



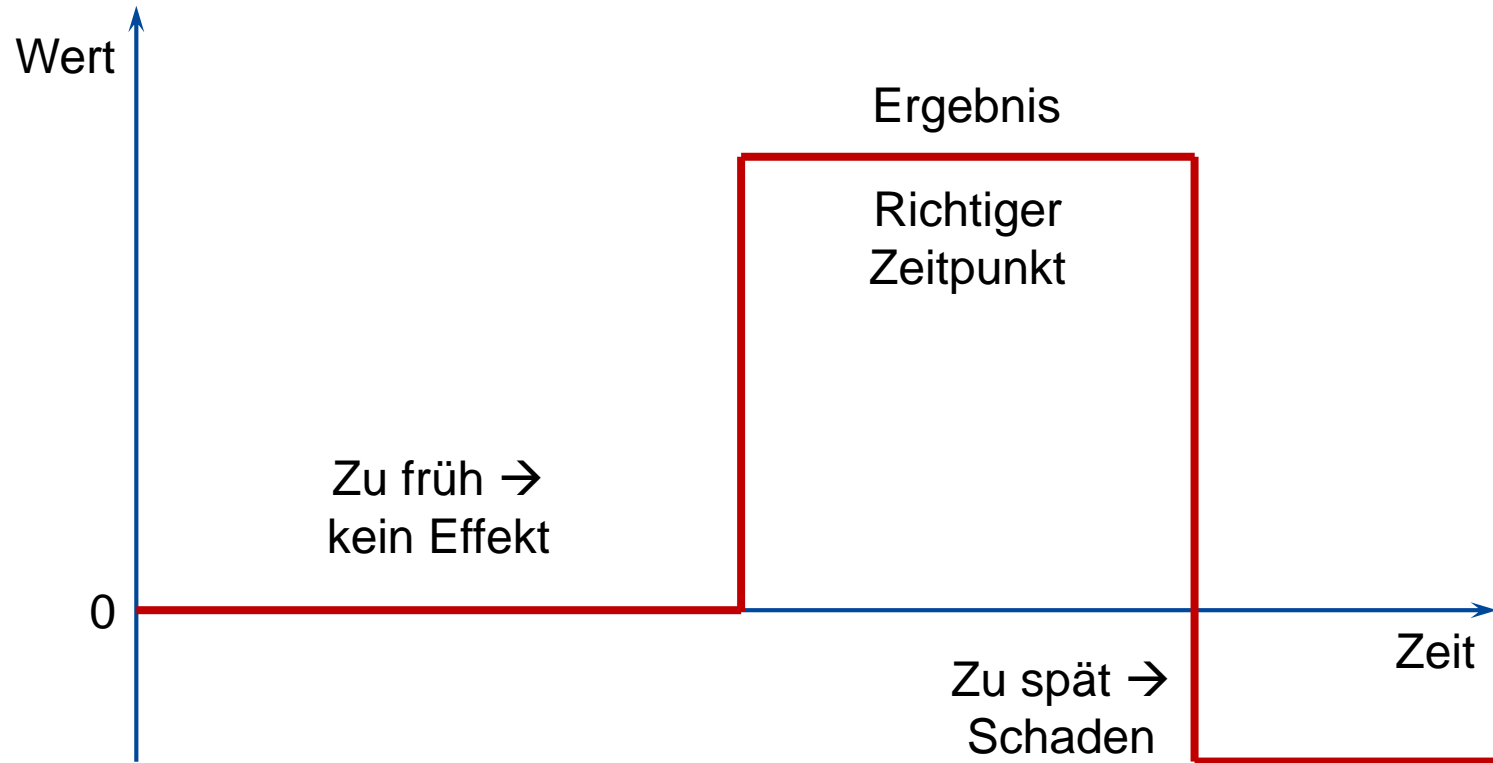
Echtzeitkommunikation für Cyber-Physische Systeme

KSWS / Projekt

Peter Danielis
Parallele Systeme (ParSys)

Helge Parzyjegl
Architektur von Anwendungssystemen (AVA)

Was bedeutet Realtime/Echtzeit?



