

# INFORMATIONSPAPIER

## Einsatzspektrum und Anwendungsfälle autonomer maritimer Systeme



Herausgeber: DGON e.V.

Autoren: Thoralf Noack (DLR)  
Frederik Treuel (DMZ)  
Martin Portier (BSH)  
Holger Klindt (klindt-consulting)

Januar 2021

---

## Vorwort

Die Gestaltung der Mobilität von Morgen, unserer Verkehre und Transporte, steht im Rahmen der weltweiten Diskussion zur Nachhaltigkeit im Mittelpunkt des gesellschaftlichen Diskurses. Neue Verkehrskonzepte, innovative Verkehrsträger sowie die Entwicklung autonomer Transportsysteme stehen dabei in nahezu allen Verkehrsdomänen im besonderen Fokus umweltpolitischer, aber auch sicherheitsrelevanter und wirtschaftlicher Überlegungen. Wenn auch später als in den landgebundenen Verkehren, so betrifft diese Diskussion zunehmend auch den Bereich der See- und Binnenschifffahrt. Dabei wird bereits heute deutlich, dass es sich nicht wie zunächst von manchem vermutet, nur um eine technische Eskapade der Forschung handelt, sondern vielmehr das natürliche Interesse der Schifffahrt an einem stetigen Mehr an Effizienz und Sicherheit widerspiegelt.

Wenn es also gelingt, durch den Einsatz hochautomatisierter bzw. autonomer Systeme technologische Lösungen anzubieten, welche im Vergleich zu konventionellen Systemen und Fahrzeugen effizienter, sicherer und nachhaltiger betrieben werden können, dann wird eine Nachfrage nach solchen Systemen nicht mehr aufzuhalten sein. Wie und wo solche Systeme im Laufe der Zeit zum Einsatz kommen werden, wo Systeme früher oder auch erst mit Verzögerung auftauchen werden, hängt dabei ganz entscheidend von zwei Dingen ab. Zum einem von der Geschwindigkeit, mit der diese technische Innovation vorangetrieben werden kann sowie zum anderen von den Spezifika der jeweiligen Anwendungsfälle (Use Cases bzw. Business Cases). Aus Sicht der Arbeitsgruppe ist es daher nicht länger eine Frage des „ob“, sondern nur noch des „wie“, wie die Akzeptanz und Einführung der unbenannten bzw. autonomen Schifffahrt auf einen erfolgreichen Weg gebracht werden kann.

Auch wenn erste Anbieter bereits mit innovativen Lösungen auf die Märkte drängen, ist bei den in der Schifffahrt wichtigen Endkunden wie Reedern und Charterern vielfach noch eine gewisse Skepsis erkennbar. Dieses ist angesichts des aktuellen Entwicklungsstandes jedoch auch nicht verwunderlich, steht doch der wirkliche Praxistest solcher Systeme im „harten Tagesgeschäft“ noch aus. Dabei geht es hierbei keineswegs nur um den technischen Nachweis, dass vollmundige Versprechen zum kostengünstigeren, sicheren, zuverlässigeren und nachhaltigeren Betrieb autonomer Schiffe erfüllbar sind. Zugleich gilt es auch regulatorische, rechtliche und ethische Fragestellungen und Hindernisse zu lösen und zu überwinden. Diese Aufgabe zu begleiten, Impulse zu setzen und geeignete Rahmenbedingungen zu entwickeln, hat sich die Arbeitsgruppe Autonome Maritime Systeme (AMS) der Deutschen Gesellschaft für Ortung und Navigation (DGON) zum Ziel gesetzt. Wichtigste Voraussetzung für ein Gelingen dieses Vorhabens ist dabei der enge und vertrauensvolle Dialog zwischen allen Beteiligten aus Politik sowie Wirtschaft, Wissenschaft und Industrie, um diese Entwicklung im gegenseitigen Respekt voranzutreiben.

---

## Einleitung

Mit dem vorliegenden Informationspapier „Einsatzspektrum und Anwendungsfälle autonomer maritimer Systeme“ widmet sich die DGON Arbeitsgruppe AMS speziell der Frage, welche Anwendungsfälle der Schifffahrt bereits heute technische wie wirtschaftliche Einsatzperspektiven für den Einsatz autonomer oder hochautomatisierter Schiffe und Systeme erkennen lassen. Bei der Recherche trifft man zunächst auf eine Vielzahl von Pressemeldungen, Projektberichten, Pilotprojekten, Einsatzerprobungen bis hin zum Aufbau ganzer Testfelder zur Unterstützung des autonomen Fahrens. Systematische Untersuchungen und Analysen zur Bandbreite und zu den Einsatzoptionen in den verschiedenen Anwendungskategorien gibt es hingegen nur wenige. Eine generalisierte Untersuchung der Anwendungsfälle fehlt gänzlich. Diese so wichtige Übersicht zu schaffen, hat sich die DGON Arbeitsgruppe, in enger Abstimmung mit dem Deutschen Maritimen Zentrum (DMZ), mit diesem Informationspapier zum Ziel gesetzt.

