

Kooperierende Unterwasserfahrzeuge



Prof. Dr. Lars Nolle
Fachbereich Ingenieurwissenschaften
Wilhelmshaven, 14.06.2021

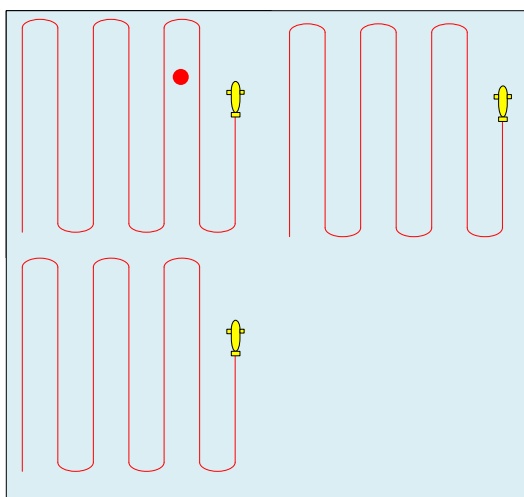
AGENDA

- Motivation: Suche nach Points of Interest (POI)
- Vorteile von verteilten Systemen
- kooperierende, autonome Unterwasserfahrzeuge
 - Vorteile
 - Architektur
- Suchstrategie: Particle Swarm Optimisation (PSO)
- Herausforderungen Unterwasser
- EITAMS Projekt:
 - AUV Hardware
 - Entwickelte Software
 - Sensorik
- Zusammenfassung

MOTIVATION: SUCHE NACH POINTS OF INTEREST (POI)

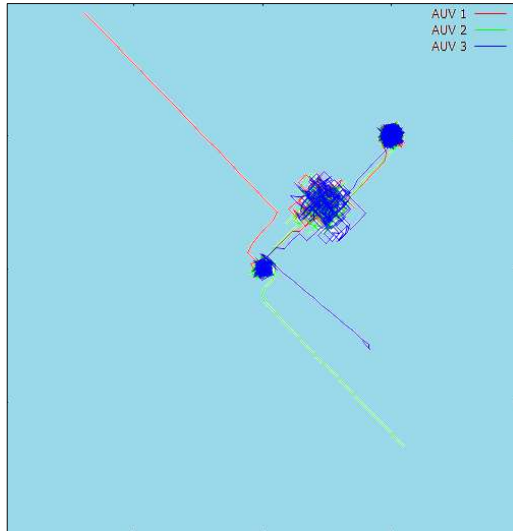
- Szenario: gefährliche Substanzen gelangen ins Meer z.B.:
 - versunkene Container
 - Munition
 - Giftstoffe
 - ...
- Quellen der Substanzen (POI) müssen möglichst schnell gefunden werden
- Häufig werden Unterwasserfahrzeuge hierfür eingesetzt

VORTEILE VON VERTEILTEN SYSTEMEN



- AUV kann eingesetzt werden, um POI zu lokalisieren
- AUV fährt systematisch vordefiniert Bahn ab
 - verfehlt möglicherweise den POI
- AUVs haben einen begrenzten Energievorrat
 - Einsatzdauer beschränkt
- Ausweg: Einsatz von mehreren AUVs

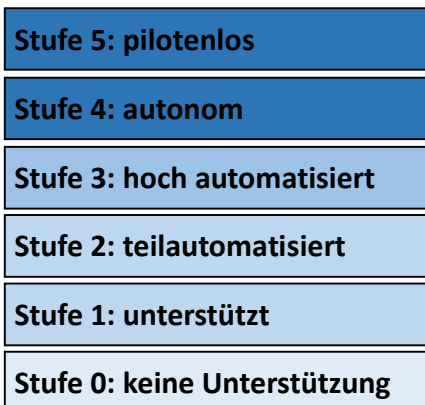
VORTEILE VON KOOPERIERENDEN, AUTONOMEN UNTERWASSERFAHRZEUGEN



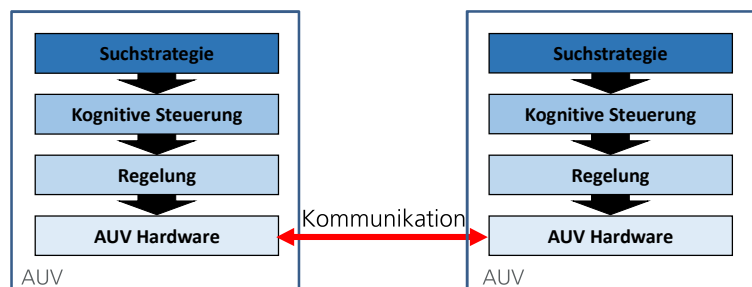
- Wenn sich die Schadstoffkonzentration räumlich ändert:
 - Information kann zur Suche herangezogen werden
- Kooperation:
 - AUVs tauschen Informationen aus um gemeinsam das Ziel zu erreichen
- Verschiedene Strategien (Suchalgorithmen) denkbar

