

**physisch laboratorium**



•

**1927**

•

**1977**



TNO-032-DHW-2010-03565

# INHOUD

	Pag.
VOORWOORD . . . . .	7
DIRECTIE . . . . .	8
PERSONEEL . . . . .	10
BEHUIZING . . . . .	12
MEETGEBOUWFONDS . . . . .	16
PERSONEELSOVERLEG . . . . .	22
<b>EERSTE DEEL: Uit de geschiedenis van het Fysisch Laboratorium Waalsdorp, 1927 - 1947, samengesteld door Prof. Dr. Ir. J. L. van Soest.</b>	
Inleiding . . . . .	24
<b>I Commissie en Laboratorium voor Fysische Strijdmiddelen . . . . .</b>	<b>25</b>
1. De dodende straal . . . . .	25
2. Ministeriële Beschikking . . . . .	25
3. Commissie voor Fysische Strijdmiddelen . . . . .	28
4. Ontstaan van het „Meetgebouw” . . . . .	31
5. Algemeen overzicht van het personeel (1927 - 1940) . . . . .	32
6. Ruimte . . . . .	35
7. Financiën . . . . .	37
8. Veiligheidsmaatregelen . . . . .	39
<b>II Research op het gebied van het geluid . . . . .</b>	<b>41</b>
1. Bepaling van explosie- resp. geluidsdruk met behulp van een daarvoor gevoelige condensator . . . . .	42
2. Geluidmeetdienst 2e Regiment Veldartillerie . . . . .	42
3. Buitenlandse luistertoestellen . . . . .	42
4. Toestel Goerz . . . . .	43
5. Geluidstralen en atmosfeer . . . . .	45
6. Luistertoestel Waalsdorp . . . . .	45
7. Kleine luistertoestellen Waalsdorp . . . . .	49
8. Acoustische opsporing van vliegtuigen . . . . .	50
9. Vergelijkende proeven met verschillende luister- toestellen . . . . .	51
10. Binauraal horen . . . . .	51
11. Luistertoestel, Kijkertoestel, Zoeklicht . . . . .	52
12. Electro-acoustiek: microfonen, infra-acoustiek . . . . .	53
13. Acoustisch neerslaan van aerosolen . . . . .	53
14. Onderwateracoustiek . . . . .	53

<b>III</b>	<b>Research op het gebied van elektrische overbrenging van schietgegevens . . . . .</b>	<b>55</b>
	1. Vuurleiding en elektrische overbrenging . . . . .	56
	2. Stepsysteem . . . . .	56
	3. Reactietijden . . . . .	57
	4. Vuurleiding . . . . .	57
<b>IV</b>	<b>Research op het gebied van radiosondes en peiling op radiosondes . . . . .</b>	<b>58</b>
	1. Inleiding . . . . .	59
	2. Massafabricage radiosonde. . . . .	61
	3. Radiopeiling op sondes. . . . .	61
<b>V</b>	<b>Research op het gebied van radiocommunicatie en -detectie (incl. „radar”) . . . . .</b>	<b>62</b>
	1. Passieve elektrische opsporing van een vliegtuig . . . . .	63
	2. Afscherming Nederlandse militaire vliegtuigen. . . . .	63
	3. Verkenningsein Marine . . . . .	64
	4. Ontvangst 5 m golf uit vliegtuig . . . . .	64
	5. Ultrakortegolf-zend-ontvanger ( $\lambda$ ca 1,5 m) . . . . .	65
	6. Electrisch luistertoestel (later radar geheten). . . . .	69
	7. Herkenning vriend en vijand (later IFF geheten) . . . . .	73
	8. Automatische besturing van een vliegtuig van de grond af. . . . .	73
<b>VI</b>	<b>Infrarood. . . . .</b>	<b>73</b>
	1. Infrarood-alarmsysteem bij rivierversperringen met grondmijnen. . . . .	74
	2. Infrarood-fotografie. . . . .	74
	3. Infrarood-kijker Philips. . . . .	74
<b>VII</b>	<b>Zee- en Landmijnen. . . . .</b>	<b>75</b>
	1. Antenne-mijnen . . . . .	75
	2. Magnetische mijnen . . . . .	75
	3. Opsporing van landmijnen. . . . .	76
<b>VIII</b>	<b>Slot der onderzoeken . . . . .</b>	<b>77</b>
<b>IX</b>	<b>Contacten en sfeer. . . . .</b>	<b>77</b>
<b>X</b>	<b>De oorlog 1940 - 1945 . . . . .</b>	<b>80</b>

<b>INHOUD (vervolg)</b>	<b>Pag.</b>
<b>XI De bevrijding (mei - december 1945)</b> . . . . .	85
<b>XII De jaren 1946 en 1947</b> . . . . .	87
<b>TWEEDE DEEL: Uit de geschiedenis van het Fysisch Laboratorium (RVO-) TNO</b>	
<b>1947 - 1977</b> . . . . .	91
Fysica en Ver Infrarood . . . . .	93
Telecommunicatie . . . . .	104
Microgolven . . . . .	118
Informatieverwerkende Systemen . . . . .	130
Automatische Verwerking van Radarinformatie. . . . .	137
Twintig jaar Signaalverwerking . . . . .	142
Onderwaterakoestiek . . . . .	152
Mijnenbestrijding. . . . .	163
Operationele Research . . . . .	168
Elektronica . . . . .	177
Computer Faciliteiten . . . . .	180
Dienstverlenende Afdelingen . . . . .	184

## VOORWOORD

*Een vijftigjarig jubileum is een mijlpaal, waar even bij stil gestaan moet worden. Er is tussen 1 december 1927 en 1 december 1977 ontzettend veel gebeurd. Wat de medewerkers betreft hebben wij met tenminste twee generaties te maken; wat het werk betreft hebben de techniek en de wetenschap in deze 50 jaar geweldige sprongen gemaakt.*

*Toen de gedachte opkwam om een gedenkboek te laten verschijnen ter gelegenheid van het jubileum, was het duidelijk dat dit uit verschillende delen zou moeten bestaan, die door verschillende personen geschreven zouden moeten worden. De oorlog heeft in de geschiedenis van het Laboratorium een vrij duidelijke scheiding gebracht.*

*Prof. Dr. Ir. J.L. van Soest, de eerste medewerker van het in 1927 opgerichte „Laboratorium voor Physische Strijdmiddelen”, tevens eerste directeur van 1927 tot 1957, had reeds voor zichzelf een geschiedenis van het Laboratorium vastgelegd, die het tijdperk van 1927 tot vlak na de oorlog beschreef. Hij is bereid geweest dit document om te werken, zodat het opgenomen kon worden als deel I van dit gedenkboek. Ik wil hem hiervoor hartelijk dankzeggen.*

*Deel II bevat de geschiedenis van het Fysisch Laboratorium vanaf het moment - eind 1947 - dat het Laboratorium terugkeerde naar de oorspronkelijke plaats in de Waalsdorpervlakte, waarvan het in 1943 door de Duitse bezetter was verdreven naar een tijdelijk onderdak bij de Centrale Werkplaats der PTT aan de Binckhorstlaan te Den Haag.*

*Aan Deel II zijn bijdragen geleverd door vele medewerkers en ex-medewerkers van het Laboratorium, waardoor ongetwijfeld de werkzaamheden op de diverse vakgebieden op geheel verschillende wijze zijn beschreven. Het werd echter van meer belang geacht een zo goed mogelijk beeld van het werk van het Laboratorium te geven, dan om een literair verantwoord verslag samen te stellen.*

*Uiteraard kon in verband met de geheimhouding in Deel II niet zo'n volledig overzicht worden gegeven van de werkzaamheden, als in Deel I. Ook is, in tegenstelling met Deel I, in Deel II afgezien van het noemen van namen van medewerkers, aangezien het er teveel zijn en te gemakkelijk namen vergeten konden worden.*

*Ik wil bij deze ook allen die - in welke vorm dan ook - medegewerkt hebben aan de totstandkoming van dit gedenkboek hartelijk danken voor de grote inspanning, die zij zich getroost hebben om de uitgave van dit gedenkboek mogelijk te maken.*

*Den Haag, zomer 1977*

*M.W. van Batenburg*

## **DIRECTIE**

### **PROF. DR. IR. J.L. VAN SOEST**

Prof. van Soest trad op 1 december 1927 in dienst bij de, op 25 november 1924 door de Minister van Oorlog ingestelde, Commissie voor Fysische Strijdmiddelen en legde de grondvesten voor het Fysisch Laboratorium van het toenmalige Departement van Defensie, later vanaf 1948 het Fysisch Laboratorium van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO.

Hij was directeur van het Laboratorium tot 1957 met uitzondering van de periode medio 1943 tot mei 1945, toen hij door de Duitse bezetters werd weggestuurd en Ir. Gratama deze functie vervulde.

Prof. van Soest was Buitengewoon Hoogleraar in de hoogfrequent techniek van de Afdeling Elektrotechniek van de Technische Hogeschool te Delft van 6 april 1949 tot 15 juli 1964. Nadat Prof. van Soest op 1 juli 1957 het Laboratorium had verlaten, bleef hij als Commissaris voor Fysische Research aan de Rijksverdedigingsorganisatie TNO verbonden tot 1 november 1963, waarna hij adviseur werd van het Bestuur RVO-TNO tot 1 januari 1969.

### **PROF. IR. IJ. BOXMA**

Prof. Boxma kwam op 1 januari 1947 op het Laboratorium en op 1 juli 1947 formeel in dienst. Hij werd op 1 februari 1955 benoemd tot onderdirecteur en vervolgens op 1 juli 1957 tot directeur.

Prof. Boxma werd per 1 maart 1965 benoemd tot Buitengewoon Hoogleraar in de Informatie- en Communicatie-theorie van de Afdeling Elektrotechniek van de Technische Hogeschool te Delft, welke functie hij vervulde tot hij op 1 september 1970 tot gewoon hoogleraar aan de Technische Hogeschool te Delft werd benoemd. Op 1 september 1970 verliet hij het Laboratorium, maar bleef nog tot 1 oktober 1971 als adviseur aan het Laboratorium verbonden.

### **PROF. DR. IR. H.J. DIRKSEN**

Prof. Dirksen was als militair gedetacheerd op het Laboratorium van 18 augustus tot 31 augustus 1950. Voordien ging hij reeds op 1 april 1950 een dienstverband aan met de Rijksverdedigingsorganisatie TNO. Op 1 april 1968 werd hij benoemd tot plaatsvervangend directeur en op 1 september 1970 tot directeur, welke functie hij bleef vervullen tot 1 juli 1972, toen hij werd benoemd tot voorzitter van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO.

Prof. Dirksen werd op 1 juli 1965 benoemd tot Buitengewoon Hoogleraar in de Technische Natuurkunde aan de Koninklijke Militaire Academie te Breda.

## **IR. M.W. VAN BATENBURG**

Ir. van Batenburg werd op 3 februari 1947 als militair gedetacheerd op het Laboratorium. Na afloop van de detachering op 1 januari 1950 kwam hij in civiele dienst van het Laboratorium. Hij werd op 1 juli 1957 benoemd tot onderdirecteur en op 1 mei 1965 tot plaatsvervangend directeur.

Vanaf 15 april 1967 tot 15 juli 1972 werd hij op zijn verzoek op non-activiteit gesteld in verband met het vervullen van de functie van directeur van het NATO, SACLANT Anti-Submarine Warfare Research Centre te La Spezia, Italië.

Ir. van Batenburg werd op 16 juli 1972 benoemd tot directeur, welke functie hij nog steeds vervult.

## **PROF. IR. J. PIKET**

Prof. Piket kwam in dienst op 2 oktober 1935. Hij werd op 1 januari 1948 benoemd tot onderdirecteur, welke functie hij vervulde tot 1 februari 1955. Vanaf die datum tot 1 oktober 1960 was hij directeur van het NATO SHAPE Technical Centre te 's-Gravenhage.

Op 1 januari 1967 werd Professor Piket benoemd tot hoogleraar aan de Koninklijke Militaire Academie te Breda.

## **IR. S. GRATAMA**

Ir. Gratama kwam op 28 oktober 1935 in dienst van het Laboratorium. Gedurende de oorlog was Ir. Gratama van medio 1943 tot mei 1945 directeur, nadat Prof. van Soest door de bezetters was weggestuurd van het Laboratorium. Op 1 december 1954 werd hij benoemd tot onderdirecteur en op 1 juli 1957 tot plaatsvervangend directeur. Op 1 november 1970 bereikte hij de pensioengerechtigde leeftijd, waarna hij nog tot 1 augustus 1974 adviseur van de directie bleef.

## **IR. A.J. LEENHOUTS**

Na op 1 september 1949 in dienst van het Laboratorium te zijn gekomen, werd hij op 1 september 1970 benoemd tot onderdirecteur, welke functie hij ook nu nog vervult.

## **IR. F. MÖHRING**

Ir. Möhring trad in dienst van het Laboratorium op 1 april 1951. Hij werd op 1 september 1970 benoemd tot onderdirecteur, welke functie hij ook nu nog vervult.

## PERSONEEL

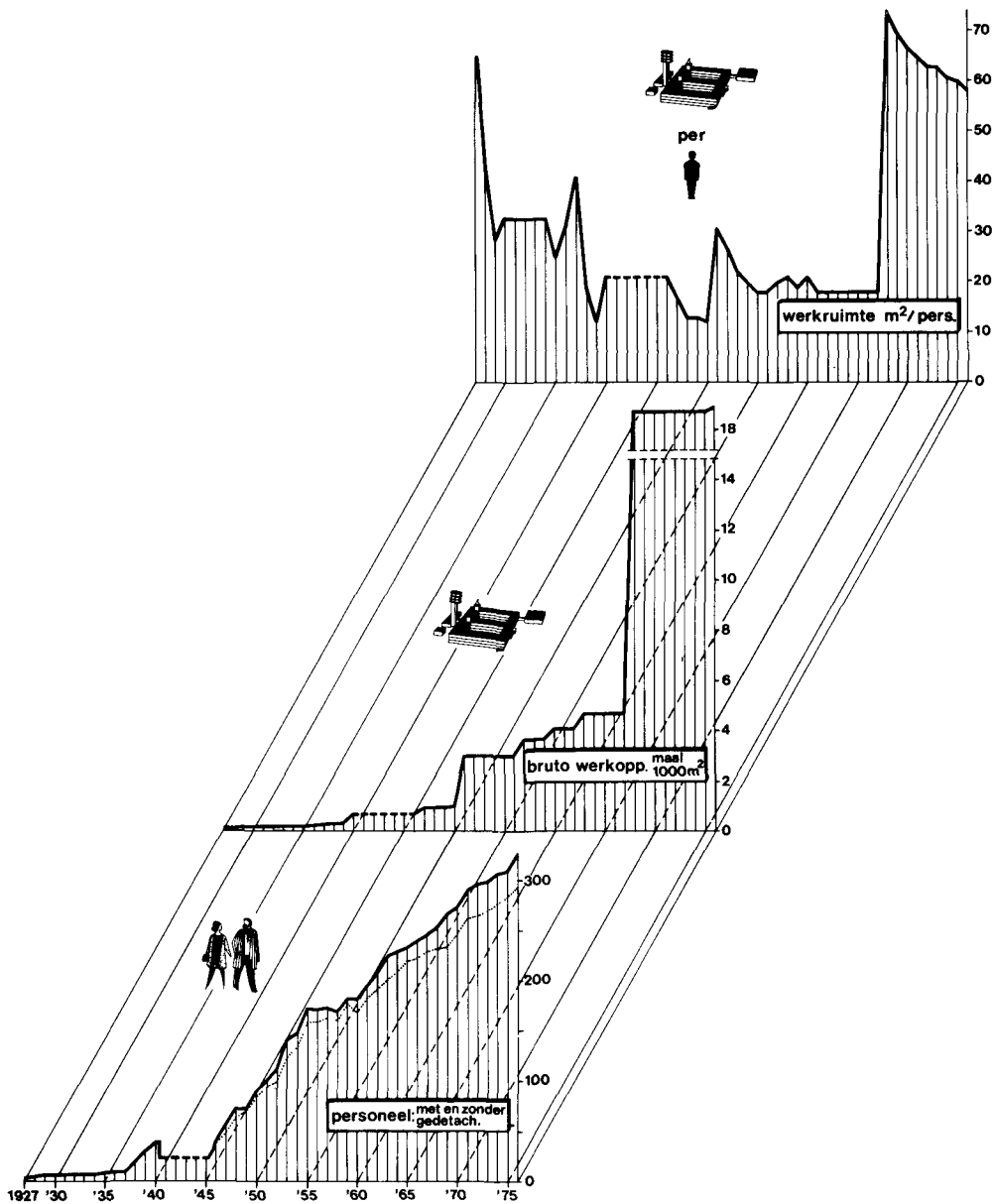
Wat het personeelsbestand gedurende de jaren 1927 tot 1947 betreft, wordt een duidelijk beeld met naam en toenaam gegeven in Deel I. Tot de overgang van het Laboratorium naar de Rijksverdedigingsorganisatie TNO hadden vrijwel alle personeelsleden de status van ambtenaar. Na deze overgang kwamen de nieuwe personeelsleden in dienst van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO; sommigen van de oude medewerkers behielden de ambtenaarstatus.

In de onderste grafiek wordt de groei van het personeel weergegeven van 1927 tot 1977, waarbij de onderste lijn het personeel in dienst van de Rijksverdedigingsorganisatie TNO aangeeft en de bovenste lijn die van het personeel plus de gedetacheerde militairen. Deze gedetacheerde militairen zijn pas afgestudeerde academici, die opgeroepen zijn voor militaire dienst en na een korte militaire opleiding op het Laboratorium te werk worden gesteld.

Na de oorlog hebben ongeveer 335 gedetacheerde militairen op deze wijze aan het werk in het Laboratorium hun steentje bijgedragen. Velen van hen zijn na afloop van hun militaire diensttijd op het Laboratorium gebleven.

De twee andere grafieken geven een beeld van het totale bruto werkoppervlak en van de werkruimte per medewerker, waaruit duidelijk blijkt dat het Laboratorium perioden van zeer groot ruimtegebrek gekend heeft, waaraan pas in 1969 bij het overgaan naar het nieuwe gebouw een eind kwam.





## BEHUIZING

In deel I wordt door Prof. van Soest de geschiedenis van de groei van de ter beschikking staande laboratoriumruimte gegeven. In de tekening ziet men de min of meer „wilde” groei van de gebouwen, gebouwtjes en houten barakken in de Waalsdorpervlakte van 1927 - 1969.

Na de oorlog was het namelijk reeds bekend dat het Laboratorium de Waalsdorpervlakte zou moeten verlaten in verband met de drinkwatervoorziening van Den Haag, zodat de uitbreidingen geen permanent karakter dienden te hebben. Reeds in de 50er jaren werd de grondwaterstand hoger zodat water in de kelders kwam. Nadat in 1963 de beslissing was gekomen dat een nieuw laboratorium aan de ingang van de Waalsdorpervlakte gebouwd zou worden begon een lange, maar zeer plezierige tijd van plannen maken en overleg plegen met de architect en met allen, die bij de bouw betrokken waren. Medio 1968 was het eindelijk zover en werd begonnen met de verhuizing naar het nieuwe, huidige gebouw. Het duurde echter nog tot 2 januari 1969 voor het nieuwe gebouw officieel door Z.K.H. Prins Bernhard werd geopend.



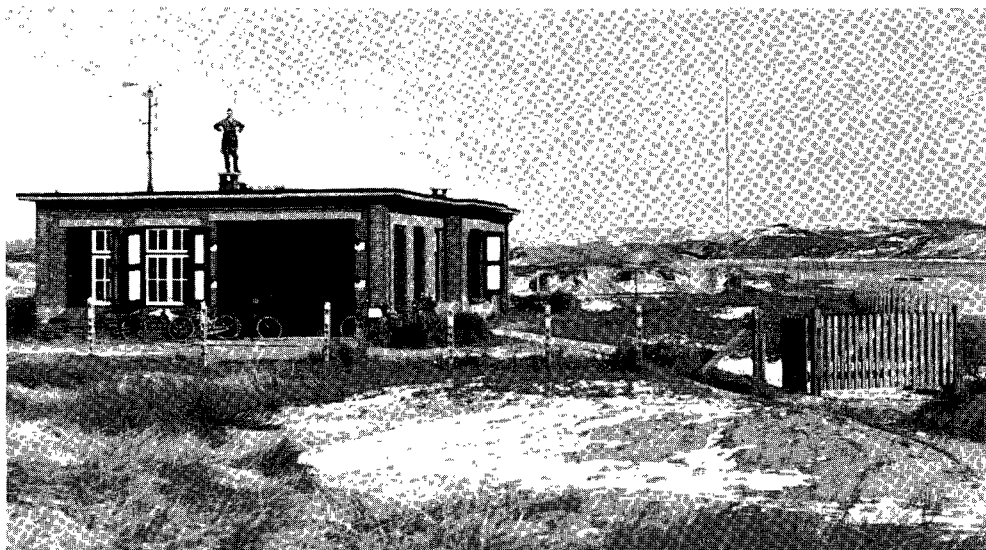


Overzicht gebouwen en barakken Waalsdorpervlakte van 1927 tot 1969 - schaal ca. 1 : 2150

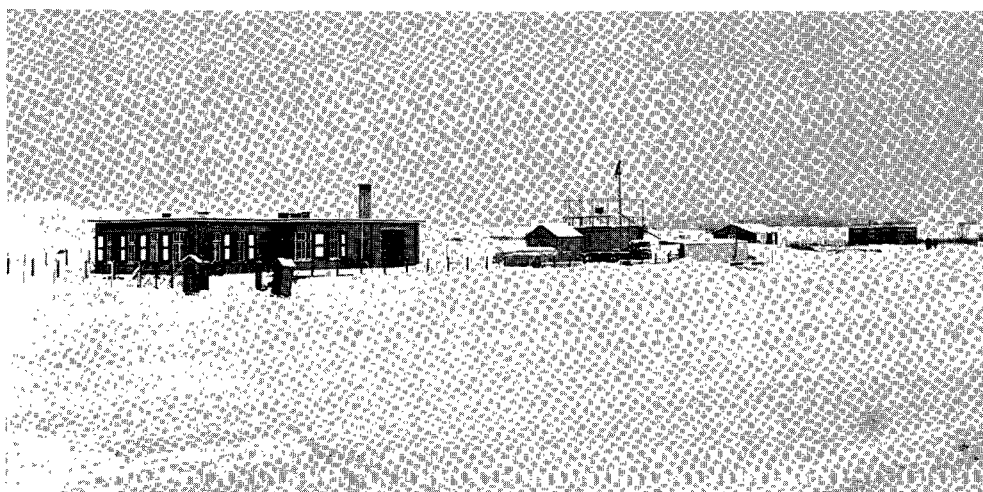
Daarna werden alle barakken van het voormalige Laboratorium in de Waalsdorpervlakte afgebroken en kon de natuur weer bezit nemen van de plaats waar ruim 40 jaar lang het Laboratorium had gestaan.

Vermeld dient nog te worden dat, gezien de grote ruimtenood in de 50er jaren, voor enkele groepen van personeelsleden elders onderdak werd gevonden. Zo kreeg het Laboratorium in 1950 de beschikking over het oude museum van Grenadiers en Jagers (gebouw H) in de Waalsdorpervlakte, en in 1960 over een gehuurd pand in de Jan van Nassastraat in Den Haag.

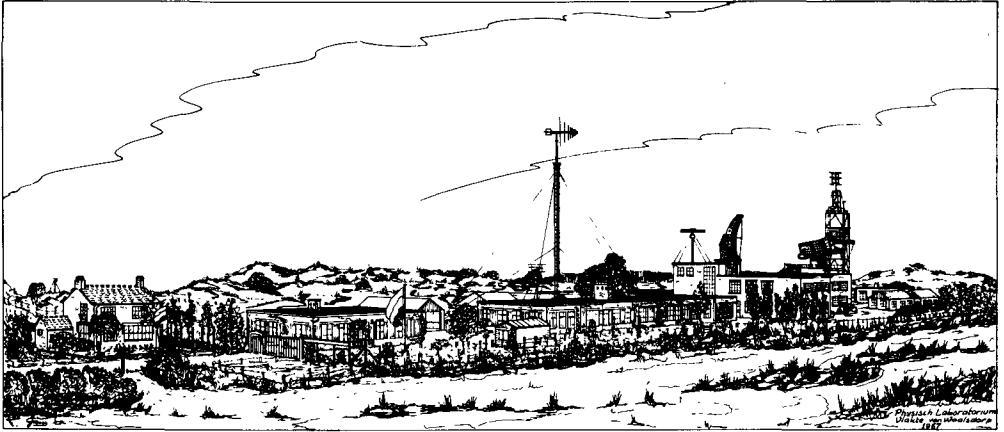
In de grafiek onder het hoofdstuk personeel wordt tevens het bruto aantal m<sup>2</sup> gegeven, dat in de loop der jaren beschikbaar was per personeelslid en in totaal.



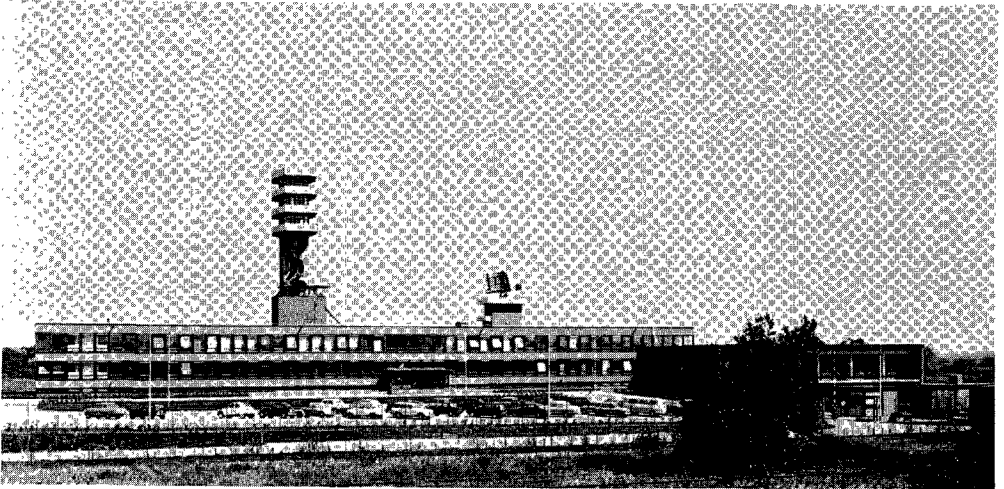
1927



1937



1967



1977

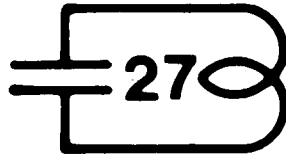
## MEETGEBOUWFONDS

### TUSSEN RIJSTAFEL EN SNERT

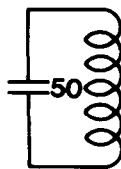
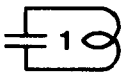
ligt de geschiedenis van 50 jaar personeelsvereniging van het Fysisch Laboratorium TNO. Na de stichting van het Fysisch Laboratorium, toen nog laboratorium van de Commissie voor Fysische Strijdmiddelen geheten en in de wandeling „Meetgebouw” genoemd, werden de eerste verjaardagen van de oprichting gevierd ten huize van de toenmalige directeur, Prof. van Soest. De viering bestond uit het gezamenlijk nuttigen van een uitstekende rijst-tafel.

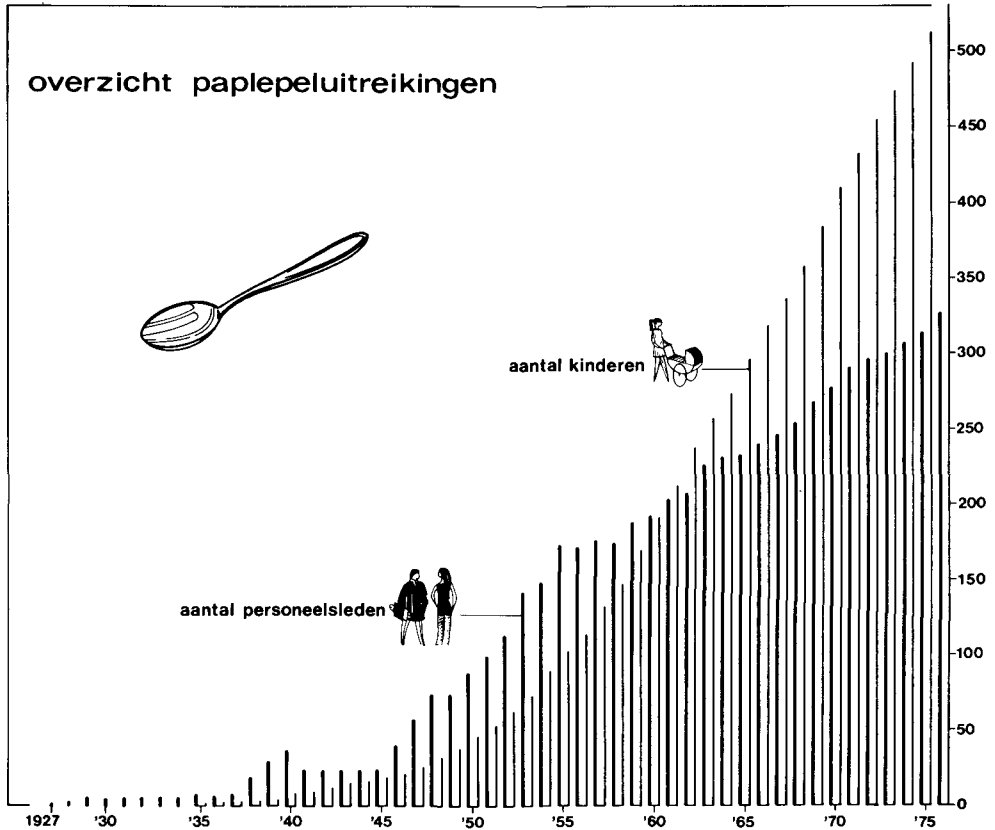
Uit deze vieringen is eigenlijk de personeelsvereniging ontstaan. Men ging namelijk onderling een spaarpotje opzetten om daaruit voor een zieke collega of voor het huwelijk van één van de medewerkers een bloemstukje te kopen. Door de personeelsuitbreiding groeide het spaarpotje al snel uit tot een „fonds”, waaraan vrijwel ieder personeelslid bijdroeg. Het was nu nog slechts een kleine stap om te komen tot de oprichting van een personeelsvereniging, die uiteraard de naam ging dragen van het oorspronkelijke spaarpotje: „het Meetgebouwfonds”. Toen werd in 1935 de eerste Fysisch Laboratorium baby geboren. Dit had niets te maken met het toenmalige werkprogramma van het Laboratorium, maar was en is nog steeds een aanduiding voor baby’s waarvan de vader of de moeder op het Laboratorium werkzaam is. Het betrof hier de baby Nelleke Groenewold, dochter van J.W. Groenewold. Ook voor deze gebeurtenis moest natuurlijk een cadeau van het Meetgebouwfonds worden bedacht en wat lag meer voor de hand dan het voorwerp, dat baby’s al spoedig gaan benutten om hun honger te stillen: een papepel.

Nu nog een inscriptie, waaruit zou blijken dat het geschenk afkomstig was van het personeel van het Fysisch Laboratorium. En dit werd het:



een symbool dat voor de medewerkers een duidelijke aanwijzing vormde van de herkomst. Het getal (27) geeft aan het hoeveelste meetgebouw-kind de pasgeborene is en het aantal „krullen” van de trillingskring (2) geeft aan het hoeveelste kind het is in het gezin; tweelingen krijgen een gekoppelde keten. Deze symbolen zijn tot de dag van heden gehandhaafd gebleven.





Ook het eerste Sint Nicolaasfeest werd gevierd ten huize van Prof. van Soest. De Sint was de heer N. de Vries, de latere bedrijfschef en als zwarte Piet fungeerde de heer H. Tabberné. De viering werd een echt familiefeest; de kostuums werden later zelfs in eigen atelier vervaardigd. De coupeuse was mevrouw J. Kouwenhoven.

Anno 1977 wordt dit feest nog steeds uitbundig gevierd, nu echter met een deelname van ongeveer 80 kinderen. Het vereist elk jaar weer een gedegen voorbereiding om het feest tot een succes te maken. De Sinten en Pieten worden nog steeds uit eigen kring betrokken.



De activiteiten van het Meetgebouwfonds breidden zich steeds meer uit. Zo werden omstreeks het Paas- en Kerstfeest bridge-drives georganiseerd. Langzamerhand gingen deze bridge-drives echter over in gemengde bridge- en klaverjas-drives, terwijl nu nog slechts klaverjas-drives worden gehouden. Deze vinden nog steeds twee maal per jaar plaats en trekken veel belangstelling.

De personeelsvereniging groeide en daardoor ontstond de noodzaak om onderverenigingen te vormen, die zich op een bepaald facet van het verenigingsleven specialiseerden. De nu bestaande onderverenigingen zijn de volgende:



De Tennisclub



De Biljartclub



De Schermclub



De Tafeltennisclub



De Voetbalclub



De Volleybalclub



De Fotoclub



De Autohobbyclub

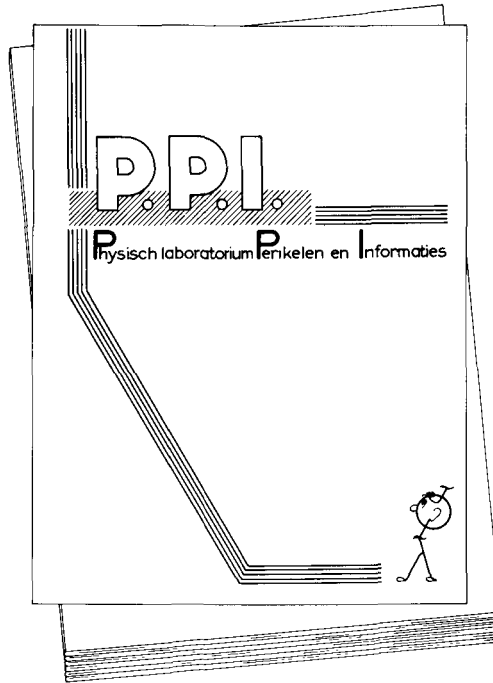


Met de jaren werd de opzet van de feesten ter herdenking van de oprichting van het Laboratorium, de zogenaamde 1 december-feesten, steeds groter. Ook de viering van de lustra kreeg een speciaal accent. Enkele feestelijke hoogtepunten mogen als jaartallenlijst in dit overzicht niet ontbreken.



- 1947 - Viering van het 20-jarig bestaan, waarbij diverse medewerkers ook op het toneel optraden.
- 1952 - Viering van het 25-jarig bestaan in het Kurhaus te Scheveningen.
- 1954 - Voor het eerst ging een „Physische Kermis” van start.
- 1957 - Gezamenlijk pannekoeken eten in het restaurant van Meyendell.
- 1967 - Viering van het 40-jarig bestaan in een grote legertent, compleet met spuitende fonteinen.
- 1968 - Het slopersbal ter gelegenheid van de verhuizing van het oude naar het nieuwe gebouw.
- 1972 - De vereniging wordt officieel erkend en ontvangt Koninklijke goedkeuring.
- 1972 - De viering van het 45-jarig bestaan van het Laboratorium gaf het optreden te zien van Martine Bijl, het Cabaret de Muzeval en het zigeunerorkest van Philip Huber. Uiteraard bal na.
- 1977 - Het gouden jubileum wordt gevierd in het Congresgebouw te Den Haag.

In 1955 werd een eigen maandblad opgericht, de P P I geheten. De inhoud van dit blad varieerde van nieuwtjes en wetenswaardigheden tot moppen. Helaas vond het blad in 1962 een roemloos einde wegens gebrek aan copy.



Ook zijn er de nog steeds jaarlijks terugkerende excursies. Het zijn er al te veel om hier te noemen. Om echter een idee te geven: verst bezochte plaatsen waren in noordelijke richting Den Helder met bezoek aan een kruiser van de Koninklijke Marine en in zuidelijke richting Brussel met zijn prachtige pleinen en botanische tuinen. Het is ieder jaar weer een evenement om met 300 personen een dagje uit te gaan. De gezamenlijke lunch en het gezellige diner vormen wel het hoogtepunt van de dag...

Mensen in nood werden ook niet vergeten, zoals blijkt uit de spontane hulp geboden bij de Watersnoodramp in 1953 en de collecte voor de Hongaarse vluchtelingen.

Heden ten dage worden de contacten tussen de leden van de personeelsvereniging verstevigd door het organiseren van velerlei evenementen door het bestuur. Hierbij mogen wel genoemd worden: de Franse-, Duitse-, Mexicaanse-, carnavals- en barbecue-feesten en de bar-avonden. Voor deze gelegenheden beschikt de vereniging over een gezellig ingerichte barruimte en een geluidsinstallatie.

Met het verstrijken der jaren en het ouder worden van het Laboratorium en uiteraard ook de medewerkers neemt ook het aantal jubilarissen en pensioengerechtigden toe. Deze bijzondere gelegenheden worden zeer geanimeerd gevierd in het Laboratorium en het Meetgebouwfonds zorgt ook dan voor een passend cadeau.



*afscheid*



*jubilaris*

Vorig jaar werd de 49e verjaardag van het Laboratorium gevierd, waarbij de organisatie van het geheel weer in handen lag van het Bestuur van het Meetgebouwfonds. Bij deze gelegenheid heeft het personeel zich goed kunnen vermaken met sport en spel in de grote kantine en met films in de filmzaal. De gezamenlijke lunch, zoals altijd aangeboden door de personeelsvereniging, was dit keer met snert. En daarmee zijn we weer terug bij de aanhef van dit gedeelte van het herdenkingsboek.

## PERSONEELSOVERLEG

Sedert september 1976 kent geheel TNO een personeelsoverleg dat gebaseerd is op de Wet op de Ondernemingsraden (WOR).

De structuur van het personeelsoverlegorgaan komt enigszins overeen met de opbouw van de organisatie TNO, een Centrale Ondernemingsraad voor de gehele Organisatie TNO, Ondernemingsraden bij elke Bijzondere Organisatie en Personeelscommissies op instituuts- of laboratoriumniveau.

De huidige vorm van het personeelsoverleg is een voortvloeisel van het in februari 1973 overeengekomen Principe Akkoord tussen enerzijds de Vakbeweging en anderzijds TNO, te weten het dagelijks bestuur van de Centrale Organisatie (dbCO) en de toenmalige Centrale Personeelsraad.

Van juli 1967 tot september 1976 heeft binnen geheel TNO een vergelijkbare vorm van geïnstitutionaliseerd personeelsoverleg plaatsgehad, bestaande uit een Centrale Personeelsraad, Personeelsraden en Personeelskernen.

Dit Personeelsoverlegorgaan is in 1967 tot stand gekomen door verschillende initiatieven van medewerkers van diverse TNO instituten, waaronder het Fysisch Laboratorium. Op deze instituten bestond toen reeds geruime tijd intern overleg tussen de directie en een gekozen personeelsvertegenwoordiging, destijds geheten Personeelsraad.

Voor het Fysisch Laboratorium gold dit sinds 1962.

In november van dat jaar werd hier de eerste Personeelsraad gekozen. Dit tijdstip kan worden beschouwd als het - weliswaar schoorvoetende - begin van het interne personeelsoverleg op het Fysisch Laboratorium.

In de afgelopen periode van 15 jaar hebben zich belangrijke ontwikkelingen in het personeelsoverleg voorgedaan.

Niet alleen ten aanzien van de structuur van het personeelsoverlegorgaan, zoals eerder geschetst. Ook de functie van het personeelsoverleg is aan verandering onderhevig geweest. Was de taak van het personeelsoverleg aanvankelijk „het wegnemen van kleine irritaties“ in personeelsaangelegenheden, thans is dat veeleer een inspraakprocedure voor het personeel op het gehele gebeuren binnen TNO.

Naast hun lokale verplichtingen in het overleg hebben medewerkers van het Fysisch Laboratorium ook binnen RVO verband en op centraal TNO niveau belangrijke bijdragen in de ontwikkeling van het personeelsoverleg geleverd. Als voorbeeld moge dienen, dat het voorzitterschap van de Centrale Personeelsraad gedurende de negen jaar van haar bestaan in totaal circa vier jaar achtereenvolgens door drie medewerkers van het Fysisch Laboratorium is bekleed.

## INLEIDING

*Dit overzicht bevat historische gegevens van het Laboratorium, voorzover deze nog samenstelbaar zijn. Verschillende documenten hebben de mei-dagen 1940 niet overleefd; zij zijn verbrand in kachels bij mij thuis en op de Inspectie van de Artillerie in de Jan van Nassaustraet; of ze zijn mede verbrand in de op 10 mei 1940 in brand gestoken loods met geheime toestellen.*

*Enkele stukken hebben de oorlogsperiode 1940 – 1945 overleefd. Voorzover mogelijk zijn de gegevens aangevuld met hetgeen bij een aantal personen in de herinnering is blijven voortleven.*

*Daarnaast heb ik niet geschroomd in dit overzicht enkele herinneringen en beschouwingen van persoonlijke aard op te nemen. Daar ik meen dat zij een verlevendiging van het geheel kunnen opleveren en de geest, van wat zich in en om het Laboratorium afspeelde, weerspiegelen, heb ik deze, wetend dat hiermee een subjectief element wordt geïntroduceerd, tòch opgenomen.*

*Opzettelijk heb ik vermeden om dingen weg te laten, die minder „geslaagd“ genoemd zouden kunnen worden; daarmee heb ik weer een objectief element trachten bij te voegen.*

*Het originele overzicht (1 februari 1969) dat in het archief van het Fysisch Laboratorium TNO, vergezeld van vele bijlagen, aanwezig is, vormt de achtergrond van het thans gepubliceerde.*

*J.L. van Soest*

**EERSTE DEEL**

**UIT DE GESCHIEDENIS VAN HET  
PHYSISCH LABORATORIUM WAALSDORP**

**1927 - 1947**

**SAMENGESTELD DOOR  
PROF. DR. IR. J. L. VAN SOEST**

# I COMMISSIE EN LABORATORIUM VOOR PHYSISCHE STRIJD- MIDDELEN

## I.1 DE DODENDE STRAAL

In 1924 en in enkele daarop volgende jaren verschenen in de Nederlandse en in andere couranten herhaaldelijk berichten over een dodende straal. Deze en andere geheimzinnige stralen zouden vooral in Duitsland zijn waargenomen. Nu eens hielden auto's vaak op één bepaalde plaats stil met een ontregeld ontstekingsmechanisme, dan weer stortten vliegtuigen zonder verklaarbare reden op bepaalde plaatsen omlaag, enz.

Het lijkt er op of deze berichten van een of andere zijde gelanceerd werden om een zekere onrust te veroorzaken. Het zou kunnen zijn dat Duitsland, na zich ontworsteld te hebben aan een geallieerde controle na de eerste wereldoorlog, en nog steeds onder zekere controle, meende nuttig te doen enig journalistiek wapenkletter te doen horen. In ieder geval was men in Europa gevoelig voor deze berichten en in zekere mate kan men van een massa-psychologisch verschijnsel spreken.

In de Tweede Kamer van de Staten-Generaal <sup>1)</sup> stelde men vragen aan de Minister van Oorlog. De Minister beloofde een onderzoek naar de waarheid en mogelijkheid van deze berichten te zullen doen instellen.

De Minister vroeg daarna advies aan prof. dr. H.A. Lorentz. Als gevolg daarvan werd prof. jhr. dr. G.J. Elias uitgenodigd op te treden als voorzitter van een commissie, welke deze zaak zou onderzoeken. Op 23 oktober 1924 had een bespreking plaats tussen Minister dr. J.J.C. van Dijk en prof. Elias.

## I.2 MINISTERIELE BESCHIKKING

1) Het schijnt dat hiervan in de Kamerverslagen niets is te vinden. Vermoedelijk dus is deze kwestie behandeld in een (geclassificeerde) Defensie-commissie van de Kamer. Ik ben nl. heel zeker van de rest van het in deze alinea gestelde.

DEPARTEMENT VAN OORLOG.

Geheim Litt. N. 108.

N.B. Bij vervaardiging van dit stuk, gelieve men dagteekening, afdeling en nummer aan te halen.

25 October 1914

## DE MINISTER VAN OORLOG.

Het wenschelijk achtende, dat bij de voorbereiding van de Landverdediging zal worden gestreefd naar verbetering van hulpmiddelen van fysisch - technischen aard voor militaire doeleinden;

Bepaalt, dat er een Commissie voor Physische Strijdmiddelen wordt ingesteld, welke tot taak heeft, om het vraagstuk van de physische strijdmiddelen 1) in zijn vollen omvang in studie te nemen en in groote lijnen de richting aan te geven, waarin op het gebied van de natuurkunde en aanverwante wetenschappen naar - voor onze verhoudingen bruikbare - oplossingen voor elk onderdeel van dat vraagstuk moet worden gezocht; voorts om hem, Minister van Oorlog, van advies te dienen noemens aangelegenheden, welke met dat vraagstuk verband houden;

Bepaalt, dat aan de Commissie - op hare daartoe strekkende voordracht - door hem, Minister van Oorlog, nieuwe leden tijdelijk kunnen worden toegevoegd en ter zake van bepaalde onderwerpen van voorlichting te dienen;

### Bepaalt

1) waaronder - o.m. - te begrijpen het gebruik van elektrische en electromagnetische golven en velden enz. in tijden van oorlog.



Bepaalt, dat de Commissie hare voorstellen en adviezen aan den Minister van Oorlog doet toekomen, d.t. van den Chef van den Generalen Staf;

Benoemt tot Voorzitter van deze Commissie Professor Jhr. Mr. G. J. ELIAS, Hoogleraar aan de Technische Hoogeschool te DELFT; *Del. Delft 157. Del 778 tel. kabinet 1152*  
en tot leden:

Professor Dr. W. J. De HAAS, Hoogleraar aan de Rijk-Universiteit te LEIDEN; *Hoog. Leiden 150 tel. kabinet 2461*

Professor Dr. E. Van EVERDINGEN, Hoofddirecteur van het Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut te DE BILT;

Dr. E. Van der POL, Natuurkundige te EINDHOVEN; *114*

Ir. P. J. H. A. NORDLOHNE, werkzaam bij het Regiment Genietruppen;

Kapitein der Genie G. W. Van DOODEN;

Kapitein van den Generalen Staf W. F. SILLEVIS;

Luitenant ter Zee der 1e klasse J. T. A. J. BRUINSMA en

Kapitein der Artillerie S. J. Van den BERGH;

Bepaalt ten slotte, dat aan den Voorzitter en elk der leden van de Commissie, hiervoren genoemd, een exemplaar van deze beschikking zal worden uitgereikt.

's-GRAVENHAGE, 25 November 1924

coll:

DE MINISTER VOORNOEMD.

*Van der Pol*

### I.3

## COMMISSIE VOOR PHYSISCHE STRIJDMIDDELEN

Uit de beschikking blijkt dat de Minister, na zijn adviseurs gehoord te hebben, de Commissie een veel ruimere opdracht gaf dan louter de studie omtrent dodende stralen. De opdracht was zelfs bijzonder ruim en een daad van vooruitziend staatsmanschap.

Ik meen dat Nederland als land, enkele grote landen uitgezonderd, in de eerste rij kwam te staan om de betekenis van de physica voor de strijdmacht te onderstrepen. Bovendien moet men in het oog houden dat men bij een groot deel van het Nederlandse volk een negatieve houding ten opzichte van militaire activiteit in die jaren waarnam.

Het secretariaat van de commissie werd in handen gesteld van de kapitein van den Bergh; in de commissie is hij de grote stuwkracht geweest.



*Kapt. S.J. van den Bergh*

Met de heer (Kapt. t.m. Lt.Kol.) S.J. van den Bergh was een zeer levendig contact. Mechanisch georiënteerd door zijn ontwikkelingswerk van een eigen vuurleidings-toestel (Berkog) deed hij - tot in de kleinste finesses - mee aan allerlei constructiewerk, bij voorbeeld bij het luistertoestel, de elektrische overbrenging van schietgegevens, de radiozender/ontvanger, de infraroodversperringsapparatuur.

Naast detaillist was hij echter ook de man met visie op de toekomst der militaire techniek en stak daarin boven zeer veel anderen uit. In de Inspectie der Artillerie, zijn standplaats, speelde hij een belangrijke rol, in het bijzonder ook ten behoeve van de luchtdoelartillerie. Ik beschouw hem gaarne als de grootste gangmaker uit die tijd op het gebied van de fysisch-technische ontwikkeling op militair terrein in Nederland. Hij was ook een typische „doordrukker“; zo wist hij het budget van het Meetgebouw omhoog te krijgen op een ogenblik dat het departement - in de zware economische depressie - overwoog om het laboratorium maar op te heffen.

Dat „doordrukken” bezorgde hem veel strijd, misschien meer dan soms nodig was: hij zag als vijand eenieder die het met hem oneens was. (Vgl. Ter Herdenking Generaal Majoor S.J. v.d. Bergh - De Ingenieur 66; A471 - 1954).

Al spoedig kwam de commissie tot de overtuiging, dat zij, om efficiënt te kunnen werken, de behoefte had aan een laboratorium, waar één of een paar wetenschappelijke krachten research zouden kunnen verrichten. Op 29 oktober 1925 richtte de commissie een brief aan de Minister over oprichting van zulk een laboratorium, over de aanschaf van instrumenten en over indienstneming van personeel. Voorbesprekingen ten Departemente waren daaraan voorafgegaan.

De aanvraag voor instrumenten werd onmiddellijk toegestaan, doch de beide andere punten werden aangehouden en door een kabinetwisseling uitgesteld.

Bij schrijven van de Minister van Defensie Geh. litt. G41 van 2 juni 1926 werd echter medegedeeld dat met de bouw van een laboratorium onverwijld kon worden begonnen, met inschakeling van de medewerking van de Eerstaanwezend Ingenieur der Genie te 's.Gravenhage. Bij de samenstelling van de begroting 1927 zou rekening gehouden worden met indienststelling van één ingenieur.

De commissie bleef, onder voorzitterschap van prof. Elias, bestaan tot 1940. Met hem was een regelmatig, zeer goed contact over het werk. Hij kwam vrij veel in Waalsdorp en ik veel in Delft. Als theoreticus gaf hij zich veel moeite de *researchproblemen* te benaderen. Hij heeft de wetenschappelijke standing van de commissie steeds op hoog niveau weten te houden. Verscheidene malen heeft hij de Minister persoonlijk kunnen inlichten; jaarlijks diende de commissie bovendien een verslag van haar werkzaamheden en die van het laboratorium in. Wat van deze *jaarverslagen* behouden is gebleven, is mij onbekend; die uit het archief van de commissie zijn, bij de inval der Duitsers, opzettelijk verbrand, met uitzondering van die van 1927, 1930, 1931, 1932 en 1937.

In 1937 besliste de Minister dat het werk van de commissie, om haar geheime karakter, niet tot de competentie zou komen te behoren van de, bij de Wet in te stellen Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek, die in 1932 opgericht was.

In 1936/1937 vond een reorganisatie van de commissie plaats en werd haar een nieuwe instructie gegeven; zij bracht echter geen wijziging in het werk. Reorganisatiewijzigingen in groter verband, uitgaande van een reorganisatie bij de artillerie-inrichtingen, sleepten in 1939 ook de commissie in de plannen mee. Alle brieven hieromtrent zijn door de commissie verbrand. Bij het uitbreken van de oorlog in 1940 werd de commissie ijlings opgeheven.

In de bezetting van de commissie kwamen in de jaren 1925 - 1940 enkele wijzigingen voor bij de militaire leden, welke ik hieronder, voor zover mij mogelijk was, gereconstrueerd heb. (De rang der militaire leden is die bij benoeming; data der opeenvolgingen zijn hier niet vermeld).

**Voorzitter** : Prof. Jhr. Dr. G.J. Elias  
**Secretaris** : Kapt. der Art. S.J. v.d. Bergh  
**Burgerleden** : Prof. Dr. E. v. Everdingen  
Prof. Dr. W.J. de Haas  
Dr. B. van der Pol

### **GENIE**

Kapt. G.W. v.Dooden  
Ir. P.J.H. Nordlohne  
Kapt. J.J. de Wolf  
Kapt. A. Jansen  
Kapt. J.D. Backer

### **GENERALE STAF**

Kapt. W.F. Sillevius  
Kapt. Carstens  
Lt. Kol. W.F. Sillevius  
Kapt. J.H. Droste  
Kapt. Ir. J. Govers

### **KONINKLIJKE MARINE**

Ltz I J.T.A.J. Bruinsma  
Ltz I Post Uiterweer  
KLtz J.Th. Furstner  
KLtz G.W. Stöve  
Ltz I A.S. Pinke

**Chef Mar.**  
**Radiodienst**  
q.q.

**Dir. Hogere**  
**Mar.Krijgsschool**  
q.q.

Ltz I J. Houtsmuller

Ktz C.E.L. Helfrich

Ltz I J.F.W. Nuboer

Deze lijst bevat - zonder uitzondering - namen van personen, die in het militaire leven van die tijd en later een grote rol hebben gespeeld en hoge rangen bereikten.

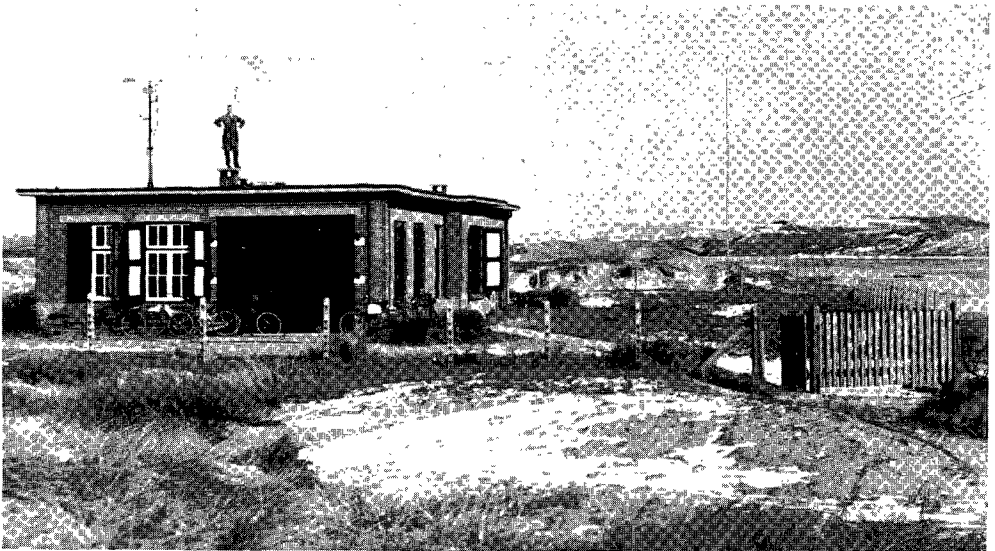
#### I.4 ONTSTAAN VAN HET „MEETGEBOUW”

Voordat de Minister van Oorlog op 2 juni 1926 bepaalde dat met de bouw van een laboratorium kon worden begonnen, was eerst reeds gezocht naar de mogelijkheid om in een bestaand militair gebouw, b.v. ergens op de zolder van een kazerne, enige ruimte beschikbaar te krijgen. De commissie stond echter op het standpunt, dat het laboratoriumwerk in een rustige en daartoe geëigende omgeving zou moeten plaatsvinden, vrij van hinderlijke geluids- en elektrische storingen en dat er een afsluitbaar proefterrein in de onmiddellijke nabijheid moest zijn. Zulk een terrein vond men in Waalsdorp, rijkseigendom en bij de militairen in gebruik, alwaar de Haagsche Duinwaterleiding toestemming had voor waterwinning.

Het op te richten gebouw mocht geen „Laboratorium” heten om reacties te vermijden van anti-militaire zijde. Bovendien moest alle activiteit, zowel van de commissie als van het laboratorium zelf, geheim worden gehouden.

De Zuid-West helft van het gebouw werd bestemd voor de, ongeveer tegelijkertijd opgerichte, Militaire Weerdienst. De Noord-Oost helft werd aan de commissie toegewezen; het voor de commissie beschikbare oppervlak was bruto ongeveer 100 m<sup>2</sup> en bestond uit drie vertrekken: een werkkamer, een laboratorium en een werkplaats.

Het uit twee personen bestaande personeel betrok de ruimte op 1 december 1927 en gaf het de naam van „Meetgebouw”.



*Meetgebouw 1 december 1927*

**Het eerste personeel**

In september 1925 polste Prof. Elias Ir. J.L. van Soest in een persoonlijk onderhoud, waarin de voorzitter wees op het verantwoordelijke van de taak en een beroep deed om het landsbelang te dienen. Hij verzocht hem als eerste ingenieur op te treden, mededelend dat het in het voornemen lag in totaal met 2 academici (b.v. een ingenieur en een physiscus) en 2 technici te beginnen.

Ir. van Soest nam het aanbod na korte tijd overdenking aan, maar verzocht voor een eerste aanloop slechts met 2 man (1 ingenieur, 1 technicus) te beginnen.

Het duurde tot 15 februari 1927 voordat de ingenieur op arbeidsovereenkomst in dienst werd gesteld.

Op 1 december 1927 werd als technicus-instrumentmaker op arbeidsovereenkomst in dienst genomen P.D. Groot en kon de activiteit in het zojuist gereed gekomen gebouw een begin nemen. Op 7 juni 1928 werd een amanuensis (C.M.A. Inse) in dienst genomen. Op 29 oktober 1928 volgde N. de Vries de heer Groot op, die op 13 oktober de dienst verliet, doch later weer terugkeerde. Hiermede was het begin van de personeelsbezetting voltooid.

De aanstellingsprocedure van personeel was een bijzonder gecompliceerde zaak; zuinigheid en bezuiniging leverden talloze hinderpalen op, die, omdat het werk toch moest geschieden, op allerlei wijzen moesten worden omzeild. Arbeidsovereenkomsten bij het Ministerie, resp. Departement werden eerst van 1937 af op wat ruimere wijze gesloten; tegelijkertijd konden enkele arbeidsovereenkomsten van oudere datum in vaste aanstellingen worden omgezet; aan het eind van 1939 waren 7 van de medewerkers in vaste dienst, de technici in schaal 127. Om aan de personeelsbehoefte overigens tegemoet te komen, werd besloten een aantal in dienst te stellen bij het installatiebureau Hijgenaar, dat technische diensten verleende in het naburige kamp van de Grenadiers en Jagers; de verrekening van de kosten geschiedde dan op „materieellasten“, een weinig elegante procedure, die door het Departement echter oogluikend werd toegestaan. Later kon óók de Commissie voor Fysische Strijdmiddelen nog enige „contracten“ op deze wijze zelf sluiten.

Daarnaast kon worden gebruik gemaakt van militaire detachering. Voor het Korps Luchtdoel Artillerie had men voor dienstplichtig personeel ingesteld de rangen van officier-natuurkundige en onderofficier-instrumentmaker, dank zij de bemoeiingen van de Kapt. v.d. Bergh, die op de Inspectie van de Artillerie de zaken van de Luchtdoelartillerie behartigde. De wetenschappelijke en technische opleiding van dit personeel geschiedde op het Meetgebouw; dit was de voornaamste post op het gebied van militaire detachering.

De personeelsstaat had daarom ook een sterk fluctuerend karakter. De grafiek geeft een beeld van de algemene situatie in 4 lijnen.

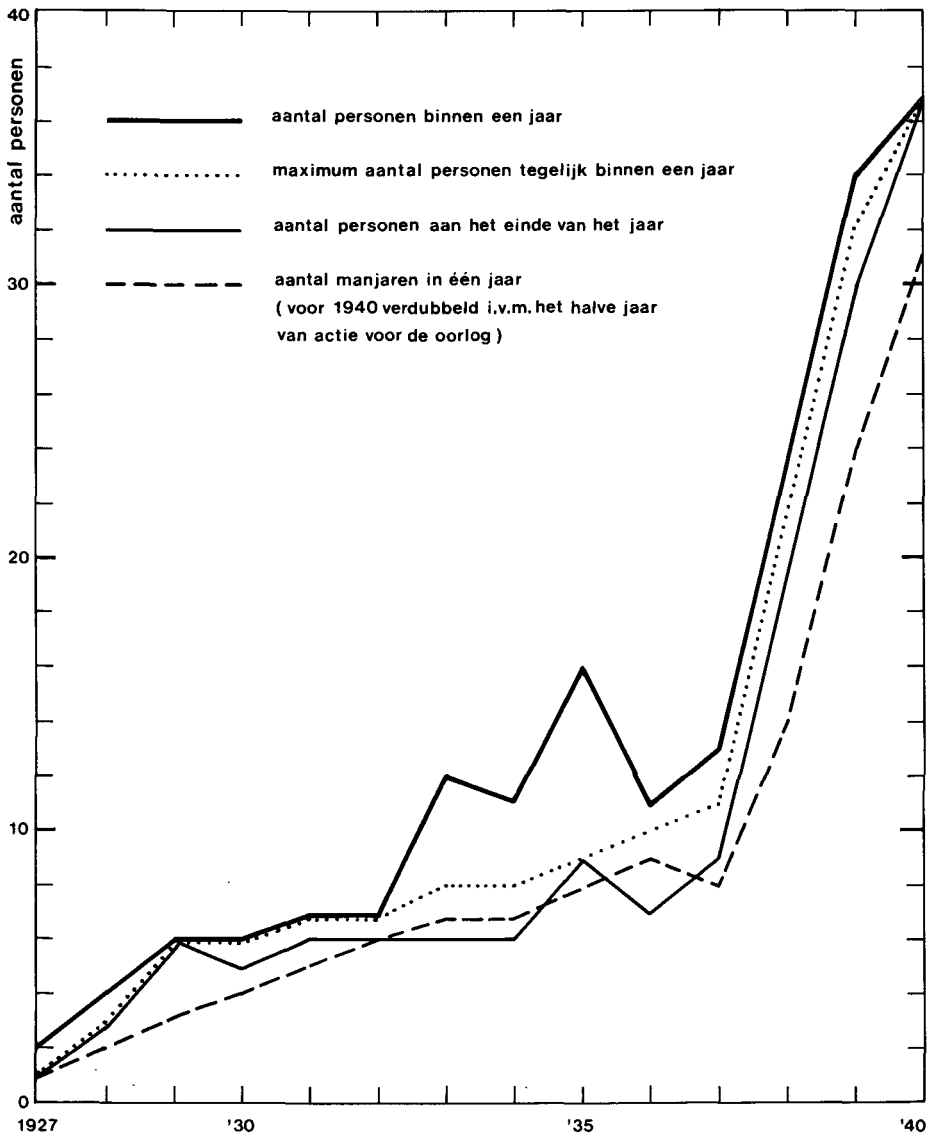
Teneinde enige indruk te verkrijgen van de personeelssituatie volgt hieronder een

(chronologische) lijst van personeel op arbeidsovereenkomst (ao) en in vaste dienst van het Departement van Defensie, voorzover betreft a) het academisch personeel, b) het overige personeel, voorzover dat in research en bedrijf een rol van betekenis speelde (1927 - 1940).

- a. Ir. J.L. van Soest : ao 15-2-1927, vast 21-6-1937  
 Drs. H. Bruining : na mil. det. (1929-1932), ao 1-2-1932-1-2-1933  
 Drs. J.v.d.Handel : na mil. det. (1933), ao 4-1-1933-1-4-1934  
 Jhr.Ir.J.L.W.C. von Weiler : ao 21-2-1934, vast 21-6-1937  
 Ir. J. Piket : na contr. met C.Ph.S. (van 2-1--1935 af), ao 2-1-1939, vast 16-5-1939  
 Ir. S. Gratama : na contr. met C.Ph.S. (van 28-10-1935 af), ao 2-1-1939, vast 16-5-1939  
 Jhr. Ir. C.Th.F. v.d. Wijck : ao 1-1-1938 (tot in 1939?)  
 Drs. C.E. Mulders : 2-1-1939
- b. P.D. Groot : ao 1-12-1927 - 13-10-1928, milit. detacheringen, vast 1-9-1938  
 C.M.A. Insje : ao 7-6-1928, vast 1-8-1938  
 N. de Vries : ao 29-10-1928, vast 1-9-1938  
 J.W. Groenewold : ao 5-2-1931 - 1-10-1936  
 H. Tabberné : na „betr. Higg” (1932-1937), ao 17-1-1938  
 J. Elkerbout : ao 1-1-1937 - 3-4-1937, 27-9-1937 - 25-12-1937, 2-1-1939  
 W. de Bruyn : ao 2-6-1937 - 24-7-1937, dan (1939) „betr. Higg”; ao 29-1-1940  
 E. Koebrugge : na „betr. Higg” (1938), ao 2-1-1939  
 P.J. Steunebrink : na „betr. Higg” (1938), ao 2-1-1939  
 E.P. de Hoog : na „betr. Higg” (1938-1939), ao 17-4-1939  
 A.J. Hendriksen : na „betr. Higg” (1938-1939), ao 5-7-1939  
 P.H. Berkelaar : na „betr. Higg” (1938-1939), ao 17-4-1939  
 W. de Visser : na „betr. Higg” (1939), ao 17-4-1939  
 G.W.A. v.d. Broek : na „betr. Higg” (1939), ao 17-4-1939  
 W. Cramer : na „betr. Higg” (1939), ao 17-4-1939  
 J.L. ten Pas : na „betr. Higg” (1939), ao 29-1-1940

Noot: „Betr. Higg” wil zeggen: eerst in dienst van installatie bureau Hijgenaer

De complete personeelslijst 1927-1940 bevat voorts de volgende namen (chronologisch): C.J. v. Maaren, W. v.d. Bergh, J.C. Gaykema Sr., I. Sanderse, prof. C. Zwikker, J. Munnikhuis Jr., H. Alting, A. de Bruin, H.L. Voorn, dr. A.C.S. van Heel, ir. P. Zijlstra, F.C. Dullemond, L.W. de Hoog, A.P. Bangma, W. Kobosson, C. Ouwehand, G. Boot, J.C. Riem, ir. B. v. Dijn, ir. W. Werner, J. v.d. Beek, M. Vogt, B.E. Zondervan, F. Cornelisse, ir. M. Staal, E.J.G. Toxopeus, W.N. Haman, ir. M.P. Breedveld, ir. P.H. Boukema, S. van Gijn, ir. A. Speerstra, ir. J. Jonker, Th. v. Bommel, E. Vlaardingerbroek, P. Maas.



