

# **Technologiedemonstratoren in der Binnenschifffahrt**

## **Bedarf, Kategorisierung und Anforderungen**

Meilensteinbericht im Projekt BinSmart

21. Dezember 2020

Autoren: Jan Kaufmann, Berthold Holtmann, Jan Oberhagemann,  
Friederike Dahlke-Wallat, Jens Ley

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e. V.  
DST – Development Centre for Ship Technology and Transport Systems

Oststraße 77  
47057 Duisburg

Tel. +49 203 99369-0  
Fax +49 203 99369-70  
e-mail [dst@dst-org.de](mailto:dst@dst-org.de)  
web [www.dst-org.de](http://www.dst-org.de)



Mitglied der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen  
"Otto von Guericke" e. V.



Mitglied der Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft e. V.



Institut an der Universität Duisburg-Essen



Mitglied der International Towing Tank Conference



Mitglied des Center of Maritime Technologies e. V.

# Inhaltsverzeichnis

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | Einleitung  | 5  |
| 2 | Forschungsbedarf  | 7  |
| 3 | Methodischer Ansatz und Kategorisierung von Demonstratoren        | 9  |
| 4 | Anforderungen an Demonstratoren                                   | 13 |
|   | 4.1 Grundlagen  | 13 |
|   | 4.2 Offene Demonstrationsplattform                                | 13 |
|   | 4.2.1 Allgemeine Anforderungen                                    | 13 |
|   | 4.2.2 Themenfeldabhängige Anforderungen                           | 15 |
|   | 4.3 Projektbezogene Demonstratoren                                | 20 |
| 5 | Anforderungen an den Entwurf eines neuen Technologiedemonstrators | 22 |
|   | 5.1 Konzept und Vorgehensweise                                    | 22 |
|   | 5.2 Kategorisierung und Demonstrationsziele                       | 22 |
| 6 | Ermittlung des Bedarfs an Technologiedemonstratoren               | 26 |
|   | 6.1 Methodischer Ansatz   | 26 |
|   | 6.2 Auswertung der Umfrage  | 26 |
| 7 | Einordnung und Ausblick   | 35 |
| 8 | Zusammenfassung   | 36 |
|   | Anhang - Online Umfrage   | i  |

## Abbildungsverzeichnis

|               |   |    |
|---------------|---|----|
| Abbildung 1:  | Schema ‚Offene Demonstrationsplattformen‘ .....   | 10 |
| Abbildung 2:  | Schema „Projektbezogene Demonstratoren“ .....   | 11 |
| Abbildung 3:  | Anteile von Kohlenstoff und Wasserstoff an der Energiedichte .....  | 16 |
| Abbildung 4:  | Volumetrische Energiedichte aufgetragen über die gravimetrische<br>Energiedichte für verschiedene Energieträger und Zustände. ....  | 17 |
| Abbildung 5:  | Auswertung Frage 1 - Planen Sie derzeit oder in naher Zukunft eine<br>Technologie zu erproben oder zu demonstrieren? .....  | 26 |
| Abbildung 6:  | Auswertung Frage 2 – In welches Themenfeld lässt sich die Technologie<br>ein ordnen? .....  | 27 |
| Abbildung 7:  | Auswertung Frage 3 – Für welchen Schiffstyp ist die Technologie<br>hauptsäch- lich gedacht?.....  | 29 |
| Abbildung 8:  | Auswertung Frage 4 – Welche Anwendungsreife wird die zu<br>demonstrierende Technologie in etwa aufweisen? .....   | 30 |
| Abbildung 9:  | Auswertung Frage 5 – Welche Anwendungsbreite sollte der<br>Demonstrator für ein vollumfängliches Testen im Hinblick auf den<br>späteren Einsatz aufweisen? .....  | 31 |
| Abbildung 10: | Auswertung Frage 6 – Welches Betriebskonzept sollte der Demonstrator<br>auf- weisen?.....   | 32 |
| Abbildung 11: | Auswertung Frage 7 – Welche Art von Demonstrator kommt für Sie am<br>wahrscheinlichsten in Frage? .....   | 32 |
| Abbildung 12: | Auswertung Alternativfrage 1 – Welche sind Ihrer Meinung nach aber<br>insgesamt wichtige Themenfelder für Innovationen, um die<br>Wettbewerbsfähigkeit der Binnenschifffahrt für die Zukunft zu sichern<br>oder zu stärken? ..... | 33 |

## Tabellenverzeichnis

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabelle 1: | Technology Readiness Level (TRL) .....                                  | 11 |
| Tabelle 2: | Anforderungen an den Entwurf eines neuen Technologiedemonstrators ..... | 23 |

# 1 Einleitung

Die Binnenschifffahrt gilt als zuverlässiger, sicherer und umweltverträglicher Verkehrsträger, der für einen nachhaltigen Transport unverzichtbar ist. Sie steht jedoch vor großen Herausforderungen, wie beispielsweise dem zunehmenden Personalmangel insbesondere bei nautischem Personal und dem Güterstruktureffekt, der zu einer Abnahme des klassischen Ladungssegments Massengut und perspektivisch zu kleineren Ladungsmengen und Schiffen führt. Dabei werden u. a. Digitalisierung und Automatisierung als innovative Ansätze gesehen, diesen Herausforderungen zu begegnen und auch kleinere Schiffe wettbewerbsfähig zu betreiben. Hinzu kommen die Auswirkungen des Klimawandels, die eine Energiewende und damit eine Neuausrichtung der Motoren- und Antriebstechnologien hin zu emissionsärmeren und perspektivisch hin zu emissionsfreien Antrieben erfordern. Außerdem ist eine Anpassung von Schiffen und Propulsionskonzepten an häufigere und intensivere Niedrigwassersituationen erforderlich.

Angesichts dieser Herausforderungen steht die Binnenschifffahrt vor einem erheblichen Umbruch. Sie braucht einen nachhaltigen Innovationsschub, d. h. eine Stärkung der Forschung bei gleichzeitiger stärkerer Einbindung des Gewerbes in die Forschungsaktivitäten. Vor diesem Hintergrund besteht eine große Bereitschaft im Gewerbe, insbesondere bei den Reedereien, innovative Lösungen umzusetzen. Gleichzeitig steigt die politische Unterstützung auf Bundes-, Landes- und EU-Ebene zur Entwicklung von Innovationen und Stärkung der Forschungsaktivitäten. Zahlreiche Forschungsvorhaben und -initiativen z. B. zum automatisierten bzw. autonomen Fahren, zur Entwicklung alternativer Antriebskonzepte und Kraftstoffe oder flachgehender Schiffe sind in Arbeit oder in Vorbereitung. Das Vorhaben BinSmart greift dieses positive Momentum auf und verfolgt dabei die beiden Ansätze ‚Begleitforschungsmaßnahme‘ und ‚Technologiedemonstratoren‘.

Für die Begleitforschungsmaßnahme wird eine Gruppe bestehend aus Vertretern von Forschung, Gewerbe und Verwaltung gebildet. Sie leistet einen fachlichen, themenoffenen Austausch in allen relevanten Forschungs- und Technologiefragen in der Binnenschifffahrt und thematisiert übergreifende F&E-Fragestellungen. Sie beobachtet darüber hinaus technische Innovationen in anderen Industriezweigen und prüft Möglichkeiten einer Übertragbarkeit auf die Binnenschifffahrt und wirkt mit bei der Reflektion von Vorhaben im Abgleich mit den Forschungszielen und den gesellschaftlich-politischen Zielen. Hieraus resultieren im Gruppendedialog Ansätze und Anregungen für zukünftige Forschungsaktivitäten.

Ein wichtiges Bindeglied zwischen der Forschung und der erfolgreichen Implementierung einer neuen Technologie in den Markt ist die Erprobung und Umsetzung ausgearbeiteter Lösungen unter anwendungsrelevanten Bedingungen. Hierzu werden Schiffe als Plattform zum Testen und Demonstrieren neuer, zukunftsorientierter Technologien benötigt. Sie können eine schnellere und effizientere Entwicklung ermöglichen, die Abstimmung zwischen verschiedenen Akteuren erleichtern und die Akzeptanz der Technologie bei den Anwendern und Verwertern erheblich steigern. Erst durch den Einsatz und die Prüfung einer Technologie in der Praxis lassen sich zudem belastbare Geschäftsmodelle, auch unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Aspekte, entwickeln. Im Gegensatz zur Seeschifffahrt und zur Meeresforschung werden Technologiedemonstratoren in der Binnenschifffahrt bisher kaum eingesetzt.

Als Grundlage für die Auswahl, Entwicklung und Bereitstellung geeigneter Schiffe als Demonstratoren werden im Folgenden allgemeine Kriterien und Anforderungen definiert. Hierzu wird

in Kapitel 2 zunächst der Forschungsbedarf ermittelt, der zu einem entsprechenden Bedarf an Demonstratoren führt. Kapitel 3 erläutert den methodischen Ansatz und stellt die Kriterien zur Kategorisierung von Demonstratoren vor. Das Kapitel 4 gibt unter Berücksichtigung dieser Kategorien einen Überblick über die Anforderungen an allgemeine Demonstrationsplattformen und Demonstratoren. In Kapitel 5 werden die Anforderungen an einen im Rahmen des Projektes BinSmart zu konzipierenden Demonstrator konkretisiert. Die Ergebnisse einer Umfrage zur Bestimmung des Bedarfs an Technologiedemonstratoren werden in Kapitel 6 dargestellt. Das Kapitel 7 ordnet die Demonstrationsplattformen in den übergeordneten Kontext der Begleitforschungsmaßnahme ein. Das Kapitel 8 fasst das verfolgte Konzept und die Arbeiten zusammen.

## 2 Forschungsbedarf

Wie einleitend bereits angedeutet, zeichnen sich vor allem die drei folgenden Themenfelder ab, bei denen jeweils ein besonderer Bedarf an Forschung und somit auch an Technologiedemonstratoren besteht:

- Assistenzsysteme und automatisiertes Fahren,
- neue und saubere Antriebskonzepte und
- innovative Schiffskonzepte mit besonderer Niedrigwassertauglichkeit.

Diese werden nachfolgend erläutert.

### Assistenzsysteme und Automatisierung

Angesichts der oben skizzierten Entwicklungen wird die Automatisierung möglichst vieler, bislang durch die Besatzung durchgeführter Prozesse als ein zukunftsorientierter Ansatz zur Lösung dieser Herausforderungen und zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der Binnenschifffahrt wahrgenommen. Die Automatisierung kann in der finalen Ausprägung bis zum autonomen Schiff führen. Darüber hinaus verspricht die Automatisierung bislang manuell durchgeführter Arbeiten eine Erhöhung des Sicherheitsniveaus. Im Einzelnen umfasst sie eine schrittweise Entwicklung verschiedener Aufgaben, die sich grob unterteilen lassen in:

- Automatisierung der technischen Anlagen (Betrieb, Überwachung)
- Automatisierung nautischer Tätigkeiten
- Automatisierung weiterer Aufgaben an Bord (u.a. Wartung Laden/Löschen, Festmachen)

Darüber hinaus umfasst dieser Themenkomplex auch die Vernetzung, also den Informationsaustausch von Schiffen untereinander, mit der Landseite, sowie die digitale Einbindung bspw. in Transportketten oder Zulaufsteuerungen von Häfen und Schleusen.

### Neue und saubere Antriebskonzepte

Neben der Automatisierung nehmen insbesondere die Antriebskonzepte eine besondere Bedeutung ein. So fordert beispielsweise die Mannheimer Erklärung<sup>1</sup> vom 17. Oktober 2018 eine substanzielle Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit der Binnenschifffahrt. Konkret sollen demnach die Emissionen der Treibhausgase und Schadstoffe der Binnenschifffahrt bis 2035 um 35% im Vergleich zu 2015 reduziert und bis 2050 weitgehend vermieden werden. Angesichts dieser Zielvorgaben ist der Bedarf an Forschung und Entwicklung sowie entsprechender Demonstratoren für dieses Themenfeld ausgesprochen hoch. Er umfasst folgende Parameter:

- alternative Energieträger (GtL, HVO, (Bio-)Methan, Methanol, Ammoniak, Wasserstoff und elektrische Energie),
- alternative Speichertechnologien (konventionelle Bunkertanks, LOHC-Einheiten und Release-Einheit, Druck-bzw. Cryotanks, Batterien),
- alternative Energiewandler (Verbrennungsmotor, Brennstoffzelle, E-Motor) und

---

<sup>1</sup> [https://www.ccr-zkr.org/files/documents/dmannheim/Mannheimer\\_Erklaerung\\_de.pdf](https://www.ccr-zkr.org/files/documents/dmannheim/Mannheimer_Erklaerung_de.pdf)

- alternative Propulsionstechniken (konventionelle Wellenanlage, Ruderpropeller, Vertikalpropeller etc.)

### *Innovative Schiffskonzepte mit besonderer Niedrigwassertauglichkeit*

Vor dem Hintergrund des Klimawandels und der erwarteten Zunahme extremer Niedrigwasserphasen sind zunehmende Anstrengungen erforderlich, um die Binnenschifffahrt an die geänderten Rahmenbedingungen anzupassen. Hierzu gehört sowohl die Entwicklung neuer Schiffe und Propulsionskonzepte als auch die Um- bzw. Nachrüstung der bestehenden Flotte. Dabei besteht die Herausforderung u. a. darin, solche Ansätze zu entwickeln, die nach Möglichkeit sowohl bei normalen, als auch bei extrem niedrigen Wasserständen einen wirtschaftlichen Betrieb der Schiffe ermöglichen.

Grundsätzlich können verschiedene Konzepte thematisiert werden, z. B. in Bezug auf die Propulsionsorgane die Ansätze konventionelle Propulsion mit Propellern mit bzw. ohne zusätzliche flexible Tunnelschürzen, Wasserstrahlantriebe, Zykloidalpropeller oder auch Schaufelrad- oder Blattkettenantrieb sowie geeignete Maßnahmenkombinationen. Auch Leichtbaukonstruktionen z. B. in Form höherfester Stähle oder alternativer Werkstoffe (Faserverbundwerkstoffe) können hierzu gehören. Daneben können für die bestehende Flotte Nachrüstkonzepte entwickelt werden, die einen Betrieb auch bei extremen Niedrigwasserbedingungen ermöglichen.

Insbesondere für die drei genannten Themengebiete wird ein intensiver Forschungsbedarf und somit auch ein entsprechender Bedarf an Technologiedemonstratoren gesehen. Damit können die Forschungs- und Entwicklungsergebnisse unter realen Bedingungen erprobt und weiterentwickelt werden.

Darüber hinaus werden weitere Themen für eine Vertiefung der Forschung und dementsprechende Demonstratoren in Frage kommen. Hierbei spielen nicht zuletzt zukünftige technologische Entwicklungen und daraus resultierende, mögliche neue Forschungsprioritäten eine Rolle.