Sie hat sich daher im Rahmen einer Workshopreihe mit Expert\*innen aus den Bereichen Wirtschaft und Industrie sowie Wissenschaft und Behörden der Frage gewidmet, welche Anwendungsfälle im Bereich autonomer maritimer Systeme identifiziert und erfasst werden können, ob und wie man diese Anwendungsfälle clustern kann und welcher beschreibenden Kriterien es bedarf, um daraus möglichst klare Aussagen nach konkreten Bedarfen sowie bspw. auch zur „Realisierungswahrscheinlichkeit“ dieser Systeme ableiten zu können. Vorrangiges Ziel war und ist es, den Dialog in der maritimen Branche zwischen und mit allen beteiligten Stakeholdern anzuregen und zu gestalten. Dabei erheben die vorliegenden Ergebnisse, nicht zuletzt aufgrund der ungeheuren Dynamik in diesem Bereich, noch keinen Anspruch auf eine wirklich vollständige und umfassende Darstellung aller Anwendungsfälle des autonomen Fahrens in der Schifffahrt. Dazu müsste auch der Kreis der Expert\*innen sicher noch einmal deutlich um weitere maritime Stakeholder erweitert werden. Nichtsdestotrotz ist die Arbeitsgruppe aber davon überzeugt, dass das vorliegende Informationspapier einen wichtigen Beitrag im Hinblick auf die weitere Diskussion und Einführung autonomer maritimer Systeme leisten kann und freut sich auf den Austausch mit allen daran interessierten Personen, Firmen und Einrichtungen.

## USE CASES MARITIMER AUTONOMER SYSTEME

Use Cases (Anwendungsfälle) beschreiben im klassischen Sinne Szenarien, mit denen in einer speziellen Systemumgebung ein bestimmtes Ziel erreicht werden soll. Ein Use Case versucht dazu möglichst abstrakt zu beschreiben, was beim Versuch der Zielerreichung passiert und löst sich dazu von konkreten technischen Lösungen.

Auf den Bereich der Schifffahrt übertragen sind z.B. das Anlegen eines Schiffes, das Befahren einer Strecke von A nach B oder auch Einfahren in eine Schleuse solche Use Cases.

Die Herausforderung bei der Beschreibung von Use Cases maritimer autonomer Systeme besteht insbesondere darin, den Abstraktionsgrad jedoch nicht zu sehr zu generalisieren, sondern unter besonderer Berücksichtigung der Aspekte der Hochautomatisierung bzw. Autonomie zu betrachten.

Der Begriff des Use Cases wird somit im Rahmen dieser Studie auf die Einsatzmöglichkeiten und Ausprägungen hochautomatisierter bzw. autonomer maritimer Systeme fokussiert, wobei es den Autoren nicht darum ging, eine möglichst breite Vielfalt an Einsatzmöglichkeiten zu finden bzw. aufzuzeigen, sondern im Umkehrschluss aus der zu erwartenden Einsatzvielfalt sogenannte „Stellvertreter“ zusammenzufassen, die im Sinne einer Clusterung eine ausgewogene Menge an repräsentativen Use Cases beschreiben.

Als Blaupause wurde dazu ein Ansatz verwendet, bei dem Use Cases auf Basis typischer Einsatzszenarien des autonomen Fahrens im Straßenverkehr<sup>1</sup> abgeleitet wurden und zusätzlich in Form spezieller Merkmalsausprägungen hinsichtlich ihrer technischen Anforderungen und Möglichkeiten aber auch im Hinblick auf wirtschaftliche und gesellschaftspolitische Herausforderungen (Preis, Akzeptanz) analysiert und beschrieben wurden.

Als Beispiel für einen solchen Use Case sei hier „Vehicle on Demand“ genannt, welcher folgendermaßen beschrieben ist:

*„Ein Fahrroboter bewegt ein Fahrzeug in verschiedenen Szenarien mit Insassen, mit Fördergut oder aber auch komplett ohne Ladeinhalt/Insassen autonom. Der Fahrroboter bekommt von Insassen oder externen Größen (Nutzer, Dienstleister usw.) Fahrtziele mitgeteilt, zu denen er das Fahrzeug autonom befördert. Für den Menschen existiert keine Möglichkeit, die Fahraufgabe zu übernehmen. Er besitzt lediglich die Möglichkeit, das Fahrtziel zu bestimmen oder den Safe-Exit zu aktivieren.“*

Daraus abgeleitete Geschäftsmodelle wären dann z.B. eine Mischung aus Taxi-Service und Carsharing sowie autonome Transportfahrzeuge.

Übertragen auf den Bereich autonomer maritimer Systeme könnte ein adaptierter Use Case hier wie folgt lauten:

*„Ein autonomes Boot/Schiff bekommt ein Fahrziel mitgeteilt, an das es Personen oder Güter zu transportieren hat. Für Personen besteht keine Möglichkeit, das Boot zu steuern. Sie bestimmen nur das Fahrziel oder aktivieren einen Safe-Exit.“*

Daraus abgeleitete Geschäftsmodelle wären dann z.B. Boot-Taxis, autonome Transportboote oder autonome Zubringerverkehre für Plattformen im Meer.

Nicht unerwähnt bleiben soll an dieser Stelle, dass auch andere Herangehensweisen an die Definition von Use Cases möglich sind. In einem Beispiel<sup>2</sup> sind die Autor\*innen den Weg gegangen, die Definition der Use Cases speziellen räumlichen Operationsbereichen der Schifffahrt zuzuordnen, so dass dort Use Cases auf die Bereiche „Operation close to shoreline“, „Port Area“, „Deep Sea Operations“ und „Arctic Area“ abgebildet wurden. Eine solche Vorgehensweise erscheint vor allem dann zielführend, wenn sie rein aus Sicht spezieller technischer Anforderungen z.B. an die Kommunikation und Vernetzung

---

<sup>1</sup> Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz, Hermann Winner (Hrsg.); Autonomes Fahren – Technische, rechtliche, und gesellschaftliche Aspekte, Daimler und Benz Stiftung, Springer Open, ISBN 978-3-662-45853-2, DOI 10.1007/978-3-662-45854-9, 2015

<sup>2</sup> Marko Höyhty, Jyrki Huusko, Markku Kiviranta, Kenneth Solberg, and Juha Rokka; „Connectivity for Autonomous Ships: Architecture, Use Cases, and Research Challenges“, Oct. 2017, th International Conference on ICT Convergence, Jeju Island, Korea, DOI: 10.1109/ICTC.2017.8191000

autonom agierender Schiffe und Systeme erfolgt. Dieses war im Rahmen der hier vorgestellten Arbeit jedoch nicht das Ziel.

