



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Jaap Kistemaker en uraniumverrijking in Nederland 1945-1962

Streefland, A.H.; Streefland A.H.

Citation

Streefland, A. H. (2017, September 20). *Jaap Kistemaker en uraniumverrijking in Nederland 1945-1962*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/52965>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/52965>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/52965> holds various files of this Leiden University dissertation.

Author: Streefland, A.H.

Title: Jaap Kistemaker en uraniumverrijking in Nederland 1945-1962

Issue Date: 2017-09-20

2 HET URANIUMPROJECT (1949-1955)

1 De toekomst tegemoet

De werkgroep van Bakker in Amsterdam stond in 1949 voornamelijk in het teken van de verhuizing van het laboratorium in het Zeemanlaboratorium naar de nieuwe locatie op de Hoogte Kadijk 192. In de zomer werd met de verhuizing begonnen. Het gebouw was een oude elektriciteitscentrale, gebouwd in 1903 als de eerste centrale van de Gemeente Elektriciteitswerken (later GEB genoemd). De gemeente wilde in de eerste jaren van de twintigste eeuw de tram en de kranen van het havenbedrijf elektrificeren. Hiervoor werd het GEB opgericht. Voor de energiefabriek aan de Hoogte Kadijk werd een gedeelte van het oude Entrepotdok afgebroken. In de jaren dertig en veertig werd de centrale steeds minder belangrijk voor de opwekking van elektriciteit. Tot 1931 bleef het gebouw volledig voor stroomopwekking in gebruik, maar daarna werd het geleidelijk ontmanteld. In 1946 verdween het grootste gedeelte van de machines, de ketels en de schoorstenen.¹ Wat wel in het gebouw gevestigd bleef was de werkplaats van het GEB.

De laboratoriumruimte die aan FOM werd verhuurd bevond zich aan de kant van de Hoogte Kadijk. Een kleine deur bood toegang tot een grote hal, met een oppervlak van 200 vierkante meter. Het laboratorium kreeg de beschikking over twee magazijnen, een kleine werkplaats, een instrumentmakerij, een glasblazerij en een klein kantoortje, waar de administratie en boekhouding werden gedaan. De kleine werkplaats werd met allerlei nieuwe apparaten uitge-

rust. Zo werden twee nieuwe draaibanken, een nieuwe boormachine en een slijpkop aangeschaft.² Een freesbank werd pas in de loop van 1950 aangeschaft, tegelijk met een tweedehandszaagmachine.³ Later, in de laatste maanden van 1951, werd een klein chemisch laboratorium met kantoortje boven de toegangsdeur en boven op de instrumentmakerij gebouwd. Dit werd uitgevoerd door medewerkers van de werkplaats van het GEB.⁴

Het betrekken van het nieuwe laboratorium bracht veranderingen in de machtsstructuur. Bakker verhuisde namelijk niet mee naar de Hoogte Kadijk. Hij bleef directeur van zowel het Zeemanlaboratorium van de UvA als van het IKO. Ook bleef hij leider van de onderzoeksgroep MS-I, waaronder Kistemakers werk viel. Kistemaker werd de onofficiële leider van het laboratorium. Vanwege de grotere verantwoordelijkheid die hiermee gepaard ging, kreeg hij van FOM een loonsverhoging.⁵ Of er feitelijk veel veranderde, is de vraag. Een oud-medewerker vertelde dat Bakker ook vóór de verhuizing niet vaak op het laboratorium aanwezig was. Soms kwam hij langs voor een overleg, maar eigenlijk deed Kistemaker het meeste werk zelf.⁶

Op het laboratorium was Kistemaker de enige werknemer in, zoals het bij FOM werd genoemd, 'vaster verband'. De andere twee medewerkers waren door FOM aangesteld in 'gewoon verband': een tijdelijke aanstelling. Dit waren Menno Eppo Reinders en, nadat Douwes Dekker van het laboratorium vertrok, Cees Zilver schoon, over wie later meer. De inrichting en opbouw van het laboratorium eisten de laatste maanden van 1949 veel van de medewerkers. Kistemaker riep geregeld de hulp in van de arbeidskrachten van de werkplaats van het GEB, die zich bijzonder behulpzaam opstelden. Zo hielpen ze mee met de verhuizing en met de inrichting van de grote hal. Later kon Kistemaker een hoogspanningstransformator van hun werkplaats lenen.⁷ Aan het einde van het jaar begon Kistemaker voorbereidingen te treffen om met de opbouw van de separator te beginnen. 'De gebreken die nog aan de inrichting kleven, hopen wij in 1950 op te heffen,' schreef Kistemaker in een verslag aan FOM.⁸

Op nationaal niveau was de Stichting FOM de drijvende kracht

achter het kernfysisch onderzoek. Kramers was nog steeds voorzitter van de Raad van Bestuur, die bestond uit twaalf mannen, voornamelijk vooraanstaande hoogleraren, en een enkele beleidsmaker. Bannier zat in het bestuur als vertegenwoordiger van het ministerie van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen en tegelijkertijd als vertegenwoordiger van ZWO, waar hij directeur van was. H.R. Kruyt vertegenwoordigde TNO in het bestuur. Het Uitvoerend Bestuur van FOM, ook wel het dagelijks bestuur genoemd, bestond uit Kramers als voorzitter, Woltjer als secretaris en Milatz als penningmeester. Milatz werd bijgestaan door de administrateur van de stichting, W.J. Beekman, wiens functie later een andere naam kreeg: directeur van FOM.⁹

Zoals ook al in het vorige hoofdstuk naar voren is gekomen, werd het onderzoek bij FOM onderverdeeld in werkgroepen en gecoördineerd door een vijftal commissies. Alle werkgroepen van FOM waren verplicht om elk kwartaal een uitgebreid werkverslag te sturen naar de Raad van Bestuur. Deze verslagen werden vervolgens doorgestuurd naar de leiders van alle andere werkgroepen, zodat iedereen op de hoogte bleef van het werk van de anderen.¹⁰ Kistmakers project viel onder de commissie voor Massaspectrografie, met daarin Bakker, Dorgelo en Milatz. De andere commissies coördineerden onderzoek naar metalen, naar de vraag of er in Nederland een kernreactor gebouwd moest worden (de zogenoemde 'reactorcommissie'), naar de mogelijkheden die er waren om energie uit thoriumhoudend monazietzand op te wekken en ten slotte naar de mogelijkheden van de bouw van een kernreactor in samenwerking met Noorwegen. De laatste twee commissies werden in de loop van 1949 opgericht. De samenwerking met Noorwegen was het gevolg van een doortastend optreden van Kramers¹¹ bij de officiële ingebruikname van het cyclotron van het IKO in Amsterdam op 11 november 1949. Voor de opening kwamen wetenschappers uit tientallen landen samen op het IKO. Het was dan ook het grootste cyclotron van West-Europa.¹² De Amsterdamse hoogleraar Clay had een tiental wetenschappelijke vertegenwoordigers uit België, Zwitserland, Zweden, Noorwegen en Denemarken speciaal uitgenodigd om het eens te hebben over een samenwerking op kernfysisch ge-

bied binnen deze 'kleine' landen.¹³ Er werd zeer positief op het initiatief gereageerd. Zo werd er een internationale 'commissie Atoomsplijtoven' opgericht, met Kramers als voorzitter, om na te denken over een gezamenlijk te bouwen kernreactor.¹⁴

Wat Kramers echter jammer vond, was dat de Noorse hoogleraar vanwege ziekte af had moeten zeggen voor de feestelijke opening. Kramers was hoogst benieuwd naar de Noorse plannen. Hij besloot daarom zelf naar Oslo te reizen, waar hij met de Noorse fysicus Gunnar Randers sprak, die kort daarvoor in Kjeller, vlak boven Oslo, een kernfysisch project was gestart met als doel een kernreactor te bouwen. Noorwegen was wereldwijd een van de grootste producenten van zwaar water, een stof die goed werkt als moderator in een reactor met uranium als brandstof. Kramers hoorde van Randers dat het land echter moeite had om aan uranium te komen. Nog dezelfde avond waren de twee heren het in grote lijnen eens over een overeenkomst waarbij de Stichting FOM de Noren het Nederlandse uranium zou leveren. In ruil daarvoor mocht Nederland deelnemen aan het gebruik van de Noorse kernreactor. In de loop van 1950 zouden deze plannen door de ministerraad worden goedgekeurd.¹⁵ Dit was het begin van de Noors-Nederlandse samenwerking, waarvan de kernreactor in Kjeller het uiteindelijke resultaat zou zijn.¹⁶ In juli 1951 werd deze reactor voor het eerst kritiek.¹⁷ Het uranium dat in de naoorlogse jaren door de Nederlandse wetenschappers was voorbestemd om gezuiverd en verrijkt te worden had hiermee een doel gekregen. In 1951 zouden 103 van de 200 vaatjes uraniumgrondstof ('yellowcake') worden verscheept naar Groot-Brittannië, waar ze werden ingeruild voor een even grote hoeveelheid (gezuiverd) uraniummetaal. Dit metaal zou naar Noorwegen worden verscheept voor gebruik in de kernreactor.¹⁸ Daarmee kreeg ook het onderzoek van Bakker en Kistemaker naar scheiding van isotopen en vooral verrijking van uranium een verhoogde urgentie. Toen de isotopenseparator vanaf 1952 gereed werd gemaakt om uranium te verrijken, ontving het laboratorium een aantal grote opdrachten uit Kjeller.¹⁹ Zover was het echter nog niet.

2 De magneet

De nieuwe huisvesting zorgde voor de ruimte die nodig was om met de opbouw van de kolossale magneet te beginnen. Gekozen was voor een magneet in de vorm van een halve cirkel met een diameter van 2 meter. De polen van de magneet bevonden zich in de hoefijzerachtige vorm, boven en onder een lege ruimte waar het magneetveld de isotopen af zou gaan buigen. Achter de polen bevond zich het juk van de magneet, waar een grote spoel omheen gebonden werd. Deze spoel verzorgde het magnetische veld. Voor de afmetingen van de verschillende onderdelen van het apparaat werd advies ingewonnen in Engeland.²⁰ Daar werd aangeraden om de afstand tussen de twee poolschoenen, dus tussen de hoefijzervormige noord- en zuidpool van de magneet, 30 centimeter te maken. Omdat voor een dergelijke magneet meer dan 100 ton ijzer nodig zou zijn, werd dit echter te kostbaar geacht voor het Amsterdamse laboratorium. Kistemaker besloot om de afstand tussen de schoenen terug te brengen tot 17 à 20 centimeter. Hierdoor zou de intensiteit van de ionenbundels minder worden, maar op dit moment leek dat niet heel bezwaarlijk te zijn.²¹

Kistemaker vroeg bij de firma Demka in Utrecht een offerte aan voor de bouw van de magneet. Een in vijf stukken gegoten magneet zou tussen 40.000 en 50.000 gulden kosten.²² Zo groot was het budget niet. Daarom besloot Kistemaker om het apparaat uit gewalst plaatijzer op te bouwen. Waarschijnlijk zou dat goedkoper uitkomen. Om na te gaan of dit inderdaad uitvoerbaar was, besloten Kistemaker en zijn medewerkers om een kleine proefmagneet, schaal één op vijf te laten bouwen. Met deze kleine magneet kon bovendien worden nagegaan of het gewenste magneetveld tussen de poolschoenen met het aanwezige vermogen wel was te bereiken. Voor het bouwen van de proefmagneet werd de firma Werkspoor benaderd.²³ Werkspoor, een afkorting van de Koninklijke Nederlandsche Fabriek van Werktuigen en Spoorwegmaterieel, was een van de grootste Nederlandse machinefabrieken. Het bedrijf bouwde voor de oorlog een groot deel van de treinen van de Nederlandse Spoorwegen. Na de oorlog legde het bedrijf zich toe op de bouw van bussen en trams. De omvangrijke

fabrieken van de Amsterdamse tak van Werkspoor bevonden zich op het Oostenburgereiland, vlak bij Kistemakers laboratorium. Werkspoor zou in de komende jaren veelvuldig door het laboratorium benaderd worden voor constructieklussen. Langzamerhand ontstond er een hechte samenwerking tussen de twee instellingen.