Vor dem Hintergrund des skizzierten, umfassenden Forschungsbedarfs ist in den kommenden Jahren eine substantielle Zunahme der Forschungsaktivitäten in der Binnenschifffahrt zu erwarten. Parallel dazu steigt auch die Notwendigkeit, die erzielten Forschungsergebnisse in Form entsprechender Demonstratoren zu erproben und zu demonstrieren. Dementsprechend werden im folgenden Kapitel Kriterien zur Kategorisierung von Demonstratoren entwickelt.

## 3 Methodischer Ansatz und Kategorisierung von Demonstratoren

Ausgehend von dem skizzierten Forschungsbedarf und einer entsprechend großen Vielfalt an Forschungsprojekten und -inhalten in der Binnenschifffahrt wird auch in Bezug auf Technologiedemonstratoren, die die Forschungsergebnisse erproben und demonstrieren, eine entsprechende Vielfalt erwartet. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, geeignete Kriterien zur Kategorisierung von (Projekten und) Demonstratoren im Sinne einer Übersicht und Orientierungshilfe zu entwickeln. Hierauf aufbauend werden im Weiteren (Kapitel 4) Vorschläge für geeignete Anforderungen an Demonstratoren erarbeitet.

Grundsätzlich können (Projekte und) Demonstratoren verschiedene Zwecke erfüllen und in unterschiedlicher Form klassifiziert und kategorisiert werden. Hierbei spielen verschiedene, übergeordnete Kriterien eine Rolle, und zwar unabhängig von den jeweils betrachteten Themen- und Forschungsfeldern (Automatisierung, Antriebstechnologien, Niedrigwassereignung etc.). Hierzu gehören z. B. die Kriterien Technologieoffenheit, Anwendungsreife, Einsatzvielfalt etc.

Darüber hinaus sind die spezifischen Besonderheiten der Binnenschifffahrt zu berücksichtigen. Während beispielsweise in der Automobil- oder LKW-Branche einzelne Hersteller aufgrund ihrer Größe, der hohen Stückzahlen ihrer Produktserien und der vergleichsweise langen Entwicklungszyklen jeweils eigene Forschungs- und Entwicklungsprojekte betreiben und entsprechende Demonstrationsvorhaben realisieren können, stellt sich die Situation in der Binnenschifffahrt grundlegend anders dar. Der überwiegende Teil der Branche besteht aus kleinen und mittelständischen Unternehmen, die über keine oder nur begrenzte Mittel, Kapazitäten und Know-how für Forschungs- und Demonstrationsvorhaben verfügen. Am ehesten sind entsprechende Aktivitäten für die (kleine Zahl der) Reedereien realisierbar.

Vor diesem Hintergrund ist ein intelligenter Ansatz gefragt, um den großen Bedarf an Demonstratoren realisieren zu können. Ein Demonstrator ist hierbei entweder die Kombination aus Schiff und einer auf diesem Schiff eingesetzten innovativen Technologie, oder aber auch ein Schiff selbst als integraler Bestandteil eines innovativen Entwurfs oder Teil eines neuartigen Betriebskonzepts. Speziell für die erstgenannte Ausprägung, Schiff in Kombination mit innovativer Technik, bietet sich ein Ansatz an, der eine Nutzung durch verschiedene, Forschung betreibende Akteure und eine variable Nutzung von bereitgestellten Schiffen ermöglicht. Eine allgemein verfügbare bzw. flexibel nutzbare Plattform kann auch bei der Entwicklung von technischen Standards unterstützen und so für eine schnellere Markteinführung sorgen.

Aufgrund der vielfältigen Fragestellungen und der vielfach individuellen und spezifischen Randbedingungen in der Binnenschifffahrt und der daraus resultierenden spezifischen Forschungsbedarfe besteht grundsätzlich auch ein Bedarf an Demonstratoren, die speziell für Projekte erstellt werden. Die Gründe hierfür liegen in den vielfältigen Fragestellungen, die sich häufig aus einer Kombination verschiedener inhaltlicher Themen ergeben, z. B. logistische und schiffstechnische Fragen oder innovative Antriebskonzepte mit spezifischen Anforderungen an die Rumpfgestaltung etc., die in der Regel nicht auf offenen Demonstrationsplattformen demonstriert werden können. Auch spezifische Anforderungen, die sich aus den jeweiligen Fahrprofilen oder den örtlichen bzw. regionalen Infrastrukturbedingungen ergeben, können hierbei von Bedeutung sein.

Daraus resultiert der hier verfolgte Ansatz, zunächst zwischen sogenannten **„offenen Demonstrationsplattformen“** und **„projektbezogenen Demonstratoren“** zu unterscheiden. Dabei sollen offene Demonstrationsplattformen variable und mehrfache, zeitlich gestaffelte Nutzungen ermöglichen. In diesem Sinne bezieht sich die ‚Offenheit‘ von Demonstrationsplattformen auf verschiedene Projekte (Projektoffenheit), die von verschiedenen Forschungsakteuren bzw. -konsortien (Nutzeroffenheit) und für verschiedene Technologien eines Themenfeldes (Technologieoffenheit) genutzt werden können. Sofern inhaltlich möglich, sollen die Plattformen darüber hinaus auch offen für verschiedene Themenfelder sein, z. B. Automatisierung und Antriebstechnologien (Themenoffenheit), vgl. hierzu Abbildung 1.

Die Bedeutung der Bezeichnung ‚Plattform‘ ist demzufolge klar abzugrenzen von dem beispielsweise in der Polar- oder Meeresforschung im Zusammenhang mit Forschungsschiffen (z.B. Polarstern oder Meteor) verwendeten Begriff ‚Forschungsplattform‘. Im Gegensatz zu diesen Forschungsschiffen ist hier das Schiff selbst wesentlicher Bestandteil der Demonstration.

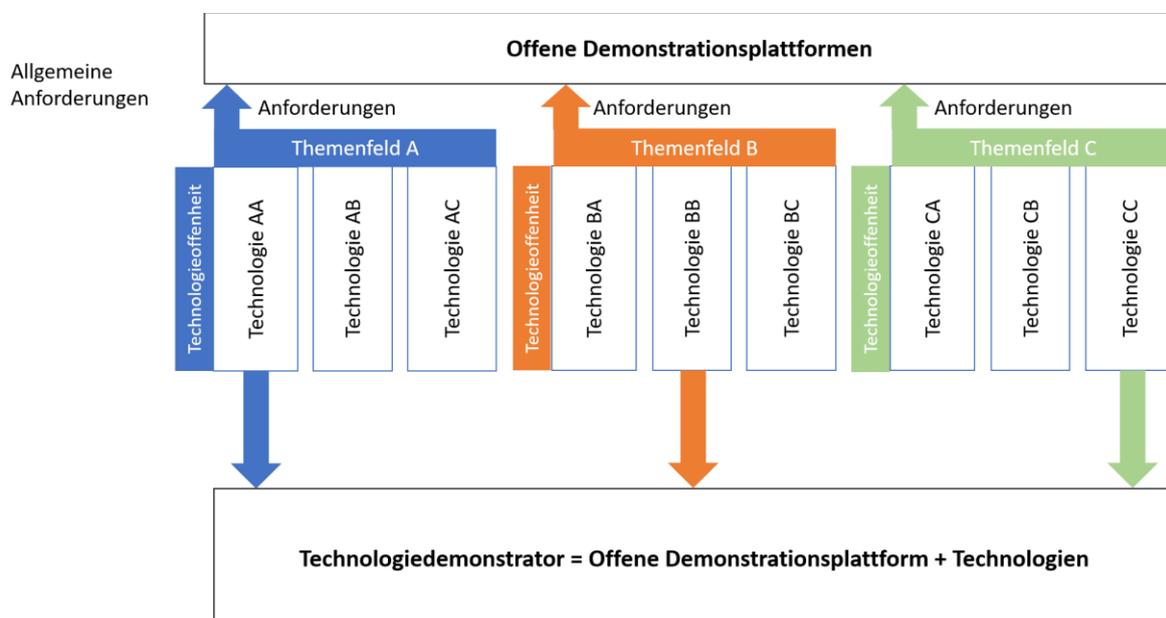


Abbildung 1: Schema ‚Offene Demonstrationsplattformen‘

Neben den offenen Demonstrationsplattformen werden projektbezogene Demonstratoren entsprechend Abbildung 2 für ein konkretes Projekt genutzt.

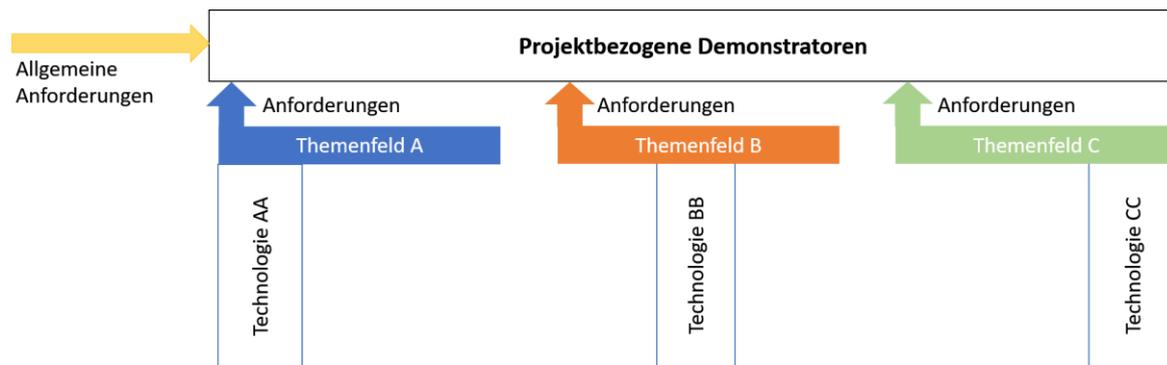


Abbildung 2: Schema „Projektbezogene Demonstratoren“

Darüber hinaus können neben der Differenzierung in ‚Offene Demonstrationsplattformen‘ und ‚Projektbezogene Demonstratoren‘ weitere Kriterien berücksichtigt werden. Beispielsweise kann in Bezug auf das **Nutzungs- und Betriebskonzept** einer Demonstrationsplattform bzw. eines Demonstrators zwischen reinem Forschungsbetrieb einerseits und einer kombinierten Forschungs- und gewerblichen Nutzung („Ship-in-Service“) andererseits unterschieden werden; letztere ist insbesondere wichtig bei Vorhaben mit relativ weit entwickelten Technologien, um die volle Funktionstüchtigkeit unter regulären Einsatz- bzw. Betriebsbedingungen zu demonstrieren. In der Praxis dürfte die Abgrenzung zwischen beiden Optionen fließend sein.

Dieses Kriterium ist verknüpft mit der **Anwendungsreife** bzw. dem **technologischen Reifegrad** einer Technologie: Während am Anfang einer Entwicklung die Grundlagenforschung im Vordergrund steht, nimmt der technologische Reifegrad mit zunehmender Entwicklung über das Experimentier- und das Laborstadium, den Funktionsnachweis in anwendungsrelevanter Umgebung, den Prototypentest in Betriebsumgebung bis hin zur Wettbewerbsfähigkeit kontinuierlich zu. Gemäß der Definition des technologischen Reifegrades nach DIN ISO 16290:2016-09<sup>3</sup> umfassen Demonstratoren die TRL-Stufen 5 bis 8, vgl. Tabelle 1.

Tabelle 1: Technology Readiness Level (TRL)

| Kategorie                   | Level | Beschreibung  |
|-----------------------------|-------|---|
| Grundlagenforschung         | TRL 1 | Beobachtung des Funktionsprinzips   |
|                             | TRL 2 | Beschreibung des technologischen Konzepts                                       |
| Technologische Forschung    | TRL 3 | Experiment, Nachweis Funktionstüchtigkeit                                       |
|                             | TRL 4 | Technologievalidierung im Labor   |
| Demonstration               | TRL 5 | Funktionsnachweis in anwendungsrelevanter Umgebung                              |
|                             | TRL 6 | Verifikation mittels Demonstrators in anwendungsrelevanter Umgebung             |
|                             | TRL 7 | Prototypentest in Betriebsumgebung  |
|                             | TRL 8 | Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit in Betriebsumgebung |
| Wettbewerbsfähige Fertigung | TRL 9 | Nachweis des erfolgreichen Einsatzes  |

Dabei beschreiben die TRL-Stufen 5 und 6 einen Demonstrator in ‚anwendungsrelevanter Umgebung‘. In den nächsten Entwicklungsschritten umfassen die Stufen 7 und 8 bereits Demonstratoren in ‚Betriebsumgebung‘. In Anlehnung an diese Einteilung können Demonstratoren als

<sup>3</sup> Definition des Technologischen Reifegrades gemäß DIN ISO 16290:2016-09

**‚forschungsorientiert‘** und **‚betriebsorientiert‘** (‚Ship-in-Service‘) eingestuft werden. In diesem Sinne ist ein forschungsorientierter Demonstrator beispielsweise ein Demonstrator auf einem (virtuellen oder realen) Testfeld, oder auch ein Schiff ohne spezielle Transportaufgabe; ein betriebsorientierter Demonstrator hingegen wird z. B. in einem regulären gewerblichen Betrieb durch eine Reederei oder einen Partikulier betrieben und in der Regel auf öffentlichen Wasserstraßen eingesetzt. Dabei resultieren aus dem regulären Betrieb zusätzliche Anforderungen an den Entwurf des Schiffes, beispielsweise hinsichtlich des Laderaums, Reichweite, Geschwindigkeiten und Betriebszeiten.

Eng verknüpft mit dem Kriterium **Flexibilität und Variabilität** der Demonstratorplattformen und Demonstratoren ist die Differenzierung in den **Neubau** eines Schiffes gegenüber dem **Umbau** eines bestehenden Schiffes bzw. die **Nutzung von Behördenschiffen**. Während bei einem Neubau maximale Freiheitsgrade bei Entwurf und Konstruktion bestehen und somit auch modulare Konzepte oder Plug & Play-Ansätze und damit eine Technologieoffenheit einfacher realisiert werden können, sind bei Umbauten bestehender Schiffe oder bei der Nutzung von Behördenschiffen nur eingeschränkte Freiheitsgrade und somit ein geringeres Maß an Technologieoffenheit möglich. Dafür sind im Gegenzug in der Regel geringere Investitionskosten zu erwarten.

