

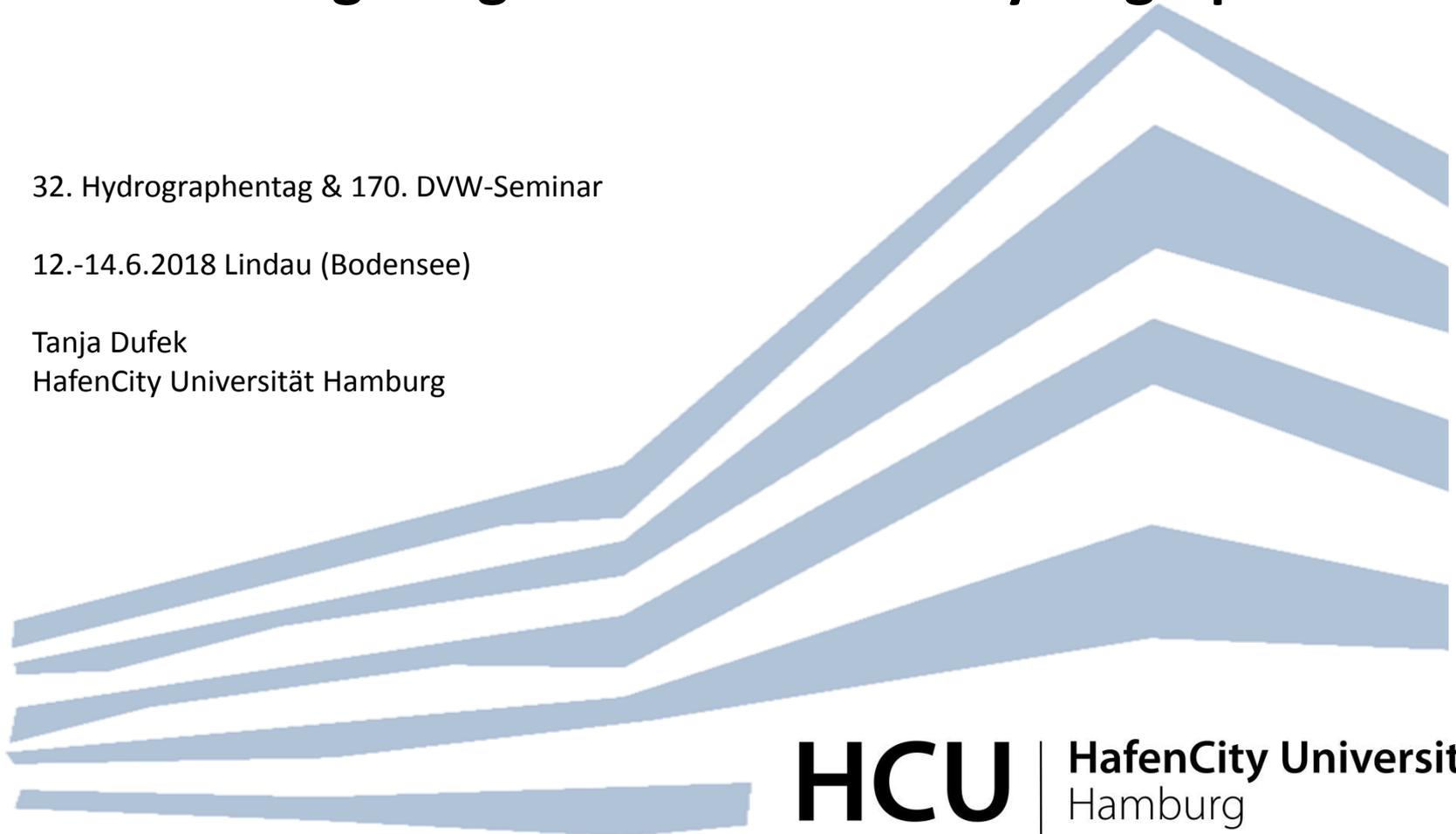
# Unbemannte Multisensorsysteme und Nutzungsmöglichkeiten in der Hydrographie

32. Hydrographentag & 170. DVW-Seminar

12.-14.6.2018 Lindau (Bodensee)