Overzicht personeel (1927 - 1940)



## 1.6 RUIMTE

Het ter beschikking staande behuizingsoppervlak (enkel gelijkvloers!) was bij het begin (half 1927) ongeveer 100 m<sup>2</sup> bruto; het eindigde in half 1940 met 788 m<sup>2</sup>, waarbij de laatste uitbreiding meer dan een verdubbeling betekende, maar die bij het uitbreken van de oorlog nog niet bewoonbaar was. Het bruto-oppervlak verliep ongeveer:

1927 - 130 m<sup>2</sup>

1929 - 140 m<sup>2</sup>

1931 - 200 m<sup>2</sup>

1936 - 220 m<sup>2</sup>

1937 - 328 m<sup>2</sup>

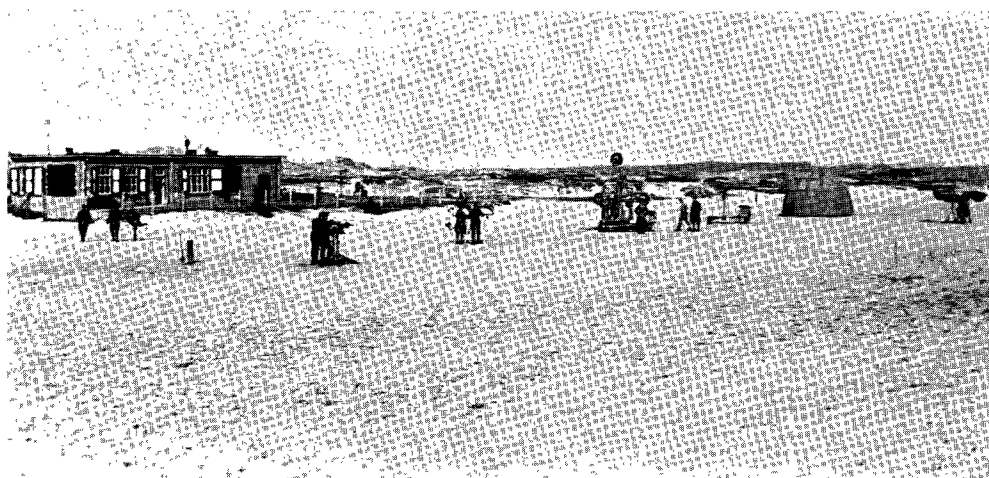
1938 - 368 m<sup>2</sup>

1939 - 388 m<sup>2</sup>

1940 - 788 m<sup>2</sup>

Het beschikbare bruto oppervlak per man personeel, beginnend met 65 m<sup>2</sup>/pers. zakte in tot 12 m<sup>2</sup>/pers. in 1939, om in 1940 weer tot 21 m<sup>2</sup>/pers. te kunnen komen.

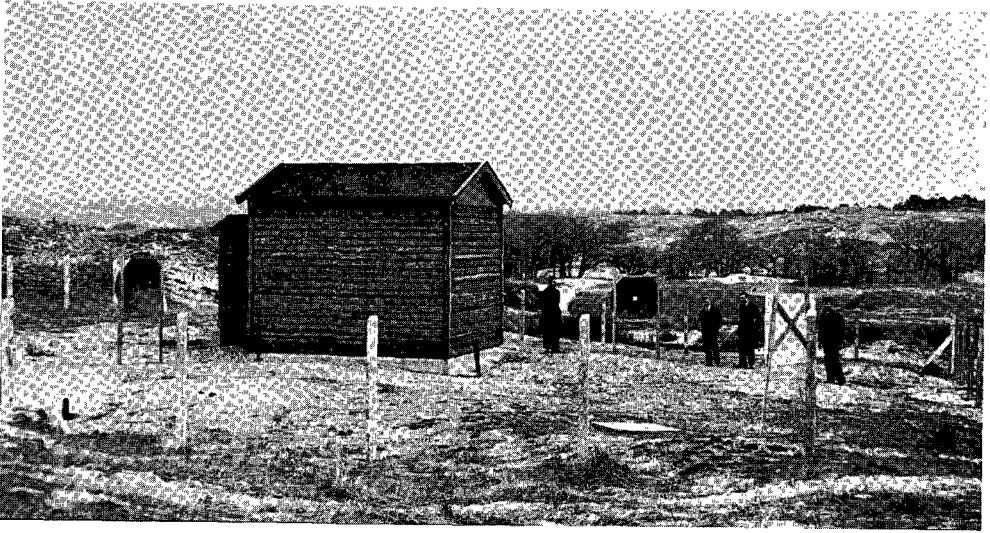
Het Meetgebouw bevatte bovendien nog ruimte voor de Militaire Weerdienst. De vlakte van Waalsdorp was toentertijd een zandvlakte zonder begroeiing,



*Vlakte van Waalsdorp*

maar vaak ten dele onder water. Daar de straatweg nog niet bestond moest bij hoge waterstand het Meetgebouw bereikt worden door het Barakkenkamp van het Reg. Grenadiers en Jagers.

Buiten het directe terrein kwam later nog een houten huisje tot stand („Villa Acoustica”) voor geluidstille proeven, ongeveer ter plaatse waar thans het monu-



*Villa Acoustica*



*ir. van Soest en P.D. Groot voor Villa Acoustica*

ment voor de gefusilleerden is, achter de duintop. Tenslotte werd later nog een houten huisje op een duintop aan de grens van het militaire terrein bij Meijndel („Pic Handel”) voor radiopeiling opgericht.

## I.7 FINANCIEN

In 1926 waren reeds bij voorbaat enige machines en instrumenten aangekocht. De uitgaven voor materieel waren in de beginjaren vooral zéér sober. Het is historisch van interesse de aanvragen voor 1927 en 1928 hier over te nemen.

### **Aanvraag van de C.Ph.S. van 6 Oct. 1927 - no. 36 - geheim**

.....voorstellen om een bedrag van f 2.000,- te harer beschikking te stellen voor aankoop van:

materialen voor proefnemingen

physische benodigdheden, welke aan speciale eisen moeten voldoen  
(stroom, golf, spanningsmeters, e.d.);

werktuigen, gereedschappen of benodigdheden voor proefnemingen.

De commissie kan deze opgave niet verder detailleren, daar de behoeften grootendeels eerst tijdens de proefnemingen zullen blijken.....

### **Aanvraag van de C.v.Ph.S. van 6 Oct. 1927 - no. 37 - geheim**

.....als volgt:

a.	boeken		
	Hütte, des Ingenieurs Taschenbuch (3 deelen)	f	26,-
	Electrotechnische kalender	f	3,-
	Rayleigh: Theory of sound	f	19,50
	Kohlrausch: Lehrbuch der praktischen Physik	f	15,-
	Mihaly: Das elektrische Fernsehen	f	6,-
	Irwin: Oscillographs	f	5,50
	Landolt en Börnstem: Physikalisch Chemische Tabellen (II)	f	35,-
		Totaal	f 110,-
b.	schrijfbehoeften, porto's, bureaubehoeften, telefoongesprekken, teekenbehoeften e.d.	f	135,-
c.	schoonmaakbehoeften voor het laboratorium en huishoudelijke artikelen en elektrische gloeilampen	f	70,-
d.	kolen, ter verwarming van het bureau met aangrenzende lokaliteiten	f	70,-
e.	onvoorzien	f	15,-
		Totaal	f 290,-

**Aanvraag van de C. v. Ph. S. van 14 Maart 1928 - no. 25 - geheim**

.....

f 500,- voor stroomgebruik in 1928

f 3000,- voor de aanschaffing van voor proefneming benodigde materialen, gereedschappen, werktuigen en laboratoriumbenodigdheden en het aanbrengen van voor de proeven benodigde inrichtingen.

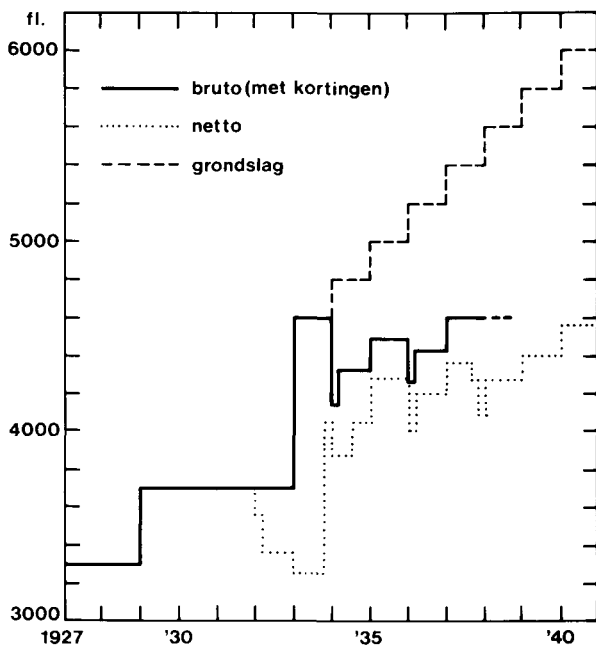
.....

f 400,- als volgt te moeten besteden:

boeken, tijdschriften, enz.	f	160,-
schrijf- en teekenbenodigdheden, papier, enz.	f	20,-
porti	f	20,-
schoonmaak- en huishoudelijke behoeften (zeep, wasschen van handdoeken, enz.)	f	60,-
schrijf- en teekenloonen	f	120,-
telefoongesprekken	f	20,-

Totaal f 400,-

Omtrent de salarissen en lonen zij slechts het volgende gemeld. Dat van de ingenieur (v. Soest) werd gesteld in schaal 220 Rijksambt. Het verloop is in de hierna volgende grafiek aangegeven, die een beeld geeft van de malaise-jaren 1934-1940. De technici werden in schaal 127 geplaatst.



*Salarisgrafiek  
Ir. J.L. van Soest*

In de periode van het „gebroken geweertje” was het moeilijk voor de Minister om de Commissie en haar werk ook maar enigszins aan de openbaarheid prijs te geven. Alle correspondentie over dienstzaken was geheim. Het laboratorium mocht geen laboratorium heten en werd door ons Meetgebouw genoemd; het personeel mocht niet zeggen voor welk doel het werkte en waar het werkte. Dit leverde veel moeilijkheden op in het wetenschappelijk contact met derden en was daarom sterk afhankelijk van persoonlijke factoren. Soms kon de strenge lijn iets worden doorbroken door een publicatie in de open literatuur of door een voordracht voor een wetenschappelijke vereniging.

Tweemaal had in de vlakte van Waalsdorp een incident plaats. Eenmaal verwijderde de militaire politie op ons verzoek twee Duitsers, die zich op verboden terrein ophielden bij een oud model vliegtuig, dat ten behoeve van onze proefnemingen, in de duinen op de grond was gestationeerd.

Een ander maal pleegde een anarchist een inbraak in de eerder genoemde „Villa Acoustica”. De militaire politie arresteerde de man, die een schroevendraaier en een stemvork in zijn zak had, nadat hij de inbraak had gepleegd. Op de vraag wat hij hier uitvoerde, kwam het antwoord dat hij de Staat der Nederlanden niet erkende. Uit hoofde van het feit dat hij twee eigendommen van het laboratorium bij zich had, kon hij voor diefstal gearresteerd worden en worden opgesloten. De rechter beval echter invrijheidsstelling, zodat hij naar Duitsland was uitgeweken vóór het proces begon. Op vrij scherpe toon werd aan mij als getuige gevraagd wat ik met een stemvork in een dienstgebouw deed. Blijkbaar dacht de rechter: vioolspelen. Het gehele verhaal toont de slappe houding in die tijd aan (1931).

De geheimzinnigheid rond het Meetgebouw werkte prikkelend op velen in het nabije militaire barakkenkamp. Een paar anekdoten mogen hier volgen.

*De vele nachtelijke proeven op het gebied van de geluidsvoortplanting door de atmosfeer zijn voor een deel verricht met medewerking van de voormalige technicus-instrumentmaker Groot, die later enige malen als soldaat werd gedetacheerd en ten dele ondergebracht werd in het militaire kamp. Voor de dienstdoende officier was het een doorn in het oog dat deze milicien 's nachts afwezig was en overdag moest kunnen slapen. Ondervraging waarvoor dit eigenlijk diende, vond bij herhaling plaats, maar uitleg mocht niet worden gegeven, totdat ik hem machtigde te zeggen dat hij werkte aan „orthogonale geluidsbeeld-trajectoriën”. „Ah juist”, was het antwoord van de onderofficier.*

*Op een goede dag lag een reserve 1ste Lt. in het duin ingespannen naar het dak van het Meetgebouw te turen, toen ik toevallig langs liep en in hem een bekend physics herkende. „Wat doe je”, vroeg ik. „Ze zeggen”, zei hij, „dat vogels, die boven het dak vliegen, dood omlaag vallen”. „Heb je wel eens leeuwerikken in hun vlucht gadeslagen”, was mijn wedervraag.*

*Een andere physicus-reserve It., die ik kende, drong er op aan binnenshuis te komen. Via de deur leidde ik hem direct de trap naar het dak op. „Mooi uitzicht, vind je niet?“ „Ja, maar, wat doe je nu hier“, volgde in een paar toonaarden. „Kan je een geheim bewaren?“ „Ja“, kwam er opgelucht uit. „Ik ook“ was mijn antwoord en ik liet hem de deur weer uit.*

De geheimhouding had overigens de gunstige uitwerking, dat - toen de Duitsers Nederland bezet hadden - de Duitse autoriteiten niet op de hoogte waren van een fysisch research-instituut.

In de 8 volgende hoofdstukken wordt het researchwerk vermeld op het gebied van geluid, overbrenging schietgegevens, radio, infrarood, „electrisch luistertoe-stel“, diversen.

## II RESEARCH OP HET GEBIED VAN GELUID

1927	1) variabele condensator als drukmeter 2) studietoestellen Geluidmeetdienst					
1928	luistertoestellen					
	toestel „Goerz”	geluidsvoortplanting	binauraal horen	eigen luister-toestel	luister-kooi	
1929	voortz.	voortz.	voortz.	toestel „Groot”		microfoons Reiz- Band- explosie-drukmeter
1930	toestel „Barbier, B, T” 3 grote luister-proeven		voortz.	voortz. en planchetten		eigen condensator microfoon
1931			voortz.	voortz.		
1932	fund. onderzoek stereo-acoustiek	toestelletjes Luchtwacht-dienst	model „Koloniën”	defin. tekening toestel Genie		electro-magnetische bandmicrofoon
1933			combinatie luister + kijker + zoeklicht	11 ex. voortz.		
1934		toestel en kleine ontvangers (Luchtw.d.)	en elektrische overbrenging (zie III)		eindmodel	
1935	↓					infra-acoustisch onderzoek
1936			↓			
				1937? ontwikkeling bij Artillerie Inrichtingen		
1937	neerslaan aereosolen door ultra-acoustische trillingen			productie		
1938		onderwater-detectie (magneto-strictief)				
1939	↓					
1940			↓			

Men moet deze research zien in het kader van die tijd, 50 tot 30 jaar geleden. In het begin vooral, stond de electronica nog in baby-schoenen. De spiegelgalvanometers beheersten nog het beeld van het laboratorium; alhoewel op trilling-vrije, van het gebouw losstaande pilaren opgesteld, gingen de spiegeltjes bij elk militair schot in het oefenterrein lustig op en neer! De eerste electronische meter („Moullin meter”) deed daarna, haast op watten binnengedragen, zijn intrede in de loop dier jaren.

Honingraatspoelen en draai-condensatoren vierden eerst nog hun hoogtij; zelfs een electriseermachine deed nog wel eens dienst.

De research van toen kan men nu met een glimlach bekijken, maar men vergete vooral niet dat de researchobstakels toen relatief even groot waren als ze nu zijn. Het mechanische precisie-werk echter stond toen al op ongekende hoogte. Het heeft in die jaren een belangrijke rol gespeeld. Nog, na de oorlog, telde het laboratorium 80% van de Nederlandse Meesterinstrumentmakers!

## **II-1        BEPALING VAN EXPLOSIE- RESP. GELUIDSDRUK MET BEHULP VAN EEN DAARVOOR GEVOELIGE CONDENSATOR**

Omdat in 1927, na mijn benoeming, het Meetgebouw te Waalsdorp nog niet gereed was en de voorbereidingen voor de inrichting ervan de werktijd niet voldoende vulden, is enige maanden door mij op het Kamerlingh Onneslaboratorium aan bovengenoemd onderwerp gewerkt. Het laboratorium was in het geheel niet ingericht voor electronisch werk, zodat de opzet van de research slechts traag verliep; als historische noot: condensatoren waren in het magazijn niet aanwezig, wel „Leidsche flesschen”. In de zomerperiode moest het werk worden afgebroken zonder eclatant succes.

## **II-2        GELUIDMEETDIENST 2e REGIMENT VELDARTILLERIE**

Intussen was ik gemengd in problemen van de geluidmeetdienst, waar (met Duitse apparatuur) de afvuurplaats van kanonnen werd gemeten door registratie van de tijdsverschillen in aankomst der knallen op minstens 3 verschillende plaatsen. Microfonen (als ontvangers) en de registratie op band werkten niet steeds voldoende betrouwbaar.

## **II-3        BUITENLANDSE LUISTERTOESTELLEN**

Na de eerste wereldoorlog werd het probleem van luchtoorlog zeer dringend. De luchtdoelartillerie begon zich tot een afzonderlijk wapen te ontwikkelen: in de 20er en 30er jaren was de militaire organisatie een „Korps” Luchtdoelartillerie, ressorterend onder de Inspecteur der Artillerie. Detectie van vliegtuigen was eerst enkel op het gezicht; 's nachts werd gebruik gemaakt van sterke zoeklichten, die op goed geluk en op het geluid af werden gericht; de zoeklichtdienst ressorteerde onder het Wapen der Genie. Om verbetering te brengen in de opsporing met be-



hulp van het oor, waren in 1927 in het buitenland reeds enige „luistertoestellen” bekend, die door partikuliere firma’s op de markt werden gebracht. De Genie had reeds een „Dopplerrichtungshörer” in spaarzaam gebruik, welke niet of nauwelijks effectief was.

Voordat het Meetgebouw te Waalsdorp in actie kon komen, was ik bezig met de studie van buitenlandse modellen, terwijl de Genie voor studie een half luister-toestel van Goerz ter beschikking wilde stellen.

De opzet dezer luistertoestellen was om, naast versterking van het geluid, een ver-grote basisafstand te krijgen, groot t.o.v. de afstand linker- rechteroor, zodat de luisteraar in het toestel een evenredig scherpere hoekbepaling van het invallende geluid kon horen. Een complicatie vormde natuurlijk het tweedimensionale van de geluidsrichting, reden waarom de toestellen meestal door twee luisteraars be-diend werden (verticale en horizontale basis).

In 1927 en de jaren daarna is een literatuurverzameling aangelegd van de verschil-lende bekend geworden buitenlandse luistertoestellen. Deze verzameling is wel uniek en bevindt zich in het archief van het Fysisch Laboratorium. Het omvat o.a.:

1. **Askania**: doppelt Richtungshörer
2. **Goerz**: Richtungshörer
3. **Barbier, Bénard, Turenne**: appareil de repérage contre avions
4. **Sautter Harlé**: appareil de repérage par le son
5. **Sperry**: anti-aircraft equipment
6. **Barr and Stroud**: sound locator
7. Japanse luistertoestellen met parabolische en exponentiële ontvangers
8. Genie Utrecht: myriafoon toestel
9. Italiaans toestel
10. **Tepas**: Horchgerät
11. **Galileo**: appareil de repérage acoustique et détecteur acoustique, petit modèle
12. Electroacoustic: sphäroscoop en orthonom
13. Slot, diversen.

## II-4 TOESTEL GOERZ

In 1928 (en 1929) werden zeer veel metingen verricht, waarvan het toestel Goerz in het middelpunt van de belangstelling stond.

De bedoeling was de nauwkeurigheid van richtingsbepaling te onderzoeken. In 1928 was hiervoor een half toestel ter beschikking (richtingsbepaling in één der twee richtingen), afkomstig van de Genie; in 1929 stelde de Koninklijke Marine een toestel voor beproeving ter beschikking. Dagrappporten, een samenvattend rap-port 1928 en het verslag omtrent het Marine-toestel, berusten in het archief van het Fysisch Laboratorium.

Alras bleek dat de afwijkingen in de waarnemingen, die in elevatierichting op-traden t.o.v. de juiste (optische richting) niet enkel aan afwijkingen bij de waar-nemer zelf waren te wijten, maar dat de toestand van de atmosfeer grote afwij-



*„Half“ luistertoestel van Goerz*

kingen veroorzaakte. Vele proeven zijn in ongeveer horizontale richting genomen op een geluidsbron op 330 m afstand. Temperatuurgradiënt en windinvloed veroorzaakten afwijkingen tot in vele graden.

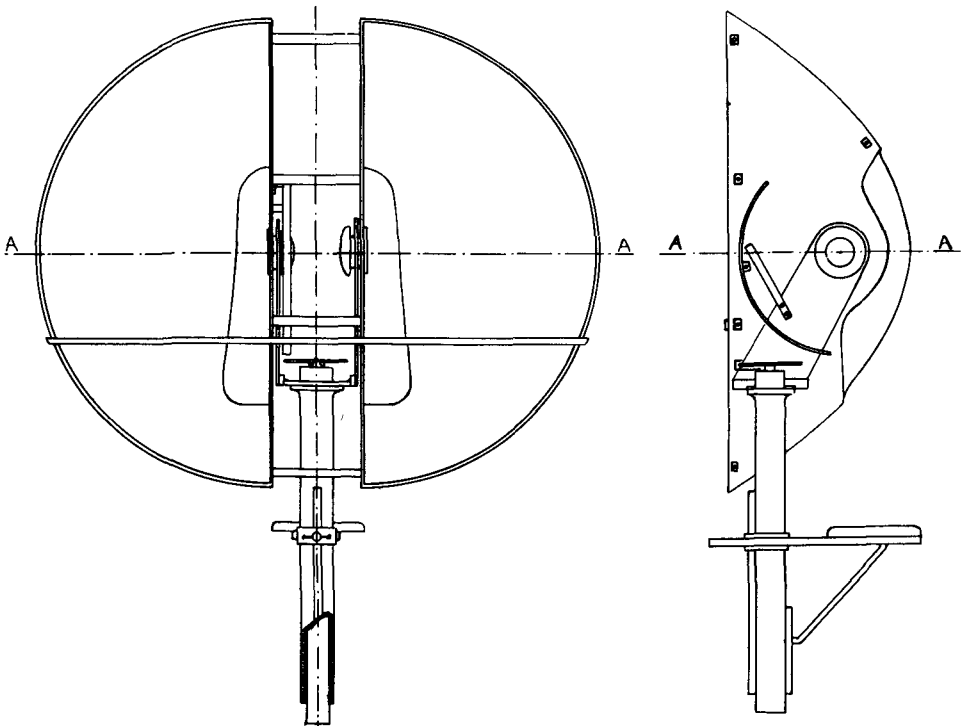
Bovendien viel de versterkingsgraad niet mee: de grote parabolische ontvangers, die deze versterking konden opleveren gaven geen nuttig effect van voldoende grootte, omdat de weg van het brandpunt der paraboloiden naar het oor, ondanks een listige geometrische constructie van het toestel, weer verlies met zich bleek te brengen. De vergrote meetbasis (nuttig voor de nauwkeurigheid van instelling) bracht dus nadelig intensiteitsverlies; wèl werd het voor goede luistertoestellen zo karakteristieke „geluidsbeeld“, dat binnen in het hoofd tussen linker- en rechteroor geproduceerd wordt, goed verkregen.

## II-5 GELUIDSTRALEN EN ATMOSFEER

In het rapport over het toestel Goerz heb ik de atmosferische invloeden besproken en de wet van Snellius daarop toegepast. Dit was een noviteit, daar men tot dat moment slechts gerekend had met atmosferische afwijkingen op zeer grote hoogte (ozonlaag) en bij grote afstanden (zie bijv. v. Everdingen, Proc. Kon. Ak. v. Wet.b. XVIII, 1915); aan dergelijke verre afstandsmetingen heeft Waalsdorp nog meegewerkt.

De (nooit gepubliceerde) resultaten van de toepassing van de wet van Snellius op de verschijnselen op kleinere afstand, stimuleerden een ruimer onderzoek en leidden tot oprichting van een colloquium over geluidsvoortplanting (1933 - 1936). Berekeningen door Elias, Zwicker, Zijlstra en mijzelf kwamen in discussie. Een rapport over „Acoustische Opsporing” (v. Soest, 1934) behandelde een deel van de stof. Een tekentoestel voor het tekenen van geluidsbanen bij gegeven temperatuurgradiënt werd door de Vries en mij vervaardigd in een provisorisch model. Dit model is in de oorlogsperiode verloren gegaan. Zulk een apparaat is weer actueel geworden bij de onderwater acoustische problemen na de oorlog, omdat daar dezelfde toepassingen van de wet van Snellius aanwezig zijn!

## II-6 LUISTERTOESTEL WAALSDORP



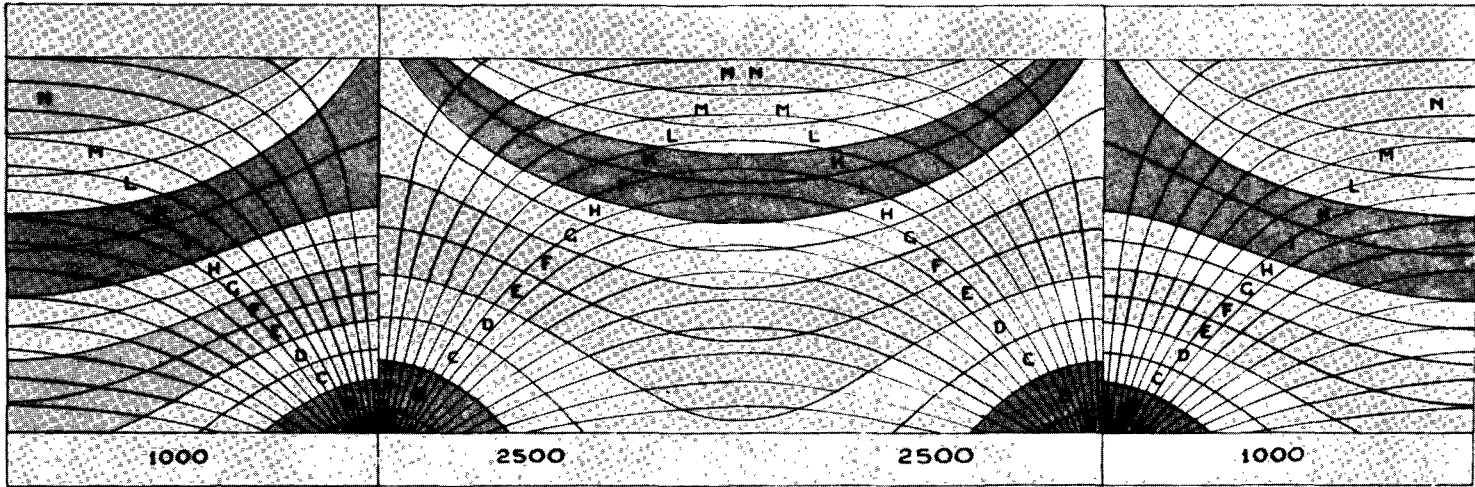
De vergroting van de gehoorbasis, in II-4 reeds aangeroerd, leek weinig winst op te leveren. Bij het toestel Goerz was de constructie van de geluidsbaan in het toestel nog zo ideaal mogelijk, maar bij andere toestellen, zoals bij de Doppelt-Richtungs-hörer (bij de Genie aanwezig) uiterst gebrekkig en intensiteitsverminderend. Al spoedig kwam de gedachte op een toestel te construeren zonder vergrote gehoorbasis maar met grotere geluidsontvangst. De opdracht kwam voor ontwerp van een toestel voor de Luchtwachtdienst. Het resultaat was het toestel „Groot“, zie rapport Groot, 1929. Het bestond uit halfparaboloïde gehoorschelpen, waartussen de waarnemer plaats nam; deze waren verticaal bewegelijk met de handen, horizontaal om een spil, waaraan de waarnemer verbonden was, die met de voeten de horizontale beweging kon bewerkstelligen. Er was slechts één waarnemer nodig: de horizontale instelling geschiedde door middel van het geluidsbeeld, de verticale door schommelende instelling om een maximale intensiteitswaarde.

De resultaten overtroffen die van het toestel Goerz en dat van het eveneens ter beschikking gestelde luistertoestel van Barbier, Bénard, Turenne. Daarom besloot het Departement de dure buitenlandse toestellen niet aan te schaffen, maar het oorspronkelijk voor de Luchtwachtdienst beraamde ontwerp voor de Genie te bestemmen.

In samenwerking met de toenmalige Kapt. v.d.Bergh en het personeel te Waalsdorp begon toen een ontwikkeling, die zeer langdurig is geworden. De „troep“ was niet voorbereid militaire proeven regelmatig uit te voeren; dit geschiedde eens, hoogstens twee maal per jaar; en dit vertraagde de ontwikkeling zeer. In twee richtingen verliep deze daarna. Een ontwerp voor het Departement van Koloniën komt verderop ter sprake. De ontwikkeling voor de Genie werd in 1935 (?) door de Artillerie-inrichtingen overgenomen, men mag wel zeggen „op eigen houtje“, na inlevering van het laatste proefmodel van Waalsdorp, benevens tekeningen. Het fabrieksresultaat was een erbarmelijk piepend en krakend toestel, dat vóór de oorlog bij de Genie geïntroduceerd, nauwelijks of niet resultaat bereikte.

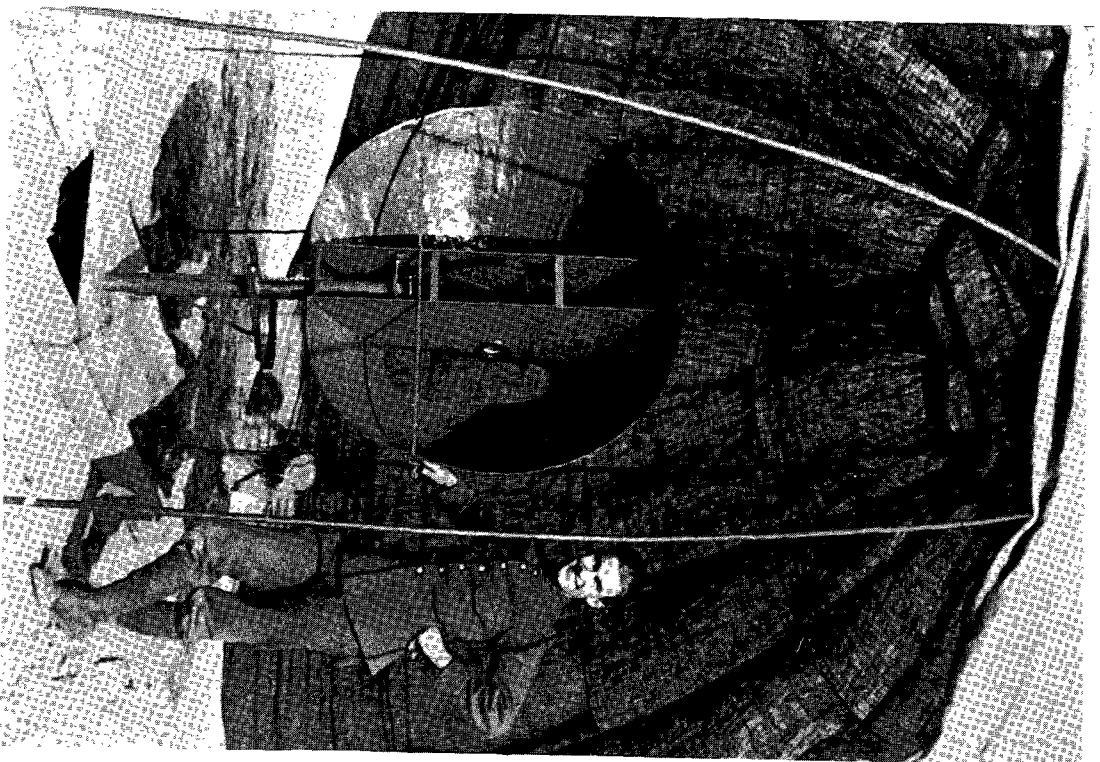
Reeds in 1931 werd het in Waalsdorp duidelijk dat, tengevolge van de toename van de snelheid der te detecteren vliegtuigen, de waarnemingsfout steeds belangrijker werd; deze is toch evenredig met de verhouding dezer snelheid tot de snelheid van het geluid. Het leidde tot invoering van een correctiemethode met cilindrische planchetten. De (rechte, horizontale, met constante snelheid van het vliegtuig) uit een paar waarnemingspunten bepaalde baan, kreeg een vóórcorrectie op die baan. Deze was echter slechts mogelijk als òf de snelheid van het vliegtuig òf de hoogte ervan bekend is; besloten werd voor de correctie slechts twee hoogten te aanvaarden en op één der twee de correctie uit te voeren voor elk speciaal detectiegeval.

Ook spoedig bleek dat, alhoewel de beweging van de proefmodellen geen ruis-last veroorzaakte, de wind toch storingen gaf, die de detectie bemoeilijkten. Het gevolg was dat het toestel (bij wind) onder een halfbolvormige, jute „luisterkooi“ werd geplaatst, die de detectiekans aanzienlijk bleek te verbeteren. De „troep“ echter heeft er nooit aan gewild: de soldaten wilden zien wat zij deden, of het dag of nacht was!



*Fig. 12*  
 Profiel van de geluidsgolven van  
 een vliegtuig dat de catoptrische hoek  
 vullen van de hoek bij de hoogte  
 13/1/34

Planchet voor correctie luistertoestel in verband met vliegtuigsnelheid- en hoogte



*Iuisterkooi*

Toen bleek dat het in II-6 behandelde toestel een goede vervanger kon zijn voor de grote luistertoestellen, waaraan de Genie behoefte had en dus reikte boven het niveau dat men zich voor de „Luchtwachtdienst” had gesteld, werd al spoedig onderzoek gedaan naar kleinere toestelletjes, die door de luisteraar gedragen konden worden en als „vergrote oorschelpen” aangeduid kunnen worden.



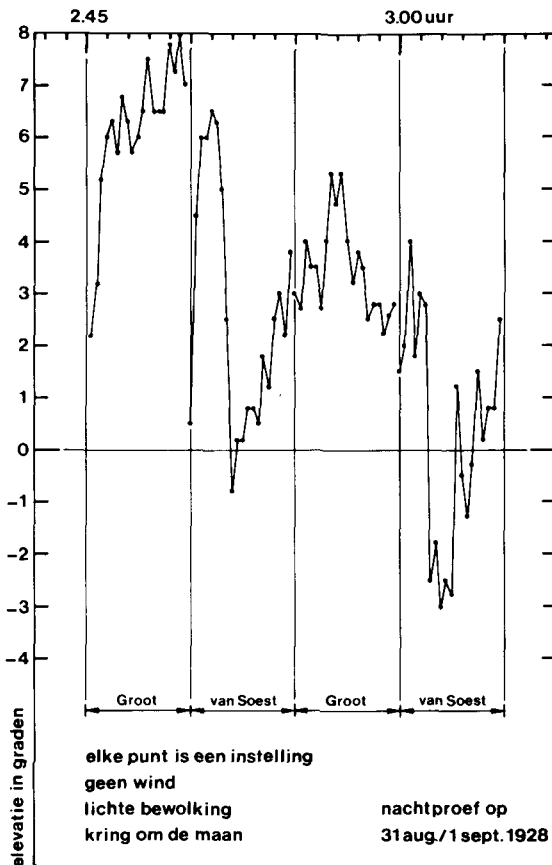
*vergrote oorschelpen*

Het bezwaar was dat de winst in geluidsterkte in één richting ten koste ging van die in andere richtingen. Daarom moest een grote hoofdbewegelijkheid van de luisteraar gevergd worden als de detectierichting niet min of meer bekend verondersteld mocht worden.

Tot een productie hebben deze modellen niet geleid.

## II-8 ACOUSTISCHE OPSPORING VAN VLIEGTUIGEN

Dit onderwerp kan in twee delen gesplitst worden. De verschijnselen, die onmiddellijk samenhangen met het „geluidsbeeld” in het achterhoofd en met richtings-gewaarwordingen en stereo-acoustische verschijnselen komen verderop ter sprake. Bovendien is de invloed van de meteorologische omstandigheden, die in II-5 behandeld zijn, van grote betekenis bij de acoustische opsporing van vliegtuigen. Een opvallend verschijnsel deed zich bij de proeven met het toestel van Goerz (in 1927/28) voor bij lange series van metingen op een vast punt: ongeveer 50 metingen per kwartier, afwisselend telkens per twintig door een andere luisteraar (Groot, v. Soest). De fluctuerende instellingen pasten in grote trekken aan elkaar aan, waren dus niet aan persoonlijke instellings „fouten” te wijten, maar aan de atmosferische omstandigheden zie de bijgaande grafieken. Dit betekende dat de persoonlijke fluctuaties dus veel geringer moesten zijn dan de meteorologische. (Zie grafiek).





## II-9 VERGELIJKENDE PROEVEN MET VERSCHILLENDE LUISTERTOESTELLEN

Ik wil hier maar kort over zijn na hetgeen reeds hiervoor is opgemerkt. Het toestel van Waalsdorp werd vergeleken met buitenlandse toestellen, voorzover ter beschikking, met opsporing (enkel in sterkte, niet in richting) met microfonen enz. Bij enkele proeven werden de resultaten op oscillograafbanden (fotografisch) met de tijd geregistreerd. Het toestel van Waalsdorp kwam bij deze vergelijkende proeven steeds met goed resultaat uit de bus.

## II-10 BINAURAAL HOREN

Hetgeen over het „geluidsbeeld“ in het achterhoofd bekend was in 1928, was uiterst summier. Het bleek nodig, ter beter begrip van de werking van luistertoestellen, fundamentele research op het gebied van binauraal horen te doen; dit had de volledige instemming van de Commissie én van het Departement (i.c. de Inspecteurs van Artillerie en Genie), een feit dat in deze jaren, waarin militaire „fysische“ research in vrijwel alle (zeker kleinere) landen nog in een initieel stadium verkeerde, het vermelden waard is.

De proeven zijn in hoofdzaak door Groot en mij genomen en ten dele gepubliceerd, vgl. het lijstje aan het slot van deze paragraaf.

In de eerste plaats bleek dat bij zeer zorgvuldig onderzoek tijdverschillen in aankomst van geluid aan linker- en rechteroor tot op 1 microsec. nauwkeurig waren te herkennen als afwijking uit de mediane indruk van het geluidsbeeld; dit wil zeggen dat in het mediane vlak 0,1 graad afwijking van de geluidsrichting de nauwkeurigheids grens aangaf. Dit is een waarde die 30 x zo nauwkeurig was als de opgegeven waarde van ca. 1/30.000 sec.; vandaar de veronderstelde noodzaak van gehoorbasisvergroting bij de bovengenoemde buitenlandse luistertoestellen.

Niet enkel pulsformige geluiden, ook zuivere tonen werden onderzocht, hetgeen een alineaar verschijnsel bij het luisteren bleek op te leveren. Ook de invloed van het dover maken van één der oren werd onderzocht. Aan het opsporen van zwakke geluiden werd aandacht gewijd in verband met de geluidsintensiteitsdrempel, de correlatie met polsslag en het begrip van „van ogenblik tot ogenblik sterker wordend geluid“, waarbij het ritme van de polsslag een rol speelde.

Het stereoacoustisch waarnemen, d.w.z. in twee richtingen, leidde tot de conclusie dat, omdat twee parameters voor de richtingsbepaling nodig waren, zowel tijdsverschil als intensiteitsverhouding van het geluid links en rechts nodig was. Bij de acoustische proeven werd op verschillende wijze getracht in een reflectievrije omgeving te meten.

Zo werd mijn bureauroom voor enige tijd met een baal poetskatoen volgehouden en bekleed. Zo werd ook een tijdje de „vlakke“ vlakke van Waalsdorp gebruikt met een ingegraven ton, waar de waarnemer met zijn oren op vlakteniveau kon luisteren.

*Bij deze laatste proeven (’s nachts, om geluidsstoring door het toen nog summiere autoverkeer te verminderen) kwam de militaire bewakingspolitie eens controleren: een vloek en „wat is dát voor een geheimzinnige boel hier“. Niet ten onrechte.*

### **Publicaties P.D. Groot en J.L. van Soest**

v.S.: Stereoacoustische metingen. Ned. Nat. Gen. C 1929

v.S. & Gr.: Physica 9 (1929) 111 - 114 (Stereoacoustische geluidsbeelden en kleinst waarneembare tijdsverschillen).

v.S.: Physica 9 (1929) 271 - 282 (Richtingshooren bij sinusvormige geluidstrillingen).

v.S. & Gr.: Physica 11(1931) 103 - 116 (Het richtingshooren in de ruimte).

v.S. & Gr.: Physica Vol. II (1935) 196 - 200 (Das Minimum audibile und die Kontrastschwelle).

## **II-11 LUISTERTOESTEL, KIJKERSTOESTEL, ZOEKLICHT**

Bij de verdediging tegen luchtdoelen berustte de organisatie in de twintiger jaren (en ook later) bij artillerie èn genie. De artillerie had een Korps Luchtdoelartillerie, de genie haar zoeklichtsectie.

Bij de luchtafweerkanonnen behoorde het vuurleidingstoestel en de afstandsmeter. Deze laatste was een parallaxmeter, in beginsel juist, maar moeilijk bedienbaar. Het vuurleidingstoestel was zuiver mechanisch met een reeds hoge graad van mechanische perfectie, wat assen, raderwerk en camoïdes betrof. De kapt. v.d. Bergh was de uitvinder van het Berkogtoestel, dat bij Zeiss werd ontwikkeld; dit was een sterk verbeterde versie van de bestaande toestellen; wèl zijn beproevingen in Nederland gehouden, maar invoering bij de troep heeft niet plaatsgevonden. Het opsporen van de doelen geschiedde met het oog en het oor, eventueel met kijkers en 's nachts met de medewerking van door de genie bediende zoeklichten.

Oorspronkelijk richtte de genie de zoeklichten op het gehoor; de invoering van luistertoestellen moest deze manoeuvre verbeteren.

Dat aan de gehele organisatie veel moeilijkheden kleefden is begrijpelijk; het gehele verdedigingsstelsel tegen luchtdoelen verkeerde nog in een beginstadium. Ter verbetering van de situatie verkreeg „Waalsdorp“ twee opdrachten. De ene was (reeds in 1928) om een electricch systeem voor overbrengen van gegevens te ontwikkelen; hierover volgt uitvoerig in het volgende hoofdstuk. De andere opdracht van wat later datum was afkomstig zowel van de Genie als van het Ministerie van Koloniën, nl. om een kijkertoestel te ontwikkelen, dat electricch gekoppeld moest kunnen worden enerzijds aan het luistertoestel, anderzijds aan het zoeklicht. De constructie van het kijkertoestel was in hoofdzaak het werk van de technicus Groenewold, het systeem van electricche overbrenging dat van de Vries.

Het volgende organisatieschema werd opgezet: het luistertoestel detecteert het luchtdoel en bepaalt baan en correcties, seint de gegevens door naar het kijkertoestel dat daarmee gericht wordt en tegelijk naar het zoeklicht. Het kijkertoestel is óók in staat zèlf te detecteren. Heeft de detectie van het doel door het kijkerstoestel plaats gehad, dan wordt daarna het zoeklicht door het kijkertoestel bediend.

De fabricage van de apparatuur is bij de artillerie inrichtingen, Hembrug geschied. Voorzover ik te weten ben gekomen, heeft de installatie luistertoestel, kijkertoestel, zoeklicht in O. Indië gefunctioneerd.

## II-12 ELECTRO-ACOUSTIEK: MICROFONEN, INFRA-ACOUSTIEK

In 1929 werden microfonen in nader onderzoek genomen, voornamelijk om te zien of zij in luistertoestellen een verbetering van het menselijk gehoororgaan konden betekenen, voorzover het intensiteit en drempelwaarde betrof. De proeven zijn vooral door drs. Bruining genomen. Zij beantwoordden niet aan het gestelde doel. Intussen had men ook in het buitenland (vgl. II-3, sub 12) installaties geprojecteerd op electro-acoustische basis; de Fa. Electro-acustik heeft zich speciaal op onderwateracoustiek toegelegd, zie II-14 voorzover Waalsdorp betreft.

Een andere mogelijkheid werd nagegaan: zouden infra-acoustische trillingen, beneden de waarnemingsgrens van het menselijk gehoororgaan, een bijdrage kunnen leveren voor vliegtuigdetectie? De proeven in samenwerking met Jhr. ir. von Weiler leverden geen gunstig resultaat op. Als hulpmiddel voor het opwekken der trillingen gebruikten wij een generator voor relaxatietrillingen.

## II-13 ACOUSTISCH NEERSLAAN VAN AEREOLEN

In 1937 werd een „zeer geheime“ opdracht verstrekt om na te gaan of aereolen ultra-acoustisch konden worden neergeslagen.

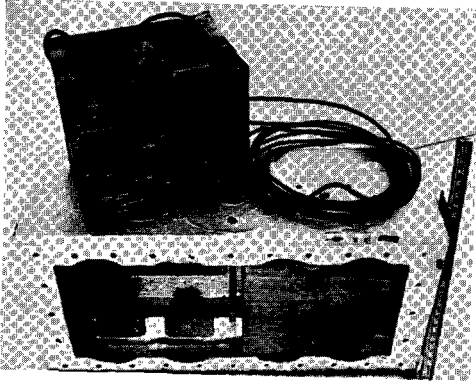
De toen ter beschikking staande middelen lieten slechts toe het opwekken van hoge frequenties met behulp van een Galtonfluit.

De uiterst summiere installatie leverde geen succes op! De eis van geheimhouding was zódanig, dat een extra (stenen) gebouwtje werd opgesteld in de N.O. hoek van het terrein van het Meetgebouw.

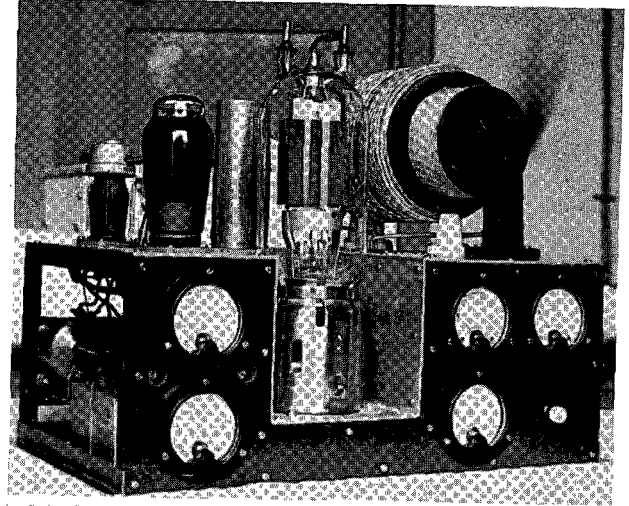
## II-14 ONDERWATERACOUSTIEK

De Koninklijke Marine had over het onderwerp van acoustiek onder water contacten met de Atlas-Werke over Unterwasserschallgeräte waaronder perifonen. Van het Departement van Defensie (zeer geheim) kwam op 5-4-1938 een opdracht voor proefnemingen met (eigen) perifofoon en voor bestudering van het vraagstuk van geruis-ontvangst. Jhr. ir. F. v.d. Wijck, door de P.T.T. uitgeleend, werd in dienst gesteld en werkte de theorie uit. Daarna werd ir. v. Dijn met metingen belast aan eigen perifonen op de basis van magnetostrictieve nikkelblokken; later (1939) kwam ook ir. Werner hieraan meewerken.

Er zijn proeven genomen onder water (Voorne, Aalsmeer), en op zee, aan boord van Hr.Ms. Mijnenveger M2, maar van invoering bij de Koninklijke Marine is het niet meer gekomen. Het is goed te vermelden dat het voornaamste onderzoek gebaseerd was op wat later asdic (Engeland) of sonar (USA) zou heten.



*perifoon*

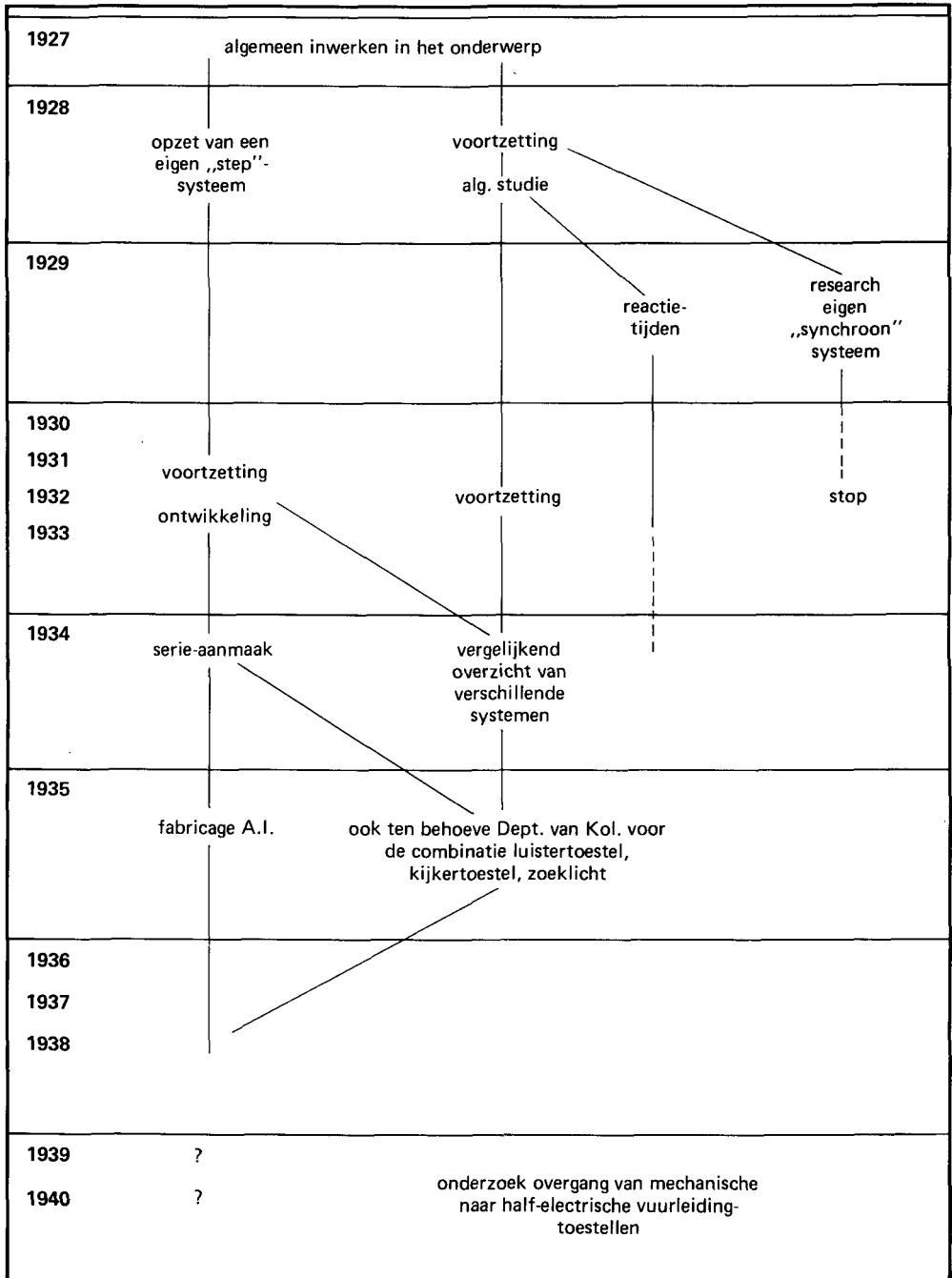


*zender*



*aan boord van  
Hr. Ms. Mijnenveger M2*

### III RESEARCH OP HET GEBIED VAN ELECTRICHE OVER- BRENGING VAN SCHIETGEGEVENS



### III-1 VUURLEIDING EN ELECTRISCHE OVERBRENGING

Door het verschijnen van vliegtuigen in het oorlogsbeeld ontstond de luchtdoelartillerie; daarmee de vuurleiding op het land. De Marine kende het probleem reeds, maar hier lagen de doelsnelheden op lager niveau en speelde het gewicht van apparaten en kabels een minder grote rol.

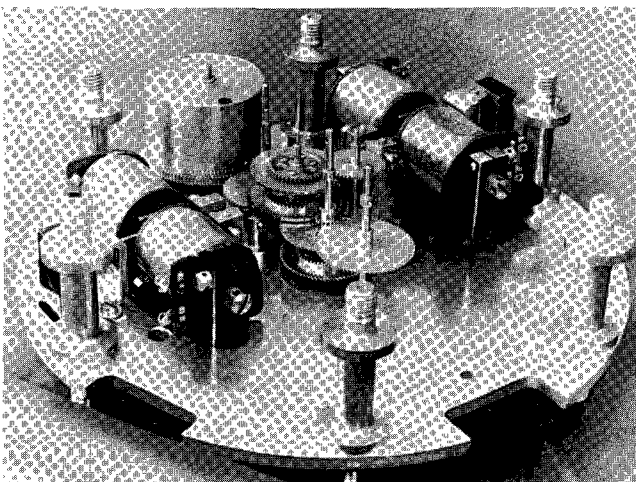
De secretaris van de Commissie voor Physische Strijdmiddelen, kapt. van den Bergh, was de uitvinder van één der vuurleidingstoestellen (de Berkog), een geavanceerd, maar zeer kostbaar ontwerp.

De opdracht ten behoeve van het Korps Luchtdoelartillerie vroeg om een vuurleidingsoverbrenging van vuurleidingstoestel naar de batterij van luchtdoelkanonnen. Het overbrengingssysteem diende licht en goedkoop te worden. Daarmee vervielen de toendertijd bekende overbrengingssystemen op „synchrone” basis, die zwaar waren, dikke kabels eisten, die echter het voordeel hadden van „synchrooniteit”, waarmee bedoeld werd dat e.m. velden in zender en ontvanger(s) de wijzers erin in gelijke stand hielden of brachten. Van 1929 - 1932 is nog wat onderzoek in Waalsdorp gedaan naar een mogelijk licht „synchroon” systeem, dat echter niet levensvatbaar bleek.

In 1927 werd besloten naar een „step”-systeem over te gaan; de ontvanger werd bediend door pulsen, die van de zender kwamen. Het nadeel was dat bij ontregeling de stand fout was, totdat bijgeregeld kon worden.

### III-2 STEPSYSTEEM

Met medewerking van de technici Groot, de Vries en Groenewold is dit systeem ontwikkeld. Het leidde tot uitermate fijn instrumentmakerswerk. Om het licht te doen zijn en om de schokken van het kanon te weerstaan werd een klein, compact uurwerk gemaakt, dat door een e.m. relais werd bediend en zijn energie verder ontleende aan een krachtige veer (die opgewonden werd). Verrassend grote stepsnelheden (ca. 300 p.s.) konden hiermee worden bereikt



„Stepsysteem”

Zo ongeveer om het jaar werd het systeem aan kanonnen gekoppeld ter beproeving, waarmee ca 4 jaar heenging. Er was veel belangstelling bij de op elkander volgende Inspecteurs der Artillerie; een enkele keer kwam een telegram van gelukwens bij een geslaagde proef. In 1934 werd tot serie-aanmaak besloten, welke door de A.I. zou worden verzorgd.

Reeds daarvoor, maar vooral bij de fabrieksmodellen, bleken bij proefnemingen soms ontregelingen op te treden. Deze bleken het gevolg te zijn van de zware schokken, die het kanon met ontvanger door schieten te verduren kreeg. Deze ontregelingen juist tijdens actie waren een groot nadeel. Pogingen om de schokbestendigheid te verbeteren hebben nauwelijks succes gehad. In deze impasse heeft algemene invoering bij de LuA niet meer plaatsgevonden vóórdat de oorlog een einde aan de ontwikkeling maakte.

Eén en ander over deze ontwikkeling is in het archief aanwezig.

### **III-3 REACTIETIJDEN**

Het koppelen van toestellen door elektrische overbrenging en de handelingen van de bedieners der toestellen vergden een inzicht in de reactietijden van toestel en mens. De snelheid, waarmee van het begin tot het einde in de toestellen-rij gewerkt moest worden om betrouwbare gegevens te verkrijgen, bijv. van waarneming over vuurleiding naar kanon, duldde geen ernstige vertragingen door de cumulatie van reactietijden.

Uitvoerige proeven zijn genomen met oscillografische opnamen.

### **III-4 VUURLEIDING**

Besprekingen met de Kapt. v.d. Bergh over steeds verdergaande eisen, die te stellen waren aan vuurleidingstoestellen, lieten wel vermoeden dat langzamerhand een grens werd bereikt aan de nauwkeurigheid der mechanische onderdelen van zulk een toestel. Bijvoorbeeld de camoïdes waren aan de grens van nauwkeurigheid die bereikt kon worden. En steeds groter werd de snelheid der luchtdoelen. Zonder dat vóór het uitbreken van de oorlog research plaats kon vinden, werd toch de mogelijkheid overwogen om een deel der mechanische elementen van een vuurleidingstoestel door elektrische te vervangen.

## IV

RESEARCH OP HET GEBIED VAN RADIOSONDES EN PEILING  
OP SONDES

1933		voorbereiding studie radiosonde
1934		opdracht vervaardiging Nederl. radiosonde eis: 0,5 kg, 10 stuks
1935		10 stuks - 400 gram ● peiling
1936	↓	
1937	↓	verbeteringen, oplatingen, ijkvat, kleine fabricage (Fa. Smitt), 40 stuks
1938	↓	maatregelen gericht op massafabricage (mallen, stempel toleranties)
1939	bestelling	50 ex. Fa. Smitt 50 ex. Fa. Waldorp (18 - 11 - '39)
1940		gericht op oorlogsproductie van 42 of 45 stuks per week



In de Militaire Weerdienst, welke in het Meetgebouw „buurman“ was, kwam de vraag op of in Nederland, i.c. in het Meetgebouw, radiosondes konden worden ontwikkeld. De Russische „Moltchanoff“ radiosonde zou als voorbeeld kunnen dienen. De sonde met ingebouwde barometer, thermometer, hygrometer, aflees- en codeerapparaat, radiozender en energiebron, zou zo licht mogelijk moeten zijn.

De voorbesprekingen in 1933, leidden tot een opdracht in 1934.

Aan Insje werd de taak toebedeeld deze ontwikkeling op zich te nemen. De eis van een gering gewicht hield verband met de afmetingen van de ballon, die het instrument tot in de stratosfeer moest brengen ( $-55^{\circ}$  C) om daar te barsten. De sonde kon met een parachute weer dalen.

Als barometer werd een bourdonbuis gekozen, als thermometer een bimetaal instrument, als hygrometer een haarhygrometer. In het bijzonder dit laatste instrument leverde bezwaren op, daar de geringe relatieve vochtigheid en de lage temperatuur waarbij de sonde voornamelijk moest werken, de haren weinig of niet handelbaar maakten. Andere mogelijkheden ervoor werden onder ogen gezien, voornamelijk in de natuur aanwezige vochtaanwijzers (zoals schubben van dennekegels), maar geen leverde een betere oplossing.

In deze tijd was de electronische ontwikkeling ook nog nauwelijks ver genoeg om van efficiënte meettechnieken gebruik te maken. Een B 406-„lamp“ van Philips fungeerde als zendbuis; de zender werkte op 50 MHz (6 m. golflengte). De energiebron was een gewone zakbatterij, in een dewarvaatje opgeborgen. De batterij leverde tevens de energie voor een motor, welke het aflees- en codeersysteem bediende. De motor moest „op gang“ worden gebracht. Bij de oplatingen bleek dit een nadeel te zijn, want stopte de motor om de een of andere reden (b.v. een zware windruk) dan stopte het gehele mechanisme.

Als antenne fungeerde de ophangdraad aan de ballon; het huis van de sonde was zó ingericht dat zonnestraling de thermometer en hygrometer in hun functie niet stoorde.

Het totaalgewicht (exclusief ballon en valscherf) was 585 g; daarmee was de Nederlandse radiosonde de lichtste ter wereld; óók 465 gram werd bereikt!

Vier maanden na de opdracht ging de eerste, nog incomplete sonde de lucht in. Na ongeveer vier proefmodellen volgde in 1939 het uiteindelijke model.

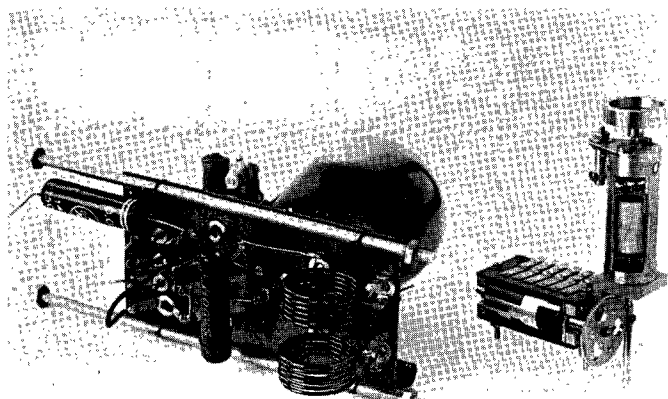
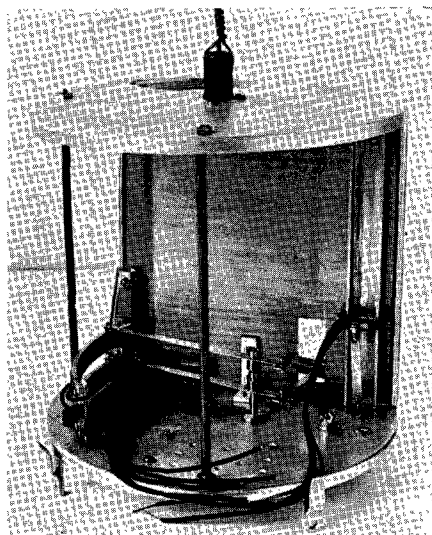
#### Literatuur:

J.L. van Soest, Een Nederlandsche Radiosonde, Tijdschrift van het Nederl. Radiogenootschap, VIII p. 305-313 (1940), zie bijlage.

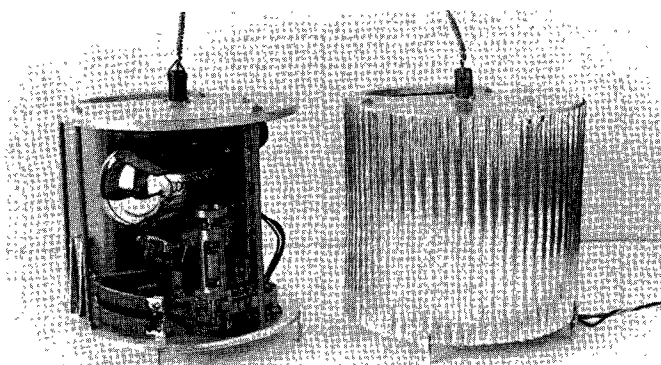
C.M.A. Insje & J.L. van Soest in Quart. Journal Royal Meteor. Soc. 66 (1940) no. 286, p. 317. (A Dutch Radiometeorograph).

Über Radiosonde-Konstruktionen, Denkschrift 1937, Int. Meteor. Organ. (Int. Aerolog. Komm.), p. 13.

*Barometer*



*De 50 MHz zender en de motor met schakel en codeersysteem*



*Complete radiosonde zonder en met afscherming*

De eerste productie geschiedde bij de Fa. Smitt te Bilthoven (Instrumentenfabriek). De oplatingen, in samenwerking met de Militaire Weerdienst, waren talrijk.

