

**TNO-museum, Waalsdorpervlakte****Chris Hakkaart en anderen****Bezoek aan museum**

Op 27 februari 2019 hebben we met 12 KRING-leden een bezoek gebracht aan het TNO-museum op de Waalsdorpervlakte. Andries, Leo, Kees, David, Thomas, Otto, Paul F, John, Ronald, Paul K, Chris en Henny bezochte de grote kelderruimte in het moderne TNO-gebouw.

Op deze locatie werd in 1927 in opdracht van het Ministerie van Oorlog het Meetgebouw door Ir. van Soest neergezet, met het doel de naar verluid door de Duitsers ontwikkelde *doedende straal* te onderzoeken. Berichten over die straal bleken uiteindelijk *fake news* te zijn. Dat fenomeen bestond kennelijk ook toen al.

Hieruit ontstond in 1932 TNO, waarvan het Fysisch Laboratorium in 1947 zou overgaan naar de Rijksverdedigingsorganisatie. Ter gelegenheid van het 40 jarig bestaan in 1977 werd een tentoonstelling georganiseerd, waar door TNO ontwikkelde apparatuur voor bijzondere doeleinden werd tentoongesteld. Die verzameling heeft men kunnen behouden (wat op zich al lovenswaardig is) en uitbouwen, en vormt de kern van het huidige museum.

Dat het betreffende terrein van Defensie is, is te merken aan de vele poortjes en sluizen die je moet passeren en de begeleiding naar de bijzondere ruimten. Maar dan kom je ook bij een verzameling van prototypen en wat we nu One-Offs noemen, waar je je vingers aan af kunt likken.

Alvorens we binnen mochten werd een groepsfoto gemaakt van de bezoekers van die dag. Dat waren er meer dan alleen KRING-leden. Zie figuur 1.



Het was en is fascinerend om er te mogen werken tussen de vele technische specialistische disciplines, ondersteund door werkplaatsen waar allerlei soorten bewerkingen, zowel werktuigbouwkundige, als elektrische/elektronische, uitgevoerd kunnen worden.



Fig. 1. Bezoekers van het TNO-museum op 27 februari 2019.

Allerlei exotische materialen worden er gebruikt. Apparaten worden ontwikkeld voor onder water, boven water, in de lucht, zichtbaar en onzichtbaar. Foto's mochten begrijpelijkerwijze niet gemaakt worden, omdat de opvolgers van de prototypen in een of andere vorm nog steeds in gebruik zijn. Op de TNO-website staan een aantal van de prototypen afgebeeld.

Interessant is, dat dit geen standaard verzamelmuseum is, waar van een bepaald object alles wat er te krijgen/vinden is tentoongesteld wordt, maar hier zijn nagenoeg alle objecten door TNO zelf geconstrueerd. Ze zijn gemaakt of samengesteld door breed TNO-onderzoek; de technische diversiteit is derhalve zeer groot.

Omdat de KRING-leden verschillende technische achtergronden hebben, begreep de een wat meer dan de ander van de diverse onderwerpen. De rondleiding vond plaats in kleine groepjes, waardoor steeds andere discussies ontstonden. Opvallend waren de volgende zaken:

- Het verschil tussen zender en ontvanger (of combinatie daarvan) van diverse soorten signalen (meestal frequenties) en het belang van actieve en passieve bronnen. Zo blijkt de mens zoveel straling uit te zenden, dat daarvan gebruik gemaakt wordt wanneer u door de poortjes op Schiphol loopt. U wordt daar dus niet actief aangestraald door enig signaal.
- De tentoonstelling dekt de gehele ontwikkeling van mechanische, via analoge naar digitale instrumenten, tot aan het gebruik van moderne *wafers* toe.
- Het detecteren van objecten en signalen boven en onder water en zelfs in het heelal.
- Vele natuurkundige verschijnselen werden bij TNO onderzocht, op hun toepasbaarheid beoordeeld, en verder ontwikkeld tot ondersteuning van onderzoek, zoals radar, radio, infrarood en geluid.
- Leo en Kees vielen de gedrevenheid en de vriendelijkheid van de vrijwilligers (voornamelijk oud-medewerkers) op die het museum draaiende houden. Tevens zijn zij zeer te spreken over de goede opbouw en inrichting van de collectie, duidelijk verdeeld over diverse secties, met voldoende informatie bij de vitrines en producten.
- Naast al de tentoongestelde voorwerpen ligt er ook nog het nodige in het depot.
- De ontwikkeling van diverse (geheime) projecten wordt toegelicht door vrijwilligers die er ook daadwerkelijk aan meegewerkt hebben en dus veel informatie bezitten.
- Voor de bezoeker zou een chronologische opbouw en doorloop van de tentoonstellingen helpen met het beter begrijpen van de complexe materie.

