



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

Jaap Kistemaker
en uraniumverrijking in Nederland
1945-1962

Jaap Kistemaker
en uraniumverrijking in Nederland
1945-1962

PROEFSCHRIFT

ter verkrijging van de graad van Doctor aan de Universiteit Leiden,
op gezag van de Rector Magnificus prof.mr. C.J.J.M. Stolker,
volgens besluit van het College voor Promoties te verdedigen op
woensdag 20 september 2017 klokke 16.15 uur

door

Abel Herbert Streefland
geboren te Amsterdam
in 1985

PROMOTIECOMMISSIE

Prof. dr. D. van Delft (promotor, Universiteit Leiden)
Prof. dr. F.H. van Lunteren (promotor, Universiteit Leiden)

Prof. dr. C.W.J. Beenakker (Universiteit Leiden)
Prof. dr. J.A.E.F. van Dongen (Universiteit van Amsterdam)
Dr. ir. C.L.A. Hooijer (NWO)
Prof. dr. H.J.A. Röttgering (Universiteit Leiden)
Prof. dr. J.M. van Ruitenbeek (Universiteit Leiden)

© 2017 Abel Streefland

Omslagontwerp CMRB

Foto omslag Paul Huf/MAI

Foto auteur Sam Rentmeester

Lithografie afbeeldingen BFC, Bert van der Horst, Amersfoort

Van dit proefschrift is ook een handelseditie verschenen bij
Uitgeverij Prometheus te Amsterdam onder ISBN 978 90 446 3413 6.

INHOUD

INLEIDING

- 1 '...in een arm en verwoest land...' 9
- 2 Jaap Kistemaker 13
- 3 Een nieuwe wetenschap 15
- 4 Koude Oorlog 20
- 5 Periodisering: 1945-1962 23
- 6 Historiografische beschouwing 26

I DE SEPARATOR (1945-1949)

- 1 Het Smythrapport 29
- 2 Een studie, een promotie 30
- 3 Kramers en Nederlands uranium 36
- 4 De commissie voor Atoomfysica 39
- 5 Een Deens lustoord 44
- 6 Aan de slag in Amsterdam 47
- 7 De achilleshiel: ionenbronnen 52
- 8 Plannen voor een nieuwe huisvesting 55

2 HET URANIUMPROJECT (1949-1955)

- 1 De toekomst tegemoet 60
- 2 De magneet 64
- 3 Het afbouwen van de separator 66
- 4 Cees Zilver schoon 71
- 5 Bestuurlijke reorganisaties en loodgieterswerk 73
- 6 Het uraniumproject 77
- 7 Intermezzo – handelsreiziger Bakker 80

- 8 Een officiële opening 84
 - 9 Mae West, successen en Atoms for Peace 87
 - 10 Een wetenschappelijke handelsreiziger 90
 - 11 Uraniumproductie 93
-
- 3 SUPERCENTRIFUGES (1955-1957)
 - 1 'Een wonder van mogelijkheden' 98
 - 2 Inlichtingen uit de vs en Duitsland 102
 - 3 RCN en Teylers Stichting 107
 - 4 UF6 en een nieuw onderkomen 112
 - 5 Een problematische relatie 117
-
- 4 EEN EUROPEES SCHAAKSPEL ROND
URANIUMVERRIJKING (1956-1957)
 - 1 Euratom 124
 - 2 Een Brusselse club 127
 - 3 Europese winst 130
 - 4 Een congres in Amsterdam 137
 - 5 Een interessante ongewenste gast 142
-
- 5 FINANCIËEL GEHARREWAR (1957-1960)
 - 1 Grootse plannen 146
 - 2 Het TNO-rapport en 'financieel geharrewar' 151
 - 3 De technische ontwikkeling van de centrifuge in 1957 157
 - 4 Internationale proposities 161
 - 5 Een Duitse connectie? 167
 - 6 Eindelijk zekerheid? 170
 - 7 Angst voor een pennenstreek 175
-
- 6 COMMISSIES EN GEHEIMEN: KANTELJAAR 1960
 - 1 De lente van 1960 180
 - 2 Euratomisatie? 181
 - 3 Commissie-Tromp, lente 1960 186
 - 4 'Wir trennen Uran!' 190
 - 5 Het nieuwe laboratorium 196
 - 6 Bezoek van een Amerikaanse delegatie 200