Tanja Dufek

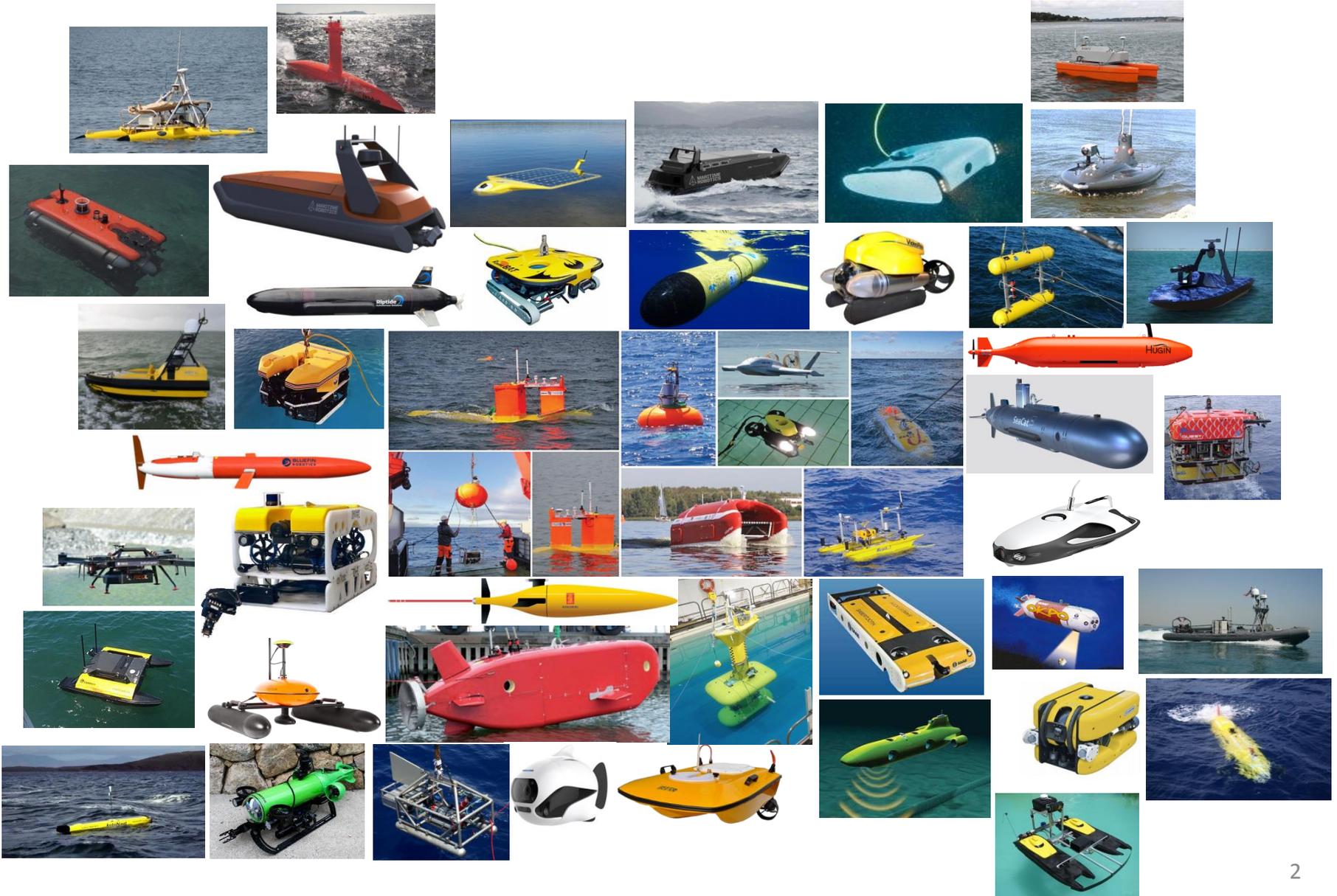
HafenCity Universität Hamburg



**HCU**

HafenCity Universität  
Hamburg

# Unbemannte Multisensorsysteme



# Gliederung

---



## Unterscheidung und Begriffserklärung

- Unbemannte Multisensorsysteme
- Operationsmodi



## Sensorik



## Anwendungen



## Vor- und Nachteile



## Trends und Entwicklungen



## Zusammenfassung

## UMVs – Unmanned Maritime Vehicles

### UUV

Unmanned Underwater Vehicle

### USV

Unmanned Surface Vehicle

### ROV



(openrov.com)



