



Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung
Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation
Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums
für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Bericht

Untersuchungsbericht 56/09

Sehr schwerer Seeunfall

**Kollision zwischen Motorschiff CHRISTA
und Sportboot ODIN vor Timmendorf/Poel
am 28. Februar 2009**

15. April 2010

Die Untersuchung wurde in Übereinstimmung mit dem Gesetz zur Verbesserung der Sicherheit der Seefahrt durch die Untersuchung von Seeunfällen und anderen Vorkommnissen (Seesicherheits-Untersuchungs-Gesetz-SUG) vom 16. Juni 2002 durchgeführt.

Danach ist das alleinige Ziel der Untersuchung die Verhütung künftiger Unfälle und Störungen. Die Untersuchung dient nicht der Feststellung des Verschuldens, der Haftung oder von Ansprüchen.

Der vorliegende Bericht soll nicht in Gerichtsverfahren oder Verfahren der seeamtlichen Untersuchung verwendet werden. Auf § 19 Absatz 4 SUG wird hingewiesen.

Bei der Auslegung des Untersuchungsberichtes ist die deutsche Fassung maßgebend.

Herausgeber:
Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung
Bernhard-Nocht-Str. 78
20359 Hamburg

Leiter: Jörg Kaufmann
Tel.: +49 40 31908300
posteingang-bsu@bsh.de

Fax.: +49 40 31908340
www.bsu-bund.de

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | ZUSAMMENFASSUNG DES SEEUNFALLS..... | 5 |
| 2 | UNFALLORT..... | 6 |
| 3 | SCHIFFSDATEN..... | 7 |
| 3.1 | CHRISTA..... | 7 |
| 3.1.1 | Foto..... | 7 |
| 3.1.2 | Daten..... | 7 |
| 3.2 | ODIN..... | 8 |
| 3.2.1 | Foto..... | 8 |
| 3.2.2 | Daten..... | 8 |
| 4 | UNFALLHERGANG..... | 9 |
| 4.1 | Fahrtverlauf CHRISTA..... | 9 |
| 4.2 | Fahrtverlauf ODIN..... | 9 |
| 4.3 | Weiterer Verlauf..... | 10 |
| 5 | UNTERSUCHUNG..... | 12 |
| 5.1 | CHRISTA..... | 12 |
| 5.2 | ODIN..... | 16 |
| 5.3 | Zeugenaussagen..... | 19 |
| 5.4 | Umwelt..... | 19 |
| 6 | ANALYSE..... | 20 |
| 6.1 | CHRISTA..... | 20 |
| 6.2 | ODIN..... | 23 |
| 6.3 | Radarreflektor..... | 23 |
| 6.3.1 | Rechtliche Grundlagen für eine Ausrüstung..... | 24 |
| 6.3.2 | Seemännische Sorgfaltspflichten..... | 26 |
| 6.3.3 | Technische Bestimmungen..... | 27 |
| 6.3.4 | Radarreflektortypen..... | 29 |
| 6.3.5 | Wirkungsgrad..... | 29 |
| 6.3.6 | Zusammenfassung..... | 33 |
| 7 | SICHERHEITSEMPFEHLUNG(EN)..... | 34 |
| 7.1 | Betreiber und Schiffsführungen..... | 34 |
| 7.2 | Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung..... | 34 |
| 8 | QUELLENANGABEN..... | 35 |
| 9 | ANHANG..... | 36 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Seekarte mit Unfallort | 6 |
| Abbildung 2: Schiffsfoto CHRISTA | 7 |
| Abbildung 3: Schiffsfoto ODIN | 8 |
| Abbildung 4: Brücke der CHRISTA..... | 13 |
| Abbildung 5: Brücke der CHRISTA, Blick nach voraus..... | 13 |
| Abbildung 6: Blick auf das Hauptdeck der CHRISTA | 14 |
| Abbildung 7: Sportanglerfahrzeug CHRISTA..... | 15 |
| Abbildung 8: Heck der ODIN | 17 |
| Abbildung 9: Blick in das Heck der ODIN und auf die Einbaumaschine | 17 |
| Abbildung 10: Steuerhaus der ODIN | 18 |
| Abbildung 11: Blick von achtern auf den Steuerstand und Teile des Rumpfes der ODIN | 18 |
| Abbildung 12: Kursverläufe zum Unfallort | 22 |
| Abbildung 13: Darstellung der Reflektion von Radarstrahlen an einem Fahrzeug.... | 23 |

1 Zusammenfassung des Seeunfalls

Für eine Fahrt zum Hochseeangeln waren am 28. Februar 2009 35 Fahrgäste an Bord des Sportanglerfahrzeuges CHRISTA. Der Schiffsführer und ein Decksmann hatten das Fahrzeug entsprechend vorbereitet. Die Fahrt begann gegen 07:00 Uhr¹ im Westhafen von Wismar. Die CHRISTA folgte dem Fahrwasser und sollte dann durch das Flaggtief die offene See erreichen. Auf dieser Route lag auch die Ansteuerungstonne Timmendorf/Poel. Der Schiffsführer befand sich allein auf der Brücke. Er nutzte ein Radargerät.

Bereits zuvor waren zwei Personen mit dem Motorboot ODIN ebenfalls zum Angeln aufgebrochen. Als die ODIN sich in der Nähe der Ansteuerungstonne zum Hafen von Timmendorf/Poel befand, stellte die Besatzung Wasser im Inneren des Bootes fest. Zur Klärung der Ursache wurde das Boot gestoppt und der Motor ausgestellt. Wenig später begann die Besatzung mit einer provisorischen Reparatur. Während dieser Zeit wurde nur durch den Mitfahrer ein anderes Fahrzeug in größerer Entfernung bemerkt. Erst als sich dieses Fahrzeug auf Kollisionskurs in einer Entfernung von ca. 100 m bis 200 m befand, wurde die Besatzung der ODIN wieder darauf aufmerksam. Sie versuchte, durch Rufen, Winken und das Blasen eines Signalhorns sich bemerkbar zu machen. Das gelang jedoch nicht und die CHRISTA überfuhr das Motorboot. Zuvor hatte sich die Besatzung der ODIN mit einem Sprung ins Wasser aus dem Gefahrenbereich begeben.

An Bord der CHRISTA wurde die ODIN erst in einem Abstand von ca. 30 m bemerkt und so konnte die Kollision nicht mehr verhindert werden. Das Motorboot sei zuvor weder optisch noch mittels Radar gesichtet worden.

Die ODIN wurde durch den Zusammenstoß stark beschädigt. Das Heck sank unmittelbar danach. Die CHRISTA wurde nur gering beschädigt.

Die beiden Besatzungsmitglieder der ODIN wurden durch die CHRISTA aufgenommen und versorgt. Später brachte ein Seenotrettungsboot beide Personen an Land. Hier betreute sie zunächst ein Notarzt, später wurden sie in ein Krankenhaus gefahren.

¹ Alle Uhrzeiten im Bericht in Mitteleuropäischer Zeit (MEZ) = UTC + 1 h.

2 Unfallort

Art des Ereignisses: Sehr schwerer Seeunfall, Kollision zwischen Sportanglerfahrzeug CHRISTA und Sportboot ODIN mit anschließendem Untergang der ODIN

Datum/Uhrzeit: 28. Februar 2009 / 07:50 Uhr

Ort: Ostsee, Wismar-Bucht, vor Timmendorf

Breite/Länge: φ 53° 59,47'N λ 011°21,95'E

Ausschnitt aus Seekarte 1641, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

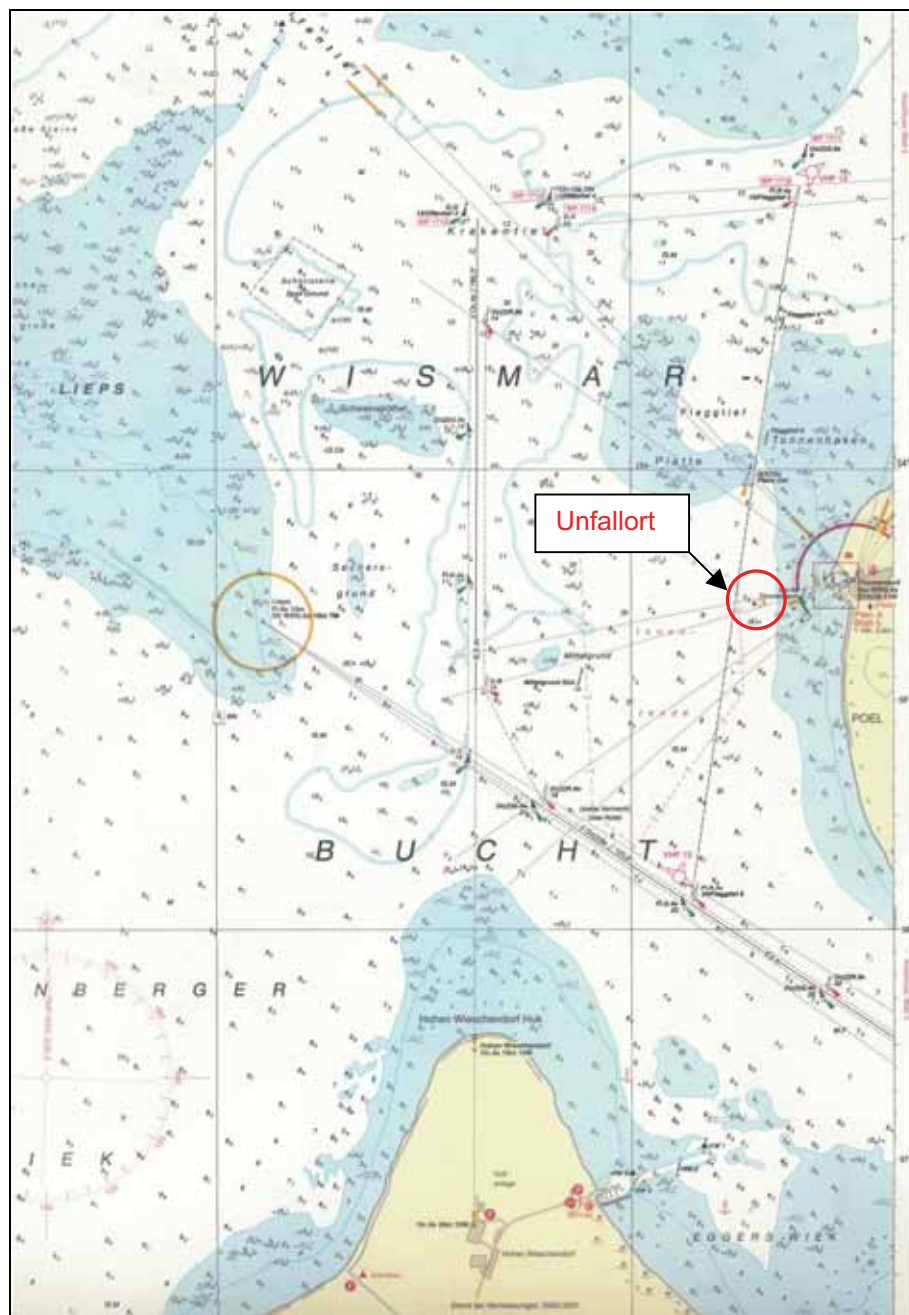


Abbildung 1: Seekarte mit Unfallort

3 Schiffsdaten

3.1 CHRISTA

3.1.1 Foto



Abbildung 2: Schiffsfoto CHRISTA

3.1.2 Daten

| | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Schiffsname: | CHRISTA |
| Schiffstyp: | Sportanglerfahrzeug |
| Flagge: | Bundesrepublik Deutschland |
| Heimathafen: | Wismar |
| Unterscheidungssignal: | DJYI |
| Reederei: | MS „Christa“ Seetouristik GbR |
| Baujahr: | 1954 |
| Bauwerft: | Laan en Kooy, Den Oever |
| Länge ü.a.: | 23,00 m |
| Breite ü.a.: | 5,64 m |
| Bruttoreaumzahl: | 66 |
| Tiefgang zum Unfallzeitpunkt: | 2,70 m |
| Maschinenleistung: | 220 kW |
| Hauptmaschine: | Brons Diesel |
| Geschwindigkeit: | 8,2 kn |
| Werkstoff des Schiffskörpers: | Stahl |
| Anzahl der Besatzung: | 2 |
| Anzahl der Passagiere: | 35 |

3.2 ODIN

3.2.1 Foto



Abbildung 3: Schiffsfoto ODIN

3.2.2 Daten

| | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| Schiffsname: | ODIN |
| Schiffstyp: | Sportboot |
| Flagge: | Bundesrepublik Deutschland |
| Heimathafen: | Wismar |
| Baujahr: | unbekannt |
| Bauwerft/Baunummer: | unbekannt |
| Länge ü.a.: | 8,40 m |
| Breite ü.a.: | 2,35 m |
| Tiefgang zum Unfallzeitpunkt: | 0,80 m |
| Maschinenleistung: | 20 kW |
| Hauptmaschine: | Einbaumaschine, Farymann Diesel |
| Geschwindigkeit: | 5 kn |
| Werkstoff des Schiffskörpers: | Holz, Rumpf mit GFK überzogen |
| Anzahl der Besatzung: | 2 |

4 Unfallhergang

4.1 Fahrtverlauf CHRISTA

Die CHRISTA, ein deutsches Sportanglerfahrzeug², war am 28. Februar 2009 mit dem Schiffsführer und einem fest angestellten Schiffsmann Deck³ besetzt. Für die Fahrt zum Hochseeangeln waren 35 Fahrgäste an Bord gekommen.

Die Fahrt sei gegen 07:00 Uhr im Westhafen von Wismar begonnen worden. Die CHRISTA sei dann dem Fahrwasserverlauf gefolgt.

Die Geschwindigkeit habe ca. 8 kn betragen. An der Tonne 20 sei das Fahrwasser verlassen und ein Kurs von 360° gesteuert worden, um so das Flaggtief zu passieren.

Das Fahrzeug sei durch den Schiffsführer gesteuert worden. Das Radargerät sei durch ihn zur Kollisionsverhütung und für die Navigation genutzt worden. Er habe bis zur Kollision die Brücke nicht verlassen. Der Decksmann habe nach dem Ablegen aufgeklart und anschließend auf der Brücke die Funktion des Ausgucks übernommen. Dabei habe er vereinzelt und zur Gewinnung eines Überblicks auch das Radar benutzt. Es seien aber keine anderen Fahrzeuge erkennbar gewesen.

Der Decksmann sei nach einiger Zeit in die Kombüse gegangen, um Kaffee für den Schiffsführer zu holen. Nach einem sehr kurzen Aufenthalt dort, sei er durch Rufe der Fahrgäste auf eine besondere Situation aufmerksam geworden. Da er zunächst auf der Backbordseite Ausschau gehalten habe, sei der Zusammenstoß durch ihn nicht beobachtet worden.

Durch den Schiffsführer sei die ODIN erst in einem Abstand von ca. 30 m zum Vorsteven voraus an der Steuerbordseite gesehen worden. Es habe so nur noch die Möglichkeit bestanden, die Maschine auszukuppeln. Eine Kursänderung sei nicht möglich gewesen. Kurz darauf seien beide Fahrzeuge kollidiert.

Die Kollision ereignete sich gegen 07:50 Uhr.

4.2 Fahrtverlauf ODIN

Einer der beiden Eigner des deutschen Motorbootes ODIN und eine weitere Person beabsichtigten, am Unfalltag zum Angeln zu fahren. Gegen 06:45 Uhr sei die Fahrt am Liegeplatz des Bootes in Wismar begonnen worden. Ziel sei es gewesen, über das Flaggtief in die Nähe der Tonne zu fahren, die den Beginn des östlichen Fahrwassers zum Hafen Wismar markiert. Die Fahrt sei zunächst ohne Auffälligkeiten verlaufen. In der Nähe der Ansteuerungstonne zum Hafen von Timmendorf/Poel habe der Bootsführer einen Betrieb der automatischen Lenzpumpe bemerkt. Das sei ungewöhnlich gewesen und so habe sich der Bootsführer entschieden, das Boot anzuhalten. Bei der Kontrolle des Maschinenraums sei festgestellt worden, dass der Stutzen des Kühlwasserschlauchs abgebrochen gewesen sei, so dass das Kühlwasser im Boot ausgetreten sei. Es sei dann versucht worden, den Schaden provisorisch zu beheben. Für die Reparatur hätten sich beide Personen in der Nähe der Maschine aufgehalten. Die Maschine sei nicht in Betrieb gewesen.

² Lt. Fahrerlaubnisschein der See-Berufsgenossenschaft, seit 01.01.2010 umbenannt in Berufsgenossenschaft für Transport und Verkehrswirtschaft (BG Verkehr) – Dienststelle Schiffssicherheit.

³ Lt. Schiffsbesatzungszeugnis, ausgestellt durch die See-Berufsgenossenschaft. Im weiteren als Decksmann bezeichnet.

Zu diesem Zeitpunkt habe sich die ODIN ca. 100 m von der Ansteuerungstonne von Timmendorf entfernt befunden.

Der spätere Kollisionsgegner sei kurz vor dem Stoppen der Maschine durch den Mitfahrer das erste Mal bemerkt worden. Dabei habe sich das noch nicht identifizierte Fahrzeug in der Nähe der Tonne 22 des Fahrwassers nach Wismar befunden. Es war damit ca. 1,7 sm entfernt. Diese Beobachtung sei durch den Mitfahrer nicht an den Bootsführer weitergegeben worden, und eine Weiterbeobachtung sei aufgrund des großen Abstandes nicht durchgeführt worden.

Während der noch laufenden Arbeit an der Maschine habe sich der Mitfahrer dann zum Heck begeben. Dabei habe er aufgrund der hier geöffneten Plane das Fahrzeug in einem Abstand von 100 m bis 200 m auf Kollisionskurs gesehen. Er habe sofort durch einen Ruf den Bootsführer auf die unmittelbare Kollisionsgefahr aufmerksam gemacht und dann begonnen, zu winken. Der Bootsführer habe in ein Signalhorn geblasen. Als das Fahrzeug, die CHRISTA, einen halben Meter entfernt gewesen sei, seien sie beide in das Wasser gesprungen. Die CHRISTA habe die ODIN im rechten Winkel im Heckbereich auf der Backbordseite getroffen.

4.3 Weiterer Verlauf

Der Schiffsführer der CHRISTA fuhr nach dem Zusammenstoß einen Drehkreis über Backbord und meldete das Ereignis über UKW an die Verkehrszentrale (VkZ).

In der Zwischenzeit hatten Fahrgäste einen Rettungsring geworfen, an dem sich die beiden im Wasser schwimmenden Personen festhielten. Der Decksmann warf einen weiteren Ring. Die CHRISTA wurde dann in der Nähe der Schwimmenden aufgestoppt, so dass die Personen im Wasser das Schiff schwimmend erreichen konnten. Da die geworfenen Rettungsringe nicht mit einer Leine versehen waren, wurde das Erreichen der Bordwand durch den Einsatz eines Gaffs⁴ unterstützt. Mehrere Personen beteiligten sich dann daran, die Schwimmenden an Bord der CHRISTA zu bekommen. Dort wurden sie mit trockenen Sachen versorgt. Um 08:06 Uhr meldete der Schiffsführer über UKW die Rettung der Besatzung der ODIN. Wenig später wurde der Unfallort durch das in Timmendorf/Poel stationierte Seenotrettungsboot der DGzRS⁵ GÜNTER SCHÖPS erreicht. Eine Hilfeleistung der Rettungsmänner sei zunächst nicht nötig gewesen, da die Verunglückten sich wohl fühlten und an Bord der CHRISTA bleiben wollten. Nachdem das Seenotrettungsboot in den Hafen zurückgekehrt war, verschlechterte sich jedoch bei einem der Verunglückten der Gesundheitszustand. Das Rettungsboot kehrte zur CHRISTA zurück und brachte beide Personen an Land, wo ein Notarzt auf sie wartete. Dieser wies beide später in ein Krankenhaus ein.

Die CHRISTA selbst konnte aufgrund ihres Tiefgangs den Hafen nicht anlaufen.

Um 08:30 Uhr traf das Küstenstreifenboot HOBEN der Wasserschutzpolizei Wismar ein und die Beamten begannen mit den Ermittlungen.

Durch die Kollision war der Rumpf der ODIN zweigeteilt worden. Das Heckteil mit der Maschine und dem Kraftstofftank ging am Unfallort unter. Das noch kopfüber schwimmende größere Bugteil schleppte die HOBEN nach Timmendorf. Hier wurde es zunächst durch die Feuerwehr mit einer Ölsperre umgeben und später an Land

⁴ Gaff – lange Stange mit spitzem Haken zum Anlanden von Fischen.

