



Planungsamt der Bundeswehr

Streitkräfte, Fähigkeiten und Technologien im 21. Jahrhundert

Future Topic

## UNMANNED UNDERWATER VEHICLES

Sachstand und Perspektiven für militärische  
Unterwasserwirkmittel





## Impressum

Herausgeber  
Planungsamt der Bundeswehr  
Referat Zukunftsanalyse  
Oberspreestraße 61L  
12439 Berlin

E-Mail: [PlgABwI2ZukAnalyse@bundeswehr.org](mailto:PlgABwI2ZukAnalyse@bundeswehr.org)

## Layout und Druck

BAIUDBw Zentral Druckerei Köln

## Titelbilder

Von links nach rechts:

Bild 1: © Andrea Izzotti/Fotolia

Bild 2: © Serj Siz'kov/Fotolia

Bild 3: © PIZ Marine/Björn Wilke

Bild 4: © ilyashulika/Fotolia

## Inhalt der Studie:

© Planungsamt der Bundeswehr, Referat Zukunftsanalyse

Alle Rechte vorbehalten. Reproduktion und Veröffentlichung nur nach ausdrücklicher Genehmigung durch das Planungsamt der Bundeswehr, Referat Zukunftsanalyse.

2017

---

# Vorwort

Das Planungsamt der Bundeswehr ist dem Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) nachgeordnet und bündelt Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortung im Planungsnetzwerk der Streitkräfte. Mit seinem Referat Zukunftsanalyse stellt es wissenschaftliche und methodische Expertise für die Bundeswehr bereit und erarbeitet die Wissensgrundlagen für deren zukünftige Ausrichtung. Die sicherheitspolitische Zukunftsanalyse dient hierbei dem Zweck, der Bundeswehr frühzeitige, methodenbasierte und wissenschaftlich fundierte konzeptionelle Vorgaben zu ermöglichen und langfristige Ziele zu definieren.

Das Referat Zukunftsanalyse erstellt dazu Berichte und Studien. Dabei entwickelt es sein inhaltliches und methodisches Portfolio kontinuierlich weiter. Neben militärischer Sachkunde werden Erkenntnisse der zivilen Forschung in den Fachgebieten Sozialwissenschaft, Ingenieur- und Naturwissenschaft sowie Wirtschafts- und Politikwissenschaft integriert und aufeinander abgestimmt.

Die Studienarbeiten des Referates werden vorrangig für das Verteidigungsressort erstellt. Gleichwohl unterhält, pflegt und intensiviert das Referat in seiner täglichen Arbeit auch vielfältige Kooperationsbeziehungen zu nationalen und internationalen wissenschaftlichen Einrichtungen, sowie zu vergleichbaren Einheiten für Zukunftsanalyse anderer Ressorts des Bundes, der NATO und der Europäischen Verteidigungsagentur (EDA). Die Forschung des Referats Zukunftsanalyse ist stets ergebnisoffen und weisungsungebunden. Sie soll auch komplexe Sachverhalte allgemeinverständlich präsentieren und mögliche Implikationen für die Bundeswehr nachvollziehbar machen. Sie spiegelt keine offiziellen Positionen des BMVg wider. Wo immer es sich thematisch anbietet, werden ihre Ergebnisse frei veröffentlicht.

Bei diesem Future Topic handelt es sich um eine ergebnisoffene und nicht weisungsgebundene Forschungsarbeit des Referats Zukunftsanalyse des Planungsamts der Bundeswehr.

Das Future Topic spiegelt nicht die Position des Bundesministeriums der Verteidigung wider und präjudiziert keine Entscheidungen zur Weiterentwicklung der Bundeswehr.

---

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>6</b>
<b>2 Technische Grundlagen für UUVs</b> .....	<b>8</b>
2.1 Steuerungssysteme .....	8
2.1.1 Fernsteuerung .....	8
2.1.2 Teilautomatische Steuerung .....	8
2.1.3 Automatik/Autonomie .....	9
2.2 Antrieb .....	10
2.3 Energiebereitstellung .....	<b>11</b>
<b>3 Taktische Beschränkungen</b> .....	<b>11</b>
3.1 Physikalische Grenzen .....	11
3.1.1 Kommunikation und Reaktionsmöglichkeiten .....	11
3.1.2 Reichweite und Geschwindigkeit .....	12
3.2 Politisch/ethische und technische Beschränkungen .....	12
3.2.1 Garantie des „Man-in-the-Loop“ .....	13
3.2.2 „Lernende“ und eigenständig agierende Systeme .....	13
3.2.3 Abzusehende künftige Entwicklung der Künstlichen Intelligenz .....	13
3.3 Rechtliche Beschränkungen .....	16
<b>4 Militärische Anwendungsmöglichkeiten</b> .....	<b>16</b>
4.1 Einsatzmöglichkeiten .....	16
4.1.1 U-Jagd .....	17
4.1.2 Minensuche, Minenjagd .....	17
4.1.3 Aufklärung, Überwachung, elektronische Aufklärung .....	18
4.1.4 Abgesetzter Störsender, Täuschkörper .....	19
4.1.5 Kampfeinsätze .....	19
4.1.6 Schwarmabwehr .....	20
4.1.7 Schwarmattacke .....	20
4.1.8 „Sperrung“ von Seegebieten .....	20
4.1.9 Kommunikationsrelais .....	21
4.2 Andere Nutzungen .....	22
4.2.1 Semi-Submersibles .....	22

---

## INHALTSVERZEICHNIS

4.2.2	Einsatz mit U-Booten als Mutterschiff .....	22
4.2.3	Individualtaktiken .....	22
4.2.4	Schwarmtaktiken .....	23
<b>5</b>	<b>Ausblick auf zu erwartende Entwicklungen .....</b>	<b>24</b>
5.1	Kurzfristig .....	24
5.2	Mittelfristig .....	24
5.3	Langfristig .....	25
<b>6</b>	<b>Konsequenzen für die Bundeswehr .....</b>	<b>25</b>
	<b>Literatur .....</b>	<b>27</b>

---

## Zusammenfassung

Unbemannte Unterwasserfahrzeuge (UUV) stellen innerhalb der unbemannten Fahrzeuge eine Sonderform dar. Aufgrund der physikalischen Besonderheiten des Operierens unter Wasser sind sie in besonderem Maße davon abhängig, autonome Steuerungssysteme nutzen zu können, um die potentiellen Einsatzformen dieses Fahrzeugtyps vollumgänglich zu erfüllen.

Diese physikalischen Einschränkungen – insbesondere im Bereich der Kommunikation – werden weiterhin Bestand haben und absehbarer Zeit nicht durch technische Entwicklungen überwunden werden können. Sie werden aber die Entwicklung von autonomen Systemen befördern.

Strategieentscheidende Entwicklungen für die Seekriegsführung werden kurzfristig nicht zu erwarten sein. Auf kürzere Frist ist zu erwarten, dass insbesondere die Herausforderungen bei Zulassung, Genehmigung und weiteren rechtlichen Regelungen gelöst werden. Auf technischer Seite ist davon auszugehen, dass in den klassischen Einsatzgebieten von UUVs (Minensuche/-jagd, Ozeanographie) sich die Nutzungsdichte erhöhen wird. Treiber der technischen Entwicklung wird dabei primär die zivile und industrielle Nutzung sein. Die in diesem Zeitraum gewonnenen Erfahrungen werden zu technischen Optimierungen führen. Dies gilt insbesondere für Antriebs- und Energiebereitstellungskonzepte (neue und verbesserte Energiespeichermedien) sowie teilweise automatisierte Arbeits- und Prozessabläufe wie eigenständige Navigation, Sensoreneinsatz und Datenauswertung. Mittelfristig wird sich in den „klassischen“ Einsatzmethoden eine fast perfektionierte Nutzung etablieren. Aufgrund von Fortschritten in der Automatisierung bzw. der Entwicklung einer rudimentären künstlichen Intelligenz kann das Einsatzportfolio

für UUVs effektiv erweitert werden. So werden nun auch Einsätze, die eine größere Reichweite und Geschwindigkeit erfordern, aufgrund der Verfügbarkeit neuer und besserer Energiespeicher möglich. UUVs werden primär als „force-multiplier“ wirken, also die Fähigkeiten anderer Marineeinheiten unterstützen, erweitern und verstärken.

In mehr als 20 Jahren wird – bei entsprechendem Fortschritt in der Entwicklung künstlicher Intelligenz – ein gänzlich autonomes Unterwasserfahrzeug technisch möglich und einsatzbereit sein. Diese Fahrzeuge werden in der Lage sein, einen Auftrag auszuführen und die genaue Ausgestaltung ihrer Mission eigenständig nach entsprechenden Kriterien und Parametern zu planen und auszuführen. Sie werden aber – so wie menschliche Operateure auch – durchaus noch Fehler begehen. Diese werden aber in keinem Verhältnis zu menschlichen Fehlerraten sowie den Kosten und Einschränkungen stehen, die alternativ durch bemannte Systeme verursacht würden.

Neben der Funktion als „force-multiplier“ werden auch erste „stand-alone“-Systeme in den Einsatz gehen, also Unbemannte Unterwasserfahrzeuge, die zwar im Netzwerk mit anderen Marineeinheiten agieren können, aber darüber hinaus auch alleine Missionen ausführen.

## BLICK IN EINE MÖGLICHE ZUKUNFT

### Unbemanntes Unterwasserfahrzeug verursacht schweren Zwischenfall auf See

Es passierte ausgerechnet auf der voll ausgebuchten Jubiläumsfahrt. 1300 zahlende Gäste feierten das zehnte Dienstjahr des Kreuzfahrtschiffes „Sea Spirit IV“, das 2029 in Dienst gestellt worden war, mit einer Tour durch die exotischen Gewässer Südostasiens. Auslöser der Katastrophe war ein Ereignis, das zuerst nur ärgerlich erschien: Die „Sea Spirit IV“ hatte einen im Wasser treibenden Container gerammt, der zwar glücklicherweise den Rumpf unbeschädigt ließ, aber heftig mit der linken Antriebsschraube kollidierte, was eine ordentliche Delle im Propeller sowie eine leicht verbogene Antriebswelle zur Folge hatte. Der Leitende Ingenieur an Bord hatte mit einer ferngesteuerten Unterwasserdrohne den Schaden inspiziert und beschlossen, dass eine Weiterfahrt problemlos möglich sei, sofern man die linke Welle mit deutlich gedrosselter Geschwindigkeit laufen lassen würde.

Trotzdem erzeugten die verbogene Welle und der angeschlagene Propeller – wie alle solchen Antriebsaggregate – weiterhin Unterwassergeräusche, wenngleich diese nun nicht mehr mit dem ursprünglichen Geräusch-Profil der „Sea Spirit IV“ übereinstimmten, das die autonome Unterwasserdrohne „AUFV 203“ gespeichert hatte. Stattdessen, so konnte später anhand der Logbuchdaten des Bordcomputers nachvollzogen werden, identifizierte „AUFV 203“ das vor ihm mit 10 Knoten fahrende Ziel als das marundische U-Jagd-Boot „Tsing Te“. Da sich Unterwasserdrohne und Ziel in jolandischen Gewässern befanden, in denen bereits seit Jahrzehnten ein Grenzkonflikt mit Marundien schwelte, entschied das autonome System von „AUFV 203“, eine akustische Warnung per Sonar zu senden und den Eindringling zur Identifikation und Verlassen des Seegebietes aufzufordern. Als eine Antwort ausblieb, leitete das System den Angriff ein...

#### 1 Einleitung

Unbemannte Systeme, landläufig oft auch „Drohnen“ genannt, sind in den vergangenen Jahren in den Fokus der öffentlichen Betrachtung geraten. Insbesondere die fliegenden unbemannten Systeme sind dabei in die Diskussion gekommen, da ihr Einsatz und dessen Folgen täglicher Bestandteil von Nachrichtenmeldungen ist. Doch die gesellschaftliche Debatte ist nur ein Teil des Bedeutungsaufschwungs – in zahlreichen militärischen Studien und Erprobungen und auch Einsätzen spielen unbemannte Systeme derzeit eine prägende Rolle, und nicht selten wird für den Ersatz von bisher noch bemannten Fahrzeugen ein unbemannter Nachfolger in Betracht gezogen.

Treiber dieser Entwicklung sind insbesondere die Faktoren Durchhaltefähigkeit bzw. Einsatzdauer sowie Kostenersparnis und Risikovermeidung, die den Einsatz von unbemannten Systemen gegenüber bemannten attraktiver und militärisch nützlicher erscheinen lassen.

Die vorliegende Arbeit soll sich diesen Aspekten in der Anwendung für den Unterwasserbereich widmen. Die o.g. Treiber sind im Unterwassereinsatz ebenfalls prägend, hinzu kommen noch für dieses Einsatzgebiet typische Faktoren wie die Einsparung von Lebenserhaltungssystemen u.ä., die in bestimmten Szenarien und Anwendungsbereichen für den Einsatz unbemannter Systeme sprechen.