## METHODIK

Für die Zusammenstellung und Analyse von Use Cases wurde die Form einer Expert\*innenrunde im Workshopformat gewählt. Dazu wurden verschiedene Expert\*innen aus den Bereichen Wirtschaft, Wissenschaft und Behörden (siehe Tabelle A1 im ANNEX) einbezogen. Am gesamten Prozess waren in Summe 17 Expert\*innen beteiligt.

Zunächst wurden aus einer ungeordneten Vielzahl unterschiedlicher Anwendungsfälle, Aufgaben und Systembeschreibungen autonomer maritimer Systeme spezifische Einsatzdomänen abgeleitet. Durch anschließende Clusterung konnten hieraus vier primäre Domänen, die sogenannten Primärcluster extrahiert und beschrieben werden:

- Transport
- Hoheitliche Aufgaben
- Exploration
- Privat

Aus diesen Primärclustern wurden anschließend wieder spezifische Aufgabengebiete abgeleitet und diesen dann jeweils repräsentative Anwendungsfälle zugeordnet.

Als Ergebnis dieses Prozesses entstand die nachfolgende Tabelle 1:

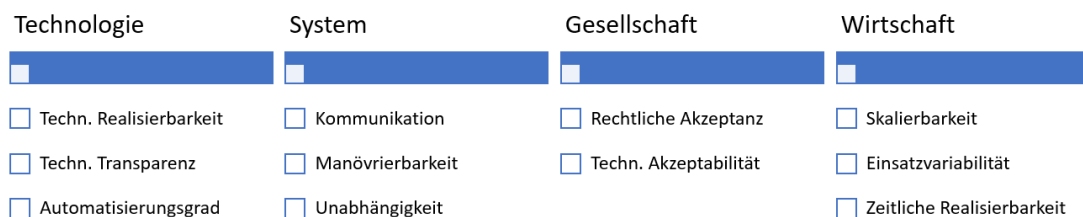
Cluster	Aufgabengebiet	Anwendungsfall
Transport	Gütertransport	Stückgut/Rohstoff
		Container
		Spezialtransport
	Personentransport	Tourismus
		ÖPNV
		Wassertaxis
Hoheitliche Aufgaben	Hoheitliche Aufgaben	Überwachung/Monitoring
		Infrastruktur
		Sonderaufgaben
Exploration	Forschung	Vermessung
Privat	Sport & Freizeit	Motorsportboote

**Tabelle 1: Ausgewählte Anwendungsfälle**

Um eine möglichst konkrete Vorstellung zu vermitteln, was genau die jeweilige Aufgabe des Schiffes im zugrundeliegenden Anwendungsfall ist und worin der spezifische autonome Charakter des

vorliegenden Einsatzes besteht, wurde den Anwendungsfällen jeweils eine verbale Kurzbeschreibung beigefügt. Diese ist Tabelle A2 im ANNEX zu entnehmen.

In einem zweiten Schritt wurde dann ein Kriterienkatalog für die Bewertung erarbeitet. Dieser umfasste technische, gesellschaftliche, wirtschaftliche sowie auch rechtliche Aspekte (siehe nachfolgende Abbildung 1).



**Abbildung 1: Definition von Bewertungskriterien**

Für jedes Bewertungskriterium wurden zudem die 3 Attribute "hoch", "mittel" bzw. "gering" vergeben und beschrieben (siehe Tabelle A3 im ANNEX).

Die 11 ausgewählten Anwendungsfälle sowie die 12 Bewertungskriterien (A bis L) bildeten schließlich die Basis für die nachfolgende Bewertungsmatrix (Abbildung 2).

Kriterium / Anwendungsfall	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Stückgut/Rohstoff	Container	Spezialtransport	Tourismus	ÖPNV	Wassertaxis	Überwachung/Monitoring	Infrastruktur	Sonderaufgaben	Vermessung	Motorsportboote
A Technischen Realisierbarkeit											
B Technologische Akzeptabilität											
C Technologische Transparenz											
D Systemische Unabhängigkeit											
E Unabhängigkeit von externer Kommunikationsinfrastruktur											
F Systemische Manövrierbarkeit											
G Zeitliche Realisierbarkeit											
H Einsatzvariabilität											
I Wirtschaftliche Skalierbarkeit											
J Gesellschaftliche Akzeptabilität											
K Rechtliche Zulassungsfähigkeit											
L Automatisierungsgrad											

**Abbildung 2: Bewertungsmatrix für Expertenbefragung**

In einer zweiten Runde wurden die Expert\*innen dann gebeten, diese Matrix unter Vergabe des aus ihrer Sicht zutreffenden Bewertungsattributes auszufüllen.

