erlauben, sind Unternehmen und Forschungseinrichtungen auf Alternativen angewiesen. Gerade für kleine und mittelständische Unternehmen stellt dies eine Hürde dar, aber auch Großunternehmen können nur bis zu einem bestimmten Reifegrad mit Simulationen oder Testbecken arbeiten und sind dann auf Hochseetests unter realistischen Einsatzbedingungen angewiesen. Testzentren für Technologien der Meerestechnik können daher eine wichtige Unterstützung sein, um innovative Lösungen unter anwendungsnahen Umgebungsfaktoren zu erproben und weiterzuentwickeln.

Die Zielgruppen für die Nutzung eines Testzentrums in der Nordsee gehen einher mit Herstellern, Einrichtungen aus Wissenschaft und Forschung bzw. Anwendern, die sich mit den oben beschriebenen Technologien der Maritimen Technik beschäftigen. Bei vielen Herstellern stellen die Systeme oder Komponenten für den maritimen Einsatz auch nur einen (kleineren) Teil ihres Produktportfolios dar. Die potenziellen Nutzer entstammen entsprechend vielfältigen Branchen. Aufgrund der Unternehmens- und Forschungslandschaft in Deutschland und der geplanten Ausrichtung des Testfelds, lassen sich aber potenzielle Hauptnutzer identifizieren:

Potenzielle Hauptnutzer:

- Hersteller mobiler Robotik und autonomen Systemen in maritimen Einsatzgebieten, darunter insbesondere Hersteller von ferngesteuerten und autonomen

Unterwasserfahrzeugen (ROVs, AUVs, UAVs/AUS) sowie Drohnen, sowohl größere Systemanbieter als auch kleinere spezialisiertere Anbieter,

- Hersteller von Sensorik und Messtechnik,
- Hersteller von Kommunikationssystemen,
- Hersteller von Energiesystemen und -management, Batterie- und Ladesystem,
- Forschungseinrichtungen, Hochschulen und Forschungsverbünde mit Forschungsschwerpunkten in den genannten Bereichen.
- Anwender wie bspw. spezialisierte Anbieter von Wartungs- und Instandhaltungsdienstleistungen oder Minenräumung, die neue Technologien unter Praxisbedingungen erproben wollen.

So breit die Anwendungsmöglichkeiten auch sind, die absolute Zahl potenzieller Nutzer in Deutschland ist begrenzt, da es sich bei dem hier relevanten Ausschnitt der Meerestechnikbranche um hochspezialisierte Technologien und Systeme handelt, die jeweils nur von wenigen Unternehmen in Deutschland hergestellt bzw. eingesetzt werden und auch in der Forschung nur von wenigen Institutionen bzw. Wissenschaftlern erforscht werden. Dies spiegelt sich auch in dem Rücklauf der Befragung wider, der in absoluten Zahlen gering ist, qualitativ jedoch viele zentrale Akteure im Markt umfasst.

8.2 Anforderungen potenzieller Nutzer an ein Testzentrum

So unterschiedlich wie die potenziellen Nutzer, sind auch die Anforderungen an ein Testfeld hinsichtlich land- und seeseitiger Infrastruktur und ergänzenden Dienstleistungen und Ausstattungsmerkmalen.

In der Befragung und den Fachinterviews wurden die potenziellen Nutzer befragt zu ihren

- Anforderungen hinsichtlich der natürlichen Gegebenheiten und Bedingungen,
- Anforderungen hinsichtlich der see- und landseitigen Infrastruktur und
- Anforderungen an Dienstleistungen und allgemeinen Ausstattungsmerkmalen.

Bei den **seeseitigen Anforderungen hinsichtlich der natürlichen Bedingungen** dominiert die Anforderung an die Wassertiefe, die mehr als 20 m betragen sollte. Einige Anwendungen erfordern Tiefseetests mit Tiefen von 200 m und mehr, die vor Helgoland nicht erreicht werden. Aber auch hier sehen einige potenzielle Nutzer im Sinne einer Stufenleiter der Tests nach Erprobungen in Becken oder Seen, einen Test in der Nordsee als sinnvolle Zwischenstufe vor Tests in der Tiefsee an. Als weniger wichtig werden im Durchschnitt Faktoren wie Salzgehalt und Strömungsgeschwindigkeit bewertet (vgl. Abbildung 9). Bei der Interpretation des Scorings der Befragung ist aber zu sagen, dass die Bedeutung zwischen den Technologien bzw. Anwendungen variiert. Für einzelne Technologien oder Anwendungen kann bspw. der Salzgehalt von hoher Relevanz sein. Eine Mehrzahl der Befragten beurteilt die Bedeutung von Salzgehalt oder Strömungsgeschwindigkeit für die eigenen Technologien oder Anwendungen aber als weniger relevant. Ähnlich bewertet werden die Wetterbedingungen, während für einige Nachfrager die vergleichsweise harschen Wetterbedingungen auf Helgoland einen Pluspunkt hinsichtlich einer realitätsnahen Einsatzumgebung darstellen (bspw. für den Test von Drohnen), stellen sie für andere Nutzer ein Risiko dar, da sowohl saisonal als auch vor Ort die Wetterfenster für Tests eingeschränkt sein können.

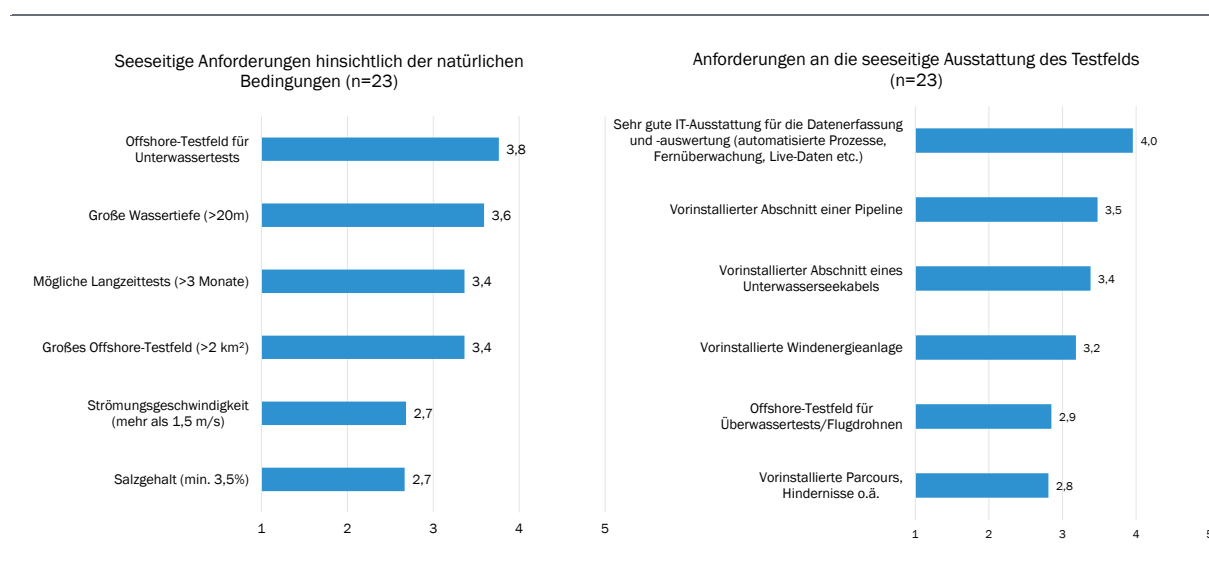
Als wichtig angesehen wird eine Größe des Testfelds von mehr 2 km², verbunden mit dem Wunsch, eine geringe Beeinträchtigung bspw. durch Schifffahrt oder Fischerei in diesem Gebiet zu haben. Auch die Möglichkeit, Langzeittests durchführen zu können, wird gewünscht. Ein

Scoring im Mittelfeld im Rahmen der Befragung ist darauf zurückzuführen, dass auch diese Anforderung von der Technologie abhängig ist. Während gerade im Bereich von Materialtest, Steckverbindungen oder Energietechnik Langzeittests eine hohe Relevanz haben, sind sie im Bereich von mobiler Robotik von geringerer Bedeutung.

Auch in Bezug auf die **seeseitige Ausstattung des Testfelds** mit Infrastrukturen hängt die Bedeutung von der jeweiligen Technologie und Anwendung ab (vgl. Abbildung 9). Gefordert als Ausstattung werden Pipeline-Attrappen, ein Mock-Up einer Öl-/Gas-Infrastruktur, die Attrappe eines Unterwasserseekabels oder ein Jacket-Fundament oder Monopile einer Windkraftanlage. Sobald Technologien aus diesen Einsatzfeldern getestet werden sollen, wertet die Verfügbarkeit derartiger Infrastruktur ein Testfeld merklich auf. Auch Industrienachfrager mit Interesse an einer solchen Einrichtung des Testfeldes empfehlen aber, diese Ausstattung erst nach Bedarf und nicht auf Vorrat zu schaffen und sukzessive auszubauen, auch, um immer auf dem neuesten Stand zu sein.

Die wichtigste Forderung an die seeseitige Ausstattung des Testfeldes betrifft allerdings die Ausstattung mit Datenverbindungen und IKT. Als wesentliches Ausstattungsmerkmal wird ein Echtzeit-Monitoring von System-, Testumfeld und Umweltdaten angesehen und eine Ausstattung mit den dafür notwendigen performante Datenleitungen, um Messdaten der eigenen Systeme oder fest installierter beobachtender Systeme in Echtzeit übertragen und auswerten zu können. Dies gilt für die Verbindung des Testfeldes mit der Testplattform oder der Teststation auf Helgoland. Es gilt aber auch für die Verbindung zwischen der Teststation und dem Festland. Es wird als unerlässlich angesehen auch von Helgoland aus eine schnelle und stabile Datenverbindung zu den eigenen Netzwerken im jeweiligen Headquarter aufbauen zu können, bspw. um Langzeittests permanent aus der Ferne beobachten zu können.

Abbildung 9: Seeseitige Anforderungen an ein Testzentrum

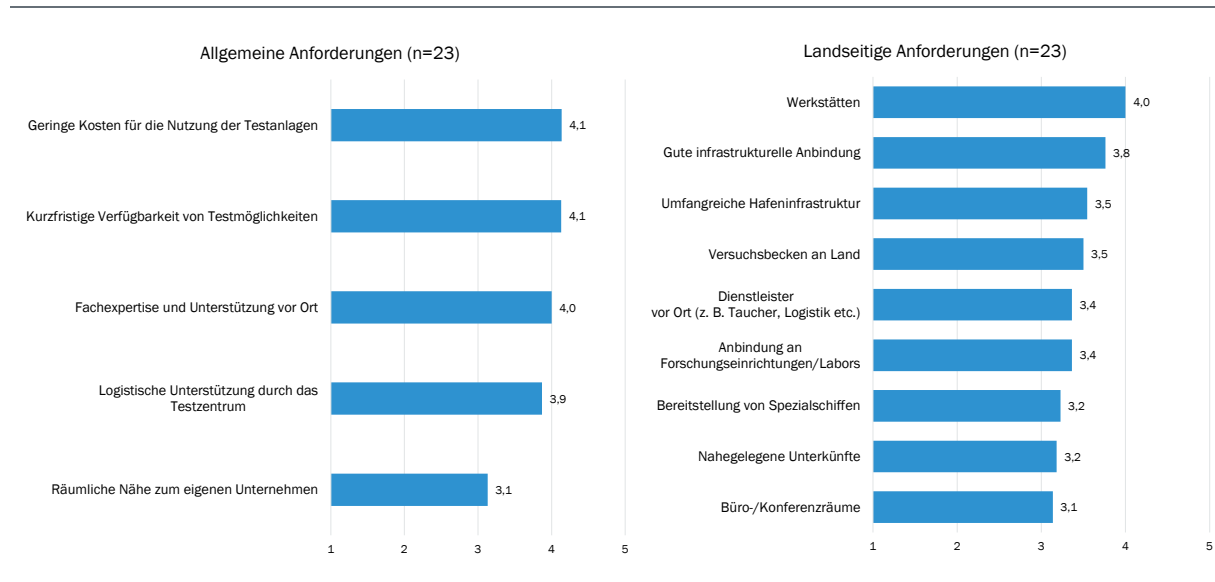


Auch mit Blick auf die **landseitige Infrastruktur** hängen die Anforderungen von den konkreten Nutzungsinteressen ab. Für viele Nutzer ist aber die Verfügbarkeit einer Werkstatt von hoher Bedeutung, um vor Ort bei Bedarf unmittelbar Reparaturen an den Geräten durchführen zu können. Häufig erwähnt wird auch der Bedarf für eine Hafeninfrastruktur (Slip- und Krananlage) um bspw. Boote oder Unterwasserfahrzeuge mit geringem Aufwand ins Wasser ein- und wieder ausbringen zu können. Auch Lagerflächen bzw. -hallen für Boote und Equipment werden als notwendige Infrastruktur erachtet. Darüber hinaus ist für viele wichtig, bei Bedarf (Spezial-)Schiffe, Boote oder Taucher anmieten zu können. Auch Labore oder ein Testbecken an Land wurden in der Befragung als relevant erachtet (vgl. Abbildung 10).