## 4 Anforderungen an Demonstratoren

### 4.1 Grundlagen

Im Folgenden werden für die in Kapitel 3 beschriebenen zwei Kategorien von Demonstratoren – ‚Offene Demonstrationsplattform‘ und ‚Projektbezogene Demonstrator‘ - Anforderungen formuliert. Diese teilen sich jeweils auf in Anforderungen, die unabhängig von den betrachteten Themen- bzw. Technologiefeldern definiert werden können (‚Allgemeine Anforderungen‘), und Anforderungen, die sich aus der Betrachtung spezieller Themenfelder ergeben (‚Themenfeldabhängige Anforderungen‘), vgl. hierzu auch die Abbildungen 1 und 2 in Kapitel 3. Basierend auf den Vorüberlegungen aus Kapitel 2 umfasst dies die Themenfelder ‚Alternative Antriebe‘, ‚Automatisierung‘ und ‚Innovative Schiffskonzepte‘. Falls notwendig, werden Besonderheiten durch die Unterscheidung ‚forschungsorientiert‘ bzw. ‚Ship-in-Service‘ dargestellt.

Unabhängig von der Art des Demonstrators ist eine genaue Definition des **Demonstrationsziels** notwendig. Bei der Definition der Ziele bzw. des Zwecks des Demonstrators sollten u.a. folgende Fragen in Betracht gezogen werden:

- Welche(s) Themenfeld(er) soll(en) demonstriert werden können?
- Welche Technologie(n) wird/werden für das jeweilige Themenfeld berücksichtigt?
- Für welchen späteren Einsatzzweck bzw. für welches spätere Umfeld können die Technologien verwendet werden?

### 4.2 Offene Demonstrationsplattform

#### 4.2.1 Allgemeine Anforderungen

**Betriebskonzept:** Es muss von dem Betreiber des Demonstrators ein Betriebskonzept bestimmt werden, das die Bedingungen für die Nutzung des Schiffs für Demonstrationszwecke regelt:

- In welcher Form und in welchem Umfang ist der Demonstrator für andere Nutzer offen, und inwieweit kann ein ‚Ship-in-Service‘-Demonstrator auch parallel im regulären Betrieb zu Demonstrationszwecken zur Verfügung gestellt werden?
- Zu welchen Modalitäten, z. B. zu welchem Tagessatz kann der Demonstrator von anderen Nutzern verwendet werden und welche Kosten sind in dem Tagessatz enthalten (Personal, Treibstoff, etc.)?

**Zulassungsfähigkeit:** Sofern der Einsatz auf einer öffentlichen Wasserstraße geplant ist, soll die Demonstrationsplattform den Vorschriften entsprechen und eine Zulassung für den Betrieb auf den für den Einsatz geplanten öffentlichen Wasserstraßen nachweisen. Dies beinhaltet alle auf der Demonstrationsplattform fest verbauten Komponenten.

**Repräsentativität:** Beim Entwurf von Demonstratoren für Forschungszwecke ohne Transport- oder Arbeitsaufgabe ist auf eine hinreichende Repräsentativität zu achten. So sollte beispielsweise bei einem maßstäblich verkleinerten Demonstrator der Maßstabsfaktor für den Demonstrator nicht zu groß gewählt werden, um einerseits die Proportionalität zu gewährleisten, sodass eine skalierbare Übertragung auf reale Anwendungen möglich ist. Andererseits

sollte der Demonstrator auch aus praktischen Gründen nicht zu klein sein, um das zu untersuchende System und die notwendige Messtechnik gut an Bord installieren zu können. Daneben ist die Variabilität der Betriebszustände des Demonstrators entscheidend für eine umfassende Erprobung. So muss die Möglichkeit zur Variation des Tiefgangs und des Trimmings (auch bei fehlender Ladung) gegeben sein, um realistische hydrodynamische Bedingungen abbilden zu können, da diese beispielsweise einen signifikanten Einfluss auf die Anforderungen an die Antriebsanlage und somit auf das jeweilige Lastprofil haben. Auch die Funktionalität von Sensorik zur Umgebungserkennung kann beispielsweise stark abhängig sein von sich ändernden Abständen zur Wasseroberfläche bei verschiedenen Ladungszuständen.

**Technologieoffenheit:** Um die Funktionalität und Wirkungsweise von unterschiedlichen technologischen Ansätzen und Lösungen auf einem Demonstrator untersuchen zu können, ist ein technologieoffenes Konzept notwendig. Für die Realisierung eines technologieoffenen Konzepts müssen die einzelnen Komponenten eines Systems modular gestaltet sein. Modularität bedeutet die Möglichkeit, einzelne Teilsysteme eines Systems mit geringem Aufwand austauschen zu können, ohne dabei die Funktionalität des Gesamtsystems zu beeinträchtigen. Dies erfordert, unabhängig vom betrachteten Themenfeld:

1. Es ist zweckmäßig, eine Aufteilung in Teilsysteme vorzunehmen und deren Aufgaben zu definieren. Die Aufteilung sollte dabei unter der Berücksichtigung des Prinzips der lokalen Stetigkeit bei Änderungen erfolgen, d. h. eine Änderung innerhalb eines Moduls soll sich nicht auf die Funktion von anderen Modulen auswirken. Die Anzahl von Modulen sollte möglichst geringgehalten werden.
2. Definierte Schnittstellen zwischen den einzelnen Teilsystemen sind empfehlenswert. Zur Vermeidung von Kompatibilitätsproblemen sollten diese dabei möglichst genormt sein relevante Industriestandards einhalten
3. Hinreichend Platz für die Realisierung unterschiedlicher Lösungsansätze für jedes Teilsystem ist vorzusehen.
4. Eine konstruktive Gestaltung in der Art, das jedes Teilsystem für Austausch, Wartungs- oder Umrüstarbeiten mit geringem Aufwand erreichbar ist, ist zweckmäßig.

**Redundanz:** Für den Fall einer Fehlfunktion oder eines Ausfalls der zu testenden Technologie sollte bei der Gestaltung des Demonstrators darauf geachtet werden, dass zu jeder Zeit die Möglichkeit zum Umschalten auf das Originalsystem besteht und dass die Fehlfunktion keine Auswirkung die Funktionalität des Originalsystems hat („Rückwirkungsfreiheit“). Die Manövrier- und Steuerbarkeit sowie der manuelle Betrieb sollen somit zu jeder Zeit gewährleistet werden können.

**Messbarkeit:** Unabhängig vom betrachteten Themenfeld ist eine ausreichende Hardware für die Speicherung von gemessenen Daten von verschiedensten Sensoren notwendig (z. B. Langzeitmessungen mit großen Datenvolumen). Es sollte die Möglichkeit geben zum Anpassen, Austauschen und Erweitern verschiedenster Sensorik. Auch die Aufzeichnung aller relevanten Betriebs- und Umgebungszuständen (Schwimmlage, Geschwindigkeit, Strömungsgeschwindigkeit, Wassertiefe, etc.) ist ein wichtiger Teil des Messkonzepts an Bord eines Demonstrators. Dabei sollte auch ein Konzept für die Zeitsynchronisation von allen gemessenen Daten erstellt werden. Eine Softwareumgebung zur Überwachung und Auswertung von Messdaten muss erweiterbar und flexibel umschaltbar für verschiedene Messprinzipien sein. Für die Auswertung der Messdaten und weiterer Parameter ist eine detaillierte Dokumentation der Eigenschaften des Demonstrators wichtig. Dies beinhaltet eine Beschreibung aller Schnittstellen, sowie einer

Dokumentation aller wesentlicher hydrodynamischer Kenngrößen (z. B. Leistungsbedarf, Nachstrom- und Sogziffer, Manövrierkoeffizienten). Gegebenenfalls sollte auch eine direkte Messung von Antriebsleistung (Wellenmoment, Schub), Ruderschaftmomenten etc. vorgesehen werden.

Um den Betrieb des Demonstrators zu überwachen, sollte genügend Raum für Arbeitsplätze von Wissenschaftlern eingeplant werden. Dabei muss beachtet werden, dass diese Räume unter Umständen klimatisiert und vibrationsarm sein sollten. Zudem sollte eine Platzreserve für zusätzliches Equipment eingeplant werden, einschließlich Racks für die Installation von Servern.

**Digitaler Zwilling:** Es wird empfohlen, für offene Demonstrationsplattformen einen digitalen Zwilling zu konzipieren, der den realen Demonstrator im virtuellen Raum abbildet. Dieser Zwilling soll den Daten- und Informationsaustausch des Demonstrators und des digitalen Zwillings in beide Richtungen ermöglichen. Bei der Konzeptionierung des digitalen Zwillings sollten neben der Virtualisierung von Steuerungs- und Navigationsprozessen auch die Antriebstechnik und das Bewegungsverhalten berücksichtigt werden.

## 4.2.2 Themenfeldabhängige Anforderungen

Bei den themenfeldabhängigen Anforderungen handelt es sich oftmals um Konkretisierungen der allgemeinen Anforderungen, welche sich aus der Projektion auf ein Themenfeld ergeben. Andererseits werden in diesem Abschnitt auch Überlegungen aufgeführt, aus denen sich im konkreten Fall tatsächlich Anforderungen ergeben können. Bei allen nachstehend genannten Anforderungen ist zu daher beachten, dass diese nicht uneingeschränkt allgemeingültig sind. Die Anforderungen sind somit eher zu betrachten als Aspekte, die bei der Auswahl oder Spezifikation einer konkreten Demonstrationsplattform in Betracht gezogen werden sollten.

In bestimmten Konstellationen mag es sogar zweckmäßig sein, sich bewusst gegen hier aufgeführte Anforderungen zu entscheiden. Dies kann beispielsweise dann der Fall sein, wenn die Einsatzfähigkeit von Technologien unter ungünstigen Bedingungen nachgewiesen werden soll, die sich durch Nachrüstungen auf bestehenden Flotten ergeben.

### 4.2.2.1 Alternative Antriebe

Die aus der Nutzung alternativer Antriebe resultierenden Anforderungen an eine offene Demonstrationsplattform ergeben sich sowohl aus dem verwendeten alternativen Energieträger bzw. Treibstoff als auch der Methode, wie aus diesem Energieträger die benötigte Antriebsenergie und die Energie für alle sonstigen Verbraucher bereitgestellt, d. h. erzeugt und umgewandelt wird. Es muss bei der Planung also sowohl der Energieträger wie auch der Energiewandler berücksichtigt werden.

Alternative Energiewandler können sein:

- Verschiedene Arten von Brennstoffzellen
- Verschiedene Arten von Verbrennungsmotoren
- Gasturbinen

Wenn der Demonstrator mit verschiedenen Energiewandlern betrieben werden soll, ist es von Vorteil, wenn diese jeweils als Generator für einen elektrischen Antrieb konzipiert werden. Denn außer dem Verbrennungsmotor eignet sich kein Energiewandler als Direktantrieb.

Zudem können bei einer Entkopplung des Energiewandlers vom direkten Antrieb des Schiffes auch Konzepte mit verschiedenen Energiewandlern, auch in Kombination mit Akkumulatoren, erprobt werden. Der Demonstrator wird so deutlich flexibler.

Mögliche Alternativen zum Diesel lassen sich in drei Gruppen einteilen:

- Kohlenwasserstoffbasierte Energieträger
- Wasserstoffbasierte Energieträger
- und Speicher für elektrische Energie

Zu den kohlenwasserstoffbasierten Energieträgern zählen alle Arten von dieselähnlichen Kraftstoffen, aber auch Alkohole und Alkane wie zum Beispiel Methan. Die folgende Abbildung zeigt die Energiedichte einiger potentieller alternativer Energieträger. Hier sind auch die beiden wasserstoffbasierten Alternativen Ammoniak und reiner Wasserstoff aufgeführt. Diese Gruppe hat den Vorteil, dass bei der Verbrennung kein klimawirksames CO<sub>2</sub> entsteht.

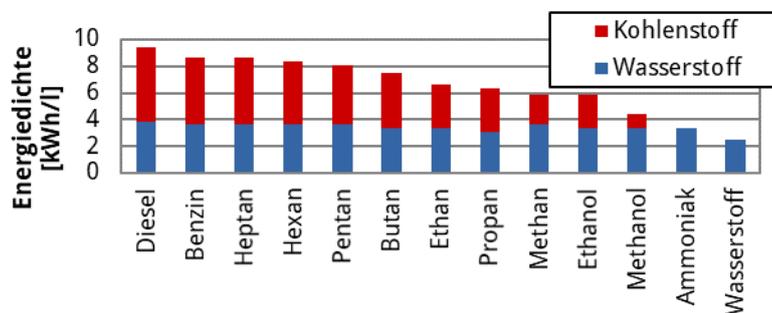


Abbildung 3: Anteile von Kohlenstoff und Wasserstoff an der Energiedichte

Die letzte Gruppe der alternativen Energieträger sind die Speicher für elektrische Energie, also verschiedene Arten von Akkumulatoren. Der Schiffsbetrieb stellt hier deutlich andere Anforderungen an Akkumulatoren als zum Beispiel die E-Mobilität auf der Straße.

Den meisten alternativen Energieträgern, die nicht dieselähnlich sind, ist gemein, dass sie eine niedrigere Energiedichte aufweisen und damit teilweise erheblich größere Speichervolumina für dieselbe Energiemenge benötigen. Ein Schiff mit einem hohen Energiebedarf mit einem Energieträger mit sehr geringer Energiedichte zu betreiben, kann erhebliche Probleme bereiten. Auch die Stoffeigenschaften wie Korrosivität oder die Lagertemperatur (zum Beispiel tiefkaltes LNG) oder der Druck (zum Beispiel Wasserstoff bei 500 bar) müssen berücksichtigt werden.

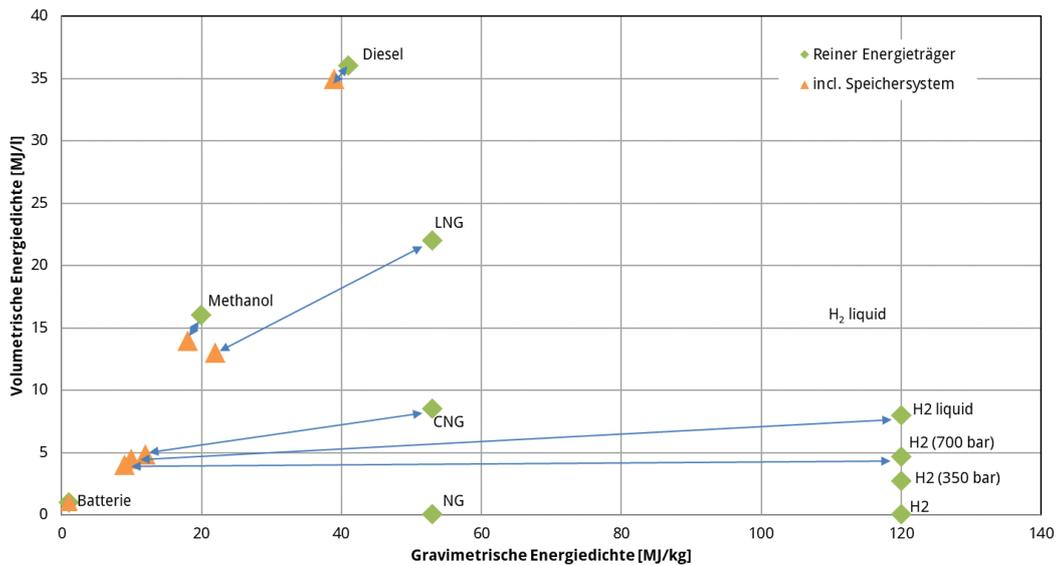


Abbildung 4: Volumetrische Energiedichte aufgetragen über die gravimetrische Energiedichte für verschiedene Energieträger und Zustände.