7	Geheimhouding voor beleidsmakers en Kistemakers voorstel	207
8	Commissie-Tromp, herfst 1960	211
9	Ophef in de media	215
10	Kistemaker A-bommaker	219
7	IN HET LABYRINT VAN DE BUREAUCRATIE (1961-1962)	
1	Staatsgeheim	227
2	Technische ontwikkeling	230
3	Veranderende machtsstructuren	234
4	Commissie-Tromp II	237
5	Volledige impasse	243
6	De conclusies van Rinia en een weg uit de impasse	250
8	EPILOOG	
1	Op weg naar Urenco	254
2	'A bit of margarine'	258
3	Een fabriek in Almelo	263
4	Jacob Kistemaker	265
	CONCLUSIE	269
	GERAADPLEEGDE ARCHIEVEN	277
	NOTEN	279
	BIBLIOGRAFIE	344
	DANKWOORD	355
	REGISTER	356
	SUMMARY	361
	CURRICULUM VITAE	364

INLEIDING

I '...in een arm en verwoest land...'

'...in een arm en verwoest land...' Zo begon Jaap Kistemaker zijn eigen versie van de geschiedenis van de ultracentrifuge in Nederland. In het naar de kleur van de kaft genoemde *Rode Boekje* schreef hij, aan de hand van herinneringen van oud-medewerkers, agenda's van weleer en een enkel archiefstuk, zijn eigen versie van een van de meest belangwekkende naoorlogse technische ontwikkelingen in Nederland.¹ 'Ik heb getracht,' zo schreef hij in de inleiding, 'zoveel mogelijk de simpele feiten en data voor zichzelf te laten spreken. Zij zijn slechts de broodkruimels gestrooid langs de weg door het grote bos. Velen werden opgepikt door de vogels waardoor het soms moeilijk was de weg terug te vinden naar de oorsprong.'

Een vergelijkbare opmerking kan worden gemaakt over het onderzoek naar de geschiedenis van uraniumverrijking in Nederland. Het *Rode Boekje*, geschreven in 1991, is nooit gepubliceerd. Dat mocht niet van het in Almelo gevestigde bedrijf Urenco, tot woede van Kistemaker. De ultracentrifugetechniek is namelijk geheim – nog steeds. Alle technische details van deze machines, vanaf 1 augustus 1960, vallen onder een strikt regime van geheimhouding. Blijkbaar stonden er in het boekje te veel geheimen. Toen ik een stuk of tien exemplaren van het *Rode Boekje* terugvond in het archief van het FOM-instituut AMOLF op het Science Park in Amsterdam, Kistemakers oude laboratorium, was het een openbaring. Eindelijk gedegen informatie over de geschiedenis van de ultracentrifuge. Er was namelijk verder zo goed als niets over te vinden.

Geen rapporten, geen verslagen, geen notulen: niets in Kistemakers wetenschappelijke archief ging over centrifuges. De ultracentrifuge was uit het archief verdwenen.

Kistemakers voormalige secretaresse, Louise Roos, wist me te vertellen waar het ultracentrifugearchief was gebleven. In 1982, toen Kistemaker met pensioen ging, verhuisde het naar Almelo en werd het ondergebracht bij Urenco. Daar kon de veiligheid en geheimhouding van de stukken, in tegenstelling tot op het Amsterdamse lab, worden gewaarborgd. Het archief bevond – bevindt – zich in een stalen kluis, onder de hoede van de technologische tak van Urenco, het bedrijf Enrichment Technology Company. Sinds 1982 wordt er daar zorg gedragen voor dit gedeelte van Kistemakers archief. Toegang tot deze kluis leverde mij de belangrijkste bouwstenen van deze studie. Rapporten, reisverslagen, originele patenten, zelfs handgeschreven aantekeningen van ontmoetingen en bijgewoonde lezingen lagen hier opgeborgen. Het bleek dat Kistemaker al de broodkrumels wel degelijk op één plek had bewaard.