Die Verfügbarkeit von Unterkünften, Büros- und Besprechungsräumen wird vor allem von größeren Nachfragern genannt, die mit größeren Teams vor Ort Tests durchführen würden.

Eine größere Einigkeit herrscht bei den **allgemeinen Anforderungen** hinsichtlich Servicequalität und angebotenen Dienstleistungen. Vor allem eine kurzfristige Verfügbarkeit des Testfelds wird als wichtig angesehen, um sowohl im Forschungs- und Entwicklungskontext als auch für Kundendemonstrationen flexibel reagieren zu können. Dieser Aspekt geht einher mit der Erreichbarkeit und räumlichen Nähe des Testfelds zum jeweiligen Sitz des Unternehmens oder der Forschungseinrichtung. Auch von Interesse ist erfahrenes Personal, welches die Infrastruktur vor Ort bedienen kann und ggf. auch – z. B. bei Langzeittests – im Auftrag der Nutzer gewisse Einstellungen und Services an den langzeitinstallierten Objekten vornehmen kann (vgl. Abbildung 10).

Abbildung 10: Allgemeine und landseitige Anforderungen



8.3 Umfang der Nutzung

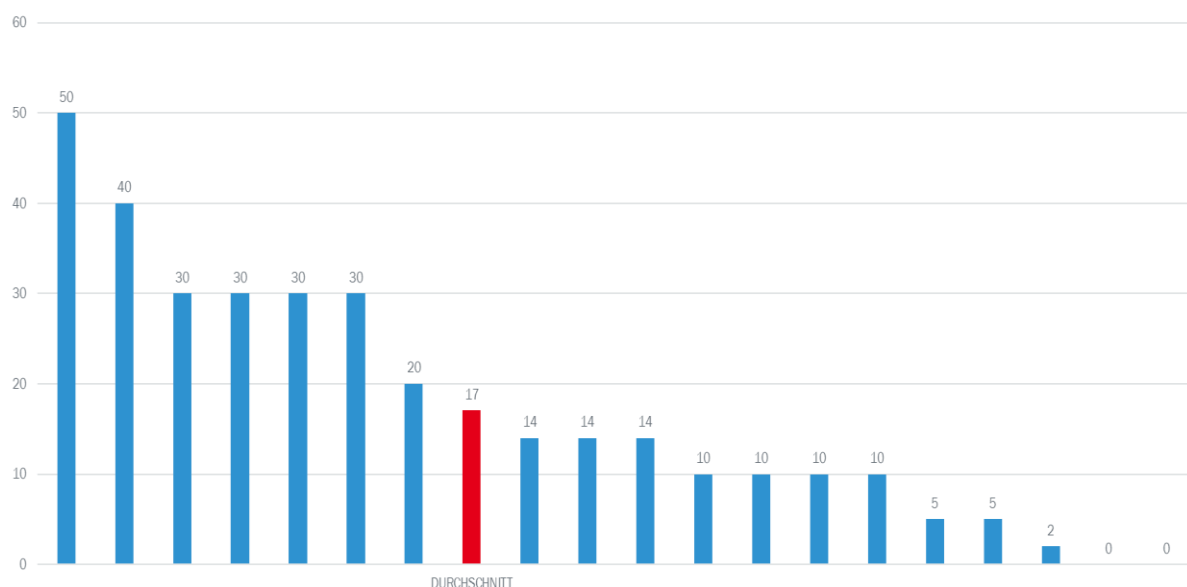
Bei der Frage nach der perspektivisch erwarteten Nutzung von Testkapazitäten in der Nordsee spiegeln die Ergebnisse der Befragung mit im Durchschnitt 17 Tagen pro Jahr nur eine zeitlich geringe Nutzung wider. Das Ergebnis deckt sich mit den Einschätzungen der Industrievertreter in den Fachgesprächen. Vor allem Industrieunternehmen kalkulieren nur mit wenigen Tagen für Offshore-Tests. Begründet wird dies zum einen damit, dass Offshore-Tests nur das Ende einer Testkaskade darstellen, die sich bspw. aus Simulationen, Tests in Testbecken und Tests in Außen- oder Hafenbecken zusammen setzen kann. Zum anderen achten gerade Industrieunternehmen auf die Kosten von Testphasen und hier insbesondere auf die Personalkosten, da Tests vor Ort zeitaufwändig sind und viel Personal binden.

Zu den Tests in Forschungs-, Entwicklungs- und Erprobungsphasen neuer Technologien kommen Demonstrationen von Systemen vor Kunden. Auch hierfür greifen Industrieunternehmen gerne auf Testzentren zurück. Bislang finden solche Demonstrationen aus Ermangelung geeigneter Testfelder in Deutschland häufig in den Kundenländern statt.

In der Abbildung nicht erfasst sind Langzeittests bei denen Objekte oder Produkte für Wochen oder Monate unter Wasser bleiben, um bspw. Korrosions- oder Bewuchs-Tests durchzuführen.

Forschungseinrichtungen und Universitäten sind nach eigener Aussage nicht in gleicher Weise kostensensibel wie die Industrie und können Testfelder auch für längere Zeiträume in Anspruch nehmen.

Abbildung 11: Perspektivischer zeitlicher Umfang der jährlichen Nutzung von Testzentren (in Tagen)



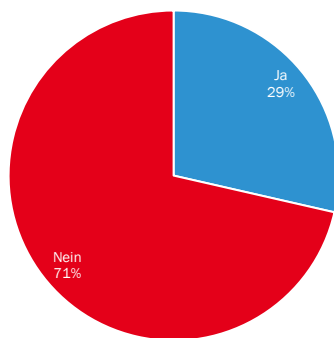
Ein Treiber für die zukünftige Nutzung könnte das Angebot von standardisierten Testszenarien und Zertifikaten sein. Die Gesprächspartner in den Fachinterviews berichten, dass nationale und internationale Kunden sich häufig schwer damit tun, innovative Technik oder Verfahren an ihrer Infrastruktur zu erproben. Vor allem mit Blick auf die neuen autonomen Technologien fehlt es noch an Vertrauen. Die Kunden suchen nach Belegen für Sicherheit und Zuverlässigkeit. Bislang gibt es für viele innovative Systeme noch keine anerkannten Tests. Standardisierte Testverfahren verbunden mit anerkannten Qualitätssiegeln oder Zertifikaten können helfen, Vertrauen in die neuen Technologien aufzubauen und den Marktzugang zu erleichtern. Wenn Testzentren (international) anerkannte Zertifikate ausstellen, könnte das auch die Nachfrage nach Testmöglichkeiten sowohl aus dem Inland wie auch dem Ausland positiv beeinflussen.

Ein weiterer Treiber für die Nachfrage nach Testkapazitäten wird vor allem bei großen Industrieunternehmen darin gesehen, dass der Markt für (hoch-)automatisierte Systeme weiter wachsen wird und damit automatisch die Zahl der unterschiedlichen Systeme und die Nachfrage nach Tests, Zertifikaten und Demonstrationsmöglichkeiten steigen wird.

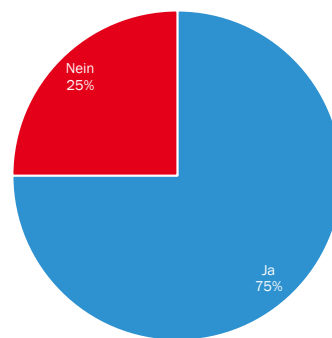
Auch die Befragung spiegelt diese Erwartungen wider. Rund drei Viertel der Befragten, die bislang noch kein Testzentrum genutzt haben, können sich perspektivisch eine Nutzung vorstellen.

Abbildung 12: Bisherige und perspektivische Nutzung von Testzentren

Haben Sie in der Vergangenheit bereits Offshore-Testzentren genutzt? (n=28)



Planen Sie perspektivisch, ein Offshore-Testzentrum zu nutzen? (n=20)



Prognos AG (2020)

8.4 Finanzierung und Zahlungsbereitschaft

Vor allem größere Unternehmen verfügen über eigene F&E-Budgets mit denen sie auch Tests ihrer Systeme finanzieren können. Sowohl größere als auch kleinere Unternehmen finanzieren Tests häufig über Förderprojekte oder direkt über Entwicklungsaufträge von Kunden oder Partnern. Allen Unternehmen ist gemein, dass sie sehr kostensensibel reagieren und daher versuchen Testzeiten und Testkosten möglichst gering zu halten.

In der Kostensensibilität liegt aber zugleich auch eine Chance für Testzentren in Deutschland. Bislang besteht für deutsche Unternehmen nur die Möglichkeit, entweder an ein ausländisches Testzentrum zu gehen, was in der Regel hohe Reise- und Transportkosten für Personal und Equipment bedeutet, oder ein Schiff zu mieten und eigene Hochseetests durchzuführen. Die Schiffsmiete bietet ein gutes Benchmark für die mögliche Zahlungsbereitschaft für einen Testtag: Ein Tag Schiffsmiete wird von den Gesprächspartnern mit ca. 5.000 - 10.000 EUR ohne Mannschaft und Treibstoff angesetzt. In der Regel sind ca. zwei bis drei Wochen oder 10 - 15 Arbeitstage für eine Mission erforderlich.

Weitere Finanzierungsmöglichkeiten können sich durch Förderprogramme der EU, des Bundes oder der Länder ergeben. Einige Förderprogramme haben das klare Ziel, neue Technologien zu erproben und ihnen zur Marktreife zu verhelfen. Im Rahmen spezifischer Projektförderungen oder Forschungsverbundvorhaben werden die Tests innovativer Technologien durch öffentliche Gelder unterstützt und können damit einen wichtigen Finanzierungsbaustein darstellen.

8.5 Synergiepotenziale zwischen dem Testzentrum auf Helgoland und dem DOL Rostock

Die Analyse der international bekanntesten Testfelder für mobilen Robotik hat verdeutlicht, dass neben Umgebungsfaktoren die regionale Verfügbarkeit von Testmöglichkeiten eine wichtige Rolle spielt. Nicht zuletzt aus diesem Grund befinden sich mit dem DOL Rostock und dem Testzentrum vor Helgoland derzeit zwei deutsche Testzentren im Aufbau. Wie in diesem Kapitel beschrieben, ist die Nachfrage nach Testmöglichkeit zwar auf viele Akteure verteilt und im Wachstum begriffen, aber zugleich auch zeitlich und finanziell begrenzt. Daher ist es empfehlenswert, die Gemeinsamkeiten wie auch Unterschiede und Synergiepotenzial der beiden geplanten Testzentren näher zu betrachten.

Gemeinsamkeiten

Beide im Aufbau befindlichen Testzentren richten sich grundsätzlich an Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die innovative Systeme und Lösungen, Fahrzeuge und Komponenten für die Meerestechnik entwickeln. Im Fokus sind dabei vor allem in Deutschland ansässige Unternehmen aber auch potenzielle Nachfrager aus den europäischen Nachbarländern.

Einen inhaltlichen Schwerpunkt bildet sowohl beim DOL als auch vor Helgoland das **Angebot von Testfeldern und entsprechender Infrastruktur für (teil-)autonome robotische Systeme** für den Einsatz unter Wasser, beispielsweise für Inspektions- und Wartungsarbeiten an Offshore-Strukturen. Eng damit verbunden sind Möglichkeiten für die Erprobung und Validierung von Sensorik. Mit der Bereitstellung umfangreicher Testmöglichkeiten sollen Unternehmen dabei unterstützt werden, ihre Systeme bis hin zur Marktreife in einer realistischen, anwendungsnahen Umgebung testen zu können. Neben Unternehmen sollen auch universitäre oder außeruniversitäre Forschungseinrichtungen sowie Forschungsverbünde eingebunden werden, die angewandte Forschung v. a. in den Bereichen der maritimen Robotik betreiben.

Hinsichtlich der **landseitigen Infrastruktur** lässt sich sagen, dass beide Testzentren (perspektivisch) unterstützende Infrastrukturen bereitstellen, die die Nutzerfreundlichkeit erhöhen. Dazu gehören unter anderem Büro- und Besprechungsräume, Werkstätten sowie eine umfassende IT-Infrastruktur, die auch für die wissenschaftliche Betreuung der Testversuche von hoher Relevanz ist. Der Ocean Technology Campus Rostock soll sich insbesondere auch durch den landseitig angesiedelten Campus mit Technologie- und Dienstleistungsunternehmen sowie

Forschungseinrichtungen der Meerestechnik auszeichnen. Gemeinsam mit den vor Ort angesiedelten Industriepartnern und Forschungseinrichtungen soll so rund um das DOL eine mehrwertbringende Serviceinfrastruktur geschaffen werden. Perspektivisch soll das Testzentrum auf Helgoland durch die Kooperationen mit Fraunhofer IFAM und dem DFKI und den bereits auf Helgoland ansässigen Partnern wie z. B. der Dependence des Alfred-Wegener-Instituts eine ähnliche Infrastruktur anbieten. Nicht zuletzt auch durch den geplanten Brückenkopf auf dem Festland in Cuxhaven.

