

KRIEG IM AETHER

Vorlesungen an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich
im Wintersemester 1988/1989

Leitung:

Bundesamt für Übermittlungstruppen

Divisionär J. Biedermann, Waffenchef der Übermittlungstruppen

SEAGUARD Schiffswaffensystem mit Nahbereich - Abwehrsysteem (CIWS)

Referent: J.-P. Chassot, Dipl. El. Ing. ETHZ

7-1

SEAGUARD SCHIFFSWAFFENSYSTEM MIT NAHBEREICH-ABWEHRSYSTEM (CIWS)

J.-P. Chassot, Dipl. Phys. ETHZ

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung
2. Bedrohung
3. Flugkörperabwehr
 - 3.1 Allgemeine Möglichkeiten
 - 3.2 Bekämpfung des Flugkörpers
4. SEAGUARD-Konzept
 - 4.1 Allgemeines SEAGUARD-Konzept
 - 4.2 CIWS-Konzept (Close-in Weapon Systems)
5. CIWS-Module
 - 5.1 Such-Radar und CSM
 - 5.2 Richtgerät und Konsole
 - 5.3 Geschütz SEA ZENITH
 - 5.4 Rechner und System-Bus
6. Die CIWS-Leistungen
 - 6.1 Reaktionszeit
 - 6.2 Genauigkeit und Treffwahrscheinlichkeit
 - 6.3 Schiessversuche
7. SITEGUARD
8. Blick in die Zukunft

Adresse des Autors:

J.-P. Chassot, Dipl.Phys. ETHZ
Contraves AG

8052 Zürich

"Krieg im Aether", Folge XXVIII, 1989

48510

7-2

ZUSAMMENFASSUNG

SEAGUARD enthält eine ganze Familie von Führungs- und Waffenmodulen zur Erfüllung der Forderungen jeder modernen Marine:

- integrierte Führungssysteme (Ship Combat Systems)
- Feuerleitsysteme (Fire Control Systems)
- Nahbereichs-Abwehrsysteme (CIWS) gegen moderne Antischiffs-Flugkörper

Kombiniert mit Schiff-Luft-Lenk Waffen (SAM), gross- oder mittelkalibrigen Geschützen und ECM/ESM-Ausrüstungen, stellt SEAGUARD eine in der Tiefe gestaffelte und über die ganze Länge des Schiffes wirksame Luftverteidigung zur Verfügung, welche jeder Bedrohung gewachsen ist, egal ob diese von feindlichen Schiffen, Flugzeugen oder tödlichen Antischiff-Lenk Waffen stammt.

Dank seiner Modularität kann SEAGUARD in verschiedenen Konfigurationen Schiffe aller Klassen - vom Schnellboot bis zur Fregatte - ausrüsten.

Die modernen Anforderungen an Waffensysteme werden von SEAGUARD mehr als erfüllt und im speziellen Fall der Nahbereichsabwehr ist das SEAGUARD-CIWS unübertroffen:

- Die hohe Dynamik der CIWS-Richtgeräte und des CIWS-Geschützes SEA ZENITH erlaubt eine Verteidigung der ganzen Schiffslänge auch bei sehr schnellen Flugkörperangriffen.
- Das Richtgerät enthält eine Methode zur Verfolgung tieffliegender Lenk Waffen (Sea-skimmer), ohne unter den verheerenden Folgen des Spiegeleffektes leiden zu müssen.
- SEAGUARD ist das einzige zenittaugliche Luftabwehrsystem.
- Die AMDS-Munition lässt die Kriegsköpfe der Antischiff-Flugkörper detonieren.
- Eine Vernichtungswahrscheinlichkeit von über 85 % gegen Mach 1.0-Lenk Waffen moderner Bauart wird auf 300 m erreicht (Einsatz eines einzigen Geschützes).

Das ohne jegliche Regierungsunterstützung von 1978 bis 1986 durch CONTRAVES entwickelte System SEAGUARD ist seit 1987 auf MEKO 200-Fregatten im Dienst und hat sich bei Schiessübungen bewährt.

1. EINLEITUNG

Spätestens seit dem Falkland-Krieg, als Argentinien mit einem einzigen EXOCET-Treffer die stolze britische Sheffield versenkte, spätestens seit diesem Tage ist es jedem Marine-Angehörigen klar, dass der Antischiff-Flugkörper die Bedrohung der Gegenwart und noch mehr, die Bedrohung der Zukunft darstellt.

CONTRAVES hat eine umfassende Antwort auf diese akute Bedrohung der Kriegsschiffe bereit: das integrierte Close-in Weapon System (CIWS) als Bestandteil des Waffensystems SEAGUARD.

2. DIE BEDROHUNG

Die klassische Luftbedrohung des Schiffes durch Flugzeuge, welche "herkömmliche" Waffen wie Raketen, Bomben und Kanonen einsetzen, bleibt noch lange eine aktuelle Tatsache, da diese Waffen in grossen Mengen vorhanden und preisgünstig sind. Es wäre also falsch, wegen der neuen Flugkörper die bewährten Waffen nicht ins Kalkül einzubeziehen und Schiffe nur noch gegen Lenk Waffen verteidigen zu wollen. Fliegerabwehrsysteme gegen diese klassische Bedrohung sind aber seit dem zweiten Weltkrieg auf Schiffen im Einsatz und stellen heutzutage keine technischen Herausforderungen mehr dar: Wir werden uns ab jetzt auf die Probleme konzentrieren, welche die Abwehr von Flugkörpern bringt.

7-3



Fig. 1 Die Luftbedrohung

Die modernen Antischiff-Lenk Waffen werden aus grossem Abstand von allen möglichen Trägern abgeschossen: Flugzeug, Helikopter, Schiff, Untersee-Boot und können aus dem ganzen Höhenbereich angreifen: von 0° (Sea-skimmer) zu 90° (High-diver).

Die Antischiff-Lenk Waffen sind weiter durch ihre kleinen Masse (Durchmesser kleiner als 30 cm bei den modernsten) und hohe Stechgeschwindigkeiten (bis Mach 3.0) charakterisiert.

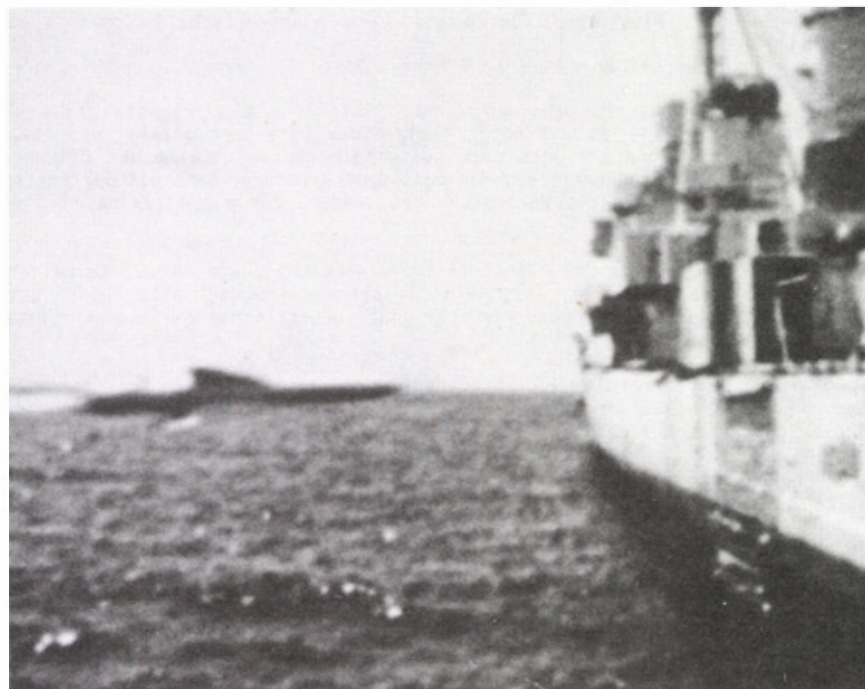


Fig. 2 Die Bedrohung; ein Sea-skimmer im Anflug

7-4

Die Flugprofile weisen Beschleunigungen bis 5 g auf mit Richtungsänderungen, die einerseits Ortung und Verfolgung erschweren und andererseits die Schätzung des Zielverhaltens so verschlechtern, dass die Vorhalterechnung über zu lange Geschoss-Flugzeiten falsch wird.

Zusammenfassend: Das zu bekämpfende Ziel, der Flugkörper, ist klein (Fig. 3), sehr beweglich und schnell.

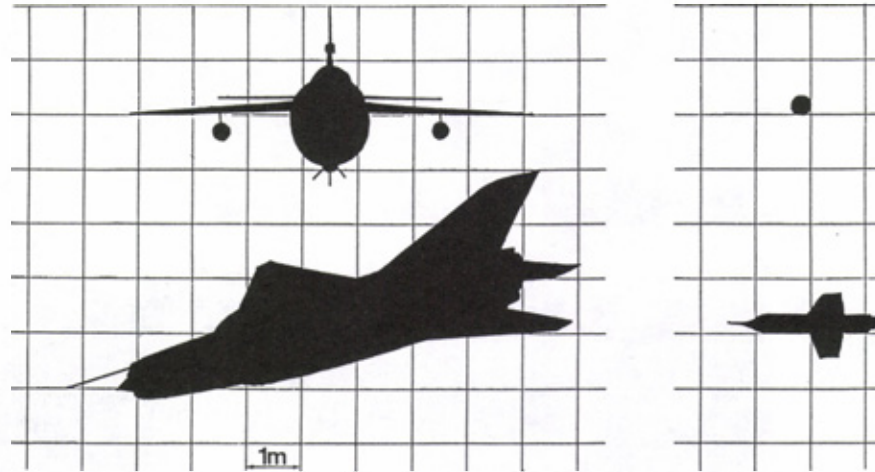


Fig. 3 Vergleich Flugzeug/Lenkwaaffe

Im normalen Fall ist auch damit zu rechnen, dass mehrere Flugkörper in kürzeren Zeitabständen abgefeuert werden, um die Abwehrsysteme zu sättigen.

3. FLUGKÖRPERABWEHR

3.1 ALLGEMEINE MOEGlichkeiten

Grundsätzlich hat ein Kriegsschiff drei Möglichkeiten, sich gegen einen Flugkörper zu wehren. Es kann

- den Träger selbst bekämpfen ("Remote Kill")
- die Steuerung des Flugkörpers durch geeignete elektronische Massnahmen stören oder täuschen ("Soft Kill")
- oder den Flugkörper selber bekämpfen ("Hard Kill")

Die Bekämpfung des Trägers, wenn erfolgreich, stellt die wirksamste Methode dar; sie ist aber nicht immer möglich, wie es die obige Analyse der Bedrohung gezeigt hat, da moderne Träger ihre Lenk Waffen abfeuern, wenn sie sich noch ausserhalb der Reichweite der Ortungs- und Waffensysteme des angegriffenen Schiffes befinden. Man muss damit rechnen, dass mit der fortschreitenden Modernisierung des Waffenarsenals die Bekämpfung des Trägers für ein einzelnes Schiff immer schwieriger wird.

