

Vroege astrofotografie in Amsterdam

Het Anton Pannekoek Instituut voor Sterrenkunde in Amsterdam is van veraf goed te herkennen aan de waarneemkoepels die boven het gebouw uitsteken. In die koepels staan telescopen die studenten gebruiken voor hun eigen waarnemingsonderzoek; een belangrijk onderdeel van de opleiding tot sterrenkundige. Toch was het niet altijd mogelijk om dit soort onderzoek in Amsterdam zelf uit te voeren.



Afbeelding 1. Het sterrenkundig instituut van de Universiteit van Amsterdam rond 1930. Op de bureaus staan verschillende meetinstrumenten die gebruikt werden om fotografische platen uit te meten.

Toen het sterrenkundig instituut in 1921 werd gesticht, was er namelijk geen geld en geen geschikte locatie om ook een sterrenwacht te bouwen waar telescopen zouden kunnen staan. Om toch waarnemingsonderzoek mogelijk te maken, moest de kersverse directeur, Anton Pannekoek, op zoek naar andere opties. In plaats van een sterrenwacht, stichtte hij een sterrenkundig laboratorium waarin waarnemingen werden gedaan door middel van fotografische glasplaten. Hieronder beschrijf ik wat fotografisch sterrenkundeonderzoek precies inhield aan het begin van de twintigste eeuw, en geef daarmee een inkijk in de enorme impact die de fotografie heeft gehad op de dagelijkse praktijk van de sterrenkunde.

Fotografie in de sterrenkunde

De sterrenkunde was een van de eerste wetenschappen die de fotografie omarmde. Al snel na de uitvinding van de eerste fotografische technieken, in het midden van de negentiende eeuw, begonnen foto-onderzoekers en sterrenkundigen te experimenteren met het fotografisch waarnemen van de sterrenhemel. In eerste instantie ging het hierbij vooral om lichtsterke objecten als de zon en de maan. Aan het einde van de negentiende eeuw was de fotografische technologie echter zo ver ontwikkeld dat ook de sterren goed op te nemen waren op fotografische platen. Een enorm voordeel van de fotografie ten opzichte van waarnemingen met het blote oog was dat het mogelijk werd om meerdere fotografische opnames te maken die vervolgens later, en eventueel door anderen, konden worden uitgemeten. Pannekoek wilde hiervan gebruik maken door fotografische platen op andere sterrenwachten te laten opnemen om ze vervolgens naar Amsterdam te laten sturen waar ze konden worden uitgemeten.



Afbeelding 2. Anton Pannekoek. Anton Pannekoek in 1920.