## ERGEBNISSE

Die von den Expert\*innen zunächst separat und individuell ausgefüllten Matrizen wurden im Anschluss in einer Gesamtmatrix zusammengefasst (siehe Abbildung 3 sowie auch Abbildungen A1 und A2 im ANNEX). Hierbei sind die Einträge, bei denen unter den Expert\*innen Einigkeit in einfacher Mehrheit ( $\geq 50\%$  unter Bezug auf die Attribute) bei der Bewertung bestand, farblich codiert dargestellt und das jeweils zugehörige Bewertungsattribut in Textform eingetragen. Alle in Weiß und ohne Attribut ausgewiesenen Zellen weisen darauf hin, dass bei der Bewertung durch die Expert\*innen keine Mehrheit für eines der drei Attribute gefunden werden konnte.

Kriterium / Anwendungsfall	1 Stückgut/Rohstoff	2 Container	3 Spezialtransport	4 Tourismus	5 ÖPNV	6 Wassertaxi	7 Überwachung/Monitoring	8 Infrastruktur	9 Sonderaufgaben	10 Vermessung	11 Motorsportboote
A Technische Realisierbarkeit	hoch		gering	mittel	hoch		hoch	mittel	gering	hoch	hoch
B Technologische Akzeptabilität	hoch		gering		hoch	hoch				hoch	hoch
C Technologische Transparenz		mittel					mittel	mittel		mittel	hoch
D Systemische Unabhängigkeit	mittel		gering	gering	mittel	mittel		gering			
E Unabhängigkeit von externer Kommunikation/Infrastruktur	gering	gering	gering	gering	gering	gering		mittel	gering		
F Systemische Manövrierbarkeit							hoch				hoch
G Zeitliche Realisierbarkeit	mittel		gering	mittel	hoch	mittel	hoch	mittel		hoch	hoch
H Einsatzvariabilität				gering	mittel	mittel	hoch	gering		mittel	mittel
I Wirtschaftliche Skalierbarkeit		mittel		mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	gering	hoch	hoch
J Geschäftliche Akzeptabilität		mittel	mittel	mittel	mittel	mittel	hoch	mittel		hoch	hoch
K Rechtliche Zulassungsfähigkeit	hoch				hoch	mittel	hoch	mittel		hoch	
L Automatisierungsgrad				mittel	hoch		hoch			hoch	

**Abbildung 3: Ausgefüllte Bewertungsmatrix in Summe aller Befragten Expert\*innen**

Deutlich hervorgehoben treten in dieser Auswertung die Anwendungsfälle „ÖPNV“, „Überwachung/Monitoring“, „Vermessung“ und „Tourismus“ hervor. Hier erzielten die Expert\*innen in 9 von 12 Fällen eine deutliche Übereinstimmung ( $> 50\%$ ) in ihren Einschätzungen.

Deutlich anders sah es hingegen in den Anwendungsfällen „Container“ und „Sonderaufgaben“ aus. Hier konnten unter den Expert\*innen nur in 4 von 12 Einschätzungen eine gute Übereinstimmung erzielt werden.

Zudem gab es drei Anwendungsfälle (siehe Tabelle 4 als Ausschnitt von Tabelle 3), in denen eine besonders hohe Übereinstimmung der Einschätzungen der Expert\*innen bzgl. eines der drei Bewertungsattribute bestand. Konkret wurde hier die allgemeine Realisierbarkeit

- des Anwendungsfalls „Überwachung/Monitoring“ in 8 von 12 Kriterien mit „hoch“
- des Anwendungsfalls „Infrastruktur“ in 7 von 12 Kriterien mit „mittel“ und
- des Anwendungsfalls „Spezialtransport“ in 5 von 12 Kriterien mit „gering“

bewertet.

Aus der guten Übereinstimmung der inhaltlichen Bewertung der Expert\*innen lassen sich zusammenfassend im Ergebnis all jene Anwendungsfälle ablesen, denen die Expert\*innen eindeutig eine überwiegend „hohe“, „mittlere“ oder „geringe“ Realisierungswahrscheinlichkeit zuordnen konnten (vgl. Tabelle 2).

Kriterium / Anwendungsfall		3	7	8
		Spezialtransport	Überwachung/Monitoring	Infrastruktur
A	Technischen Realisierbarkeit	gering	hoch	mittel
B	Technologische Akzeptabilität	gering	hoch	
C	Technologische Transparenz		mittel	mittel
D	Systemische Unabhängigkeit	gering		gering
E	Unabhängigkeit von externer Kommunikationsinfrastruktur	gering		mittel
F	Systemische Manövrierbarkeit		hoch	
G	Zeitliche Realisierbarkeit	gering	hoch	mittel
H	Einsatzvariabilität		hoch	gering
I	Wirtschaftliche Skalierbarkeit		mittel	mittel
J	Gesellschaftliche Akzeptabilität	mittel	hoch	mittel
K	Rechtliche Zulassungsfähigkeit		hoch	mittel
L	Automatisierungsgrad		hoch	

**Abbildung 4: Ausgewählte Anwendungsfälle aus der Gesamtmatrix mit sehr hoher Einigkeit der Expert\*innen**

Hohe Realisierungswahrscheinlichkeit	Mittlere Realisierungswahrscheinlichkeit	Geringe Realisierungswahrscheinlichkeit
Überwachung/Monitoring	Infrastruktur	Spezialtransport
Vermessung	Wassertaxis	Sonderaufgaben
Motorsportboote		

**Tabelle 2: Anwendungsfälle mit überwiegend eindeutig hoher, mittlerer und geringer Realisierungswahrscheinlichkeit**

Ergänzend muss angemerkt werden, dass auch Anwendungsfälle wie z. B. „ÖPNV“ und „Stückgut/Rohstoff“ untersucht wurden, welchen die Expert\*innen jedoch keine eindeutige Realisierungswahrscheinlichkeit zwischen „mittel“ und „hoch“ zuordnen konnten. Gleiches gilt für Anwendungsfälle wie „Tourismus“ und „Container“, deren allgemeine Realisierungswahrscheinlichkeit mit „mittel-gering“ eingeschätzt wurde.