Het Nederlandse onderzoek naar uraniumverrijking werd bijzonder succesvol. In 1971 is het Verdrag van Almelo ondertekend door Nederland, Duitsland en Engeland, waarin verregaande afspraken werden gemaakt over het delen van kennis en het gezamenlijk exploiteren van de technologie voor het verrijken van uranium. Het resultaat was het staatsbedrijf Urenco, dat nog steeds op grote schaal splijfstof levert aan kerncentrales over de hele wereld. Ook worden er stabiele isotopen voor de farmaceutische industrie gemaakt. Urenco produceert ongeveer 30 procent van de wereldproductie verrijkt uranium.

Dit boek gaat over de voorgeschiedenis van deze succesvolle industrie. De belangrijkste achterliggende vragen zijn: hoe komt het dat Nederland zo'n grote speler is geworden op het gebied van uraniumverrijking? En, daarnaast, hoe past het verrijkingsonderzoek in het wetenschappelijke landschap van de naoorlogse periode? In hoeverre ging het hier om een nieuwe en eigensoortige vorm van wetenschappelijk onderzoek?

‘...in een arm en verwoest land...’ bereikte op 6 augustus 1945 de Nederlandse fysici het nieuws dat Hiroshima door een atoombom was verwoest. Drie dagen later volgde Nagasaki en op 14 augustus capituleerde Japan. Nederlandse fysici waren met stomheid geslagen. Het was de Amerikanen gelukt om in het geheim een bom te bouwen met verrijkt uranium als belangrijkste ingrediënt. Vrijwel direct werden er plannen gemaakt om ook in Nederland met atoom- en kernfysica aan de slag te gaan. Zowel wetenschappers als beleidsambtenaren en politici hielden succesvolle pleidooien voor investeringen in fysisch onderzoek op een voorheen ongeken- de schaal. Het overheersende sentiment was dat Nederland ver achterliep op de Verenigde Staten en Engeland en dat dit gat kleiner gemaakt, of zelfs gedicht, moest worden.

Direct zagen de beleidsmakers en wetenschappers echter in dat dit geen gemakkelijke opgave zou worden. Als de Amerikaanse ontwikkeling van de atoombom de Nederlandse fysici iets duidelijk maakte, dan was het wel dat dit gebied binnen de natuurkunde in de oorlog een gedaantewisseling moest hebben ondergaan. Nederlandse natuurkundigen en beleidsmakers probeerden na de oorlog om een passende manier te vinden om de fysica voor de lange termijn op te bouwen. Een flinke schaalvergroting was een belangrijke eerste stap.² Deze schaalvergroting manifesteerde zich voornamelijk in een groei van de budgetten voor onderzoek naar natuurkunde en in een daarbij behorende uitbreiding van de mankracht die voor het uitvoeren van het onderzoek nodig was. Ook universiteiten en hogescholen groeiden aanzienlijk in de naoorlogse jaren. Daarnaast werd ingezet op een internationalisering van het onderzoek. In zekere zin was dit een voortzetting van wat er voor de oorlog al was opgebouwd. Er ontstonden internationale netwerken, er kwamen uitwisselingen op gang, wetenschappelijke tijdschriften internationaliseerden en er werden multilaterale projecten opgezet (denk bijvoorbeeld aan CERN). Wat betreft de opbouw van atoom- en kernfysica in Nederland was het zaak een academische en buitenacademische infrastructuur op te bouwen. De belangrijkste stap hierin was zonder twijfel de oprichting van de Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie, ofwel FOM.

Er ontstonden concrete plannen om een kernreactor te ontwikkelen.

Twee overblijfselen uit de oorlog boden handvatten voor het toespitsen van het onderzoek. Ten eerste was Philips tijdens de oorlog begonnen met de ontwikkeling van een deeltjesversneller, een cyclotron. Onder FOM-vlag werd hierop in het Amsterdamse Instituut voor Kernfysisch Onderzoek (IKO) voortgebouwd. Ten tweede was er vóór de oorlog op voorspraak van de fysicus Wander de Haas door de Nederlandse regering een partij van 10 ton natuurlijk uranium aangeschaft. Het bezit van deze vaatjes gaf aanleiding tot verschillende onderzoeken naar het zuiveren en verrijken van uranium. In de eerste naoorlogse jaren waren dit de twee belangrijkste pijlers van het kernfysische onderzoek in Nederland.