In einem sehr prägenden Faktor unterscheidet sich jedoch der Unterwasserbereich von allen anderen

Einsatzgebieten, in denen unbemannte Fahrzeuge eingesetzt werden: Die physikalischen Eigenschaften des Wassers verhindern bzw. beschränken die Ausbreitung von Licht- und Radiowellen. Aus diesen Gründen können sich U-Boote getaucht „verstecken“ und sind nur mit großem Aufwand und auch dann nur über geringe Distanzen zu entdecken – weshalb die so genannte „Anti-Submarine Warfare“ (ASW) zu den anspruchsvollsten Einsatzformen von Marinestreitkräften zählt. Eine weitere Folge der eingeschränkten Ausbreitung von Schall- und Radiowellen unter Wasser ist, dass die drahtlose Kommunikation mit getauchten Fahrzeugen nur mit sehr hoher Zeitverzögerung oder sehr geringer Bandbreite erfolgen kann. Im Gegensatz zu einem fliegenden System, das mit SatCom-Anbindung

praktisch jederzeit Daten mit einer Bodenstation austauschen kann, ist diese Möglichkeit für getauchte Fahrzeuge nicht gegeben. Dieser Faktor ist einerseits stark eingrenzend bei der Nutzungsanalyse von unbemannten Unterwasserfahrzeugen und andererseits ein Treiber für die Entwicklung tatsächlich autonom-agierender Fahrzeuge. Dabei sind die Faktoren Energieversorgung/Reichweite sowie insbesondere Steuerung bzw. Kontrollmöglichkeit für die Gestaltung von UUVs sowie deren Einsatz prägend (siehe Abbildung 1). Diese und weitere Aspekte werden im Folgenden näher erläutert.

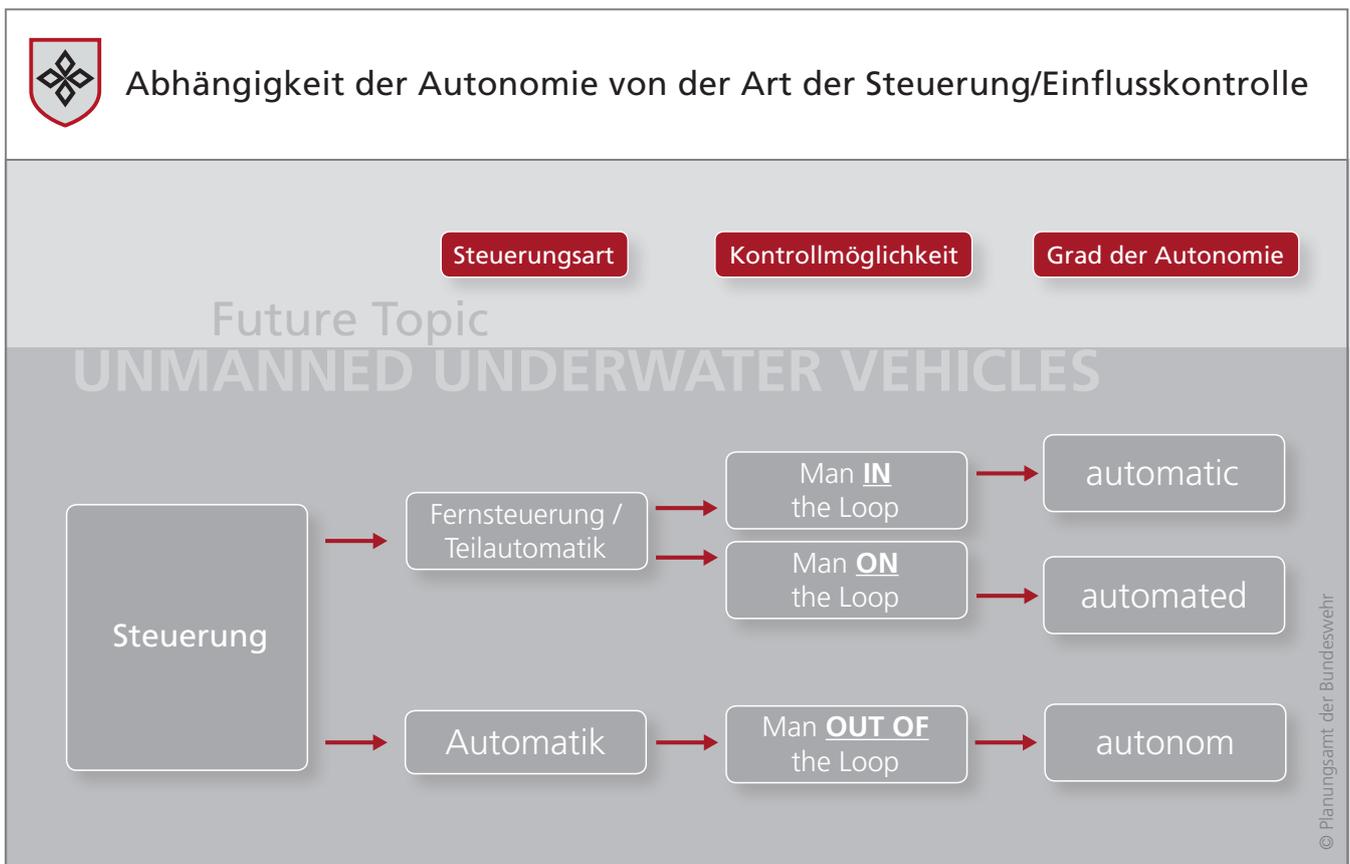


Abbildung 1: Abhängigkeit der Autonomie von der Art der Steuerung/Einflusskontrolle  
Quelle: Eigene Darstellung.

---

## 2 Technische Grundlagen

Als unbemannte Unterwasserfahrzeuge bezeichnet man alle Systeme, die in der Lage sind, unter der Wasseroberfläche zu operieren und dabei keinerlei Personal an Bord zu haben. Grundsätzlich können solche Fahrzeuge auch an der Wasseroberfläche fahren und ggf. auch Personal an Bord haben, der primäre Einsatzzweck ist aber das Operieren im getauchten Zustand ohne Fahrzeugführer an Bord. Ein primäres Unterscheidungsmerkmal ist die Art und Weise der Steuerung, da diese den Grad der Eigenständigkeit, der Reichweite sowie des Fahrprofils wesentlich beeinflusst.

### 2.1 Steuersysteme

Bei der Kontrolle dieser Systeme unterscheidet man prinzipiell zwei verschiedene Methoden, Fernsteuerung/Teilautomatik und Automatik, wobei zusätzlich zur Automatik noch als Steigerung die Autonomie angeführt werden muss (siehe auch Abbildung 1).

#### 2.1.1 Fernsteuerung

Der Einsatz des UUV erfolgt per **Fernsteuerung** (Remotely Operated), bei der die Kontrolle über das System und die Entscheidung über den Einsatz bzw. die Freigabe von Wirkmitteln/Manipulatoren des Systems durch einen Menschen direkt ausgeübt wird – nach dem Prinzip **Man-IN-the-loop**. Klassische Vertreter sind Remotely Operated Vehicles (ROV), die üblicherweise mittels eines Kabels wie mit einer Nabelschnur mit einem Kontrollfahrzeug bzw. einer Landstation verbunden sind. Das Kabel versorgt das Fahrzeug mit Energie (Elektro/Hydraulik), Steuerkommandos und leitet auch Kamerabilder und Sensordaten des Fahrzeugs an den Operateur zurück. Die Größen der unterschiedlichen Systeme variieren stark, von Mini-ROVs bis zu Baggersystemen

mit einem Gewicht von 20 Tonnen. Aufgrund der direkten Datenübertragung sind sie ideal für Tätigkeiten in der Nähe eines Objektes geeignet, da sie sich über Kamerabilder, Sonardaten und Tiefenmesser zielgenau steuern und navigieren lassen. Ihre Vorteile sind die beinahe schon beliebige Größe und Zuladungskapazität, die direkte Kontrolle sowie der Echtzeit-Datenaustausch und die aufgrund der Nabelschnur prinzipiell unbegrenzte Operationsdauer.

Die Nachteile liegen in einer Einschränkung der Reichweite und Manövrierfähigkeit durch die Nabelschnurverbindung sowie die Abhängigkeit von der Kontrollstation. Aus diesen Gründen werden ROVs überwiegend im kommerziellen Bereich (Offshore, Ressourcenabbau, Unterwasserkabelleugen, Ozeanographie) verwendet, militärische Nutzungen beschränken sich derzeit auf die Minensuche und vor allem Minenjagd.

#### 2.1.2 Teilautomatische Steuerung

Die Steuerung erfolgt durch einen an Bord des Systems befindlichen Autopiloten, der einem definierten Satz von vorher festgelegten/programmierten Regeln folgt und vorbestimmte Abläufe vollautomatisch oder in Teilen automatisch ausführt. Das System handelt innerhalb der ihm vorgegeben Regeln und überschreitet diese nicht. Im englischen Sprachgebrauch hat sich für diese Systeme auch der Begriff „autonomous“ durchgesetzt. Eine **Teilautomatische** Steuerung liegt vor, wenn das Fahrzeug beispielsweise eigenständig navigiert (ohne Eingreifen des Operateurs) und entweder an bestimmten Wegpunkten/Zeitintervallen oder bei bestimmten Vorkommnissen/Lagen die direkte Rückmeldung des Controllers anfordert. Dies kann beispielsweise durch Auftauchen und Etablierung einer Funkverbindung geschehen. Der Operateur kann dann beispielsweise das weitere Vorgehen

---

des Fahrzeugs vorgeben oder bspw. den Einsatz von Wirkmitteln freigeben (**Man-ON-the-loop**).

Automatische Tauchroboter arbeiten im Gegensatz zu ferngesteuerten Unterwasserfahrzeugen (ROVs) selbständig, das heißt unabhängig vom Trägerschiff und ohne Kabelverbindung. Heute werden AUVs gebaut, die eine Wassertiefe von bis zu 6000m erreichen können. Die Tauchzeiten reichen von Stunden und Tagen bis zu mehreren Monaten am Stück bei Gleit-AUVs (Glider). AUVs benötigen im Verlauf des Einsatzes nur geringe technische und logistische Unterstützung. Sie können in Regionen arbeiten, in die kein bemanntes Tauchboot oder ROV vordringen kann, zum Beispiel in Eisgebieten.

Je nach Grad der Automatisierung sind diese Fahrzeuge in der Lage, eigenständig zu navigieren und ihren Auftrag auszuführen. Dabei orientieren sie sich mittels Trägheitsnavigationssystemen und/oder aktualisieren ihre Position in bestimmten Zeitintervallen durch Auftauchen und Abgleich der Positionsdaten mittels GPS. Weitere Navigationsmethoden sind der Abgleich mit einem Doppler Velocity Log (DVL), eine Orientierung an vorher kartographierten Unterwassermerkmalen oder durch Datenabgleich mit kurzfristig im Wasser ausgebrachten Positionsmarkern.

Aufgrund der freien Beweglichkeit sind Automatische Tauchroboter manövrierfähiger und in der Reichweite und im Operationsradius nur dem eigenen Energiespeicher unterworfen, womit sich kaum Limitierungen des Einsatzbereiches ergeben. Je nach Programmierung/Automatisierung bzw. Autonomiegrad, der bei höchster Umsetzung eine eigene „künstliche Intelligenz“ erfordert, sind die Reaktionsmöglichkeiten auf unvorhergesehene Situationen begrenzt bzw. ausgeschlossen. Eine für die Durchführung der Mission oder zur Erfüllung der Einsatzziele notwendige Kommunikation mit

einem „Entscheidungsträger“ ist nur in aufgetauchtem Zustand oder mit großer Zeitverzögerung bzw. über eine beschränkte Distanz (siehe Kapitel 3.1.2. Reichweite und Geschwindigkeit) möglich. Die derzeit vorhandenen Batteriekapazitäten führen zu einer Einschränkung der Operationsreichweite.

### 2.1.3 Automatik/Autonomie

Eine Steigerung des selbstständigen Handelns durch eine Automatik ist das **autonome System**. Dieses ist in der Lage, seine Umwelt und seine Situation eigenständig zu analysieren, zu bewerten, zu beurteilen und schlussendlich sogar eigene Entscheidungen zu fällen, die nicht vorher durch eine entsprechende automatische Regelung vordefiniert gewesen sind. Diese Entscheidungen werden nicht durch einen menschlichen Operateur ratifiziert (**Man-OUT-OF-the-loop**).

Diese Fähigkeit, autonome Entscheidungen zu fällen, könnte im Idealfall – gerade im Einsatzfeld der unbemannten Unterwasserfahrzeuge – Probleme und Herausforderungen bei der Navigation lösen (was vermutlich ethisch eher unkritisch wäre). Allerdings wäre auch der autonome Einsatz von Waffen und Wirkmitteln denkbar, was wiederum – da im Einsatzfall kein Mensch die finale Kontrolle über das Vorgehen des Systems hätte – zu großen ethischen Problemen führen könnte. Entsprechend ist auch die derzeitige Ausrichtung der Bundeswehr, dass in Deutschland keine Beschaffung von Systemen mit der Fähigkeit zu autonomem Handeln angestrebt wird. Trotzdem sollen die technischen Möglichkeiten und taktisch/strategischen Implikationen im Folgenden ebenfalls untersucht und analysiert werden, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle potentiellen und tatsächlichen Nutzer von autonomen Systemen auf den Einsatz dieser verzichten werden.

---

Technisch gesehen würde Autonomie außerdem bedeuten, dass das Fahrzeug in der Lage ist, Reparaturen und Energieversorgung eigenständig zur Fortführung bzw. Verlängerung der Mission durchführen zu können.