ARCHITEKTUR FÜR KOOPERIERENDE, AUTONOME UNTERWASSERFAHRZEUGE

Autonomielevel nach SAE



Architektur



SUCHSTRATEGIE: PARTICLE SWARM OPTIMISATION (PSO)

- Basiert auf Verhalten realer Schwärme (Vögel, Fische)
- Partikel (AUVs) bewegen sich mit veränderlicher Geschwindigkeit im Suchraum
- Neue Geschwindigkeit berechnet sich:

$$\vec{v}_{i+1} = \vec{v}_i \omega + r_1 c_1 (\vec{p}_{best} - \vec{x}_i) + r_2 c_2 (\vec{g}_{best} - \vec{x}_i)$$

kognitiver Aspekt
sozialer Aspekt



- Die neue Position berechnet sich zu:

$$\vec{x}_{i+1} = \vec{x}_i + \vec{v}_{i+1} \Delta t$$

- PSO benötigt:
 - verlässliche Kommunikation zwischen den Partikeln
 - Exakte Lokalisierung der Partikel

HERAUSFORDERUNGEN UNTERWASSER (1)

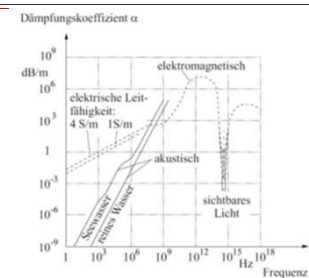
- Die Unterwasserkommunikation wird beeinflusst durch:
 - Streckendämpfung
 - Absorption
 - Mehrwegeausbreitung

→ Unzuverlässige, schmalbandige Kommunikation

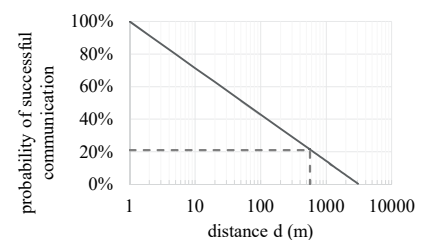
- vereinfachtes Fehlermodell (nur Streckendämpfung):

$$L_p = 20 \log d/d_0$$

→ Wahrscheinlichkeit der erfolgreichen Kommunikation basiert auf dem Abstand zwischen den beteiligten AUVs



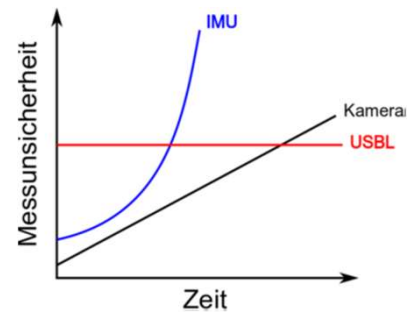
Lerch et al. (2009) <https://doi.org/10.1007/978-3-540-49833-9>



Tholen, C. et al. (2019) DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-97888-8_6

HERAUSFORDERUNGEN UNTERWASSER (2)

- Selbstlokalisierung
 - Kein GPS Empfang
 - Akustische Verfahren
 - Koppelnavigation
 - Fehlerfortpflanzung
- Ungenaue Positionsbestimmung unter Wasser

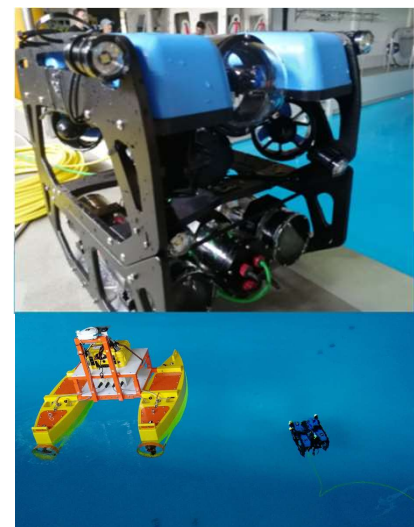


Rofalski, R.; Luhmann, T. (2018) ISBN: 978-3-95786-165-8

- Es wird eine möglichst robuste und fehlertolerante Suchstrategie benötigt!
- Im Rahmen des EITAMS-Projektes wurden verschiedenste Suchstrategien entwickelt und evaluiert