Da die Energiewende in der Binnenschifffahrt zum jetzigen Zeitpunkt noch keine eindeutige Richtung eingeschlagen hat, sollte ein als offene Demonstrationsplattform geplanter Demonstrator für das Themenfeld alternative Antriebe so konzipiert sein, dass möglichst viele der oben beschriebenen Aspekte berücksichtigt werden können. Die Wahl der Antriebstechnologie hat aber allgemein einen starken Einfluss auf den Gesamtentwurf. Abhängig vom geplanten Einsatzzweck des Demonstrators kann es sinnvoll sein, sich nur auf einen Teilaspekt der oben genannten Punkte Energiewandler- und Träger zu fokussieren.

*Beispiel 1 (Für den öffentlichen Personennahverkehr konzipierte Fähre als Demonstrationsplattform): Festlegung auf Brennstoffzellentechnologie als Energiewandler und Modularisierung in Bezug auf verschiedene Arten von Energieträgern für die Brennstoffzelle.*

Im Hinblick auf einen erhöhten Raumbedarf durch die Modularisierung müssen aber eventuell bei Demonstratoren im Betrieb Einschränkungen bezogen auf den Entwurf in Kauf genommen werden.

*Beispiel 2: Reduzierung der Laderaumkapazität durch Einplanung von zusätzlichen Energiecontainern bei einem Gütermotorschiff.*

Für die Zulassungsfähigkeit und Redundanz sollte neben dem modularisierten Konzept für alternative Antriebe auch parallel eine konventionelle Antriebstechnik vorhanden sein. (Einschränkung: für den alleinigen Einsatz auf Testfeldern nicht zwingend. Allerdings sollte unter dem Aspekt der Nutzung mehrere Konsortien mindestens eine Konfiguration eine dauernde Nutzung ermöglichen). Der Antrieb selbst muss dabei unabhängig von der verwendeten Energiequelle sein. Das Konzept kann entweder den Austausch von Einheiten zur Energiespeicherung, oder Einheiten zur Energiewandlung, oder beides ermöglichen. Für jedes geplante Teilsystem ist ausreichend Raum vorzusehen unter Einbeziehung der oben genannten spezifischen Anforderungen für Energiewandler und Energieträger.

*Beispiel 3 (Fest installierte, elektrisch betriebene Propulsionseinheit mit fest installiertem Powermanagement. Davor modularer Maschinenraum und containerisiertes Tanksystem): Bei*

*der Planung des Raumbedarf der Tanks müssen die verschiedenen Speicherbedingungen (Dichte, Umgebungsdruck, komprimiert, (tief-)kalt) mit eingeplant werden.*

Beim Entwurf einer offenen Demonstrationsplattform für alternative Antriebe ist auf eine möglichst uneingeschränkte Zugänglichkeit für einen einfachen und flexiblen Austausch im Maschinenraum, Tank- und Bunkerbereich zu achten. Dabei muss außerdem ein ausreichender Schutz gegen Kollisionen eingehalten werden. Die Verbindung zwischen Energieträger und -wandler (Kraftstoffleitungen) sollten entsprechend ebenfalls modular und möglichst standardisiert sein und ein flexibles Abkoppeln bestimmter Bereiche ermöglichen (*Beispiel: Viele Ventile*). Standardisierung bedeutet hier zugleich die Schaffung einer Best-Practice Pilotanwendung. Der Entwurf des Demonstrators soll nach Möglichkeit in enger Zusammenarbeit mit den Zulassungsbehörden und technischen Diensten stattfinden, um somit eine Zulassungsfähigkeit, beispielsweise mit einer Ausnahmegenehmigung, zu gewährleisten. Darüber hinaus kann der Zulassungsprozess des Demonstrators die Entwicklung von neuen, für das jeweilige Antriebskonzept notwendigen, Regelwerken unterstützen.

Für eine ausreichende Sicherheit sind alle elektrischen Anlagen und Einrichtungen im Maschinenraum, Tank- und Bunkerbereich und anderen Räumen entsprechend dem geplanten Antriebssystem, welches die höchsten Anforderungen stellt, ausgelegt werden. Beispiele hierfür sind Explosionsschutzkonzepte sowie Leck- und Branddetektion. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass die Leck- und Branddetektion für die vorgesehen unterschiedlichen Treibstoffe anpassbar ist.

Zudem soll die Möglichkeit zum Anpassen, Austauschen und Erweitern verschiedenster Sensorik (z.B. Gas, Temperatur, Infrarot, Druck, Kameras, etc.) in allen relevanten Bereichen von Tanks, Leitungen, Maschinenraum, Bunker und Abgas gegeben sein.

#### **4.2.2.2 Automatisierung**

Bereits in Kapitel 2 wurde dargestellt, dass sich das Themenfeld Automatisierung grob in mehrere Unterthemen unterteilen lässt, die Automatisierung der nautischen Aufgaben, die Automatisierung der Maschinenanlagen sowie die Automatisierung sonstiger Bordfunktionen. Für diese Unterthemen ergeben sich jeweils verschiedene Anforderungen an hierfür vorgesehene offene Demonstrationsplattformen. Bei allen nachstehend genannten Anforderungen ist zu beachten, dass diese nicht uneingeschränkt allgemeingültig sind. Die Anforderungen sind daher eher zu betrachten als Aspekte, die bei der Auswahl oder Spezifikation einer konkreten Demonstrationsplattform in Betracht gezogen werden sollten.

##### Automatisierung nautischer Aufgaben

Die nautischen Aufgaben umfassen alle Tätigkeiten, die mit der Navigation und Schiffsführung zusammenhängen, insbesondere also Positionsbestimmung, Routenplanung, Umgebungswahrnehmung (Umweltbedingungen, Verkehrssituation) sowie die Steuerung der Propulsions- und Manövrierorgane.

Automatisierungslösungen im Bereich Navigation und Schiffsführung greifen in sicherheitsrelevanter Weise in den Schiffsbetrieb ein, weswegen ein besonderes Augenmerk auf sichere (galvanische) Trennung, Interferenzfreiheit und manuelle mechanische Abschaltbarkeit gelegt werden sollte.

Die zentrale Einheit zur Navigation und Bedienung des Schiffs (i.d.R. das Steuerhaus) muss für den flexiblen Einsatz verschiedener Systeme nutzbar sein und daher sowohl software- als auch hardwareseitig modular gestaltet werden. Es sollte ausreichend Platz für die Erweiterung der Bedien- und Visualisierungseinrichtungen vorgesehen werden. Der Einsatz von Touchscreens bietet sich an. Bei allen digitalen und seriellen Schnittstellen sollten möglichst gängige Standards vorgesehen werden. Kompatibilität mit Standards aus anderen Industriezweigen, z.B. Luftfahrt oder Automobilindustrie, kann Technologietransfers erleichtern.

#### Automatisierung sonstiger Bordfunktionen

Die sonstigen Bordfunktionen betreffen alle weiteren routinemäßigen und außerroutinemäßigen Tätigkeiten an Bord. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sind hier die Wartung der technischen Einrichtungen an Bord, das Festmachen (bzw. Ankern) sowie das Bunkern zu nennen. Je nach Schiffstyp und Einsatzzweck kommen weitere, häufig hochkomplexe Tätigkeiten hinzu. Bei einem Güterschiff zählt hierzu beispielsweise das Laden und Löschen.

Vielfach werden Automatisierungslösungen in diesem Bereich völlig neue Schiffskonzepte erforderlich machen bzw. ermöglichen.

#### Automatisierung der technischen Anlagen

Für dieses Thema wird ein geringer Bedarf an Demonstrationsplattformen gesehen, da die Entwicklung bei ansonsten marktreifen Systemen weitgehend von den Herstellern, z. B. Motorenhersteller, in Eigenregie vorangetrieben wird. Ansonsten kann an dieser Stelle auch auf die Ausführungen im vorhergehenden Abschnitt zu alternativen Antriebskonzepten verwiesen werden.

#### Vernetzung

Darüber hinaus ist neben der reinen Automatisierung auch die Vernetzung ein wichtiger Aspekt in allen diesen Themenkomplexen. Beispielsweise sind die Kommunikation und Koordination mit anderen Verkehrsteilnehmern wichtiger Teil der nautischen Aufgaben an Bord eines Schiffes. Durch Vernetzung und digitalen Informationsaustausch ergeben sich hier neue Möglichkeiten und vor allem auch Lösungsansätze für Probleme, die durch die Automatisierung entstehen.

Hierfür lassen sich kaum allgemeine Anforderungen an eine Demonstrationsplattform formulieren, da diese höchstens für die Bereitstellung der Netzwerkinfrastruktur für die Funkdatenübermittlung eingebunden werden kann. In diesem Fall sollte auf ausreichende Bandbreite und Kompatibilität mit allen gängigen Netzstandards geachtet werden.

### **4.2.2.3 Innovative Schiffskonzepte**

Das Themenfeld ‚Innovative Schiffskonzepte‘ betrifft vor allem flachgehende Schiffe mit geeigneten Propulsionsorganen und Leichtbaukonstruktionen. Die hierfür relevanten, jeweils sehr unterschiedlichen Propulsionsorgane (konventioneller Propeller, Ruderpropeller, Wasserstrahlantriebe, Schaufelrad, Blattkette etc.) erfordern im Grundsatz eine jeweils angepasste Formgebung des Rumpfes, um eine technisch sinnvolle Lösung zu erarbeiten. Auch die Positionierung der Propulsionsorgane kann sich stark unterscheiden; während z. B. ein konventioneller Propeller im Achterschiff platziert wird, kann es sinnvoll sein, ein Schaufelrad seitlich anzubringen. Hieraus lässt sich ableiten, dass die im Entwurf gewählten Hauptabmessungen

des Rumpfes variieren können. Damit unterscheiden sich die Schiffslinien ebenfalls fundamental.

In Bezug auf innovative Schiffskonzepte mit ausgewiesener Niedrigwassereignung ist die Technologieoffenheit also sehr eingeschränkt. Diese Aussage trifft auch auf alternative Werkstoffe für den Schiffsrumpf zu.

Darüber hinaus bekräftigen diese Zusammenhänge, dass neben den offenen Demonstrationsplattformen weiterhin projektbezogene Demonstratoren benötigt werden.

Mit Einschränkungen in der Technologieoffenheit sind jedoch innovative Lösungen bei den Propulsionsorganen denkbar. Zum Beispiel könnte die Formgebung und Raumaufteilung des Schiffes so ausgestaltet sein, dass Ruderpropeller und Vertikalpropeller im Hinterschiff ausgetauscht werden können. Ein anderes Beispiel ist die Variation des Propellerdurchmessers von Steuergitteranlagen mit zusätzlichen Außenhauteinsätzen (Adapter) oder austauschbaren Schiffsektionen zwischen formschlüssigen Verbindungsstellen.

Die Demonstration von innovativen Leichtbaukonstruktionen für Aufbauten erfordert die Option, entsprechende Strukturen austauschen zu können. Ein Beispiel stellen elastisch gelagerte Wohnungen von Schiffen dar, die ein Austauschen ermöglichen. Diese Möglichkeit sollte bei offenen Demonstrationsplattformen für alle Wohnungen an Bord (ggf. auch am Vorschiff) geprüft werden.

Im Themenfeld ‚innovative Schiffskonzepte‘ werden auch innovative Technologien einbezogen, die die Bordaktivitäten, wie z. B. das Festmachen, das Bunkern sowie das Be- und Entladen eines Schiffes vereinfachen. Es ist demnach zweckmäßig, eine variable Decksflächennutzung durch ein großzügiges Platzangebot und mehrere Zugänge zum Laderaum bzw. zu den Ladetanks zu ermöglichen. Sollen zum Beispiel hydraulische oder elektromagnetische Festmachersysteme zum Einsatz kommen, sollte die Decksfläche an relevanten Positionen Gestaltungsspielraum zulassen. Außerdem sind an diesen Positionen Zugänge zum Bordstrom vorzusehen.

### 4.3 Projektbezogene Demonstratoren

Unter dem Aspekt der Innovationsfreiheit und der Berücksichtigung der unbekanntem Art und Funktionsweise von Technologien, die in der Zukunft getestet und demonstriert werden, ist eine Definition von Anforderungen nur sehr eingeschränkt und allgemein möglich bzw. sinnvoll. Bei der Planung eines neuen Demonstrators können aber u. U. folgenden Fragen als Leitfaden dienen. Hier bedeutet ‚neu‘ nicht zwangsweise der Neubau eines Schiffes. Vielmehr ergibt sich durch die Kombination aus Schiff und Technologie der Demonstrator. D. h. ein neuer Demonstrator resultiert auch durch eine Kombination aus neuer Technologie und einem bestehenden Schiff.

1. Erfordert die Demonstration den Neubau eines (oder mehrerer) Schiff(e), da das Ziel der Demonstration nicht mit bestehenden Schiffen erfüllt werden? Beispielsweise neuartige Rumpfformen, oder auch spezielle Transport- oder Logistikkonzepte.
2. Falls ein Neubau notwendig ist, kann dieser so geplant werden, dass er im Anschluss für andere Nutzer (Projekte/Vorhaben) wiederverwendbar ist?
3. Ist es mit dem Demonstrator möglich, die maßgeblichen Anforderungen relevant abzubilden, die aus dem späteren Betrieb resultieren,

4. Ist es sinnvoll, maßgeblich oder zwingend notwendig, für die Demonstration ein Schiff im regulären Einsatz („Ship-in-Service“) zu nutzen oder kann/soll/muss die Demonstration auf einem Testfeld erfolgen?
5. Deckt sich das Ziel der Demonstration mit den förderpolitischen Zielen?

Neben diesen Fragen sollten auch die in Kapitel 4.1 beschriebenen Aspekte für das Demonstrationsziel, sowie die beiden Punkte Repräsentativität und Messbarkeit aus Kapitel 4.2.1 bei der Konzeptionierung von projektbezogenen Demonstratoren berücksichtigt werden.

# 5 Anforderungen an den Entwurf eines neuen Technologiedemonstrators

## 5.1 Konzept und Vorgehensweise

Das Kapitel 5 nimmt Bezug auf den im Rahmen des Projektes BinSmart zu konzipierenden Technologiedemonstrator. Dieser soll technologieoffen, modular und innovativ sein. In der Basis folgt dieser Demonstrator also dem Ansatz einer offenen Demonstrationsplattform („Ship-in-Service“) und nicht dem eines projektbezogenen Demonstrators.

