

Untersuchungen zur Eignung von RADAR, LIDAR Sensoren als Nahfeldsensoren im maritimen Umfeld

Hendrik Kupas, HS Wismar, FG CEA/ATM

hendrik.kupas@hs-wismar.de

Olaf Hagendorf, HS Wismar, FG CEA/ATM

Olaf Simanski, HS Wismar, FG CEA/ATM

Zusammenfassung

In dem vorliegenden Beitrag wird die Notwendigkeit von Nahfeldsensoren im maritimen Umfeld diskutiert. Dabei fokussieren sich die Darlegungen der Messprinzipien und Eigenschaften auf Sensoren zur Entfernungsmessung und Objekterkennung, die entsprechend ihres Messverfahrens den RADAR- und LIDAR Sensoren zugeordnet werden können. Eine Fusion der Ergebnisse aus beiden Teil- und Messsystemen stellt nach den aktuellen Untersuchungen das System der Wahl für den anzustrebenden Einsatzfall, das Anlegen eines Schiffes z.B. an der Kaikante, dar.

1. Einleitung

Ziel aktueller Forschungen ist es, Schiffe auch bei schlechten Sicht- und Witterungsbedingungen sicher durch Gefahrenbereiche navigieren zu können. Klassische RADAR-Systeme können auf größere Entfernungen hin Objekte detektieren. Aufgrund ihres technischen Aufbaus mit einer Drehantenne ist die erreichbare Abtastzeit gering. Die Positionierung der Anlage auf dem Schiff ist für die „Weitsicht“ optimiert. Hindernisse im Bereich von einigen Metern und darunter können nur bedingt erfasst werden. Aus diesem Grund wird in mehreren Forschungsprojekten an der Entwicklung geeigneter Nahfeldsensoren gearbeitet.

Eine Aufgabe der Sensoren zur Nahfeldererkennung ist die Sicherung des Schiffes bzw. dessen Umgebung. In begrenzten Reichweiten von z.B. 1-50 Metern sollen dann diese Sensoren, die „Sichtung“ nach möglichen Hindernissen oder der Kaikante übernehmen. Die Überwachung der unmittelbaren Umgebung des Schiffes ist gerade im Hinblick auf die autonome Schifffahrt von existentieller Bedeutung für die Sicherheit. Im Vorfeld des Einsatzes bei der autonomen Schifffahrt soll in dem aktuellen Projekt ebenfalls untersucht werden, wie ein Manöverassistenzsystem von solcherlei Sensoren profitiert. Nachfolgend werden die verschiedenen Sensorprinzipien kurz

skizziert und miteinander verglichen. Die Vision eines Komplettsystems sowie einige erste Prototypenskizzen beschließen die Arbeit.

2. Sensortechnik

Zur Ermittlung geeigneter Sensor- beziehungsweise Messverfahren und der Bewertung ihrer Eignung wurde eine umfangreiche Literaturstudie vorangestellt. Neben den reinen Messeigenschaften, gilt es insbesondere auch die witterungsbedingten Umstände zu berücksichtigen. Die Eigenschaften der Sensoren werden in den nachfolgenden Abschnitten bewertet. Hierbei wird auf ein Sensorsystem Wert gelegt, welches auch bei schlechten Witterungsbedingungen sowohl die Kaimauer sicher erkennen kann, als auch eine einfache Sicherung zur Kollisionsvermeidung gegenüber Objekten in näherer Umgebung ermöglicht.

2.1 RADAR

Das RADAR basiert auf dem Frequenz Modulation Continuous Waveforming (FMCW) Messverfahren. Hierbei wird ein Frequenzbereich „durchfahren“. Während der Zeit $\Delta t = 2r/c$, die das ausgesendete Signal benötigt, um mit der Lichtgeschwindigkeit c die Entfernung r zum reflektierenden Objekt hin und wieder zurück zurückzulegen, hat sich die Frequenz des Senders bereits verändert. Aus der Frequenzdifferenz zwischen empfangenem und aktuellem Sendesignal kann über die Frequenzdifferenz die Entfernung ermittelt werden. Die Schwäche dieses Verfahrens liegt in einer möglichen Störung der Messung durch Signale im selben Frequenzbereich sowie einer geringeren Reichweite als andere Sensoren. Ein Vorteil dieses Verfahrens ist die geringe Störanfälligkeit in Bezug auf umweltbedingte Einflüsse. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Dämpfung der Wellen durch Regen bzw. die spezifische Dämpfung in Abhängigkeit der Frequenz. Aus dem für RADAR Anwendungen nutzbaren Bereich können verschiedene Frequenzen aus den Industrial, Scientific and Medical (ISM) Bändern gewählt werden.