Elektronische Massnahmen, um ein "Soft Kill" zu erreichen, können aus technischen und finanziellen Gründen nie so umfassend sein, dass jegliche Art von Lenkung gestört oder getäuscht werden kann. Als flankierende Massnahmen können sie aber einen wesentlichen Beitrag zur Vermeidung von Sättigungen leisten.

Die Flugkörper, welche erfolgreich abgefeuert werden und von ihrem Kurs durch Täuschung nicht abzubringen sind, müssen so bekämpft werden, dass sie mindestens ihr Ziel verfehlen, im besten Fall vernichtet oder versenkt werden.

3.2 BEKAEMPfung DES FLUGKÖRPERs (HARD KILL)

Es gibt mehrere Möglichkeiten, einen Flugkörper durch Treffer unschädlich zu machen:

- ihn steuerlos zu machen ("Control Kill")
- seine Struktur zu zerstören ("Break up")
- seinen Kriegskopf detonieren zu lassen ("Detonation")

7-5

Die Detonation sollte in einer weiteren Entfernung als etwa 500 m geschehen, will man vermeiden, dass die hochenergetischen Splitter des Kriegskopfes das Schiff beschädigen. Allerdings ist eine Detonation ein paar Meter ausserhalb des Schiffes immer noch weniger gefährlich als innerhalb des Rumpfes!

Wenn die Struktur des Flugkörpers auseinanderbricht (Break Up), ohne dass der Kriegskopf explodiert, kann dieser das Schiff ballistisch noch erreichen, falls die Trefferentfernung kleiner als etwa 1000 m ist. Diese Distanz kann für einen Sea-skimmer kleiner, für einen High-diver grösser sein.

Gelingt es, den Flugkörper mit einzelnen Splintern so zu treffen, dass die Lenkung des Flugkörpers ausgeschaltet wird, kann dieser weiter aerodynamisch fliegen. Die minimale Distanz für ein "Control Kill" liegt - je nach Geschwindigkeit und Stechwinkel der Lenkwaffe - bei 1500 bis 2000 m.

Zur Bekämpfung der Flugkörper stehen dem Schiff grundsätzlich zur Verfügung

- Schiff-Luft-Lenk Waffen (SAM)
- Rohr Waffen grösseren Kalibers (100 bis 127 mm)
- Rohr Waffen mittleren Kalibers (76 mm)
- Flak-Geschütze mit normaler Flak-Munition (30 - 40 mm)
- CIWS-Geschütze mit spezieller Munition (20 - 30 mm)

Schiff-Luft-Lenk Waffen

Mit annäherungs- oder ferngelenkter Zündung ausgerüstet, können SAM ein Control Kill und evtl. einen Strukturbruch herbeiführen. In der Annahme einer ersten Detektion des Flugkörpers auf 12 km und einer Reaktionszeit der ganzen Kette von 8s *), haben wir eine Entfernung im Zeitpunkt des Startes der SAM:

Flugkörpergeschwindigkeit:

300 m/s	500 m/s	700 m/s	1000 m/s
---------	---------	---------	----------

Entfernung:

9,6 km	8 km	6,4 km	4 km
--------	------	--------	------

Wenn wir weiter annehmen, dass die mittlere Geschwindigkeit der SAM 300 m/s beträgt, erhalten wir die Distanz zum weitmöglichsten Treffpunkt:

FK-Geschwindigkeit:

300 m/s	500 m/s	700 m/s	1000 m/s
---------	---------	---------	----------

Treffpunkt:

5,3 km	3,2 km	1,8 km	0,70 km
--------	--------	--------	---------

Wenn also die Geschwindigkeit des Flugkörpers mehr als 700 m/s beträgt, ist die SAM nicht mehr in der Lage - auch unter den obigen eher günstigen Annahmen betreffend Entdeckungreichweite und Reaktionszeiten - den Flugkörper wirksam zu bekämpfen.

Rohr Waffen grösseren Kalibers (100 - 127 mm)

Wichtig für eine Rohr Waffe ist, dass auf günstiger Entfernung viele Schüsse am Ziel sind, damit die Treffwahrscheinlichkeit durch kumulative Effekte erhöht wird:

$$P_T \approx 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_{e,i})$$

P_T : Wahrscheinlichkeit mindestens eines Treffers

$P_{e,i}$: Treff.w. des i-ten Schusses

n : Anzahl Schüsse

*) Flugweg erfassen: 2 s; Bedrohungsanalyse, Zielzuweisung: 1 s; Zielerfassung: 2 s; Launchphase: 3 s

7-6

Je grösser das Kaliber, desto tiefer ist die Kadenz; bei den 100 - 127 mm-Waffen beträgt sie etwa 20 bis 30 Schuss/min. Im nächsten Absatz wird eine mittelkalibrige Waffe mit einer Kadenz von 120 Schuss/min besprochen. Zur Illustration der Problematik tieferer Kadenzen zeigt das nächste Bild zwei Treffwahrscheinlichkeits-Kurven für das 76 mm-Geschütz: Die obere Kurve gilt für 120 Schuss/min, die untere für 30 Schuss/min (Fig. 4).

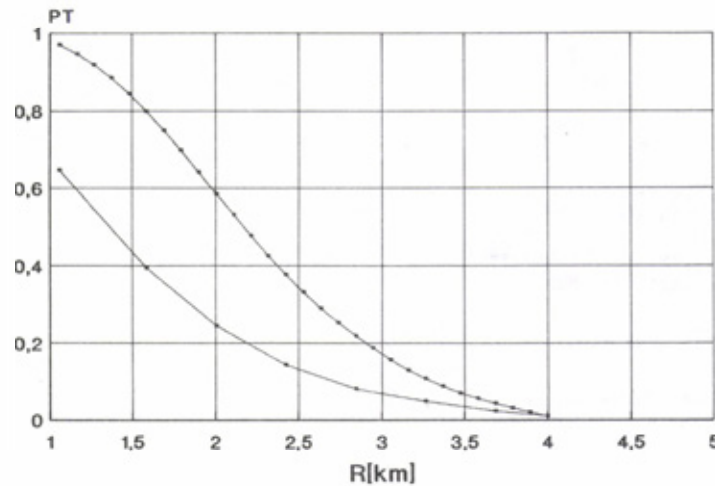


Fig. 4 Kumulative Treffwahrscheinlichkeit für 76 mm-Munition
Oben: 120 Schuss/min
Unten: 30 Schuss/min

Siehe auch Fig. 6

Rohrwaffen mittleren Kalibers (76 mm)

Moderne Geschütze dieser Art bringen eine Kadenz pro Rohr von etwa 120 Schuss/min. Wenn die Munition mit intelligenten Annäherungszündern ausgerüstet ist, so dass der Flugkörper optimal durch den Splitterkegel fliegen muss (Splitterdichte $\geq 1000/m^2$), kann auf einen bis unter 70° stehenden Flugkörper ein Strukturbruch erwartet werden.

In der günstigen Annahme einer ersten Detektion bei 12 km und einer Reaktionszeit von 6 s (Flugweg etablieren: 2 s; Bedrohungsanalyse: 1 s; Zielerfassung: 2 s; Vorhalterechnung bereit: 1 s) kann, für alle FK-Geschwindigkeiten ≤ 700 m/s, das Feuer so eröffnet werden, dass der erste Schuss bei etwa 4 km am Ziel ist. Für eine Zielgeschwindigkeit von 800 bzw. 1000 m/s verringert sich diese Distanz auf etwa 3,4 bzw. 2,5 km.

Fig. 5 zeigt die Treffwahrscheinlichkeit (P_e) für den Einzelschuss in Funktion der Entfernung. Die Annahmen betr. Zielverhalten und Güte der Zündung sind eher optimistisch. Insbesondere ist die Annahme der kleinen Zielbeschleunigungen sehr wichtig. Wenn nämlich, während des Geschossfluges, eine unvorgesehene Beschleunigung des Zieles stattfindet, ist der daraus resultierende Vorhaltefehler proportional zur Beschleunigung ($n \cdot g$) und zum Quadrat der Beschleunigungszeit (dt):

$$2 \cdot de = n \cdot g \cdot dt^2$$

Schon bei einer bescheidenen Beschleunigung von $1g$ während 1 Sekunde erhält man eine Ablage von 5 m, welche, im Falle einer reinen Querbeschleunigung, etwa der Fehldistanz in der Zielebene entspricht (man vergleiche dazu den Wirkungsradius des Annäherungszünder von 2 m).

7-7

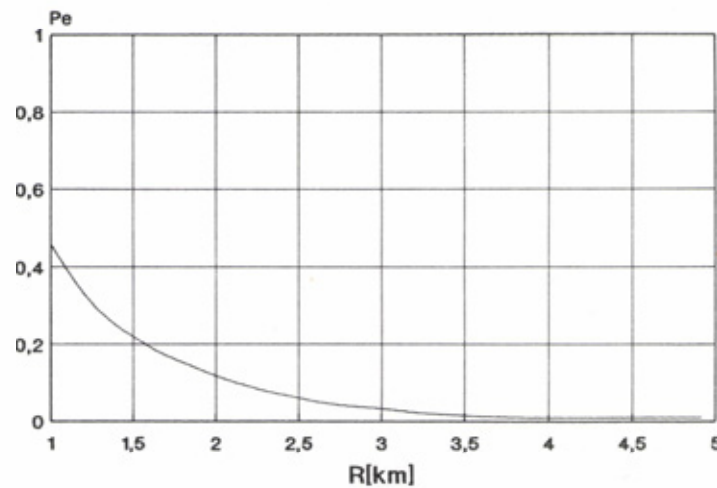


Fig. 5 1 Einzelschusstreffwahrscheinlichkeit für 76 mm-Munition
 - Annäherungszünder; Wirkungsradius ~ 2 m
 - Ziel-v = 300 m/s, Beschleunigungen $\leq 1 g$

Wir werden bei der Schätzung der kumulativen Treffwahrscheinlichkeit P_T in Funktion der Zielgeschwindigkeit die Kurve Fig. 5 benützen, ohne zu berücksichtigen, dass die P_e bei höheren Zielgeschwindigkeiten abnimmt (kleinere Splitterdichte). Aus den Reaktionszeiten und der Detektionsreichweite und unter der vereinfachenden Annahme einer mittleren Geschossflugzeit von 700 m/s bekommen wir die folgenden Beschussabläufe:

FK-Geschwindigkeit	300 m/s	500 m/s	700 m/s	800 m/s	1000 m/s
1. Schuss im Ziel	4 km	4 km	3,9 km	3,4 km	2,5 km
Letzter Schuss im Ziel	≥ 1 km	$\geq 1,2$ km	$\geq 1,4$ km	$\geq 1,5$ km	$\geq 1,7$ km
Feuerstosslänge	14 s	9 s	6,5 s	5 s	2 s
Anzahl Schüsse	29	19	14	11	5

Die Distanz zum letzten Schuss im Ziel gilt für den Fall eines Strukturbruches. Bei zunehmender Geschwindigkeit nimmt diese Sicherheitsdistanz zu. Würde der Kriegskopf nach dem Bruch der FK-Struktur seine Geschwindigkeit behalten können, wäre die Sicherheitsdistanz etwa proportional zur FK-Geschwindigkeit. Da dies nicht der Fall ist, wurde die Sicherheitsdistanz - willkürlich - auf 1700 m begrenzt, was sich eher zu Gunsten der betrachteten Waffen auswirkt.

