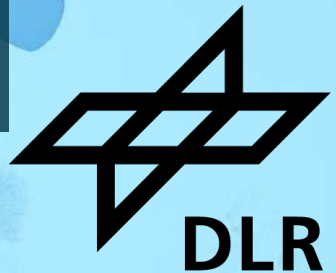


ANFORDERUNGEN DER COLREGS AN AUTONOME SCHIFFE

Eine interdisziplinäre Studie – by Alexander Klein & Dr. Michael Stadermann



Gliederung



1. Forschungsfokus
2. Beispiel 1: Anforderungen an Visuelle Systeme
 - Rechtliche Anforderungen
 - Technische Herausforderungen
3. Beispiel 2: Situational Awareness bei Nacht
 - Rechtliche Anforderungen
 - Technische Herausforderungen
4. Weitere Beispiele (Überblick)
5. Fazit



FORSCHUNGSFOKUS

Welches Anwendungsszenario liegt diesem Beitrag zugrunde?

- Unbemanntes, vollautonomes Schiff
- Überwachte Voll-Autonomie als Regelverhalten
- Manuelle Kontrolle durch Remote Control Center als Ausnahme

Technischer Fokus

- Schwerpunkt auf optischer Sensorik
- Andere relevante Sensorik (Lage/Position; Akustik) ausgespart



ANFORDERUNGEN AN VISUELLE SYSTEME

COLREG

Regel 5 Ausguck

Jedes Fahrzeug muss jederzeit durch Sehen und Hören sowie durch jedes andere verfügbare Mittel, das den gegebenen Umständen und Bedingungen entspricht, gehörigen Ausguck halten, der einen vollständigen Überblick über die Lage und die Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes gibt.

CLASS Guidelines

Bureau Veritas

- Die Sensorik sollte eine Person im Wasser in kurzer Entfernung (bis ca. 500 m) erkennen können.
- Das Schiff muss stets unter Verwendung geeigneter Informationen überwacht werden, um das Risiko einer Kollision vollständig einschätzen zu können.

Det Norske Veritas (DNV)

- Die Sensorik muss ein horizontales Sichtfeld von 360° um das Schiff herum bis zum Horizont ermöglichen.
- Um gleichwertige Bedingungen zur Erkennung von Objekten durch den RCC-Operator zu erreichen, müsste die Bildübertragung kontinuierlich erfolgen, wobei die Auflösung, die Bildrate, die Farbtiefe und das Sichtfeld ein gleichwertiges Niveau im Vergleich zu einer bemannten Brücke bieten müssten.

Visuelle Umsicht

- Auflösung für Entfernte Objekte
- Volle Umsicht benötigt komplexes Kamerasystem
- Datenrate und Bildwiederholrate

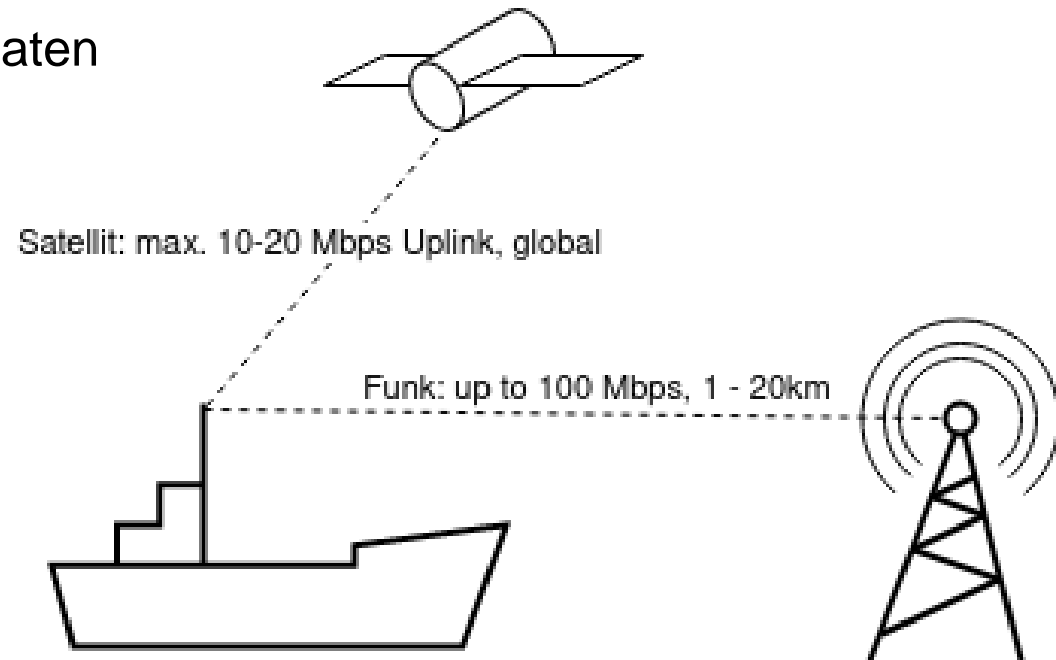


- Auflösung: 4416 x 4428 (19.6 MPix)
- 1 Pixel ~ 1m² auf 5 km Entfernung
- 50m Schiffe am Horizon
- Erkennen von Schiff Silhouetten
- Schiffsklassen Identifikation ist eingeschränkt möglich