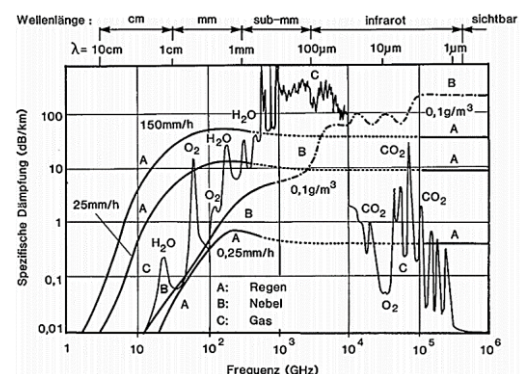
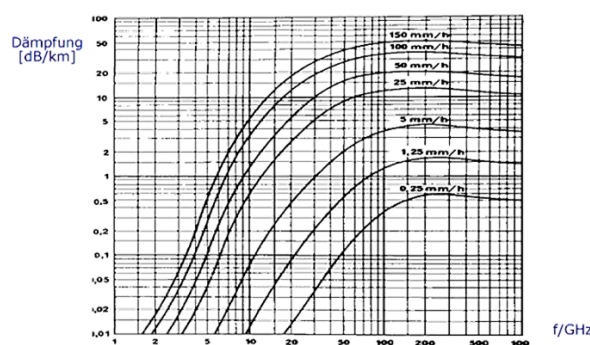


Abbildung 1: Dämpfung elektromag. Wellen durch Regen [1] Abbildung 2: Spezifische Dämpfung [2]

2.2 LIDAR

Dem LIDAR liegt das Messverfahren nach Time of Flight zugrunde. Hierbei wird die Laufzeit des Lichtes zum reflektierten Objekt in Relation zur Entfernung gesetzt. Dieses Verfahren ermöglicht eine hohe Auflösung. Nachteilig ist die hohe Dämpfung bei starkem Nebel oder Regen und die damit verbundene schlechtere Reichweite.

2.3 Vergleich der Sensoren

LIDAR und RADAR neigen je nach Witterungsbedingung zu unterschiedlich starken Dämpfungen. Abbildung 3 zeigt das Verhalten jener Messprinzipien bei unterschiedlichen atmosphärischen Einflüssen. Dabei ist zu erkennen, dass mit steigender Frequenz (geringere Wellenlänge) die Dämpfung deutlich höher ausfällt. Das als Freiraumdämpfung bekannte Phänomen liegt in der geringeren Wellenlänge des zugrundeliegenden Messverfahrens begründet.

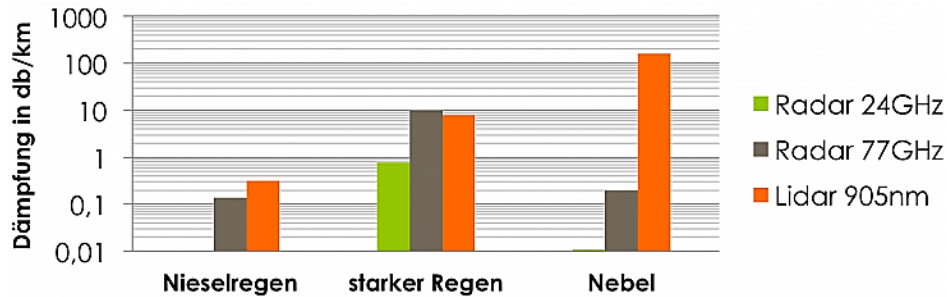


Abbildung 3: Dämpfung verschiedener Sensoren je Umwelteinfluss [3]

Nachfolgend (Abbildungen 4 und 5) sind die Ergebnisse der Entfernungsbestimmung eines stehenden Objektes über 179 Messungen abgebildet. Hier sind Vor- und Nachteile der jeweiligen Messprinzipien gut zu erkennen. Es lässt sich feststellen, dass das LIDAR durch seinen fokussierteren Strahl, genauere Ergebnisse bei der Detektion von Objekten erlaubt. Dem Gegenüber können RADAR-Strahlen nur sehr aufwendig gebündelt werden. Die Abbildungen geben weiterhin einen Aufschluss über die Varianz / Streuung der Einzelmessungen und zeigen, wie selektiv ein Objekt bestimmt werden kann. In der folgenden Abbildung 6 sind Testmessungen auf See an einer Kaimauer und im Labor zu sehen, wobei jeweils links die Ergebnisse des RADAR Sensors als Draufsicht und rechts die des LIDAR Sensors perspektivisch dargestellt werden.