Het bouwen van de kleine proefmagneet ging al gauw een eigen leven leiden en werd een onderzoeksproject an sich: Werkspoor ontwikkelde niet minder dan vijf proefmagneten.²⁴ Tijdens het maken van deze apparaten ontstond het besef dat een homogeen magneetveld niet goed genoeg zou zijn voor de separator. De isotopen moesten namelijk gebundeld aan de andere kant van de magneet uitkomen. Daarom werd het plan opgevat om een dubbel focusserende magneet te ontwikkelen, waarbij de bundels van de verschillende isotopen allebei precies op het voor hun bedoelde doelwit (of 'target', zoals ze het zelf noemden) terecht zouden komen. Dit kon bewerkstelligd worden door een specifiek profiel in het metaal van de poolschoenen in te bouwen. De zogenoemde theorie van Beiduk-Konopinski maakte het mogelijk de exacte vorm van een dergelijke magneet uit te rekenen. De proefmagneten werden gebruikt om deze dubbele focussing uit te testen. Bij de vijfde testmagneet was een profiel gevonden dat tot op één promille met de theorie overeenstemde. Voldoende om dit ontwerp toe te passen als model van de grote magneet.²⁵

Nu Werkspoor zich bij het uitgebreide vooronderzoek zo bereidwillig had opgesteld, mocht het bedrijf de constructie van de uiteindelijke magneet verzorgen. De benodigde stalen platen – 53 ton, volgens de opgave van Werkspoor – werden door Hoogovens in IJmuiden geleverd. De platen waren 19 millimeter dik. Het juk achter de magneet werd opgebouwd uit 125 tegen elkaar geplaatste platen die met zes trekstangen bijeen werden gehouden. In mei 1950 werd de magneet door Werkspoor opgeleverd en op vier in cement gegoten spoorstaven geplaatst. De poolschoenen werden uit 6 centimeter dikke staalplaten 'gedraaid', zoals men dat noemde.²⁶ Nadat het hoefijzervormige gedeelte van de magneet klaar was, was het tijd om de spoel om het juk te wikkelen. Dit werd door de medewerkers van het laboratorium zelf gedaan: een monniken-

werk. In Duitsland was 5000 meter koperbuis besteld, dat in januari werd geleverd in stukken van 25 meter lang. Deze stukken werden, onder leiding van Meester Janssen, schuin afgesneden en een klein stukje in elkaar geschoven. Vervolgens werden ze met een sterke zilveren las aan elkaar gelast. De spoel had een dubbele functie. Allereerst verzorgde ze het magnetische veld in de magneet. Ten tweede werd er door deze holle buizen onder hoge druk water gepompt, om de magneet af te koelen. De buizen werden ter isolatie met – in totaal 15 kilometer – olielinnen omwikkeld.

Om dit helse karwei iets te vereenvoudigen ontwierp de werkplaats van het laboratorium een aantal handige hulpwerktuigen, zoals een speciale wikkelmachine.²⁷ In januari bezocht Meester Janssen samen met Kistemaker het natuurkundig laboratorium van Philips, om daar onder andere met meester-glasblazer Smulders te overleggen over de beste lasmethoden (en om een paar uur samen te lassen). Philips was goed op de hoogte van nieuwe en stevige materialen, met namen als Kermanox, Telcoseal, Nonax en Pyrex. Daarnaast kreeg Kistemaker de waardevolle tip om de ionenbron, die nog niet goed genoeg functioneerde, van de sterke stof grafiet te maken. Grafiet was goed bestand tegen extreme hitte – iets wat de ionenbron parten speelde, zoals we spoedig zullen zien.²⁸

Het omwikkelen van de spoel hield tien man gedurende twee maanden bezig.²⁹ Ook nu kreeg het laboratorium veel technische hulp van de Centrale Werkplaatsen van het GEB. Op 1 september 1950 was de magneet, die uiteindelijk meer dan 40 ton woog, klaar voor de eerste proeven.³⁰ Dit betekende echter nog niet dat ook de separator af was.

3 Het afbouwen van de separator

Nu de magneet af was, kon met de afwerking van de separator worden begonnen. Allereerst moest de magneetkamer volledig worden afgesloten van de buitenlucht. Hiervoor gebruikte Kistemaker technieken die ook in de vacuümafdichting van het cyclotron waren gebruikt. Roestvrijstalen platen, messing en een speciaal soort rubber

werden ingezet om een goede luchtdichte afsluiting te krijgen. Een grote pomp trok de ruimte tussen de poolschoenen van de magneet vacuüm.³¹ Aan de zijkant van de magneet werd de installatie om de ionen op te vangen, de collector, beweeglijk gemonteerd zodat de focus van de separator – bij elk element verschillend – opgezocht kon worden.³² Daarnaast werden er verschillende hulppapparaten in en aan het apparaat gemonteerd voor het aflezen van de druk, de temperatuur en de sterkte en verstrooidheid van de ionenstroom in de vacuüm magneetkamer. Ook kon met behulp van slim geplaatste hulpmiddelen een gedeelte van het massaspectrum direct op een scherm zichtbaar worden gemaakt. In het bedieningspaneel werd daarvoor een speciale oscillograaf met een extra groot beeldscherm geplaatst.³³ De meeste van deze apparaten moesten op het laboratorium aangepast worden voordat ze in gebruik konden worden genomen. De eerste tests met de separator werden gedaan aan het massaspectrum van lucht. De invloed van verschillende grootheden (zoals de gasdruk, de stroomdichtheid) werd onderzocht, met als doel het apparaat op een juiste manier te kalibreren.³⁴ Daarna werd de separator klaargemaakt voor het scheiden van zwavelisotopen.³⁵

Het meest zorgwekkende gedeelte van de separator bleef de ionenbron. Omdat de bron lange tijd continu ionen moest kunnen produceren, werd het apparaat erg warm: al snel meer dan 800 °C. Op zich was dit ook de bedoeling: de bron functioneerde als oven waarin vloeistoffen verdampten tot een geïoniseerd gas. Maar als hij lange tijd achter elkaar in gebruik was, werd hij té warm, waardoor bepaalde soorten soldeer begonnen te smelten. Om dit te ondervangen werd de ionenbron van het hittebestendige roodkoper gebouwd, met een smeltpunt boven de 1300 °C. Als de hoogspanning werd ingeschakeld veranderde de bron daardoor in een roodgloeiende doos.³⁶ Maar binnen in de ionenbron bleek het zelfs voor roodkoper te warm te worden. Zo bleek de reflectorplaat, die in de bron nodig was om de elektronen in goede banen te leiden, zich te dicht bij de gloeiend hete gloeidraad te bevinden. Omdat ‘roodkoper daar zelfs smolt, evenals de pyrex isolatie’, moest dit onderdeel van ijzer met kwartsisolatie gemaakt worden.³⁷ Der-

gelijke aanpassingen maakten dat deze versie van de bron zo'n 40 procent beter functioneerde dan die bij eerdere pogingen.

Maar in 1951 zorgde de koperen ionenbron weer voor een flinke vertraging. Er bleken veel verstoringen op te treden, in de vorm van 'hash', oftewel ruis.³⁸ Dit kwam neer op onregelmatigheden in de uit de bron komende ionenstroom. Dit werd in de magneetkamer versterkt waardoor het onmogelijk werd om een mooi gefocuste 'beam' van ionen te krijgen. Waar deze ruis vandaan kwam bleef lange tijd onduidelijk. Wellicht werd de bron gestoord door andere elektrische apparaten in de buurt. Maar waarschijnlijker was het dat de bron vanwege de hoogspanning doorsloeg met de lucht. In 1951 werd naarstig een oplossing voor dit probleem gezocht. Met wat aanpassingen werkte het apparaat voldoende om er experimenten mee uit te voeren, maar Kistemaker besloot dat er in 1952 een grondig onderzoek naar de verbetering van het apparaat nodig was.³⁹

In het begin van 1952 vonden de eerste pogingen plaats om gescheiden isotopen op te vangen. Er werd gebruikgemaakt van rechthoekige opvangbakjes, zogenoemde collectorkamers. De rechthoekige vorm bleek slecht te werken omdat de meeste isotopen (zo'n 80 procent) terugstuiterden de magneetkamer in.⁴⁰ Deze reflectie, of 'sputtering', gaf aanleiding tot een uitgebreid onderzoek naar een betere vorm van de opvangbakjes. Bij elk element bleek een andere vorm het beste te werken, waarbij bovendien voor elk element een andere coating werd gebruikt.⁴¹ In twee korte proefsessies werden in de eerste maanden van het jaar ongeveer 0,4 milligram zwavelisotopen en 1,1 milligram siliciumisotopen gescheiden. Het chemisch laboratorium maakte vervolgens de isotopen vrij uit de collectorbakjes. De resultaten konden nog niet getest worden op zuiverheid omdat de massaspectrograaf op het laboratorium nog niet goed werkte.⁴²

Bij het scheiden van silicium kwam een volgend belangrijk probleem naar voren. Voor het ioniseren van de stof werden chloorverbindingen gebruikt, maar deze bleken te reageren met het koper in de ionenbron. Hierdoor ontstond er een dikke laag koperchloride, wat zeer veel problemen met zich meebracht. En aangezien het in het vooruitzicht lag dat de meeste stoffen met behulp van chloor-

verbindingen in de ionenbron gebracht gingen worden, moest de bron alweer worden aangepast. 'Een grafietbron is dus dringend nodig,'⁴³ schreef Kistemaker, die zich blijkbaar de lessen van Philips herinnerde (zie hierboven). Omdat een bron van grafiet, zeer hittebestendig en minder reactief dan koper, volgens vrijwel dezelfde principes als een koperen bron werkte, was het apparaat relatief snel omgebouwd. Wel bleven ook in de grafietbron de storende ontladingen en hoogspanningsdoorslagen plaatsvinden. Gaandeweg werd hier een oplossing voor gevonden door 'geschikt gevormde afschermkappen' te maken.⁴⁴ 'Een gedegen kennis van de ontlaadingsstoestand in de bron is zeer noodzakelijk,' schreef Kistemaker in een werkverslag aan de FOM.⁴⁵ De grafietbron, die in de loop van 1952 gereedkwam, werd in de laatste maanden van het jaar verbeterd door aanpassingen aan de afschermkappen. De grote warmte in de bron (soms liep de temperatuur op tot meer dan 1000 °C) zorgde bij tijd en wijle nog steeds voor problemen waardoor de laatst overgebleven koperen onderdelen vervangen moesten worden door roestvrijstalen. 'Dit was mogelijk door de zeer tegemoetkomende houding van Werkspoor, waar men ons in dit speciale geval behulpzaam wilde zijn.'⁴⁶

Behalve aan de grote isotopenseparator werd er op het laboratorium tevens aan een tweetal kleinere projecten gewerkt. Ten eerste werd het uiteindelijke proefmodel van de magneet van Werkspoor omgebouwd tot een massaspectrometer. Deze werd, de 'grote massaspectrometer' gedoopt. De magneet werd uitgebreid met pompapparatuur en een metalen spectrometerbuis. Van deze spectrometer werd veel verwacht, vooral vanwege het dubbel focuserende magneetveld. Het apparaat werd later ingezet om de isotopen uit de grote separator te analyseren.⁴⁷ Ten tweede werd aan de 'leakdetektor' gewerkt. Deze 'kleine massaspectrometer' werd door laboratoriummedewerker Reinders gebruikt voor het uitvoeren van H₂-D₂ analyses. Dit gebeurde in nauwe samenwerking met de hoogleraar radiochemie Adriaan Henrik Willem Aten (jr.), werkzaam op het IKO.⁴⁸ Toen Reinders na zijn promotie in de zomer van 1951 van het laboratorium vertrok kwam dit werk tot stilstand.⁴⁹ De opvolger van Reinders, G.Th. de Kruift, 'heeft allereerst het gehele ge-

compliceerde apparaat gedemonteerd om het te leren kennen'.⁵⁰ Vervolgens bracht hij een paar verbeteringen aan, maar deze leak-detektor bleek ondermaats te presteren en is uiteindelijk afgestoten.