Technische Herausforderungen

Remote Operator

- Enorme Mengen an Rohdaten
- Limitierung durch Netzwerk auf dem Schiff
- Kapazität Satellit / Funkverbindung
- Herausforderung Kompression von Video Daten
- Steuerungsverzögerung





SITUATIONAL AWARENESS BEI NACHT

Welche rechtliche Anforderungen ergeben sich aus den Nachtsichtanforderungen?

▪ Aus **COLREGs**

▪ **Regel 13, b:** Überholen

„Ein Fahrzeug gilt als überholendes Fahrzeug, wenn es [...] gegenüber dem zu überholenden Fahrzeug so steht, daß es bei Nacht nur dessen Hecklicht, aber keines der Seitenlichter sehen könnte.“

▪ **Regel 14:** Entgegengesetzte Kurse

„Eine solche Lage muß angenommen werden, wenn ein Fahrzeug das andere recht voraus oder fast recht voraus sieht, bei Nacht die Topplichter des anderen in Linie oder fast in Linie und/oder beide Seitenlichter sieht und am Tage das andere Fahrzeug dementsprechend ausmacht.“

▪ **Teil C:** Lichter und Signalkörper

- Unterschiedliche Lichtertypen je nach Schiffsart und -Größe.

▪ **Teil D:** Schall- und Lichtsignale

- Unterschiedliche Anzahl von Lichtblitzen, -Farben, -Positionierung zum Manövrieren und zur Warnung (Regel 34), zur Erregung der Aufmerksamkeit anderer Schiffe (Regel 36) und zur Erteilung eines Notsignals (Regel 37)

▪ Aus den Richtlinien der **Klassifikationsgesellschaften** (Det Norske Veritas)

"Es muss möglich sein, Lichter und Formen, wie in COLREG Teil C beschrieben, sowie Schall- und Lichtsignale, wie in COLREG Teil D beschrieben, zu erfassen und zu erkennen."

Rechtliche Anforderungen

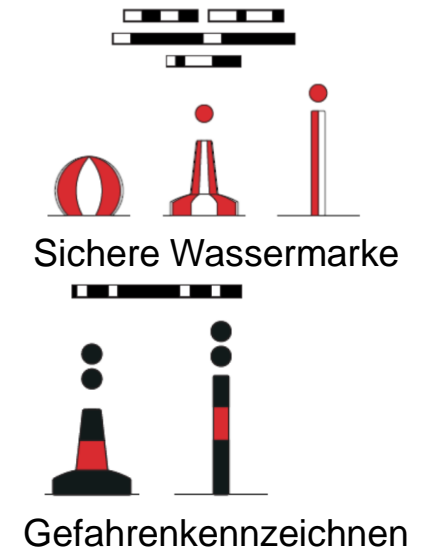
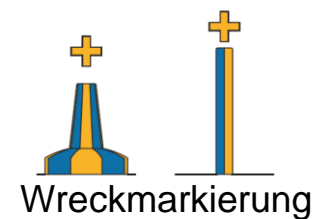
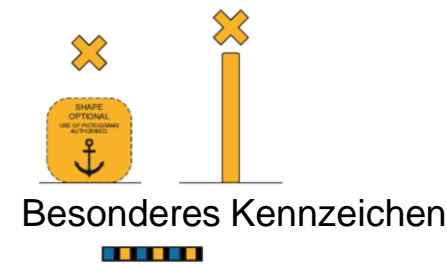
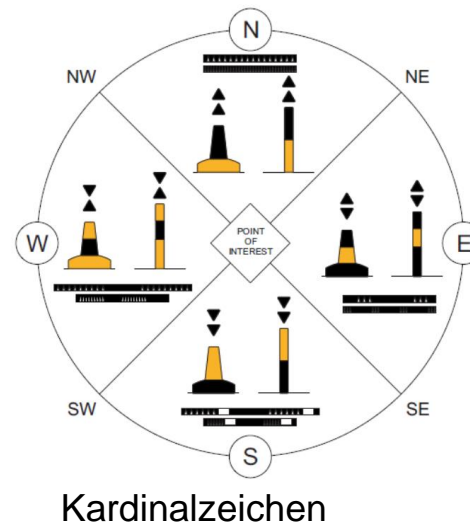
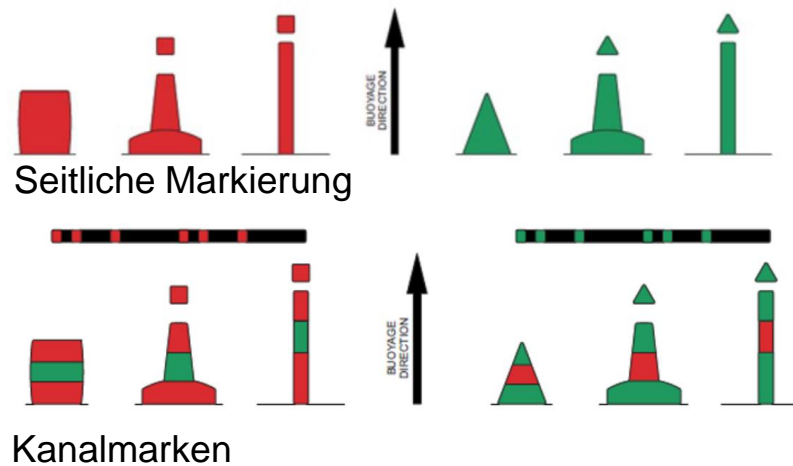
Welche rechtliche Anforderungen ergeben sich aus den Nachtsichtanforderungen?