Unterschiede

Die wesentlichen Unterschiede zwischen den beiden in Planung befindlichen deutschen Testfeldern liegen in den **natürlichen Bedingungen** in Nord- und Ostsee. Sie betreffen die maximale Wassertiefe, den Salzgehalt, die Bodenbeschaffenheit, Strömung und Seegang, die Sicht unter Wasser und die Wetterbedingungen. Da es für manche Technologien notwendig ist, sie unter den Umgebungsbedingungen zu testen, wie sie an ihrem zukünftigen Einsatzort vorherrschen, ergeben sich je nach Technologie unterschiedliche Anforderungen an die natürlichen Bedingungen, die zu klaren Präferenzen für die Nord- oder Ostsee führen können.

Tabelle 4: Natürliche Umgebungsbedingungen DTMT und DOL im Vergleich

Umgebungsbedingungen	DTMT auf Helgoland	DOL des OTC Rostock
Lage	2 Testfelder vor Helgoland, Hochsee, rd. 70km Entfernung zum Festland	Küstennahes Testfeld, Entfernung zum Hafen ca. 15km.
Klima/Wetter	harsch, stark wechselnd Durchschnittstemperaturen zwischen 1 °C und 20 °C Durchschnittliche Windgeschwindigkeiten zwischen 21 und 32 Km/h ⁷¹	mild, gleichmäßig, keine extremen Schwankungen Durchschnittstemperaturen zwischen -2 °C und 23 °C Durchschnittliche Windgeschwindigkeiten zwischen 17 und 24 Km/h ⁷²
Tiefe	bis zu 45m	ca. 16m
Bodenbeschaffenheit	Sand	Stein und Mergel, Sandauflage
Sicht	Gezeiten, ggf. Trübung durch Sedimenttransport	Klarwasser
Strömungsgeschwindigkeit	mehr als 1 m/s	bis zu ca. 1 m/s
Salzgehalt	ca. 3,5%	0,3 % - 1,8 %

Prognos AG (2020)

⁷¹ Vgl. <https://de.weatherspark.com/y/58448/Durchschnittswetter-in-Helgoland-Deutschland-das-ganze-Jahr-%C3%BCber> zuletzt aufgerufen am 3.12.2020.

⁷² Vgl. <https://de.weatherspark.com/y/73944/Durchschnittswetter-in-Rostock-Deutschland-das-ganze-Jahr-%C3%BCber> zuletzt aufgerufen am 3.12.2020.

Ebenfalls zu den natürlichen Faktoren lässt sich hier die **Erreichbarkeit** zählen. Die Hansestadt Rostock ist als Standort des OTC und der landseitigen Infrastruktur verkehrlich gut angebunden ist und das küstennahe Testfeld sowohl vom Hafen (ca. 15km) als auch vom Ufer (z. B. durch trailerbare Boote) gut erreichbar. Helgoland liegt ca. 70 km vom Festland entfernt, die Insel ist nur per Schiff (ca. 1,5 - 2,5 Std.) oder Flugzeug erreichbar. Der Brückenkopf in Cuxhaven und die bestehenden Fährverbindungen können den Standortnachteil Erreichbarkeit nicht vollständig aufwiegen. Die geplanten Testfelder vor Helgoland selbst sind dort ebenfalls küstennah und per Boot vom Hafen Helgoland aus gut erreichbar.

Weitere Unterschiede liegen auch in der **Schwerpunktsetzung**. Im Vergleich zum DOL Rostock, möchte das Testzentrum auf Helgoland bspw. auch die Teilmärkte Eis- und Polartechnik sowie Meeresenergie bedienen. Ein wesentlicher Unterschied ist, dass sich das Testzentrum auf Helgoland auch als Testumgebung für mobile Robotik in der Luft aufstellen möchte und damit auch Technologien zur Inspektion und Reparatur in der Luft wie bspw. AAVs und UAVs erprobt werden sollen. Außerdem sollen perspektivisch Test im Bereich Subsea Residence vor Helgoland durchgeführt werden können, d. h. Möglichkeiten von Langzeitunterwassertests in bis zu 45 Metern Tiefe geschaffen werden. Das DOL Rostock legt hingegen einen Schwerpunkt auf das Durchführen von Munitions-Altlastenuntersuchungen und bietet darüber hinaus Pilotenausbildungen für ROVs an. Um die Durchführung von Munitions-Altlastenuntersuchungen zu ermöglichen, sieht das OTC bspw. vor, seeseitig einen UXO-Garten zu errichten. Die Schwerpunktsetzung wirkt sich auch auf die konzeptionelle Gestaltung vor allem der seeseitigen Infrastruktur aus.

Synergiepotenziale

Aufgrund bestehender Unterschiede hinsichtlich der natürlichen Umgebungsbedingungen (bspw. Salzgehalt, Strömung, Seegang und Bodenbeschaffenheit) bedienen die Testfelder in der Nord- und Ostsee unterschiedliche Anforderungen an die Testumgebung. Befragung und Fachgespräche haben gezeigt, dass einige potenzielle Nutzer gezielt die **spezifischen Umgebungsbedingungen in der Nordsee bzw. der Ostsee** suchen, weil sich auch ihre Anwendungsfelder und Einsatzgebiete in der Nord- bzw. Ostsee befinden und die Tests nach Möglichkeit unter Bedingungen durchgeführt werden sollen, die möglichst nah an den zukünftigen Einsatzbedingungen sind. Gemeinsam können beide Testfelder daher eine größere Bandbreite an Bedarfen abdecken.

Auch hinsichtlich des **technologischen Reifegrades der Technologien**, die vor Ort getestet werden sollen können sich Helgoland und Rostock ergänzen. Wo auf dem Testfeld des OTC Technologien mit TRL 4 bis TRL 9 erprobt werden können, werden auf dem Testfeld vor Helgoland – nicht zuletzt wegen der vorherrschenden Wetterbedingungen – schwerpunktmäßig ausgereifte Technologien mit TRL 6 bis TRL 9 getestet. Bei den Reifegraden bauen die Testfelder bezüglich der Testkaskade aufeinander auf. Technologien können erst in Rostock und bei dortiger erfolgreicher Absolvierung in einem nächsten Schritt auf Helgoland getestet werden, wenn es sich um Technologien handelt, die unter Nordsee(-ähnlichen)-Bedingungen zum Einsatz kommen sollen. Dies gilt ebenso für Demonstrationen marktreifer Produkte vor potenziellen Kunden und Anwendern.

Eine wichtige Funktion könnten beide Testzentren auch bei der von vielen Gesprächspartnern als ausbaufähig beschriebenen **Vernetzung** der Akteure der deutschen Meerestechnik einnehmen. Beide Zentren sind bereits als Cluster angelegt und haben das Ziel die regionalen Akteure zu vernetzen. Indem sie diese Funktion ausbauen und auch untereinander ihre Netzwerke verbinden, könnten sie eine zentrale Rolle bei der Vernetzung der deutschen Meerestechnik einnehmen.

In beiden Fällen soll ein Fraunhofer Institut (IFAM auf Helgoland, IGD in Rostock) eine führende Rolle im Betreiberkonsortium spielen. Diese Ausgangskonstellation sollte für eine komplementäre

Ausgestaltung der beiden Testzentren genutzt werden. Ziel sollte es sein, **Synergien** zu heben, klare Profile an den einzelnen Standorten herauszubilden und redundante Angebote zu begrenzen sowie allgemein die Zusammenarbeit der beiden Zentren zu fördern.

In der Betreiberstruktur liegt auch eine weitere Chance für Synergien: Von vielen Gesprächspartnern wurde die zunehmende Bedeutung von standardisierten **Testverfahren und Zertifizierungen** hervorgehoben. Die Testzentren, zumal beide getragen von einer international renommierten Institution wie der Fraunhofer Gesellschaft, könnten dazu beitragen, standardisierte Testverfahren für ausgewählte Technologien zu entwickeln und auf der Grundlage anerkannter Prüfverfahren Zertifikate zu vergeben.

9 Identifizierung potenzieller Fördermaßnahmen

Der Querschnittscharakter der Meerestechnik zeigt sich auch beim Thema Förderung. Potenzielle Mittelgeber beim Bau der Infrastruktur sind die EU, der Bund sowie das Land Schleswig-Holstein. Welche Fördertöpfe dabei in Frage kommen ist im Wesentlichen davon abhängig, was ein Offshore-Testzentrum aus Sicht der Fördernden darstellt und wen das Testzentrum adressiert. Handelt es sich bei dem Testzentrum um eine eher klassische Forschungsinfrastruktur, die unterschiedliche Institute und Forschungseinrichtungen anspricht oder handelt es sich bei der Zielgruppe vorwiegend um Unternehmen und damit eher um eine wirtschaftsnahe Forschungsinfrastruktur?

Gemäß den vorherigen Analysen (vgl. Kap. 8.1) sollen die Nutzerinnen und Nutzer sowohl aus der Wirtschaft als auch aus der Wissenschaft kommen. Das Offshore-Testzentrum ist somit Dienstleister und Forschungsinfrastruktur zugleich. Eine klare Förderzuständigkeit lässt sich dadurch, zumindest für Fördermöglichkeiten durch den Bund, aber nicht ableiten. Zuständig für den Nationalen Masterplan Maritime Technologien ist bspw. das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Gleichwohl hat das Testzentrum auch einen klaren Bezug zu den Aufgaben des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) oder dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), welches weitestgehend für das Thema Schifffahrt zuständig ist. Auch zum Bundesministerium für Umwelt (BMU) lassen sich bspw. durch Themen wie die nachhaltigere Nutzung der Meeresressourcen oder die Themen Energiewende und Erneuerbare Energien Bezüge herstellen.

Zur Klärung der finalen Zuständigkeit gilt es, vor Beantragung von Fördergeldern, ein klares Geschäftsmodell zu definieren. Hierzu gehört auch die Darstellung eines Betreiberkonzepts. In Abstimmung mit den genannten Ministerien lassen sich dann die Zuständigkeiten klären. Auf Bundesebene liegen die vielversprechendsten Möglichkeiten nach gegenwärtigem Kenntnisstand dabei beim BMWi oder dem BMBF.

Grundsätzlich lassen sich Infrastrukturförderungen, die zur Finanzierung des Baus des Testzentrums dienen, und Projektförderungen, die beim Betrieb des Testzentrums unterstützen können, voneinander unterscheiden. Der Fokus liegt nachfolgend auf den Möglichkeiten zur Infrastrukturförderung, da die Finanzierung der Projekte, die im Testzentrum durchgeführt werden sollen, nicht in den Aufgabenbereich des Betreibers fallen. Dennoch können solche Projekte natürlich

das Netzwerk zwischen den Akteuren der Meerestechnik stärken und auch länderübergreifend zur Akquise von Projektfördermitteln führen.

Seitens der **Europäischen Union** erscheint eine direkte Förderung zum Bau der Offshore-Testzentrums allerdings nicht möglich. Das Konzept und die Umsetzung des Projekts wurden von deutscher Seite geplant und vorangetrieben. Internationale bzw. europäische Projektpartner, die bei der Umsetzung und dem späteren Betrieb mit involviert sind, gibt es nicht. Vor diesem Hintergrund scheidet eine direkte Förderung durch die EU aus.

Abbildung 13: Fördermöglichkeiten nach Zuständigkeit

	EU	Bund	Land
Investitions-/ Bauförderung	Wahrscheinlich keine direkte Fördermöglichkeit	- Zuständigkeit klären - Mehrere Ministerien könnten adressiert werden (BMW, BMBF, BMVI und BMU)	- EFRE - GRW
Förderung des Betriebs	Projektförderung	Projektförderung	Projektförderung

Quelle: Prognos AG (2020)

Auf **Bundesebene** finden sich, abhängig vom Ministerium, verschiedene Fördermöglichkeiten. Insbesondere seitens des BMBF und des BMWi drängen sich folgende Programme auf:

- Nationale Roadmap für Forschungsinfrastrukturen:** Das Förderprogramm des BMBF zielt auf die langfristige Ausrichtung der Spitzenforschung in Deutschland. Im Vordergrund stehen Infrastrukturen mit strukturprägender Wirkung und einer langen Nutzungsdauer. Die Freigabe von Fördergeldern erfolgt nach einem umfangreichen Bewertungsverfahren, welches die forschungspolitische und gesellschaftliche Relevanz der Infrastruktur überprüft.⁷³
- Maritimes Forschungsprogramm:** Mit der „Stärkung der Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit“, der „Intensivierung der Digitalisierung der maritimen Branche“ und der „Steigerung der Effizienz, Nachhaltigkeit und Sicherheit“ adressiert das geplante Offshore-Testzentrum alle Programmziele des Maritimen Forschungsprogramms. Gegenstand der Förderung sind Projekte aus dem Bereich Forschung, Entwicklung und Innovation, die sich durch ein hohes wissenschaftliches und technisches Risiko auszeichnen.