(geomar.tv  
fmctechnologies.com)



(ocean-innovations.net)



(maritimerobotics.com)

### AUV



(robosea.org)



(gdmissionsystems.com)

### Unterwassergleiter



(teledynemarine.com)

### ASV



(liquid-Robotics.com)



(asvglobal.com)

## UAV

Unmanned Aerial Vehicle



(aibotix.com)



(riegl.com)

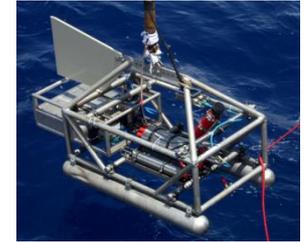


(sensefly.com)



(dji.com)

## Geschleppte Systeme



(bgr.bund.de)



(awi.de)

## Crawler & Plows



(helixesg.com)



(nexans.com)

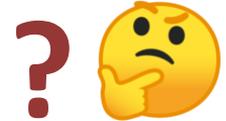
Remotely Operated

Autonomous

# Operationsmodi

---

Ferngesteuert ↔ Automatisiert ↔ Teilautonom ↔ Autonom



Automatisierung: Aufrüsten einer Einrichtung, so dass sie ganz oder teilweise ohne Mitwirkung des Menschen bestimmungsgemäß arbeitet (DIN V 19233)

Funktionsbereiche im Hinblick auf die Automatisierung (Parasiraman et al., 2000):

Informationssammlung  
Informationsanalyse  
Entscheidungs- und Aktionsauswahl  
Aktionsausführung

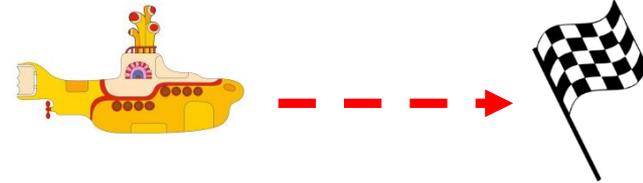
Innerhalb eines Systems kann für jeden dieser Bereiche eine unterschiedliche Stufe der Automatisierung bis hin zur Autonomie erfolgen.

# Operationsmodi

**National Institute of Standards and Technology – Special Publications 1011 (Huang, 2004)**

Vollständige Autonomie (fully autonomous):

Das System führt eine vordefinierte Mission **ohne menschlichen Eingriff** aus.



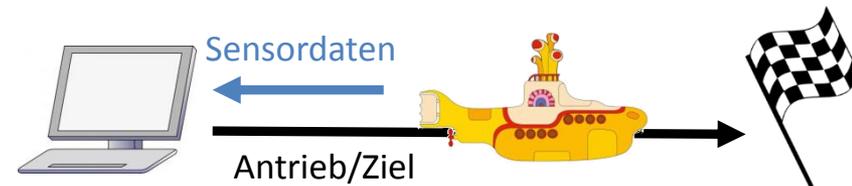
Teilautonomie (semi-autonomous):

**Der Anwender und/oder das unbemannte System** planen und führen die Aufgabe unter Verwendung unterschiedlicher Interaktionsebenen aus.



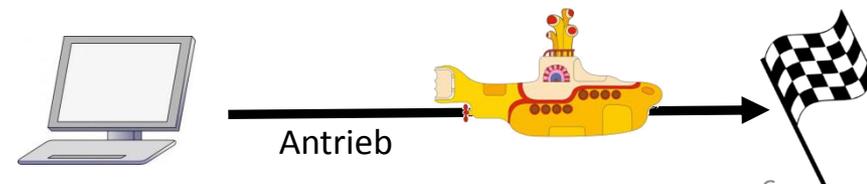
Fernlenkung/Teleoperation (teleoperation):

Der Anwender nutzt **Video und/oder Sensorinformationen**, um entweder den Antrieb direkt zu steuern, oder inkrementelle Ziele von außerhalb über Kabel/Funk zu übermitteln. System ergreift nur **eingeschränkt Eigeninitiative**.