⁵ DGzRS – Deutsche Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger.

gehoben (Abbildung 3). Auf Anordnung der BSU wurde das Bugteil sichergestellt und an Land gelagert.

An der Untergangsposition des Heckteils legte das Mehrzweckschiff SCHARHÖRN eine Einzelgefahrentonne aus. Am 3. März 2009 barg ein Fahrzeug des Wasser- und Schifffahrtsamtes (WSA) Lübeck das Heckteil und setzte es auf dem Bauhof des WSA ab, wo es ebenfalls sichergestellt wurde.

5 Untersuchung

Die CHRISTA und das Wrack der ODIN wurden durch ein Team der BSU am 29. April 2009 besichtigt. Die Untersucher nahmen im Verlauf der Untersuchung Einsicht in die Ermittlungsakte der Wasserschutzpolizei und erhielten damit Kenntnis über die Aussagen der Unfallbeteiligten und Zeugen.

5.1 CHRISTA

Die CHRISTA wurde durch den jetzigen Eigner im Jahr 2000 erworben. Sie wurde davor ebenfalls als Sportanglerfahrzeug genutzt. Alle notwendigen Zeugnisse konnten vorgelegt werden und waren gültig.

Schiffsführer und Decksmann besaßen zum Unfallzeitpunkt die gemäß Schiffsbesatzungszeugnis notwendigen Führerscheine und Dokumente. Die nautische Ausrüstung des Schiffes war vollständig.

Zum Unfallzeitpunkt wurde durch den Schiffsführer das Radargerät vom Typ Furuno FR-1505-MKIII-IIB genutzt. Es sei im 1,5 sm-Bereich und dezentriert betrieben worden. Damit war bei der angegebenen Geschwindigkeit mindestens ein Gebiet von 2 sm in Vorausrichtung oder 15 Minuten des vorausliegenden Weges erfasst. Das Radarbild ist mit Hilfe eines Satellitenkompasses stabilisiert. Guard Zones⁶ wurden nicht genutzt bzw. waren nicht eingerichtet. Das Radarbild wurde mit einer elektronische Seekarte überlagert. Zwei weitere Bildschirme dienten ebenfalls der Darstellung einer elektronischen Seekarte. Die verwendeten elektronischen Seekarten hatten keine Zulassung. Die, neben dem Radargerät, für die Darstellung der elektronischen Seekarte genutzten Geräte besaßen ebenfalls keine Zulassung. Damit mussten für die Navigation Papierseekarten genutzt werden.

Zur Navigation im befahrenen Seegebiet dienten die Seekarten des BSH 1641 (Ausgabestempel 19/2001) und 36 (Ausgabe 2007).

Das AIS-Signal⁷ der CHRISTA war auf der entsprechenden Aufzeichnung der VkZ Wismar erst ab 09:00 Uhr sichtbar. Die CHRISTA ist nicht mit solch einem Gerät ausrüstungspflichtig.

Die CHRISTA wurde mit Hilfe eines Autopiloten gesteuert.

Die Sicht aus der Brücke der CHRISTA nach voraus wird nur leicht durch die Konstruktionsteile des vorderen Mastes eingeschränkt. Die Back verstellt die Sicht nur auf die Wasserfläche direkt vor dem Bug (siehe Abbildungen 4 und 5).

⁶ Festgelegter automatischer Erfassungsbereich für Radarechos, mit Alarmfunktion.

⁷ AIS - Automatic Identification System = Automatisches Identifikationssystem.



Abbildung 4: Brücke der CHRISTA, Blick nach voraus, Färbung des Bildes aufgrund getönter Frontscheiben



Abbildung 5: Brücke der CHRISTA, Blick nach voraus

Durch das Untersuchungsteam der BSU wurden die den Fall betreffenden Rettungsmittel in Augenschein genommen. An Bord befanden sich zwei

Az.: 56/09

Rettungsringe mit einer Signalleuchte und zwei Rettungsringe mit einer schwimmenden Leine. Eine Lotsenleiter und ein Rettungsnetz konnten ebenfalls vorgeführt werden.

Dem Logbuch war zu entnehmen, dass das Schiff anhand von Checklisten auf die Fahrt vorbereitet worden war. Der Inhalt der Checklisten wurde durch die Untersucher eingesehen.

Die CHRISTA wurde durch die Kollision nur gering durch leichte Beulen und Farbabschürfungen im Bugbereich beschädigt. Keiner der Fahrgäste wurde verletzt.



Abbildung 6: Blick auf das Hauptdeck der CHRISTA



Abbildung 7: Sportanglerfahrzeug CHRISTA

5.2 ODIN

Der als Bootsführer fahrende Miteigner der ODIN legte auf Nachfrage durch die BSU einen am 28. Juli 2009 ausgestellten Sportbootführerschein See vor. Die Ausstellung erfolgte auf der Grundlage der Nummer 5.2 der Durchführungsrichtlinie⁸. Das bedeutet, dass der Bootsführer gegenüber der ausstellenden Stelle glaubhaft machte, dass er in der ehemaligen DDR einen entsprechenden Sportbootführerschein erworben hatte, dieser sich inzwischen aber nicht mehr in seinem Besitz befand.

Der Mitfahrer gab an, ebenfalls im Besitz eines Sportbootführerschein See zu sein.

Durch die Untersucher konnte kein Hinweis auf ein Navigationsgerät gefunden werden. Es habe sich aber ein GPS-Gerät an Bord befunden. Am Steuerstand war ein Kompass angebracht. Das Motorboot besaß keinen fest angebrachten Radarreflektor. Das Boot war mit einem CB-Funk-Gerät, aber nicht mit einem UKW-Seefunk-Gerät ausgerüstet. Es wurde mindestens ein Mobiltelefon mitgeführt.

Es seien Schwimmwesten an Bord vorhanden gewesen. Sie wurden aber zum Unfallzeitpunkt nicht getragen.

Zugelassene Positionslaternen waren installiert. Zum Betrieb der Positionslaternen gab es unterschiedliche Aussagen. Der Mitfahrer nahm an, dass sie zum Unfallzeitpunkt noch brannten, da sie zu Fahrtbeginn eingeschaltet worden seien. Zeugen an Bord der CHRISTA hatten keine leuchtenden Positionslaternen wahrgenommen. Die Untersuchung der Wasserschutzpolizei ergab, dass die Glühlampen nicht zerstört waren.

Im Auftrag der BSU testete das BSH Positionslaternen verschiedener Hersteller. Dabei kam es auch beim Eintauchen der betriebswarmen Leuchtmittel (Einbrennzeit 2 h) in kaltes Salzwasser (-1 °C) nicht zu einer Zerstörung.

Durch das Untersuchungsteam der BSU wurden folgende weitere Daten des Bootes festgestellt:

- Seitenhöhe des Rumpfes ab Wasserlinie am Heck: 0,65 m,
- Seitenhöhe des Rumpfes ab Wasserlinie am Bug: 0,75 m,
- Höhe des vorderen Kajütaufbaus über Deck: 0,50 m,
- Höhe des Steuerstandes über Deck: 1,15 m.

Damit ergab sich eine sichtbare Seitenfläche von ca. $7,5\text{ m}^2$. Durch die bis zum Heck geführte Plane kamen noch einmal ca. 3 m^2 hinzu. Bei einer Sichtung genau von vorne oder hinten ergab sich eine Fläche von ca. $4,2\text{ m}^2$.

Bei der Kollision wurde ein Teil des Rumpfes, d.h. Backbordseite, Bodenbereich und Heckspiegel abgerissen. Dadurch trat sofort massiv Wasser ein und das Boot sank. Außerdem rissen die Aufbauten ab bzw. wurden zerstört.

⁸ Richtlinien vom 15. September 2005 für den Deutschen Motoryachtverband und den Deutschen Segler-Verband über die Durchführung der Aufgaben nach § 4 der Sportbootführerscheinverordnung-See (Durchführungs-RL SpbootFüV-See).



Abbildung 8: Heck der ODIN



Abbildung 9: Blick in das Heck der ODIN und auf die Einbaummaschine



Abbildung 10: Steuerhaus der ODIN

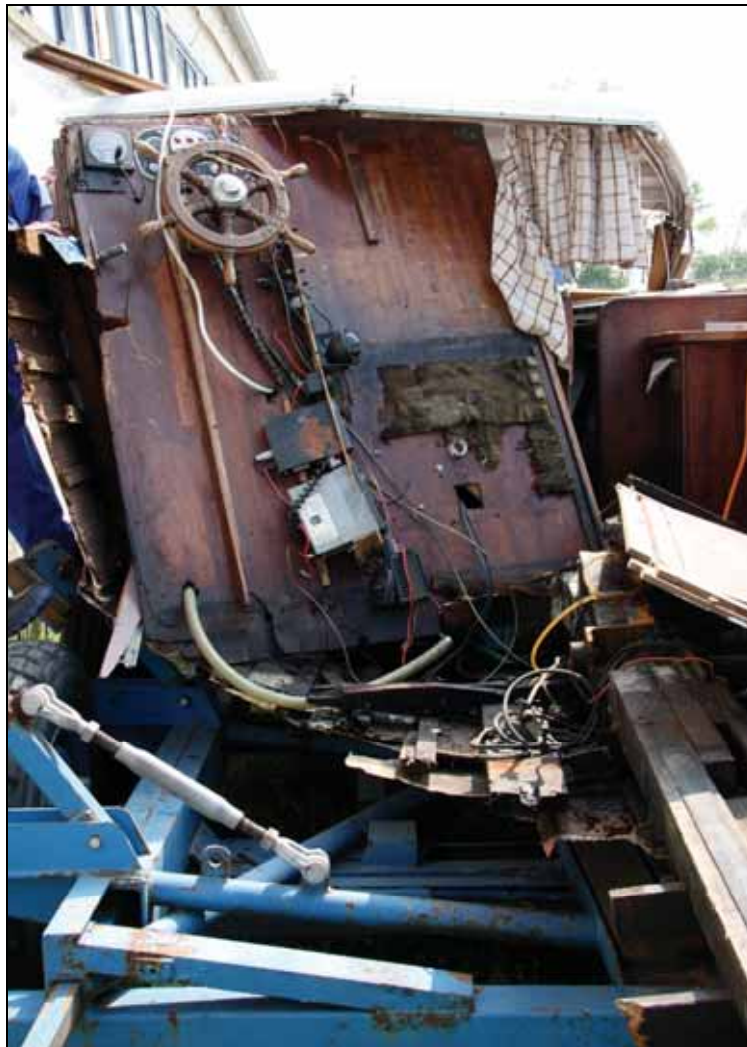


Abbildung 11: Blick von achtern auf den Steuerstand und Teile des Rumpfes der ODIN; Wand des Steuerstandes durch BSU aufgerichtet, Trailer in blau im Vordergrund

5.3 Zeugenaussagen

Durch die Wasserschutzpolizei wurden alle Teilnehmer an der Fahrt der CHRISTA angeschrieben und um eine Schilderung des Unfallablaufs aus ihrer Sicht gebeten. Der überwiegende Anteil der Fahrgäste hatte den Unfall nicht direkt beobachtet. Das begründet sich unter anderem aus der hoch gebauten Back der CHRISTA, die vom Hauptdeck nur eingeschränkte Sicht nach vorne ermöglicht (vgl. Abb. 6). Erst kurz vor dem Zusammenstoß waren an Deck befindliche Angler auf die dichte Annäherung der beiden Fahrzeuge aufmerksam geworden, so dass sie zu winken und zu rufen begannen, um die Brücke zu alarmieren. Einer der Zeugen bestätigte, dass an Bord der ODIN ein Signalhorn verwendet wurde. Es sei allerdings kaum hörbar gewesen. Durch die CHRISTA sei kein Schallsignal gegeben worden.

5.4 Umwelt

Das durch den Deutschen Wetterdienst gefertigte Gutachten stellte die Wetterlage wie folgt dar:

Am 28. Februar 2009 morgens lag die westliche Ostsee im Einflussbereich eines Hochs mit einem Kerndruck von 1021 hPa über den Alpen. Ein Keil erstreckte sich nordwärts bis nach Südschweden. Die Warmfront eines Tiefs bei Island (995 hPa) verlief von der Nordsee bis nach Mitteleuropa.

Die Wetterverhältnisse wurden so beschrieben:

Wind: Der Wind kam zum Betrachtungszeitpunkt aus südöstlichen Richtungen mit einer Stärke von 2 bis 3 Bft.

Seegang: Seegangsmessungen und -beobachtungen liegen vom Unfallort nicht vor. Es ist anzunehmen, dass die Wellenhöhen unter 0,5 m lagen.

Sicht: Die Sicht betrug zum Unfallzeitpunkt nach den Messungen und Beobachtungen von Pelzerhaken, Boltenhagen und Rostock 3 bis 4 km.

Lufttemperatur: Die Lufttemperatur lag bei 2 Grad C.

Die VkZ Travemünde hatte um 08:00 Uhr die Sicht für ihren Bereich auf 6 km geschätzt.

Die Eintragungen in das Logbuch der CHRISTA für das Wetter lauteten: Luftdruck 1010 hPa, Temperatur: Luft: 4°C, Wasser: 2°C, Wind: schwachwindig. Für den Zeitpunkt der Kollision wurde die Sichtweite mit 300 m bestimmt.

Verschiedene Zeugen schätzten die Sicht auf Werte zwischen 500 m und 4 km. Es sei eingetrübt gewesen aber es habe kein Nebel geherrscht. Einige Zeugen gaben an, dass vom Unfallort die Hohen Wieschendorfer Huk zu sehen gewesen sei. Diese befindet sich ca. 2,2 sm vom Unfallort entfernt.

Die Dämmerung begann in diesem Gebiet um 05:49 Uhr. Die Sonne ging um 07:05 Uhr auf.

6 Analyse

6.1 CHRISTA

Die CHRISTA war auf die bevorstehende Fahrt vorbereitet. Die Zahl der an Bord befindlichen Fahrgäste lag innerhalb der erlaubten Personenzahl.

Nach dem Aufklaren im Anschluss an das Ablegen begab sich der Decksmann auf die Brücke, um hier die Aufgabe des Ausgucks zu übernehmen. Da der Schiffsführer der CHRISTA bei seinem ersten Logbucheintrag um 07:00 Uhr die Spalte Wetter (ww)⁹ nicht ausfüllte bzw. die Sichtweite nicht ausdrücklich festhielt, ist im Nachhinein eine Aussage zu der tatsächlichen Sichtweite in Wismar nicht möglich.

Die Problematik der Besetzung des Ausgucks sieht die BSU kritisch. Der Einsatz des Decksmanns als Ausguck wäre nicht zwingend notwendig gewesen, so lange die von den Zeugen genannten Sichtweiten von bis zu 4 km geherrscht hätten. Es besteht die rechtliche Möglichkeit, am Tag als Schiffsführer/Wachoffizier den Ausguck allein zu versehen. Allerdings ist dazu vorher eine Reihe von Kriterien zu prüfen. Ein Kriterium sind die vorherrschenden Sichtverhältnisse. Da jedoch vom Passieren der Tonne 20 bis zur Kollision ca. 9 min vergingen, und zum Unfallzeitpunkt laut Logbuch eine Sicht von 300 m geherrscht haben soll, wäre damit dieses Kriterium nicht erfüllt gewesen. Somit kann die Entscheidung des Schiffsführers, nach dem Passieren der Tonne 20 den Decksmann von seiner Aufgabe zu entbinden, nicht nachvollzogen werden.

Zusätzlich zu den Anforderungen für den Ausguck nach Regel 5 KVR¹⁰ sind die ebenfalls bei allen Sichtverhältnissen geltenden Regeln 6 und 7 einschlägig. Regel 6 befasst sich mit der sicheren Geschwindigkeit. Hier wird unter anderem für Fahrzeuge mit betriebsfähigem Radar ausgeführt, dass zu berücksichtigen ist,

(...) dass kleine Fahrzeuge (...) durch Radar nicht innerhalb einer ausreichenden Entfernung geortet werden.

Mit der Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes befasst sich Regel 7. Jeder Fahrzeugführer muss danach:

mit allen verfügbaren Mitteln entsprechend den gegebenen Umständen und Bedingungen feststellen, ob die Möglichkeit der Gefahr eines Zusammenstoßes besteht.

Um eine frühzeitige Warnung (...) zu erhalten, muss eine vorhandene und betriebsfähige Radaranlage gehörig gebraucht werden.

Neben den KVR enthält der STCW-Code¹¹ weitere Regelungen. Unabhängig von der Anwesenheit eines zusätzlichen Ausgucks besteht auch für den Schiffsführer die

⁹ Wetter (ww) – Ermöglicht die Eintragung des Wetterzustandes, codiert in Zahlengruppen.

¹⁰ KVR – Internationale Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See.

¹¹ Code über Normen für die Ausbildung, die Erteilung von Befähigungszeugnissen und den Wachdienst von Seeleuten (STCW-Code), Abschnitt A-VIII/2, Teil 3-1, in dt. Recht umgesetzt durch Gesetz zu dem Internationalen Übereinkommen vom 7. Juli 1978 über Normen für die Ausbildung, die Erteilung von Befähigungszeugnissen und den Wachdienst von Seeleuten.

grundsätzliche Verpflichtung zum Halten eines Ausgucks. Dieser Ausguck soll dem Zweck dienen¹²:

- 13.1 *einen ständigen Zustand der Wachsamkeit durch Sehen und Hören sowie durch alle anderen verfügbaren Mittel im Hinblick auf jede wesentliche Änderung im Betriebsumfeld aufrechtzuerhalten;*
- 13.2 *die Lage voll zu erfassen und die mögliche Gefahr eines Zusammenstoßes, einer Strandung oder sonstiger Gefahren für das Schiff zu erkennen und*
- 13.3 *nach in Seenot geratenen Schiffen oder Luftfahrzeugen, nach Schiffbrüchigen sowie nach Wracks, Wrackteilen und sonstigen Gefahren für eine sichere Schiffsführung Ausschau halten.*

Für den Schiffsführer/nautischen Wachoffizier bestehen weitere Verpflichtungen:

- 37 *Der nautische Wachoffizier muss das Radargerät immer dann benutzen, wenn verminderte Sicht herrscht oder zu erwarten ist (...) er muss sich dabei der Leistungsgrenzen dieses Geräts bewusst sein.*
- 38 *Der nautische Wachoffizier muss sicherstellen, dass die verwendeten Entfernungsbereiche in ausreichend häufigen Zeitabständen gewechselt werden, so dass Echos so frühzeitig wie möglich festgestellt werden. Es ist zu berücksichtigen, dass kleine oder schwache Echos unerkannt bleiben können.*
- 44 *Bei klarem Wetter muss der nautische Wachoffizier das Radargerät so oft wie möglich in Betrieb nehmen.*
- 45 *Sobald verminderte Sicht einsetzt oder bevorsteht, ist es die erste Pflicht des nautischen Wachoffiziers, die einschlägigen Vorschriften¹³ (...) einzuhalten, unter besonderer Berücksichtigung der Abgabe von Schallsignalen, der Fahrt mit sicherer Geschwindigkeit und das Klarhalten der Maschine zu unverzüglichen Manövern. Darüber hinaus muss der nautische Wachoffizier*
 - .1 *(...)*
 - .2 *einen gehörigen Ausguck aufstellen;*
 - .3 *Positionslichter zeigen und*
 - .4 *das Radar einschalten und benutzen.*

Die CHRISTA folgte dem Fahrwasserverlauf und änderte nach Angabe des Schiffsführers bei Tonne 20 den Kurs nach Norden. Dabei sei dann ein Kurs von 360° gesteuert worden. Dieser Kurs führt aber nicht zur Einfahrt durch das Flaggtief (siehe Abbildung 12). Um von der Tonne 20 auf dem empfohlenen Kurs durch das Flaggtief zu fahren, hätte ein rechtweisender Kurs von 008,5° gesteuert werden müssen. Um von der Tonne 20 zur Unfallposition zu kommen, müsste aber ein Kurs über Grund von 013° gesteuert worden sein. Möglicherweise wurde der Kurs aber

¹² STCW-Code, Abschnitt A-VIII/2 Teil 3-1 Ziffer 13.

¹³ Die der KVR.

bereits zwischen den Tonnen 20 und 22 geändert. Wenn der Kurs dabei an einem Punkt geändert wurde, bei dem die Passage des Flaggtiefs mit 360° möglich war, dann führt dieser Kurs auch unmittelbar an der späteren Unfallposition vorbei. Aufgrund fehlender Logbucheintragungen über die Passierzeiten von Tonnen oder den Zeitpunkt der Kursänderung ist das genaue Nachvollziehen des Kursverlaufs nicht möglich. Durch die VkZ Wismar besteht für diesen Bereich keine Radarüberwachung. Das AIS-Signal der CHRISTA wurde zu diesem Zeitpunkt nicht erfasst.

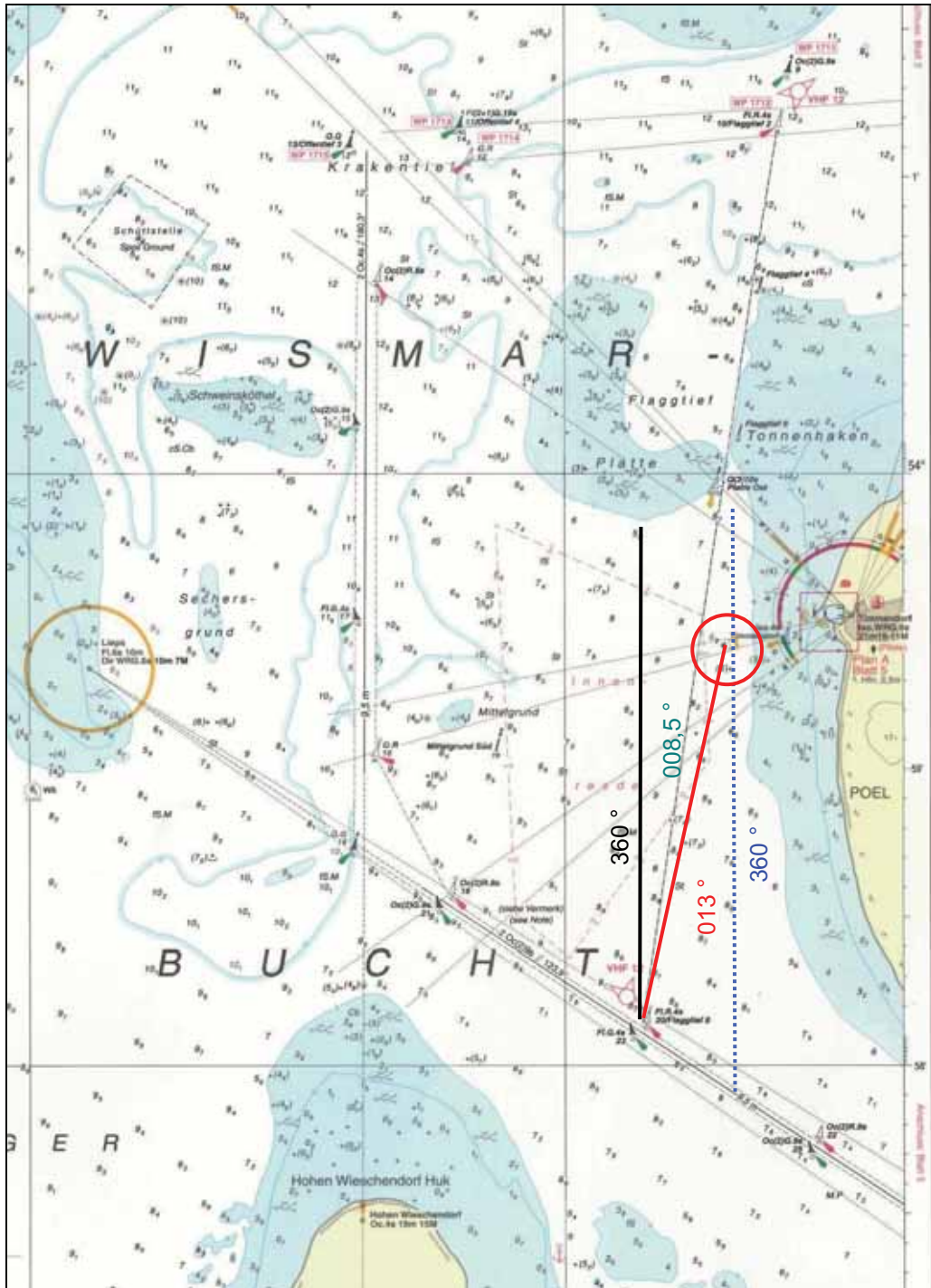


Abbildung 12: Kursverläufe zum Unfallort

Die Seekarten an Bord der ODIN entsprachen nicht der Forderung aus § 13 Absatz 1 Nr. 2 a SchSV in Verbindung mit Abschnitt C.1.4 der Anlage 1 Nr. 3 wonach die jeweils neuesten Ausgaben der amtlichen Seekarten mitzuführen sind.

6.2 ODIN

Auch für den Bootsführer der ODIN galten zum Unfallzeitpunkt die Bestimmungen der Kollisionsverhütungsregeln. Die Tatsache, dass sein Boot manövrierunfähig war, entband ihn nicht von seinen Verpflichtungen. Zwar stand ihm kein Radar zur Verfügung, das Halten von Ausguck und das Einschalten der Positionslichter war aber auch für ihn verpflichtend.

6.3 Radarreflektor

Die ODIN war nicht mit einem Radarreflektor ausgestattet. Möglicherweise hätte aber gerade ein Reflektor die Sichtbarkeit des Motorbootes auf dem Radarschirm der CHRISTA verbessern können und so die Kollision vermieden.

Grundlage für die Überlegung zur Verwendung eines Radarreflektors ist die Tatsache, dass die sichtbare Fläche eines Gegenstandes nicht der Reflektionsfläche entspricht. In Abbildung 13 wird das mit einer sehr vereinfachten Darstellung verdeutlicht.

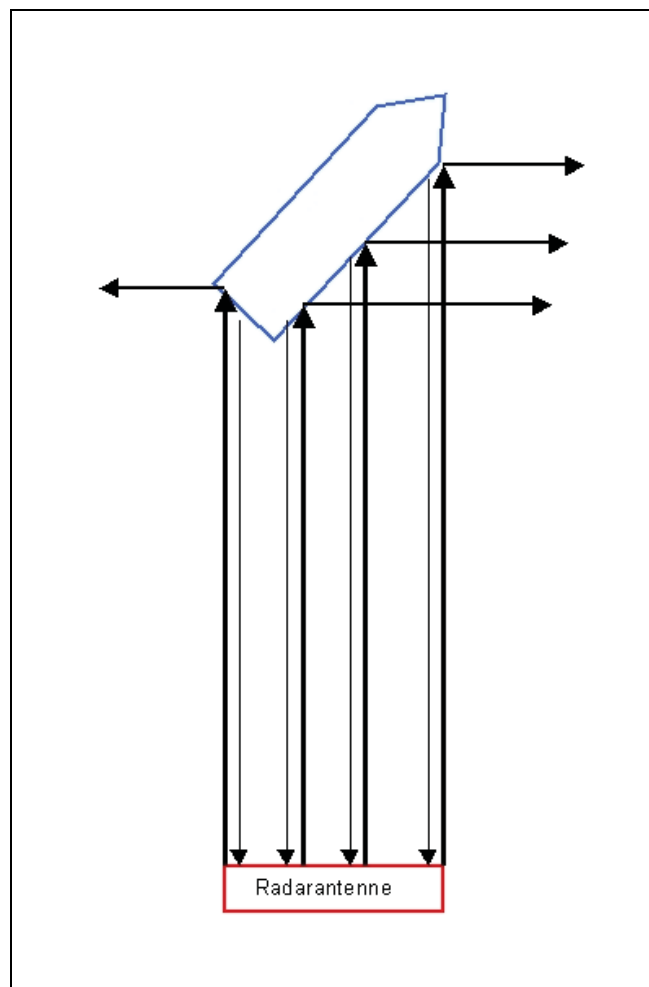


Abbildung 13: Darstellung der Reflexion von Radarstrahlen an einem Fahrzeug

Es ist erkennbar, dass bei dieser Lage der Fahrzeuge zueinander ein Großteil der abgestrahlten Energie nicht zur Antenne zurückgestrahlt wird. Der Anteil der zurückgestrahlten Energie ist aber für die Darstellung des Fahrzeuges auf dem Bildschirm des Radargerätes von entscheidender Bedeutung. Der Anteil macht den Unterschied zwischen „nicht sichtbar“, „schwach sichtbar“ oder „sichtbar“ aus.

Die Sichtbarkeit eines Fahrzeuges kann durch die Verwendung eines guten Radarreflektors verbessert werden.

6.3.1 Rechtliche Grundlagen für eine Ausrüstung

In SOLAS Kapitel V Regel 1 wird festgelegt, dass die Regeln dieses Kapitels grundsätzlich für alle Schiffe auf allen Reisen gelten. Den Verwaltungen der einzelnen Mitgliedsstaaten wird in Absatz 4 aber freigestellt, für Fahrzeuge unter 150 BRZ Ausnahmen zuzulassen.

SOLAS Kapitel V Regel 3 ermöglicht einer Verwaltung weitere Ausnahmen für Schiffe ohne mechanischen Antrieb. Der Radarreflektor nach Regel 19 Absatz 2.1.7 wird aber von dieser Möglichkeit ausgenommen.

SOLAS Kapitel V Regel 19 gibt die Ausrüstung und die an Bord mitzuführenden Navigationssysteme vor. Dabei wird zwischen Schiffen, die vor dem 1. Juli 2002 bzw. danach gebaut wurden, unterschieden.

Gemäß SOLAS Kapitel V Regel 19 Absatz 1.2.1 gelten für vor dem 1. Juli 2002 gebaute Fahrzeuge die Ausrüstungsverpflichtungen des SOLAS-Übereinkommens in der vor dem 1. Juli 2002 gültigen Fassung fort. Allerdings werden für bestimmte Systeme und Ausrüstungen Nachrüstungsspflichten bestimmt.

Für vor dem 1. Juli 2002 gebaute Schiffe gibt es keine Pflicht zur Ausrüstung mit Radarreflektoren nach SOLAS, da die vor dem 1. Juli 2002 gültige Fassung von SOLAS keine entsprechende Regelungen enthielt. Außerdem enthält die Neufassung von SOLAS für diese Schiffe keinen Passus, nach dem zu einem späteren Zeitpunkt ein Radarreflektor nachgerüstet werden müsste. Es existierten auch keine anderen gesetzlichen Vorschriften, nach denen eine Ausrüstung vorgeschrieben wäre.

Für Schiffe, die am oder nach dem 1. Juli 2002 gebaut worden sind, gilt für die Ausrüstung mit einem Radarreflektor Regel 19 Absatz 2:

- 2.1 Alle Schiffe unabhängig von ihrer Größe müssen ausgerüstet sein (...)*
- 2.1.7 falls die Bruttoreaumzahl des Schiffes weniger als 150 beträgt und sofern praktisch durchführbar, mit einem Radarreflektor oder einer anderen Vorrichtung, die das Auffinden durch andere Schiffe ermöglicht, deren Navigations-Radaranlage auf dem 9-GHz- oder 3-GHz-Frequenzband arbeitet;*
- (...)*

Eine Ausrüstung für Schiffe, die am oder nach dem 1. Juli 2002 gebaut worden sind, ist demnach nur notwendig, wenn sie auch praktisch durchführbar ist. Es können auch andere technische Geräte zum Einsatz kommen, wenn sie auf beiden Radarfrequenzbändern arbeiten. Wenn die Installation dieser Geräte praktisch möglich ist, dann ist eine Ausrüstung damit verpflichtend.

Der Abschnitt C.I.4. der Anlage 1 zu § 5 der SchSV¹⁴ befasst sich speziell mit SOLAS Kapitel V. In Nr. 1.2 der Anlage wird ausgeführt:

Für Sportboote mit einer Bruttoreaumzahl unter 150 gilt:

Auf große Sportboote¹⁵ im Sinne des § 2 Nr. 2 der See-Sportbootverordnung vom 29. August 2002 (BGBl. I S. 3457) ist Regel V/18 nur anzuwenden, soweit ihre Anwendung in dieser Verordnung, einer Richtlinie nach § 6 Abs. 1 dieser Verordnung oder in einer in Abschnitt D der Anlage zum Schiffssicherheitsgesetz aufgeführten Gemeinschaftsrichtlinie oder in einer Verordnung der Gemeinschaft vorgesehen ist.

In Abschnitt C.I.4. Nr. 2 der Anlage 1 der SchSV heißt es weiter:

Anforderungen an die Navigationsausrüstung von Sportbooten

Auf großen Sportbooten im Sinne des § 2 Nr. 2 der See-Sportbootverordnung vom 29. August 2002 (BGBl. I S. 3457) mit einer Bruttoreumzahl unter 150, die ausschließlich nicht gewerbsmäßig für Sport- und Freizeit Zwecke genutzt werden, ist für die mitgeführte Navigationsausrüstung nach den Nummern 2.1.1, 2.1.4, 2.1.5 und 2.1.7 der Regel V/19 der Anlage zum SOLAS-Übereinkommen die Regel V/18 anzuwenden.

SOLAS Kapitel V Regel 18 legt in Absatz 1 grundsätzlich fest, dass alle nach Regel 19 erforderlichen Systeme und Ausrüstungen zugelassen sein müssen.

In Absatz 2 heißt es, dass Systeme oder Ausrüstung, die an oder nach dem 1. Juli 2002 eingebaut worden sind, mindestens die Leistungsanforderungen der IMO erfüllen müssen. Damit ist gemeint, dass Systeme und Ausrüstungen, die zum Zeitpunkt des Anbordbringens zugelassen waren, auch die möglicherweise später in Kraft tretenden, höheren Leistungsanforderungen erfüllen müssen.

In Absatz 3 wird festgelegt, dass Fahrzeuge, die vor dem 1. Juli 2002 gebaut wurden, bei einem Austausch oder einer Neuausstattung mit Systemen oder Ausrüstung ausgestattet werden müssen, die den Anforderungen des Absatz 2 entsprechen, sofern das zumutbar und praktisch durchführbar ist. Daraus ergibt sich nach Ansicht der BSU aber keine losgelöste Nachrüstungsverpflichtung für Sportboote die vor dem o.g. Datum gebaut wurden, da Absatz 3 nur im Zusammenhang mit Absatz 1 und 2 sowie in Verbindung mit Regel 19 Absatz 1.2.1 zu sehen ist.

Zusammengefasst gilt also: Sportboote, die am oder nach dem 1. Juli 2002 gebaut wurden, müssen grundsätzlich mit einem zugelassenen Radarreflektor ausgerüstet sein, Sportboote, die davor gebaut wurden, hingegen mit keinem Radarreflektor.

Ein Verstoß dagegen stellt nach Auffassung der BSU keine Ordnungswidrigkeit im Sinne der Schiffsicherheitsverordnung dar.

¹⁴ Nationale Ausnahmeregelung für Fahrzeuge unter 150 BRZ im Sinne von SOLAS Kapitel V Regel 1 Absatz 4.

¹⁵ Sportboote mit Kajüte und Übernachtungsmöglichkeiten, die für Fahrten seewärts der Basislinie (Küstenmeer, küstennahe Seegewässer, Hohe See) geeignet und bestimmt sind, insbesondere Segel- und Motoryachten. Die ODIN entsprach der Definition für ein großes Sportboot.

6.3.2 Seemännische Sorgfaltspflichten

Die §§ 3 Absatz 1 Satz 1 und 2 der VO-KVR¹⁶ und der SeeSchStrO¹⁷ sind deckungsgleich. Sie lauten:

Jeder Verkehrsteilnehmer hat sich so zu verhalten, dass die Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs gewährleistet und dass kein Anderer geschädigt, gefährdet oder mehr, als nach den Umständen unvermeidbar, behindert oder belästigt wird. Er hat insbesondere die Vorsichtsmaßregeln zu beachten, die Seemannsbrauch oder besondere Umstände des Falles erfordern.

Die seemännischen Sorgfaltspflichten umfassen also einerseits die Einhaltung der Verkehrsvorschriften, andererseits aber auch die Beachtung des Seemannsbrauchs, d.h. die Einhaltung von geschriebenen und ungeschriebenen Verhaltensweisen und Sorgfaltspflichten, die die Sicherheit an Bord erhöhen können, und die auch als „gute Seemannschaft“ bezeichnet werden.

Um zu klären, ob und welche seemännischen Sorgfaltspflichten sich bezüglich des Einsatzes von Radarreflektoren ergeben, können die einschlägigen, allgemein zugänglichen Richtlinien und Ausrüstungsempfehlungen herangezogen werden.

Die Broschüre „Sicherheit auf dem Wasser“¹⁸ führt im Abschnitt Ausrüstung aus, dass es für den Seebereich eine Mindestausrüstung gibt, und dass diese international geregelt ist. In der Aufzählung wird auch der Radarreflektor genannt. Daneben gibt es weitere sicherheitsrelevante Ausrüstungsgegenstände, die gemäß der seemännischen Sorgfaltspflicht an Bord sein sollten. Auch hier wird der Radarreflektor, aktiv oder passiv, aufgelistet.

In dem sich mit der Reisevorbereitung befassenden Abschnitt der Broschüre wird auf Maßnahmen eingegangen, die vor dem Auslaufen geprüft oder durchgeführt werden sollen. Hier heißt es: „Bringen Sie wenn möglich einen Radarreflektor an.“ Diese Aufforderung wird in einem anderen Abschnitt wiederholt. Für das Verhalten bei verminderter Sicht wird dort unter anderem gefordert, dass ein Radarreflektor gesetzt werden muss.

Die Kreuzer-Abteilung¹⁹ stellt auf ihrer Internetseite in einem Info-Pool Informationsmaterial zur Verfügung. Ein Teil davon ist auch Nichtmitgliedern zugänglich. In der allgemeinzugänglichen Ausarbeitung über „SOLAS für Sportboote“ heißt es verallgemeinernd, und ohne Einschränkung bezüglich des Baujahres, dass die Einhaltung der Bestimmungen aus SOLAS Kapitel V Regel 19 für große Sportboote verbindlich vorgeschrieben ist. Damit wird auch die Nummer 2.1.7 (Radarreflektoren) eingeschlossen.

Eine hilfreiche Übersicht über die empfohlene Ausrüstung stellen nach wie vor die Sicherheitsrichtlinien²⁰ der Kreuzer-Abteilung dar. Unter 9.7, und dabei gültig für alle Reviere außer Binnengewässer, wird ausgeführt:

¹⁶ Verordnung zu den Internationalen Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See.

¹⁷ Seeschiffahrtsstraßen-Ordnung.

¹⁸ Sicherheit auf dem Wasser – Wichtige Regeln und Tipps für Wassersportler, herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

¹⁹ Kreuzer-Abteilung des Deutschen Segler-Verbandes e.V.; www.kreuzer-abteilung.org.

²⁰ Sicherheitsrichtlinien – Ausrüstung und Sicherheit von Segelyachten/Mehrrumpfbooten, Ausgabe 200/2002, basierend auf den ORC-Richtlinien (1999).

Radar-Reflektor. Beachten Sie ISO 8729. Achteflächige Radar-Reflektoren müssen einen Mindestdurchmesser von 457 mm (...) besitzen; nicht-achteckige Reflektoren müssen eine vom Hersteller attestierte Reflektionsleistung von >10 m² (...) Kugelprojektionsfläche (Normdefinition) besitzen. Die effektive Mindesthöhe über Wasser ist 4 m.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass in den Broschüren und Ausarbeitungen der Behörden und Verbände die Verwendung von Radarreflektoren empfohlen wurde und wird.

Die deutschen Fachzeitschriften wie „Palstek“, „Segeln“ oder „Yacht“ berichten ebenfalls seit langer Zeit über die Notwendigkeit der Benutzung von Radarreflektoren. Vergleichstests arbeiteten die Wirkungsgrade von unterschiedlichen Radarreflektortypen heraus (siehe auch Pkt. 6.3.4).

Nicht zuletzt ist der Radarreflektor seit vielen Jahren auch Thema bei der Ausbildung für den Sportbootführerschein-See.

Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass es allgemeines Wissen ist, dass ein Radarreflektor die Erkennbarkeit gegenüber Radar benutzenden Fahrzeugen ermöglicht bzw. verbessert. Die Ausrüstung eines Schiffes mit einem Radarreflektor und die anschließende Verwendung entspricht demnach guter Seemannschaft und ist damit Teil der seemännischen Sorgfaltspflicht.

Das Nichtbenutzen, also das Nichtsetzen eines passiven Radarreflektors oder das Nichteinschalten eines aktiven Radarreflektors, wird teilweise als Verstoß gegen die gute Seemannschaft angesehen, wenn durch das Nichtbenutzen ein Anderer konkret geschädigt, gefährdet oder mehr, als nach den Umständen unvermeidbar, behindert oder belästigt wird. Damit wäre beispielsweise gemeint, dass das eigene Fahrzeug für andere nicht oder nicht ausreichend auf einem Radarschirm erkennbar ist und dass sich daraus eine gefährliche Verkehrssituation entwickelt. Dem Nichtbenutzen gleich käme auch die Verwendung eines nicht zugelassenen Radarreflektors, wegen der damit möglicherweise verbundenen eingeschränkten Erfassbarkeit.

Für Sportboote, die vor dem 1. Juli 2002 gebaut wurden, ergibt sich nach Auffassung der BSU jedoch nicht die Möglichkeit, aus dem § 3 VO-KVR oder dem § 3 SeeSchStrO eine Ausrüstungspflicht herzuleiten bzw. das Nichtbenutzen, das Nichtausrüsten oder das Ausrüsten mit einem nichtzugelassenen Gegenstand als Verstoß gegen die gute Seemannschaft zu ahnden. Die Ausrüstung eines Schiffes wird in der Schiffssicherheitsverordnung unter Bezug auf SOLAS abschließend geregelt. Da ältere Fahrzeuge, wie oben ausgeführt, gerade nicht einer Ausrüstungspflicht unterliegen, kann sich aus den Anforderungen an die gute Seemannschaft ebenfalls kein Ordnungswidrigkeitstatbestand²¹ ergeben. Da für Sportboote, die am oder nach dem 1. Juli 2002 gebaut wurden, eine grundsätzliche Ausrüstungspflicht besteht, könnte dagegen das Nichtbenutzen auf diesen Fahrzeugen einen Verstoß gegen die gute Seemannschaft darstellen.

6.3.3 Technische Bestimmungen

Unabhängig von SOLAS war bereits 1977 mit der Resolution A.384(X) durch die IMO bzw. deren Maritime Safety Committee (MSC) empfohlen worden, Fahrzeuge mit weniger als 100 BRZ, und sofern praktisch durchführbar, mit Radarreflektoren

²¹ Siehe auch § 3 OWiG – Bestimmtheitsgebot.

auszurüsten. In der Resolution wurden die dazu empfohlenen Mindeststandards beschrieben. Sie sollten bei einer Erfassung durch Radaranlagen mit einer Arbeitsfrequenz von 9 GHz gelten. Die Mindeststandards waren unter anderem:

- Verwendung eines geprüften Typs mit einer Rückstrahlfläche von mindestens 10 m² bei einer Mindesthöhe über der Wasseroberfläche von 4 m oder einer Rückstrahlfläche von 40 m² bei einer Mindesthöhe über der Wasseroberfläche von 2 m.
- Eine Wirkfläche über ein Azimut von 360°.

Die obige Resolution wurde im Jahre 2004 durch die MSC Resolution 164(78)²² ersetzt. Die empfohlenen Leistungsanforderungen gelten nun für Radarreflektoren, die von im 9 GHz (X-Band) und 3 GHz (S-Band) Bereich arbeitenden Radaranlagen erfasst werden sollen. Dabei wurde festgelegt, dass die Mindestanforderungen durch passive oder aktive Reflektoren erfüllt werden können. Die nachfolgenden Punkte sind unter anderem Teil der Mindestanforderung:

- Bei einer Installationshöhe von mindestens 4 m über der Wasseroberfläche soll der Stated Performance Level (SPL)²³ im X-Band mindestens 7,5 m² und im S-Band mindestens 0,5 m² betragen.
- Der Reflektor soll diese Leistung mindestens über ein Azimut von 280° erreichen.
- Für motorgetriebene Fahrzeuge und segelnde Fahrzeuge mit geringen Krängungen (Mehrrümpfer) soll die Leistung des Reflektors auch bei einer seitlichen Krängung von 10° nach jeder Seite erreicht werden. Für andere segelnde Fahrzeuge soll der Reflektor seine Leistung auch bei einer Krängung von 20° erreichen.

Die aktuelle technische Norm für passive Radarreflektoren für die Schifffahrt²⁴ trat 1998 in Kraft. Die aufgestellten Leistungsanforderungen gelten für Frequenzen im X-Band und sind ähnlich den Anforderungen der MSC Resolution.

Die technische Norm für aktive Radarreflektoren²⁵ wurde im Juni 2009 herausgegeben²⁶. Die aufgestellten Anforderungen an das Rückstrahlvermögen entsprechen der MSC Resolution, d.h. aktive Radarreflektoren müssen in beiden Frequenzbändern arbeiten.

Ein Radarreflektor, der erfolgreich ein Zulassungsverfahren²⁷ bestanden hat und damit die zum Zeitpunkt des Zulassungsverfahrens gültigen technischen Standards erfüllt, wird mit dem Steuerrad-Symbol gekennzeichnet.

²² Anhang 28, Resolution MSC.164(78), angenommen am 17. Mai 2004 – Überarbeitete Leistungsanforderungen für Radarreflektoren.

²³ Stated Performance Level - der festgelegte Leistungsgrad. Nach einem bestimmten Verfahren ermittelter Wert, der der Vergleichbarkeit von Reflektoren dient. Wird angegeben in m²-Radarrückstrahlfläche, englisch Radar Cross Section (RCS).

²⁴ EN ISO 8729 : 1997 – Reflektoren für die Schifffahrt. Die ablösende Norm ISO 8729-1 - Marine Radar Reflectors - Part 1: Passive Type - ist in Vorbereitung.

²⁵ Auch als Radar Target Enhancer (RTE) = Radarzielverstärker bekannt.

²⁶ ISO 8729-2 Ships and marine technology – Marine radar reflectors – Active type.

²⁷ Verfahren nach Richtlinie 96/98/EG des Rates der Europäischen Gemeinschaft über Schiffsausrüstungen (EG-Schiffsausrüstungsrichtlinie – Marine Equipment Directive (MED)).

6.3.4 Radarreflektortypen

Passive Radarreflektoren lassen sich in zwei grundsätzliche Typen einteilen. Das sind zum einen die einfachen Reflektoren. Sie sind so aufgebaut, dass der Radarstrahl über zwei oder drei Reflektionsflächen zur Antenne zurückgesandt wird. Die auf dem Markt angebotenen Reflektoren unterscheiden sich dabei in der Anordnung und Anzahl der Spiegel und bei der Innenkantenlänge des Spiegels. Einige Anbieter kombinieren eine Anzahl von Spiegeln mit geringer Kantenlänge zu einem Reflektor. Der tatsächliche Aufbau lässt sich bei einigen Reflektoren nicht erkennen, da die Konstruktion von einem Plastikmantel umgeben ist. Der zweite Typ ist die Luneberg-Linse. Bei ihr handelt es sich um einen kugelförmigen Reflektor, in dessen Inneren der Radarstrahl reflektiert wird. Dieser Typ ist in der Schifffahrt wenig verbreitet.

Aktive Radarreflektoren haben eine andere Funktionsweise. Wird ein solcher Radarreflektor „(...) von der Radarstrahlung eines Schiffes getroffen, sendet (er) ein Signal in der gleichen Frequenz des auftreffenden Impulses zurück. Dieses erzeugt dann ein entsprechend starkes Echo auf dem Radar des Schiffes, welches den Impuls ausgesendet hatte. Im Gegensatz zu Racons senden RTE jedoch keine codierten Signale (Kennung) aus, sondern lediglich das auftretende Signal verstärkt zurück (...). Dadurch trifft jedoch deutlich mehr Energie beim aussendenden Schiff ein, als ein passiver Reflektor in üblicher Yachtgröße zurücksenden würde. Dementsprechend wird eine erheblich größere Reflektionsfläche simuliert (über 60 m²)“.²⁸

Für eine genaue Erklärung der Wirkungsweise der jeweiligen Reflektoren und für eine Übersicht über die auf dem Markt erhältlichen Typen wird auf die entsprechenden Literaturhinweise in den Quellenangaben verwiesen.

6.3.5 Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad passiver Reflektoren ist abhängig von der Innenkantenlänge der Spiegel. Sie stellt die entscheidende Größe für das Rückstrahlvermögen eines passiven Radarreflektors dar. Das Rückstrahlvermögen eines Reflektors verbessert sich nur gering, wenn eine Anzahl von Reflektionsflächen zu einem Reflektor zusammengefasst werden. Um unter optimalen Bedingungen eine Reflektionsfläche von ca. 11 m² zu erhalten, ist eine Innenkantenlänge von 21 cm notwendig. Passive Radarreflektoren sind auf einem Sportboot allerdings selten optimal ausgerichtet. Außerdem besitzen sie eine bestimmte Rückstrahlcharakteristik, welche bewirkt, dass Reflektoren nicht über den gesamten Azimut von 360° gleichmäßig zurückstrahlen. Die Rückstrahlcharakteristik ist von der Stellung des Reflektors, also der Lage der Reflektionsflächen und der sich bildenden Ecken (Corner), abhängig.

Für Motoryachten wird im allgemeinen die „Sechserstellung“ oder auch „Catch the Rain“-Stellung empfohlen, da hier ein fast gleichmäßiges Rundum-Rückstrahldiagramm erreicht wird. In dieser Stellung zeigt ein Corner genau nach oben („Regen fangen“) und das gegenüberliegende genau nach unten. Allerdings kam ein sorgfältiger Test²⁹ zu dem Ergebnis, dass bei auftretenden Krängungen die „Double Catch the Rain“-Stellung zu besseren Ergebnissen führt.

²⁸ Rutter, Sven M.: Radarreflektoren, In: Palstek, Heft 5/2006, S. 70.

²⁹ Corenman, Jim u.a.: Radar Reflectors. 1995.

URL: www.ussailing.org/safety/Studies/radar_reflector_test.htm, (03.09.2009).

Für Segelyachten wird angenommen, dass das Rigg von der Seite gesehen gewisse Reflektionseigenschaften besitzt, die dagegen von vorn oder achtern gesehen nicht vorhanden sind. Aus diesem Grund wird empfohlen, auf Segelyachten den Radarreflektor in der „Yachtstellung“ zu verwenden. Das bedeutet, dass ein Corner nach vorn und das gegenüberliegende Corner nach achtern zeigt.

In den vergangenen Jahren berichteten die deutschen Segelzeitungen immer wieder über die verschiedenen Radarreflektortypen und ihren Wirkungsgrad. Allerdings wurden die Reflektoren dabei unter günstigen Bedingungen, also ohne Krängung, getestet. Die Reflektionseigenschaften sind aber stark abhängig von der „Krängung“ des Reflektors. Aus diesem Grund fordert die aktuelle Richtlinie (siehe Pkt. 6.3.3), dass die Mindestwerte auch bei einer Krängung des Reflektorträgers von 10° bzw. 20° erreicht werden.

Durch die britische Marine Accident Investigation Branch (MAIB) wurde im April 2007 der Bericht³⁰ über den Untergang der Segelyacht OUZO und den Tod ihrer drei Besatzungsmitglieder herausgegeben. Die MAIB geht davon aus, dass die Yacht von der Fähre PRIDE OF BILBAO überlaufen oder zumindest nahebei passiert wurde, und dass dies zum Untergang der Yacht führte. Im Zusammenhang mit der Untersuchung dieses Unfalls gab die MAIB bei dem Unternehmen QinetiQ zwei Gutachten in Auftrag. Zum einen wurde die Wahrscheinlichkeit der Erfassung einer kleinen Yacht durch das Radar der PRIDE OF BILBAO³¹ untersucht. Zum anderen wurde die Wirksamkeit der auf dem Markt erhältlichen Radarreflektoren³² begutachtet. Nachfolgend werden die Ergebnisse beider Tests zusammengefasst³³.

Für den ersten Test wurde zunächst für die Begutachtung der Reflektionseigenschaften der Yacht ein Schwesterschiff untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass diese Yacht wenige Flächen aufweist, die annähernd senkrecht zur Wasseroberfläche stehen. Sie ist damit typisch für die allermeisten Yachten. Es ist anzumerken, dass moderne Kriegsschiffskonstruktionen eben diese Eigenschaft aufweisen, um die Erkennbarkeit auf einem Radargerät zu verringern. Außerdem war die OUZO aus GFK gefertigt, ein Material, das schlechtere Reflektionseigenschaften als Stahl besitzt. Für die OUZO wurden folgende Werte (ohne Radarreflektor) für die Radarrückstrahlfläche (RCS) ermittelt:

- Genau querab ca. 8 m², bei geringer Abweichung sofort stark abfallend,
- Von vorne ca. 2 m²,
- Von achtern ca. 3 m².

Der große RCS von 8 m² für die Querab-Situation muss insofern eingeschränkt werden, als dass davon ausgegangen werden muss, dass dieser Wert nur bei gerade stehendem Mast erreicht wird.

³⁰ MAIB: Report on the investigation of the loss of the sailing yacht Ouzo and her three crew South of the Isle of Wight during the night of 20/21 August 2006. 2007.

URL: http://www.maib.gov.uk/sites/maib/cms_resources/Ouzo_.pdf.

³¹ MAIB: Annex 4: Investigation into the likelihood of the Pride of Bilbao's radars detecting a small yacht. URL: http://www.maib.gov.uk/cms_resources.cfm?file=/Ouzo_Annexes.pdf.

³² MAIB: Performance Investigation of Marine Radar Reflectors on the Market. URL: http://www.maib.gov.uk/cms_resources.cfm?file=/Radar%20reflectors%20report.pdf.

³³ Im Anhang wird mit freundlicher Zustimmung der MAIB der vollständige englische Text des Tests zur Wirksamkeit von Radarreflektoren veröffentlicht.

Für den durch die OUZO mitgeführten und möglicherweise gesetzten faltbaren Radarreflektor nahmen die Tester einen RCS von 4,5 m² über den Azimut von 360° an.

Für die rechnerische Simulation mithilfe eines speziellen Programms wurde der Einfluss des Seegangs (Höhe 1,5 m) und des Windes (4 Bft) berücksichtigt. Das ist von Bedeutung, da Fahrzeuge mit geringer Seitenhöhe bei steigendem Seegang in zunehmendem Maße von den Wellenkämmen verdeckt werden.

Es wurde jeweils die Wahrscheinlichkeit der Erfassung mittels X-Band-Radar und S-Band-Radar für die Yacht mit und ohne gesetzten Radarreflektor errechnet. Folgende Wahrscheinlichkeiten wurden ermittelt:

- S-Band ohne Reflektor: 50 % Wahrscheinlichkeit bei 1,4 km, dann annähernd linear auf 0 % fallend bei 10 km,
- S.-Band mit Reflektor: kleine Spitze von 70 % bei 2 km, 0 % bei 3 km, 100 % zwischen 3,5 km und 8 km, dann fallend auf 0 % bei 18 km,
- X-Band ohne Reflektor: weniger als 5 % Erfassungswahrscheinlichkeit in einem Bereich von 3 km bis 13 km, davor 0 %,
- X-Band mit Reflektor: viele Spitzen von 40 % bis 60 % von 0 km bis 4 km, breite Spitze von ca. 85 % mit dem Maximum bei 6,5 km, über 90 % zwischen 10,5 km und 19 km.

Für den zweiten Test wurden auf dem Markt erhältliche Radarreflektoren in einem speziellen Versuchsfeld untersucht. Folgende Modelle wurden dabei getestet.

1. Plastimo 16“ Oktaeder-Reflektor, in aufrechter und in „Catch the Rain“-Stellung, Innenkantenlänge = 30 cm,
2. Plastimo 4 “ (Ø 10 cm) Röhren-Reflektor,
3. Davis Echomaster Oktaeder-Reflektor in „Catch the Rain“-Stellung, Durchmesser = 32 cm,
4. Viking Large Tri-Lens, drei Luneberg-Linsen in einem Winkel von 120° zueinander, mit Plastik ummantelt,
5. Viking Standard Tri-Lens, wie oben, nur kleinere Abmessung,
6. Echomax 230, drei Spiegelsysteme untereinander, mit Plastik ummantelt, der einzige Reflektor mit einer Zulassung nach ISO 8729,
7. Firdell Blipper 210-7, spiralförmiges Spiegelsystem, mit Plastik ummantelt,
8. Sea-me Radar Target Enhancer (aktiver Radarreflektor),
9. POLARef 11, eine Luneberg-Linse, als Referenz.

Im Test wurde die Leistung der Reflektoren im X-Band-Bereich betrachtet. Alle Reflektoren wurden in aufrechter Position und mit zunehmenden Krängungsgraden getestet. Die Ergebnisse wurden zum einen mit den Leistungsanforderungen aus ISO 8729 (1999) verglichen. Unter anderem sollte dabei:

- a) der Rückstrahlquerschnitt nicht geringer als 2,5 m² über ein Azimut von mindestens 240° sein³⁴.
- b) Bei Krängung soll der Rückstrahlquerschnitt nicht geringer als 0,652 m² über ein Azimut von mindestens 240° sein.

Zum anderen erfolgte ein Vergleich mit den Leistungsanforderungen aus MSC.164(78) und der zukünftigen ISO 8729-1, wonach

- c) der SPL > 7,5 m² betragen soll.

³⁴ Das entspricht auch den Anforderungen an Radarreflektoren für Nicht-SOLAS-Schiffe aus der zukünftigen ISO 8729-1 (passive Radarreflektoren).

Die Ergebnisse werden nachfolgend verkürzt wiedergegeben:

Zu 1.) Der Plastimo 16“ Oktaeder-Reflektor, der vom Hersteller nicht für die Verwendung in der „Catch the Rain“-Stellung vorbereitet war, erfüllte die Anforderungen aus a) nur in aufrechter Stellung und ohne Krängung. Die Anforderungen aus b) wurden für fast alle Krängungsgrade erfüllt. Die Anforderungen nach c) wurden weit verfehlt.

Zu 2.) Der Plastimo 4“ Röhren-Reflektor erfüllte die Anforderungen aus a) nicht. Die Anforderungen aus b) und c) wurden nur in der aufrechten Position erfüllt. Bereits bei einer Krängung von 1° erfolgte ein beachtlicher Abfall in der Leistung.

Zu 3.) Der Davis Echomaster erfüllte die Anforderungen aus a) und c) nicht. Die Anforderungen aus b) wurden nur bis zu einer Krängung von 5° erfüllt.

Zu 4.) Der Viking Large Tri-Lens erfüllte die Anforderungen aus a) und b). Er erreichte verhältnismäßig hohe, aber dennoch nicht ausreichende Werte für c).

Zu 5.) Der Viking Standard Tri-Lens erfüllte nur die Anforderungen aus b).

Zu 6.) Der Echomax 230 wurde im Test zur Radarantenne hin (+) und von der Antenne weg (-) geneigt/gekrängt. Das führte zu unterschiedlichen Ergebnissen. Die Anforderungen aus a) wurden nur in aufrechter Position erreicht. Die Anforderungen aus b) wurden bis + 10° Krängung erfüllt.

Zu 7.) Der Firdell Blipper 210-7 wurde ebenfalls in zwei Richtungen gekrängt. Die Anforderungen aus a) wurden nur in aufrechter Position erreicht. Die Anforderungen aus b) wurden in einem Bereich von – 5° bis + 15° Krängung erfüllt. Die Anforderungen aus c) wurden nicht erreicht.

Zu 8.) Der Sea-me RTE erfüllte die Anforderungen nach a) und b) über 360°. Die Anforderungen nach c) erfüllte er bis zu einer Krängung von 15°.

Zu 9.) Der POLARef 11 erfüllte die Anforderungen nach a) und b) über 360°. Die Anforderungen aus c) lagen für alle Krängungsgrade nahe oder über dem geforderten Wert.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die gebräuchlichen passiven Radarreflektoren die Forderungen aus MSC.164(78) und der zukünftigen ISO 8729-1 nicht annähernd erfüllen. Test 1 zeigt aber, dass dennoch fast jeder Radarreflektor besser als kein Reflektor ist, da die Erfassungswahrscheinlichkeit deutlich gesteigert wird.

Der getestete Sea-me RTE hätte die Anforderungen nach ISO 8729-2 nicht erfüllt, da er nur im 9 GHz-Bereich arbeitete. Auf der Homepage des Herstellers wird inzwischen ein RTE vorgestellt, der in beiden geforderten Frequenzbereichen arbeitet.

Einen Überblick über die derzeitige Zulassungssituation bei Radarreflektoren gibt die, im Zusammenhang mit der EG-Schiffsausrüstungsrichtlinie eingeführte, MarED-

Datenbank. In ihr sind weder für die Verwendung auf Rettungsbooten oder -flößen vorgesehene, noch als Teil der Navigationsausrüstung gedachte, passive oder aktive Radarreflektoren enthalten. Das bedeutet offensichtlich, dass es zur Zeit keine zugelassenen Radarreflektoren gibt.

6.3.6 Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit der Untersuchung dieses Falles wurde durch die BSU erneut die vorhandene Regelungslücke für die vor dem 1. Juli 2002 gebauten Sportboote als kritisch erkannt. Bereits bei der Untersuchung des Seeunfalls der ALLMIN³⁵ war dieser Umstand festgestellt und in einem Schreiben an das Verkehrsministerium thematisiert worden. Von dort wurde auf die anstehenden Änderungen seeverkehrsrechtlicher Vorschriften verwiesen. Tatsächlich dauert die nach Auffassung der BSU bestehende Regelungslücke an. Die Untersucher gehen davon aus, dass der überwiegende Teil der Sportboote auf den deutschen Seeschiffahrtsstraßen ein Baujahr besitzt, welches vor dem 1. Juli 2002 liegt. Das bedeutet, dass für einen Großteil der deutschen Sportboote weniger oder weniger konkrete Forderungen und Verpflichtungen für die Ausrüstung bestehen, da der Gesetzgeber seine Möglichkeiten bisher nicht genutzt hat, ein einheitliches System von Forderungen oder Empfehlungen zu etablieren. Dabei bleibt es für die BSU offen, ob die Maximalforderungen nach SOLAS für alle Sportboot eingeführt werden oder ob mit Augenmaß und in Abstimmung mit Behörden und Verbänden Regelungen gefunden werden, die gleichermaßen für alle Sportboote gelten könnten.

Bei der Überlegung des einzelnen Sportbootfahrers, welche Ausrüstung für ein bestimmtes Sportboot heute konkret verpflichtend ist, ist die vorhandene Literatur, d.h. die Broschüre des BMVBS, aber auch die Ausarbeitungen der Verbände, wenig hilfreich. In der Literatur wird oft verpflichtende und empfohlene Ausrüstung nicht klar getrennt bzw. es wird nicht nach Baujahr der Sportboote unterschieden. Die Orientierung anhand der bestehenden Gesetze und Verordnungen ist aufgrund vieler Verweisungen sehr schwierig und führt möglicherweise zu falschen Schlüssen.

Unabhängig vom oben gesagten, sollte die Ausrüstung mit einem geeigneten Radarreflektor für alle Sportboot selbstverständlich sein. Insbesondere dann, wenn die Fahrt durch entsprechende Seegebiete geht bzw. während der Dunkelheit oder bei schlechtem Wetter durchgeführt wird.

³⁵ BSU 203/04 – Untergang der SY ALLMIN und Ertrinken von zwei Seglern am 29. Juni 2004 östlich von Rügen.

7 Sicherheitsempfehlung(en)

Die folgenden Sicherheitsempfehlungen stellen weder nach Art, Anzahl noch Reihenfolge eine Vermutung hinsichtlich Schuld oder Haftung dar.

7.1 Betreiber und Schiffsführungen

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt den Betreibern und Schiffsführern seegehender Sportboote die Ausrüstung mit aktiven oder passiven Radarreflektoren. Passive Radarreflektoren sollten so gewählt werden, dass sie eine möglichst große Rückstrahlfläche bieten. Ihre Anbringung am Schiff sollte so erfolgen, dass eine gute Rückstrahlcharakteristik erreicht wird.

7.2 Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung die Überarbeitung der rechtlichen Grundlagen für die Ausrüstung von Sportbooten. Die vom Ministerium herausgegebene Broschüre „Sicherheit auf dem Wasser“ sollte verbessert werden, so dass verpflichtende und empfohlene Ausrüstung, in Abhängigkeit vom Baujahr des Schiffes, einfacher erkennbar wird.

8 Quellenangaben

- Ermittlungen Wasserschutzpolizei-Inspektion Wismar
- Schriftliche Erklärungen/Stellungnahmen
- Zeugenaussagen
- Seekarte Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
- Fachzeitschriften und Bücher:
 - v. Krause, Erik: Was hängt im Rigg? Yacht, Heft 22/1991, S. 136-137.
 - Muhs, Joachim F.: Radar-Reflektoren: Dünne Echos in dicker Suppe. In: Yacht, Heft 18/1994, S. 88-95.
 - Muhs, Joachim F.: Strahlen für mehr Sicherheit. In: Yacht, Heft 17/1996, S. 32-37.
 - Fritsch, Andreas: Radar: Kleinste Boote groß im Bild. In: Yacht, Heft 10/1997, S. 22-25.
 - Herrmann, Michael: Passive Sicherheit: Radarreflektoren. In: Palstek, Heft 6/1998, S.66-75.
 - Rutter, Sven M.: Radarreflektoren, In: Palstek, Heft 5/2006, S. 66-79.
 - Sinschek, Gerald: Hallo Echo ..., In: Segeln Heft 10/2006, S. 24-29.
 - Bartels, Klaus: Behördlicher Wirrwarr, In: Segeln, Heft 8/2009, S. 68-69.
 - David Pugh: Active Radar Reflectors, In: Practical Boat Owner, Heft 513/2009, S. 49-51, aus URL: http://www.echomax.co.uk/Echomax_Products.htm
 - Schult, Joachim: Segler-Lexikon. Delius Klasing, Bielefeld 2001, S. 468.
 - DHH (Hg.): Seemannschaft. Delius Klasing, Bielefeld 2005, S. 540-542.
 - Fürst, Georg: Radar an Bord. Pitsch Verlag, Stuttgart 2002, S. 47-54.

9 Anhang

Im Anhang erfolgt der Abdruck einer Untersuchung zur Leistungsfähigkeit von Radarreflektoren, die durch das Unternehmen QinetiQ durchgeführt wurde. Der Abdruck erfolgt mit freundlicher Genehmigung der britischen Marine Accident Investigation Branch (MAIB), die diesen Test im Zusammenhang mit der Untersuchung des Verlustes der Segelyacht OUZO und des Todes ihrer drei Crewmitglieder (Bericht 7/2007) in Auftrag gegeben hatte.

Report by QinetiQ: “Performance Investigation of Marine Radar Reflectors on the Market”

This study was commissioned by MAIB as a result of the loss of the yacht *Ouzo* (see investigation report www.MAIB.gov.UK). The work, which has been carried out by **QinetiQ, Funtington**, is designed to better inform yachtsmen of the most appropriate choice of radar reflector for their craft from among those currently being produced. The quality of the study has been independently assessed for MAIB by two other experts in the field.

The QinetiQ tests have measured the radar cross section of the reflectors in a controlled environment. While this gives a very good comparison, it is not a comprehensive set of measurements, in that it cannot take into account different radar parameters, clutter, target RCS/range/aspect etc.

There are other studies that have been carried out in the past, the results of which have been widely published in the yachting press and other public fora.

Yachtsmen are offered the following advice:

- You are urged to carefully consider the findings of this study (along with other relevant research and studies) and then to fit the most effective and appropriate radar reflector for your circumstances.
- You may also like to bear in mind that, if fitting a passive reflector, a simple but effective rule might be to fit the largest reflector that your boat can sensibly display.
- Ensure your reflector is properly installed

Finally, it is essential for yachtsmen to be aware that, notwithstanding the type of radar reflector fitted, in certain circumstances their craft may still not be readily visible on ships' radars and thus they should always navigate with caution.

Performance investigation of marine radar reflectors on the market

Steve Luke
QINETIQ/D&TS/SEA/CR0704527/2.0
March 2007

QinetiQ Ltd
Cody Technology Park
Farnborough
Hampshire
GU14 0LX

Administration page

Customer Information

Customer reference number

Project title

Customer Organisation Marine Accident Investigation Branch

Customer contact Capt N Beer

Contract number SEA00450

Milestone number -

Date due 23rd March 2007

Principal author

Steve Luke 02392 334858

Bldg 5, QinetiQ Funtington, Common Road, sluke@QinetiQ.com
Chichester. PO2 9PD

Release Authority

Name I Boswell

Post Capability Leader

Date of issue

Record of changes

| Issue | Date | Detail of Changes |
|-------|---------------------------|------------------------------------|
| Draft | 26 th Mar 2007 | - |
| 1 | 27 th Mar 2007 | Issued after review |
| 2 | 3 rd May 2007 | Modified after comment by industry |

List of contents

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Introduction | 5 |
| 1.1 | General | 5 |
| 1.2 | Effect of RCS on the probability of detection | 5 |
| 2 | Description of Test | 8 |
| 2.1 | Items for test | 8 |
| 2.1.1 | Plastimo 16" octahedral reflector | 9 |
| 2.1.2 | 4" Plastimo tube reflector | 9 |
| 2.1.3 | Davis Echomaster | 10 |
| 2.1.4 | Viking Large Tri-Lens | 10 |
| 2.1.5 | Viking Standard Tri-Lens | 11 |
| 2.1.6 | Echomax 230 | 11 |
| 2.1.7 | Firdell Blipper 210-7 | 12 |
| 2.1.8 | Sea-me Radar Target Enhancer (RTE) | 12 |
| 2.1.9 | POLARef 11 radar reflector | 13 |
| 2.2 | Measurement set-up | 13 |
| 2.2.1 | Anechoic chamber | 13 |
| 2.3 | Test matrix | 14 |
| 3 | Description of Results | 15 |
| 3.1 | General | 15 |
| 3.2 | Plastimo 16" Octahedral reflector | 16 |
| 3.3 | Plastimo 4" Tube reflector | 18 |
| 3.4 | Davis Echomaster Reflector | 19 |
| 3.5 | Large Tri-Lens Reflector | 20 |
| 3.6 | Standard Tri-Lens Reflector | 21 |
| 3.7 | Echomax 230 Reflector | 22 |
| 3.8 | Firdell Blipper 210-7 Reflector | 23 |
| 3.9 | Sea-me RTE | 24 |
| 3.10 | POLARef Reflector | 25 |
| 4 | Discussion of Results | 26 |
| 4.1 | Comparison of reflectors | 26 |
| 4.2 | General summary of results | 28 |
| 5 | Conclusions | 30 |
| 6 | Recommendations | 31 |
| 7 | References | 32 |

This page is intentionally blank

1 Introduction

1.1 General

This report has been written to compare a selection of radar reflector types in terms of their free space radar cross section (RCS) performance. It will allow yachtsmen and small boat owners to make an informed judgement regarding the type and size of reflector to fit in order to have the best chance of being detected by the radar of other ships.

The report describes free space radar cross section (RCS) measurements carried out on 9 radar reflectors and compares the results both graphically and statistically.

The report covers measurements taken at X-Band (9.41GHz) only. SOLAS Chapter 5 requires that all vessels over 300 tonnes carry an X Band radar and all ships over 3000 tonnes to also carry an S Band radar as well. All commercial shipping should be at least using X Band radar. For this reason all of the reflectors available are designed to operate at X Band. It should be noted however that passive reflectors will offer some performance at other frequencies including S Band. All the testing and the modelling presented in this report has been performed at X Band.

To assist with quantifying the performance the results have been compared to the RCS performance aspects of ISO8729 [1] and to its draft replacement [2], this was carried over a limited set of elevation angles. ISO8729 also covers environmental testing of radar reflectors which has not been covered by this report.

This report also includes a brief section dealing with radar propagation effects of target detection at sea relating to a commercial vessels ability to detect radar reflector of various sizes (RCS) carried by a yacht.

1.2 Effect of RCS on the probability of detection

Computer modelling of radar detection in an overwater environment was carried out to demonstrate the effect of altering a radar reflectors RCS will do to its probability of being detected on a typical navigational radar as fitted to SOLAS vessels and highlight the importance of a radar reflector with good performance.

The predictions were made using QinetiQ's naval electromagnetic environment simulation suite (NEMESIS). NEMESIS is an advanced propagation tool that simulates how microwave energy propagates through the atmosphere and interacts with the terrain.

These predictions are only valid for the specific case shown below; different radar antenna heights, sea conditions and target heights will affect the probability of detection against ranges shown.

Table 1 shows the modelling parameters for the radar.

| Parameter | X-Band radar |
|---------------------------|--------------|
| Peak power (kW) | 25 |
| Pulse Duration (μ s) | 0.75 |
| Transmit gain (dB) | 26 |
| Receive gain (dB) | 26 |
| Noise (W/Hz) | 2.006e-20 |
| Loss (dB) | 5 |
| Polarisation | HH |
| Azi Bw (deg) | 2 |
| Radar | Bridgemaster |
| CFAR | 0.0001 |
| Antenna height (m) | 30 |

Table 1 Modelled radar parameters

The probability of detection at close ranges deteriorates as the incident sea state increases due to an effect known as sea clutter where radar returns are made by wave crests or other parts of a broken sea surface. These are presented on screen as random returns which can mask the presence of true target reflections. The clutter responses can have a significant RCS but do not have any consistency of location so modern radar does have anti clutter techniques to improve discrimination but these will always work better if the true target has an RCS above a certain threshold.

The parameters shown in table 2 were used to model the reflector and the seas state for this scenario.

| Parameter | Value |
|----------------------|--|
| Target RCS (m^2) | 1 m^2 , 2 m^2 , 4 m^2 & 10 m^2 |
| Target height (m) | 4m |
| Swerling | 1 |
| Wind speed (knots) | 16 |
| Land clutter | Necaps |
| Sea Clutter | GIT [3] |

Table 2 Modelled target and scenario parameters

The Naval Environmental Clutter, Attenuation and Propagation Specification (NECAPS) describes a 5ft swell as a moderate to rough sea state, which is created by a wind speed of approximately 16 knots. This parameter has been used to simulate the 5ft swell in the model.

Figure 1 shows the results of this modelling. It is generally accepted that a competent radar operator will recognise a true target (as apposed to clutter returns) if it paints in the same place for at least 5 out of 10 radar scans (50% paint). This definition of detection is also used by an ARPA (automatic radar plotting aid) to both detect and maintain track of a target.

The graph in figure 1 shows the effects of the clutter field as the highly variable response to each target RCS in the region up to 4nm, this is actually caused by both clutter and multipath (another phenomena of overwater propagation), further explanation can be found in ref [4].

The modelling shows that when using a radar reflector with an RCS of 1m^2 , 50% probability of detection is only achieved between 2.6 and 3.1nm and again between 4.6 to 9.1nm. More importantly it clearly illustrates the beneficial effects of increased RCS and consistency of return, particularly at close range.

For radar reflectors with an RCS of 2m^2 and above the probability of being tracked inside 2nm increases significantly.

With a radar reflector of RCS of at least 4m^2 50% probability of detection is achieved beyond 10nm from 4.5nm.

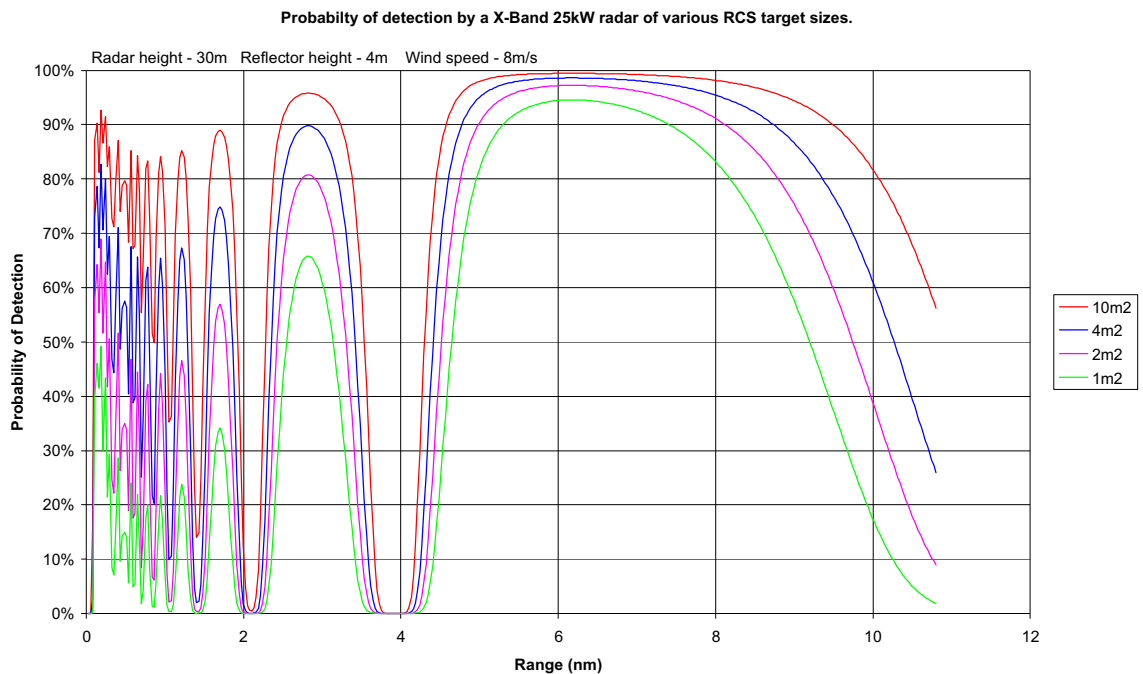


Figure 1 Plot showing the probability of detection when tracking targets of different RCS vs. range.

2 Description of Test

2.1 Items for test

9 reflectors were chosen for the testing and comparison to represent a cross section of radar reflectors available in the UK. These reflectors were generally sourced from local chandlers and offer a typical performance. Where it was difficult to source a reflector, data has been taken from a previous MCA report produced in 2003 and the results used for comparison.

These targets are described in the table below, table 3, and the following sections;

| Reflector | Dimensions | Weight | Price |
|--------------------------|---------------------|--------|--------|
| Plastimo 16" Octahedral | 300 x 300 x 415mm | 0.65kg | £16 |
| Plastimo 4" Tube | 590 (L) x 100mm (D) | 0.9kg | £40 |
| Davis Echomaster | 320mm diameter | | £60 |
| Viking Large Tri-Lens | 160 x 160 x 80mm | 5.5kg | £300 |
| Viking Standard Tri-Lens | 120 x 120 x 60mm | 2.5kg | £130 |
| Echomax 230 | 610 (L) x 248mm (D) | 2.4kg | £130 |
| Firdell Blipper 210-7 | 595 (L) x 240mm (D) | 1.8kg | £130 |
| Sea-Me | 416 (L) x 50mm (D) | 0.4kg | £500 |
| POLARef 11 | 279mm (D) | ≈5kg | ≈£2000 |

Table 3 Radar Reflectors supplied for the testing regime.

The data presented above was sourced from manufacturers and chandlers websites; the prices should be taken as approximate at the time of report issue.

2.1.1 Plastimo 16" octahedral reflector

Plastimo 16" is a push fit octahedral reflector constructed from three aluminium diamonds slotted together, these panels are locked in place by plastic corner pieces. This reflector only had mounting holes for an upright position (not the generally recommended "catch rain" position). The Plastimo 16" Octahedral reflector is pictured in this mounting position in figure 2.



Figure 2 Photo of the Plastimo 16" Octahedral reflector

2.1.2 4" Plastimo tube reflector

4" tube is the larger of the two tube reflectors currently on the market; it consists of an array of dihedrals stacked in the vertical plane which are encompassed within a clear plastic body. Manufacturers instructions show it vertically mounted. A Plastimo tube reflector is shown in figure 3.



Figure 3 Photo of the Plastimo Tube reflector.

2.1.3 Davis Echomaster

The Davis Echomaster is a push fit octahedral reflector constructed from three aluminium circular panels which are slotted together, these panels are locked in place by plastic corner pieces. This octahedral is designed to be mounted in the catch rain position, and is shown below in this position in figure 4.



Figure 4 Davis Echomaster radar reflector

2.1.4 Viking Large Tri-Lens

The Viking Large Tri-Lens is the largest of the Viking (also marketed as Rozendal) Tri-Lens range of radar reflectors, it uses three luneberg type lens reflectors spaced 120° apart and is encompassed by a moulded plastic case. At 5.5kg it is the heaviest reflector currently on the market. The large Tri-lens is pictured below in figure 5.