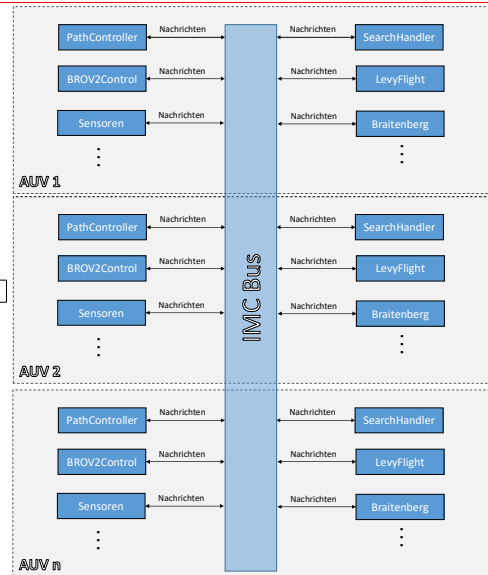
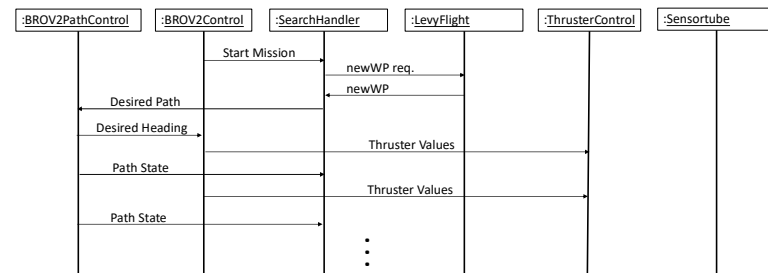
EITAMS – AUV HARDWARE

- BlueROV2 von BlueRobotics
 - Quelloffen (Hard- und Software)
 - Linux Betriebssystem
 - Kostengünstig
 - Große Community
- Evologics Unterwassermodems (USBL)
 - State of the Art
 - Bandbreite bis 13.9 kbit/s
 - Reichweite bis 3500 m
- Waterlinked Underwater GPS (SBL)
 - Reichweite 100 m
 - Kostengünstig
- 360 Scanning Sonar
 - Ping360 von BlueRobotics



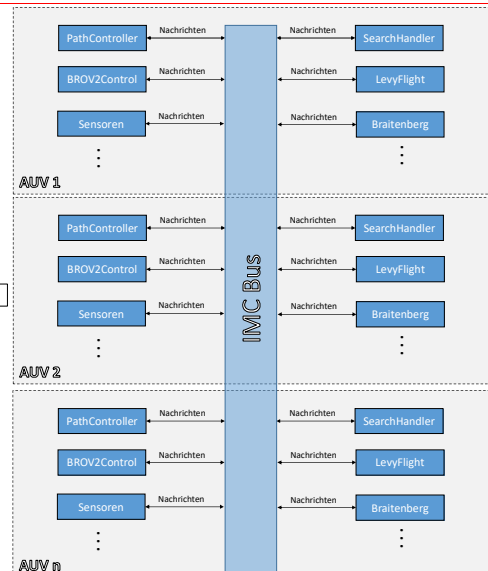
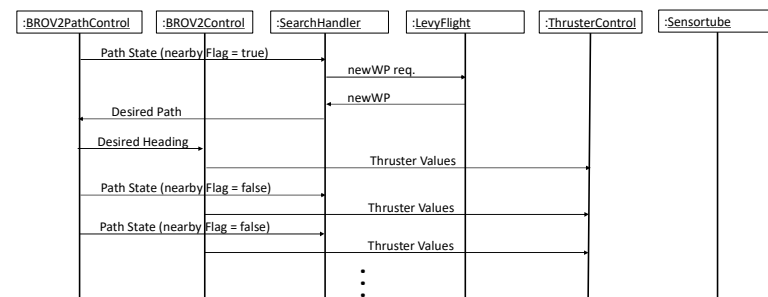
- DUNE: Unified Navigation Environment
 - Framework für autonome Systeme
 - Entwickelt an der Universität Porto /LSTS
 - modulare Abstraktionsschicht
- Module für Regelung, kognitive Steuerung und Suchstrategien wurden entwickelt