Omdat er op het laboratorium een dringende behoefte was aan een goed functionerende massaspectrometer voor de analyse van de resultaten van de grote isotopenseparator, raakte Kistemaker geïnteresseerd in de mogelijkheid om een dergelijk apparaat in het buitenland aan te schaffen. Vanuit Engeland en Duitsland werden vanaf 1950 massaspectrometers commercieel aangeboden. Begin oktober kwamen er twee wetenschappers van het bedrijf Atlas Werke uit Bremen op bezoek in Amsterdam. Zij boden aan om voor een prijs van 50.000 gulden en een levertijd van een halfjaar een volledig functionerende massaspectrometer te leveren. Kistemaker kon nergens op ingaan – dat moest op een ander niveau worden besloten. 'Daarna gingen ze naar de BPM,' schreef Kistemaker aan Philips-directeur Casimir, 'waar ze het zeer juiste antwoord kregen dat ze geen zin hadden een prototype te kopen. Daarna kwamen ze hier terug en begonnen met het voorstel ons zo'n apparaat voor ca. f. 15.000,- à f. 20.000,- te leveren, als we hem maar wilden plaatsen. De bedoeling was kennelijk hier een apparaat door vrij deskundige mensen te laten bedienen en dit dan als reclame te laten fungeren.' Kistemaker vond het aanbod zo 'diligent' dat het in zijn ogen overwogen moest worden. Desalniettemin zou het weinig loyaal zijn tegenover Philips: het Eindhovense bedrijf was ook bezig met de ontwikkeling van commerciële massaspectrometers. Bovendien was Philips betrokken bij het werk op het lab. 'Als Philips het niet prettig vindt, is het af,' stelde Kistemaker aan Casimir voor.⁵¹ Later in de maand reisde Kistemaker naar Bremen om het apparaat met eigen ogen te zien. Hij kwam met een speciale offerte terug, met 25 procent 'bijzondere reductie'. Voor de massaspectrometer, de benodigde gelijkstroomversterker en alle invoerrechten zou hij omgerekend 36.000 gulden kwijt zijn. Kistemaker is niet op het aanbod ingegaan.⁵²

4 Cees Zilverschoon

Naast Kistemaker was de belangrijkste medewerker van het laboratorium Cees Zilverschoon. Hij was de drijvende kracht achter de ontwikkeling van de grote elektromagnetische isotopenseparator. Zijn promotieonderzoek betrof de ontwikkeling van dit apparaat. Zijn promotor was Bakker, maar het onderzoek gebeurde vooral onder leiding van Kistemaker. Cees Zilverschoons achtergrond is dermate fascinerend dat een korte biografische schets zeker op z'n plaats is.⁵³

Zilverschoon, geboren in 1923, verloor zijn ouders op jonge leeftijd aan tuberculose. Hij had geen broers en zussen. Omdat hij zelf ook aan tuberculose leed, werd hij naar de Dordrechtse buitenschool gestuurd. In 1936 ging hij naar de mulo, waar hij tot in 1940 bleef. In de oorlog wilde hij gaan studeren, maar de meeste scholen en universiteiten waren gesloten. De mts bleef open, dus besloot hij een studie elektrotechniek te gaan doen. In de dagen rond D-Day, juni 1944, studeerde hij af. Met zijn mts-diploma kon hij niet op de universiteit studeren, daarvoor was een hbs-diploma nodig. Op aanraden van zijn leraren besloot hij dat te gaan halen. De hbs in Dordrecht was gebombardeerd, maar een aantal leraren bleef lesgeven. Hij blonk nergens in uit, zei hij later, en hij was slecht met zijn handen. In 1945, na de bevrijding, kwam wat hij 'het grootste geluk' noemde. Hij herinnerde het zich als volgt: 'Op zekere dag hoorden we over de radio dat de leerlingen van de 5e klas van de hbs en de leerlingen van de 6e klas van het gymnasium [zonder examen] waren geslaagd. Dat was ongelooflijk. Oe. We waren allemaal zo ongelooflijk blij. Groot bal ingericht. Want er waren meisjes natuurlijk, een groot feest. Totale verassing.'⁵⁴

Vervolgens besloot Zilverschoon in Delft natuurkunde te gaan studeren. 'In die tijd was net de atoombom gevallen en dat ding vond ik zoo mooi dus toen dacht ik, ik ga natuurkunde doen.'⁵⁵ Hij had zo'n twintig medestudenten. Voor zijn afstuderen deed hij bij Dorgelo een onderzoek naar isotopenscheiding. Hij werkte aan de ontwikkeling van een kleine, voor demonstratiedoeleinden te gebruiken 'isotron'. Dit was een andere, minder populaire, naam voor het Amerikaanse calutron.⁵⁶ Over dit onderwerp bleek in Neder-

land vrijwel geen informatie te vinden te zijn. Daarom stuurde hij in 1947 een brief aan Smyth zelf, met de vraag of alle informatie nog steeds 'top secret' was, of dat er inmiddels iets was vrijgegeven.⁵⁷ Smyth nam voor het beantwoorden van deze vraag contact op met Ernest Lawrence, omdat er rond die tijd een rapport over dit onderwerp voor publicatie gereed werd gemaakt.⁵⁸ Welk antwoord Zilverschoon uit de vs terugkreeg is niet bekend, maar het geeft wel aan dat deze jonge fysicus voor Nederlandse begrippen vroeg in de nucleaire wetenschap was ingewijd en het bovendien niet schuwde om eenvoudige vragen aan grote namen voor te leggen.

Dorgelo bracht hem vervolgens in contact met Kistemaker. Zilverschoon herinnerde zich:

Dorgelo ging dus me vertellen dat er een club werd betaald door de staat, een groep mensen met het doel in de richting van de reactor in Noorwegen te gaan en daar was veel bij nodig; het werk werd verdeeld en Dorgelo zei tegen mij: 'Wel, als je geïnteresseerd bent in dat vak te blijven dan zal ik je erin zetten, dan doe je eraan mee. En dat kan snel, want een zekere Jaap Kistemaker was een van de oprichters. En die komt volgende week hier om te komen praten over een artikel en dan kan jij dat komen corrigeren.' Nou ik schrok me rot. Kistemaker, nooit van gehoord, die was toen ook nog jong. Dus toen kwam Jaap met zijn artikel. Hij stuurde, zoals altijd, het artikel al vooruit. En ik zag dat het vol met fouten stond. Ik durfde er nauwelijks over te praten, maar Jaap was opgelucht dat ik dat deed. Ik was altijd een beetje theoretisch aangelegd en dus de fouten die me direct opvielen hielden verband met ruimtelading. En daar kon ik aan zien: dat kan niet werken. [...] En Jaap was opgetogen daarover. 'Schrijf maar netjes op wat ik eigenlijk wel moet schrijven.' En toen werden we grote vrienden. Dat was dus in 1949. Toen ik dus steeds verbinding had met hem, stelde hij voor: 'Waarom kom je niet voor me werken?'⁵⁹

Zilverschoon maakte volgens Dorgelo een 'voortreffelijke indruk'.⁶⁰ Hij deed in september 1949, dezelfde maand dat hij op Kistemakers

laboratorium aan de slag ging, zijn ingenieursexamen.⁶¹ In de lente van 1950 overwoog hij echter alweer op te stappen, vooral omdat hij vond dat zijn salaris van 4000 gulden per jaar niet voldoende was. Vanuit de Technische Hoogeschool Delft werd aan hem getrokken, hem was zelfs al een salaris van 4500 gulden aangeboden.⁶² Bakker begreep het bezwaar. Ook in de industrie zou zijn salaris zeker hoger liggen. Het vertrek van Zilverschoon, die feitelijk de tweede man op het laboratorium was, zou volgens Bakker een 'bijna onherstelbaar verlies betekenen'.⁶³ In mei 1950 besloot de FOM hem daarom, 'onder strikte geheimhouding', een salaris van 4750 gulden toe te kennen.⁶⁴ De salarisverhoging werkte, want Zilverschoon besloot op het laboratorium te blijven. Hij begon aan zijn proefschrift over de bouw van de isotopenseparator te werken.

5 Bestuurlijke reorganisaties en loodgieterswerk

Hoe werd het werk op het laboratorium door FOM georganiseerd en beoordeeld? In september 1951 voerde de Raad van Bestuur van FOM een 'reorganisatie' door. De reeds bestaande werkgroepen werden ondergebracht in werkgemeenschappen.⁶⁵ Op zich merkte Kistemaker hier niet veel van. Een werkgemeenschap voor massaspectrografie werd ingesteld, met daarin de Utrechtse en de Amsterdamse groepen. De reeds bestaande commissie voor Massaspectrografie werd omgedoopt in de commissie voor de Werkgemeenschap voor Massaspectrografie. Drie commissieleden bleven dezelfden – Bakker, Dorgelo en Milatz – J.H. de Boer werd als vierde lid benoemd.⁶⁶ Er is een aanwijzing dat ook Kistemaker in de race was om zitting te nemen in de commissie, maar zijn naam is in de notulen van de eerste vergadering van het Uitvoerend Bestuur doorgestreepd.⁶⁷ Bij de reorganisatie kreeg Kistemakers groep een nieuwe naam, namelijk Werkgroep Amsterdam-I, oftewel, A-I.⁶⁸ Later bleef echter vooral de oude naam, de 'werkgroep MS I' in zwang.⁶⁹