Voor het onderzoek naar uraniumverrijking werd de jonge fysicus Jaap Kistemaker door de heren van FOM uitverkoren om dé specialist op dit gebied te worden. Het onderzoek van Kistemaker tekende zich tegen de context van deze twee brede veranderingen, schaalvergroting en internationalisering, af. Sterker nog, het project dat Kistemaker na de oorlog begon, was kenmerkend voor de nieuwe, moderne manier van het bedrijven van de fysica. De schaal van het onderzoek naar de grote elektromagnetische isotopenseparator was relatief groot – er bestonden in Nederland zonder twijfel grotere projecten (denk bijvoorbeeld aan het IKO en de grootschalige astronomische projecten), maar het apparaat vulde wel een flinke fabriekshal. Daarnaast diende het onderzoek naar uraniumverrijking voornamelijk een internationaal doel. Het was een kwestie van prestige in de ontluikende Koude Oorlog om als ‘klein landje’ uranium te verrijken. De plannen van FOM voor het bouwen van een Nederlandse kernreactor werden in de loop van de jaren veertig gecombineerd met vergelijkbare Noorse plannen, waardoor een Noors-Nederlandse samenwerking ontstond. Hierin speelde het uranium van Kistemaker een kleine maar toch opzienbarende rol.

Voor een deel zijn de bovengenoemde veranderingen te vatten onder de noemer van bredere veranderingen in de wetenschappelijke wereld in deze periode. Wetenschap werd steeds meer toepassingsgericht, waarbij de nadruk kwam te liggen op commerciële

doelen en het managen van wetenschappelijke projecten. Het onderzoek van Kistemaker is een goed voorbeeld van deze nieuwe 'soort' wetenschap, die later in de twintigste eeuw dominant werd en in de eerste decennia van de eenentwintigste eeuw verder door-groeide. Verderop in deze inleiding kom ik hier uitgebreid op terug.

Ten slotte kan dit boek in zijn geheel gelezen worden vanuit het perspectief van de steeds ingrijpendere invloed van de Koude Oorlog. Binnen de wetenschapsgeschiedenis is de laatste jaren een ware hype ontstaan rondom *Cold War Science* omdat is gebleken dat een groot deel van de naoorlogse wetenschappelijke praktijk vanuit het perspectief van de Koude Oorlog gezien kan worden. Dit onderzoek is een aanvulling op die literatuur. Uraniumverrijking is *Cold War Science* pur sang. Het hangt nauw samen met de ontwikkeling van atoomwapens en kernreactoren. Verschillende nationale, internationale en transnationale sentimenten speelden een grote rol. Thema's die typisch voor de Koude Oorlog zijn, komen in de projecten van Kistemaker naar voren: geheimhouding, ingewikkelde wetenschappelijke kennisuitwisseling, vormen van spionage. Later in deze inleiding zal dieper ingegaan worden op de rol die de Koude Oorlog speelde.

2 Jaap Kistemaker

Een studie naar uraniumverrijking in Nederland betekent onvermijdelijk ook een studie naar Kistemaker. Hij was een markant figuur, had een bijzonder doorzettingsvermogen, een scherp oog voor innovaties en het vermogen om de juiste mensen om zich heen te verzamelen. Tegelijkertijd was hij koppig en bij vlagen politiek onhandig. Herhaaldelijk vroegen zijn leidinggevendenden van de Stichting FOM zich af of Kistemaker wel de meest geschikte figuur was om het onderzoek naar uraniumverrijking in Nederland te leiden. Maar van dezelfde bazen kreeg hij keer op keer wel een grote vrijheid in het uitvoeren van het onderzoek. Vooral in de tweede helft van de jaren vijftig schoten de budgetten voor het ultracentri-

fugeproject omhoog, van een ton tot meer dan een miljoen gulden per jaar.