Wegpunkt anfahren



- DUNE: Unified Navigation Environment
 - Framework für autonome Systeme
 - Entwickelt an der Universität Porto /LSTS
 - modulare Abstraktionsschicht
- Module für Regelung, kognitive Steuerung und Suchstrategien wurden entwickelt

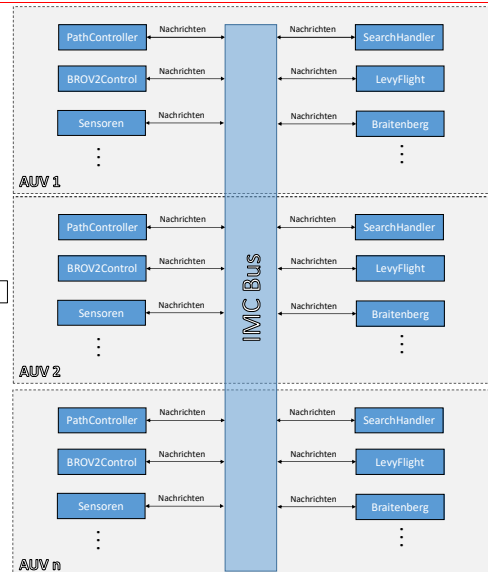
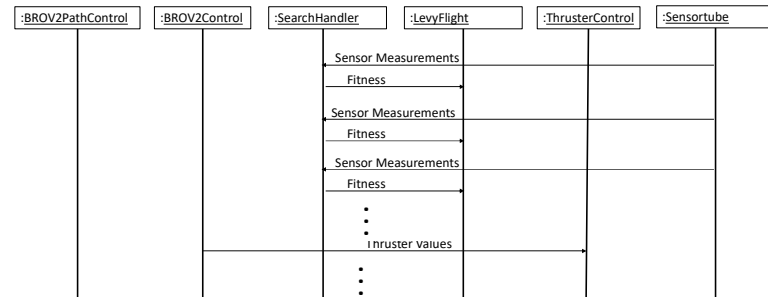
Wegpunkt erreicht



EITAMS - SOFTWAREENTWICKLUNG

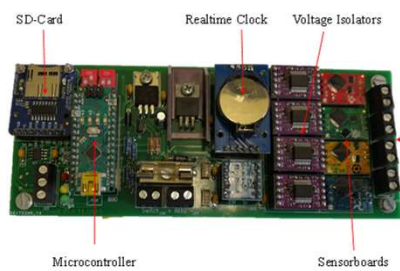
- DUNE: Unified Navigation Environment
 - Framework für autonome Systeme
 - Entwickelt an der Universität Porto /LSTS
 - modulare Abstraktionsschicht
- Module für Regelung, kognitive Steuerung und Suchstrategien wurden entwickelt

Sensordatenverarbeitung



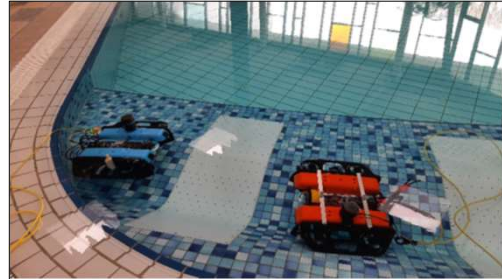
EITAMS – SENSOREN

- Kamerasystem
- Sensortube
 - Temperatur
 - Druck
 - Leitfähigkeit
 - Gelöster Sauerstoff
 - Oxidations-Reduktions-Potenzial
 - pH
 - FDOM
- Kostengünstige Sensoren
- Datenlogger
- Anbindung an das ROV per RS232
- TriOS G2 Interface
 - Verschiedene Sensoren möglich
 - Anbindung per RS485 Modbus RTU



ZUSAMMENFASSUNG

- Vorteile durch Verbünde von AUVs:
 - Erweiterung des Suchgebietes
 - Fehlertolerant gegenüber Ausfällen
- Kooperierende AUVs:
 - Können sich gegenseitig bei der Suche unterstützen
 - Benötigen gemeinsame Suchstrategie
- Suchstrategien werden beeinflusst:
 - Kommunikationsfehler
 - Lokalisationsfehler
- Im Rahmen des EITAMS-Projektes wurden verschiedenste Suchstrategien entwickelt und evaluiert



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit