

Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg

Verslag 1949 - 1959

Toen Z.W.O. in 1949 werd opgericht was de grote vlucht, die de Radio-astronomie in Nederland zou nemen, nog nauwelijks te voorzien. De Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg begon toen juist met het bouwen van een experimentele ontvanger voor de ontvangst van radiostraling bij een golflengte van 21 cm. Een ontvanger, die in de afgelopen tien jaren uitgroeide van een paar zwarte kastjes en een wirwar van kabels op een werktafel tot een hoog ontwikkeld ontvangstlaboratorium dat zijn weerga in de gehele wereld niet kent.

Eigenlijk werd al in 1944, op een colloquium van de Nederlandse Astronomenclub te Leiden, de eerste stoot gegeven tot de ontwikkeling van deze nieuwe tak van de sterrenkunde in Nederland. Op dat colloquium namen de Nederlandse astronomen voor het eerst kennis van wat er tot dan toe in het buitenland bereikt was - een aantal proefnemingen door amateurs, en enige berekeningen over het hoe en waarom van de radiostraling. Belangrijker waren echter de Nederlandse berekeningen die daar werden gepresenteerd, welke aantoonde dat de radiosterrenkunde een geheel nieuw middel zou kunnen worden voor een uitvoerig onderzoek van het Melkwegstelsel.

Het Melkwegstelsel is een zeer platte schijf, gevormd door vele miljarden sterren gaswolken, en wolken van kleine vaste deeltjes, welke roteren rondom het centrum van het stelsel. De zon is één van die sterren, bevindt zich op ongeveer 25 000 lichtjaren van het centrum, en volbrengt zijn omloop in ongeveer 220 miljoen jaar. De diameter van het stelsel is ongeveer 100 000 lichtjaren. Behalve de objecten in de schijf, die men nog weer kan onderverdelen in verschillende groepen, naar de mate van hun concentratie naar het symmetrievlak, is er ook materie sterren, sterrenhopen en gas - die min of meer bolvormig rondom het stelsel is verdeeld. Deze vormt de z.g. halo van het Melkwegstelsel. Van de verschillende groepen vormen het gas en de stofwolken wel de platste. De dikte van de laag van deze objecten is niet veel groter dan 1000 lichtjaren, slechts $1/100$ van zijn diameter. Ongelukkigerwijze nu bevindt de zon zich bijna precies midden in deze gas - en stof-laag, hetgeen tot gevolg heeft dat het licht van andere sterren in die laag slechts dan tot ons kan doordringen als er zich niet teveel licht absorberende stofwolken tussen ons en de ster bevinden.

Ons uitzicht is dus ten eerste beperkt. Tot voor kort kon men met optische middelen het Melkwegstelsel slechts peilen tot op 2 à 3000 lichtjaren van de zon, en slechts in enkele gevallen, voor heldere en bijzondere sterren, waargenomen met speciale technieken, is het tegenwoordig mogelijk het optische gezichtsveld wat uit te breiden.

De radiosterrenkunde heeft hierin een radicale verandering gebracht. Want waar de golflengte ongeveer een miljoen maal groter is dan die van het licht, ondervinden de radiogolven helemaal geen hinder van de kleine stofdeeltjes, die het licht radicaal tegenhouden. Om dezelfde reden trouwens zijn de wolken in de aardse dampkring doorzichtig voor meter- en decimetergolven, zodat het Nederlandse klimaat geen enkele belemmering vormt voor radio - astronomisch onderzoek.

Ieder warm lichaam zendt electromagnetische straling uit bij alle mogelijke golflengten, van het röntgen- over het zichtbare en infrarode gebied naar de radiogolven. De snelste sterren zenden het allergrootste deel van hun straling uit bij de golflengten van zichtbaar licht. Er blijken echter objecten in het heelal te zijn die het grootste deel van hun straling bij radiogolflengten uitzenden. Zoals in het zichtbare gebied, komt ook in het radiogebied continue en lijn-straling voor. Dit betekent dat een object straling kan uitzenden bij alle golflengten waarvan de intensiteit continu met de golflengte verandert; maar ook is het mogelijk, dat de straling slechts bij één golflengte optreedt.