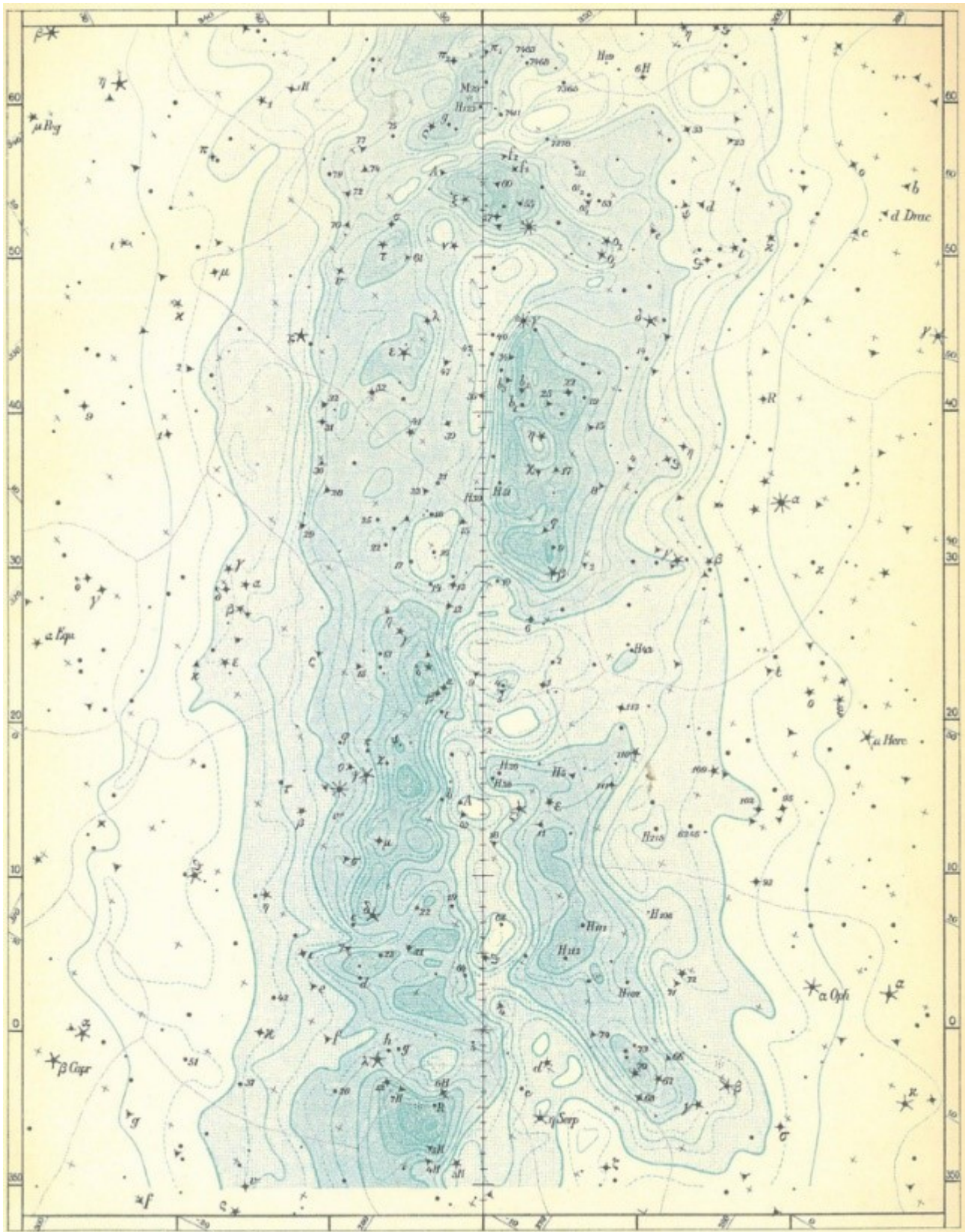
Door het stichten van een sterrenkundig laboratorium volgde Pannekoek in de voetstappen van de Groningse astronoom Jacobus Kapteyn, die net als Pannekoek geen beschikking had over een eigen sterrenwacht. Daarom ging Kapteyn in 1883 een samenwerking aan met David Gill van de Royal Observatory in Kaapstad. Nadat de fotografische platen in Kaapstad waren opgenomen werden ze per boot naar Groningen verscheept, alwaar Kapteyn en zijn assistenten heel nauwkeurig de coördinaten van de sterren op de platen uitmaten. Dit resulteerde in de indrukwekkende stercatalogus *Cape Photographic Durchmusterung*, waarin gegevens van 454.875 sterren in de zuidelijke sterrenhemel te vinden waren. Maar waar Kapteyn fotografie voornamelijk gebruikte voor positionele sterrenkunde, richtte Pannekoeks fotografische onderzoek zich op het beeld van de Melkweg en de astrofysica van

steratmosferen.