## 2.2 Antrieb

Klassische Antriebsart bei unbemannten Unterwassersystemen sind Schrauben und Propeller, die nicht nur zum Vortrieb, sondern aufgrund der dreidimensionalen Einsatzumgebung auch zum Manövrieren und zur Lageänderung verwendet werden. Weitere Antriebsformen sind Wasserstrahlantriebe, die insbesondere bei Fahrzeugen mit hoher Geschwindigkeit zum Einsatz kommen (bspw. Torpedos) sowie bionetische Anwendungen wie Flossen, bei denen das Antriebssystem bzw. das gesamte Fahrzeug die Bewegung von Fischen nachahmt. Diese Antriebe bieten eine gesteigerte Effizienz<sup>1</sup> und können außerdem bei entsprechendem Gesamtdesign die optische und ggf. akustische Signaturreduzierung des Fahrzeugs als vermeintlichen Meeresbewohner zur Tarnung unterstützen. Derzeit sind allerdings Nutzungen solcher Designs nur in spezialisierten UUVs, beispielsweise Fahrzeugen mit nur geringer Größe und Nutzlast, realisierbar. Aktuell im Betrieb befindliche motorbetriebene UUVs sind, so die Wehrtechnische Dienststelle (WTD) 71, entweder gar nicht oder nur in geringem Maße „geräuschoptimiert“<sup>2</sup> also in der Lage, ohne große Geräuschsignatur zu fahren. Für zahlreiche taktische Anwendungen ist Geräuschlosigkeit aber eine Voraussetzung, um das Missionsziel erreichen zu können (bspw. verdeckte Aufklärung).

Mit einem Minimum an Antriebsmitteln und Energieverbrauch kommen so genannte „Glider“ aus. Sie bewegen sich aufgrund physikalischer Prinzipien.

Glider sind Unterwasserfahrzeuge, die ohne aktive Antriebsaggregate fahren. Stattdessen verringern sie ihren Auftrieb, und nehmen durch entsprechend angestellte Flügel Fahrt auf, wenn sie abtauchen. Sobald sie eine bestimmte Tiefe erreicht haben, werden die Tauchtanks entleert, der Glider wird leichter und taucht wieder auf. In der Auftauchphase wird die Auftriebsgeschwindigkeit wieder in Vorwärtsfahrt umgewandelt. Auf diese Weise entsteht ein Sägezahn-ähnliches Bewegungsprofil, bei dem der Glider unterschiedliche Wassertiefen abfährt. Die dabei zu erreichenden Geschwindigkeiten sind relativ gering, so dass die Manövrier- und Operationsfähigkeit – insbesondere bei starken Strömungen und niedrigen Wassertiefen – eingeschränkt sind. Der Vorteil des Systems liegt in seinem geringen Energiebedarf und der damit verbundenen hohen Reichweite sowie der kontinuierlichen „Bestreifung“ unterschiedlicher Tiefenzonen.<sup>3</sup> Glider navigieren über GPS, dessen Signal sie während ihrer Oberflächenphase auffassen.

Aufgrund ihrer Unabhängigkeit von Antriebsaggregaten ist die Reichweite nahezu unbegrenzt und nur durch die Laufzeit der Bordsysteme vorgegeben. Der Antrieb ist beinahe wartungsfrei und von sehr geringer Geräuschsignatur.

Wegen ihres Fahrprofils werden Glider vorwiegend in der Ozeanographie, der Meeresforschung sowie der Wasservermessung eingesetzt, wo kurzfristige

---

<sup>1</sup> Granitz, Eckart: Bionik – Flossenantrieb soll Schiffsschrauben ersetzen, 11.5.2010, online unter: <http://www.welt.de/wissenschaft/innovationen/article7585348/Flossenantrieb-soll-Schiffsschrauben-ersetzen.html>, eingesehen am 11.6.2015.

<sup>2</sup> Interview mit Hauke Voß, WTD71, GF 410 Neue Technologien und Verfahren, am 1.7.2015.

<sup>3</sup> Vgl.: Funktionsprinzip Unterwassergleiter, Wikipedia, online unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Unterwassergleiter#Funktionsprinzip>; eingesehen am 9.11.2015.

---

Reaktionsfähigkeiten und die schnelle Lieferung von Ergebnissen nicht primäre Einsatzanforderung sind. Eine modulare Zuladung verschiedener Payloads ist aufgrund der damit verbundenen Änderungen der physikalischen Eigenschaften nur möglich, wenn sie ein vergleichbares Gewicht haben. Die US Navy testet ein Persistent Littoral Undersea Surveillance Network (PLUSNet) mit Gleitern als kontinuierlich patrouillierenden Anti-Submarine-Warfare (ASW)-Sensoren.<sup>4</sup>

### 2.3 Energiebereitstellung

Sofern sie nicht aufgrund der Steuerungsart (kabelgelenkte Fahrzeuge können über eine „Nabelschnur“ die benötigte Fahrenergie von der Mutterstation erhalten) von außen versorgt werden, haben Unterwasserfahrzeuge zur Energieversorgung entweder Batterien oder nutzen Brennstoffzellen, bei denen aus der Umwandlung von flüssigem Sauerstoff und Wasserstoff elektrische Energie entsteht. Brennstoffzellen sind zwar im Vergleich zu Batterien langsam in der Energiebereitstellung und daher nur für bspw. langsame Fahrtstufen nutzbar, erzeugen aber als Abfallprodukte nur Wasser und Abwärme, so dass der Betrieb relativ emissionsarm ist.

## 3 Taktische Beschränkungen

### 3.1 Physikalische Grenzen

Die Nicht-Durchlässigkeit für Radiowellen sowie die – im Vergleich zu Radiowellen – sehr viel langsamere Verbreitung von Schallwellen unter Wasser stellen die besondere physikalische Beschränkung dar, unter denen Unterwasserfahrzeuge operieren.

---

4 Lo, Chris: Persistent Littoral Surveillance: Automated Coast Guards, 1.5.2012; online unter: <http://www.naval-technology.com/features/featurenavy-persistent-littoral-surveillance-auvs-uuvsv/>, eingesehen am 13.7.2015.

### 3.1.1 Kommunikation und Reaktionsmöglichkeiten

Angesichts der hohen Volatilität von Ereignissen in Konflikten und Kriegen ist es Ziel jeder militärischen Maßnahme, dass sie jederzeit und verzugslos durch die militärische Führung<sup>5</sup> überwacht, kontrolliert und beeinflusst werden kann. Für unbemannte Fahrzeuge bedeutet das, dass ihr Verhalten jederzeit gesteuert oder übersteuert werden kann und dass Sensorergebnisse, die das Fahrzeug aufnimmt, sofort an den Bediener zur Bewertung und Entscheidungsfindung weitergeleitet werden können.

Bei UUVs ist eine solche Kontrollfunktion nur möglich, wenn eine Verbindung über eine Kabelverbindung besteht, die jedoch das Fahrzeug in Manövrierfähigkeit und Reichweite signifikant einschränkt. Eine alternative Option stellt die Kontrolle via drahtloser Unterwasserkommunikation dar, diese hat jedoch aus physikalischen Gründen erhebliche Schwachstellen.<sup>6</sup> So beträgt die Reichweite von Radiowellen unter Wasser nur wenige Meter und ist damit nicht sinnvoll. Akustische Schallwellen haben größere Reichweiten, jedoch ist die Schallgeschwindigkeit mit rund 1500m/sek relativ langsam, so dass bei größeren Distanzen die Latenzzeit bis auf eine gute halbe Minute anwachsen kann – für nur eine Signallaufrichtung! Bei entsprechender Rückmeldung bzw. Antwortkommando verdoppelt sich die Zeit entsprechend. Bei einem UUV, das in 70km Entfernung zur Kontrollstation operiert und ein Hindernis meldet, würde diese Meldung erst nach rund 45 Sekunden vom Operateur empfangen werden.

---

5 Ggf. ist die „Führung“ lediglich durch einen entsprechend ausgebildeten Fahrzeugführer/Kommandanten/ Crew sichergestellt, wie beispielsweise an Bord von U-Booten, die ebenfalls keine direkte permanente Führungsanbindung an höhere Kommandostellen haben und entsprechend ihrer Auftragsaufgabe agieren. Neben der Sicherstellung militärischer Befehlsausführung und Lageanalyse ist damit auch eine Reaktionsfähigkeit und Verantwortung für getroffene Entscheidungen und Aktionen gegeben.

6 Vgl.: Maritimes Cluster Norddeutschland: Post-Proceeding der Tagung „8.-tes Treffen der Fachgruppe Unterwasserkommunikation für eine Initiative ZUKuNF: Zuverlässige Unterwasser-Kommunikation und -Navigation aus und für die Tiefe“, 4. Juli 2014.

---

Die Steuervorgabe für ein Ausweichmanöver würde genauso lange zurück zum UUV brauchen – inzwischen sind von der Hindernisdetektion bis zum Einleiten des Steuermanövers rund eineinhalb Minuten vergangen! Dazu kommt, dass zur Überbrückung größerer Distanzen (bis ca. 100km) entsprechend tiefe Schallfrequenzen verwendet werden müssen. Je tiefer die Frequenz, desto geringer ist wiederum die Bandbreite an Informationen, die übermittelt werden kann. Sie bewegt sich bis 10km Distanz bei rund 1kb/sek, bei 100km Distanz ist es jedoch nur noch 1Bit/sek, das an Bandbreite zur Verfügung steht. Das als Beispiel genannte UUV in 70km Entfernung wird also noch deutlich länger zur Reaktion benötigen, da es die Übermittlung der Hindernisdetektion und der Steuerkommandos selbst ebenfalls mehrere Sekunden in Anspruch nehmen werden.

Zumindest für die Navigation bzw. Hindernisvermeidung ist es daher erforderlich, dass UUVs über eine wenigstens automatische Steuerung verfügen, die das Fahrzeug eigenständig an Hindernissen vorbei zum Ziel navigiert.

Das Fahrzeug ist damit – da es ohne Eingriff von außen seinen Kurs fährt – in gewisser Hinsicht autonom. Einschränkungen stellen schwer detektierbare Hindernisse wie Schlepp- und Treibnetze dar, auch können bei kleineren UUVs im Meer treibende Plastiktüten oder größere Mengen Seetang den Antrieb blockieren.

### 3.1.2 Reichweite und Geschwindigkeit

Für den Antrieb beziehungsweise die Energiebereitstellung bei getauchten Wasserfahrzeugen hat sich die Verwendung von Speichermedien für elektrische Energie durchgesetzt – lediglich sehr große U-Boote verfügen über die teuren und schwergewichtigen Nuklearantriebe, die zudem auch politisch durchaus umstritten sein können.

Aufgrund der aktuell verfügbaren Batteriekapazitäten sind der Reichweite und Maximalgeschwindigkeit von Unterwasserfahrzeugen mit elektrischem Antrieb Grenzen gesetzt. Stärkere Batterien mit größerer Leistung (für höhere Geschwindigkeit) und größerer Speicherkapazität (für mehr Reichweite) sind entsprechend größer und schwerer und erfordern damit ein größeres Fahrzeug. Wenngleich die Größen- und Gewichtsentwicklungen bei UUVs nicht so kritisch sind wie bei fliegenden Systemen, so setzen doch insbesondere die Maßgaben für eine Zusammenarbeit mit anderen Systemen gewisse Grenzen, wenn beispielsweise eine Verbringung über Torpedorohre (Begrenzung des maximalen Umfangs und Gesamtlänge) oder vorhandene Krananlagen (Begrenzung des Gewichts) vorgesehen ist.

Die Verwendung von Brennstoffzellen wird zukünftig mit der Entwicklung leichter und effektiverer Systeme den Batterieantrieb ergänzen, aber nicht komplett ersetzen können. Brennstoffzellen sind für die kurzfristige Bedienung von Spannungsspitzen wie bei Hochgeschwindigkeitsfahrt oder für den Betrieb energiefressender Zusatzsensoren nicht geeignet. Sie eignen sich aber für die kontinuierliche Bereitstellung von Energie, um bspw. Fahrbatterien aufzuladen, Sensoren zu versorgen oder aber eine langsame „Schleichfahrt“ des UUVs anzutreiben.

---

## 3.2 Politisch/ethische und technische Beschränkungen

Wie kaum ein anderes Waffensystem sind unbemannte Fahrzeuge im Fokus der öffentlichen Debatte. Insbesondere die bestehende Möglichkeit, dass ein Waffeneinsatz nicht von einem Menschen, sondern von einer Maschine ausgelöst wird, steht dabei im Mittelpunkt der Betrachtungen.<sup>9</sup> Zahlreiche potentielle militärische Szenarien für den Einsatz von UUVs sehen eine verzugslose Reaktion des Systems auf sich ändernde Lagen vor. Diese Reaktion kann nur durch eine direkte Kommunikation mit einem Bediener (und entsprechenden Beschränkungen bei der Bedienung selbst) oder durch ein eigenständiges Handeln des Fahrzeugs, also einer Fähigkeit zur Autonomie (und entsprechenden Fragestellungen bzgl. Verantwortung und Angemessenheit der Reaktion), geleistet werden.

### 3.2.1 Garantie des „Man-in-the-Loop“

Will man eine garantierte Eingriffsfähigkeit durch einen menschlichen Bediener, einen „man-in-the-loop“, für UUVs garantieren, so ist dieses derzeit nur bei massiver Einschränkung des Wirkungsgrades des Fahrzeugs möglich. Wie bereits geschildert, könnte eine dauerhafte „Fernsteuerung“ bzw. Eingriffsmöglichkeit nur durch Kabelverbindungen zwischen Fahrzeug und Basisstation erreicht werden, was die Effektivität und Reichweite so stark beschränkt, dass bis auf wenige Ausnahmen die meisten Einsatzanwendungen für UUVs unattraktiv werden. Es ist daher zu überlegen, ob zukünftig von der Forderung nach der garantierten Eingriffs-

fähigkeit bei bestimmten Anwendungen Abstand genommen werden kann.

### 3.2.2 „Lernende“ und eigenständig agierende Systeme

Autonomie ist nicht gleich Autonomie. Derzeitig sind als „autonom“ bezeichnete Fahrzeuge lediglich entsprechend ausführlich programmiert, außerhalb dieser Programmierung sind sie nicht zur eigenständigen Problemlösung fähig. Zur eigenständigen Problemlösung, die auch die Fähigkeit zum kreativen Denken und Handeln voraussetzt, müssen Systeme über eine künstliche Intelligenz verfügen, die in der Lage ist, zu lernen. Bisher konnte eine solche künstliche Intelligenz nicht entwickelt werden.

### 3.2.3 Abzusehende künftige Entwicklung der Künstlichen Intelligenz

Künstliche Intelligenz ist bei der Anwendung für UUVs keineswegs nur für Funktionen relevant, die unmittelbar durch Hardware ausgeführt werden, wie zum Beispiel ein autonom durchgeführtes Ausweichmanöver zur Kollisionsvermeidung aufgrund eines sensorisch festgestellten, direkt vorausliegenden Objekts oder den eigenen Kurs kreuzenden Wasserfahrzeugs. Sie kann stattdessen ebenso für zahlreiche (zunächst oder allein) durch Software weiter prozessierte Aktionen und Reaktionen grundlegend sein.<sup>10</sup>

Eine durch künstliche Intelligenz erreichte Autonomie eines UUV brächte neben neuen Lösungen für die Probleme aufgrund der ohnehin mangelnden Signalübertragbarkeit im Wasser Vorteile für die

---

<sup>9</sup> Siehe bspw.: Sauer, Frank: Autonome Waffensysteme – Humanisierung oder Entmenschlichung des Krieges?; Global Governance Spotlight; Stiftung Entwicklung und Frieden; Bonn 2014; Dickow, Marcel: Robotik – ein Game-Changer für Militär und Sicherheitspolitik?; SWP-Studie, Juni 2015; Berlin 2015 oder Müller-Jung, Joachim: Künstliche Intelligenz – Die Waffen nieder!; Frankfurter Allgemeine Zeitung, 28.7.2015; online unter: <http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/debatten/friedensbewegung-fuer-die-kuenstliche-intelligenz-13724177.html>, eingesehen am 31.7.2015.

<sup>10</sup> Vgl.: Department of Defense - Defense Science Board: Task Force Report: The Role of Autonomy in DoD Systems; 2012; online unter: <http://fas.org/irp/agency/dod/dsb/autonomy.pdf>, S. 21; eingesehen am 9.9.2015.

---

eigene Reaktionszeit und Sparsamkeit bei der insgesamt notwendigen Kommunikation (wie im Fall aller unbemannten Systeme) sowie eine dadurch auch und gerade im Fall der UUVs nochmals geringere Signatur. Hinzu käme die Möglichkeit, mehrere UUVs parallel von einer Leitstelle aus einzusetzen, da die Arbeitsbelastung geringer ausfallen würde, als bei einem völlig von Steuerung von außen abhängigen Fahrzeug.<sup>11</sup>

Schätzungen, ob und wann eine substantielle Autonomie unbemannter Systeme erreicht sein wird, gelten als schwierig und hypothetisch. Ein 2008 durch das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag beauftragtes Gutachten fällt dementsprechend zurückhaltend aus, äußert sich allerdings klar skeptisch, was relativ zeitnahe Zielsetzungen angeht, wie zum Beispiel jene der US-Streitkräfte, bis 2025 ein unbemanntes Bodenfahrzeug zu entwickeln, das im Gefecht zwischen feindlichen und eigenen Kräften sowie Nichtkombattanten zu unterscheiden in der Lage sein soll. Die Studie hält eine solche Unterscheidungsfähigkeit mindestens bis ins Jahr 2030 für nicht zu erwarten. Sie verweist hierzu auf das internationale Projekt RoboCup, welches es sich zum Ziel gesetzt hat, um 2050 mit einem Team menschenähnlicher Roboter ein Fußballspiel gegen eine menschliche Mannschaft anzutreten, was eine zumindest vergleichbare technologische Herausforderung darstellt.<sup>12</sup>

---

11 Vgl.: Altmann, Jürgen et al.: Stand und Perspektiven der militärischen Nutzung von unbemannten Systemen; Hamburg 2008; online unter: [http://ifsh.de/file-IFAR/pdf\\_english/Stand-PerspektMilUMS2008.pdf](http://ifsh.de/file-IFAR/pdf_english/Stand-PerspektMilUMS2008.pdf), S. 74, eingesehen am 10.9.2015.

12 Altmann, Jürgen et al.: Stand und Perspektiven..., S. 77.

Ob eine Lösung der anspruchsvollen mit einer solchen weitgehenden Autonomie zusammenhängenden technologischen Probleme überhaupt innerhalb weniger Jahrzehnte möglich wäre, hält die Studie insgesamt für unklar.<sup>13</sup>

Ein aktueller Bericht des US Defense Science Boards über Stand und Perspektiven der Autonomie von Systemen der US-Streitkräfte<sup>14</sup> kommt zu dem Schluss, dass autonome Fähigkeiten zum betreffenden Zeitpunkt nur für eng umrissene Aufträge und relativ statische Umfeldere bereitstehen, sich dabei maßgeblich auf vorprogrammierte Pläne und Entscheidungsroutrinen stützen und nur schwerlich auf unvorhergesehene Ereignisse oder breitere Auftragsprofile reagieren können. Lageerkennung und Situationsbewusstsein werden dementsprechend als kritische Entwicklungsbedarfe identifiziert.<sup>15</sup>

Die US Navy benennt im 2004 erschienenen UUV Master Plan<sup>16</sup> folgende maritime Fähigkeiten, bei denen deutlich von der Nutzung unbemannter Systeme profitiert werden würde: Aufklärung und Überwachung, Minenjagd, U-Bootabwehr, Inspektion und Identifizierung, Ozeanographie, Netzbildung zu Kommunikations- und Navigationszwecken, Nutzlastverbringung sowie „Time Critical Strike“.<sup>17</sup> Bei den meisten dieser Auftragsprofile kommt Autonomie eine entscheidende Bedeutung zu.

---

13 Ebd., S. 99.

14 Department of Defense - Defense Science Board: Task Force Report: The Role of Autonomy in DoD Systems; 2012; online unter: <http://fas.org/irp/agency/dod/dsb/autonomy.pdf>, eingesehen am 9.9.2015

15 Ebd., S. 89.

16 Zwischenzeitig wurde eine aktualisierte Fassung dieses Master Plans verabschiedet, welche allerdings bislang nicht der Öffentlichkeit vorgelegt worden ist.

17 Department of the U.S. Navy: The Navy Unmanned Undersea Vehicle (UUV) Master Plan; 2004; online unter: <http://www.navy.mil/navydata/technology/uuvmp.pdf>, S. 9ff, eingesehen am 15.9.2015; sowie: Department of Defense - Defense Science Board: Task Force Report: The Role of Autonomy in DoD Systems; 2012; online unter: <http://fas.org/irp/agency/dod/dsb/autonomy.pdf>; S. 17, eingesehen am 9.9.2015.

---

Dementsprechend benennt eine durch die Rand Corporation und die Organisation AUVSI im Jahr 2008 durchgeführte Studie Autonomieentwicklung als die auf lange Sicht größte technologische Herausforderung (vor Energieversorgungs- und Antriebsfragen) in der UUV-Entwicklung.<sup>18</sup>

Die technischen Schwierigkeiten und daraus resultierenden Unzulänglichkeiten lassen sich plastisch an Beispielen auf verschiedenen Ebenen der angestrebten Autonomie skizzieren. Dies gilt bereits mit Blick auf die eigentliche Fortbewegung eines UUVs im Medium Meer und dort umso stärker in Küstennähe, wo potentielle Hindernisse in gesteigertem Maße zu erwarten sind. Der Vergleich mit dem Entwicklungsstand unbemannter Bodenfahrzeuge, bei denen Hindernisvermeidung eine noch größere Bedeutung zukommt, verdeutlicht das: Die dort derzeit genutzte Sensorik und Datenverarbeitung sind nicht in der Lage, eine sichere Unterscheidung zwischen verschiedenen Objektbeschaffenheiten im Fahrzeugumfeld, wie etwa zwischen einem Fels und einem Busch, zu treffen.<sup>19</sup> Eine ähnliche Leistung müsste jedoch auch von einem UUV hinsichtlich der Unterwasservegetation und künstlicher Hindernisse, darunter zufällig anzutreffende Fischernetze sowie insbesondere Unterwassernetzsperrern in einem gegnerischen Umfeld erbracht werden – einschließlich der Fähigkeit, sich gegebenenfalls aus solchen Blockaden selbstständig zu befreien.<sup>20</sup> Die taktische Dimension der Fortbewegung in einem gegnerischen Umfeld, in welchem ein UUV noch dazu die Gefahr der eigenen Entdeckung minimieren müsste, würde demgegenüber noch weitaus komplexere Softwareleistungen erfordern.

---

18 Button, Robert, et al.: A Survey of Missions for Unmanned Undersea Vehicles; RAND 2008; online unter: [http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2009/RAND\\_MG808.pdf](http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2009/RAND_MG808.pdf), S. 16, eingesehen am 10.9.2015.

19 Department of Defense - Defense Science Board: Task Force Report: The Role of Autonomy in DoD Systems; 2012; online unter: <http://fas.org/irp/agency/dod/dsb/autonomy.pdf>, S. 37, eingesehen am 9.9.2015.

20 Department of the U.S. Navy: The Navy Unmanned Undersea Vehicle (UUV) Master Plan; 2004; online unter: <http://www.navy.mil/navydata/technology/uuvmp.pdf>, S. 59, 73, eingesehen am 15.9.2015.

Mindestens ebenso kritisch fällt die Rolle autonomer Entscheidungs- und Aktionskapazität für bestimmte einsatzspezifische Anforderungen an ein UUV aus, wie sich exemplarisch am Fähigkeitsprofil Aufklärung/Überwachung illustrieren lässt. So wären UUVs zum Beispiel nach derzeitigem Stand der Verarbeitungssoftware zwar ansatzweise dazu in der Lage, einen optisch aufgeklärten Schiffstyp unter Nutzung von gespeicherten Vorlagen visuell zu identifizieren, doch eine Interpretation komplexerer Beobachtungen, wie etwa gegnerischer Handlungsabsichten oder menschlicher Aktivitäten an Bord oder an Land würde eine weitaus größere Softwareleistung erfordern.<sup>21</sup> Eine Studie der RAND Corporation<sup>22</sup> kam deshalb zu der Einschätzung, dass bis etwa 2020 nicht mit der Entwicklung substantieller autonomer Aufklärungskapazitäten in UUVs zu rechnen sei.

Zu diesen sensorischen Defiziten treten insbesondere noch Probleme aus dem Bereich der lageabhängigen dynamischen Missionsdurchführung (welche wiederum für die meisten der oben genannten Einsatzprofile gelten). Derzeit wären UUVs nur befähigt, autonom eine Fahrt durchzuführen. Die dabei gesammelten Mess- und Aufklärungsdaten müssen nach der Rückkehr und Bergung des Fahrzeugs zur späteren Weiterverarbeitung ausgelesen werden.<sup>23</sup> Eine Möglichkeit zur potentiellen Echtzeitauswertung würde hingegen sehr komplexe Anforderungen an eine Autonomie zur kontextabhängigen Entscheidungsbildung stellen. Sollte ein UUV beispielsweise auf einer mehrere Tage dauernden Mission besonders relevante Aufklärungsergebnisse gesammelt haben, deren unmittelbare Weitergabe entscheidend für die Auftrags-

---

21 Button, Robert, et al.: A Survey of Missions for Unmanned Undersea Vehicles; RAND 2008; online unter: [http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2009/RAND\\_MG808.pdf](http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2009/RAND_MG808.pdf), S. 73, eingesehen am 10.9.2015

22 Ebd., S. 74.

23 Department of Defense - Defense Science Board: Task Force Report: The Role of Autonomy in DoD Systems; 2012; online unter: <http://fas.org/irp/agency/dod/dsb/autonomy.pdf>, S. 18, eingesehen am 9.9.2015

---

erfüllung wäre, müsste das Gerät diese Ergebnisse zunächst autonom als solche bewerten und dann eine Entscheidung über den Grad der Relevanz treffen. Dieser wäre wiederum abzuwägen gegenüber der Gefahr einer gegnerischen Entdeckung des UUVs und/oder der von ihm übermittelten Daten, da hierfür nach gegenwärtigem Stand der Technik eine Funkverbindung von oberhalb der Wasseroberfläche aus hergestellt werden müsste. In einer dynamischen Lageentwicklung wären zudem über solche akuten Notwendigkeiten hinaus auch mittelfristige Entscheidungen über die weitere Fortführung der Mission in Abhängigkeit des aufgeklärten Lagebildes sowie der noch vorhandenen Betriebsenergie des Fahrzeugs zu treffen. Die Komplexität der technologischen Anforderungen fällt hierbei nochmals größer aus als im Fall autonomer Luft- oder Landfahrzeuge, da bei UUVs bisweilen gar keine direkte Verbindungsaufnahme zur betreffenden Leitstelle möglich ist.<sup>24</sup> Das US Office of Naval Research hat 2012 ein Prototypenentwicklungsprogramm gestartet, welches unter anderem erstmals ein größeres UUV überhaufbefähigen soll, mehrmonatige autonome Fahrten auch in den hindernisreicheren Küstengewässern durchzuführen.<sup>25</sup>

### 3.3 Rechtliche Beschränkungen

Derzeit gelten umfangreiche Bestimmungen für den Betrieb von Seefahrzeugen, die auf bemannte Fahrzeuge zugeschnitten. Eine entsprechende Neufassung für unbemannte Systeme wird also notwendig sein, da bisher keinerlei offizielle Regelungen für die Teilnahme von unbemannten

Systemen am Seeverkehr getroffen worden sind. Das bedeutet im Gegenschluss, dass derzeit weiterhin die Vorschriften gelten, nach denen redundante Systeme, die Eingriffsfähigkeit durch einen Bediener und ab bestimmten Größen sogar Radio und Seenotrettungsmittel für Schiffbrüchige an Bord gefordert werden.