Nicht notwendigerweise schnell, sondern **vorhersagbar!**

→ Das **Richtige** zum **richtigen Zeitpunkt** tun.

Was sind Cyber-Physische Systeme (CPS)?

- > Systeme bestehend aus Software-Komponenten und mechanischen bzw. elektronischen Teilen verbunden über ein Kommunikationsnetz
- > Wirken auf die reale, physische Welt ein
 - unterliegen physikalischen Gesetzen
 - haben zeitliche Anforderungen (Echtzeit)
- > Beispiele
 - > Industrieroboter
 - > Fertigungsstraße in der Smart Factory
 - > Rekonfigurierbare Produktionszelle einer Smart Factory
 - > Moderne (autonome) Fahrzeuge
 - > Steer/Fly-By-Wire
 - > Autopilotfunktionen jeglicher Art

Industrieroboter in der Smart Factory



Fertigungsroboter von Kuka

Zeitkritische Kommunikation bei Übergabe eines Werkstücks.

Rekonfigurierbare Produktionszelle

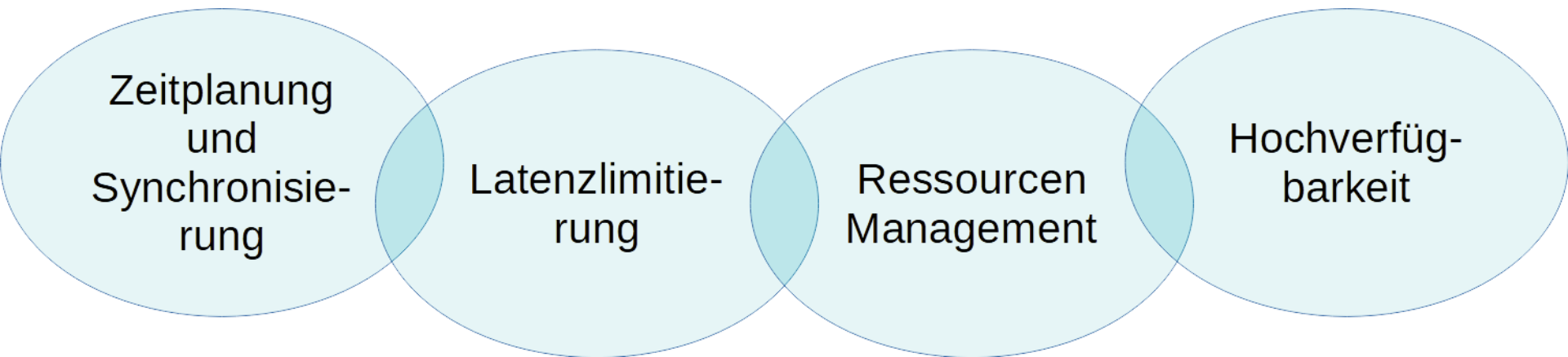


Fertigungsroboter von Kuka

Flexible Kommunikation bei Aufgabenänderung.