Voor de ontvangst van de gecodeerde berichten was een radio-ontvanger gebouwd.

## IV-2 MASSAFABRICAGE RADIOSONDE

Toen het vrijwel zeker was dat de ontwikkelde radiosonde haar doel voor de Militaire Weerdienst zou kunnen volbrengen, moest worden overgegaan tot voorbereiding van massafabricage. In de eerste plaats was verscherping van de tekeningen met maattoleranties nodig (Berkelaar).

Bovendien ging men zich toespitsen op - naast een kleine productie van elk 50 stuks bij de firma's Smitt en Waldorp - de voorbereiding van een massaproductie van 42 - 45 stuks per week in oorlogstijd, waarvoor mallen en stempels werden gemaakt. Een zeer uitvoerige correspondentie, vooral uit de jaren 1937-1940 ligt in het archief van het Laboratorium.

Het Centraal Orgaan Voorzieningen Weermacht (D.C.O.W.) nam de leiding in handen, in opdracht van de Minister, waarbij ook de Artillerie Inrichtingen werden ingeschakeld (eind 1939).

De oorlog overrompelde de gehele organisatie.

## IV-3 RADIOPEILING OP SONDES

De barometer van de sonde gaf aanwijzing voor de hoogte, van waaruit de sonde seinde. Het was echter óók nuttig de richting (in horizontale zin) te peilen. Hiertoe werd een radiopeilapparaat geconstrueerd, dat door Ir. Gratama is ontwikkeld, waarover een rapport verscheen (1938). Dit is een zeer uitvoerig en fundamenteel verslag over de peil-mogelijkheden.

*Nogal eens werden op aarde teruggekomen sondes door de vindere ingeleverd tegen beloning. Verschillende verdwenen in zee, maar andere keerden bij wind uit westelijke richting in hogere lagen terug, na aanvankelijk zeewaarts te zijn afgedreven. Andere verdwenen over de grenzen.*

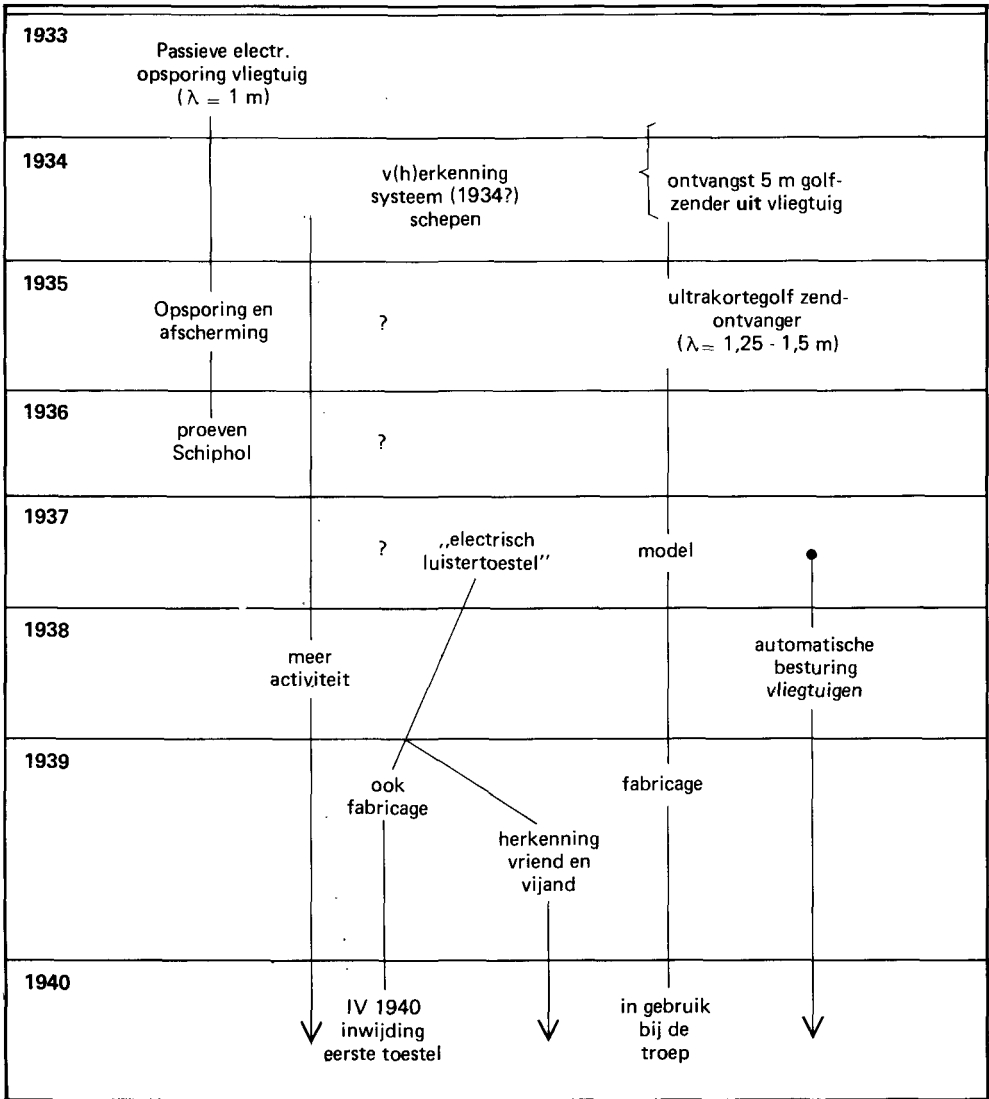
*Zo kwamen er ook sondes uit het buitenland in Nederland neer, welke door het K.N.M.I. naarstig naar het buitenland werden toegezonden, dit echter ook toen in 1939 de oorlog buiten onze grenzen uitbrak. Op mijn aandrang besliste de Minister dat deze instrumenten toen geïnterneerd moesten worden en in Waalsdorp opgeslagen.*

*Ongeveer vijftig stuks lagen daar, toen hier de oorlog uitbrak, veel Duitse sondes waren daarbij. In een gegraven kuil nabij het Meetgebouw zijn zij vernietigd voor dat de Duitsers binnentrokken. Een paar maanden na de ineenstorting vervoegde zich een Duits officier in Waalsdorp en eiste de sondes op, waaromtrent hij in de Bilt mededeling had ontvangen. Ik deelde mee ze vernietigd te hebben.*

*„Dann werde ich Ihnen verhaften lassen. Wieviel waren es?“ Ik antwoordde: „etwa 15.“ „Ja, das stimmt,“ zei hij; blijkbaar had het K.N.M.I. het getal toevallig óók zoveel omlaaggedrukt.*

*Nooit meer iets van gehoord.*

V RESEARCH OP HET GEBIED VAN DE RADIOCOMMUNICATIE EN -DETECTIE (incl. „radar“)



## V-1

### PASSIEVE ELECTRISCHE OPSPORING VAN EEN VLIEGTUIG

Omstreeks 1933 bleek dat het acoustische luistertoestel bij de sterke toename van de vliegtuigsnelheid aan kwaliteit ging inboeten. Niet enkel was de tijdsduur, waarin een vliegtuig bij het overvliegen hoorbaar was aan het verminderen, zodat de defensieve maatregelen (tot aan de luchtafweer toe) in tijdnoed konden komen. Maar óók werd de verhouding vliegtuig-snelheid t.o.v. geluidssnelheid steeds groter, hetgeen tot onzekere correcties met behulp van een planchet leidde. De vraag kwam op of een (passieve) elektrische detectie mogelijk zou zijn. De vliegtuigmotoren gaven behoorlijk electromagnetische storingen.

Door Drs. van den Handel werd een superregeneratieve ontvanger gebouwd ( $\lambda = 3 - 10$  m) om deze storingen waar te nemen. Het bleek dat op  $\pm 10$  km afstand vliegtuigen gedetecteerd konden worden. Er werden plannen gemaakt voor een antenne met selectieve richtingskarakteristiek. Tevens werd een niet meer in gebruik zijnde militair vliegtuig (ouderwets! met vele stangetjes en metaaldraden als secundaire stralers?) in de duinen geplaatst en van nabij doorgemeten.

Maar juist in deze jaren 1933 - 1934 kwam overal de vraag op naar afscherming van de motoren, ten behoeve van het radiocommunicatie-verkeer in de vliegtuigen. Erger nog was de overgang op dieselmotoren; een aantekening van van den Handel luidt: „Junker niet meer te horen, in augustus nog wel!”

Terwijl bij een beproeving nabij Schiphol Nederlandse en Franse vliegtuigen nog behoorlijke stoorsignalen gaven, was het Duitse Junkervliegtuig stil.

Na al deze ervaringen werd het onderwerp passieve detectie van vliegtuigen in het radiogebied stopgezet in 1936 (bijlage V-1).

*Noot:*

*Uit de „Autokampioen” van 18 november 1933:*

*De Dieselmotor in het Luchtverkeer.*

*Door de Duitse „Luft Hansa” is besloten voortaan voor de verkeersvliegtuigen en transportvliegtuigen ten dienste van het goederenvervoer uitsluitend gebruik te maken van Dieselmotoren. Proeven te dien opzichte gedurende den afgelopen zomer genomen, zijn uitstekend geslaagd; in het driemotorige Junkers G. 24 type werd een Junkers zware oliemotor, type „Juno 4” van 700-750 pk ingebouwd, zoodat het driemotorige vliegtuig in een eenmotorig werd omgebouwd,*

## V-2

### AFSCHERMING NEDERLANDSE MILITAIRE VLIEGTUIGEN

Het meetgebouw vestigde bij de Commissie de aandacht op de noodzaak van afscherming van de eigen Nederlandse vliegtuigen.

### V-3 VERKENNINGSSEIN MARINE

De KM wenste een signaalsysteem om de eigen schepen te kunnen herkennen. Vermoedelijk is reeds in 1934 dit onderwerp aanhangig gemaakt. In de archieven is eerst in 1938 meer activiteit te bespeuren.

Een nogal ingewikkeld schema met vele relais, aangesloten op radiozender en -ontvanger was hiervoor geprojecteerd en getekend.

Met behulp van de industrie (kasten, relais enz.) was een proefmodel gereed gemaakt. Tot beproeving en fabricage heeft dit onderzoek niet geleid.

### V-4 ONTVANGST 5 m GOLF UIT VLIEGTUIG

De militaire luchtvaart had (in 1933) een 5 m zender in een jager geplaatst en zocht amateurs en anderen om deze zender te beluisteren. Insje bouwde in



*Van Soest en Insje ontvangen signalen op 5 m golflengte uit een jachtvliegtuig*

1933/34 een ontvanger (superregeneratief) welke van het vliegtuig (reeds boven Soesterberg, Kapt. Ir. Liera) behoorlijk signalen ontving. De ontvanger werd later gebruikt en uitgebreid voor de proeven vermeld onder IV-3.

**ULTRAKORTEGOLF ZEND-ONTVANGER ( $\lambda$  ca 1,5 m)**

De in V-2 en V-4 vermelde radioproeven leidden er toe dat Von Weiler, welke in 1934 tijdelijk nog microfoononderzoek deed, opdracht kreeg om een zender-ontvanger op ultrakortegolf te construeren.

De proeven, welke door de Genie (Utrecht) met in de handel verkregen toestellen genomen waren, maakten het wenselijk tot een beter model te komen. Hiertoe werd in 1934 opdracht gegeven: met Utrecht was hierover regelmatig overleg (Ir. de Lange).

Een eerste publicatie hierover was het op 26 april 1935 gereed gemaakte rapport, dat nog als bijlage bij het jaarverslag van de Commissie voor Physische Strijdmiddelen over het jaar 1934 kon worden toegevoegd. Een besprekingsverslag van 17 februari 1936 tussen Genie, Commissie en „Meetgebouw” geeft een inzicht in de stand begin 1936. Hetzelfde geldt voor een schema voor de zend-ontvanger (1936), voor de beschrijving van het toestel als bijlage van het jaarverslag 1936 en idem voor „voorlopige aanwijzingen omtrent bediening en gebruik van het u.k.g. radiotoestel” (1937).

Ook de Inspecteur der Artillerie kreeg omstreeks die tijd voor dit Wapen belangstelling (1936!?).

Na verscheidene beproevingen werd tenslotte het definitieve model in N.S.F.-fabricage gegeven: Tijdens de oorlogsdagen in mei 1940 hebben de toestellen goed gewerkt. Het is mij ter ore gekomen dat de Duitsers bij inbeslagname van het militaire materieel bij de troep verklaard hebben dat deze zend-ontvanger moderner was dan die zij kenden.

Alvorens het model definitief was vastgesteld, waren - met behoorlijke tussenpozen - beproevingen bij de „troep” gehouden. Dat deze, op zijn zachtst gesproken, niet steeds erg zorgvuldig waren, blijkt bijv. uit het hieronder volgend verslagje van een „onderzoek” van terugontvangen toestellen, door von Weiler opgemaakt!

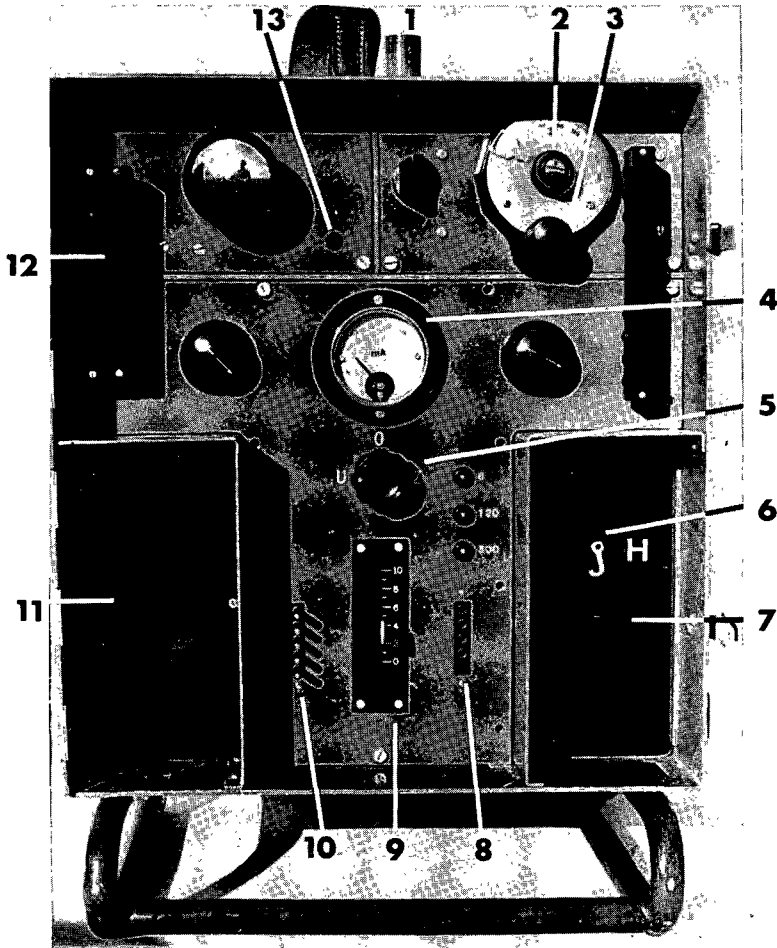
*MEETGEBOUW - WAALSDORP*

*Waaltdorp, 24 Mei 1939.*

*ONDERZOEK U.K.G. TOESTELLEN 2 R.V.A.*

*Deze toestellen zijn beproefd bij de Rijdende Artillerie en daarna bij het Meetgebouw teruggebracht in Mei 1939. De toestellen werkten in het geheel niet meer. Er ontbraken aan: 4 zendlampen, 3 eikelampen, 2 versterkerlampen en een weerstandslamp. Verder waren van twee ontvangers de deksels verdwenen; één ontvanger was geheel verbogen, een afstemkring van den zender was verdwenen, verschillende weerstanden waren verwijderd, twee antennes ontbraken, een groot aantal schroeven ontbrak; bij een batterij was een aansluitklem vernield en verder nog eenige kleinere gebreken.*

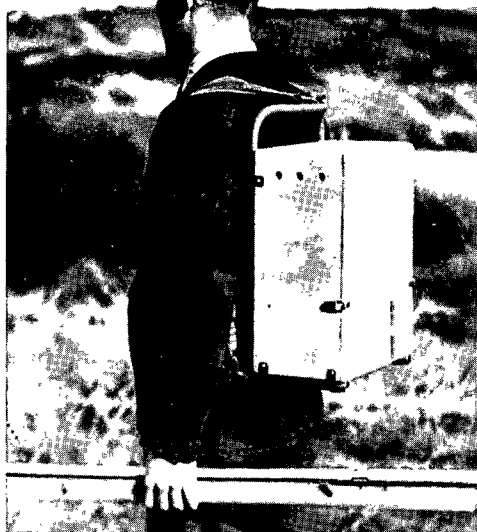
*w.g. Von Weiler*



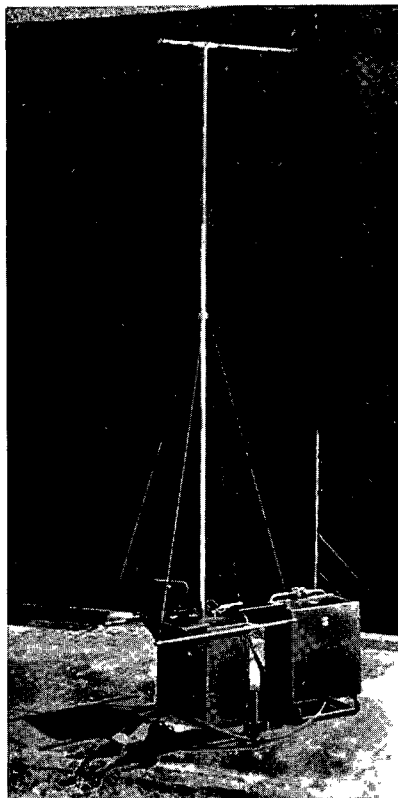
Ultrakortegolf zend-ontvanger (  $\lambda$  ca. 1,5 m)

1. Antennevoetstuk
2. Afstemknop (grof)
3. Afstemknop (fijn)
4. Meter
5. Schakelknop
6. Horlogehaakje
7. Bergruimte telefonen
8. Aansluiting microfoon
9. Hefboom kanaalstand zender
10. Aansluiting verbindingssnoer met toebehoorenkast (stroombron)
11. Bergruimte microfoon
12. Verbindingsstrippen
13. Drukknop voor fluittoon

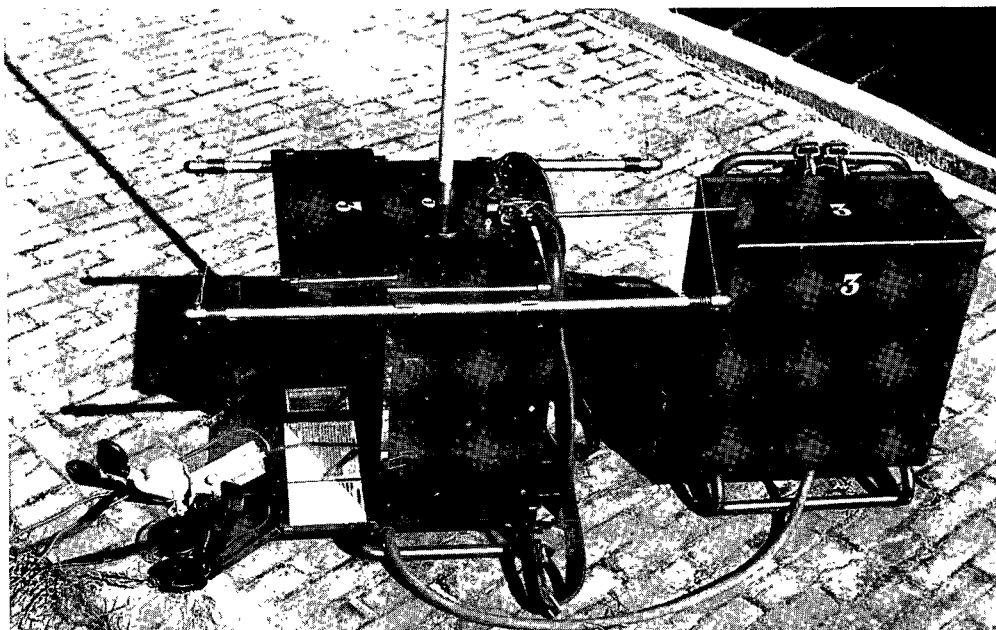




*Laboratoriummodel van batterijkist*



*Door NSF gefabriceerde zend-ontvanger*





**DRAADLOOZE MELDING** Een ultra-korte-golf-station, achter een blok huizen ver- dekt opgesteld, neemt snel de verbinding op tusschen den afdeelingcommandant en de batterijen.

**NAC 7/2/11**  
**Draagbare radiotelefonietoestellen.**

Voor onze artillerie om met de infanterie te kunnen samenwerken.

• Een van de moeilijkste vraagstukken bij het aanvallend gevecht blijft de samenwerking tusschen de infanterie en de haar steunende artillerie. De voortuitgeschoven artillerie-waarnemer moet in elk geval in voortdurende verbinding met den afdeelingcommandant der artillerie staan, wil er van die samenwerking met de infanterie iets terecht komen. Telefoonlijnen zijn steeds uiterst kwetsbaar en laten dikwijls op het kritieke moment in den steek.

Vandaar dat bij het 2de reg. veldartillerie proeven zijn genomen om die telefonische verbindingen per draad te vervangen door een radiotelefonische verbinding, waarvoor enkele kortegolfradiotelefonietoestellen in gebruik zijn geweest. Naar wij vernemen moeten die proeven goed zijn geslaagd, zoodat invoering van deze toestellen bij de artillerie voor samenwerking met de infanterie kan worden tegemoet gezien.

Uit den aard der zaak is de inrichting van deze toestellen geheim. Het zijn apparaten met een beperkte werkingsfeer, omdat de standplaatsen van afdeelingcommandant en voortuitgeschoven waarnemer slechts enkele kilometers van elkaar verwijderd zijn. Voorts zullen gebundelde golven toepassing vinden om den vijand het meeluisteren zooveel mogelijk te verhinderen.

Dat de proefnemingen met zulk een gunstigen uitslag zijn bekroond mag een succes heeten voor onze technische diensten, welke de toestellen construeerden. Reeds eerder genomen proeven met buitenlandsche toestellen van dien aard waren min of meer teleurstellend.

*Bij het eerste model zender, kwam nog niet alle zendenergie in de antenne; bij voorbeeld lichtten schaalampjes e.d. op. Ondanks het feit, dat militairen dit wel mooi vonden, heeft Ir. von Weiler toch spoedig, door betere aanpassing van antenne en zender, deze energie voor „zend”energie benut.*

*Nog tijdens de begin research kwamen militairen met detail wensen voor een ontwikkelingstoestel aandragen. Zo speelde het „horlogehaakje H” een soms tijdconsumerende rol, naast veel andere dergelijke details!*

*Omdat de toestellen bij de troep in gebruik kwamen, werd de geheimhouding opgeheven en kwamen berichten erover in de pers (zie bij voorbeeld:*

## V-6 „ELECTRISCH LUISTERTOESTEL” (later radar geheten)

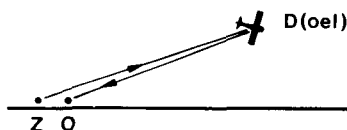
Bij proeven op de grens van de werkingssfeer met de hiervoor genoemde draagbare zend-ontvang-radiotoestellen op de u.k.g. (1,25 m), hoorde men enkele malen het zeer zwakke signaal van de zender wisselend harder en zachter, alsof er interferenties waren in de orde van een seconde. Kraaien en meeuwen, vliegend in de buurt van de ontvanger, leken de oorzaak te zijn. Deze vogels reflecteerden dus de golven.

De volgende dag (het moet in 1936 geweest zijn) kreeg een vliegtuig de opdracht van Leiden naar Hoek van Holland, heen en weer steeds over Waalsdorp, te koersen. Het interferentie-effect en de reflecties waren zeer duidelijk; von Weiler en ondergetekende, die deze proeven deden, begrepen spoedig de draagwijdte ervan: op actieve detectiewijze konden vliegtuigen worden opgespoord. Snel trok von Weiler een paar conclusies:

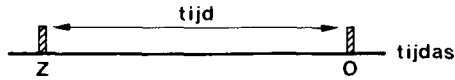
1. Als de reflectie werkt met zender en ontvanger op afstand:



moet ook detectie mogelijk zijn als Z en O op één plaats zijn opgesteld, mits de nodige afscherming mogelijk is:



2. Weliswaar hebben de e.m. golven een hoge snelheid, maar de eindige tijd ( $ZD + DO = 2 \times$  afstand doel) kan misschien gemeten worden als impulsen gebruikt worden



Onder leiding van von Weiler, met medewerking van Gratama, Piket en een groot deel van het personeel, werd de research opgezet.

Als typerend voorbeeld geldt de vondst van één der technici, Tabbernée, die, om aan bepaalde eisen van capacatieve koppeling in het electrisch circuit tegemoet te komen, een methode gebruikte welke de „Tabbernée-condensator” werd genoemd, een naam die in 1945/46 in Engeland nog genoemd werd!

Bijzonder goede vondsten werden gedaan op het gebied van de pulstechniek en op het gebied van de afscherming van het zendsignaal in de ontvanger. Zelfs kon één antenne worden toegepast. De antenne moest groot zijn, want de terugontvangen energie bij een vliegtuig op behoorlijke afstand was bijzonder klein. Hoe hoger de frequentie van de e.m. golf, hoe kleiner de antenne zou kunnen worden; helaas kon Philips ons nog maar matig helpen. Ook het buitenland bracht ons niet verder. Om die reden was 425 MHz ( $\lambda = 70$  cm) de grens van het mogelijke in die dagen.

Versies van onderdelen volgden elkander in de volgende twee jaar snel op. Onkundig van het feit dat ook in andere landen aan het probleem werd gewerkt, besefte men in Waalsdorp de grote waarde van deze ontwikkeling.

Aan het Departement van Defensie werd verzocht om, terwijl de research nog voortduurde, een kleine serie in ontwikkeling te mogen nemen. Met lood in de schoenen kwam de Overste van den Bergh, die het belang van dit onderzoek zo goed doorzag, mededelen dat het Departement geen toestemming gaf tot deze ontwikkeling: Waalsdorp moest research, geen ontwikkeling doen.

*Ik was buiten mezelf van woede, dreigde met ontslag en zei dat ik tòch door zou gaan, totdat ik weggejaagd zou worden. Tenslotte zei v.d. Bergh dat hij nog eens op het departement zou gaan praten. En wij gingen door.....*

Tenslotte werd door het departement besloten dat de ontwikkelingsserie door de NSF (Nederlandse Seintoestellen Fabriek) zeer in het geheim gemaakt zou worden, dat Waalsdorp (Laboratorium voor Fysische Strijdmiddelen mocht het langzamerhand genoemd worden!) de tekeningen zou leveren en dat ir. M. Staal als tussenpersoon in Waalsdorp zou worden gestationneerd. Het kan niet anders gezegd worden dat in deze technische sfeer alles en allen voortreffelijk hebben gewerkt. Tot diep in de nacht werd in Waalsdorp veelvuldig overgewerkt.

Schuchter kwam van militaire zijde, buiten de Commissie en enkele stimulerende autoriteiten, zoals de Inspecteur der Artillerie, enige belangstelling.

*Een generaal, die kwam kijken, vroeg slechts: „als ik er wat emmers water overheen gooi, werkt 't dan nog?“. „Nee“, zei von Weiler. „Dan hebben we er ook niets aan“, was het antwoord.*

*Een hoogleraar, niet-lid van de Commissie, maar bij reorganisatie van de diensten van het departement gemengd, bekeek de proefapparatuur: „wel aardig, maar groot. Nu nog zó groot“ en hij wees met zijn handen zo'n paar kubieke decimeter.*

Eind 1939 bezocht Prins Bernhard het laboratorium met veel belangstelling en in het bijzonder het „electrisch luistertoestel“ had zijn grote aandacht.

*Daarentegen zei een oud-minister doelend op de ontwikkeling van dit electrisch luistertoestel: „Uw laboratorium, mijnheer van Soest, lijdt aan de vloek der perfectie“.*

NSF en Fysisch Laboratorium gingen door. In april 1940 waren twee toestellen uit de serie gereed. Bij het uitbreken van de oorlog stond één toestel op het dak van het meetgebouw; het werd die dag ijlings naar beneden gehaald. Een tweede toestel werd op de Maliebaan, Den Haag, bij een paar mitrailleurs geplaatst! Essentiële onderdelen van een derde toestel werden door parachutistenlinies heen naar IJmuiden getransporteerd en naar Engeland verscheept. De heren von Weiler en Staal vertrokken met het tekeningendossier uit de haven van Scheveningen.

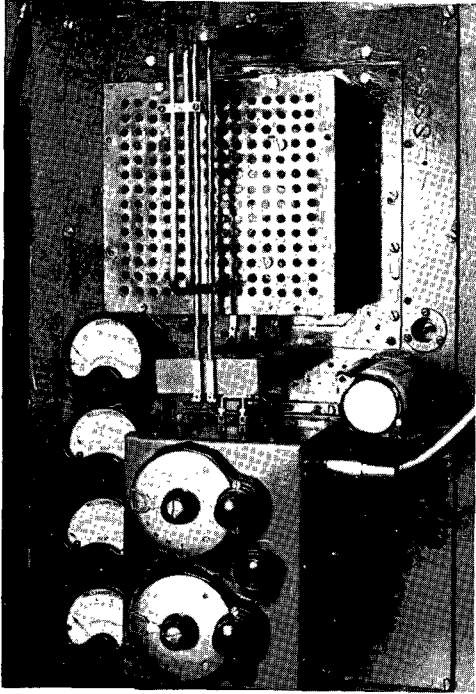
Vóór de intocht der Duitsers was alles vernietigd en verbrand, inclusief alle correspondentie, tekeningen en notities.

In Engeland werkten von Weiler en Staal met de Engelsen samen. De genoemde onderdelen werden tot een toestel omgevormd dat op Hr.Ms. „Isaac Sweers“ werd geïnstalleerd en met dit schip in de Middellandse Zee ten onder ging.

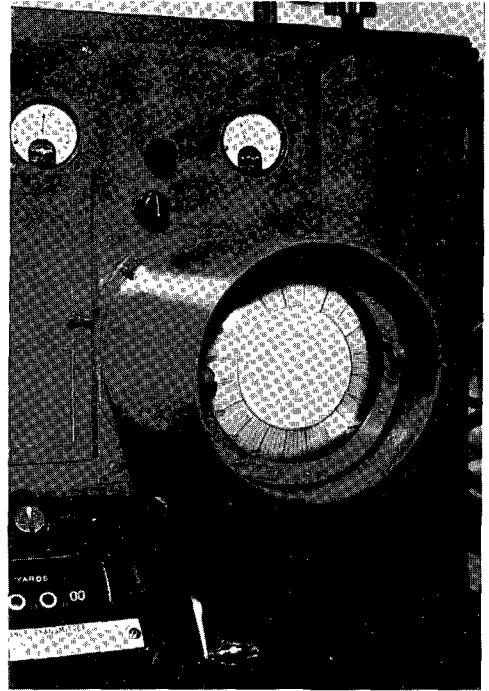
In Engeland bleek het dat de ontwikkeling in Waalsdorp bij de Engelse vóór was op het gebied van impulstechniek en op de gecombineerde zend- en ontvangantenne, daarentegen achter was doordat de Engelsen met hun magnetron tot lagere golflengten konden komen. Bovendien stopten ze méér energie in elke puls; dat waren we in Waalsdorp vergeten: de korte puls mocht hogere pieken hebben dan de constante belasting van de zendbuis toeliet!

*Nergens wordt in de Engelse literatuur over radar gewag gemaakt van de Nederlandse bijdrage, evenmin in andere buitenlandse literatuur over dit onderwerp. In Engeland kan men 1935 (Watson-Watt) als de begindatum van deze technische ontwikkeling noemen.*

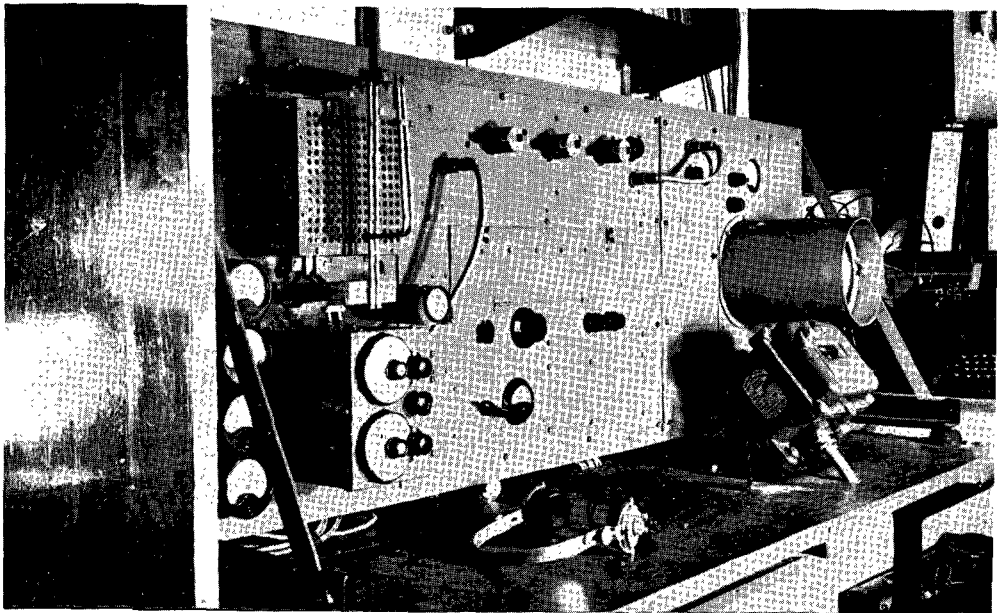
*In 1949 hield ir. van Soest voor het Koninklijke Instituut van Ingenieurs een voordracht: „Speurwerk, van luistertoestel tot Radar“, waarin men iets van de geschiedenis in Nederland kan vinden.*



*Zender*



*Beeldscherm met cirkelvormige tijdbasis*



*Zender en ontvanger*

## V-7 HERKENNING VRIEND EN VIJAND (later IFF geheten)

In 1939, bij de proeven met het „electrische luistertoestel” kwam de vraag op of eigen vliegtuigen met een herkenningssein konden worden toegerust. De uitgezonden energie om het vliegtuig te detecteren en peilen, zou tevens als herkenningsmiddel kunnen worden gebruikt. Het toestelletje, aansprekend op de ingestraalde energie, zou met een code antwoordend als responder dienen. Insje heeft dit toestel vervaardigd. Op 10 mei 1940 zou een demonstratie voor militaire autoriteiten gegeven worden. De responder was in de toren van de Grote Kerk, Den Haag, opgesteld (om een vliegtuig te sparen); het electrische luistertoestel was in Waalsdorp opgesteld. Die dag vielen de Duitsers het land binnen.

## V-8 AUTOMATISCHE BESTURING VAN EEN VLIEGTUIG VAN DE GROND AF

Eind 1937 verzocht de Koninklijke Marine aan het Laboratorium om een methode te ontwikkelen om een vliegtuig met automatische piloot van de grond af te besturen. Alle gegevens over het werk, dat van 1938 - 1940 hieraan werd besteed, zijn verbrand, evenals de gereedgekomen onderdelen. Bij het uitbreken van de oorlog was het proefstadium nog lang niet bereikt.

## VI INFRAROOD

1934	infrarood beveiligingssysteem voor rivierversperringen 1e contact met Korps Pontonniers en Torpedisten	
1935	research	proeven infrarood fotografie
1936	1) proefmodel; 2) plannen met 3 stralenbundels voor plaatsidentificatie; 3) beproeving	
1937	voortzetting	
1938	voortzetting	
1939	fabricage	infraroodkijker Philips
1940		vervolg

## **VI-1 INFRAROOD-ALARMSYSTEEM BIJ RIVIERVERSERRINGEN MET GRONDMIJNEN**

Naar aanleiding van een suggestie van de Lt. van der Mark van het Korps Pontonniers en Torpedisten, werd de Commissie in 1934 door de Minister verzocht proefnemingen te willen doen met onzichtbare stralen. Men hoopte een detectiemiddel te kunnen gaan toepassen om bij nacht en bij mist het varen van vijandelijke schepen te kunnen waarnemen en de rivierversperringen met grondmijnen daardoor te activeren. Het infrarode licht, waarop gedoeld werd, was toentertijd nog alom verbreid het wondermiddel om mist te kunnen doordringen. Het heeft gedurende vele jaren moeite gekost dit aureool tot zijn ware, zéér kleine proporties terug te brengen.

De proeven konden in gang komen toen ir. Piket met deze taak werd belast. Besloten werd tot infrarood-flikkerlicht. In 1936 wordt met de eerste proeven begonnen; *de ontvanger was uitgerust met een talloïdcel.*

Tevens werd aandacht gewijd aan evt. gebruik van meer infrarood-bundels over de rivier om zodoende, met een eenvoudig werkend systeem, de juiste mijn in de versperring op de juiste tijd te doen exploderen.

Van 1937 t/m 1939 volgt een periode van proeven en verbeteringen, waarna tot fabricage wordt besloten, via de Artillerie-Inrichtingen, bij de fa. Waldorp, Den Haag.

De oorlog onderbreekt het proces. Voorzover mijn inlichtingen juist zijn, heeft één der rivierversperringen met proefapparatuur in de oorlogsdagen nog gewerkt.

## **VI-2 INFRAROODFOTOGRAFIE**

Gedurende korte tijd zijn door Insje proeven genomen over infrarood-fotografie, zulks n.a.v. een vraag van de KM (Furstner).

De last die „gewone“ fotografie ondervindt van heiligheid, wordt door infrarood-fotografie wel iets ondervangen (1935).

## **VI-3 INFRAROODKIJKER PHILIPS**

In 1937 komt er een contact van de N.V. Philips met de Commissie voor Physische Strijdmiddelen over een bij Philips ontwikkelde infraroodkijker. De eerste proef, die in Waalsdorp werd gehouden, was in juli 1938. Op 7 april 1939 schrijft Philips een brief aan de Minister van Defensie dat het nemen van een beslissing over de invoering gewenst is. De genomen proeven waren echter nog niet zeer overtuigend, alhoewel het belang van de vinding goed werd ingezien. Een brief van de Voorzitter van de C. v. Ph. S., d.d. 25 april 1939, geeft de situatie wat meer objectief weer. Verbeteringen door Philips, proeven en rapportering (tot 3 mei 1940) gaan door. Het zou ná 1945 worden dat de vinding zijn betekenis kon bewijzen en bruikbaar zou worden (zie hfdst. XII).



## VII ZEE- EN LANDMIJNEN

1938	Antenne-mijnen		
1939	↓	magnetische mijnen	
1940		↓ lussen om schepen	detectie van landmijnen 

De data zijn onzeker, doordat alle archiefstukken hierover bij de komst van de vijand in 1940 zijn vernietigd.

### VII-1 ANTENNE-MIJNEN

Omstreeks 1938 werd het Laboratorium door de KM benaderd over het probleem van „antennemijnen“. De „antennes“ van deze verankerde zeemijnen, de huid van een schip blank schurend bij het contactmaken, veroorzaakten een polarisatiespanning en -stroom, welke laatste de mijn tot explosie bracht.

Hoewel het probleem serieus bestudeerd is, heeft het Laboratorium geen fysysche raad kunnen geven over buiten werking stellen of vegen dezer mijnen.

### VII-2 MAGNETISCHE MIJNEN

Eind 1939 of begin 1940 stelde Vice-Adm. Furstner zich in verbinding met mij over een nieuw soort mijn, vermoedelijk magnetisch, die door de Duitsers in de oorlog tegen de Engelse Marine werd gebruikt. Gevraagd werd, wat daartegen te doen was; de admiraal besloot KLtz Houtsmuller en mij te vragen van advies te dienen. Nadat de KM zulk een mijn te pakken had gekregen, haar magnetische detectie-karakter duidelijk was geworden, en nadat de Engelsen bleken niet bereid te zijn om inlichtingen te verstrekken, was het noodzakelijk snel te handelen!

Adm. Furstner had mij een goede ochtend opgebeld of ik snel langs wilde komen. Hij passeerde daarbij de officiële weg via voorzitter en C. v. Ph. S., die ik overigens zo spoedig mogelijk inlichtte. Dit veroorzaakte in de Commissie deining, waartoe ik het zwijgen zal doen. Ik kreeg o.a. de opdracht het nabije magnetische veld van een ellipsoïde magnetische dipool in differentiaalvergelijking te brengen en op te lossen. Ik hing deze opdracht aan de kapstok en vervolgde het overleg met overste Houtsmuller.

Met overste Houtsmuller kwam ik al spoedig tot een plan om door, met elektrische stroom voorziene, lussen om schepen en onderdelen van schepen, het magnetische effect dezer schepen tot een minimum terug te brengen. Proeven, waarin kleinere Marineschepen en een onderzeeër waren betrokken, bewezen dat dit in belangrijke mate mogelijk was.

Een herhaald contact van de KM met de Royal Navy had - toen Nederland met een suggestie kwam - als resultaat de mededeling dat ook de Engelsen begonnen waren met eenzelfde tegenmaatregel. Met spoed heeft de KM toen kabels voor lussen besteld. De industrie kon echter niet zeer snel afleveren, zodat slechts weinig gereed was vóór de oorlog in Nederland uitbrak. Voorzover mij ter ore is gekomen, hebben een paar schepen van de Kon. Lloyd(?) zulke lussen gevoerd.

### VII-3 OPSPORING VAN LANDMIJNEN

Vermoedelijk eerst in 1940 (misschien eerder) vroeg de KL om een detector voor (metalen!) landmijnen. Toen in 1940 de oorlog uitbrak, waren enige exemplaren gereed van een model, dat het laboratoriumstadium achter de rug had, echter nog niet op de noodzakelijke mechanische eisen voor robuust militair gebruik was onderzocht.

Het principe was gebaseerd op het hoorbaar maken van de impedantieverandering van een zoekspoel (aan stok), die was opgenomen in een laagfrequente brugschakeling. De gangbare, ijzeren mijnen konden op 75 cm afstand met zekerheid worden opgespoord.

De ontwikkeling van deze detectie-apparaten is hoofdzakelijk geschied door ir. Gratama en Hendriksen.

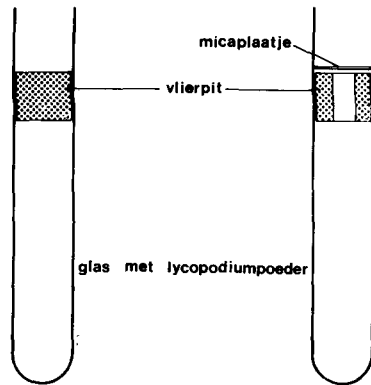


*Ir. S. Gratama met de mijndetector*

## VIII SLOT DER ONDERZOEKINGEN

Het is duidelijk dat in dit korte bestek niet alle onderwerpen genoemd kunnen worden, die aan de orde zijn geweest. Zo is een elementair begin van onderzoek gemaakt over beeldtelegrafie, over het nut van gepolariseerd licht bij verschillende vormen van waarneming, enz.

Gememoreerd kan nog worden de ontwikkeling van een explosiedrukmeter, die voor de Genie met spoed nodig was voor het meten van drukken in kazematten e.d., een instrumentje dat zeer goedkoop diende te zijn, omdat grote kans op beschadiging aanwezig was. Het beginsel van deze drukkemeter wordt heden ten dage nog steeds toegepast, zij het dat bij voorbeeld kunststoffen worden toegepast in plaats van het natuurlijke „vlierpit“ dat in de duinen in overvloed aanwezig was.



Een reageerbuis of een aan één zijde afgesloten (goede) glasbuis droeg een zuiger-tje van vlierpit (merg van dode vliertak); lycopodiumpoeder duidde de plaatselij-ke heen- en weerbeweging bij een explosiedetectie aan: maximale waarde. Bij een ander model was de vlierpit doorboord en afgedekt met een micaplaatje om gelijk-richt-effect te verkrijgen. Binnen een week had de Genie enige van dergelijke druk-meters.

## IX CONTACTEN EN SFEER

Het contact met Voorzitter en Secretaris is in 1.3 beschreven. Met de civiele leden van de Commissie voor Physische Strijdmiddelen was een vrij regelmatig contact. Vooral Dr. B. van der Pol toonde grote belangstelling vooral bij de research op het gebied van binauraal richtingshoren en de methodiek der experimenten hierbij. Met de militaire leden was in het algemeen minder contact. Kapt. der Genie van Dooden maakte hierop wel een uitzondering. Het was in de eerste jaren vooral de belangstelling van de Koninklijke Landmacht, die van belang was. Eerst later werd het contact met de Koninklijke Marine levendiger.

## ARTILLERIE

Dank zij vooral het toedoen van de secretaris was het contact met de Artillerie groot. De Inspecteur der Artillerie Gen. Insinger nodigde mij reeds na een paar maanden als zijn gast uit in de Legerplaats Oudebroek om daar kennis te nemen van de oefeningen van de Meetafdeling 2RVA, i.c. de Geluidmeetdienst.

Met deze meetafdeling (waartoe ook de Militaire Weerdienst behoorde) waren steeds levendige contacten. Behalve Gen. Insinger, legden ook zijn opvolgers als Inspecteur steeds veel belangstelling aan de dag, in het bijzonder bij de ontwikkeling van het systeem voor elektrische overbrenging.

De Militaire Weerdienst, buurman in het Meetgebouw, leverde veel persoonlijke contacten niet alleen, maar ook samenwerking op, vooral op het gebied van de radiosonde.

Vanzelfsprekend was, in verband met de „electrische overbrenging van schietgegevens“ levendig contact met het Korps Lucht doelartillerie.

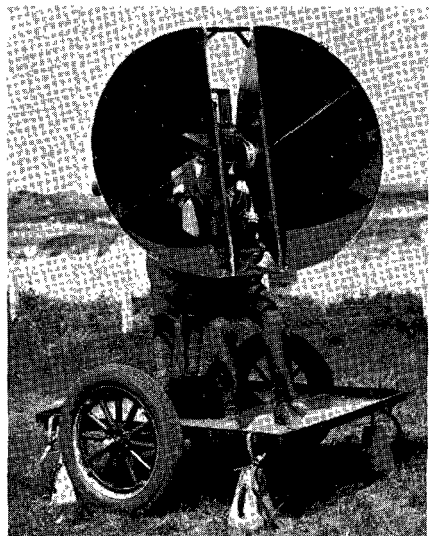
## GENIE

Het contact met dit Wapen liep voornamelijk over het Regiment Genietroepen, waar luistertoestel, zoeklicht en ook de radiodienst waren ondergebracht. De contacten met commandanten, verschillende officieren en de ingenieur(s) waren in het algemeen goed tot vrij goed.

Vooral toen de door v. Weiler ontwikkelde draagbare ultrakortegolf radio-zenders/ontvangers in ontwikkeling en beproeving kwamen, kwam er levendig contact met ir. de Lange van het Regiment Genietroepen. Vóórdien was er ook met de luchtvaartafdeling Soesterberg (Kapt. ir. Lyra) contact met Waalsdorp over radioverbindingen.

Met het Korps Pontonniers en Torpedisten was contact toen de infrarode versperingen over rivieren (Piket) in beproeving kwamen.

## DEPARTEMENT VAN KOLONIEN



*Luistertoestel met toebehoren  
in opdracht van Dept. van Koloniën*

De onder hoofdstuk III, par. 2, genoemde ontwikkeling om een luistertoestel en een kijkertoestel met elektrische overbrenging tot één systeem te brengen, was voor het belangrijkste deel de opdracht van het Dept. van Koloniën, waarbij een zeer levendig contact was met Kapt. de Blicck.

Slechts éénmaal heb ik een buitenlandse dienstreis ondernomen. In Denemarken hield men voor een internationaal gezelschap demonstraties met luistertoestellen e.d.

*Ik kwam per KLM in een Fokker vliegtuig aan en werd met nogal onderscheiding ontvangen. Het gerucht liep namelijk dat ik per privévliegtuig was gekomen: „steinreiche Holländer“?, zie salarisstatistiek!*

Het onderling contact tussen de medewerkers binnen het Meetgebouw was voortreffelijk. Men sprak van „Meetgebouw-geest“. In een tijd dat het Angelsaksische idee van „research team“ nog niet of nauwelijks in Nederland was doorgedrongen, was dit in Waalsdorp een volkomen natuurlijk, normaal verschijnsel. Herdenkingsdagen werden met enthousiasme gevierd. Het eerste en het tweede Lustrum (resp. in Duindal en bij mij thuis) werden met reünisten gevierd; ook het 11- en het 12-jarig bestaan werden met een maaltijd gevierd. Daarna is 1 december ook steeds de herdenkingsdag gebleven.



*1 december 1939, 12 jarig bestaan*

Een paar maanden vóór het uitbreken van de oorlog in Nederland stond plotse-ling een aan Lt.Kol. van den Bergh bekend Duits officier voor zijn deur, die hem nerveus meedeelde, dat er „schlimme“ dingen voor Nederland op komst waren, dat de *Hollanders paraat moesten zijn en zo hard mogelijk moesten terugslaan*. Het was een uiterst kort bliksembezoek van een blijkbaar anti-Hitleriaan. Op het Departement nam men het doorgegeven bericht - volgens zeggen van v.d. Bergh - lauw op. Voor ons stond het vast dat het onheil op komst was.

Op 10 mei 1940 zou in Waalsdorp voor hoge militaire autoriteiten de werking van de „I.F.F.“, opgesteld in de toren van de St. Jacobskerk, te zamen met het „elec-trische luistertoestel“ op het dak van het Meetgebouw, gedemonstreerd worden. Het liep anders.

Om ongeveer half zes begon het, *voorzover ik me herinner*. Om 7.00 uur was ik in Waalsdorp, na een gebombardeerde loods van de Alexanderkazerne met gaten in de stenen muren, een dood of gewond paard, en een vuurbaan van een mitrailleur gepasseerd te zijn. De schade aan het Meetgebouw beperkte zich tot gebroken rui-ten door bommen veroorzaakt, die in de buurt gevallen waren en blijkbaar op het kamp Waalsdorp gemikt waren.

Gedeeltelijk vroeger, gedeeltelijk later dan normaal, kwamen mijn medewerkers aan. Onmiddellijk werd begonnen om het toestel van het dak in veiligheid te brengen.

*Een kuil werd gegraven om er de geïnterneerde, meest Duitse, radiosondes in stuk te stampen en te begraven*. Telefonisch verzocht Lt. Kol. van den Bergh om de Waalsdorpervlakte (toendertijd werkelijk een vlak terrein) onbruikbaar te maken voor vliegtuiglandingen. De geheime apparatuur moest, voor zover niet in direct gebruik, bijeengebracht worden in een houten barak, te zamen met enkele blikken benzine om, in noodgeval, in brand gestoken te worden.

Er werd in deze oorlogsdagen nog hard gewerkt om klaar te krijgen, wat nog voor de verdediging bruikbaar zou kunnen zijn.

Een electrisch luistertoestel werd in de Hertenkamp opgesteld naast een mitrail-leur, een ander werd (door ir. Piket en helpers) door parachutistengebied heen naar IJmuiden gebracht ter verscheping naar Engeland.

Van de meest deskundigen op het gebied van het electrische luistertoestel werden er twee aangewezen om naar Engeland over te steken (v. Weiler en Staal). Dit ge-beurde op het laatste ogenblik; von Weiler ging van de Scheveningse haven uit na-dat hij van mij de documenten over dit toestel had ontvangen. Ir. Gratama onder-zocht een ambassade op geheime radioverbinding. Enz.

Het archief van het Meetgebouw berustte al enige dagen bij mij thuis, omdat ver-wacht was dat parachutisten in de Wassenaarse duinen naar Waalsdorp zouden ko-men.

Vlak vóór het uitbreken van de oorlog werd de Commissie voor Physische Strijdmiddelen opgeheven. Dit nam niet weg dat voorzitter en secretaris tot in juli 1940 actief bleven.

Op de dag van overgave, liep ik na afloop van het werk als laatste, nog onbekend met het gebeuren, de Waalsdorperweg af. Ik kwam daar overste van den Bergh tegen, die de gedetacheerde officiernatuurkundige ir. van Dijl al had opgevangen. Van eerstgenoemde hoorde ik het bericht. Wij gingen naar Waalsdorp terug, staken de houten barak met geheime toestellen in brand en liepen naar het kamp van de Grenadiers en Jagers. Daar heerste wanorde. Officieren waren er op dat ogenblik niet, enkele onderofficieren trachtten wat orde te scheppen; onder de soldaten waren er die huilend rondliepen. Overste van den Bergh riep allen bijeen op de binnenplaats en sprak hen toe. Ik eindigde met een „Leve de Koningin“, dat algemeen herhaald werd.

Een stem achter mij: „het Meetgebouw staat in brand“.

Een Duits regiment vestigde zich in het Kamp Waalsdorp. Toen ik 18 mei het Meetgebouw wilde bereiken, werd ik tegengehouden.

Cramer, die tegelijk met mij aankwam, stuurde ik terug om de anderen tegen te houden. Onder geleide van een officier moest ik wijzen waarheen ik wilde. Ik kreeg de mededeling dat alles tot nader bericht afgesloten werd. Ook de res. lt. van de Militaire Weerdienst Nicola kwam erbij en keerde eveneens terug.

Nog éénmaal kwam ik met overste v.d. Bergh terug, die meedeelde dat er privé-eigendom (een kijker) van hem in het Meetgebouw lag. Behalve deze bleek ook gereedschap gestolen. Een beklag bij de Duitse commandant werd afgedaan met de mededeling dat „Zivilisten“ dat gedaan moesten hebben.

Het personeel van het Meetgebouw kwam tijdens die dagen van afsluiting samen in de Inspectie van de Artillerie in de Jan van Nassastraat. Wij hielden voordrachten voor elkaar en filosofeerden over hoe het werk voortgezet kon worden, bij voorbeeld om de fysische en electronische en mechanische capaciteit binnen het laboratorium voor civiele doeleinden ten nutte te maken. In ieder geval besloten wij, zo het maar enigszins mogelijk was, bijeen te blijven.

Nog steeds brandden de kachels om moeizaam de vele archiefstukken te vernietigen, zowel op de inspectie als bij mij thuis (en vermoedelijk ook elders). Insjie had tevoren het gehele tekenarchief in miniatuur gefotografeerd; het werd in een lege lucifersdoos gedeponneerd en door mij bewaard: het ligt nog in het „museum-archief“ van het Fysisch Laboratorium.

Het duurde niet zo lang - ik schat in de eerste helft van juni - of er kwam enige beweging in de Duitse maatregel. Ik werd naar Waalsdorp gehaald en door een, uit Duitsland overgekomen officier ondervraagd over wat er in dit laboratorium geschiedde. Kennelijk was men van Duitse zijde in het geheel niet ervan op de hoogte. Het verhoor verliep niet moeilijk. Uitvoerig kon ik over het (acoustische) luis-tertoestel inlichtingen verschaffen: het was tóch al verouderd. Ook over de radio-sonde kon ik uitvoerig zijn; deze was al uit de literatuur bekend. Daar ik intussen van de Genie vernomen had dat de draagbare zend-ontvanger op de ultrakortegolf door de Duitsers bij de troep was buitgemaakt, kon ik ook hierover spreken.

Er werd mij de vraag gesteld of ik meende dat vliegtuigen óók door radiogolven konden worden opgespoord; ik antwoordde - alsof mij een licht opging - dat dit misschien niet onmogelijk zou zijn. Blijkbaar was mijn antwoord sullig genoeg om er niet verder op in te gaan. Andere zaken - zoals de maatregelen tegen magnetische mijnen - kwamen niet ter sprake.

Tot zijn verwondering weigerde ik om per Duitse auto naar huis teruggebracht te worden, en ik wandelde terug.

Kort daarna mochten we het Meetgebouw weer betreden en beginnen met een opdracht (van het Afwikkelingsbureau?) van het Departement van Defensie. Er moet een brief zijn van de (overigens reeds opgeheven!) Commissie voor Physische Strijdmiddelen, nr. 128 geheim, van 17-6-1940 aan het departement en een snel antwoord van het departement, Ve afdeling, nr. 6 van 18-6-1940, waarbij 4 opdrachten worden verstrekt aan het laboratorium. Dit staat in een brief door de secretaris aan het departement geschreven op 5-7-1940, nr. 132 geheim, voor aanvraag van gelden. Ook schrijft de voorzitter nog een brief aan het departement op 12-7-1940. Wij hebben niet kunnen achterhalen welke deze 4 opdrachten waren, op één na: ongetwijfeld de belangrijkste. Dit betrof het verder ontwikkelen van landmijn-opsporingsapparaten. De Nederlandse militairen moesten in 1940 de in Nederland gelegde mijnevelden opruimen; zij hadden niets dan „prikstokken“. De opdracht werd aanvaard omdat - naar onze mening - dit opruimen geen schade zou doen aan de geallieerde oorlogshandeling. De technicus A.J. Hendriksen verzichtte de eerste opsporingen en hield ook daarna enig toezicht.

In juli en de daarop volgende maanden, tot in 1941 toe, begon ik een grote opdrachtenportefeuille te verzamelen in de civiele sector. Bezoeken aan vele instituten werden gebracht in Den Haag, Delft, Leiden, Lisse, Aalsmeer, Amsterdam enz. Bijna alles was gericht op de ontwikkeling van toestellen, veelal van elektronische aard, ten behoeve van medici en biologen; doch ook mechanisch fijn-constructiewerk was daarbij. Opdrachten kwamen vlot los, niet enkel door de vele toevallige connecties, die ik op verschillend terrein had, niet enkel omdat men opvallend bereidwillig was om te helpen, maar niet in het minst óók doordat de opdrachten voor de opdrachtgevers in veel gevallen geen of weinig financiële consequenties hadden. Wij konden wat doen voor de nog door de commissie aangevraagde gelden en een suppletie, via de Kapt. Boers van de Genie, van het Afwikkelingsbureau D.v.D. ontvangen.

Niet alle contacten leidden tot een directe „order“ of „opdracht“, maar toch staan er in de papieren een veertigtal genoemd.

Daaronder vermeld ik, als voorbeelden:

- 1) Hoogfrequent-diathermie-apparaat (afd. Rheumatische Aandoeningen en Physische Therapie, Akademisch Ziekenhuis, Leiden: dr. Goslings).
- 2) Onderzoek van de diëlectrische constante-varianties van het menselijk lichaam (Psychiatrische kliniek, Oegstgeest, Leiden: prof. Carp).
- 3) Registratietoestellen voor psychogalvanische reflex, el. pletysmograaf (idem).
- 4) „Warmteloze“ lichtbron (Plantenfysiologisch Laboratorium G.U. Amsterdam).
- 5) Electrocardiograaf (afd. Geneeskunde, Akademisch Ziekenhuis Leiden: dr. Snellen).



- 6) Weefsel-scheurapparaat (Rijksinkoopbureau).
- 7) Torsietrekmeter (idem).
- 8) Gelijkstroomversterker (Wilhelmina Gasthuis Amsterdam).
- 9) Torsiemeter (afd. Werktuigbouwkunde, TH Delft).
- 10) Toestellen voor elektrische insectenbestrijding (Plantenziektenkundige Dienst, Aalsmeer; Laboratorium voor Tuinbouw-Plantenteelt, Wageningen; Laboratorium voor Bloembollenonderzoek, Lisse).
- 11) Twee millivoltmeters (Rijksinkoopbureau).
- 12) Elektrische herbarium-desinfectie (Rijksherbarium, Leiden).
- 13) Electrocardiograaf (Dr. N. Kleyn, Den Haag).

*Toen ik aan het eind van de oorlogsperiode in Leiden het toestel voor herbarium-desinfectie nog eens kwam bekijken (een „zender“ met grote zendbuis, energie leverend tussen twee grote condensatorplaten) had men enige radio-ontvangers er buitenaan op vastgehecht, in de hoop deze toestellen te redden van verplichte inlevering aan de Duitsers!*

Met behulp van dit veertigtal opdrachten gelukte het de Duitsers te overtuigen van het belang om het laboratorium in stand te houden. Het personeel bleef in loonbetaling bij het Afwikkelingsbureau van het Departement van Defensie. Zo goed als het ging, hield ik contact met voorzitter en secretaris van de vroegere Commissie. Een Duits officier, blijkbaar aangewezen voor controle, kwam af en toe kijken wat wij deden. Hij schrok dan wel als wij met radio-zendbuizen bezig waren (diathermie-apparaat, herbarium-desinfectie e.d.). Er kwam dan een verbod (van zijn kant niet ten onrechte!) en het werd niet opgevolgd. Ik was bij een mij bekende Philips-medewerker van het Natuurkundig Laboratorium geweest om een aantal van deze zendbuizen te bemachtigen. „Mijn hemel, wat ga je daarmee doen?“ „Wat interesseert het je?“ Ik kreeg ze en een deel ging in de „ondergrondse“ zenders, die wij maakten en niet tot de veertig opdrachtnummers behoorden. De bewuste Duitse officier moet een fatsoenlijk man geweest zijn; hij werd echter overgeplaatst en blijkbaar dorst hij het niet aan het laboratorium op liberale wijze achter te laten en aan een opvolger over te dragen.

Na een korte voorbereiding kwam op 28 juni 1941 de brief van de „Deutsche Kommissar für die Demobilmachung der Niederländische Wehrmacht“ over „Übergabe des Physikalischen Laboratoriums an die Niederländische P.T.T.“, gevolgd door een brief van het Hoofd van het Afwikkelingsbureau aan de Directeur-Generaal van de P.T.T. van 1 juli 1941, afd. E, nr. 78.

Er was weinig keus. Bij niet-opvolging zouden wij „vernietigd“ worden, werd mondeling meegedeeld. De P.T.T., toen nog in goede handen, werkte mee en na een doeltreffend onderzoek van de heren Ir. Boetje en Dr. Ir. Koomans, werd het laboratorium „Physisch Laboratorium P.T.T.“.

Tevoren had ik nog pogingen gedaan om het laboratorium om te vormen tot een „Rijkshoogfrequent Dienst“, maar er kwam geen steun.

Ook TNO dorst het niet aan om het laboratorium over te nemen na een gesprek met ir. de Mooy. Als Physisch Laboratorium konden wij de aanvaarde opdrachten voortzetten en hadden wij als instituut een wat minder onzekere achtergrond dan voorheen. In Waalsdorp vestigde zich een bataljon „Grüne Polizei“, die het ge-

bouwtje van de voormalige Militaire Weerdienst in beslag nam; dat was door ons „ingepikt“, maar als militair eigendom was het aan de Duitsers bekend. Af en toe waren ook wel andere pogingen van Duitse zijde gebleken om het Fysisch Laboratorium afhandig te maken; het geval dat mij aanleiding gaf bij de Grüne Polizei beklag in te dienen kan ik niet meer reconstrueren; in ieder geval wendde ik mij tot de commandant om tegen indringing gevrijwaard te zijn. Vlotter dan ik dacht, kwam er een schildwacht voor de deur, al de tijd dat het laboratorium nog in Waalsdorp was: één of twee mannen meer uit de: gevechtssterkte! De schildwachten hebben nooit begrepen waarom ze er stonden, overigens: „Befehl ist Befehl“.

Ondergrondse apparatuur verliet onder hun oog Waalsdorp, vaak nog al eens onder leiding van één van onze jongsten, en zwijgzaamsten: W. Cramer.

Maar de tijden werden bozer. De P.T.T. kwam onder N.S.B.-leiding. In het Meetgebouw verscheen een Einsatzleiter, een venijnige onbenullige man. De organisatie werd zó dat hij mij slechts kon benaderen via een paar tussenschijven in het snel opgestelde organisatorische verband, zodat ik meestal tevoren was ingelicht over zijn plannen. Het gespannen contact kwam op een dag tot barsten, nadat hij mij verweten had op een dag afwezig te zijn geweest (ik woonde een wetenschappelijke vergadering bij). Ik werd weggejaagd (voorzomer 1943) en met mij, enkele academici.

Op mijn voorstel vertrouwde de P.T.T. de leiding van het laboratorium toe aan ir. S. Gratama, die deze zware en moeilijke taak tot het einde van de oorlog heeft volgehouden en welke het laboratorium heeft weten te behoeden voor opdrachten die voor onze vijand van enigermate nut konden zijn.

Zelf werd ik op het Radiolaboratorium P.T.T. ondergebracht in een soort „vergeten“ positie, waar ik - in overleg met de directie van het laboratorium - een rapport samenstelde over de toekomstige organisatie van de P.T.T.-laboratoria. Slechts éénmaal werd ik daaruit gehaald, toen de Directeur Generaal v.d. Vegte mij wilde spreken en vroeg of ik belangstelling voor televisie had. Aanvoelend dat, als ik ja zou zeggen, er iets vervelends zou kunnen komen, zei ik: „In het minst niet“! „Jammer“, zei hij, „ik had u ervoor naar Berlijn willen sturen“!