Ebenfalls nicht geklärt sind die Fragen, die die Haftung bei ungewollten Schäden bzw. der Übernahme von Verantwortung im Falle von Fehlverhalten des Systems betreffen. Wenn beispielsweise ein automatisiertes System ein Fehlverhalten zeigt und dadurch Menschen oder Material ungewollt Schaden erleiden, wer ist haftbar? Der Hersteller? Der Benutzer? Der Einsatzverantwortliche? Fraglich sind außerdem auch kriegsrechtliche Aspekte, die bei der Nutzung von unbemannten Systemen im Vergleich zu einer Involvierung von Menschen in Erwägung zu ziehen sind. Kann sich beispielsweise ein unbemanntes Fahrzeug auf „Notwehr“ bzw. „Selbstverteidigung“ berufen, wenn es angegriffen wird, und deshalb zurückschießen, auch wenn gerade keine akute Konfliktsituation, und damit ein unprovokierter Angriff gegen das Fahrzeug vorliegt?

Hier sind in Zukunft entsprechende Regelungen im internationalen Umfeld zu erstellen. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass ggf. auch Akteure ohne Regelung aktiv werden bzw. sich über eine Regelung hinwegsetzen werden, um entsprechenden taktischen Vorteil bei der UUV-Nutzung zu erzielen.

---

<sup>24</sup> Department of the U.S. Navy: The Navy Unmanned Undersea Vehicle (UUV) Master Plan; 2004; online unter: <http://www.navy.mil/navydata/technology/uuvmp.pdf>, S. 58, eingesehen am 15.9.2015.

<sup>25</sup> Department of Defense - Defense Science Board: Task Force Report: The Role of Autonomy in DoD Systems; 2012; online unter: <http://fas.org/irp/agency/dod/dsb/autonomy.pdf>, S. 86, eingesehen am 9.9.2015.

---

## 4 Militärische Anwendungsmöglichkeiten

### 4.1 Einsatzmöglichkeiten

Die folgenden Einsatzformen sind prinzipiell durch die Nutzung von UUVs abdeckbar. Hintergrund ist hierbei immer, dass die Systeme diese Aufgabe mindestens genauso gut oder besser/effizienter ausführen können als bemannte Systeme. Bei einigen Einsatzformen, wie Minensuche/Minenjagd und Aufklärung, sind UUVs bereits eingeführt bzw. fest etabliert, können aber in ihren Fähigkeiten und Leistungen noch weiter ausgebaut werden.

#### 4.1.1 U-Jagd

Eine der anspruchsvollsten Aufgaben der Seekriegsfhrung ist die Suche und Bekämpfung von U-Booten, im englischen Sprachgebrauch Anti-Submarine Warfare, ASW, genannt. Aufgrund verschiedener physikalischer Bedingungen ist die Nutzung ebenfalls getaucht operierender Systeme am effektivsten, da sie – im Gegensatz zu berwasserfahrzeugen oder Luftfahrzeugen – keine physikalischen Grenzen zwischen verschiedenen Medien (Wasseroberfläche, verschiedene Tiefenwasserzonen, etc.) berwinden müssen, sondern gezielt in derselben Tiefenzone wie der Gegner operieren können. Dazu kommt, dass aufgrund der zur Verfügung stehenden Sensoren und Aufklrungsmittel die Erfassungsreichweite physikalisch begrenzt ist, man also zu erfolgreicher U-Bootjagd relativ dicht an das Ziel herankommen muss. Bei entsprechend großen Seegebieten bedeutet dieses zusätzlich, dass man nicht nur diese Gebiete in einem engmaschigen Netz absuchen muss, sondern dass durch die Nutzung mehrerer Einheiten in Arbeitsteilung Vorteile bei der Suche erreicht werden können.

Sowohl die oben angedeutete langandauernde Suchttigkeit als auch die effektivittssteigernde Nutzung mehrerer Einheiten spricht für den Einsatz von UUVs.

Eine interessante Nutzung wäre, ein UUV mit einem leistungsstarken aktiven Sonar auszustatten. Im aktiven Modus könnte das UUV andere Unterwasserziele „beleuchten“ und so U-Jagdeinheiten, die ihr Sonar nur passiv nutzen, bei der Suche und Zielverfolgung unterstützen. Da eine aktive Sonarabstrahlung allerdings sofort detektiert und ihre Ausgangsquelle ggf. angegriffen werden würde, wäre durch die Nutzung eines UUV das Risiko für eine Crew ausgeschlossen. Derzeit würden für die Energiebereitstellung eines entsprechend leistungsstarken Sonars jedoch dermaßen große und schwere Systeme benötigt, dass mit bestehender Technik eine Realisierung nicht möglich ist.

Bisher sind keine unbemannten Unterwassersysteme im ASW-Einsatz etabliert. Konzeptstudien haben lediglich unbemannte berwassersysteme für den ASW-Einsatz untersucht, beispielsweise das DARPA-Projekt Anti-Submarine Warfare Continuous Trail Unmanned Vessel (ACTUV).<sup>26</sup>

#### 4.1.2 Minensuche, Minenjagd

Bei der Aufspürung und Bekämpfung von Seeminen und Water-Borne Improvised Explosive Devices (WBIED) sind UUVs bereits seit längerem erfolgreich im militärischen Einsatz etabliert. Sie werden überwiegend als Sensorträger zum Aufspüren und Identifizieren von Kontakten sowie zur Vernichtung aufgesprter Unterwasserobjekte verwendet. Derzeitige Systeme sind dabei ausschließlich ferngesteuert, per Drahtsteuerung oder Lichtwellen-Leiterkabel, im Einsatz.

---

26 Siehe: Neupert, Ulrik; Ntzker, Wolfgang: Präsentation: Unbemannte autonome berwasserfahrzeuge; WTV-Workshop der Ausgaben 2014-4 und 2015-1; 24. März 2015; VS-NfD.

---

Die von der Deutschen Marine benutzten Systeme für die Minenidentifikation und –vernichtung („Seefuchs“ und „Pinguin B3“) werden per Lichtwellen-Leiterkabel kontrolliert. Sie sind derzeit die einzigen UUVs im Bestand der Bundeswehr.

Zukünftige Systeme sollen eigenständig und automatisch Seeminen und ähnliche Objekte aufspüren. Mit Hilfe von Seitensichtsonaren wird dazu der Meeresboden auf verdächtige Objekte abgetastet. Dazu fährt das UUV in einem vorher bestimmten Seegebiet Suchmuster ab. Diese können ggf. bereits an Bord des Fahrzeuges auf Basis der Qualität der ersten Abtast-Ergebnisse festgelegt werden, so dass sich der Kurs des Suchmusters an einem optimalen Sensorergebnis orientiert.<sup>27</sup> Aufgespürte Objekte werden in einer elektronischen Seekarte verzeichnet, die Koordinaten dann an weitere Systeme zur Identifizierung bzw. Vernichtung weitergeleitet. Aufgrund der derzeitigen Beschränkungen bei der Navigation und dem Datentransfer ist für eine solche Weitergabe von Aufklärungsergebnissen eine Rückkehr zum Mutterschiff oder ein Auftauchen an die Wasseroberfläche (für einen neuerlichen GPS-Abgleich bzw. Radioverbindung zur Mutterstation) notwendig.

Die Klassifizierung von Objekten als „Seemine“ bzw. „WBIED“ ist derzeit noch nicht automatisch möglich, da erst der Blick eines erfahrenen Operateurs auf ein ggf. mit Wasserpflanzen überwuchertes Objekt feststellen kann, ob man eine Seemine oder einen bewachsenen Stein o.ä. aufgespürt hat. Deshalb wären, insbesondere in einer defensiven<sup>28</sup> oder langfristig planbaren<sup>29</sup> Minenbekämpfung, Systeme zur Kartographierung bzw. zur Analyse

von Veränderungen in einem bestimmten Seegebiet durchaus denkbar. In diesem Fall würde ein UUV ein Seegebiet regelmäßig per Seitensichtsonar überprüfen und alle neu hinzugekommenen Objekte (wie bspw. frisch gelegte Seeminen) detektieren, auflisten und für spätere Überprüfung klassifizieren.

#### 4.1.3 Aufklärung, Überwachung, elektronische Aufklärung

Insbesondere die langen Stehzeiten bei Aufklärungs- und Überwachungsmissionen prädestinieren den Einsatz unbemannter Systeme. Trotzdem sind derzeit in diesem Tätigkeitsfeld keine unbemannten Unterwassersysteme im militärischen Einsatz. Lediglich für die ozeanographische Forschung bzw. Datengewinnung, die auch militärische Nutzung wie z.B. genaue Unterwasserkarten beinhaltet, sind Tauchroboter im Einsatz. Militärische Aufklärung und Überwachung erfordert allerdings die schnelle und verzugslose Weiterleitung von relevanten Aufklärungsergebnissen an weitere Stellen, dieses ist derzeit aufgrund der eingeschränkten Kommunikationsmöglichkeiten von Unterwassersystemen jedoch nicht gegeben – insbesondere, wenn der Aufklärungseinsatz verdeckt erfolgen soll – und damit Hauptgrund für die bisher nicht erfolgte Nutzung von UUVs für diesen Aufgabenbereich.

Kann die Durchführung der Aufklärung „offen“ oder zeitunkritisch erfolgen, dann ist der Einsatz von UUVs durchaus praktikabel, da sie zur Weitergabe von Aufklärungsergebnissen dann entweder auftauchen und die Daten weiterleiten oder aber erst bei Rückkehr zur Heimatstation ihre Ergebnisse zur Auswertung weitergeben. Mögliche Anwendungen wären großflächige Kartographierungsmissionen des Meeresbodens, die wiederum

---

27 Interview mit Hauke Voß, WTD 71, GF 410, Neue Technologien und Verfahren, 1.7.2015.

28 Gemeint ist der Schutz der eigenen Küstengewässer gegen feindliche Minen.

29 Bspw. in potentiellen Einsatzgebieten oder Konfliktregionen wie dem Persischen Golf.

---

Unterwassernavigation bei Folgemissionen ermöglichen oder einer direkten Missionsvorbereitung dienen.

Insbesondere die Kartographierung von Unterwasserregionen und hydrographischen Gegebenheiten wird derzeit durch vor allem kommerzielle und wissenschaftliche Nutzer vorangetrieben, eine militärische Anwendung dieser Ergebnisse bzw. die eigenständige Erstellung durch den Betrieb militärischer Kartographierungs-UUVs ist ebenfalls für zukünftige Konflikte weiter von großer Bedeutung.

Eine weitere Einsatzform ist die des „Watchdog“, bei dem das Fahrzeug bestimmte Seegebiete kartographiert, um eine entsprechende Datenbank über Unterwasserobjekte anlegen und pflegen zu können. Kommt es innerhalb dieses Gebietes zu signifikanten Änderungen, (bspw. durch das Legen von Minen), können diese aufgrund des Abgleichs mit der Datenbank schneller als neue Objekte erkannt und gezielt identifiziert werden.

#### **4.1.4 Abgesetzter Störsender, Täuschkörper**

Informationsfluss und Kommunikationsfähigkeiten sind in der modernen Kriegsführung entscheidende Faktoren. Ihre Beeinflussung oder Störung ist daher ein strategisches Kriegsziel. Auf taktischer Ebene werden Störsender seit längerem besonders in der Land- und Luftkriegsführung eingesetzt, um Sensoren und Kommunikationsmittel des Gegners auszuschalten oder in der Effektivität zu reduzieren.

In konkreten Konfliktsfällen könnte ein UUV sich unbemerkt dem Einsatzgebiet nähern und dort, entweder nach Ablauf einer bestimmten Frist oder aber nach Aufforderung per Signal, elektronische Kriegsführung als abgesetzter Störsender durchführen. Da das UUV dafür auftauchen und aktiv

elektronische Strahlung emittieren müsste, ist ein solcher Einsatz primär auf taktischer Ebene zu betrachten, da aufgrund der vorgenannten Faktoren es relativ einfach aufgeklärt werden könnte, so dass seine Einsatzzeit begrenzt bleibt – entweder, weil es zum Eigenschutz nach kurzer Zeit abtaucht und den Standort wechselt, oder aber, weil es aufgespürt und zerstört worden ist.