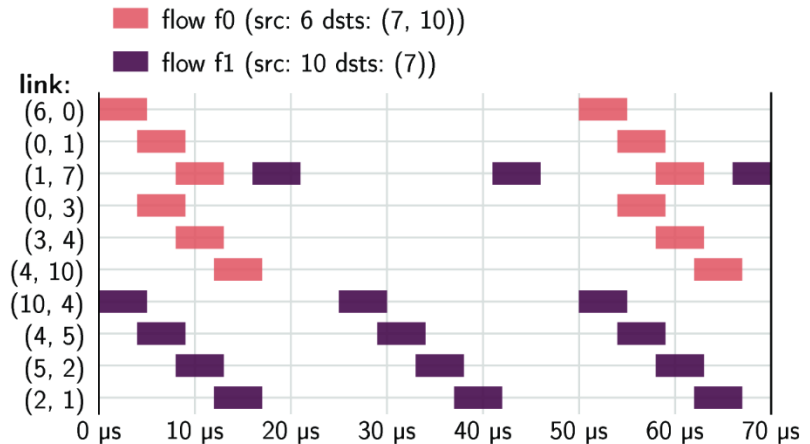
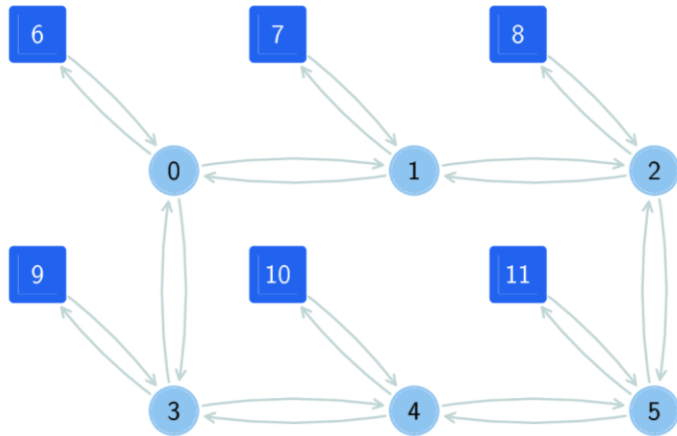
Echtzeit-Ethernet: Time-Sensitive Networking

- > Drahtgebundene Kommunikation nach IEEE 802.1Q
- > Erweiterung von Ethernet
- > Anpassung auf ISO/OSI-Schicht 2 (Sicherheitsschicht)
- > Baukastenprinzip



- > TSN-Netze müssen konfiguriert werden: hierfür benötigen wir eine Planung!

Geplante Echtzeitkommunikation



> Streams

- > Von Knoten 6 zu Knoten 7 und 10 (Multicast)
- > Von Knoten 10 zu Knoten 7

> Ablaufplan (engl. Schedule)

- > Bestimmt, wann welches Paket über welchen Link gesendet wird
- > Stets ohne Konflikte → nachweisbar korrekt
- > Anpassung bei Änderungen des Kommunikationsmusters
- > Zusätzlicher, weniger wichtiger Datenverkehr möglich