- Het museum is niet statisch want er worden nog steeds producten vanuit de operationele afdelingen van TNO aan het museum geleverd.
- De eerste indrukken bij Kees waren de beveiliging en een *hekkensluis* waar we doorheen moesten, een tourniquet en een draaihek met armdikke stalen buizen, en dat alles na screening van je ID aan de hand van je aanmeldingsformulier en het opbergen van je telefoon in speciale minikluisjes.
- En toen werden we ondergedompeld in allerlei militaire snufjes van voor en na de 2<sup>e</sup> wereldoorlog, uiteenlopend van het testen van mensen met een absoluut gehoor om naderende vliegtuigen te lokaliseren, tot lichaamsscanners en radarinstallaties en de eerste *trackballs* (ja juist, die bij de huidige computers gebruikt worden), gemaakt van biljartballen!
- Otto viel het op dat een aantal namen die genoemd werden als leidend in diverse TNO-onderzoeken, later ook als hoogleraar aan de THD (nu de TUD) werkten bij de afdeling Elektrotechniek. In de 60'er jaren waren dat: Von Weiler, Van Soest, Boxma, en nog wat namen die ik helaas alweer vergeten ben ....
- Hij vond de kwaliteit van de explicateurs/ontwerpers zo hoog, dat het Rijksmuseum - om dit te evenaren - Rembrandt zelf zou moeten inzetten om zijn eigen werken uit te leggen.
- Andries was onder de indruk van de grote variatie aan technieken die er te zien waren: akoestisch, optica, infrarood, magnetisme, radio en radar.
- Vele stadia van ontwikkeling worden getoond, van grofstoffelijke vooroorlogse apparaten tot huidige digitale oplossingen. De veelal unieke tentoonstellingsobjecten zijn voorzien van uitgebreide beschrijvingen. Die worden toegelicht door de vrijwilligers die zelf in het vakgebied gewerkt hebben.
- Wat betreft rekeninstrumenten vond Andries de *special purpose* buizencomputer uit de jaren 50 het meest opvallend.
- Er lag een aantal brochures om mee te nemen. John wees op een aantal plaatjes, zoals de diverse grote oorschelpen om vliegtuigen vroegtijdig te detecteren. Zie figuur 2.

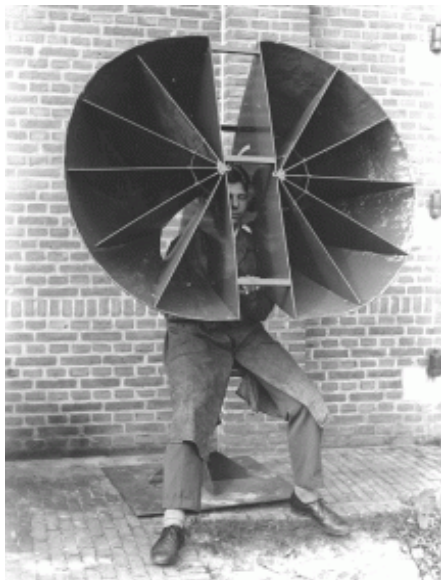


Fig. 2. Kunstmatige oorschelpen om vijandige vliegtuigen eerder te horen aankomen.

- De rondleiders wisten veel van de diverse onderzoeken en van de apparaten. We kregen fraaie historische anekdotes te horen.

- Er zijn zoveel apparaten te zien waar helaas geen tijd en aandacht aan kon worden besteed gedurende deze toch al lange middag zonder pauze.
- Paul en Piet willen dit museum nog eens gaan bezoeken en hopen dan dat er dan wat meer toelichting bij de apparaten staat.
- Op de website van het museum [www.museumwaalsdorp.nl](http://www.museumwaalsdorp.nl) zijn vroege analoge en digitale computers beschreven. Daar is de enige informatie te vinden, want fotograferen was verboden, ook al betreft het vrij oude apparaten.

### Tentoongestelde Rekenlinialen

Rekenlinialen zijn natuurlijk niet het doel van de tentoonstelling in het TNO-museum, maar werden wel gebruikt. Er lagen een paar bekende rekenlinialen, zoals Aristo's en tevens de kleine Curta, waarmee de directeur van TNO vroeger veel berekeningen gemaakt heeft. In het depot zouden nog enkele exemplaren liggen. Voorts lagen er de bekende HP pocket calculators, zoals de crèmekleurige HP21.

Ook al is dit geen verzamelmuseum, als KRING hebben we een ALRO 200D, een oude en moderne Nestler-rekenliniaal en de door Otto ontwikkelde IM2010-creditcardrekenliniaal cadeau gedaan. Ook hebben we hun de proceedings van IM2007 toegestuurd, waarin twee artikelen staan betreffende onderzoek uit de 2<sup>e</sup> Wereldoorlog.