Eine gewisse Einschränkung in der Nutzung ergibt sich auch aus dem Aspekt, dass selbst ein aufgetauchtes UUV nur eine relativ geringe Reichweite hat. Für effektive Störsendungen müsste ggf. eine entsprechend hoch aufragende Antenne zum Einsatz kommen, um eine Reichweite zu erzielen, die taktischen Nutzen hat.

#### **4.1.5 Kampfeinsätze**

Im Konfliktfall können UUVs entweder als Waffenträger oder aber als Waffe selbst („Suicide Mission“-Profil) gegen gegnerische Überwasser- und Unterwassereinheiten eingesetzt werden. In Abgrenzung zum Einsatzprofil „Sperrung von Seegebieten“ (Kapitel 4.1.8.) erfolgt ein solcher Einsatz aber als konkreter Kampfauftrag mit vorher bestimmtem/festgelegtem Einsatzgebiet und bereits aufgeklärtem Ziel. Aufgrund des Widerspruches von der Notwendigkeit der Sicherstellung eines wirksamen „Man-in-the-loop“-Verfahrens bei Waffeneinsätzen vs. technischen Kommunikationseinschränkungen bei UUVs steigt bei zunehmender zeitlicher/geographischer Distanz zwischen Einsatzbefehl und Waffeneinsatz die Problematik der Waffenkontrolle.

Bei der Nutzung nicht-letaler Waffen ist die o.g. Problematik zumindest teilweise entschärft, so dass ein künftiger Einsatz mit solchen Wirkmitteln weniger umstritten und damit wahrscheinlicher sein könnte. In einer kampfunterstützenden Rolle für ein U-Boot wäre der Einsatz eines vorgelagerten

Sensorträgers von taktischem Vorteil.<sup>30</sup>

Dieser würde, vergleichbar einem Torpedo, ebenfalls aus den Abschussrohren eines U-Boots gestartet und – um gesammelte Informationen sofort an das U-Boot weiterleiten zu können – mit einer Drahtlenkung versehen werden.

#### 4.1.6 Schwarmabwehr

Eine spezielle Einsatzform wäre der Begleitschutz gegen Schwarmattacken. Als Schwarmattacken bezeichnet man Angriffe, bei der mit einer Vielzahl von koordiniert-vorgehenden Einheiten das Verteidigungssystem saturiert wird, so dass zwar eine gewisse Zahl von Angreifern abgewehrt werden, aber letztendlich doch aufgrund der Masse ein Erfolg bzw. Treffer erzielt wird. Dabei muss sich eine Schwarmattacke nicht zwangsläufig auf eine bestimmte Angriffsart (bspw. Schnellbootattacke) konzentrieren, sondern kann auch aus dem zusammengefassten Angriff unterschiedlicher Systeme (Schnellboote, U-Boote, landgestützte Flugkörper, etc.) bestehen. Eine bekannte „Schwarmbedrohung“ sind die Einheiten der Pasdaran See der Iranischen Revolutionsgarden,<sup>31</sup> aber auch derzeit in Entwicklung befindliche Drohneneinsatz-Konzepte sehen teilweise Schwarmtaktiken zur Überwindung von Defensivsystemen vor.

In solchen Situationen können UUVs als erste „Verteidigungslinie“ genutzt werden, die einer solchen Bedrohung frühzeitig entgegentreten bzw. bei zeitkritischen Defensivsituationen durch entsprechende Autonomie in der Lage sind, durch kurze Reaktionsgeschwindigkeiten einem solchen Angriff zu begegnen.

30 Interview mit René Levien, Subjects Matter Expert Submarine Operations des Center of Excellence for Operations in Confined and Shallow Waters, Kiel; 27.8.2015.

31 Haghshenas, Fariborz: Iran's Doctrine of Asymmetric Naval Warfare, Policywatch 1179, December 21st 2006, The Washington Institute; online unter: <http://www.washingtoninstitute.org/policy-analysis/view/irans-doctrine-of-asymmetric-naval-warfare>, eingesehen am 17.6.2015.

#### 4.1.7 Schwarmattacke

Wie im vorigen Abschnitt geschildert, können geeignete Schwarmattacken die Verteidigungssysteme einer Einheit oder eines Verbandes übersättigen. UUVs könnten dabei entweder als Teil einer „gemischten“ Attacke aus verschiedenen Systemen eine Rolle spielen, oder aber als UUV-Schwarm sich möglichst unauffällig einem Schiff oder Boot nähern und dann durch Masse die Verteidigungslinien überwinden. Während für einen gemischten Angriff entsprechende Systemkoordination notwendig ist, die höhere Ansprüche an das UUV-System stellt (Kommunikations- und Koordinationsfähigkeit), wäre für den zweiten Fall der Einsatz von preisgünstigen und simplen UUVs die sinnvollste Option.

#### 4.1.8 „Sperrung“ von Seegebieten

Neben der Überwachung von Seegebieten ist die Sperrung von diesen im Konfliktfall ein geeignetes Einsatzgebiet für UUVs. Vergleichbar mit der Einsatztaktik von Seeminen, allerdings ohne die für dieses System typische Gebundenheit an einen Ort, könnten UUVs ein bestimmtes Seegebiet bestreifen und entweder als abgesetzte Waffenträger für eine andere (bemannte) Einheit fungieren, oder aber, bei entsprechender Autonomie und Einsatzrichtlinien, eigenständig bestimmte Ziele bekämpfen. Eine grundsätzlich vergleichbare Fähigkeit haben die CAPTOR-Minen der US Navy. Diese EnCAPsuled TORpedos (gekapselten Torpedos) sind Startbehälter, die einen MK-46-U-Jagdtorpedo enthalten.

Sie werden in einem Seegebiet bis zu einer maximalen Tiefe von rund 900m verlegt und verfügen über eine eigene Sensorik, die feindliche U-Boote bei Annäherung erkennt und identifiziert. Sobald das U-Boot in Reichweite ist, wird der Torpedo aktiviert und greift das Ziel an.

Auch hier ist ein noch zu lösendes Kriterium, nach welchen Vorgaben und in welchem Grad der Autonomie ein UUV eigenständig Gebiete bestreift, Kontakte detektiert, identifiziert und als Ziel klassifiziert und schlussendlich auch angreift. Prinzipiell handelt es sich bei dieser Einsatzform um die Weiterentwicklung klassischer Sperrwaffen wie Minenfeldern, mit dem Unterschied, dass die Waffe nicht stationär bleibt, sondern eigenständig mobil ist und damit ihre Einsatzreichweite gegenüber bspw. einer Seemine signifikant erhöht.

Wie beschrieben ist die Kontrolle und Eingriffsmöglichkeit ein kritischer Faktor. Dieser könnte beim Einsatz eines UUV in einer defensiven Rolle durch die Einrichtung entsprechender (ggf. ebenfalls unbemannter mobiler) Kommunikationsrelais überwunden werden. So wäre die Nutzung von UUVs beispielsweise bei der Sicherung von Offshore-Windparks oder Bohrinseln ein sehr attraktives Szenario. Das Einsatzgebiet ist geographisch fest umrissen, zusätzlich stellen die im Meer verankerten Inseln und Installationen eine Möglichkeit dar, die Kommunikation zum und Kontrolle über ein UUV kurzfristig und relativ zuverlässig zu sichern. In einem Offshore-Windpark könnten beispielsweise mehrere Rotormasten mit entsprechenden Kommunikationsrelais ausgestattet werden, die unter Wasser die Signale zum UUV weiterleiten. So müssten nur kurze Distanzen der Kommunikation unter Wasser transferiert werden, während die langen Distanzen zu einem Kontrollzentrum über Radiowellen überirdisch laufen würden.

Eine weitere Möglichkeit wäre eine Tandem-Konstellation: Ein UUV operiert durchgehend zusammen mit einem Unmanned Surface Vehicle (USV), das direkt über dem UUV an der Wasseroberfläche fährt. Da die Signalübertragung in der vertikalen Wassersäule sehr viel einfacher und störungsloser erfolgen kann als horizontal unter Wasser, würde

das USV als mobiles Kommunikationsrelais dienen und könnte eine beinahe verzugslose Kommunikation über Satellit oder Very High Frequency (VHF) sicher stellen.

#### 4.1.9 Kommunikationsrelais

Zur Aufrechterhaltung weitreichender Kommunikationsverbindungen über den Horizont hinaus sind auch Einsatzformen für UUVs denkbar. So könnten mehrere UUVs eine Unterwasserkommunikationskette aufbauen, die bei Verwendung entsprechender Systeme den Vorteil hätte, kaum aufgespürt werden zu können – jedenfalls nicht von oberhalb der Wasseroberfläche. Durch diese „Kette“ könnten beispielsweise Minensuch-UUVs, vorgeschobene Sensoren oder gar Angriffs-UUVs geführt werden. Insbesondere die Forderung der Einbindung von U-Booten und U-Boot-Operationen in ein entsprechendes Netzwerk legt es nahe, dass ein UUV – oder ggf. eine simple Boje – als Kommunikationsrelais zwischen den verschiedenen Einheiten zum Einsatz kommt.

Für konkrete Einsätze wiederum könnte eine solche Kommunikationskette aus UUVs zur Wasseroberfläche auftauchen und dort dann Nachrichten per UHF, VHF oder SatCom weiterleiten.

#### 4.2 Andere Nutzungen 4.2.1 Semi-Submersibles

Insbesondere im südamerikanischen Raum sind so genannte Self-Propelled Semi-Submersibles<sup>32</sup> im Einsatz der örtlichen Drogenmafia, um Drogen über den Seeweg in die USA zu schmuggeln.<sup>33</sup> Diese Fahrzeuge fahren üblicherweise knapp unter der Wasseroberfläche, so dass nur noch ein Schnorchel für Frischluftzufuhr sowie ein Ausguck heraus schauen. Durch die sehr niedrige Silhouette und verborgen in der unruhigen Wellengangzone sind sie von Radar und Sonar nicht aufzuspüren.

---

Selbst komplett tauchfähige U-Boote sind inzwischen von Drogenfahndern entdeckt worden.

Derzeit sind diese Fahrzeuge, die unter teilweise primitiven Bedingungen verdeckt im Dschungel gefertigt werden, bemannt unterwegs. Mit gängigen Satellitennavigationssystemen wäre eine unbemannte Nutzung allerdings relativ einfach möglich und der nächste logische Schritt, auf den sich Streitkräfte einstellen müssen.<sup>34</sup>

#### 4.2.2 Einsatz mit U-Booten als Mutterschiff

Um einen wesentlichen Vorteil des UUV, nämlich die unentdeckte Verbringung effektiv nutzen zu können, ist der Einsatz von Bord von U-Booten sinnvoll. Kleinere UUVs können aus den Torpedorohren gestartet werden, allerdings ist aufgrund der gängigen Kalibergröße von 53,3 cm bei NATO-Torpedorohren die Nutzung dieser Methode für größere Fahrzeuge begrenzt. Eine weitere Option stellt die Nutzung von Transportbehältern am Rumpf des U-Bootes dar, oder – wie als Konzept des MANTA vom Naval Undersea Warfare Center – das UUV dockt sich stromlinienförmig direkt an den Rumpf an.<sup>35</sup>

Das Rendezvous bzw. das Anbordnehmen stellt allerdings immer auch eine zusätzliche Gefährdung des U-Bootes im Einsatz dar. Das Austauschen von Steuersignalen zum Andocken ist eine potentielle Geräuschquelle, die vom Gegner aufgespürt werden kann, und das U-Boot ist während der Aufnahmephase in seiner Manövrierfähigkeit eingeschränkt. Dazu kommt noch ein praktisches Pro-

blem: Außerhalb des U-Boot-Rumpfes stationierte UUVs können nicht während der Fahrt gewartet und technisch betreut werden. Nur kleinere UUVs, die durch ein Torpedrohr aufgenommen wurden, können innerhalb des Bootes gewartet werden, eine entsprechende technische Infrastruktur vorausgesetzt.

#### 4.2.3 Individualtaktiken

Wie bereits in den Erläuterungen zum autonomen Operieren ausgeführt, wird der Einsatz von UUVs als Individualfahrzeug in den kommenden Jahren primär als „force multiplier“ für bemannte Systeme erfolgen. Zum einen, weil auf diese Art und Weise der größte taktische Nutzen erreicht werden kann, zum anderen, weil technische, rechtliche und daraus resultierend taktische Beschränkungen einen sinnvollen Einsatz für einzeln bzw. autonom operierende Systeme größtenteils verhindern. In zeitunkritischen Einsatzprofilen wie der langfristigen Aufklärung oder in überwachten bzw. kommunikationstechnisch erschlossenen Seegebieten (siehe Kapitel 3.1.7 „Sperrung“ von Seegebieten), wo eine direkte Kontrolle über das Fahrzeug realisiert ist, ist der Einsatz als einzelnes Fahrzeug möglich. In dem Maße, wie autonome Navigation und Hindernisvermeidung sowie ggf. Entscheidungsfindung an Bord des UUV in technisch, taktisch und ethisch zufriedenstellender Weise praktikabel werden, kann dann auch eine entsprechende Erweiterung des Aufgabenprofils von UUVs möglich sein.