Bij de vergadering van het bestuur van FOM op 8 september 1951 kwam het 'coördinatiebeleid' van de stichting aangaande massaspectrometrie ter sprake. Er ontstond een discussie of Kistemakers

laboratorium wel goed functioneerde. Allereerst werd opgemerkt dat er op dit moment drie massaspectrometers in Nederland aanwezig waren: twee bij BPM en één bij de hoogleraar organische scheikunde Fritz Kögl in Utrecht, geïmporteerd uit Amerika.⁷⁰ Zowel de Amsterdamse als de Utrechtse groep had op dit vlak eigenlijk nog maar weinig bereikt, want waarom bevonden zich daar nog geen spectrometers? Daarnaast merkte bestuurslid E.J.W. Verwey, een van de directeurs van Philips' Natuurkundig Laboratorium, tijdens de bespreking van de begroting van Bakkers werkgroep op, dat deze groep in vergelijking met andere groepen veel te veel geld vroeg.⁷¹ Volgens hem gaf dit aan dat de groep slecht aansluiting kon vinden bij universiteitslaboratoria. Een deel van het 'opvallend hoge' bedrag dat Bakker en Kistemaker voor het jaar 1952 hadden aangevraagd, niet minder dan 93.650 gulden, kon hieruit volgens Verwey verklaard worden.⁷² Het Uitvoerend Bestuur bracht dit bedrag daarom terug tot 67.300 gulden. Na een gesprek tussen Clay en Bakker is hier later nog eens zeker 12.000 gulden vanaf gegaan.⁷³

De kritische houding van Verwey ten opzichte van de Amsterdamse werkgroep vond weerklank binnen de Raad van Bestuur. Kramers, als voorzitter, besloot dat er spoedig over de toekomst van het laboratorium nagedacht moest worden. Wat moest er met het lab gebeuren als de separator klaar was? Kramers informeerde bij de overkoepelende commissie wat de planning was: wanneer is de separator klaar en wat zal dan de personeelsbezetting zijn?⁷⁴ Deze vragen werden ietwat omzichtig door de commissie beantwoord. *Mits* de aangevraagde bedragen op de begroting goedgekeurd werden, *kon* de separator in 1952 klaar zijn. Daarnaast was het, tot het apparaat af was, onduidelijk wat de personeelsbezetting zou worden. Pas daarna kon daarover een inschatting worden gemaakt.

Het bestuur van FOM heeft het laboratorium uiteindelijk het voordeel van de twijfel gegeven door de begroting goed te keuren.⁷⁵ Ook later behield Verwey een kritische houding tegenover Kistemakers laboratorium. Maar ook in bredere zin verwoordde hij bezwaren tegen het onderzoek dat FOM onder zijn hoede had. Tijdens een discussie over het verschil (of eigenlijk het gebrek aan verschil) tus-

sen zuiver en toegepast onderzoek karakteriseerde hij dat wat FOM tot dan toe voor elkaar had gekregen als 'loodgieterswerk'. Er waren immers vooral machines gebouwd.⁷⁶ Dit was overigens niet het overheersende sentiment binnen het bestuur van FOM.⁷⁷

De kritiek die vanuit FOM bestond op het laboratorium in Amsterdam en op Kistemakers manier van handelen, kwam in juni 1952 opnieuw aan de orde, toen Bakker aangaf in de nabije toekomst zijn taak als leider van de werkgroep neer te gaan leggen. Bakker had het eenvoudigweg te druk met het Zeemanlaboratorium en met het IKO. Bovendien had hij een aanbieding gekregen om voor het nieuwe, toen nog voorlopige, Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN) als directeur aan het werk te gaan. In die hoedanigheid kreeg hij ook de opdracht om een nieuwe synchrocyclotron te ontwerpen. De betreffende CERN-werkgroep hiervoor werd in Amsterdam gestationeerd, waardoor hij voorlopig zijn oude werkzaamheden kon voortzetten.⁷⁸ Bakker begon wel alvast na te denken over zijn opvolger en stelde Kistemaker voor. Het Bestuur van FOM twijfelde echter of Kistemaker wel geschikt zou zijn. Werd er door Bakker aan Kistemaker, 'die ongetwijfeld een grote bekwaamheid heeft, maar tevens niet altijd een even evenwichtige indruk maakt, niet te veel overgelaten?'⁷⁹ Clay, die na het plotselinge overlijden van Kramers op 24 april 1952 voorzitter van de Raad van Bestuur van FOM werd, nam het voor Kistemaker op. Hij had, vlak na de ingebruikname van de reactor in Kjeller, samen met Lawrence een bezoek gebracht aan het laboratorium van Kistemaker. 'Clay heeft alle respect voor allerlei wat hij daar gezien heeft en Lawrence heeft wel enkele belangrijke wenken gegeven, maar was toch vol waardering.'⁸⁰

Een paar dagen later ontstond er bij een vergadering van de Raad van Bestuur een vergelijkbare discussie. De 'algemene indruk' van de Raad was, 'dat Dr. Kistemaker, al heeft men voor zijn persoon en werk een grote waardering, nog niet voldoende evenwichtig en rijp geacht moest worden, om nu reeds voor de verantwoordelijke leiding in aanmerking te komen'. Sizoo stelde voor om bij een eventueel aftreden van Bakker – het was nog niet officieel – het laboratorium aan de Hoogte Kadijk onder supervisie van Clay te stellen om 'vooral een interregnum te voorkomen'. Clay kon hiermee instemmen.⁸¹

Iets meer dan een halfjaar later, in de eerste maanden van 1953, werd deze zaak wél officieel. Bakker maakte bekend op 1 juli 1953 af te treden als leider van de werkgroep. De commissie voor de Werkgemeenschap voor Massaspectrografie vergaderde op 20 februari over Bakkers opvolging en stuurde het resultaat van deze discussie op 26 februari naar de Raad. De commissie stelde voor om Kistemaker, dan 35 jaar, als nieuwe leider van de werkgroep te benoemen. Daarnaast raadde de commissie aan om hem ook tot lid van de commissie voor de Werkgemeenschap van Massaspectrografie te benoemen. De overdracht kon op 1 juli 1953 plaatsvinden, met als voorwaarde dat Bakker en Kistemaker vóór die tijd gezamenlijk een ontwerp-begroting voor 1954 zouden opstellen – op die manier kon Kistemaker leren hoe dat moest.⁸² De Raad van Bestuur van FOM vergaderde op 5 maart over dit voorstel. Allereerst ontstond er een discussie, aangezwengeld door Clay, over het feit dat Kistemaker de eerste bezoldigde leider van een werkgemeenschap zou worden. De andere leiders hadden allen een vaste aanstelling op een universiteit. Op zich hoefde dit geen bezwaar te zijn, maar als Kistemaker dan ook in de commissie zitting zou nemen, lag belangenverstrengeling, of op z'n minst de schijn van belangenverstrengeling, op de loer. Sizoo opperde om Kistemaker wél tot leider van de werkgroep te benoemen, maar niet tot lid van de commissie. Een vergelijkbare oplossing was gekozen toen Bakker bezoldigd directeur van het IKO werd. Hij was toen opzettelijk niet tot lid van de Raad van Bestuur van FOM benoemd.⁸³

Uit de notulen van deze vergadering blijkt dat de Raad niet geheel gerust was op de benoeming van Kistemaker. 'De voorzitter wil ook niet nalaten de bij sommigen bestaande kritiek op Kistemaker te vermelden.' Daarnaast meldde Dorgelo, die een hoge functie binnen zwo had, dat de positie van de zelfstandige instituten van FOM 'bij zwo in studie is'. Daarmee gaf hij aan dat Kistemakers benoeming wellicht voor een korte tijd zou kunnen zijn. En Bannier meende dat de commissie voor de Werkgemeenschap er, als toezichthouder, 'wel op gewezen moet worden, dat haar verantwoordelijkheid in de nieuwe situatie groter is geworden'.⁸⁴ Uiteindelijk keurde de Raad het voorstel van Sizoo goed en werd besloten Kis-

temaker tot leider van de Werkgroep te benoemen, maar niet tot lid van de bijbehorende commissie.⁸⁵ Kistemaker accepteerde zijn benoeming op 26 maart 1953.⁸⁶ Op 1 januari 1955 werd hij door FOM officieel benoemd tot Directeur van het Laboratorium voor Massaspectrografie.⁸⁷ In september 1954 werd het CERN-verdrag tussen de twaalf Europese landen van kracht en werd besloten in Genève een kernfysisch centrum op te richten. In september 1955 werd Bakker als opvolger van Felix Bloch tot directeur-generaal van CERN benoemd. Hij trad toen af als hoogleraar-directeur van het Zeemanlaboratorium, maar bleef als buitengewoon hoogleraar aan de Universiteit van Amsterdam verbonden.⁸⁸ In de lente van 1955 legde hij daarnaast vrijwel al zijn FOM-werkzaamheden neer.⁸⁹

6 Het uraniumproject

Inmiddels lukte het op het laboratorium om met de separator isotopen te scheiden. De ionenbron van grafiet werkte voldoende en de eerste testen met zwavel en silicium waren succesvol. Kistemaker begon plannen te maken om met het scheiden van uraniumisotopen te beginnen. Er kwamen direct verschillende orders voor verrijkt uranium binnen. De aanvragen kwamen uit verschillende landen: 'We moeten ca. 200 mgr. U-235 maken o.a. voor het Reactor project, voor Kjeller, voor België, enz.'⁹⁰ Het doel was 'om zo snel mogelijk, zo goedkoop mogelijk en met zo min mogelijk risico Uranium te scheiden'.⁹¹ Dit bleken hoge eisen te zijn. Telkens weer liep het laboratorium op tegen een gebrek aan bedrijfszekerheid. De separator werkte eenvoudigweg nog niet goed genoeg om de gevraagde hoeveelheden uranium te verrijken. Op verschillende manieren werd geprobeerd dit te verbeteren. Zo werd een 'automatische piloot' geïnstalleerd, wat de bediening van het apparaat vereenvoudigde.⁹² Ook werd er in de machine een speciale sluis geïnstalleerd, eerst aan de kant van de bron en later ook bij de collector, om zo op een veilige en snelle manier het bronlichaam en de collectorbakjes uit de separator te kunnen nemen. 'Dit zijn zeer kostbare en langdurige voorbereidingen,' schreef Kistemaker aan FOM in een poging om

uit te leggen waarom het apparaat nog niet naar behoren werkte.⁹³

Het laboratorium als geheel was zo goed als zelfvoorzienend. Het chemisch laboratorium verzorgde de productie van ucl₄. Hiervoor was een speciale kast in gebruik genomen, een zogenoemd alfa-laboratorium: 'Deze grote droogkast met perspex vensters en gummi handen, verlichting en sluisdeuren, [...] staat continu op 0 % relatieve vochtigheid.'⁹⁴ Als voorbereidende proeven werden begin 1953 nog isotopen van zink en magnesium gescheiden. Het apparaat draaide telkens ongeveer tien uur continu waarbij steeds nieuwe problemen aan het licht kwamen. Ironisch genoeg bleek de temperatuur van de ionenbron nu weer te laag te zijn. Op koude plekken zorgden metaalaanslag en afbladdering na enige uren voor doorslagen, wat de ionenproductie stoorde. Dit werd verholpen door de koudere plaatsen, die zich vooral aan de buitenkant, bij de afscherming van de bron, bevonden, verder te verhitten.⁹⁵