De fotografische Melkweg

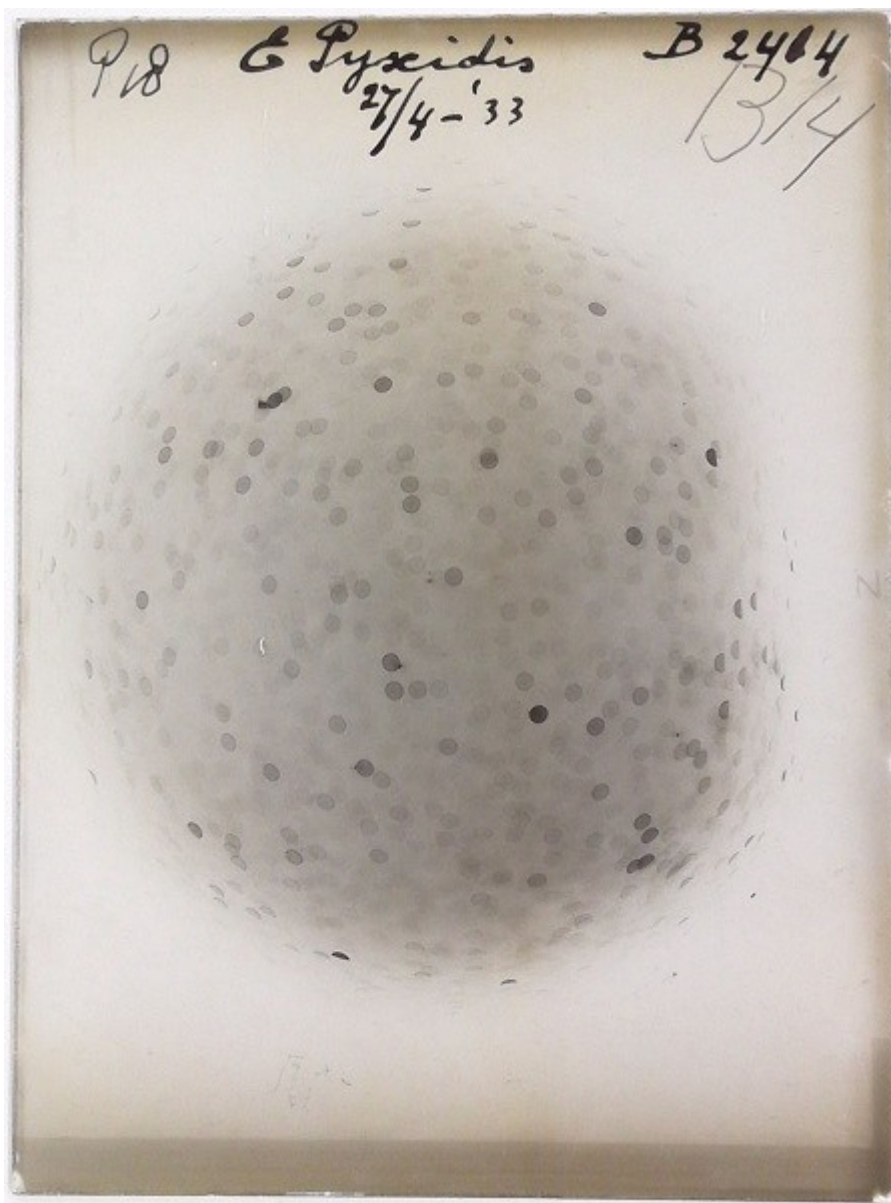
De Melkweg, een zwakke melkachtige band van licht aan de hemel, stond erom bekend dat hij lastig was vast te leggen op de fotografische plaat. Het licht van de Melkweg is namelijk opgebouwd uit het verzamelde licht van ontelbare sterren die te zwak zijn om met het blote oog te kunnen onderscheiden. Pannekoek noemde de Melkweg dan ook een optische illusie. Toch vond hij deze illusie wel waardevol voor de wetenschap omdat ze een idee gaf van de globale verdeling van de zwakke sterren in ons sterrenstelsel. Het probleem met melkwegfotografie was dat het melkweglicht uiteenviel in het licht van de losse sterren waar het uit was opgebouwd. Het oplossend vermogen van een fotografische plaat was blijkbaar een stuk hoger dan dat van het oog. Hierdoor was de algemene structuur van de Melkweg veel minder goed te zien en de grootschalige verdeling van het melkweglicht minder goed te meten op de fotografische plaat.

