

## Hoe de radar naar Hengelo kwam.

**In het volgende verhaal zullen we zien hoe in 1938 de radar in Nederland werd uitgevonden onafhankelijk en onbewust van de ontwikkeling in andere landen. Na de oorlog werden met behulp van kennis, opgedaan tijdens de oorlog, in ons land Hollandse Signaalapparaten en de Philips Telecommunicatie Industrie ingeschakeld voor de ontwikkeling en productie van radar apparatuur, niet alleen voor de Nederlandse strijdkrachten maar ook voor andere landen. Gedurende een halve eeuw hebben we hieraan gewerkt in Hengelo**

## Het begint met mijn jeugdijaren in Drente

Ik ben geboren op 3 november 1915, in een klein Drents dorpje genaamd Vries, als zoon en kleinzoon van de dorpssmid. (afb.1)

Omdat mijn vader naast het smidsbedrijf ook elektrische netten aanlegde, palen met de bovengrondse leidingen en grondkabels, vond hij dat ik maar elektrotechnisch ingenieur moest worden. Ik moest dus naar Delft, want in die tijd bestonden de UT en de Eindhovense Universiteit nog niet.

## De Delfse tijd

Eigelijk had ik graag dokter willen worden. Maar in 1934 was er een te veel aan medici en ik dacht, naar later bleek ten onrechte, dat je voor een studie medicijnen geen beurs zou krijgen. Studeren kostte toen relatief veel geld. Maar ik had geluk. Door mijn goed eindexamen kreeg ik een Rijksbeurs. Deze moest je later terugbetalen. De beurs was fl1000 per jaar. In Delft waren er toen destijds 17 studenten met een Rijksbeurs. Mijn financiële problemen waren opgelost, maar er was nog een probleem. Iedere jongeman moest in militaire dienst. Ik was goedgekeurd voor het leger maar helaas niet voor de marine want ik droeg een bril.

Ook in 1934 was het al mogelijk om uitstel van militaire dienst te krijgen als je ging studeren. Ieder jaar moest je een verzoek om uitstel sturen naar de minister.

De studie in Delft was interessant. De standaardstudie was; 2 jaar propedeuse, 2 jaar kandidaats en 1 jaar afstuderen tot ingenieur.

In de vakantie moest je gedurende een maand praktisch werken. Zo heb ik voor een dubbeltje per uur gewerkt in de staatsmijnen, ondergronds.

Een van mijn professoren was jhr.prof.dr. Elias. Hij doceerde theoretische elektriciteitsleer, de z.g. theorie van Maxwell en “niet lineaire verschijnselen”.

Ik heb er later veel profijt van gehad.

In mei 1939 ben ik cum laude afgestudeerd bij prof Huijds, op de ontwikkeling van een z.g. *logaritmische versterker*. Daarna moest ik in militaire dienst, ogenblikkelijk en direct, het was de tijd van de nazi's in Duitsland en van Mussert met zijn NSB in Nederland.

## De oorlogsjaren

Er gebeurden in Duitsland al de afgrijselijkste dingen, vooral gericht tegen de Joden. Maar onze kranten vertelden er weinig over, dat Duitsland ons zou kunnen aanvallen leek ondenkbaar.

Onze militaire leiding was, onder de druk van de dreigingen uit het Oosten, bezig om de verdediging van Nederland te versterken. Een onderdeel hiervan was dat pas afgestudeerde ingenieurs die in militaire dienst moesten worden geplaatst bij fabrieken en laboratoria. Ze kregen de titel; aspirant reserveofficier voor speciale diensten. Zo werd ik geplaatst bij het Fysisch laboratorium in Den Haag en werd fl 214 per maand betaald.

### **Fysisch Laboratorium Den Haag**

In 1926 ontstond er een gerucht dat Duitsland een “dodende straal” had ontwikkeld. Als je die straal richtte op een vliegtuig dan stopte de motor en viel het vliegtuig naar beneden. Deze geruchten waren zo hardnekkig dat er door de Tweede Kamer vragen werden gesteld aan de Minister van Oorlog. De minister benoemde een commissie. Deze commissie stond onder voorzitterschap van mijn oud professor Elias. De commissie kwam snel met een antwoord” “Het bestaan van een dodende straal is onzin maar het oprichten van een laboratorium voor natuurkundige ontwikkelingen ten bate van de strijdkrachten wordt aanbevolen”. De aanbeveling van de commissie werd direct uitgevoerd. In de Waalsdorpervlakte werden enkele houten gebouwtjes neergezet en onder leiding van ir. Van Soest startte het laboratorium in 1926. Toen ik in 1939 bij dit laboratorium werd gedetacheerd waren er naast ir. Van Soest nog twee ingenieurs, jhr. Ir. J.L.W.C. von Weiler en ir. S. Gratema, (afb. 6)

### **Luisterapparatuur**

Wat had dit laboratorium nu gedaan in de 13 jaar van zijn bestaan? In de twintiger jaren werden de militairen zich bewust van de toenemende dreiging vanuit de lucht. Men wilde natuurlijk vijandelijke vliegtuigen kunnen neerschieten. Je moet ze dan wel eerst ontdekken, zowel overdag als s’ nachts en daarna kun je ze met geschut bestoken. Hoe ontdek je vliegtuigen? Daarvoor heb je extra ogen en oren nodig. Twee grote parabolische oorschelpen, afb. 3 dienden om het geluid beter op te vangen.

Het Nederlandse leger en ook andere legers hadden in die tijd al speciale luisterapparatuur. Het nadeel hiervan was dat je altijd luisterde in een richting die achter het vliegtuig lag, want het vliegtuig verplaatst zich gedurende de tijd die het geluid nodig heeft om de luisteraar te bereiken. Om ’s nachts het vliegtuig te kunnen zien beschikten legers over grote schijnwerpers of zoeklichten. Je moest er inderdaad mee zoeken want het was niet gemakkelijk om een vliegtuig in je lichtbundel te krijgen. Voor de Twentenaren is het interessant om te weten dat er hier een firma bestond, NEDALO (Nederlandse Apparatenfabriek Lonneker). Deze firma was opgericht door Siemens & Halske en in Hengelo heeft ze een vestiging gehad aan de Parallelweg hoek Twekkelerweg. Ze maakten grote parabolische spiegels. In het brandput was een koolspitslamp gemonteerd en zo kon je een felle lichtbundel maken. Maar je moest er wel mee zoeken!

Van Soest had een apparaat ontwikkeld waarmee je het vlak waarin het vliegtuig zich bewoog kom vaststellen aan de hand van metingen met het luistertoestel. In dit vlak moest je dan zoeken met de schijnwerper. Als je het vliegtuig zag, dan moest je de richting, de elevatie (vlieghoek), de afstand en de snelheid van het vliegtuig meten.

Daaruit kon je dan berekenen hoe ver je voor het vliegtuig moest schieten om het vliegtuig te raken, afb.7.

He hele systeem bestond dus uit vier elementen:

1. een luisterapparaat
2. een zoeklicht
3. een rekenapparaat (vuurleiding)
4. een geschut

Het geheel werd gevoed met elektriciteit uit dieselgeneratoren.

De vuurleidingapparatuur werd ook gemaakt in Twente en wel bij N.V Hazemeijer Signaalapparaten in Hengelo. Het is uitgerust met een optische afstandmeter gemaakt door NEDINSCO(Nederlandse Instrumenten Co) uit Venlo. Ook Nedinsco was na de eerst wereldoorlog opgericht door een Duitse firma, Carl Zeiss uit Jena.

### **N.V.Hazemeijer Signaalapparaten**

N.V. Hazemeijer Signaalapparaten werd in 1921 opgericht door de firma Hazemeyer uit Hengelo en de firma Siemens uit Berlijn. Dit gebeurde op verzoek van de Nederlandse Marine.

De Marine wilde de vloot moderniseren en had daarvoor behoefte aan moderne geschutvuurleiding. (afb 8). De Duitse apparatuur was het beste. Duitsland mocht echter niet leveren door de bepalingen van de Vrede van Versailles. Hazemeijer beleefde in die dagen een moeilijke tijd en was blij om op deze wijze werk binnen te kunnen halen.

### **Yagi-antenne**

Het Nederlandse leger had nog een andere belangrijke opdracht gegeven. Wanneer je met veldgeschut schiet op grote afstanden, zeg 20km, dan kun je op afstand niet goed waarnemen of je de vijand wel raakt. Neem echter een aangewezen vrijwilliger en stuur die tot vlak bij de vijand. Als hij ziet dat je granaat bijvoorbeeld 250m rechts van de vijand neer komt, dan moet je geschut ongeveer een graad naar links draaien. Die boodschap kun je echter niet per post versturen.

Wat je dan nodig hebt is een walkie talkie. Omstreeks 1930 kon je die apparaten niet in de winkel kopen.

Von Weiler en Gratema hebben toendertijd zo'n apparaat ontwikkeld. Een model is te zien in het Techniekmuseum HEIM in Hengelo.

Dit apparaat werkt met radiogolven van 1,40m. Voor die tijd waren dit erg korte golven maar dat was nodig want je moest de boodschap naar achteren doorsturen zonder dat de vijand mee kon luisteren. De zender/ontvanger was uitgerust met een speciale antenne, een z.g. Yagi-antenne, zoals we die tegenwoordig van de televisie kennen.

Een man kon het gehele apparaat met de benodigde accu's meenemen op z'n fiets. Er zijn een redelijk aantal van deze apparaten gefabriceerd.

Nu deed zich een voor die tijd onbekend fenomeen voor. De Waalsdorpervlakte ligt vlak bij het strand en er vlogen soms veel meeuwen. De verbinding tussen zender en ontvanger werd daardoor soms gestoord. Von Weiler en Gratema voerden een proef uit. Een zender werd opgesteld aan het strand bij Scheveningen en de ontvanger stond bij het laboratorium in de Waalsdorpervlakte, achter de duinen.

Normaal was er geen verbinding mogelijk, maar toen men een vliegtuig over de duinenrij liet vliegen was er weer ontvangst als het vliegtuig zich tussen zender en ontvanger bevond. (afb 10)

### **Philips Eindhoven**

Wat gebeurde er omstreeks 1937 nog meer op het gebied van radar. Mijn naamgenoot, ir. Staal werkende bij Philips in Eindhoven was bezig met een prototype radar. Deze ontwikkeling werd betaald door de Koninklijke marine.

De aanleiding voor deze ontwikkeling kwam uit een geheel andere hoek. Ir. Posthumus van het Philips Natuurkundig Laboratorium had een heel speciale zendbuis ontwikkeld, de split anode magnetron. Voor die tijd, omstreeks 1935, was dat iets heel bijzonders. Het nieuwe was dat er hele korte golven mee konden opgewekt. Wat wilde Philips hiermee? Men wilde een communicatiesysteem maken bestaande uit een zendparabool aan de ene kant en een ontvang parabool aan de andere kant. Het geheel werkte met golven van 15 cm.

Het lukte om tussen Eindhoven en Breda en tussen Eindhoven en Nijmegen een z.g. straalverbinding tot stand te brengen.

Op het dak van het laboratorium in Eindhoven lukte het om met behulp van een vlakke plaat met een opstelling volgen afb.11 een verbinding tot stand te brengen tussen twee naast elkaar opgestelde parabolen. Het ligt voor de hand om de plaat te vervangen door een schip en dan heb je dus een middel om zo'n schip op te sporen. Met twee grote parabolen werd op Texel een proefopstelling gemaakt. Het is nooit gelukt om op deze manier een radar te ontwikkelen.

### **Radiostralen**

Von Weiler en Gratema begonnen te werken aan een methode om radiostralen te gebruiken om vliegtuigen te ontdekken.

In deze tijd, midden dertiger jaren, begonnen elektronenbuizen, zowel ontvang-als zendbuizen, voor korte golven op de markt te komen. Ze kozen een golflengte van 70 cm, waarbij ze gebruik maakten van een speciaal soort zendbuizen–appelbuizen genoemd, afgeleid van de vorm en de afmetingen,

Er bestaan helaas geen exemplaren meer van deze buizen. We moeten tevreden zijn met de bijgevoegde afbeelding van een buis die in 1940 werd ontwikkeld, afgeleid van het door hen gebruikte type, afb 12.

De kunst om hele korte golven op te wekken werd o.a. bepaald door de lengte en de dikte van de toevoerdraden naar de elektroden in de buis. Met deze buizen kon een zender worden gemaakt met een piekvermogen van 1kW gedurende een hele korte tijd.

Er werd een impuls uitgezonden met een frequentie van 400MHz, een pulslengte van enige micro-seconden, 10.000 keer per seconde. Deze zendpuls werd via twee parallelle draden (een Lecherleiding) naar een antenne gevoerd en vervolgens uitgezonden.

De antenne was vrij groot, ca. 3m horizontaal en 3m verticaal en opgebouwd uit dipolen. We zien deze dipolen nu nog bij televisieantennes en net als tegenwoordig waren ze gemonteerd voor een metalen gaaswerk.

Het resultaat was dat er een kegelvormige stralenbundel werd uitgezonden met een openingshoek van ongeveer 15 graden.

Als een vliegtuig zich in deze stralenbundel bevond dan werd er energie in alle richtingen teruggekaatst door het vliegtuig. Er wordt dus ook energie teruggekaatst in de richting van de antenne.

Als snel de zendantenne wordt omgeschakeld tot ontvangantenne, kan de teruggekaatste energie worden ontvangen. Door de tijd te meten tussen uitzenden en ontvangen kan de afstand worden bepaald. Nu kan geen mens in 1 microseconde schakelen. Daarvoor werd dan ook een elektronische oplossing gevonden (snelle schakelaar).

De uitgezonden impuls en de ontvangen impuls, echo, werden zichtbaar gemaakt op een kathodestraalbuis. Op deze kathodestraalbuis werd een cirkelvormige afbeelding weergegeven die werd geschreven door een lichtpuntje dat ook 10.000 keer per seconde ronddraaide. Boven in die cirkel werd de zendpuls afgebeeld en ergens langs de cirkel werd, afhankelijk van de afstand, de ontvangpuls weergegeven. Met een goniometer kon met grote nauwkeurigheid het faseverschil worden gemeten. Op deze wijze werd de afstand bepaald.

Het schema in afb. 15 laat het principe zien van deze werkwijze.

In 1938 was het eerste laboratoriummodel volgens dit principe gereed. Met behulp van fietspedalen kon de antenne worden rondgedraaid. Via een hefboom kon de elevatie met de hand worden ingesteld. Een verkleind model staat in de Signaal zaal van het Techniekmuseum HEIM (afb. 16)

Toen het laboratoriummodel gereed was moesten er natuurlijk demonstraties worden gegeven. Er kwam een generaal, vergezeld van officieren. Hij arriveerde in een auto, maar droeg nog wel sporen. De demonstratie voor de generaal verliep uitstekend. Er was een vliegtuig besteld dat tijdig werd opgepikt en gevolgd met behulp van de radar. De technici waren zeer enthousiast maar de generaal was minder onder de indruk. Zijn eerste vraag was: "kan ik een emmer water in dit apparaat gooien?" Dat kon dus niet, net zo min als je water in een radio mag gooien. Toen wou de generaal er een emmer zand in gooien. Dat mocht echter ook niet. Daarna wou hij weten of iedere boer dit apparaat zou kunnen bedienen. Toen we zeiden dat een korte opleiding gewenst was, was zijn conclusie: "dan is dit apparaat militair onbruikbaar". Voor die tijd had de generaal wel gelijk. Ontwikkelingsmensen hebben weinig begrip voor de moeilijke condities waarin de apparatuur moest worden gebruikt.

Enige tijd later kregen we bezoek van Prins Bernhard.

Jhr. Prof. Dr. G.J. Elias, afb. 17, was nog steeds voorzitter van de commissie belast met het toezicht op het Fysisch laboratorium. Hij kwam hoogst persoonlijk om ons duidelijk te maken dat de prins moest worden aangesproken met "Koninklijke Hoogheid". Toen de prins kwam was er een dichte mist. Er kon dus geen demonstratievliegtuig komen. We demonstreerden daarom door om kerktorens te meten. "Je kunt katholieke kerken

zeker beter zien dan protestantse” vroeg de prins. “Waarom denkt U dat, Koninklijke Hoogheid” “Nou, katholieke kerken hebben een groot metalen kruis boven op de toren. Het was ons nog niet opgevallen!