Für diesen Demonstrator werden im Weiteren exemplarisch die (technischen) Anforderungen erarbeitet. Hierzu werden zunächst die Demonstrationsziele definiert und die betrachteten Themenfelder konkretisiert. Anschließend werden die relevanten themenfeldspezifischen Anforderungen auf den zu entwickelnden Technologiedemonstrator projiziert.

## 5.2 Kategorisierung und Demonstrationsziele

Die Demonstrationsziele werden wie folgt festgelegt:

### 1. Energie- und Emissionsstrategie:

Der Demonstrator soll die Eigenschaft „energieeffizient“ aufweisen und sich im unteren Drittel des Leistungsbedarfsspektrums vergleichbarer Schiffe ansiedeln. Die Energieeffizienzsteigerung soll durch hydrodynamisch optimierte Schiffslinien, ein effizientes Propulsionssystem und durch einen hohen Automatisierungsgrad bei der Navigation erzielt werden. Zur Einhaltung der Verordnung (EU) 2016/1628 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. September 2016 (NRMM-Verordnung) muss ein innovatives vom Stand der Technik abweichendes Antriebskonzept mit einem innovativen Energiewandler zum Einsatz kommen.

### 2. Einsatzstrategie:

Der Demonstrator soll in realer Betriebsumgebung für den Transport von Gütern eingesetzt werden („Ship-in-Service“) und somit eine hohe Repräsentativität aufweisen. Um eine hohe Transportzuverlässigkeit zu gewährleisten, soll das Schiff zudem bei niedrigen Wasserständen einsatzfähig sein.

Die zuvor aufgeführten Demonstrationsziele verdeutlichen, dass alle drei in Kapitel 2 genannten Themenfelder (alternative Antriebe, Automatisierung und innovative Schiffskonzepte) angesprochen werden.

Die folgende Tabelle 2 führt die konkreten Anforderungen an den neu zu entwickelnden Technologiedemonstrator zusammen und referenziert an entsprechenden Stellen auf die in Kapitel 4 erläuterten allgemeinen bzw. themenfeldspezifischen Anforderungen.

Tabelle 2: Anforderungen an den Entwurf eines neuen Technologiedemonstrators

| Pos.      | Merkmal           | Anforderung   | Referenz   |
|-----------|-------------------|---|--|
| <b>A1</b> | Hauptabmessungen  | Das Schiff soll auf Kanälen und Flüssen, wie z. B. dem Rhein und der Mosel, eingesetzt werden können. Die Binnenwasserstraße der Klasse IV soll befahrbar sein.<br>Die maximale Länge ist daher auf Grund von Schleusenlängen auf <b>86,0 m</b> zu beschränken, die Breite auf <b>9,5 m</b> . Der Tiefgang von <b>2,5 m</b> ist für die Kanalfahrt relevant. Der maximale Tiefgang kann zwischen <b>2,8 m</b> u. <b>3,0 m</b> liegen. | <b>Repräsentativität und Proportionalität</b><br>(siehe Kapitel 4.2.1) |
| <b>A2</b> | Fixpunkthöhe      | Unter Ballast ist eine maximale Fixpunkthöhe von <b>4,4 m</b> nicht zu überschreiten. Im Leerzustand beträgt die max. Fixpunkthöhe <b>5,0 m</b> .   | <b>Repräsentativität</b><br>(siehe Kapitel 4.2.1)                      |
| <b>A3</b> | Steuerhaus        | Die Mindesthöhe des hydraulischen Hubschachts für das Steuerhaus sollte <b>8,3 m</b> betragen.  | <b>Repräsentativität</b><br>(siehe Kapitel 4.2.1)                      |
| <b>A4</b> | Ballastierbarkeit | Im Rahmen von Technologiedemonstrationen ist nicht stets gewährleistet, dass das Schiff beladen ist und so den maximalen Tiefgang erreicht. Es ist daher eine ausreichende Ballastierbarkeit (Wasservolumen) vorzusehen, um die Demonstrationsziele <b>unter realen Betriebsbedingungen</b> erproben zu können.   | <b>Variabilität</b><br>(siehe Kapitel 4.2.1)                           |
| <b>A5</b> | Propulsion        | Der kleinste fahrbare Tiefgang soll bei <b>1,2 m oder kleiner</b> liegen.   | <b>Demonstrationsziel</b>  |
| <b>A6</b> | Transportgüter    | Das Schiff soll sich für den Transport von <b>Containern, Stückgut</b> und <b>Projektladung</b> eignen. Hieraus ergeben sich die Anforderungen an einen möglichst großen Laderaum. Als Anforderung wird eine Laderaumlänge von <b>60 m</b> und eine Breite von <b>7,6 m</b> formuliert.   | <b>Repräsentativität</b><br>(siehe Kapitel 4.2.1)                      |
| <b>A7</b> | Zuladefähigkeit   | Die Zuladekapazität soll mindestens <b>1550 t</b> betragen. Es sollen bei zweilagiger Stauung von Containern <b>60 TEU</b> transportiert werden können. Ein dreilagiger Containertransport soll möglich sein.   | <b>Repräsentativität</b><br>(siehe Kapitel 4.2.1)                      |
| <b>A8</b> | Energielieferant  | Die Demonstrationsplattform soll <b>offen</b> für alternative Energielieferanten sein. Es ist daher ein elektrischer Antrieb für die Propulsoren vorzusehen und ein ausreichender Platz für Energiespeicher vorzuhalten. Die Zugänglichkeit muss ebenfalls gewährleistet sein.  | <b>Technologieoffenheit Zugänglichkeit</b><br>(siehe Kapitel 4.2.1)    |
| <b>A9</b> | Emissionen        | Die Einhaltung der EU-Verordnung 2016/1628 ist obligatorisch und erfordert einen innovativen Ansatz, da es noch keine Standardlösung zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte gibt.   | <b>Demonstrationsziel</b>  |

|            |                   |   |  |
|------------|-------------------|---|--|
| <b>A10</b> | Einsatzoptionen   | Die Demonstrationsplattform soll als „Ship-in-Service“ fungieren und im Rahmen von Charterverträgen als Demonstrator eingesetzt werden.   | <b>Betriebskonzept</b><br>(siehe Kapitel 4.2.1)<br><b>Demonstrationsziel</b> |
| <b>A11</b> | Messsensorik      | <p>Erfassung der relevanten Betriebs- und Umgebungszustände. Zur Ermittlung der Antriebsleistung sollen folgende Parameter messbar sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drehmoment</li> <li>• Drehzahl</li> <li>• Propulsorschub</li> <li>• Eingesetzte Energiemenge bzw. Treibstoffmenge</li> </ul> <p>Zur Ermittlung des Betriebszustands sollen folgende Parameter messbar sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiefgang des Schiffes</li> <li>• Position und Kurs (Drift)</li> <li>• Elastische Durchbiegung</li> <li>• Vibrationen (Beschleunigungen)</li> <li>• Lärm- und Abgasemissionen</li> </ul> <p>Zur Ermittlung der Umgebungsbedingungen sollen folgende Parameter messbar sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wassertiefe</li> <li>• Strömungsgeschwindigkeit</li> </ul> | <b>Messbarkeit</b><br>(siehe Kapitel 4.2.1)                                  |
| <b>A12</b> | Dokumentation     | <p>Der Rumpf der Demonstrationsplattform soll vollumfänglich hinsichtlich seiner Geometrie und Hydrodynamik dokumentiert sein. Folgende Größen sind dabei von Interesse:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Widerstands- und Driftkräfte – in Abhängigkeit der Voraus- und Quergeschwindigkeit</li> </ul> <p>Unter Berücksichtigung des Propulsions- und Manövrierorgans sollen zudem die Manövrierkoeffizienten zur Beschreibung des Bewegungsverhaltens bekannt sein.</p>   | <b>Digitaler Zwilling</b><br>(siehe Kapitel 4.2.1)                           |
| <b>A13</b> | Konstruktion      | Der kleinste fahrbare Tiefgang soll bei <b>1,2 m oder kleiner</b> liegen. Das Eigengewicht des Schwimmkörpers muss hinreichend gering sein (Leichtbaukonstruktion).   | <b>Demonstrationsziel</b>  |
| <b>A14</b> | Wohnung           | Es sind Mitnahmemöglichkeiten von Wissenschaftlern vorzusehen. Außerdem soll die Möglichkeit der Abnehmbarkeit der Wohnungen geprüft werden.  | <b>Messbarkeit</b><br>(siehe Kapitel 4.2.1)                                  |
| <b>A15</b> | Navigationssystem | Neben der konventionellen Ausstattung eines Binnenschiffes ist ein modernes Bahnführungssystem vorzusehen, um das Potential der Energieeffizienzsteigerung durch einen höheren Automatisierungsgrad zu demonstrieren.   | <b>Demonstrationsziel</b>  |

|            |                  |  |   |
|------------|------------------|--|---|
| <b>A16</b> | IT-Systeme       | Neben den obligatorischen Systemen wie AIS und ECDIS sind das RIS und ein Brückenwarnsystem vorzusehen. Die IT-Systeme sind steuerbar, standardisiert und sicher auszugestalten.                             | <b>Steuerbarkeit<br/>Standardisiert<br/>Sicherheit</b><br>(siehe Kapitel 4.2.2) |
| <b>A17</b> | Kransysteme      | Zum Austausch von Motoren, Tanks und anderen Ausrüstungsgegenständen sollen Hebewerkzeuge in ausreichender Anzahl, mit ausreichender maximaler Traglast und an geeigneten Positionen an Deck vorhanden sein. | <b>Repräsentativität</b><br>(siehe Kapitel 4.2.1)                               |
| <b>A18</b> | Festmachersystem | Es sind Ankerpfähle vorzusehen.  | <b>Repräsentativität</b><br>(siehe Kapitel 4.2.1)                               |

## 6 Ermittlung des Bedarfs an Technologiedemonstratoren

### 6.1 Methodischer Ansatz

In Kapitel 4 wurden allgemeine Anforderungen hergeleitet, die bei der Planung und Umsetzung von Demonstratoren in Betracht gezogen werden sollten. Daneben wurden in Kapitel 3 Aspekte zur Einteilung bzw. Klassifizierung von Technologiedemonstratoren herausgearbeitet. Für eine konkrete Abschätzung des derzeitigen und in näherer Zukunft zu erwartenden Bedarfs wurde basierend auf diesen Vorüberlegungen eine Umfrage entwickelt, siehe Anhang A. Diese Umfrage richtete sich zum einen an die Teilnehmer der Begleitforschungsgruppe. Darüber hinaus wurden auch weitere Akteure aus dem Gewerbe direkt oder indirekt über verschiedene, in der Begleitforschungsgruppe teilnehmende Verbände angesprochen. Die nachfolgenden Ausführungen geben die Ergebnisse dieser Erhebung wieder.

### 6.2 Auswertung der Umfrage

Insgesamt gab es 29 gültige Antworten, davon 22 mit vollständigen Angaben zum Institut bzw. Unternehmen. Diese relativ große Anzahl an abgegebenen und vollständigen Antworten spiegelt die Wichtigkeit bzw. das Interesse an dem Thema ‚Technologiedemonstratoren‘ in der Branche wider.

#### Frage 1: Demonstrator geplant?

Mit der ersten Frage wurde ermittelt, ob derzeit oder in naher Zukunft (Zeithorizont ca. 5 Jahre) geplant ist, eine innovative Technologie zu erproben oder zu demonstrieren.

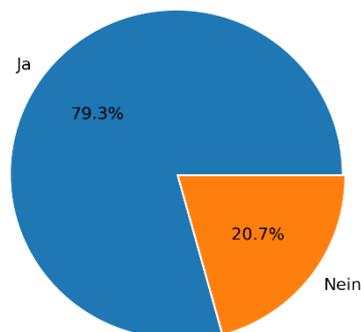


Abbildung 5: Auswertung Frage 1 - Planen Sie derzeit oder in naher Zukunft eine Technologie zu erproben oder zu demonstrieren?

Mit ca. 80 Prozent Zustimmung, d. h. 23 der insgesamt 29 Teilnehmer, plant der größte Teil der Befragten eine innovative Technologie zu testen und demonstrieren.

#### Frage 2: Themenfeld

Diese Frage diente der Einordnung der geplanten Demonstratoren bzw. der zu demonstrierenden Technologien und Innovationen in die relevanten Themenfelder. Zur Auswahl standen die Themenfelder „Alternative Antriebe“, „Automatisierung“ und „Innovative Schiffskonzepte“. Zusätzlich bestand die Möglichkeit, ein weiteres Themenfeld selbst anzugeben. Für jedes

Themenfeld wurde außerdem eine kurze Beschreibung der jeweiligen Technologie per Kommentarfeld abgefragt. Da viele Demonstrationsprojekte mehrere Themen ansprechen, war die Mehrfachauswahl von Themenfeldern möglich:

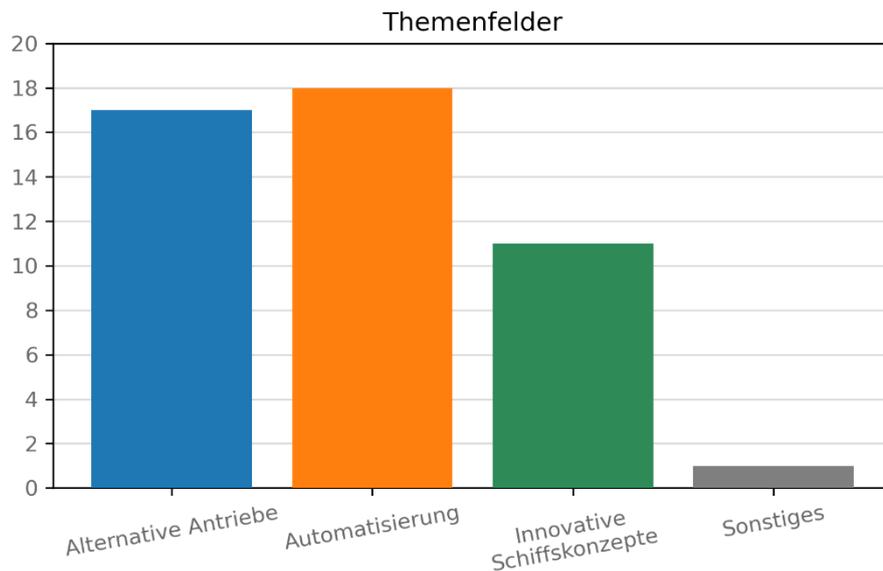


Abbildung 6: Auswertung Frage 2 – In welches Themenfeld lässt sich die Technologie einordnen?