Drahtlose Kommunikation

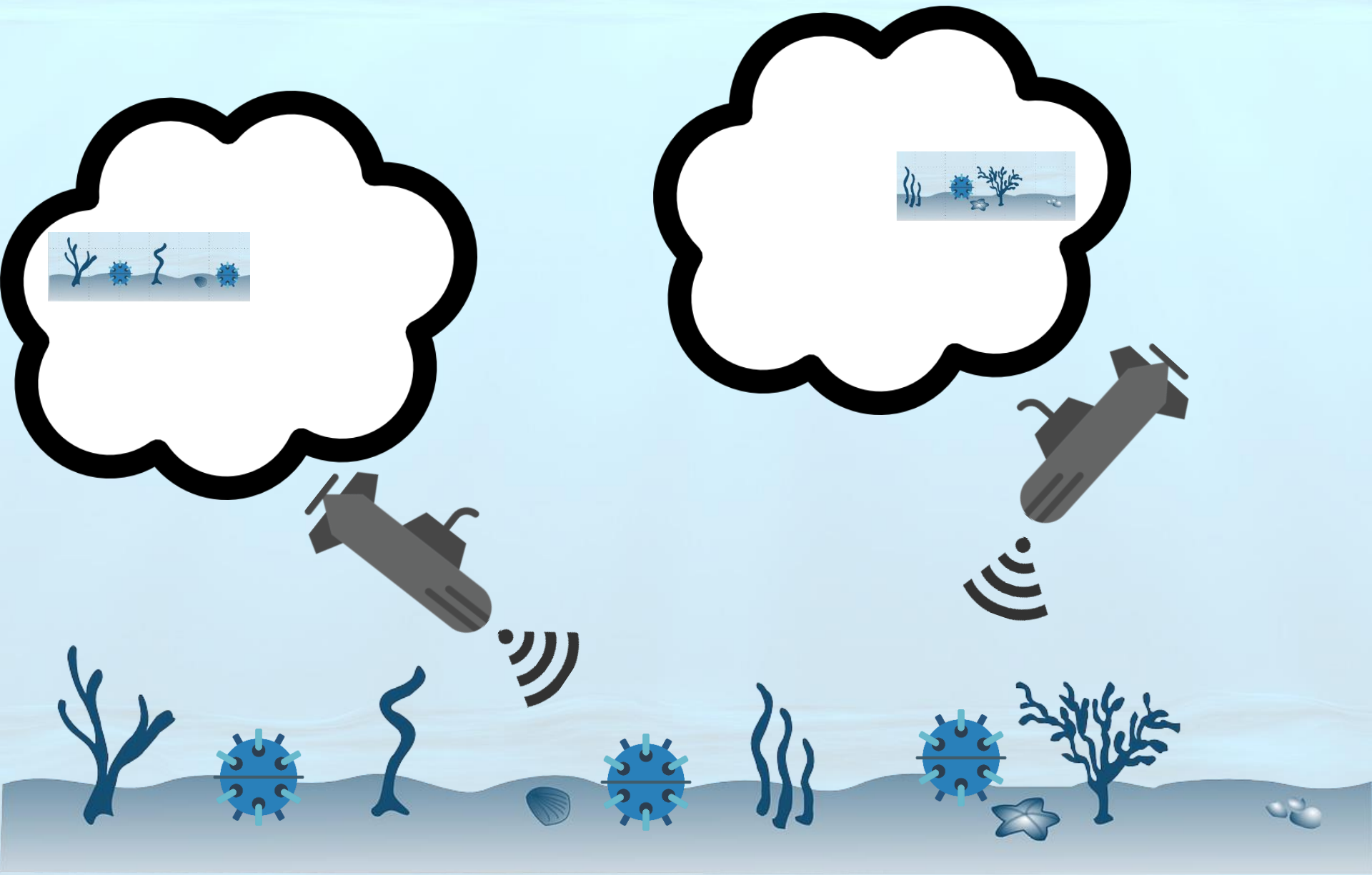
- > Kommunikationsvielfalt in CPS
 - > Kombination aus drahtgebundener Stabilität und drahtloser Flexibilität, um verschiedene Anwendungsanforderungen zu erfüllen
- > 5G als Schlüsselfaktor
 - > Ultra-latenzarme und hochzuverlässige drahtlose Kommunikation für mobile und dynamische CPS-Anwendungen
- > Herausforderungen durch 5G
 - > Sicherheitsrisiken, Interoperabilitätsfragen und Energieeffizienz als zentrale Themen bei der Integration in CPS