### **Tien prototypes**

In 1939 kwam ik dus bij het Fysisch laboratorium. De beslissing om 10 prototypes te maken was toen al genomen. De productie moest door mij worden georganiseerd. Ik was net enkele weken klaar voor ingenieur. Gelukkig waren er nog een aantal jonge ingenieurs gedetacheerd bij het laboratorium, o.a. ir. Toxopeus, later research coördinator bij Shell.

Om de productie geheim te houden was de fabricage verdeeld over 3 bedrijven en 2 laboratoria. Maar dat maakte de zaak er niet eenvoudiger op. Een van de fabrieken was Van Heyst, later fabrikant van radiatoren.

De laboratoria van de Universiteit in Leiden en de T.H.in Delft waren ingeschakeld voor respectievelijk de fabricage van de zender en de ontvanger.

Een van de dingen die mij al snel duidelijk werd, was, als je een laboratoriummodel hebt dan heb je nog lang geen fabricagerijp product. Met vereende inspanning hadden we toch op de dag van de Duitse inval in Nederland 4 toestellen gereed. De radartoestellen stonden opgesteld in een houten barak (afb.6). Hier konden we goed meten, want de straling ging wel door de houten wanden heen. De houten keet was bestemd als bescherming tegen slecht weer en tegen nieuwsgierige blikken. Op de foto ziet men ook militairen in uniform. Dat waren ingenieurs die in verband met de mobilisatie weer in militaire dienst waren geroepen.

### **De Duitse inval**

Van de 4 toestellen die we gereed hadden hebben we op de dag van de Duitse invasie 1 toestel geïnstalleerd op de Maliebaan in Den Haag. Het toestel werkte goed, maar omdat we geen kanonnen hadden om op de Duitse vliegtuigen te schieten was het resultaat voor ons erg frustrerend. Om te laten zien hoe weinig wij in een mogelijke oorlog met Duitsland geloofden moet ik iets vertellen over mijn persoonlijke ervaring.

Mijn ouders vierden een feestje en ik had verlof gevraagd en zonder meer gekregen om naar Vries in het noorden van Drenthe te gaan. Toen de Duitsers Nederland op 10 mei 1940 binnenvielen, was ik dus in Vries. Daar werd ik om 4 uur 's morgens gewekt door mijn vader met de mededeling: "we zijn in oorlog met Duitsland". Ik wilde natuurlijk ogenblikkelijk terug naar Den Haag, naar het Fysisch laboratorium. Ik ging terug op mijn motorfiets, maar wel via de Afsluitdijk.

Achteraf bleek dat de IJsselbrug bij Zwolle al vroegtijdig was opgeblazen. Bij de Afsluitdijk lag een bataljon Nederlandse soldaten onder leiding van een Friese kapitein. "Let se mer komme" zei hij. Merkwaardig genoeg hebben de Duitsers daar geen succes geboekt. Volgens de geruchten hebben ze hier behoorlijke verliezen geleden.

*Hr.Ms. "John Maurits van Nassau"*, een kanonneerboot, nam vanuit zee met haar 15cm geschut de Duitsers onder vuur. Over de afsluitdijk en door de kop van Noord-Holland ben ik naar Den Haag gereden.

Dat was een dramatische tocht want op vele plaatsen zag je brandende Duitse vliegtuigen.

## 14 mei 1940

In Den Haag hebben we een radartoestel in bedrijf gesteld. Op de laatste dag van de strijd met Duitsland, op 14 mei 1940 werd ik alweer om 4 uur 's morgens gewekt, nu door Von Weiler met de vraag: "ga je mee naar Engeland?" Ik vroeg een paar paar dagen om alles te regelen. Volgende vraag van Von Weiler: "als ik over 10 minuten terug ben, ben je dan klaar?" En zo reden we om 4:30 uur naar de haven van Scheveningen. In Scheveningen werden we opgewacht door de Engelse admiraal, Sir Charles Dickens, achterkleinzoon van de beroemde Engelse schrijver.

De admiraal was de marineattaché en de Engelse marine stuurde een torpedobootjager om de admiraal op te halen. Von Weiler en ik mochten met hem mee.

De admiraal wou met een bootje de haven uitvaren en op zee wachten op de komst van het oorlogsschip, *HM "Malcolm"*. De Nederlandse kapitein, die belast was met de leiding van de haven, vond dat een dom idee, want alle schepen die naar buiten voeren werden door Duitse vliegtuigen gemित्रailleerd. Toen de kapitein mij had uitgelegd wat mitrilleren betekende leek het mij ook erg ongezond om naar buiten te varen. Gelukkig was mijn Engels goed genoeg om de admiraal hiervan te overtuigen. We voeren pas uit toen het Engelse oorlogsschip dichtbij was. Er kwam inderdaad een Duits vliegtuig op ons af, maar bleef wel uit de buurt, want de *Malcolm* opende een levendig kanonvuur.

De *Malcolm* voer langs de kust naar Hoek van Holland. Bij Katwijk lagen Duitse zweefvliegtuigen op het strand die door de *Malcolm* en passant in brand werden gestoken. In Hoek van Holland was het een grote chaos. Alle olietanks stonden in brand. Er moest worden overgestapt op een ander Engels oorlogsschip, de "*Wessex*". Toen we de haven uitvoeren werden we opnieuw aangevallen door een Duits vliegtuig. Deze keer kwam het vliegtuig uit de richting van de zon zodat het pas laat werd opgemerkt. De eerste bom viel vlak bij het schip en veroorzaakte een kleine schade. Bij de volgende aanval was de Engelse commandant klaar wakker. Hij wachtte tot het vliegtuig een bom afwierp en gaf dan pas bevel, stuurboord of bakboord. Daardoor vielen alle bommen tientallen meters naast het schip zonder schade te veroorzaken. Zo kwamen we dus ongedeerd aan in Engeland.

In Dover nam admiraal Dickens ons onder zijn hoede en we werden na een ondervraging naar Londen gestuurd. Daar had zich een staf van Nederlandse officieren verzameld, onder leiding van admiraal Furstner. Door zijn toedoen werden Von Weiler en ik geplaatst bij HM Signal School.

### HM Signal School

HM Signal School was een onderzoekinstelling van de Engelse marine, waar o.a. radioapparatuur werd ontwikkeld. Daarnaast hield men zich bezig met de ontwikkeling van radar apparatuur voor de Engelse marine en daaraan konden wij dus ons steentje bijdragen.

Ik wil nog even teruggaan naar Nederland. Mijn naamgenoot, ir.C.H.J.A. Staal en werkzaam bij Philips, was door gebrek aan geschikte componenten er niet in geslaagd om een goedwerkende radar te maken voor de Nederlandse marine.

Dit was de reden dat pas in april 1940 de Nederlandse marine kwam kijken naar de radar die was ontwikkeld door Von Weiler en Gratema. Deze radar was ontwikkeld in opdracht van en op aanwijzingen van de Nederlandse landmacht en dat verklaart wellicht waarom het zolang heeft geduurd voordat de marine kennis kwam nemen van deze radar. De marine officieren waren zo onder de indruk dat werd besloten een proefinstallatie te gaan installeren aan boord van *Hr.MS. Sumatra*. Dit zou gebeuren om 10 mei 1940 maar helaas hadden de Duitsers voor die dag andere plannen met Nederland. Het heeft echter wel betekent dat de marine er voor heeft gezorgd dat Von Weiler en ik mee mochten met de admiraal Charles Dickens.

In Engeland zijn Von Weiler en ik eerst onderworpen aan een soort kruisverhoor door Engelse wetenschappers. De Engelsen waren verbaasd, maar ook ietwat jaloers dat wij in Nederland een goedwerkende radar hadden ontwikkeld. Ze waren ook verbaasd dat wij een aantal verbeteringen hadden verzonnen die de Engelsen nog niet hadden. De Engelse radars hadden 2 antennes, 1 voor het zenden en 1 voor het ontvangen. Het is voordelig om maar 1 antenne te gebruiken want er is altijd plaatsgebrek aan boord van oorlogsschepen.

In Nederland werd door de militairen gezocht naar een beter middel om vliegtuigen vroegtijdig te kunnen ontdekken, een beter middel dan luisterapparaten. Om vijandelijke vliegtuigen te kunnen beschieten, moesten ze op een afstand van ca. 20 km worden opgemerkt. In Engeland was er een heel andere stimulans. Men was bang dat vijandelijke vliegtuigen, komende over de Noordzee, Engeland zouden gaan bombarderen.

Al in 1936 kreeg de Engelse geleerde Watson Watt opdracht van de luchtmacht om een dodende straal te ontwikkelen. Het antwoord van Watson Watt was veel realistischer. Hij stelde voor om radiogolven te gaan gebruiken voor de detectie van vliegtuigen. In het begin gebruikte hij radiogolven van 15m lengte. Er bestonden toen al kortegolfzenders voor radioverbindingen. Het vermogen van deze zenders was erg groot, enkele honderden kW. Door ook nog lange impulsen te kiezen had zo'n zender ongeveer 10.000 keer meer vermogen dan de radarzenders die we in Nederland gebruikten. Nu is het afstandbereik van een radar evenredig met de 4<sup>de</sup> machtswortel uit het vermogen. Dat betekende dus een 10-voudige vergroting van de afstand.

De antennes bestonden uit grote vaste opstellingen van 10-tallen meters lengte zoals weergegeven in afb. 18.

De Nederlandse radar had een bereik van ongeveer 20 km, de Engelse radars konden dus honderden kilometers ver kijken en dat was genoeg om de Duitse vliegtuigen vroegtijdig te ontdekken. Langs de Engelse kusten stond een keten van deze radars opgesteld, telkens bestaande uit een zend-en ontvang-antenne.

De waargenomen vliegtuigen verschenen als vlekjes op kathodestraalbuizen en werden vervolgens weergegeven door houten blokjes op grote tafels. De blokjes stelden de



posities van de vliegtuigen voor. De eigen vliegtuigen konden op dezelfde manier worden weergegeven en dit systeem zorgde ervoor dat de Engelse jachtvliegtuigen de vijandelijke vliegtuigen efficiënt konden onderscheppen. In het begin was het voor de Duitsers onbegrijpelijk dat hun luchtaanvallen al op grote afstand werden onderschept.

Voor het begin van de oorlog hadden de Duitsers een luchtschip volgeladen met elektronische zoekapparatuur langs de Engelse kust laten vliegen en hun conclusie was dat de Engelsen niet over radar beschikten.

De Duitsers zochten op een verkeerde frequentieband en kwamen daardoor tot verkeerde conclusies. De Engelse radars werkten aanvankelijk met langere golflengtes dan andere landen. Voor deze langere golflengtes waren geschikte componenten aanwezig. Dit stelde de Engelsen in staat om de rest van de wereld enige jaren voor te zijn en de noodzaak tot zelfverdediging vormde een extra aansporing. Wat deden andere landen voor de oorlog op gebied van radar?

### **Wurzburg**

Duitsland had ontwikkelingen werkende op golflengtes van 1 a 2 m. Later zijn ook toestellen ontwikkeld met 50cm golflengte. Deze toestellen stonden ook opgesteld in Nederland. Ze werkten met grote parabolische antennes. De ontwikkelingen met metergolven werden in Duitsland min of meer onafhankelijk gedaan door de 3 krijgsmachten.

Ook hier was sprake van een grote rivaliteit en er was nauwelijks enige samenwerking. Bovendien dacht de militaire leiding in Duitsland aanvankelijk dat de oorlog toch al gewonnen was en kregen deze ontwikkelingen geen grote prioriteit. Een van de eerste Duitse waarschuwingsradars kreeg de mythologische naam "Freya", genoemd naar de Noorse godin.(afb 19)

De vuurleidingradar werkte met 50cm golflengte en werd aangeduid met de naam "Wurzburg" afb 20. Van dit type zijn er vele gefabriceerd en ze waren tijdens de oorlog ook opgesteld in Nederland.

De Fransen hadden een radar ontwikkeld om ijsbergen te detecteren. Dit toestel was geïnstalleerd op het *SS Normandie*. Het was geen geavanceerd type.

De Russen, vreemd genoeg, hadden in Leningrad een radar ontwikkeld die leek op de Duitse ontwikkelingen. In die tijd heeft Stalin veel mensen, waaronder ook wetenschappers, geëlimineerd waardoor de Russische ontwikkeling tot stilstand kwam. Ik heb enkele jaren geleden gesproken met een Russische wetenschapper die het had overleefd. Hij wilde nog steeds niet over deze periode spreken.

Merkwaardig genoeg hadden ook de Japanners een radarontwikkeling die echter niet veel te betekenen had.

De Amerikanen deden onderzoeken aan geïoniseerde luchtlagen in de atmosfeer volgens het principe radar. Toen de Amerikanen in de oorlog werden betrokken, hebben ze met hulp van de Engelsen in een razend tempo hun achterstand omgezet in een voorstand.

We mogen dus constateren dat Von Weiler (afb 21) en Gratema (22) in het internationale koor van radarontwikkelaars van voor de oorlog een prestatie van formaat hebben geleverd.

Toen Von Weiler en ik aankwamen in Engeland werden we volledig geaccepteerd door de Engelse wetenschappers. Bij HM Signal School in Portsmouth was een ontwikkeling gaande van een vuurleidingradar voor gebruik aan boord van oorlogsschepen, werkende met 50cm golflente. Een schip heeft kanonnen die worden bestuurd door een combinatie van richttoestellen en vuurleidingen. De zwakke punten van zo'n systeem waren dat er 's nachts niets kon worden gezien en dat de afstandmeting onnauwkeurig en schoksgewijs plaats vindt. Op deze richttoestellen moesten dus radarantennes worden geplaatst. Aan de ontwikkeling van deze antennes heb ik mogen meewerken.

Van de 4 radars die in Nederland voor de oorlog gereed waren gekomen waren er op het laatste nippertje 2 verscheept naar Engeland. Een van de radars hebben we gekannibaliseerd. En de laatste hebben Von Weiler en ik gebouwd op een richttoestel van de Nederlandse torpedobootjager, *Hr. Ms. Isaac Sweers* (afb.23)

Nu was dit niet zo maar een richttoestel. Het was een combinatie van een richttoestel met een gestabiliseerd kanon en een ingebouwde vuurleiding. Deze combinatie was gebouwd door Hazemeijer Signaalapparaten uit Hengelo in samenwerking met de fabrikant van het geschut, de Zweedse firma Bofors. Het systeem was gebouwd in opdracht van en in samenwerking met de Nederlandse Marine (afb 24). Deze combinatie werd voorzien van de Nederlandse radar, waarbij de zend-en ontvangapparatuur benedendeks werd opgesteld.

Het richttoestel werd voorzien van een in Engeland gebouwde Yagi-antenne. Voor die tijd was dit een unieke combinatie en de eerste van zijn soort in de wereld.

### **J.J.A.Schagen van Leeuwen**

Het Nederlandse directielid van Hazemeijer Signaalapparaten, de heer J.J.A. Schagen van Leeuwen,afb 25, was er in geslaagd op de fiets vanuit Hengelo aan de Duitsers te ontsnappen en vervolgens naar Engeland te varen. Hij beschikte over tekeningen die zelfs voor een deel uit Nederlands-Indie waren gekomen. Daardoor kon het geschut in Amerika worden nagebouwd, terwijl de vuurleiding en het richttoestel in Engeland zijn nagebouwd. Helaas is het slecht afgelopen met dit eerste gecombineerde radarvuurleidingssysteem.

De *Hr.Ms Isaac Sweers* maakte zijn eerste reis deel uit van een konvooibeschermt in de Middellandse zee. Dichtbij Gibraltar was een Italiaans koopvaardijchip tot zinken gebracht en de overlevenden werden door de *Isaac Sweers* naar Gibraltar gebracht. Op de terugweg voer de *Isaac Sweers* met grote snelheid om het konvooi weer in te halen, maar werd getorpedeerd door een Italiaanse onderzeeboot. Er waren helaas weinig overlevenden. Of de *Isaac Sweers* nog heeft gewerkt met het nieuwe wapensysteem en met welk resultaat is nooit bekend geworden.