Om de Melkweg toch te kunnen weergeven maakte Pannekoek in eerste instantie gebruik van tekeningen en diagrammen die hij maakte op basis van waarnemingen met het blote oog. Al gauw bleek dat deze tekeningen erg verschilden van de tekeningen die door andere waarnemers werden gemaakt – tekeningen die ook weer onderling van elkaar verschilden. Om de individuele verschillen tussen de tekeningen eruit te filteren en zo toch een algemeen beeld van de Melkweg te kunnen geven, berekende Pannekoek vanuit de verschillende tekeningen een gemiddelde helderheid en vorm van de Melkweg. Dit resulteerde in wat hij het gemiddeld-subjectieve beeld van de Melkweg noemde: de Melkweg zoals een gemiddeld mens die zou kunnen zien.



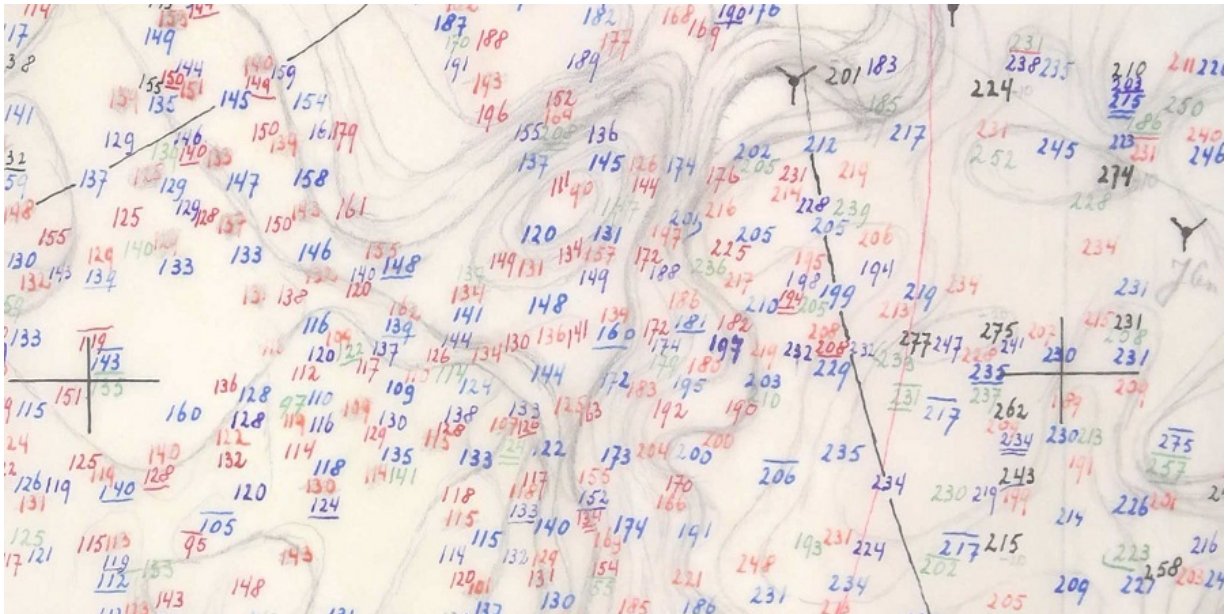
Afbeelding 3. Melkwegdiagram. Een diagram van het gemiddeld-subjectieve beeld van een deel van de noordelijke Melkweg. Dit diagram is samengesteld door de blote-oogwaarnemingen van meerdere sterrenkundigen met elkaar te combineren.

In aanvulling van het gemiddeld-subjectieve beeld van de Melkweg, wilde Pannekoek echter ook een fotografische weergave te maken. Hiervoor moest hij dus wel een nieuwe methode ontwikkelen. Pannekoek koos ervoor *extrafocale* opnames van de Melkweg te maken – dat wil zeggen: opnames die bewust niet scherp waren. Hierdoor kwam het licht van een ster niet samen in een enkel punt op de foto, maar werd het uitgesmeerd over een klein cirkeltje. De cirkels van verschillende sterren konden dan overlappen, wat het effect van de Melkweg kon nabootsen.



Afbeelding 4. Een fotografische plaat. Een van de extrafocale fotografische platen die Pannekoek gebruikte voor zijn fotografisch onderzoek naar de zuidelijke sterrenhemel.