Het laboratorium moest in september/oktober 1943 evacueren, want het Benoordenhout werd „vesting van Seys-Inquart“. Het vond onderdak bij het Centraal Magazijn P.T.T. Daar werd voortgegaan met het werk voor biologische en medische toepassingen. Eigenlijk opvallend weinig waren de opdrachten ten behoeve van de bezetter. Het hinderlijkst was een opdracht voor plaatwerk voor een Duitse P.T.T. zender. De isolatieplaten werden vóór het zagen met zwaar (geleidend) potlood afgetekend; volgens berichten heeft deze zender nooit gewerkt, wegens de vele doorslagen, die het gevolg waren van dit aftekenen. Zeer véél tijd is besteed aan de vervaardiging van het spreekgestoelte (tot en met wijnkoeler erbij!) voor een „hoge“ Duitse postambtenaar, naar het voorbeeld van een nóg hogere ambtenaar!

Intussen ging ook het ondergrondse werk door.

## **ONDERGRONDS WERK**

Een heel omvangrijk ondergronds werk was het bouwen van een grote omroepzender voor gebruik bij de bevrijding, waarop toch ieder rekende. Onder leiding van Ir. Gratama was Insje met de bouw bezig van dit „hoogfrequent-verhittings-apparaat“; de bouw van de antenne werd daarbij uitgesteld. Weinigen waren op de hoogte van dit werk: buiten het laboratorium slechts de directeur van de Centrale Werkplaats en ik.

Het ondergrondse werk van communicatiezenders en ontvangers liep over Kapt. Boers van de Genie en toen deze in krijgsgevangenschap ging, over zijn echtgenote. De eerste zender werd tijdelijk gedeponeerd in de kelder van de Inspectie Genie, waarvan de chef, Kol. Scharroo onwetend was. Eén dag later werd het huis van de Inspectie aan de Raamweg door de Duitsers verzegeld voor nader onderzoek. Die dag waarschuwde Kapt. Boers mij, maar diezelfde nacht versjouwde hij de zender met een portier van het Departement van Defensie, via tuinen en het huis van achterburen in veiligheid!

## **XI DE BEVRIJDING (mei - december 1945)**

De Duitsers verdwenen. Op 5 mei gaf Ir. Damme een dienstorder uit. Op 7 mei was ik weer op het Fysisch Laboratorium, evenals de vroegere personeelsleden Berkelaar en Groot, welke elders bij de P.T.T. in Den Haag waren gedetacheerd geweest; ook Mulders kwam, doch kreeg verlof nog een paar maanden bij de Dienst T. en T. door te werken.

Diezelfde dag bracht ik een bezoek aan de Secretaris-Generaal van „Defensie“, Ir. Ringeling om mij (en mijn laboratorium) weer te melden. Ik zou voor een nadere bespreking terugkomen, maar deelde reeds mee 1) t.z.t. bij terugkeer naar „Defensie“ gelijkkelijk voor „Oorlog“ en „Marine“ te willen werken en 2) voorlopig óók de P.T.T. te willen blijven helpen.

Diezelfde 7e mei verzond ik twee brieven aan de Dir. Gen. P.T.T. en drie aan de Dir. Technische Dienst. In de eerste brief aan de D.G. deelde ik mede mijn werkzaamheden op het Fysisch Laboratorium weer hervat te hebben, in de tweede meldde ik de plannen om het Laboratorium t.z.t. weer naar Defensie te doen overgaan. De brieven aan de Dir. Technische Dienst gingen over het terugroepen (en teruggekomen) personeel. Later werden ook buiten de stad vertoevende personeelsleden teruggeroepen (Piket, Hendriksen).

### **DE OMROEPZENDER**

De in X-8 vermelde zender werd snel van het antennesysteem voorzien en kwam, op golflengte 301,5 m, als „Herrijzend Nederland III“ op 18 mei in de aether met berichten en muziek (gramfoonplaten), door het Laboratorium zelf bediend. Van het gehele land uit kwamen berichten van krachtige ontvangst en hoge kwaliteit. Het bleek dat de zender nog in Hamburg, ten zuiden van Parijs en in Zuid-Engeland goed werd gehoord. Ontvangst op kristal-detectoren was zelfs nog in

België mogelijk. Nadat „Lopik“ als omroepzender weer in actie kwam, werden de uitzendingen stop gezet.

De zender werd daarna omgebouwd op andere frequentie, werkte nog op 245 m golflengte als Hilversum - Herrijzend Nederland, bediend door personeel van het Laboratorium (tot 4 september) en werd daarna als hulpzender van de P.T.T. te Beek (L) in gebruik genomen.

## VERDERE ORGANISATIE

De maatregelen gingen intussen verder om de organisatie weer op te bouwen. Op 11 juni schreef Ir. Gratama, als wnd. Hoofd (ik was ernstig ongesteld) een brief aan de Secretaris-Generaal van het Departement van Oorlog over het nader plaats te vinden onderhoud met mij, met de mededeling dat ik ongesteld was, maar voor het onderhoud ter beschikking stond. Het onderhoud vond plaats en ik verduidelijkte de wensen voor terugkeer: gelijkelijk werk voor Oorlog en Marine, voorlopige hulpverlening aan P.T.T., afsplitsing van een groep als „Physisch Laboratorium P.T.T.“ en enkele andere detail-zaken.

Op 12 juni volgde een brief aan het Militair Gezag om de gebouwen in Waalsdorp aan het Laboratorium ter beschikking te stellen.

Nadat de gebouwen aldaar, na opruiming van landmijnen, weer bereikbaar waren, bleek dat er veel gesloopt was, aan hout en leidingen. Zelf hadden wij trouwens, met de gehele losse inventaris, ook vaste dingen, zoals de parketvloer van de werkplaats bij de evacuatie meegenomen.

De verdieping van het Centraal Magazijn, waar het Laboratorium gehuisvest was, was ook al in slechte conditie, als gevolg van het bombardement in het Bezuidenhout. Het duurde nog geruime tijd (eind 1947!) eer Waalsdorp weer bewoond werd.

De geëvacueerde eigendommen van het Laboratorium, voorzover die enigszins niet nodig leken, waren in 1943 reeds op verschillende plaatsen ondergebracht. Van de Haagse adressen kwam het materiaal (w.o. ook instrumenten en boeken) snel terug; op 11 juni gingen dankbrieven uit naar antiquariaat v. Stockum en kapper Limburg voor hun hulp. Op een ander adres waren de Duitsers in de kelder op een voorraad van ons (zonder adres van waar afkomstig!) gestoten en zij hadden het materiaal verslept naar een ander adres in Den Haag ..... dichterbij huis! Een grote verzameling in de kelders van het postkantoor Vlaardingen kon eerst later door vervoersgebrek worden teruggehaald.

De krijgsgevangenen kwamen terug, waaronder Lt.Kol. v.d. Bergh, die een plaats vond op het Departement en daarna onze contacten met het Departement verzorgde. Hij kwam met veel ingrijpende plannen, die hier en daar nogal weerstand ondervonden en ten dele getorpedeerd werden.

De Technische Staf werd op zijn initiatief opgericht, maar niet als gelijke partner van de (tactische) Generale Staf; Lt.Kol. v.d. Bergh werd chef.

Ook von Weiler kwam terug, maar de KM hield hem als militair onder de wapenen en het gelukte niet hem weer op het Physisch Laboratorium geplaatst te krijgen.

Talrijk waren de besprekingen en de contacten met vertegenwoordigers uit de militaire wereld en met civiele diensten.

Met de P.T.T. bleef nauwgezet overleg. Op 7 december 1945 vond een formele, zeer bevreemdende bespreking plaats over de reeds lang aangevangen dubbele taak van het Laboratorium: Dr. Ir. Maitland (Hoofddir. A.Z. - P.T.T.), Ov. v.d. Bergh en ondergetekende. Onder de civiele contacten is er één met de Chef van de Technische Dienst van 's Rijks Kustverlichting: Ir. v. Diggelen, waaruit te lezen valt hoe van alle kanten nog op te bouwen was.

Met de KM was er o.a. contact met Schagen van Leeuwen, die nogal ingrijpende ideeën had, welke met die van v.d. Bergh botsten; von Weiler en ik kalmeerden de situatie!

Het was overigens duidelijk dat de Commissie voor Fysische Strijdmiddelen niet heropgericht zou worden. Van den Bergh was zeer geporteerd voor opname bij TNO, ofschoon anderen op beleidsniveau zich afzijdig hielden, omdat TNO in het verleden nog weinig tot stand had gebracht. Prof. Elias, bovendien, wilde zijn vroegere taak niet hervatten; met hem besprak ik al vroegtijdig, wie als wetenschappelijk man zijn plaats zou kunnen innemen; wij kwamen te zamen op Prof. Dr. G.J. Sizoo, aan wie wij later (begin 1947) een bezoek brachten).

Tussen alle organisatie door en bij alle opbouw, werd intern hard gewerkt aan verschillende lopende projecten, ondanks de formidabele ruimte-nood.

Voorzover niet reeds genoemd, waren het: electrocardiograaf, goniometer, meet-microscoop, zelfregistrerende ontvangers, ijkmicrofoon, polsindicator, bloeddrukmeter, synchronisatie-motoren, veerdynamo, wobbeldensator voor ultracoustisch onderzoek en geluidsabsorptie in vloeistoffen, hoogfrequente hoorinrichting, photo-optische telegrafiezender.

Een andere zender (golflengte 50 m), in het geheim gebouwd en door het bombardement van het Bezuidenhout wat beschadigd, kwam eveneens reeds in mei '45 gereed en werd aan de P.T.T. ter beschikking gesteld.

Van landbouwzijde werd aangedrongen op het nemen van maatregelen om de akkers, enz. te bevrijden van onontploffte granaten en landmijnen, daar arbeid daarop levensgevaarlijk was. Het vroegere landmijnopsporingstoestel (1940), in de oorlogstijd in het geheim verbeterd, kon als „metaalopsporingsapparaat" in enige exemplaren reeds in mei hulp bieden. Later werden ook particulieren geholpen met het opsporen van in oorlogstijd begraven voorwerpen van metaal, waarvan men de juiste localisatie kwijt was geraakt.

## XII DE JAREN 1946 - 1947

Alhoewel het Laboratorium eerst tegen einde 1947 de gebouwen in Waalsdorp weer kon betrekken, kwam het „normale" werk in 1946 toch op gang. Op 15 dec. 1945 ging het Lab. van de P.T.T. over naar het M.v.O. De P.T.T. gaf toestemming in de Binckhorstlaan te blijven tot 1 juli 1947; daarna werd dit verlengd tot 1 dec. 1947).

Het leger in O. Indië moest geholpen worden aan infrarood-apparatuur om de inlander in de rimboe te kunnen opsporen, die zelf niet over dergelijke apparatuur beschikte.

Vóór de oorlog had Philips een infrarood kijker ontwikkeld en gedemonstreerd, echter nog met zeer pover resultaat (zie VI 2). Philips kwam met een verbeterde ontwikkeling en het Fysisch Laboratorium werd ingeschakeld voor diverse details bij de apparatuur, zoals infraroodfilters vóór de te gebruiken zoeklichten.

Ook kwam het z.g. „kattenoog“ bij Philips in ontwikkeling: plaatjes met in het infrarood-fluorescerende stof, in de rimboe uitgestrooid en onzichtbaar voor de tegenstander. Later, in dezelfde lijn van ontwikkeling, kwam Drs. Bruining nog met de zo geslaagde idee van lichtversterker.

De Marine, in de persoon van KTZ. Houtsmuller, informeerde naar researchmogelijkheden t.b.v. de KM. Al eerder was Ir. Piket (5 - 13 juli 1946) naar Engeland geweest om inlichtingen over infrarood te verkrijgen; van 6 - 14 augustus was ikzelf met KTZ. Houtsmuller in Londen voor besprekingen met hogere Engelse en Amerikaanse autoriteiten, zoals de heren Buckingham, Carroll, Haddon; Commodore Robinson (USA) e.a. Op 7 augustus 1946 had ook een bespreking plaats met LTZ. Gallas over een mogelijke ontwikkeling in Nederland van sonar: wij hadden reeds enige ervaring vóór de oorlog en de Engelsen waren weinig bereid gegevens te verstrekken.

Met de KL en het Dept. van Oorlog liepen contacten over landmijnopsporingsapparaten. Ook was er een Commissie Aanschaffing Radiomateriaal, waarvan Ir. Gratama lid was.

Op 8 oktober 1946 was er een bespreking met Z.E. de Minister van Oorlog Fiévez, met als hoofdpunt bacteriologische oorlogvoering, maar overigens van ruimere omvang; daarbij waren aanwezig: de Secr. Gen. L.C. Rietveld, Kol. M.R.H. Calmeyer (chef Kabinet), Kol. S.J. v.d. Bergh, Kol. Dr. v.d. Giessen, KTZ J. Houtsmuller, Ir. A. de Mooy, Lt. Kol. J. v. Ormondt, Kapt. Dr. P.A. Jonquière en ik. Van 15 oktober - 5 november bracht een Nederlandse Militaire Missie een bezoek aan Zwitserland, bestaande uit Kol. S.J. v.d. Bergh, de Lt.Kol.'s Weeda, O.J. Siersema, F.M. v.d. Trappen, de Maj. Brinkgreve en ik.

Op 20 december 1946 richt ik een brief aan de Minister van Oorlog, d.t.v. de Chef Technische Staf, om met ingang van 1 febr. 1947 Drs. C.E. Mulders eervol ontslag te verlenen, teneinde deze in staat te stellen op die datum als ingenieur der P.T.T. in dienst te treden en wel als chef van het Natuurkundig Lab. P.T.T. en tevens om de arbeidsovereenkomst met de heer V.J. Hellendoorn te beëindigen, opdat deze aldaar als chef van de instrumentmakerij zal kunnen optreden.

De contacten met Engeland nemen in 1947 toe. Een commissie „Mil-Wet-samenwerking met Engeland“ bezoekt Londen van 15 - 26 april 1947 en brengt een bezoek aan Sir Henry Tizard e.a. Zij bestaat uit de heren H.R. Kruyt (voorzitter TNO), Gen.Maj. Ir. J. Govers, Prof.Dr. G.J. Sizoo (toekomstig voorzitter RVO), en mij.

Van 9 - 14 juni bezocht een infrarood-groep onder mijn leiding Engeland; in augustus brengt Drs. H. de Bruyn (infrarood) een bezoek; in september Ir. M.W. van Batenburg (sonar); in november brachten Ir. IJ. Boxma, Drs. H. de Bruyn en Ir. M.W. v. Batenburg en ik een bezoek over „electronic computing“.

In dit verhaal passen niet meer exacte beschrijvingen over wetenschappelijk onderzoek binnen het Fysisch Laboratorium TNO; zij zijn òf wellicht nog geclassificeerd òf misschien te recent voor een geschiedschrijving.

Toch kan zeer globaal aangegeven worden hoe het werk zich welhaast explosief ontwikkelde en vertakte. Dit is uit het vorenstaande reeds ten dele af te leiden. Overzichtelijk en gecompriemd is het dan als volgt.

- a. Uit de ervaringen vóór de oorlog opgedaan bij onderwater-akoestiek, kon de ontwikkeling van een eigen sonar plaatsvinden (v. Batenburg).
- b. Uit de ontwikkeling vóór de oorlog bleek dat bij vuurleiding nieuwe wegen moesten worden ingeslagen. De toen beraamde elektrische analoge methode, als opvolger van de mechanisch analoge, maakte plaats voor een digitale (Boxma); de geavanceerde gedachten in de jaren 1946 - 1948, leidden tot de ontwikkeling van wat heden met „special purpose computers” wordt aangeduid. De Nederlandse industrie heeft daar later voordeel van gehad.
- c. Het radio-onderzoek, vóór de oorlog reeds zeer actief, richtte zich nu naar de hogere frequenties, de ultrakortegolf-techniek (Gratama).
- d. Het radar-onderzoek (vóór de oorlog: „electrisch luistertoestel”) ging, met von Weiler over naar een Laboratorium voor Elektronische Ontwikkeling (LEO). Het Fysisch Laboratorium TNO ging aan een zijtak werken: het anti-radar-onderzoek, zich richtend op het ontwikkelen van materialen, die electromagnetische golven in het radargebied absorbeerden (Toppinga). Dit leidde tot een specialisatie in het ontwerpen van cm-golf-meetapparatuur. Bovendien werd het onderzoek naar geschikte halfgeleiders ter hand genomen (Poley); een werkgroep, die behalve uit vertegenwoordigers van Waalsdorp ook bestond uit vertegenwoordigers van het Nat. Lab. Philips en van de R.U. Leiden, was hierbij actief.
- e. Het infrarood-onderzoek van vóór 1940 werd ten dienste gemaakt voor nieuwe ontwikkelingen (Piket); deze vonden weliswaar in hoofdzaak bij Philips plaats, maar het Laboratorium speelde daadwerkelijk mede en nam in het bijzonder het onderzoek naar infrarood-filters in beheer.
- f. Vooral vóór de oorlog nam het onderwerp waarneming (vooral geluid) een belangrijke plaats bij het Fysisch Laboratorium TNO in. Door de oprichting van een werkgroep „Waarneming” RVO (later Instituut voor Zintuigfysiologie) werd daaraan het waarnemingsonderzoek voornamelijk overgelaten.
- g. Vóór de oorlog had het Laboratorium - voorzover tijd beschikbaar was - (voornamelijk elektronische) hulp verschaft aan medici en hun instituten. Een Werkgroep „Eindhoven” coördineerde hierbij.  
Ook na de oorlog bestonden deze werkgroep en dit onderzoek nog. Langzamerhand werd het overgedragen aan een Medisch Fysisch Instituut, waarbij in de aanloopperiode ir. Bekkering gastvrijheid in Waalsdorp genoot.
- h. Nieuwe vertakkingen in het onderzoek ontstonden, bijv. die voor chemie en voor wiskunde, beide in de eerste plaats ten dienste der andere werkgroepen. Later ontstond ook een werkgroep voor het „plotten” van radarwaarnemingen.

Dit summiere overzicht geeft een indruk van het vele nieuwe, waarvoor het Fysisch Laboratorium TNO zich geplaatst zag, zo tegen de overgang naar R.V.O. in 1948. Maar het laat ook zien dat veel onderzoek een zekere continuïteit vertoonde, door de oorlogsperiode heen, vanuit de vooroorlogse research.

# FYSICA EN VER INFRAROOD

## ALGEMEEN

Sinds 1947 is gewerkt aan de volgende onderwerpen:

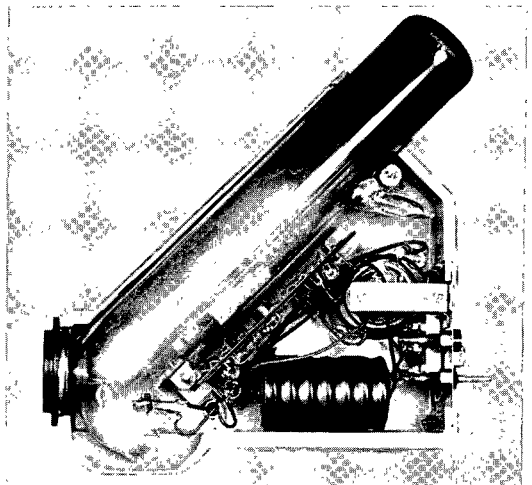
- Halfgeleideronderzoek
- Actief infrarood
- Evaluatie van helderheidsversterkers
- Ver infrarood (detectie van warmtestraling)
- Eigenschappen en toepassingen van lasers
- Atmosferisch en omgevingsonderzoek
- Remote sensing
- Diverse onderzoekingen

Voor het uitvoeren van bovenvermelde onderzoekingen moesten aanvankelijk de benodigde componenten grotendeels zelf ontwikkeld worden, aangezien deze niet te koop waren. Een chemische afdeling werd opgebouwd, omdat die voor dit onderzoek onontbeerlijk was. De medewerking van de fijnmechanische specialisten, de electronici, een bekwame glasinstrumentmaker en de vacuum/cryogene afdeling was eveneens onmisbaar.

## HALFGELEIDERONDERZOEK

Speciale technieken werden ontwikkeld voor het maken en bewerken van zeer zuivere materialen en het maken van éénkristallen hiervan. Successievelijk werden detectoren vervaardigd van loodsulfide, loodselenide, loodtelluride, thalliumsulfide en cadmiumselenide. Deze cellen werden toegepast voor de detectie van straling in het zichtbare en infrarode golflengtegebied en voor het uitlezen van codeschijven in rekenapparatuur.

Omstreeks 1957 werd begonnen met de vervaardiging van indiumantimonide fotodetectoren voor warmtedetectie in het 3-4  $\mu\text{m}$  golflengtegebied. De ontwikkelde fofovolta-cellen zijn met succes in laboratoriumopstellingen voor warmtedetectie toegepast.



*Stralingsdetector van indiumantimonide*



## ACTIEF INFRAROOD

In 1948 werd begonnen met het ontwerpen van componenten voor een waarnemingssysteem bij nacht, waarbij voor de verlichting van het tafereel gebruik gemaakt werd van de straling van een zoeklicht, waarvan het zichtbare licht is weggefilterd. Onderzoek is verricht aan de benodigde filters, infrarood gevoelige kathodes, beeldconversie buizen en hun elektrische voeding, zoeklichten, etc. Deze kennis werd vervolgens overgedragen aan de industrie.

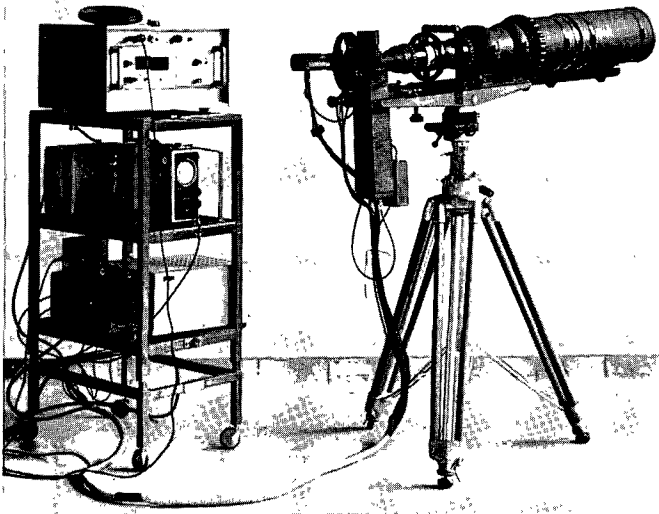
In 1952 is in het laboratorium een systeem voor infrarood telefonie op zee ontwikkeld, bestaande uit een tweetal infraroodkijkers in combinatie met sein- en bakenlichten, die voorzien waren van infrarood doorlatende filters. Als lichtbronnen dienden gasontladingslampen. Dit project werd in 1954 beëindigd, omdat de resultaten te zeer afhankelijk bleken te zijn van de atmosferische transmissie boven zee.

Ten behoeve van actieve infrarood waarnemingssystemen werden metingen uitgevoerd aan terreinen, achtergronden en camouflage-materialen. Een apparaat voor het meten van de infrarood reflectiecoëfficiënt van verf- en kledingmonsters werd vervaardigd en tot 1968 veelvuldig toegepast ten behoeve van de Koninklijke Landmacht.

Aangezien alle actieve systemen het nadeel hebben detecteerbaar te zijn werd de aandacht al spoedig meer gericht op passieve waarnemingsmiddelen, met name op het gebruik van helderheidsversterkers en de detectie van warmtestraling (ver infrarood).

## EVALUATIE VAN HELDERHEIDSVERSTERKERS

Begonnen werd met een onderzoek naar de principiële grenzen van de waarneming met helderheidsversterkers. In deze periode ontstond een goede samenwerking met het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO voor wat betreft de problemen op perceptiegebied. Vanaf 1965 werden binnen het raam van een internationale samenwerking gedurende een jaar 's nachts uitgebreide metingen verricht voor het bepalen van de statistiek van het contrastverlies in de atmosfeer. Naast het contrastverlies werd ook de transmissie van de atmosfeer en het natuurlijk verlichtingsniveau gemeten.



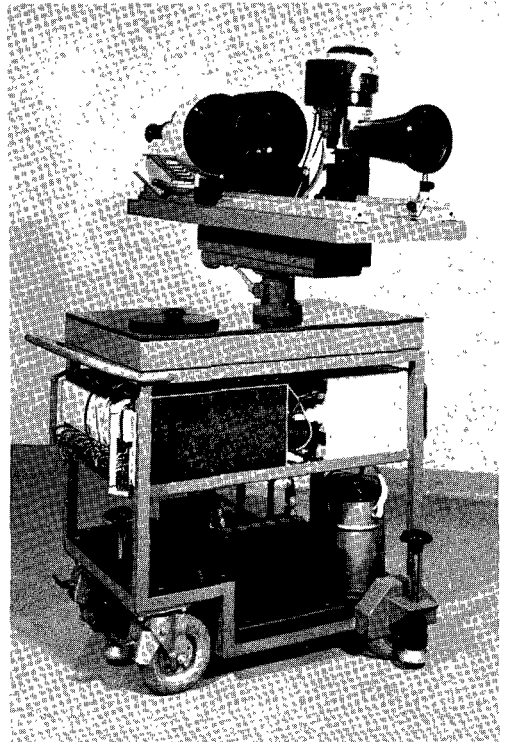
*De T.R.M.  
(Tele Radiantie Meter)*

Uit deze meetresultaten kon een zinnige maat voor het te verwachten bereik van een helderheidsversterker gedefinieerd worden. In samenwerking met medewerkers van de K.M.A. zijn de uitkomsten later door metingen in Nederland geverifieerd.

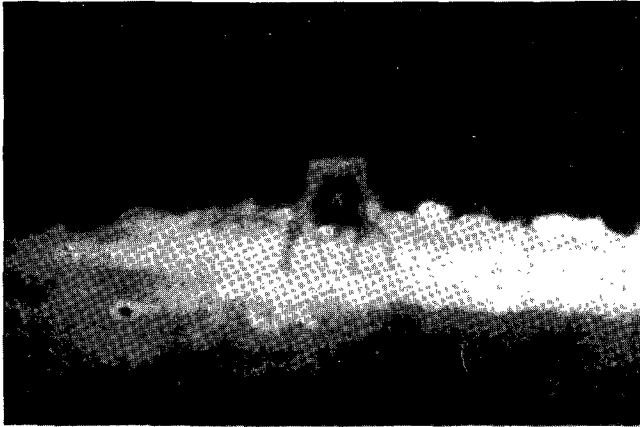
De resultaten van deze metingen werden op internationale conferenties gepresenteerd en zijn als basis voor de evaluatie van helderheidsversterkers geaccepteerd.

Naast de Tele Radiantie Meter (T.R.M.) voor het meten van het contrastverlies in de atmosfeer werd een meetopstelling opgebouwd, waarmee het eveneens belangrijke contrastverlies binnen de helderheidsversterkerbuis zelf, als functie van de grootte van het object (in hoekmaat), gemeten kan worden: de M.T.F. (Modulatie Transfer Functie) meter. Hiermee is sinds 1970 ten behoeve van de Koninklijke Landmacht de M.T.F. van vele industriële prototypes van helderheidsversterkerapparatuur gemeten.

In 1970 is het onderzoek op het gebied van nachtzien voortgezet met het ontwikkelen en beproeven van een Gated Viewing systeem. Bij een dergelijk waarnemingsstelsel wordt een gepulste helderheidsversterker als ontvanger en een gepulste laser als lichtbron gebruikt. Door de helderheidsversterker pas open te schakelen als de uitgezonden lichtpuls een eind verwijderd is van de zender/ontvanger reduceert men het contrastverlies t.g.v. terugverstrooiing in de atmosfeer aanzienlijk.



*Gated Viewing apparaat*



*Waarneming m.b.v. het gated viewing systeem van de herdenkingsklok in de Waalsdorpervlakte. Afstand ~ 900 m. Goede zichtcondities*



*Idem als boven. De helderheidsversterker is nu op een wat later tijdstip „open” geschakeld, waardoor het verlichte gedeelte naar achteren geschoven is. (silhouet-waarneming)*

## VER INFRAROOD (detectie van warmtestraling)

Gesteund door interesse van de zijde van de Koninklijke Marine werd in 1948 aangestuurd op een apparaat voor warmtedetectie. De detector was aanvankelijk een halfgeleiderbolometer. In verband met ruisoverwegingen werden pneumatische detectoren (Golay cellen) gemaakt en toegepast, die wel gevoelig, doch ook zeer kwetsbaar bleken te zijn. Een gelijkspanningsversterker werd gebouwd en een optisch filter, dat de warmtestraling doorlaat en de zichtbare straling absorbeert, werd vervaardigd. Een goede spiegel ontbrak; een speciale slijpbank voor het maken van tweedegraads-oppervlakken van metaal werd ontworpen. In 1957 lukte het om met al deze primitieve hulpmiddelen schepen aan de horizon te detecteren.

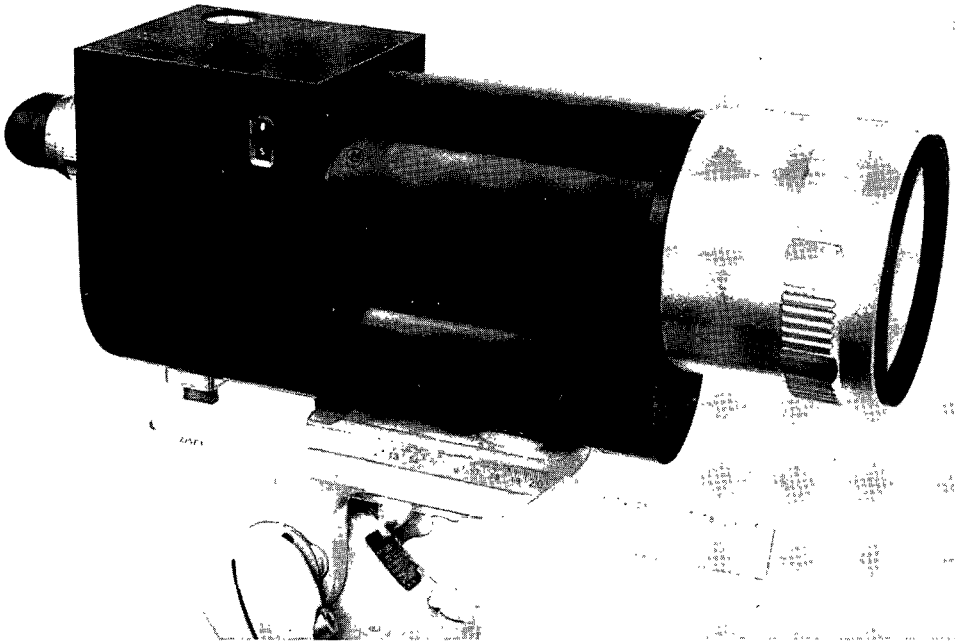
De grote vooruitgang in de warmtedetectie werd geboekt, toen de indiumantimonide detectoren vervaardigd konden worden, eerst de Photo Electro-Magnetische (P.E.M.) cel (1958), daarna de fotonvolta-cellen.

Toen de in het Laboratorium ontwikkelde detectoren voldoende kwaliteit bezaten, konden in 1961 met geheel zelfgebouwde optiek en elektronica de eerste warmtebeelden worden gemaakt. De hier getoonde warmtefoto van een man is daar een voorbeeld van.



*Een van de eerste warmtebeeldopnamen van een man (1961)*

Als gevolg van het verbeteren van de detectoren konden de afmetingen van de optiek worden verkleind. Zo is daar als uiterste prestatie de z.g. CHIK (Combinatie Helderheidsversterker Infrarood Kijker) in 1969 ontwikkeld. Met één detector (gevoelig bij een golflengte van 10 micron; 0,5 mrad scheidend vermogen) werd 16 x per seconde een beeldveld van  $1,3 \times 4^\circ$  afgetast, waarbij dit beeld ingespiegeld werd in het oculair van een helderheidsversterker.



*Combinatie van een Helderheidsversterker en een Infrarood Kijker (CHIK)*

Hiermee konden personen tot op 500 m herkend en tot op 1000 m gedetecteerd worden. Rijdende tanks werden gezien tot op een afstand van 3000 m. Deze activiteiten lagen niet alleen meer op het gebied van „bewijzen dat het kan”, maar ook op het gebied van het aangeven wanneer detectie mogelijk is, de interpretatie, de tegenmaatregelen, het volgen van doelen etc.

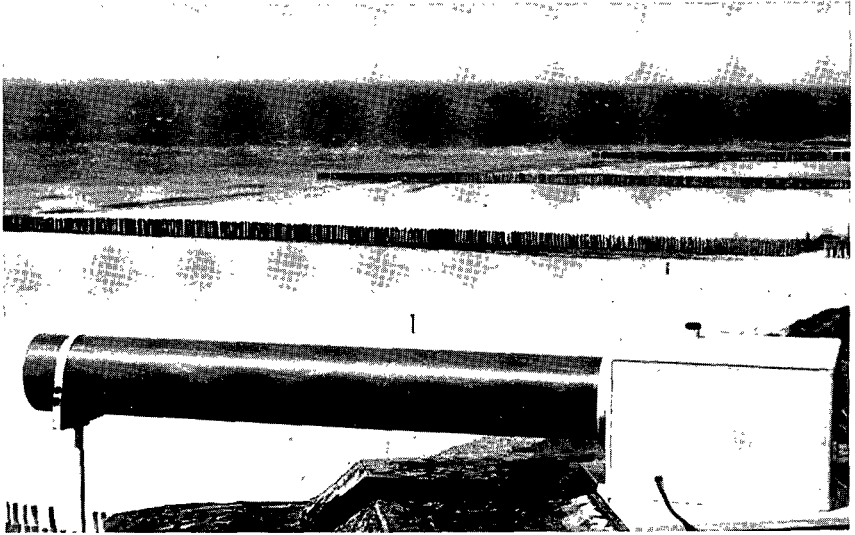
Voor de tegenmaatregelen voor de Koninklijke Marine, namelijk het beschermen van schepen tegen infrarood doelzoekende raketten, is van 1962 af steeds onderwerp van hoge prioriteit geweest.

Voor dit onderzoek werd in 1965 een scanner gebouwd, die een 2 kleuren beeld produceerde van opeenvolgende, in 2 frekwentiegebieden (zichtbaar licht en infrarood) gemaakte scans. Deze scanner werd met succes gebruikt vanuit een vliegtuig.

Vele andere infrarood lijnscanners werden gebouwd; de daarbij opgedane ervaring kwam ten nutte bij de ontwikkeling van de Orpheus IR lijnscanner van de Optische Industrie „De Oude Delft” voor de Koninklijke Luchtmacht en bij een latere camera, de multidetectorwarmtebeeldcamera met 10 detectoren, eveneens voor de Koninklijke Luchtmacht.

Een infrarood opvangsysteem voor het Seacat missile is in het begin der 70-er jaren ontwikkeld; dit heeft geleid tot een betrouwbaar systeem dat inmiddels aan boord van de Van Speijk fregatten succesvol is beproefd.

In 1971 kwamen studies op gang voor het passief detecteren en volgen van laag inkomende doelen. De metingen aan deze doelen zijn moeilijk en ook de voorspellingen voor atmosferische transmissie over lange afstand waren onduidelijk. Vandaar dat metingen gestart zijn over de Westerschelde (6 km) van de transmissie in het 3-4 en 8-14  $\mu\text{m}$  gebied.

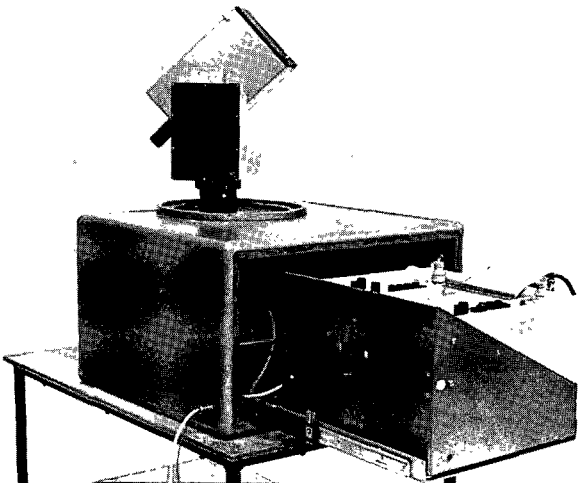


*Infrarood transmissie meting te Vlissingen over een weglengte van 6 km over de Westerschelde*

Intussen werd de voortgang van projecten bij de Nederlandse industrie nauwlettend gevolgd. Stralingsmetingen aan doelen en achtergronden zijn van het begin af aan de orde geweest. Al in 1966 werden regelmatig voertuigen van de Koninklijke Landmacht gemeten, al of niet gecamoufleerd. Temperaturen werden geregistreerd in rijdende en niet rijdende toestand, evenals tijdens het schieten.

In internationaal verband zijn op een militaire basis vele temperatuursmetingen uitgevoerd en zijn de infrarood verkeningsopnamen geïnterpreteerd. Een rekenmodel is ontwikkeld om het temperatuursgedrag van allerlei objecten te voorspellen.

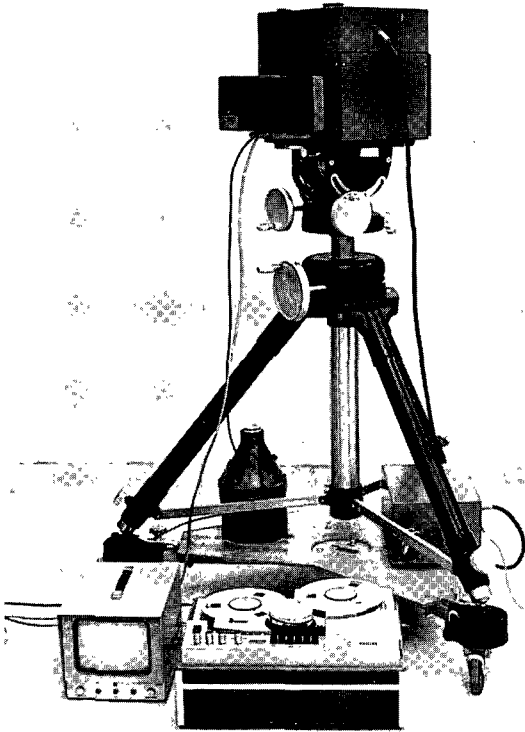
Een studie is gemaakt om de temperatuursfluctuaties in een terrein te begrijpen. Eenvoudiger is de zeeomgeving, hoewel de golven heel wat roet in het eten gooien en de aanwezigheid van wolkenfragmenten veel fluctuaties kunnen geven. Om één en ander nader te onderzoeken is in 1975 op het lichteiland Goeree enige tijd een scannende radiometer geplaatst.



*De ELSCA, ELevatie SCannende Radiometer*

Deze tastte op regelmatige wijze zee en hemel af en de resultaten konden vergeleken worden met een daartoe ontwikkeld computermodel.

Een interessante ontwikkeling werd mogelijk na de aanschaf van een 50 elements „Cadmium Mercury Telluride (CMT) array, waarmee een prototype FLIR (Forward Looking Infra Red) scanner gemaakt kon worden. Deze experimentele scanner (ETID) levert een  $9^\circ \times 22^\circ$  gezichtsveld gepresenteerd op een gewone T.V. ontvanger met 1 mrad resolutie.

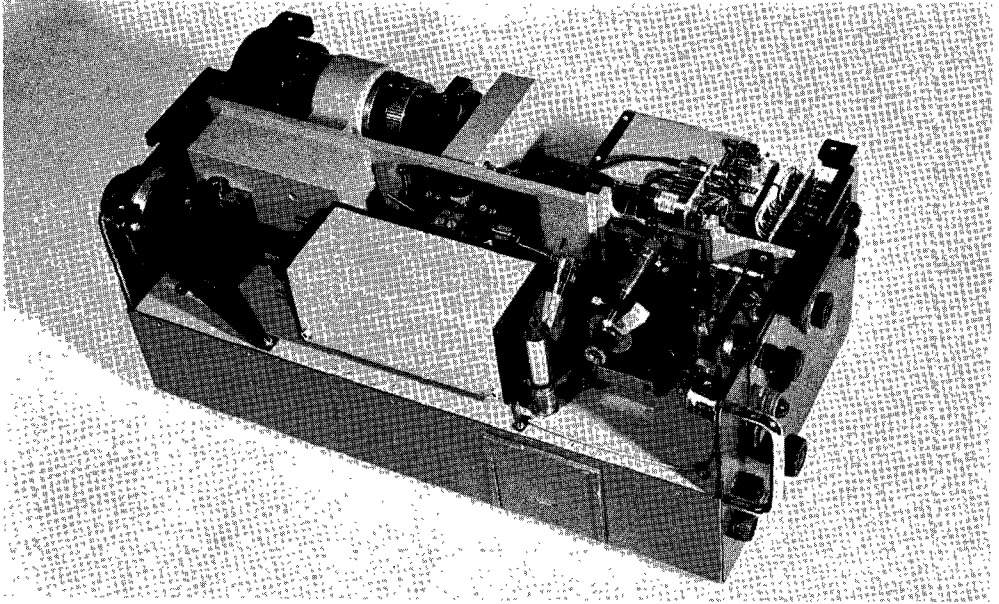


*Experimentele,  
Thermisch Infrarood Scanner ETIS*

Enige malen is het ver infrarood onderzoek ook voor civiele doeleinden ingeschakeld. Zo zijn de allereerste opnamen voor het detecteren van onderhuidse ontstekingen bij patiënten indertijd op het Fysisch Laboratorium TNO gemaakt op verzoek van het Instituut voor Preventieve Geneeskunde te Leiden. Ten behoeve van Draka Plastics is de temperatuur egaliteit van plastic films tijdens de fabricage met een infrarood scanner (FLORIS) gemeten.

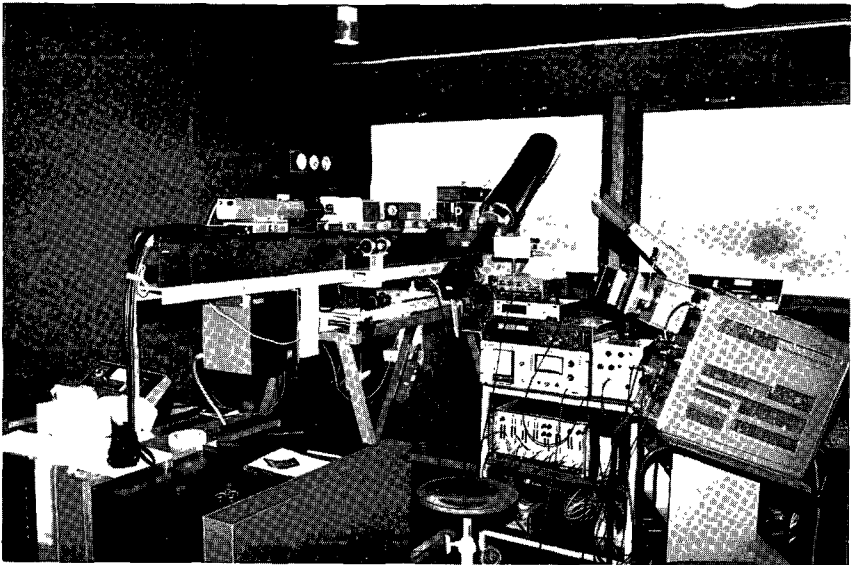
## **EIGENSCHAPPEN EN TOEPASSINGEN VAN LASERS**

Het laseronderzoek is begonnen in 1962 aansluitend aan het onderzoek aan parametrische versterkers en masers. Reeds in 1965 werd een laboratoriumopstelling van een laserafstandmeter ontwikkeld, waarin een neodymiumlaser (golflengte  $1,06 \mu\text{m}$ ) werd toegepast. Nadien zijn er door het Fysisch Laboratorium TNO ten behoeve van de Koninklijke Landmacht enkele laboratorium prototypes van afstandmeters vervaardigd. In 1969 is de opgedane ervaring op het gebied van de constructie van laserafstandmeters overgedragen aan de industrie.



*Laboratorium prototype van een laserafstandmeter*

Het onderzoek is voortgezet met de ontwikkeling van een laserscanner. Met een dergelijk waarnemingssysteem is het mogelijk om met een zeer eenvoudige optiek een grote resolutie te bereiken. In de praktijk zijn resoluties beter dan 0,1 mrad bereikt, zodat hiermee doelen geïdentificeerd kunnen worden. Bovendien is het mogelijk om langs elektronische weg te „zoomen”, stereoscopische beelden te vervaardigen, gated viewing technieken toe te passen en afstandmetingen tot ieder gewenst punt van het tafereel uit te voeren.



*Raman-Lidar opstelling*



Met behulp van gepulste lasers zijn systemen ontwikkeld, waarmee op korte afstand verontreinigingen in de atmosfeer gemeten en geanalyseerd kunnen worden (Raman-Lidar) en op grote afstand de effectieve concentratie van aanwezige deeltjes in de atmosfeer bepaald kunnen worden (Mie-Lidar).

De toepassing van continue glaslasers voor het bewerken van beelden (o.a. optische Fourier transformatie) en het verwerken van geregistreerde signalen (correlatoren) is onderzocht in proefopstellingen.

## ATMOSFERISCH EN OMGEVINGSONDERZOEK

Vanaf 1950 is veel aandacht geschonken aan het meten van de eigenschappen van de atmosfeer. Reeds genoemd werden de metingen in het nabije infrarood i.v.m. de toepassing van lichttelefonie (1954), de metingen betreffende het contrastverlies in de atmosfeer (1967/68) en de metingen in het ver infrarood over de Westerschelde (1974/75). Om een verantwoorde statistiek van de atmosferische beperkingen te verkrijgen moesten deze metingen over een lange periode uitgevoerd worden.

Om een inzicht te krijgen in de geografische afhankelijkheid van de atmosfeer is gestreefd naar internationale samenwerking bij de uitvoering van meetprogramma's. Dit heeft geleid tot het opstellen en uitvoeren van het meetprogramma OPAQUE, waarbij een groot aantal parameters op overeenkomstige tijden wordt gemeten op zes meetplaatsen, in verschillende landen in West-Europa.

Door het Fysisch Laboratorium is een meetplaats ingericht op de Vliegbasis Ypenburg. Samen gewerkt wordt met medewerkers van de K.M.A. en van het Chemisch Laboratorium TNO.

## REMOTE SENSING

Sinds 1948 is er op het Fysisch Laboratorium TNO veel ervaring opgedaan met allerlei apparatuur voor het waarnemen op afstand, zoals:

Radarapparatuur

Ver infrarood apparatuur

Helderheidsversterkers, etc.

Deze ervaring is verkregen dankzij de bestudering van deze onderwerpen t.b.v. militaire toepassingen. Het is gebleken, dat er ook voor civiele doeleinden een scala van mogelijkheden is, waarbij deze waarnemingssystemen waardevolle informatie kunnen geven over uitgestrekte gebieden. Onderzoekingen zijn verricht t.b.v. de Rijkswaterstaat voor specifieke problemen, zoals het waarnemen bij nacht van olielozingen op zee, het waarnemen van het optreden van kwel van rivierwater onder dijken, het bepalen van golfpatronen op zee, etc.

Wetenschappelijke ondersteuning is verleend bij het uitvoeren van projecten t.b.v. de Nederlandse Interdepartementale Werkgemeenschap voor het Applicatieonderzoek van Remote Sensing technieken (NIWARS). Onderzocht zijn o.a. de reflectie-eigenschappen voor radargolven van vegetaties, bosopstanden en wateroppervlakken. Speciale aandacht is besteed aan het onderzoek van de specifieke reflectie van vegetatie in het zichtbare en nabije infrarode golflengtegebied.

## DIVERSE ONDERZOEKINGEN

Zeker niet onvermeld mogen blijven de activiteiten, die vooral vlak na de tweede wereldoorlog plaatsvonden met betrekking tot de ontwikkeling van medisch-fysische apparatuur (encephalograaf en bloeddrukopnemer).

Het Laboratorium heeft aan de eerste onderzoekers (Commissie Eindhoven) gastvrijheid verleend. Uiteindelijk is uit deze groep het Medisch Fysisch Instituut TNO ontstaan.

Naast het actieve infrarood zijn er ook experimenten uitgevoerd naar de toepassing van waarnemingssystemen, waarbij een ultraviolette lichtbron werd toegepast om het terrein en militaire doelen tot fluorescentie te brengen. Er bleek geen goede discriminatie tussen terreinen en militaire doelen op te treden.

M.b.v. de ontwikkelde Hall-generatoren van indiumantimonide is getracht een gevoelige manometer te construeren. De fluctuaties in het aardmagnetisch veld ter plaatse van het Fysisch Laboratorium maakten dit onderzoek echter onuitvoerbaar.

Geheel buiten het normale arbeidsterrein lag een op verzoek van de Octrooiraad ingesteld onderzoek naar de werking van een apparaat voor de detectie van aardstralen. Geen werking in de fysische sfeer kon worden vastgesteld.

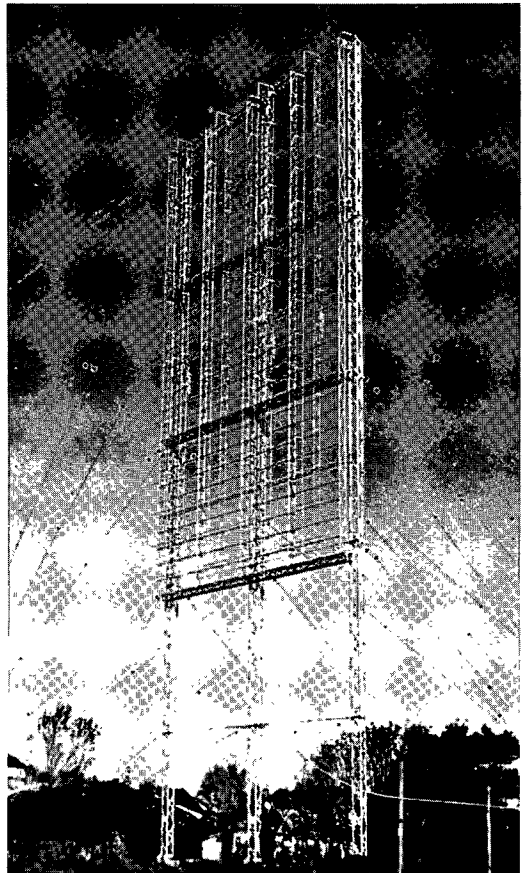
# TELECOMMUNICATIE

## 1 DE EERSTE JAREN NA DE TWEEDE WERELDOORLOG (1947 - 1950)

Voordat de researchgroep Microgolven werd opgericht werd reeds begonnen met het maken van een laboratoriummodel van een radarantenne voor een golflengte van 25 cm, bedoeld voor schepen van de Koninklijke Marine. Daarnaast werd gewerkt aan onderwerpen op radiogebied: Onderzoek van nabijheidsbuizen en de bouw van een zender voor de toenmalige Technische Staf van de Koninklijke Landmacht, waarmee een vergelijkend onderzoek van AM (Amplitude Modulatie) en FM (Frequentie Modulatie) kon worden verricht.

Ook is enkele jaren gewerkt aan een radioboei met antenne, waarmee een ondergedoken onderzeeboot met de wereld „boven water“ zou kunnen communiceren. Tot een operationele toepassing heeft dit niet geleid.

De onderwerpen, die in de periode 1950 tot heden aan de orde kwamen, zijn hieronder weergegeven, chronologisch gerangschikt naar het jaar waarin zij aanvingen.



*De antenne van de zender in Arendal,  
Noorwegen*

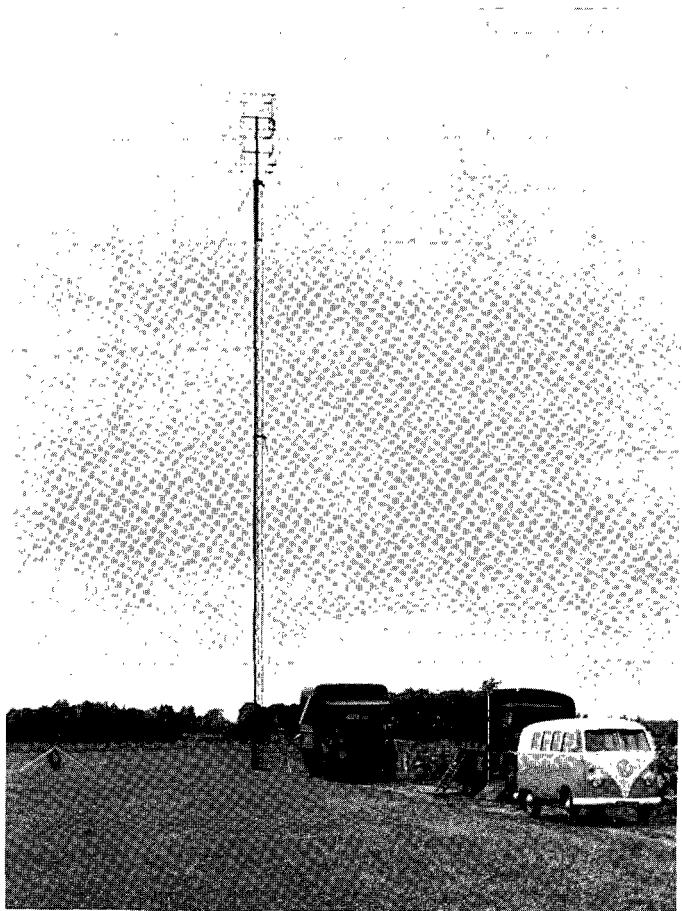
## 2 VHF/UHF RADIOCOMMUNICATIE VIA DE TROPOSFEER (1950 - 1967)

In 1950 begon de groep met een onderzoek over grote afstanden d.w.z. afstanden in de orde van 30 tot 50 maal de radiohorizon-afstand, gezien vanuit de betreffende zend- of ontvangantenne. Het onderzoek werd opgezet omdat dit, naar ons oordeel, van groot belang zou zijn voor de toekomstige militaire radiocommunicatie. Inherent aan dit onderzoek was de ontwikkeling van zeer ruisarme ontvangers voor het VHF en UHF gebied.

Enkele hoogtepunten uit het onderzoek betroffen:

a) Experimentele VHF verbinding met Noorwegen.

Een zendstation werd gebouwd, met Noorse hulp, op het eiland Tromöy, bij de stad Arendal. De frequentie bedroeg 150 MHz. De overbrugde afstand was ca. 800 km. De grote, op Nederland gerichte antenne leverde een effectief uitgestraald vermogen van ca. 2300 kW. De ontvangst vond plaats op het Fysisch Laboratorium te Waalsdorp. De verbinding kwam in 1956 tot stand en is midden 1959 opgeheven.



*Troposcatterpost*

b) Troposcatter installatie voor de krijgsmacht.

In 1959 werden twee complete posten voor troposcatter-communicatie ingericht voor gebruik door de krijgsmacht. Er werd van frequency-diversity gebruik gemaakt en iedere post had daartoe twee zenders en twee ontvangers, alles werkend op één enkele, draaibare richt-antenne.

In eerste instantie was deze apparatuur bedoeld voor de Koninklijke Marine, die hiervoor belangstelling bleek te hebben; later (1963) zou evenwel blijken dat dit krijgsmachtdeel een troposcattersysteem wegens allerlei praktische bezwaren toch niet wenste toe te passen. Genoemde tropo-installatie is toen ter beschikking van de Koninklijke Landmacht gesteld en is gedurende de jaren 1964 tot 1967 uitvoerig beproefd over verschillende trajecten. Het laatst was zij in gebruik over het traject Seedorf (1e LK. W.Duitsland) en het Fysisch Laboratorium (afstand 360 km) waarbij behalve telefonie ook telex werd gebruikt. Gedurende meer dan 90% van de tijd was een telefoonverbinding van hoge kwaliteit mogelijk.

Medio 1967 is genoemde proefverbinding buiten bedrijf gesteld en werd de installatie omgebouwd voor gebruik in het project voor tactische satellietcommunicatie. (zie aldaar).

### **3           RADIOSTORINGEN (1951 tot heden)**

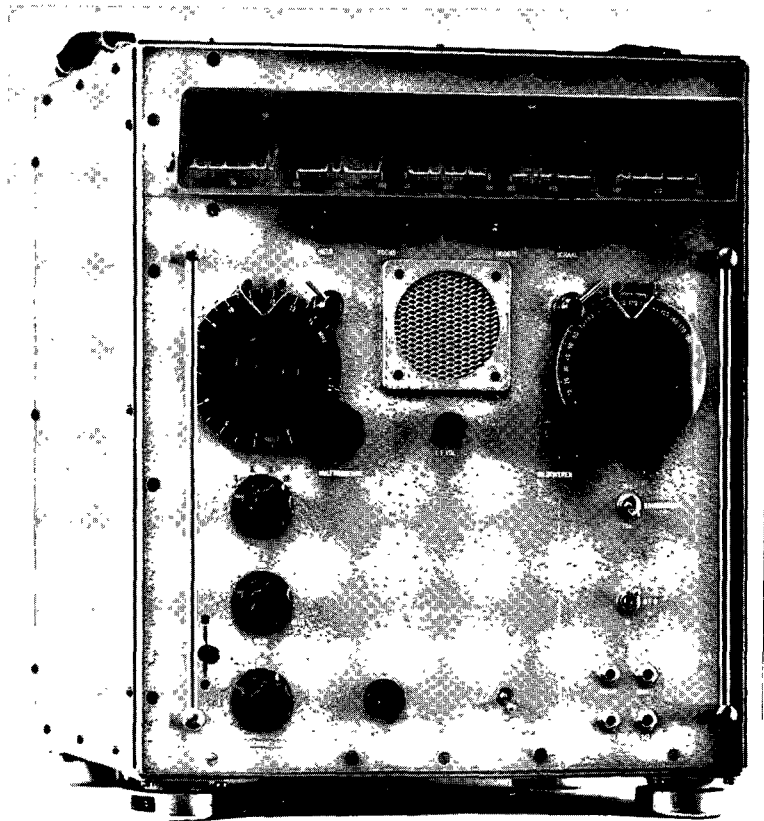
In 1951 werd, op verzoek van de Koninklijke Landmacht, een begin gemaakt met het onderzoek van de radiostoring veroorzaakt door de ontstekingsinstallatie van motorvoertuigen. Het onderzoek werd in 1956 afgesloten met het verschijnen van een samenvattend rapport, waarin een inmiddels ontwikkelde standaard ontstoringuitrusting voor militaire motorvoertuigen werd beschreven.

Nadien is een blijvende activiteit ontstaan op het gebied van de radiostoringen. Apparatuur en installaties, die radiostoring konden veroorzaken, werden beproefd volgens militaire specificaties. Dit werk kwam in latere jaren hoe langer hoe meer in de verdrinking door opdrachten met een hogere prioriteit; wel wordt ook nu nog deelgenomen aan internationale activiteiten (CISPR) op dit gebied.

### **4           PANORAMA-ONTVANGERS (1952 - 1967)**

In 1952 werd een begin gemaakt met de constructie van een z.g. panorama-ontvanger die een belangrijke rol speelt bij de z.g. elektronische oorlogvoering. Het onderzoek leidde tot twee typen ontvangers; te weten: type 1, een ontvanger die het gebied van 0,1 tot 30 MHz „bekeek“ en type 2 voor het gebied van 30 tot 180 MHz.

Beide ontvangers werden door een groot aantal instanties, waaronder ook verscheidene buitenlandse, beproefd. De Koninklijke Landmacht plaatste bij de firma Van der Heem een opdracht voor de fabricage van een serie die in grote trekken conform type 1 was. Verder werd een brede-band ontvang-antenne voor type 2 ontwikkeld.



*Panorama-ontvanger voor het frequentiegebied 0,1 - 30 MHz*

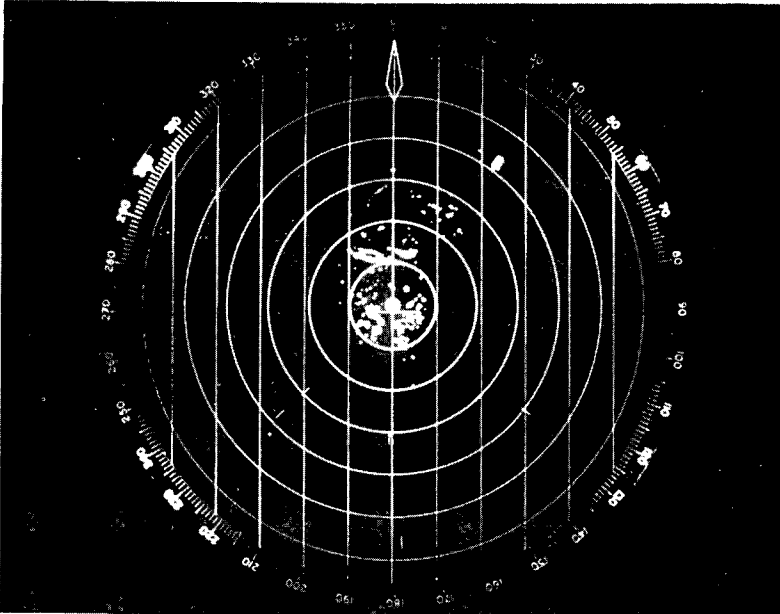
## 5 RADIOVERBINDINGEN VIA DE MAAN (1959 - 1965)

Op 27, 28 en 29 januari 1959 werden op het Laboratorium de door de maan gereflecteerde signalen ontvangen van een US-Signal Corps zender. De zender werkte op een frequentie van 151,11 MHz en was opgesteld te Fort Monmouth, N.J. Zo'n „moon-bounced“ VHF radiosignaal fluctueert heftig doordat de maan alles behalve een gladde bol is: er treden aanzienlijke „meerwegen“ effecten op ten gevolge van de vele reflectie-gebieden op onderling verschillende hoogten, als ook door de schommeling van de maan (libratie). „Moon-bounce“ radiocommunicatie leent zich dan ook hoofdzakelijk voor smal-band werk, zoals bijv. telex en C.W. telegrafie. Gebruikte apparatuur: De Würzburg Riese parabolische antenne (zie verder) gecombineerd met een zeer ruisarme ontvanger.

In 1965 vond een tweede experiment plaats waarbij een twee-weg verbinding gerealiseerd werd: op 24 juli 1965 om 14 uur 26 plaatselijke tijd werd een geslaagde over-en-weer telegrafie verbinding, via de maan, verkregen met het station KP4BZ, Arecibo, Porto Rico. (KP4BZ is een ionosfeer-research station van de Cornell University). Gebruikte antenne: Würzburg Riese parabool. Zendvermogen 50 watt en draaggolf-frequentie: 432 MHz.

## VESTA RADARTRANSPONDERSYSTEEM (1961 tot heden)

In 1961 vond de geboorte plaats van een systeem voor een verbeterde radarwaarneembaarheid van kleine objecten, dat later als het VESTA-systeem grote bekendheid zou krijgen. In dat jaar werd, op verzoek van de Koninklijke Luchtmacht, begonnen met het onderzoek naar een oplossing van het probleem van het beter zichtbaar en vooral herkenbaar maken van de radar-echo's van zweefvliegtuigen. Hiertoe werd het zweefvliegtuig voorzien van een z.g. radartransponder, een combinatie van een radarontvangertje en een zendertje, dat de in het zweefvliegtuig ontvangen radarimpulsen (afkomstig van de „ondervragende” grondradar) op een andere frequentie versterkt terugstuurt naar een grondontvanger, die de aldus ontvangen versterkte „echo's” op de beeldbuis van de ondervragende grondradar zichtbaar maakt. Zo'n transponder werkt als een soort „echoversterker”. Het succes van de door ons ontwikkelde „all-transistor” transponder was groot: de zichtbaarheid en vooral de herkenbaarheid van zweefvliegtuigen werden enorm vergroot en wel speciaal omdat men aan de teruggezonden transponderecho's een typerende „vorm” kon geven waardoor de zweefvliegtuigecho onmiddellijk onduidelijk te midden van allerlei andere echo's te herkennen was.



*Radarscherm met VESTA echo*

De Koninklijke Luchtmacht had op dat moment (eind 1963) echter de belangstelling voor dit project verloren en het werd beëindigd. In 1965 werd nog wel, als uitvloeisel van de proeven, een miniatuur all-transistor zend-ontvanger ontwikkeld voor het verkeer tussen het zweefvliegtuig en de grond.

De goede resultaten met de radartransponder waren bij de Koninklijke Marine niet onopgemerkt gebleven. Op haar verzoek werd de radartransponder uitgeleend aan Hr.Ms. „Snellius”, die in 1964 metingen van de diepte van de zeebodem moest verrichten in het kader van het z.g. NAVADO project, een internationaal onderzoek van de bodem van de Atlantische Oceaan. Daarbij moest een sloep vanaf Hr. Ms. „Snellius” tot op een afstand van tenminste 10 zeemijlen (18,5 km) op de radar van Hr. Ms. „Snellius” zichtbaar blijven. Normaal „ziet” de scheepsradar de sloep op deze afstand niet. Nu lukte dit bijzonder goed.