Het zou oneerlijk zijn tegenover de talloze medewerkers, technici, beleidsmakers en bestuurders om het uiteindelijke succes – want het werd een succes – puur en alleen aan Kistemaker toe te schrijven. Hun rol mag niet onderschat worden. Tegelijkertijd is het niet overdreven om te stellen dat het grote succes, in de vorm van een commercieel levensvatbaar procedé van uraniumverrijking, zonder Kistemaker niet behaald zou zijn. Dit is de belangrijkste reden dat er in dit onderzoek voor is gekozen om bij het schrijven van deze geschiedenis Kistemaker centraal te stellen en hem te volgen. Hij is de leidraad van deze geschiedenis.

Dat maakt dat dit boek op een bepaalde manier ook een biografie van Jaap Kistemaker is, zij het met beperkingen. Zo valt de einddatum van deze studie, rond 1963, midden in zijn carrière. Er volgde nog veel interessant onderzoek en hij zou nog bijna twintig jaar directeur van het FOM-laboratorium voor Massaspectrografie, later AMOLF genoemd, blijven, tot 1983. Daarnaast wordt in deze studie de nadruk gelegd op zijn werk aan uraniumverrijking, terwijl er op het laboratorium ook belangwekkend ander onderzoek plaatsvond. Ook is voor deze studie nauwelijks gebruikgemaakt van privéarchiefmateriaal. Naast het gegeven dat dergelijk materiaal vrijwel niet beschikbaar was, is ervoor gekozen om de nadruk op de geschiedenis van het onderzoek naar uraniumverrijking te leggen.

Dat neemt niet weg dat voor een goed begrip van het onderzoek enig inzicht in de persoon Kistemaker onontbeerlijk is. Voor die beeldvorming heb ik veel baat gehad bij de verschillende gesprekken die ik met familieleden en oud-collega's heb gehad. De belangrijkste daarvan waren Renée Kistemaker, Cees Zilver schoon, Fridtjof Kelling, Frits de Heer, Dolf de Vries, Cees le Pair, Frans Saris en Dirk van Delft (die een interview met Kistemaker zelf heeft gehouden).

Wat is het bestaande beeld van Kistemaker? Vooral in de jaren zestig en zeventig werd hij ongewild een bekende Nederlander. Die bekendheid kende twee kanten. Centraal in het proces van beroemd worden stond de Cellastic-affaire, waarin een vermeend oorlogsver-

leden werd verbonden aan zijn verrijkingswerk. Vanuit communistische hoek werd hij daardoor verguisd: zijn woonhuis en laboratorium waren meermaals doelwit van protesten. Ook werd hij door velen gezien als het prototype van een technocraat (in de negatieve zin van het woord). Er werd wel eens gesuggereerd dat Kistemaker model stond voor de geniale maar ook kwaadaardige professor Joachim Sickbock uit de Bommelsaga van Marten Toonder, die met zijn uitvindingen denkt de wereld vooruit te helpen, maar eigenlijk vooral op zoek is naar faam. Aangezien Sickbock in 1941 voor het eerst verscheen, lang voordat Kistemaker bekendheid verwierf, is het onwaarschijnlijk dat Sickbock direct op Kistemaker is gebaseerd. Desondanks zou het natuurlijk best kunnen dat Toonder later bepaalde karaktertrekken van de Amsterdamse wetenschapper (die zeker een reputatie als uitvinder had) heeft geleend.³

Maar Kistemaker had ook trouwe volgelingen en bewonderaars. Daaronder vinden we niet alleen zijn naaste medewerkers, maar ook buitenstaanders die onder de indruk waren van zijn wetenschappelijke en maatschappelijke inspanningen. Hij werd gezien als een moderne uitvinder, die de wereld middels nieuwe technologie kon verbeteren. Met een scherp oog voor de organisatorische kant van de wetenschap wist hij nieuwe technologieën een plek in de maatschappij te geven. Het is dan ook in deze context dat een van de FOM-bestuurders zich in 1962 afvroeg: ‘Is hij soms een “man met gouden vingers”?’⁴