Figure 5 Photo of the Large Tri-Lens reflector

2.1.5 Viking Standard Tri-Lens

The Viking Standard Tri-Lens is the medium sized Tri-Lens, it utilises three luneberg type lens reflectors spaced 120° apart and is encompassed by a moulded plastic case. The Standard Tri-lens is pictured below in figure 6.



Figure 6 Photo of the standard Tri-Lens.

2.1.6 Echomax 230

The Echomax 230 reflector comprises a vertical stack of three aluminium corner arrays enclosed in a plastic case. It relies upon interactions between each of the arrays to produce large peak responses. This reflector is only one supplied which has been type approved to ISO8729 [1]. The Echomax 230 reflector is pictured in figure 7.



Figure 7 Photo of Echomax 230 reflector

2.1.7 Firdell Blipper 210-7

The Firdell Blipper is outwardly of a similar design to that of the Echomax 230 but it uses a vertical spiral array of 7 corners. It relies upon interactions between each of the corners to produce large peak responses. The reflector is encompassed within a plastic case. The Blipper 210-7 reflector is pictured in figure 8.



Figure 8 Photo of a Firdell 210-7 reflector

2.1.8 Sea-me Radar Target Enhancer (RTE)

The Sea-me RTE is an active system, which receives a radar pulse, amplifies it and re-transmits it. It contains a receive antenna, amplifier and transmit antenna contained within a plastic case/radome. This transponder will only perform against X-Band radars; unlike the passive reflectors it will not offer any performance in S-Band. The Sea-me RTE is shown below in figure 9.



Figure 9 Photograph of the Sea-me RTE.

2.1.9 POLARef 11 radar reflector

The POLARef 11 reflector is a precision radar target generally used for the calibration of radars. It is a luneberg lens which operates over its complete azimuth range. This reflector is usually made to order but has been included as a baseline to demonstrate what is achievable from a passive reflector. The POLARef 11 reflector is shown in figure 11.



Figure 10 Photograph of the POLARef 11 reflector.

2.2 Measurement set-up

2.2.1 Anechoic chamber

RCS measurements were carried out on the radar reflectors in the anechoic chamber at QinetiQ Funtington (figure 11). The chamber is a 15m long, 6m wide and 5m high screened room clad with radar absorbent material (RAM). The radar transmit and receive horns are mounted side by side and are positioned in the middle of the wall at one end of the chamber. At the other end, the reflector is positioned at the same height as the horns on a radar invisible mount (polystyrene cone) fitted to an azimuth-over-elevation positioner which is screened by a small RAM wall.

The facility uses a HP8530 vector network analyser with a HP8511A frequency converter unit as the calibrated radar. The system is computer controlled and the positioner data is synchronised with the measured RCS, which is plotted in real time. The RCS system is calibrated using a 300mm-diameter sphere with an RCS of 0.039m². The background clutter from the chamber is removed using an automated background subtraction method measured when the chamber is empty.

The equipment used for these measurements are calibrated annually, they were last calibrated on the 7th of August 2006. Within this facility, over this frequency range, RCS measurements can be made to an accuracy of ± 0.5 dB.

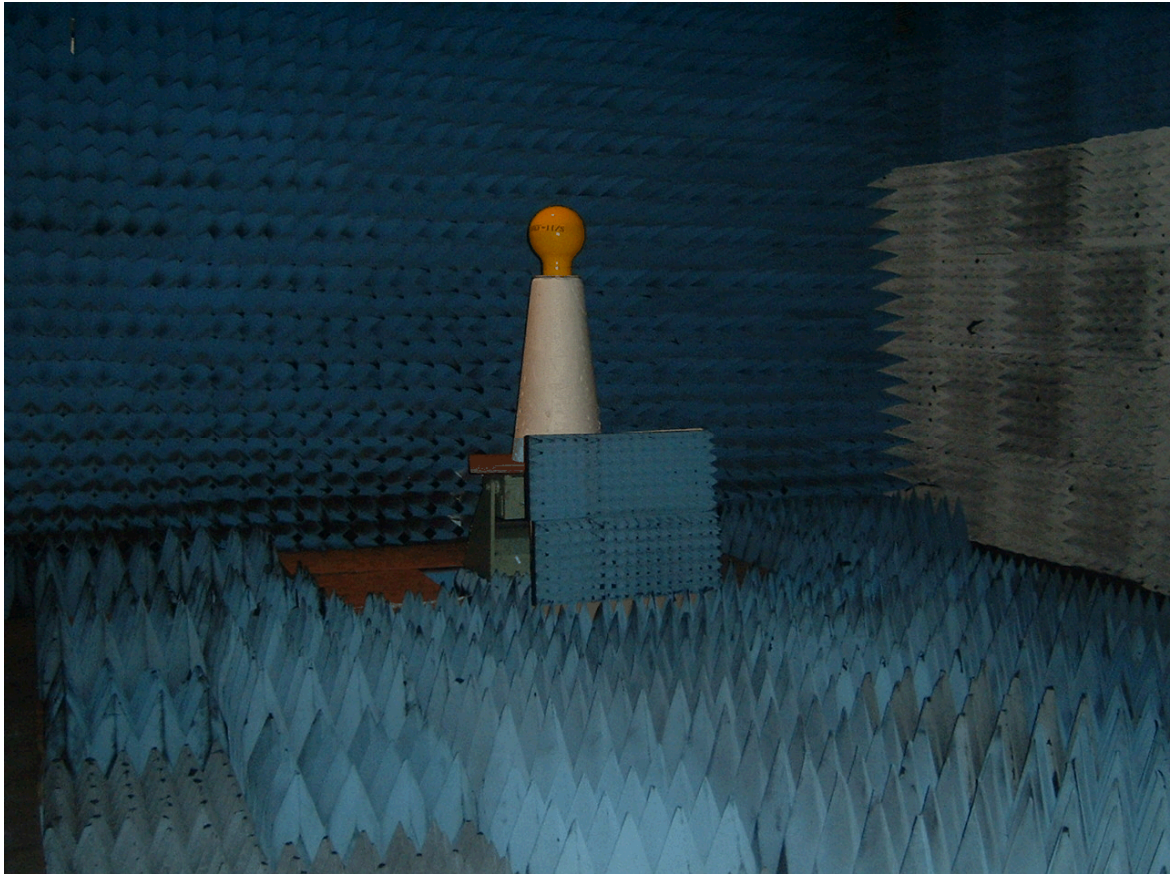


Figure 11 Picture of a POLARef in the Anechoic Chamber at QinetiQ Funtington

2.3 Test matrix

The typical test parameters used for this measurement program were;

- Azimuth angles = 0° to 360° recorded every 1°
- Frequency = 9.41GHz (centre of maritime X-Band frequency band)
- Polarisation = Horizontal
- Elevation angles = minimum of 0° , 5° , 10° & 15°

For the stacked array radar reflectors (Echomax and Firdell) additional tests were carried out over $\pm 3^{\circ}$ in accordance with ISO8729[1], this data was combined to produce the 0° plot.

3 Description of Results

3.1 General

In order to compare the reflectors, azimuth RCS measurements were taken over a number of elevation angles. Based on these measurements, RCS graphs and statistics have been produced showing:

- maximum RCS in m^2
- average RCS in m^2
- total angle above $2.5m^2$ (at 0° elevation ISO8729 [2] requires this to be $>240^\circ$)
- total angle above $0.625m^2$ (for all other elevation angles, ISO8729 [2] requires this to be $>240^\circ$)
- Stated performance level – this is the lowest level which a 10° null width occurs (for the replacement [3] to ISO 8729 this is required to be $>7.5m^2$ up to 10° elevation for motor cruisers and sailing vessels such as catamarans which are designed for small angles of heel and 20° elevation for all other sailing vessels)

These statistics are based around the performance requirements of the current ISO8729 specification [1] and the future ISO 8729 Ed. 2. The draft revision is based on IMO Resolution MSC.164(78) which provides the concept and level for the Stated Performance Level (SPL) [2].

3.2 Plastimo 16" Octahedral reflector

The RCS of the Plastimo 16" radar reflector over the elevation angles 0°, 5°, 10°, 15° & 20° is shown in figures 12 and 13 below. They show the RCS of the reflector when mounted in the upright and the catch rain positions.

RCS of the Plastimo 16" octahedral (mounted upright) at various elevation angles

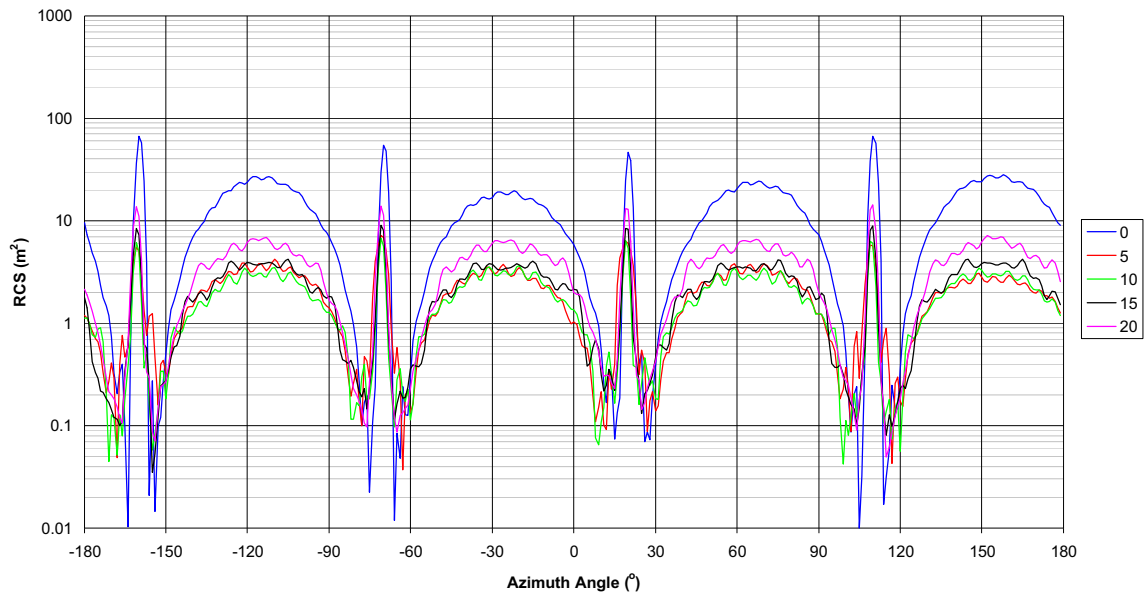


Figure 12 Plot of linear RCS of the Plastimo 16" Octahedral reflector when mounted in the upright position.

In the upright position (as designed) the peaks are very large for a small reflector and reach an RCS of 66m² at 0° elevation and the shape is very regular. The drawback with this reflector mounted in this fashion is the very large nulls between the peaks. At 0° elevation the stated performance level (taken from table 4) is 1.29m², this value gets worse as the elevation angle is increased.

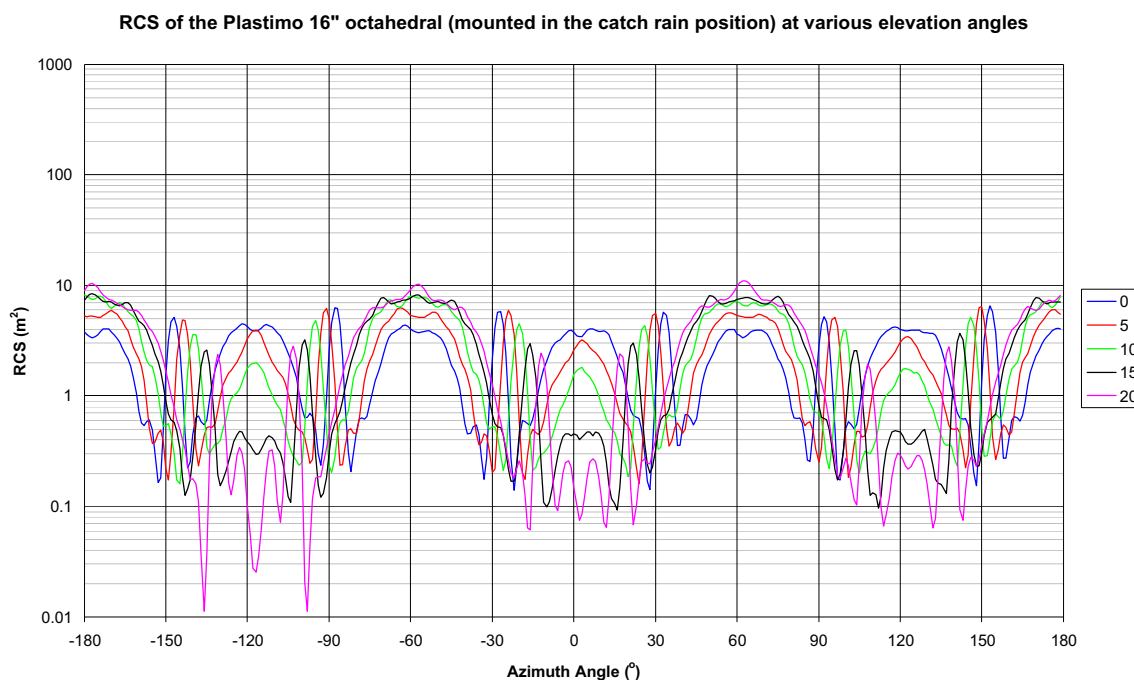


Figure 13 Plot of linear RCS of the Plastimo 16" Octahedral reflector when mounted in the catch rain position.

When in the catch rain position the RCS has lower peaks but is more balanced with azimuth angle variation, it has six peaks each having an RCS of 4m^2 at 0° elevation. As the elevation angle increases it is noticeable that three of the six lobes increase in RCS to 10m^2 , whereas the other three decrease to levels around 0.5m^2 . The average RCS is more consistent over the elevation range in the catch rain position.

| Reflector | Elevation Angle | Maximum RCS (m^2) | Average RCS (m^2) | Total angle > 2.5m^2 | Total angle > 0.625m^2 | Stated Performance Level (m^2) |
|--|-----------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|
| Plastimo 16 inch Octahedral | 0 | 66.76 | 11.92 | 264 | 302 | 1.29 |
| Plastimo 16 inch Octahedral | 5 | 25.53 | 1.97 | 132 | 280 | 0.54 |
| Plastimo 16 inch Octahedral | 10 | 7.17 | 1.75 | 117 | 277 | 0.47 |
| Plastimo 16 inch Octahedral | 15 | 4.40 | 2.17 | 153 | 258 | 0.30 |
| Plastimo 16 inch Octahedral | 20 | 6.79 | 3.41 | 212 | 280 | 0.47 |
| Plastimo 16 inch Octahedral in catch rain position | 0 | 6.50 | 2.32 | 171 | 279 | 0.81 |
| Plastimo 16 inch Octahedral in catch rain position | 5 | 6.38 | 2.44 | 148 | 258 | 0.82 |
| Plastimo 16 inch Octahedral in catch rain position | 10 | 8.15 | 2.77 | 138 | 263 | 0.61 |
| Plastimo 16 inch Octahedral in catch rain position | 15 | 8.42 | 2.87 | 149 | 215 | 0.43 |
| Plastimo 16 inch Octahedral in catch rain position | 20 | 11.07 | 3.07 | 152 | 214 | 0.26 |

Table 4 Statistics of the Plastimo 16" Octahedral reflector in its 2 mounting positions.

3.3 Plastimo 4" Tube reflector

The RCS of the Plastimo tube radar reflector over the elevation angles 0°, 1°, 5°, 10° & 15° is shown in figure 14. At 0° the RCS response looks fair with 8 lobes achieving between 6m² and 9m², but as soon as the reflector is tilted even to as little as 1° these maxima fall away to levels of between 0.4² and 4m². As the elevation angle increases the performance degrades even more, at 5° and 10° the stated performance level is 0.03m² and there is only 1° of azimuth where both plots exceed 0.625m². The statistics for the Plastimo 4" Tube reflector are shown in table 5.

RCS of the Plastimo 4" tube radar reflector at various elevation angles.

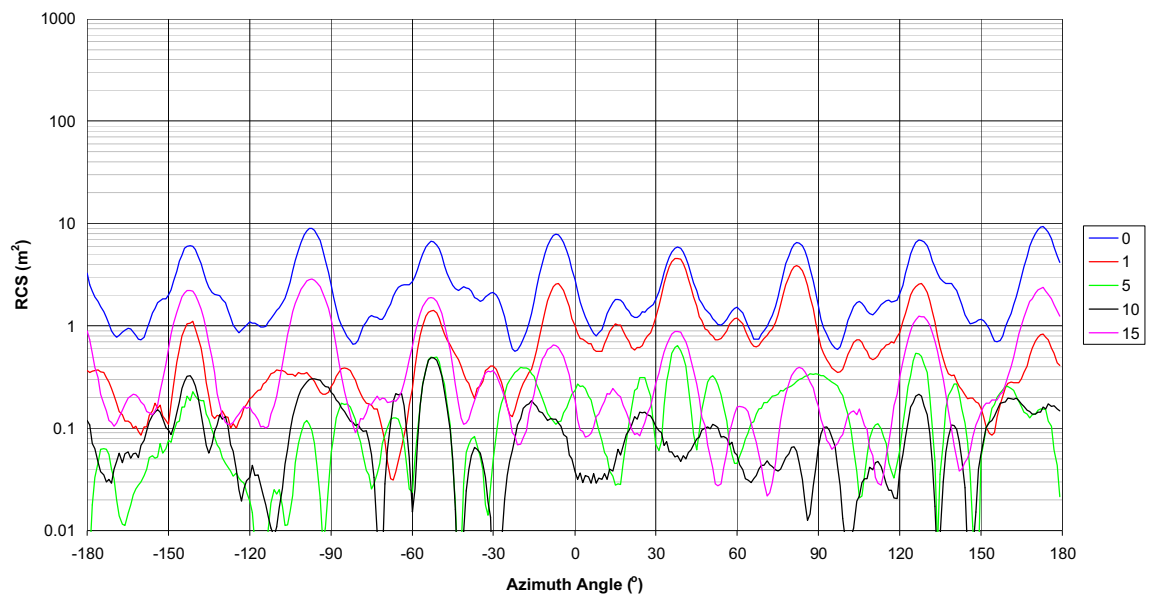


Figure 14 Plot of linear RCS of the Plastimo 4" Tube.

| Reflector | Elevation Angle | Maximum RCS (m ²) | Average RCS (m ²) | Total angle > 2.5m ² | Total angle > 0.625m ² | Stated Performance Level (m ²) |
|----------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|
| Plastimo 4 inch Tube | 0 | 9.30 | 2.62 | 121 | 354 | 0.95 |
| Plastimo 4 inch Tube | 1 | 4.58 | 0.76 | 22 | 144 | 0.12 |
| Plastimo 4 inch Tube | 5 | 0.64 | 0.15 | 0 | 1 | 0.03 |
| Plastimo 4 inch Tube | 10 | 0.49 | 0.10 | 0 | 0 | 0.03 |
| Plastimo 4 inch Tube | 15 | 2.86 | 0.50 | 6 | 88 | 0.11 |

Table 5 Statistics of the Plastimo 4" Tube reflector.