In de loop van 1964 bleek de Koninklijke Marine ook geïnteresseerd in het gebruik van een transponder aan boord van helicopters, daar in het algemeen laagvliegende helicopters op korte afstand van het moederschip met de gebruikelijke radars niet meer waar te nemen zijn. In aansluiting aan de gunstige proeven die door ons werden uitgevoerd gaf de Koninklijke Marine in maart 1966 een opdracht tot het fabriceren van een transpondersysteem (codenaam VESTA) dat bestemd was om gebruikt te worden tussen een helicopter en een helicopter-dirigerend schip.

Na zeer vele proefnemingen en metingen werd een nieuwe transponder met een piekvermogen van 10 watt ontwikkeld, waardoor op het dirigerende schip voor het ontvangen van de transpondersignalen met twee eenvoudige antennes kon worden volstaan (z.g. diversity). De transponder werd „getriggerd” door zowel de 3 cm als de 10 cm radar van het schip.

De afstand, die met dit systeem werd gehaald, bedroeg ca 30 mijl ( $\pm 56$  km) met de helicopter op 120 m hoogte.

Belangrijk was verder dat de dode hoek van de 3 cm radar, veroorzaakt door de voormast van het schip, sterk werd verkleind. Zo was bijv. op 3 mijl afstand de dode hoek slechts  $5^\circ$  tegen  $45^\circ$  zonder gebruik van de transponder.

De Koninklijke Marine raakte overtuigd van het nut van de radartransponder en besloot een aantal van haar schepen er mede uit te rusten. Plaatsing van een order bij de industrie mislukte, zodat het Laboratorium verzocht werd 25 systemen die aan hoge eisen van betrouwbaarheid moesten voldoen, te produceren. In 1968 werd daarmee begonnen. De productie werd gedeeltelijk uitbesteed bij ENRAF-NONIUS te Delft. In mei 1969 werd een compleet „preproduction” systeem gedurende 5 dagen met succes beproefd aan boord van Hr. Ms. „Van Speijk”. In het begin van 1970 werden zes fregatten voorzien van een compleet operationeel VESTA-systeem, terwijl de leverantie en installatie voltooid werden in 1972. De apparatuur bleek goed te voldoen en vertoonde weinig uitval. De verdere ontwikkeling van het systeem werd naderhand overgedragen aan de Elektronicagroep (zie aldaar). Deze groep bouwde ook verscheidene systemen voor buitenlandse opdrachtgevers.



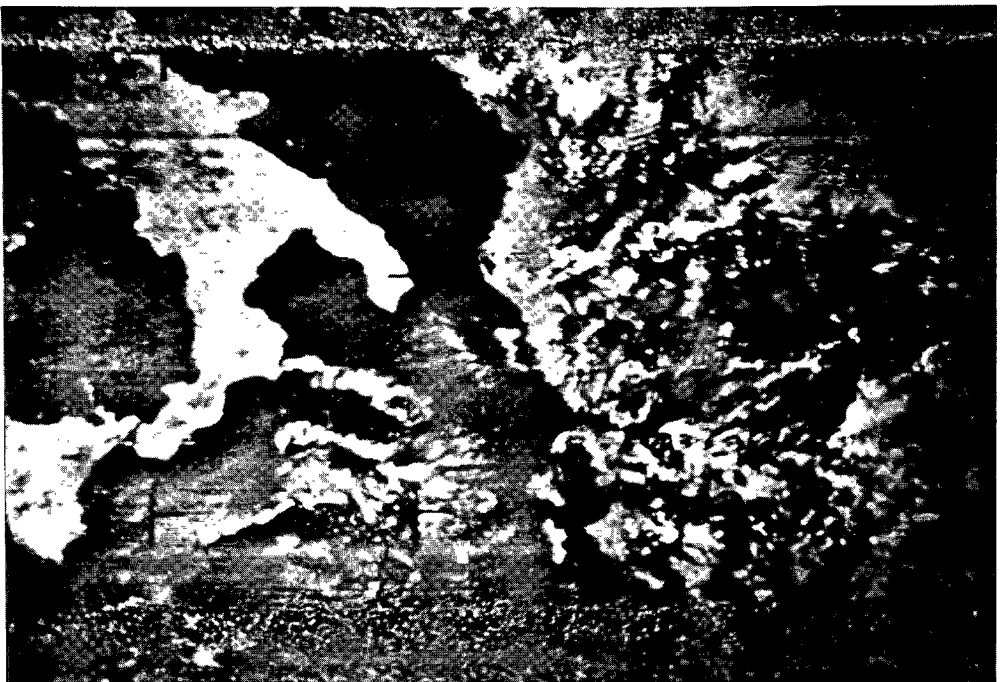
## 7 ELEKTROMAGNETISCHE STRALING VAN VERBINDINGSAPPARATUUR (1962 - 1975)

Veel werk is verricht voor de beveiliging van de verbindingen van de overheid. In het bijzonder ging het daarbij om de ongewenste uitstraling van dergelijke apparatuur (verreschrijvers, vercijferapparaten enz.) op radiofrequenties. Vele apparaten zijn beproefd volgens strenge internationale normen, waarbij vaak speciale meetmethoden ontwikkeld moesten worden. Als uitvloeisel van dit werk is een voedingsapparaat voor verreschrijvers ontworpen, dat een grote beveiliging biedt. Een grote serie is door de industrie aangemaakt. Hetzelfde geldt voor een apparaat, waarmee lokaal verreschrijfverkeer mogelijk is met een hoge mate van beveiliging tegen interceptie zonder dat kostbare vercijferapparatuur nodig is. Het werk werd beëindigd onder invloed van prioriteit van andere projecten.

## 8 WEERSATELLIETEN (1964 tot heden)

Op 31 augustus 1964 werden op het Laboratorium de eerste luchtfoto's van West-Europa ontvangen, opgenomen en uitgezonden door de weersatelliet NIMBUS I (hoogte 900 km), twee dagen na de lancering.

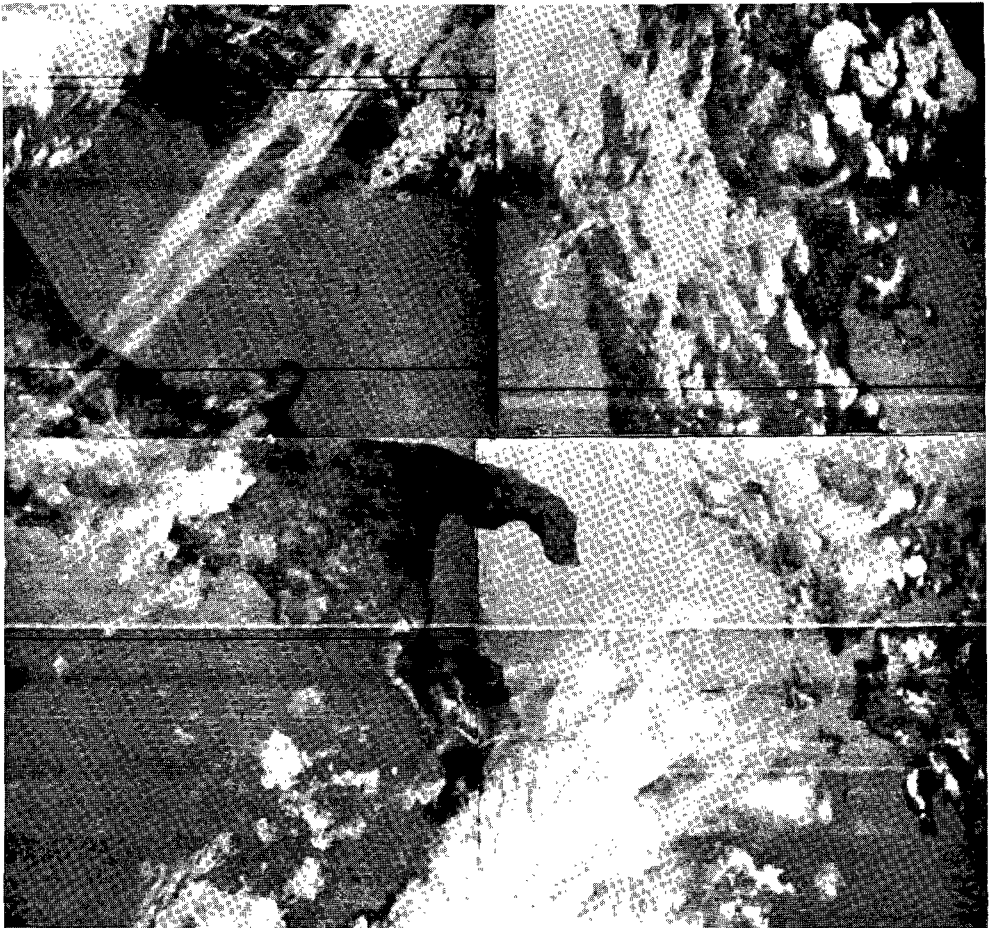
Het was een premeur voor Europa, waar ook de pers lucht van kreeg.



*Zichtbaar-licht foto, gemaakt door de weersatelliet NIMBUS I in 1964, per radio uitgezonden en opgevangen door het Laboratorium*

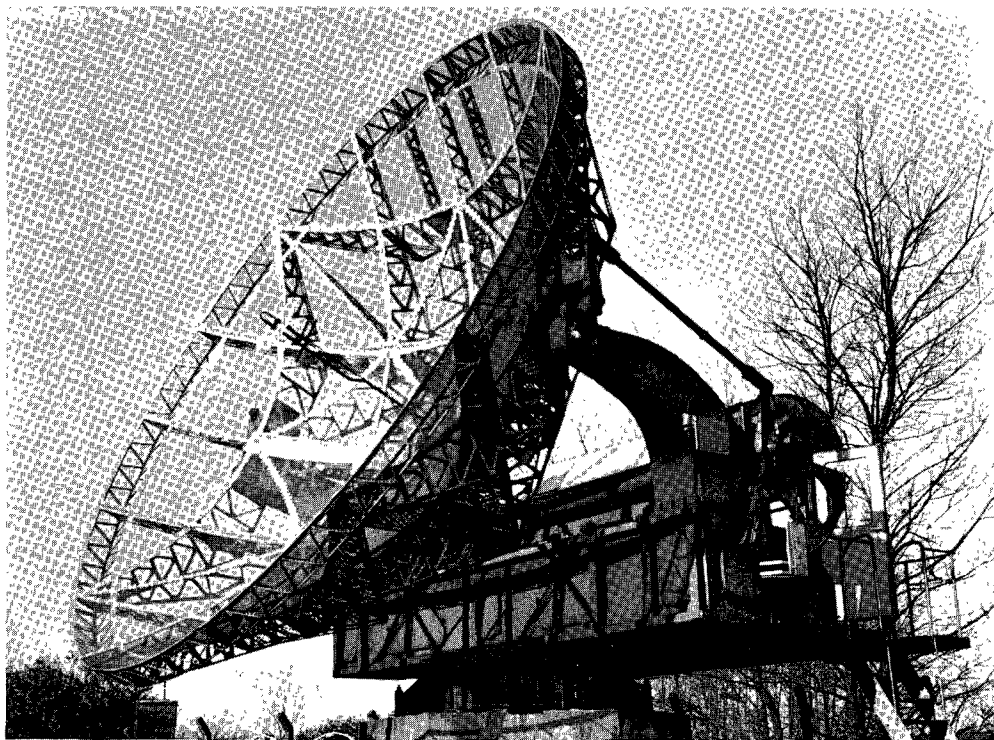
Bovenstaande foto is in verscheidene bladen geplaatst. Een blad trok de originaliteit van onze prestaties in twijfel en publiceerde in kritische zin. Bovendien plaatste het enige berichten die, hoewel zij al snel onjuist bleken te zijn, voor een kortstondige opschudding zorgden.

In de afgelopen jaren zijn ook de nieuwe weersatellieten gevolgd.



*Foto samengesteld uit een infrarood opname, gemaakt door de weersatelliet NOAA-2 in 1974, per radio uitgezonden en opgevangen door het Laboratorium (Let op de betere detaillering in vergelijking met de voorgaande foto)*

Het centrale deel van ons waarnemingsstation was de parabolische antennereflector van 7,5 m diameter, die een karakteristiek voorwerp in het landschap was. De reflector was afkomstig van een Würzburg Riese radar, die de Duitsers in de tweede wereldoorlog in grote aantallen langs de Atlantische kust hadden geplaatst. Hij werd, als krijgsbuit, in 1947 van het eiland Rozenburg gehaald en in 1951 in gebruik genomen. Hij speelde bij verscheidene experimenten een belangrijke rol. In 1977 is hij buiten bedrijf gesteld.



*Waarnemingsstation met Würzburg Riese antennereflector*

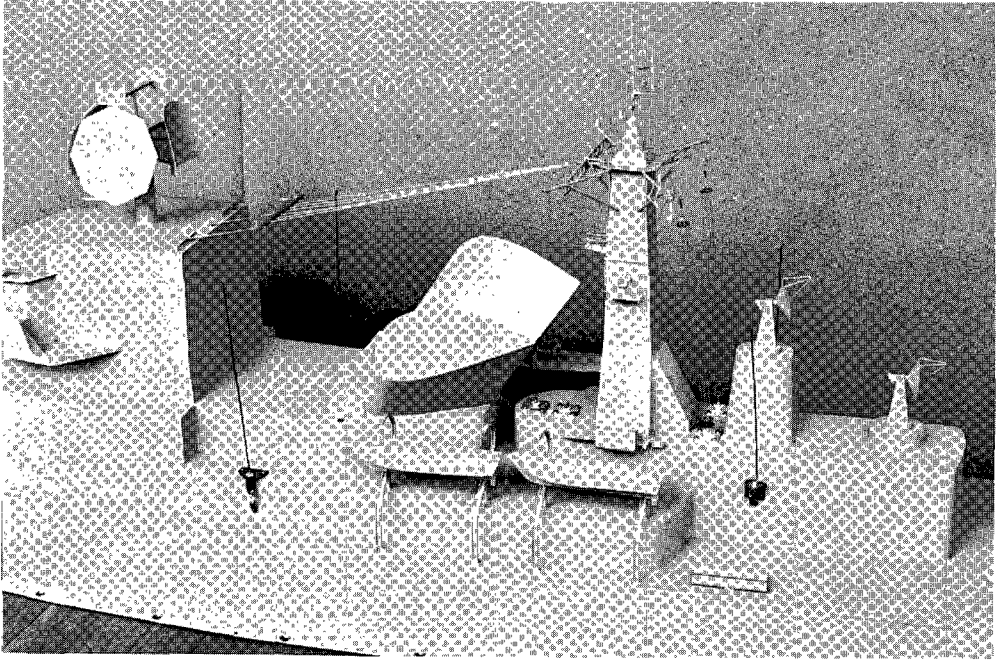
## **9 SAR-TAR ZEND-ONTVANGER (1965 -1967)**

In 1965 gaf de Koninklijke Luchtmacht opdracht tot het ontwikkelen van een miniatuur zend-ontvanger ten behoeve van de SAR-TAR (Search And Rescue/Tactical Air Rescue). Deze dienst is belast met het redden van in zee gestorte vliegers met behulp van een heli-copter, waarbij men de redder aan een kabel boven de drenkeling laat zakken. De redder moet een goede communicatie hebben met de piloot van de heli-copter om hem de nodige aanwijzingen voor manoeuvres te kunnen geven. De telefoonkabel, die men hierbij toepaste, bood in de praktijk grote bezwaren.

Het Laboratorium ontwikkelde een UHF zend-ontvanger, waardoor heen en weer spreken tussen piloot en redder mogelijk werd. De zend-ontvanger werd bevestigd op het zwemvest van de redder. Een serie van 12 stuks werd aangemaakt. Zij zijn nog steeds tot volle tevredenheid bij de Koninklijke Luchtmacht in gebruik.

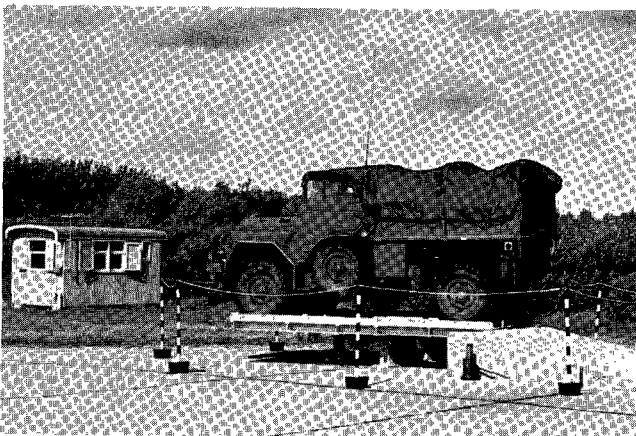
## **10 ANTENNES VOOR DE KRIJGSMACHT (1966 - 1975)**

In opdracht van de Koninklijke Marine werd in de periode 1966 - 1972 een brede-band antenne voor de HF band ontwikkeld, die bestemd was voor de GW fregat-ten. Bij de ontwikkeling werd gebruik gemaakt van een schaalmodel van het schip.



*Model van een Geleide Wapen fregat met brede-band antenne (3 - 9 MHz)*

In 1967 werd van de Koninklijke Landmacht opdracht ontvangen om opstellingen te ontwikkelen voor het meten van de impedantie en het stralingsdiagram van antennes op militaire voertuigen. Vele combinaties van voertuigen en antennes werden onderzocht. Met medewerking van de Koninklijke Luchtmacht werd op de vliegbasis Ypenburg een opstelling gemaakt voor het half-automatisch meten van het stralingsdiagram van een combinatie over het in aanmerking komende frequentiegebied. Het is mogelijk de meetgegevens in te voeren in een computer, die de resultaten van de metingen op een overzichtelijke wijze presenteert. De opstelling is in 1977 aan de Koninklijke Landmacht overgedragen.



Vermeld dient nog te worden de research verricht op het gebied van de z.g. verkleinde antennes. Voor enkele toepassingen werden antennes ontwikkeld die aanzienlijk kleiner waren dan de gebruikelijke antennes, en toch goede stralingseigenenschappen bezaten. In de periode 1971 - 1975 is gewerkt aan de ontwikkeling van een verkleinde voertuigantenne voor de Koninklijke Landmacht.

## 11 TACTISCHE SATELLIETCOMMUNICATIE (1967 - 1975)

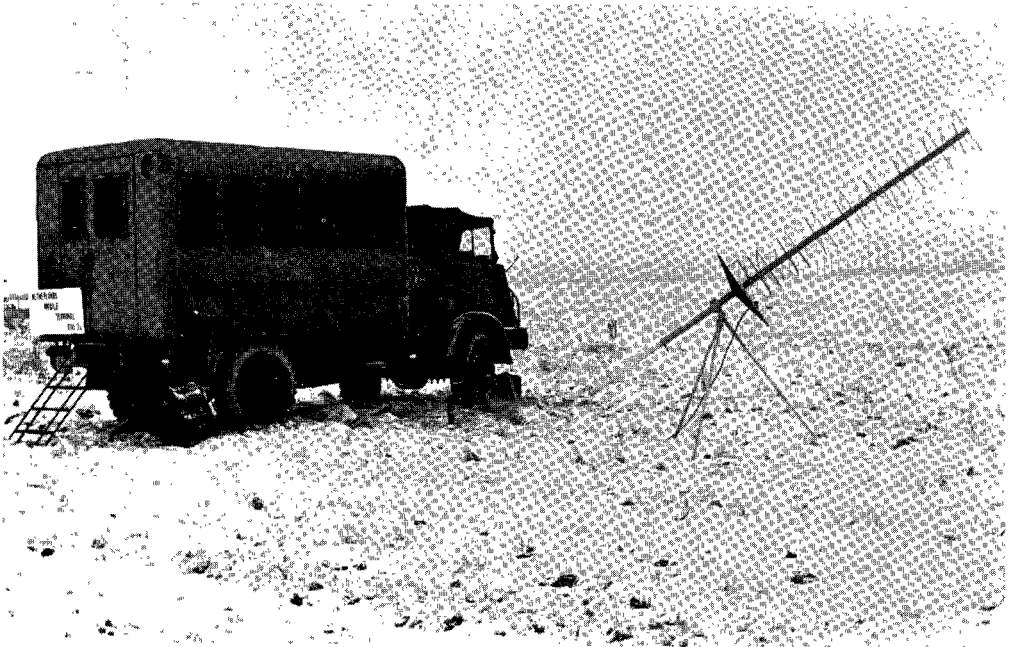
Op 4 januari 1967 besloot de Defensieraad dat Nederland zou deelnemen aan het z.g. TACSATCOM project (project voor tactische satellietcommunicatie) zoals dit door de Verenigde Staten in november 1966 in de NATO was gepresenteerd. Nederland ondertekende het „Memorandum of Understanding“ met de Verenigde Staten op 10 november 1967. Het project was een „Research and Development“ project dat ten doel had te onderzoeken in hoeverre satellietcommunicatie kon worden toegepast voor radioverbindingen met en tussen kleinere tactische eenheden zoals bijv. voertuigen, onderzeeboten, vliegtuigen en bovenwaterschepen. Het wetenschappelijk programma omvatte:

- 1) Propagatie-effecten zoals absorptie, scintillatie, „Faraday“-rotatie etc.
- 2) Signaalvorming
- 3) Problemen op het gebied van de meervoudige toegankelijkheid („multiple acces“) tot de satelliet
- 4) Elektronische tegenmaatregelen (ECM). Hieronder valt ook het vanuit militair oogpunt zo belangrijke punt van de opzettelijke storing van een satelliet.

De lancering van de betreffende communicatie-satelliet, de LES-5 (Lincoln Experimental Satellite) vond plaats op 1 juli 1967. De werkfrequentie, evenals die van de latere satelliet (de LES-6) lag in de 240 MHz band. Reeds op 3 juli werden op het Laboratorium het bakensignaal alsmede de werksignalen van enkele Amerikaanse stations ontvangen. Op 27 juli kon het Fysisch Laboratorium zenden met een vermogen van 3 watt; hiermede werd via de LES-5 een goede telegrafieverbinding gemaakt met het Britse station G4P van het Royal Aircraft Establishment te Farnborough. Kort daarop werd ook verbinding met de Verenigde Staten verkregen. Op 4 augustus was het volle vermogen van 600 watt ter beschikking. Er werden sindsdien vele verbindingen gemaakt en talloze experimenten uitgevoerd, vaak in samenwerking met andere landen zoals de Verenigde Staten, Canada, het Verenigd Koninkrijk, de Bondsrepubliek, België en Italië.

Aanvankelijk werd gewerkt met het vaste waarnemingsstation PAG-27 uitgerust met onze Würzburg Riese antenne als parabolische reflector. Dit station had een groot effectief uitgestraald vermogen (120 kW) en kreeg grote internationale bekendheid. Reeds aan het begin van 1967 kwam het station PAU-21 gereed, ondergebracht in een 3-tons vrachtauto, terwijl in 1970 een jeep werd toegevoegd, die uitgerust was met een kleine, geheel met transistors uitgeruste zend-ontvanger, die op het Laboratorium gebouwd was. Ook de demonteerbare schroeflijnantenne was op het Laboratorium gebouwd. Dit derde station kreeg de roepletters PAP-22. De

afmetingen van de zend-ontvanger bedroegen 42 x 40 x 10 cm, het gewicht bedroeg 12 kg, het zendvermogen 80 watt. Capaciteit: één telefoniekanaal van zeer goede kwaliteit, één of meer telexkanalen.



*Station voor tactische satellietcommunicatie*

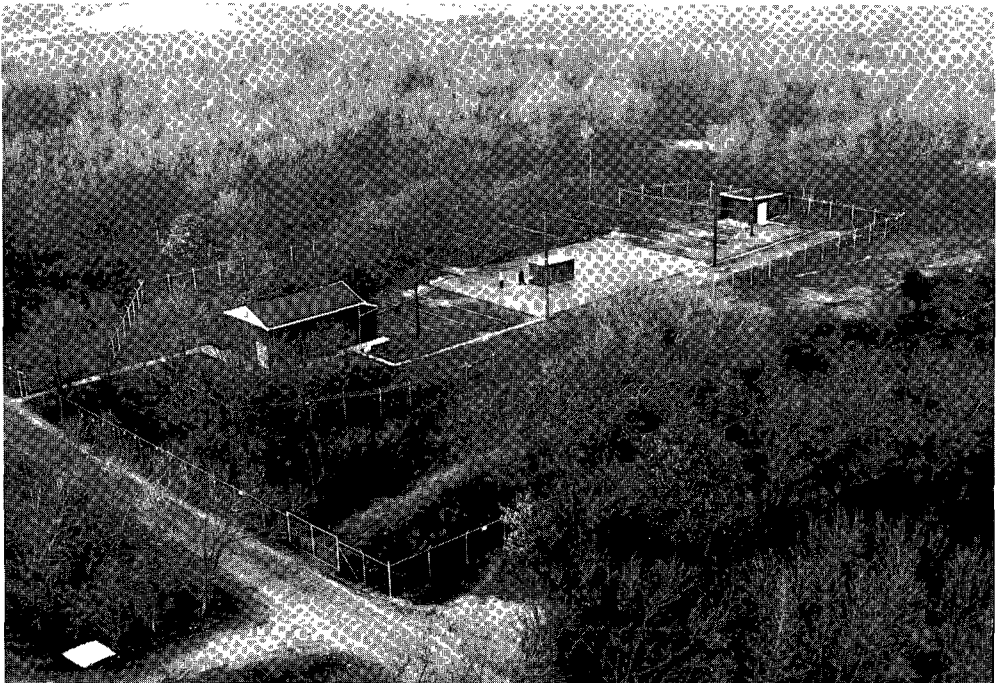
In de periode 1968 - 1973 werden met de drie stations talloze demonstraties gegeven, in nationaal en internationaal verband. In 1971 werd PAP-22 geplaatst aan boord van Hr.Ms. „Evertsen”. De bijbehorende antenne werd door middel van een rotator op de satelliet gericht gehouden ongeacht de koers van het schip. Het grondstation werd in Noordwijk gestationeerd. De verbinding vanaf het schip met Noordwijk en andere stations beviel zo goed, dat ze tot 1975, het jaar waarin de satelliet LES-6 buiten bedrijf werd gesteld, bij de Koninklijke Marine in gebruik bleef en wel achtereenvolgens op verschillende schepen.

Het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium maakte in 1971 in het kader van het TACSATCOM project een elektronisch richtbare vliegtuigantenne die op een F27 „troopship” beproefd werd. Daarbij verleende het Laboratorium medewerking.

Het project werd officieel in 1975 beëindigd na een uitvoerige rapportage van de verkregen resultaten aan de NATO. Ondanks de aantrekkelijke mogelijkheden die een satelliet in de UHF band voor kleine stations bleek te bieden, is het hier en elders (nog) niet tot operationele toepassingen gekomen. Een van de redenen is het geringe aantal kanalen dat in de UHF band ter beschikking staat.

Pas in de zestiger jaren ontdekte men, dat een nucleaire explosie, (kernbom) behalve de bekende effecten als radioactieve straling, hitte- en lichtstraling, een luchtdrukstoot en een schokgolf in de bodem, ook een z.g. EMP (elektromagnetic pulse) voortbrengt. Deze kortstondige elektromagnetische impuls kan grote stromen en hoge spanningen teweegbrengen in kabels en de daarmee verbonden apparaten die daardoor op grote schaal defect kunnen raken. De EMP vormt daarom een bedreiging voor verbindingssystemen, zowel militaire als civiele.

In 1970 gaf de Koninklijke Landmacht opdracht de gevolgen van de EMP voor elektronische apparatuur te onderzoeken. Nadat in 1971 een interim rapport was uitgebracht werd in september 1972 goedkeuring verkregen voor de bouw van een grote beproevingsinstallatie ten behoeve van de gehele krijgsmacht. Het beproevingscentrum werd begin 1974 in bedrijf gesteld. Het is een voor het westeuropese vasteland unieke opstelling, die zo groot is, dat één of meer militaire voertuigen met hun elektronische uitrusting aan een gesimuleerde EMP kunnen worden blootgesteld. Sindsdien zijn verscheidene objecten beproefd, waarbij tevens werd onderzocht met welke maatregelen men het onderzochte object eventueel beter bestand zou kunnen maken tegen de EMP.

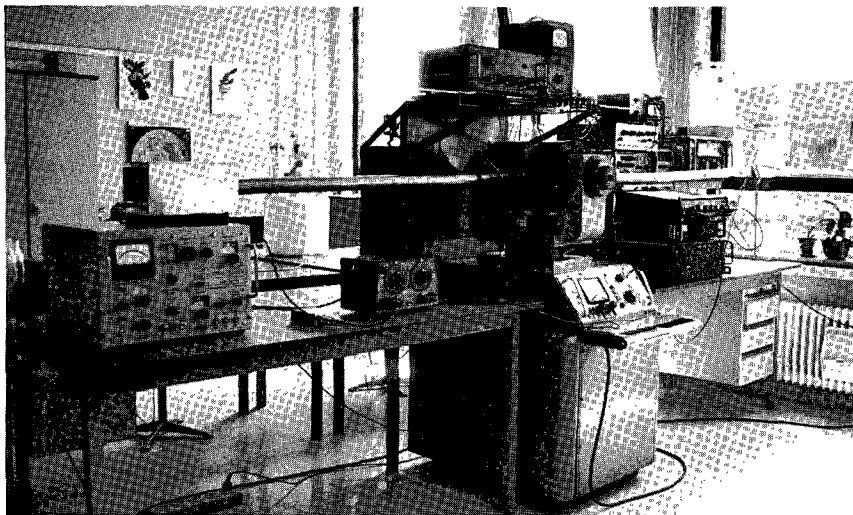


*EMP beproevingsplaats voor grotere objecten*

Voor de beproeving van circuits en kleine apparaten werd een goedkope en compacte testinstallatie ontwikkeld. Deze is in een laboratoriumruimte opgesteld en veroorzaakt geen storing in zijn omgeving daar hij volledig afgeschermd is.

## ENKELE ONDERWERPEN VAN DE LAATSTE JAREN (1970 tot heden)

Een belangwekkend experiment was de laboratoriumproef uit 1970, waarmee aangetoond werd dat elektrische signalen aan het zee-oppervlak omgezet kunnen worden in akoestische signalen in zee, mits een magnetisch veld aanwezig is. Was hiermee de al zo lang gezochte wetenschappelijke doorbraak in zicht gekomen die een directe verbinding van een ondergedoken onderzeeboot naar de ruimte boven de



*Opstelling voor het meten van een akoestisch signaal, ontstaan uit de interactie van een elektrisch signaal en een magnetisch veld. Het proces speelt zich hier af in een met een pekelplossing gevulde buis.*

zee mogelijk zou maken? Neen, want het verschijnsel bleek voor deze toepassing te klein om praktisch bruikbaar te zijn.

De Koninklijke Landmacht betrok ons in 1973 bij haar voorbereidingen voor de automatisering van het verbindingstelsel van het Eerste Legerkorps volgens de in EUROCOM verband overeengekomen technische parameters. Uit deze adviestaak zijn sindsdien verscheidene deeltaken voortgevloeid. Eén ervan is assistentie bij de studie naar de mogelijkheden tot automatisering van System Control, het orgaan dat de verbindingen in 1 LK coördineert, bewaakt en stuurt. Tot tweemaal toe waren afgestudeerden van de KMA voor enige maanden bij ons gedetacheerd voor het maken van hun z.g. eindstudie over dit onderwerp. Andere onderwerpen waren het technisch onderzoek van de FM 200 straalverbindingssystemen, nodig voor een nieuw systeem van toewijzing van frequenties per computer, en het werk voor SCRA (single channel radio access), een mobilfoonstelsel dat met het „raster“ (van straalzenders) verbonden zal worden.

Tenslotte dient vermeld te worden dat in 1973 een onderzoek is begonnen dat tot doel heeft de dataverbindingen van de Koninklijke Landmacht in de HF band te optimaliseren. Een proeftraject is ingericht tussen Dongen en Noordwijk, een afstand van 80 km.



## MICROGOLVEN

De eerste radar, waar het Laboratorium na de oorlog mee kennis maakte was een mobiele 200 MHz radar van de Canadese Landmacht (AA Mk4) voorzien van 4 YAGI antennes, die met de hand (stuurwiel) gedraaid werden; de PPI was hieraan mechanisch gekoppeld. Het verzoek van de Technische Staf van de Koninklijke Landmacht was om het apparaat weer aan de gang te krijgen. Er waren geen schema's bij; er waren onderdelen uitgehaald en tot overmaat van ramp eiste de radar een voeding van 2000 Hz, 1,5 kW, die er niet bij was. Na hard werken kwam hij in bedrijf op het dak van de Centrale Werkplaatsen PTT aan de Binckhorstlaan, waar het Laboratorium toen (1947) nog gevestigd was. Een groot succes was toen, dat vliegtuigen, die op Schiphol landden, gedetecteerd konden worden.

Vlak na de oorlog waren er vrijwel geen microgolf apparatuur, hoogfrequent zendbuizen etc. op het Laboratorium beschikbaar, met uitzondering van onderdelen en buizen voor een golflengte van 1,25 cm; die waren nl. uit een dump in Engeland verkregen. Overigens was tijdens de oorlog gebleken dat deze golflengte zeer ongunstig was vanwege de grote atmosferische demping. In die periode moesten daarom veel apparatuur en microgolfcomponenten zelf ontwikkeld en gebouwd worden.

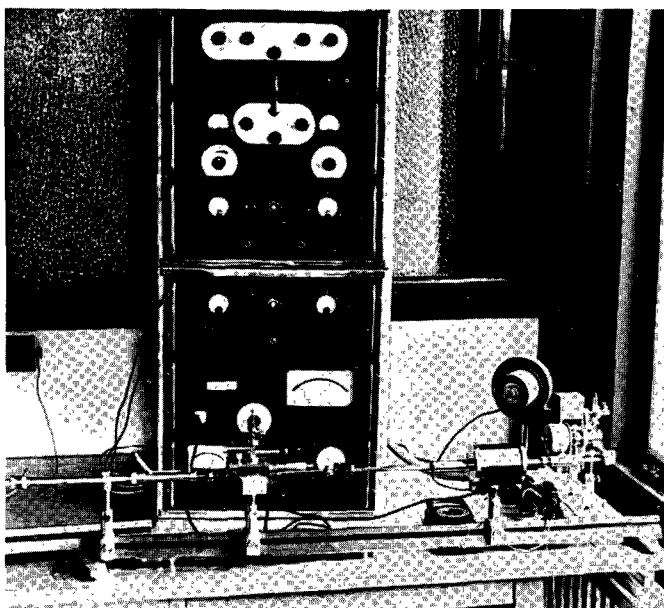
Een hoogvermogen zendbuis voor microgolven, in radar toegepast, is het magnetron. Het eerste exemplaar dat het Laboratorium verkreeg is doorgezaagd om kennis te kunnen nemen van de inwendige constructie en zodoende de werking te leren begrijpen. Daarna werd begonnen met een onderzoek naar de realiseerbaarheid van een stembaar magnetron, een hoogvermogenbuis, waarvan de frequentie kan worden veranderd. Technologisch was dit een moeilijke opgave. In een later stadium kon dit onderzoek worden beëindigd doordat toen tenslotte deze buizen beschikbaar kwamen van hierin gespecialiseerde firma's.

Na deze beginfase werd gedurende vele jaren parallel aan een aantal onderzoekingen gewerkt, waarvan enkele momenteel nog niet zijn beëindigd. Elk onderzoek zal nu afzonderlijk worden behandeld.

## MATERIAAL ONDERZOEK

In 1951 werd begonnen met de ontwikkeling van radar absorberend materiaal (RAM). Al vrij spoedig (1952) werd in samenwerking met de N.V. Philips een goed breedband materiaal gevonden. Het betrouwbaar en reproduceerbaar fabriceren van een goed eindproduct kostte echter aanzienlijk meer tijd.

Intussen werd ook geëxperimenteerd met z.g. „smalband“ oplossingen: materialen die slechts in een beperkt golflengtegebied werkzaam zijn. Hiermede werden proeven gedaan t.a.v. de effectiviteit van zulke materialen indien aangebracht op gekromde lichamen (bollen). Goede microgolf-meetapparatuur was nog maar zeer beperkt te koop. Voor het zeer gespecialiseerde onderzoek naar diëlektrische en magnetische eigenschappen van materialen in het cm-golfg gebied moesten veel componenten in het Laboratorium zelf vervaardigd worden. De vereiste precisie stelde hoge eisen aan de vakbekwaamheid van de beschikbare instrument-



*Zelf gemaakte apparatuur,  
1.25 cm meetopstelling*

makers, die vaak unieke oplossingen wisten te vinden en te realiseren. Veel van de verkregen resultaten werden in wetenschappelijke tijdschriften gepubliceerd en op symposia gepresenteerd. Ook een vijftal dissertaties zagen het licht; waarvan vier voor eind 1958.

In die dagen beschikte het Laboratorium nog niet over een computer. Rekenprocedures moesten ontwikkeld worden waarbij m.b.v. zelf vervaardigde nomogrammen en plot-tafels de verschillende transcendente vergelijkingen redelijk snel konden worden opgelost.

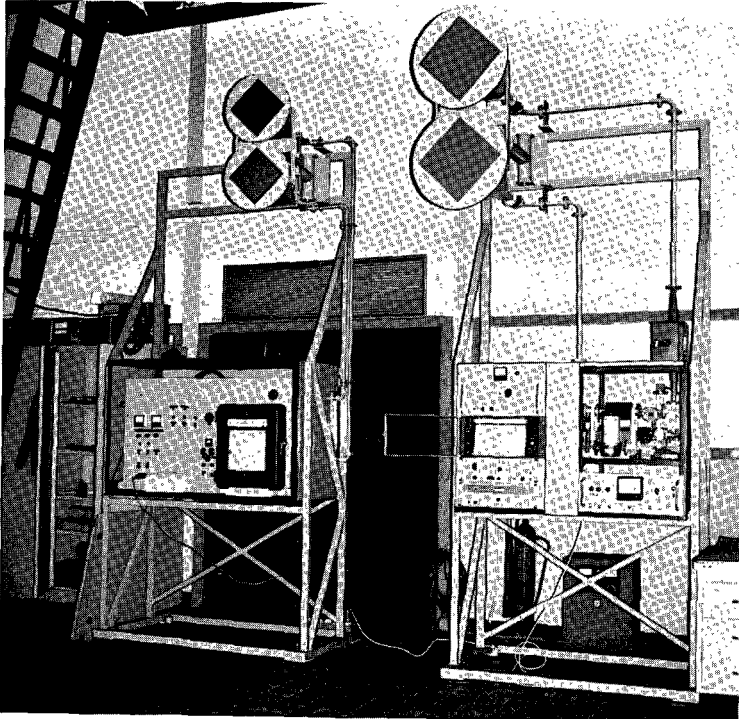
Aan de vormgeving van met RAM beklede objecten werd veel aandacht besteed, teneinde de waarneembaarheid van de objecten nog meer te verminderen. Zeer goede resultaten werden bereikt, die ook in het buitenland toepassing vonden. Uiteraard speelden de ontwikkelde meetfaciliteiten en meetradars een grote rol in dit onderzoek.

## **MEETRADARS EN MEETFACILITEITEN**

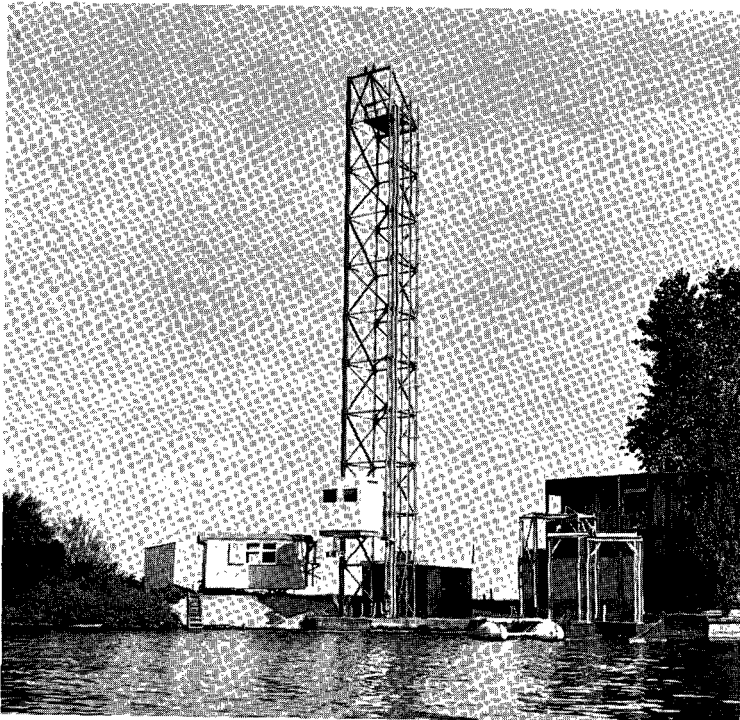
Voor de bepaling van radarreflectie van objecten in de vrije ruimte en boven water, c.q. van achtergrondreflecties, werden diverse meetradars ontwikkeld. Een onderscheid in drie typen kan worden gemaakt.

Het eerste type wordt gebruikt voor metingen in een laboratoriumruimte. Een vaste opstelling kwam tot stand, die het mogelijk maakt om een doel van beperkte omvang onder alle aspecten te meten. De frequentiebanden zijn X en C. De opstelling stond achtereenvolgens in TNO-instituten aan de Lange Kleiweg en Zuidpolder te Delft en staat nu in een extra gebouwtje van het Fysisch Laboratorium.

Voor doelen boven water werd een tweede type ontworpen voor middelgrote afstand van 100-150 m. De faciliteit bevindt zich bij de Roeleveense plas te Nootdorp. De frequentiebanden zijn X en Ku, met in ontwikkeling Ka-band.

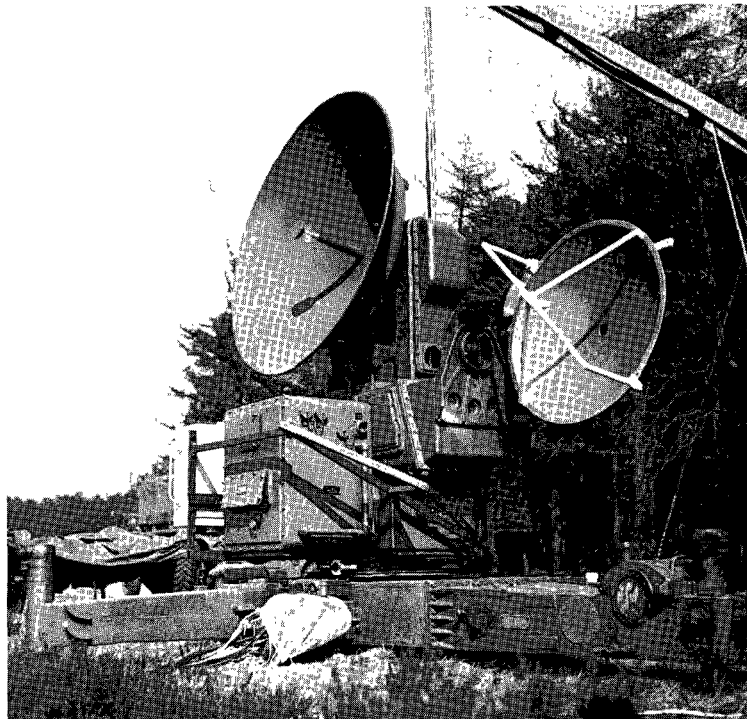


*X - en C - band  
laboratorium meetradar*



*Meetradaropstelling  
te Nootdorp*

Voor metingen te velde werd een derde type, de lange afstand ( $> 700$  m) meetradar ontwikkeld. Het accent werd gelegd op het mobiele karakter van dit systeem, dat uitgroeide van een in delen verplaatsbare eenheid tot een opstelling in een meetwagen. Deze meetradar wordt toegepast voor het bepalen en registreren op magneetband van de reflecties van bewegende objecten in de vrije ruimte en boven zee, evenals van achtergrondreflecties van zee en land. Een hoogtepunt werd bereikt toen het meten van zich zéér snel verplaatsende doelen mogelijk werd. De meetradar en een AN/MPQ-10 volgradar van de Koninklijke Landmacht worden op een vernuftige manier mechanisch en elektrisch gekoppeld. Dit meetsysteem vormt



*X - band meetradar, gekoppeld aan AN/MPQ-10 volgradar*

een unieke mobiele faciliteit met diverse puls lengten en polarisaties in de X-, C- of Ku-band. Dit derde type meetradar is op diverse plaatsen in Europa met succes ingezet.

## **ZEE-CLUTTER ONDERZOEK**

Het onderzoek naar de reflectie karakteristieken van de zee begon eind 1968. Essentieel voor het onderzoek is het nauwkeurig relateren van windsnelheid en windrichting ter plaatse aan de metingen. Een bestudering van vier meetseries, verspreid over een aantal jaren heeft geleid tot de ontwikkeling van een empirisch zee-clutter model voor X- en Ku-band. Een beter inzicht in het zee-clutter reflectiemechanisme is hierdoor ontstaan, hetgeen noodzakelijk is voor het ontwerp van moderne radarinstallaties.

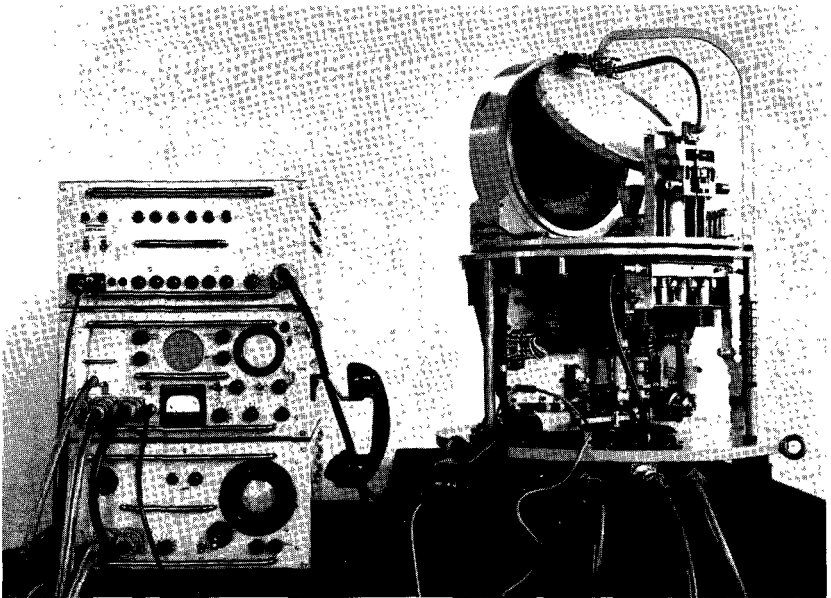
## MICROGOLF STRAALVERBINDING TUSSEN SCHEPEN

Niet af luisterbare communicatie tussen schepen heeft bij vele marines steeds als een belangrijk punt gegolden. De algemeen toegepaste seinlamp is hiervan het levende bewijs. Angst om op grote afstand gedetecteerd en gelocaliseerd te worden op emissies binnen een vlootverband ligt hieraan ten grondslag en heeft geleid tot begrippen als radio- en radarstille. Na een onderzoek naar de bruikbaarheid van zichtbaar licht, infrarode en ultraviolette straling werd in 1952 voorgesteld de mogelijkheden van microgolven voor het realiseren van een „kimverbinding“ te onderzoeken.

Na een eenvoudige opzet in 1954-55 met 3,2 cm zend-ontvangers, met het doel enige ervaring op te doen met een straalverbinding over water, werd in 1956 in opdracht van de Koninklijke Marine begonnen met het ontwikkelen van een compleet systeem, geschikt voor beproeving aan boord van schepen. Men wilde hiermee de operationele waarde van straalverbindingen binnen een vlootverband evalueren, met problemen als het maken van een verbinding bij niet precies bekende posities van het tegenstation en het onderhouden van die verbinding. Dit leidde tot een vrij gecompliceerd roterend antennesysteem, gebaseerd op een Fresnel-lens. Door polarisatiescheiding ontstonden twee onafhankelijke bundels, waardoor het mogelijk werd beide stations automatisch op elkaar gericht te houden. Grootte en gewicht van de antenne maakten de keuze van een kleinere golflengte gewenst. Ideaal zou 6 mm geweest zijn, maar in verband met beschikbare zendbuizen werd een golflengte van 1,8 cm gekozen.

Om het af luistergebied zo klein mogelijk te maken werd het vermogen van elke zender door het tegenstation automatisch teruggeregeld tot het voor de verbinding benodigde.

Het bouwen van deze apparatuur bleek een tijdrovende zaak en duurde tot 1959, vooral omdat door het specifieke karakter vrijwel alle microgolfcomponenten zelf moesten worden vervaardigd.



*1,8 cm straalverbindingsapparatuur (antenne zonder radome)*

Als gevolg van de kleine bundelbreedte in elevatie, was het voor beproeving aan boord nodig te kunnen beschikken over een gestabiliseerd platform. Deze mogelijkheid werd pas in 1962 geboden door de Franse Marine met het beschikbaar stellen van de „Ile d'Oléron". Het tegenstation werd aan land geplaatst nabij Toulon. De beproeving verliep met succes, maar toonde wel aan dat nog een aantal onzekerheden bestond, o.a. door het optreden van anomale propagatie, zoals vrijwel steeds aanwezig in de Middellandse Zee.

Ondanks veel waardering voor het bereikte werd hierna het onderzoek gestaakt. De noodzaak tot stabilisatie en grootte en gewicht van het antennedeel waren een bezwaar. In feite was de techniek nog niet voldoende ver gevorderd om het gestelde doel te kunnen realiseren. Ook veranderde inzichten in het varen in vlootverband onder nucleaire dreiging speelden bij deze beslissing een rol.

## **FERRIETEN ONDERZOEK**

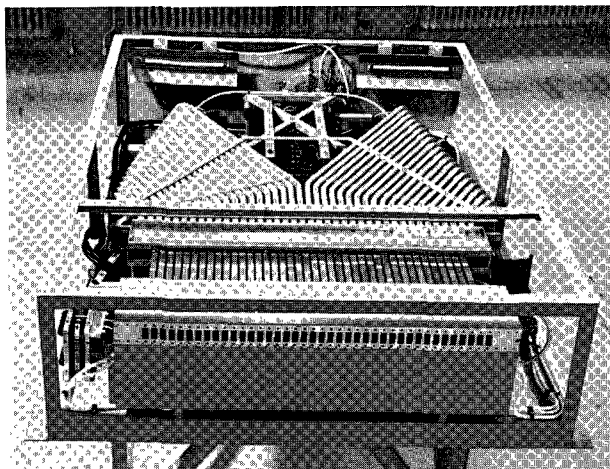
In het begin der vijftiger jaren is een begin gemaakt met het onderzoeken van bepaalde eigenschappen van hoogfrequent ferrieten, t.b.v. microgolftoepassingen. De verkregen kennis van het resonantie gedrag is later gebruikt voor het realiseren van microgolfisolatoren op meer frequenties, toegepast in vrijwel alle bestaande radars van de Koninklijke Marine. Hierdoor wordt de hoogfrequent vermogenbuis van een radar beschermd tegen reflecties van golven. Ook t.b.v. de 1,8 cm microgolf straalverbinding werden soortgelijke componenten ontwikkeld.

## **FERRIET FASEDRAAIERS EN TRAGHEIDSLOZE RADARANTENNES**

In het begin der zestiger jaren is een aanvang gemaakt met het onderzoek aan ferriet fase-draaiers, als één der nieuwste en moeilijkste microgolftoepassingen van ferriet. Dit Reggia-Spencer type fase-draaiër bestaat uit een staafje ferriet geplaatst in een golfgeleider met een daaromheen gewikkelde spoel. Met de grootte van de gelijkstroom door deze spoel wordt de magnetisatie van het ferriet bepaald en zodoende ook de grootte van de fase-draaiing. De tijd nodig voor de fase-instelling was toen nog enkele honderden microseconden. Verder was dit type fase-draaiër niet voldoende frequentie- en temperatuur-onafhankelijk te maken. Later zijn in Amerika nieuwe typen fase-draaiers uitgevonden, waarmee de fase in enkele microseconden kan worden ingesteld. Het onderzoek aan dit type is toen ook hier ter hand genomen en in eerste instantie is gewerkt aan het reproduceerbaar bouwen van een fase-draaiër om te worden toegepast in een traagheidsloze radarantenne.

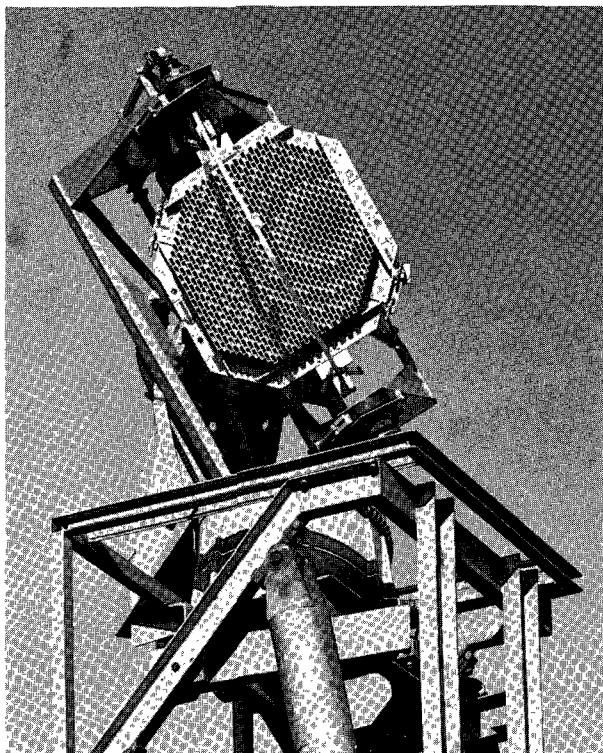
Om het gedrag van een fase-draaiër in een phased-array antenne te kunnen bestuderen is reeds in 1964 een lineaire array met 40 elementen gebouwd. Hiermee kon de antennebundel in één vlak elektronisch worden bestuurd. In die tijd werd de fase-instelling van de 40 fase-draaiers met behulp van een potentiometer ingesteld; en wel één voor één, met de hand. Met de eerste computer is toen het z.g. hoekenboek gemaakt, waarin de instelling van elk der 40 fase-draaiers opgegeven werd voor alle 60 bundelrichtingshoeken van  $0^\circ$  tot  $60^\circ$ . Voor deze 40 fase-draaiers en 60 scanhoeken moest de computer toen 15 uur continu rekenen en waren bovendien 30 manuren nodig om de gegevens m.b.v. de computer in getypte vorm te krij-

*Linear phased array, 1964*



gen (Momenteel kan de fase-instelling voor 4000 fasedraaiers voor één scanhoek binnen 1/2000 seconde berekend en ingesteld worden). Met deze antenne zijn veel onderzoeken verricht en is veel kennis opgedaan.

In 1969 is, in nauwe samenwerking met twee andere researchgroepen een complete elektronisch gestuurde radar gebouwd, die in één vlak de bundel kan scannen tussen  $-60^\circ$  en  $+60^\circ$ . De oude, trage fasedraaiers werden vervangen door nieuwe snel schakelbare fasedraaiers.



*Phased array antenne  
met fase-instelling  
met behulp van 2 zuigers*

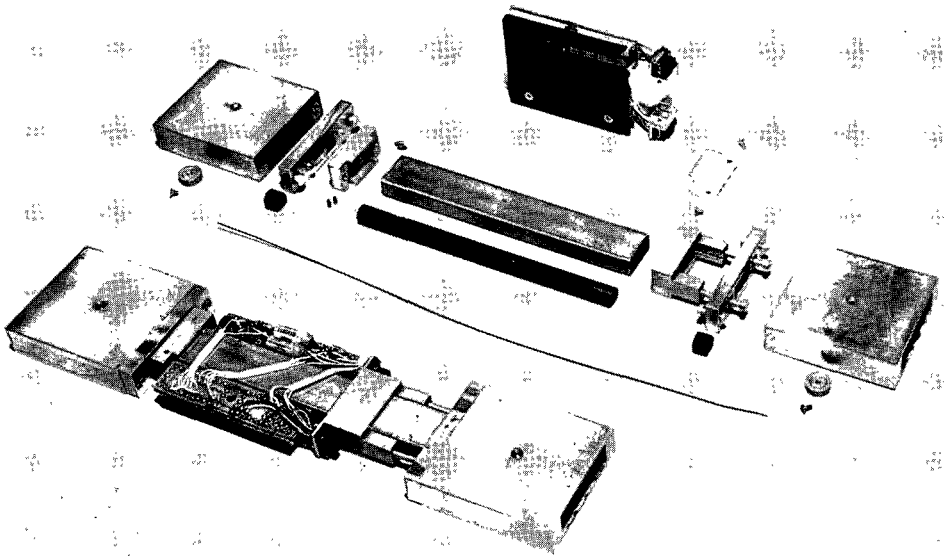
Als voorstudie voor de bouw van een antenne, waarbij de bundel in alle richtingen kan worden bewogen, is een antenne gebouwd met honderden instelbare zuigers. De stand van de zuiger bepaalde de fase-instelling. Met behulp van ponsbanden en stappenmotoren werd gepoogd de zuigerinstellingen snel te realiseren. Het mechanisch deel bleek niet erg betrouwbaar te zijn, zodat de ervaring, die verkregen is met deze antenne, beperkt is gebleven.

In 1971 is een aanvang gemaakt met de bouw van een phased array antenne met 850 fase-draaiers. Vóór 1971 is veel onderzoek verricht aan vele uiteenlopende onderwerpen om tot de juiste opzet van deze antenne te komen. In tegenstelling tot de ronddraaiende radarantenne kan met de phased array antenne elke 1/1000 á 1/2000 seconde de antennebundel in elke willekeurige richting worden gericht. Zodoende kan de energie naar wens worden gebruikt in ruimte en tijd. Een ander voordeel is een aanzienlijke verkorting van de reactietijd. Waar meer ronddraaiende radarantennes nodig zijn, ieder geoptimaliseerd voor zijn taak, kunnen nu met één phased array radar systeem deze taken door elkaar heen worden vervuld. De bouw van deze phased array radarantenne heeft grotendeels in het Laboratorium plaatsgevonden, terwijl verder Hollandsche Signaalapparaten B.V. een deel van de productie van voornamelijk elektronische onderdelen heeft verzorgd. De vakbekwame instrumentmakers, technici, laboranten en elektronici van het laboratorium waren hiervoor onmisbaar. Na het gereedkomen van de bouw van tienduizenden onderdelen en na samenbouw van het geheel bleek de antenne zeer goede eigenschappen te hebben. Het verkregen resultaat doet zeker niet onder voor dat van grote firma's in Amerika. In Europa is dit werk toonaangevend.

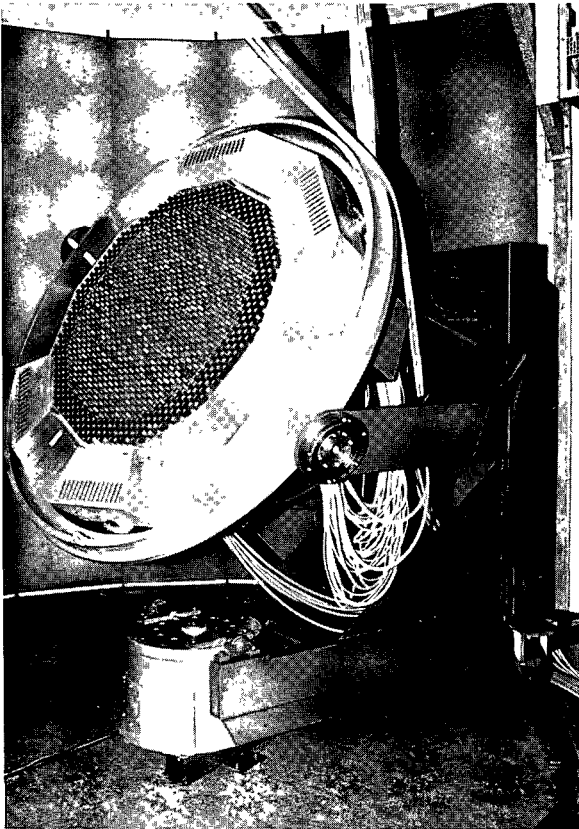


*Productie van onderdelen voor de 850 elementen phased array antenne*





*Fasedraaier*

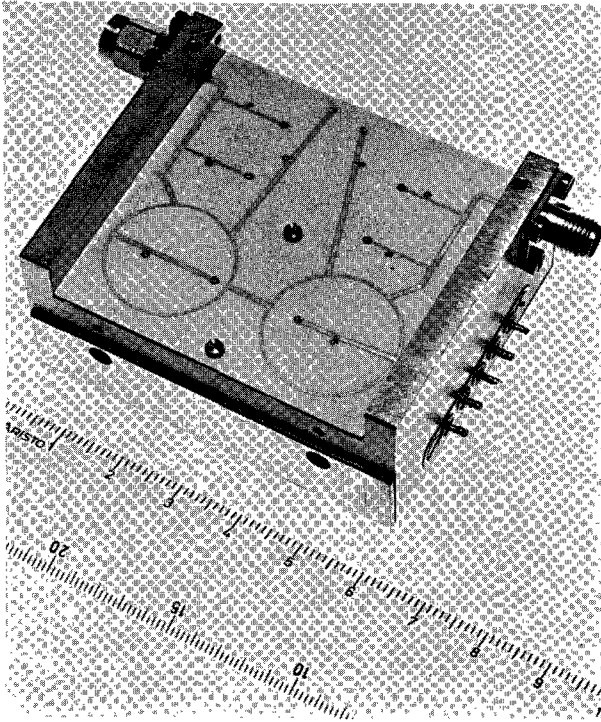


*Complete antenne*

Zeer recent is de antenne voorzien van een moderne zender en ontvanger, zodat het geheel vele jaren in het Laboratorium als een experimenteel phased array radarsysteem kan worden gebruikt om er systeemervaring mee op te doen.

## MICROSTRIP ONDERZOEK

In 1971 is een begin gemaakt met het onderzoeken van microstrip en de ervaring met deze nieuwe techniek is later o.a. gebruikt bij het onderzoek aan diode phased array's. Na de komst van vaste-stof hoogfrequent energiebronnen is een begin gemaakt met het ontwerpen van ak-



*4 Bit diode phased array*

atieve modules. Hiermee kan één hoogvermogen energiebron worden vervangen door vele kleine vaste-stof bronnen, nl. één per phased array. Ieder module bevat een zender, een ontvanger en een diode phased array.

## VERKENNING EN CAMOUFLAGE

Bij het onderzoek verkenning werd allereerst de vraag gesteld: wat kan men in feite met radar „zien“. Elk waargenomen object bevindt zich in een omgeving. Camouflage vraagt aanpassing aan deze omgeving. Uitgaande van deze vraagstelling begon rond 1956 het project „radarwaarneembaarheid“, dat via verkenning zou uitgroeien tot „remote sensing“. Na een serie proefnemingen vanaf televisietorens kreeg het Laboratorium in het begin der zestiger



*Radarbeeld van Moerdijk tot Biesbos, 8 mm SLAR, afstand 2 x 9 km*

jaren via haar NATO-contacten regelmatig de beschikking over moderne luchtverkenning-apparatuur zoals: side-looking-airborne radar, optische en thermische scanners.

Het onderzoek „Photo-interpreter performance“, uitgevoerd in samenwerking met o.a. het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, leerde dat een „a posteriori“ benadering (kijken naar plaatjes) niet werkte maar dat deze nieuwe waarnemingstechnieken eerst een „a priori“ benadering behoeven: signatuuronderzoek in de betrokken golflengtebanden. Dit soort onderzoek begon rond 1966 met het meten van de radarsignalen van de zee en van diverse typen vegetatie. Na 1970 ontstond grote interesse in dit werk van civiele zijde en wel met name van Rijkswaterstaat en NIWARS (de Nederlandse Interdepartementale Werkgemeenschap voor het Applicatieonderzoek van Remote Sensing technieken), een werkgroep bij de geboorte waarvan het Laboratorium aan de wieg stond. Problemen als: opsporing van olieverontreinigingen op zee, vegetatiekartering en kwelonderzoek zijn slechts drie van de vele onderwerpen waaraan gewerkt wordt in opdracht van Rijkswaterstaat.

## **RADARSIGNATUURONDERZOEK**

De zich steeds meer toespitsende dreiging t.g.v. het perfectioneren van radar en van radargeleide raketten leidde in het begin der zeventiger jaren tot een onderzoek naar kenmerkende eigenschappen van de radarreflecties van allerlei doelen: de z.g. radarsignatuur. Eén van de doelstellingen is om in korte tijd met behulp van deze signatuur een onderscheid te kunnen maken tussen gewenste en ongewenste doelen.

## Mm-GOLF PROPAGATIEMETINGEN

Door de voortgang in de microgolfttechniek is een uitbreiding van het werkgebied naar hogere frequenties (mm-golven) beter mogelijk geworden. Recentelijk is een opstelling op 94 GHz gereedgekomen, waarmee de demping van de atmosfeer t.g.v. regenval, hagel, sneeuw, etc. kan worden gemeten. Deze gegevens zijn noodzakelijk om de mogelijkheden van het gebruik van radar en communicatie-apparatuur op deze frequentie te kunnen beoordelen. Naast het meten van de intensiteit van regen wordt ook de druppelgrootte en de verdeling daarvan bepaald. Er wordt gewerkt aan het vinden van een correlatie tussen demping en druppelgrootte. Dit gegeven is nl. overal ter wereld bruikbaar.