---

Schlussfolgernd lässt sich die gewählte Methodik im Sinne der Expert\*innenworkshops als zielführend bewerten. Die Ergebnisse lassen trotz wissenschaftlicher Unzulänglichkeit generelle Tendenzen erkennen, welche allgemeinen Anwendungsfälle in der Schifffahrt nach Einschätzung von Expert\*innen am wahrscheinlichsten realisierbar sind. Ebenso zeigen sich Anwendungsfälle, bei denen noch größere Hürden zur allgemeinen Realisierbarkeit zu überwinden sind.

Die Befragung der Expert\*innen zeigt weiterhin, dass die Wahrscheinlichkeit der allgemeinen Realisierbarkeit autonomer maritimer Systeme grundsätzlich stark vom Anwendungsfall und der Einsatzumgebung der jeweiligen Technologie, aber eben auch von anderen nicht-technischen Begleitfaktoren abhängt. Die eingesetzte Methodik hat jedoch auch gezeigt, dass sie durch systematische Clusterung in technische, systemische, gesellschaftliche und wirtschaftliche Clusterbereiche valide und vergleichbare Resultate bezüglich einer generellen Beurteilung der Realisierbarkeit einzelner Use Cases liefern kann. Ein ganzheitliches Bild eines autonomen Systems kann somit in seine Teilkomponenten aufgespalten und diese Teilkomponenten in Analogie eines „reverse engineering“ Ansatzes betrachtet werden.

Rücksprachen innerhalb des Expert\*innengremiums führten zum Konsens, dass mit diesen Ergebnissen eine gute Basis für die weitere Arbeit innerhalb der AG Autonome Maritime Systeme der DGON gelegt wurde. Weitergehende Verbesserungsvorschläge waren:

- Ausbau und feineres Untergliedern des Kriterienclusters „Wirtschaftlichkeit“,
- Ausbau des Kriteriums „Gesellschaftliche Akzeptabilität“,
- Beschreibung der Kriterien sowie deren Bewertung eindeutiger gestalten,
- Beschreibung der Anwendungsfälle eindeutiger und detaillierter beschreiben,
- Anzahl an Anwendungsfällen und Bewertungskriterien erhöhen,
- Breitere und belastbarere Basis für die Bewertung von AMS Anwendungsfällen schaffen,
- Ausbau des Pools an Expert\*innen allgemein sowie im jeweiligen Bewertungskriterium,
- Bewertung der Relevanz der einzelnen Kriterien und Erarbeitung einer Wichtung,
- Entwicklung eines Ampelsystems zur Visualisierung der allgemeinen Realisierbarkeit,
- SWOT-Analyse der bewerteten Anwendungsfälle sowie Entwicklung einer Roadmap zu ausgewählten Anwendungsfällen. Entweder zur Stärkung besonderer Chancen oder zur Vermeidung besonderer Risiken.

Ziel des weiteren Prozesses sollte eine Abschätzung und Visualisierung von Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken einzelner AMS Anwendungsfälle sein. Auf dieser Basis kann auch der politische und administrative Diskussionsprozess zur proaktiven Gestaltung und Förderung der Automatisierung und Autonomisierung in den jeweiligen Schifffahrtssegmenten weiter unterstützt werden.

---

## AUSBLICK

Die Arbeitsgruppe der DGON hat es sich zum Ziel gemacht, die Chancen und Perspektiven autonomer Systeme in der Schifffahrt systematisch zu erfassen und den weiteren Gestaltungsprozess hin zu einer autonomen Schifffahrt in Deutschland zu fördern und zu entwickeln.

Ein besonderer Schwerpunkt liegt hierbei auf der Beratung und Begleitung von Politik und Verwaltung auf dem Wege, die für diesen Gestaltungsprozess optimalen Rahmenbedingungen zu definieren. Dieses umfasst eine Vielzahl einzelner Beiträge und reicht von der Berücksichtigung entsprechender Fördermöglichkeiten im Bereich der anwendungsnahen Forschung und Entwicklung, über die Erweiterung bestehender Innovationshilfen bis hin zur aktiven Mitwirkung bei der Erarbeitung nationaler wie internationaler Regeln, Vereinbarungen, Standards u. v. a. m.. Die vorliegenden Ergebnisse der Workshopreihe „Einsatzspektrum und Anwendungsfälle autonomer maritimer Systeme“, bilden dabei zunächst nur einen Auszug aus der Vielfalt möglicher Anwendungsfälle ab. Der nächste Schritt wird daher jetzt in Richtung der Erstellung einer internationalen Umfeldanalyse zu Einsatz- und Anwendungsmöglichkeiten von Autonomen Maritimen Systemen gehen. Die hierzu entwickelte Methodik wird als wichtiger Baustein angesehen, um gemeinsam mit den Expert\*innen zu einer umfassenden Bewertung der Bedarfe, Chancen und Risiken zur Entwicklung einzelner Anwendungsfälle zu kommen, sowie zugleich auch die für eine erfolgreiche Umsetzung erforderlichen Erfolgsfaktoren und Rahmenbedingungen zu artikulieren.