Am häufigsten wurde mit einem Anteil von 38 Prozent das Thema „Automatisierung“ gewählt, ähnlich häufig das Themenfeld „Alternative Antriebe“ mit 36 Prozent. Einen etwas geringeren Anteil mit 23 Prozent der Antworten nimmt das Themenfeld „Innovative Schiffskonzepte“ ein. Einmal wurde zusätzlich mit „Sicherheit“ ein eigenes Themenfeld genannt.

Die zusätzlichen Beschreibungen der Technologien für die jeweiligen Themenfeldern zeigen das große Spektrum und die Bandbreite an verschiedenen geplanten Demonstrationsvorhaben. Zusammengefasst ergibt sich für die einzelnen Themenfelder folgendes Spektrum (die Angaben sind direkt aus den Kommentarfeldern der Befragung entnommen):

#### Themenfeld Automatisierung

- *Intelligente Antriebstechniken zum Zweck der Energieeinsparung; Optimierung des Verbrauchs durch Reichweitenberechnung; Energiemanagementsysteme; digitales Motormanagement; (Semi-)autonome Antriebssteuerung inklusive Situation Awareness*
- *Automatisierte Trajektorienfolgesysteme, TrackPilot, Fahrassistenten, Automatisierung der nautischen Aufgaben, Navigation inkl. (teil-)autonomer An- und Ablegemanöver für hoch-dynamisches Fahrprofil; Manövrier-Assistenzstufen im Level-Bereich MAL 1 bis 4, Platooning*
- *(Teil)Autonomes Fahren, autonomer Betrieb, autonome Fähre, vollautonome kleine Binnenschiffe*
- *Bereitstellung und Aufbereitung von Infrastrukturdaten; Prognose des Schiffsverhaltens*
- *Fernsteuerung*
- *Entwicklung von Entscheidungsunterstützungssystemen, Einsatz von KI, KI für Manövierkoeffizienten*

- *Elektronisches / Digitales Meldewesen (Häfen / Schleusen)*
- *Intelligente Assistenzsysteme (digitaler Bord-Ingenieur)*

#### Themenfeld Alternative Antriebe:

- *(Wasserstoff)-Brennstoffzellen und Brennstoffzelle mit Reformer (Methanol)*
- *Akkumulatoren, Batterie- bzw. vollelektrische Konzepte*
- *Alternative Kraftstoffe, Wasserstoff als Kraftstoffsubstitut, mit Wasserstoff betriebene Verbrennungsmotoren, Methanol + LNG*
- *Hybride Antriebstechnologien*
- *Getriebekonzepte mit mehreren PTI*
- *Schaufelrad, Treideln*

#### Themenfeld Innovative Schiffskonzepte:

- *Niedrigwasser: Eignung und Tauglichkeit erhöhen bzw. optimieren*
- *Leichtbau (zu Stahl alternative Werkstoffe, Alu)*
- *Innovative Designs bzw. die Kombination alternativer Antriebstechnik mit speziell abgestimmten Schiffsförmern*
- *Redundante Antriebskonzepte; Ringpropeller*
- *Energieoptimiertes Gesamtkonzept für Fährschiffe (inkl. Hydraulik, elektr. Anlage und optimiertem Schiffskörper und Antriebe)*
- *Leisere effiziente Propulsion (Multipulsion)*
- *Constant Speed Propeller, Lastgradregelung*

#### Sonstige:

- *Sicherheit: Erkennung von Gefahren und Anomalien, Einsatz von KI*

### **Frage 3: Schiffstyp**

Mit der dritten Frage wurden ermittelt, für welchen Schiffstyp die Technologien hauptsächlich gedacht sind. Zur Auswahl standen die Typen „Frachtschiffe“, „Passagierschiffe“, „Behördenschiffe“ und „Sport & Freizeitschiffe“. Auch hier waren Mehrfachnennungen möglich:

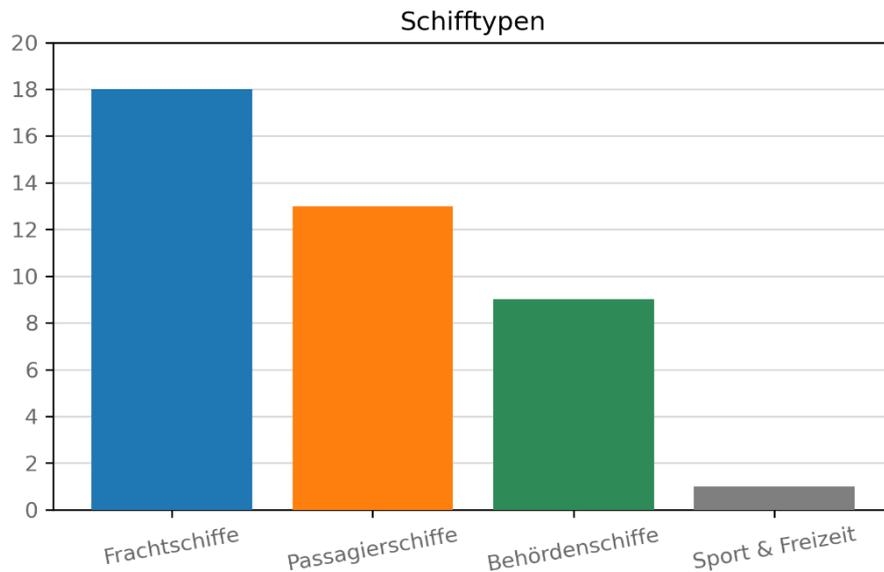


Abbildung 7: Auswertung Frage 3 – Für welchen Schiffstyp ist die Technologie hauptsächlich gedacht?

Der größte Bedarf wird bei den Frachtschiffen gesehen, gefolgt von Passagier- und Behördenschiffen. Die Sport- und Freizeitschifffahrt hat keinen nennenswerten Anteil an den gesamten Antworten.

#### Frage 4: Anwendungsreife

Einen Überblick über die Anwendungsreife der zu demonstrierenden Technologien zeigt die nächste Grafik. Die Einordnung bzw. Bewertung sollte dabei entsprechend des Technologischen Reifegrads (TRL - Schemas) erfolgen. Die vier Antwortmöglichkeiten gliederten sich wie folgt:

- „TRL 4 oder weniger“: Funktionsnachweis einer Technologie im Labor;
- „TRL 5 bis 6“: Funktionsnachweis bzw. Verifikation in anwendungsrelevanter Umgebung;
- „TRL 7 bis 8“: Prototypentest bzw. Funktionstüchtigkeit in Betriebsumgebung;
- „TRL 9 oder volle Marktreife“: Nachweis des erfolgreichen Einsatzes.

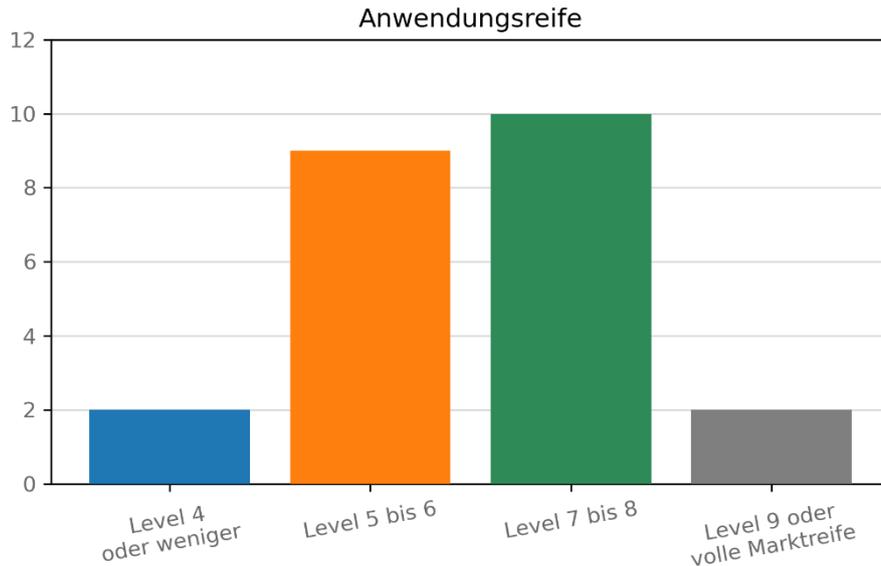


Abbildung 8: Auswertung Frage 4 – Welche Anwendungsreife wird die zu demonstrierende Technologie in etwa aufweisen?

Entsprechend der Kategorie „Demonstration“ im TRL-Schema siedeln sich die meisten Technologien erwartungsgemäß entweder in den Leveln 5 bis 6 mit einem Anteil von 39 Prozent oder in den Leveln 7 bis 8 mit einem Anteil von 43 Prozent an. Ein kleiner Anteil mit jeweils zwei der insgesamt 23 Antworten, dies entspricht knapp 9 Prozent, schätzt den technologischen Reifegrad eher niedriger ein, d. h. bei Level 4 oder geringer (Funktionsnachweis im Labor), oder sehr hoch, d. h. bei Level 9 oder sogar voller Marktreife.

### Frage 5: Anwendungsbreite

Die notwendige Anwendungsbreite der Demonstratoren für ein vollumfängliches Testen im Hinblick auf den späteren Einsatz zeigt die folgende Grafik. Unter Anwendungsbreite wird hier verstanden, inwieweit der Demonstrator die Anforderungen durch verschiedene Fahr- bzw. Lastprofile, unterschiedliche Einsatzgebiete (z. B. fließende Gewässer, Kanäle, Wasserstraßenklassen, etc.), oder variable Betriebszustände (z. B. Tiefgangsänderungen, etc.) abbilden bzw. bedienen kann.

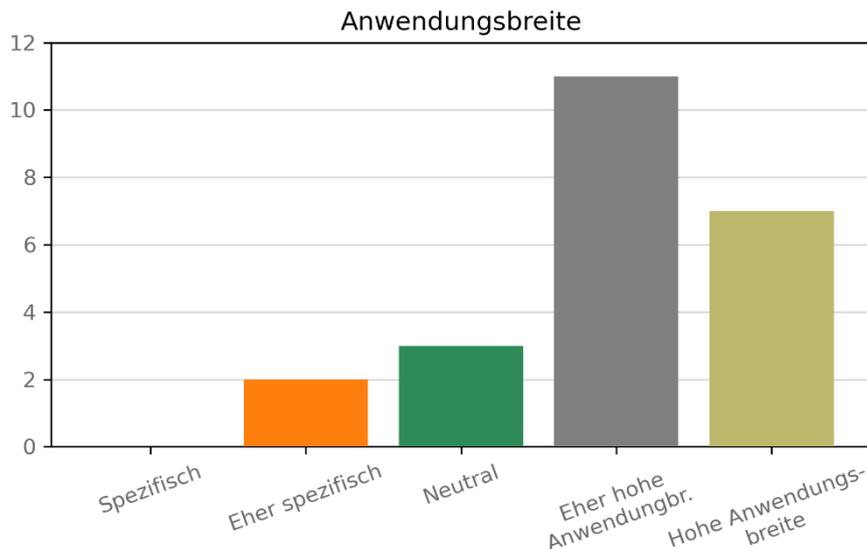


Abbildung 9: Auswertung Frage 5 – Welche Anwendungsbreite sollte der Demonstrator für ein vollumfängliches Testen im Hinblick auf den späteren Einsatz aufweisen?

Mit annähernd 80 Prozent wird der größte Bedarf bei Demonstratoren gesehen, die entweder eine eher hohe oder hohe Anwendungsbreite abdecken. Keinen Bedarf gibt es an sehr spezifischen Demonstratoren.

### Frage 6: Betriebskonzept

Bei der Beurteilung des Betriebskonzepts wurde unterschieden zwischen den Antwortmöglichkeiten „forschungsorientiert“ und „betriebsorientiert“. Forschungsorientiert heißt hier, dass das Schiff ausschließlich zu Demonstrationszwecken eingesetzt wird, d. h. es befindet sich nicht in regulärem Betrieb und erfüllt keine Transportaufgabe. Im Gegensatz dazu bedeutet betriebsorientiert, dass das Schiff neben dem Einsatz als Demonstrator auch im regulären Betrieb ("Ship in Service") eingesetzt und entsprechend auch die aus dem regulären Betrieb resultierenden Anforderungen erfüllen soll.

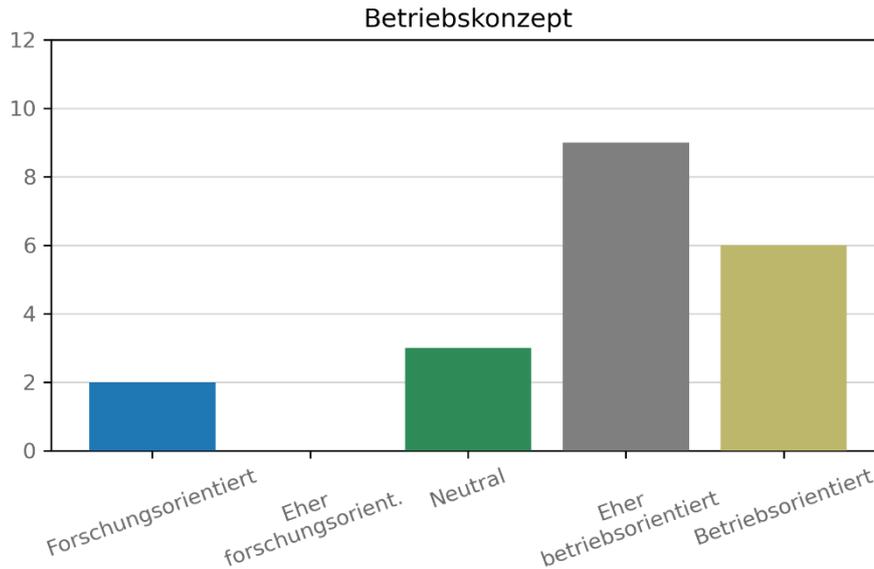


Abbildung 10: Auswertung Frage 6 – Welches Betriebskonzept sollte der Demonstrator aufweisen?

Der weitaus größte Bedarf wird bei betriebsorientierten Demonstratoren gesehen, daneben gibt es aber auch den Bedarf für rein forschungsorientierte Demonstratoren.

### Frage 7: Nutzungskonzept des Demonstrators

Abschließend wurde das Nutzungskonzept des Demonstrators abgefragt. Dabei konnte gewählt werden zwischen den drei Antworten „Ausschließlich projektbezogener Demonstrator möglich“, „Bau, Betrieb und Bereitstellung einer offenen Demonstrationsplattform“ und „Nutzung einer offenen Demonstrationsplattform“.