We zagen wel een bijzondere rekenliniaal, een perspex basis met daarop papieren stroken met schalen geplakt, bouwjaar ongeveer 1945, keurig opgeborgen in een houten doos. Deze liniaal was bedoeld voor berekeningen van de formule van Planck. De natuurkundige Max Planck hield zich vooral bezig met thermodynamica. Hij ontving in 1918 de Nobelprijs voor natuurkunde voor zijn aanzet tot de ontwikkeling van de kwantumfysica. Naar aanleiding van het werk van Planck vond Einstein de correcte beschrijving van het foto-elektrisch effect, die daarvoor op zijn beurt de Nobelprijs voor natuurkunde ontving. Op grond van proefnemingen met het verhitten van zwarte lichamen kwam Planck op het idee dat elektromagnetische straling uit pakketjes energie moet bestaan, quanta (fotonen) genaamd, waarvan de energie recht evenredig is met de frequentie:  $E = hf$ , en dus omgekeerd evenredig met de golflengte. Zie figuur 3.

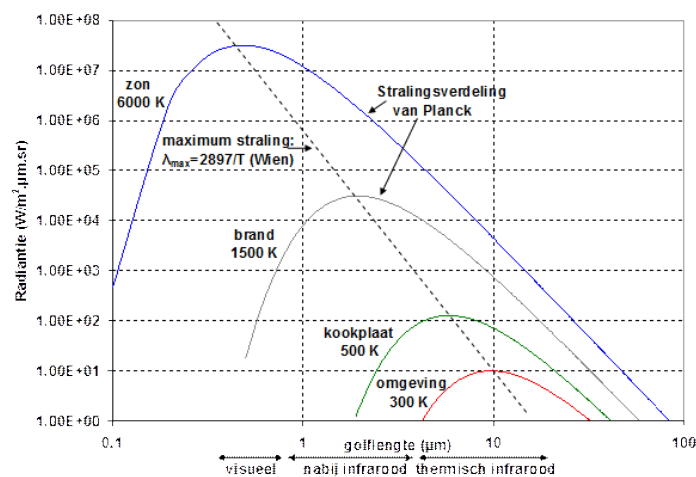


Fig. 3. Bij het steeds meer verhitten van een zwart lichaam verandert de kleur van het lichaam, terwijl je zou verwachten dat de zwarte straler steeds een geheel frequentiespectrum (een soort violet licht) zou uitzenden en dat alleen de intensiteit van de uitgezonden elektromagnetische straling zou toenemen met toenemende temperatuur. Juist die overbekende kleurverandering van het uitgezonden spectrum, die iedereen wel uit eigen observaties kent, is niet met de klassieke natuurkunde te verklaren.

TNO was zo vriendelijk om een foto van de Planck-rekenliniaal door te sturen. Zie figuur 4.

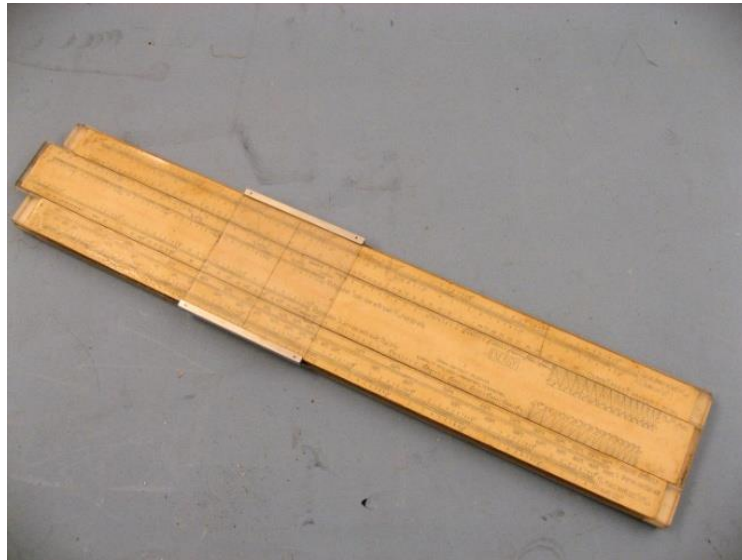


Fig. 4. De zwarte straler-rekenliniaal.

Deze liniaal behoort tot de categorie rekenlinialen voor berekeningen aan zwarte stralers, onder andere om de energie van de fotonen in elektromagnetische straling als functie van de golflengte te kunnen berekenen. Dat moet eens door onze KRING-deskundigen uitgelegd worden. Mij gaat het boven de pet. Er is over dit onderwerp een artikel/boek geschreven door Stewart en Johnson waar een aantal van dit soort rekenlinialen in wordt besproken. Bij mij op te vragen.