Die Fig. 6 zeigt den Aufbau der kumulativen Treffwahrscheinlichkeit während eines Feuerstosses für die verschiedenen Zielgeschwindigkeiten. Aus ihm kann man unter anderem lesen.

FK-Geschwindigkeit	300 m/s	500 m/s	700 m/s	800 m/s	1000 m/s
Min. Sicherheitsentfernung bei Strukturbruch	≥ 1000 m	≥ 1200 m	≥ 1400 m	≥ 1500 m	≥ 1700 m
PT:	0.97	0.86	0.70	0.63	0.45
Min. Sicherheitsabstand bei Control Kill	≥ 1500 m	≥ 1700 m	≥ 1900 m	≥ 2000 m	≥ 2000 m
PT:	0.84	0.65	0.45	0.40	0.27

7-8

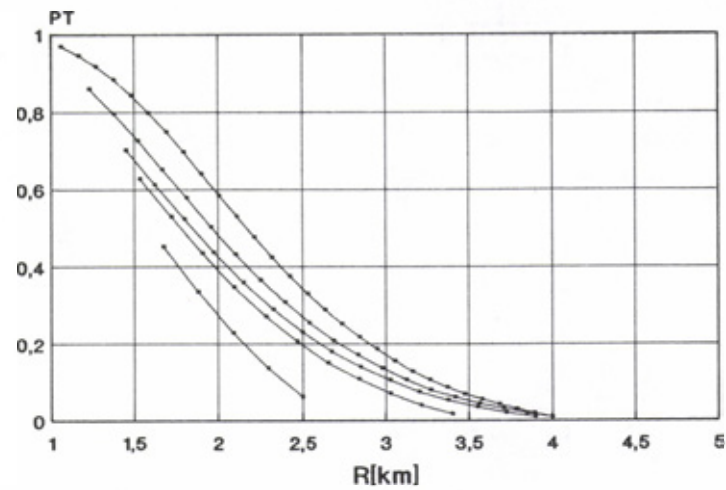


Fig. 6 76 mm-Geschütz: Kumulative Treffwahrscheinlichkeit mindestens eines Treffers vor der Distanz R für

- v = 300 m/s 1. Linienzug (oben)
- v = 500 m/s 2. Linienzug
- v = 700 m/s 3. Linienzug
- v = 800 m/s 4. Linienzug
- v = 1000 m/s 5. Linienzug (unten)

In der nächsten Fig. 7 wird dargestellt, wie sich die Treffwahrscheinlichkeit in Funktion der Feuerstosslänge ändert, wenn die Entfernung zum - zeitlich - letzten Treffpunkt konstant auf 1,25 km gehalten wird. Unter den getroffenen Annahmen müsste der Feuerstoss mehr als 4 s lang sein, um auf den FK mit 500 m/s eine Treffwahrscheinlichkeit von 80 % zu erreichen.

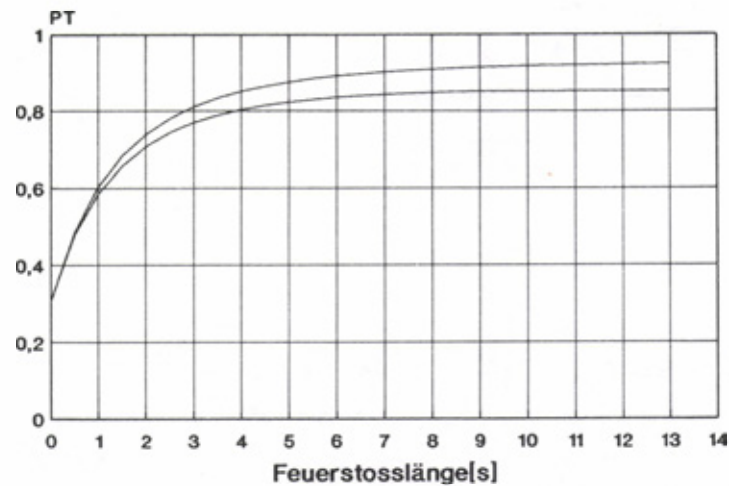


Fig. 7 76 mm-Geschütz: Kumulative Wahrscheinlichkeit mindestens eines Treffers in Funktion der Feuerstosslänge
Oberer Linienzug: $v(\text{Ziel}) = 300 \text{ m/s}$
Unterer Linienzug: $v(\text{Ziel}) = 500 \text{ m/s}$

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Rohr Waffen der Typen 76 mm gegen FK unterhalb 500 m/s eingesetzt werden können. Bei Mehrfachangriffen sind aber die langen Feuerstösse (mehr als 4 s; siehe oben) d.h. die Reaktionszeiten zu beachten.

Flab Geschütze mit normaler Flab-Munition (30 - 40 mm)

Die normale mit Aufschlag- oder Verzögerungszündern ausgerüstete Flab-Munition muss ihr Ziel direkt treffen. Ein Direkttreffer wird normalerweise einen Strukturbruch verursachen aber in keinem Fall eine Detonation. Die minimale Treffentfernung beträgt also 1000 m oder mehr. Auf solchen Distanzen ist die Wahrscheinlichkeit, einen modernen kleinen Flugkörper 30 cm Durchmessers direkt zu treffen, verschwindend klein. Diese Kategorie von Waffen ist im modernen FK-Umfeld untauglich.

CIWS-Geschütze mit spezieller Munition

Die CIWS-Rohrwaffen der Kaliber 20 - 30 mm sollen den Kriegskopf direkt treffen und dank speziell dafür entwickelter Munition detonieren lassen. Diese Waffe der letzten Chance muss alles abfangen, was durch die Maschen der anderen Systeme geschlüpft ist.

In der Annahme, eine akzeptable Vernichtungswahrscheinlichkeit (> 90 %) könne durch ein bestimmtes System mittels genauer Verfolgung, geeigneter Vorhaltrechnung, kleiner Streuung erreicht werden müssen noch die Reaktionszeiten so klein sein, dass dieses System nicht leicht zu sättigen ist.

4. SEAGUARD KONZEPT

4.1 ALLGEMEINES SEAGUARD KONZEPT

Die Analyse der Bedrohung und der zur Verfügung stehenden Mittel zeigt die Vernunft und die Notwendigkeit einer in der Tiefe gestaffelten Luftverteidigung. Da die an Bord eines Schiffes befindlichen Mittel nicht unbegrenzt Platz haben, müssen die Waffen zu mehreren Zwecken einsetzbar sein. Z.B. wird ein 76 mm-Geschütz sowohl in der Luftverteidigung gegen Flugzeuge und Flugkörper als auch im Seekrieg gegen kleinere Schiffe eingesetzt. Ein CIWS-Geschütz kann in der Not auch gegen Boote auf ein paar Kilometer Entfernung gute Dienste leisten.

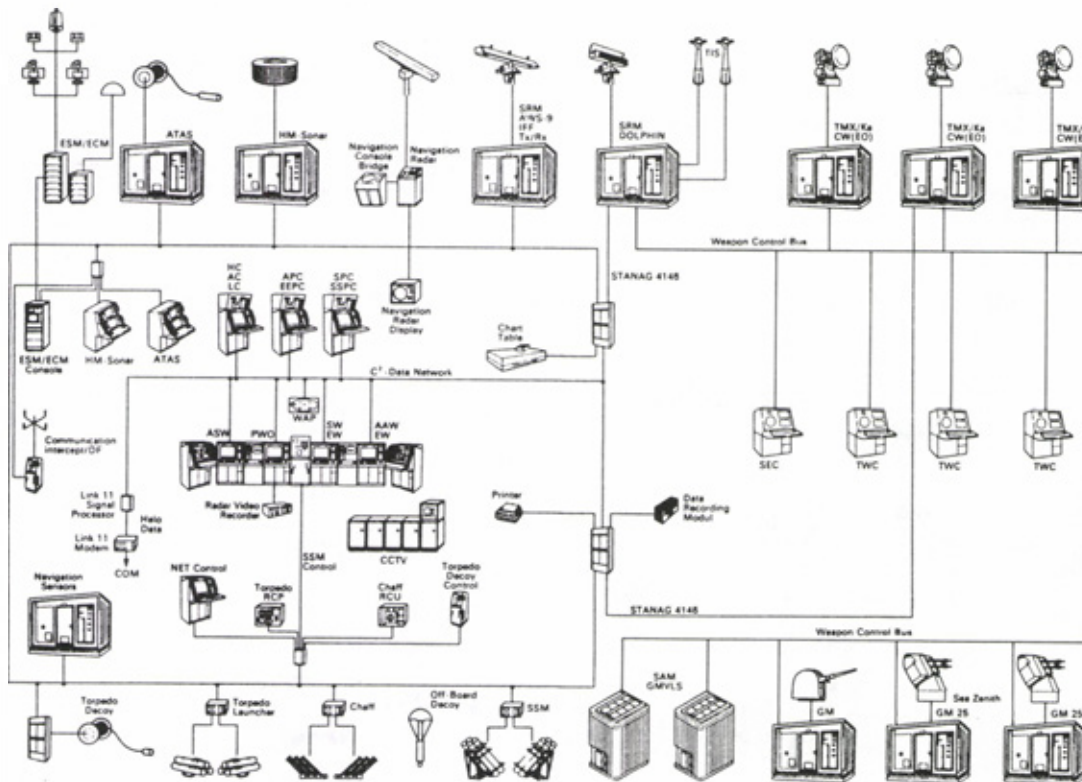


Fig. 8 Waffensystemkonfiguration (mögliche)
 Man erkennt die CIWS-Kette:
 Suchradar (oben, Mitte), Richtgeräte (oben, rechts)
 SEA ZENITH-Geschütze (unten, rechts)

Weitere Elemente:
 Einsatzkonsolen (Mitte, links und rechts), ESM/ECM
 (oben, links) Torpedos (unten, links), Chaff und
 Flares (unten, halblinks), Schiff-Schiff-Lenk Waffen SSM
 (unten, Mitte), Schiff-Luft-Lenk Waffen SAM (unten,
 Mitte), 76 mm-Geschütz (unten, halbrechts)

7-10

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurde SEAGUARD als ein modulares Waffensystem konzipiert, welches der Bedrohung, der Grösse des Schiffes und den vorhandenen oder vorgegebenen Teilsystemen entsprechend massgeschneidert wird. SEAGUARD enthält ein integriertes CIWS als letzte Antwort auf die moderne Bedrohung durch Flugkörper. Fig. 8 zeigt eine mögliche Konfiguration eines Schiffswaffensystems.

Die in der Tiefe gestaffelte FK-Abwehr ist gewährleistet: zuerst kommen die SAM zum Einsatz, dann das 76 mm-Geschütz, letztlich die CIWS-Ketten und, flankierend, die ECM-Mittel.

4.2 CIWS-KONZEPT (CLOSE-IN WEAPON SYSTEMS)

Als System der letzten Chance muss ein CIWS mit der schwierigsten Bedrohung aus der Luft fertig werden: Flugkörper kleinerer Ausmasse, hoher Geschwindigkeiten und Beschleunigungen, sehr tief über dem Wasserspiegel oder sehr hoch aus dem Zenit.

Die Hauptforderungen an ein CIWS sind:

- voll hemisphärischer Einsatzbereich (Sea-skimmer und Zenit)
- Schutz des ganzen Schiffes
- kurze Reaktionszeiten, schnelle Abläufe
- hohe Vernichtungswahrscheinlichkeit (> 90 %)
- Allwettertauglichkeit, gute ECM-Festigkeit
- Mehrzweck Einsatz der Module.

Aus diesen Forderungen hat CONTRAVES die Merkmale ihres SEAGUARD CIWS abgeleitet:

- Zeittauglichkeit
- Spiegeleffektunterdrückung
- Modularität
- Automatische Abläufe
- Verteilte Rechnerleistung
- Hohe Dynamik und Genauigkeit der Richtgeräte und Geschütze
- Multisensor-Verarbeitung
- Munition mit "1 Hit = 1 Kill"

SEAGUARD CIWS

Das SEAGUARD CIWS besteht aus 3 Komponenten, welche über einen Bus fast beliebig kombiniert werden können:

- Such-Radar SRM (Search Radar Module) mit dem dazugehörenden CSM (Common Support Module)
- Richtgeräte CIWS-TM (Tracking Modules) mit der dazugehörenden Konsole SCC (SEAGUARD Control Console)
- Geschütze CIWS-GM (Gun Module)

Fig. 9 zeigt, wie eine CIWS-Kette über den Waffen-Bus verbunden ist.

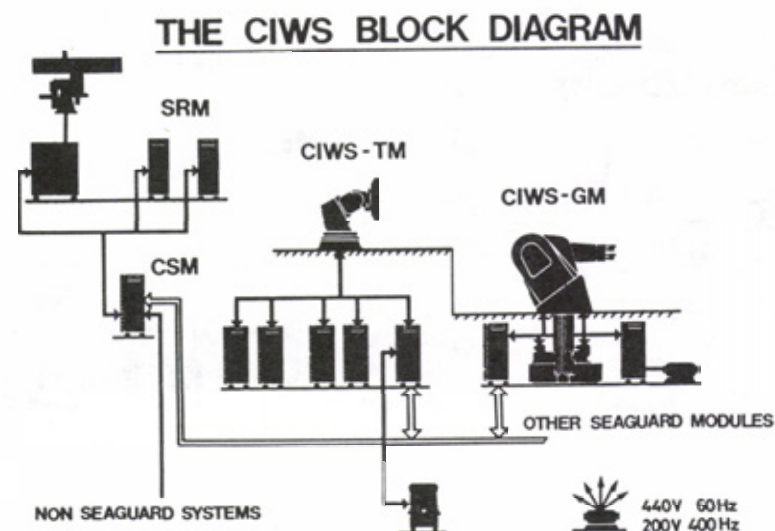


Fig. 9 Eine CIWS-Kette aus Suchradar (SRM), Richtgerät (TM) und Geschütz (GM)

5. CIWS-MODULE

Fig. 10 stellt in vereinfachter Form dar, wie die Funktionen, die zur CIWS-Feuerleitung gehören, über die Module verteilt sind.

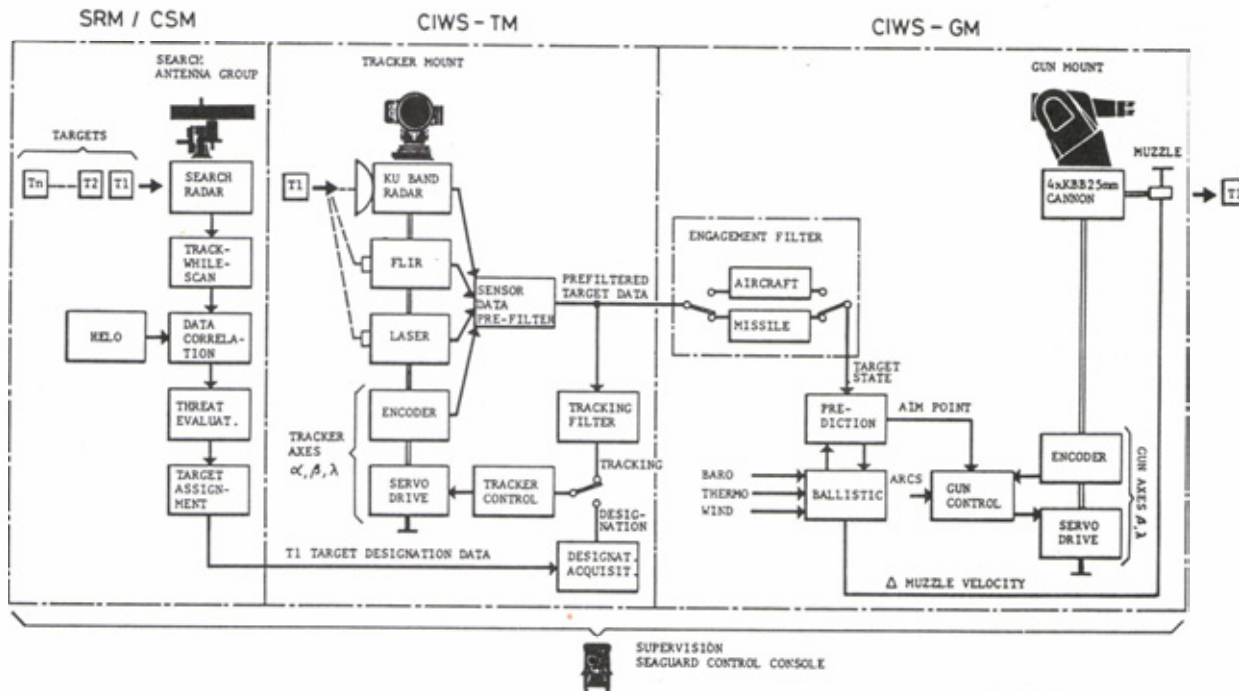


Fig. 10 Funktions-Diagramm der CIWS-Kette

5.1 SUCHRADAR (SRM) UND CSM

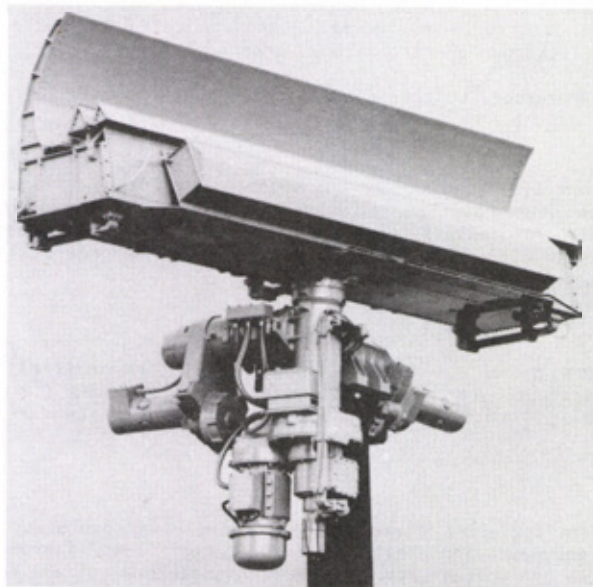


Fig. 11 DOLPHIN-Suchradar

7-12

Der CIWS-Suchradar, auch DOLPHIN genannt, erfüllt die strengen Anforderungen der hohen Detektions-Wahrscheinlichkeit und der schnellen Reaktionszeit (Fig. 12).

Auf dem Mast installiert liefert er einmal pro Sekunde eine 360°-Luftlage, welche sich dank zweier Radarkeulen von 0°- auf 85°-Elevation erstreckt. Damit ist die hemisphärische Ueberdeckung gewährleistet: Flugkörper mit hohem Stechwinkel ($> 45^\circ$) können sich nicht unbemerkt auf das Schiff stürzen; sie werden frühzeitig entdeckt.

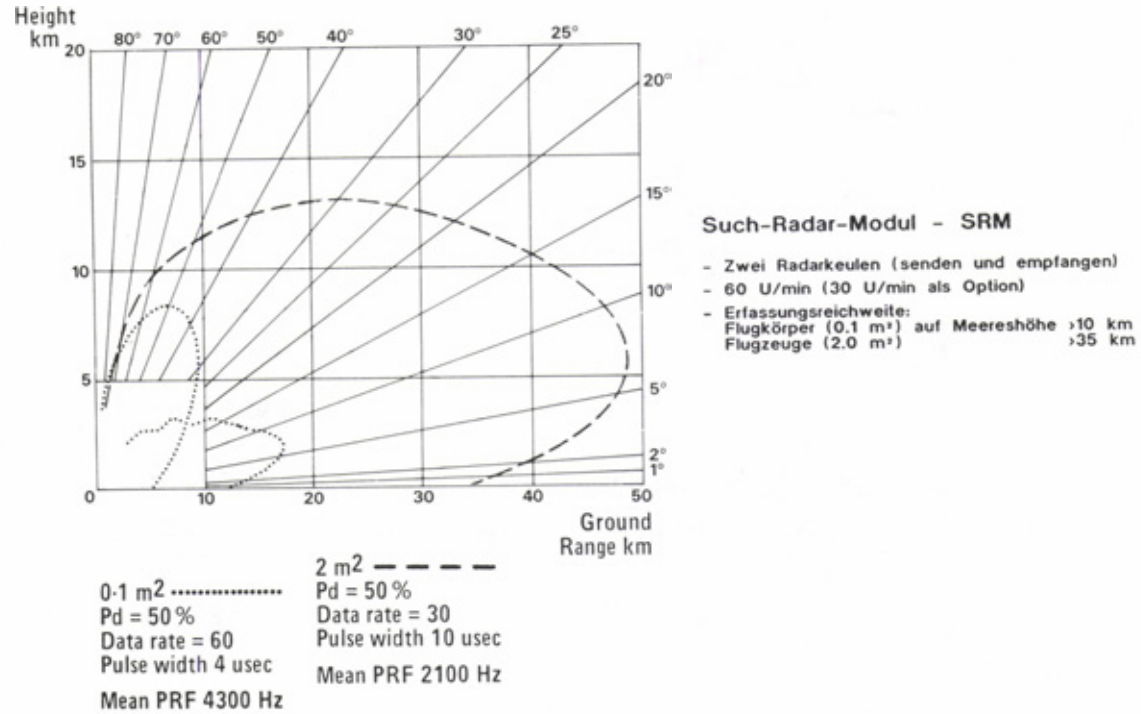


Fig. 12 DOLPHIN-Ueberdeckungsdiagramme

Das C-Band wurde für DOLPHIN gewählt, weil viele radargelenkte Flugkörper im X-Band arbeiten. Wenn der Suchradar auch im X-Band sendet, wie das bei anderen Systemen der Fall ist, wird das elektronische Aufklärungssystem des Schiffes vom eigenen Suchradar just dann in seinen Leistungen beeinträchtigt, wenn es gilt, Flugkörper elektronisch zu erkennen.

Der CSM-Teil enthält den Prozessor, welcher die folgenden Funktionen ausführt (Fig. 10 links):

Track-while-Scan

Die vom DOLPHIN gelieferten Zieldaten werden zu sogenannten Tracks (Flugwegen) verarbeitet. Ein Track enthält Information über Position und Geschwindigkeit. Zusammen mit der Standzeichen-Unterdrückung des DOLPHIN-Signalprozessors sorgt der TWS-Algorithmus dafür, dass die Wahrscheinlichkeit für falsche Tracks sehr klein ist. Diese Eigenschaft ist besonders wichtig, wenn das System vollautomatisch Ziele bekämpfen soll.

Zielklassifizierung und -identifizierung

Aufgrund der eigenen Radarsignale, des IFF-Systems, der externen Informationen - z.B. von einem Richtgerät, von einem Operateur, vom Aufklärungssystem usw. - und des Zielverhaltens werden Flugwege klassifiziert: handelt es sich um ein Flugzeug oder um eine Lenkwaffe? und identifiziert: Freund oder Feind?

Bedrohungsanalyse

Die nicht als Freunde identifizierten Ziele werden ständig einer Bedrohungsanalyse unterzogen. In Funktion der Entfernung, der Geschwindigkeit, des Kurses, der Klassifizierung wird eine Bedrohungspriorität berechnet, welche den Operateuren und den "Einsatzautomaten" zur Verfügung gestellt wird.

7-13

Automatische Ziel- und Waffenzuweisung

Wenn das CIWS in der automatischen Betriebsart arbeitet, wählt das CSM das bedrohlichste Ziel, weist es einem verfügbaren Richtgerät zu und stellt diesem Richtgerät ein oder mehrere Geschütze zur Verfügung. Richtgerät und Geschütz(e) bilden einen sogenannten Feuerkanal. Die automatische TWA-Funktion (Target Weapon Assignment) berücksichtigt die Verfügbarkeit der Richtgeräte und Geschütze sowie deren mögliche Wirkungsräume. Es gilt immer ein Maximum an Feuer auf ein Ziel zu konzentrieren.

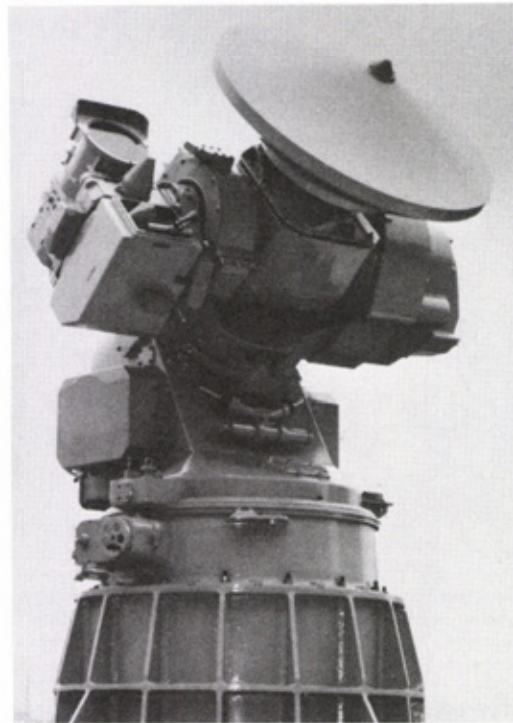
5.2 RICHTGERAET UND KONSOLE

Fig. 13 SEAGUARD-Richtgerät TMK (Ku-Band)

Das hier gezeigte Richtgerät ist mit dem Ku-Band Radar bestückt sowie FLIR-Kamera (Forward Looking Infra Red) und Laser-Entfernungsmesser. Der Ku-Band Radar von SIEMENS-ALBIS wurde speziell dazu entwickelt, tief fliegende FK zu verfolgen: Die sogenannte Cross-Feed Methode erlaubt es, den Spiegeleffekt wirkungsvoll zu unterdrücken /1/. Das Richtgerät kann auch mit einem X-Band Radar oder mit einer Kombination von X- und Ka-Band Radar ausgerüstet werden: Die X-Band-Version ist kein CIWS- sondern ein allgemeines Richtgerät, das sich vorzüglich zur Steuerung von mittelkalibrigen Rohr Waffen und Lenkwaffen wie SEA-SPARROW eignet.

Das Richtgerät selber zeichnet sich durch seine 3 Achsen aus, welche ihm die Möglichkeit geben, in der unteren Elevation das Sichtfeld des FLIR horizontal zu halten und - wichtiger noch - im Zenit Ziele verfolgen zu können. Der Positionierungs-Algorithmus sorgt dafür, dass Achsensingularitäten vermieden werden. Zweiachsige Geräte weisen immer Singularitäten im Zenit auf: Dort der Seitenwert nicht mehr bestimmt, weder mechanisch noch mathematisch.

7-14

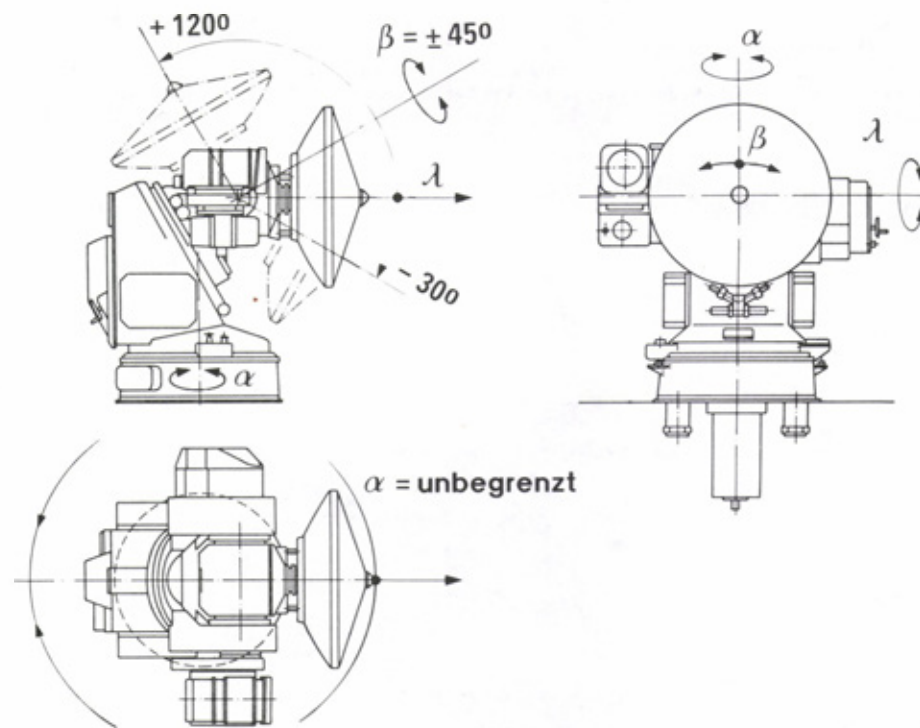


Fig. 14 Die drei Achsen des SEAGUARD-Richtgerätes

Die Dynamik und die Genauigkeit der Achsensteuerung sind zu erwähnen: Geschwindigkeit von 3 rad/s und Beschleunigung von 15 rad/s² erlauben einerseits schnelle Zielerfassungen und Zielwechsel und andererseits eine Verfolgung bei starken Zielmanövern. Jede Achse wird über zwei Motoren bewegt, die bei kleinen Beschleunigungen gegeneinander arbeiten, um das Getriebespiel zu eliminieren; wenn dagegen hohe Beschleunigungen erforderlich sind, arbeiten die zwei Motoren parallel.

Im Fundament des Richtgerätes befindet sich das eigene Referenzsystem, welches Schiffslage und -bewegungen sehr genau misst. Diese Daten werden im Feuerkanal gebraucht, um

1. in einem gemeinsam definierten horizontalen Referenzsystem arbeiten und
2. die Schiffsbewegungen kompensieren zu können (Stabilisierung).

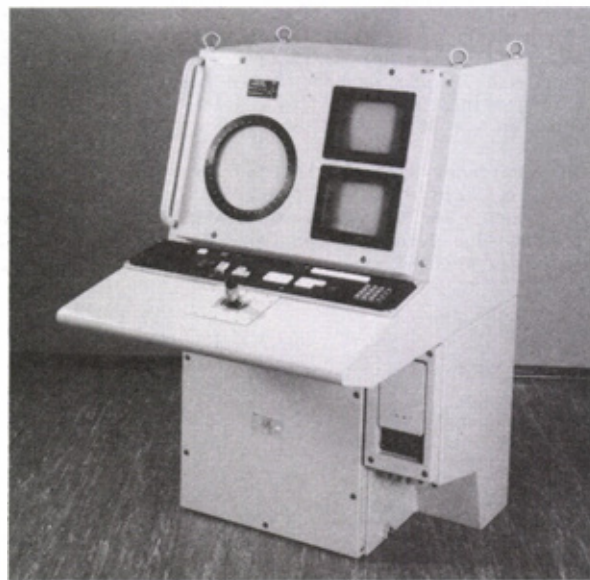


Fig. 15 Die SEAGUARD Konsole

7-15

Die Hauptfunktionen, welche vom zum Richtgerät gehörenden Rechner wahrgenommen werden sind (Fig. 10, Mitte):

Zielerfassung

Nach einem Einsatzbefehl vom CSM - oder von einem Operateur - erfasst das Richtgerät das Ziel aufgrund

- der ihm zur Verfügung stehen Zieldaten:
Azimut und Distanz (Suchradar-Information) oder
Azimut, Elevation, Distanz (Information von einem anderen Richtgerät) oder
Azimut und Elevation (Information z.B. von einem optischen Zielzuweisungsgerät) oder
nur Azimut (Richtung eines Jammers)
- eines geeigneten adaptiv gewählten Suchmusters.

Verfolgung

Sobald das Ziel vermessen wird, wird die Achsensteuerung über die Zielposition und unter Einbezug der durch Coderstationen sehr genau gemessenen aktuellen Achsenpositionen geschlossen, wie das in Fig. 10 ersichtlich ist. Dazu werden alle verfügbaren Zieldaten verwendet und im Pre-Filter in Funktion ihrer berechneten Messgenauigkeiten gewählt bzw. miteinander kombiniert: Das von CONTRAVES patentierte Verfahren nennt sich Multi-Sensor-Servo-Control /2/.

Dank dem modularen SEAGUARD Konzept wird während des Schiessens die Verfolgung nicht von den Geschützerschütterungen beeinträchtigt, was bei andern kompakt gebauten Systemen der Fall ist.

5.3 GESCHÜTZ SEA ZENITH

Das von Oerlikon-Bührle-Werkzeugmaschinenfabrik und CONTRAVES entwickelte Geschütz stellt wegen der einmaligen Verkantung der Seitenachse das Markenzeichen von SEAGUARD dar.