Zur Durchführung einer solchen internationalen Umfeldanalyse wurde seitens der DGON der Schulterschluss zum Deutschen Maritimen Zentrum (DMZ) gesucht. Zur Stärkung der deutschen maritimen Wirtschaft wird das DMZ im Handlungsfeld „Technologischer Wandel“ ein entsprechendes Gutachten zeitnah ausschreiben, in dem es dann um Beantwortung nachfolgender Fragen gehen wird:

- Wie ist der internationale Stand von Wissenschaft und Technik, welche Projekte gibt es?
- Welche Auswirkung hat die Entwicklung bestimmter Anwendungsfälle auf die ganzheitliche Entwicklung von AMS? Welche Rahmenbedingungen sind dabei förderlich?
- Wo liegt der internationale Vergleichsmaßstab? Worin besteht der internationale Wettbewerb? Wie kann ein Wissens- und Technologietransfer etabliert werden?
- Welche Anwendungsfälle haben besonders hohe Realisierungswahrscheinlichkeiten? Bei welchen bestehen die größten Hürden? Welche generieren den größten Technologiesprung?
- Wie ist die Akzeptabilität in der Gesellschaft in Bezug auf den Einsatz von AMS in spezifischen Anwendungsfällen ausgeprägt? Welche neuen Geschäftsfelder entstehen in welcher Anwendung?

Alle diese Fragen basieren im Kern wiederum auf der Betrachtung einzelner Use Cases von AMS. Dies unterstreicht noch einmal die Notwendigkeit, die fachliche Diskussion vom ganzheitlichen Bild des einen autonomen Schiffes auf die Betrachtung spezifische Systeme für spezifische Anwendungen zu transferieren.

Die Arbeit der DGON AG AMS wird in diesem Sinne fortgeführt und die maritime Fachgesellschaft eingeladen, sich am weiteren Prozess zur zielführenden Entwicklung von Autonomen Maritimen Systemen und ihrer notwendigen Rahmenbedingungen und Infrastrukturen aktiv zu beteiligen.

## ANNEX

Name	Branche	Institution/Unternehmen
Michael Bergmann	Consulting	Bergmann-Marine
Dr. André Bolles	Wissenschaft und Forschung	OFFIS
Hans-Christoph Burmeister	Wissenschaft und Forschung	Fraunhofer CML
Hendrik Bußhoff	Industrie und Wirtschaft	Wärtsilä Voyage Germany GmbH
Prof. Dr. Bettar O. el Moctar	Wissenschaft und Forschung	Universität Duisburg-Essen
Holger Klindt	Consulting	Klindt-Consulting
Dr. Arne Kraft	Industrie und Wirtschaft	Atlas Elektronik GmbH
Dr. Alexander Lutz	Industrie und Wirtschaft	Argonics GmbH
Thoralf Noack	Wissenschaft und Forschung	DLR
Martin Portier	Behörden	BSH
Prof. Dr. Thomas Rauschenbach	Wissenschaft und Forschung	Fraunhofer IOSB-AST
Prof. Dr. Falk von Seck	Wissenschaft und Forschung	Jade Hochschule Elsfleth
Lennart Swoboda	Industrie und Wirtschaft	Bernhard Schulte GmbH & Co. KG
Doreen Thoma	Behörden	BSH
Dr. Frederik Treuel	Behörden und Wirtschaft	Deutsches Maritimes Zentrum
Dr. René Zweigel	Wissenschaft und Forschung	RWTH Aachen
Carl Philipp Wrede	Wissenschaft und Forschung	DLR

*Tabelle A1: Expert\*innen der Workshopreihe*

Anwendungsfall	Beschreibung
Stückgut/Rohstoff	Holztransport vom Sägewerk zum verarbeitenden Unternehmen auf Binnenwasserstraßen auf fixen Routen.
Container	Großcontainerschiff mit gleichbleibenden Routen auf allen Weltmeeren
Spezialtransport	Ein Errichterschiff für OWA nimmt in einem speziellen Küstenhafen Rotor- und Tragwerksteile mit eigenem Kran an Bord. Anschließend transportiert es diese Teile zu einer bestimmten Position in der AWZ und nimmt vor Ort Ramm- und Installationsarbeiten vor.
Tourismus	Ostseekreuzfahrten mit täglichen Hafenanläufen auf wechselnden Routen in regional begrenzten Seegebieten.
ÖPNV	Im Anschluss an eine Busverbindung steigt eine Personengruppe auf ein regelmäßig fahrendes Schiff, welches sie im zu einer weiteren, fest definierten Anschlussstelle transportiert.
Wassertaxis	Auf individuellem Ruf kommt ein kleines Schiff, nimmt bis zu 5 Personen an Bord und fährt diese auf individuellen zu einer oder mehreren Absetzstellen.
Überwachung/Monitoring	Unterwasserfahrzeug zur Inspektion von Hafenanlagen oder Schiffskörpern. Fahrzeug wird von einer Trägerplattform in das Einsatzgebiet transportiert
Infrastruktur	Saugbagger für Instandhaltungsarbeiten auf Wasserstraßen. Fahrzeug fährt regelmäßig von Heimathafen in das Einsatzgebiet und positioniert dort dynamisch zum Durchführen der Baggerarbeiten.
Sonderaufgaben	Auf einen Einsatzbefehl hin, fährt ein Schiff der Bundesflotte auf die offene See und führt dort spezielle Manöver (z.B. Abfangen eines Schiffes) oder Arbeiten (z.B. Not schleppen eines Schiffes) aus.
Vermessung	Zur Meeresbodenvermessung von abgelegenen Seegebieten wird ein Fahrzeug ins entsprechende Seegebiet verbracht. Dort wird über einen Zeitraum von mehreren Wochen der Meeresboden vermessen.
Motorsportboote	Motorboot wird unter Normalbedingungen manuell gesteuert. Während des Transits in offenen Gewässern kann ein Autopilot mit gekoppelten Navigationssystem genutzt werden, um den Bootsführer zu entlasten.