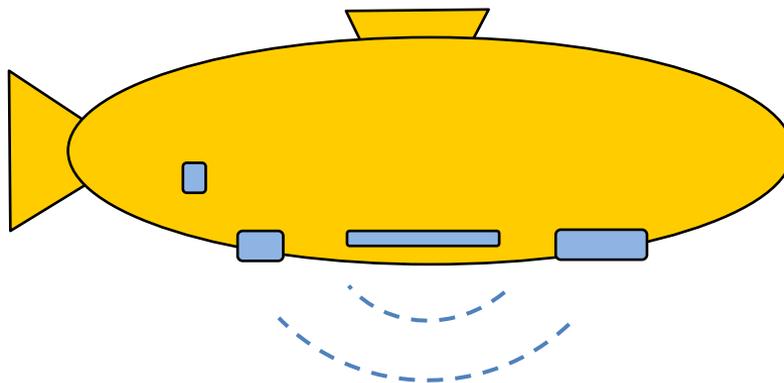
Fernsteuerung (remote control):

Der Anwender steuert den Antrieb des **Systems ohne Video- oder Sensorinformationen** via Kabel/Funk unter Verwendung visueller Informationen. System ergreift **keine Eigeninitiative**.



# Sensorik

- **Hydrographische Datenerfassung**
  - Prinzipiell alle Systeme wie auf einem Schiff denkbar (MBES, SBES, SSS, SAS, SBP, ADCP, Kameras, ...)
  - Ozeanographische oder chemische Sensoren
  - Multisensorsysteme auch als modulare Systeme

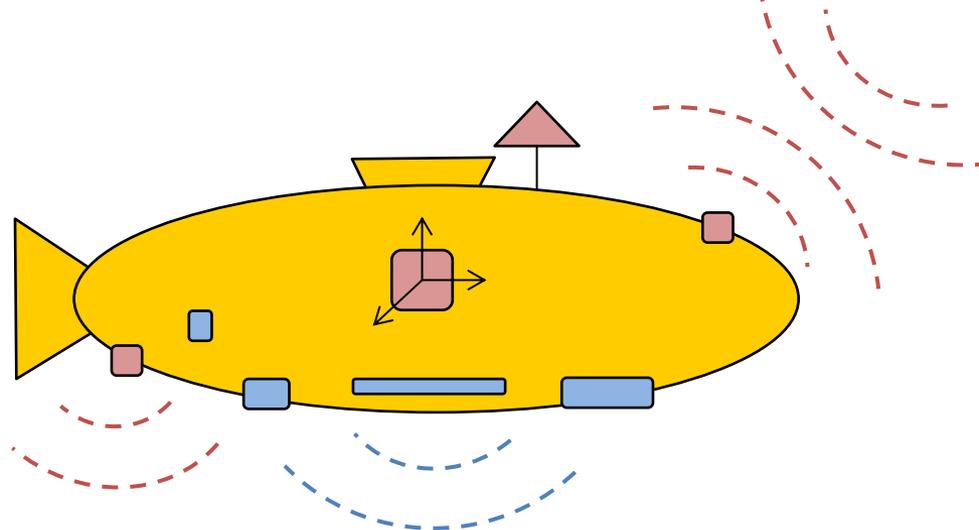


# Sensorik

- **Hydrographische Datenerfassung**

- **Navigation**

- Über Wasser: Wie auf einem Vermessungsschiff (INS & GNSS) 😊
- Unter Wasser: Kein GNSS... 😞 → Anderweitige Stützung des INS notwendig
  - ⇒ Akustische Unterwasserpositionierungsmethoden (infrastrukturabhängig)
    - ⇒ LBL, SBL, USBL
  - ⇒ DVL, Altimeter, CTD/Drucksensor
  - ⇒ GNSS-Fix durch Auftauchen
  - ⇒ Terrain based navigation
  - ⇒ SLAM (Simultaneous Localization And Mapping)



# Sensorik

- Hydrographische Datenerfassung
- Navigation
- Objektdetektierung zur Kollisionsvermeidung