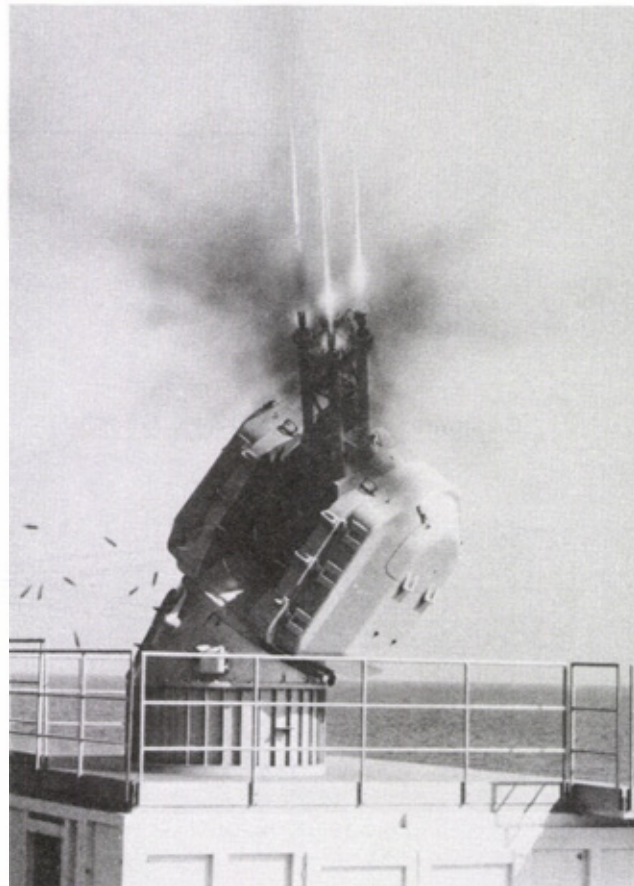


Fig. 16 SEA ZENITH während Schiessversuchen

7-16

Dank dem 35°-Keil ist das SEAGUARD CIWS-Geschütz das einzige zenittaugliche Geschütz der Welt. Die einfache Idee bestand darin, die Singularität dort zu verschieben, wo man nicht schießen kann: in die Strukturen des Schiffes.

Die ausgezeichnete Steifheit der Lafette und die genaue Achsensteuerung gewährleistet ein hervorragendes Streubild der vier eingebauten KBB-Waffen:

$$\sigma \approx 1.2 \text{ mrad}$$

Die Dynamik und die Genauigkeit der Servo-Steuerung sind für Geschütze einmalig:

Max. Geschwindigkeit = 2.5 rad/s;
 Max. Beschleunigung = 10 rad/s²;
 Genauigkeit ≤ 0.4 mrad

Trefferbild
 Schussdistanz [m] 1000

Streuungen				Abweichungen				
Total	50%		Standard	M von Zpkt				
Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	
570.00	472.00	147.09	140.71	109.04	104.31	12.15	-35.15	(cm)
5.70	4.72	1.47	1.41	1.09	1.04	0.12	-0.35	(‰/s)

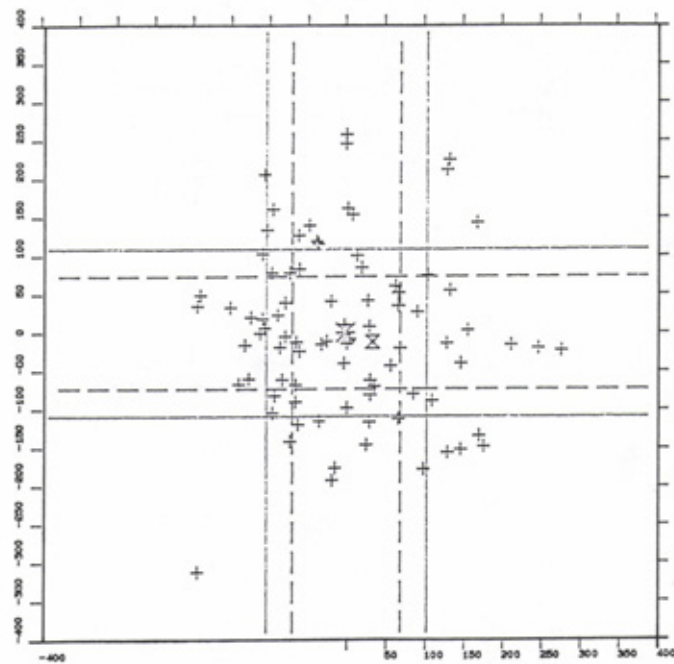
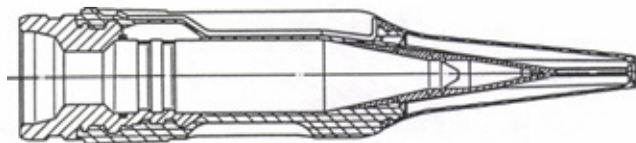


Fig. 17 Streubild SEA ZENITH; 80 Schuss (20/Waffe) auf 1000 m-Entfernung; die Achsen sind nicht gezurrt, sondern elektrisch gehalten

Seaguard CIWS AMDS - Geschoss



Kaliber 25 mm
 Tot. Gewicht 190 g
 Kerngewicht 156 g

Fig. 18 25 mm-Geschoss

7-17

Die AMDS-Geschosse (Anti Missile Discarding Sabot) wurden von der Werkzeugmaschinenfabrik Oerlikon speziell zur Bekämpfung von Flugkörpern entwickelt (Fig. 18). Der 156 g schwere Wolframkern mit einem Durchmesser von 14,5 mm verlässt die Rohrmündung mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 1270 m/s. Auf 1000 m Distanz - nach 0.85 s-Flug - beträgt die Geschwindigkeit noch 1113 m/s, was einer spezifischen Energiedichte von 585 J/cm² entspricht.

Damit eine Sprengladung zur Detonation angeregt wird, muss die Energiedichte etwa 980 J/cm² betragen. Die minimal erforderliche Flugkörpergeschwindigkeit V für eine Detonation auf 1000 m lässt sich also errechnen aus

$$980 \text{ J/cm}^2 = 585 \text{ J/cm}^2 \cdot \frac{(1113 \text{ m/s} + V)^2}{(1113 \text{ m/s})^2}$$

$$V = 328 \text{ m/s}$$

Ab etwa 1000 m abwärts ist also die 25 mm-AMDS-Munition in der Lage, einen Mach 0.9-Flugkörper detonieren zu lassen. Ist der Flugkörper schneller, so ist die Energiedichte grösser, die theoretische maximale Detonationsentfernung auch (z.B. beträgt sie 1600 m für einen 400 m/s-Flugkörper).

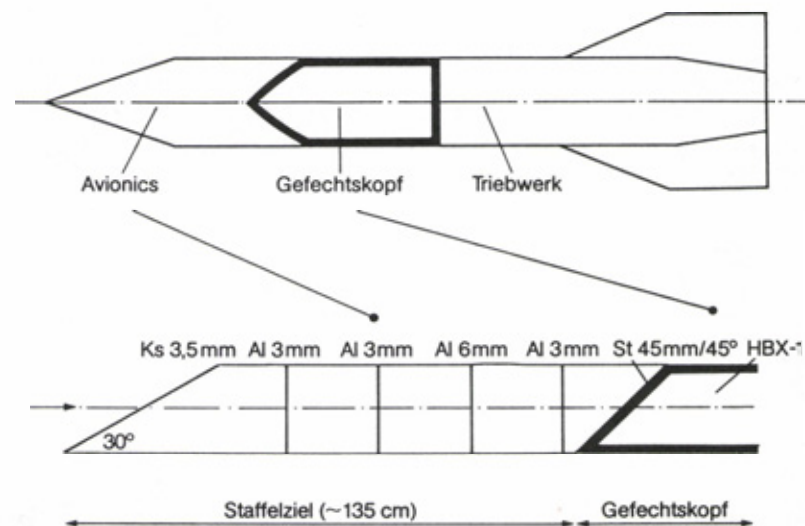


Fig. 19 Simulation eines FK-Zieles

Dass der Wolframkern fähig ist, den Kriegskopf zu erreichen und detonieren zu lassen, wurde durch Versuche mit dem sogenannten NATO-Modell (Fig. 19) bewiesen.

Aber bevor die Munition im Ziel ist, müssen ein paar nicht unwichtige Aufgaben vom zum Geschütz gehörenden CONTRAVES-Rechner erledigt werden (Fig. 10), rechts):

Zielzustandsschätzung

Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung und Art der Beschleunigungsänderung werden von Kalman-Filtern geschätzt. Dass die Zielzustandsschätzung eine zentrale Rolle in der Feuerleitung darstellt, ist fast selbstverständlich: Bei der Extrapolation der Zielposition über die Geschossflugzeit werden Fehlschätzungen verstärkt. Um dies zu vermeiden, sind mehrere Filter gleichzeitig im Einsatz, welche nach verschiedenen Zielverhaltens-Hypothesen arbeiten (z.B. zwei-dimensionale bzw. drei-dimensionale Proportionalavigation, Beschleunigung bis 2, 3 4 g usw.). Die Gültigkeit der Hypothese wird dann überprüft, indem die jetzige Schätzung mit der Voraussage verglichen wird. Der bestangepasste Filter wird dann als Lieferant des Zielzustandes gewählt.

Da das Ziel sich unter dem Einfluss der Schwerkraft in einem Erdsystem bewegt, wird der Zielzustand in einem horizontalen Inertialsystem geschätzt.

7-18

Vorhalterechnung

Aufgrund des Zielzustandes - vom Filter geliefert - wird der Vorhalt berechnet und der Zielpunkt (Aiming Point) in einem horizontal am Geschütz gebundenen System bestimmt. Die folgenden Faktoren werden berücksichtigt:

- Geschützparallelaxe (im horizontalen System nicht konstant, d.h. die Schiffs-lage muss bekannt sein)
- Ballistik
- Gemessene Mündungsgeschwindigkeit
- Meteo-Daten (Wind, Luftdruck, Temperatur)
- Schiffsgeschwindigkeit

Servosteuerung

Der Zielpunkt und dessen Geschwindigkeit werden im Geschützsystem umgewandelt. Zusammen mit den Schiffsrotations-Geschwindigkeiten werden diese Angaben zur Steuerung der zwei Geschützachsen verwendet. Coder-Stationen und Servomotoren (je zwei pro Achse) sorgen mit den Servo-Algorithmen zusammen für eine störfreie sehr genaue Steuerung des Geschützes. Hinbeizufügen ist noch, dass die Waffen so gut ausbalanciert sind, dass auch während des Schiessens die Störmomente auf die Achsen minimal sind.

Feuerlogik

Wenn das System in der automatischen Betriebsart arbeitet, bestimmt der Geschützrechner selber den optimalen Zeitpunkt für die Feuerauslösung. Je nach Zielgrösse wird das Feuer auf grössere oder kleinere Distanzen eröffnet: es gilt dann eine maximale Treffwahrscheinlichkeit zu gewährleisten. Die Feuerlogik berücksichtigt die Schiffssilhouette und verhindert, dass diese beschossen wird.

Die maximale Länge des Feuerstosses ist predefiniert, normalerweise beträgt sie 1.6 s, was etwa 85 Schuss entspricht.