Kort na onze aankomst in Engeland ontmoetten Von Weiler en ik de heer Schagen van Leeuwen. Die begreep direct het grote belang van radar voor luchtdoelvuurleidingen. Hij bood mij een baan aan bij Hazemeijer Signaalapparaten zo gauw de oorlog voorbij zou zijn. Men dacht toen eerder in termen van maanden dan in een periode van 5 jaar. Naast mijn werk aan antennes en het inbouwen van de bovengenoemde radar op de *Isaac Sweers* heb ik ook nog gewerkt aan “radar-jammers”, om de inmiddels met radar uitgeruste Duitse oorlogsschepen te storen.

### **Nederlands-Indie**

Ofschoon Nederland bezet was door de Duitsers was Nederlands-Indie nog vrij. De Nederlandse Marine had daar een vrij belangrijke vloot. Ik dacht dat het in verband met de Japanse dreiging nuttig zou zijn om de Nederlandse schepen aldaar te gaan voorzien van een radar. De radar productie in Engeland overtrof de installatiecapaciteit en daardoor kon men wel radarapparatuur ter beschikking stellen van een bondgenoot. De staf van de Nederlandse Marine was gevestigd in Londen onder leiding van admiraal Fuerstner.

Medio 1941 bracht ik een idee onder de aandacht van de admiraal. Hij vond het een goed idee maar wilde er over nadenken. Enige maanden later sprak ik hem opnieuw. Hij dacht nog na. Eind november 1941 vroeg ik of hij was uitgedacht. De admiraal zei dus dat ik ongeduldig was en hij was van mening dat er geen oorlog met Japan zou komen. Enige weken later vielen de Japanners Pearl Harbour aan en was de oorlog met Japan een feit. Toen moest ik onmiddellijk naar Nederlands-Indie vertrekken. Ik maakte de admiraal weer kwaad om te zeggen dat het nu wel te laat zou zijn.

Ik moest via Lissabon naar Singapore vliegen. Maar dat ging niet door want de Portugezen waren kwaad op ons omdat we Oost-Timor hadden bezet. Daarom ging ik begin januari 1942 aan boord aan het onderzeeboot-moederschip, *Hr.Ms. Columbia* op weg naar Nederlands-Indie (afb 26). Dat was achteraf maar goed ook, want de toegezegde radarapparatuur lag nog in een magazijn in Glossop, een plaats buiten Manchester. Door het uitstel had ik tijd om de radarapparatuur aan boord van de *Columbia* te krijgen. We vertrokken in konvooi en de route liep via Kaapstad. Toen we in Kaapstad aankwamen waren de Japanners Nederlands-Indie al binnengevallen, de oorlog tegen Japan verliep rampzalig. Bij de slag in de Javazee verloren we een groot deel van onze vloot waardoor de militaire situatie onhoudbaar werd. Slechts enkele schepen wisten te ontsnappen, zoals *Hr.Ms. Tromp* alsmede vliegtuigen van de Marine Luchtvaart Dienst, de z.g. Catalina's. Onze nieuwe bestemming werd nu Ceylon (Sri-Lanka).

### **Ceylon**

De Nederlandse admiraal Helfrich, afb 27, had zich teruggetrokken uit het toenmalige Nederlands-Indie en zich met een kleine Marinestaf gevestigd in Colombo, de hoofdstad van Ceylon. Bij aankomst in Colombo meldde ik mij bij admiraal Helfrich. Die wist niet was hij met me aan moest, hij nog nooit gehoord van radar.

Dit is eigenlijk verbazingwekkend dat de admiraal, met de titel B.S.O. (Bevelhebber Strijdkrachten Oost) niets van radar wist, als je dan bedenkt dat wij in 1939 in Nederland al een goedwerkende radar hadden. Toen ik hem had uitgelegd hoe radar werkte deed hij een uitvinding. Hij zei dat ik het vermogen van zo'n radar moest opvoeren want dan had je een dodende straal. Gelukkig kon ik hem duidelijk maken dat je dan het vermogen van zo'n radar miljoenen malen groter zou moeten maken en dat de hele elektriciteitsproductie van Ceylon niet voldoende zou zijn om die radar te voeden.

De militaire commandant van het eiland was een Engelse air-vice-marshall. De militaire positie van het eiland met aan de overkant van de Golf van Bengalen Singapore, Maleisie en Nederlands-Indie en alles in Japanse handen was twijfelachtig en de militaire commandant was verrukt dat er plotseling een waarschuwingsschip voor lange afstanden was aangekomen in een Nederlands bevoorradingschip. Die radar was oorspronkelijk bestemd voor de bescherming van Nederlands-Indie maar kwam nu goed van pas op Ceylon. Bovendien hadden de Nederlanders ook nog 3 technici die de radar konden installeren. Ik was namelijk naar Java gestuurd met de luitenant ter zee (Ltz.) Riethof en sergeant Smit.

Alles verliep toen bijzonder snel. Ik kreeg een aantal grote vrachtauto's toegewezen, een tiental Engelsen en 60 Australische "Sappers" ( wij noemden ze geniesoldaten).

De Engelse staf had een hoge heuvel uitgezocht in het Zuiden van Ceylon vlakbij een stadje genaamd, Galle. Op de heuvel van Bona Vista stond een groot stenen gebouw in gebruik als katholieke meisjesschool (afb 28). De meisjesschool was ontruimd volgens de Engelse staf dus wij konden in die school trekken. Na 3 uur rijden vanuit Colombo kwamen we boven op de heuvel aan. De meisjesschool was helemaal niet verlaten. De leiding van de school bestond uit religieuzen en ze hadden geen transport kunnen krijgen. Bij het zien van al die mannen liepen de nonnen zenuwachtig heen en weer. Nu waren de leerlingen meisjes van zo'n 15 a 16 jaar en ze toonden meteen interesse in onze Australische Sappers. Die interesse was wederzijds maar ik bood de Sappers een biertje aan in het Grand Oriental Hotel en tegen de tijd dat ze weer in Bona Vista kwamen hadden onze Engelse chauffeurs de hele school ontruimd en konden we beginnen met de installatie.

De Australiers bouwden een 30 meter hoge toren voor de antenne en binnen 3 weken hadden we de radar in de lucht (afb.29).

### **Zoekradars**

Ceylon ligt aan de zuidkant van de Golf van Bengalen en de Japanners hadden al enkele luchtaanvallen uitgevoerd. Onze radar kwam dus net op tijd. Ik herinner mij een dramatische gebeurtenis uit die tijd. Een deel van de Japanse vloot voer in de Golf van Bengalen. De Engelsen vielen deze vloot aan met torpedovliegtuigen genoemd Swordfishes, dat zijn vliegtuigen die laag en langzaam vliegen torpedo's kunnen lanceren. De Engelsen vielen aan met een twintigtal vliegtuigen. Deze aanval verliep heel slecht en slechts enkele vliegtuigen keerden terug.

Op 30km ten oosten van Galle aan de zuidkust van Ceylon ligt een plaats genaamd, Matara.

Daar waren de watervliegtuigen van de Marine Luchtvaart Dienst uit Nederlands-Indie naar uitgeweken. Tot wederzijdse verbazing ontmoetten twee Nederlandse groeperingen elkaar, de mensen van MLD en mijn radarinstallatiegroep.

Later ging dit luchteskader naar Trincomalee, een havenplaats aan de oostkust met een grote baai en een mooie natuurlijke haven. Zowel in Galle als in Trincomalee zien we nog sporen van de Nederlanders uit de tijd van de Verenigde Oost-Indische Compagnie.

De Nederlandse watervliegtuigen moesten worden voorzien van moderne elektronische apparatuur. Deze moderne elektronische apparatuur werd in de loop van 1942 vanuit Engeland naar India en Ceylon gestuurd. Allereerst werden de vliegtuigen met IFF-apparatuur (Identification Friend or Foe) uitgerust. Later hebben we ze uitgerust met Amerikaanse verkennings radar. Mijn kennis van antennes kwam goed van pas want men had vergeten de antennes er bij te leveren. Die heb ik daar zelf moeten ontwerpen en maken.

Deze vliegtuigen werden ingezet voor patrouilles boven de Indische Oceaan en konden zo'n 20 uur in de lucht blijven, zoekende naar Japanse en Duitse schepen en onderzeeboten. Deze verkenningsvluchten vormden een belangrijke Nederlandse bijdrage aan de oorlogsinspanning.

Aanvankelijk hadden de Engelsen alleen jachtvliegtuigen in Ceylon, eveneens gestationeerd bij Trincomalee, dat waren de Hurricanes, de voorlopers van de Spitfires. Later werd het vliegtuigbestand uitgebreid met Amerikaanse Flying Fortresses. Naast de Nederlandse Catalina's (afb.30) werden deze Flying Fortresses ook ingezet voor verkenningsvluchten. Deze vliegtuigen waren uitgerust met voor die tijd heel moderne radars, zoekradars werkend met 10cm golflengtes. De radars waren in de neus van het vliegtuig geplaatst en de antenne maakte een heen en weer gaande beweging. Daardoor kon een brede strook zee worden verkend en de plaats van vijandelijke eenheden nauwkeurig worden bepaald.

### **Magnetron**

Deze radars waren voor die tijd erg modern en een bewijs van de Amerikaanse deskundigheid op het gebied van ontwikkeling en productie. Overigens was dit hetzelfde type radar dat later door de Duitsers uit een vliegtuigwrak bij Rotterdam is gehaald. Hierdoor werd de Duitse achterstand op het gebied van microgolfradar verminderd, want de Duitsers kregen hierdoor het essentiële element van microgolfradar, n.l. het magnetron(afb.31) in handen. Het magnetron is uitgevonden door de Universiteit van Birmingham, en een magnetron is te zien in het Techniekmuseum HEIM te Hengelo.

Naast de vliegtuigen waren er ook Nederlandse oorlogsschepen in dit gebied. Ook deze moesten worden voorzien van moderne elektronische apparatuur. Ik heb ze uitgerust met Engelse radar zoals b.v. de kanonneerboot *Hr.Ms "Soemba"* en de mijnenlegger *Hr.Ms."Van Der Zaan"*.

De modernisering van deze schepen vond plaats in Bombay. Bombay had een moderne scheepswerf onder leiding van een Schotse ingenieur. Er waren vaak speciale problemen die te maken hadden met het gebruik van Engelse maten, andere soorten tandwielen, en andere elektrische spanningen. Nu dient de radar op een schip niet alleen voor het ontdekken van vijandelijke eenheden, maar de radarafstand moet ook worden toegepast in de vuurleiding.

### **Hazemeijer Signaalapparaten**

Ik kwam hier voor het eerst in aanraking met de vuurleidingapparatuur gemaakt door Hazemeijer Signaalapparaten in Hengelo. *De Soemba* was een kanonneerboot met 15cm geschut, bestemd voor het gevecht van schip tegen schip en voor landbombardementen. De vuurleiding was modern en de afstand moest worden ingevoerd in meters. Omdat de Engelsen en Amerikanen de “yard” als afstandeenheid gebruiken moest er dus een omzetting komen van yards naar meters.

Ik vond uit dat als je 2 tandwielen neemt van 32 tanden en van 35 tanden dan heb je praktisch de juiste verhouding en in Bombay vond ik een Zwitserse horlogemaker die dat voor mij kon doen.

*De Soemba* werd tegen het eind van de oorlog ingezet langs de kust van Italië om de terugtrekkende Duitsers tot grotere spoed aan te zetten. De commandant waagde zich te dicht bij de kust en zijn schip werd getroffen door slechts 1 granaat waarbij helaas de commandant sneuvelde.

Tegen het eind van 1944 moest ook *Hr.Ms. Tromp* worden gemoderniseerd. Dit gebeurde in Sydney Australië, en hiervoor was door de Nederlandse marinestaf moderne elektronische radarapparatuur besteld in Amerika.

In tegenstelling tot Engelse oorlogsschepen waren de Nederlandse schepen uitgerust met wisselspanning. Men had dus geen elektrische generatoren meegeleverd. Maar helaas, de Amerikanen werken met een wisselspanning van 60Hz en onze schepen waren uitgerust met 50Hz. Gelukkig had *de Tromp* nog ouderwetse zoeklichten aan boord die werden gevoed door grote gelijkspanningsomvormers. Deze omvormers heb ik laten overwikkelen door de Australische General Electric Company.

### **General Electric**

De mensen van GE vonden dat erg griezelig en wilden geen verantwoordelijkheid accepteren, maar de elektriciteit heeft zich op mijn aanwijzing netjes gedragen en deze omgebouwde generatoren hebben jaren goed gewerkt. Dit was de eerste keer dat ik in aanraking kwam met schakelaars van Hazemeijer.

De Australische technici konden niet geloven dat zulke kleine schakelaars die grote vermogens voor de radar konden schakelen. Ook toen al had Hazemeijer reservedelen geleverd aan de Koninklijke Marine en daarvan heb ik met succes gebruik gemaakt. Dit type schakelaars, z.g. pakketschakelaars, kan men zien in het Techniekmuseum HEIM. Ook *de Tromp* was uitgerust met vuurleiding van Hazemeijer Signaalapparaten.

*De Tromp* had 2 optische afstandmeters, 1 op het voorschip en 1 achter. Door deze afstand meters werd de doelafstand via z.g. afstandmiddelaars ingevoerd in de

vuurleidingen, de afstand moest nu echter van de radar komen. De officier van artillerie vertrouwde de radarafstand niet. Hij wilde dat eerst bewezen zien en zo hebben we in de baai bij Melbourne, Port Phillip Bay, de afstand tot een vuurtoren gemeten volgens 2 methodes, optisch en met radar.

Het merkwaardige is dat zelfs nog tot de tweede helft van 1944 er een Nederlandse artillerieofficier bestond die moest worden overtuigd van de superioriteit van radar.

In januari 1945 was de revisie van *de Tromp* gereed maar in plaats van mee te doen met *de Tromp* in de oorlog tegen Japan werd ik per vliegtuig naar Engeland gestuurd.

Ik was toen van maart 1942 tot januari 1945 in het verre Oosten geweest, in Ceylon, in India en in Australië.

Ik werd naar Bombay gestuurd om de passieve luisterapparatuur van de *K14*, een Nederlandse onderzeeboot te repareren. Deze apparatuur was van Duitse makelij en van uitstekende kwaliteit maar omdat de handboeken in het Duits waren geschreven konden de Engelse deskundigen de apparatuur niet repareren.

In Bombay logeerde ik in het Taj Mahal hotel. Ik heb toen van de gelegenheid gebruik gemaakt om een reis te maken naar Kashmir per trein via Delhi, Lahore, Rawalpindi naar het noorden van India. Daarna verder met de bus door de bergen van de Himalaya. Ik ontmoette daar enige officieren van het Indiase leger en bood hen een etentje aan. Tot mijn verbazing wilden ze dat wel maar de Hindoe en Moslim officieren wilden niet met elkaar aan 1 tafel zitten.

In januari 1945 vloog ik van Australië naar Engeland voor de revisie van de anti-luchtkruiser, *Hr.Ms. Jacob van Heemskerck*.

Van Australië vlogen we naar Colombo in een Flying Fortress. Boven het vliegveld van Colombo, Ratmalana, moesten de landingswielen er met de hand worden uitgedraaid omdat het hydraulisch systeem al zijn olie had verloren boven de Indische Oceaan.

Daardoor was het nu twijfelachtig of het vliegtuig na de landing kon worden geremd. We cirkelden een half uur rond om de rest van de brandstof op te stoken en ondertussen zag ik brandweerauto's en ambulances het vliegveld oprijden. Het is wel eens goed om in een half uur je zonden te overdenken!

Gelukkig ging alles goed want er zat nog net genoeg olie in het systeem om een keer hard te kunnen remmen.

### ***Hr.Ms.Jacob van Heemskerck***

Ik vloog van Karachi naar Engeland in een Sunderland Flyingboat, een enorm groot vliegtuig met 2 dekken. Voor mijn gevoel was het net zo indrukwekkend als een moderne jumbojet.

In Liverpool moest ik zonder veel technische hulp *de Heemskerck* voorzien van nieuwe radar. De reden voor het gebrek aan technische hulp van de kant van de Engelsen was, dat de Nederlandse admiraliteit eerst wel, toen niet en toen weer wel nieuwe radars op *de Heemskerck* wilde hebben.

De Engelsen wilden aanvankelijk wel hun technici ter beschikking stellen maar in tweede instantie hadden ze geen capaciteit meer beschikbaar. Daardoor werd het voor de Nederlandse marine een soort prestige kwestie. Ik heb het karwei moeten klaren met technisch ongeschoolde Nederlandse matrozen. *Hr.Ms. "Jacob van Heemskerck"* moest worden uitgerust met een compleet systeem van 5 radars en het waren natuurlijk Engelse radars. *De Heemskerck* was een kleine kruiser van ca.4500 ton en uitgerust als antiluchtkruiser.

Het schip werd voorzien van een waarschuwingssradar voor grote afstanden, werkend op een golflengte van 7m, een hoogtemeetradar werkend op een golflengte van 10cm, een zeedoelwaarschuwingssradar ook werkend met een golflengte van 10cm en twee vuurleidingradars werkend met een golflengte van 50cm. De antennes van beide laatste radars waren geplaatst op de richttoestellen waarmee via de vuurleiding het geschut werd bestuurd. De verbouwing van *de Heemskerck* heeft mij op een harde manier geleerd hoe elektronische apparatuur moet worden geïnstalleerd in schepen. De kabels moesten niet alleen worden aangelegd door waterdichte schotten maar ook door het pantserdek. De verbouwing van *de Heemskerck* was gereed in het voorjaar van 1945. Kort daarna was de oorlog in Europa afgelopen en kon *de Heemskerck* als eerst Nederlandse oorlogsbodem naar Amsterdam varen (afb. 33)

### Mei 1945

In mei 1945 was ik na 5 jaar afwezigheid weer in Nederland. De oorlog met Japan was nog niet afgelopen en *de Heemskerck* werd naar het Verre Oosten gezonden om deel te nemen aan deze oorlog.

We konden toen al weer door het Suez-kanaal en door de Rode Zee varen. De uitgang van de Rode Zee naar de Golf van Aden is erg smal en gevaarlijk en draagt de naam Bab el Mandeb, Poort der Smarten.

De commandant van *de Heemskerck* toonde weinig belangstelling in de radar als hulpmiddel bij de navigatie. Maar het toeval wilde dat toen we in de Bab el Mandeb waren een zandstorm opstak waardoor het varen op zicht erg gevaarlijk werd. De radarbeelden brachten uitkomst en toen sloeg het vertrouwen van de commandant om naar de andere kant.

Later tijdens acties in de Javazee liet hij mij aanwijzingen geven als we nauwe inhammen binnenvoeren. *De Heemskerck* had voor die tijd een redelijke navigatieradar maar helemaal gerust voelde ik me niet. De huidige radars geven een veel beter gedefinieerd beeld.

Varend in de Indische Oceaan kregen we het bericht van de atoombom op Hiroshima en kort daarop op Nagasaki.

Dit betekende het eind van de oorlog met Japan. *De Heemskerck* werd naar Tandjong Priok in Nederlands-Indie gedirigeerd. Toen er moeilijkheden ontstonden in Nederlands-Indie deed *de Heemskerck* mee aan de politionele actie. *De Heemskerck* heeft van september 1945 tot december 1946 gevaren in de Indonesische wateren. Eerst moesten we Japanse bezettingstroepen ophalen van diverse eilanden en de wapensmokkel tussen de eilanden van de archipel beletten. Ten slotte, voor veel



vlagvertoon voeren we door de hele archipel en bezochten o.a. het noorden van Celebes, de Sangihe eilanden., Balikpapan op Borneo, Bali, Soerabaja, Singapore en Ambon.

### **Marine RadioDienst in Oegstgeest**

Begin 1947 weer terug in Nederland heb ik met een aantal deskundigen onder leiding van prof. Von Weiler in een commissie meegeholpen aan elektronische en elektrische projecten voor moderne Nederlandse oorlogsschepen.

Ik werd geplaatst bij de Marine Radio Dienst in Oegstgeest. Samen met het Bureau Elektrotechniek van de Marine en de afdelingen van het Leger en de Luchtmacht werden er plannen uitgewerkt om de Nederlandse krijgsmacht te voorzien van radar. Hierbij stond voorop om dezelfde zenders en ontvangers te gebruiken voor alle drie de krijgsmachten.

Helaas is dat maar gedeeltelijk gelukt. De onderlinge jaloezie en het streven naar eigen identiteit hebben dit plan maar ten dele doen slagen.

Kijkend naar andere landen zien we ook nu nog verschillende soorten radar bij de verschillende defensieonderdelen. In Duitsland hebben we dit gezien voor de oorlog en het is een van de redenen waarom de Duitsers op het terrein van radar steeds ietwat achter zijn gebleven. Ook nu nog zien we dit verschijnsel.

### **Hollandse Signaalapparaten 1948**

In oktober 1948 kwam ik naar Signaal als ingenieur op verzoek van de toenmalige directeur, de heer Schagen van Leeuwen. Hollandse Signaalapparaten was de opvolger van Hazemeijer Signaal. Vanaf het begin is een samenwerking met Philips nagestreefd. Mijn opdracht was om de radar bij Signaal te gaan ontwikkelen als onderdeel van de vuurleiding en dit was een uitdaging die ik niet kon weerstaan.

De Nederlandse Marine wilde een nieuwe moderne vloot opbouwen en dat is zeer zeker gelukt.

Dit streven naar modernisering is voor de Nederlandse industrie een enorme uitdaging geweest. De basis werd gevormd door 2 niet afgebouwde kruisers van voor de oorlog, de latere *Tromp* en *De Ruyter* (afb 34). Daarnaast kwamen er 12 nieuwe torpedobootjagers en andere schepen. Al met al, een zeer ambitieus plan.

Voor deze nieuwbouw werd de Nederlandse industrie op grote schaal ingeschakeld. De scheepswerven, ADM, RDS, De Schelde en Wilton Feijenoord kregen veel werk. Net als bij de radar waren er Nederlandse marineofficieren die op de hoogte waren van de scheepsbouw in Engeland en Amerika. Zoals gezegd, de Nederlandse schepen werden zeer modern uitgerust, bijvoorbeeld de stroomvoorziening aan boord van Engelse schepen was gebaseerd op gelijkstroom, de Amerikaanse schepen hadden wisselstroom. In Nederland wordt hoofdzakelijk wisselstroom gebruikt en omstreeks 1900 werd in Hengelo al door de Twentsche centrale vanuit het gebouw waarin nu het Techniekmuseum HEIM is gevestigd, wisselstroom geleverd.

Door het inschakelen van de Nederlandse elektrotechnische industrie werd voor de Amerikaanse oplossing gekozen. Hierbij speelden Hazemeijer, Heemaf, Smit

Slikkerveen en anderen een belangrijke rol. Ook de bouw van nieuwe voortstuwingsinstallaties bestaande uit ketels, turbines, dieselmotoren en scheepsschroeven gaf aan De Schelde, Stork, Werkspoor, Lips en anderen nieuwe impulsen.

De Nederlandse industrie kreeg hierdoor een enorme stimulans. Mede door de extra kennis die onze industrie kreeg hebben we tientallen jaren een goede internationale concurrentiepositie gehad.

Hollandse Signaalapparaten groeide van 400 werknemers in 1948 naar 5000 werknemers in 1991. Gedurende een groot deel van deze periode was Dr.F.J.Philips voorzitter van de Raad van Commissarissen (afb.35)

### **Nederlandse Scheepsbouw**

De Koninklijke Marine bouwt al honderden jaren zijn eigen schepen in Nederland en ons land beschikt over vele industrieën die door de wisselwerking met de Marine internationaal op hoog peil bleven. De stimulerende invloed van het leger manifesteert zich in samenwerking met de Artillerie-inrichtingen, munitiefabrieken, DAF enz.

De luchtmacht werkte voor de oorlog samen met Fokker aan originele ontwerpen zoals de dubbelstaartjager G1. Na de oorlog heeft Fokker alleen nog in licentie gebouwd, bijv. De Gloster Meteor, de F104, en de F16.

In Zweden heeft de nationale industrie, SAAB, wel eigen ontwerpen ontwikkeld.

De Nederlandse luchtmacht heeft na de oorlog niet, zoals de marine en het leger dat wel hebben gedaan, eigen Nederlandse ontwerpen gestimuleerd.

De ontwikkeling in de elektronica, die nog steeds voortduurt, betekende dat Hollandse Signaalapparaten als onderdeel van Philips werkzaam was, in een gebied waar veel groeipotentieel aanwezig was en is.

De snelle ontwikkelingen van de servo-technieken, de fijnmechanische en vooral de elektronische technieken maakte nieuwe originele ontwerpen mogelijk. Essentiële elementen zoals magnetrons, klystron en servo-versterkers werden gemaakt door Philips. Dit zijn moeilijke elektronische componenten en we mochten ons gelukkig prijzen dat Philips in staat was en ook bereid was deze delen te gaan maken.

De voornoemde radarcommissie, samengesteld uit de 3 krijgsmachten bemoeide zich met 5 onderwerpen:

- **lange afstandswaarschuwingradar**
- **doelsaanwijsradar**
- **hoogtemeetradar**
- **zeedoelwaarschuwingradar**
- **vuurleidingsradar.**

Al deze radartypes zijn in manquettevorm te zien in het Techniekmuseum HEIM in Hengelo.

Afbeelding 36 is de opbouw van deze radar te zien op de kruisers van 1951. Bovenop de achtermast staat de antenne van de **lange-afstandswaarschuwingradar(2)**. **Het afstandsbereik bedraagt enige honderden kilometers. Signaal koos een golflengte van 25cm. De Engelse Marine maakte gebruik van radars met een veel langere golflengte, 3m en zelfs 7m.**

Uit gesprekken toendertijd tussen Nederlandse marineofficieren en Engelse officieren bleek dat de Engelsen niet konden geloven dat de Nederlandse industrie het plan kon verwezenlijken.

De keuze van 25cm als golflengte was volgens de Engelsen helemaal fout. Nu is bewezen dat bij oefeningen in groot vlootverband dat de Nederlandse schepen die aanvallende vliegtuigen eerder en veel nauwkeuriger ontdekten dan de Engelse schepen.

### **Toepassingen voor Marine en Luchtmacht**

Wat is nu de toepassing van dit soort radars voor marine, leger en luchtmacht?

Voor de marine betekent het de vroegtijdige waarschuwing van aanvallende vliegtuigen.

Voor zelfverdediging kan deze taak dan efficiënter worden overgenomen door de z.g. doelsaanwijsradar(#1) geplaatst op de voormast.

Deze radar heeft een grotere omwentelingssnelheid dan de langeafstandsradar zodat de informatie van aanvallende doelen sneller kan worden gedetecteerd en geëvalueerd.

Daarnaast is het voor de verdediging op grote afstanden gewenst om de eigen

gevechtsvliegtuigen in te zetten en naar de aanvallende bommenwerpers te sturen.

Dit laatste geldt ook voor de luchtmacht. Echter om snel een interceptie uit te kunnen voeren is het noodzakelijk om de hoogte van de vijandelijke vliegtuigen te meten.

Hiervoor diende dan de hoogtemeetradar, aangeduid met #3. Deze radar heeft een antenne, hoog 6m en breed 2m en werkt met een golflengte van 10cm waardoor een smalle verticale stralingsbundel wordt verkregen.

Hierdoor kan de elevatie van doelen nauwkeurig worden gemeten en dat is weer nodig om de hoogte van vliegtuigen te kunnen bepalen.

Voor de marine zijn deze radars gestabiliseerd opgesteld. Werktuigbouwkundig is dat geen kleine opgave want het gewicht moet voor scheepsgebruik zo laag mogelijk zijn.

De antennereflectoren zijn gemaakt uit aluminium, door Fokker.

Jarenlang heeft ook de Nederlandse luchtmacht deze radars gebruikt en zelfs het Zwitserse leger heeft een installatie gekocht waarmee men bijv. de hele Po-vlakte tot de Adriatische zee kon verkennen. De Zwitsers hadden deze radar gebouwd op de punt van de Mont Blanc.

Zowel de luchtmacht als de marine hebben nu z.g. 3D radars in gebruik waarmee men de 3 coördinaten van een doel kan bepalen.

**De doelsaanwijsradar nr 1, werkt eveneens met 10cm golven.**

De omwentelingssnelheid is vrij hoog bijv. 30 omwentelingen per minuut en de antenne is gestabiliseerd opgesteld zodat scheepsslingeringen de waarnemingen niet verstoren.

Deze radar vormt de schakel tussen doelen, ontdekt op de langzaam ronddraaiende lange afstandsradar (ca 6 omw/min) en de vuurleidingradars.

**De zeedoelwaarschuwingradar (#4) werkt met 3 cm golven.** De radar is ontworpen om schepen te ontdekken maar ook snorkels en periscopen van onderzeeboten. Van deze radar staat een werkend model opgesteld in het Techniekmuseum HEIM. Met deze 4 types radars wordt een volledige waarschuwing gerealiseerd voor bovenwaterdoelen.

Voor de luchtmacht geven de radars nr 2 en nr 3 een beeld van vliegtuigen en de mogelijkheid tot interceptie van vijandelijke vliegtuigen met de eigen gevechtsvliegtuigen. Voor de luchtmacht hoeven de antennes niet te worden gestabiliseerd.

### Vuurleidingradars

De radars die werden ontworpen voor de vuurleidingen zijn aangegeven met de nummers 5,6,7. De vuurleiding in 1951 maakten nog gebruik van geschut ter bestrijding van vijandelijke doelen.

Maar omstreeks deze tijd kwamen de geleide projectielen tot ontwikkeling. Ook hiervoor moest het doel nauwkeurig worden gevolgd teneinde het projectiel naar het doel te kunnen sturen. Het grote verschil met kanonnen is echter dat het afstandsbereik van geleide projectielen veel groter is dan van granaten en ontwijkende manoeuvres kunnen door geleide projectielen worden opgevangen door de koers gedurende het vliegtraject te corrigeren. De Nederlandse kruisers *Tromp* en *De Ruyter* werden uitgerust met 15cm, 57mm en 40mm geschut.

Afbeelding 34 laat de opstelling van het geschut en de antenneopbouw zien van *Hr.Ms.De Ruyter*.

Het richttoestel nr 5 op afb 36 is bestemd voor het 15cm geschut, het richttoestel nr 6 is bestemd voor het 57mm geschut en het richttoestel nr 7 is het richttoestel voor de 40mm kanonnen. Voor de 15cm en 57mm kanonnen werden radars gekozen met een golflengte van 8,5cm, voor het 40mm geschut 3cm.

De radars met een golflengte van 8,5cm werden in 1947-1948 gekozen omdat men dacht dat een 3cm radar bij regen niet voldoende afstand zou hebben.

De Engelse marine gebruikte voor haar vuurleidingen dezelfde golflengte en daar kwam dan nog bij dat er twee antennes werden gebruikt, een voor zenden en een voor ontvangen.

Dit maakte de richttoestellen wel erg groot. Vanaf het eerst ontwerp waren de Nederlandse richttoestellen al gebaseerd om een gecombineerde zend-en-ontvangantenne. De toepassing van optische afstandmeters werd door de Koninklijke marine toch nog nodig geacht voor het zwaardere geschut, de 15cm kanonnen van de jagers.

Voor het kleinere geschut, de 57mm en de 40mm kanonnen werd alleen de radar als afstandmeter gebruikt. Afbeelding 37 laat het grote gestabiliseerde richttoestel zien waarbij de afstandmeter in verband met zijn afmetingen bepalend is voor de constructie.

De grote horizontale antenne werd gebruikt voor het nauwkeurig volgen van zeedoelen tot afstanden van meer dan 20km en aangepast aan het schootsbereik van de 15cm kanonnen. Voor het 57mm geschut werd het boven afgebeelde richttoestel gebruikt, echter nu zonder afstandmeter en zeedoelvolgantenne. Voor het 40mm geschut werd een kleiner richttoestel gebruikt (afb 38) en uitgerust met een 3cm radar. De ervaring met deze radar maakte het al snel duidelijk dat 3cm radar zeer geschikt is voor vuurleiding doeleinden maar ook voor grote afstanden en bij slechte weersomstandigheden.