Het is vooral deze lijn-straling die zo belangrijk is voor het onderzoek van het Melkwegstelsel. Immers wanneer straling wordt uitgezonden bij één speciale golflengte dan zal de golflengte waarbij we die straling waarnemen in het algemeen een andere zijn tengevolge van de beweging van het object ten opzichte van de waarnemer. Met behulp van deze golflengte verschuiving, het Doppler-effect, kan men de snelheid van het stralende object bepalen. Waar wij dus uit een waarneming van de intensiteit van de continue radiostraling in een bepaalde richting iets kunnen leren over de totale hoeveelheid stralende materie, kunnen we uit een waarneming van een spectraallijn bovendien de snelheidsverdeling in die richting bestuderen. Een dergelijke studie opent grote perspectieven. Want in het roterende Melkwegstelsel bewegen vrijwel alle objecten ten opzichte van elkaar,

en volgen daarbij zeer bepaalde wetten, waarvan we de grondvorm kennen, doch waarvan we de preciese getalwaarden slechts uit de waarnemingen kunnen afleiden. Ook kunnen we door een combinatie van waarnemingen, voor een groot deel van het Melkwegstelsel de afstand van de stralende materie bepalen. Een enorme winst dus op de optische waarnemingen.

Sinds de dagen van Kapteyn is de belangstelling en de activiteit van vele Nederlandse sterrenkundigen, met name in Leiden en Groningen, gericht op het Melkwegstelsel. Het is dan ook niet verwonderlijk dat reeds op het eerste colloquium over de radiosterrenkunde, in 1944, gepoogd werd een indruk te krijgen van de mogelijkheden van deze nieuwe tak van de sterrenkunde voor het Melkwegonderzoek. De belangrijkste conclusie was wel dat, alhoewel het aantal spectraallijnen in het radiogebied schaars is, en hun intensiteit bijzonder gering, er één was die waarschijnlijk wel waarneembaar zou zijn : de 21-cm-lijn van neutraal waterstofgas.

Het waterstofatoom heeft in zijn grondtoestand - waarin het electron in een zo nauw mogelijke baan rond de kern draait - nog twee verschillende energieniveaux. Het electron bezit nog een zeker magnetisch moment - het draait om zijn eigen as - hetwelk gelijk of tegengesteld gericht kan zijn t.o.v. het magnetisch moment van de kern. In het interstellaire gas worden bij botsingen tussen atomen onderling electronen uitgewisseld; dit heeft tot gevolg dat een deel van de waterstofatomen een electron heeft met een magnetisch moment gelijk gericht met dat van de kern. In die toestand heeft het atoom een iets hogere energie dan in de andere toestand. Het wil op de duur naar de lagere energietoestand, maar de overgangswaarschijnlijkheid is uiterst gering. Slechts eens in gemiddeld 11 miljoen jaar zal het atoom spontaan van de ene in de andere energietoestand overgaan. Daarbij komt een zeer bepaalde hoeveelheid energie vrij in de vorm van een stralingsquantum met een golflengte van 21,1064 cm. Gelukkig is waterstof verreweg het meest voorkomend element in het heelal, en bestaat ongeveer 95% van de gaswolken tussen de sterren uit neutraal waterstofgas. Door de enorme afmetingen van die wolken (van de orde van 10^{20} cm. of 100 lichtjaren) bevinden zich er zoveel atomen in de gezichtslijn dat de som van de straling die wordt uitgezonden bij die zo zelden voorkomende overgangen voldoende is om te worden waargenomen.

Dit was de voorspelling in 1944. In 1948 kwam het tot de oprichting van de Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg, welke zicht ten doel stelde het organiseren van onderzoek naar de radiostraling van de zon - die in 1942 ontdekt was - en van de melkweg. Het hoofddoel was het waarnemen van de 21 cm-lijn. Het bestuur van de Stichting, benoemd door de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, bestaat uit leden afkomstig van de sterrenwachten der Rijksuniversiteiten te Leiden, Utrecht en Groningen van de P.T.T., van het Natuurkundig Laboratorium van de N.V. Philips en van het Kon. Ned. Meteorologisch Instituut. Op deze wijze heeft de Stichting van het begin af kunnen profiteren van de hulp en adviezen van de beste experts in Nederland en heeft men kunnen vermijden dat het onderzoek of in sterrenkundig opzicht of in radiotechnisch opzicht te dilettantisch opgezet zou zijn, een mogelijkheid waarmee verscheidene buitenlandse instituten wel te kampen hebben gehad. Vanaf 1949 is deze Stichting gefinancierd door Z.W.O.