RADAR

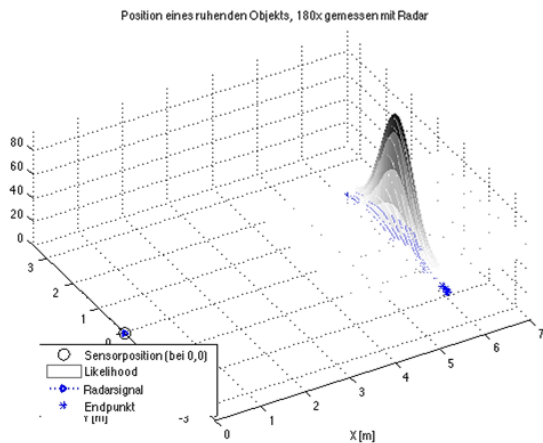


Abbildung 4: Verteilung stehendes Objekt (179 Messungen) [3]

LIDAR

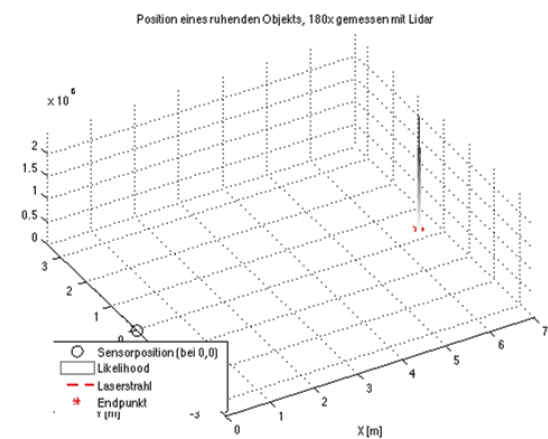


Abbildung 5: Verteilung stehendes Objekt (179 Messungen) [3]

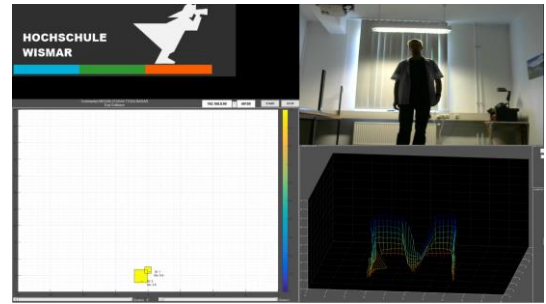
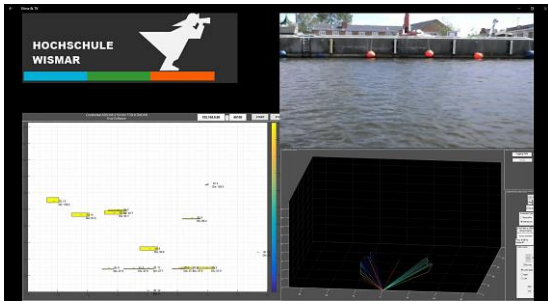


Abbildung 6: LIDAR / RADAR Testmessung im Wismarer Hafen und im Labor

3 Konzeptdesign des Sensorpakets

Die zuvor erwähnten Sensoren (LIDAR & RADAR) werden mittels Sensorfusion kombiniert, um deren jeweiligen Nachteile zu eliminieren, beziehungsweise zu kompensieren. Abbildung 7 zeigt die Idee der Messbereiche an einem schematischen Schiffsmodell. Das Sensor-Paket befindet sich dann in einem wasserdichten Gehäuse aus einem Infrarot-durchlässigem Material im oberen Bereich für den LIDAR und den im Gehäuse integrierten RADAR Sensoren im unteren Bereich (Abbildung 8). Mehrere dieser Sensorsysteme werden dann je nach Schiffsgröße auf diesem installiert.