3.4 Davis Echomaster Reflector

The RCS of the Davis Echomaster octahedral radar reflector over the elevation angles 0°, 5°, 10° & 15° is shown in figure 15. At 0° the RCS response shows 6 lobes achieving between 2.5m² and 5m². As the reflector is elevated it is noticeable that three of the six lobes increase in RCS to 7m², whereas the other three decrease to levels around 0.5m². The stated performance level is around 0.4m² until the reflector is heeled over to 15° where it drops to 0.2m². The statistics for the Davis Echomaster are shown in table 6 below

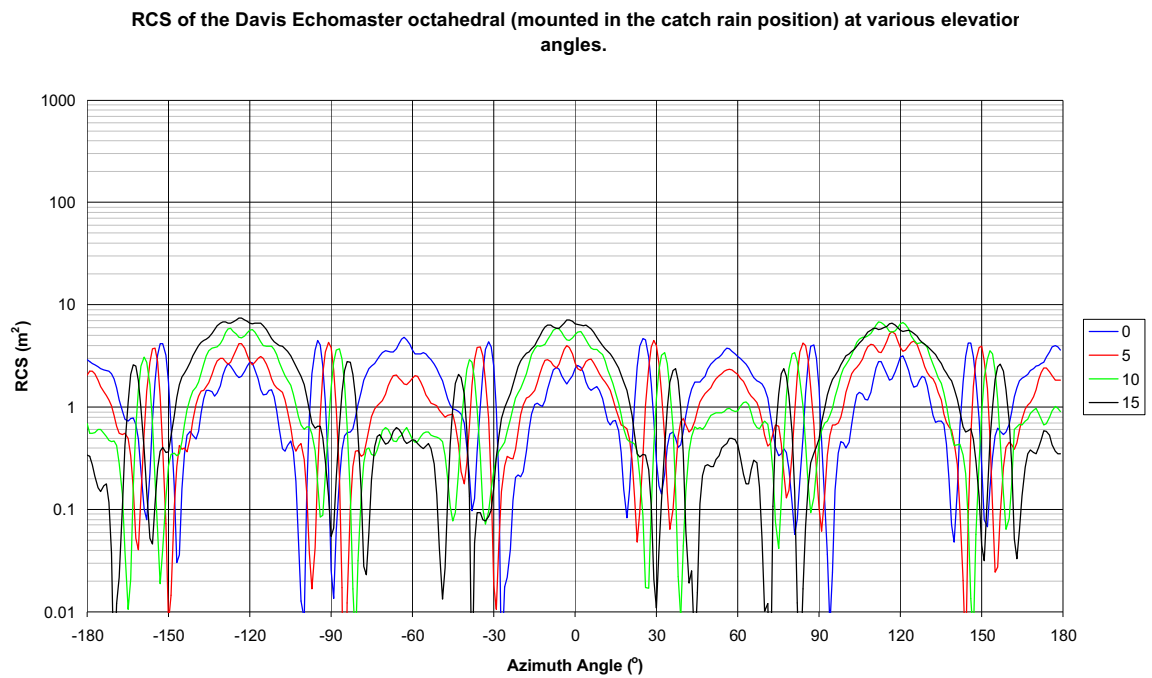


Figure 15 Plot of linear RCS of the Davis Echomaster octahedral radar reflector.

| Reflector | Elevation Angle | Maximum RCS (m ²) | Average RCS (m ²) | Total angle > 2.5m ² | Total angle > 0.625m ² | Stated Performance Level (m ²) |
|------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|
| Davis Echomaster | 0 | 4.82 | 1.60 | 88 | 252 | 0.37 |
| Davis Echomaster | 5 | 5.47 | 1.57 | 82 | 252 | 0.45 |
| Davis Echomaster | 10 | 6.74 | 1.81 | 109 | 223 | 0.40 |
| Davis Echomaster | 15 | 7.47 | 2.08 | 119 | 193 | 0.21 |

Table 6 Statistics of the Davis Echomaster radar reflector.

3.5 Large Tri-Lens Reflector

The RCS of the Large Tri-Lens radar reflector over the elevation angles 0°, 5°, 10°, 15° & 20° is shown in figure 16. This plot shows the RCS to be consistent with elevation, there are three very wide lobes with an RCS of between 8m² and 9m².

The average RCS and stated performance level are both high around 5m² and 4m² respectively also the reflector has most of its returns over 2.5m². The statistics are shown in table 7.

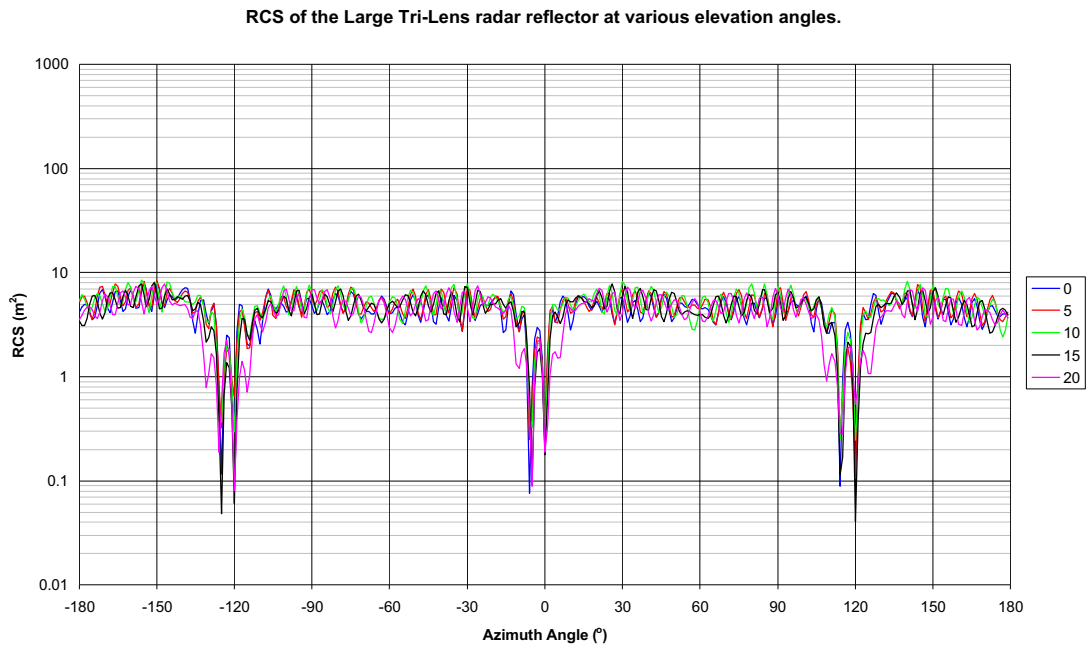


Figure 16 RCS of the Large Tri-Lens radar reflector.

| Reflector | Elevation Angle | Maximum RCS (m ²) | Average RCS (m ²) | Total angle > 2.5m ² | Total angle > 0.625m ² | Stated Performance Level (m ²) |
|----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|
| Large Tri Lens | 0 | 7.94 | 4.49 | 338 | 354 | 3.36 |
| Large Tri Lens | 5 | 8.42 | 4.81 | 332 | 353 | 4.04 |
| Large Tri Lens | 10 | 8.53 | 4.97 | 331 | 352 | 3.72 |
| Large Tri Lens | 15 | 8.00 | 4.59 | 326 | 349 | 2.16 |
| Large Tri Lens | 20 | 7.85 | 4.26 | 300 | 348 | 1.95 |

Table 7 Statistics of the Large Tri-Lens radar reflector

3.6 Standard Tri-Lens Reflector

The RCS of the Standard Tri-Lens radar over the elevation angles 0°, 5°, 10°, 15° & 20° is shown in figure 17. The RCS level remains fairly consistent with changes of elevation angle, there are three very wide lobes with an RCS of between 2m² and 4m².

The average RCS and stated performance level are both high around 2m²; the reflector has most of its returns over 0.625m². The statistics are shown in table 8.

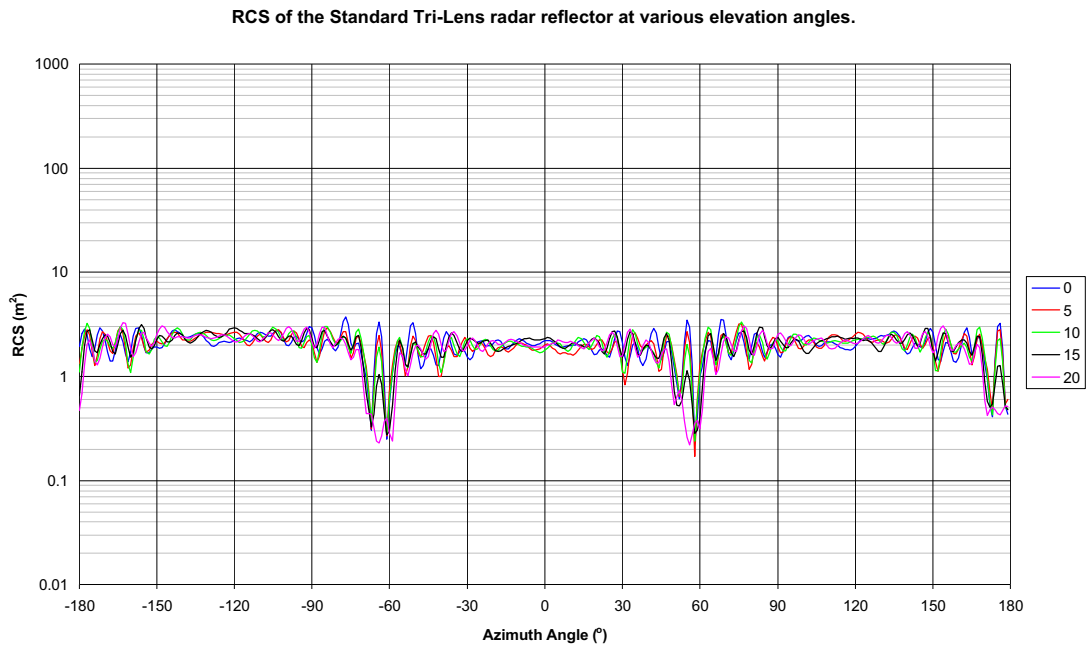


Figure 17 RCS of the Standard Tri-Lens radar reflector.

| Reflector | Elevation Angle | Maximum RCS (m ²) | Average RCS (m ²) | Total angle > 2.5m ² | Total angle > 0.625m ² | Stated Performance Level (m ²) |
|-------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|
| Tri Lens Standard | 0 | 3.76 | 2.04 | 63 | 349 | 2.13 |
| Tri Lens Standard | 5 | 3.20 | 2.00 | 59 | 352 | 1.86 |
| Tri Lens Standard | 10 | 3.32 | 2.03 | 59 | 350 | 1.93 |
| Tri Lens Standard | 15 | 3.15 | 2.03 | 59 | 341 | 1.04 |
| Tri Lens Standard | 20 | 3.31 | 1.97 | 57 | 327 | 0.44 |

Table 8 Statistics of the Standard Tri-Lens radar reflector

3.7 Echomax 230 Reflector

The RCS of the Echomax 230 radar reflector is shown below in figure 18. The plot shows some peaks up to 24m², but as the elevation angle increases, gaps appear in the performance of the reflector. These gaps only seem to appear in random areas of the patterns and do not appear as a gradual drop off in performance.

The statistical information on the Echomax 230 reflector shown in table 9.

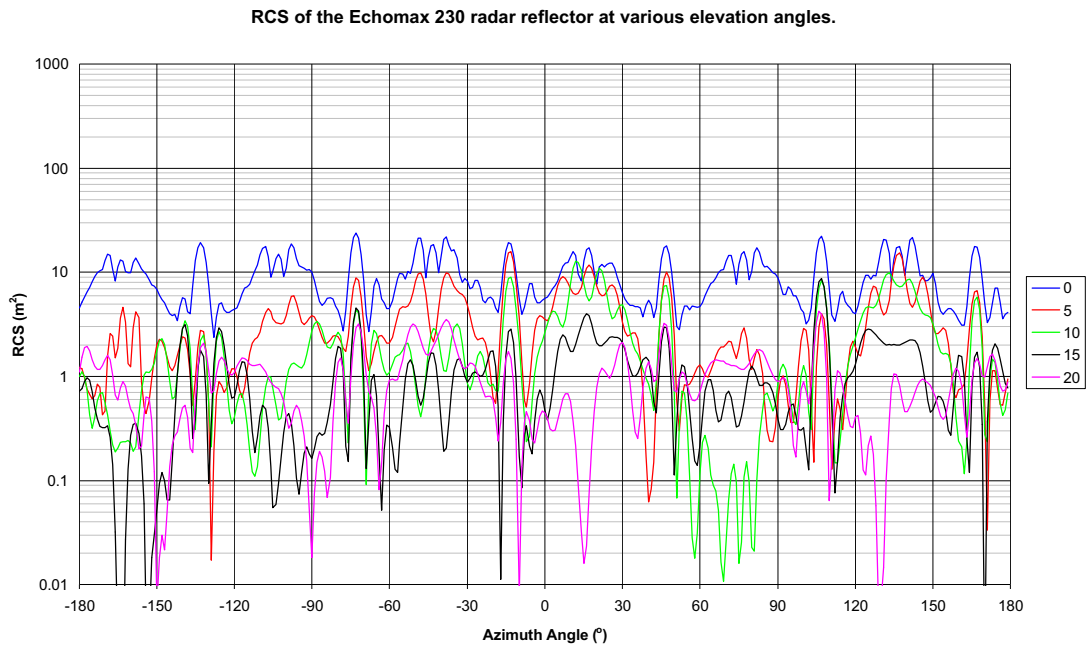


Figure 18 RCS of the Echomax 230 radar reflector.

| Reflector | Elevation Angle | Maximum RCS (m ²) | Average RCS (m ²) | Total angle > 2.5m ² | Total angle > 0.625m ² | Stated Performance Level (m ²) |
|-------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|
| Echomax 230 | -20 | 4.66 | 0.76 | 13 | 159 | 0.13 |
| Echomax 230 | -15 | 5.97 | 1.06 | 38 | 215 | 0.33 |
| Echomax 230 | -10 | 7.42 | 1.49 | 75 | 233 | 0.22 |
| Echomax 230 | -5 | 7.42 | 1.42 | 71 | 175 | 0.06 |
| Echomax 230 | 0 | 23.95 | 9.29 | 359 | 360 | 4.70 |
| Echomax 230 | 5 | 15.81 | 3.34 | 163 | 318 | 1.01 |
| Echomax 230 | 10 | 12.88 | 2.24 | 108 | 254 | 0.14 |
| Echomax 230 | 15 | 8.76 | 1.11 | 30 | 206 | 0.12 |
| Echomax 230 | 20 | 4.25 | 0.98 | 21 | 228 | 0.27 |

Table 9 Statistics of the Echomax 230 radar reflector

3.8 Firdell Blipper 210-7 Reflector

Figure 19 below shows the RCS of the Firdell Blipper 210-7 radar reflector over the elevation angles 0°, 5°, 10°, 15° and 20°. This plot shows a good response at 0° with a peak over 11m², but as the elevation angle increases the performance degrades. To demonstrate this the statistics shown in table 10 show that although the maximum RCS stays above 5m² the stated performance level drops to 0.09m² as the reflector elevation angle increases.

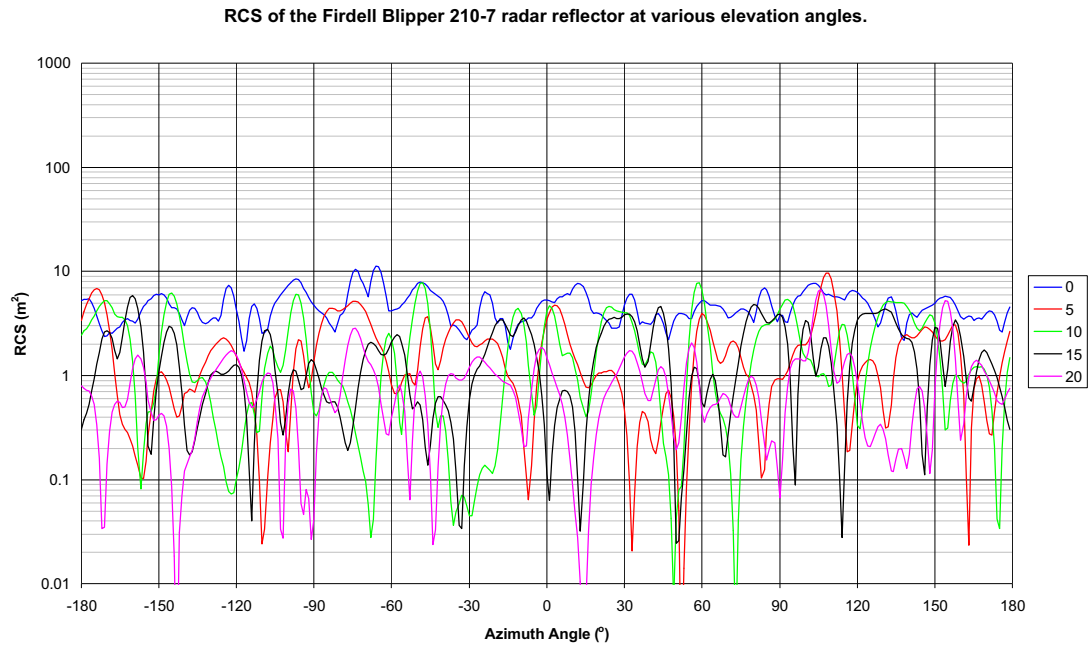


Figure 19 RCS of the Firdell Blipper 210-7 radar reflector.

| Reflector | Elevation Angle | Maximum RCS (m ²) | Average RCS (m ²) | Total angle > 2.5m ² | Total angle > 0.625m ² | Stated Performance Level (m ²) |
|-----------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|
| Firdell Blipper 210 | -20 | 2.81 | 0.73 | 5 | 179 | 0.24 |
| Firdell Blipper 210 | -15 | 4.46 | 0.80 | 16 | 175 | 0.11 |
| Firdell Blipper 210 | -10 | 3.44 | 0.97 | 36 | 179 | 0.13 |
| Firdell Blipper 210 | -5 | 3.62 | 1.24 | 52 | 240 | 0.14 |
| Firdell Blipper 210-7 | 0 | 11.26 | 4.72 | 346 | 360 | 3.07 |
| Firdell Blipper 210-7 | 5 | 9.71 | 1.78 | 82 | 275 | 0.34 |
| Firdell Blipper 210-7 | 10 | 7.86 | 1.94 | 119 | 246 | 0.09 |
| Firdell Blipper 210-7 | 15 | 5.88 | 1.65 | 93 | 259 | 0.56 |
| Firdell Blipper 210-7 | 20 | 6.72 | 0.90 | 16 | 196 | 0.25 |

Table 10 Statistics of the Firdell Blipper 210-7 radar reflector

3.9

Sea-me RTE

The RCS of the Sea-Me RTE is shown in figure 20, it shows the peak at elevation angle of 0° is over 300m² and the pattern is very smooth with gradual variations in RCS as the reflector is rotated. When the elevation angle is increased the RCS does show degradation although at 15° the RCS is still almost always above 10m² which is the required peak for ISO8729 [1]. At 20° the RCS is all above 3.5m².

The statistics for this reflector are shown in table 11. The table shows that the Sea-Me RTE doesn't drop below 2.5m² at any part of this testing. However, when the elevation angle is increased to 20°, the stated performance level drops below the specified stated performance level for the replacement to ISO8729[2] which is 7.5m².

RCS of the Sea-Me RTE at various elevation angles.

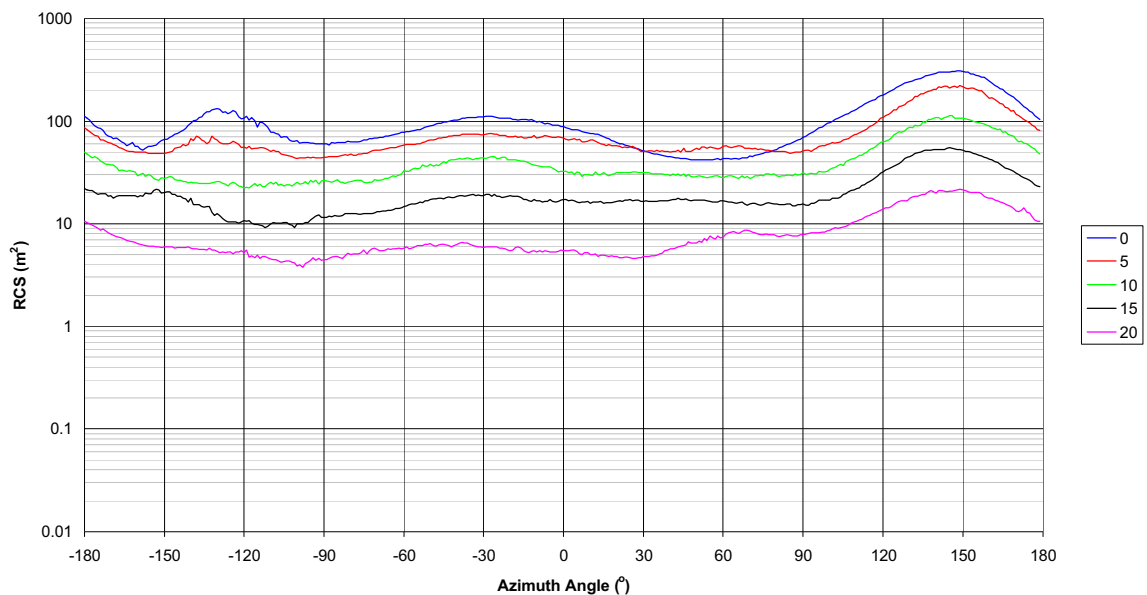


Figure 20 RCS of the Sea-Me RTE.

| Reflector | Elevation Angle | Maximum RCS (m ²) | Average RCS (m ²) | Total angle > 2.5m ² | Total angle > 0.625m ² | Stated Performance Level (m ²) |
|-----------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|
| Sea-Me | 0 | 308.27 | 104.63 | 360 | 360 | 42.57 |
| Sea-Me | 5 | 219.97 | 76.05 | 360 | 360 | 44.17 |
| Sea-Me | 10 | 112.89 | 40.92 | 360 | 360 | 24.87 |
| Sea-Me | 15 | 55.16 | 20.46 | 360 | 360 | 10.15 |
| Sea-Me | 20 | 21.62 | 8.16 | 360 | 360 | 4.35 |

Table 11 Statistics for the Sea-Me RTE

3.10 POLARef Reflector

The RCS of the POLARef radar reflector is shown below in figure 21. This chart shows that the RCS of this reflector is both high and consistent with angle. The peak RCS is very close to 10m² with the minimum stated performance over all of the elevation angles being greater than 6m².