⁷³ BMBF (2019): Roadmap für Forschungsinfrastrukturen. Online publiziert: <https://www.bmbf.de/de/roadmap-fuer-forschungsinfrastrukturen-541.html> (Stand: 05.11.2020)

Der direkte Bezug zur Meerestechnik wird herausgestellt. Infrastrukturförderungen werden zwar nicht konkret erwähnt, eventuell lassen sich aber Teilbereiche des Testzentrums über geförderte Einzelprojekte finanzieren.⁷⁴

Auf **Landesebene** bestehen folgende Optionen:

- **EFRE/GRW-Förderung:** Die Regionale Innovationsstrategie des Landes Schleswig-Holstein (RIS) befindet sich gegenwärtig in der Überarbeitung. Sie bildet die Grundlage für die wirtschaftspolitische und technologische Ausrichtung des Landes sowie die Verteilung europäischer Fördergelder durch den Europäischen Fond für Regionale Entwicklung (EFRE). Eines der fünf Spezialisierungsfelder der RIS ist die Maritime Wirtschaft, welche somit auch zukünftig durch das Land gezielt unterstützt werden soll.

Zusammen mit den Fördergeldern der Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur (GRW) kann mit dem EFRE der Ausbau von wirtschaftsnahen Infrastrukturen gefördert werden. Die Höhe der Förderquote ist dabei abhängig von der Art der Infrastruktur sowie der Wirtschaftlichkeit des Projekts.

⁷⁴ BMWi (2017): Bekanntmachung zur Förderung von Forschung, Entwicklung und Innovation im Rahmen des „Maritimen Forschungsprogramms“ der Bundesregierung.

10 Bewertung des Marktpotenzials für ein Offshore-Testzentrum in der deutschen Nordsee

Für eine abschließende Bewertung des Marktpotenzials für ein Offshore-Testzentrum für Meerestechnik in der deutschen Nordsee werden in diesem Kapitel noch einmal die zentralen Faktoren zusammengeführt und die Stärken/Schwächen und Chancen/Risiken in einer SWOT-Analyse aggregiert.

Marktwachstum in vielen Anwendungsfeldern der Meerestechnik

Ein zentraler Faktor, der für einen Bedarf eines weiteren Testzentrums in der Nordsee spricht, ist die Dynamik sowohl in zentralen Anwendungsfeldern der Meerestechnik, als auch durch die Innovationen in der Meerestechnik selbst. Viele Anwendungsfelder für Meerestechnik wachsen. Allen voran die Offshore-Wind Industrie, die gerade für Deutschland eine zentrale Bedeutung hat. Aber auch weitere Felder, wie Offshore-Gas, Deepsea-Mining oder Aqua-Farming und Meeresforschung. Gleichzeitig besteht auch bei den Technologien eine hohe Dynamik und Innovationsgeschwindigkeit. Ein wichtiger Treiber ist der Trend zu autonomen oder (teil-)autonomen Systemen der mobilen Robotik. Allerdings nimmt Deutschland nur in wenigen Anwendungsfeldern eine führende Rolle ein, zu nennen sind hier Offshore-Wind, Meeresenergie, Minenräumung oder Meeresforschung. Auch bei den Technologien herrscht international ein hoher Wettbewerbsdruck – die USA, Canada und Norwegen haben in vielen Bereichen der Meerestechnik eine Marktführerschaft, asiatische Anbieter vor allem bei Komponenten häufig die Kostenführerschaft. Deutschland verfügt in der Meerestechnik nur über wenige Großunternehmen. Die Unternehmenslandschaft wird vor allem durch KMUs geprägt, die zwar häufig sehr innovativ und international agieren, aber oft nur mit einer kleinen Palette hochspezifischer Produkte am Markt sind. International wettbewerbsfähig ist hingegen die sehr gute Forschungslandschaft in Deutschland.

Die politischen Rahmenbedingungen für weiteres Wachstum sind günstig

Die günstigen Marktbedingungen erfahren weitere Unterstützung durch die politischen Strategien der EU und Deutschlands: Mit dem jüngst beschlossenen Green Deal gewinnt das Thema Nachhaltigkeit auf europäischer Ebene weiter an Bedeutung. Die Meerestechnik kann davon profitieren, denn sie ist als Querschnittsbranche technologischer Lieferant einer Reihe von Anwendungsgebieten wie den Erneuerbaren Energien oder dem marinen Umweltschutz. Auch in der deutschen Wirtschaftspolitik bildet die Meerestechnik einen Fokus: Im Nationalen Masterplan Maritime Technologien (NMMT) werden technologische Schwerpunktthemen mit Zukunftspotenzial definiert, die sich mit der technologischen, wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Weiterentwicklung von Schlüsselbereichen der Meerestechnik befassen. Und auch auf Landesebene kommen der maritimen Wirtschaft und der Meerestechnik eine prägende Rolle zu. In den sog. Regionalen Innovationsstrategien vieler Küstenländer werden die maritime Wirtschaft und zugehörige Branchen als zentrale Spezialisierungsfelder definiert. Insgesamt sind die Erforschung und nachhaltige Nutzung der Meere auf allen politischen Ebenen in den letzten Jahren deutlich stärker in den Fokus gerückt. Dabei kommt insbesondere durch die strategische Rahmensetzung der Bundesregierung der Technologieentwicklung ein zentraler Stellenwert zu.

Mit der positiven Entwicklung der Anwendungsmärkte, der steigenden Nachfrage nach neuen Technologien der Meerestechnik und der öffentlichen Förderung der maritimen Wirtschaft und

Forschung, wird auch der Bedarf nach Testzentren, in denen solche Technologien und Anwendungen entwickelt und erprobt werden können weiter steigen.

Das Konzept für das Testzentrum auf Helgoland entspricht den Anforderungen potenzieller Nutzer

Der Fokus des auf Helgoland im Aufbau befindlichen Deutschen Testzentrums für Maritime Technologien (DTMT) liegt auf der Bereitstellung von Testkapazitäten für Unternehmen der Meerestechnik und der angewandten Forschung. Damit sollen insbesondere die Teilmärkte Offshore-Wind, Unterwassertechnik, Maritime Mess- und Umwelttechnik, Marikultur sowie Offshore Öl und Gas angesprochen werden. Ein wesentlicher Schwerpunkt des Testzentrums liegt auf der Erprobung von robotischen Systemen für den Einsatz unter Wasser, auf der Wasseroberfläche oder in der Luft. Ergänzt werden sollen die Testmöglichkeiten durch entsprechende seeseitige Infrastrukturen für Docking- und Residence-Konzepte oder die Erprobung von Komponenten und Technologien bspw. im Bereich Sensorik, Messtechnik oder Energiesystemen. Die Planungen sehen sowohl land- als auch seeseitige Infrastrukturen und Services vor, die sich an den Anforderungen der potenziellen Nutzerinnen und Nutzer orientieren. Ein weiterer positiver Aspekt liegt in der geplanten Betreiberstruktur: Fraunhofer IFAM und DKFI bringen umfangreiches Know-how im Bereich Autonomie und KI ein. Weitere regionale Partner, wie das Alfred-Wegener-Institut, das Helmholtz-Zentrum für Material- und Küstenforschung Geesthacht (HZG), das Institut für Chemie und Biologie des Meeres der Universität Oldenburg und die Jacobs University Bremen erweitern die Kompetenzen, sodass bereits aus den beteiligten Akteuren ein attraktives Cluster für potenzielle Interessenten aus Wirtschaft und Wissenschaft/Forschung entsteht.

Internationale Offshore-Testzentren bedienen vornehmlich die nationale Nachfrage

Das geplante Testzentrum vor Helgoland ergänzt eine bereits bestehende Landschaft nationaler und internationaler Testzentren, die zum Teil bereits seit Jahren etabliert, zum Teil im Aufbau befindlich sind. Im Rahmen der vorliegenden Potenzialanalyse wurden vier internationale Offshore-Testzentren näher betrachtet, die auch vornehmlich der Erprobung autonomer und teilautonomer Systeme der mobilen Robotik dienen: Das COVE in Canada, PLOCAN in Spanien auf den kanarischen Inseln, die Testsite Skagerrak in Schweden und NTNU AMOS in Norwegen. Jeder dieser internationalen Anbieter von Offshore-Testarealen setzt individuelle Schwerpunkte. Maßgeblicher Unterschied sind aber die natürlichen Gegebenheiten, insbesondere hinsichtlich der Meerestiefe und der Hochsee- bzw. Tiefseebedingungen. Ähnlich wie die geplanten Zentren in Deutschland sind internationalen Testzentren stark in regionale Forschungs- bzw. Universitätsstrukturen eingebunden. Ergänzt durch unterschiedliche Dienstleister vor Ort bieten die Testzentren ein hohes Servicelevel für potenzielle Nutzer. Die Gespräche mit den internationalen Testzentren haben gezeigt, dass ein Großteil der Nachfrage auf nationale Nutzer bzw. Nachfrager aus den jeweiligen Anrainerstaaten entfällt und daher kein unmittelbarer Wettbewerb zwischen den internationalen Testangeboten gesehen wird.

Auch die Interviews mit deutschen Vertretern aus Industrie und Forschung haben ergeben, dass diese Testfelder bekannt sind und auch von deutschen Unternehmen oder Forschern vereinzelt genutzt werden, aber aufgrund hoher Reise- und Transportkosten Testmöglichkeiten in Deutschland oder Tests von Schiffen aus präferiert werden. Von den internationalen Testzentren geht daher kein Wettbewerbsdruck auf ein deutsches Testzentrum in der Nordsee aus.

Komplementäre Angebote, Synergien und Vernetzung unterstützen den Bedarf für zwei deutsche Testzentren in Nord- und Ostsee

Anders gelagert ist die Wettbewerbssituation zum geplanten Digital Ocean Lab und dem OTC in Rostock. Sowohl das geplante DTMT auf Helgoland als auch das DOL legen einen Schwerpunkt auf die Entwicklung und Erprobung von Technologien der mobilen Robotik und Anwendungen, die in den wachstumsträchtigen Arbeitsfeldern Offshore Wind, Offshore Öl/Gas oder der Meeresforschung zum Einsatz kommen. Sie sprechen damit in vielen Bereichen grundsätzlich die gleiche Zielgruppe von Unternehmen und in der Wissenschaft an. Beide Zentren planen aber auch komplementäre Angebot, z. B. vor Helgoland im Bereich der Eis- und Polarmeeresforschung, oder der mobilen Robotik auf und über dem Wasser (Drohnen) oder vor Rostock im Bereich der Munitionsdetektion. Vor allem die Umgebungsbedingungen machen aber den Unterschied, die größere Tiefe (bis zu 45 m vor Helgoland vs. bis zu 16 m vor Rostock), die Strömungsgeschwindigkeit, Sichttiefe und Wetterbedingungen. Denn potenzielle Nachfrager weisen teilweise klare Präferenzen auf, da sie ihre Technologien bei Offshore-Tests in einer Umgebung testen wollen, die den künftigen Anwendungsbedingungen ihrer Technologien möglichst nahe kommt. Darüber hinaus können sich beide Testfelder in der Testkaskade ergänzen, die für einzelne Anwendungen über Simulationen, Test im Becken und Test in der Ostsee zu Test in den rauerer Bedingungen in der Nordsee führen kann. Auch die Erreichbarkeit ist für viele Industriekunden ein wichtiger Faktor. Helgoland hat hier einen Standortnachteil gegenüber dem OTC, ist aber wiederum schneller und günstiger erreichbar als andere internationale Testfelder.

Eine Chance liegt in der geplanten Betreiberstruktur der Testzentren in Nord- und Ostsee. Bei beiden Zentren wird ein Fraunhofer-Institut in führender Funktion involviert sein. Damit haben beide Zentren einen starken, international renommierten wissenschaftlichen Partner mit der Möglichkeit, über eine zielorientierte Zusammenarbeit und eine gemeinsame Vermarktung der Angebote zusätzlichen Mehrwert für die maritime Wirtschaft zu schaffen. Ein in den Gesprächen mit Industriekunden vielfach angesprochenes Handlungsfeld ist der Bedarf für standardisierte Zertifizierung v. a. im Bereich (hoch-)automatisierter Systeme, um Vertrauen und Sicherheit für neue Technologie zu schaffen und insbesondere deutschen Anbieter den Marktzugang bei internationalen Kunden zu erleichtern. Ein weiteres Handlungsfeld ist die von vielen Akteuren als ausbaufähig beschriebene Vernetzung der maritimen Wirtschaft in Deutschland. Hier gerät Deutschland ins Hintertreffen verglichen bspw. mit dem NTNU AMOS in Norwegen, um das sich viele nationale und internationale Akteure der Meerestechnik und -forschung versammeln.

Mit zwei Testzentren in der Nordsee und der Ostsee können deutschen und internationalen Nutzern zwei Angebote zur Verfügung stehen, die zum einen in vielen Bereichen komplementär sind und unterschiedliche Anwendungsszenarien unterstützen und die darüber hinaus aber auch durch gezielte Kooperation und Vernetzung weiteren Mehrwert schaffen können.