*Tabelle A2: Beschreibung der Anwendungsfälle*



Kriterium	Stufe	Beschreibung
Technische Realisierbarkeit	hoch	Es bestehen keine grundlegenden wissenschaftlichen Herausforderungen. Die Umsetzung ist allein mit vorhandenem ingenieurwissenschaftlichem Wissen und Erfahrungen leistbar.
	mittel	Es bestehen keine grundlegenden wissenschaftlichen Herausforderungen. Allerdings bedarf die Umsetzung der Entwicklung innovativer neuer Methoden, Werkzeuge oder Verfahren. Diese lassen sich i. d. R. jedoch aus vorhandenem ingenieurwissenschaftlichem Wissen und Erfahrungen ableiten.
	gering	Vor und zur Umsetzung bedarf es zunächst der Untersuchung grundlegender wissenschaftlichen Fragestellungen und Herausforderungen. Auf vorhandenes ingenieurwissenschaftliches Wissen und Erfahrungen ist nur in geringem Maße zurückzugreifen. Entsprechend bedarf es zur Umsetzung erheblicher Ressourcen in Form von Zeit, Personal und finanzieller Ausstattung.
Technologische Akzeptabilität	hoch	Durch eine geringe Ausfallwahrscheinlichkeit ( $P \leq 0,01$ ) ist die technische Akzeptabilität hoch
	mittel	Durch eine mittlere Ausfallwahrscheinlichkeit ( $P \leq 0,1$ ) ist die technische Akzeptabilität mittel
	gering	Durch eine hohe Ausfallwahrscheinlichkeit ( $P > 0,1$ ) ist die technische Akzeptabilität gering
Technologische Transparenz	hoch	Das System ist auf funktionaler Ebene dokumentiert und gesellschaftlich verständlich
	mittel	Das System ist auf Systemebene dokumentiert und für Fachleute verständlich
	gering	Das System ist ein Blackbox-System und nur für Entwickler verständlich
Systemische Unabhängigkeit	hoch	Das System hat keinen Bedarf an Wechselwirkungen mit externen Systemen
	mittel	Das System benötigt Daten- und Informationsaustausch mit externen Systemen
	gering	Das System Kontroll- und Managementunterstützung von externen Systemen
Unabhängigkeit von externer Kommunikationsinfrastruktur	hoch	Das System benötigt keine Kommunikationsinfrastruktur
	mittel	Das System benötigt zum Betrieb eine geringe Bandbreite (z.B. UKW)
	gering	Das System benötigt zum Betrieb eine hohe Bandbreite (z.B. 5G)
Systemische Manövrierbarkeit	hoch	Das System verhält sich agil und ist in der Lage der jeweiligen Einsatzdomäne angepasste, durchgreifende Änderungen von Position und Geschwindigkeit eigenständig vorzunehmen,
	mittel	Das System verhält sich im Rahmen seines durch äußere Sicherungsmaßnahmen geschützten Use Cases agil und ist in der Lage der Einsatzdomäne angepasste, durchgreifende Änderungen von Position und Geschwindigkeit eigenständig vorzunehmen,
	gering	Das System benötigt ausgeprägte externe Unterstützung zur Absicherung des Use Cases da es nur über eingeschränkte Möglichkeiten zur Veränderung seiner Position und Geschwindigkeit verfügt.
Zeitliche Realisierbarkeit	hoch	Das System ist kurzfristig (1-5 Jahre) realisierbar
	mittel	Das System ist mittelfristig (6-10 Jahre) realisierbar
	gering	Das System ist langfristig (>10 Jahre) realisierbar
Einsatzvariabilität	hoch	Das System ist multimodal einsetzbar
	mittel	Das System ist multifunktional einsetzbar
	gering	Das System ist monofunktional einsetzbar
Wirtschaftliche Skalierbarkeit	hoch	Ein unmittelbarer Einstieg in Serienfertigung ist erkennbar
	mittel	Es ist keine Serienfertigung erkennbar, dennoch sind Skaleneffekte durch Lerneffekte etc. erkennbar
	gering	Es sind keine Skaleneffekte erkennbar. Es handelt sich um eine Einzelentwicklung.
Gesellschaftliche Akzeptabilität	hoch	Die Gesellschaft empfindet den Einsatz des Systems als wichtig und sinnvoll
	mittel	Die Gesellschaft duldet den Einsatz des Systems, begleitet den Einsatz jedoch mit kritischer Stimme
	gering	Die Gesellschaft lehnt den Einsatz des Systems ab
Rechtliche Zulassungsfähigkeit	hoch	Die Zulassung des Systems erscheint perspektivisch plausibel
	mittel	Das System erscheint höchstens zu Demonstrationszwecken zulässig
	gering	Die Zulassungsfähigkeit erscheint auch perspektivisch nicht plausibel
Automatisierungsgrad	hoch	Das System agiert vollautomatisiert oder autonom
	mittel	Das System agiert in Teilen automatisiert, ggf. auch hochautomatisiert
	gering	Das System assistiert lediglich