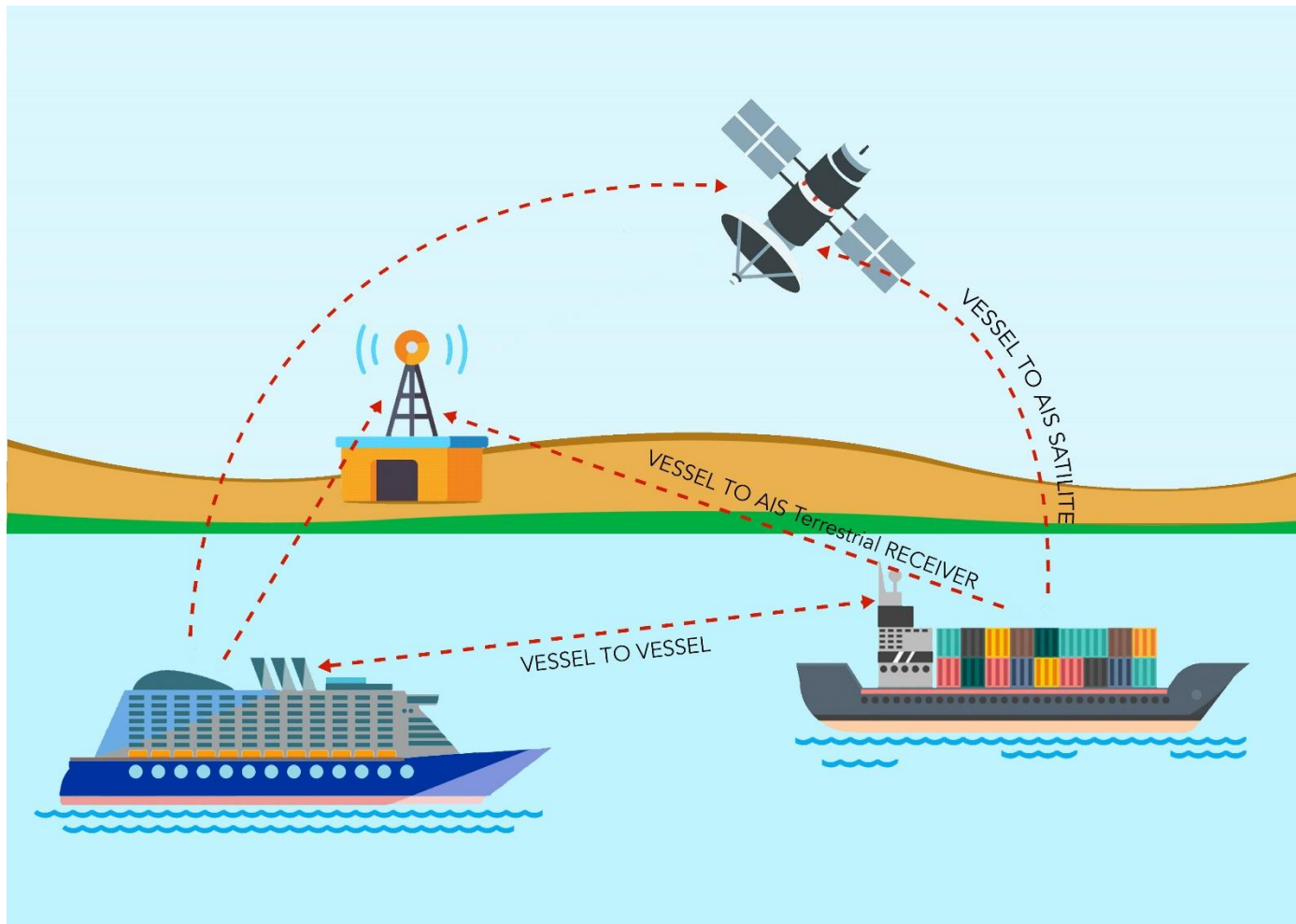
Unterwasser-Szenario 1: Wartung der Fundamente von Offshore-Windkraftanlagen



Unterwasser-Szenario 2: Räumung von Altlasten aus dem 2. Weltkrieg (Blindgänger, Unexploded Ordnance - UXO)