De gesepareerde isotopen werden door het chemisch laboratorium met behulp van de massaspectrometer onderzocht op zuiverheid. Daarna werden de monsters naar andere instituten gezonden. Twee van de drie gescheiden hoeveelheden magnesiumisotopen gingen bijvoorbeeld naar hoogleraar Endt in Utrecht voor zijn onderzoek naar beschietingen van verschillende elementen. De isotopen bleken echter niet goed bruikbaar: 'Bij de eerste proeven aldaar bleek de laag veel te dik te zijn, zodat wij deze isotopen chemisch zullen moeten afscheiden en dan opdampen.'⁹⁶ In deze periode kwamen steeds nieuwe problemen met de separator aan het licht. Desondanks bleef Kistemaker zowel hoopvol als ambitieus. Hij hoopte in de zomer van 1953 het eerste monster uranium voor Kjeller te separeren.⁹⁷ Het uraniumprogramma vergde veel van het laboratorium. Er moesten lange dagen gemaakt worden want de separator moest permanent bemand worden. Kistemaker, Zilverschoon en J. Schutten waren de enigen die in hun eentje de separator konden bedienen. Om hun werk in de avonduren te verlichten werd mts'er Coenraad de Vries aangesteld, een 'buitengewoon intelligente' student wis- en natuurkunde, die als bijbaantje van vijf uur 's middags tot één uur 's nachts de separator ging bedienen.⁹⁸

In de herfstmaanden van 1953 werd het bovendien duidelijk dat

er grote behoefte was aan een extra kracht op het laboratorium, die zich met 'de dagelijkse zorg voor de bron bezig kan houden'. Elke dag weer moest de ionenbron uit elkaar worden gehaald om hem te reinigen en polijsten. 'Het is uitermate vuil en geestdodend werk, dat elke dag terugkeert en toch geregeld met grote nauwgezetheid moet gebeuren,' schreef Kistemaker. 'Op het ogenblik doet dan de een en dan de ander het, omdat ik niemand continu kan straffen met dit gevaarlijke werk. UCI4 is zeer giftig en hygroscopisch, het vloeit direct aan de lucht en verspreidt een ellendige stank. Het resultaat van deze slechte organisatie is: vergissingen en onnauwkeurigheden. De boel raakt zoek,' lamenteerde Kistemaker aan FOM in een poging om geld voor deze bediende vrij te krijgen.⁹⁹ Het bestuur van de stichting stemde in met de aanstelling van de bediende, die uit de opbrengst van de separator werd betaald: 50 gulden in de week.¹⁰⁰

De gescheiden isotopen werden door het laboratorium verkocht. In de prijs werden de kosten voor de separatie meegenomen. Dit ging om bedienings-, bedrijfs- en instelkosten, plus grondstoffenkosten. De investeringskosten van het apparaat (inmiddels ging het om een totale kapitaalsinvestering van zeker 3 ton voor de bouw van de machine) werden alleen bij particuliere orders, zoals voor Philips-Roxane, in rekening gebracht.¹⁰¹ FOM- en universiteitslaboratoria hoefden deze kosten niet te betalen. Op deze manier verdiende FOM een deel van het apparaat terug. Een kleine proefsessie in de zomer van 1953 toonde aan dat het apparaat voor de verrijking van uranium werkte: er werd 0,8 mg U-235 opgevangen in de collector. Onderzoek op het chemisch laboratorium toonde aan dat de isotopische zuiverheid van dit monster ongeveer 8,5 procent was. Een volgende scheidingssessie met een duur van 9,5 uur leverde ongeveer 1,6 mg U-235 op. Dit werd, samen met 100 mg U-238, naar Kjeller in Noorwegen verzonden.¹⁰² Op 1 oktober werd een volgende run gestart, waarbij in 26 uur 8 mg U-235 werd opgevangen en 1200 mg U-238. Ook dit werd naar Kjeller gezonden. De opbrengst hiervan was zo'n 2500 gulden.¹⁰³ Kistemaker hoopte de productie tot ongeveer 25 mg U-235 op te voeren door vier dagen in de week continu uranium te scheiden.¹⁰⁴ Het uraniumproject kwam op stoom.

In de loop van 1953 verscheen er op de begroting van 1954 een nieuwe inkomstenpost. Want wat bleek: niet alleen uranium kon voor een mooie prijs verkocht worden, ook het apparaat zelf kon worden verhandeld.

7 Intermezzo – handelsreiziger Bakker

Bakker had een neus voor goede connecties. In mei 1951 werd hij door niemand minder dan prins Bernhard benaderd om, met een model van een Philips-cyclotron onder zijn arm, naar Argentinië af te reizen. In het voorjaar van 1951 was Bernhard een tijd in Argentinië geweest om, op voorspraak van president Juan Perón en zijn vrouw Evita, een grote Werkspoor-order (treinwagons) van 20 miljoen gulden en een Philips-order (telecommunicatie) van ten minste 40 miljoen gulden te bespreken.¹⁰⁵ De reis werd in Den Haag beschouwd als een goodwillmissie, waarbij de prins alle vrijheid kreeg om zich in te zetten voor de Nederlandse export en industrie.¹⁰⁶ Door zijn gastheer en gastvrouw werd de prins vorstelijk onthaald en rondgeleid langs een aantal technologische paradepaardjes. Niet alleen kreeg hij het nieuwe vliegtuig van Kurt Tank te zien (speciaal uit Córdoba overgekomen en dé trots van Perón), ook bezocht hij het plaatsje Bariloche in het binnenland, waar de atoomgeleerde Ronald Richter op een eiland in een meer een gloednieuw atoomlaboratorium opbouwde.¹⁰⁷ Tijdens een van zijn onderonsjes met president Juan Perón en Evita kwam dit Argentijnse atoomproject ter sprake. De Peróns waren er apetrots op. Maar de opbouw ging niet zo makkelijk als gehoopt. Richter bleek dringend behoefte te hebben aan een cyclotron. Nu wist Bernhard dat Philips al vanaf het begin betrokken was bij de ontwikkeling van het Amsterdamse cyclotron en hij bood zijn hulp aan.¹⁰⁸ Daarnaast handelde hij een aantal openstaande eindjes betreffende de Werkspoordeal af, een ‘zeer geslaagde interventie’, volgens het gezantschap in Den Haag.¹⁰⁹

Bernhard stelde voor om Bakker met een model van het Philips-cyclotron naar Buenos Aires en Bariloche te sturen. Hij zou dan zowel met Perón als met Richter kunnen overleggen over de moge-

lijkheden van een wetenschappelijke samenwerking.¹¹⁰ Voor Bakker was dit een interessant voorstel. Richter claimde een procedé te hebben ontwikkeld om thermonucleair energie op te wekken via gecontroleerde kernfusie. Dat zou wereldwijd een unicum zijn, dus was Bakkers interesse gewekt. Op 18 mei arriveerde hij in Buenos Aires, maar het doel van zijn reis was uitgelekt naar de pers, die berichtte dat Bakker daarmee de eerste buitenlandse atoomgeleerde zou zijn die het afgesloten terrein van Richter zou mogen bezoeken.¹¹¹ Dit alles tot ongenoegen van Perón.¹¹²

Bakker ontmoette Perón op 23 mei. Het gesprek duurde drie kwartier en was 'zeer aangenaam', aldus Bakker. Al snel bleek echter wel dat het Perón niet ging om een wetenschappelijke samenwerking met Nederland op het gebied van atoomenergie. Het mysterieuze atoomproces was een privézaak van Richter, rapporteerde Bakker aan de prins: 'Niemand weet daar verder iets van, zelfs de President niet. Naar ik duidelijk meen te hebben gemerkt, kent geen enkele fysicus in Argentinië het proces.'¹¹³ Perón ging ervan uit dat Bakker voor een industriële (en niet wetenschappelijke) samenwerking met Philips naar Argentinië was gekomen. 'Wel geheel verschillend van hetgeen wij ons hadden voorgesteld.'¹¹⁴

Er zijn aanwijzingen dat Perón zijn twijfels had over Richters project. Perón schreef tweemaal aan prins Bernhard over onbegrip tussen hem en Richter: 'Zonder twijfel zullen [Bakker en Richter] elkaar beter begrijpen.' En later: 'Ik hoop, dat zij zich zullen verstaan, omdat Gij weet, dat die Professoren rare wezens plegen te zijn en met zeer persoonlijke opvattingen.'¹¹⁵ Was de achterliggende gedachte van Perón om Bakker als controleur te laten optreden, die Richters claims zou kunnen toetsen? Of wilde Perón graag bevestiging van een specialist over het veelbelovende en succesvolle karakter van Richters ondernemingen? Bakker rapporteerde hierover echter niets in zijn lange brieven aan Bernhard. Bovendien was het idee van controle voor het eerst geopperd in de Amerikaanse pers ná het bezoek van Bakker en hing het samen met geruchten rond een arrestatie van Richter.¹¹⁶

Bakker werd na zijn gesprek met een speciaal vliegtuig van Buenos Aires naar Bariloche overgevlogen, waar hij in zijn hotel een ont-

moeting had met Richter. De twee konden het goed met elkaar vinden. Ze aten samen, in het hotel en later bij de Richters thuis. Maar van echte wetenschappelijke samenwerking wilde Richter niets weten omdat zijn kernproces al volledig uitontwikkeld was. Daarnaast hield hij vol dat Argentinië de kennis voorlopig voor zichzelf wilde houden. Bakker mocht het eiland Huemul in het meer niet bezoeken.¹¹⁷ In zijn rapportage aan de prins liet hij zich niet uit over de kwaliteit van Richters onderzoek.¹¹⁸ Wel gaf hij de hoop op een eventuele samenwerking niet op: 'Bovendien zou Nederland dan ook wellicht het eerste land zijn buiten Argentinië, dat een dergelijke atoomoven zou kunnen bouwen.'¹¹⁹

Net als Perón gaf Richter aan een industriële samenwerking via Philips erg op prijs te stellen. Bij het tonen van het model van het Amsterdamse cyclotron bleek echter dat Richter voor zijn eigen werk niet geïnteresseerd was in het apparaat. In Buenos Aires zou een cyclotron van veel groter belang zijn, wat Richter dan ook aan Perón adviseerde. Bakker rapporteerde daarnaast: 'We spraken ook nog uitvoerig over andere apparaten, die Nederland aan Argentinië zou kunnen leveren.'¹²⁰ Ook een ander paradepaardje van Bakker, namelijk de Amsterdamse isotopenseparator, kwam ter sprake. Hij sprak namelijk met hoogleraar Otto Gamba van de universiteit van Mendoza, die Bakker vroeg of het mogelijk was om de tekeningen van de magneet van de Amsterdamse isotopenseparator aan hem ter beschikking te stellen. Bakker had daar geen bezwaar tegen. Aan Bannier schreef hij: 'Met behulp van onze tekeningen kan men dan in Argentinië eerst een model van de magneet bouwen, daaraan metingen verrichten en dan daarna de grote magneet bouwen. Voordat dit alles klaar is, zijn wij zeker een paar jaar verder.' Bakker stelde voor een geldelijke bijdrage van Argentinië te vragen.¹²¹

Bij zijn terugkeer in Nederland kreeg Bakker richtlijnen hoe hij zich moest gedragen tegenover de pers. Die voorschriften waren door Bernhard zelf opgesteld. Ook van minister Stikker (Buitenlandse Zaken) mocht hij zich niet uitlaten over de wetenschappelijke merites van de reis. De Amerikanen waren op de hoogte van de reis van Bakker en deden via de ambassade navraag of Perón inderdaad Bakker naar Richter had gestuurd om hem te controleren.