---

32 Semi-Submersibles sind Tauchboote, die nicht komplett tauchfähig sind, sondern direkt unter der Wasseroberfläche fahren und lediglich einen Schnorchel für die Sauerstoffversorgung von Crew und Verbrennungsmotor sowie ggf. Navigationsequipment (Antennen, Ausgucköffnung) oberhalb der Wasseroberfläche haben.

33 NN: Marine beschlagnahmt U-Boot für Kokain-Schmuggel; 5.11.2011; online unter: <http://www.welt.de/politik/ausland/article13700144/Marine-beschlagnahmt-U-Boot-fuer-Kokain-Schmuggel.html>, eingesehen am 2.9.2015.

34 Anderson, Brian: The Hunt for Narco Subs; August 17th 2015; online unter: <http://motherboard.vice.com/read/the-hunt-for-narco-subs>; eingesehen am 2.9.2015.

35 Siehe: Whitman, Edward C.: Unmanned Underwater Vehicles – Beneath the Wave of the Future; online: [http://www.navy.mil/navydata/cno/n87/usw/issue\\_15/wave.html](http://www.navy.mil/navydata/cno/n87/usw/issue_15/wave.html), eingesehen am 2.7.2015.

---

#### 4.2.4 Schwarmtaktiken

Der Oberbegriff „Swarming“ (im deutschen: „Schwarmverhalten“) bezeichnet üblicherweise das koordinierte Zusammenschließen von biologischen Mechanismen und Lebewesen zum gegenseitigen Nutzen. Ein Schwarm besteht meist aus Angehörigen einer Art, aber auch gemischte Schwärme mit unterschiedlichen Arten/Lebewesen sind möglich. Die Vorteile des Zusammenschlusses liegen in der erhöhten Wachsamkeit (zahlreichere Beobachter des Umfeldes) und damit höherer Überlebenschancen.

Im militärischen Sprachgebrauch bezeichnet „Swarming“ in erster Linie das konzentrierte und koordinierte Operieren von mehreren Einheiten, beispielsweise eine gemeinsame, abgestimmte Attacke von kleinen Schnellbooten auf ein größeres Ziel. Die direkten Vorteile liegen hier bei einer Massierung von Sensorik und Feuerkraft, der schnellen Bildung von Schwerpunkten und der damit erwarteten Überlastung der Verteidigungssysteme des Gegners. Durch die Dislokation der Systeme wie Sensoren und Waffen auf mehrere kleine Einheiten (Schnellboote) anstatt eine große Einheit (Fregatte/Zerstörer) ist der Gegner gezwungen, sich gegen mehrere Ziele zu verteidigen und kann nicht mit einem einzigen „lucky punch“ den Angriff abwehren.

Der militärische Nutzen eines „Schwarms“ ist dabei nicht nur auf die Konzentration der Schwarmmitglieder und eine daraus resultierende direkte Attacke beschränkt. Bei entsprechender kommunikativer Vernetzung der Sensoren kann ein Schwarm, der sich nach einem optimalen Muster über eine Fläche ausbreitet und verteilt, eine sehr viel größere Gesamtfläche aufklären als eine einzelne Einheit. Bei technischen Problemen können sich einzelne Mitglieder des Schwarms gegenseitig

unterstützen und Hilfeleistung bieten bzw. durch Neuformation einen Ausfall kompensieren.

Für die optimale Nutzung von Schwarmtaktiken ist eine Vernetzung – also eine zuverlässige und verzugslose Kommunikation untereinander – die Grundvoraussetzung. Aus taktischen Gründen (bspw. Vermeidung von Signalemissionen) kann es notwendig sein, die Kommunikation untereinander zu reduzieren bzw. auszusetzen. Mit geeigneter passiver Sensorik können Teile der Schwarmkoordination trotzdem aufrechterhalten werden, wie zum Beispiel die Beibehaltung von relativen Positionen zueinander. Dazu müssen die einzelnen Systeme in der Lage sein, andere Angehörige des Schwarms zu erkennen, zu identifizieren und ihre Bewegungen nachzuverfolgen und interpretieren zu können.

Im Bereich der Nutzung unbemannter Systeme ist das Konzept des „Swarming“ durchaus attraktiv. Zum einen zeichnen sich zahlreiche Systeme dadurch aus, dass sie relativ klein sind, was ihre Nutzlast im Bereich der Sensorik sowie der Effektoren eingrenzt. Durch ihre Zusammenfassung und ein operatives Vorgehen als Schwarm können verschiedene Sensoren (auf mehreren Plattformen) sich gegenseitig ergänzen, dazu kommt die mögliche geographische Ausbreitung der einzelnen Individualsysteme, die sich über eine größere Fläche verteilen und so einen größeren Bereich abdecken können. Zum Waffeneinsatz dagegen können die einzelnen Einheiten zusammengefasst werden und massiert gegen ihr Ziel wirken.

Zum anderen tragen diese Verfahren auch der Tatsache Rechnung, dass – zumindest derzeit – ein Großteil der in Frage kommenden automatischen Systeme aus technischen und finanziellen Gründen eine eher geringe Größe sowie relativ geringe Anschaffungskosten haben. So wird die Beschaffung von einer größeren Menge möglich und not-

wendig. Zur Koordination und Maximierung der Fähigkeiten der Einzelsysteme sind operative Taktiken auf Basis von Schwarmverhalten daher ein effektiver Ansatz.

Für den Einsatz von UUVs sind Schwarmtaktiken ebenfalls von Vorteil, sie stehen aber vor der technischen Herausforderung der zuverlässigen, verzugslosen und – idealerweise – nicht-detektierbaren Kommunikation untereinander. Im Gegensatz zu Systemen, die auf der Wasseroberfläche, an Land oder in der Luft operieren, ist das Spektrum der möglichen Kommunikationswege unter Wasser stark eingeschränkt. Radiowellen beispielsweise dringen nur bis in eine geringe Wassertiefe vor, lediglich Radiowellen im Niederfrequenzbereich (ELF – Extreme Low Frequency) können unterhalb bestimmter Wassertiefen empfangen werden, benötigen dafür aber sehr lange Antenne und haben auch nur eine sehr geringe Datenübertragungsrate. Direkt unter der Wasseroberfläche oder aber mit Hilfe von aufschwimmenden Antennen ist auch der Empfang anderer Frequenzspektren möglich, bedeutet aber gleichzeitig eine deutliche Einschränkung der Bewegungsfreiheit bzw. die Notwendigkeit zusätzlicher (schwerer) Anlagen an Bord wie Ein- und Ausfahrmechanismen für Schleppantennen o.ä.

Schallwellen in Form von Sonarsignalen sind prinzipiell besser geeignet und besitzen eine größere Reichweite und Datenübertragungsrate, haben aber den Nachteil, dass sie leicht zu orten und nachzuverfolgen sind.

## 5 Ausblick auf zu erwartende Entwicklung

### 5.1 Kurzfristig

Auf kürzere Frist (innerhalb der kommenden fünf bis zehn Jahre) ist zu erwarten, dass insbesondere die Herausforderungen bei Zulassung, Genehmigung und weiteren rechtlichen Regelungen gelöst

werden. Auf technischer Seite ist davon auszugehen, dass in den klassischen Einsatzgebieten von UUVs – also Minensuche und –jagd sowie Ozeanographie – sich die Nutzungsdichte erhöhen wird. Treiber der technischen Entwicklung wird dabei primär die zivile und industrielle Nutzung sein. Die in diesem Zeitraum gewonnenen Erfahrungen werden dann dazu führen, weitere technische Neuerungen nicht nur zu überprüfen, sondern auch zu optimieren. Dies gilt insbesondere für Antriebs- und Energiebereitstellungskonzepte (neue und verbesserte Energiespeichermedien) sowie teilweise automatisierte Arbeits- und Prozessabläufe wie eigenständige Navigation, Sensoreinsatz und Datenauswertung. Trotzdem bleibt die Kontrolle des Fahrzeuges über sehr weite Teile seines Einsatzes bei einem menschlichen Bediener, der lediglich in unkritischen Situationen (Transfer, fest vordefinierte Aufgabe wie bspw. Absuchen eines Seegebiets) keine direkten Eingriffsmöglichkeiten hat (**Man-IN-the-Loop**, siehe Abb. 1).

### 5.2 Mittelfristig

In 10 bis 20 Jahren ist zu erwarten, dass in den „klassischen“ Einsatzmethoden sich eine fast perfektionierte Nutzung etabliert hat. Vor allem aber kann aufgrund von Fortschritten in der Automatisierung bzw. der Entwicklung einer rudimentären künstlichen Intelligenz das Einsatzportfolio für UUVs effektiv erweitert werden. So werden nun auch Einsätze, die eine größere Reichweite und Geschwindigkeit erfordern, aufgrund der Verfügbarkeit neuer und besserer Energiespeicher möglich. Abgestützt auf effektive und zuverlässige automatische Abläufe in den Bereichen Navigation, Sensorenauswertung und Dateninterpretation sind UUVs in der Lage, belastbare und taktisch sinnvolle Entscheidungen im Einsatz selbst zu fällen und auszuführen. Menschliche Entscheider sind dabei nur

noch phasenweise in direkter Kontrolle der Handlungen, wobei sie bspw. ganze Aufgabenabschnitte für das Fahrzeug freigeben und nach dieser Freigabe keine oder sehr eingeschränkte Möglichkeit haben, Befehle zu revidieren (**Man-ON-the-Loop**, siehe Abb. 1).

Einige UUVs werden ein bionetisches Design haben, also in Form, Bewegung, Erscheinung und Akustik Meerestieren sehr ähnlich sehen. Sie sind dadurch einerseits unauffällig und schwer zu orten, nutzen auf der anderen Seite aber auch typische Vorteile bei Vortrieb und Manövrierfähigkeit aus.

UUVs werden primär als „force-multiplier“ wirken, also die Fähigkeiten anderer Marineeinheiten unterstützen, erweitern und verstärken.

### 5.3 Langfristig

In mehr als 20 Jahren wird – bei entsprechendem Fortschritt in der Entwicklung künstlicher Intelligenz – ein gänzlich autonomes Unterwasserfahrzeug technisch möglich und einsatzbereit sein. Diese Fahrzeuge werden in der Lage sein, einen Auftrag auszuführen und die genaue Ausgestaltung ihrer Mission eigenständig nach entsprechenden Kriterien und Parametern zu planen und auszuführen. Wie bei dem auf Seite 7 dieser Studie beschriebenen Beispiel werden sie aber – so wie menschliche Operateure auch – durchaus noch Fehler begehen. Diese werden aber in keinem Verhältnis zu menschlichen Fehlerraten sowie den Kosten und Einschränkungen stehen, die alternativ durch bemannte Systeme verursacht würden.

Neben der Funktion als „force-multiplier“ werden auch erste „stand-alone“-Systeme in den Einsatz gehen, also Unbemannte Unterwasserfahrzeuge, die zwar im Netzwerk mit anderen Marineeinheiten agieren können, aber darüber hinaus auch alleine Missionen ausführen und auf die Kooperation mit

bemannten Systemen nicht zwingend angewiesen sind (**Man-OUT-OF-the-Loop**, siehe Abb. 1).

### 6 Konsequenzen für die Bundeswehr

Die politischen Vorgaben, unter welchen Umständen und mit welchen Leistungsparametern die Bundeswehr unbemannte Systeme einsetzen darf, sind – insbesondere im Vergleich mit Bündnispartnern – relativ strikt und rigide. Es ist aber davon auszugehen, dass die gesellschaftliche Anerkennung für den Einsatz von unbemannten Systemen zukünftig zunimmt, wenn eine entsprechende Verbreitung zivil genutzter Systeme für zusätzliches Vertrauen in ihre Einsatzfähigkeit und Zuverlässigkeit sorgt. Die Zustimmung zu „schießenden“ Systemen wird dabei nicht in dem Maße wachsen, wie sie gegenüber dem generellen Einsatz von unbemannten Fahrzeugen zunehmen wird. Dabei ist in der Domäne der Unterwasserfahrzeuge aufgrund bereits eingeführter und bewährter Systeme sowie der – gerade im Gegensatz zu fliegenden Drohnen – gesellschaftlich kaum wahrgenommenen und perzipierten negativen Rolle wahrscheinlich noch am schnellsten ein baldiger Aufwuchs möglich, da hier politische und gesellschaftliche Widerstände unter Umständen am geringsten sein werden.

Angesichts des Beispiels „EuroHawk“, dessen Beschaffung primär an rechtlichen Fragen, insbesondere solchen der Zulassung sowie des sicheren Betriebs im Luftraum scheiterte, muss für den eigenen Einsatz von unbemannten Unterwasserfahrzeugen rechtzeitig eine entsprechende rechtliche Grundlage geschaffen werden. Auch wenn das „Gefährdungspotential“ im normalen Navigationsbetrieb auf See verhältnismäßig gering ist, sind derzeit die anzuwendenden Regelungen noch nicht für den reibungslosen Betrieb von UUVs geeignet. So muss beispielsweise jedes Seefahrzeug Rettungsmittel an Bord vorhalten – was bei einem

---

unbemannten System verständlicherweise wenig Sinn macht. Trotzdem ist es notwendig, dass hier die rechtlichen Rahmenbedingungen frühzeitig geklärt werden – auch, um im Beschaffungsprozess sowie im Testbetrieb entsprechende Sicherheit zu haben.