Om de hele Melkweg vast te leggen had Pannekoek vele tientallen fotografische platen nodig, een flinke opgave waarvoor hij de hulp moest inschakelen van andere sterrenwachten. De platen voor de noordelijke Melkweg kwamen uit Heidelberg in Duitsland, terwijl de platen van de zuidelijke Melkweg in Lembang, Nederlands-Indië, en Maselspoort, Zuid-Afrika, waren opgenomen. Deze platen moesten heel precies worden uitgemeten om de helderheid op elk stukje van de plaat te bepalen. Vervolgens moesten deze metingen worden samengevoegd. Dit leidde uiteindelijk tot zowel een tabel als een diagram die de helderheid van de Melkweg weergaven. Maar dat waren niet de enige resultaten. Pannekoek besloot ook nog om de Melkweg te tekenen op basis van deze gegevens, zodat de fotografische Melkweg ook echt te zien was.



Afbeelding 5. De Melkweg in kaart gebracht. 1. Een deel van een werkblad dat Pannekoek gebruikte om de metingen van de extrafocale fotografische platen samen te voegen. Voor elke fotografische plaat gebruikte hij een andere kleur pen om de metingen op te schrijven. Met een potlood tekende hij de algemene structuur van de Melkweg die uit dit onderzoek naar voren kwam. 2. Een gepubliceerd diagram dat de helderheid van de Melkweg weergeeft. 3. Een tekening door Pannekoek van een deel van de zuidelijke Melkweg op basis van zijn fotografisch onderzoek.

Spectrofotografie

Een ander vakgebied waar Pannekoek veel onderzoek in deed was de astrofysica van sterren. Hierbij was het de vraag wat de temperatuur, druk, en chemische samenstelling van sterren was, en welke fysische processen in deze omstandigheden een belangrijke rol speelden. Deze vragen konden onderzocht worden door te kijken naar het [spectrum](#) van een ster. Op het moment dat het licht van een ster door een tralie of een prisma wordt gestuurd, valt het uiteen in de verschillende kleuren waaruit het is opgebouwd. In zo'n spectrum zijn vaak donkere lijnen te zien, de zogeheten [spectraallijnen](#). Door het spectrum van een ster te vergelijken met de spectra van gassen in verschillende omstandigheden op aarde, kan bepaald worden wat de omstandigheden in de buitenste lagen van een ster zijn.

Fotografie speelde bij dit alles een belangrijke rol omdat fotografisch opgenomen spectra door speciale meetinstrumenten heel precies gemeten en met elkaar vergeleken konden worden. Maar al dit meetwerk was wel arbeidsintensief: het uitmeten van spectra kostte wel vier tot vijf keer zoveel tijd als het opnemen ervan. Omdat spectra ook goed uitgewisseld konden worden tussen verschillende instituten, bood deze werkwijze echter de mogelijkheid tot internationale samenwerking. Pannekoek maakte hier op verschillende manieren gebruik van. Zo leende hij spectra die al eerder waren gebruikt in het onderzoek van andere sterrenwachten en ging hij zelf op eclipsexpedities om fotografische opnames te maken van het spectrum van de zonnecorona, de hete atmosfeer rondom de zon. Soms kon hij zelfs spectra op maat bestellen bij sterrenwachten die meer tijd hadden om opnames te maken dan om deze opnames uit te werken. Pannekoek werkte hierbij voornamelijk samen met Henry H. Plaskett van de Dominion Astrophysical Observatory (DAO) in Victoria, Canada, waar diens vader John S. Plaskett de directeur was.