3 Een nieuwe wetenschap

De achterliggende doelen van de twee projecten die Kistemaker in de jaren veertig en vijftig opzette voor de verrijking van uranium waren bijzonder eenvoudig. De elektromagnetische isotopenseparator werd gebouwd met als doel het scheiden van isotopen en specifiek uraniumisotopen. De latere ultracentrifuges werden puur en alleen ontwikkeld om uranium te verrijken. Perfectionering en vervolgens industriële toepassing van deze technologie zou tot economisch gunstige ontwikkelingen kunnen leiden. Er bestond de hoop

dat deze machines verrijkt uranium zouden kunnen gaan produceren voor de internationale markt. Men wilde aldus de concurrentie aangaan met andere landen die uranium verrijkten, in het bijzonder de Verenigde Staten. Dit geeft aan dat de beide projecten grotendeels technologisch van aard waren: het werkend krijgen en vervolgens perfectioneren van apparaten waarvan de achterliggende fysica goeddeels bekend was. Het ging Kistemaker niet om het toetsen van een nieuwe natuurkundige wet, het vinden van een nieuw deeltje of het opzetten van een nieuwe theorie. Dat zijn uitingen van wetenschapsbeoefening die traditioneel aan de fysica worden toegeschreven, maar op deze projecten niet van toepassing lijken te zijn. De aard van Kistemakers projecten was technologisch en toegepast. Ze werden met een duidelijk doel voor ogen opgezet, uitgevoerd en geperfectioneerd. Projecten die je eerder binnen een bedrijf verwacht.

Dat gegeven roept de vraag op in hoeverre deze projecten *wetenschappelijk* van aard waren. Een risico is dat deze vraag als een waardeoordeel opgevat kan worden, maar dat is niet de kant die ik op wil gaan. Dat deze projecten het predicaat wetenschap wellicht niet verdienen betekent allesbehalve dat het niet knap, goed of intellectueel hoogstaand was wat Kistemaker voor elkaar kreeg. Wel betekent het dat deze projecten gezien kunnen worden als een goed voorbeeld van een nieuwe soort van wetenschapsbeoefening, waarbij het doel vooropstaat en dat doel niet zozeer nieuwe kennis behelst als wel een nieuwe vorm van 'kunnen', in de zin van een nieuwe, commercieel levensvatbare techniek. Achter dit doel schuilt geen fundamentele natuurkundige vraag.

Dat neemt niet weg dat de projecten wel ondergebracht werden bij de Stichting voor *Fundamenteel* Onderzoek der Materie. Bovendien waren er weinig mensen die twijfelden aan de wetenschappelijke kwaliteit van Kistemakers onderzoeken. Over het algemeen werd het – door collega's, door beleidsmakers – wel degelijk als wetenschap gezien en dat was niet zonder reden. Het bereiken van het praktische doel vereiste namelijk het oplossen van tal van wetenschappelijke vraagstukken. Zo nu en dan ontstonden er problemen bij de ontwikkeling van de te construeren apparaten. Hieruit kon-

den losstaande onderzoeken ontstaan, die vaak veel ‘wetenschappelijker’ waren dan het hoofdonderzoek. Van deze wetenschappelijk spin-offs waren de achterliggende vragen bovendien vaak wél fundamenteel van aard.

Een goed voorbeeld van dergelijke wetenschappelijke spin-offs is het onderzoek naar *sputtering*, waarbij de fysische mechanismen achter zowel de opname als de terugkaatsing van op materie botsende deeltjes uit de elektromagnetische isotopenseparator werd onderzocht. Een goed begrip van sputtering kon in eerste instantie gebruikt worden om het rendement van het apparaat te verhogen. Desondanks gaf het onderzoek naar sputtering in de jaren zestig aanleiding tot onderzoeken naar ionenchaneling en in de jaren zeventig naar ionenimplantaties, wat op haar beurt de basis werd voor de halfgeleiderindustrie van computerchips. De spin-off kon soms dus wetenschappelijk belangwekkender zijn dan het technologische hoofdonderzoek. Daarnaast moet niet uit het oog worden verloren dat de onderzoeken van Kistemaker niet op een universiteit werden verricht. Het Laboratorium voor Massaspectrografie was een FOM-instituut dat wel banden onderhield met de Universiteit van Amsterdam, maar volledig onafhankelijk van de academische wereld functioneerde.