Om tot waarneming van de 21-cm-lijn te komen moest allereerst een antenne beschikbaar zijn. Daartoe stelde de P.T.T. op het terrein van haar zendstation Kootwijk Radio een Duitse radar-spiegel op, welke in de duinen nabij Katwijk van de ondergang gered was. Van de ongeveer 2000 spiegels die tijdens de oorlog voor het Duitse leger gemaakt werden, zijn er totaal helaas slechts een 30-tal gespaard gebleven. Deze 30 spiegels, ieder met een doorsnede van 7.5 m, en van een uitstekende kwaliteit, zijn vrijwel zonder uitzondering in gebruik voor radioastronomische en aanverwante doeleinden. Nederland bezit er 5 van.

In 1949 werd begonnen met de ontwikkeling van een ontvanger voor de 21 cm-lijn. Prof. Ir Muller slaagde er in Mei 1951 in deze straling te detecteren, en reeds een jaar later was het mogelijk om aan de hand van de toen verzamelde waarnemingen een overzicht te maken van de structuur van het Melkwegstelsel. De mededelingen die de voorzitter van de Stichting Radiostraling van Zon en Melkweg hieromtrent in 1952 deed op een astronomisch congres in Rome worden genoemd als een van de belangrijkste stappen voorwaarts in de Astronomie sinds de ontdekking van de manen van Jupiter door Galilei in 1610.

De radiotelescoop is een bolle spiegel die de straling die erop valt in het brandpunt concentreert. In de daar aanwezige dipoolantenne wordt door die straling een stroompje opgewekt, dat in de ontvanger wordt versterkt en tenslotte door een schrijvende voltmeter wordt opgetekend.

De aan de ontvanger te stellen eisen zijn enorm, als we bedenken, dat de door de antenne in Kootwijk opgevangen straling in een bandje van 40 kHz breed een energie vertegenwoordigt van slechts ongeveer 10^{-16} Watt voor de sterkst stralende punten aan de hemel, en 10^{-18} Watt voor de zwakste nog detecteerbare straling. Dit moge nog nader worden gedemonstreerd door de vermelding dat de televisiezender in Lopik aan de gemiddelde luisteraar in Nederland een biljoen maal sterker signaal toezendt. De in Kootwijk nog juist detecteerbare straling komt dus overeen met die van de zenderin Lopik, gezien vanaf 10^7 km, dat wil zeggen 30 maal de afstand tot de maan !

De waarnemingen worden als volgt verricht. Terwijl de radiotelescoop een punt aan de hemel in zijn dagelijkse beweging volgt, wordt de afstemming van de ontvanger langzaam veranderd. De ontvangen golflengte verandert dus continu, en de variatie van de stralingssterkte met de golflengte wordt geregistreerd. Bij een golflengte welke veel verschilt van de preciese golflengte van de spectraallijn, 21.1064 cm, is de intensiteit nul. Wanneer we dichterbij deze golflengte komen en haar passeren verschijnt er een kromme met bergen en dalen, welke aangeeft dat er klaarblijkelijk wolken waterstofgas zijn welke verschillende snelheden hebben, waardoor we hun straling t.g.v. het Doppler-effect bij verschillende golflengten waarnemen. Een verschuiving van 0.007 cm in de golflengte komt overeen met een snelheid van 100 km/sec. Het golflengtegebied waarin straling van de Melkweg wordt waargenomen loopt van 21.088 tot 21.124 cm, overeenkomend met snelheden van -250 km/sec (naar ons toe bewegend) tot + 250 km/sec (van ons af bewegend). De golflengtemeter in de ontvanger was zo nauwkeurig dat snelheidsverschillen van 0.4 km/sec al konden worden gemeten.