The statistics shown in table 12 highlight the reflectors consistency with a minimum stated performance level of 6m².

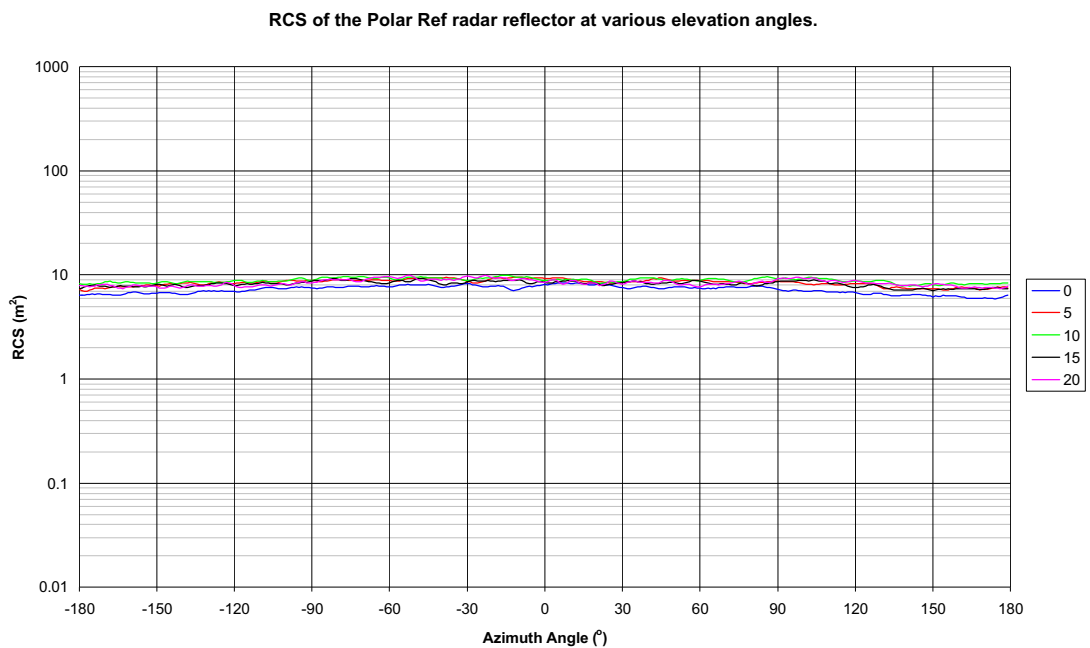


Figure 21 RCS of the POLARef radar reflector.

| Reflector | Elevation Angle | Maximum RCS (m ²) | Average RCS (m ²) | Total angle > 2.5m ² | Total angle > 0.625m ² | Stated Performance Level (m ²) |
|-----------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|
| POLARef | 0 | 8.44 | 7.25 | 360 | 360 | 6.06 |
| POLARef | 5 | 9.50 | 8.45 | 360 | 360 | 7.42 |
| POLARef | 10 | 9.97 | 8.87 | 360 | 360 | 8.14 |
| POLARef | 15 | 9.29 | 8.22 | 360 | 360 | 7.33 |
| POLARef | 20 | 9.92 | 8.45 | 360 | 360 | 7.62 |

Table 12 Statistics for the POLARef radar reflector

4 Discussion of Results

4.1 Comparison of reflectors

To enable easy comparison between each of the radar reflectors, graphs have been produced showing the statistical data taken from the tables in section 3. The maximum RCS, average RCS and stated performance level are shown in figures 22 to 24 respectively.

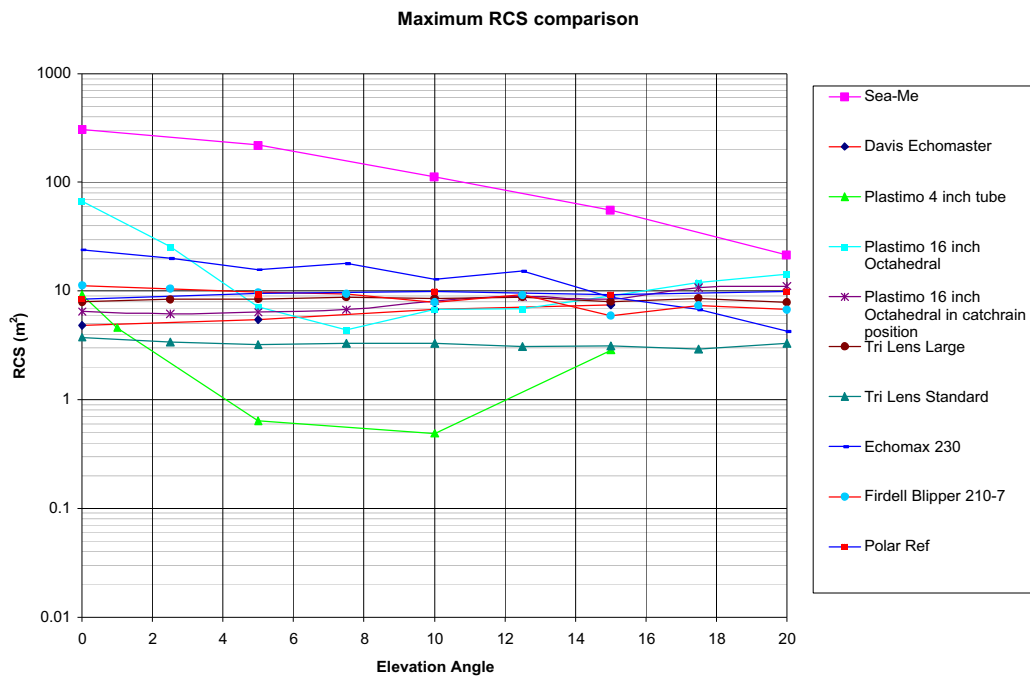


Figure 22 Comparison of each of the radar reflector's maximum RCS level.

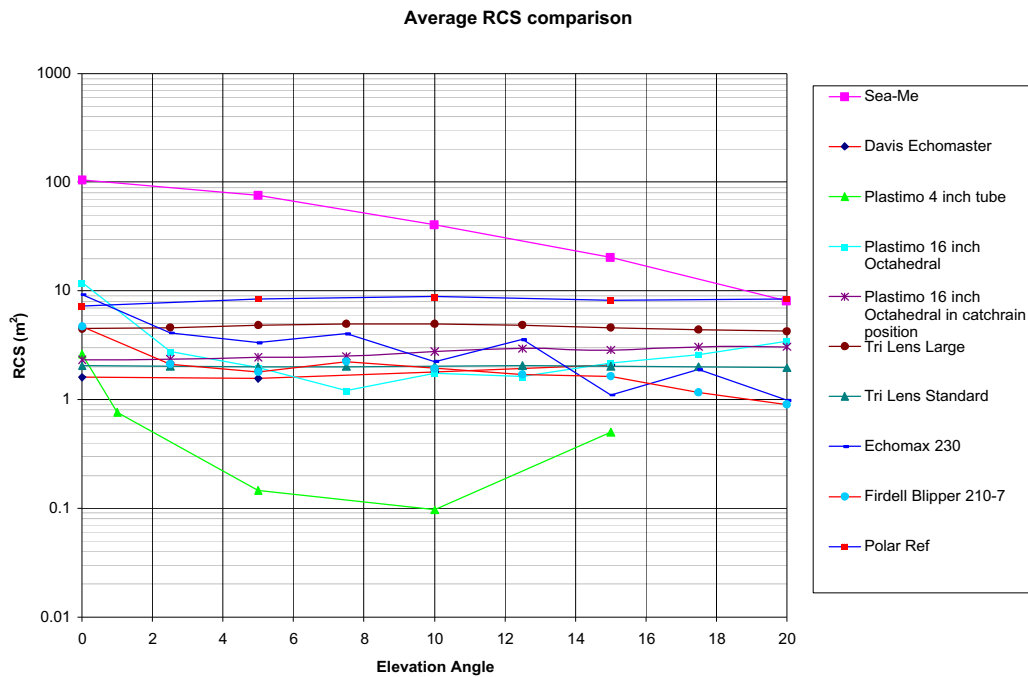


Figure 23 Comparison of each of the radar reflector's average RCS.

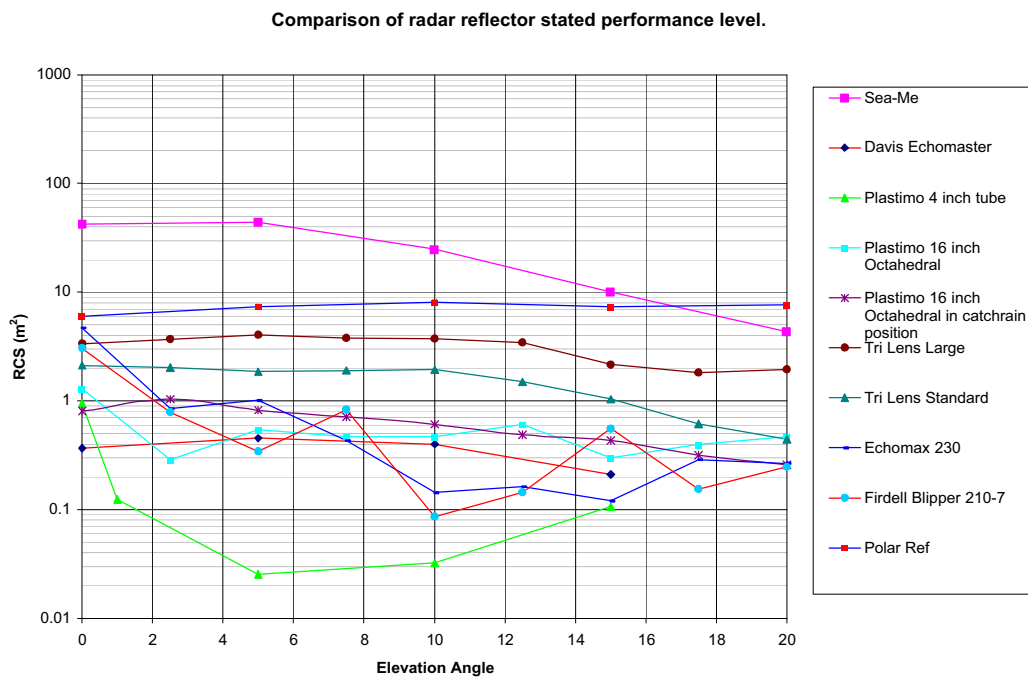


Figure 24 Comparison of each of the radar reflector's stated performance level.

As expected the active Sea-Me outperforms all of its competitors, although at an elevation angle of 20° its stated performance level is exceeded by the POLARef.

The POLARef performs very consistently and is the best performing passive radar reflector with maximums, averages and stated performance levels all falling between 6m² and 10m².

The Large Tri-Lens performs well with a good consistent RCS, it lacks the peak RCS value of some of its competitors at 0° but as the elevation angle increases the Tri-Lens performance doesn't fall away as dramatically as some of the others.

The Echomax 230 shows good peak and average RCS performance compared to its competitors but its stated performance level falls to around 0.2m² above an elevation angle of 10°.

The Firdell Blipper 210-7 is slightly down on the Echomax 230 in terms of peak and average RCS performance but has a very similar stated performance level.

The Standard Tri Lens shows average performance. The peak RCS was quite low at 4m², but as the elevation angle increased the relative performance of this reflector increased. Above 15° it out performed the Blipper and Echomax in terms of average RCS.

The Plastimo 16" octahedral has a good peak and average performance when mounted in its upright position although the large nulls shown in its azimuth patterns (figure 11) bring the stated performance level down. In the catch rain position the reflector is more consistent but has a lower peak RCS.

The Davis Echomaster performed least well out of the octahedrals, it had a peak RCS of 7.5m², but its average RCS and stated performance levels were only 2m² and 0.45m² respectively.

The 4" Tube reflector performed very poorly especially beyond 1° and is well behind the others in performance having an average RCS of approximately 0.1m² at 5° and 10°.

4.2 General summary of results

The Sea-Me RTE has a peak RCS that is very high in comparison to the passive reflectors described in this report. On the basis of these results it is the only reflector tested that would fully satisfy the performance requirements of ISO8729 [1] and the proposed specification for ISO8729 Ed.2 [2] (only up to an elevation angle of 10° or Category 1).

The POLARef reflector narrowly fails the current and future ISO8729 specifications [1] [2] having a peak RCS of 8.44m² at 0° elevation. Although the performance is exceptionally good having a very consistent RCS over the elevation angles tested.

The Large Tri-Lens performs consistently over the elevation angles tested with very little variation in its peak and average RCS, its stated performance level is between 1.95m² and 4.04m² at all elevation angles tested.

The Echomax 230 demonstrates good peak and average RCS performance compared to its competitors but its stated performance level drops significantly beyond an elevation angle of 5°. The Echomax 230 tested fails to meet the total angle >0.625m² aspect of ISO8729 [1].

The Firdell Blipper 210-7 peak RCS figures are good but the average and stated performance levels reduce when the reflector goes past an elevation angle of 5°. The Firdell Blipper 210-7 tested fails to meet the total angle >0.625m² aspect of ISO8729 [1] at -10 and 15° elevation

The Standard Tri Lens performs similarly to the Large Tri-Lens although the peak RCS is low at about 3.75m². It is very consistent up to an elevation angle of 20° with the average RCS only varying by 0.07m².

The Plastimo 16" octahedral has a good peak and average performance when mounted in its upright position although the large nulls (>12° wide at 2.5m² at 0°

elevation) shown in its azimuth patterns (figure 11) bring the stated performance level down. In the catch rain position the reflector is more consistent although it has a lower peak RCS. It fails to meet ISO8729[1] in both orientations due to its null widths at 0° and the total angle >0.625m².

The Davis Echomaster has a reasonable peak and average RCS but is too small to meet the performance requirements of ISO 8729[1].

The 4" Tube reflector had a good peak RCS of 9.3m² at 0°. However, as the elevation angle increased the RCS rapidly decreased. Even at 1° the stated performance level had dropped to 0.12m².

5 Conclusions

The following is concluded;

- The Sea-Me is a good example of an active reflector (RTE) exceeding the requirements of the current and future ISO 8729 at heel/elevation angles of up to 15°, it is also very small and light. Drawbacks are that it requires power to operate (which on a yacht is at a premium), it will only operate at X-Band and will offer no performance at S-Band.
- The POLARef shows excellence is possible but at a price, technically it just fails meet current ISO8729 [1] or its replacement [2]. The main drawbacks are it is very costly at £2000 and its quite heavy at around 5kg. It is currently used as a radar measurement standard although it could possibly be re-engineering for commercial production which could reduce the price.
- The Large Tri-Lens performs well especially at larger angles of heel and elevation, it just falls short of ISO8729 [1] having a peak RCS of 8.5m² but otherwise performs well. It is the heaviest reflector supplied for test at 5.5kg and costs around £300.
- The Echomax 230 narrowly failed to meet ISO8729 during this testing, but showed good peak and average RCS performance. The reflector is reasonably priced at £130 and weighs 2.4kg; the main drawback was a RCS drop-off above an elevation angle of 10°.
- The Firdell Blipper 210-7 narrowly failed to meet ISO8729 during this testing, but showed good peak and average RCS performance. The Blipper is priced at £130 and weighs 1.8kg; the main drawback was a RCS drop-off above an elevation angle of 10°.
- The Standard Tri Lens does not meet ISO8729 as the peak RCS was too low at 4m². However its consistent RCS response outperformed most of the other reflectors when heeled over beyond 10°; it is reasonably priced at £130 and weighs 2.5kg.
- The Plastimo 16" octahedral is inexpensive at £16 and lightweight at 0.65kg but failed to meet ISO8729 in either tested position. It had reasonable peak and average performance averaging around 2m² but had wide nulls which kept its stated performance level down. Other drawbacks are that its mounting arrangement is by suspension only (often in an unfavourable position) and could be subject to damage.
- The Davis Echomaster failed to get close to ISO8729 during this testing. Its peak RCS is too low at 7.5m² and its average performance is only 1.75m². This reflector is priced at £60 and is lightweight; it can be mounted on a rod as well as by suspension (in the correct catch-rain position).
- The 4" tube reflector performed very poorly.
- It is concluded that either the active Sea-Me, POLARef and the Standard or Large Tri-Lens radar reflectors are the best reflectors at heel and elevation angles of over 10°.

6 Recommendations

- Based on the results of this report it is recommended that yachtsmen always fit a radar reflector that offers the largest RCS practicable for their vessel.
- The RCS of the radar reflector should have a minimum consistent RCS of 2m^2 .
- The Sea-Me is the recommended product if power is available
- If power is not available then the passive Large Tri-Lens reflector is recommended
- The 4" tube reflector is not considered suitable due to its poor performance. It is also recommended that the 2" tube reflector is not suitable since the performance of this target will be even lower.
- It is recommended that poorly performing radar reflectors are not fitted as it is possible that the user could be lulled into a false sense of security believing that their chances of detection has been enhanced.

7 References

- [1] BS EN ISO 8729:1999 - Ships and marine technology. Marine radar reflectors
- [2] Future ISO 8729 Ed. 2, currently in draft is based on IMO Resolution MSC.164(78) provides the concept and level for the Stated Performance Level (SPL).
- [3] Method for modelling sea surface clutter in complicated propagation environments. IEE proceedings. Volume 137, Issue 2, April 1990 - GD Dockery
- [4] Introduction to Radar Systems - second edition— M.I. Skolnik chapter 12.2, 1980

Initial distribution list

External

Captain Nick Beer, Marine Accident Investigation Branch, Carlton House, Carlton Place, Southampton. SO15 2DZ 2 Copies

QinetiQ

| | |
|--------------------------------|--------|
| Information Resources | 1 Copy |
| P Goddard, QinetiQ Farnborough | 1 Copy |
| S Luke, QinetiQ Funtington | 1 Copy |

Report documentation page

| | | | |
|---|--|------------|-------------------|
| Originator's Report Number | QINETIQ/D&TS/SEA/CR0704527/2.0 | | |
| Originator's Name and Location | Steve Luke. Bldg 5, QinetiQ Funtington, Common Road, Chichester. PO18 9PD | | |
| Customer Contract Number and Period Covered | SEA00450 | | |
| Customer Sponsor's Post/Name and Location | Captain Nick Beer, Marine Accident Investigation Branch, Carlton House, Carlton Place, Southampton. SO15 2DZ | | |
| Report Protective Marking and any other markings | Date of issue | Pagination | No. of references |
| QinetiQ Proprietary | 4/5/07 | Cover + 34 | 4 |
| Report Title | Performance investigation of marine radar reflectors on the market | | |
| Translation / Conference details (if translation give foreign title / if part of conference then give conference particulars) | N/A | | |
| Title Protective Marking | | | |
| Authors | Steve Luke | | |
| Downgrading Statement | | | |
| Secondary Release Limitations | | | |
| Announcement Limitations | | | |
| Keywords / Descriptors | RCS, Radar Reflectors, Sea-Me, Blipper, Firdell, Echomax, POLARef, Plastimo, Tri-Lens, Viking, Davis, Echomaster | | |
| Abstract | <p>This report has been written to compare and contrast a selection of radar reflector types in terms of their radar cross section (RCS) performance. It will inform yachtsman and owners of small craft which reflector has the best performance and therefore which reflector to fit in order to give the best possible chance of being seen on radar by commercial shipping. This task has followed on from investigative work carried out by QinetiQ Funtington into the loss of the yacht Ouzo over the period 20th to the 21st of August 2006.</p> | | |
| Abstract Protective Marking: | U/C | | |

This form meets DRIC-SPEC 1000 issue 7