Abbildung 14: SWOT-Analyse des geplanten Testzentrums vor Helgoland

Stärken	Schwächen
▪ Nordseebedingungen als USP, (realitätsnahe Tests für viele Anwendungsszenarien, Abgrenzung zum DOL des OTC) ▪ Angebot für Flugdrohnen-Tests als Alleinstellungsmerkmal ▪ Geplante Infrastruktur, Ausstattung und Services orientieren sich an Anforderungen der zukünftigen Nutzer ▪ Großes Know-how im Bereich Autonomie und KI durch Betreiber-Konsortium IFAM/DFKI ▪ Regionales Cluster auf Helgoland im Aufbau, das Testzentrum entsteht nicht „auf der grünen Wiese“, sondern kann an bestehenden Strukturen (z. B. Testareal des AWI) anschließen ▪ Synergie mit Testfeld Wasserstoff(-pipeline)	▪ Maximale Tiefe 45m, keine Tiefseebedingungen ▪ Durch Wetterbedingungen ggf. eingeschränkte Nutzungszeiträume ▪ Standort Helgoland: Logistik und Erreichbarkeit als Hürde
Chancen	Risiken
▪ Wachstumsmarkt mobile Robotik, wachsender Bedarf an Tests und Demonstrationen ▪ Erwartete Marktentwicklung vieler Arbeitsfelder der Meerestechnik ▪ Deutschland unter den führenden Anbietern und Betreibern von Offshore-Windkraftanlagen ▪ Politische Rahmenbedingungen und Zielsetzungen als Wachstumstreiber der Meerestechnik ▪ Strategische Bedeutung für die Meerestechnik-Branche in Deutschland ▪ Bedarf für standardisierte Zertifizierung, v. a. im Bereich (hoch-)automatisierter Systeme ▪ Geringer Wettbewerbsdruck durch internationale Testfelder ▪ Synergieeffekte mit dem DOL des OTC (Kristallisationspunkt für die deutsche Meerestechnikbranche) ▪ Mit dem awi, MARUM und GEOMAR verfügt Deutschland über Meeresforschungseinrichtungen von internationalem Spitzenniveau ▪ Bedarf an Vernetzung in der deutschen und internationalen Meerestechnik ▪ Fraunhofer-Gesellschaft als Betreiber	▪ Unternehmenslandschaft klein und mittelständisch geprägt, wenige international marktführende Großunternehmen ▪ Begrenzte Zahl potenzieller Nutzer und wachsende, aber in Häufigkeit und Dauer begrenzte Nutzungsintensität ▪ Wettbewerb mit OTC um Industrie- und Forschungskunden ▪ Langfristige Tragfähigkeit und Finanzierung ▪ Aufwändiges Raumordnungsverfahren ▪ Verzögerungen beim Aufbau der Infrastruktur und Markteintritt

Quelle: Prognos AG (2020)

Offshore-Testzentren benötigen eine dauerhaft gesicherte Finanzierung

Ein Aspekt, der im Rahmen der vorliegenden Marktpotenzialanalyse nur eingeschränkt bewertet werden kann, ist die finanzielle Tragfähigkeit eines Testfeldes und einer Testinfrastruktur in der Nordsee. Der Auf- und Ausbau der land- und seeseitigen Infrastruktur erfordert zunächst Investitionen in Büros, Hallen, Werkstätten und IKT-Ausstattung. Gleichzeitig ist aus heutiger Sicht und auf Grundlage der Fachgespräche und Befragungsergebnisse die absolute Nachfrage nach Testkapazitäten zurzeit noch begrenzt, wenn auch perspektivisch – wie oben dargelegt – ein Wachstum erwartet wird. Zudem sind vor allem Industriekunden sehr kostensensibel und versuchen Testdauer und Testkosten von Offshore-Tests in Entwicklungs- und Erprobungsphasen zu begrenzen. Vorbehaltlich einer detaillierten Wirtschaftlichkeitsanalyse lässt sich aus den Aussagen zur Nachfrage und Zahlungsbereitschaft aus Industrie und Wissenschaft ablesen, dass sich Investitions- und Betriebskosten nicht vollumfänglich über Nutzungsgebühren gegenfinanzieren lassen. Diese Erwartung deckt sich mit den Aussagen der Gesprächspartner an den internationalen Testzentren, die ebenfalls öffentlich gefördert werden und sich als Teil der jeweiligen nationalen Wissenschafts- und Forschungslandschaft verstehen.

Allerdings bieten ein breites Portfolio möglicher Testszenarien, Kurz- und Langzeittest, attraktive ergänzende Services und eine Mischung aus privater und öffentlicher Forschungsfinanzierung sowie potenzielle internationale Nachfrager z. B. aus Anrainerstaaten eine Chance, durch eine professionelle Vermarktung kontinuierlich stabile Erlöse zu erzielen und mittel- bis langfristig einen wirtschaftlich tragfähigen Betrieb zu realisieren. Eine abschließende Bewertung der finanziellen Tragfähigkeit und des Zuschussbedarfs kann aber erst nach einer detaillierten Wirtschaftlichkeitsanalyse mit fundierten Kosten- und Erlösprognose erfolgen.

Ein Testzentrum in der Nordsee stärkt die deutsche Meerestechnik

Aus einer strategischen Sicht sprechen viele Argumente dafür, die deutsche Meerestechnik mit einem weiteren Testzentrum vor Helgoland zu stärken. Den deutschen Testzentren kommen mehrere Funktionen zu: Sie können durch ihre Testmöglichkeiten die Entwicklungsstärke und Innovationsfähigkeit der deutschen Meerestechnologie fördern, sie können durch Qualitätssiegel oder Zertifikate den Marktzugang deutscher Anbieter international stärken und sie können die Vernetzung von Unternehmen, Kunden und Wissenschaft vorantreiben. Insgesamt können die mit den Zentren verbundenen strategischen und volkswirtschaftlichen Ziele (siehe Theory of Change in Kap. 4) durch die Analyse bestätigt werden.

Mit Blick auf die parallelen Planungen in der Nord- und Ostsee unter dem Dach der Fraunhofergesellschaft sollten die Möglichkeiten ausgeschöpft werden, die beiden Zentren komplementär auszurichten und Synergien bestmöglich zu nutzen. Das Risiko eines innerdeutschen Wettbewerbs sollte durch grundlegende Kooperation und Abstimmung der Angebote minimiert werden.

Gleichwohl werden sowohl der Aufbau als auch der Betrieb durch öffentliche Fördermittel unterstützt werden müssen. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist eine finanzielle Tragfähigkeit des operativen Betriebs mit einem breiten Portfolio an Angeboten und Services und einer Mischkalkulation aus privaten und öffentlichen Forschungsgeldern langfristig möglich, sofern effiziente Strukturen geschaffen werden und eine professionelle Vermarktung erfolgt. Die beschriebenen strategischen und volkswirtschaftlichen Erfolge werden sich nicht über Nacht einstellen. Die Infrastruktur sollte sukzessive und entlang der Nachfrage aufgebaut werden. Renommee, Netzwerke und Synergien brauchen Zeit, um sich zu entwickeln. Daher wird empfohlen, einen langen Atem zu beweisen und die Strukturen wie auch die Förderung auf ein längeres Wachstum anzulegen.

Anhang

Projektbeirat

Institution/Unternehmen	Beiratsmitglied	Funktion
Bundesamt für Hydrographie und Seeschifffahrt (BSH)	Dr. Nico Nolte	Abteilungsleiter Ordnung des Meeres
Deutsches Maritimes Zentrum e.V.	Claus Brandt	Geschäftsführer
Deutsches Maritimes Zentrum e.V.	Frederik Treuel	Referent für Strategie und internationales Monitoring (Projektleiter)
GMT Gesellschaft für Maritime Technik e.V.	Petra Mahnke	Geschäftsführerin
GMT Gesellschaft für Maritime Technik e.V.	Torsten Turla	Vorstandsmitglied GMT, Geschäftsführer MacArtney Germany GmbH
Fraunhofer IFAM	Dr. Hanno Schnars	Geschäftsfeldleiter Maritime Technologien
Fraunhofer IGD	Prof. Dr. Uwe Freiherr v. Lukas	Standortleitung Fraunhofer IGD Rostock, Maritime Graphics
Fraunhofer IGD	Dr. Robert Wagner	Smart Ocean Technologies
Stiftung Offshore-Windenergie	Jörgen Thiele	Vorstandsmitglied

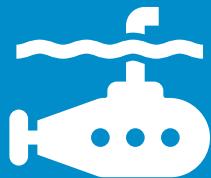
Gesprächspartner/-partnerinnen der Fachinterviews

Institution/Unternehmen	Gesprächspartner/in	Funktion
Alfred-Wegener-Institut für Meeresforschung	Prof. Dr. Eberhard Sauter	Leiter Stabsstelle Technologietransfer
Atlas Elektronik	Dr. Geronimo Dzaack	Leiter Technologie, Innovation und Nachhaltigkeit
Baltic Taucherei und Bergungsbetrieb GmbH	Eyk Uwe Pap	Geschäftsführer
Centre for Ocean Ventures & Entrepreneurship (COVE)	Sheila Paterson	Chief Operating Officer (COO)
CURPAS e.V.	Prof. Dr. Uwe Meinberg	Vorstandsvorsitzender

DFKI – Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz	Christopher Gaudig	Mitarbeiter Robotics Innovation Center
Fraunhofer IFAM	Dr. Hanno Schnars	Geschäftsfeldleiter Maritime Technologien
Fraunhofer IOSB	Prof. Dr. Rauschenbach	Direktor des Fraunhofer IOSB-AST, Angewandte Systemtechnik
GISMA Steckverbinder GmbH	Tobias Frerck	Geschäftsführer
GMT Gesellschaft für Maritime Technik e.V.	Petra Mahnke	Geschäftsführerin
Kommune Lysekil (Skagerrak Testsite)	Anne Gunnäs	Maritime Koordinatorin Lysekil
Kraken Robotik GmbH	Dr. Jan Albiez	Director Of Engineering
MacArtney GmbH	Torsten Turla	Geschäftsführender Gesellschafter
MARUM – Zentrum für Umweltwissenschaften	Prof. Dr. Ralf Bachmayer	Leiter „Arbeitsgruppe Marine Umwelttechnologie“
Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN)	Jose Joaquin Hernandez Brito	Chief Executive Officer (CEO)
Plataforma Oceánica de Canarias (PLOCAN)	Carlos Barrera	Head at Oceanic Platform of the Canary Islands
RISE Research Institutes of Sweden (Skagerrak Testsite)	Kerstin Hindrum	Abteilung für Sicherheitsforschung
Rosen Technology and Research GmbH	Dr. Peter Kampmann	Teamlead Subsea R&D bei ROSEN
Sea & Sun Technology GmbH	Dr. Susan Mau	Project Manager
thyssenkrupp Marine Systems GmbH	Willem Wehner	Head of Product Architecture Submarines
4H Jena Engineering	Michael Boer	Geschäftsführer
Wärtsilä Deutschland GmbH	Dr. Steffen Knodt	Director Digital Ventures
Windea	Thomas van der Laan	Project Manager

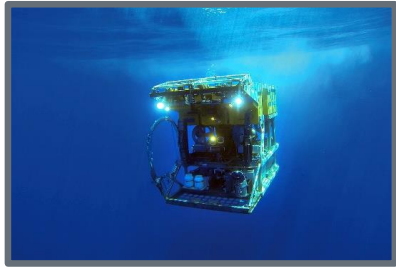
Technologiekatalog Mobile Robotik der Meerestechnik

Unter Wasser	2
ROV	3
AUV	4
Crawler	5
Geschleppte Systeme	6
Plows/Trencher	7
Stationäre Systeme/Observatorien	8
Lander	9
Floater und Drifter	10
Unterwassergleiter	11
Subsea-Residence	12
Über Wasser	13
USV/ASV	14
Wellengleiter	15
In der Luft	16
UAV	17



Unter Wasser

ROV (Remotely Operated Vehicle)



Kurzbeschreibung

ROVs sind Unterwasserroboter, die mit einer Kabelverbindung zur Energie- und Informationsübertragung an eine Überwasserplattform angeschlossen sind. Sie sind üblicherweise in Form eines Gerüsts aufgebaut, an welches je nach Einsatzzweck verschiedenste missionsspezifische Subkomponenten angebracht werden können. Diese Subkomponenten umfassen unter anderem Sensortechnik zum Zwecke der Observation (Kameras, Drucksensoren etc.). Des Weiteren können ROVs durch das Anbringen von Manipulatoren verschiedenste Aufgaben, wie das Greifen und Bewegen von Gegenständen, erledigen. Grundsätzlich wird zwischen "Inspection-Class ROVs" und "Intervention-Class ROVs" unterschieden. Erstere sind üblicherweise kleiner und leichter, und erledigen Inspektions- sowie Kartierungsaufgaben. "Intervention-Class ROVs" oder "Work-Class ROVs" sind meist mit mehreren Manipulatorarmen ausgestattet, und erledigen damit komplexere Aufgaben wie Reinigung oder Wartung von Unterwasserstrukturen.