*Meetopstelling 94 GHz  
te Ypenburg*

## INFORMATIEVERWERKENDE SYSTEMEN

Met de opkomst van het luchtwapen sedert de eerste wereldoorlog was geleidelijk de behoefte gegroeid aan vuurleidingstoestellen voor de afweer van vijandelijke vliegtuigen. Aanvankelijk was de rekenapparatuur, die een essentieel deel van een vuurleidingstoestel vormt, mechanisch van uitvoering. Wegens tekortkomingen daarvan werd op het Fysisch Laboratorium kort vóór de tweede wereldoorlog reeds gedacht over een elektrische versie.

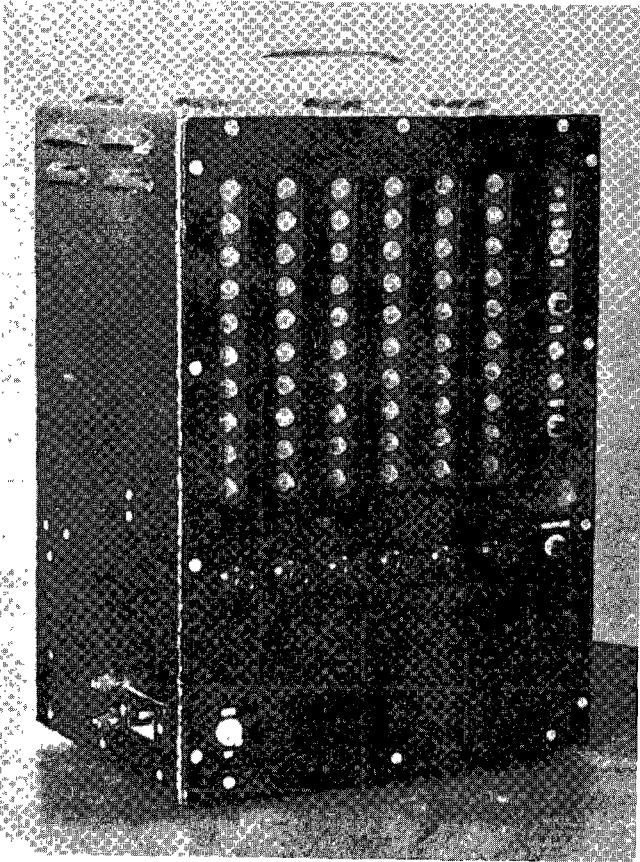
Toen na de tweede wereldoorlog gegevens beschikbaar kwamen uit de Verenigde Staten over de eerste elektronische digitale rekenmachine ENIAC, met - voor die tijd - opzienbarende mogelijkheden en rekensnelheden, werd in 1947 besloten om deze rekentechniek op het Fysisch Laboratorium nader te gaan onderzoeken met het oog op toepassing in vuurleiding. Nederland was daarmee verreweg het eerste land dat deze richting insloeg; pas omstreeks het midden der vijftiger jaren volgden andere naties. Dat het besluit - op dat moment - van visie op de toekomst getuigt, volgt wel uit het feit dat de genoemde ENIAC omstreeks 18.000 elektronenbuizen bevatte die een voeding met een totaal vermogen van meer dan 100 kW vereisten. Dit suggereerde bepaald geen handzame militaire apparatuur.

Voor de keuze van de elektronische digitale rekentechniek boven de analoge techniek (mechanisch, zowel als elektrisch) pleitten o.a. de volgende punten:

- de nauwkeurigheid van de berekeningen kan naar believen worden gekozen en hangt niet af van de precisie van de onderdelen;
- digitale rekenapparatuur is flexibel; één enkel rekenorgaan kan achtereenvolgens vele uiteenlopende berekeningen maken. De berekeningen zijn dus niet aan bepaalde onderdelen gebonden. Wijziging van het rekenprogramma in de loop van de tijd is mogelijk;
- de digitale techniek biedt goede mogelijkheden voor opslag van waarnemingsgegevens, wapen-constanten etc. die elk op hun beurt in een bepaald stadium van de berekening nodig zijn (geheugen);
- digitale apparatuur wordt samengesteld uit vele, doch op zichzelf eenvoudige en goedkope elementen van een beperkt aantal typen.

Toch werd omstreeks 1948 eerst nog een rekenapparaat gebouwd volgens het elektrische analoge principe. Het betrof een opdracht van de Koninklijke Luchtmacht voor een boordnavigatie-instrument. De problemen die toen ondervonden werden om aan de vereiste nauwkeurigheid te voldoen betekenden opnieuw een stimulans om in de richting van de digitale techniek verder te gaan.

Reeds spoedig bleek dat de aantrekkelijke eigenschappen van de digitale techniek niet alleen van belang waren voor vuurleidingsapparatuur, doch ook voor vele andere toepassingen. Zo ontstond, na enige „vingeroefeningen” in de jaren 1947 - 1950, in 1951 als eerste digitaal apparaat voor gebruik te velde een elektronische tijdmetr, bestemd voor de Commissie van Proefneming van de Koninklijke Landmacht ten behoeve van snelheidsmeting van projectielen. Het apparaat bepaalde, tot in microseconden nauwkeurig, het tijdsinterval waarin een projectiel een nauwkeurig bekend meettraject aflegt en overtrof daarmee verre het tot dusver gebruikte Boulanger-apparaat.

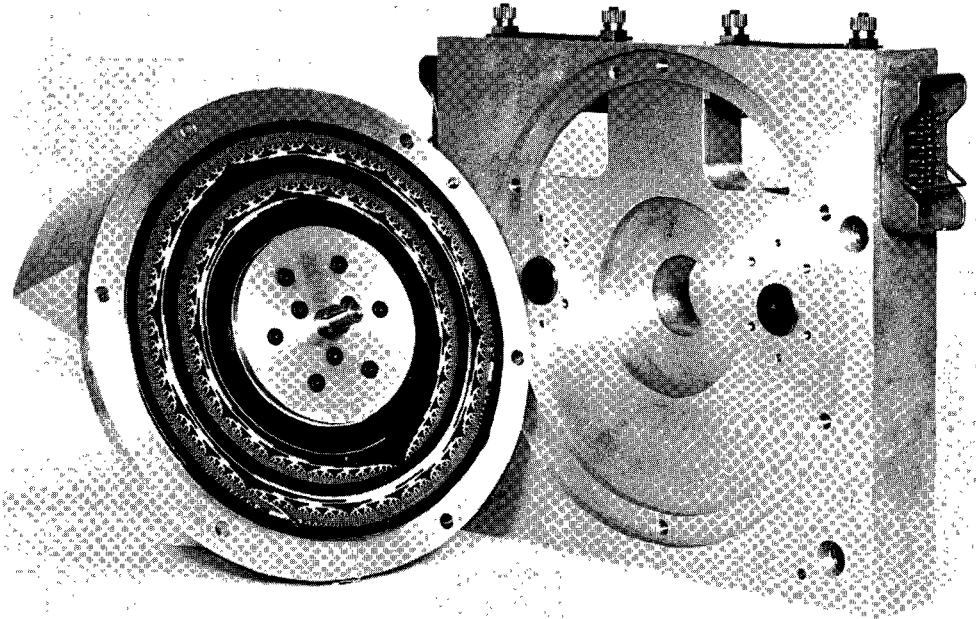


*Elektronische tijdmeters  
(1951)*

Van dit soort tijdmeters zijn er in de loop der jaren tientallen gebouwd voor de Koninklijke Landmacht en de Koninklijke Marine, echter wel in steeds modernere uitvoeringen. Tot overdracht van deze productie aan de industrie kwam het niet omdat daarvoor het aantal te klein was.

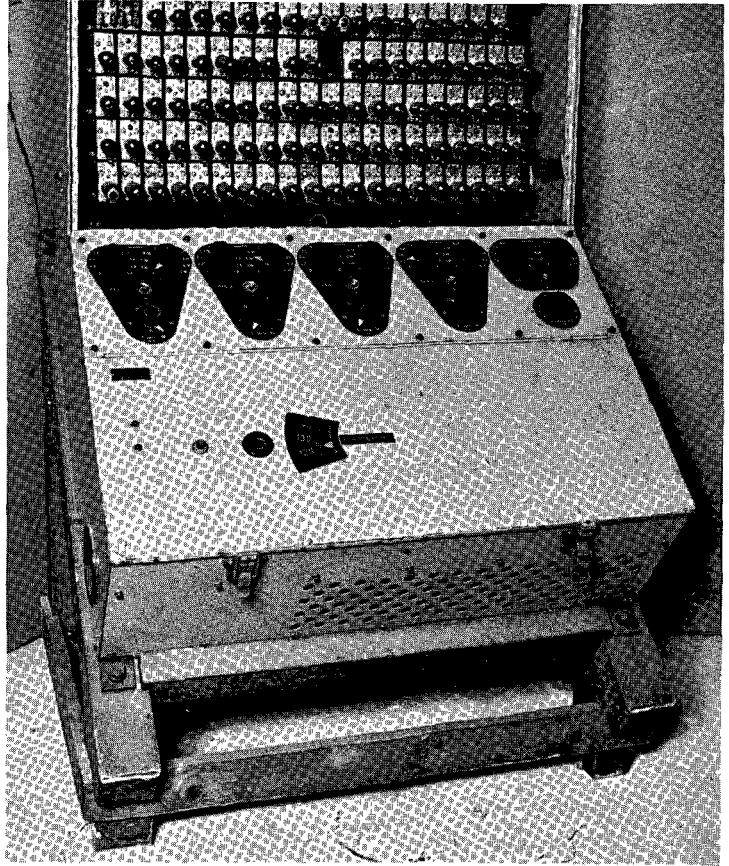
Een tweede toepassing van de digitale techniek was een apparaat (DICO), bestemd voor plaatsing aan boord van een onderzeebootjager. Dit apparaat bepaalde, in combinatie met een sonar-installatie, de diepte van een vijandelijke onderzeeboot met inachtneming van temperatuur- en drukgradiënten in het zeewater, die een buigend effect hebben op geluidsbanen. Naast het eigenlijke rekengedeelte kwam hier, zoals ook in alle latere vuurleidingsapparatuur, het probleem aan de orde van de invoer van waarnemingsgegevens in het rekentoestel. Vooral hoekgegevens, zoals bijvoorbeeld de momentele richting van een waarnemingstoestel, zijn veel voorkomende inputgegevens. De omzetting van de continu variabele (analoge) hoekwaarde in een discreet (digitaal) getal vereiste een analoog/digitaalomzetting. Op het Laboratorium werd daartoe een belangwekkende vinding gedaan. Later bleek dat omstreeks dezelfde tijd ook in de Verenigde Staten een apparaat was geconstrueerd dat berustte op hetzelfde principe.

Daarbij wordt op de as, waarvan de stand regelmatig moet worden afgelezen, een glazen codeschijf gemonteerd. Aan de buitenrand van de schijf is langs fotografische weg een reeks radiaal gerichte binaire getallen gecodeerd (zwart = 0, doorschijnend = 1), die de hoek ter plaatse of een goniometrische verhouding daarvan aangeven. Met behulp van een daartoe geschikt optisch afleessysteem kan de hoekwaarde, op commando vanuit het rekenapparaat, op elk gewenst moment worden afgelezen.



*Analoog/digitaal-omzetter, bestaande uit een schijf met binair gecodeerde sinus- en cosinus-tabellen en een behuizing die twee elektro-optische afleessystemen bevat*

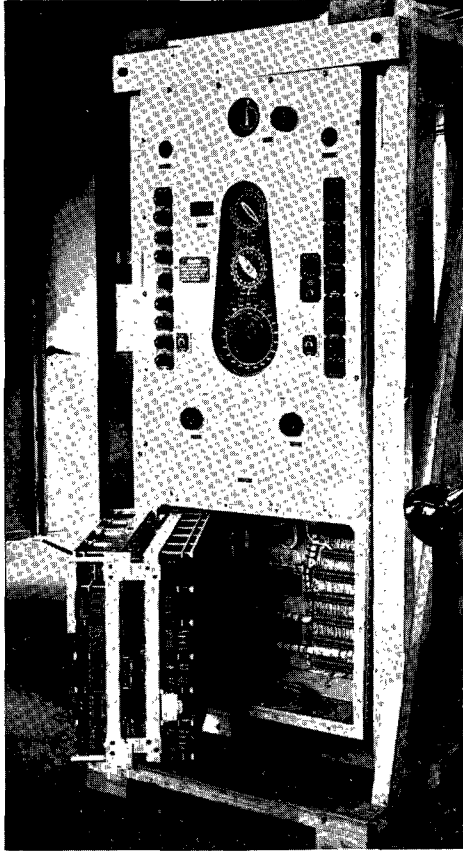
Van de genoemde DICO zijn twee laboratoriummodellen gebouwd en met gunstig resultaat aan boord beproefd. Intussen was bij de N.V. Hollandse Signaalapparaten te Hengelo ook belangstelling ontstaan voor digitale uitvoering van vuurleidingsapparatuur. De op het Fysisch Laboratorium verkregen know-how werd toen, tezamen met de gegevens van de tweede DICO, aan de N.V. Hollandse Signaalapparaten overgedragen voor productie-doeleinden. De Koninklijke Marine zag tenslotte af van het DICO-apparaat op de onderzeebootjagers omdat voor het beoogde doel ook met eenvoudiger middelen kon worden volstaan. Het werd wel ten behoeve van de Duitse Marine geproduceerd.



*DICO. Fragment van het rekengedeelte. Daaronder het bedieningspaneel en het afleesvenster voor de berekende diepte.*

Inmiddels was in 1953 een begin gemaakt met een laboratoriummodel van een digitale torpedovuurleiding voor gebruik in onderzeeboten. Deze vuurleiding was bestemd voor torpedo's die, na het afvuren uit vast opgestelde lanceerbuizen, over een instelbare hoek konden draaien om zo op de juiste koers te komen, die nodig was voor het treffen van het doel. Ofschoon de bouw en eveneens de beproeving aan boord succesvol verliepen oordeelde de marineleiding het nog te vroeg om deze vrij complexe apparatuur, met meer dan 600 elektronenbuizen, industrieel te doen produceren voor toepassing in onderzeeboten. De principiële mogelijkheden waren echter duidelijk naar voren gekomen. Toen dan ook omstreeks 1955 de transistor beschikbaar kwam en op het Laboratorium reeds vroeg een serie betrouwbare digitale bouwelementen in transistor-uitvoering ontwikkeld was, viel in 1956 de beslissing tot de bouw van een torpedovuurleiding, dit keer bestemd voor onderzeebootjagers. De N.V. Hollandse Signaalapparaten nam daarbij de vervaardiging van de mechanische gedeeltes voor zijn rekening. Dit project werd in 1959 met gunstig resultaat voltooid, doch invoering bij de Koninklijke Marine bleef ook thans achterwege omdat het type torpedo, waarop de vuurleiding was gebaseerd, niet werd ingevoerd wegens slechte prestaties.

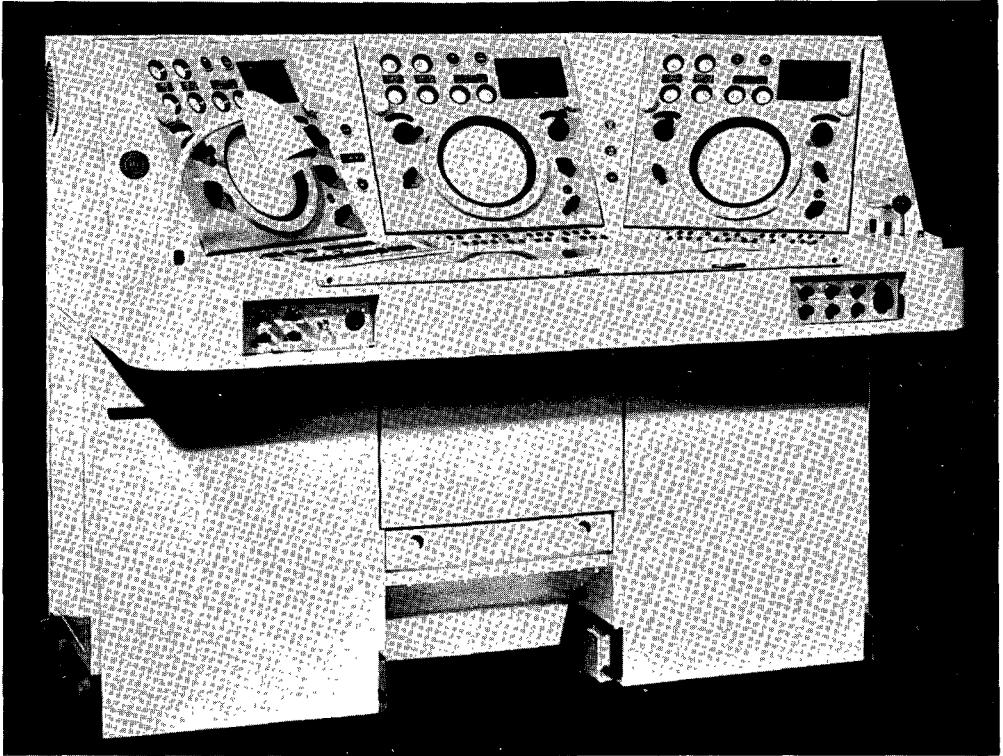




*Torpedovuurleiding in transistor-uitvoering. Onderin het computer-gedeelte, vervaardigd door het Fysisch Laboratorium TNO.*

Intussen was in 1956 een ander belangwekkend project gestart onder de naam DIPHYSA. Dit betrof een vuurleiding voor 90 mm luchtdoelgeschut, met als waarnemingsmiddel een 3 Mk7 radar. Het omvangrijke project werd gezamenlijk met de N.V. Hollandse Signaalapparaten uitgevoerd, met financiële steun van het Amerikaanse Mutual Weapons Development Team. Deze steun werd verkregen omdat digitale uitvoering van vuurleiding tot dan toe in de Verenigde Staten onbekend was, zodat daar veel belangstelling voor de resultaten bestond. Het project was omstreeks 1958 klaar, en vormde de basis waarop de N.V. Hollandse Signaalapparaten tot productie van de L 4/5-vuurleiding overging.

In deze reeks van projecten kan, als een bijzondere vorm van vuurleiding, nog genoemd worden de interceptierekenmachine IRMA, bestemd voor het vliegdekschip Hr.Ms. „Karel Doorman“. Met deze apparatuur konden voor maximaal 12 simultane intercepties de navigatiegegevens berekend worden voor Seahawk-jachtvliegtuigen om op een tactisch gewenste wijze hun doel te benaderen. Nog voor het gereedkomen van de IRMA viel echter in NATO-verband het besluit dat Hr.Ms. „Karel Doorman“ geen luchtverdedigingsfunctie meer zou vervullen. Daarop is de apparatuur overgenomen door de Koninklijke Luchtmacht en enige tijd gebruikt op het Navigatiestation-Noord.



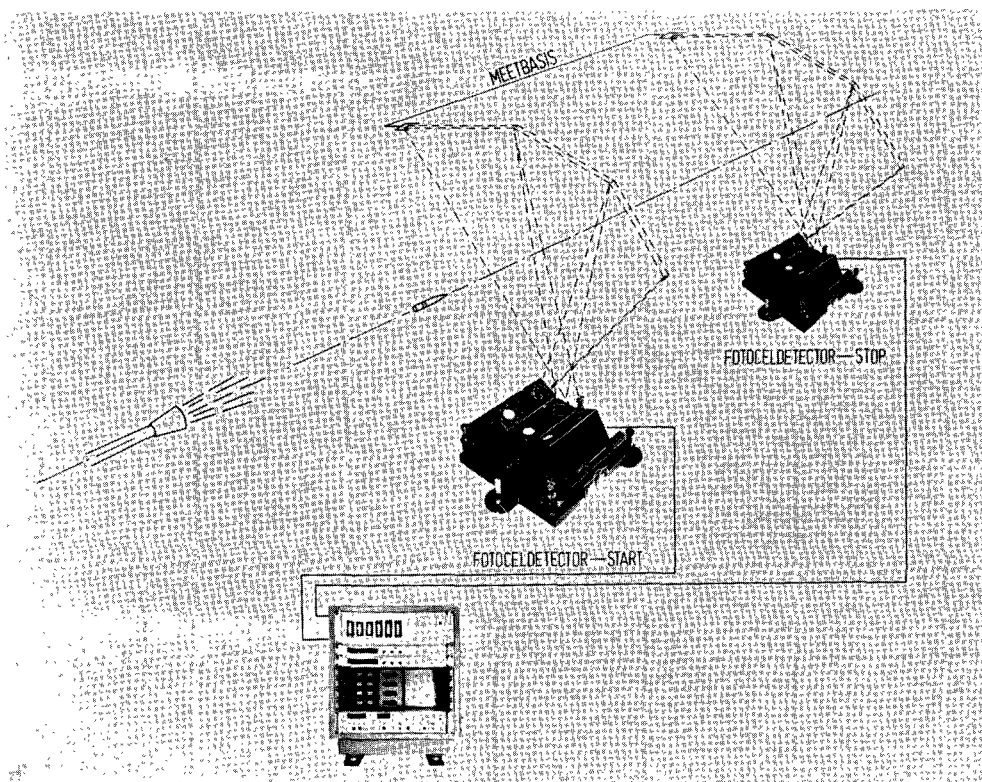
*Beeldkast, behorende bij de interceptierekenmachine IRMA*

Het exploreren van toepassingsmogelijkheden van elektronische digitale apparatuur op het gebied van vuurleiding door het zelf bouwen van proefmodellen was daarmee wel voltooid. Zoals reeds is gezegd was de know-how aan de N.V. Hollandse Signaalapparaten overgedragen en de verdere vervaardiging van vuurleidingsapparatuur lag daarmee duidelijk op het terrein van de industrie.

Overigens was in de vijftiger jaren reeds gebleken dat de digitale rekentechniek zich niet uitsluitend leende voor vuurleiding doch ook voor vele andere doeleinden. De verbreding van het toepassingsterrein komt ook tot uiting in de namen die deze researchgroep in de loop van de jaren droeg: Elektronisch Rekenen - Digitale Techniek - Informatieverwerkende Systemen. Digitale schakelingen namen ook een steeds belangrijkere plaats in projecten van andere researchgroepen in. Deze ontwikkeling werd nog versterkt door de komst van de geïntegreerde schakeling omstreeks 1965, die terecht aangeduid werd als een 3e generatie van digitale schakelingen na de uitvoeringen met elektronenbuizen (1e generatie) en transistors (2e generatie). Door deze ontwikkeling bleef de digitale techniek niet langer beperkt tot rekenapparatuur, maar ging de rol vervullen van een algemeen bruikbare techniek. Een voorbeeld daarvan is de grote hoeveelheid digitale schakelingen in de phased-array antenne van het experimentele FUCAS-radarsysteem. Aan die schakelingen, waarbij ook de miniaturisatie een grote rol speelde, is na de periode van de vuurleidingen zeer veel werk verricht.

Een ander recent project, waarin weer meer digitale rekenaspecten naar voren komen, is het rekenapparaat voor „Fast Fourier Transform” (FFT) in een sonar-ontvanger.

Als aparte groep van toepassingen dient nog de meet- en rekenapparatuur voor de Commissie van Proefnemingen (CvP/MBA 1) van de Koninklijke Landmacht genoemd te worden. Het eerste digitale apparaat voor gebruik te velde was, zoals reeds is gezegd, een elektronische tijdmetter voor de Commissie van Proefneming. Daarop is in de loop der jaren een lange reeks van apparaten gevolgd, ook voor andere krijgsmachtdelen. Die apparaten hadden vrijwel steeds betrekking op de bepaling van snelheid en versnelling (of, meestal, vertraging) van projectielen. Naast de feitelijke digitale apparatuur voor opslag en verwerking van de meetresultaten werd daarbij ook veel aandacht besteed aan optische, magnetische en elektromagnetische sensoren voor het nauwkeurig bepalen van de tijdstippen waarop een projectiel een meettraject binnenkomt en weer verlaat.



*Meetsysteem voor projectiesnelheden, bestaande uit 2 drievoudige optische detectoren en elektronische meet- en registratie-apparatuur*

Tenslotte zij nog vermeld dat in het gecijferde berichtenverkeer in de loop van de tijd ook vrijwel volledig een overgang op digitale werkwijzen plaatsvond. Zowel voor het onderschepen van berichten van de tegenpartij als voor het gecijferen van eigen berichten is daarbij, voor wat de apparatuur betreft, een bescheiden bijdrage geleverd door het Fysisch Laboratorium.

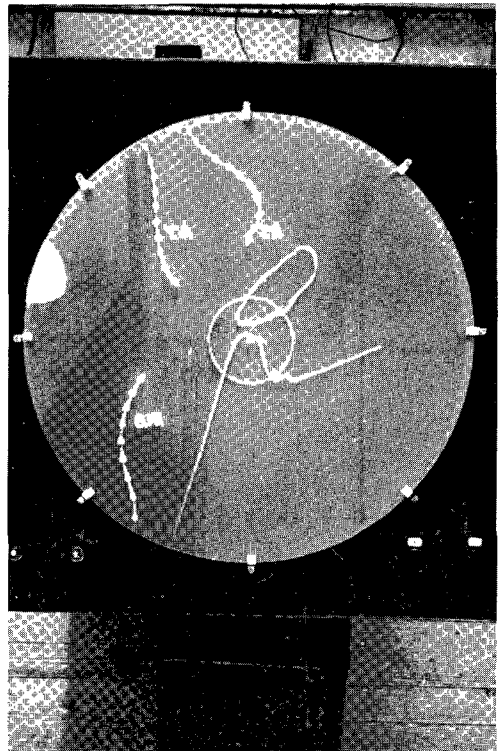
## AUTOMATISCHE VERWERKING VAN RADARINFORMATIE

Met het toenemende gebruik in en na de tweede wereldoorlog van radar als waarnemingsmiddel groeide het probleem van de verwerking van de radargegevens. Aanvankelijk gaven de radarwaarnemers de coördinaten van de door hen op de radarschermen waargenomen doelscho's mondeling door aan „plotters”, die op een plottafel een situatiebeeld opbouwden ten behoeve van de bevelvoering. De toenemende hoeveelheid gegevens en de wens de verwerkingssnelheid te verhogen - met liefst een verkleining van de foutenkans - deed de behoefte aan technische hulpmiddelen ontstaan.

In 1950 werd, met belangstelling zowel van luchtmacht- als marinezijde, begonnen met onderzoek op dit gebied. Nagegaan werd of het mogelijk was het radarbeeld te projecteren op een doorzichtige plaat, op deze plaat door de radarwaarnemer de echosporen met symbolen te laten tekenen en het aldus ontstane beeld met behulp van televisietechnieken af te tasten en in een elektrisch signaal om te zetten. Met dit elektrische signaal kon dan op een beeldscherm het situatiebeeld worden weergegeven. Allerlei problemen moesten hiervoor worden opgelost, tot en met het vervaardigen van schrijfpennen ter vervanging van de waspotloden, waarvan het schrift smolt door de warmte van de apparatuur.



*Proefopstelling Teleplot*

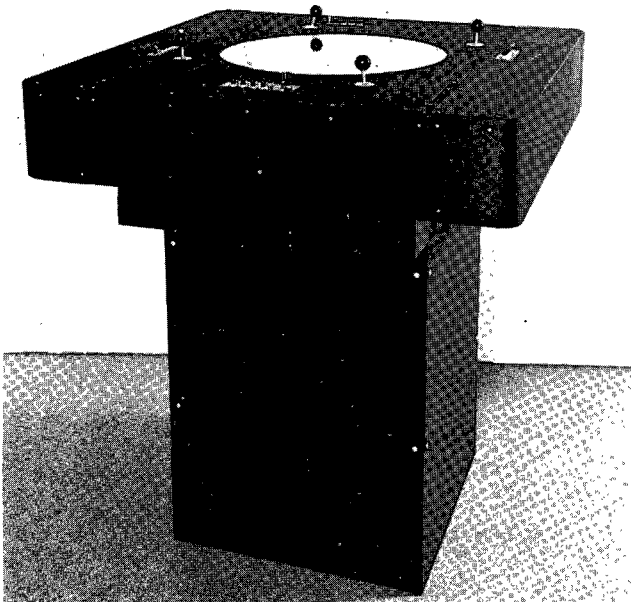


*Tracks voor invoer in Teleplot*

Uiteraard kon men gegevens van verschillende schermen tegelijk invoeren, terwijl door het beschikbaar zijn als elektrisch signaal de beelden meervoudig konden worden weergegeven; ook werd in samenwerking met de N.V. Philips en de N.V. De Oude Delft een grootbeeld-projector voor het systeem ontwikkeld.

Mede door belangstelling en financiële steun van Amerikaanse zijde besloot de Koninklijke Luchtmacht in 1954 het systeem, dat de naam TELEPLOT had gekregen, operationeel toe te passen. Philips Telecommunicatie Industrie produceerde de apparatuur onder begeleiding van het Fysisch Laboratorium, dat ook de afnametesten uitvoerde. In 1958 nam de Koninklijke Luchtmacht de apparatuur in Nieuw-Milligen in gebruik.

In verband met de benodigde bandbreedte voor de videosignalen moest Teleplot als een lokaal systeem worden beschouwd. De Koninklijke Luchtmacht beschikte echter in Den Helder ook over radars, waarvan men de informatie als „early warning” in Teleplot wilde invoeren. De inmiddels beschikbaar gekomen digitale technieken boden hiervoor een oplossing. Met behulp van een zogenaamde „joy stick” werd door de waarnemer langs elektrische weg in het radarbeeld een symbool toegevoegd aan een doelsecho. De coördinaten van het symbool werden in digitale vorm overgezonden, waarna aan de ontvangzijde op een beeldscherm het symbool op de juiste plaats werd weergegeven. Door de grote datareductie kon voor de overdracht van de gegevens met een gewone telefoonlijn worden volstaan. Een belangrijke taakverlichting aan de invoerzijde was dat een speciale rekenautomaat uit een aantal opeenvolgende symboolposities een voorspelling deed omtrent de volgende positie. De operator behoefde hierdoor slechts de juistheid van de voorspelling te bevestigen, dan wel een kleine correctie uit te voeren. In het systeem dat TELETRACK was gedoopt, konden zestig van dergelijke „tracks” worden bijgehouden. De Teletrack apparatuur werd door het Fysisch Labo-



*Eén van de twee Teletrackconsoles, door 4 personen  
gelijktijdig te gebruiken*

ratorium gebouwd en in het voorjaar van 1961 in gebruik genomen. In 1964 is Teletrack vervolgens gebruikt voor het initiëren van tracks voor het IRMA-systeem (Interceptie Rekenmachine), dat door de toenmalige groep Elektronisch Rekenen was ontwikkeld.

De hier beschreven activiteiten illustreren het belang, dat door de Koninklijke Luchtmacht werd gehecht aan de automatisering van de gegevensverwerking, ook tot uiting komende in de opeenvolgende detacheringen van luchtmachtofficieren bij de zogenaamde Plotgroep van het Fysisch Laboratorium.

Nadat aanvankelijk eigen oplossingen waren nagestreefd, kwam de Koninklijke Luchtmacht al snel tot internationale samenwerking. Na 1960 werd de door het Laboratorium opgebouwde kennis vooral aangewend voor het schrijven van specificaties en het beoordelen van aanbiedingen van de industrie (zoals o.a. voor het „Minimal Facilities“-project). Met de groei van de kennis bij de Koninklijke Luchtmacht op het gebied van dergelijke systemen en de voortgaande internationalisering van de projecten, nam gaandeweg de betrokkenheid van het Fysisch Laboratorium bij deze activiteiten af. De uitbouw van het Minimal Facilities-systeem tot het NADGE-systeem kon toen door de Koninklijke Luchtmacht zelf worden verzorgd.

Qua omvang beperkt, maar zeer nuttig, was de ontwikkeling van apparatuur waarmee een vluchtnabootser voor de Starfighter op de vliegbasis Leeuwarden aan het interceptiesysteem van de Luchtmacht in Den Helder kon worden gekoppeld, enkele jaren geleden vervangen door een koppeling met het NADGE-systeem. Hiermee kan het beoefenen van intercepties door zowel vluchtleiders als vliegers voor een belangrijk deel „op het droge“ plaatsvinden, maar dan wel op zeer realistische wijze; hierdoor werd een belangrijke kostenbesparing zowel als een betere training mogelijk. Recentelijk werd ook voor de Belgische Luchtmacht een dergelijke koppeling tot stand gebracht.

De interesse voor automatisering beperkte zich uiteraard niet tot de Luchtmacht. Toen omstreeks 1962 binnen de NATO specificaties werden opgesteld voor (automatische) data handling systemen aan boord van kleine schepen („coastal escort and patrol ships“) werd het Fysisch Laboratorium betrokken bij het specificeren en het beoordelen van de bruikbaarheid voor de Koninklijke Marine van deze systemen. Helaas maakte de apparatuur voor de uitwisseling van gegevens tussen de schepen via de NATO datalink de systemen erg duur. Een voorstel voor een goedkope datalink, door het Fysisch Laboratorium in samenwerking met de Engelse Marine uitgewerkt, vond geen weerklank en daardoor verloor de Koninklijke Marine de belangstelling voor deze data handling systemen.

Toenemende aandacht werd in de periode 1960-1965 besteed aan de overdracht van digitale gegevens via radio- of lijnverbindingen. Dit betrof in het bijzonder het bepalen van de betrouwbaarheid van de verbindingen en de middelen om deze te verbeteren, zoals foutdetectie- en correctiemethoden, alsmede het vaststellen van de „link formats“, het specificeren van de inhoud van de over te zenden berichten op basis van de gewenste informatie-uitwisseling tussen verschillende systemen en de hierbij te volgen procedures. Regelmatig maakten medewerkers van het Laboratorium dan ook als adviseur deel uit van Nederlandse vertegenwoordigingen in NATO- en andere internationale werkgroepen.

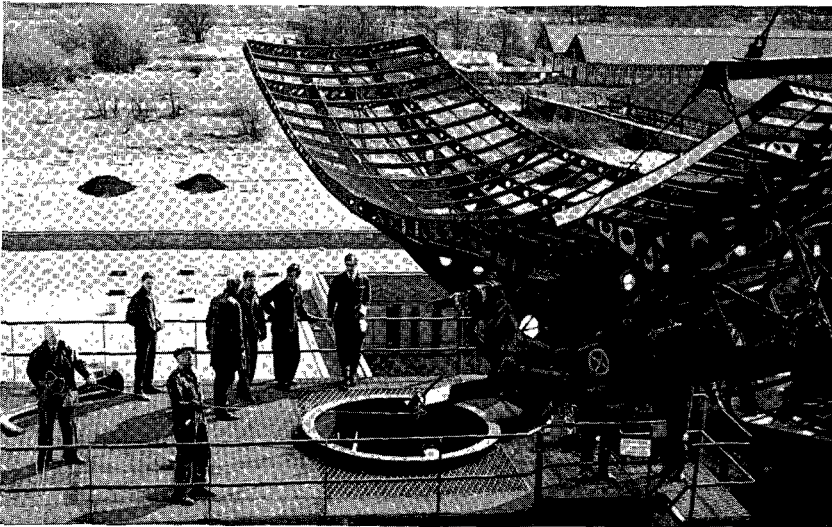
Omstreeks 1967 zocht Engeland opnieuw contact met een voorstel voor een goedkope datalink voor marinetoepassingen. Na uitwerking van dit voorstel werden in nauw overleg tussen de Koninklijke Marine, het Laboratorium en Hollandse Signaalapparaten B.V. de specificaties opgesteld volgens welke Hollandse Signaalapparaten B.V. voor de Koninklijke Marine de apparatuur bouwde.

Deze ontwikkeling was in 1968 aanleiding voor het Fysisch Laboratorium een idee uit de tijd van de voorstellen voor de „Coastal escort and patrol ships“ weer op te vatten en aan de Koninklijke Marine voor te stellen met een zogenaamd passief datalink displaysysteem kleine en oudere schepen te laten profiteren van de informatie-uitwisseling tussen de automatische systemen aan boord van grotere schepen. Er werd een demonstratiemodel opgezet en, op verzoek van de Koninklijke Marine, werden specificaties opgesteld. Voor Nederland alleen bleek het om financiële redenen toch nog niet haalbaar dit systeem toe te passen. Op verzoek van de Koninklijke Marine werd het voorstel in het najaar van 1971 gepresenteerd aan de NATO. Dit gaf de stoot tot het installeren in 1973 van een NATO Project Groep, waaraan een aantal landen, die soortgelijke behoeften hadden, deelnamen. Op basis van een door het Fysisch Laboratorium opgesteld voorstel stelde deze groep de specificaties voor een passief systeem vast. Medio 1974 bleek echter dat om verschillende redenen de deelname aan het project onvoldoende zou worden, hetgeen het einde van de activiteiten betekende.

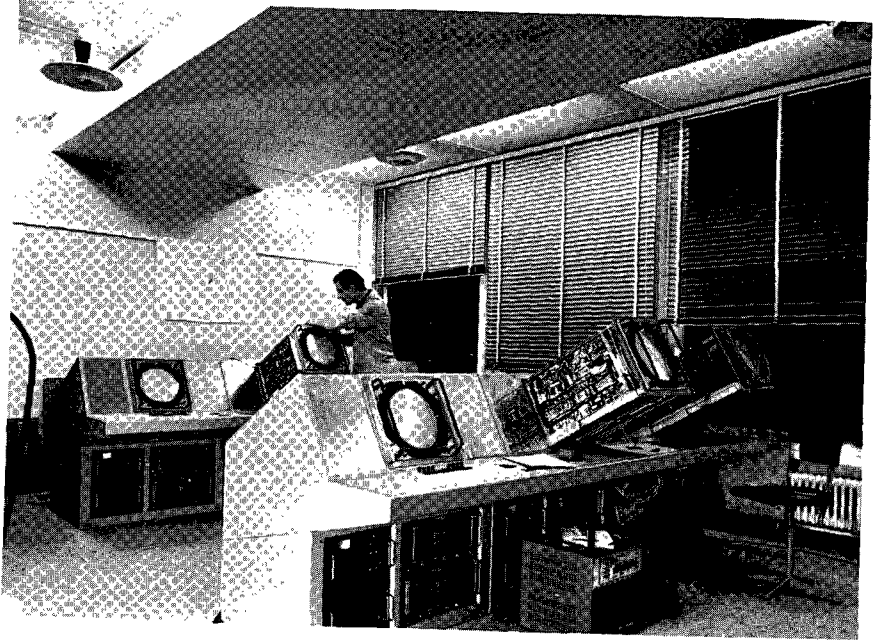
In de eerder genoemde systemen Teleplot en Teletrack was nog altijd een menselijke schakel nodig om de echo's van doelen te detecteren temidden van ruis en storing. Omstreeks 1960 werd begonnen met onderzoek naar de mogelijkheid deze detectie automatisch te laten plaatsvinden om zo de coördinaten van doelen sneller en nauwkeuriger in de systemen te kunnen invoeren.

Met diverse typen zogenoemde video-extractors werden proeven uitgevoerd in combinatie met rondzoekradars, zowel voor marine- als luchtmachttoepassingen. Onderzoek naar mogelijkheden voor video-extractie bij SLAR (Side Looking Airborne Radar) en in havenradar-systemen zijn voorbeelden van recente, civiele toepassingen, waaraan ook wordt gewerkt. Ten behoeve van de beschreven activiteiten zijn in de loop der jaren allerlei voorzieningen gebouwd of aangeschaft. Voorbeelden hiervan zijn een rondzoek- en een hoogtemeterradar, een aantal beeldkasten en een minicomputersysteem.

Momenteel is een belangrijk deel van de inspanning gericht op het realiseren van de displayvoorzieningen voor het phased array radarproject FUCAS.



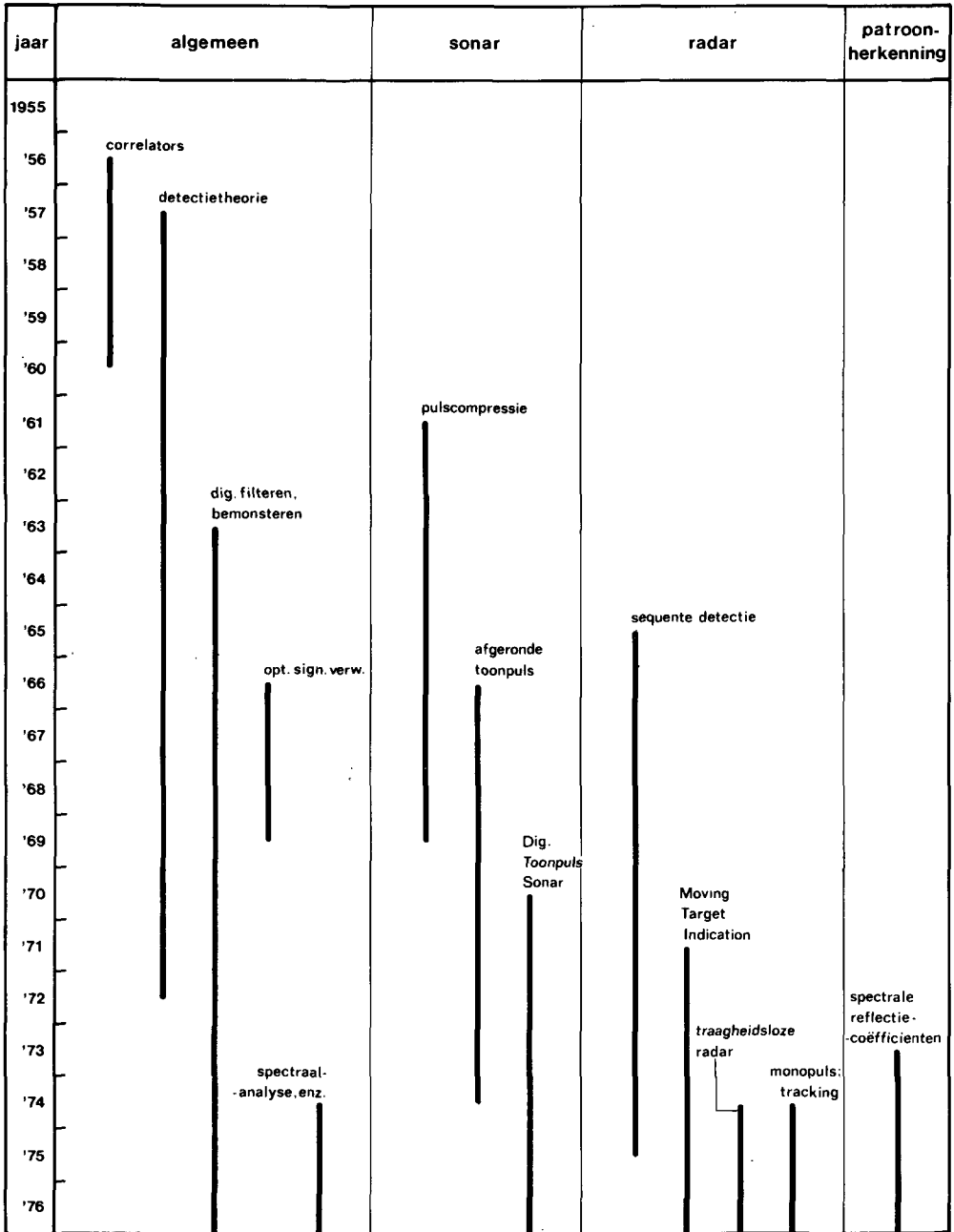
*Verhuizing van de radarantennes naar het nieuwe laboratorium in 1968*



*5 Beeldkasten opstelling*



# TWINTIG JAAR SIGNAALVERWERKING

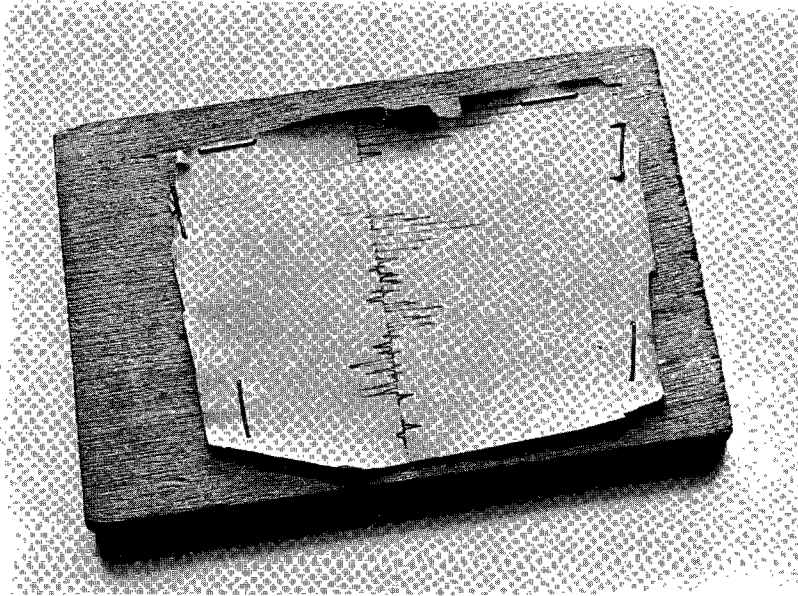


Het zou aardig zijn om dit stukje te kunnen beginnen met een precieze geboortedatum van de signaalverwerking op het Laboratorium, maar zo'n datum is onmogelijk aan te geven. Net als van zoveel andere ontwikkelingen zijn de vroegste sporen nauwelijks terug te vinden. Als officiële researchgroep is de Signaalverwerking pas een eigen leven gaan leiden in 1967; het vak werd echter al vanaf 1957 beoefend in een aparte sectie van de toenmalige groep „Systeemresearch“, onder leiding van Ir. E.W. Gröneveld. Verstaan wij onder signaalverwerking (S.V.) de bestrijding van ruisachtige fluctuaties, en wel door uitbuiting van hun statistische eigenschappen, dan is het duidelijk dat er al ver vóór 1957 studies gedaan moeten zijn die wij nu tot de S.V. zouden rekenen. Sommige voorbeelden liggen nog in het geheugen, zoals de digitale vuurleidingsfilters voor DIPHYSA ( $\pm$  1955, groep „Digitaal Rekenen“), maar ongetwijfeld zouden er veel meer te noemen zijn. Deze studies hebben zich echter afgespeeld binnen de grenzen van de afzonderlijke groepen. Vaak zullen zij ook een incidenteel karakter hebben gehad. Dat maakt het moeilijk om nu nog een betrouwbaar overzicht te geven. Hopelijk neemt men het de schrijver niet kwalijk als hij zich beperkt tot de ontwikkeling die geleid heeft tot de sectie, en later tot de groep „Signaalverwerking“; een ontwikkeling die hij zelf heeft meegemaakt.

## HET BEGIN: CORRELATORS

De eerste aanzet gaf prof. van Soest, die rond 1955 een groepje „Informatietheorie“ oprichtte waarin hij naast speltheorie en geheimecodering aandacht wilde besteden aan correlators. Er is toen begonnen met de bouw van een elektronische correlator en later is dit werk uitgelopen in een studie van de signaal-ruis-eigenschappen van dat soort apparaten. Foto 1 toont een oud aandenken: de eerste correlatiefunctie van een ruissignaal, gemaakt in 1956. Voor zover bekend is het tevens de eerste correlatiefunctie die in Nederland werd verkregen.

Achteraf is het verbazend hoe er indertijd in een vacuum van onwetendheid begonnen is. Het correlatiebegrip was niet meer dan een willekeurig ander begrip uit de kansrekening en afgezien van de intuïtie van Van Soest, die het belang van correlators voorvoelde, hadden wij er aanvankelijk weinig idee van voor welke concrete problemen zulke instrumenten ooit gebruikt zouden kunnen worden. Men moet natuurlijk bedenken dat de begrippenwereld van de detectie- en systeemtheorie in de 50er jaren nog helemaal ontbrak en dat onder ingenieurs ook het inzicht in de fluctuatievervalsingen nog erg gebrekkig was. Later is wel duidelijk geworden dat in die tijd de kennis in Nederland ver achter lag bij die in Amerika, maar zelfs dat was ons toen niet bekend. Handboeken, leerboeken en overzichtsartikelen bestonden niet en de spaarzame tijdschriftartikelen waren meestal onleesbaar door de overmatige nadruk op theoretisch wiskundige aspecten. Dat zorgde voor oponthoud, en van tijd tot tijd ook voor een kleine teleurstelling. Zo is b.v. op het Fysisch Laboratorium al snel de kracht ontdekt van de zogenaamde clippercorrelator en er zijn al vrij vlug systemen van dit type gebouwd. Naderhand werd natuurlijk ontdekt dat in Amerika deze weg al jaren eerder bewandeld was.



*Correlatiefunctie (1956)*

De recording heeft 20 jaar aan de laboratoriumwand gehangen, hetgeen te zien is.

## **OPKOMST VAN DE DETECTIETHEORIE**

Langzamerhand kwam in deze toestand echter verandering. Gedeeltelijk omdat wij onze eigen ideeën kregen, maar vooral omdat in de literatuur de „statistische detectietheorie” begon te groeien. Wij hebben in de jaren 1957-61 veel tijd aan dit onderwerp besteed. Eerst was de belangstelling nog theoretisch - de nieuwe theorie bracht op fascinerende wijze verband tussen schijnbaar onsamenvangende begrippen - maar geleidelijk werd ook het praktisch belang voor radar- en sonar-systemen duidelijk.

Als resultaat van de studies is in 1962 een cursus „statistische detectie” aan de TH Delft gegeven. Hoewel wij ons sindsdien op de toepassingen gericht hebben, is de studie van de detectietheorie altijd op het groepsprogramma blijven staan.

Een bijzondere opleving is er nog geweest in de jaren 1970-72, toen veel werk gedaan is aan de detectietheorie van objecten die met groot scheidend vermogen worden waargenomen. De achtergrond van dit werk lag bij de „high-resolution radar” en bij FM sonar.

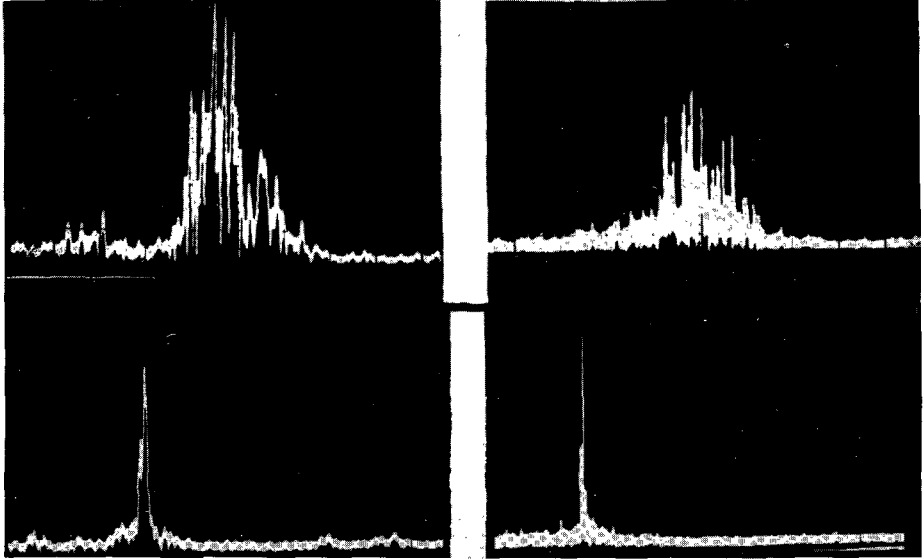


Foto 2. Fijnstructuur onderzeebootresponsie (1964). Resolutie 3 m (links) en 75 cm (rechts).  
 a. bij aanstraling in lengterichting  
 b. bij aanstraling in dwarsrichting.

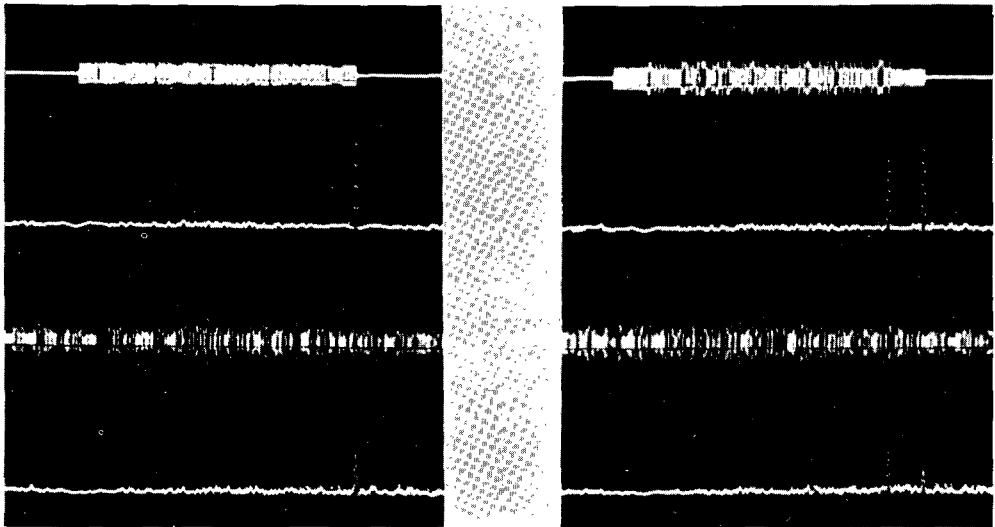


Foto 3. Detectie van een lange puls in ruis (1962). Links: één puls; rechts: twee overlappende pulsen.  
 Bovenste twee sporen: ongestoorde puls en bijbehorende responsie van de ontvanger. Onderste twee sporen: idem, na toevoeging van ruis (ruisbandbreedte en pulsbandbreedte 400 Hz.)

## RADAR OF SONAR ?

Van de detectietheoretische principes uit de jaren 1957-61 is het idee om een correlator als pulscompressor te gebruiken verreweg het belangrijkste geweest. Pulscompressie was de methode om de pulsenergie van radars of sonars te vergroten bij gelijkblijvend zendvermogen en onder behoud van afstandresolutie. Er waren grote winstverwachtingen, vooral voor die gevallen waarin de storing overwegend bestond uit signaalafhankelijke ruis (Foto 3). Rond 1960 is op het Fysisch Laboratorium overlegd of dit principe het eerst moest worden toegepast op radar of op sonar, en de keus is toen op sonar gevallen. Redenen: in de radar leken de elektronische aanloopproblemen groter en in de sonar bood de meetpost in Hoek van Holland de gelegenheid om snel tot experimenten te komen. Pas veel later zijn in de groep Signaalverwerking de radarproblemen serieus aan bod gekomen. In feite gebeurde dat eerst rond 1966, toen de groep een groei in personeelsomvang doormaakte; het betrof toen echter geen pulscompressiesysteem meer. Straks komen wij hier op terug.

## DE TIJD VAN DE BREEDBANDSONARS

Bovengenoemd besluit mag men beschouwen als het eind van de aanlooperperiode in de S.V. Het heeft de stoot gegeven tot het onderzoek van PRM- en FM-sonars in de jaren 1960-67. (Men zie ook het schema)

Vanwege de bandbreedte van de zendpulsen (enkele honderden Hz) sprak men ook wel van „breedband sonars“. De ontvangst gebeurde met pulscompressorcorrelators.

Wij hebben op het Fysisch Laboratorium het eerst de PRM-sonars aangepakt omdat men elders in Europa sinds kort al onderzoek deed aan de FM-systemen. Het voordeel van PRM (fase-omkeer modulatie van de zendpuls met een ruiscode) was, dat men niet alleen in afstand, maar ook in doppler een groot scheidend vermogen kreeg. (foto 4). Dit sloot aan bij de traditie uit de researchgroep „Akoestiek“, waar toen al de nadruk lag op dopplergevoelige (toonpuls-) sonar. In het begin van genoemde periode, 1960-64, is veel werk verzet aan de praktische aspecten van de correlators en aan allerlei modificaties voor het ondervangen van bijzondere akoestische verschijnselen.

Later ontstond de behoefte om de PRM-systemen te vergelijken met FM-, en vooral met toonpuls-systemen (FM: frequentiemodulatie van de zendpuls)..

Rond 1968 heeft dit geleid tot een installatie waarmee van ieder pulstype 3 à 4 exemplaren uitgezonden konden worden. Voor iedere pulsvorm was een aparte ontvanger beschikbaar (de toonpulsontvangers waren gebouwd door de groep „Akoestiek“).

Experimentele hoogtepunten zijn in deze periode vaartochten op de Middellandse Zee geweest, aan boord van het proefschip van het NATO SACLANT ASW Research Centre in La Spezia, en met Amerikaanse en Italiaanse onderzeeboten als sonardoel. Voor het transport van apparatuur en personeel van Ypenburg naar Pisa, v.v., werd gezorgd door de Koninklijke Luchtmacht met een Fokker Friendship.

De reden voor een experimentele vergelijking van de verschillende pulsvormen was, dat het reverberation probleem langzamerhand overheersend was geworden in de sonartechniek. Op theoretische grond waren wij tot de conclusie gekomen dat de reverberation-onderdrukking met een toonpuls groter moest kunnen zijn dan met een FM- of PRM-puls.

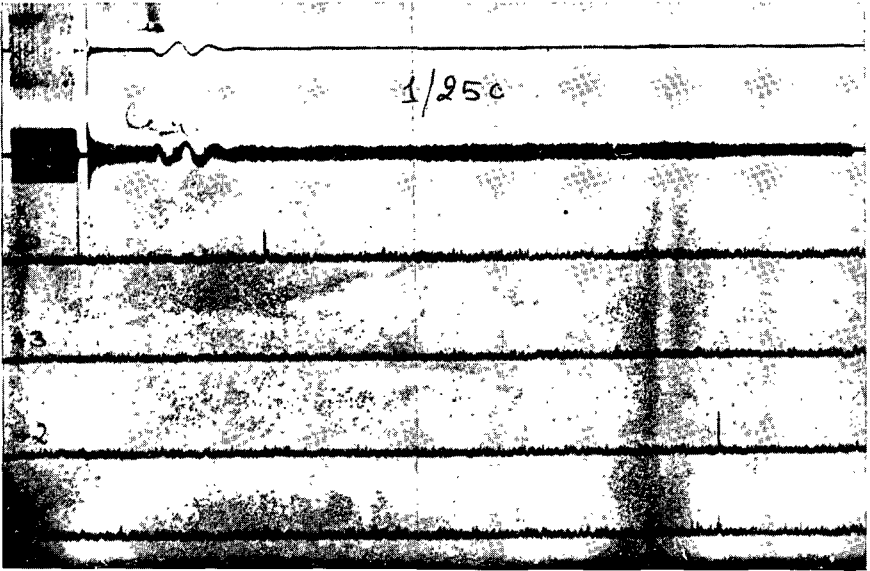


Foto 4. Detectie van een onderzeeboot tegen een ruisachtergrond, met een lange ruisimpuls (PRM) (1966)

Betekenis der sporen van boven naar beneden: 1 = het ruwe echosignaal; 2 = idem logaritmisch; 3 = centrale dopplerkanaal; 4, 5, 6 = enkele van de dopplerkanalen. In het centrale kanaal, spoor 3, ziet men de responsie op de zendimpuls en een reflectie van de zeebodem (waterdiepte  $\approx 2000$  m), ontvangen via de zijlussen van het antennepatroon. In spoor 5 de onderzeebootecho (afstand  $\approx 7400$  m).

Meer dan een papieren voorspelling was dit echter niet en experimenten zouden de uitslag moeten geven. Eén van de obstakels was daarbij dat de PRM- en FM-ontvangers reeds dicht bij hun theoretische kwaliteitsgrens kwamen maar dat deze grens bij de toonpulsontvanger om technische redenen nog niet benaderd kon worden.

## EEN NIEUWE, OF EIGENLIJK EEN OUDE KOERS

Ondanks de genoemde handicap bleek rond 1968-69 inderdaad dat bij sterke reverberation storing het toonpuls systeem superieur was, mits toegerust met zeer selectieve dopplerfilters en met een goede dynamiekbeheersing. Tot op dat moment waren dit de knelpunten bij de toonpulsosonar en zij zouden dat waarschijnlijk gebleven zijn als niet juist in diezelfde jaren in Amerika de FFT was uitgevonden (Fast Fourier Transform,  $\pm 1967$ ). Het was snel duidelijk dat de FFT, samen met digitale filters, de weg opende tot de bouw van sterk verbeterde toonpulsontvangers. Rond 1969 werd dan ook het FM- en PRM-werk gestaakt en werd overgegaan tot de ontwikkeling van een geheel digitale toonpulsontvanger.

In feite betekende dit een terugkeer naar een oud principe, zij het met nieuwe middelen. Daarbij moet dan wel worden aangetekend dat er, afgezien van het digitale aspect, een heel goede ondergrond aanwezig was. In de researchgroep Akoestiek was namelijk in de periode 1960-69 de ontwikkeling van de analoge toonpulssystemen gestaag voortgezet. De daarbij opgedane ervaringen zijn de basis geweest van de nieuwe aanpak. Het resultaat van dit alles is het DTPS-project (digitale toonpuls sonar) geworden, dat van 1970 tot 1976 de sonarcapaciteit in de groep volledig heeft opgeëist. (Men bedenke dat dit nooit meer dan 2 à 3 man is geweest).

Omdat deze periode relatief nog vers in het geheugen ligt zullen wij er thans niet veel meer over zeggen, op één punt na: de ontdekking van de zogenaamde afgeronde toonpuls.

## EEN NIEUWE PULSVORM

Rond 1966 ontstond in de groep het idee dat een zendpuls met geleidelijk aanzwellende en weer afnemende amplitude een verdere verbetering moest geven van de reverberation-onderdrukking in een toonpulssonar. Theoretische berekeningen wezen op grote winst, maar proeven in 1968-69 gaven weinig resultaat. Naderhand hebben wij dat kunnen toeschrijven aan o.a. de beperkte doppler-selectiviteit van de destijds beschikbare ontvanger.

In 1972 kwam het eerste stuk van de DTPS-ontvanger klaar en toen werden in Hoek van Holland indrukwekkende verbeteringen gemeten bij gebruik van de afgeronde puls. De definitieve proeven op zee zijn in 1974 gedaan, aan boord van een Amerikaanse destroyer die een voor onze puls geschikte zender bezat; het schip was speciaal voor dit doel door de U.S. Navy ter beschikking gesteld.

## IETS OVER HULPMIDDELEN EN GEREEDSCHAPPEN

In een afdeling die zich bezighoudt met signaalverwerking is het „digitale filteren“ een niet weg te denken stuk gereedschap. In de inleiding is reeds een heel vroege toepassing op ons Laboratorium vermeld: de DIPHYSIA-vuurleidingsfilters. Deze waren al meteen bestemd voor „real time“ gebruik in apparatuur. Merkwaardigerwijs zijn binnen de sectie Signaalverwerking, en later binnen de groep, de digitale filters jarenlang alleen gebruikt bij rekenmachinesimulatie van nieuw ontworpen apparaten en voor „off-line“ verwerking van meetuitkomsten. Een voorbeeld van dit laatste was de afvlakking van radardata, afkomstig uit een voor de Koninklijke Landmacht bestemde meetradar voor voertuigsnelheden.

In 1966 is nog een onderzoek gestart van een bijzondere klasse van filters, later in de literatuur bekend geworden als „frequency sampling filters“. Het was de bedoeling deze digitale resonators te gaan gebruiken als dopplerfilters voor toonpulssonar. De vooruitzichten waren niet slecht, maar na de komst van de FFT kon er toch maar beter mee gestopt worden. Serieuze toepassing van „real time“ digitale filters in apparatuur is pas in de 70er jaren in de groep aan de orde gekomen: bij de signaalnormering in het DTPS-project en bij de radar-MTI-systemen. Daarover straks nog meer.

Nauw verwant aan het filteren was de ontdekking, in onze groep, van het zogenaamde „smalband - bemonstertheorema" (1963-64). Deze vondst is meteen van praktisch belang geweest. Het theorema slaat op het digitaliseren van signalen die gecentreerd zijn rond een relatief hoge frequentie, zonder de noodzaak om mengtrappen of kwadratuurschakelingen te gebruiken. Al onze PRM- en FM-sonars zijn op deze werkwijze gebaseerd geweest en ook de DTPS ontvanger berust op dit principe.

In de jaren 1965-68 heeft de groep nog een exotische activiteit gekend, namelijk het bewerken van signalen met coherent licht. De komst van de gaslaser leek het mogelijk te maken om coherente optische rekenmachines te bouwen met een ongekende reken capaciteit. Ons werk ging in de richting van een doppler gevoelige PRM-correlator, geschikt voor een „multi-beam" sonarsysteem. Het is in 1968 overgenomen door de researchgroep „Fysica", waar men inderdaad een werkende correlator gebouwd heeft. De moeilijkheden met optische en mechanische precisie waren daarmee in principe overwonnen. Van meet af aan had de hele opzet echter tevens berust op de speculatie dat er een doorbraak zou komen bij de vereiste conversie van elektrische signalen naar fotografische raster. Helaas is dat nooit gebeurd. Daarom hebben tenslotte de elektronische rekenmachines toch het pleit gewonnen; niet alleen in de sonar maar ook in andere gebieden waar men de optische aanpak geprobeerd heeft.