Maar belangrijker dan de vraag in hoeverre deze projecten wel of niet wetenschappelijk waren, is de observatie dat de grens tussen technologie en wetenschap vervaagde. Dit soort onderzoek kwam tijdens de oorlog op (denk bijvoorbeeld aan het Manhattanproject en aan de ontwikkeling van radar) en nam in de loop van de twintigste eeuw een hoge vlucht. Wetenschapshistorici hebben hiervoor de term *technoscience* geïntroduceerd, waarbij de twee in elkaar geschoven woorden aangeven dat het onderscheid is verdwenen.⁵

Een andere manier om de veranderende wetenschappelijke wereld te omschrijven, is in de jaren negentig door de wetenschaps sociologen Helga Nowotny, Peter Scott en Michael Gibbons naar voren geschoven. Hiervoor introduceerden zij de term *Mode 2 science*, bedoeld als tegenhanger van ‘the old paradigm of scientific discovery’, *Mode 1* genoemd.⁶ Alhoewel dit ‘postmoderne’ etiket zeker niet onomstreden is, biedt het wel een aantal handvatten voor het in-

zichtelijk maken van de verregaande veranderingen in de wetenschappelijke praktijk in de twintigste eeuw. In navolging van de betreffende auteurs licht ik er drie aspecten uit, waarbij moet worden aangetekend dat dit zeker niet bedoeld is als een volledige omschrijving van de veranderende wetenschap.

Allereerst werden de prioriteiten van de wetenschap steeds meer gestuurd. De auteurs onderscheidden drie niveaus van waaruit dit gebeurde: het supranationale niveau, waaronder bijvoorbeeld Europa kan worden verstaan, het nationale niveau en het niveau van de organisatie of instelling, in ons geval bijvoorbeeld FOM of het Reactor Centrum Nederland (RCN). Deze niveaus hebben verschillende agenda's en wensen om bepaalde sociale en economische doelen te bereiken. Zo was het achterliggende doel van RCN om een werkende kernreactor te bouwen (of te kopen) en kwam het centrifugeproject van Kistemaker er als een extraatje bij. Voor FOM had het project primair een wetenschappelijke waarde, terwijl Den Haag, op het moment dat de ministeries erbij betrokken raakten, voornamelijk geïnteresseerd was in de economische mogelijkheden van ultracentrifuges.

Een tweede verandering is de toenemende commercialisering van de wetenschap, waarbij voornamelijk gedacht moet worden aan het afnemen van publieke financiering en het toenemen van publiek-private samenwerkingen. Anders gezegd was er een toenemende marktwerking in de wetenschap. Weliswaar hadden grote bedrijven als Philips en Shell hun eigen onderzoekslaboratoria, toch ontstonden in de naoorlogse periode verregaande samenwerkingen tussen publieke en private instellingen. Het cyclotron dat bij het IKO werd ontwikkeld is een vroeg voorbeeld, net als de verschillende vormen van samenwerking die Kistemaker met het bedrijf Werkspoor opbouwde.

Een derde element dat de auteurs van de boeken en artikelen over Mode 2 aankaartten, is de toename van het beheer (*management*) en de verantwoording (*accountability*) van de wetenschap, wat zich vooral uitte in toenemende rapportage en evaluatie van wetenschapsprojecten. Zoals we in de hoofdstukken over de ultracentrifuge zullen zien, nam dit in de late jaren vijftig en jaren zestig voor

het verrijgingsproject bijna absurde vormen aan. Dikke rapporten en evaluaties, vaak met dezelfde strekking, werden geschreven.