Voor latere scheepsbouwprogramma's werd dan ook gekozen voor 3cm radar en er werden zelfs nog kortere golflengtes van 8mm toegepast. Bij gelijkblijvende afmetingen

van de antenne geeft de kortere golflengte een scherpere stralingsbundel en daardoor is nauwkeuriger volgen mogelijk.

Voorbeelden van deze radars zijn in manguettevorm te zien in het Techniekmuseum HEIM.

Ik wijs nog even op de afbeelding van het richttoestel (afb 38) waar we zien dat het richttoestel is gestabiliseerd voor scheepsbewegingen. Het richttoestel wordt bemand door 2 personen. Het doel wordt gevolgd met behulp van kijkers waarin een radarsignaal wordt geprojecteerd. Zo kan ook 's nachts een doel worden gevold door de bedieningsmanschappen. Dit principe is ook toegepast in de grotere richttoestellen.

In de vijftiger jaren waren de Nederlandse oorlogsschepen gedurende korte tijd de modernste in de wereld. De Russen spraken zelfs van "Cholandse Signaalapparaten". In dit tijdperk van de koude oorlog kwamen ook de geleide projectielen tot ontwikkeling en in Engeland en Amerika kwamen deze wapens gereed voor scheepsgebruik, Aanvankelijk werkte men nog met 5cm radar omdat er nog steeds gedacht werd dat 3cm bij slecht weer een te kleine afstand zou hebben. Bij geleide projectielen denkt men al gauw tot afstanden van 30km. In Nederland zijn geen geleide projectielen ontwikkeld. De apparatuur om geleide projectielen naar hun doel te geleiden is echter wel door Hollandse Signaalapparaten gemaakt.

### **Chronologische ontwikkeling van de radar in Hengelo**

Het voorspel voor landmachtapparatuur.

Al in 1938 beselften zowel de Nederlandse als de Nederlands-Indische legerleiding dat de lucht doelartillerie moest worden verbeterd. Door de legerleiding werd een opdracht gegeven aan Hazemeijer Signaalapparaten om een prototype te bouwen van een vuurleiding, bestemd voor de verdediging tegen lucht doelen. In die tijd was de technische leiding van de fabriek in Duitse handen en de Duitse hoofdconstructeur ontwierp een zeer geslaagd toestel

Het toestel kreeg de codenaam Lg4 (afb39). De radar bestond toen nog niet. De afstand werd gemeten met een optische afstandmeter die boven op een ronddraaiende metalen kast was gemonteerd. In deze kast was de rekenapparatuur ondergebracht. Het toestel werd rondgedraaid en in elevatie gericht door twee meedraaiende bedieningsmanschappen die tot taak hadden het vliegtuig in het midden van hun kijkers te houden. Uit deze gegevens en uit de metingen van de eveneens meedraaiende afstandmeter werd de positie van het geschut berekend.

Door het Nederlandse leger en het Nederlands-Indische leger werd een grote opdracht geplaatst. Tijdens de oorlog werd de fabriek van Hazemeijer Signaalapparaten gedwongen dit toestel voor de Duitsers te fabriceren.

### **Een nieuwe onderneming**

Na de oorlog werd in 1947 op de puinhopen van Hazemeijer Signaalapparaten een nieuwe onderneming opgericht met de naam "Hollandse Signaalapparaten".(afb 40) De drijvende kracht was de heer Schagen van Leeuwen.

De aandeelhouders van de nieuwe fabriek waren de Staat der Nederlanden, N.V. Philips Gloeilampenfabriek en de bank Mees en Zn.

Vanaf 1947 tot op de dag van vandaag, 48 jaar lang, is er in Hengelo gewerkt aan radar en vuurleiding en het spreekt vanzelf dat er voortdurend nieuwe ontwikkelingen zijn ingevoerd. Van handbediende systemen zijn we nu gekomen tot robotachtige wapens. Gedurende de 48 jaar radarontwikkeling zijn er twee belangrijke technologische vernieuwingen ontstaan. De uitvinding van de transistor maakte de apparatuur kleiner en meer bedrijfszeker en de introductie van de digitale computer had grote gevolgen, zowel voor de vuurleiding als ook voor de radar.

Het karakter van de werkzaamheden veranderde.

De tot 1960 gebruikte analoge rekenaars werden vervangen door digitale rekenaars met grote flexibiliteit. Daardoor werd het bijv. mogelijk een doel nauwkeurig te volgen en de gegevens van andere doelen in reserve te hebben teneinde na de vernietiging van het eerste doel snel op het volgende gevaarlijke doel over te kunnen schakelen.

Voor analoge technieken waren mensen nodig met groot mechanisch vakmanschap en diverse van deze precisie-elementen kunnen in het Techniekmuseum HEIM worden gedemonstreerd (afb. 41).

De digitale techniek vereist uiterst bekwame programmeurs.

De eerste legeropdrachten voor vuurleidingen ter bestrijding van vliegtuigen werden uitgevoerd met analoge rekenaars, zowel in Nederland als in Amerika en Zwitserland.

Bij mechanisch analoge rekenaars worden de bewegingen van het vliegtuig in de rekenaar op verkleinde schaal nagebootst met mechanische verplaatsingen. Bij elektrisch analoge rekenaars worden deze bewegingen nagebootst met elektrische spanningen. Bij digitale rekenaars worden de bewegingen van het vliegtuig weergegeven door getallen. De mechanische analoge rekenaars zijn principieel erg goed maar de naam “elektrische” rekenaar had een magische klank. Dit gold niet alleen voor het Nederlandse leger maar voor alle Nato-legers.

Signaal heeft in het begin van de jaren 50 en 60 erg hard moeten werken om het vertrouwen te winnen van de Nederlandse landmacht. Daarbij komt nog dat de leiding van Signaal aanvankelijk bestond uit oud-marine mensen en overal in de wereld ziet men controversen tussen krijgsmachtonderdelen.

De verbeteringen die in de loop der tijden zijn ingevoerd komen tot uiting in de verschillende opeenvolgende installaties.

Een kort overzicht van de chronologische ontwikkelingen maakt dit duidelijk.

- Van twee op het richttoestel meedraaiende bedieningsmannen gaan we naar een bedieningsman en vervolgens naar een niet meedraaiende Tv-waarnemer.
- Van handvolgen gaan we naar radarautomatisch volgen.
- Voor het opsporen van het doel gaan we van optische waarneming via een verticaal zwiepende radarbundel naar een systeem met een ronddraaiende zoekantenne en een volgantenne zodat we gelijktijdig kunnen zoeken en volgen.

- De introductie van Moving Target Indication (MTI) maakt het gemakkelijk doelen op te sporen zelfs bij het aanwezig zijn van veel storende echo's van stilstaande of langzaam bewegende doelen.
- De analoge rekenaars worden vervangen door digitale rekenaars met een grotere nauwkeurigheid en flexibiliteit.
- De introductie van 8mm-radars maakt het mogelijk om ook de laagst vliegende doelen effectief te bestrijden.
- De digitale computer wordt ingezet voor een automatische dreigingsevaluatie waarbij het meest gevaarlijke doel het eerst wordt bestreden en na vernietiging automatisch het volgende doel wordt bestreden. De mens blijft echter controleren.

### **Legeropdrachten**

Vanaf 1948 werden verschillende opdrachten voor legervuurleidingssystemen verkregen. Een vijftal versies zijn weergegeven in afbeelding 42. Bij de eerste drie installaties zien we nog een of twee stoeltjes voor bedieningsmannschappen aan het richttoestel, bij de laatste versies zit de bedieningsman niet meer in de buitenlucht.

#### *Eerste grote legeropdracht*

In 1949 werd een grote opdracht ontvangen uit België voor een 3-cm radarvuurleiding (afb 43). Dit toestel kreeg de codenaam L3/9b. De radar is gebouwd op een 4-wielige aanhanger. Het 57 mm luchtdoelgeschut werd gebouwd door de Belgische fabriek Nationaal.

Het elektronisch deel van de radar werd gebouwd door de Philips Telecommunicatie Industrie (PTI) in Hilversum. Deze radar zond pulsen uit met een piekvermogen van 200 kW. Het gemiddelde vermogen bedroeg 200W. De afstand van het doel werd automatisch gevold door de radar en de richting en elevatie van het doel worden gevolgd door twee op het richttoestel geplaatste bedieningsmannen met behulp van kijkers. In deze kijkers waren radarsignalen te zien zodat het doel ook s' nachts kon worden gevolgd. Door het Belgische leger werd aanvankelijk een extern doelaanwijssysteem toegepast. De PTI in Hilversum bouwde dit soort radars niet alleen voor het leger maar ook voor marine en luchtmacht.

In het midden van de vijftiger jaren besloot de PTI de ontwikkeling en de productie van vuurleidinggradars te beëindigen. Door de in deze periode geleidelijk aan tot ontwikkeling komende geleide projectielen zag de PTI weinig perspectief in vuurleidinggradars.

De verdere ontwikkeling van deze radars werd toen overgenomen door de sindsdien door mij bij Signaal opgerichte elektronische afdeling.

De eerste opdracht van mijn afdeling was de modernisering van de toen al weer enige jaren oude Belgische installatie. Naast het vergroten van de antenne werd het volledig automatische volgen van doelen ingevoerd. Tevens werd een verticale zwiepende radarbundel aangebracht waardoor de installatie zelfstandig doelen kon opsporen. Het is deze verbeterde visie die is weergegeven op afbeelding 43.

### Tweede landmachttopdracht

De Nederlandse landmacht had in de tweede helft van de vijftiger jaren een aantal Bofors snelvuurkanonnen besteld met een kaliber van 40mm.

Voor de besturing van dit geschut was natuurlijk radarvuurleiding nodig. Na de Belgische opdracht kregen we nu een opdracht van het Nederlandse leger. Deze opdracht kreeg het code nummer L4/3 (afb 44).

Het 40mm geschut is bestemd voor de bestrijding van laagvliegende doelen. Een groot probleem hierbij is dat het vliegtuig niet de enige radarecho is die we zien maar ook een overvloed aan echo's van huizen, bomen en andere obstakels.

Deze zogenaamde grondecho's worden ook zichtbaar op het radarscherm waardoor het ontdekken van de vliegtuigecho erg moeilijk wordt.

Om deze vliegtuigecho's toch te kunnen ontdekken heeft het radarsysteem twee antennes, namelijk een langwerpige verticale antenne waarmee een verticale elevatiesector van 10 graden wordt afgetast met een nauwe bundel van 1 graad om laagvliegende vliegtuigen te kunnen ontdekken en een ronde volgantenne waarmee het ontdekte doel automatisch kon worden gevolgd.

Deze methode om het doel op te sporen vergt helaas erg veel tijd en juist met snelvliegende doelen is een korte reactietijd noodzakelijk.

Een externe doelsaanwijzing, zoals die door Signaal voor marines werd toegepast, zou beter zijn geweest. Het is jammer dat het Nederlandse leger dit destijds niet heeft gevraagd.

De rekenapparatuur werkte volgens het mechanisch analoge principe en diverse delen daarvan zijn te zien in het Techniekmuseum HEIM. Ze zijn met grote precisie gemaakt waardoor het geheel uiterst nauwkeurig werkt.

Het richttoestel heeft nu een bedieningsman die het doel eventueel met behulp van een kijker kan opsporen en volgen, maar het radarautomatisch volgen begint geleidelijk aan de overhand te krijgen.

Het was voor Signaal van groot belang om een opdracht van de Nederlandse landmacht te krijgen. De stemming bij de Nederlandse legerstaf, waar de beslissingen moesten worden genomen, was nogal onvriendelijk ten aanzien van Signaal.

De werkgelegenheid speelde ook toen al een belangrijke rol en als het Nederlandse leger de voorkeur gaf aan Zwitserse vuurleiding werden de kansen van Signaal op buitenlandse opdrachten erg klein.

Op aandrang van politici werd een Salomon's oordeel geveld. De opdracht ging voor de helft naar Zwitserland en voor de andere helft naar Signaal.

Met de L4/3 werd een demonstratie gegeven aan het strand bij Petten en er werd geschoten met 40mm lichtspoorruit op een door een vliegtuig getrokken doek, een slaapzak. Tijdens deze demonstratie woei er een stromachtige wind en was het indrukwekkend om te zien hoe de granaten met een elegante, door de vuurleiding berekende boog naar de slaapzak toebogen, daarbij de invloed van de wind compenserende.

Toch kwam er bij sommige legerofficieren de kreet "Petten was pet" naar voren. Deze uitspraak berustte in feite op onvoldoende kennis van de betreffende officieren.



Beslissingen omtrent technisch ingewikkelde bestellingen werden en worden niet altijd of reële gronden genomen. Door de afgedwongen politieke beslissing bleef er bij de legerstaf lange tijd een aversie tegen Signaal bestaan. Daarbij komt dat de Nato-staf in die tijd graag een standaard vuurleidingrekenaar zag voor de Europese Natolanden en men vond de elektrische rekenaar van Zwitserse makelij de enige geschikte. Mijn inziens was dit volkomen ten onrechte maar een nadere verklaring zou in dit kader te ver voeren.

Ook bij de Natofficieren was de magische klank van “elektrische” rekenaar doorslaggevend. Dit verklaart mede de houding destijds van het Nederlandse leger ten opzichte van Signaal.

Achteraf kunnen we gelukkig constateren dat dit Salomon’s oordeel van de politici Signaal veel opdrachten bezorgde en het mogelijk maakte dat Signaal kon groeien en gedurende tientallen jaren aan duizenden mensen in Hengelo werk verschaffen. Gelukkig werd de verhouding met het Nederlandse leger na verloop van tijd veel beter.

#### Legeropdracht L4/5

Enige jaren later ontstond er door de technische vooruitgang behoefte aan een meer moderne versie van radarvuurleiding. Speciaal het snel opsporen van doelen werd een nieuwe en belangrijke eis.

In afbeelding 45 zien we deze meer moderne versie van de legervuurleiding, aangeduid met L4/5. We zien opnieuw twee antennesystemen, een voor rond zoeken en een voor het volgen van het doel. Ze kunnen onafhankelijk van elkaar bewegen. Daardoor kan een doel worden gevolgd terwijl het zoeken gewoon doorgaat. Het volgen van doelen gebeurt hoofdzakelijk met de radar.

Het op een hoge hoed gelijkend antennesysteem is gemonteerd boven op het richttoestel en hierin zijn twee zoekantennes aangebracht. Dit bouwsel wordt aangeduid met de naam “radome” en is gemaakt van een radardoortalen materiaal.

In deze hoedvormige radome zijn twee sneldraaiende zoekantennes aangebracht, een voor de lage doelen en een voor de hoge doelen.

De antenne voor de lage doelen strijkt over de horizon en kan laagvliegende doelen zien, maar ziet natuurlijk ook grondecho’s. Door de hoge draaisnelheid dan de bedieningsman het beeld zien veranderen alsof er een vlieg over het scherm kruipt. Deze bewegende echo is dan het laagvliegende doel. De andere antenne spiraliseert naar boven en daarmee kunnen hoogvliegende doelen worden ontdekt. Deze methode functioneerde goed maar was een voorloper van de later ontwikkelde “Moving Target Indication”(MTI) technologie

#### **Digitale rekenaar**

Een heel belangrijke ontwikkeling is de introductie van de digitale rekenaar. Voor zover mij bekend was de L4/5 de eerste antilucht radarvuurleiding waar de analoge rekenaar was vervangen door een digitale. Een korte toelichting omtrent het verschil tussen analoge en digitale rekenaars is hier op zijn plaats.

Bij analoge rekenelementen is de precisie van deze elementen bepalend voor de nauwkeurigheid van het geheel en bij mechanische elementen is een nauwkeurigheid van 1 op 4000 te halen.

Bij digitale rekenmethode werken we met getallen. Iedere kleine zakrekenaar kan gemakkelijk een nauwkeurigheid halen van 1 op de miljoen.