- Aus den **IALA-Standards**

→ **R1001: Maritime Buoyage System (MBS)**

- Marken werden von den folgenden Merkmalen charakterisiert:

„Bei Nacht, Farbe und Rhythmus des Lichts und/oder Verstärkung der Beleuchtung (Beispiel: Retroreflektoren).“



- Aus den Richtlinien der **Klassifikationsgesellschaften** (Det Norske Veritas)

„Es muss möglich sein, alle externen Objekte von Interesse für die sichere Navigation, wie Schiffe, Bojen und Leuchttürme in jeder Richtung zu erkennen, auch wenn das Schiff sich neigt und rollt.“

The main image area shows a dark, nighttime view from a camera. There are several small, bright orange and red lights scattered across the dark field, which could be stars or distant objects. The overall scene is very dark and grainy.

KAMERA - NACHTSICHT

Technische Herausforderungen



Sensorik und künstliche Intelligenz

- Erkennen von Lichtern
 - Detektion von einzelnen Leuchtpunkten mit maschinellem Lernen
- Wahrnehmung von Objekten
 - Gruppierung von Lichtern
 - Dekodierung von Lichtsignalen

Übergreifende Systemarchitektur

- Lagebestimmung von Objekten im Bezugssystem
 - Position und Lage des Schiffes – Positionierungssystem
 - Tracking von Objekten – Aufbau auf Objektdetektion
- Plausibilitätsprüfung
 - Abgleichen mit Seekarten und AIS
 - Berechnung / Abschätzen von
 - Wie geht das System und das Recht mit Unsicherheiten um?



WEITERE BEISPIELE (ÜBERBLICK)

Weitere Beispiele (Überblick)



Überholmanöver	Klassendetektion	Abweichungspflicht
Regel 13 <ul style="list-style-type: none">Erkennung, wann ein Schiff zur Überholung ansetzt<ul style="list-style-type: none">Anfahrtswinkel $> 22,5^\circ$Situation zu unterscheiden von sich kreuzenden KursenErhöhte Anforderungen an die <i>situational awareness</i> rundum	Regel 18 <ul style="list-style-type: none">Ableitung des Wegerechts anhand der SchiffsklasseUnterscheidung zwischen:<ul style="list-style-type: none">MaschinenfahrzeugenSegelfahrzeugenManövrierunfähig bzw. Manövrierbehinderte FahrzeugeFischende Fahrzeuge"Vorfahrtsrecht" untereinander	Regel 2(b) <ul style="list-style-type: none">Abweichung von COLREG erforderlich zur GefahrabwendungRechtsgrundsatz "<i>ordinary practice of seamen</i>"ggf. direkte Kommunikation erforderlich

Visuelle Systeme

- Rechtliche Konformität deutlich komplexer als herkömmliche Kameras

Nachfahrt

- Gleiche Kollisionsregeln mit erschwertten Bedingungen

Sonstige Anforderungen

- Überholmanöver, Klassendetektion, Abweichung von COLREG

Vielen Dank für Ihre Fragen!

Institut für den Schutz maritimer Infrastrukturen

Fischkai 1 | 27572 Bremerhaven

www.dlr.de/mi

Alexander.Klein@dlr.de

Michael.Stadermann@dlr.de