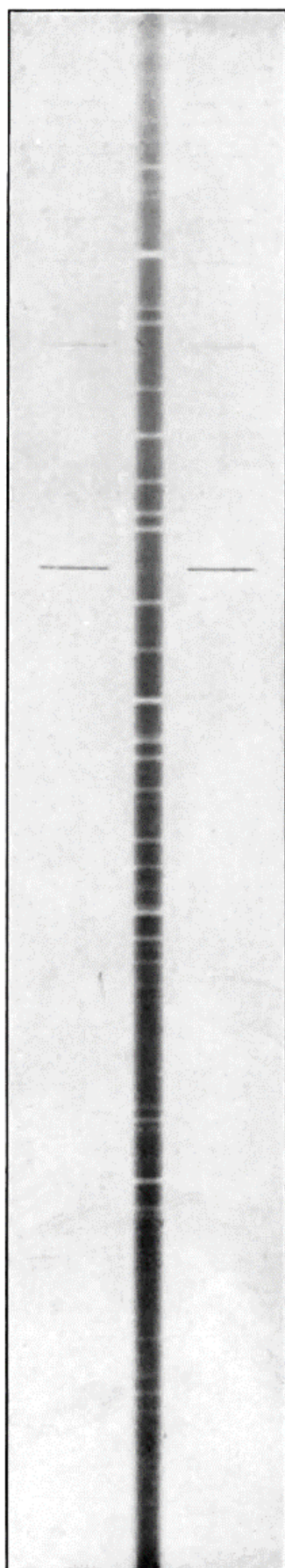
De samenwerking op afstand bracht wel extra problemen met zich mee. Doordat de spectra per boot verscheept moesten worden, duurde het weken voordat ze in Amsterdam aankwamen. Als dan bleek dat de spectra niet aan Pannekoeks wensen voldeden, gingen er weer weken voorbij voordat een nieuwe aanvraag in Victoria was aangekomen en de opnames opnieuw gemaakt konden worden. Bovendien vertrok Henry Plaskett in 1928 naar Harvard, waardoor de DAO niet meer genoeg waarnemers had om aan Pannekoeks wensen tegemoet te komen. Uiteindelijk nodigde John Plaskett Pannekoek uit om dan maar naar Victoria te komen om zelf de opnames te maken. Pannekoek ging volgaarne op dit aanbod in en vertrok in 1929 voor zes maanden naar de DOA, waar hij zo'n 50 spectra opnam. Aan zijn vrouw schreef hij dat dit hem zeker wel enkele jaren werk zou verschaffen, en dat bleek nog een voorzichtige schatting: uiteindelijk verscheen de laatste publicatie op basis van deze spectra pas in 1950.



Afbeelding 6. Het Dominion Astrophysical Observatory. De spiegeltelescoop van het Dominion Astrophysical Observatory die door Pannekoek is gebruikt om fotografische spectra op te nemen. Via [Wikimedia Commons](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dominion_Astrophysical_Observatory.jpg).

De fotografische spectra die Pannekoek maakte en bestelde waren voor meerdere soorten onderzoek nuttig. Allereerst was het van belang om ze heel precies uit te meten. Hierbij waren zowel de precieze golflengtes als de sterktes van de spectraallijnen van belang. Bij sommige sterren ging het dan om meer dan duizend lijnen per fotografisch spectrum. Al deze

gegevens werden in grote tabellen gepubliceerd waarin ook werd aangegeven welke elementen verantwoordelijk waren voor de lijnen. Met deze gegevens konden conclusies worden getrokken over de omstandigheden in de buitenste lagen van een ster, de zogeheten steratmosfeer. De temperatuur kon bijvoorbeeld bepaald worden door te kijken naar welke spectraallijnen aanwezig zijn en hoe sterk ze zijn, terwijl de druk bepaald kon worden door te kijken naar de breedte van de spectraallijnen. Door de spectraallijnen te vergelijken met complexe theoretische modellen van steratmosferen, kon zelfs achterhaald worden welke fysische processen zich allemaal afspelen in de sterren, in omstandigheden die op aarde onmogelijk na te bootsen waren.