In vele verschillende richtingen, voornamelijk langs de Melkweg, werden in Kootwijk nu metingen gedaan. In 1952 en 1953 werd een eerste overzicht verkregen, en van eind 1953 tot midden 1955 werd een zeer uitvoerig onderzoek gedaan, waarbij in totaal op ongeveer 700 punten aan de hemel de volledige variatie van de intensiteit met de golflengte werd gemeten. Iedere waarneming die ongeveer 2 uur duurde, werd één of meer keren herhaald om een zo groot mogelijke nauwkeurigheid te verkrijgen.

Voor de interpretatie moest de reeds vroeger, via optische waarnemingen en theoretische discussies verkregen kennis omtrent de bewegingen in het Melkwegstelsel worden te hulp geroepen.

Het was mogelijk om via de Kootwijkse waarnemingen hieraan belangrijke numerieke gegevens toe te voegen, zodat reeds in 1954 de wijze van rotatie van ons Melkwegstelsel in de delen tussen de Zon en het Centrum nauwkeurig bekend was. Hierop voortbouwend gelukte het in 1956 te komen tot een uitgewerkt model van de massaverdeling in het stelsel. De totale massa van sterren en gas immers beheerst het zwaartekrachtveld en dus de omwentelingssnelheden. Men kan omgekeerd uit de rotatie en de uit optische waarnemingen bekende massaverdeling in de omgeving van de Zon de totale massaverdeling berekenen. Hiermede is het mogelijk op ieder punt van het Melkwegstelsel de snelheid van de materie, en dus ook van het waterstofgas aan te geven.

Zijn deze gegevens eenmaal bekend, dan kan men, als in een bepaalde richting in de Melkweg drie maxima in de 21 cm-lijn zijn waargenomen, deze in de volgende stappen interpreteren:

- 1e. De drie maxima zijn afkomstig van drie wolken of groepen van wolken van waterstofgas.
- 2e. Deze wolken hebben verschillende snelheden t.o.v. de Zon, hetgeen de verschillende golflengten van de maxima verklaart.
- 3e. We kunnen uit het verschil tussen de golflengten van deze maxima en de preciese golflengte van de spectraallijn de snelheden van de wolken bepalen.
- 4e. In ons model van de snelheidsverdeling in het Melkwegstelsel is het nu mogelijk de positie van de wolken op een plattegrond van de Melkweg precies aan te geven.
- 5e. Uit de intensiteit van de maxima kunnen we de dichtheid van het waterstofgas daar ter plaatse afleiden.

Door dit proces voor ieder van de 700 waargenomen punten te herhalen komt men dus tot een plattegrond van het Melkwegstelsel, waarin op vele punten de dichtheid van het waterstofgas is aangegeven. In de dichtheidsverdeling zit een duidelijke structuur, waarvan het belangrijkste kenmerk is dat het waterstofgas zich in langgerekte gebieden bevindt die ons Melkwegstelsel het aanzien van een spiraalnevel geven. Zo werd dus in Kootwijk bevestigd wat we reeds lang vermoedden op grond van vergelijkingen tussen ons eigen Melkwegstelsel en ander sterrenstelsels, een vermoeden dat met optische middelen niet of slechts zeer gebrekkig kon worden waargemaakt.

Intussen was het al vanaf de oprichting der Stichting duidelijk dat het noodzakelijk zou zijn op de duur te komen tot de bouw van een groot waarneeminstrument. De voornaamste reden van deze noodzaak is gelegen

in het feit dat het scheidend vermogen van een telescoop groter wordt evenredig met de diameter. Het scheidend vermogen van de 7.5 m Kootwijk-telescoop bedroeg ongeveer $2.3''$, d.w.z. details in de stralingsverdeling aan de hemel welke kleiner zijn dan ongeveer 4 maansdiameters waren niet waarneembaar. Dit had tot gevolg dat studie van de wolkstructuur van het interstellair gas bijzonder moeilijk was aangezien men verwachtte dat deze belangrijk kleinere details zou vertonen. Haast nog belangrijker was het feit dat alle extragalactische nevels, spiraalnevels als ons Melkwegstelsel, kleiner zijn dan $2''$. Een vergelijkend onderzoek van het waterstofgehalte van zulke nevels is van groot belang voor een bepaling van hun ouderdom en ontwikkelingsgraad. De sterren ontstaan immers uit het interstellair gas; in onze Melkweg is nog slechts 2% van alle massa aanwezig in de vorm van gas. We weten echter uit recente waarnemingen dat in andere sterrenstelsels het percentage overgebleven gas veel groter is en dus de ontwikkeling langs andere banen moet gelopen hebben. Een groter scheidend vermogen was dus een dwingende noodzaak.