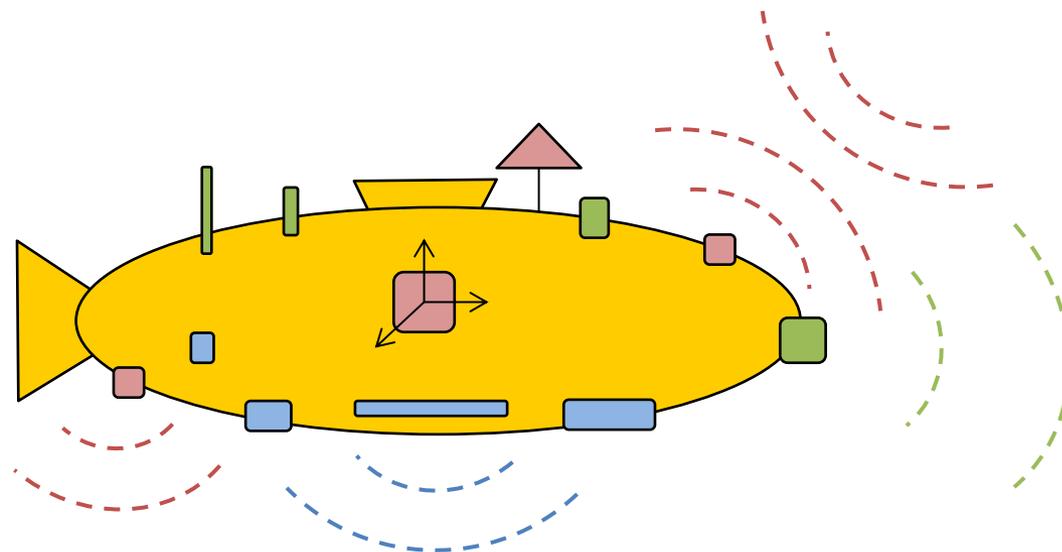
## Über Wasser:

- Kamera
- Radar
- AIS
- Laserscanner

## Unter Wasser:

- Imaging Sonar
- Profiling Sonar

Durch Kombination mehrerer Sensoren lassen sich eventuelle Schwächen einzelner in bestimmten Bereichen ausgleichen



# Anwendungen

## ROVs – Remotely Operated Vehicles

Inspection-Class ⇔ Intervention-Class

Observation Class ⇔ Mid-sized ⇔ Work Class

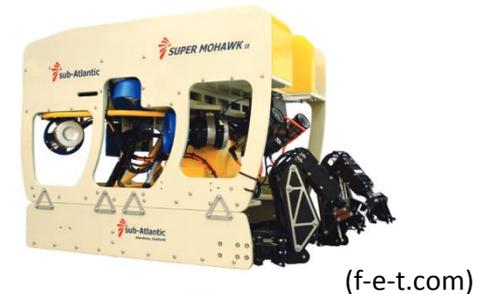
### Forschung:

- Archäologische Untersuchungen / Wracksuche
- Erfassung Flora & Fauna / Beprobung
- Hochauflösende Kartierung



### Kommerziell:

- IMR – Inspection, Maintenance, Repair
  - ➔ Inspektion und Arbeiten an Off-, Near- und Inshore-Anlagen / Schiffshüllen
- Einrichtung und Montage



### Militär:

- Seeminenabwehr (MCM – Mine Counter Measure)
- Search & Recovery
- Inspektionen



# Anwendungen

## AUVs – Autonomous Underwater Vehicles

### Forschung:

- Hochauflösende Kartierung in der Tiefsee
- Einsatz in eisbedeckten Gebieten
- Unterwassergleiter: langzeitige ozeanographischen Messung



(teledynemarine.com)

### Kommerziell:

- Exploration von Tiefseerohstoffen
- Kabel- oder Pipelinevermessung



(atlas-elektronik.com)

### Militär:

- Seeminenabwehr
- REA – Rapid Environment Assessment
- Aufklärung und Überwachung
- Verdeckte Operationen



(kongsberg.com)

# Anwendungen

## USVs – Unmanned Surface Vehicles

### Forschung:

- Langzeitausgelegte ozeanographische Datenaufzeichnung
- Passiv akustisches Monitoring von Meeressäugern