5.4 RECHNER UND SYSTEM-BUS

Jedes SEAGUARD-Modul besitzt seinen eigenen Rechner (Fig. 20):

CSM-Rechner
TM-Rechner
Konsolenrechner
Geschützrechner

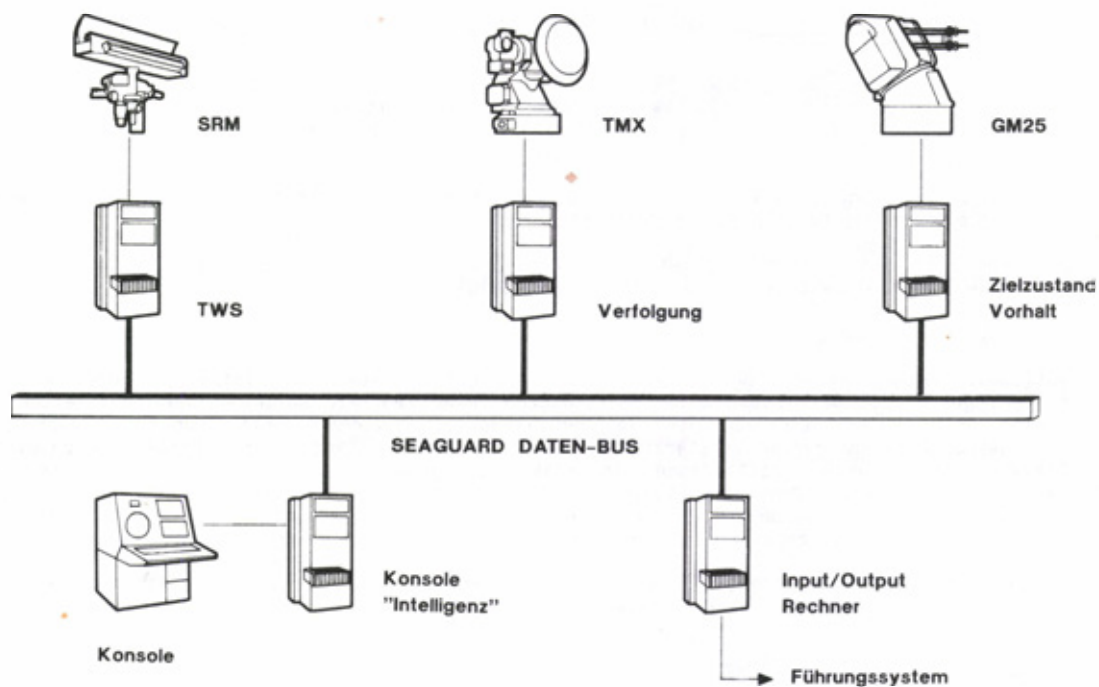


Fig. 20 Rechner im CIWS

7-19

Jeder Rechner ist ein 32 Bit Prozessor der neusten CONTRAVES-Rechner Generation.

Seine Rechenkapazität ist vergleichbar mit derjenigen eines VAX-780 von DEC.

Die Rechner sind über einen Waffenbus untereinander verbunden:

16 Bit Parallel-Bus

Timeslot-Architektur: pro 20 ms 155 Slots à je 64 Bytes

Die Rechner werden vom Bus mit einem 20 ms-Takt synchronisiert, so dass alle Zeitbezüge innerhalb der Ziel- und Schiffsvermessungskette sehr genau definiert sind.

6. CIWS-LEISTUNGEN

In Absatz 4.2 wurden die Forderungen am CIWS aufgezählt. Nachdem die CIWS-Module vorgestellt worden sind, kann zusammengefasst werden, wo jene erfüllt werden.

	DOLPHIN	CSM	Sensoren	Richt- gerät	Geschütz	Munition
Zenit- tauglichkeit	X			X	X	
Spiegeleffekt- unterdrückung			X			
Modularität	X	X	X	X	X	
Automatik		X		X	X	
Verteilte Rechner		X		X	X	
Dynamik	X			X	X	
Genauigkeit			X	X	X	X
Multisensor- Verarbeitung	X		X			
Kleine Reaktionszeiten	X	X		X	X	X
1 Hit = 1 Kill					X	X

Die zwei wesentlichen Aspekte der Reaktion und der Genauigkeit werden in den nächsten Abschnitten besprochen.

6.1 REAKTIONSZEIT

Die Systemreaktionszeit in der automatischen Betriebsart setzt sich aus den Zeiten zusammen, welche in der CIWS-Kette zur Erledigung der verschiedenen Aufgaben benötigt werden (Fig. 21).

7-20

Die hier angeführten Zeiten wurden in zahlreichen Versuchen verifiziert.

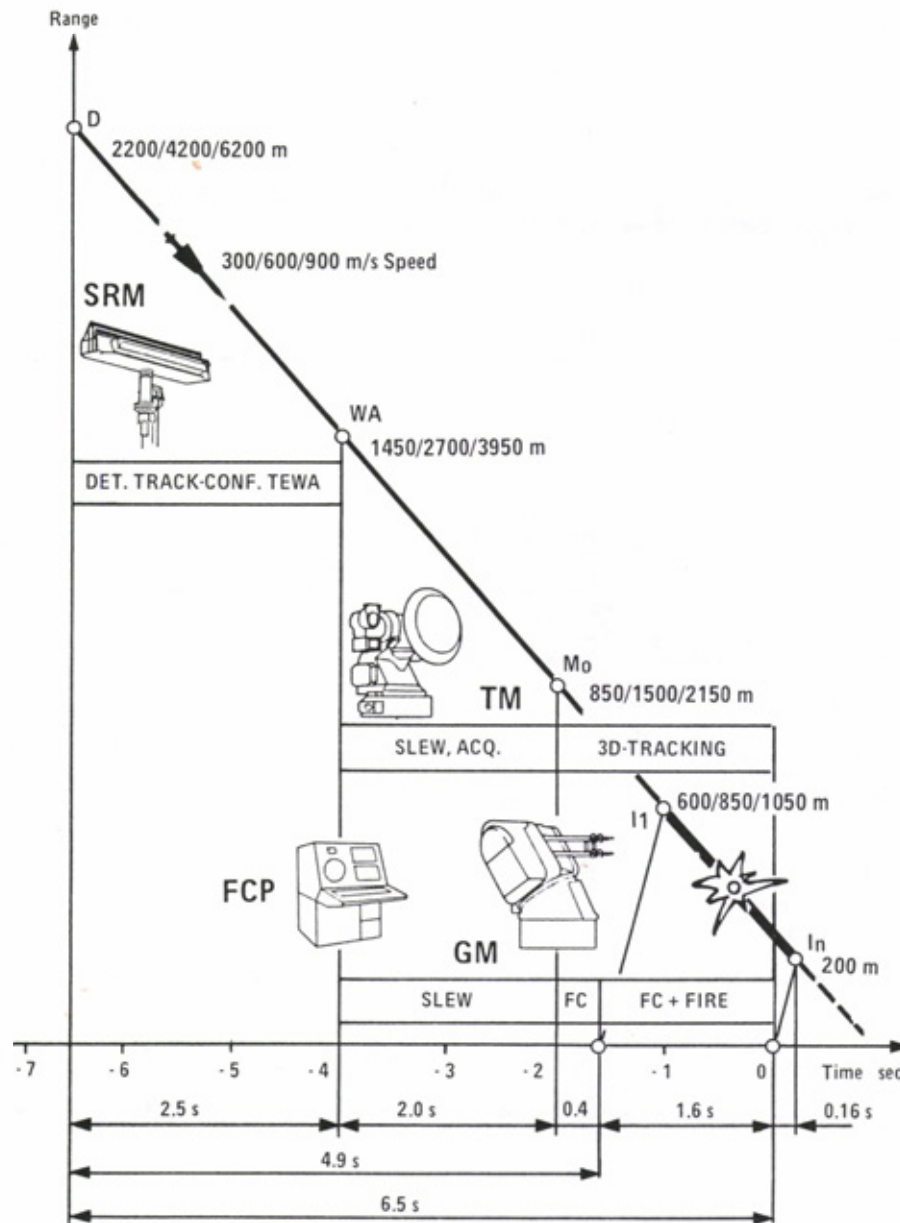


Fig. 21 Reaktionszeit

Track-While-Scan (TWS), Bedrohungsanalyse und Einsatzbefehl (TEWA)

Die Logik zur Initialisierung eines Flugweges ergibt eine Zeitspanne von etwa 2 s.

Die TEWA-Funktion läuft alle 500 ms im CSM-Rechner ab. Die Reaktionszeit beträgt max. 500 ms.

Vom Punkt D (1. Detektion) zum Punkt WA (Weapon/Tracker Assignment) werden weniger als 2,5 s gebraucht.

7-21

Erfassung durch Richtgerät

In der Annahme, dass das Richtgerät um 90° im Azimut und 10° in der Elevation schwenken muss, braucht die Erfassung maximal 2 s.

Geschützpositionierung

In der automatischen Betriebsart wird das Geschütz in Richtung Ziel am Anfang der Erfassung befohlen. Die zur Positionierung des Geschützes benötigte Zeit braucht also nicht zu den anderen addiert zu werden.

Zielzustandschätzung

Die Kalman-Filter im Geschützrechner brauchen etwa 0,4 s bis sie Werte liefern.

Feuerstosslänge

Sie beträgt normalerweise 1,6 s im Maximum. Soll das Ziel vor Ende des Feuerstosses vernichtet werden, kann diese Zeit kleiner werden.

Wir bekommen deshalb die folgenden Zeit- und Entfernungsverhältnisse

	dt[s]	t[s]	Zielentfernung [m]		
			v = 300 m/s	v = 600 m/s	v = 900 m/s
1. Detektion		0	2200	4200	6200
TWS	≈ 2	2	1600	3000	4400
TEWA	≤ 0,5	≤ 2,5	1450	2700	3950
Erfassung	≤ 2	≤ 4,5	850	1500	2150
Filter	≤ 0,4	≤ 4,9	730	1260	1790
Feuer	≤ 1,6	≤ 6,5	250	300	350
Letzter Schuss im Ziel	0,16	≤ 6,66	200	200	200

Für die Bekämpfung eines ersten Zieles werden also gesamthaft weniger als 6,5 s gebraucht.

Wenn ein weiteres Ziel vorhanden ist und in der Annahme, dass es vor Ende der laufenden Bekämpfung vom Suchradar entdeckt und verfolgt wurde, braucht das System lediglich eine Separation von 4 Sekunden zwischen den Zielen! (Erfassung + Filter + Feuer).

6.2 CIWS-SYSTEMSGENAUIGKEIT UND TREFFWAHRSCHEINLICHKEIT

Die hohe Trefferwartung, welche vom CIWS gefordert wird, kann nur erreicht werden, wenn der ganze Feuerkanal (Richtgerät-Geschütz) genau arbeitet:

- Genauigkeit der Ziel-Vermessung:

Diese ist gewährleistet durch den genauen Bau des Richtgerätes und seiner Sensoren. Fabrikationstoleranzen, welche nach der Montage gemessen werden, werden von der Software kompensiert.

Das Multisensor-Tracking liefert zusammen mit der präzisen Servosteuerung die bestmöglichen Zieldaten.

- Genauigkeit der Referenzsysteme und der Stabilisierung:

Das in jedem Richtgerät eingebaute Schiffsreferenzsystem, ein strap-down Referenzsystem, welches von der Firma SAGEM für SEAGUARD entwickelt wurde, sorgt für eine genaue Vermessung der Schiffs-lage und -dynamik.