Een compromis tussen technische mogelijkheden, astronomische wensen en financiële middelen gaf tenslotte in 1953 aanleiding tot het begin van de bouw van een beweegbare spiegeltelescoop van 25 meter diameter te Dwingeloo in Drente. De uitgezochte plaats, aan de rand van een heidereservaat, bleek een van de weinige plaatsen in Nederland waar men redelijkerwijze in de naaste toekomst geen grote toename van elektrische storingen kan verwachten. De telescoop werd in 1956 in gebruik genomen en was gedurende twee jaar de grootste radiotelescoop ter wereld. En zelfs thans kan nog gezegd worden dat wat nauwkeurigheid van aandrijving en spiegellend oppervlak betreft de Dwingeloo-telescoop gelijkwaardig is met de beste van de vele 25 meter-telescopen die in de laatste jaren, vooral in de Verenigde Staten, zijn verrezen. De bij de telescoop in gebruik zijnde 21 cm-lijn ontvanger is nog steeds niet geëvenaard door enige andere ontvanger ter wereld. Met recht mogen wij dus trots zijn op de ontwerpers en bouwers van deze ontvanger en telescoop! De Nederlandse radio-astronomie bekleedt, mede hierdoor, en ook door de grote energie waarmee velen zich aan de waarnemingen en de bestudering daarvan wijden, een vooraanstaande plaats in de internationale sterrenkunde.

Het scheidend vermogen van de nieuwe telescoop, $0^{\circ}.57$ of iets meer dan één maandiameter, stelde de astronomen in 1957 in staat het meest nabije van de sterrenstelsels, de Andromedanevel, in detail te bestuderen. Later werd deze studie gevolgd door waarnemingen van andere spiraalnevels. Er is nu al een tiental sterrenstelsels waarvan, dank zij de waarnemingen van de laatste jaren, niet alleen de totale hoeveelheid waterstofgas bekend is, maar ook een goede benadering voor de rotatiesnelheden kon worden verkregen. Hieruit was het weer mogelijk een schatting te maken van de totale massa van die stelsels. Het ziet er naar uit dat met behulp van een in aanbouw zijnde nieuwe ontvanger die in staat is objecten waar te nemen welke nog weer viermaal zwakker zijn dan de reeds zeer zwakke stelsels die tot nu toe werden waargenomen, opnieuw een grote stap verder in het heelal zal kunnen worden gemaakt.

Intussen werd ook ons eigen Melkwegstelsel niet vergeten. Reeds in de eerste maanden na de inbedrijfstelling van de nieuwe radio-telescoop werd de interessante ontdekking gedaan dat een deel van het waterstofgas in de omgeving van het Melkwegcentrum zich van dat centrum wegbeweegt. Het meest centrale deel van het Melkwegstelsel voert behalve een roterende, ook een expanderende beweging uit. Het onderzoek van deze expansie, dat thans voorlopig is afgesloten, heeft drie jaar geduurd en werd zeer bemoeilijkt door het feit, dat het Melkwegcentrum slechts negen graden boven de horizon van Dwingeloo komt en slechts gedurende 4 à 5 uur per dag zichtbaar is. Helaas hebben meer zuidelijk gelegen radiosterrenwachten nog niet de beschikking over ontvangers die zo nauwkeurig zijn dat ze deze waarnemingen kunnen aanvullen en voortzetten. De nieuwste resultaten van dit onderzoek worden elders in dit verslag nader uiteengezet.

Veel interessante resultaten zijn ook te verwachten van het onderzoek van een groot gebied rondom het sterrenbeeld Orion. In deze omgeving heeft men langs optische weg waargenomen dat er vele nieuwe sterren ontstaan. We hebben te maken met een nog jonge z.g. associatie van sterren, een sterrenwolk in onze Melkweg die eerst in de laatste miljoenen jaren gevormd is en waarvan een deel zelfs nog in wording is.