Die Beschaffung von unbemannten Systemen und der Einsatz in der Bundeswehr sind aber nur ein Faktor. Fremde Marinestreitkräfte, die nicht zwangsläufig zu den Bündnispartnern Deutschlands gehören, haben bereits jetzt geringere politische und gesellschaftliche Widerstände bei der Nutzung von unbemannten Systemen zu überwinden – ihre derzeitige „Zurückhaltung“ liegt überwiegend in der derzeit noch nicht zufriedenstellenden technischen Ausreifung begründet. Es ist jedoch davon auszugehen, dass bei entsprechender technologischer Reife unbemannte Unterwasserfahrzeuge verstärkt Einsätze fahren werden und damit auch als Einsatzpartner, aber auch Einsatzgegner der deutschen Streitkräfte in Aktion treten werden.

Insbesondere für zukünftige gemeinsame Operationen mit unbemannten Unterwasserfahrzeugen von verbündeten Marinen wäre eine frühzeitige Vereinbarung und Einrichtung von entsprechenden Kommunikationsstandards und -schnittstellen sowie Identifikationsmaßnahmen wie beispielsweise einem „Unterwasser-IFF“<sup>36</sup> eine sinnvolle Vorbereitung. Auf diese Weise könnte eine verbesserte Integration von UUV in ein System der Network Centric Warfare bzw. eine Operationsgrundlage für die Mitfahrt in einem fahrenden Verband erfolgen.

Zur Begegnung von potentiellen Bedrohungen durch UUVs sollten ebenfalls geeignete Maßnahmen zur Detektion, Identifikation und Bekämpfung un-

tersucht werden. Neben klassischen kinetischen Wirkmitteln, wie sie auch bei der U-Jagd und Seeminenabwehr zum Einsatz kommen, könnten gerade bei nicht-autonomen Systemen entsprechende Unterbrechungsmechanismen, die die Steuerverbindung von UUVs lahmlegen, eine vielversprechende Lösung darstellen.

---

<sup>36</sup> IFF: Identification Friend or Foe; ein in der mil. Luftfahrt übliches technisches Verfahren, bei dem Luftfahrzeuge per Funksignal andere Luftkontakte auf ihre Identität abfragen.

---

# Literatur

Anderson, Brian: The Hunt for Narco Subs; August 17th 2015; online unter: <http://motherboard.vice.com/read/the-hunt-for-narco-subs>; eingesehen am 2.9.2015.

Beardsley, Steven: NATO researchers test underwater drones in Norway; Stars and Stripes; May 6th 2015.

Bieri, Matthias; Dickow, Marcel: Letale autonome Waffensysteme als Herausforderung; CSS Analysen zur Sicherheitspolitik; Zürich 2014.

Conrad, Matthias; Schreiber, Sabrina: Präsentation: UT3000 – Long Range Communications for various applications; UDT Europe 2014.

DARPA: Broad Agency Announcement Upward Falling Payloads (UFP); Arlington 2013.

Dean, Sidney E.: Project Locust – US-Navy will UAV-Schwärme einsetzen; in: MarineForum 6/2015.

Department of Defense: Unmanned Systems Integrated Roadmap - FY 2013-2038; Washington 2013; online unter: <http://www.defense.gov/pubs/DOD-USRM-2013.pdf>, eingesehen am 3.8.2015.

Dickow, Marcel: Robotik – ein Game-Changer für Militär und Sicherheitspolitik?; SWP-Studie, Juni 2015; Berlin 2015.

Edwards, Dan: Flimmer – A Flying Submarine; Naval Research Laboratory: Spectra; Washington 2014; S. 6-9.

Ehlers, Frank; Schulz, Arne: Akustische Überwachung mit Sensornetzwerken; in: Postproceedings der DWT-Tagung „Schall und Schwingungen, Wellen und Turbulenz in sensibler Umgebung“, Tagung in Kiel, 17.-20. September 2012; S. 170-178.

Freitag, Lee; et al.: Acoustic Communication with Small UUVs using a Hull-Mounted Conformal Array; Newport 2001.

Geder, Jason: Bio-Inspired Designs for Near-Shore AUVs; in: Naval Research Laboratory: Spectra; Washington 2014; S. 2-5.

Haase, Kristin; Wellbrink, Jörg: Future Topic „Virtuelle Kriegsführung“; PlgABw 2012.

---

Honegger, Barbara: NPS Pioneers "Seaweb" Underwater Sensor Networks; August 2, 2010; online unter: <http://www.nps.edu/About/News/NPS-Pioneers-Seaweb-Underwater-Sensor-Networks.html>, eingesehen am 26.6.2015.

Human Rights Watch: Mind the Gap – The Lack of Accountability for Killer Robots; Harvard 2015.

Kongsberg: Autonomous Underwater Vehicle – AUV – The HUGIN Family Datasheet; online unter: [http://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0397.nsf/AllWeb/A6A2CC361D3B9653C1256D71003E97D5/\\$file/HUGIN\\_Family\\_brochure\\_r2\\_lr.pdf?OpenElement](http://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0397.nsf/AllWeb/A6A2CC361D3B9653C1256D71003E97D5/$file/HUGIN_Family_brochure_r2_lr.pdf?OpenElement); eingesehen am 5.8.2015.

Kott, Alexander, et al.: Visualizing the Tactical Ground Battlefield in the Year 2050: Workshop Report; ARL-US Army Research Laboratory; June 2015.

Leveringhaus, Alex; Gilles, Giacca: Robo-Wars – The Regulation of Robotic Weapons; Oxford Martin Policy Paper, Oxford 2014.

Maritimes Cluster Norddeutschland: Post-Proceeding der Tagung „8.-tes Treffen der Fachgruppe Unterwasserkommunikation für eine Initiative ZUKuNft: Zuverlässige Unterwasser-Kommunikation und -Navigation aus und für die Tiefe“, 4. Juli 2014.

Müller-Jung, Joachim: Künstliche Intelligenz – Die Waffen nieder!; Frankfurter Allgemeine Zeitung, 28.7.2015; online unter: <http://www.faz.net/aktuell/feuilleton/debatten/friedensbewegung-fuer-die-kuenstliche-intelligenz-13724177.html>, eingesehen am 31.7.2015.

Neupert, Ulrik; Nätzker, Wolfgang: Präsentation: Unbemannte autonome Überwasserfahrzeuge; WTV-Workshop der Ausgaben 2014-4 und 2015-1; 24. März 2015; VS-NfD.

NN: C-Hunter semi-submersible Datasheet; ASV unmanned Marine systems; <http://www.asvglobal.com/military-and-security/asv-6300m>, eingesehen am 5.8.2015.

NN: Marine beschlagnahmt U-Boot für Kokain-Schmuggel; 5.11.2011; online unter: <http://www.welt.de/politik/ausland/article13700144/Marine-beschlagnahmt-U-Boot-fuer-Kokain-Schmuggel.html>, eingesehen am 2.9.2015.

NN: Tiefgetauchte Unterwasserkommunikation – Statement von L-3 ELAC Nautik GmbH; in: Newsletter Verteidigung, Ausgabe 17 / KW18, 4. Mai 2010.

O'Shea, Brian: Unmanned Underwater Vehicles; July 3rd 2014; online unter: <http://www.kmimediagroup.com/navy-air-sea-peo-forum/445-articles-npeo/unmanned-underwater-vehicles/5878-unmanned-underwa>

---

ter-vehicles; eingesehen am 5.8.2015.

Petermann, Thomas; Grünwald, Reinhard: Stand und Perspektiven der militärischen Nutzung unbemannter Systeme; Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag; Berlin 2011.

Sauer, Frank: Autonome Waffensysteme – Humanisierung oder Entmenschlichung des Krieges?; Global Governance Spotlight; Stiftung Entwicklung und Frieden; Bonn 2014.

Sayler, Kelley: A World of Proliferated Drones – A Technology Primer; Center for New American Security; June 2015; Washington 2015.

Schneider, Sabrina; Conrad, Matthias: Long Range Communication for various applications; Proceedings of the European conference of Underwater Defense Technology, UDT Europe 2014, June 10 – 12, Liverpool, England.

Schreiber, Sabrina; Conrad, Matthias; Sommerstedt, Daniel: Präsentation: Robuste Weitbereichskommunikationsanwendungen im Verbund; 18.9.2012.

Sparrow, Robert: Robotic Weapons and the Future of War; in: Wolfendale, Jessica; Tripodi, Paolo (Hrsg.): New Wars and New Soldiers: Military Ethics in the Contemporary World; Surrey, UK & Burlington, VA 2011; S. 117-133.

Subbaraman, Nidhi: Soldiers <3 robots: Military bots get awards, nicknames ... funerals; September 28th 2013; online unter: <http://www.nbcnews.com/tech/innovation/soldiers-3-robots-military-bots-get-awards-nicknames-funerals-f4B11215746>; eingesehen am 22.7.2015.

Vergin, Annika; Wellbrink, Jörg; Heuer, Wolfgang: Future Topic „Weiterentwicklungen in der Robotik durch Künstliche Intelligenz und Nanotechnologie“; PlgABw 2013.

Vukić, Zoran: Underwater Systems and Technologies – current state and future developments; online unter: [http://aig.si/13/clanki/vabljena\\_predavanja/U3\\_Vukic.pdf](http://aig.si/13/clanki/vabljena_predavanja/U3_Vukic.pdf), eingesehen am 5.8.2015.

Whitman, Edward C.: Unmanned Underwater Vehicles – Beneath the Wave of the Future; 10.9.2014; online unter: [http://www.navy.mil/navydata/cno/n87/usw/issue\\_15/wave.html](http://www.navy.mil/navydata/cno/n87/usw/issue_15/wave.html), eingesehen am 5.8.2015.

WTD71: Präsentation: USVs im maritimen Einsatz – Workshop „Unbemannte autonome Überwasserfahrzeuge“; 24. März 2015; BAAINBw P1.4.

---

Altmann, Jürgen et al.: Stand und Perspektiven der militärischen Nutzung von unbemannten Systemen; Hamburg 2008; online unter: [http://ifsh.de/file-IFAR/pdf\\_english/StandPerspektMilUMS2008.pdf](http://ifsh.de/file-IFAR/pdf_english/StandPerspektMilUMS2008.pdf), eingesehen am 10.9.2015.

Department of Defense - Defense Science Board: Task Force Report: The Role of Autonomy in DoD Systems; 2012; online unter: <http://fas.org/irp/agency/dod/dsb/autonomy.pdf>, eingesehen am 9.9.2015.

Button, Robert, et al.: A Survey of Missions for Unmanned Undersea Vehicles; RAND 2008; online unter: [http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2009/RAND\\_MG808.pdf](http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/monographs/2009/RAND_MG808.pdf), eingesehen am 10.9.2015.

Department of the U.S. Navy: The Navy Unmanned Undersea Vehicle (UUV) Master Plan; 2004; online unter: <http://www.navy.mil/navydata/technology/uuvmp.pdf>, eingesehen am 15.9.2015.

Interviews:

Andrea Barbera, Commander, Italian Navy, Staff Officer Mine Warfare; Center of Excellence for Operations in Confined and Shallow Waters, Kiel; 27.8.2015.

Dr. Heiko Borchert, Borchert Consulting & Research AG, 26.6.2015.

René Levien, Fregattenkapitän, Subjects Matter Expert Submarine Operations, Center of Excellence for Operations in Confined and Shallow Waters, Kiel; 27.8.2015.

Daniel Mahon, Manager Design Concepts Submarines / Projects German Navy, ThyssenKrupp Marine Systems GmbH, 5.8.2015.

Dr. Ivor Nissen, WTD 71 - FWG 730 Akustische Modellierung, 27.8.2015.

Dr. Arne Schulz, WTD 71 - FWG GF 720, 6.7.2015.

Daniel Sommerstedt, Director Research & Development, Wärtsilä ELAC Nautik GmbH, 18.6.2015.

Hauke Voß, WTD 71, GF 410, Neue Technologien und Verfahren, 1.7.2015 und 28.8.2015.

Andreas Weidner, Director Business Area Defense, Raytheon Anschutz, 3.7.2015.

---

## Verfasser

Dr. Hajo Lippke hat im Rahmen einer Reservedienstleistung im Referat Zukunftsanalyse des Planungsamtes der Bundeswehr dieses Future Topic erstellt. Er ist Politikwissenschaftler mit dem Schwerpunkt Sicherheits- und Verteidigungspolitik und hat an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel studiert und promoviert. Nach beruflichen Stationen in der freien Wirtschaft und der Verteidigungsindustrie arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Referat Zukunftsanalyse.

Leutnant d. R. Sebastian Nieke studierte Politikwissenschaft mit den Schwerpunkten Internationale Beziehungen sowie Außen- und Sicherheitspolitik in Frankfurt am Main. Er war als studentischer Mitarbeiter bei Prof. Gunther Hellmann und an der Hessischen Stiftung Friedens- und Konfliktforschung tätig. Derzeit ist er an der Bundesakademie für Sicherheitspolitik eingesetzt. Bei der vorliegenden Studie unter © Planungsamt der Bundeswehr stützte er im Zuge einer Reservedienstleistung durch die Erarbeitung des Kapitels „Abzusehende künftige Entwicklung der Künstlichen Intelligenz“.



**Bundeswehr**  
Wir. Dienen. Deutschland.