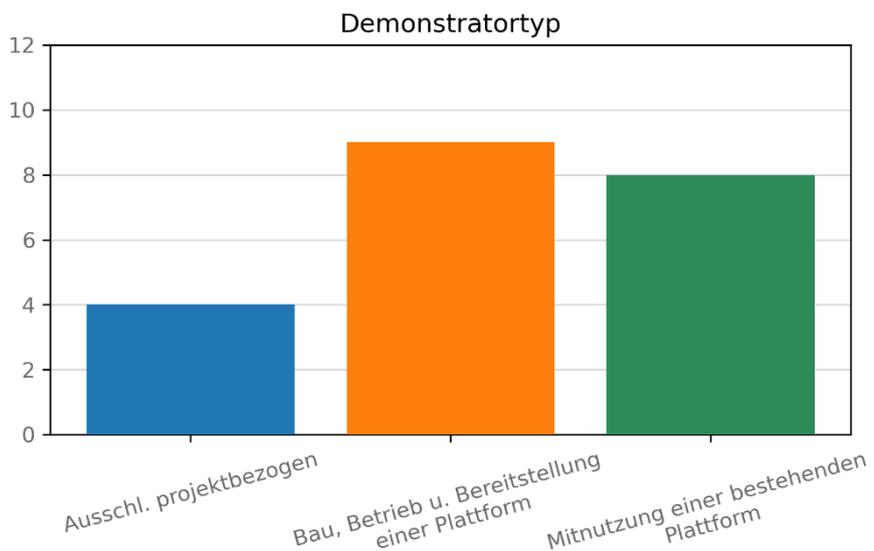


Abbildung 11: Auswertung Frage 7 – Welche Art von Demonstrator kommt für Sie am wahrscheinlichsten in Frage?

Den geringsten Anteil mit vier von insgesamt 21 Antworten haben die ausschließlich projektbezogenen Demonstratoren. Ähnlich häufig wurden die beiden Möglichkeiten „Bau, Betrieb und Bereitstellung“ sowie „Mitbenutzung“ einer offenen Demonstrationsplattform mit neun bzw. acht Antworten genannt.

Von den neun Antworten der Kategorie „Bau, Betrieb und Bereitstellung einer offenen Demonstrationsplattform“ handelt es sich bei sechs um schon laufende oder bereits beantragte Vorhaben. Eines der verbleibenden drei befindet sich bereits in konkrete Planungen, die restlichen zwei sind bisher Ideen für mögliche zukünftige Projekte bzw. Verbundvorhaben.

### Alternativfrage Relevanz Themenfelder

Falls nicht geplant ist, selbst eine neue Technologie zu testen oder zu demonstrieren, gab es für die Teilnehmer trotzdem die Möglichkeit anzugeben, welche Themenfelder für Innovationen insgesamt als wichtig angesehen werden, um die Wettbewerbsfähigkeit der Binnenschifffahrt für die Zukunft zu sichern oder zu stärken. Zur Auswahl standen entsprechend wieder die Themenfelder „Alternative Antriebe“, „Automatisierung“ und „Innovative Schiffskonzepte“, sowie die Möglichkeit, eigene Themenfelder hinzuzufügen. Für jedes gewählte Themenfeld konnten zusätzlich per Kommentarfeld die wichtigsten Aspekte genannt werden.

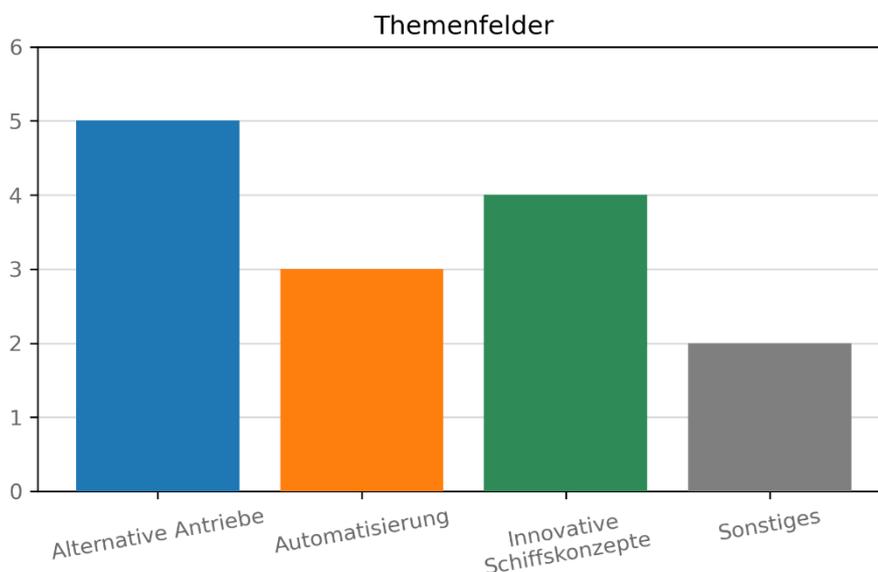


Abbildung 12: Auswertung Alternativfrage 1 – Welche sind Ihrer Meinung nach aber insgesamt wichtige Themenfelder für Innovationen, um die Wettbewerbsfähigkeit der Binnenschifffahrt für die Zukunft zu sichern oder zu stärken?

Entsprechend des in Abbildung 5 gezeigten Verhältnisses gab es hier insgesamt sechs Antworten. Die Verteilung ist grundsätzlich ähnlich zu der Verteilung der Themenfelder für geplante Demonstratoren, siehe Abbildung 6. Das Themenfeld „Automatisierung“ hat einen etwas geringeren prozentualen Anteil, allerdings ist die prozentuale Verteilung stark beeinflusst durch die einzelnen Antworten wegen der insgesamt geringen Gesamtzahl der Teilnehmer an dieser Frage.

## Sonstige Anmerkungen und Kommentare

Zum Abschluss der Umfrage gab es für die Teilnehmer die Möglichkeit, einen Kommentar bzw. eine allgemeine Anmerkung zum Thema Bedarf an Technologiedemonstratoren in der Binnenschifffahrt abzugeben. Ein wichtiger Punkt, der hier angesprochen wurde, ist u. a. „die Notwendigkeit eines Zwischenschritts auf dem Weg zu einem emissionsärmeren bzw. -freien Schiffsbetrieb, da die Weiterentwicklung von alternativen Antriebslösungen bis zu einer Praxistauglichkeit noch eine ganze Menge Zeit erfordern wird. Dies sollte unter weitestgehender Weiternutzung vorhandener Bordinfrastruktur und deren Aufrüstung erfolgen.

Konkret wurden hier die „Emissionsminderungspotenziale von modernen Abgasbehandlungssystemen“ genannt. In der Flotte gibt es heute so gut wie keine Schiffe, die mit moderner Abgasnachbehandlungstechnologie auf Bestandsmotoren fahren. Ein Versuchsprojekt mit reiner Partikelfilternachschrüstung des Bundesverkehrsministeriums datiert auf das Jahr 2006. Die technologische Weiterentwicklung der letzten rund 15 Jahre ist bisher gänzlich unbeachtet geblieben. „Eine erneute Praxiserprobung im Feld scheint im Hinblick auf diese Emissionsminderungspotenziale mit vergleichsweise geringem monetärem Aufwand naheliegend und erforderlich, auch um vielfältig kommunizierte, 15 Jahre alte Negativerfahrungen zu widerlegen und so größere Akzeptanz bei Schiffsbetreibern und sonstigen Stakeholdern zu schaffen“.

Als ein weiterer wichtiger Punkt wurde die Notwendigkeit hervorgehoben, „Demonstratoren auch für staatliche Zulassungs- und Genehmigungsverfahren zu entwickeln. Dies sollte in Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden diskutiert werden“. Auch die „Erarbeitung von Standardlösungen und die Realisierung dieser Lösungen mit Demonstratoren wäre sehr hilfreich, speziell im Hinblick auf Kostenersparnis im Zuge von Zulassung und Genehmigung“. Dies gilt auch für „die Übernahme von Lösungen aus anderen Industriebereichen zum Nachweis der Eignung von solchen ursprünglich binnenschifffahrt fremden Lösungen für die Binnenschifffahrt“.

## 7 Einordnung und Ausblick

Ausgehend von den einleitend skizzierten Potentialen des Verkehrsträgers Binnenschifffahrt, der Herausforderungen z. B. in Bezug auf Klimawandel, Demographie und Fachkräftemangel sowie der gesellschaftlich-politischen Anforderungen, z. B. in Bezug auf Emissionsvermeidung, Digitalisierung und Automatisierung ergibt sich ein umfassender Bedarf an Forschung und Entwicklung in der Binnenschifffahrt. Dieser Bedarf schließt die Demonstration der angestrebten Forschungsergebnisse ein. Dabei sind nicht nur der heutige Bedarf und der aktuelle Stand der Technik zu berücksichtigen, sondern auch zukünftige Entwicklungen, die sich in einem sich weiterentwickelnden technischen Fortschritt, auch in anderen Branchen, niederschlagen und zukünftig an Bedeutung gewinnen dürften.

Für die Analyse bzw. Einordnung dieser Forschungsbedarfe einschließlich der zugehörigen Demonstratoren bzw. Demonstrationsplattformen bedarf es eines offenen und konstruktiven Dialogs aller relevanten Akteure. Dazu gehören Vertreter aus Gewerbe, Forschung, Politik und Verwaltung in geeigneter Differenzierung. So sind beispielsweise die verschiedenen Gewerbezweige wie Güter- und Personenschifffahrt in ihren vielfältigen Gestaltungsformen, Ausprägungen und Anforderungen angemessen zu berücksichtigen. Hierzu gehören sowohl verschiedene Schiffstypen, wie Trockengut- und Tankschiffe, Einzelfahrer, Koppel- und Schubverbände sowie Fähren, Ausflugs- und Kabinenschiffe als auch die jeweils fahrtgebiets- oder aufgabenspezifischen Einsatzprofile. Auch die unterschiedlichen Unternehmensstrukturen, wie Reedereien und Partikuliere sind angemessen zu berücksichtigen. In ähnlicher Weise sind auch Repräsentanten der verschiedenen Forschungszweige, der politischen Instanzen sowie der zuständigen Verwaltungsebenen in diesen Prozess einzubinden.

Gleichzeitig sind die für Forschung, Entwicklung und Demonstration verfügbaren Ressourcen zu berücksichtigen. Dabei sollte sich die Bewertung einerseits an Nutzen-Kosten-Kriterien orientieren, um mit den begrenzten Mitteln einen möglichst großen Nutzen zu erzielen. Andererseits sind die bereits zuvor genannten Kriterien zu berücksichtigen, z. B. die Einsatzvielfalt oder Anwendungsreife, die ihrerseits wiederum Nutzen-Kosten-Aspekte beinhalten. Dabei sind die Potentiale sowohl offener Demonstrationsplattformen als auch projektbezogener Demonstratoren ebenso wie die Möglichkeiten eines Nutzungskonzepts unter Einbindung eines ‚Ship-in-Service‘ zu beachten. Auch an dieser Stelle ist der kritische und intensive Dialog der oben genannten Akteure und Instanzen erforderlich, um die verschiedenen Positionen und Anforderungen einzubinden.

Diese Aufgabe ist als ein dynamischer Prozess zu verstehen, der einer kontinuierlichen Reflexion und Aktualisierung bedarf. Die im Rahmen von BinSmart eingerichtete Begleitforschungsmaßnahme bildet hierfür einen geeigneten Rahmen und stößt diesen Prozess an. So wurde beispielweise der derzeitige Stand der Planungen bezüglich Technologiedemonstratoren mittels einer Befragung u. a. der Teilnehmer der Begleitforschungsmaßnahme ermittelt. Das in Kapitel 5 dargestellte Konzept für den im Rahmen des Projektes BinSmart zu konzipierenden Technologiedemonstrator lässt sich entsprechend der in Kapitel 6 gezeigten Ergebnisse der Umfrage einordnen. Die Wahl eines betriebsorientierten („Ship-in-Service“) Frachtschiffs mit hoher Anwendungsbreite, das als offene Demonstrationsplattform geplant ist, deckt sich klar mit dem in der Umfrage skizzierten Bedarf.

## 8 Zusammenfassung

Angesichts großer Herausforderungen, wie beispielsweise dem zunehmenden Personalmangel insbesondere bei nautischem Personal, den Auswirkungen des Klimawandels und dem Güterstruktureffekt steht die Binnenschifffahrt vor einem erheblichen Umbruch. Sie braucht einen nachhaltigen Innovationsschub, d. h. eine Stärkung der Forschung. Dabei besteht sowohl seitens des Gewerbes als auch seitens der Politik eine große Bereitschaft, innovative Lösungen umzusetzen bzw. entsprechende Forschung zu fördern. Das Vorhaben BinSmart greift dieses positive Momentum auf und verfolgt dabei die beiden Ansätze ‚Begleitforschungsmaßnahme‘ und ‚Technologiedemonstratoren‘. Vor diesem Hintergrund thematisiert der vorliegende Meilensteinbericht im Projekt BinSmart Auswahlkriterien und Anforderungen an Technologiedemonstratoren in der Binnenschifffahrt und fasst die Ergebnisse der Bedarfserhebung zusammen.

Hierfür wird (in Kapitel 2) zunächst der Forschungsbedarf in der Binnenschifffahrt skizziert. Dabei werden v. a. die Schwerpunktthemen Assistenzsysteme und automatisiertes Fahren, neue und saubere Antriebskonzepte sowie innovative Schiffskonzepte mit besonderer Niedrigwassereignung in den Vordergrund gestellt. Ausgehend von dem skizzierten Forschungsbedarf und einer entsprechend großen Vielfalt an Forschungsprojekten und -inhalten wird auch in Bezug auf Technologiedemonstratoren, die Forschungsergebnisse erproben und demonstrieren sollen, eine entsprechende Vielfalt erwartet.

Vor diesem Hintergrund werden (in Kapitel 3) geeignete Kriterien zur Kategorisierung von (Projekten und) Demonstratoren im Sinne einer Orientierungshilfe entwickelt. Einen besonderen Stellenwert nehmen dabei sogenannte ‚offene Demonstrationsplattformen‘ ein, die variablen Nutzungen ermöglichen. In diesem Sinne bezieht sich die Offenheit auf die Demonstration der Ergebnisse verschiedener Projekte (Projektoffenheit), die von verschiedenen Forschungsakteuren bzw. -konsortien (Nutzeroffenheit) und für verschiedene Technologien eines Themenfeldes (Technologieoffenheit) demonstriert werden. Sofern inhaltlich möglich, sollen die Plattformen darüber hinaus auch für verschiedene Themenfelder, z. B. Automatisierung und Antriebstechnologien (Themenoffenheit) geeignet sein. Dieser Ansatz soll eine hohe Flexibilität bzw. ‚Wiederverwertbarkeit‘ ermöglichen. Je nach Betriebskonzept eines Schiffes können bei hoher Anwendungsreife der jeweiligen Technologie gegebenenfalls auch bereits im Transportdienst befindliche Schiffe als offene Demonstrationsplattform genutzt werden (‚Ship-in-Service‘).