### Kommerziell:

- Kartierung im (Flach)Wasser

### Militär:

- Seeminenabwehr
- Maritime Sicherheit & Verteidigung

### Allgemein:

- Einsatz als Kommunikationslink bei Kombination mit UUV



(maritimerobotics.com)

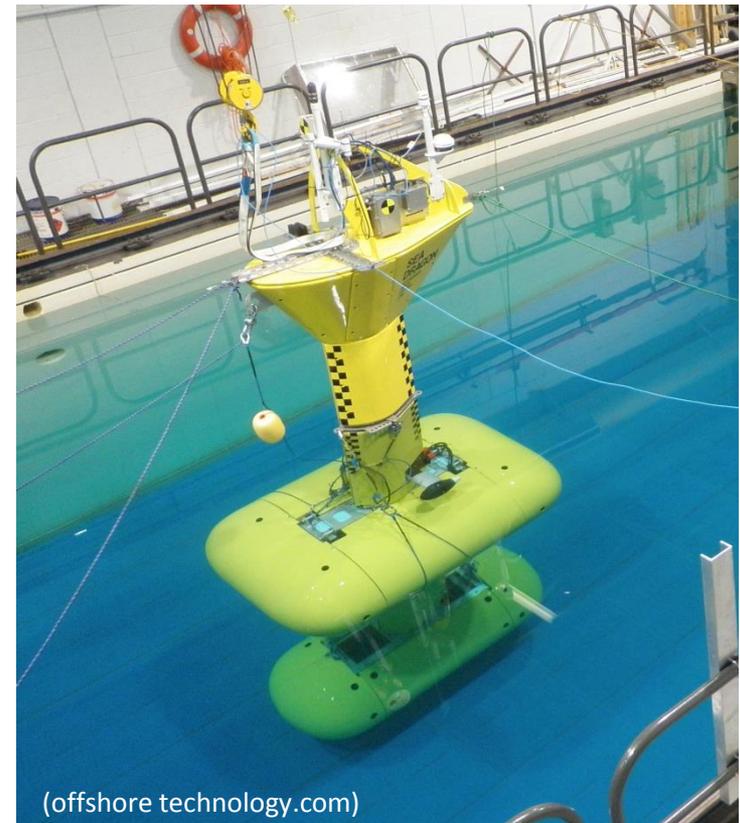
# Vor- und Nachteile von UUVs

Vor- und Nachteile von UMVS		UUV		USV	
		ROV	AUV	USV	ASV
Messgebiet	Einsatz in schwierig zu erreichenden oder gefährlichen Gebieten	✓	✓	✓	✓
	Steigerung der Effizienz (paralleler Einsatz)	✓	✓	✓	✓
	Große Entfernung zum Operator möglich	✗	✓	✗	✓
Messdatenqualität	Nähe zum Untersuchungsobjekt (Auflösung & Probeentnahme)	✓	✓	✗	✗
	Geringere Geräuschkulisse & Welleneinfluss	✓	✓	✗	✗
Kommunikation	Positionierungsqualität	(✗)	(✗)	✓	✓
	Echtzeitqualitätskontrolle	✓	✗	(✓)	(✗)
Kommunikation	Kommunikation	✓	(✗)	✓	(✗)
Kapazität	Länge des Messeinsatzes / Batteriekapazität	✓	✗	✗	(✗)
Kollisionsvermeidung	Rechtliche Aspekte	(✓)	✗	(✓)	(✗)
	Kollisionsvermeidungsalgorithmen (COLREG, Detektion & Klassifikation)	✗	(✓)	(✗)	(✓)

# Trends und Entwicklungen

## Spezialanwendungen / Hybride Systeme

- Weiterentwicklung der Sensorik → spezialisierte Anwendungen
- Größere Systeme: längere Missionsdauer & größere Payload-Möglichkeiten



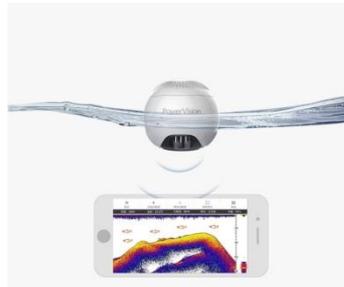
# Trends und Entwicklungen

## Low-Cost / Open-Source

- Durch Weiterentwicklung der Sensorik werden Systeme immer kleiner und kostengünstiger
- Offene Schnittstellen an UUVs und frei-zugängliche Programmier-Codes (z.B. MOOS-IvP)