Het digitaal rekenen werd al gauw van veel belang voor de verdere radarontwikkeling en daarom wil ik graag iets zeggen over enkele principes van digitaal rekenen.

Op de lagere school hebben we allemaal leren rekenen in het tientallig stelsel. Dat komt omdat we allemaal 10 vingers hebben. Als we 12 vingers hadden zouden we in het twaalfallig stelsel hebben ingevoerd en als we in dit stelsel 100 schrijven dan zou dat in het tientallig stelsel 144 betekenen ( $12 \times 12$ ).

Om technische redenen hebben we bij digitale rekenaars gekozen voor een tweetallig stelsel. Als we nu 100 schrijven dan betekent dit  $2 \times 2$ , dus in het tientallig stelsel 4 en 1000 betekent  $2 \times 2 \times 2$ , in het tientallig stelsel dus 8. Er zijn demonstratiemodellen te zien in het Techniekmuseum HEIM.

Bij een tweetallig stelsel kunnen schakelaars zoals relais, radiobuizen of transistors als hoofdelementen worden gebruikt. Door de toepassing van transistors heeft de digitale rekenaar een hoge vlucht kunnen nemen.

Met de moderne transistor kan men gemakkelijk 50 miljoen maal per seconde schakelen. Daardoor zijn de huidige computers razend snel en ze worden nog sneller.

In Nederland zijn de eerste onderzoeken op het terrein van de digitale rekenaar uitgevoerd door het Fysisch Lab in Den Haag (tegenwoordig RVO-TNO) met financiële steun van Amerika. Signaal maakte daarbij een belangrijk onderdeel, nl. de ballistische rekenaar.

De op deze manier verworven kennis stelde Signaal in staat de L4/5 installatie uit te rusten met een digitale rekenaar, een "Special Purpose Machine". Hiermee wordt aangegeven dat het rekenprogramma vast bedraad in de rekenaar zit. Dat heeft twee voordelen.

Als de elektrische spanning even uitvalt blijft het programma gehandhaafd en het benodigde geheugen kan betrekkelijk klein zijn. Het nadeel is dat de machine is toegesneden op speciale taken en dus niet de flexibiliteit bezit van de moderne computers.

Bij de genoemde vuurleidingsinstallaties, de L4/3 en de L4/5 wordt dikwijls het Bofors 40mm geschut toegepast. De ballistiek van het geschut bepaalt de baan van de granaat en met behulp van een aantal instelknoppen worden de benodigde gegevens ingevoerd in de rekenaar. De baan van de granaat is onder andere afhankelijk van de beginsnelheid van het projectiel, van de luchtdruk, van de temperatuur enz.

Daarnaast worden correcties aangebracht voor bijvoorbeeld de windsnelheid en windrichting.

Het is de taak van de rekenaar om te bepalen hoeveel we in afstand voor dit doel moet een richten om het te raken.

In tegenstelling tot het nadeel dat Signaal heeft ondervonden door de kreet “elektrisch” rekenen ten opzichte van “mechanisch” rekenen, waren nu de rollen omgedraaid. De digitale rekenaar van Signaal was niet alleen moderner, hij was ook nauwkeuriger en meer flexibel en het heeft vrij lang geduurd voordat de concurrentie de voorsprong van Signaal had ingehaald.

### **Flycatcher**

Ook nu schreed de ontwikkeling voort. Door de digitale technieken was het effectief onderdrukken van niet of langzaam bewegende doelen mogelijk geworden. De volgende installatie kreeg de mooie naam “Flycatcher”. Natuurlijk werd ook hier het principe van gelijktijdig zoeken en volgen toegepast (afb.46). Er is nu geen bedieningsman meer die met het richttoestel ronddraait. In plaats daarvan is er een tv-camera gekomen die is gemonteerd naast de ronde volgantenne. De radar-en rekeninstallatie zijn geplaatst in een container. Hierin zit ook de bedieningsman die met behulp van zijn radarbeelden het doel kan opsporen en met de volgantenne het doel automatisch kan laten volgen. Optische waarneming met behulp van de tv blijft gewenst om de identiteit van het doel vast te stellen en bij vernietiging van het vijandelijke doel snel over te gaan op een volgend doel.

Ofschoon de installatie geschikt is voor meerdere typen geschut wordt ook hier overwegend het Bofors 40mm geschut gebruikt. Dit kanon heeft een hoge vuursnelheid van 4 schoten per seconde, hetgeen de trefkans ten goede komt.

Onder de doelvolgantenne is een ronddraaiende zoekantenne aangebracht. Deze antenne heeft een brede verticale antennebundel en daardoor worden alle echo's en dus ook de grondecho's in principe zichtbaar op het radarscherm.

Door gebruik te maken van digitale geheugentechnieken kunnen we “MTI” toepassen en dit betekent dat alleen bewegende doelen zichtbaar blijven op het radarscherm.

Het principe hiervan is vrij eenvoudig.

Een radar zendt vele pulsen per seconde uit en ontvangt van ieder reflecterend object een aantal pulsen terug. Bij stilstaande doelen zijn de van een doel achtereenvolgend gereflecteerde echo's (ongeveer 1000 per seconde) alle ongeveer even sterk en als je deze pulsen van elkaar aftrekt, dan blijft er niets over. Maar bij bewegende doelen verandert de fase van de terugkomende echo's in relatie tot de fase van de uitgezonden pulsen en na fasegevoelige detectie verandert de sterkte van deze pulse.

Na vergelijking van de opeenvolgende teruggekomen echo's zijn de bewegende doelen wel waarneembaar.

Lijnen op het radarscherm maken nu het opsporen van bewegende doelen erg gemakkelijk. Met behulp van de digitale computer kan het doel worden gevolgd met de volgadar om daaruit de (kanons) gegevens te berekenen. We kunnen daarnaast enkele geselecteerde doelen volgen met de gegevens afkomstig uit de zoekantenne.

Hieraan ontbreekt de elevatie maar dit maakt het toch mogelijk om snel van doel te veranderen.

De zoekantenne is bovendien geïntegreerd met een I.F.F-systeem (Identification Friend or Foe) om niet per ongeluk op eigen vliegtuigen te gaan schieten. In onze eigen vliegtuigen is hier voor een gecodeerd antwoordapparaat ingebouwd.

Een belangrijke verbetering was ook de invoering van het monopulse volgsysteem, waardoor het doel rustiger en nauwkeuriger kon worden gevolgd.

Als verder belangrijk punt van verbetering is later een dubbele volgradar ingebouwd zodat naast de 3cm volgradar ook een 8mm radar werd geïntegreerd in het volgsysteem.

Een van de belangrijke klanten van Signaal is het Indiase leger. Voordat de Indiërs hun keuze bepaalden ten gunste van Flycatcher werd er een vergelijkende competitie gehouden Zwitserse installatie, afkomstig van Contraves, een dochteronderneming van Oerlikon.

De Indiërs hebben een groot aantal Bofors 40mm kanonnen gefabriceerd met de bijbehorende ammunitie. De ballistiek werd doorgegeven aan de Signaal demonstratieploeg met de opdracht.

“Dit is de juiste ballistiek en daar moet je mee rekenen”, de ballistiek geeft aan welke baan de granaat na afvuren volgt.

Naast vele andere beproevingen bestond het eindexamen uit een schietproef, gehouden vlakbij Delhi en ten overstaan van vele generaals en belangrijke politici.

‘s Morgens mocht er worden proefgeschoten op het door een vliegtuig via een lange kabel gesleept doel. Nu had de Flycatcher van Signaal een inrichting die bij weinig mensen bekend was en waarmee de positie van de granaat ten opzichte van het doel kon worden bepaald op het moment dat de granaat op dezelfde afstand is als het doel. Je kon dus meten hoever of je misschoot.

Daaruit bleek dat de ballistiek onjuist was opgegeven (oude munitie) en dat daardoor systematisch onder het doel werd geschoten. Weliswaar in strijd met de opdracht heb ik de ballistische gegevens laten corrigeren.

Bij de eigenlijke schootsbeproeving enkele uren later raakte de Signaal installatie het doel, de concurrentie schoot mis en de opdracht ging naar Signaal.

### **Duitse Legeropdracht**

Dit was een belangrijke opdracht die bestond uit een zoek-en volgradar die moest worden ingebouwd in een antiluchtdoel tank, door de Duitsers Flapanzer genoemd (afb.47). Aan deze opdracht is een interessante geschiedenis verbonden.

Het Duitse leger had behoefte aan een antiluchtdoeltank en had daarvoor de Leopardtank gekozen met een geschutskoepel en 35mm geschut van Oerlikon uit Zwitserland.

De Zwitserse fabriek had een prototype gebouwd met een door hen zelf gekozen zoekradar.

Deze radar werd door het Duitse leger afgekeurd en Oerlikon kwam in tijdnood.

Ofschoon beide fabrieken op sommige gebieden concurreren, vroeg Oerlikon toch of Signaal op korte termijn een oplossing zou kunnen bieden.

Door de ervaring met de L4/5 kon Signaal een geïntegreerde 3cm radar, zowel de zoekradar als de volgradar, op korte termijn leveren. Ondertussen was ook het

Nederlandse leger geïnteresseerd geraakt in een antiluchtdoel tank en het Nederlandse leger had de goede werking van de L4/5 kunnen waarnemen.

Het Duitse leger had bij Siemens een eigen radar versie laten ontwikkelen met een 10cm zoekradar en een 2cm volgradar.

Er waren nu dus twee radar oplossingen en volgens mijn informatie besloten de ministers van defensie van Duitsland en Nederland om een vergelijkend examen te houden en dan de beste oplossing te kiezen. De productie zou dan naar rato worden verdeeld over beide landen. Dit plan getuigt m.i. van gezond verstand.

Ofschoon de Signaal oplossing in vele opzichten beter was, was er toch een nadeel. Als over vlak terrein een heel laagvliegend vliegtuig wordt gevolgd, dan kan het gebeuren dat de volgradar overspringt op het door het terrein gespiegelde radarbeeld. Het kanon gaat dan plotseling schieten. Bij de vergelijkende proeven die een half jaar later werden gehouden in Zuid-Duitsland bleek de Signaal oplossing op alle fronten superieur. Signaal had het onaangename spiegeleffect opgelost door het inbouwen van een 8mm radar, geïntegreerd in een volgantenne. De 2cm radar vertoonde wel het gevaarlijke spiegeleffect.

Over vlak terrein en ook over een vlakke zee vertoont een 3cm radar het spiegeleffect, een 2cm radar heeft er minder last van maar bij een radar van 8mm is het praktisch verdwenen.

Een m.i. heel belangrijke eigenschap, die niet in de beproeving was opgenomen, was het opsporen van doelen door een rijdende tank. Bij de Duitse oplossing moet de tank stoppen om doelen op te kunnen sporen. Het is voor mij een raadsel waarom dit punt buiten de beproeving werd gelaten.

De Signaal oplossing was duidelijk technisch en operationeel superieur. Maar toen gebeurde er iets merkwaardigs.

De Duitse minister van defensie deelde zijn Nederlandse collega mee, dat hij het t.o.v. de Duitse industrie en de politici niet aandurfde om de Nederlandse oplossing te kiezen en bovendien had de Duitse leverancier beloofd de tekortkomingen op te lossen. Of dit ooit is gebeurd waag ik te betwijfelen.

Het Nederlandse leger was echter zo onder de indruk geraakt van de prestaties van het eigen product dat men koos voor de Nederlandse oplossing. Dat was volkomen terecht want nog steeds is de Nederlands antiluchtdoeltank, naar mijn mening, de beste ter wereld.

Oerlikon heeft het geschut geleverd en in de tank zit een elektrische analoge computer omdat Oerlikon er op stond deze te leveren bij het geschut. Als het Nederlandse leger had kunnen kiezen voor een digitale rekenaar van Signaal, dan had men daarvoor de mogelijkheid gehad om informatie uit te wisselen met externe bronnen. In plaats van een eenzame eenheid te velde was dan de tank plotseling een deelgenoot geworden in het hele gebeuren in het operationele gebied.

Ook de Amerikanen hadden behoefte aan een antiluchtdoeltank en er werd een competitie uitgeschreven tussen een aantal Amerikaanse fabrieken en Signaal, gebaseerd op Amerikaanse specificaties.

De opdracht ging uiteindelijk naar een Amerikaanse fabriek in een economische zwakke regio.

De specificaties, opgesteld door het Amerikaanse leger, lieten m.i. te wensen over en nadat men een aantal prototypes had gebouwd en meer dan een miljard dollars had uitgegeven, werd de hele zaak stopgezet.

Voor zover mij bekend waren de beproevingen met de prototypes niet geslaagd. Telkens blijkt dat door de grote landen beslissingen worden genomen op politieke en economische overwegingen in plaats van op militair operationele en dat industrieën in kleine landen niet zo gemakkelijk aan de bak komen.

### **Chronologische ontwikkeling van radar in Hengelo(slot)**

De eerste grote opdracht voor de Koninklijke Marine omschreven hierboven waarbij onder andere 2 kruisers, 12 torpedobootjagers en 32 mijnenvegers werden uitgerust met waarschuwingssradar en vuurleidingsradar.

Deze radarinstallaties werden in zeer nauwe samenwerking tussen Signaal en P.T.I. (Philips Telecommunicatie Industrie) ontwikkeld en geproduceerd.

De taakverdeling tussen deze twee industriegroepen was als volgt:

- Alle antennesystemen werden ontwikkeld en geproduceerd door Signaal
- Alle zenders, ontvangers en beeldkasten voor deze systemen werden ontwikkeld en gefabriceerd door P.T.I.
- De computer-of rekentoestellen voor de diverse systemen waren de verantwoordelijkheid van Signaal.

Voor de Koninklijke Marine werden deze projecten geleid en gecoördineerd door het bureau LECTRON van de Hoofdafdeling Materieel (Marine) van het Ministerie van Defensie. Wetenschappelijk werd dit bureau geassisteerd door het Laboratorium Elektronische Ontwikkeling Koninklijke Marine (LEOK) onder leiding van Professor Von Weiler. De moderne radarsystemen, waarover in dit artikel wordt gesproken, zijn tot stand gekomen door gecoördineerde ontwikkeling en wederzijdse bevruchting bij industrie en het LEOK. Het bureau LECTRON verzorgde ook het toezicht op de ontwikkeling en productie bij beide industriegroepen.

In de tweede helft van de jaren vijftig waren deze opdrachten voltooid en, als er geen nieuwe opdrachten waren verworven, had men toen de fabriek wel kunnen sluiten. Gelukkig kwamen twee belangrijke nieuwe geïnteresseerde afnemers naar voren n.l. de Zweedse en de Duitse marine.

Het ontwerp van de zoekradars, zoals deze waren geleverd aan de Koninklijke Marine, was in principe erg modern en deze radars werden ook geleverd aan andere landen.

In feite zijn deze zoekradars door modernisering nu nog bruikbaar en zijn ze nog (1995) operationeel in gebruik bij vele marines.

Aansluitend aan de opdrachten voor de Koninklijke Marine, in het begin van de jaren zestig, slaagde P.T.I. er in een opdracht te verkrijgen van de NATO voor de ontwikkeling en productie van een waarschuwingssysteem voor de defensie van Noorwegen. Ook bij dit project was er een nauwe samenwerking tussen Signaal en P.T.I., waarbij P.T.I. het

complete beeldkastensysteem ontwikkelde en fabriceerde en Signaal verantwoordelijk was voor de computers.

Ten slotte werd P.T.I. ook nog ingeschakeld bij de ontwikkeling van de 3D-radar, die aan het slot van dit artikel nog ter sprake komt.

Na 1965 werden de activiteiten bij P.T.I. op het gebied van radar(zenders, ontvangers, beeldkasten) geheel overgeheveld naar Signaal in Hengelo en eindigde daarmee de radaractiviteit binnen Philips.

### **Doelaanwijsradar**

Een belangrijke radar is de doelaanwijsradar en zoals de naam al zegt, vormt deze radar de schakel tussen het ontdekken van een doel en het doorgeven(aanwijzen) van dat doel aan de vuurleidingsradar.

Omdat er meerdere vliegtuigen gelijktijdig het schip kunnen aanvallen, is het van groot belang dat de doelen zo snel mogelijk aan de vuurleidingsradars worden toegewezen.