Daneben besteht aufgrund der vielfältigen Fragestellungen und der vielfach individuellen und spezifischen Randbedingungen in der Binnenschifffahrt und der daraus resultierenden spezifischen Forschungsbedarfe grundsätzlich auch ein Bedarf an ‚projektbezogenen Demonstratoren‘. Die Gründe hierfür liegen in den vielfältigen Fragestellungen, die sich häufig aus einer Kombination verschiedener inhaltlicher Themen ergeben, z. B. logistische und schiffstechnische Fragen oder innovative Antriebskonzepte mit spezifischen Anforderungen an die Rumpfgestaltung etc., die in der Regel nicht im Rahmen offener Demonstrationsplattformen demonstriert werden können. Auch spezifische Anforderungen, die sich aus den jeweiligen Fahrtprofilen oder den örtlichen bzw. regionalen Infrastrukturbedingungen ergeben, können hierbei von Bedeutung sein.

Aufbauend auf diesen Überlegungen werden im Weiteren (Kapitel 4) Vorschläge für geeignete Anforderungen an Demonstratoren erarbeitet. Dabei wird neben der Differenzierung in ‚offene Demonstrationsplattform‘ und ‚projektbezogene Demonstratoren‘ in allgemeine, themenfeldübergreifende und themenfeldabhängige Anforderungen unterschieden. Diese Arbeiten werden (in Kapitel 5) exemplarisch dahingehend konkretisiert, dass die Anforderungen an den Entwurf eines neuen, im Rahmen der folgenden Arbeitspakete des Vorhabens BinSmart zu entwickelnden, Demonstrators erarbeitet werden. Dabei werden alle relevanten Merkmale von den Hauptabmessungen über beispielsweise Propulsion, Energiesystem, Emissionen und Einsatzoptionen bis hin zu Messsensorik, Navigationssysteme oder IT-System erfasst und die jeweiligen Anforderungen spezifiziert.

Ergänzt werden die Arbeiten (in Kapitel 6) durch eine Ermittlung des Bedarfs an Technologiedemonstratoren. Hierzu werden im Rahmen einer Umfrage die Teilnehmer der Begleitforschungsgruppe und das Gewerbe (indirekt) über die Verbände nach den aktuellen Planungen und Bedarfen gefragt. In Anlehnung an den hohen Forschungsbedarf wird auch für Demonstratoren ein großer und differenzierter Bedarf ermittelt.

Abschließend werden (in Kapitel 7) Ansätze für eine Einordnung bzw. Analyse von Forschungsbedarfen und Demonstratoren bzw. Demonstrationsplattformen erarbeitet. Entscheidend ist hierbei ein offener und konstruktiver Dialog aller relevanten Akteure, d. h. unter Einbindung von Vertretern aus Gewerbe, Forschung, Politik und Verwaltung. Gleichzeitig sind Kriterien wie die Einsatzvielfalt oder Anwendungsreife ebenso wie die Möglichkeiten eines Nutzungskonzepts unter Einbindung eines ‚Ship-in-Service‘ zu berücksichtigen, die sich direkt oder indirekt wiederum in Nutzen-Kosten-Überlegungen niederschlagen. Diese Aufgabe ist als ein dynamischer Prozess zu verstehen, der einer kontinuierlichen Reflektion und Aktualisierung bedarf. Die im Rahmen von BinSmart eingerichtete Begleitforschungsmaßnahme kann und soll hierfür einen geeigneten Rahmen bilden.

## Anhang - Online Umfrage

### Technologiedemonstratoren in der Binnenschifffahrt



Die Binnenschifffahrt befindet sich im Umbruch. Fragen wie die Flottenmodernisierung und die perspektivische Umrüstung auf emissionsarme Antriebe, der Personalmangel, die Automatisierung und Digitalisierung etc. markieren das Spektrum und die Tragweite der Herausforderungen. Hieraus resultieren Notwendigkeit und Motivation, entsprechend innovative Technologien und zukunftsorientierte Lösungen zu entwickeln und umzusetzen. Dazu bedarf es einer substantiellen Stärkung der Forschung in der Binnenschifffahrt bei gleichzeitiger intensiver Einbindung des Gewerbes in entsprechende Forschungsaktivitäten.

Der Handlungsbedarf wurde seitens der Politik erkannt. Entsprechende Förderprogramme wurden aufgelegt. Folgerichtig wurden inzwischen zahlreiche Forschungsvorhaben und -initiativen angestoßen, beantragt oder vorbereitet. Dies gilt insbesondere in den zentralen Handlungsfeldern Automatisierung und Emissionsreduktion. Dabei verstehen Forschung und Gewerbe diese Entwicklungen gleichermaßen als Herausforderung und Chance und sind bestrebt, einen entsprechenden Innovationsschub in Gang zu setzen.

Das BMWi-geförderte Vorhaben „**BinSmart - Innovative Technologien für die Binnenschifffahrt**“ greift diese Dynamik und das damit verbundene Momentum auf. Hierzu wurde u.a. eine forschungsbegleitende Arbeitsgruppe, bestehend aus Vertretern von Forschung, Gewerbe und Verwaltung, berufen. Eine der Aufgaben dieser Arbeitsgruppe besteht darin, zukünftige Forschungsaktivitäten zu initiieren.

Ein wichtiger Aspekt im Rahmen dieser Forschungsaktivitäten ist die Nutzung von Technologiedemonstratoren. Diese dienen als Bindeglied zwischen Forschung und Markt und unterstützen somit eine erfolgreiche Implementierung von Innovationen und zukunftsorientierten Technologien. Im Projekt **BinSmart** werden daher auch die Anforderungen und der Bedarf an Technologiedemonstratoren in der Binnenschifffahrt untersucht. Mit dieser Umfrage soll für den Projektträger - Projektträger Jülich (PTJ) - eine Übersicht bzw. Einschätzung dieses Bedarfs ermittelt werden.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Die Beantwortung der Fragen dieser Umfrage sollte nicht länger als ca. 10 Minuten dauern. Bei Fragen oder Anmerkungen schreiben Sie bitte eine E-Mail an: [kaufmann@dst-org.de](mailto:kaufmann@dst-org.de)

Die Umfrage ist aktiv bis zum 11. Dezember 2020

In dieser Umfrage sind 11 Fragen enthalten.

### Technologiedemonstratoren in der Binnenschifffahrt

Planen Sie derzeit oder in naher Zukunft (Zeithorizont ca. 5 Jahre) eine innovative Technologie zu erproben oder zu demonstrieren?

\*

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ja  
 Nein

In welches Themenfeld lässt sich die Innovation bzw. Technologie einordnen? (Mehrfachnennung möglich).

Für jedes ausgewählte Themenfeld bitte auch stichwortartig die geplante Technologie im Kommentarfeld beschreiben.

Beschreibung der Themenfelder:

- **Alternative Antriebe:** hierunter fallen alle Arten von alternativen Energieträgern, alternativen Speichertechnologien und alternativen Energiewandlern
- **Automatisierung:** z. B. Automatisierung der nautischen Aufgaben, Automatisierung weiterer Bordaufgaben, Vernetzung, etc.
- **Innovative Schiffskonzepte:** z. B. neue Propulsionskonzepte oder Manövrieranlagen, innovative Design und Entwürfe, etc.

\*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'Ja' bei Frage '1 [a1]' (Planen Sie derzeit oder in naher Zukunft (Zeithorizont ca. 5 Jahre) eine innovative Technologie zu erproben oder zu demonstrieren?)

📌 Kommentieren wenn eine Antwort gewählt wird

📌 Bitte für jedes ausgewählte Themenfeld stichwortartig die zu demonstrierende Technologie beschreiben.

Bitte wählen Sie die zutreffenden Punkte aus und schreiben Sie einen Kommentar dazu:

Alternative Antriebe

Automatisierung

Innovative Schiffskonzepte

Sonstiges:

Für welchen Schiffstyp ist die Technologie hauptsächlich gedacht? (Mehrfachnennung möglich) \*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'Ja' bei Frage '1 [a1]' (Planen Sie derzeit oder in naher Zukunft (Zeithorizont ca. 5 Jahre) eine innovative Technologie zu erproben oder zu demonstrieren?)

📌 Bitte wählen Sie die zutreffenden Antworten aus:

Bitte wählen Sie alle zutreffenden Antworten aus:

Frachtschiffe (Trockengut, Tanker, Schubboote, etc.)

Passagierschiffe (Fähren, Kabinen- und Tagesausflugschiffe, etc.)

Behördenschiffe oder Arbeitsboote

Sport- bzw. Freizeitboote

Welche **Anwendungsreife** wird die zu demonstrierende Technologie in etwa aufweisen? Einordnung bzw. Bewertung entsprechend des Technologischen Reifegrads (Technology Readiness Level - TRL - Schemas):

TRL 4 oder weniger: Funktionsnachweis einer Technologie im Labor

TRL 5-6: Funktionsnachweis bzw. Verifikation in anwendungsrelevanter Umgebung

TRL 7-8: Prototypentest bzw. Funktionstüchtigkeit in Betriebsumgebung

TRL 9: Nachweis des erfolgreichen Einsatzes

\*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'Ja' bei Frage '1 [a1]' (Planen Sie derzeit oder in naher Zukunft (Zeithorizont ca. 5 Jahre) eine innovative Technologie zu erproben oder zu demonstrieren?)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

|                                  | Level 4 oder weniger  | Level 5 bis 6         | Level 7 bis 8         | Level 9 oder volle Marktreife |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| <b>Technologischer Reifegrad</b> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>         |

Welche **Anwendungsbreite**<sup>\*)</sup> sollte der Demonstrator für ein vollumfängliches Testen im Hinblick auf den späteren Einsatz aufweisen?

\*) Unter Anwendungsbreite wird hier verstanden, inwieweit der Demonstrator die Anforderungen durch verschiedene Fahr- bzw. Lastprofile, unterschiedliche Einsatzgebiete (z.B. fließende Gewässer, Kanäle, Wasserstraßenklassen, etc.), oder variable Betriebszustände (z.B. Tiefgangsänderungen, etc.) abbilden bzw. bedienen kann.

\*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'Ja' bei Frage '1 [a1]' (Planen Sie derzeit oder in naher Zukunft (Zeithorizont ca. 5 Jahre) eine innovative Technologie zu erproben oder zu demonstrieren?)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

|                         | Muss spezifisch sein  | Sollte eher spezifisch sein | Neutral               | Sollte eher hohe Anwendungsbreite haben | Muss hohe Anwendungsbreite haben |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|---|----------------------------------|
| <b>Anwendungsbreite</b> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>                   | <input type="radio"/>            |

Bitte beschreiben Sie kurz in wenigen Stichworten die einzelnen Aspekte zur geplanten **Anwendungsbreite**.

\*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'Ja' bei Frage '1 [a1]' (Planen Sie derzeit oder in naher Zukunft (Zeithorizont ca. 5 Jahre) eine innovative Technologie zu erproben oder zu demonstrieren?)

Fahrprofile: z. B. Kurz- oder Langstrecken, etc.

Einsatzgebiete: z.B. fließende Gewässer, Kanäle, Wasserstraßenklassen, etc.

Betriebszustände: z.B. Tiefgangsänderungen, etc.

Welches **Betriebskonzept**\*) sollte der Demonstrator aufweisen?

\*) Beim Betriebskonzept wird hier unterschieden zwischen "forschungsorientiert" und "betriebsorientiert".

**Forschungsorientiert:** Das Schiff wird ausschließlich zu Demonstrationszwecken eingesetzt, d. h. befindet sich nicht in regulärem Betrieb und erfüllt keine Transportaufgabe.

**Betriebsorientiert:** Das Schiff wird neben dem Einsatz als Demonstrator auch im regulären Betrieb ("Ship in Service") eingesetzt und erfüllt entsprechend auch die aus dem regulären Betrieb resultierenden Anforderungen.

\*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'Ja' bei Frage '1 [a1]' (Planen Sie derzeit oder in naher Zukunft (Zeithorizont ca. 5 Jahre) eine innovative Technologie zu erproben oder zu demonstrieren?)

Bitte wählen Sie die zutreffende Antwort für jeden Punkt aus:

|                        | Muss<br>forschungsorientiert<br>sein | Sollte eher<br>forschungsorientiert<br>sein | Neutral               | Sollte eher<br>betriebsorientiert sein | Muss betriebsorientiert<br>sein |
|------------------------|--------------------------------------|---|-----------------------|--|---------------------------------|
| <b>Betriebskonzept</b> | <input type="radio"/>                | <input type="radio"/>                       | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>                  | <input type="radio"/>           |

### Welche Art von Demonstrator kommt für Sie am wahrscheinlichsten in Frage?

\*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'Ja' bei Frage '1 [a1]' (Planen Sie derzeit oder in naher Zukunft (Zeithorizont ca. 5 Jahre) eine innovative Technologie zu erproben oder zu demonstrieren?)

📌 Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

Bitte wählen Sie nur eine der folgenden Antworten aus:

- Ausschließlich projektbezogener Demonstrator möglich
- Bau, Betrieb und Bereitstellung einer offenen Demonstrationsplattform
- Nutzung einer offenen Demonstrationsplattform (Im Sinne einer „Mitfahrgelegenheit“)

*Projektbezogener Demonstrator: Konzipiert für die vorhabenspezifischen Anforderungen.*

*Offene Demonstrationsplattform: Konzipiert für den Austausch verschiedener Technologien und die Nutzung für unterschiedliche Akteure.*

### Kein Demonstrator oder Demonstrationsvorhaben geplant

Sie planen zwar nicht selbst, eine neue Technologie für die Binnenschifffahrt zu testen oder demonstrieren. Welche sind Ihrer Meinung nach aber insgesamt wichtige Themenfelder für Innovationen, um die Wettbewerbsfähigkeit der Binnenschifffahrt für die Zukunft zu sichern oder zu stärken? Bitte nennen Sie für jedes gewählte Themenfeld auch stichwortartig die wichtigsten Aspekte. \*

Beantworten Sie diese Frage nur, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

Antwort war 'Nein' bei Frage '1 [a1]' (Planen Sie derzeit oder in naher Zukunft (Zeithorizont ca. 5 Jahre) eine innovative Technologie zu erproben oder zu demonstrieren?)

📌 Kommentieren wenn eine Antwort gewählt wird

Bitte wählen Sie die zutreffenden Punkte aus und schreiben Sie einen Kommentar dazu:

Alternative Antriebe

Automatisierung

Innovative Schiffskonzepte

Sonstiges:

## Abschluss

Sonstige Kommentare oder Anmerkungen zum Thema "*Bedarf von Technologiedemonstratoren in der Binnenschifffahrt*".

Bitte geben Sie Ihre Antwort hier ein:

## Persönliche Daten

Zum Abschluss möchten wir Sie bitten, Ihren Namen, Institut bzw. Firma und Ihre E-Mail Adresse anzugeben.

Diese Angaben werden nicht veröffentlicht, die Ergebnisse der Umfrage werden nur in anonymisierter Form in den Meilensteinbericht aufgenommen.

\*

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!