## EEN BIJZONDERE DETECTIEMETHODE

Eerder is reeds vermeld dat de radarsignaalverwerking pas laat op het groepsprogramma is verschenen. Wel is er in de jaren 1957-67 in de groep „Systeem Research" steeds aan radar gewerkt maar de nadruk lag méér op operationele evaluaties, trefkansberekeningen, etcetera, en minder op het manipuleren met zendpuls en echosignalen.

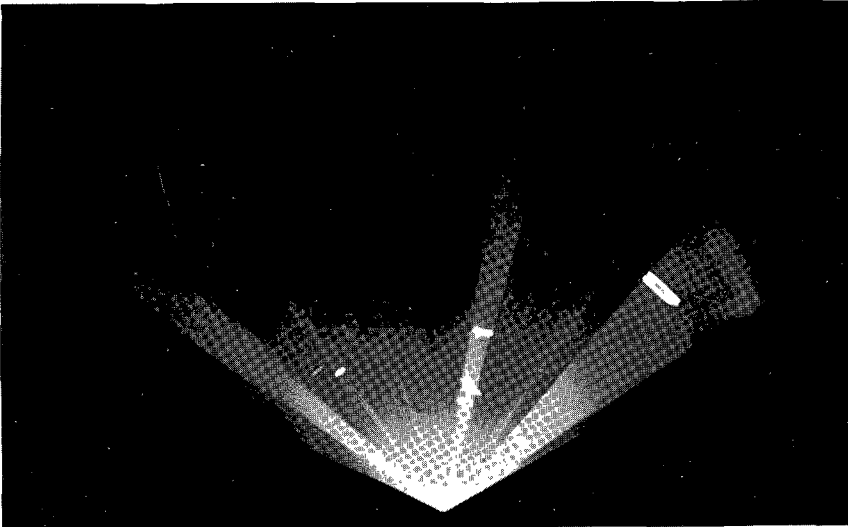
In 1965 kwam daarin verandering, zij het eerst nog heel geleidelijk. Er verschenen in die tijd veel publikaties over de zogenaamde „sequente detectie". De artikelen waren steevast van zwaar theoretisch karakter; verwijzingen naar praktisch gebruik ontbraken. Zij werden echter geschreven door auteurs van wie de connecties met de (Amerikaanse) radarwereld bekend waren.

Naar ons gevoel moest de winst bescheiden zijn, maar om zekerheid te krijgen dat niet iets belangrijks over het hoofd werd gezien hebben wij toch een speciale studie van dit onderwerp gestart. Sequentie detectie komt er op neer dat het waarneemproces net zolang wordt voortgezet tot voldoende overtuigingskracht verkregen is om te besluiten dat er wél een doel of dat er géén doel aanwezig is. Voor multibeam actieve sonar komt het principe nauwelijks in aanmerking (tenzij men het beschouwt als onderdeel van de ping-ping associatie). In de radar ligt toepassing meer voor de hand: men kan telkens beslissen of er in een zekere richting behoefte is aan het verzenden van extra pulsen, of niet. Een vereiste is dan wel dat de radarbundel zonder traagheid verplaatst of gestopt kan worden. Daarom was het werk aan de CAISSA-antenne (groep „Microgolven") een extra aansporing om de sequente detectie in te gaan.

Ondertussen bleek uit gesprekken in de wandelgangen van congressen dat de achtergrond van de vermelde golf van publikaties gezocht moest worden in de bouw - in Amerika - van enkele radarsystemen voor zéér bijzondere toepassingen.



Desondanks zijn wij doorgeslagen met de toepassing op meer alledaagse radars. De studie heeft zich - met tussenpozen - uitgestrekt over de periode 1965-68. De oorspronkelijke methode is in die jaren vereenvoudigd tot een schema dat zonder al te veel moeite in een radar-zoekprocedure kon worden opgenomen en dat een winst oplevert die inderdaad niet zéér groot is, maar toch zeker de moeite waard. In 1972 is het theoretische werk experimenteel gecontroleerd door detectiemetingen met het traagheidsloze MINICAS-array, opgesteld op de toren van het Fysisch Laboratorium. (foto 5). Later (1975) is deze vorm van sequente detectie, de z.g. twee-staps-toets, opgenomen in het ontwerp van het FUCAS-systeem.



*Sequente detectie. Tweede zendpuls wordt alleen dan uitgezonden als alarm optreedt na eerste zendpuls*

## HET VERDERE RADARWERK

Wat de radar aangaat is het niet bij de sequente detectie gebleven.

De ontwikkeling van de traagheidsloze antennes (Microgolfgroep) bracht de toepassing van andere principes binnen ons bereik. Eén daarvan was de verwijdering van de blinde snelheden uit MTI-systemen.

Fundamenteel komen MTI-systemen neer op een bandstop filter dat de doppler-verschoven doelecho's doorlaat en de reflecties van niet-bewegende objecten (clutter!) tegenhoudt. De belichting met periodieke radarpulsen veroorzaakt echter een stroboscopisch effect, met als gevolg dat sommige van de echo's van bewegende doelen toch tegengehouden worden, ondanks hun doppler. De radar is dan „blind" voor de bijbehorende doelssnelheden. Verbreekt men nu de regelmaat in het pulsrhythme en gebruikt men tevens een zorgvuldig ontworpen digitaal filter, dan is deze ongewenste bijwerking te voorkomen. Opnieuw geldt dat het principe pas volledig tot zijn recht komt bij traagheidsloos bestuurbare antennebundels. Na de nodige inleidende studies (o.a. optimalisering van de quasi-willekeurige pulsafstanden) is ook dit onderzoek van rechtstreeks belang geworden voor het FUCAS-systeem dat momenteel in opbouw is.

De radarsignaalverwerking is in de jaren 70 een belangrijke plaats in de groep gaan innemen. Het werk is geheel ingepast in het FUCAS-projekt dat zich, zoals bekend, uitstrekt over een groot deel van het Fysisch Laboratorium en dat samen met het LEOK gedaan wordt. Ruime aandacht is gegeven aan het probleem van de hoekmeting met een phased array en aan nieuwe technieken voor het traagheidsloos „tracken“ van een doel. Momenteel ligt de nadruk op de systeemopzet en op de voorbereiding van de eerste experimenten en kwaliteitsmetingen.

## DE NIEUWSTE PUNTEN VAN ONDERZOEK

De lezer heeft al geconstateerd dat wij in dit historisch getinte artikel weinig aandacht hebben besteed aan het meest recente werk op radar- en sonar-gebied. Zouden wij het geschiedkundige criterium ook op andere actuele onderwerpen toepassen, dan bleven zij geheel onvermeld. Daarom in het kort nog het volgende.

Sinds 1973 wordt ook de patroonherkenning beoefend. Alhoewel dit vak in zeker opzicht in het verlengde ligt van de detectietheorie, mag het toch wel een afzonderlijke activiteit genoemd worden: zowel wat betreft de denkwijze als de toepassingen. Als contrast met de klassieke detectietheorie wordt in de patroonherkenning („p.h.”) een keuze tussen meer dan twee alternatieven bestudeerd; een classificatieprobleem dus. Bovendien ligt het zwaartepunt vaak op het achterhalen van inherente statistische eigenschappen door middel van proefmetingen.

Aanleiding tot de nieuwe studie was een onderzoek naar de mogelijkheid van het automatisch herkennen van objecten vanuit de lucht, gebruikmakend van de reflecties van zichtbaar en infrarood licht in een aantal specifieke golflengtebandjes. Het werk is gestart op verzoek van de researchgroep „Ver Infrarood“. De p.h. technieken zijn met name gebruikt voor het kiezen van golflengtes.

Als maatstaf voor de werking van een mogelijke p.h. automaat werd een methode ontwikkeld voor het bepalen van de „natuurlijke ondergrens“ aan de foutkans, zoals die door de keuze van de meetvariabelen in een gegeven situatie vastligt.

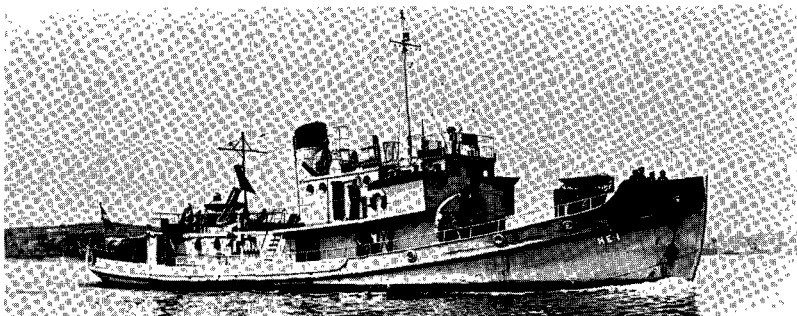
Tenslotte nog iets over de studie van de spektraalanalyse, beeldvormende systemen en anteneprocessing. Dit werk loopt sinds ongeveer 1974. Het is voortgevloeid uit de studie van adaptieve antennes en het stoelt tevens op veel ouder werk, namelijk op de interesse in beeldvormende systemen, die ontstaan is bij het onderzoek van de optische signaalverwerking in de jaren 1966-69. De studie heeft op dit moment nog geen concrete toepassing maar gezien het algemene karakter mag die te zijner tijd wel verwacht worden. Aanleiding was de unificatie van de drie genoemde onderdelen, die sinds jaren aan de gang is. Niet alleen heeft dit geleid tot een beter algemeen inzicht maar ook tot allerlei nieuwe technieken, soms voor problemen die op zichzelf al heel oud zijn. Als voorbeeld kan de superresolutie genoemd worden, dat wil zeggen het verkrijgen van grotere scheidende vermogens in ruimte en/of frequentie dan waarop men - klassiek gesproken - recht heeft.

## ONDERWATERAKOESTIEK

De onderwaterakoestiek heeft tijdens de tweede wereldoorlog op vrij grote schaal toepassing gevonden bij het opsporen van onderzeeboten of oppervlakteschepen. De daarvoor gebruikte toestellen, nu aangeduid met „sonar“<sup>1)</sup> waren van het „actieve“ en het „passieve“ type. Het eerste type berust op de ontvangst van de echo van een object na de uitzending van een signaal. In de passieve werkwijze gebruikt men het door het object zelf voortgebrachte geluid dat een gevolg is van o.m. de voortstuwing.

In 1946 werd een schoorvoetend begin met fundamenteel onderzoek op het gebied van de onderwaterakoestiek gemaakt. Dit betrof proefnemingen betreffende de absorptie van geluid in vloeistoffen. Ook maakte het Laboratorium kennis met in de oorlog gebruikte sonar apparatuur toen haar hulp werd ingeroepen bij de reparatie van de sonar van Hr.Ms. „Queen Wilhelmina“ en werd een door de Koninklijke Marine gevonden Duitse installatie onderzocht.

De Koninklijke Marine was van mening dat, gezien het toekomstige belang van sonar, de vorming van deskundigheid en ervaring binnen Nederland noodzakelijk was. Dientengevolge werd het Laboratorium in 1948 belast met het ontwikkelen van een sonar, bestemd voor het toenmalige nieuwbouwprogramma. De Engelsen, noch de Amerikanen waren bereid inlichtingen te verstrekken. Omdat Frankrijk zich internationaal in een soortgelijke positie als Nederland bevond bleek het mogelijk om tot een goede samenwerking te komen. Dit betrof niet alleen de ontwikkeling van transducenten en hydrofoons (onderwater microfoons), maar omvatte ook de uitwisseling van ervaring met apparatuur in ontwikkeling. Tevens stelde Frankrijk beproevingsfaciliteiten ter beschikking.

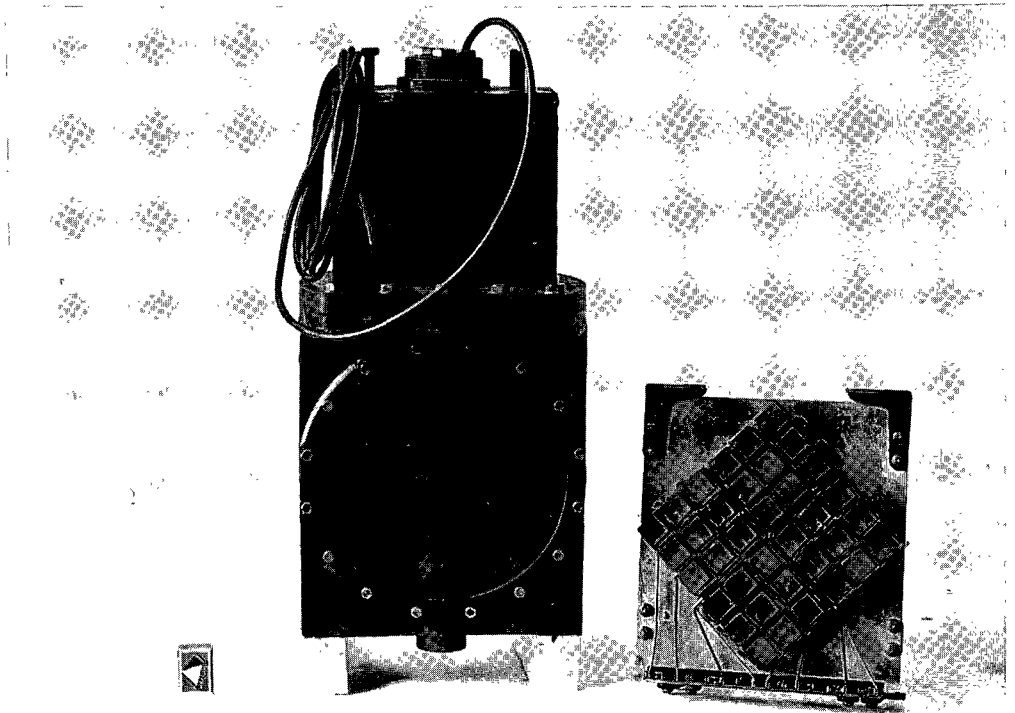


*Hr. Ms. „Paets van Troostwijk“ op de rede van Toulon*

Teneinde ook in eigen beheer experimenten met geluid onder water te kunnen uitvoeren werd een vlot samengesteld uit pontons. Deze pontons hadden tijdens de bezetting gediend als gepantserde deuren ter afsluiting van een Duitse bunker voor „Schnellboote“ in de Waalhaven te Rotterdam. Dit vlot werd gestationeerd in dezelfde Waalhaven en onder toezicht geplaatst van de onderzeebootbestrijdingsschool Hr. Ms. „Zeearend“. Hiermede kon het Laboratorium metingen uitvoeren aan de zelf ontwikkelde transducenten. Naast deze beproevingsmogelijkheid kwam er weldra een tweede. De Koninklijke Marine raakte in het bezit van een ca. 50 jaar oude Noorse walvisjager, die als „herstelbetaling“ naar Nederland was gesleept. Aanvankelijk meende men dat dit schip, gezien haar hoge ouderdom, beter voor de sloep kon worden bestemd. Het bleek echter dat de walvisjager door de „Kriegsmarine“ was verbouwd om het geschikt te maken als beproevings- of opleidingschip onder de naam

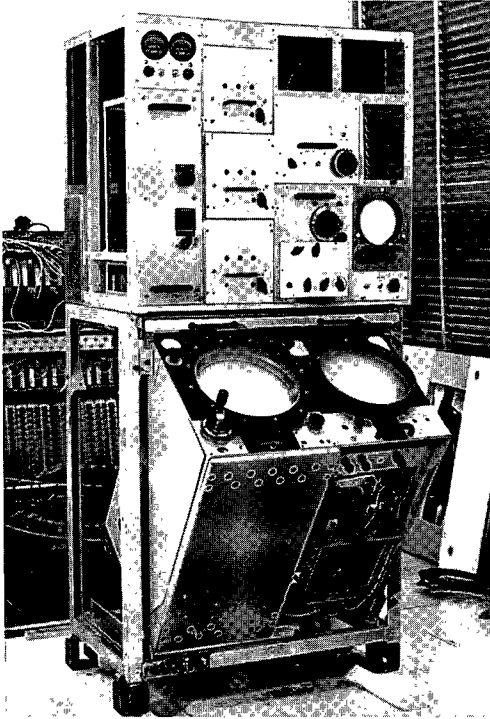
„Süd 3”, aangezien het uitgerust was met veel in de „Kriegsmarine” gebruikte sonarapparatuur. Het lag daarom voor de hand het schip in te richten als varend beproevingslaboratorium. Als zodanig heeft het dan ook vanaf 1950 vele jaren goede diensten bewezen, aanvankelijk als „HE-I”, later onder de naam Hr.Ms. „Paets van Troostwijk”.

Omstreeks 1950 kwam, als resultaat van de eerdergenoemde opdracht, het laboratoriummodel van een „Anti-Duikboot Installatie” (ADI) gereed. De frequentie van deze actieve sonar was instelbaar tussen 17 en 35 kHz en het zendvermogen 250 W. Deze „zoeklicht”-sonar was voor die tijd ultra modern en bevatte alles wat men zich in een dergelijk apparaat kon wensen. Naast het elektronische deel, dat van een geheel nieuwe opzet was, was ook de transducent een eigen ontwikkeling. De laatste bevatte als actieve elementen Seignette zout-kristallen, vervaardigd door een hierin gespecialiseerde Nederlandse industrie.

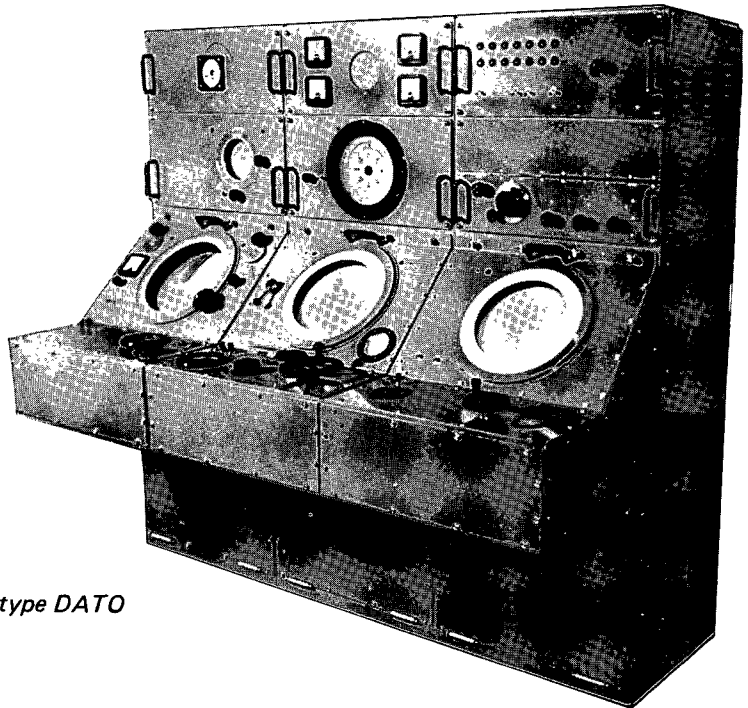


*Laboratoriummodel van een kristal-transducent*

De ADI werd met succes beproefd aan boord van Hr.Ms. „Paets van Troostwijk” op de Noordzee, voor de Franse kust bij Brest en in de Middellandse Zee. Daarna viel het besluit dat de Nederlandse industrie de serieproductie ter hand zou nemen onder de technische verantwoordelijkheid van het Laboratorium. Het productie prototype (onder de naam DATO: Detectie Apparaat Tegen Onderzeeboten) bleek aan boord van Hr.Ms. „Marnix” tot volle tevredenheid te werken en daarop volgde de serieproductie onder de typering PAE-I.



*Laboratoriummodel ADI*



*Prototype DATO*

Deze installaties doen, voor zover de betreffende schepen nog in de vaart zijn, heden ten dage nog steeds dienst. Ook internationaal trok deze sonar de aandacht. Dit blijkt uit de verkoop ervan aan de Duitse, Zweedse en enkele andere buitenlandse marines. Dit succes hield niet alleen verband met de deugdelijkheid van het ontwerp maar ook met enkele bijzondere eigenschappen. Zo was er een bijzondere aanwijzing op een elektronenstraalbuis van het Doppler-effect (d.w.z. de frequentieverschuiving die optreedt tengevolge van de beweging van het doel). Bovendien konden uit het apparaat elektronisch direct de gegevens verkregen worden voor vuurleiding en wapens.

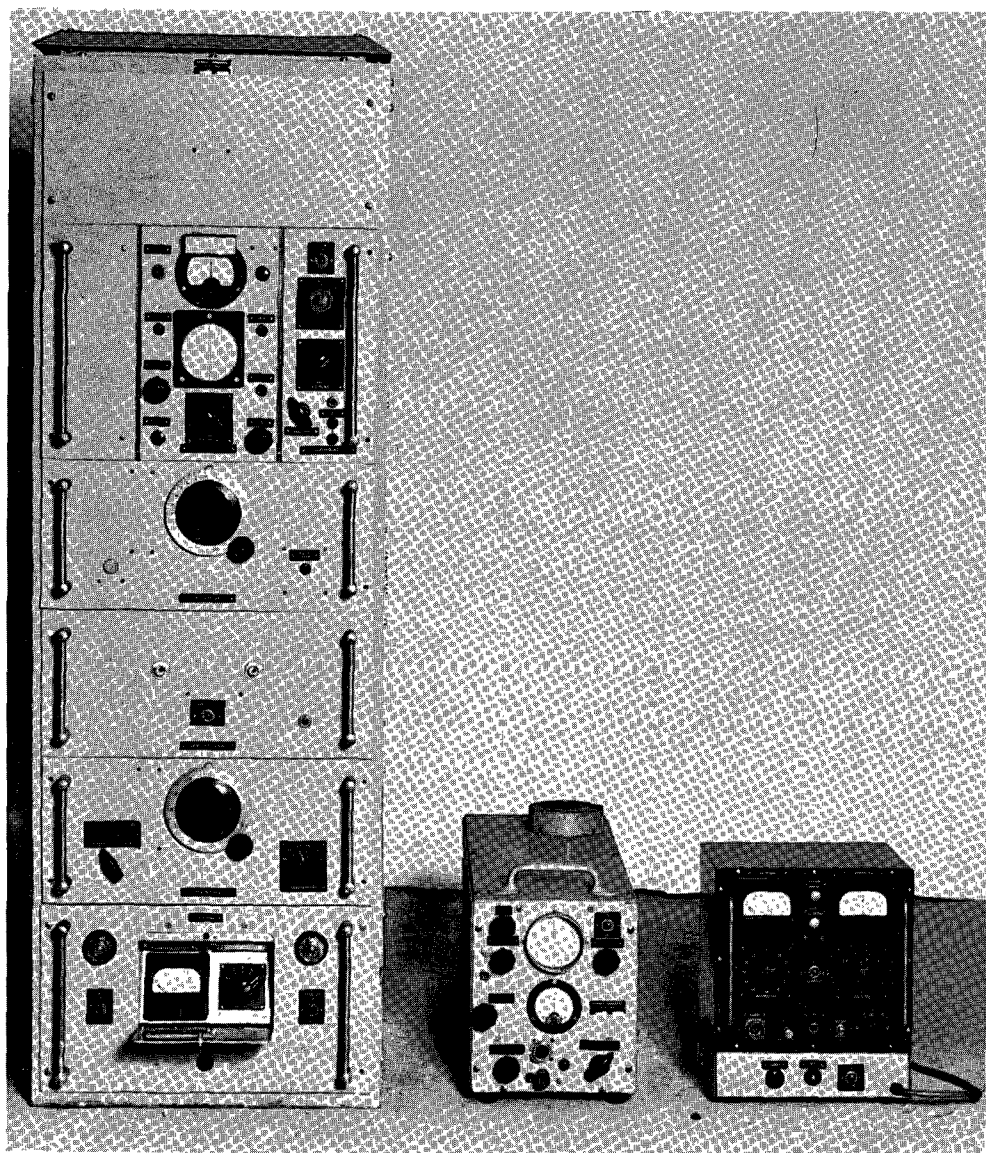
De actieve sonar werd intussen in het Laboratorium verbeterd en uitgebreid. Zo ontstond de WARO als waarschuwingsversie van de DATO, na produktie met typering CWE-1. Door uitbreiding met een grotere zender ontstond hieruit de CWE-10, die was uitgerust met een nieuw ontwikkelde, magneto-strictieve transducent. Deze grotere zender werd gedreven door de bestaande CWE-zender en was dus als „moduul” geplaatst tussen de oorspronkelijke zender en de transducent. Daarmee werd het oorspronkelijke vermogen van 250 W opgevoerd tot 10 kW.

Als toevoeging aan de actieve sonar werd ook geëxperimenteerd met het Aanslag Correctie Plot (ACP). Dit toestel gaf onder gunstige omstandigheden een aanduiding van de ligging van een doel indien de lengte daarvan groot was t.o.v. de andere afmetingen. Verbeteringen op verschillende terreinen werden beproefd en soms met succes. Zo ontstond een verbetering van het rendement van de energie-overdracht tussen zender en transducent en van de automatische sterkteregelingen. Mechanische voorzieningen werden vervangen door elektronische circuits en verschillende uitvoeringsvormen voor de visuele presentatie van het signaal werden beproefd.

Vanaf 1951 werd tevens gewerkt aan onderzoek betreffende passieve sonar apparatuur. Als eerste dient de Passieve Afstand Indicator (PAI) genoemd te worden. Na proefnemingen en wijzigingen, waarbij intensief met Frankrijk werd samengewerkt, kwam dit apparaat in productie als LAS-1. Latere proefnemingen hebben helaas geen vruchten meer kunnen afwerpen door het besluit om dergelijke apparatuur in het buitenland te kopen.

In de late 50-er jaren werd het elektronische deel van een geruispeiler ontwikkeld, op het Laboratorium bekend als onderwater luisterapparaat (OLA) en, na produktie, als LAS-2. Verbeterde inzichten en gewijzigde technische mogelijkheden resulteerden in de modellen OLA-1 OLA-2 en OLA-3. Elk van deze modellen betekende, bij gelijkblijvende prestaties, een aanzienlijke reductie in volume en gewicht vergeleken met zijn voorganger. Dit leidde echter niet meer tot produktie, hoewel de laboratoriummodellen wel geruime tijd dienst deden op de onderzeeboten van de Koninklijke Marine.

Vermeldenswaard is ook dat getracht is om het omwentelingstal van de schroef van een passerend schip te bepalen door het geluid van de schroef weer te geven op een elektronenstraalbuis.



*V.l.n.r. OLA-1, OLA-2, OLA-3 (transistor uitvoering van OLA-2)*

In 1955 werd begonnen met het meten van het eigen stoorgeruis in de sonar van diverse schepen. Na een aantal metingen op zee werd dit werk in latere jaren overgenomen door de Koninklijke Marine, die dit in eigen beheer als routine laat uitvoeren. Het Laboratorium is echter ook nu nog betrokken bij de verschillende aspecten die deze metingen opleveren. Hetzelfde geldt voor uitgestraald geruis; het Laboratorium adviseerde bovendien bij de inrichting van een meetbaan voor dat doel en leverde de hiervoor benodigde hydrofoons.

Veel werk werd verricht aan het ontwikkelen van transducenten en hydrofoons. Uit de literatuur was zeer weinig bekend op dit gebied en betrouwbare theorieën ontbraken, zodat de meeste constructies langs empirische weg tot stand kwamen. Bovendien moest het gebruik worden bestudeerd van de moderne keramische materialen, omdat die materialen voordelen boden boven piëzo-elektrische kristallen of magneto-strictieve metalen.

In verband hiermede bleek de meetinrichting op het vlot in de Waalhaven niet meer aan de eisen te voldoen. Het water was ter plaatse niet diep genoeg, het achtergrondlawaai was te hoog door de nabijheid van scheepsverkeer en havens en bovendien was de afstand tussen het Laboratorium en Rotterdam onpraktisch groot. Met gebruikmaking van dezelfde pontons werd daarom in 1953 een nieuw vlot vervaardigd. Dit vlot werd verankerd in een kunstmatig zoetwatermeer nabij Nootdorp. De rustige omgeving en de grote diepte (20 m) kwamen ten goede aan de kwaliteit van de metingen.

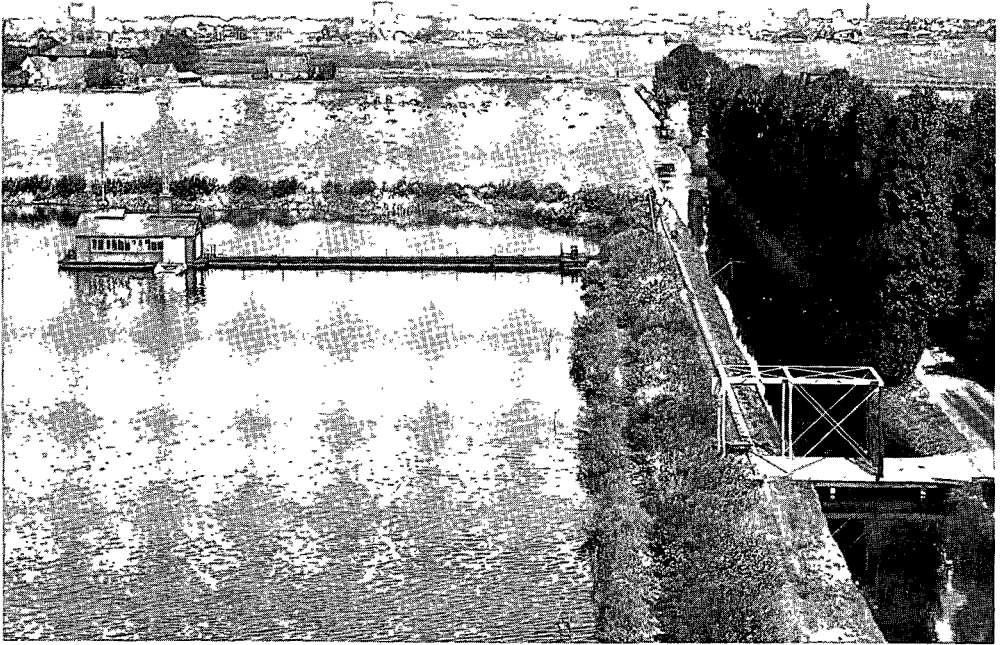


*Meetvlot in de Roeleveense plas nabij Nootdorp*

Dit vlot was tevens geschikt gemaakt voor metingen aan sonar-doms (een „dom“ is een stroomlijnvormige omhulling van de transducent die dient om het stromingsgeruis te verminderen).

Hoewel dit meetstation aanvankelijk aan alle wensen voldeed, bleek na een aantal jaren toch dat nogmaals een vervanging nodig was. De ontwikkeling van de sonar-techniek leidde van de zoeklichtsonar met één enkele te richten bundel naar de „panoramische“ sonar, d.w.z. een combinatie van een aantal vaste bundels in een enkele transducent. Het tweede element in de ontwikkeling werd gevormd door het gebruik van lagere frequenties. Beide factoren gecombineerd hadden tot gevolg dat transducenten en doms aanzienlijk omvangrijker en zwaarder werden. Het vervoer hiervan naar het vlot kon dus niet meer zoals voorheen per roeiboort geschieden. Daarom werd omstreeks 1960 besloten om een groter vlot te construeren in dezelfde plas met een vaste (drijvende) verbinding met de oever. Deze inrichting werd ontworpen om objecten met maximale afmetingen van 2x2x4 m en een gewicht van 5 ton te kunnen beproeven. Dit vlot werd in 1961 in gebruik genomen.



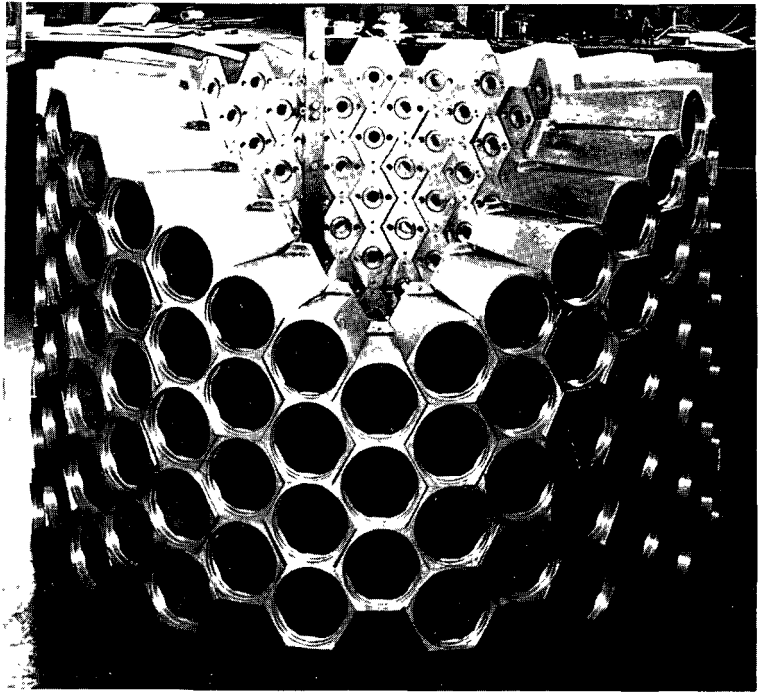


*Meetstation Nootdorp met hijstoren en pontonbrug*

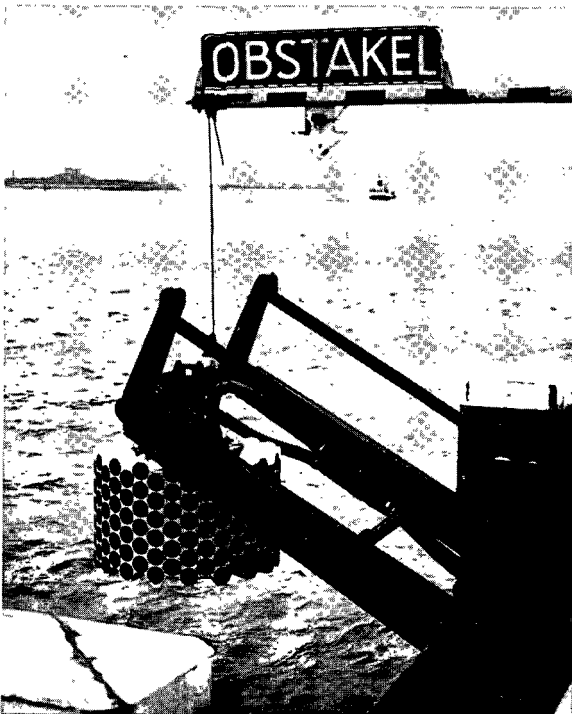
Omstreeks 1960 werd begonnen met het ontwerp van hydrofoons voor een speciale passieve sonar. Dit hydrofoonstelsel maakte gebruik van het principe dat in de radiotechniek bekend staat als „Watson-Watt” om akoestisch een peilingsindicatie te verkrijgen. Het slagen van dit onderzoek leidde tot industriële productie die echter als gevolg van vele omstandigheden pas vele jaren later plaatsvond.

Parallel hiermede liep de constructie van een panoramische transducent voor een lage frequentie met bijbehorende apparatuur, begonnen in 1958. Een dergelijke transducent was toen in Nederland niet aanwezig en de bedoeling van deze omvangrijke onderneming was om eigen ervaring te verkrijgen met de fundamentele problemen die aan een dergelijk ontwerp zijn verbonden. De transducent, die niet bedoeld was als „pre-productie”-model, werd opgebouwd uit 216 zeskantige, elkaar steunende, elementen, verdeeld over 36 kolommen van elk zes elementen. De resonantiefrequentie was 5 kHz en het totale gewicht 2800 kg.

Deze transducent kwam in 1964 gereed; de hieraan uitgevoerde metingen hebben aanzienlijk bijgedragen aan de kennis, die benodigd was om de toekomstige gebruiker van dergelijke transducenten te kunnen bijstaan met gefundeerde adviezen. Hetzelfde geldt voor de elektronische apparatuur die nodig is om zo'n transducent te kunnen gebruiken. Het Laboratorium produceerde onder meer 12 zenders met ieder een vermogen van ca. 1 kW met de daarbij behorende afstemspoelen.



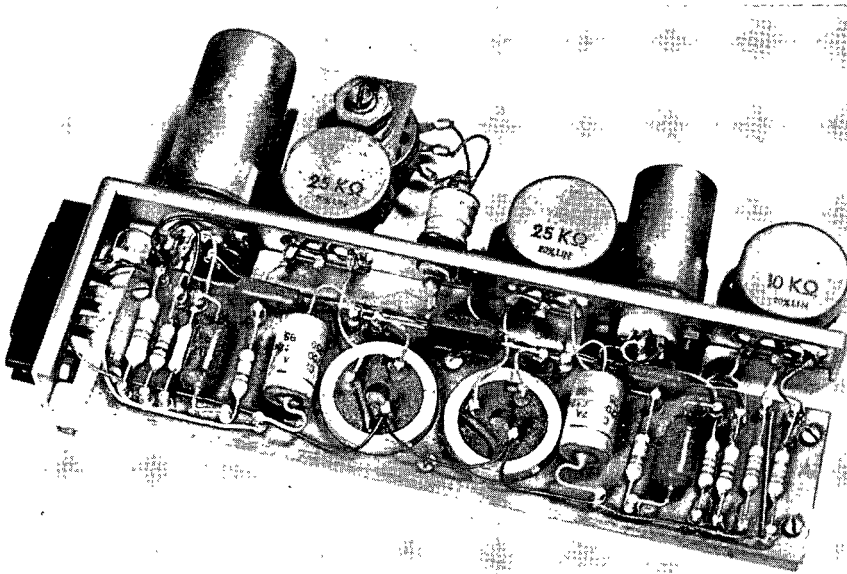
*Stapelning van lege hulzen van panoramische transducent 216TP5R*



*Hijsmechanisme met 216TP5R  
te Hoek van Holland*

In 1961 werd het duidelijk dat de oude „Paets van Troostwijk“ niet lang meer zijn diensten als varend beproevingsplatform zou kunnen vervullen. Toen tenslotte bleek dat de sloop van het schip onafwendbaar was, werd door de Koninklijke Marine als vervanging een vaste beproevingsinstallatie in Hoek van Holland ter beschikking gesteld. Deze bestaat uit een steiger met een hijsmechanisme, en een onderkomen voor de apparatuur. Deze steiger is via een vaste loopbrug verbonden met een laboratorium aan de vaste wal. Uiteraard werden tevens de nodige voorzieningen getroffen voor het verplaatsen en hijsen van zware lasten. De bovengenoemde experimentele transducent werd, na afloop van de metingen in Nootdorp, met de bijbehorende apparatuur op dit meetstation geïnstalleerd. Sinds 1966 doet deze installatie dienst voor proefnemingen met sonarapparatuur.

In de oude zoeklichtsonar had het gehoor van de waarnemer altijd een belangrijke rol gespeeld, in het bijzonder als het ging om bewegende doelen die de reeds genoemde „Doppler“ frequentieverschuiving vertoonden. Het lag voor de hand om de frequentie-onderscheidende eigenschap van het menselijk oor na te bootsen met een reeks geschikte filters. Dit zou dan in meervoud gebruikt kunnen worden bij panoramische installaties. De benodigde filters werden omstreeks 1957 vervaardigd met behulp van elektronenbuizen; in een later stadium vond de transistor hierin toepassing.



*Een van de 25 filters uit een filterbank (uitvoering met buizen)*

Het was overigens niet alleen in de analoge schakelingen dat de transistor zijn intrede deed. Het was met transistoren mogelijk om digitale schakelingen te vervaardigen die met buizen veel te veel ruimte zouden vergen (om van opgenomen vermogen en warmte ontwikkeling maar te zwijgen). Zo werd een digitaal geheugen vervaardigd dat samenwerkte met de bovengenoemde filterelementen. Dit geheugen maakte het mogelijk om het resultaat van een aantal uitzendingen visueel waar te nemen.

Omstreeks 1965 bleek dat de Koninklijke Marine helaas van mening was dat Nederland te klein zou zijn om eigen sonars, zowel actief als passief, te ontwikkelen. In plaats daarvan zou aansluiting gezocht worden bij andere (en grotere) landen. Hierin speelde tevens de omstandigheid mee dat, speciaal voor passieve sonars, slechts zeer weinig of geen vaartijd voor beproevingen ter beschikking was. Na deze beslissing kwam de nadruk dus te liggen op studie en onderzoek van die delen van de sonar die de kwaliteit ervan bepalen, zoals de transducent, het signaalontwerp (voor actieve sonars), de signaalverwerking (zie ook aldaar) en de daarbij behorende presentatie. Door het op deze wijze onderhouden van de deskundigheid kon het Laboratorium op velerlei punten van advies dienen. Dit was speciaal van belang toen de sonar uitrusting van de „Van Speijk“-klasse fregatten gespecificeerd en (in een later stadium) technisch beproefd moest worden.

De kwaliteit van een sonar wordt niet alleen bepaald door de technische eigenschappen van de onderdelen daarvan. Met het beter worden van die eigenschappen, soms tot aan de grens van het fysisch mogelijke, valt de aandacht steeds meer op de eigenschappen van de voortplanting van het geluid in (zee)water. Afgezien van storingen vormt ook de geluidvoortplanting een beperking van de mogelijkheden. Dit laatste leidde ertoe dat omstreeks 1970 de eerste voorzichtige stappen werden gezet op het onbekende gebied van het „medium-onderzoek“. Het onbekende school niet alleen in het onderzoek zelf, maar tevens in de methoden voor het verkrijgen van grote aantallen meetwaarden, de computerverwerking daarvan en de interpretatie van de resultaten.

Vanaf de aanvang stond vast dat het werk zich zou concentreren rond enkele specifieke punten die van belang werden geacht en nog onvoldoende waren onderzocht. Met name werd gedacht aan de factoren die op enigerlei wijze vervorming van het signaal teweeg brachten. Een aantal omstandigheden hebben de vlotte aanvang van dit werk bevorderd. Zo steunde de Koninklijke Marine dit werk ideëel met een opdracht en materieel door het beschikbaar stellen van faciliteiten. Dit laatste betreft de AFAR (Azores Fixed Acoustic Range) waar de eerste uitgebreide serie metingen werd uitgevoerd. Tevens werd vaartijd ter beschikking gesteld van het nieuwe oceanografische vaartuig Hr.Ms. „Tydeman“. Dit schip werd, in goede samenwerking, uitgerust met een aantal voorzieningen speciaal voor medium-onderzoek. Het vlotte begin is tenslotte ook in grote mate het gevolg van het feit dat de benodigde kostbare elektronische uitrusting kon worden aangekocht. Sommige onderdelen daarvan (transducenten, hydrofoons en elektronische circuits) die niet te koop waren, werden in eigen beheer vervaardigd. Het is duidelijk dat de contacten met buitenlandse laboratoria, die overigens al een aantal jaren eerder met dergelijk onderzoek waren begonnen, van groot belang zijn bij dit propagatieonderzoek. Dank zij de activiteit op dit nieuwe gebied kon een begin worden gemaakt met een nieuwe mogelijkheid om de reikwijdte van een sonar te voorspellen. Tevens werd het gebruik van bijzondere geluidspaden bestudeerd.

Teneinde de noodzaak van het beschikbaar hebben van twee schepen voor propagatieproeven te ondervangen werd in dit kader een speciaal vlot vervaardigd. Dit vlot kan, op volle zee en onbemand, de vroegere taak van één schip overnemen; via een radiocommando zendt het vlot te kiezen signalen onder water uit. Deze signalen worden dan door het eigenlijke meet-schip op een afstand ontvangen en verwerkt. Dit vlot, NEREUS genoemd (Netherlands Experimental Raft-Suspended Electromagnetically-controlled Underwater Sound-source), dat uniek is in zijn soort, vormt aldus een grote besparing in scheepstijd.



*Nereus-vlot*

Bij de voortplanting van geluid in water is een z.g. niet-lineair effect aanwezig. Dit effect, betrekkelijk klein en daarom vroeger verwaarloosd, is sinds enkele jaren in de aandacht gekomen wegens de bijzondere mogelijkheden. In dit kader heeft het Laboratorium een speciale transducent vervaardigd waarmee de eigenschappen van „niet lineaire akoestiek” nader worden bestudeerd.

Zeer veel werk is verzet sinds de reparatie van de sonar van Hr.Ms. „Queen Wilhelmina”. Dit werk leidde tot de opbouw van een groot potentieel wat betreft het ontwerpen en vervaardigen van sonar-transducenten en -hydrofoons, waarvan ook door civiele instanties gebruik gemaakt wordt. Een aanzienlijke ervaring is ook verkregen met het ontwerp en de vervaardiging van elektronische circuits, zowel voor sonar als voor meet- en hulpapparatuur. Met propagatie-studies en -proefnemingen tenslotte werd een nieuw terrein betreden dat ook nieuwe activiteiten vereist zowel in theoretisch als in technisch opzicht. De voorheen opgedane ervaring vormt daarin een onmisbaar element.

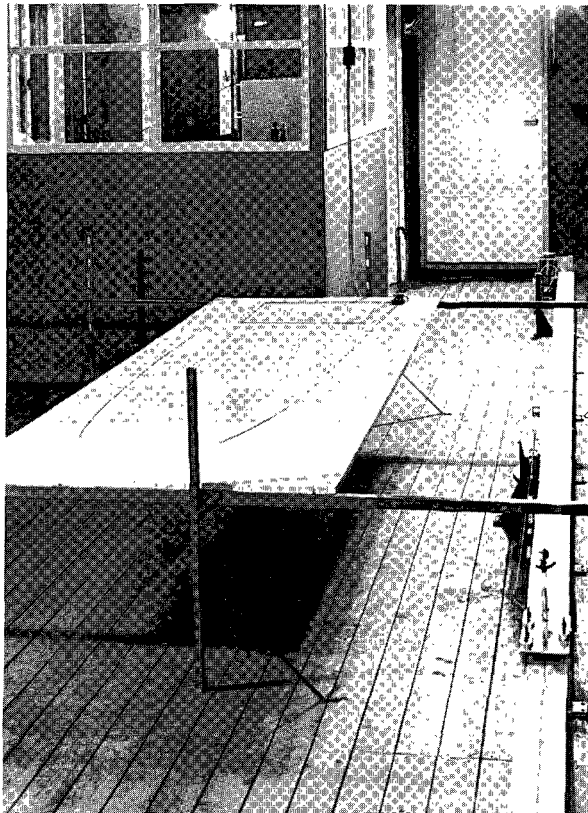
## MIJNENBESTRIJDING

Tijdens de tweede wereldoorlog werd zowel aan geallieerde als aan Duitse zijde in de strijd ter zee voor het eerst op grote schaal gebruik gemaakt van invloedsmijnen, d.w.z. mijnen waarvan de ontsteking geactiveerd kon worden zonder direct contact met een doelschip. De voornaamste scheepsinvloeden die in dit verband een rol spelen zijn:

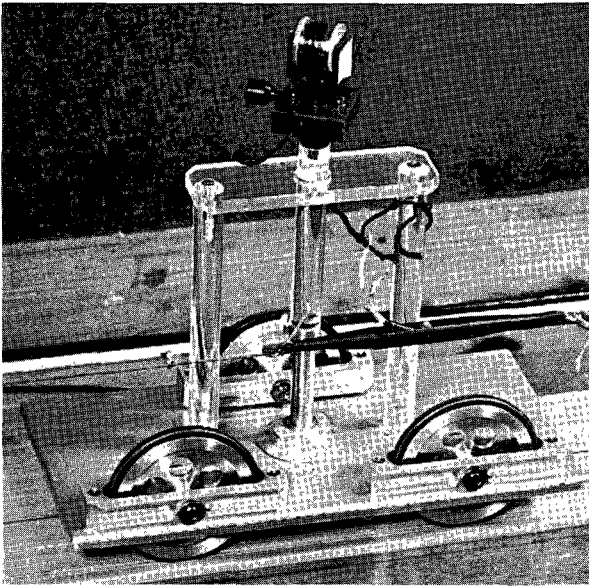
- het magnetisch veld
- het onder water uitgestraald lawaai en
- de verstoring van de waterdruk.

De bestrijding van de invloedsmijnen leverde een geheel nieuwe problematiek, waar het Fysisch Laboratorium in 1949 bij betrokken werd.

Nadat aanvankelijk gepoogd was om de werkingssfeer van gesloten magnetische veegtuigen door middel van berekeningen te bepalen, werd in 1954 overgegaan tot de bouw van een installatie, waarmee tuigmodellen op schaal 1:100 konden worden onderzocht.



*Meetinstallatie van magnetische veegtuigen.  
Overzicht van de opstelling.*



*Veldopnemer  
uit voorgaande foto*

Deze meetinstallatie heeft zeer goede diensten bewezen tot het moment waarop de computer duidelijk zijn intrede deed op dit werkterrein, en wel in 1962 bij het ontwerpen van een drie-elektrodentuig voor de ondiepwatarmijnenvegers van de „Van Straelen“-klasse.

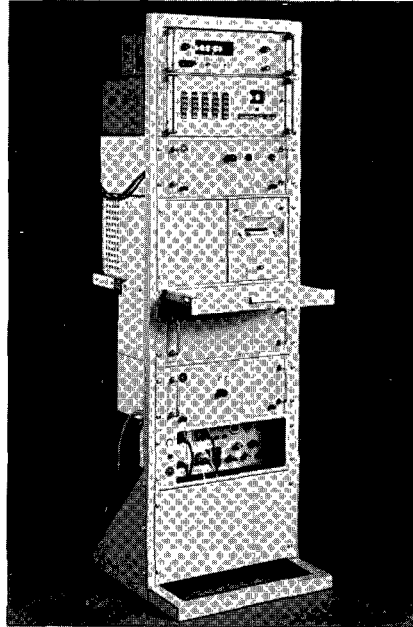
In de uitvoering volgens dit ontwerp kon omstreeks 1966 een belangrijke verbetering ten opzichte van voorgaande typen van elektrodentuigen worden gerealiseerd. Door een speciale dimensionering van de kabels en de elektroden - hierop werd octrooi verkregen - kon worden bereikt dat de verdeling van de tuigstroom over de elektroden nagenoeg constant blijft bij verschillende omgevingscondities, wat van groot belang is in verband met de veiligheid van de mijnenveger.

Technisch interessant, maar helaas zonder praktisch bruikbaar resultaat, waren pogingen om een akoestisch mijnenveegtuig te ontwikkelen, gebaseerd op het periodiek tot explosie brengen van gasmengsels.

Van het begin af aan was het duidelijk dat de omgevingsomstandigheden een belangrijke rol kunnen spelen ten aanzien van de effectiviteit van mijnenbestrijdingsmaatregelen. Veel inspanning werd dan ook gewijd aan het ontwikkelen van een doelmatige methodiek voor omgevingsonderzoek en de daarvoor benodigde meetapparatuur.

Zo werd in de loop der jaren belangrijk fundamenteel inzicht in de onderwaterakoestische aspecten verworven en een aanzienlijke experimentele ervaring opgebouwd. Het probleem van het bepalen van de effectiviteit van akoestische mijnenveegoperaties is echter dermate complex gebleken, dat het onderzoek in dit verband nog steeds in volle gang is.

Eenvoudiger liggen de zaken bij het opwekken van magnetische velden. Slechts in het geval dat hiervoor elektrodentuigen worden gebruikt speelt de omgeving een belangrijke rol. In het bijzonder zijn dan de elektrische eigenschappen van het zeewater en van de bodem van belang. Om deze te kunnen bepalen werd omstreeks 1968 de Meetinstallatie Omgevingsparameters (MEINOPA) ontworpen.



*MEINOPA-kast*

Inmiddels wordt gewerkt aan een moderne, verkleinde, verder geautomatiseerde versie van MEINOPA.

Anders dan bij de akoestische en magnetische velden, kan het drukveld van een varend schip slechts doelmatig met een schip of een daarop gelijkend vaartuig worden opgewekt. De ontwikkeling van tegenmaatregelen met betrekking tot drukmijnen heeft dientengevolge een geheel eigen weg gevolgd.

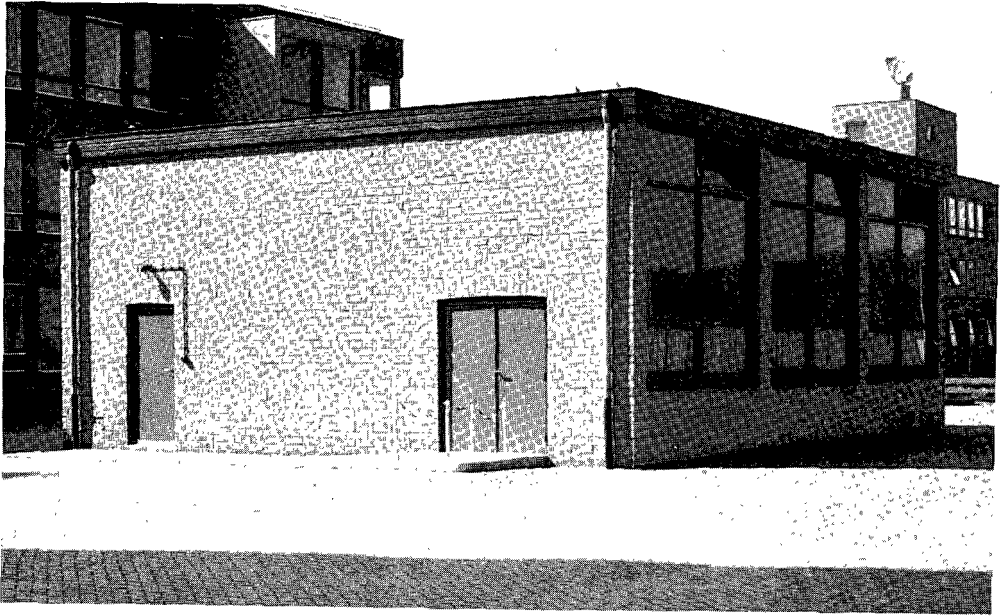
Aan de hand van grote aantallen metingen met schepen en met schaalmodellen konden veilige vaarvoorschriften worden opgesteld, die naar de toenmalige inzichten alleszins bruikbaar waren. In het kader van internationale standaardisatie werd deze methode weer verlaten en vervangen door andere, aan de voortdurende verbetering waarvan nog steeds wordt bijgedragen.

De spreiding in de optredende parameters noopte tot het ontwikkelen van methoden op statistische grondslag voor de analyse van mijnenbestrijdingsoperaties. Vooral toen hiervoor in internationale samenwerking de grondslagen werden gelegd, konden zeer nuttige bijdragen worden geleverd.

Naarmate men beschikt over meer informatie omtrent de eigenschappen van de te bestrijden mijnen, zal het nuttig effect van de tegenmaatregelen kunnen worden opgevoerd. Deze gedachte leidde er toe dat in 1968 bij de bouw van het nieuwe Laboratorium de kans werd aangegrepen om een apart laboratorium te plaatsen, dat werd opgetrokken uit zorgvuldig geselecteerde, amagnetische materialen.

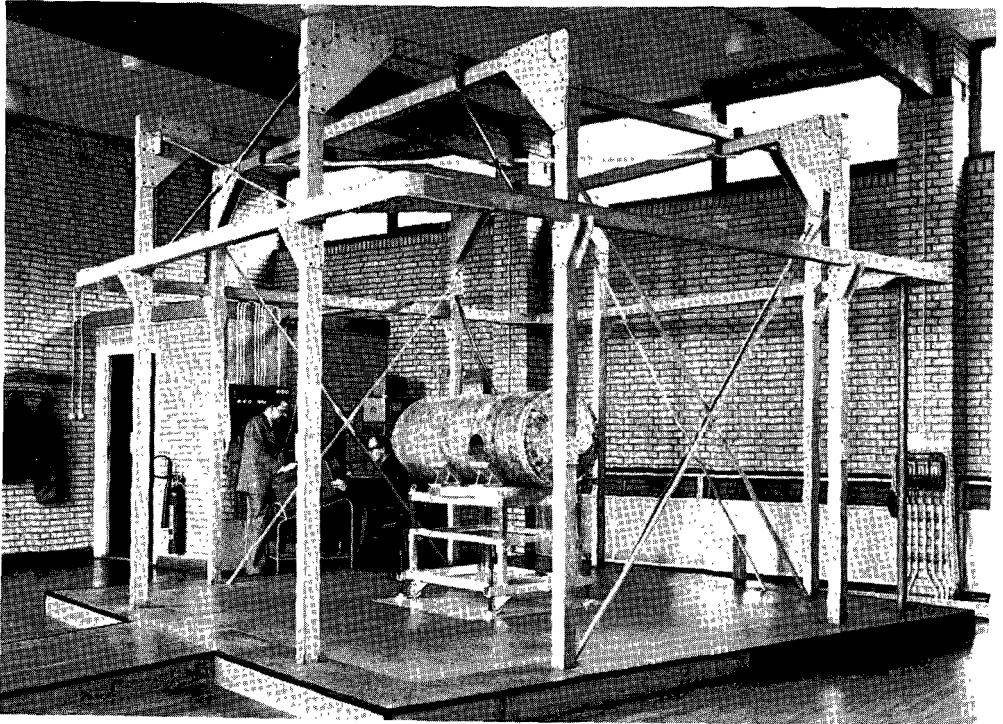
In dit laboratorium werd een installatie geplaatst, waarmee in een drie-assig stelsel van spoelen nauwkeurig bekende verstoringen van het aardmagnetisch veld kunnen worden opgewekt. Sinds 1971 kunnen met behulp hiervan de eigenschappen van de ontstekers van magnetische mijnen in detail worden onderzocht.



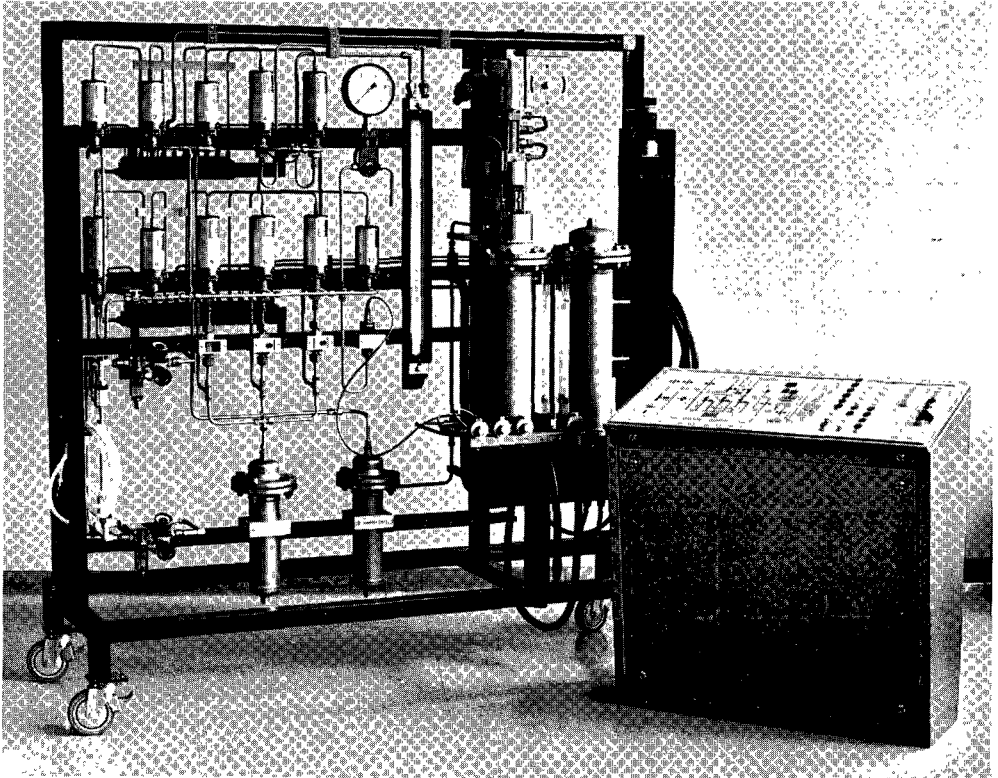


*Amagnetisch laboratorium*

*Helmholtzspoelenstelsel*



Soortgelijke meetinstallaties werden ontworpen voor onderzoek van de ontstekers van drukmijnen en van akoestische mijnen. De eerste is nagenoeg voltooid, de akoestische installatie kon echter om praktische redenen nog niet worden gerealiseerd.



*Drukvat met bedieningspaneel*

Gesteund door technische ontwikkelingen heeft de mijnontwerper steeds voorzieningen kunnen treffen waardoor het mijnenvegen werd bemoeilijkt, en zodoende voortdurend het initiatief in handen weten te houden.

Een duidelijke verbetering van de positie van de mijnenbestrijder trad in met het verschijnen van apparatuur voor de mijnenjacht, d.w.z. apparatuur waarmee mijnen worden opgespoord om deze vervolgens onschadelijk te kunnen maken.

Ten gevolge van een in een zeer vroeg stadium genomen beleidsbeslissing, is het Fysisch Laboratorium niet toegekomen aan enige hardware ontwikkeling op dit gebied. Toch hebben de mijnenjachtzaken voortdurend in de aandacht gestaan, in het bijzonder de omgevingsinvloeden.

Samenvattend kan gesteld worden dat het streven voortdurend gericht is geweest op het ontcrachten van de uitspraak van een onbekend gebleven maar veelvuldig geciteerde zegsman:

*„Minesweeping is a science of vague assumptions, based on debatable figures, taken from inconclusive experiments, performed with instruments of problematical accuracy, by persons of doubtful reliability”*

## OPERATIONELE RESEARCH

De operationele research is als het ware langs een omweg het Laboratorium binnengekomen. Omstreeks de 1 december viering van 1955 werd door Prof. van Soest een speciaal werkgroepje gevormd dat als taak kreeg nieuwe onderzoekgebieden te exploreren (tegenwoordig noemen wij dit achtergrondresearch). Van Soest's vakgebied was de communicatie- en informatietheorie en zijn suggesties kwamen dan ook uit die richting. Eén van de door hem genoemde aspecten was het vinden van een oplossing voor een optimaal communicatiekanaal. Gezocht moest worden naar een minimax oplossing, waarbij zender en ontvanger - als spelers - de maximale capaciteit, en de natuur (ruis) - als tegenspeler - de minimale capaciteit van het kanaal nastreefden. Als basis hiervoor moest de theorie van de strategische spelen bestudeerd worden. Aangezien ieder vrij was om naar eigen goeddunken in de aangewezen richting te pionieren werd naast het standaardwerk over de theorie van de strategische spelen (von Neumann en Morgenstern) veel gerelateerde literatuur verzameld en bestudeerd. De toenmalige bibliothecaris Berkelaar bleek een geweldige hulp te zijn, die ook zelf meeging naar o.a. het Mathematisch Centrum en andere verzamelplaatsen van geleerdheid. Al spoedig bleek dat de strategische spelen niet alleen toepassing hadden op poker, coalitievorming en spelen tegen de „natuur“, maar dat ook militaire toepassingen genoemd werden zoals de optimale keuze van torpedo's wanneer van de vijand tegenmaatregelen verwacht kunnen worden, de optimale keuze van zwaartepunten in de verdediging (colonel Blotto's game) en zo meer. Deze voorbeelden doken op onder het hoofd „operations research“, waarover in Nederland in die tijd (zo'n 25 jaar geleden) heel weinig, of eigenlijk niets, bekend was. Weliswaar was omstreeks 1950 een voordracht gehouden over operationele research voor het KIVI, maar blijkbaar was de strekking niet goed uit de verf gekomen en de operationele research weer in de vergetelheid geraakt. Van de verzameling wiskundige methoden (waaronder statistiek, wachttijdtheorie, stochastische processen, optimalisering) en „operationele“ case-studies bleek de speltheorie maar een enkel facet te zijn. Al spoedig werd duidelijk dat de operations research voor de krijgsmacht belangrijk zou kunnen zijn. Studies uit de Verenigde Staten (o.a. „Operations Research“, een in de oorlogsjaren door Morse en Kimball geschreven memorandum) kwamen beschikbaar. Door het feit dat de oorsprong van de „operational research“ (Engeland, RAF station Bletchley) de inpassing in het militair operationele gebeuren van op de laboratoria ontwikkelde nieuwe apparatuur (radar, vuurleidingsapparatuur) was geweest, leek het ook logisch om de operationele research op het Fysisch Laboratorium, waar juist dit soort nieuwe apparatuur ontwikkeld werd, aan te vatten.

Het bestuur van de RVO was al spoedig overtuigd, al beweerde een toenmalig overigens zeer geacht lid van het Bestuur dan ook er geen belangstelling voor te hebben als met „OR“ geen trillingen van voertuigen gemeten zouden kunnen worden!