(potenzielle) Anwendungsgebiete

Offshore-Wind	✓
Offshore-Öl/Gas	✓
Maritimer Wasserbau	✓
Maritime Mess- und Umwelttechnik	✓
Unterwassertechnik	✓
Marine mineralische Rohstoffe	(✓)
Maritime Verkehrsleit- und Sicherheitstechnik	(✓)
Marikultur	(✓)
Eis- und Polartechnik	✓
Meeresenergien	(✓)

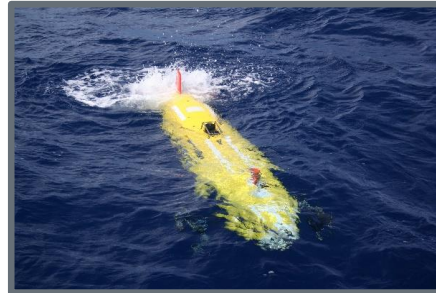
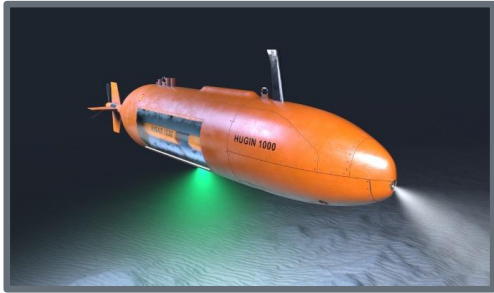
Aufgaben/Anwendung

ROVs werden überwiegend in der Öl- und Gasindustrie eingesetzt. Dort übernehmen sie Inspektions- und Wartungsarbeiten. In der Meeresforschung werden ROVs unter Anderem zur Observation von Ökosystemen oder zur Probenentnahme von Sediment verwendet. In der Marikultur werden ROVs zur Inspektion von Netzen oder Überwachung der Fischbestände eingesetzt. Potenziell sind ROVs in jedem der hier definierten Anwendungsgebiete einsetzbar, da sie missionsspezifisch ausgestattet werden können.

Ausgewählte Zukunftstrends

Ein aktueller Forschungstrend ist die Entwicklung von sogenannten Hybrid-ROVs. Diese Fahrzeuge agieren autonom, bis sich auf Knopfdruck ein menschlicher Pilot einschaltet. Die Entwicklung von fortgeschrittenen Subkomponenten ist ein aktives Forschungsfeld, Beispiele kommen aus den Bereichen derameratechnik, wie z.B. TOF-Kameras oder aus der Kommunikationstechnik, wo fortschrittliche Entwicklungen beispielsweise das kabellose Steuern von ROVs ermöglichen können.

AUV (Autonomous Underwater Vehicle)



Kurzbeschreibung

AUVs sind Unterwasserfahrzeuge, die autonom Aufgaben unter Wasser ausführen. Im Gegensatz zu ROVs, welche über ein Kabel mit einem Trägersystem verbunden sind, sind AUVs ohne Verbindung und meist batteriebetrieben unterwegs. Dadurch ist Kommunikation mit dem AUV während des Einsatzes kaum möglich. Im Allgemeinen sind AUVs torpedoförmig und werden von einem Heckantrieb angetrieben. So können sie über längere Zeit in schwer zugänglichen Gebieten arbeiten. Durch das Anbringen von verschiedensten Sensoren können AUVs missionsspezifisch ausgestattet werden. Üblicherweise haben AUVs keine angebrachten Manipulatoren, und können daher keine Aufgaben wie Wartungen ausführen. Der Grad der Autonomie beschränkt sich im Allgemeinen auf das Abfahren voreingestellter Routen.

(potenzielle) Anwendungsgebiete

Offshore-Wind	✓
Offshore-Öl/Gas	✓
Maritimer Wasserbau	(✓)
Maritime Mess- und Umwelttechnik	✓
Unterwassertechnik	✓
Marine mineralische Rohstoffe	(✓)
Maritime Verkehrsleit- und Sicherheitstechnik	(✓)
Marikultur	(✓)
Eis- und Polartechnik	✓
Meeresenergien	(✓)

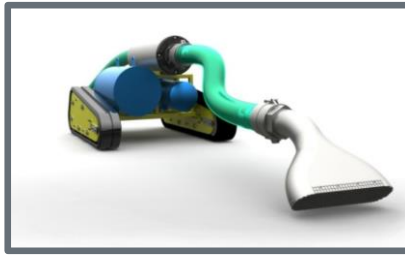
Aufgaben/Anwendung

AUVs werden überwiegend von der Öl- und Gasindustrie zur Kartierung und Exploration eingesetzt. In der Meeresforschung werden AUVs zur Untersuchung von Flüssen, Seen und dem Meeresboden genutzt. Weitere Anwendungsbeispiele sind die Minenabwehr und das Lokalisieren von Wracks abgestürzter Flugzeuge. Da AUVs hauptsächlich zur Kartierung und Exploration eingesetzt werden können, sind sie potenziell für alle hier definierten Anwendungsgebiete von Interesse.

Ausgewählte Zukunftstrends

AUVs, welche autonom fahren und Aufgaben ausführen können, sogenannte "Intervention-AUV" oder "I-AUV", befinden sich in der Entwicklung. Ein Beispiel ist ein von der Universität in Queensland entwickelter I-AUV, der autonom eine invasive Seesternart erkennt und bekämpft. Eine der größten Herausforderungen ist die simultane Positionsbestimmung und Kartierung: Autonome Systeme können nur ihre Position bestimmen, wenn eine Kartierung vorliegt, und sie können nur eine Kartierung vornehmen, wenn sie ihre Position kennen. Diese Prozesse sollen zukünftig simultan ablaufen.

Crawler



Kurzbeschreibung

"Crawler", oder "Bottom-Crawler", sind eine Unterkategorie von ROVs. Diese Bodenfahrzeuge sind mit Rädern, Ketten oder sonstigen Fortbewegungsmitteln ausgestattet, womit sie sich auf dem Meeresboden fortbewegen. Sie können mit verschiedensten Manipulatoren oder Sensoren ausgestattet werden, und sind damit auf dem Meeresboden oder anderen Oberflächen flexibel einsetzbar. Im Gegensatz zu ROVs, welche im Wasser schweben, sind Crawler weniger von Strömungen oder anderen Einflüssen betroffen, und können dadurch präziser und zuverlässiger positioniert werden. Alternative Fortbewegungstechnologien wie magnetische Räder erlauben es den Crawlern, sich auch auf vertikalen Strukturen zu bewegen.

(potenzielle) Anwendungsgebiete

Offshore-Wind	(✓)
Offshore-Öl/Gas	✓
Maritimer Wasserbau	✓
Maritime Mess- und Umwelttechnik	✓
Unterwassertechnik	✓
Marine mineralische Rohstoffe	(✓)
Maritime Verkehrsleit- und Sicherheitstechnik	
Marikultur	
Eis- und Polartechnik	
Meeresenergien	

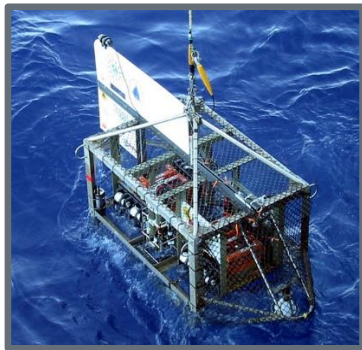
Aufgaben/Anwendung

Crawler können für vielfältige Aufgaben auf dem Meeresboden oder anderen Oberflächen eingesetzt werden. Aufgaben umfassen dabei die Inspektion und Reinigung von Unterwasserstrukturen oder Tanks. Auch Schiffsrümpfe oder Wasserbauten aller Art können von Crawlern inspiziert und gereinigt werden. Dafür werden Crawler unter anderem mit Saugern oder Hochdruckreinigern ausgestattet. Eine spezielle Art der Crawler sind Pipeline-Crawler, die zur Inspektion in Pipelines eingesetzt werden.

Ausgewählte Zukunftstrends

Das Alleinstellungsmerkmal von Crawlern ist die Fortbewegung über den Boden anstatt des Schwebens im Wasser. Folglich sind die meisten Forschungsvorhaben rund um Crawler von missionsspezifischen Anforderungen rund um die Art der Fortbewegung geprägt. Dies umfasst alternative Fortbewegungsmethoden wie Beine oder magnetische Räder. Mit der fortschreitenden Debatte um die Aufnahme des Tiefseebergbaus könnten Crawler zukünftig eine große Rolle beim Abbau von Manganknollen oder anderen Rohstoffen spielen.

Geschleppte Systeme



Kurzbeschreibung

Geschleppte Systeme sind Systeme, die typischerweise an ein Schiff angebracht und hinter diesem durch das Wasser gezogen werden. Diese Systeme sind meist Trägersysteme für Sonare und andere Sensorik wie Unterwasserkameras. Die Datenübertragung funktioniert über ein Kabel, welches zwischen dem Schiff und dem System verläuft. Die Trägersysteme können auch ferngesteuerte Unterwasserfahrzeuge (ROVs) sein, was eine Adjustierung der "Flughöhe" im Wasser ermöglicht. Damit sind Untersuchungen in verschiedenen Wasserschichten möglich.

(potenzielle) Anwendungsgebiete

Offshore-Wind	✓
Offshore-Öl/Gas	✓
Maritimer Wasserbau	
Maritime Mess- und Umwelttechnik	✓
Unterwassertechnik	
Marine mineralische Rohstoffe	
Maritime Verkehrsleit- und Sicherheitstechnik	✓
Marikultur	
Eis- und Polartechnik	
Meeresenergien	

Aufgaben/Anwendung

Geschleppte Systeme werden im zivilen Bereich hauptsächlich im Bereich der Meeresforschung zur Exploration und Bodenuntersuchung eingesetzt. Andere zivile Anwendungen sind die Wracksuche und die Kartierung für die Öl- und Gasindustrie.

Ausgewählte Zukunftstrends

Aktuelle Entwicklungen umfassen die Kombination von akustischen Systemen mit Kameraplattformen. Dadurch können einerseits Daten der Sonare durch Bilder der Kameras validiert werden, andererseits kann durch die Kamerabilder auf den restlichen, nur per Sonar erfassten Teil des Meeresbodens, geschlossen werden.

Plows & Trencher



Kurzbeschreibung

Plows und Trencher sind Unterwassersysteme, die im maritimen Bereich zum Graben von Trassen auf dem Meeresboden eingesetzt werden. Plows sind unbemannte Unterwasser-Pflüge, die hinter einem Schiff hergezogen werden. Typischerweise können Plows in einem Prozess eine Trasse graben und ein Kabel/ eine Pipeline verlegen. Trencher sind mobile unbemannte Bodenfahrzeuge, die mit Schaufeln, Schaufelrädern oder Grabketten ausgestattet sind.

(potenzielle) Anwendungsgebiete

Offshore-Wind	✓
Offshore-Öl/Gas	✓
Maritimer Wasserbau	✓
Maritime Mess- und Umwelttechnik	
Unterwassertechnik	
Marine mineralische Rohstoffe	(✓)
Maritime Verkehrsleit- und Sicherheitstechnik	
Marikultur	
Eis- und Polartechnik	
Meeresenergien	

Aufgaben/Anwendung

Plows und Trencher werden überwiegend für Pipeline- und Seekabelverlegung in der Öl- und Gasindustrie sowie für die Windenergie eingesetzt. Trencher sind für jegliche Art des Grabens unter Wasser geeignet und können daher für verschiedenste Aufgaben eingesetzt werden, unter anderem für Grabungen im maritimen Wasserbau.

Ausgewählte Zukunftstrends

Die Sicherheitsbedenken rund um Seekabel und Pipelines nehmen zu, nicht zuletzt, da sich die Offshore-Industrie immer weiter von den Küsten entfernt. Der enorme Zeit- und Arbeitsaufwand, der hinter dem Verlegen von Kabeln und Pipelines steckt, ist enorm. Daher werden neue und innovative Systeme entwickelt, welche den Schutz der Pipeline beziehungsweise des Seekabels oder die davon beeinflusste Umwelt berücksichtigen und den Arbeitsaufwand minimieren.

Stationäre Systeme/Observatorien



Kurzbeschreibung

Stationäre Systeme sind verkabelte, sich dauerhaft am Meeresboden befindende Unterwasserobservatorien. Ein Beispiel für ein solches System ist das NEPTUNE Canada, ein Kabelgeflecht aus miteinander vernetzten Knoten, welche mit verschiedensten Sensoren ausgestattet sind. Das Netzwerk ist mit dem Internet verbunden und erlaubt somit eine Auswertung von Daten in Echtzeit. Weitere solche Netzwerke befinden sich rund um den Globus.