Een gerucht dat Richter was gearresteerd bleek niet waar te zijn.¹²² In Nederland was men verbaasd over de gang van zaken. Er werden zelfs Kamervragen gesteld door F.J. Goedhart (PvdA). Op de vraag of Bakker in opdracht van de Nederlandse regering naar Argentinië was gestuurd werd positief geantwoord. Maar op de vraag of er 'op het gebied van het atoomonderzoek samenwerking en uitwisseling van gegevens tussen Nederland en Argentinië tot stand komt, terwijl het huidige Argentijnse regime zich afzijdig houdt van politiek-militaire samenwerking met de mogendheden van Noord-Amerika en West-Europa', werd geantwoord dat dat niet het geval was. Het betrof hier geen *samenwerking* maar 'levering van apparaten en machines'. Slechts 'commercieel belang' werd behartigd in het kader van de algemene export naar Argentinië. 'De houding ten aanzien van politiek-militaire samenwerking met de mogendheden van Noord-Amerika en West-Europa speelt hier dus geen rol.'¹²³ Dit argument was niet onjuist, maar wringt wel, want met de levering van een hightechcyclotron en gegevens over de isotopenseparator werd wel degelijk een bijdrage geleverd aan het Argentijnse atoomonderzoek. Natuurlijk was dat in de vroege Koude Oorlog een gevoelig besluit, want de betrokkenen waren zich bewust van het feit dat met een isotopenseparator uranium verrijkt kon worden.

De Nederlandse regering heeft bij de Amerikanen navraag gedaan naar hun mening over de cyclotrontransactie. De CIA bleek de kwestie al een tijdje in de gaten te houden. De reactie uit de VS was dat zij niet in de positie waren het contract af te keuren.¹²⁴ Er werd echter wel aangegeven dat het bijzonder onwaarschijnlijk was dat een dergelijke export vanuit de VS toegelaten zou worden.¹²⁵ Op 30 juni 1951 werd de koop van een cyclotron beklonken. De bestelling werd door de Argentijnse regering bij Philips Argentinië geplaatst.¹²⁶ In 1952 werd Richter ontmaskerd als een charlatan. Van zijn procedé bleek niets waar te zijn.

Wat betreft Bakkers ideeën voor de tekeningen van de isotopenseparator, stemde Bannier, na overleg met Buitenlandse Zaken en met Woltjer van onderwijs, in met de plannen van Bakker. Wel stelde hij voor de financiële bijdrage op basis van vrijwilligheid te

laten geschieden, 'en dus op een zodanige wijze, dat dit niet wordt beschouwd als een rechtstreekse betaling voor de geleverde diensten, maar meer als een blijk van belangstelling voor het werk, waarvan zij nu ook kunnen profiteren'.¹²⁷ Een goed idee, zo bleek in de zomer van 1953, toen duidelijk werd dat de Argentijnen niet minder dan 25.000 gulden voor de tekeningen overhadden. Milatz en Bakker hadden de prijs van de tekeningen oorspronkelijk op 3000 gulden geschat.¹²⁸ Het bedrag werd in de zomer van 1953 via de Luchtvaartmissie in Europa naar Nederland overgemaakt en kwam ten goede aan de Stichting FOM.¹²⁹ Kistemaker gebruikte het geld vooral om meer rek in de begrotingen te krijgen.¹³⁰

Argentinië was niet het enige land dat geïnteresseerd was in de tekeningen van de separator. In 1951 had Kistemaker in Washington de hoogleraar Koreichi Ogata uit Japan ontmoet. De universiteit van Osaka was van plan een isotopenseparator te bouwen die vergelijkbaar was met de Amsterdamse. In de lente van 1953 stuurde Ogata aan Kistemaker een brief met de vraag of hij technische specificaties van de separator kon ontvangen. In samenspraak met FOM antwoordde Kistemaker hem dat alle gegevens en tekeningen van de separator aan Ogata overgedragen konden worden voor een prijs van 25.000 gulden. Of dit uiteindelijk is gebeurd is onduidelijk.¹³¹

8 Een officiële opening

Ook al was de verhuizing vanuit het Zeemanlaboratorium naar de Hoogte Kadijk nog maar een paar jaar geleden, in de loop van 1953 was het laboratorium alweer te klein aan het worden. Kistemaker benaderde het GEB met de vraag of er op het laboratorium niet meer ruimte gecreëerd kon worden. De bouwkundige dienst van het GEB begon in het eerste kwartaal van 1953 met een grootscheepse verbouwing. Er werden 'een smeedhok, een grote elektrische werkplaats, een studeerzaal en 2 flinke magazijnen' aan het laboratorium toegevoegd.¹³² In de studeerzaal annex bibliotheek kwam een krijtbord te hangen.¹³³ Maar Kistemaker was een maand later alles-

behalve tevreden over het werk van het GEB: '[Deze verbouwing] is tot nu toe evenwel zo langzaam gebeurd, dat nu op ons aandringen een aannemer dit werk overgenomen heeft. Het ziet ernaar uit, dat de verbouwing + schilderwerk en elektrische montage wel tot 1954 zal duren.'¹³⁴ De verhuurder betaalde de verbouwing van het pand: het GEB stelde in de zomer 11.000 gulden voor de werkzaamheden beschikbaar.¹³⁵

Nu het laboratorium (weer) toonbaar werd, én de separator naar behoren begon te functioneren, vond Kistemaker het tijd worden om tot een officiële opening van het laboratorium voor Massaspectrografie over te gaan. Hij stelde het in juni voor aan Beekman, die inmiddels directeur was geworden van het bureau van de Stichting FOM. Aangezien er in oktober een hoeveelheid verrijkt uranium aan de Reactorcommissie van FOM overhandigd ging worden, zou dat een goede aanleiding kunnen zijn voor een ontvangst, waar Kistemaker graag 'enige publiciteit' aan wilde geven.¹³⁶ Daarnaast leek een officiële opening hem een geschikte gelegenheid om de mensen die zich al zeker vier jaar lang voor de opbouw van het laboratorium hadden ingezet, te bedanken. Dat Kistemaker trots was op het feit dat hij in juni, na het vertrek van Bakker, de leiding van het laboratorium had overgenomen, zal ook een rol hebben gespeeld. De verbouwing was vlak voor de opening van het laboratorium klaar. De extra ruimte die was gecreëerd leidde tot een 'zeer grote verlichting in de overbevolking van het eigenlijke laboratorium'.¹³⁷ Er werkten inmiddels zo'n zeventien mensen op het laboratorium. Kistemaker hoopte in 1954 nog vier of vijf nieuwe krachten aan te trekken.¹³⁸

De opening van het lab vond plaats op 6 november 1953. Het programma begon om 14.30 uur.¹³⁹ Er waren meer dan honderd personen aanwezig in de net verbouwde studiezaal, waaronder vele hoogwaardigheidsbekleders en persvoorlichters. De openingsrede werd gehouden door Clay, de voorzitter van FOM. In zijn praatje schetste hij een historisch overzicht van de ontwikkeling van massaseparatie en massa-analyse. 'De meest onverwachte resultaten, die we maar denken kunnen' kwamen volgens hem uit het onderzoek dat met gescheiden isotopen uit Amsterdam gedaan kon worden. Dateringson-

derzoek bijvoorbeeld, naar 'hoeveel honderd jaar een Egyptische pharao in zijn houten sarkophaag heeft gelegen'.¹⁴⁰ Na Clay sprak J.H. de Boer over de huidige stand van zaken van de massaspectrografie en vooral over het belang van zowel radioactieve als stabiele isotopen in 'traceronderzoek', waarbij de atomen 'met een merktaken' gevolgd kunnen worden 'op hun weg door biologische, medische, chemische en andere processen'. Voor kankeronderzoek bleek deze techniek van groot belang. De Boer uitte speciale dank aan Werkspoor omdat zij het juk van de grote magneet 'geheel belangeloos' voor het laboratorium vervaardigden.¹⁴¹

Ook Kistemaker zelf sprak de gasten toe. Hij bedankte alle instanties die hulp hadden geboden aan het laboratorium, waaronder FOM, Werkspoor, de Gemeente Amsterdam, maar ook Philips en de KEMA.¹⁴² Vervolgens overhandigde hij, onder het toezicht van Clay, 10 mg verrijkt uranium aan Milatz, die als vertegenwoordiger van de Reactorcommissie aanwezig was.¹⁴³ Deze 10 mg was het resultaat van een continue run van drie dagen en nachten achter elkaar scheiden van de uraniumisotopen.¹⁴⁴ De verschillende sprekers benadrukten allemaal het belang van dit resultaat: buiten de vs en Engeland was nergens ter wereld verrijkt uranium commercieel te verkrijgen. Dit verklaarde de belangstelling die uit het buitenland voor het Amsterdamse laboratorium en voor het leveren van isotopen zou ontstaan.

Milatz sprak, tot slot van de middag, nog een kort dankwoord waarin hij schetste hoe de toenmalige minister-president Schermerhorn in 1946 met het denkbeeld van FOM was gekomen. 'De FOM zou naast zuiver wetenschappelijk natuuronderzoek ook voor de toegepaste wetenschap arbeiden en dit alles zou dan ten tweede moeten geschieden door samenwerking. Die samenwerking is in dit laboratorium prachtig verwezenlijkt,' aldus Milatz. Hij voegde eraan toe dat deze twee beginselen ervoor zorgden dat met het buitenland geconcurrereerd kon worden. 'In dit laboratorium met name is tot stand gebracht, wat men zich in uitzicht had gesteld.'¹⁴⁵

9 Mae West, successen en Atoms for Peace

In de eerste maanden van 1954 begon de separator echt op stoom te komen. Bij verschillende proefseparaties met uranium, argon en stikstof werkte het apparaat volautomatisch 'en behoefde na een aanloopperiode van een halfuur de gehele dag niets meer bijgesteld te worden'.¹⁴⁶ Ook werden sinds december de collectoren van grafiet gemaakt.¹⁴⁷ Na meer dan vier jaar priegelen was dan ook de ionenbron tot een definitieve vorm uitgegroeid. Doorslagen vonden nauwelijks meer plaats en er waren weinig moeilijkheden meer met de materialen van de bron. Het enige wat nu nog moest gebeuren was een tweede versie van het apparaat te bouwen zodat er continu gesepareerd kon gaan worden. Na een periode van 24 tot 48 uur moest de bron namelijk volledig worden gereinigd, wat voor vertraging zorgde en door Kistemaker werd aangeduid als de achilleshiel van het apparaat.¹⁴⁸

De ionenbron was gemaakt van grafiet met roestvrijstalen mantels. De kappen tegen doorslagen (zogenoemde anticoronakappen) hadden in de loop van 1953 een gewelfde vorm gekregen en waren zo mogelijk de belangrijkste vinding van het laboratorium. Zonder deze kappen was het niet mogelijk om de bron onder hoogspanning (30 kV positief ten opzichte van de aarde) te zetten, omdat er steeds doorslagen op bleven treden.¹⁴⁹ Dat deze vinding zo belangrijk was, bleek toen in februari 1953 het grootste gedeelte van de elektromagnetische separator gedeclineerd werd door de Amerikanen, daarin gevolgd door Engeland.¹⁵⁰ Behalve de afschermkappen om de bron heen, die bleven wel geheim. Toen Kistemaker in maart 1953 naar Harwell, Engeland, ging voor een bezoek aan de isotopenseparator aldaar, mocht hij de afschermkappen niet zien. Wel zag hij daar de kap van een kleine proefseparator en die van een oude versie van een separator, die beide in Engeland ontworpen waren en derhalve niet onder de Amerikaanse geheimhouding vielen. Ook bij deze oude bronnen viel het geïmpregeerde en gewelfde karakter van de kappen op.¹⁵¹ Kistemaker en Zilverschoon wisten dat ze met deze gewelfde vorm op het goede spoor waren. Tijdens een interview jaren later herinnerde Zilver-

schoon zich dat er op een dag een Amerikaan op bezoek kwam in het Amsterdamse laboratorium. Toen hij de gewelfde kappen zag, merkte hij op: 'Ah, je hebt het gevonden.'¹⁵² Deze vorm was cruciaal voor het goed functioneren van de bron en was daarom een van de belangrijkste geheimen van de Amerikaanse calutron geworden. De kappen hadden tijdens de oorlog het codewoord 'Mae West' gekregen, vanwege de gladde rondingen.¹⁵³