Het is uitermate belangwekkend om te weten te komen welke rol het waterstofgas speelt, hoe de gaswolken verbonden zijn met de stofwolken, en hoe de associatie zich beweegt. Uit theoretische overwegingen en optische waarnemingen volgt dat zo'n associatie na zijn ontstaan uiteenvalt; de sterren verwijderen zich van elkaar. Doet het waterstofgas hieraan mee?

Vele kleine en grote onderzoekingen, die in de jaarverslagen werden beschreven, werden reeds met de grote telescoop gemaakt. Onder andere werd bij twee golflengten in het continue spectrum het grootste deel van de hemel in kaart gebracht: de 22-cm kaart werd in 1958 gepubliceerd, die bij 75 cm is bijna gereed. De kijkers en bijbehorende ontvangers zijn in de loop der jaren uitgebouwd tot ~~een~~ perfect werkende automaten, die aan alle eisen van de sterrenkundigen kan voldoen. En nog steeds wordt geëxperimenteerd met nieuwe, meer volmaakte ontvangers om verder te kunnen doordringen in het heelal.

Een bescheidener, maar daarom niet minder belangrijke plaats, wordt ingenomen door het onderzoek van de radiostraling van de zon. Sinds 1956 wordt daarvoor een van de twee kleine 7.5 -m spiegels, welke ook in Dwingeloo zijn opgesteld, gebruikt. Bij een aantal verschillende golflengten worden zeer kortstondige verschijnselen waargenomen die men karakteriseert met de naam "stormstoten". Gedurende ongeveer 0.2 sec neemt de intensiteit van de zonnestraling toe met een bedrag dat varieert van enkele procenten tot een factor of meer. Over de oorsprong van deze zo snelle en hevige opvlammingen is nog niets met zekerheid bekend. Wel is zeker dat ze gevormd worden in zeer beperkte gebieden van de zomercorona, de ijle dampkring van de zon waarin zich vele met radioastronomische middelen waarneembare processen afspelen. De waarnemingen te Dwingeloo worden gedaan door, terwijl de telescoop de zon in haar beweging langs de hemel volgt, met een achttal schrijvende voltmeters de sterkte van de zonnestraling bij 7 golflengten en de polarisatie te registreren. Deze meters zijn in staat om verschijnselen die niet langer duren dan 0.01 seconde bij te houden. Het papier beweegt met een snelheid van 2.5 meter per minuut ! De 7 golflengten liggen ongeveer 0.5 cm uiteen. Het blijkt dat in het algemeen elke stormstoot slechts in een beperkt golflengtegebiedje optreedt.

Nu is het theoretisch aannemelijk, dat een verschijnsel dat slechts bij één golflengte optreedt, ook tot één bepaalde hoogte in de zonnecorona beperkt is. De 7 golflengten werden eerst rondom 75 cm, later ook rond 90, 110 en 130 cm gekozen, om daardoor verschillende lagen van de zonnesteatmosfeer te kunnen onderzoeken.

Tegelijk met de waarnemingen van de intensiteit wordt ook een waarneming van de polarisatie van de straling verricht, waaruit gegevens kunnen worden verkregen omtrent de met het verschijnsel verbonden magnetische velden.

Wij mogen dit verslag over de afgelopen tien jaar radioastronomie niet besluiten zonder een overzicht te geven van de hoeveelheid werk welke met de voorbereiding, waarneming en uitwerking is gemoeid. Het astronomisch onderzoek wordt thans verricht door de Sterrenwachten te Leiden, Utrecht en Groningen. Het totaal aantal personen, werkzaam in de radioastronomie in 1951, bij het begin van de waarnemingen, was 6 à 7. Thans zijn het er 37, waarvan er 17 in dienst zijn van de Stichting Radiostraling en de rest behoort tot het vaste personeel van de sterrenwachten. Bovendien wordt een belangrijk deel van de waarnemingen uitgevoerd door jongere-jaars studenten.