*Tabelle A3: Bewertungskriterien und deren Beschreibung*

Kriterium / Anwendungsfall	1	2	3	4	5	6
	Stückgut/Rohstoff	Container	Spezialtransport	Tourismus	ÖPNV	Wassertaxis
A Technischen Realisierbarkeit	hoch		gering	mittel	hoch	
B Technologische Akzeptabilität	hoch		gering		hoch	hoch
C Technologische Transparenz		mittel				
D Systemische Unabhängigkeit	mittel		gering	gering	mittel	mittel
E Unabhängigkeit von externer Kommunikationsinfrastruktur	gering	gering	gering	gering	gering	gering
F Systemische Manövrierbarkeit						
G Zeitliche Realisierbarkeit	mittel		gering	mittel	hoch	mittel
H Einsatzvariabilität				gering	mittel	mittel
I Wirtschaftliche Skalierbarkeit		mittel		mittel	mittel	mittel
J Gesellschaftliche Akzeptabilität		mittel	mittel	mittel	mittel	mittel
K Rechtliche Zulassungsfähigkeit	hoch				hoch	mittel
L Automatisierungsgrad				mittel	hoch	

Abbildung A1: Gesamtmatrix der Anwendungsfälle 1 -6 mit Einigkeit der Expert\*innen größer als 50%

Kriterium / Anwendungsfall	7	8	9	10	11
	Überwachung/Monitoring	Infrastruktur	Sonderaufgaben	Vermessung	Motorsportboote
A Technischen Realisierbarkeit	hoch	mittel	gering	hoch	hoch
B Technologische Akzeptabilität	hoch			hoch	hoch
C Technologische Transparenz	mittel	mittel		mittel	hoch
D Systemische Unabhängigkeit		gering			
E Unabhängigkeit von externer Kommunikationsinfrastruktur		mittel	gering		
F Systemische Manövrierbarkeit	hoch				hoch
G Zeitliche Realisierbarkeit	hoch	mittel		hoch	hoch
H Einsatzvariabilität	hoch	gering		mittel	mittel
I Wirtschaftliche Skalierbarkeit	mittel	mittel	gering	hoch	hoch
J Gesellschaftliche Akzeptabilität	hoch	mittel		hoch	hoch
K Rechtliche Zulassungsfähigkeit	hoch	mittel		hoch	
L Automatisierungsgrad	hoch			hoch	

Abbildung A2: Gesamtmatrix der Anwendungsfälle 7 -11 mit Einigkeit der Expert\*innen größer als 50%

---

## ZUR DGON UND ZUR ARBEITSGRUPPE AUTONOME MARITIME SYSTEME

Die DGON ist ein neutrales Fachforum in allen Bereichen des modernen Verkehrs. Sie wurde 1951 gegründet. Von ihrer Bonner Geschäftsstelle aus verwaltet und betreut sie ein internationales Mitgliedernetzwerk.

Zweck der Gesellschaft ist, Wissenschaft und Forschung, Technik und Anwendung von Ortung und Navigation zu fördern und damit einen Beitrag zur Sicherheit, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit der Schifffahrt, Luftfahrt, Raumfahrt und des Landverkehrs zu leisten; dazu wirken Fachleute und Interessenten aus Behörden, Wissenschaft, Industrie und der Anwender zusammen.

Die DGON ist in drei Kommissionen und vier Fachausschüssen organisiert. Diese informieren ihre Mitglieder jeweils über den neuesten Stand von Forschung und Entwicklung und organisieren für ihre jeweiligen Fachgebiete regelmäßig Konferenzen und Symposien. Die Kommissionen umfassen die Luftfahrtkommission, die Schifffahrtkommission und die Kommission Landverkehr. Auf der wissenschaftlichen Seite prägen die vier Fachausschüsse zur Radartechnik, zur Inertial Sensorik, zur Weltraumtechnik und zur Verkehrstelematik die Arbeit der DGON.

Mit der Etablierung der Arbeitsgruppe „Autonome Maritime Systeme“ im Rahmen der Schifffahrtskommission, hat die DGON in 2017 die Voraussetzungen geschaffen, um die weiteren Entwicklungen in diesem Gebiet auf Ebene der Verbände mit zu gestalten und zu koordinieren. Sie versteht sich als Plattform zur intensiven Vernetzung und zum Informationsaustausch im Bereich autonomer maritimer Systeme. Fachleute aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft arbeiten hier aktuelle Bewertungen zum Stand von Wissenschaft, Technik und Politik und geben eine Vorausschau auf notwendige und wegweisende Weiterentwicklungsbedarfe. DGON-intern wird diese Arbeit zudem durch die Begleitung und Zuarbeit der Arbeitsgruppe „Cyber Risk Management“ unterstützt. Diese ist ebenfalls Teil der DGON Schifffahrtskommission.



## Deutsche Gesellschaft für Ortung und Navigation e.V. (DGON)

Kölnstr. 70  
53111 Bonn

### Vertreten durch:

Vertretungsberechtigter Vorstand:

Prof. Dr.-Ing. Carlos JAHN (Vorsitzender)

Dr. Frank ZIMMERMANN (Stellvertretender Vorsitzender)

Prof. Dr.-Ing. Uwe PLANK-WIEDENBECK (Stellvertretender Vorsitzender und Schatzmeister)

### Kontakt:

Telefon: +49-228-20197.0

Telefax: +49-228-20197.19

E-Mail: [dgon.bonn@t-online.de](mailto:dgon.bonn@t-online.de)