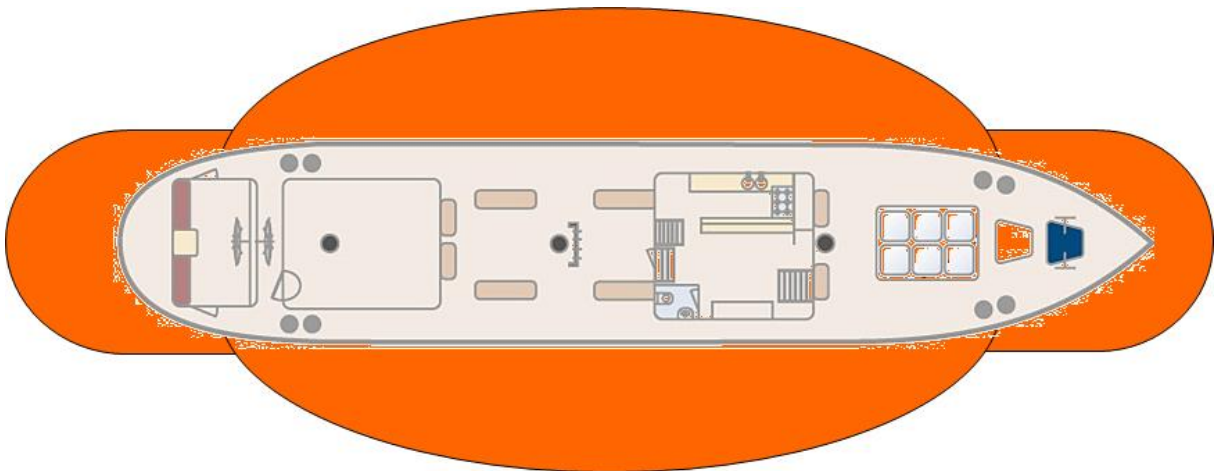


Abbildung 7: Schema, Sensor Scan Feld (orange), exemplarisch



Abbildung 8: einfaches CAD-Model der LIDAR/RADAR-Sensorkombination

Das LIDAR kann bei Abständen bis zu ca. 10-20m mit Zentimeter bis zu Millimeter-Auflösung messen, welche dann mit den RADAR Daten abzugleichen, beziehungsweise programmiertechnisch zu fusionieren sind. Damit soll eine Symbiose aus Genauigkeit und Störsicherheit gewährleistet werden.

Die Abbildung 9 zeigt schematisch die Ausbreitung der sogenannten RADAR-Keulen zur Detektion von Hindernissen. Es werden, wie in Abbildung 10 zu sehen, 6 einzelne, statisch befestigte RADAR – Sensoren zu einem 360 Grad Sensor kombiniert. Dadurch wird der Nachteil klassischer Schiffs-RADAR Systeme vermieden, d.h. die erreichbare Abtastzeit wesentlich vergrößert.

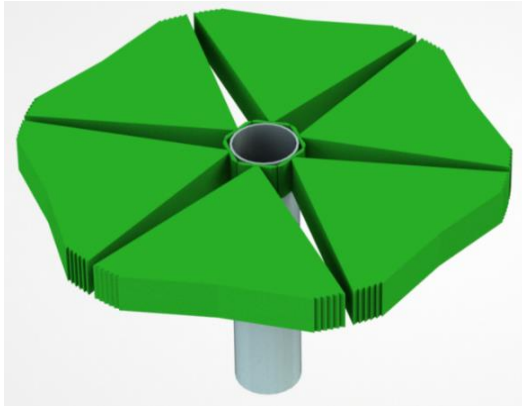


Abbildung 9: Schema Radarkeulen

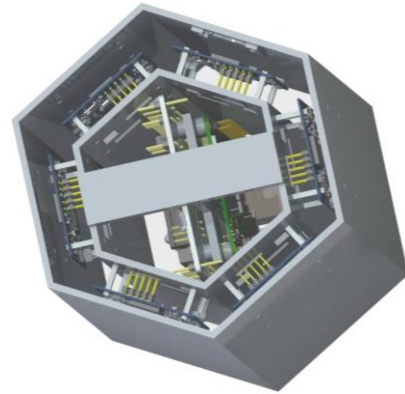


Abbildung 10: CAD-Model Radarsonoren

4 Fazit

Da die Programmierung der Sensorkommunikation noch relativ frei ist, wird diese an die notwendigen Strukturen des Gesamtsystems angepasst werden können. Dabei gilt es nicht neue Formate zu definieren, sondern z.B. für den Einsatz auf dem realen Schiff eine NMEA Kommunikation zu realisieren. Sobald die Sensorprinzipien erfolgreich evaluiert wurden, werden die Daten einer Sensorfusion zugefügt. Dabei gilt es zunächst aus dem „Nahfeldsensor“ „eine“ Information bzgl. möglicher Abstände zu Objekten zu generieren, die dann mit der allgemeinen „Position“ des Schiffes fusioniert werden muss und in den erwähnten Formaten dann dem Gesamtsystem zur Verfügung gestellt werden kann.

Danksagung

Das Projekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie über den Projektträger DLR Raumfahrtmanagement mit dem Förderkennzeichen 50NA1613 unterstützt.

Literatur

- [1] Alain Delrieu: Meeting for World Radiocommunication Conference, 2007

- [2] H.-C. Burmeister, W. Bruhn, O. J. Roseth und T. Porathe: *Autonomous Unmanned Merchant Vessel and its Contribution Towards the e-Navigation Implementation: The MUNIN Perspective*, International Journal of e-Navigation and Maritime Economy, 2014.
- [3] Balzer, Paul: *Fahrzeugumfeldsensorik: Überblick und Vergleich zwischen Lidar, Radar, Video*, <http://www.cbcity.de/fahrzeugumfeldsensorik-ueberblick-und-vergleich-zwischen-lidar-radar-video>, 29.07.2014