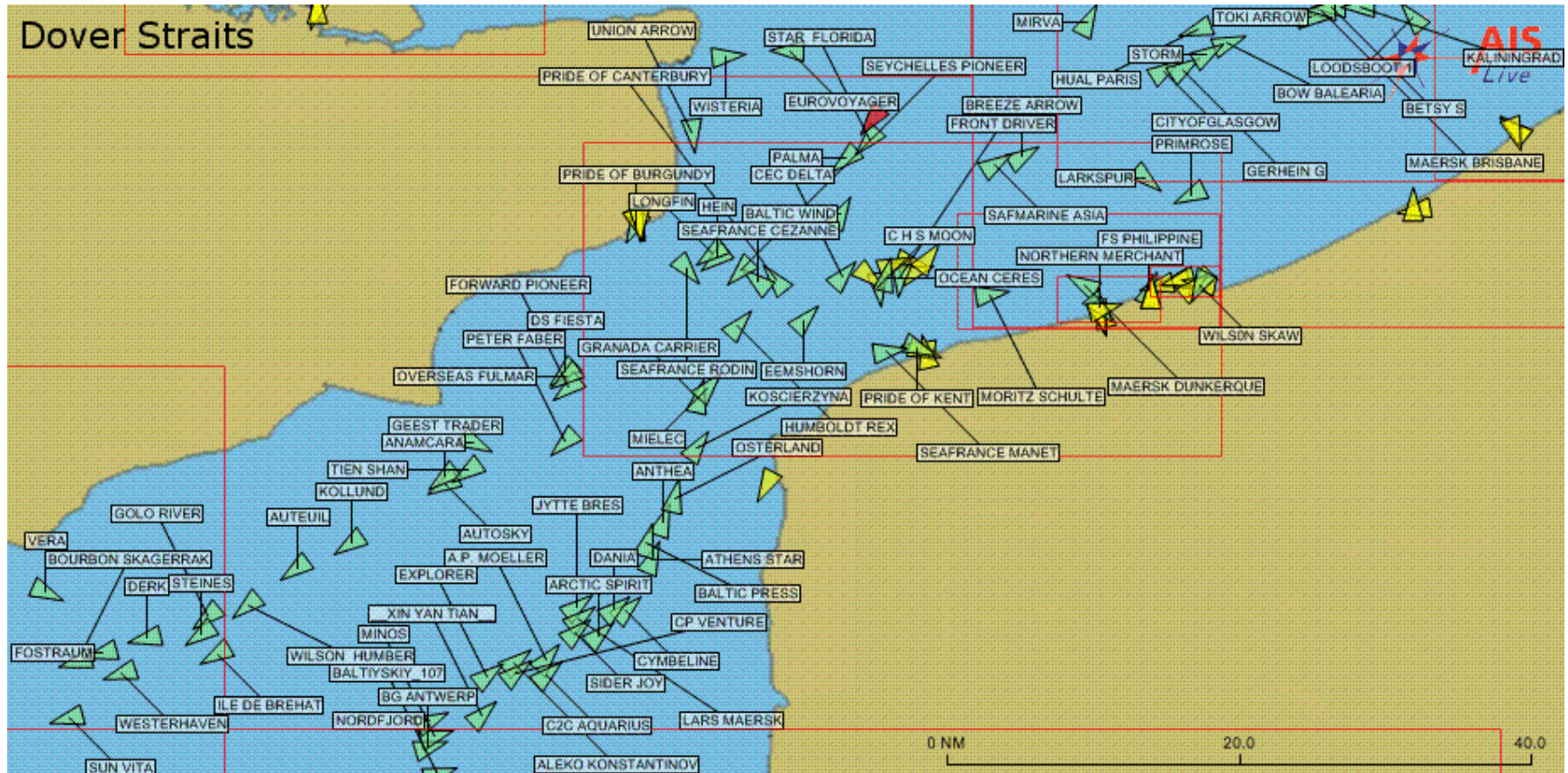


Automatic Identification System (AIS)



Funksystem zum Austausch von Navigations- und Schiffsdaten.

Visualisierung von AIS-Daten



Anwendung zur Kollisionsverhütung, Lenkung des Schiffsverkehrs, Info über Schiffsbewegungen, Überwachung illegalen Fischfangs, ...