Het totaal aantal waarnemings-uren in de periode 1951 - 1955 te Kootwijk was ongeveer 15000 of 625 etmalen. In de 3½ jaar van september 1956 tot eind 1959 werd in Dwingeloo met de grote telescoop ongeveer 20000 uur of 825 etmalen waargenomen ! Het bereiken van een enorm hoog rendement was slechts mogelijk dank zij het voortdurend enthousiasme van allen die met het onderzoek zijn verbonden, van hoog tot laag, en dank zij de steun en belangstelling die van vele zijden werd ondervonden.

Het radioastronomisch onderzoek staat, ondanks de vele nieuwe ontdekkingen en belangrijke resultaten, nog slechts in de kinderschoenen. Ongetwijfeld zal in de komende jaren de oogst minder spectaculair, het werk harder worden. In dat opzicht zal deze nieuwe tak van wetenschap dan ook steeds meer gaan kijken op haar optische tegenhanger. Maar juist omdat Nederland wat betreft de kunde en het aantal van haar astronomen een belangrijke plaats inneemt, en omdat het Nederlandse klimaat de radiosterrenkunde nagenoeg niets in de weg legt, is het vertrouwen gewettigd dat de Stichting Radiostraling ook in de toekomst een belangrijke rol zal blijven spelen in het natuurwetenschappelijk onderzoek in de gehele wereld.

In aansluiting op dit overzicht over tien jaren moge nog een korte opsomming gegeven worden van het in het kalenderjaar 1959 verrichte werk.

Gedurende 1959 werd aan de 21 centimeter waarnemingen meegewerkt door 25 jongerejaars studenten en twee buitenlandse gasten. Totaal werd er 38 volle weken dag en nacht waargenomen. Waarnemingen van de zon met de kleine kijker werden verricht gedurende dagen.

Het onderzoek over Masers samen met de stichting FOM en het Philips Laboratorium werd in februari afgesloten. Er werd besloten dit type ontvanger niet voor praktisch bedrijf te ontwikkelen maar zich in plaats daarvan te concentreren op varactors versterkers. Hiermee werd zowel bij 400 MHz als bij 1420 MHz goede voortgang gemaakt.

De waarnemingen bij 21 cm betroffen: De expansie en rotatie van de materie in de onmiddellijke nabijheid van de melkwegkern (waarnemingen afgesloten, reductie bijna klaar). De materie op afstanden 3 tot 5 kpc van het centrum (waarnemingen afgesloten, automatische reductie voorbereid, zie beneden). Aanvullende waarnemingen voor het Orion programma. De wolkestructuur en wolksnelheden op middelmatige breedte in het bijzonder in de Perseusarm (waarnemingen grotendeels voltooid, reductie goed op weg). Neutral waterstof in de halo (niet gevonden, binnen de nauwkeurigheidsgrens). De associaties I en II Monocerotis en II Scorpii. Absorptiespectra in M8 en M 17. Een 6-tal extragalactische stelsels.

Deze opsomming betreft zowel de Leidse als de Groningse programma's. Het systeem, waarbij alle ijkingsmetingen volgens een vast schema voor gemeenschappelijk gebruik dienen, voldeed uitstekend. Tevens werd een speciaal programma uitgevoerd om de intensiteitsschaal van Dwingeloo aan die van Koetwijk aan te sluiten.

Voor de automatische reductie werd een kwart miljoen meetpunten in kaarten gepenst en een rekenprogramma ontwikkeld. Een digitale voltmeter en pons om onmiddellijk de waarneming in ponsband aan te brengen is in bestelling.

De bewerking van de continuüm waarnemingen bij 75 cm uit 1958 nadert zijn voltooiing. Inmiddels werd goede voortgang gemaakt met de voorbereiding van polarisatie waarnemingen bij deze golflengte.

Geruime tijd en aandacht van enkele bestuurs - en een personeels-
lid van de Stichting werd geleverd voor de uiterst belangrijke zaak
van het vechten voor de toekomst van de radiosterrekunde op de vier
maanden durende conferentie van de Internationale Telecommunicatie
Unie te Genève. De pogingen, ondernomen door nationale delegaties
en door een vertegenwoordiger van de I.A.U. en U.R.S.I., hadden
ten slotte succes, zodat thans voor het eerst frequenties voor radio-
sterrekunde in de officiële lijst van toewijzingen zijn opgenomen.
Hieronder valt ook de 21 cm lijn.