De antenne van de doelaanwijsradar (afb 1) is gestabiliseerd voor de slingerbewegingen van het schip. Dat betekent dat de antenne blijft rond zoeken in een horizontaal vlak.

De echo's van deze radar worden zichtbaar gemaakt op een scherm (afb 2). Naast de echo's kan men op dit scherm ook een aantal merktekens zichtbaar maken, voor iedere vuurleiding van het schip een eigen merk.

Deze merken moeten in dekking worden gebracht met de uitgekozen echo's en daardoor wordt de horizontale hoek en de afstand van deze echo doorgegeven naar de betreffende vuurleidingradar. Deze radar draait nu in de aangegeven richting en gaat vanaf nul graden zoeken in elevatie (in verticale richting) tot het doel wordt ontdekt.

Daarna volgt de vuurleidingradar het aldus aangegeven doel automatisch en wordt de positie van het geschut berekend. Komt het doel binnen schootbereik, dan kan het vuur worden geopend.

Het spreekt vanzelf dat deze overnameprocedure in korte tijd moet verlopen om bij een eventueel nieuw doel snel actie te kunnen nemen. Bij de eerste radars zoals die na de oorlog werden ontwikkeld werd een golflengte gekozen van 8,5cm, gebaseerd op de uitvoering zoals die werd toegepast bij de Engelse marine. De kegelvormige bundelbreedte van deze radar was 5 graden.

Zolang de door de doelaanwijsradar aangegeven richting binnen deze 5 graden blijft zal het doel bij een verticale zoekslag worden ontdekt en daarna worden gevolgd.

### **Tweede generatie vuurleidingradar**

Bij de tweede generatie vuurleidingsradars gebruikten we 3cm als golflengte. Als de diameter van de antenne 1,5m is dan betekent dit een kegelvormige radarbundel met een openingshoek van 1,5graad.

Het voordeel hiervan is dat het doel nauwkeuriger wordt gevolgd maar een nadeel dat de richting van het doel nog nauwkeuriger moet worden doorgegeven aan de vuurleidingradar en wel binnen de bundelbreedte van deze radar, d.w.z. binnen + of - 0,75 graad.

Door het slingeren en stampen en de vaart van het eigen schip en door koersveranderingen van het vliegtuigdoel is dit niet gemakkelijk.

De Amerikanen hebben een spiraalvormige zoekbeweging van de bundel van de vuurleidingradar toegepast. De antennebundel gaat spiraliserend langzaam naar boven zoeken om het doel op te pikken. Signaal had mijns inziens een elegantere en snellere oplossing verzonnen. De radarantenne is voorzien van twee stralers. De eerste straler maakt een horizontale elliptische beweging waardoor de bundel over een hoek van 1 graden heen en weer kwispelt. Als nu de antenne het doel zoekt in het verticale vlak, dan hoeft de aanwijzing niet zo nauwkeurig te zijn. Wordt het doel tijdens de verticale zoekbeweging gevonden dan richt de antenne zich op dat doel en wordt overgeschakeld op de tweede straler. Deze straler zorgt voor een conische bundelaftasting en hiermee wordt het doel dan nauwkeurig gevolgd. De Zweedse marine was de eerste marine die deze vuurleidingradars bestelde. In afbeelding 3 is in het midden van de antenneschotel een kegelvormige doos te zien waarbinnen zich de elliptische straler heen en weer beweegt. De straler voor de smalle conische bundel zit links daarvan.

### **'s Lands wijs, 's lands eer**

Soms moet je als werknemer wel wat over hebben voor je eigen fabriek. In 1957 gingen twee van onze eminente jonge ingenieurs naar Zweden om te assisteren bij het in bedrijf stellen van een installatie. Aan deze medewerkers werd een grote eer bewezen. De Zweden hebben iets wat geen enkele natie in de wereld heeft. Ze vangen haring en stoppen die een paar maanden in de grond. Dan doen ze die haring in een soort sardineblikje en als dit blikje door interne gisting zo bol staat als een voetbal, dan is die haring geschikt om te eten. Onze ingenieurs kregen deze delicatessen aangeboden en uit beleefdheid mag je dan niet bedanken. De enige troost is dat je er aquavit bij krijgt. De volgende marine had niet zulke uitzonderlijke eetgewoonten, hoogstens “eisbein mit sauerkraut”; dat was dus de Duitse marine.

### **Duitse Marine**

Door de groeiende tegenstellingen in Europa stelde de NATO prijs op een wederopbouw van de Duitse strijdkrachten; een nieuw leger, een nieuwe luchtmacht en een nieuwe vloot moesten worden opgebouwd.

In de tweede helft van de jaren vijftig was de Nederlandse marine reeds erg modern. De geleide wapenen hadden nog niet het karakter van de schepen veranderd en de Duitse marine nam de Nederlandse schepen als voorbeeld.

Afbeelding 4 toont een Duits fregat omstreeks 1960.

We zien dezelfde waarschuwingradars als op de afbeelding van de Nederlandse kruisers. Op de achtermast zien we weer de lange afstand waarschuwingradar, op de hoofdmast de doelaanwijsradar en op de brug de zeedoel-waarschuwingradar. Het schip is uitgerust met vier vuurleidingradars van het zelfde type als is weergegeven op afbeelding 3.

Het verschil met de Zweedse versie is, dat er nu een omhulsel is gebouwd ter bescherming van de bedieningsman tegen weersinvloeden. Een van de vier vuurleidingradars is uitgerust met een periscoop. De bedieningsman in het richttoestel is niet meer nodig. Dit is de eerste keer dat Signaal de meedraaiende bedieningsman heeft kunnen laten vervallen.



Met behulp van deze periscoop kan het doel optisch worden opgespoord en worden gevolgd. Bij verdere ontwikkelingen verviel ook de periscoop. Die werd vervangen door een op de antenne geplaatste tv en/of infrarood camera.

De leveranties voor de Duitse vloot waren, ook financieel gezien zeer omvangrijk, en er werd redelijk aan verdiend.

Philips was geleidelijk aan voor 90% eigenaar van Signaal. De hele Raad van Bestuur van het concern had behoefte aan een uitje en kwam op bezoek. Men was nogal sceptisch gestemd t.a.v Signaal en vond dit bedrijf meer een hobby van Frits Philips. Toen de financiële directeur zijn voordracht omtrent de jaarcijfers had gehouden veranderde de stemming. Frits Philips werd uitbundig geprezen en de Signaaldirectie werd voortaan in Eindhoven met egards behandeld.

### **M20-serie, radarvuurleiding voor kleine schepen**

De Duitse marine bouwde niet alleen grote schepen zoals weergegeven op afbeelding 4. De Duitsers had ook een voorliefde voor snelle motortorpedoboten met een waterverplaatsing van enkele honderden tonnen. Op dergelijke kleine schepen kunnen natuurlijk geen grote en zware radars worden geplaatst.

Signaal ontwierp een radarvuurleiding voor kleine schepen, werkende met 3 cm. golflengte. Voor kleine schepen is niet alleen het gewicht, maar ook de plaats beperkt. Deze schepen moeten kunnen rond zoeken maar ze moeten zich ook kunnen verdedigen. In verband met plaatsgebrek is een combinatie van deze radars in een opstelling gewenst. De oplossing die Signaal voor dit probleem heeft ontworpen is weergegeven in afbeelding 5.

De Nederlandse marine heeft nooit veel interesse gehad in dit type schip en bij dit ontwerp heeft Signaal het moeten stellen zonder adviezen van die zijde. Niet alleen de Duitse marine, maar ook andere marines bouwden snelle motortorpedoboten. Afbeelding 6 toont een schip van de Duitse marine. Dit is in zijn soort nog een vrij groot schip. Het is bewapend met twee kanonnen, twee torpedo-lanceerrichtingen en een afvuurrichting voor een luchttorpedo, aangeduid met SSM (Surface to Surface Missile). In dit geval wordt hier het Franse projectiel gebruikt met de naam Exocet. Dit projectiel wordt afgevuurd in de richting van het doel en vliegt heel laag over het water. In de buurt van het doel wordt een eigen radar in de kop van het projectiel ingeschakeld en hiermee wordt dan het projectiel naar het doel gestuurd. Dit type schip wordt ingezet ter bestrijding van bovenwater doelen en soms ook ter bestrijding van onderzeeboten.

Naast de drie bovengenoemde wapens kan de M20 in een ietwat andere versie ook worden gebruikt ter besturing van geleide projectielen tegen luchtdoelen. Het meeste toegepaste projectiel is de Amerikaanse "Seasparrow" met een reikwijdte van ca. 10km. De opbouw van het M20 antennasysteem is weergegeven in afbeelding 5. De beide antennes zijn bevestigd aan een gestabiliseerd platform. De zoekantenne is aan de onderzijde gemonteerd. Deze antenne draait rond in een horizontaal vlak, maar

spiraliseert al draaiend naar boven om het luchtruim af te zoeken tot een hoogst van 25 graden.

De zoekantenne is tevens voorzien van IFF-stralers, teneinde vriend en vijand van elkaar te kunnen onderscheiden. De volgantenne is ook op het gestabiliseerde platform geplaatst en kan zowel horizontaal als verticaal worden bewogen.

Het geheel is ondergebracht in een eivormig radardoorlatend omhulsel; een radome.

De Duitse marine had weinig vertrouwen in de sterkte van deze radome en wilde een sterkteproef nemen. Bij heel slecht weer werd er met grote snelheid door de Oostzee gevaren. Alles ging kapot aan boord behalve de radome. Vogels weten al lang dat het ei erg sterk is. De radarecho's afkomstig van de zoekantenne, worden zichtbaar gemaakt op een radarscherm (afb. 7)

Het geselecteerde doel kan op dit scherm worden gemerkt en doorgegeven naar de vuurleidingradar. Vervolgens kan, met de gegevens van de vuurleidingradar die het doel volgt, het geschut of het geleid projectiel worden bestuurd. Een digitale rekenaar werd aangebracht onder het radarscherm.

Als we een tweede radarscherm toepassen kunnen we hierop een aantal doelen uitzoeken en in voorraad houden om later snel op een ander doel te kunnen overschakelen.

Een radioverbinding met andere verkenningbronnen maakt het mogelijk dat we op ons schip de tactische situatie van een groter gebied kunnen waarnemen.

Uit het voorgaande wordt duidelijk dat dit type schip, ook al is het dan maar klein, een grote vuurkracht dan hebben.

De grote verscheidenheid aan toepassingen blijkt uit de volgende afbeeldingen.

Afbeelding 8 toont een Amerikaanse draagvleugelboot, bewapend met een 76mm kanon en met een 'surface to surface missile' van het type Harpoon.

Dit geleide projectiel heeft een afstandbereik van enkele tientallen km's, is voorzien van een ingebouwde radar en duikt met een steile hoek af op het doel.

Afbeelding 9 laat een Noorse boot zien. Deze betrekkelijk kleine boot heeft een 76mm kanon. Omdat het schip geen verdediging tegen luchtdoelen heeft, is hier volstaan met een halve M20-radar, n.l. alleen het rondzoekende deel. Het betreffende zeedoel wordt automatisch gevolgd.

Zo zijn er nog andere varianten geleverd. Een interessante oplossing wordt toegepast door de marine van Singapore. In Israël wordt een luchttorpedo gebouwd met de mooie naam Gabriel. De Singaporese wilden een Signaal radarvuurleiding en het Israëlische projectiel.

De verantwoordelijkheid voor dit project werd door de Singaporese bij beide partijen gelegd. Als het projectiel zou falen dan kon men Signaal aanspreken en als de M20 faalde, dan waren de Israëliërs ook verantwoordelijk.

De afnameproef was eenvoudig. Van drie projectielen, afgevuurd op een doel op ca 20km, moesten er twee raak zijn. Gelukkig troffen de eerste twee projectielen al het doel.

De Israëlische fabrikant van de Gabriel was de I.A.I (Israeli Aircraft Industry) te Tel Aviv. Ze hadden aanvankelijk geen tijd om met Signaal te spreken. Maar na een indringend telefoongesprek op een woensdagmiddag hadden wij die avond (om 12 uur 's nachts) een gesprek met de directie van I.A.I. in Tel Aviv en werd de samenwerking beklonken.

Het was de avond dat Ajax in Milaan speelde voor de Europacup en in het vliegtuig werden we voortdurend op de hoogte gehouden van de voetbalwedstrijd. Ajax won en het was een avond om nooit te vergeten.

Deze M20 radarvuurleidingen zijn ook aan andere marines geleverd, maar het bovenstaande geeft een indruk op welke wijze vanuit Hengelo dit soort apparatuur werd geleverd over de hele wereld.

### **Seacat**

Dit eerste geleide wapens waar Signaal mee te maken kreeg waren gemaakt door Short Brothers and Harland in Belfast en werd aangeduid met de naam Seacat.

Afbeelding 10 laat een afgevuurd projectiel zien aan boord van een Australisch schip. Het projectiel vloog betrekkelijk langzaam; subsonisch, dat wil zeggen, onder de geluidssnelheid van 330m/s.

De Engelsen hadden een eenvoudig systeem bedacht, bestaande uit drie elementen, i.e. het projectiel zelve, een lanceerinrichting met een radiozender en een richttoestel.

De bedieningsman in het richttoestel kan dit toestel met zijn voeten draaien en met zijn handen een kijker op het doel richten. Het doel is in dit geval een aanvallend vliegtuig dat we waarnemen in het kijkerveld.

Hij draait de lanceerinrichting in de richting van het aanvallend vliegtuig en vuurt het projectiel af. Nu moet jij door bewegingen met zijn duim het projectiel in lijn houden met het aanvallend vliegtuig tot dit wordt geraakt. Daarvoor worden radiosignalen gebruikt die de vleugels van het projectiel besturen en die worden afgeleid van de duimbewegingen van de bedieningsman.

De baan die het projectiel op deze wijze aflegt is een z.g. "hond-haas-curve". Het lijkt eenvoudig maar de bedieningsman moet wel goed getraind zijn.

Ondertussen is de helikopter uitgegroeid tot een belangrijk wapen in de bestrijding van onderzeeboten. De Engelse marine had een nieuw type fregat ontwikkeld, de Leaderklasse, waarop een helikopter kon worden meegenomen.

Dit schip werd door de Nederlandse marine uitgekozen om de vloot te moderniseren maar dan wel in een aangepaste versie (afb.11)

Zo werd b.v de gelijkstroomvoeding vervangen door een veel modernere wisselstroomvoeding, de Engelse radars werden vervangen door Nederlandse radars maar de bewapening bleef in principe gelijk, met het Seacat-missile tegen aanvallende vliegtuigen en een 4-inch kanon, wat kon worden ingezet tegen vliegtuigen, schepen en landdoelen.

Ook nu nog zijn alle marineschepen voorzien van een middelzwaar kanon. Tegen vliegtuigen wordt de vluchttijd van de granaten beperkt tot 10 seconden, tegen schepen en landdoelen is de vluchttijd maximaal 50 seconden.

De Nederlandse marine had weinig vertrouwen in de handbediening van het Seacat-projectiel. De ontwerper van het Engelse besturingssysteem, een hoofdingenieur bij Short Brothers & Harland heeft getracht mij ervan te overtuigen dat volledige automatische radarbesturing van het projectiel niet mogelijk was.

Het 4-inch kanon wordt op de Nederlandse Leanders gestuurd door een Signaal-vuurleiding van het M40 type. Deze vuurleiding is afgeleid van de Zweedse versie zoals weergegeven op afbeelding 3.

Met deze radarvuurleiding kan men doelen nauwkeurig en moeiteloos volgen. Als we een tweede, met het projectiel meelopende, afstandpoort zouden inbouwen dan moeten we daaruit signalen kunnen afleiden om het projectiel automatisch te besturen.

Door een goede samenwerking met het marinelaboratorium (LEOK) in Oegstgeest heeft Signaal dit probleem opgelost. Daarbij komt nog dat de Signaalapparatuur zoveel lichter was dan de Engelse, dat de Nederlandse Leanders twee Seacat-installaties konden plaatsen in plaats van een op de Engelse schepen.