-4464.47 Ti +
 -4468.49 Ti +
 -4472.93 Fe +

 -4481.23 Mg +

 -4491.41 Fe +

 -4501.27 Ti +
 -4508.29 Fe +

 -4515.34 Fe +
 -4520.24 Fe +
 -4522.64 Fe +

 -4534 Ti + Fe +
 -4541.52 Fe +

 -4549 Fe + Ti +
 -4555.90 Fe +
 -4558.66 Cr +
 -4563.77 Ti +

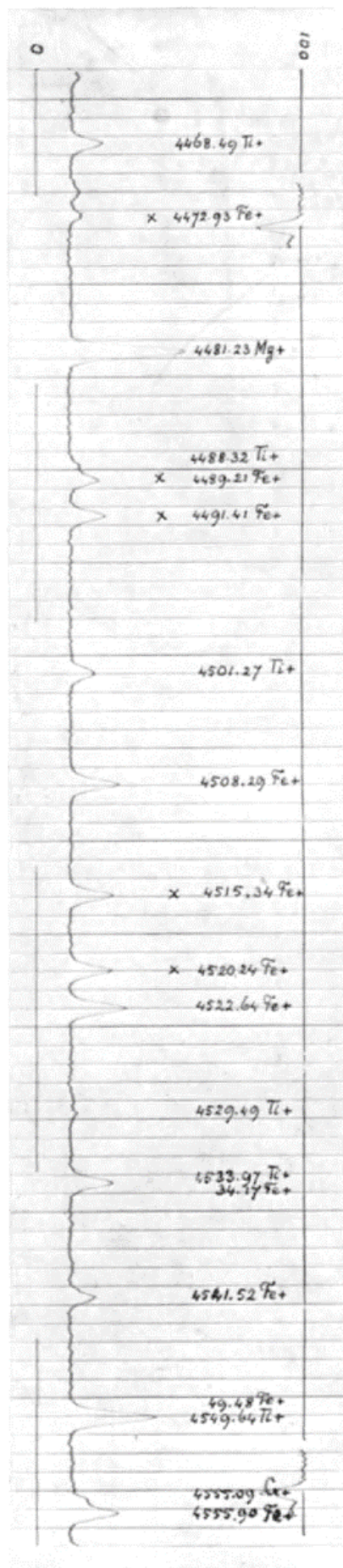
 -4571.98 Ti +
 -4576.31 Fe +

 -4583.84 Fe +
 -4588.21 Cr +
 -4592.06 Cr +

 -4618.87 Cr +

 -4629.33 Fe +
 -4634.12 Cr +

 -4656.98 Fe +
 -4663.05 Al +
 -4666.75 Fe +
 -4670.40 Sc +



Afbeelding 7. Het spectrum van Deneb. Een afbeelding van het fotografische spectrum van de ster Deneb (links) met een diagram van meetgegevens van het spectrum (rechts). Naast elke spectraallijn staat aangegeven wat de golflengte is en welk element verantwoordelijk is voor de lijn.

Door naar Pannekoeks fotografische onderzoek te kijken, krijgen we een duidelijk beeld van de rol en impact van fotografie op de sterrenkunde. Zo was het was bijna nooit de bedoeling om de sterrenhemel direct fotografisch af te beelden. In het geval van de Melkweg wilde Pannekoek dit juist actief vermijden door de Melkweg onscherp te fotograferen, en vervolgens een tekening te maken van de conclusies van dit onderzoek. In plaats van de fotografische platen te gebruiken voor afbeeldingen van de sterrenhemel, werden ze gezien als een middel om waarnemingen op te slaan en te delen tussen sterrenwachten. In de praktijk betekende dit voor veel sterrenkundigen dat ze niet langer 's nachts achter de telescoop zaten, maar overdag achter de meetinstrumenten. Met de opkomst van digitale technieken zijn de glasplaten vervangen door digitale bestanden en de meetinstrumenten door computers, maar het principe blijft hetzelfde. Hoewel het sterrenkundig instituut inmiddels wel beschikt over een eigen sterrenwacht, zijn de sterrenkundigen in Amsterdam voornamelijk bezig met waarnemingen die elders zijn gedaan.

Bronnen:

Chaokang Tai. "[The Milky Way as Optical Phenomenon: Perception and Photography in the Drawings of Anton Pannekoek](#)". In Chaokang Tai, Bart van der Steen, and Jeroen van Dongen (red.), *Anton Pannekoek: Ways of Viewing Science and Society*, 219-247. (Amsterdam: Amsterdam University Press, 2019).

Chaokang Tai. [Anton Pannekoek, Marxist Astronomer: Photography, Epistemic Virtues, and Political Philosophy in Early-Twentieth Century Astronomy](#). Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 2021.