6491 B19888

PUBLICATIES.

C. de Jager, "The Structure of the Chromosphere and the low Corona", Paris Symposium on Radio Astronomy (IAU and URSI Symp) Stanford Univ. Press, 1959, Ch. 15.

T. de Groot, Spectra of short-lived transients in solar noise at 400 Mc/s, Ibid. Ch. 46.

M.G.J. Minnaert, Concluding lecture on the Sun, Ibid. Ch. 56.

C.A. Muller, 21-cm hydrogen-line absorption in the spectra of discrete sources, Ibid. Ch. 69.

H. van Woerden, The distribution of neutral hydrogen in the Orion Region, Ibid. Ch. 71.

H.C. van de Hulst, Concluding lecture on hydrogen-line sources, Ibid. Ch. 74.

J.H. Oort, A summary and assessment of current 21-cm results concerning spiral and dish structures in our Galaxy, Ibid. Ch. 76.

G.W. Rougoor and J.H. Oort, Neutral hydrogen in the central part of the Galactic System, Ibid. Ch. 77.

L. Volders and H.C. van de Hulst, Neutral hydrogen in extragalactic system, Ibid. Ch. 78.

G. Westerhout, 75-cm and 22-cm continuum surveys, Ibid. Ch. 80.

C.A. Muller, Hydrogen-line observations on the Coma cluster, Ibid. Ch. 83.

A. Blaauw, Concluding lecture on the large-scale structure of galaxies, Ibid. Ch. 84.

Louise Volders, "Neutral Hydrogen in M33 and M101", B.A.N. 14, 1959, Nr 492, p. 323.

D.G. Wentzel and H. van Woerden, Observations of M32 at 21 cm., Ibid. p. 335.

C.A. Muller, "21-cm observations on the Coma cluster", Ibid. Nr 493, p. 339.

G. Westerhout, "The Radio Galaxy", Scientific American, 201, 1959, 45.

J.H. Oort, "Radio-frequency studies of galactic structure", Handbuch der Physik, 53, 1959.

H.C. van de Hulst, "Radio Investigations of the Galactic System and Near-by Galaxies; Evidence for Magnetic Fields in Galaxies", Onzième Conseil de Physique Solvay, Brussel, 1959.

G. Westerhout, "Recent Galactic and extragalactic studies at Dwingeloo, The Netherlands", A.J. 64, 1959, 134.

J.H. Oort and G.W. Rougeor, "The interstellar gas in the central part of the Galaxy", A.J. 64, 1959, 130.

H.C. van de Hulst, "The Dwingeloo Radio Observatory", Higher Education and Research in the Netherlands 3, 1959 (ook in de Franse, Duitse en Spaanse uitgave).

Nog niet genoemd in verslag over 1958.

H.C. van de Hulst "The distribution of atomic hydrogen in the Galaxy", The large-scale Structure of the Galactic System, I.A.U. Symp. No. 5., Ch.5.

J.H. Oort, "Comparison of the Galactic System with other Stellar Systems", Ibid. Ch. 16,

Vast genoemd om niet te vergeten in het verslag over 1960.

B. Bülgel, B.J. Robinson, en J. Ubbink, "Some Characteristics of a Maser at 1420 MHz", Physica, 26, 1960, 1.

B.J. Robinson, C.L. Seeger, K.J. van Damme en J.T. de Jager, "On stabilising the gain of varactor amplifiers", Proc. Inst. Radio Eng., , 1960. (letter to the editors).

J.H. Oort and G.W. Rougeor, "Distribution and motion of interstellar hydrogen in the Galactic System with particular reference to the region within 3 kpc of the center, Proc. Nat. Ac. Sci., 46, 1960, 1.

Ch.L. Seeger, F.L.H.M. Stumpers en N. van Hurck, "Een 75-cm ontvanger voor radioastronomie en enige hiermee verkregen resultaten", Philips Technisch Tijdschrift 21, 313 (maart 1960).