Een zoektocht op het internet leverde onderstaande afbeelding op van een Thornton F5100. Er is veel gelijkenis met het TNO-exemplaar.

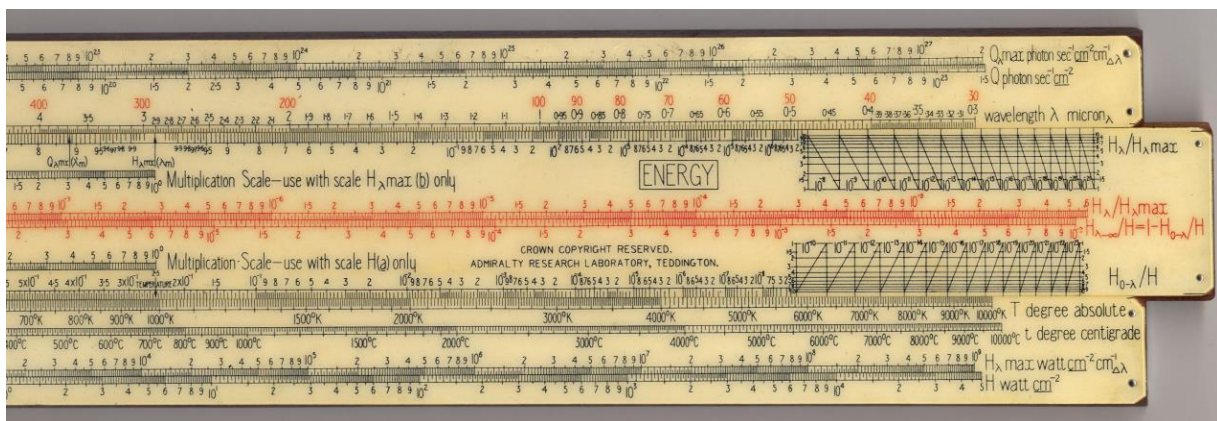


Fig. 5. Een rekenliniaal voor berekeningen aan zwarte stralers.

### Andere opmerkelijke zaken

Ronald vond het verbazingwekkend dat TNO in de jaren vijftig/zestig haar eigen temperatuursensoren ontwikkelde (waren die niet commercieel of via NAVO-bondgenoten verkrijgbaar?) en dat TNO met InSb-(indium-antimoon)-exemplaren de uiterst kleine resolutie van 0,04 °C kon behalen. De tentoongestelde meetopstellingen zagen er, gezien de getoonde foto's, erg grofstoffelijk uit, maar moeten niettemin buitengewoon nauwkeurig gewerkt hebben.

Ten slotte blijkt TNO met nieuwe ontwikkelingen vaak voorop te lopen, echt een researchinstituut. Als voorbeeld de radar. Vóór de Tweede Wereldoorlog had TNO al een schakeling ontworpen waarmee dezelfde antenne kon worden gebruikt voor uitzenden en ontvangen. Daarvoor moest de zender-elektronica binnen enkele microseconden worden uitgeschakeld en moest de ontvanger-elektronica worden geactiveerd. Als de ontvanger te vroeg open zou gaan, zou hij zwaar overstuurd worden en zou hij doorbranden door de enorme hoeveelheid energie van het uitgezonden signaal. De Duitsers hebben daarom gedurende de hele Tweede Wereldoorlog aparte radarantennes voor zenden en ontvangen gebruikt. Ook de geallieerden hebben pas vrij laat een systeem met één antenne ontwikkeld.

Tot slot stond er een mechanische machine met toetsen van rechts naar links van 1 tot en met 8 en er onder een nultoets. Daarover vindt u meer in een nog te verschijnen artikel.

### **Samenvattend**

Het was een lange middag, waar veel TNO-medewerkers beschikbaar waren om uitleg te geven. Sommigen van ons konden de grote lijnen volgen, anderen ook de details. Ook in het TNO-museum zagen we weer eens dat rekenlinialen, en zeker specifieke rekenlinialen, op allerlei vakgebieden gebruikt zijn.

Met dank aan Andries voor zijn checken van dit artikel op onvolkomenheden.

### **Bronnen**

[1] [https://nl.wikipedia.org/wiki/Max\\_Planck](https://nl.wikipedia.org/wiki/Max_Planck)

[2] [https://nl.wikipedia.org/wiki/Wet\\_van\\_Planck](https://nl.wikipedia.org/wiki/Wet_van_Planck)

[3] <https://www.museumwaalsdorp.nl/nl/infrarood/>

[4] <http://sliderules.lovett.com/thorntonf5100radiation/thorntonf5100radiation.htm>