(potenzielle) Anwendungsgebiete

Offshore-Wind	
Offshore-Öl/Gas	
Maritimer Wasserbau	
Maritime Mess- und Umwelttechnik	✓
Unterwassertechnik	
Marine mineralische Rohstoffe	
Maritime Verkehrsleit- und Sicherheitstechnik	
Marikultur	
Eis- und Polartechnik	
Meeresenergien	

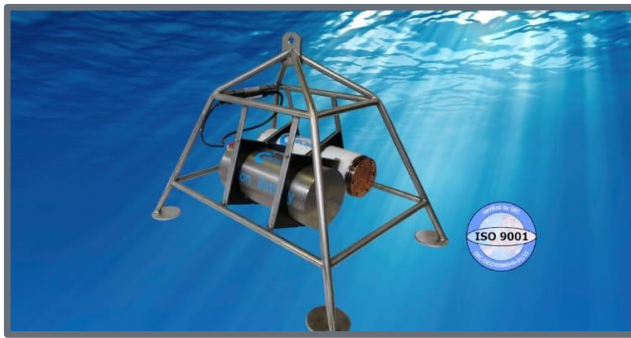
Aufgaben/Anwendung

Stationäre Systeme und Kabelnetzwerke werden in der Meeresforschung zur langfristigen Erhebung von ozeanographischen Daten wie Salzgehalte, Temperaturen, Druck oder Strömungsvorgängen eingesetzt. Außerdem werden Wetterdaten und weitere biochemische Daten gesammelt.

Ausgewählte Zukunftstrends

Traditionell wird in der Meeresforschung ein Forschungsschiff inklusive Crew und Geräte zur Probenentnahme und Datenauswertung benötigt. Um diese zeit- und kostenintensiven Vorgänge in Zukunft effizienter zu gestalten, könnten permanent stationierte autonome Unterwasserfahrzeuge zur Unterstützung und Ergänzung des Forschungsprozesses beitragen. Die Vernetzung von (autonomen) Fahrzeugen, Dockingstationen und Sensoren besitzt das Potenzial die Meeresforschung effizienter und zuverlässiger machen.

Lander



Kurzbeschreibung

Lander sind Observationsplattformen, welche auf dem Meeresboden abgesetzt werden. An einen Lander sind üblicherweise mehrere Sensoren zur Umweltüberwachung angebracht. Lander sind stationäre Systeme, das heißt, dass sie fest auf dem Untergrund verankert sind und keine Möglichkeit der Fortbewegung haben. Während Lander ursprünglich im freien Fall auf den Meeresboden herabgelassen wurden, verlangen heutige Missionen eine sanftere, präzisere Positionierung. Daher werden moderne Lander mit einer Absetzvorrichtung per Kabel zum Landeort geleitet.

(potenzielle) Anwendungsgebiete

Offshore-Wind	
Offshore-Öl/Gas	
Maritimer Wasserbau	
Maritime Mess- und Umwelttechnik	✓
Unterwassertechnik	
Marine mineralische Rohstoffe	
Maritime Verkehrsleit- und Sicherheitstechnik	
Marikultur	
Eis- und Polartechnik	
Meeresenergien	

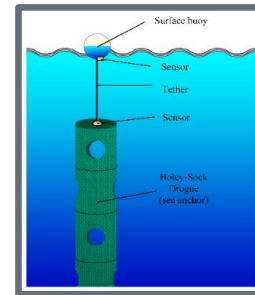
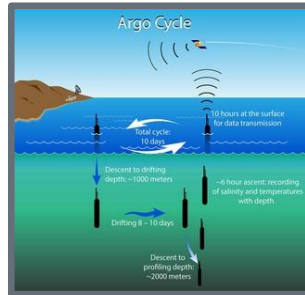
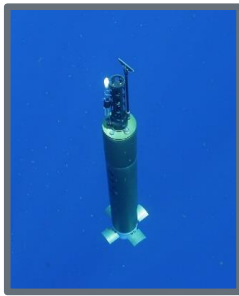
Aufgaben/Anwendung

Lander werden in der Meeresforschung zur langfristigen Erhebung von ozeanographischen Daten eingesetzt. Dabei können missionsspezifische Sensoren und Module an der Plattform installiert werden. Das Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel nutzt mehrere Lander Systeme für Forschungszwecke.

Ausgewählte Zukunftstrends

Lander sind Plattformen für Sensorik und Messtechnik, weshalb ihre zukünftige Entwicklung eng mit der Entwicklung der missionsspezifischen Sensorik einhergeht. Die Lander selbst werden jedoch ebenfalls missionsspezifisch weiterentwickelt, beispielsweise, um in besonders sensiblen Ökosystemen zu agieren.

Floater & Drifter



Kurzbeschreibung

Floater sind Treibbojen, welche im Ozean abgesetzt werden, um ozeanographische Daten zu sammeln. Die Besonderheit von Floatern ist, dass sie sich frei im Ozean bewegen, und ihre relative Masse beeinflussen können, um aufzusteigen oder abzusinken. Dadurch können Daten aus verschiedenen Tiefen erhoben werden. Zur Kommunikation steigen die Floater bis zur Meeresoberfläche auf, versenden die gesammelten Daten, und sinken dann wieder herab.

Drifter sind frei im Ozean schwimmende Sensorplattformen, die aus einem Unterwasser- und einem Überwasserteil bestehen. Der Teil über Wasser fungiert einerseits als Treibboje, die an der Oberfläche verweilt und den Wellenbewegungen folgt, andererseits werden ozeanographische Daten von angebrachten Sensoren an Satelliten übermittelt. Der Teil unter Wasser hat die Aufgabe, als eine Art Bremssack dafür zu sorgen, dass die Treibboje den Strömungen des Wassers folgt und hierbei nicht vom Wind beeinflusst wird.

(potenzielle) Anwendungsgebiete

Offshore-Wind	
Offshore-Öl/Gas	
Maritimer Wasserbau	
Maritime Mess- und Umwelttechnik	✓
Unterwassertechnik	
Marine mineralische Rohstoffe	
Maritime Verkehrsleit- und Sicherheitstechnik	
Marikultur	
Eis- und Polartechnik	
Meeresenergien	

Aufgaben/Anwendung

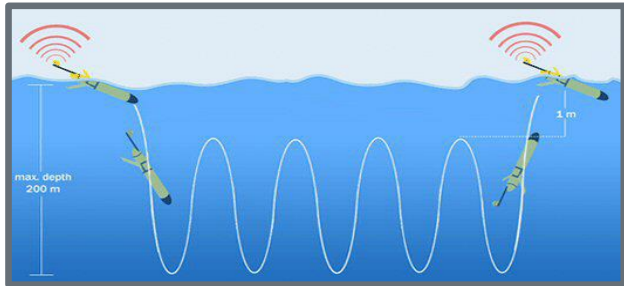
Floater werden hauptsächlich im Rahmen des Argo-Programms genutzt. Es befinden sich über 4.000 Floater in den Weltmeeren, welche zum Argo-Programm gehören. Die Daten aus dem Argo-Programm sind in Echtzeit und frei verfügbar. Damit ist das Programm die Hauptquelle für Daten über den klimatischen Zustand des Ozeans. Insgesamt sind über 30 Nationen am Argo-Programm beteiligt. Die im Argo-Programm eingesetzten Floater werden kontinuierlich weiterentwickelt.

Drifter werden größtenteils im Rahmen des Global Drifter Programms genutzt. Derzeit befinden sich über 1.500 Drifter in den Weltmeeren.

Ausgewählte Zukunftstrends

Floater und Drifter werden kontinuierlich weiterentwickelt, um die Qualität und Quantität der gesammelten Daten zu verbessern, beziehungsweise auszuweiten. Im Rahmen des Argo Programms soll beispielsweise ein Netzwerk an Floatern eingerichtet werden, welche in Tiefen eingesetzt werden können in die konventionelle Floater nicht vorstoßen können.

Unterwassergleiter



Kurzbeschreibung

Unterwassergleiter sind unbemannte Unterwasserfahrzeuge, deren Besonderheit in der Art der Fortbewegung liegt. Anstatt sich auf konventionelle Antriebstechnologie wie Heckpropeller zu verlassen, nutzen Unterwassergleiter ein Prinzip, welches dem eines Segelflugzeugs ähnelt. Durch die Änderung der Dichte des Gleiters wird Auftrieb erzeugt, welcher den Unterwassergleiter an die Meeresoberfläche steigen lässt. Daraufhin wird die Dichte wieder erhöht und der Gleiter sinkt ab, wobei angebrachte Flügel eine Antriebskraft erzeugen, wie bei einem Segelflugzeug. Dies geschieht üblicherweise durch ein Hydrauliksystem, welches einen Ölvorrat zwischen zwei Schwimmblasen austauscht. Durch den geringen Energieaufwand können Unterwassergleiter über lange Zeiträume ununterbrochen operieren.

(potenzielle) Anwendungsgebiete

Offshore-Wind	
Offshore-Öl/Gas	
Maritimer Wasserbau	
Maritime Mess- und Umwelttechnik	✓
Unterwassertechnik	
Marine mineralische Rohstoffe	
Maritime Verkehrsleit- und Sicherheitstechnik	
Marikultur	
Eis- und Polartechnik	
Meeresenergien	

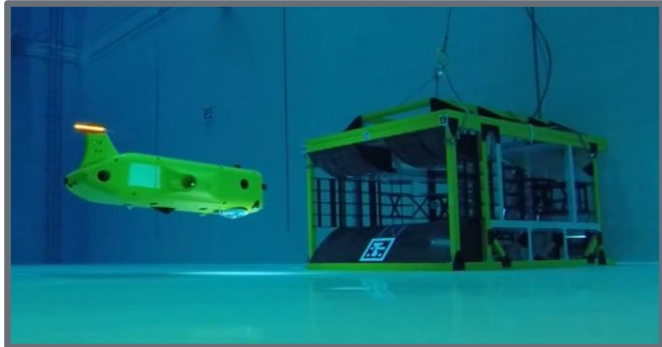
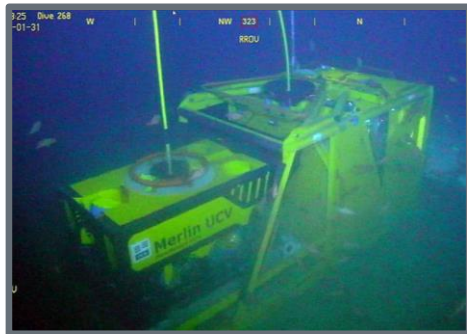
Aufgaben

Unterwassergleiter werden in der Meeresforschung zur Erhebung ozeanographischer Daten eingesetzt. Unterwassergleiter sind eine Fortentwicklung der konventionellen Floater, welche ebenfalls autonom aufsteigen und absinken können, jedoch ohne dabei gezielt in eine Richtung gesteuert werden zu können.

Ausgewählte Zukunftstrends

Unterwassergleiter haben häufig die typische Torpedo-Form eines AUVs. Aktuelle Entwicklungen umfassen die Erprobung biomimetischer Formen, wie zum Beispiel die eines Rochen. Weitere Entwicklungen befassen sich mit den Fahreigenschaften der Gleiter: Durch die Verbindung des Fortbewegungsprinzips eines Unterwassergleiters und einem zusätzlich installierten Heckrotor könnte die potenzielle Laufzeit sowie die Maximalgeschwindigkeit enorm erhöht werden.

Subsea-Residence



Kurzbeschreibung

Das Prinzip der Subsea-Residence bezeichnet die dauerhafte Stationierung eines mobilen Unterwasserroboters unter der Wasseroberfläche bzw. auf dem Meeresboden. Dafür werden Dockingstationen oder "Garagen" eingesetzt, in welchen das Fahrzeug stationiert ist, wenn es nicht aktiv ist. Die Dockingstationen selbst sind wiederum verkabelt, um eine Stromversorgung bereitzustellen und Datenübertragung zu ermöglichen.

(potenzielle) Anwendungsgebiete

Offshore-Wind	(✓)
Offshore-Öl/Gas	(✓)
Maritimer Wasserbau	(✓)
Maritime Mess- und Umwelttechnik	(✓)
Unterwassertechnik	✓
Marine mineralische Rohstoffe	(✓)
Maritime Verkehrsleit- und Sicherheitstechnik	(✓)
Marikultur	(✓)
Eis- und Polartechnik	(✓)
Meeresenergien	(✓)

Aufgaben

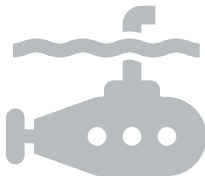
Die Dockingstationen selbst fungieren einerseits als Ladestation, andererseits wird eine Datenübertragung in beide Richtungen ermöglicht. Der mobile Roboter kann also gesammelte Missionsdaten oder Daten über den eigenen Zustand übertragen und neue Informationen oder Aufgaben zugewiesen bekommen.

Ausgewählte Zukunftstrends

Das Prinzip der Subsea-Residence befindet sich in der Erprobungsphase. In der Nordsee wurde im Jahr 2018 ein "Resident-ROV" an der Ölplattform "Snorre B" stationiert. Dort befindet er sich in 3 Monate andauernden Intervallphasen unter Wasser. Die langfristige Stationierung hat das Potenzial, den Kosten- und Zeitaufwand für Einsätze von Unterwasserrobotern zu verringern. Am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) wird mit dem FlatFish ein AUV und eine entsprechende Dockingstation entwickelt. Das Ziel ist die autonome Inspektion von Unterwasserstrukturen und die anschließende Übertragung der Daten.