Niet alleen de goed werkende ionenbron was een bijzonder succes, vooral ook het feit dat er uranium werd verrijkt, zij het op kleine schaal, was een doorbraak. Dat dit uranium bovendien via een commerciële weg werd aangeboden aan Europese onderzoekslaboratoria, maakte dat het Amsterdamse resultaat niet onopgemerkt bleef. In Kjeller begonnen wetenschappers met het uranium uit Kistemakers laboratorium metingen te doen aan de werkzame doorsnede van uranium. De werkzame doorsnede is de grootheid die aangeeft wat de kans op een interactie is, gegeven de intensiteit van de invallende bundel neutronen per oppervlakte. Deze grootheid was zo goed als geheim: in 1952 had de Amerikaanse Atomic Energy Commission (AEC) één waarde van de werkzame doorsnede vrijgegeven, slechts voor neutronen met één bepaalde snelheid. Op het eerste wetenschappelijke congres over kernenergie dat in de zomer van 1953 in Kjeller werd georganiseerd, de *Kjeller Conference on Heavy Water Reactors*, presenteerde Dragoslav Popović, een Joegoslaaf die sinds een jaar bij de Noors-Nederlandse samenwerking JENER werkte, waarnemingen die aanwijzingen gaven over de waarden van de werkzame doorsnede bij andere neutronensnelheden. Spoedig daarna verrichtte hij metingen aan het verrijkt uranium uit Amsterdam dat naar Kjeller was gezonden. Het resultaat werd op de eerste pagina's van het eerste nummer van het internationale tijdschrift *Journal of Nuclear Energy* afgedrukt.¹⁵⁴ In de zomer van 1954 gaf Popović een lezing over deze resultaten in Ann Arbor, Michigan. Teunis Johan Barendregt, in die tijd ook in Kjeller werkzaam, herinnerde zich 'de grote opschudding bij de Amerikanen; het was immers "classified". De bepaling geschiedde in Kjeller, eerder dan in Frankrijk,' voegde hij eraan toe.¹⁵⁵ De publiciteit rond de metingen in Noorwegen zorgden ervoor dat veel ogen gericht

werden op het Amsterdamse laboratorium waar het uranium was verrijkt.

Deze twee factoren – de ‘ontdekking’ van Mae West en de aandacht die ontstond voor het Amsterdamse uranium – kunnen worden gezien als de belangrijkste wapenfeiten van het Amsterdamse laboratorium aan isotopenscheiding. Beide resultaten doorbraken de Amerikaanse strakke geheimhouding op vrijwel alles wat met kernreacties te maken had. De gewelfde afschermkappen waren de sleutel tot een goed werkend calutron, de berekeningen aan de werkzame doorsnede in Noorwegen betekende een doorbraak in reactorfysica.

Op 8 december 1953 presenteerde Eisenhower voor de Algemene Vergadering van de Verenigde Naties zijn Atoms for Peace-plan. Met dit voorstel kondigde hij een versoepeling van het Amerikaanse beleid van geheimhouding aan en stelde hij voor om een *International Atomic Energy Agency* op te richten, niet zozeer om splijtstof over de wereld te verdelen, maar om erop toe te zien dat radioactieve materialen alleen voor vreedzame doeleinden werden gebruikt. Het zou nog zeker vijf jaar duren voor dit instituut er daadwerkelijk kwam. Een andere en in deze context belangrijkere beleidswijziging was dat Amerikaanse bedrijven en instellingen vanaf nu zelf ook splijtstof mochten bezitten. Bovendien versoepelden de vs hun uitvoerbeleid aangaande radioactief materiaal. Landen konden bilaterale overeenkomsten met de vs sluiten om zo – onder strikte voorwaarden – materialen, uitrusting en kennis uit te wisselen.¹⁵⁶

De Amsterdamse en Noorse resultaten hebben zeker een rol gespeeld in de verandering van het Amerikaanse beleid, zoals ook de historicus Van Splunter beargumenteert, die stelt dat het ‘niet te gewaagd [is] om te concluderen dat de resultaten van Kistemaker op het terrein van de verrijking van uranium en de daardoor mogelijk gemaakte metingen in Kjeller ertoe hebben bijgedragen dat de Amerikanen overgingen tot de declassificatie van de werkbare doorsneden van de splijtbare elementen’.¹⁵⁷ Desondanks is het overdreven om te stellen dat dit beleid puur door de voortvarende houding van de Europese kleine landen zou komen. De Europese onderzoeken waren slechts één van vele mogelijke impulsen voor Atoms for

Peace. De Verenigde Staten hadden hun monopolie op kernwapens allang verloren, want zowel de Britten als de Russen bezaten atoomwapens. Daarnaast had de ontwikkeling van kernenergie de Amerikanen inmiddels zo'n voorsprong gegeven, dat er geld verdiend kon worden aan vreedzame toepassingen.¹⁵⁸ Die context speelde bij de beleidsverandering een grote rol. Zoals John Krige betoogt, moet Atoms for Peace voornamelijk gezien worden als een toepassing van 'Soft Power', een slimme manier om, door het opengooien van de atomaire markt, de controle op deze markt te versterken.¹⁵⁹ Door volledige reactoren, isotopen en verrijkt uranium voor een aantrekkelijke prijs aan te bieden, werd het voor andere landen zowel onaanvaardbaar als onnodig om zelf in de ontwikkeling van nieuwe technieken te investeren. Bovendien konden de vs op deze manier volledig op de hoogte blijven van het werk dat in andere landen gebeurde. Voor de reactorindustrie had dit ook in Nederland verregaande gevolgen, zoals de oprichting van het Reactor Centrum Nederland.

10 Een wetenschappelijke handelsreiziger

Hoe kwam Kistemaker aan zijn kennis? Hoe groot was zijn netwerk en op welke manier werden contacten onderhouden? Kistemaker en zijn medewerkers kregen van FOM een grote vrijheid om buitenlandse reizen te maken. Hiervan werd veelvuldig gebruikgemaakt. Dit is vooral te verklaren uit de goede ervaringen die Kistemaker had opgedaan in Kopenhagen, waar reizen de gewoonste zaak van de wereld leek te zijn. En inderdaad zijn veel van de belangrijke doorbraken in het Amsterdamse onderzoek direct of indirect terug te voeren op bezoeken aan, of uit, het buitenland. Van de meeste reizen zijn uitgebreide reisverslagen bewaard gebleven, door Kistemaker geschreven voor FOM, terwijl van het directe contact met Werkspoor en het IKO, beide zowat om de hoek, weinig terug is te vinden. Zaken werden waarschijnlijk mondeling of via de telefoon afgehandeld. Wel bestond er intensief contact met het natuurkundig laboratorium (Natlab) van Philips. Het contact was vooral we-

tenschappelijk van aard en de Amsterdammers werden altijd zeer behulpzaam te woord gestaan.¹⁶⁰ Een aantal van de werknemers op het laboratorium werd bovendien door Philips betaald. Vooral door slimme oplossingen te suggereren, zoals het gebruik van nieuwe lasmethoden en van grafiet, wist Philips een stempel op het onderzoek te zetten.

Iets verder weg bezochten Kistemaker en zijn werknemers geregeld het bedrijf Metropolitan-Vickers in Manchester, waar massaspectrometers werden geproduceerd en geëxporteerd.¹⁶¹ Een vergelijkbaar bedrijf was Atlas Werke in Bremen. Ook de gespecialiseerde onderzoekslaboratoria in Harwell (Engeland), Mol (België) en Saclay (Frankrijk) werden bezocht, zowel door Kistemaker als door zijn medewerkers. En daarnaast bezocht Kistemaker specifieke onderzoekers aan allerhande universiteiten, zoals Leuven, Brussel, Bonn, Mainz, Marburg, Heidelberg, Zürich, Basel, Fort Chatillon en Parijs, alwaar hij bijvoorbeeld aanwijzingen kreeg over de vorm van de collectorbakjes. Ook werden er vele conferenties bezocht. In de eerste helft van de jaren vijftig waren er talloze kernfysische congressen. Tussen de West-Europese landen werd veel informatie uitgewisseld. Alleen de Amerikanen behielden strenge regimes van geheimhouding.

Nog belangrijker waren de langere reizen die Kistemaker naar de vs maakte. Alhoewel de meeste informatie geheim bleef, was er toch een grote uitwisseling van kennis. Kistemaker verbleef bijvoorbeeld vrijwel de gehele maand september 1951 in Chicago en Washington, waar hij een keur aan nieuwe apparaten te zien kreeg bij beroemde hoogleraren zoals Hipple, die een 'omegatron' ontwikkelde.¹⁶² Later rekende Kistemaker dit soort apparaten samen met de theoretisch beter onderlegde Zilver schoon volledig door.¹⁶³ Ook in 1952 maakte Kistemaker een lange rondreis door Amerika. Hij bezocht onder andere het beroemde Fermi-laboratorium in Chicago en een voor massaspectrometrie belangrijk laboratorium van Alfred Nier in Minneapolis. Voor deze reis ontving hij een Fulbright-beurs voor zijn reiskosten en een toelage van 500 dollar van Unesco voor reis- en verblijfkosten binnen de vs.¹⁶⁴ De doelen van deze reis waren vooral om persoonlijke contacten op te bouwen, om een over-

zicht van het totale gebied van massaspectrografie te krijgen en om 'speciale informatie' voor de onderzoeken in Amsterdam te verkrijgen.¹⁶⁵ Steeds weer kwam Kistemaker met nieuwtjes thuis. Ook in 1955 maakte hij een lange rondreis door de vs, onder andere langs Oak Ridge en Argonne.¹⁶⁶ Financiële steun voor deze reis kwam van de American Society for Testing Materials, het Air Research Centre (military) Baltimore Transport en Philips.¹⁶⁷

Op het Amsterdamse laboratorium werd in de loop van de jaren vijftig steeds meer buitenlands bezoek ontvangen. Jørgen Koch bijvoorbeeld, Kistemakers collega uit Kopenhagen, bezocht het laboratorium in maart 1951.¹⁶⁸ Na de ingebruikname van Kjeller nam Clay de Nobelprijswinnaar Ernest Lawrence mee naar het Amsterdamse laboratorium. Hij was, zoals we eerder zagen, onder de indruk.¹⁶⁹ Na de opening van het laboratorium, vanaf eind 1953, werd het helemaal druk. Niemand minder dan Niels Bohr kwam langs en Irène Joliot-Curie uit Parijs (tweemaal zelfs), Sam Goudsmit uit Brookhaven, P.H. Abelson, directeur van de afdeling Isotopen-Separatie in Oak Ridge, Nier uit Minneapolis en Francis Perrin, hoogleraar op het Collège de France en gespecialiseerd in uraniumverrijking, om er een aantal te noemen.¹⁷⁰ Iedereen was benieuwd naar de Amsterdamse separator. In het jaar 1955 kwamen er, zo rapporteerde Kistemaker aan FOM, 'weer een paar honderd bezoekers uit binnen- en buitenland, o.a. Prof. [John] Duckworth uit Canada, die een lezing hield over zijn precisie massabepalingen, waarbij een veertigtal genodigden uit het gehele land aanwezig waren'.¹⁷¹ Duckworth was specialist op het gebied van radar en zou later terugkeren naar zijn thuisland het Verenigd Koninkrijk om een van de specialisten op het gebied van kernreactoren in Harwell te worden. Interessant is ook dat er in 1954 een actieve uitwisseling van gegevens en mankracht op gang kwam met Joegoslavië. A.J.H. Boerboom was een maand lang in Ljubljana om er te werken onder leiding van de hoogleraar Anton Peterlin. Later kwam J. Deklava uit Ljubljana een maand in Amsterdam werken.