(powervision.me)



(robosea.org)



(riptide.com)

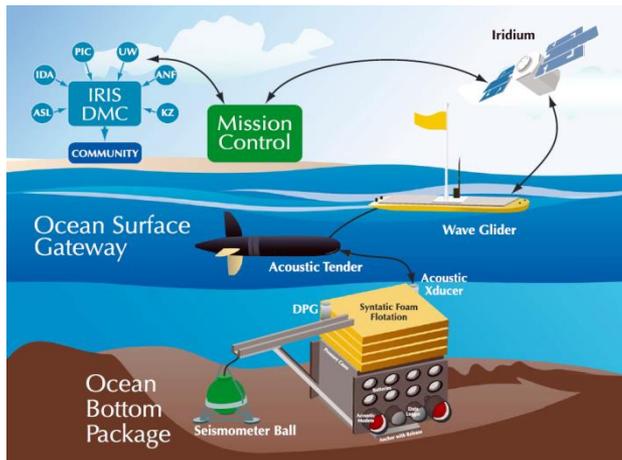
## Verlängerung der Einsatzdauer

- Fortschritte in Akku-Technologie
- Verwendung von innovativen Energiegewinnungsmethoden
- Weiterentwicklung von Docking-Stationen → stationärer Betrieb

# Trends und Entwicklungen

## Vernetzung / Schwärme

- Vernetzung mehrerer UMVs, kombinierter Einsatz
  - ➔ Steigerung der Sensorabdeckung
  - ➔ Ausgleich von Vor- und Nachteilen einzelner Systeme (Beispiel: „High Telemetered Seismographic Observatory“)
- Verbund von Systemen zu einem kooperativen System (Schwarm)
  - ➔ gemeinschaftliches Ziel, Kommunikation untereinander, Abstimmung z.B. der Routen untereinander, einzelne Ziele können delegiert werden (Beispiel: subCULTron)
- Adaptive Systeme (KI)



(Berger et al., 2016)



(subcultron, 2018)



(Aquabotix, 2018)

# Zusammenfassung

---

- Entwicklung UUVs ist eng verknüpft mit den Fortschritten in den Technologien der Teilkomponenten
- Entwicklungsbedarf noch vorhanden, wird unterstützt durch verschiedene Wettbewerbe (z.B. AUVSI Robosub oder Shell Ocean Discovery XPRIZE)
- Entwicklung von rechtliche Grundlagen und Standards ist wichtig!

Breites Spektrum an Einsatzmöglichkeiten.  
Erweiterung der Anwendungsmöglichkeiten in der Hydrographie.  
Nicht die Lösung für alle hydrographischen Messaufgaben.

# Referenzen

---

Aquabotix (2018): <https://www.aquabotix.com/micro-usvs.html>, letzter Zugriff 04/2018.

Berger, J.G., Laske, J., Babcock, J., Orcutt, J. (2016): An ocean bottom seismic observatory with near real-time telemetry. In: Earth and Space Science, 3, S. 68-77. DOI: 10.1002/2015EA000137.

Christ, R.D., Wernli Sr, R.L. (2014): The ROV Manual: A User Guide for Observation Class Remotely Operated Vehicles. 2<sup>nd</sup> Edition, Butterworth-Heinemann.

Huang, H.-M. (2004): Terminology for Specifying the Autonomy Levels for Unmanned Systems (ALFUS). Vol. 1.0, National Institute of Standards & Technology, Special Publication 1011 (Terminology, Version 1.1). DOI: 10.6028/NUST.sp.1011.

Parasuraman, R., Sheridan, T.B., Wickens, C.D. (2000): A Model for Types and Levels of Human Interaction with Automation. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part A: Systems and Humans. Volume 30, Issue 3, Mai 2000. DOI: 10.1109/3468.844354.

subCULTron (2018): <http://www.subcultron.eu>, letzter Zugriff 04/2018.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