Über Wasser



USV/ASV (Unmanned/Autonomous Surface Vehicle)



Kurzbeschreibung

USV oder ASV sind unbemannte, und manchmal autonome Boote und Schiffe, welche ohne Crew operieren. Der Vorteil der Positionierung eines Fahrzeuges auf der Wasseroberfläche ist, dass die Kommunikation und Datenübertragung um einiges leichter und effektiver funktioniert. Dies macht eine kabellose Steuerung aus der Ferne oder Datenabruf in Echtzeit möglich. Üblicherweise werden USVs und ASVs für Explorations- und Kartierungsaufgaben genutzt. Typische Ausstattung umfasst Sensorik zur Positionierung und Erfassung von ozeanographischen Daten.

(potenzielle) Anwendungsgebiete

Offshore-Wind	(✓)
Offshore-Öl/Gas	(✓)
Maritimer Wasserbau	
Maritime Mess- und Umwelttechnik	✓
Unterwassertechnik	
Marine mineralische Rohstoffe	
Maritime Verkehrsleit- und Sicherheitstechnik	✓
Marikultur	
Eis- und Polartechnik	(✓)
Meeresenergien	

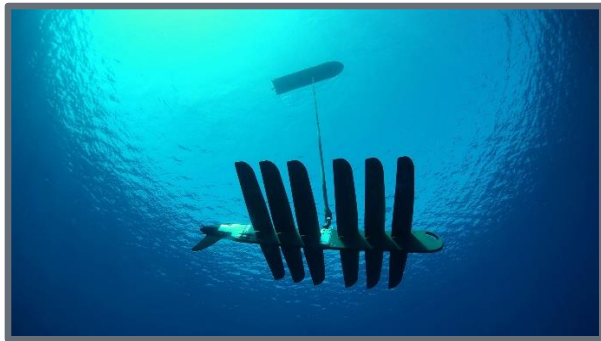
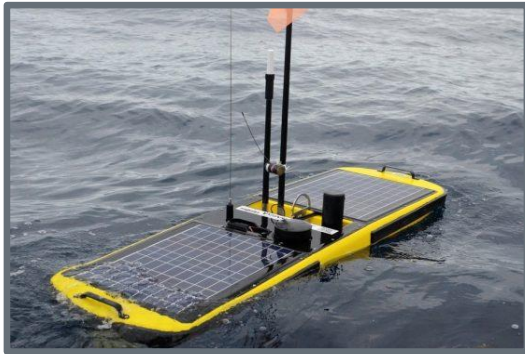
Aufgaben/Anwendung

Die Aufgabengebiete der unbemannten Überwasserfahrzeuge beschränken sich größtenteils auf Explorationsaufgaben für die Ozeanographie. Eine sogenannte "Saildrone" ist beispielsweise eine Art USV, welches wind- und solarbetrieben den Ozean überquert und dabei Daten einsammelt. Des Weiteren werden USVs im militärischen Zwecke zur Aufklärung eingesetzt. In Deutschland werden drei sogenannte "Feuerschiffe" als Navigationshilfe für die Schifffahrt eingesetzt, da diese jedoch keinen eigenen Antrieb haben, sind sie nur eingeschränkt in diese Kategorie einzuordnen.

Ausgewählte Zukunftstrends

Im Jahr 2019 startete im Rhein ein vom Bundeswirtschaftsministerium gefördertes Projekt zur Entwicklung und Erprobung eines autonomen Passagierschiffes. Weitere derartige Projekte existieren in Kiel und Norwegen. Ein weiterer Zukunftstrend ist die Entwicklung von autonomen Containerschiffen. Kleinere unbemannte Boote könnten zukünftig als Transportfahrzeug für Bauteile oder als Lade-/Landestation für andere unbemannte Fahrzeuge wie AUVs oder Drohnen fungieren.

Wellengleiter



Kurzbeschreibung

Wellengleiter sind autonome Wasserfahrzeuge, welche aus zwei miteinander verbundenen Teilen unter- und über Wasser besteht. Diese Fahrzeuge der Firma Liquid Robotics nutzen Energie aus der Wellenbewegung zur Fortbewegung. Der Teil über Wasser wird durch Wellenbewegungen auf und ab bewegt. Der Teil unter Wasser bewegt sich dadurch mit und erzeugt durch fest angebrachte Flügel eine Vorwärtsbewegung. Üblicherweise sind auf dem oberen Teil Solarzellen zur Unterstützung der Fortbewegung sowie der Energieversorgung installierter Sensorik angebracht. Diese Kombination ermöglicht Fortbewegung über lange Zeiträume, ohne dabei auf Batterien angewiesen zu sein.

(potenzielle) Anwendungsgebiete

Offshore-Wind	(✓)
Offshore-Öl/Gas	(✓)
Maritimer Wasserbau	
Maritime Mess- und Umwelttechnik	✓
Unterwassertechnik	
Marine mineralische Rohstoffe	
Maritime Verkehrsleit- und Sicherheitstechnik	(✓)
Marikultur	
Eis- und Polartechnik	
Meeresenergien	

Aufgaben/Anwendung

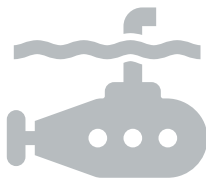
Wellengleiter werden hauptsächlich zur Kartierung, Exploration und Datenübertragung eingesetzt. Anwendungsgebiete finden sich dabei in der Meeresforschung und der Öl- und Gasindustrie. Das Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel nutzt Wellengleiter als schwimmende Messplattformen.

Ausgewählte Zukunftstrends

Die Weiterentwicklung der Wellengleiter hängt mit der Weiterentwicklung der missionsspezifischen Subsysteme eng zusammen. Die Website Flightradar24 nutzt beispielsweise einen Wellengleiter zur Positionsbestimmung von Flugzeugen. Vor der Küste Chiles werden Wellengleiter im Rahmen eines Systems zur Erdbebenforschung eingesetzt.



In der Luft



UAV (Unmanned Aerial Vehicle) (Drohne)



Kurzbeschreibung

UAV, oder "Unmanned Aerial Vehicle", sind unbemannte Luftfahrzeuge, welche generell als Drohnen bekannt sind. Eine grobe Klassifizierung erfolgt hierbei über die Bauart und damit verbundene Flugeigenschaften: Flächenflieger haben Flügel, und sind damit für lange Flüge mit hoher Geschwindigkeit geeignet. Drehflügler erhalten ihren Auftrieb meist von mehreren, sich um eine vertikale Achse drehende, Rotoren. Im (zivilen) maritimen Kontext werden hauptsächlich Drehflügler eingesetzt, weshalb sich im Folgenden darauf konzentriert wird. Diese werden typischerweise mit Kameras ausgestattet, um Inspektionsaufgaben zu erledigen.

(potenzielle) Anwendungsgebiete

Offshore-Wind	✓
Offshore-Öl/Gas	✓
Maritimer Wasserbau	✓
Maritime Mess- und Umwelttechnik	(✓)
Unterwassertechnik	
Marine mineralische Rohstoffe	
Maritime Verkehrsleit- und Sicherheitstechnik	(✓)
Marikultur	
Eis- und Polartechnik	
Meeresenergien	

Aufgaben/Anwendung

Drohnen werden im maritimen Kontext hauptsächlich für Inspektionsarbeiten an Infrastrukturen eingesetzt. Insbesondere seeseitige Infrastrukturen wie Windräder oder Ölplattformen können mithilfe von Drohnen inspiziert werden. Es existieren einige Anbieter für drohnenbasierte Inspektionsarbeiten.

Ausgewählte Zukunftstrends

Das Ausführen von Inspektionsaufgaben und Wartungsarbeiten könnte in Zukunft komplett autonom durchgeführt werden. Neben technischen Hürden ist hier die Entwicklung hinsichtlich Regularien bezüglich sogenannter Flüge außerhalb der Sichtweite (Beyond Visual Line Of Sight - BVLOS) entscheidend. Drohnen könnten dann permanent auf Offshore-Anlagen stationiert werden und regelmäßig Inspektionen und Wartungsarbeiten an Überwasserstrukturen durchführen. Eine weitere aktuelle Entwicklung sind Drohnen mit angebrachten LiDAR-Sensoren, die es erlauben, bathymetrische Messungen per Drohne durchzuführen.

Quellenverweise Bilder

ROV

- <https://www.geomar.de/zentrum/einrichtungen/tlz/rovkiel6000/uebersicht>
- <https://www.geomar.de/zentrum/einrichtungen/tlz/rovphoca/uebersicht>
- <https://www.ecagroup.com/en/solutions/h800-rov-remotely-operated-vehicle>

AUV

- <https://www.turbosquid.com/de/3d-models/autonomous-vehicle-auv-hugin-model-1452153>
- <https://www.geomar.de/zentrum/einrichtungen/tlz/auv-abyss/uebersicht>

Crawler

- <https://www.seascapesubsea.com/project-details/mini-crawler/>
- <https://metas.no/portfolio/subsea-crawler/>

Geschleppte Systeme

- <https://www.whoi.edu/page.do?pid=49415&tid=441&cid=19146&ct=61&article=9929&print=this>
- <https://www.geomar.de/news/article/kieler-meeresforscher-unterstuetzen-suche-nach-mh370>

Plows/Trencher

- <http://www.waterdrinkerconsult.com/news.html>
- <https://www.royalihc.com/en/products/offshore/subsea-equipment/subsea-cable-ploughs>

Stationäre Systeme/Observatorien

- <https://newatlas.com/neptune-canada-undersea-observatory/13977/>
- <https://innerspacecenter.org/2017/02/2016-a-year-in-review/neptune-observatory-node/>

Lander

- <https://subctech.com/ocean-monitoring/systems/subsea/lander/>
- <https://kum-kiel.de/produkte/geraetetraeger-lander/lander/>

Floater & Drifter

- <https://www.coastalstudiesinstitute.org/argo-floats-drifting-ocean-observers/>
- https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Beobachtungssysteme/ARGO/argo_node.html

- <https://www.mdpi.com/2077-1312/7/6/171/htm>

Unterwassergleiter

- <https://abh-nord.de/anwendungen.html>
- <https://www.noc.ac.uk/facilities/marine-autonomous-robotic-systems/gliders>

Subsea Residence

- <https://www.sonardyne.com/rov-in-residence/>
- <https://robotik.dfki-bremen.de/de/forschung/projekte/flatfish.html>

USV/ASV

- <https://www.kongsberg.com/maritime/products/marine-robotics/autonomous-surface-vehicles/>
- <https://www.asvglobal.com/product/c-worker-8/>

Wellengleiter

- <https://blog.mares.com/wave-glider-keeping-track-of-marine-research-in-real-time-3744.html>
- <https://www.globenewswire.com/news-release/2019/09/10/1913183/0/en/Liquid-Robotics-Announces-Newest-Wave-Glider-Platform-for-Operational-Efficiency-and-Performance.html>

UAV

- <https://thetius.com/how-are-aerial-drones-being-used-in-maritime/>
- <https://www.windpowerengineering.com/martek-aviation-successfully-completes-blade-inspection-statoils-sheringham-shoal-wind-farm-using-200-drones/>

Impressum

Markt- und Potenzialanalyse für ein Offshore-Testzentrum in der Nordsee
zur Erprobung innovativer Technologien der Meeres-
technik unter anwendungsnahen Bedingungen

Erstellt im Auftrag von
Deutsches Maritimes Zentrum e.V.
Hermann-Blohm-Str. 3
20457 Hamburg

Bearbeitet von
Prognos AG
Domshof 21
28195 Bremen
Telefon: +49 421 845 16-410
Fax: +49 421 845 16-428
E-Mail: info@prognos.com
www.prognos.com
twitter.com/Prognos_AG

Autoren

Marcel Hölterhoff
Fabian Malik
Matthias Canzler
Doreen Hüls
Tom Schütte

Kontakt

Marcel Hölterhoff (Projektleitung)
Telefon: +49 30 52 00 59-220
E-Mail: marcel.hoelterhoff@prognos.com

Satz und Layout: Prognos AG

Stand: November 2020
Copyright: 2020, Prognos AG, Bremen

Alle Inhalte dieses Werkes, insbesondere Texte, Abbildungen und Grafiken, sind urheberrechtlich geschützt. Das Urheberrecht liegt, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, bei der Prognos AG. Jede Art der Vervielfältigung, Verbreitung, öffentlichen Zugänglichmachung oder andere Nutzung bedarf der ausdrücklichen, schriftlichen Zustimmung der Prognos AG.

Zitate im Sinne von § 51 UrhG sollen mit folgender Quellenangabe versehen sein: Prognos AG (2020): Markt- und Potenzialanalyse für ein Offshore-Testzentrum in der Nordsee zur Erprobung innovativer Technologien der Meerestechnik unter anwendungsnahen Bedingungen.