Projekte und Kooperationen

- > Echtzeitfähige Publish/Subscribe-Kommunikation
 - > Teil eines DFG-Projektes
 - > Planung flexibler Kommunikationsmuster und Reservierung notwendiger Zeitslots auf den Kommunikationsverbindungen
 - > Abschätzung der Worst-Case-Laufzeit einer Publikation und deren (ggf. inhaltsbasierter) Filterung und Auslieferung
 - > Einsatzgebiet in der Smart Factory
- > Autonome Unterwasserfahrzeuge (AUVs)
 - > Zusammenarbeit mit dem Institut für den Schutz maritimer Infrastrukturen, Abteilung Resilienz maritimer Systeme, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Bremerhaven
 - > Kooperative Navigation mehrerer AUVs
 - > Begrenzte Energie limitiert Sensoren und Bewegung
 - > Opportunistische Kommunikation durch Akustikmodems

Aufgaben: TSN-Standards in OMNeT++

- > OMNeT++-Framework INET umfasst Simulationsmodelle für TSN-Standards
- > INET bietet diverse TSN-Showcases zur Demonstration der Funktionalität dieser Standards
- > Aufgabe TSN.1: Showcases
 - > Inbetriebnahme eines Showcases
 - > Nachbau des Showcases in eigenem Use Case
 - > Ggf. Integration fehlender TSN-Features in die Simulationsmodelle
- > Aufgabe TSN.2: Tutorial
 - > Entwurf eines Tutorials für eine wissenschaftliche Konferenz
 - > Theoretische Erklärung und praktische Demo eines TSN-Standards

Aufgaben: 5G-Kommunikation in OMNeT++

- > Simu5G: Simulator für 5G NR und LTE/LTE-A Netzwerke, integriert in OMNeT++ und INET
- > Funktionen: Simulation der Datenebene in 5G RAN und Kernnetz mit FDD/TDD, heterogene gNBs, D2D-Kommunikation und Dual Connectivity

- > Aufgabe 5G.1: Showcases
 - > Inbetriebnahme von Simu5G
 - > Analyse und Test von Simu5G
 - > Entwicklung eigener Showcases

Aufgaben: Autonome Fahrzeuge in OMNeT++

- > Nutzung eines OMNeT++-Simulationsmodells für autonome Fahrzeuge (Autonomous Vehicles, AVs)
- > Simulationsmodell ist modular aufgebaut und lässt sich leicht anpassen
- > Aufgabe AV.1: Energiemodell
 - > Inbetriebnahme des Simulationsmodells in OMNeT++
 - > Analyse verschiedener Energiemodelle und Verbrauchskennlinien
 - > Integration eines Energiemodells
- > Aufgabe AV.2: Kooperative Missionen
 - > Formation mehrerer AUVs
 - > Kartierung des Meeresbodens
 - > Kooperative Jagd

Aufgaben: AIS-Datenverarbeitung und -analyse

- > AIS-Datenverarbeitungspipeline
 - > Dekodierung der AIS-Nachrichten
 - > Prüfung auf Vollständigkeit und Übertragungsfehler
 - > Bereinigung doppelter Nachrichten
- > Speicherung von und Zugriff auf AIS-Daten
 - > Kompakte Speicherung vs. schneller Zugriff
 - > Verarbeitung relevanter Queries
- > Datenanalyse
 - > Plausibilitätsanalyse
 - > Identifizierung verdächtigen Verhaltens
- > Programmierung in Java oder Python
 - > Nutzung relevanter Middleware-Plattformen

Organisatorisches

- > Wöchentliche Treffen **Donnerstag, 15:00 Uhr, R 101 (AE22)**
- > Bis zu zwei Teams
 - > Team A: TSN, 5G und AUVs (Peter)
(wahrscheinlich feingliedrigere Aufgabenaufteilung)
 - > Team B: AIS-Daten (Helge)
- > Entwicklungsmethodik
 - > Agile Entwicklung
 - > Drei Meilensteine bzgl. Entwurf, Implementierung, Bericht

**Art und Umfang der Aufgaben nach Anzahl
und Interessen der Teilnehmer!**

Anmeldung und Kontakt

> Eintrag in die richtige Stud.IP-Veranstaltung

1.  23846 Vorlesung: KSWS: AVA
2.  23847 Projekt: Projekt : AVA

> Fragen an Peter Danielis und Helge Parzyjegla per E-Mail

- > peter.danielis@uni-rostock.de
- > helge.parzyjegla@uni-rostock.de