II Uraniumproductie

Omdat er in de eerste maanden van 1954 nog veel verbeteringen aan de massaspectrometer en de bron moesten worden doorgevoerd, werd pas in juli begonnen met de grootschalige productie van uraniumisotopen. Maar toen ging het hard. Er kon zestien uur met een enkele ovenvulling van de ionenbron worden gedaan, waardoor het niet meer nodig was om de separatie tussentijds te onderbreken om een nieuwe oven te installeren. Vier dagen per week werd gesepareerd. 'De woensdag en zaterdag zijn nodig voor revisie.'¹⁷² Omdat het laboratorium voor het gehele jaar 1954 een bedrag van 50.000 gulden had geraamd als opbrengst van isotopen was dit moordende schema nodig.¹⁷³

Het eerste beetje verrijkte uranium (slechts 10 mg) werd naar Kjeller gestuurd. Daarnaast ging 1 mg naar de hoogleraar P. Huber in Basel. Via het bedrijf Philips-Roxane werd 12,5 mg geleverd aan het Franse Commissariat à l'Energie Atomique. Zo kwam het terecht bij Joliot-Curie. De KEMA ontving in eerste instantie een flinke lading (2 kg) verarmd uranium, oftewel het isotoop U-238.¹⁷⁴ Dezelfde instantie had een grote hoeveelheid U-235 besteld, maar: 'Evenwel bleek, dat door bepaalde buitenlandse factoren op het einde van het jaar dit materiaal niet meer nodig was in Arnhem.'¹⁷⁵ Waarschijnlijk kwam dit voort uit het besluit om de plannen voor een Nederlandse suspensiereactor te herzien, een reactor waarbij de brandstof bestaat uit in water zwevende splijtstofkorrels, die SUSPOP werd genoemd. Mede vanwege een bezoek van de Amerikaanse wetenschapper Walter Zinn ontstond het idee om eerst een kleine suspensiereactor te maken, BABYPOP genoemd. Voor deze reactor verwachtte Went hoogverrijkt uranium uit Engeland te kunnen krijgen – iets wat Kistemakers laboratorium niet kon leveren.¹⁷⁶

Omdat het separeren van uranium voor de medewerkers van het laboratorium zeer eenzijdig en routineus werk was, stelde Kistemaker in de loop van 1954 aan FOM voor om een premiestelsel in te voeren. Hij was bang zijn werknemers kwijt te raken als de vervellende klus niet financieel aantrekkelijk werd gemaakt. Het zou gaan om een salarisverhoging van circa 75 gulden per maand. Het be-

stuur van de stichting was er niet enthousiast over. Bannier meende dat dit een precedent zou bieden voor andere laboratoria. Ook bestuurslid W.J.D. van Dijk, bijzonder hoogleraar aan de TU Delft, was kritisch: 'Een vrijwillige aanmoediging in de vorm van een premie wordt zo spoedig door de betrokkenen als een recht beschouwd en men komt er niet meer van af.' Het zou, kortom, tot 'grote ontevredenheid onder het personeel aanleiding kunnen geven'. Voor nachtdienst wilde de Raad echter wel een uitzondering maken. Van Staveren achtte een toeslag van 10 procent een goede regeling. 'Maar verder moeten we niet vergeten,' voegde hij er in een kritische noot richting Kistemaker aan toe, 'dat enthousiasme niet te koop is, maar door een goede leiding behoort gewekt te worden.'¹⁷⁷ Op 23 december 1954 werd de premiereregeling door de Raad van bestuur van FOM goedgekeurd.¹⁷⁸

Tot november 1954 kon het tempo van separeren geleidelijk worden opgevoerd. Maar toen kwam er, doordat, waarschijnlijk toevallig, ineens alle zes ovens het tegelijk begaven, een grote terugval.¹⁷⁹ De voor dat jaar ingeschatte productie (50.000 gulden) werd dan ook bij lange na niet gehaald. In totaal werd er in 1954 voor iets meer dan 11.000 gulden aan uranium verkocht.¹⁸⁰ 'De geschatte productie zou reëel geweest zijn bij de dubbele opbrengst als thans gehaald is,' rapporteerde Kistemaker schuldbewust aan FOM. 'De raming van f. 50.000,- is te veel gebaseerd geweest op optimale omstandigheden, die bij de geregelde productie sterk naar beneden ging.'¹⁸¹

Het uranium dat aan het einde van het jaar over was, werd overgedragen aan Philips-Roxane, die het aan het Franse Commissariat doorverkocht. 'Andere Nederlandse laboratoria, die aanvankelijk hierom gevraagd hadden, hebben zich afgelopen zomer reeds teruggetrokken,'¹⁸² vooral doelend op de KEMA. Kistemaker verwachtte bovendien dat de vraag naar het dure uranium uit het laboratorium nog maar een paar maanden aan zou houden. Dit had vooral te maken met de mogelijkheden die de Amerikanen via Atoms for Peace openden, waardoor uranium in de vs aangeschaft kon gaan worden. Als de vraag naar verrijkt uranium uit Amsterdam op zou drogen, dan werd het zaak om isotopen van andere

elementen met de separator te gaan scheiden. Ook zou er op dat moment meer ruimte zijn om het apparaat voor ander onderzoek in te zetten.¹⁸³

Toen de ovens in december 1954 stuk waren, werd het apparaat gebruikt om 'aan één stuk, elke dag, proeven en metingen te doen aan de apparatuur van Drs. F. de Heer'. De Heer was op het laboratorium al een aantal jaren bezig met een onderzoek naar 'stopping', oftewel de remmende werking van gassen op verschillende versnelde ionen.¹⁸⁴ In dit onderzoeksgebied bleken veel problemen nog onopgelost en liepen de resultaten die in de literatuur te vinden waren sterk uiteen. Kistemaker was al sinds 1947, toen hij in Kopenhagen een lezing van Platzman uit Chicago over 'stopping problems' hoorde, op de hoogte van de openstaande problemen in dit veld.¹⁸⁵ Ook bij een rondreis door de vs in 1952 viel hem op: 'Het "stopping" en "capture" probleem ligt vrijwel braak.'¹⁸⁶ Het doel van het onderzoek van De Heer, die korte tijd na Kistemakers reis naar de vs begon, was dan ook om 'vollediger en nauwkeuriger te zijn'.¹⁸⁷ De Heer had de grote separator nodig voor zijn onderzoek. Soms werd er tijd voor hem ingeroosterd en soms vulde hij de gaten die vielen doordat isotopenseparaties spaak liepen. In de eerste maanden van 1955 werd de separator voor het laatst ingezet voor een lange sessie uraniumverrijking. Van 25 januari tot 10 juni werd ongeveer 75 gram U-235 verzameld. Dit werd aan Philips-Roxane geleverd en aan Frankrijk doorverkocht.¹⁸⁸

Van 15 mei tot 22 juni 1955 maakte Kistemaker wederom een rondreis door de vs, onder andere langs Washington en het Argonne-laboratorium. In juni sprak hij in Oak Ridge op een groot colloquium onder leiding van A.M. Weinberg. De lezing had de titel 'How to build a Calutron' en was, volgens Kistemaker, een groot succes. Naar verluidt stond Weinberg na afloop van de lezing op, liep naar Kistemaker toe, schudde hem de hand en sprak de woorden: 'Thank you very much! This will be the end of classification!'¹⁸⁹ Bovendien kreeg Kistemaker in Oak Ridge een Amerikaanse calutron te zien en sprak hij in detail over de problemen die het Amsterdamse laboratorium bleven teisteren. Hij kwam thuis met informatie over de richting van de elektroden in de bron en

over de technieken waarmee het opwarmen van de bron constanter kon gebeuren. Deze informatie had hij uit Oak Ridge.¹⁹⁰

Eind juni werden de uraniumseparaties stopgezet. Het volgende element dat werd gescheiden was thallium. Daarna was zwavel aan de beurt.¹⁹¹ In de zomer werd het apparaat gebruikt voor het stop-pingonderzoek.¹⁹² Het volgende jaar werden isotopen van de elementen calcium, silicium en lithium gesepareerd. Daarnaast werd een chloorseparatie voorbereid.¹⁹³

Het laboratorium was aanzienlijk gegroeid. Om greep op het uitdijende onderzoek te houden besloot Kistemaker het onderzoek op het laboratorium in te delen in werkgroepen, onder zelfstandig functionerende groepsleiders. Hierdoor werd zijn taak als directeur en toezichthouder iets verlicht.¹⁹⁴ De eerste groep stond onder leiding van Piet Rol en beheerde het onderzoek aan de grote elektromagnetische separator. Boerboom was leider van de tweede groep, die onderzoek deed aan en met de massaspectrometers. In 1956 werd dit werk aanzienlijk uitgebreid omdat er een volledig functionerende massaspectrometer uit Utrecht overkwam. Daarnaast werd een nieuwe massaspectrometer ontwikkeld, speciaal voor onderzoek naar de structuur van hoogmoleculaire organische verbindingen. Kistemaker zelf was leider van de derde groep die zich bezighield met gasontladingsonderzoek. Er werd onderzoek gedaan naar zowel plasma's als thermonucleaire ontladingen. Het chemische laboratorium (de vierde groep) had vooral een facilitaire functie en bleef zich richten op de productie en analyse van de verschillende isotopen. Binnen deze groep rondde A.E. de Vries in 1956 zijn proefschrift af over thermodiffusie, een andere manier om isotopen te scheiden. Hij werkte sinds 1951 op het laboratorium. Voor zijn onderzoek ontwikkelde hij eerst een glazen en later een stalen diffusiekolom. Met een dergelijk apparaat werden de isotopen van koolstof (C-12 en C-14) en borium (B-10 en B-11) gescheiden.¹⁹⁵

Ten slotte waren er nog een elektronische groep, de werkplaats en de administratie van het laboratorium. In het jaarverslag van de stichting FOM over het jaar 1956 stond nog een nieuwe, achtste, groep genoemd, welke 'een zeer grote activiteit ontwikkelt. Over dit

onderzoek is een vertrouwelijk rapport aan de Stichting Reactor Centrum Nederland uitgebracht.⁹¹⁹⁶ De naam van de werkgroep was 'Ultra-centrifuge onderzoek'.