- Genauigkeit des Geschützes

Jedes Geschütz wird nach der Montage sorgfältig gemessen, so dass alle Abweichungen vom idealen Geschütz in der Software korrigiert werden.

- Genauigkeit der Zeitreferenzen:

Da alle Rechner vom Waffenbus synchronisiert sind, läuft das ganze System absolut synchron.

7-22

- Kurze Extrapolationszeiten:

Der Mehrrechner-Architektur verdankt das System sehr kurze Verarbeitungszeiten, d.h. unter anderem, dass die Zeit zwischen Zielvermessung und Berücksichtigung dieser Zieldaten für die Geschützsteuerung sehr kurz ist.

Die hohe Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses minimiert die Flugzeit.

- Genaues Einrichten

Nach der Installation des Systems auf dem Schiff, wird dieses mit Theodoliten und Klinometern bezüglich der Schiffs-Hauptebene vermessen. Alle Abweichungen werden in der Software kompensiert. Ein von CONTRAVES patentiertes Verfahren /3/ erlaubt es, auf See ohne spezielle Messinstrumente die Einrichtung des Systems schnell und einfach zu überprüfen und evtl. zu verbessern.

Versuche auf Schiffen haben gezeigt, dass SEAGUARD die Genauigkeitsanforderungen mehr als erfüllt: Die im umfangreichen SEAGUARD-Simulationsmodell errechneten Treffwahrscheinlichkeiten wurden diesbezüglich verifiziert (Fig. 22 und 23).

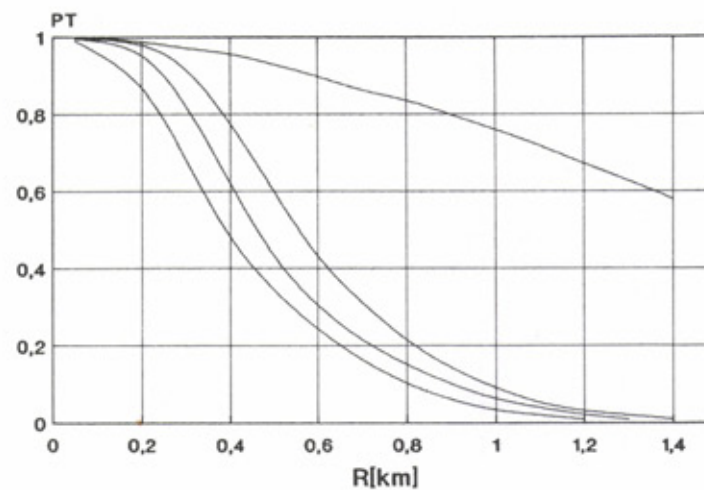


Fig. 22 Wahrscheinlichkeit mind. eines Treffers;
R = Distanz zum letztmöglichen Treffpunkt

Zielradius	-geschwindigkeit	Typ
50 cm	600 m/s	AS-6 Kingfish (oben)
25 cm	270 m/s	AS-9/12
30 cm	300 m/s	Maverick
25 cm	900 m/s	HARM (unten)

Feuerstosslänge: 1,6 s (1 SEA ZENITH)

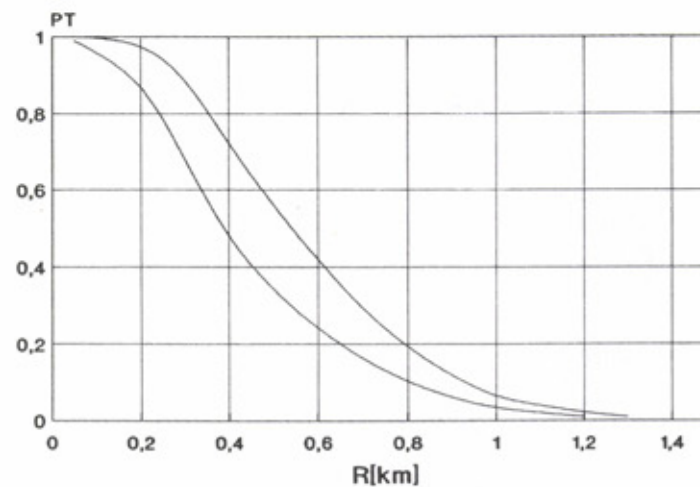


Fig. 23 Wahrscheinlichkeit mind. eines Treffers;
R = Distanz zum letztmöglichen Treffpunkt
Ziel: HARM (siehe Fig. 22)
Unten: Einsatz eines SEA ZENITH-Geschützes
Oben: Einsatz zweier SEA ZENITH-Geschütze

7-23

6.3 SCHIESSVERSUCHE

Im April 1988 führte der Kunde Schiessversuche mit dem an Bord einer MEKO 200T-Fregatte installierten SEAGUARD-CIWS durch (Fig. 24).

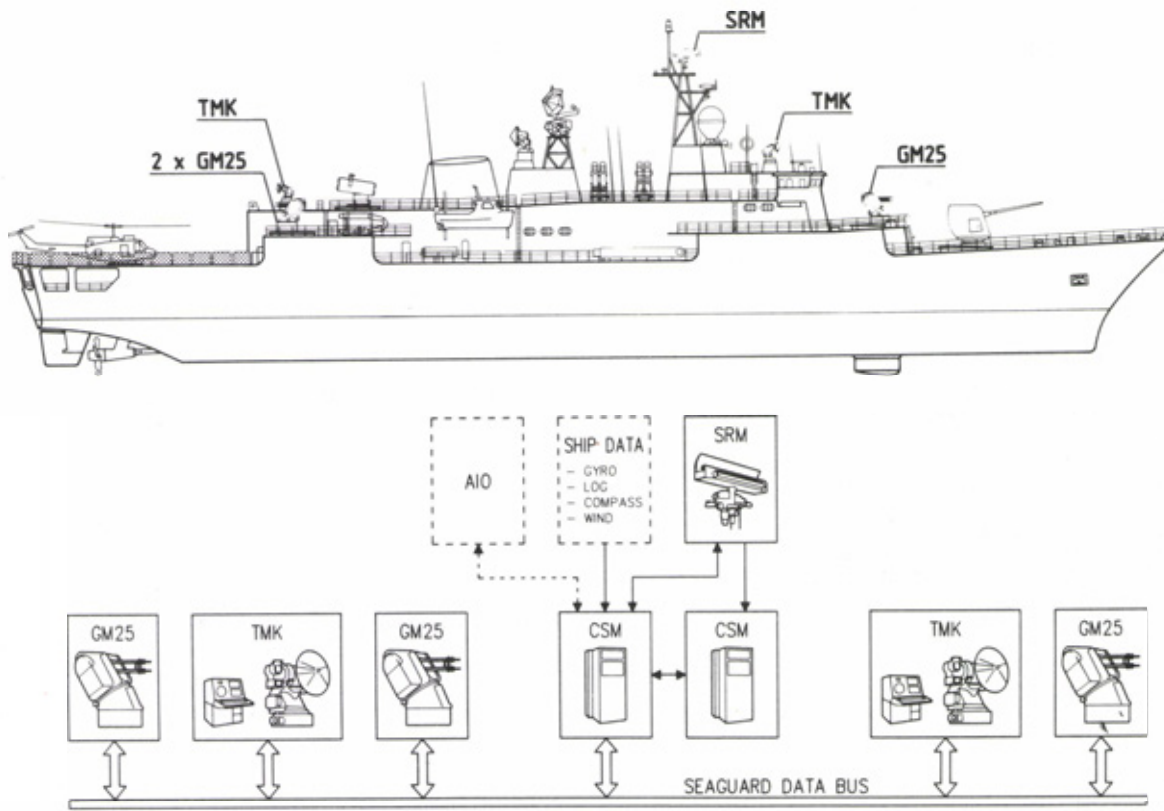


Fig. 24 SEAGUARD-Konfiguration an Bord der MEKO 200 T von Blohm & Voss

Zwei Schleppkörper standen zur Verfügung:

Hayes Durchmesser 23 cm
Länge 2 m
Passiver Flugkörper

Rushton Durchmesser 20 cm
Länge 3 m
Mit "Höhenhaltung"

Das SEAGUARD-CIWS arbeitete unter den normalen CIWS-Bedingungen: Bedrohungsanalyse, Einsatzbefehl und Feuersequenz erfolgten vollautomatisch.

Drei Zielflüge konnten durchgeführt werden:

1. Anflug

Schleppkörper: Hayes
Geschwindigkeit: 150 m/s
Höhe über Meer: 60 m
Schiffsgeschwindigkeit: 15 Knoten
Treffer: mehr als 3 zwischen 400 und 600 m
Zielverhalten: vernichtet, versank

7-24

2. Anflug

Schleppkörper: Rushton
 Geschwindigkeit: 160 m/s
 Höhe über Meer: 15 m
 Schiffsgeschwindigkeit: 15 Knoten
 Treffer: 3 (Miss-Distance-Indicator)
 Zielverhalten: beschädigt, konnte aber weiter eingesetzt werden (3. Anflug)

3. Anflug

Wie beim 2. Anflug
 Treffer: mehr als 2
 Zielverhalten: vernichtet, versank

"Et le combat cessa faute de combattants!"

7. SITEGUARD

In einem klassischen Konflikt werden gewisse Landobjekte wie Flugplätze, Radarstationen, Uebermittlungsknotenpunkte prioritäre Ziele eines ersten Angriffes darstellen.

Insbesondere werden Radarstationen mit Anti-Radar-Lenk Waffen bekämpft, welche sich ähnlich den Anti-Schiff-Lenk Waffen präsentieren:

- kleine Abmessungen
- hohe Geschwindigkeiten
- Horizontal- bis Sturzflug

Die Problemstellung ist also etwa die gleiche wie bei der Flugkörperabwehr auf einem Schiff.

Zwei wesentliche Unterschiede können aber festgestellt werden:

- Die "Landeplattform" ist stabil, die SITEGUARD-F Feuerleitung ist einfacher als von einem Schiff aus
- Das zu schützende Objekt - die Antenne der Radarstation - wird sich auf dem höchsten Punkt befinden: Der CIWS-Surchradar muss auf einem Mast installiert werden.

Sonst entspricht das SITEGUARD Konzept bezüglich Systemmodularität, automatischen Einsatz und Feuerdoktrin weitgehend demjenigen von SEAGUARD-CIWS.

8. BLICK IN DIE ZUKUNFT

Fig. 25 Die Fregatte NFR 90 (Nato Fregate Replacement)

Ob die oben abgebildete Fregatte gebaut wird, hängt vom politischen Willen der am NFR 90-Programm beteiligten Länder ab. Interessant in jedem Fall ist, dass diese Zeichnung, welche nicht von CONTRAVES stammt sondern von der NFR 90-Studiengruppe, SEAGUARD als CIWS zeigt!

7-25

LITERATURNACHWEIS

- /1/ Schenkel A.; Leuenberger I. 1978/1980
- /2/ Piccolruaz H. 9.8.1988
Zielverfolgungssystem
EP 0276454
- /3/ Toth P.; Schüepp P. 17.11.1988
Ausrichtverfahren für eine Feuerleiteinrichtung und
Feuerleiteinrichtung zur Durchführung des Verfahrens
WO 88/08952