Deze Hollandse versie van de Leanders werd ook gekocht door de Indiase marine waarbij de Nevesbu (Nederlandse Verenigde Scheepsbouw Bureau) de Indiase marine heeft bijgestaan.

De Engelse marine ging trouw door met hun eigen systeem!

### **Enkele geleide wapens**

In het midden van de jaren zestig werd de uitrusting van oorlogsschepen mede betaald door de tot ontwikkeling gekomen geleide projectielen. Enkele types waarmee ik bij Signaal in aanraking kwam wil ik graag noemen.

In het voorgaande hebben we van de SSM's (Surface to Surface Missiles) al ontmoet de Exocet, de Harpoon en de Gabriel

Ze hebben alle een kachelpijpvorming lichaam met vleugeltjes voor de besturing en een uitmonding voor gassen, zorgende voor de voortstuwing aan de achterzijde.

Exocet en Gabriel gebruiken langzaam brandend kruit voor de voortstuwing, de Harpoon heeft een echte kleine jet motor, gestookt met vloeibare brandstof waardoor een grote reikwijdte mogelijk wordt. De Exocet en de Harpoon hebben een eigen radar in de kop en hiermee wordt in de eindfase het doel waargenomen en het projectiel naar dit doel geleid. De Gabriel heeft een ontvanginrichting in de kop die de teruggekaatste radarsignalen van het doel gebruikt om zichzelf te sturen. De Exocet en de Gabriel vliegen heel laag, vlak over het oppervlak, om detectie te voorkomen. De Harpoon gaat met een grote boog naar het doel.

De taak van de scheepswaarschuwingsradar is eenvoudig. De richting en afstand van het doel worden bepaald en hieruit worden de instelgegevens aan het projectiel toegevoerd. Dit projectiel kan nu in de richting van het doel vliegen, schakelt na een zekere tijd zijn eigen radar in en vliegt dan met behulp van zijn eigen radarsignalen op het doel af. Bij de Gabriel moet de radarvuurleiding het doel blijven volgen tot dit is geraakt.

### **M20, toegepast in grote schepen**

Van de SAM's (Surface to Air Missiles) hebben we in het voorgaande ook al enkele types ontmoet, i.e. de Seacat en de Seasparrow. Een veel gebruikt type is het Amerikaanse 'Standard Missile'. Dit is in feite een snellere en vergrootte Seasparrow. Ook de Engelse en de Franse marine hebben dit soort projectielen gemaakt, maar ze zijn op kleinere schaal toegepast.

Russische projectielen zijn uit de aard der zaak niet toegepast in Signaalapparatuur. De eerste toepassing waarbij een M20-installatie het Seasparrow-projectiel bestuurd was voor de Canadese marine bij het begin van de jaren zeventig.

De Canadezen bouwden toen de 'Tribal Class' destroyers, genoemd naar Canadese Indianenstammen zoals de Huron en de Irraquois.

De Canadezen wilden de Signaal M20-apparatuur om de Amerikaanse Seasparrow te besturen en ze ontwierpen zelf een nieuwe lanceerinrichting, gebouwd door Raytheon Canada.

Door een goede samenwerking tussen Signaal en Raytheon Canada werd dit project een succes. De schepen werden uitgerust met een dubbele M20 installatie en een lange afstand waarschuwingradar van Signaal.

Afbeelding 12 toont een Amerikaans schip met een in licentie gebouwde M20 installatie, genaamd Mk 92. Het schip is bewapend met het standaard missile.

De M20 serie is bij Signaal gestart als een geïntegreerde zoek-en volgradar voor kleine schepen en als zodanig gebruikt bij vele marines. Maar ook voor grotere schepen zoals de Amerikaanse en de Canadese marine is de M20 toegepast.

De Nederlandse marine bouwde in de jaren zeventig een nieuw type fregat, het z.g. S-fregat. De 'S' staat voor standaard en inderdaad is binnen de NATO dit type schip, zij het ook met varianten, gebouwd. In Duitsland werd het aangeduid met F122.

Omdat het afstandbereik van de M20 bij het ontwerp was afgestemd op kleine schepen was dit bereik voor grotere schepen en ook voor de besturing van de Seasparrow en het Standard Missile aan de kleine kant. Signaal maakte een nieuwe zender met het 5-voudig vermogen. Hiermee werden de Nederlandse S-fregatten, ook wel admiraalsklasse genoemd, uitgerust (afb 13).

Deze schepen kregen ook een verbeterde lange afstand waarschuwingradar. De antenne werd gestabiliseerd opgesteld met behulp van elektrische servomotoren. In verband met brandgevaar wilde de marine geen hydraulische servo's.

Een heel belangrijke verbetering was de invoering van een nieuw type zender. Tot nu toe was het magnetron de uitverkoren zendbuis voor microgolfradars. Hiermee kan op betrekkelijk eenvoudige wijze een groot vermogen worden opgewekt. De frequentie wordt bepaald door de inwendige structuur. Voor nieuwe toepassingen, waarbij we gebruik willen maken van het doppler-effect\*, is een heel constante frequentie nodig. Hiervoor zijn nieuwe versterkerbuizen uitgevonden, klystrons of travelling wave-tubes (TWT).

We kunnen de frequentie uitwending bepalen en heel constant houden. De echo's van bewegende doelen in belangrijke mate worden onderdrukt. Het is mogelijk om de echo's van de bewegende doelen automatisch in te voeren in de computer. De taak van de bedieningsman wordt gemakkelijker gemaakt. De TWT's zijn nogal gecompliceerd en

daardoor erg duur. Ze kosten al gauw honderdduizend gulden per stuk. Als ze niet waren uitgevonden dan zou u veel televisie plezier missen, want de meeste satellietzenders werken met TWT's die 3cm golven uitzenden.

*\*dopplereffect*

*Wanneer een bron die trillingen uitzendt naar de waarnemer toe of van de waarnemer af beweegt, neemt het aantal waargenomen trillingen per tijdseenheid toe respectievelijk af, waardoor de frequentie (bij geluid de toonhoogte) hoger respectievelijk lager wordt.*

### **Ontwikkeling van een radarsysteem met meerdere functies**

De Nato marines bouwden in de jaren 70 het z.g. Standaard fregat (S-fregat). De Nederlandse schepen werden bewapend met het Seasparrow geleid projectiel als verdediging tegen luchtaanvallen.

Daarnaast bouwde de Nederlandse marine twee fregatten, de *Hr. Ms. Tromp* en de *Hr. Ms. De Ruyter*, uitgerust met een zwaarder type geleid projectiel, de Tartaar. Deze schepen worden ook aangeduid met de naam "geleide wapen fregatten".

De Nederlandse marine had ook een vliegdekschip in dienst, *Hr. Ms. Karel Doorman* (afb14). Zo'n vliegkampschip is een ingewikkeld technisch geheel. Er zijn veel vliegtuigen aan boord die moeten worden onderhouden.

Ze kunnen vanaf het dek starten en kunnen ook op dit dek landen. Deze vliegtuigen kunnen vijandelijke schepen aanvallen maar ook aanvallende vliegtuigen onderscheppen. In beide gevallen moeten onze vliegtuigen met behulp van radar nauwkeurig worden begeleid en vijandelijke vliegtuigen moeten nauwkeurig worden opgespoord en gemeten. Hiervoor heeft de *Hr. Ms. Karel Doorman* een systeem van vier radars aan boord. Op de voormast zien we de antenne van de luchtwaarschuwingsradar type LW, een langeafstandrondezoeksysteem.(1)

Een tweede antenne, die van de doelaanwijsradarinstallatie type DA(2), staat op de achtermast. Hiermee kunnen de richting en afstand van vliegtuigen worden bepaald. Voor en achter deze voormast zien we twee hoogtemeet-radars (3), ook wel VI-radars genoemd; de V en de I staan voor Vliegtuig Interceptie.

De VI-antenne (afb 15) is volledig gestabiliseerd en de antenne wordt in de richting van het doel gedraaid, op aanwijzing van de DA-radar. Daarna wordt een elevatie-zoekbeweging uitgevoerd. Op een hoogtemeetbeeldkast kan dan de hoogte van het doel worden bepaald.

Deze procedure neemt ca.4 seconden in beslag zodat per VI-installatie maximaal 15 metingen per minuut kunnen worden uitgevoerd.

Omdat bij vijandelijke aanvallen grote formaties vliegtuigen kunnen worden verwacht en ook onze eigen vliegtuigen moeten worden gedirigeerd wordt het aantal van 30 metingen per minuut te klein gevonden. Als meer vliegtuigen kunnen worden gemeten kan ook de dreigingsevaluatie sneller worden uitgevoerd.

Met de mechanische zoekbeweging van de VI-antenne is het niet mogelijk het aantal metingen verder op te voeren. We moesten naar andere middelen zoeken om de antennebundel van de VI-radar sneller te laten bewegen.

De Engelse marine had in deze tijd plannen tot het bouwen van zeven vliegdekschepen en voor dit soort schepen is het van groot belang om aanvallen van vijandelijke vliegtuigen op grote afstand te kunnen onderscheppen met de eigen vliegtuigen.

Het is noodzakelijk om vele vliegtuigen nauwkeurig te kunnen meten teneinde de onderschepping efficiënt te kunnen uitvoeren en hiervoor was een nieuwe radar nodig. Er was al vanaf 1960 een samenwerkingsverband tussen de Engelse en de Nederlandse marine alsmede de laboratoria van beide marines tot het ontwikkelen van zo'n radar. De leiding berustte bij de Nederlandse marine en Signaal was de technische ontwerper. De te ontwikkelen radar kreeg de naam 'Broomstick'.

De naam Broomstick herinnerde aan het feit dat admiraal Tromp na een van de gewonnen zeeslagen van de Engelsen een bezemsteel in zijn mast bond om aan te geven dat hij de zee had schoongeveegd.

De Engelsen hadden genoeg gevoel voor humor om deze naam te accepteren.

### **Broomstick; ontwikkeling van de Nederlandse 3D-radar**

De opdracht was in een antennesysteem de taken, die voorheen door LW-DA-en VI-radars werden uitgevoerd te integreren.

Vandaar de naam 3D-radar, de drie dimensies (horizontale en verticale hoek en afstand van een doel) werden gemeten door een systeem en dat voor vele doelen tegelijkertijd.

In 1960 werd bij Signaal begonnen met de ontwikkeling.

Signaal was de hoofdontwerper, de Nederlandse marine was de hoofdopdrachtgever en de Engelse marine had inspraak in verband met de toepassing van deze radar aan boord van de door haar geplande vliegdekschepen.

In verband met de Engelse samenwerking werd voor de Engelse Ferranti computer gekozen. De zender moest ca. 10kW gemiddelde energie uitzenden met een golflengte van 10cm.

Deze zender werd in frequentie gestuurd door TWT voorversterkers. De enige fabriek die in deze tijd dergelijke hoogvermogen zendbuizen, z.g. amplitrons, kon ontwikkelen was Raytheon, een gerenommeerde Amerikaanse fabriek van hoogwaardige professionele elektronica.

Raytheon wilde alleen maar leveren als hun partner in Rome, de fa. Selenia, de zenders zou maken.

De TWT's (lopendegolf buizen) werden betrokken van andere Amerikaanse fabrieken, Varian, Watkins Johnson en Litton.

Behalve met de bovengenoemde zes fabrieken, moest Signaal samenwerken met het laboratorium van de Engelse marine, ASWE, en in Nederland het Fysisch laboratorium en LEOK (Laboratorium Elektronische Ontwikkeling voor de Krijgsmachten).

De PTI in Hilversum werd ingeschakeld voor het ontwikkelen van de voorversterkers voor de zender en voor de ontvangers. PTI gebruikte hiervoor kristal gestuurde frequentie eenheden, een noviteit in deze periode.

Het moeilijkste deel van de radar, de antenne, werd ontworpen en gefabriceerd door Signaal.(afb 16) Daarnaast had Signaal een veel omvattende organisatorische taak op zich genomen alsmede de coördinatie en de integratie van het geheel. Omdat de antenne

het belangrijkste element is van de Nederlandse 3D-radar volgt hier een korte beschrijving. Afbeelding 16 laat het antennesysteem zien.

### **Eisen 3D radar**

Welke eisen moet je nu stellen aan een dergelijke radar? Hier moet de naam van Eric Ferwerda worden genoemd die destijds hoofd van het projectenbureau-radar was bij Signaal.

Het afstandbereik moet voldoende zijn voor de gewenste toepassingen. Voor de interceptie van vliegtuigen willen we enkele honderden kilometers. Zouden we de radar alleen willen gebruiken voor de verdediging van ons eigen schip met geleide projectielen, dan is een kleiner bereik wel voldoende.

Maar voor het gebruik aan boord van vliegdekschepen is een bereik van honderden kilometers gewenst, b.v. 300km.

De nauwkeurigheid moet zodanig zijn, dat ons eigen vliegtuig vlak bij de vijandelijke vliegtuigen kan worden gebracht. Dit betekent een nauwkeurigheid van ca. 1 milliradiaal of anders gezegd, een nauwkeurigheid van 1 op 1000.

We kunnen dan ons eigen vliegtuig op een afstand van minder dan 300 m van het vijandige vliegtuig brengen.

Verder willen we honderden doelen gelijktijdig kunnen waarnemen en deze honderden doelen moeten telkens met korte tussenpozen worden gemeten, b.v. iedere 1 a 2 seconden. Voor het gewenste afstandbereik is een zender met een groot vermogen nodig. Om de gewenste nauwkeurigheid te halen is een kegelvormige bundelbreedte van de uitgestraalde energie nodig van ongeveer 1,5 graden en een diameter van 5 m. Om het afstandbereik te halen hebben we dan 10 kW aan gemiddeld vermogen nodig. We hebben nog een eis. De echo's van stilstaande of langzaam bewegende doelen willen we elimineren.

Hiervoor moeten we gebruik maken van het doppler principe en dat betekent weer dat we een heel constante frequentie moeten uitzenden.

De positie en de beweging van honderden doelen moeten automatisch worden ingevoerd in de computer en geanalyseerd op dreiging.

### **Slot**

De inbreng van de Engelse marine heeft een stempel gedrukt op de ontwikkeling en de financiële en operationele resultaten.

De ontwikkeling werd uitgevoerd door Signaal. De ontwikkelingskosten waren gesplitst in 2 delen. Een deel werd direct betaald door de Koninklijke marine en het andere deel werd verwerkt in de leveranties.

Aangezien de Engelse marine zeven vliegdekschepen wilde bouwen en de Nederlandse marine twee grote fregatten plus een compleet systeem t.b.v opleidingen in Den Helder, zou eentiende deel van de ontwikkelingskosten later bij de leveranties worden verdisconteerd.

Omstreeks 1969 besloot de Labour regering in Engeland dat de bouw van vliegdekschepen niet doorging. De Engelse marine heeft een deel van de



ontwikkelingskosten betaald aan de Nederlandse marine. Signaal bleef met aanzienlijke ongedekte kosten zitten. Dat geld was niet helemaal verloren want diverse ontwikkelingen waren later ook toe te passen in andere apparatuur.

De operationele resultaten voldeden geheel aan de verwachtingen. Afbeelding 17 laat een recente foto zien van het geleide wapen fregat *Mr. Ms. Tromp*, waarop de grote bol van de 3D-radar duidelijk zichtbaar is.

Bij een demonstratie voor een belangrijke Amerikaanse admiraal zei deze: “It is the right radar in the wrong country”.

### **Nabeschouwing**

In het voorgaande hebt U kunnen lezen dat we van eenvoudige radars met handbediening in 40 jaar tijd zijn gekomen tot een automatisch zoekende en volgende radar, waarbij de bedieningsman alleen het doel hoeft aan te wijzen en vuur te openen. Zelfs deze functies worden bij een volgende radar generatie overgenomen door rekenaars.

De mens oefent dan alleen nog een controle functie uit. Het voor marines ontwikkelde goal-keeper systeem is thans de basis voor een nieuwe legerversie.

Gelukkig ziet het er in 1995 naar uit dat grote conflicten en oorlogen door de mensheid zijn uitgebannen en kan al het vernuft wat is toegepast in de omschreven ontwikkelingen voor nuttige doeleinden worden ingezet.