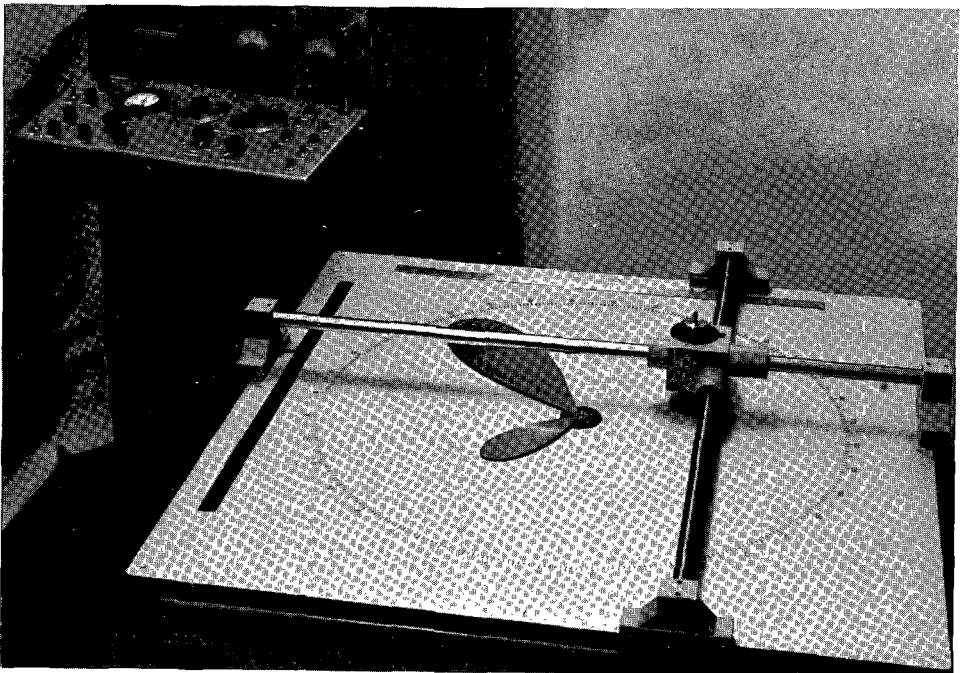
Er brak een boeiende tijd aan, door een samenloop van omstandigheden. De Suez-crisis (sluiting van het Suez-kanaal) was een op dat moment actueel gegeven dat verwerkt kon worden in een op het Laboratorium gehouden lezing over de toepassing van speltheorie bij de bepaling van een optimale olieverscheppingsstrategie. Dit leidde tot contacten met de in oprichting zijnde Werkgroep Operationele Research - na enige tijd omgezet in de Sectie OR - van de Vereniging voor Statistiek, die in de volgende jaren zeer nuttig bleken o.a. bij het werven van dienstplichtige medewerkers in de OR.

Door de contacten met het TDCK (Ir. Ochtman) én de SOR kon later (in 1963) de oprichting van een OR-blad (de Mededelingen Operationele Research) tot stand komen waarvan jarenlang de redactie gevoerd werd.

Nog in 1956 kwam de eerste Krijgsmacht-opdracht op het gebied van de operationele research binnen, na een gesprek met Ir. van Batenburg en de LTZ's 1 van Win en Thesingh van de sectie onderzeebootbestrijding Hoofdafdeling Materieel (KM). Het probleem was de optimale zoekprocedure vast te stellen voor de „zoeklicht“-sonars PAE-1 en CWE-1 die geïnstalleerd waren op de Holland/Friesland klasse onderzeebootjagers. Op het „Luizenhuis“, zoals Marinestaf in die dagen genoemd werd (misschien vanwege het bouwvallige pand aan de Lange Vijverberg waar de staf toendertijd gevestigd was) werden ten koste van vele uren en vellen papier alle mogelijke combinaties „bekeken“ (letterlijk).

In het kader van deze opdracht werd eerst een analytische berekening van het door de sonars tijdens het zoeken bestreken oppervlak geprobeerd. Zoals ook later bij volgende opdrachten het geval was werd de wiskunde zo ingewikkeld dat alleen nog met numerieke integratie een (gedeeltelijke) oplossing kon worden gevonden. Maar, even toevallig als gelukkig kwam ineens (nota bene op de fiets naar huis, en wel op de Wittebrug) het idee op van een simulatie. Tegenwoordig is simulatie bijna het „hallmark“ van de researchgroep Wiskunde/OR en niet meer weg te denken. Maar toen, in 1956, was het nog een heel gedoe, eerst met dobbelstenen en later met „One million random digits“, dat door de kritische (elektrotechnische) collega's meermalen met sarcasme of meer goedmoedige spot werd aangezien.

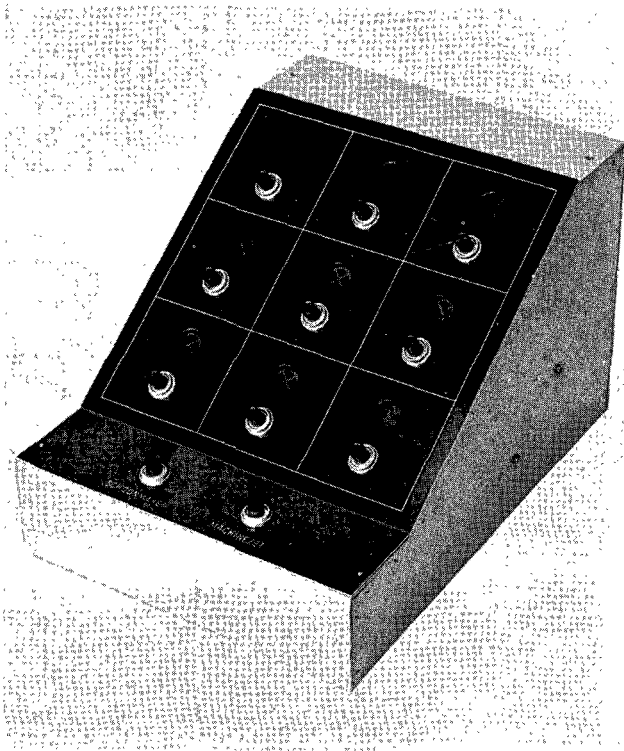
Toch lukte het. Vijfenvestig runs werden in twee maanden tijd gemaakt, met de hand.



*Simulator*

De invloed van de verschillende zoekmethoden bleek niet erg groot te zijn, en de studie miste daardoor het glorieuze, verrassende element dat op zo'n moment eigenlijk wel erg goed „gestaan” zou hebben.

Helaas, in 1957 vertrok Prof. van Soest. Een man die zijn sporen in de systeem research (al heette dat toendertijd nog niet zo) t.b.v. digitale vuurleidingssystemen verdiend had, Ir. E.W. Gröneveld, kreeg de leiding, die hij tijdens een kleine plechtigheid van van Soest overnam met de onvergetelijke woorden: terug naar de laboratoriumtafel! Behalve tot enige misverstanden gaf dit aanleiding tot de bouw van een boter-melk-kaas spelende machine (met dump-relais uit een oude Duitse telefooncentrale) die nooit verloor, ook van Prins Bernhard niet, en van een analoge zoekslag-simulator ter nadere uitdieping van het bovenvermelde sonar probleem.



*Boter - melk - kaas - spelende machine*

In die tijd was men op het Laboratorium er nog niet van te overtuigen dat een digitale rekenaar voor dit doel beter geschikt zou zijn.

Computers waren toen nog in een heel pril stadium; de ZEBRA (zeer eenvoudige binaire reken automaat) van Kosten en van der Poel (TH en PTT) was nog niet helemaal operationeel en, evenmin als PETRA bij Philips, erg betrouwbaar. De Fysisch Laboratorium reken-toestellen (torpedovuurleiding en luchtdoelartillerie vuurleiding) hadden een vast bedraad programma. Aan deze (onveranderbare) programmering had ook Drs. A.J. Stam meegewerkt die eveneens bij het groepje hoorde. Stam (nu hoogleraar in Groningen) was een bijzonder man. Dat bleek niet alleen uit zijn proefschrift over „Mathematical Properties of Information” maar ook uit de geheimzinnigheid waarmee hij zijn persoonlijke brandkast omgaf. Pas na maanden (bij een verhuizing) bleek dat hij deze voor zijn boterhammen gebruikte.

Wie hem oppervlakkig kende zou nooit vermoed hebben dat zijn stukjes in PPI (Fysisch Lab. Perikelen en Informaties) maandelijks door iedereen onder grote hilariteit verslonden werden. In PPI kwam ook een OR probleem in de puzzelrubriek terecht: bepaal de optimale sloklengte bij het koffiedrinken zó, dat niet door kleine slokken teveel en door grote slokken te dikke druppels gevormd worden onder aan de rand van het kopje. Er was één inzending die dan ook met een koffiebon (toen nog verplicht, wie ze niet had kreeg het met Mej. v.d. Zand aan de stok) werd beloofd. De oplossing luidde: Geachte heer M. te H. (gebouw H werd hier bedoeld, waarin de groep gehuisvest was). Laat jij bij het drinken druppels koffie na? Doe dan als de boeren in hun durpen, door de koffie niet te drinken maar te slurpen!

Uit het bovenstaande relaas blijkt wel dat het leven wat gemoedelijker was dan heden ten dage; men werd niet door computer, klant en pingpong-competitie opgejaagd en er was (genoeg) tijd om theorie en literatuur te bestuderen.

De naam van de groep werd Systeem Research. Behalve aan OR werd ook gedaan aan signaalverwerking (detectie van signalen in ruis) en aan systeemresearch t.b.v. de analoge vuurleidingsapparatuur van onderzeebootjagers en kruisers als basis voor trefkansberekeningen.

Het doelloppervlak van zeedoelen werd bepaald door in een verduisterde kamer met behulp van een nauwe bundel licht het contour van de schaduw van een scheepsmodel (geleend van de Koninklijke Marine) af te tekenen om daarna met millimeterpapier (door het tellen van blokjes) het oppervlak vast te stellen voor verschillende invalshoeken (schootsafstanden) en doelsinclinaties. Met deze gegevens, en door een goede ingeving op het punt van fysieke beperkingen die het schip stelt aan ontwijkmanoeuvres, kon een bij de Koninklijke Marine nog uit de oorlog overgebleven misvatting over de beste wijze om een zeegevecht te voeren, uit de weg geruimd worden. Een bijkomstigheid was nog dat er een minimax oplossing bleek te bestaan voor de waarneem(filter)tijd van het schietende schip en de roeruitslagen van het beschoten schip; weer een toepassing van de speltheorie!

Tussen 1956 en 1964 werd uitsluitend voor de Koninklijke Marine gewerkt. Naast de bovengenoemde artillerie- en sonaropdrachten was er de optimalisatie van het mijnenvegen: het z.g. statistisch vege. Zuiver in een rechte lijn varen is nu eenmaal onmogelijk, maar het zuiver positioneren van een mijn gaat evenmin zonder fouten. Van de fysieke beperkingen uitgaande kan een optimaal veegplan worden opgesteld. Het rekening houden met de in de mijnen ingebouwde „schepen klok”, (een activatie teller), leidde tot een uitgebreide toepassing van de waarschijnlijkheidsrekening. Ten aanzien van mijnenleg- en veegstrategieën werd met behulp van de speltheorie inzicht gekregen in de beste wijze van optreden. Door allerlei omstandigheden, o.a. werk t.b.v. de digitale vuurleiding DIPHYSA, werd het OR werk op het gebied van mijnenvegen afgestoten naar de groep „Mijnenbestrijding”. Om dezelfde reden werd een studie t.b.v. de Koninklijke Luchtmacht over de overlevingskans van laagvliegende vliegtuigen overgelaten aan het NLR (Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium) waar Prof. van der Maas al enkele jaren had gestreefd naar de formatie van een OR groep t.b.v. de Koninklijke Luchtmacht. Uit de studie t.b.v. de Koninklijke Marine betreffende luchtdoelartillerie kwam een opdracht van de Koninklijke Luchtmacht voort: evaluatie van de in de mottenballen gelegde 40 mm luchtdoelartillerie. Hierbij werd voor het eerst van een digitale rekenaar gebruik gemaakt: de Zebra van de Koninklijke Marine! Uit deze simulatie bleek dat het luchtafweergeschut 40 L70 met de L4/5 radar en digitale vuurleiding een redelijk goede trefkans had. Prompt reageerde de Koninklijke Luchtmacht met een verzoek het

effect van ontwijkmanoeuvres (jinking & weaving) te onderzoeken. De evaluatie te velde (oefening „Spiraal“) werd een hoogtepunt. Na het land- luchtmachtduel werd broederlijk een drinkgelag gehouden waarbij de toenmalige directeur die uitgenodigd was om zich op de hoogte te komen stellen, zich een fijn kopje thee liet serveren.

Behalve „Spiraal“ was er v.w.b. de luchtmacht ook nog „SHIP“, Signaal Hawk Improvement Program, in samenwerking met het Shape Technical Centre waarbij de effectiviteit van de Hawk luchtafweer raketsystemen werd geevalueerd door de optredende „critical events“ (lock on, fire etc.) tijdens oefenaanvallen van vliegtuigen te registreren en te analyseren. Het werk t.b.v. de Koninklijke Marine ging onderhand rustig door: er werd gerekend aan optimale methoden om onderzeeboten op te sporen (zoeken met oppervlakteschepen, vliegtuigen met o.a. sonoboeien, helicopters met o.a. „dunking sonars“ (dipping sonars) en ook met eigen onderzeeboten, terwijl het verzamelen van de resultaten van onderzeebootbestrijdingsoefeningen gestaag doorging. Dit bracht onderzoek naar de geluidsvoortplanting onder water en de voorspelling van het sonarbereik met zich mee, werk dat later terugging naar de groep „Onderwaterakoestiek“. Meer „echte“ operationele research was de bepaling van het optimale patroon voor de Bofors raketdieptebommen van de onderzeebootjagers; hierbij werd weer van de Zebracomputer gebruik gemaakt. Terloops werd voor deze rekenaar ook nog het sonar-zoekslagen probleem geprogrammeerd en toen was de tijd aangebroken om een eigen computer aan te schaffen: dit werd een Elliot 803 (8k geheugen en 39 bit woordlengte) van Engels fabrikaat.

Deze computer werd door een nieuw opgerichte groep besteld, geïnstalleerd en beheerd, de groep „Wiskunde“. De Koninklijke Marine-fase voor de OR was, met de evaluatie van het OB- en artilleriesysteem van Hr.Ms. „Rotterdam“ in de Verenigde Staten, min of meer beëindigd.

Gröneveld en Stam werden hoogleraar respectievelijk in Twente en Groningen. De groep „Signaalverwerking“ werd afgesplitst uit „Systeem Research“ en de computergroep (die inmiddels zelf met een OR onderzoek, optimale frekwentietoewijzing aan straalzenders van de Koninklijke Landmacht was begonnen) smolt samen met de OR- rest van Systeem Research tot de huidige groep „Wiskunde/Operationele Research“ (huidig: althans tot de afsplitsing op 1 januari 1975 van de Computergroep).

De computer ging sterk zijn stempel drukken op de OR. Naast de statistische verwerking van data (o.a. betreffende het telex- en telefoonverkeer in de Koninklijke Landmacht en Koninklijke Marine verbindingssystemen) werd begonnen met het berekenen van de zichtbaarheid van doelen in het terrein, waarvoor eerst theoretische studies gedaan werden, totdat de luchtfoto-gegevens van de topografische dienst beschikbaar kwamen. De berekende zichtbaarheid werd ter plaatse in het terrein gecontroleerd (oefening Cicaboo I en II, Computed intervisibility check aided by observation onsite), eerst bij Ahlerstedt en vervolgens bij o.a. Lüneberg en Zeven. Merkwaardig was dat nooit enige notitie werd genomen door autoriteiten of dorpelingen van de toch opvallende radarwagons. Op één uitzondering na, een dorpeling die zo graag onze weerballon wilde zien opstijgen. Hij heeft een uur moeten wachten tot de zon doorbrak waardoor de ballon, nu licht verwarmd, langzaam begon te zwellen en te stijgen.



*Ballon*



*Meetopstelling*



Om het waterstofgas te sparen zou de ballon na de metingen in het hotel worden geparkeerd. Hij was nogal groot en moest daarom hangend uit het schuifdak worden meegevoerd. Helaas ontplofte de door de rijwind hoe langer hoe peervormiger uitgerekte ballon kort voor aankomst in het hotel met een enorme knal en stootte talkpoeder alle kanten uit, tot grote ontsteltenis van de rijders en tot groot vermaak van de omstanders.

De Koninklijke Landmacht was inmiddels met een levensgroot OR probleem aan komen zetten: de keuze van een nieuw transportvoertuig voor het legerkorps. Dit probleem was gigantisch in alle opzichten, de opstelling van een model, de vastlegging van alle mogelijke parameters, waarbij vaak een keuze gedaan moest worden uit de van elkaar verschillende opinies van legerkorps, territoriaal commando en materieel voorzieningsafdelingen, enquêtering, het opstellen van een scenario, enz. waren al met al een heel markante belevenis in de historie van de operationele research op het Laboratorium. De computer was natuurlijk veel te klein, de programma's werden daarom opgesplitst en sequentieel gedraaid, vele nachten en weekends werd gerekend. De resultaten werden in een rapport verwerkt dat tot de meest gelezen stukken in de Koninklijke Landmacht ging behoren. De bijproducten (naast optimale aantallen en tonnageklasse) waren: benodigde voorraden, ziekenauto's en wegverkeerscapaciteit. Dit leidde tot nieuwe studies: één voor de Geneeskundige Dienst van de Koninklijke Landmacht waaruit resulteerde dat, in plaats van meer voertuigen, meer operatiecapaciteit nodig was (een niet te voorzien resultaat) en één voor de Genie waaruit de behoefte aan wegreparatiematerieel kon worden afgeleid. Vervolgens werden nog typische OR problemen behandeld zoals een studie van de optimale belading van spoorwagens met munitie, een studie naar de op het laadvermogen gebaseerde optimale keuze van de opvolger van de jeep, en een studie naar de optimale routing van telefoon- en telexverbindingen in het straalzender-netwerk van het legerkorps (het raster). Ook werd begonnen met de ontwikkeling van een wargame en enkele management games voor de Hogere Krijgsschool. Parallel aan deze activiteiten liep de evaluatie van de Van Speijk-klasse fregatten. De voorbereidingen hiervoor vonden plaats omstreeks de verhuizing naar het nieuwe gebouw, in 1968. Dit gaf wel enige vertraging, hoewel de computer in totaal maar één dag buiten gebruik was! Veel problemen ontstonden rond de (toentertijd geavanceerde) digitale registratieapparatuur, maar alles kwam - door veel goodwill bij iedereen - op tijd en min of meer werkend aan boord. Magneetbanden werden per diplomatieke post per KLM vervoerd, vanuit Toulon, Stavanger en andere buitenplaatsen, en terstond bij STC verwerkt om te controleren of de registratie goed verlopen was. Enorm veel kwam er kijken bij deze artillerie- (van Galen) en onderzeebootbestrijdingsevaluatie (van Speijk).

Honderden magneetbanden werden verwerkt, duizenden meters grafieken geplot en geanalyseerd, totdat uiteindelijk de eindrapporten konden worden afgeleverd en een zucht van voldoening kon worden geslaakt.

Inmiddels was de Elliot 803 vervangen door de Control Data CD 3200. De CD 1700 en de Digigraphic kwamen in bedrijf en nieuwe mogelijkheden ontstonden, o.a. voor de wargaming. Het maken van beelden in kleur m.b.v. de computer werd mogelijk, en het aantal computergebruikers nam steeds sterker toe.

Voor de Koninklijke Marine werd de optimale keuze van een anti-torpedo-geruismaker berekend, terwijl hetzelfde model en dezelfde simulatie konden worden gebruikt voor de optimale keuze van een torpedo voor de Onderzeedienst. Voor de Koninklijke Luchtmacht werd een studie gedaan naar de invloed van het meteorologisch zicht op de keuze van wapens voor de luchtverdediging van vliegvelden, en werd onderzocht welk effect de aanschaf van reservedelen voor de Hawk batterijen zou hebben in vergelijking met de opoffering voor kanibalisatie van één van de batterijen. De verbetering die zou kunnen worden behaald door vervanging van de „Basic Hawk” door de „Improved Hawk” werd door simulatie bepaald, waarbij ook het effect van de invoering van een commandonetwerk werd bekeken. Dit gebeurde eigenlijk als inbreng in een NATO-werkgroep, maar had tot verrassend gevolg dat een verandering van de doelskeuzeregels noodzakelijk bleek! Deze is inmiddels ingevoerd.

Internationaal werd er meegewerkt aan een studie over nut en noodzaak van nucleaire wapens op zee, waarbij de snelle respons op de buitenlanders een goede indruk heeft gemaakt. Het luchtverdedigingsmodel, dat hiervoor werd ontwikkeld, werd meer en meer uitgebreid en verbeterd en blijkt momenteel nog nut te hebben o.a. voor de keuze van luchtverdedigingswapens voor de volgende serie standaardfregatten.

Andere studies voor de Koninklijke Marine waren in deze tijd de opzet van een Kalman filter voor het OB wapensysteem van de GW-fregatten (dit wordt binnenkort daadwerkelijk geëvalueerd aan boord van één der GW-fregatten), de evaluatie van de 3D-radar voor de GW-fregatten en de ontwikkeling van een simulatiemodel voor een geïntegreerd en gecomputeriseerd navigatiesysteem voor schepen.

Voor de Koninklijke Landmacht werd meegewerkt aan de evaluatie van een artillerie computersysteem (Tacfire) d.m.v. een computersimulatie.

In de sfeer waarin gewerkt werd - de studies gingen merendeels over dure apparatuur, grote aantallen, grote bedragen - leek de „opbrengst” van de tijd die werd besteed aan het enorm moeilijke probleem van de optimalisering van het landmacht-vervoersbedrijf wat te mager. Uiteindelijk kwam het neer op de besparing van één van de 11 in gebruik zijnde vrachtwagencombinaties. Andere Koninklijke Landmacht-problemen waren of de Leopard tank meer met een verbeterde vuurleiding, dan met een afstandmeter gediend zou zijn, en de vraag of het aantal d.m.v. een onbemande helikopter waar te nemen vijandelijke doelen als functie van de vlieghoogte (hierbij werd het terreinmodel weer gebruikt) de aanschaffingsprijs waard was.

Op logistiek gebied gebeurde ook veel.

Na het verblijf van een medewerker in Canada gedurende een jaar was de nodige know-how verkregen op het gebied van „life-cycle costing”, aanschaf van reserve-onderdelen en personeels-optimalisatie modellen. Hiervan kon een dankbaar gebruik gemaakt worden. Thans is een geheel eigen model gereedgekomen voor de personeelsplanning van de Koninklijke Marine. Optimale onderhoudscycli voor torpedo's en missiles konden worden berekend, en evenzo vervangingschema's voor verouderde film-apparatuur.

Op het gebied van de passieve verdediging van schepen werd meegewerkt aan een studie elektronische oorlogsvoering, waarbij het optimale gebruik van chaff in combinatie met stoorzenders kon worden aangegeven. T.b.v. de zelfverdediging van schepen met zeer snel vurend luchtdoelgeschut werden filtermethoden bestudeerd en werd een missile-baanmodel opgesteld. Dit laatste model werd steeds verder vervolmaakt. Het gedrag van het missile kan nu „interactief” werkend met de computer, d.m.v. de Digigraphic worden bestudeerd waarbij de invloed van het geleidingssysteem, de sensoren en de decoys kan worden gezien en geanalyseerd.

Studies van meer recente datum betreffen o.a. het gebruik van helicopters bij de onderzeebootbestijding en bij de tankbestrijding, de rol van het gevechtsvliegtuig in de moderne oorlogsvoering in aanwezigheid van zeer grote aantallen vijandelijke luchtverdedigingswapens, de simulatie van vliegveldoperaties (onderhoud en gereedmaken van vliegtuigen), vliegveldbescherming en de keuze van een opvolger voor de tanks die zullen moeten worden vervangen.

Het image naar buiten werd in 20 jaren OR zorgvuldig opgebouwd. Vele voordrachten voor civiel en militair publiek werden gehouden, en ook werd aan cursussen over OR o.a. voor de KMA en de Stafscholen meegewerkt.

Het gebeurde dat een medewerker tijdens zijn voordracht over de gewondenverzorging en de geneeskundige dienst te velde pardoes flauw viel, hetgeen een uitvoerig bedankje opleverde voor het realisme waarmee de voordracht werd gegeven.

Is met dit alles iets bereikt? De indruk bestaat van wel. Niet alleen heeft de krijgsmacht vertrouwen gekregen in de bruikbaarheid van operationele research maar ziet er ook de noodzaak van in. De groep „Wiskunde/OR”, in 1968 nog bestaande uit 7 academici, twee systeemanalisten, een operateur en een posttypiste, bestaat nu, na afsplitsing van de 17 man sterke computergroep in 1975, uit 25 academici en heeft gemiddeld ongeveer 50 opdrachten tegelijkertijd onderhanden.

Erkend dient te worden, dat de researchgroep Wiskunde/Operationele Research op het Fysisch Laboratorium zich in een zeer bevoorrechte positie bevindt t.o.v. vele soortgelijke groepen in het buitenland, omdat expertise op vele gebieden: radar, sonar, infrarood, telecommunicatie, etc. in het Laboratorium aanwezig is om gebruikt te kunnen worden als input voor vele OR studies.

Helaas is de personeelsbezetting nooit erg stabiel geweest, het grote aantal gedetacheerden en 3-jaar verbanders heeft steeds voor een (te snelle) doorstroming gezorgd. Dit heeft wel eens tot de uitspraak geleid dat het enige dat wordt opgebouwd een kaartenhuis is (afgezien nog van de achterstand). Maar voor dit cynisme is feitelijk geen plaats: de vele opdrachten getuigen ongetwijfeld van een vast vertrouwen van de krijgsmacht in de capaciteiten van de groep „Wiskunde/Operationele Research” anno 1977.

## ELEKTRONICA

Het vervaardigen van laboratoriummodellen was in de loop der jaren een belangrijke methode om de resultaten van research en ontwikkeling van het Fysisch Laboratorium tot uitdrukking te brengen. De modellen werden door een industrie uitgewerkt tot produktiemodellen en gefabriceerd ten behoeve van de Nederlandse Krijgsmacht.

Omstreeks 1970 kwam hierin verandering door anders gerichte belangstelling en een andere organisatievorm van de industrie. Het streven naar rendementsverhoging bracht met zich mee dat het in het algemeen voor de industrie niet langer interessant bleek een door het Fysisch Laboratorium vervaardigd laboratoriummodel uit te werken tot een produktiemodel, indien het slechts een kleine serie of een enkel exemplaar betrof.

Dit betekende voor het Fysisch Laboratorium het wegvallen van een belangrijke mogelijkheid om resultaten van researchwerk om te zetten in apparatuur en daarmee een vermindering van steunverlening aan de Nederlandse Krijgsmacht. Andere wegen dienden gevonden te worden, b.v. door het in eigen beheer vervaardigen van operationeel bruikbare apparatuur. Met dit doel voor ogen werd in 1972 de Elektronische Afdeling (EA) opgericht; later (in 1975) werd deze naam gewijzigd in Elektronicagroep. De taak van de nieuwe afdeling was een tweeledige, te weten:

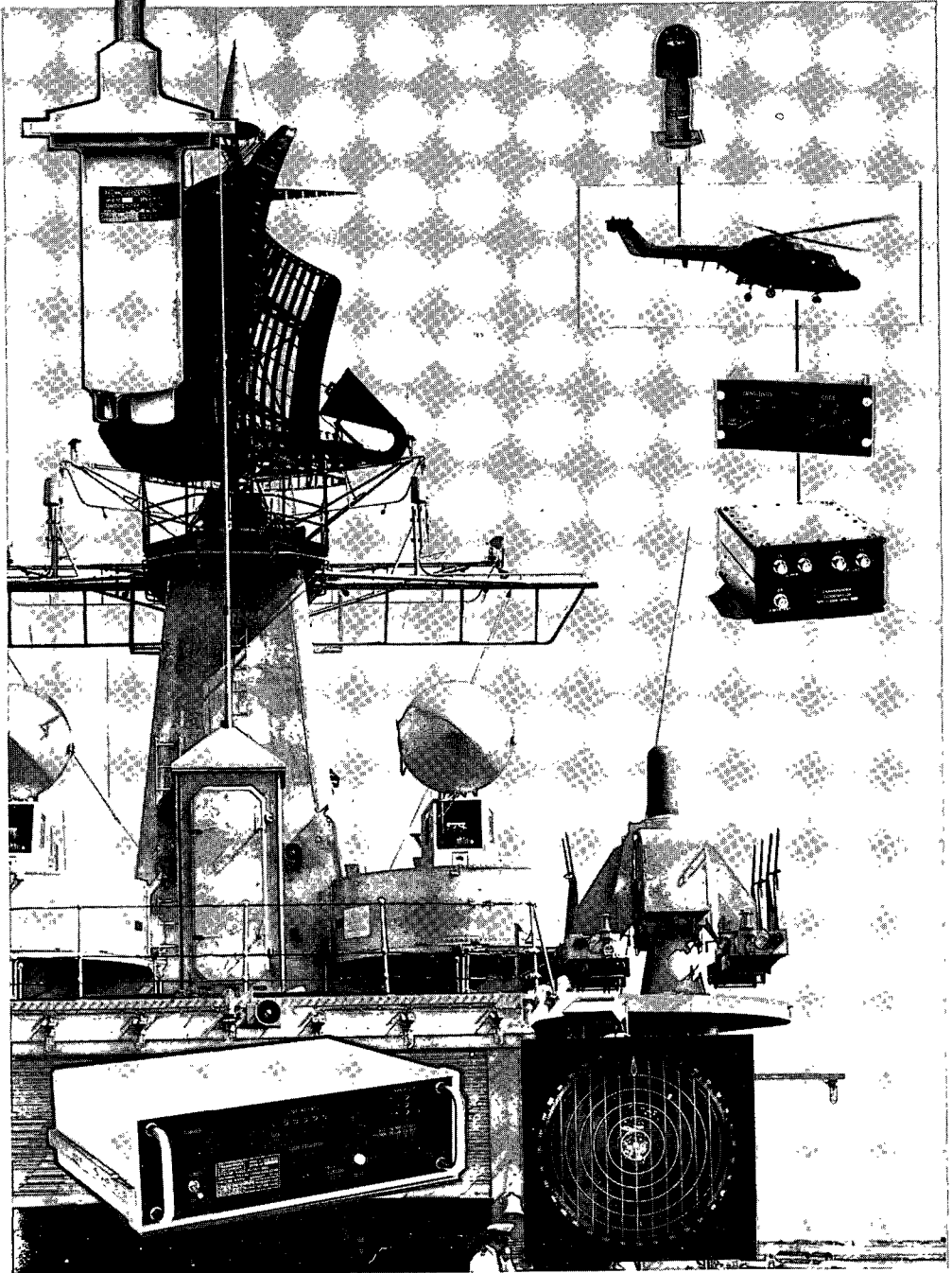
- apparatuur, die door het Fysisch Laboratorium ontworpen zou worden en waarvoor bij de Nederlandse Krijgsmacht belangstelling zou bestaan, te vervaardigen. De vervaardigde apparatuur zou rechtstreeks operationeel bruikbaar moeten zijn of een prototype moeten zijn dat door de industrie, indien van die zijde belangstelling zou bestaan, zonder veel extra inspanning gereproduceerd zou kunnen worden.
- kennis en ervaring op te bouwen betreffende contacten met de industrie. De „taal“ van de industrie moest worden geleerd, zodat bij het ontwerp van apparatuur al direct rekening zou kunnen worden gehouden met de eisen en problemen, die zich voordoen bij fabrieksmatige productie. Dit is belangrijk bij het ontwerpen en maken van prototypen. Voorkomen moest worden dat de industrie, b.v. door een niet aan de eisen van het ontwerp aangepaste personeelsbezetting, het ontwerp en zijn kwaliteiten negatief zou kunnen beïnvloeden.

De door deze werkzaamheden op te bouwen ervaring diende ook te eigen behoefte te kunnen worden toegepast. Daarom kreeg de EA ook de opdracht apparatuur voor eigen gebruik door het Fysisch Laboratorium te vervaardigen.

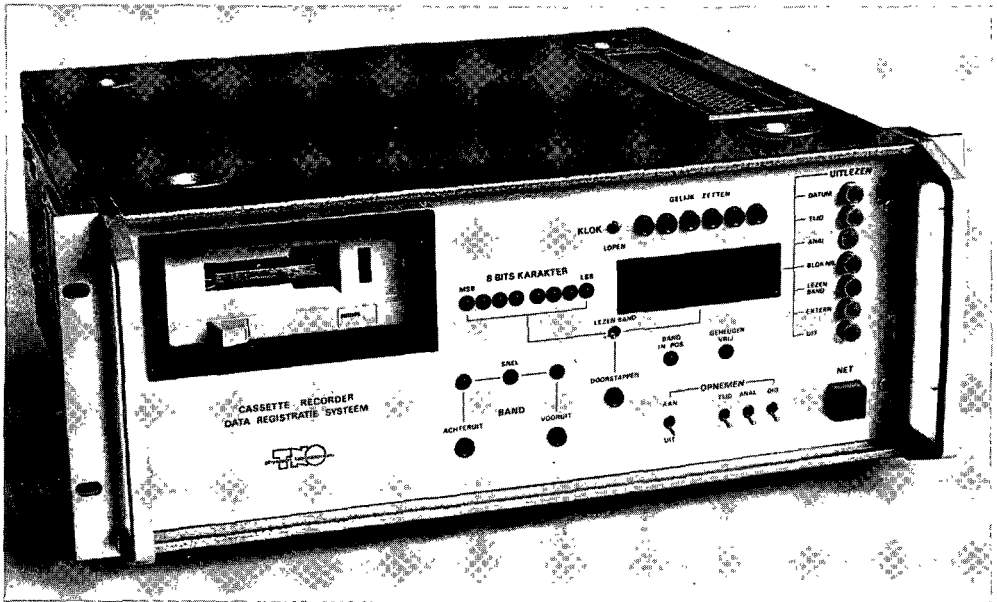
Al snel na de oprichting bleek dat de nieuwe afdeling voor de krijgsmacht van groot nut was. Een verscheidenheid van opdrachten is sindsdien ontvangen, de meeste betrekking hebbend op het door de researchgroep Radiocommunicatie ontwikkelde VESTA transpondersysteem, dat wordt toegepast voor het dirigeren van helicopters op zee vanaf een schip.

Het systeem werd steeds verbeterd, voor wat de gebruiksmogelijkheden betreft. Een belangrijk gedeelte van het huidige systeem wordt gevormd door de radar-transponder interface. Oorspronkelijk ontwikkeld om de signaallooptijden in radar- en transpondercircuits gelijk te maken, is de taak ervan zodanig uitgebreid dat ook belangrijke functies in de onderlinge koppeling van verschillende radarsystemen er door worden vervuld. Deze interface wordt voor iedere toepassing „op maat“ vervaardigd. Hierdoor is echter de productie van het systeem voor een industrie minder interessant.

Het VESTA transpondersysteem is geleverd aan binnen- en buitenlandse marines. Ook voor civiel gebruik bestaat belangstelling, b.v. voor toepassing bij boorplatforms e.d.



Bij de aanmaak van deze apparatuur werd geleerd hoe schok- en trillingsbestendige apparatuur dient te worden vervaardigd en hoe de bediening zodanig moet worden ontworpen dat beschadiging aan de apparatuur als gevolg van fouten door het bedienend personeel wordt voorkomen. Er werd inzicht verkregen in de uitwerking van variërende temperatuur op elektronische en mechanische systemen. Op basis van deze ervaring werd onder meer registrerapparatuur vervaardigd met digitale cassetterecorders, bestemd voor gebruik te velde of in onbemande meetstations. Deze apparatuur wordt bij researchprojecten door het Fysisch Laboratorium toegepast. Apparatuur werd gebouwd voor gebruik op een onbemand meetvlot, op afstand bedienbaar en bestemd voor onderzoek van de zee als akoestisch medium. Tenslotte verdient vermelding de constructie van radarinstallaties voor bestudering van de reflectie-eigenschappen van objecten.



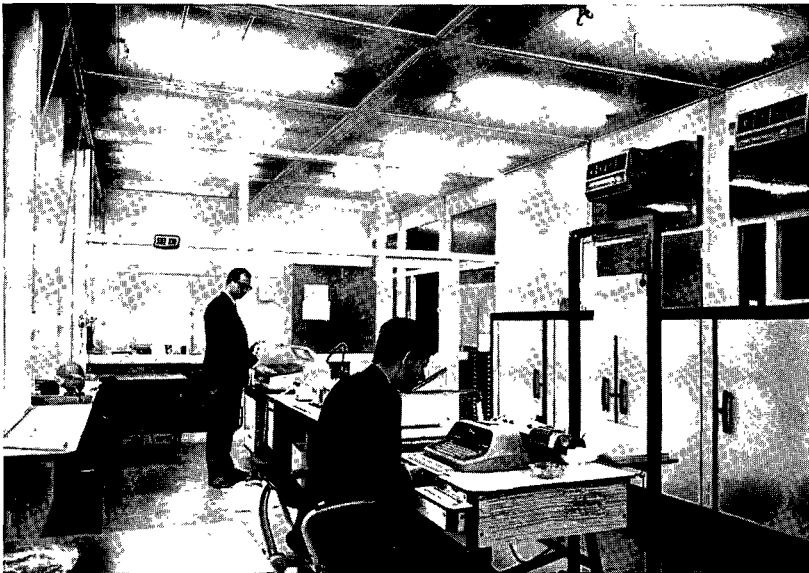
*Cassette recorder data registratie systeem*

## COMPUTER FACILITEITEN

In het licht van het 50-jarig bestaan van het Laboratorium zou het computerwerk een nakoemer met een explosieve groei genoemd mogen worden met 1964, 1970, 1971 en 1974 als belangrijkste jaartallen met betrekking tot capaciteit van het Laboratorium.

In de jaren vóór 1964 werden bovengenoemde werkzaamheden verricht met behulp van tafelrekenmachines door o.a. medewerkers met de functieaanduiding van rekenaar. Dit werk kostte veel manuren, b.v. een matrixinversie van een eenvoudige matrix van  $24 \times 24$  kostte 5 manuren achter een „Madas”, een elektrisch aangedreven tafelrekenmachine met een mechanisch telwerk.

In 1964 deed de eerste general purpose computer zijn intrede in het Laboratorium, het werd een Elliott/NCR 803B, spoedig na aankomst beheerd door een nieuw geformeerde research-groep Wiskunde/Operationele Research. Deze groep is van het begin af aan de grootste gebruiker geweest van het centrale computersysteem.



*Elliott/NCR 803B*

De Elliott/NCR 803B beschikte over een geheugen van 8 k woorden van 39 bits, een cycle-time van  $576 \mu s$ , papertape in- en uitvoermogelijkheden en later een Calcomp plotter. De software bestond uit een assembler, Algolvertaler, een eenvoudig simulatiepakket en een plotterpakket.

Al gauw was het werkaanbod dusdanig, dat gebruik buiten de normale werkuren noodzakelijk bleek.

Een automatische telefoonbeantwoorder werd op het Laboratorium ontworpen, teneinde thuis via het computergeluid te kunnen vernemen, hoever een bepaald programma gevorderd was. Was er een parity-error te horen, dan kwam men op de fiets naar het Laboratorium om de fout te herstellen.

In 1965 werd reeds voorzien, dat snelheid en randapparatuur te beperkt waren. In het volgende jaar moest om die reden computercapaciteit van de Afdeling Bewerking Waarnemingsuitkomsten TNO, het huidige IWIS-TNO, worden gehuurd. In de volgende jaren werd tevens een beroep gedaan op de computer van het Shape Technical Centre.

Het duurde tot 1970, alvorens het Laboratorium kon beschikken over een voor zijn taak berekende opvolger, een Control Data 3200 computer. Reeds medio 1967 was hierop aangedrongen.



*CD 3200 computer*

De CD 3200 beschikte over een geheugen van 32 k woorden van 24 bits, een cycle-time van  $1.25 \mu s$  en uitgebreide randapparatuur, zoals schrijfeenheden, magneetbandeenheden, kaartlezer, printer en plotter.

In 1971 werd het computersysteem met een Control Data 1700 minicomputer, in combinatie met een interactive graphic display, voorzien van lichtpen, uitgebreid.



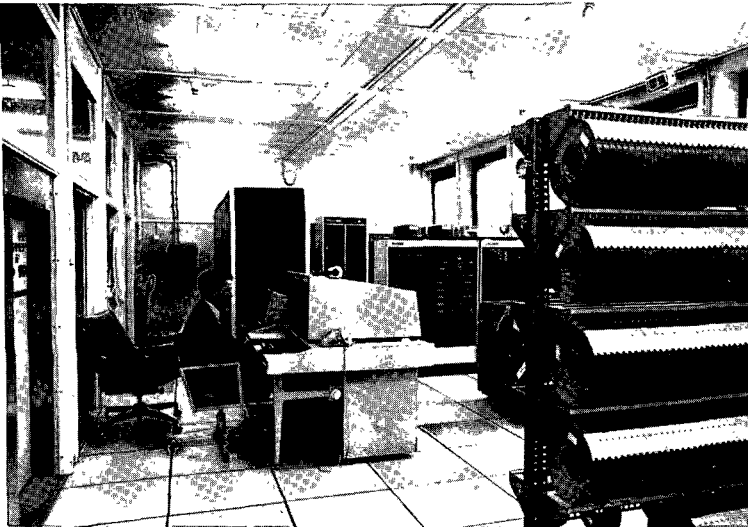
*Interactive graphic display met lichtpen*



Tot de randapparatuur van de CD 1700 behoorde een papertape-station en apparatuur met mogelijkheden om allerlei randapparatuur te koppelen. Ten behoeve van het project „Wargaming” werden o.a. een kleurentelevisiemonitor en diaprojectoren via deze apparatuur aan het CD 3200/1700 computersysteem aangesloten door middel van zelf ontwikkelde interfaces. Tot de software behoorden o.a. diverse vertalers voor hogere programmeertalen, zoals Algol, Fortran en Cobol en enkele programmapakketten.

Vanwege het sterk groeiende computergebruik werd eind 1972 reeds gedacht aan een groot computersysteem.

In juni 1974 werd dit gerealiseerd. De CD 3200 werd vervangen door een Control Data 6400 computersysteem, dat thans nog in gebruik is. Een dergelijk groot systeem was alleen gerechtvaardigd, doordat ook „anderen” voor technisch-wetenschappelijk werk ten behoeve van de krijgsmacht van dit systeem gebruik zouden gaan maken.



*CD 6400 computersysteem*

De CD 6400 beschikt over een geheugen van 65 k woorden van 60 bits, een cycle-time van 0.1 tot 1  $\mu$ s, uitgebreide randapparatuur en terminalmogelijkheden.

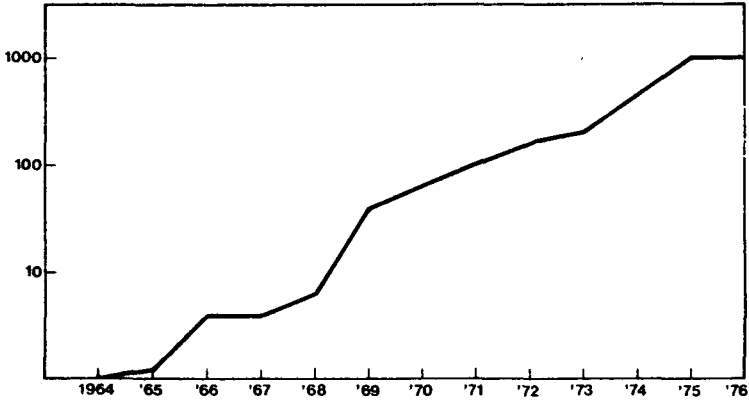
Behalve vertalers voor diverse hogere programmeertalen en een hogere simulatietaal heeft de gebruiker van dit systeem ook de beschikking over software-pakketten en programmabibliotheken ten behoeve van operations research, numerieke wiskunde en statistische toepassingen.

In 1975 werd de CD 1700 ingeruild voor de Control Data SYSTEM 17 minicomputer. De software voor de koppeling van deze minicomputer met de CD 6400 werd evenals dat bij de beide vorige systemen het geval was, zelf ontwikkeld. Hiermee ontstond het CD 6400/SYSTEM 17 computersysteem.

Van het huidige systeem wordt, behalve door het Laboratorium, ook gebruik gemaakt door de andere RVO-laboratoria en diverse krijgsmachtdelen.

Zowel de grootte van het systeem, als de diversiteit van gebruikers is aanleiding geweest om de beheersfunctie in 1975 op te dragen aan een zelfstandige groep, de z.g. Computergroep, voortgekomen uit de researchgroep Wiskunde/Operationele Research.

De onderstaande grafiek geeft een indruk van de groei van het computerwerk ten behoeve van defensieresearch op het Laboratorium.



*Groei computerwerk*

*jaar 1964 = 1*

*jaar 1976 = 980. Komt overeen met 1700 uren op de CD 6400*

De nakomer is inmiddels uitgegroeid tot één van de onmisbare pijlers voor de research ten behoeve van de krijgsmacht.

## DIENSTVERLENENDE AFDELINGEN

Het ontstaan van de technische sektor van de dienstverlenende afdelingen kan worden herleid naar het moment, betrekkelijk kort na de instelling van de Commissie voor Physische Strijdmiddelen, waarop een jong instrumentmaker werd aangetrokken als medewerker voor het „Meetgebouw” in de Vlakte van Waalsdorp. Het is deze instrumentmaker geweest, die als eenling ongetwijfeld alle werkzaamheden heeft verricht die heden ten dage worden uitgevoerd in de verschillende technische afdelingen.

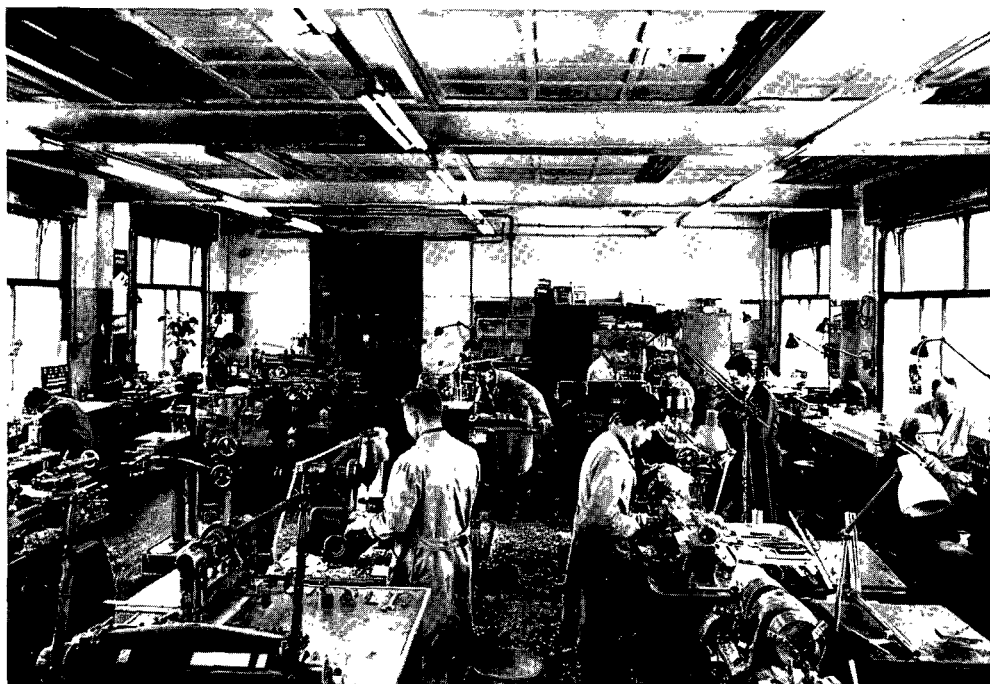
Het was in die beginjaren van het Laboratorium vanzelfsprekend, dat de jonge instrumentmakers enkele nevenfuncties uitoefenden, zoals het schoonhouden van de toiletten en het bezorgen van koffie en thee, altijd vergezeld door een versnapering uit de doos „gesorteerde biscuits” van Verkade. Dit werd door de toenmalige directeur van zijn salaris betaald. Het Laboratorium had in die beginperiode de beschikking over één werkplaats, waarin alle technische werkzaamheden werden verricht. Toen in de jaren voor de tweede wereldoorlog de Elektronica een rol ging spelen in de techniek, werd voor de uitbreiding van het personeelsbestand gezocht naar instrumentmakers met belangstelling voor „radiomontage”. Deze instrumentmakers werden aangeduid met de functienaam: Instrumentmaker-Radiomonteur, doch bleven werkzaam in de gemeenschappelijke werkplaats. Een deel van deze medewerkers is later volledig in de Elektronica verder gegaan en sommigen nemen nu belangrijke posities in het laboratorium in.

Kort voor de tweede wereldoorlog werden de instrumentmakers-radiomonteurs die zich inmiddels geheel aan de Elektronica hadden gewijd, samengebracht in een eigen onderkomen, de „Radiomontage”, een houten noodgebouw op het terrein van het Laboratorium, dat in de oorlogsdagen van 1940 in vlammen is opgegaan.

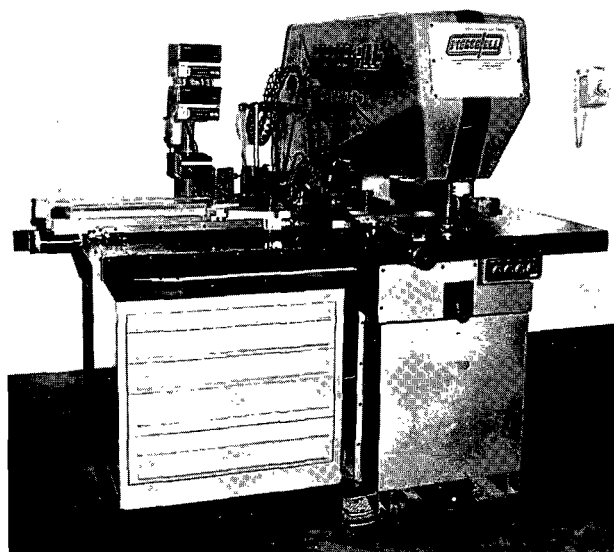
Tijdens de bezetting door de Duitsers kwam het Laboratorium, gezien zijn situering in de Vlakte van Waalsdorp, in het zogenaamde „Sperrgebiet” te liggen en moest daarom worden ontruimd. De PTT verleende gastvrijheid en het Laboratorium kon worden ondergebracht in het gebouw van de Centrale Werkplaatsen aan de Binckhorstlaan. Het Laboratorium bleef daar gehuisvest tot in 1947 het gebouw in de Vlakte van Waalsdorp weer in gebruik werd genomen. Het gebouw werd toen uitgebreid met een Timmerwerkplaats en een Radiomontage ter vervanging van het afgebrande noodgebouw. Een van de „klusjesmensen”, die reeds voor de oorlog in dienst was getreden en timmerman van beroep was, werd aangesteld als timmerman voor het Laboratorium.

Toen het aantal medewerkers na de oorlog steeds groter werd, kwamen steeds meer nieuwe afdelingen tot stand met als gevolg dat ook het ruimtegebrek steeds groter werd. Een smederij werd ingericht en, toen een lasser werd aangetrokken, weer omgebouwd tot lasafdeling. Ook een nikkelinrichting werd gebouwd en nam ruimte in beslag. Het ruimtegebrek was op een bepaald moment zo groot, dat de kantine moest worden omgebouwd tot magazijn. De sfeer was in die dagen echter zodanig dat een dergelijke ingreep werd geaccepteerd, omdat die in het belang van het Laboratorium was.

Zo groeide heel geleidelijk de „werkplaats” uit tot het geheel van Mechanische Werkplaatsen zoals die nu in het Laboratorium ter beschikking staan. Als laatste afdeling is de Plaatwerkerij ontstaan; die afdeling is pas tot stand gekomen bij de overgang van de oude gebouwen in de Vlakte van Waalsdorp naar de nieuwe gebouwen.



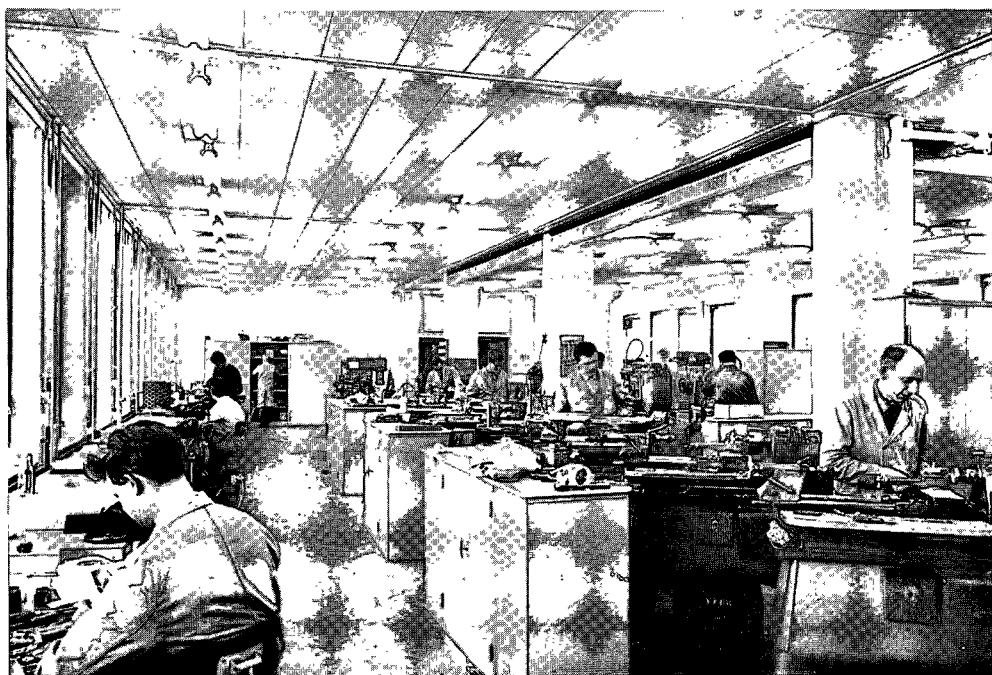
*Overzicht van de Mechanische Werkplaats in het oude gebouw*



*Een moderne plaatbewerkingsmachine: een pons- en duplicaatmachine, voorzien van digitale aflezing*

Na de terugkeer in 1947 naar de gebouwen in het duinterrein begon tevens de groei van het machinepark van de mechanische werkplaats. Eén van de eerste machines die in 1947 werden bezorgd was de Micron-freesbank. Deze was kort voor de tweede wereldoorlog besteld. Echter door het uitbreken der vijandelijkheden was de machine aan de Zwitserse grens opgehouden en werd nu met „enige” vertraging afgeleverd.

Vele nieuwe draaibanken en freesbanken werden aangeschaft, die telkens weer een plaats moesten vinden in de ter beschikking staande ruimte. Hoewel de plaatsing van de machines in eerste instantie ruim was opgezet, bleef daarvan in de loop der tijd niets over. Telkens wanneer een nieuwe machine arriveerde, moest er worden geschoven en nieuwe betonfunderingen worden gestort om de nieuwkomer te kunnen plaatsen.



*Overzicht van de Instrumentmakerij in het nieuwe gebouw*

Ook kwam voorgoed een einde aan de reeds genoemde nevenfuncties van de jonge instrumentmakers. Het personeelsbestand was inmiddels toegenomen tot enkele tientallen werknemers en voor het schoonhouden van de gebouwen en de koffie- en theevoorziening werden dames aangetrokken. Later werden voor het zware schoonmaakwerk, zoals het schrobben van gangen en dergelijke, twee manlijke schoonmakers aangetrokken. Bij de verhuizing naar het nieuwe gebouw in 1968 werden de dames aangesteld in de kantine en keuken, aangezien het schoonmaken van het gebouw werd uitbesteed aan een terzake gespecialiseerd bedrijf. De beide manlijke schoonmakers konden worden ingepast in de personeelsbezetting als timmerman en als lakspuiter.

In het begin van de jaren vijftig deed een nieuwe montagetechniek voor elektronische onderdelen zijn intrede in het vakgebied der Elektronica, de gedrukte schakeling. Deze techniek werd reeds enkele jaren met succes in Engeland toegepast en was daardoor bekend geworden aan de medewerkers van het Laboratorium. Aangezien de toepassing van gedrukte schakelingen grote voordelen biedt ten aanzien van betrouwbaarheid en eenvoud van monteren, werd door de technici gezocht naar een mogelijkheid om deze montagetechniek in het Laboratorium te introduceren.

Daartoe werd contact opgenomen met een bedrijf in de grafische sektor, omdat de technieken voor het vervaardigen van gedrukte schakelingen enige verwantschap vertonen met de in de grafische wereld gebruikelijke technieken. Uit de samenwerking met dit grafisch bedrijf, de firma Koningsveld, ontstonden al vrij snel goede resultaten. Na een aantal jaren echter ontstonden in Nederland gespecialiseerde bedrijven voor de fabricage van gedrukte schakelingen, waardoor het voor de firma Koningsveld niet langer interessant was om dit bijproduct te vervaardigen. De productie werd gestaakt en het Laboratorium moest omzien naar andere mogelijkheden om gedrukte schakelingen te verkrijgen.

Gekozen werd voor het inrichten van een kleine afdeling in het Laboratorium, waarin één man zich zou bezig houden met de vervaardiging van eenvoudige gedrukte schakelingen. Daartoe werd, met de welwillende medewerking van de firma Koningsveld, de chef van de afdeling die zich had bezig gehouden met de vervaardiging van de gedrukte schakelingen, in dienst genomen van het Laboratorium. Dit is in 1961 de start geweest van de Chemigrafische Afdeling, die voor wat betreft de ruimte-uitbreiding in de afgelopen 16 jaar wel een unieke plaats inneemt. Telkenmale bleek het nodig om de ter beschikking staande ruimte te vergroten in verband met de aanschaf van nieuwe machines of de inrichting van nieuwe afdelingen. Toch is de personeelsbezetting in verhouding tot de in gebruik zijnde ruimte klein, wat onder meer te danken is aan de in deze afdeling toegepaste numeriek bestuurd machines.

In het Laboratorium werden verschillende apparaten ontwikkeld en gebouwd, die een goed hulpmiddel bleken om vanuit de lay-out van de gedrukte schakeling te komen tot een bruikbare film voor het fabricageproces. De Coördinaten Aftast Tafel werd gebruikt om de lay-out tekening van de technicus af te tasten en de coördinaten van de lijnen, de boorgaten en de soldeereilanden op te nemen in een ponsband die geschikt was voor computerverwerking. De computer produceerde twee nieuwe banden, een tekenband om de film te kunnen maken en een boorband om in het basismateriaal de gaten te kunnen boren.

In de beginperiode werden deze beide handelingen uitgevoerd op een eveneens in het Laboratorium ontwikkeld apparaat, het Coördinaten Boor- en Reproductie Apparaat. Tegenwoordig worden de beide bewerkingen uitgevoerd op twee voor het doel gespecialiseerde numeriek bestuurd machines.

De technieken die worden toegepast bij het fabriceren van gedrukte schakelingen en zeker die, welke worden gebruikt bij het maken van gedrukte schakelingen met doorgeplaatte gaten, zijn gecompliceerd. Echter de fase die ligt tussen het ontstaan van het idee, in wat voor vorm ook, van de technicus en de realisering van de lay-out is minstens even gecompliceerd en neemt veel kostbare tijd. Ondanks de verdere ontwikkeling van de machines en de toe te passen technieken bleef dit gebied lange tijd achter in ontwikkeling.

Pas in het begin van de jaren zeventig kwamen computersystemen op de markt die een wezenlijke bijdrage konden leveren voor de fase tussen idee en lay-out. In 1975 werd een dergelijk computersysteem, het CALMA-systeem, door het Laboratorium aangeschaft. In grote lijnen bestaat het uit een minicomputer met randapparatuur en is uitgerust met een speciaal ontwikkelde software en een tweetal bedieningsstations, die onafhankelijk van elkaar met de computer kunnen converseren. Dit soort systemen bieden de technicus veel hulp bij het maken van de lay-out. Door toepassing van een dergelijk systeem kan het volgende worden bereikt:

- het maken van de lay-out gaat aanzienlijk sneller
- zeer gecompliceerde lay-outs, die op conventionele wijze niet kunnen worden beheerst, kunnen op dit computersysteem worden verwerkt.

Andere afdelingen van de dienstverlenende sektor maakten de normale groei door die samenhangt met een personeelsuitbreiding van 1 tot ruim 300 medewerkers. De daarmee gepaard gaande uitbreiding van het aantal medewerkers van een bepaalde afdeling, de toename van het machinepark of beide was soms gering, soms ook spectaculair. Een voorbeeld van het laatste is bijvoorbeeld nog de afdeling die onder meer de rapportage van de onderzoeksresultaten verzorgt in de vorm van wetenschappelijke rapporten. Deze afdeling is onderverdeeld in een type-kamer, een reproductie-afdeling met een groot aantal reproductie-apparaten en een afdeling fotografie, die is uitgerust met de modernste apparatuur voor zwart-wit en kleurenfotografie.

Grote investeringen waren soms noodzakelijk in machines en apparatuur om te kunnen voldoen aan de steeds hogere eisen die werden gesteld ten aanzien van kwaliteit en kwantiteit.

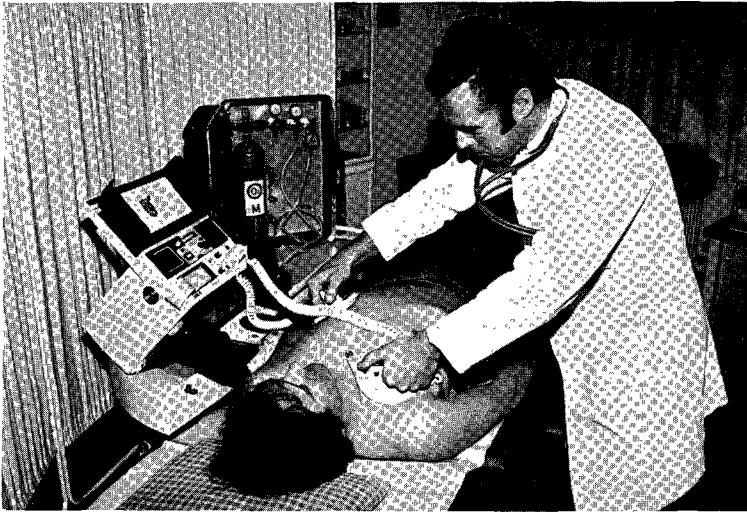
Een aspect in de groei van het Laboratorium dat niet mag worden vergeten is de medische verzorging van het personeel en de Bedrijfszelfbescherming.

Vrij snel nadat de eerste instrumentmaker in dienst van het Laboratorium was getreden ontstond de behoefte aan een mogelijkheid voor eerstehulpverlening bij kleine ongevallen. Een verbandtrommel werd aangeschaft, die meestal ergens in de werkplaats werd gestationeerd. Toen het aantal medewerkers groter werd en de wettelijke bepalingen inzake de medische verzorging in bedrijven duidelijker werden vastgelegd, werd het verbandtrommeltje vervangen door een verbandkastje dat werd opgehangen bij een van de medewerkers die in het bezit was van een EHBO-diploma of tenminste enig verstand had van eerstehulpverlening.

In 1958 werden de wettelijke voorschriften voor de Bedrijfszelfbescherming van kracht en ook het Laboratorium was verplicht om hieraan mee te werken. Een drietal BZB-ploegen werd ingesteld: een EHBO-ploeg, een Brandweerploeg en een Reddingsploeg, elke ploeg bestaande uit een Commandant, een plaatsvervangend Commandant en ca. 10 leden. De EHBO-ploeg werd collectief opgeleid voor het eenheidsdiploma en één van de leden werd aangesteld als EHBO-medewerker (part-time) van het Laboratorium. Hij werd daarbij tevens beheerder van het verbandkastje, dat nog jaren trouwe diensten bewees.

Bij de overgang van de oude gebouwen in het duinterrein naar het nieuwe gebouw kreeg het Laboratorium de beschikking over een verbandkamer, die eveneens onder beheer kwam van de EHBO-medewerker. Gedurende de laatste jaren houdt een TNO arts wekelijks spreekuur in deze kamer, die in de loop der tijd is uitgebreid met inventaris en apparatuur, zoals een

zuurstofkoffer, een bloeddrukmeter enz. Een belangrijke uitbreiding van de medische voorzieningen was ook de aanschaf van een defibrillator, die mag worden gebruikt door een speciaal opgeleid team van drie medewerkers, die daarmee bij een noodgeval kunnen ingrijpen.



#### *Oefening met de defibrillator*

Naast de uitbreiding van de interne EHBO-voorzieningen werden ook de nodige maatregelen genomen om, in geval het Laboratorium door een calamiteit wordt getroffen, de BZB-ploegen de mogelijkheid te bieden snel en efficiënt hulp te bieden. Daartoe wordt aan de leden van de ploegen gelegenheid gegeven om cursussen te volgen en de praktische vaardigheid te oefenen en op peil te houden. Ook speciale kleding en bijzondere uitrustingsstukken worden ter beschikking gesteld van de BZB-ploegen, zoals een motorbrandspuit, persluchtmaskers en dergelijke.



*Het EHBO-team*