Deze drie elementen zijn, in meer of mindere mate, terug te zien bij de projecten van Kistemaker. Dat maakt de onderzoeken naar uraniumverrijking tot zeer vroege voorbeelden van *Mode 2 science*. Bij het ontwikkelen van de grote elektromagnetische isotopenseparator draaide het onderzoek om het werkend krijgen van de machine, om vervolgens de gescheiden isotopen aan andere laboratoria – tegen een nette prijs – zowel in Nederland als op de internationale markt te verkopen. Bij de ontwikkeling van de ultracentrifuges ging het nog verder: vanaf het begin was het de bedoeling om een nieuwe industrie op te zetten. Dat dit gebeurde binnen de kaders van FOM, terwijl het duidelijk was dat dit project nergens om fundamenteel onderzoek ging, maakt de ultracentrifuge zowel een extreem als een in Nederland zo goed als uniek voorbeeld van de hierboven beschreven nieuwe soort van wetenschapsbeoefening. Zelfs recenter zijn er weinig voorbeelden te bedenken van vergelijkbare (qua schaal, qua opzet) projecten.

Er is nog een andere invalshoek mogelijk. Bijna deze hele geschiedenis kan worden gezien als een gecompliceerd spel rond verwachtingsmanagement. Vooral in de eerste jaren van het ultracentrifugeproject komt dit duidelijk naar voren. Het was een project van de lange adem, waarbij in de eerste jaren nog geen gram uranium kon worden verrijkt. Kistemaker had aan leidinggevenden, ambtenaren, commissies en ministeries eigenlijk weinig te bieden. Desalniettemin was het een project waar veel geld voor moest worden geworven. Daarom was het zaak de verwachtingen keer op keer te voeden. Er moesten dromen levend worden gehouden, anders kon de stekker er zo worden uit getrokken. De manier waarop Kistemaker de kritische partijen wist te overtuigen, is niet alleen een doorlopende lijn in dit boek, maar mijns inziens ook een belangrijk aspect van de naoorlogse wetenschap. Het hangt samen met de wens om wetenschapsprioriteiten te sturen. Als fysicus was het niet meer een kwestie van even langslopen bij de minister-president; er moest rekening worden gehouden met een heel netwerk aan personen en instanties die achter het onderzoek moesten staan.⁷

4 Koude Oorlog

Naast de context van de naoorlogse veranderende wetenschap speelt de Koude Oorlog door het gehele boek heen een belangrijke rol. Dat begrip verdient enige nadere toelichting, waarbij in het bijzonder twee aspecten zullen worden uitgelicht. Ten eerste kan de term *Koude Oorlog* soms verwarrend werken. Hij wordt niet alleen gebruikt voor het omschrijven van de oplopende spanningen tussen ‘het Westen’ en ‘het Oosten’, maar ook als periodisering: van ruwweg 1945 tot 1962, als na de Cubacrisis de de-escalatie begint, of 1989, wanneer de Sovjet-Unie uit elkaar valt. Daarnaast worden bepaalde ideeën en concepten omschreven als typisch voor de Koude Oorlog – zaken als geheimhouding, Amerikaanse inmenging in wetenschappelijke projecten, maar ook het onderwerp van dit boek, uraniumverrijking. Het is vaak onduidelijk in hoeverre deze aspecten direct te maken hebben met de internationale spanningen van de Koude Oorlog, of er vooral mee worden geassocieerd omdat ze er temporeel mee samenvallen. Machines met grote controlepanelen kunnen bijvoorbeeld een Koude Oorlog-uitstraling vertonen (wellicht versterkt door de James Bondfilms), terwijl dat slechts een beeldende functie lijkt te hebben. De Koude Oorlog is daarmee op een bepaalde manier een containerbegrip geworden. Zowat alles kan eronder vallen.

Met het bovenstaande samenhangend, is het, ten tweede, niet altijd even duidelijk welke rol de Koude Oorlog – en dan voornamelijk de geopolitieke spanningen – in de wetenschappelijke wereld in Nederland speelde. In hoeverre was er überhaupt sprake van inmenging van militaire en machtspolitieke belangen in het onderzoek tijdens de Koude Oorlog? Bleef de Nederlandse wetenschap niet juist gespeend van dergelijke inmenging? David Baneke wijst er in een recent artikel over het Nederlandse wetenschapsbeleid op dat voorzichtigheid geboden is: de gigantische groei van de bètawetenschappen in grote delen van Europa kan niet uitsluitend of zelfs in hoofdzaak worden teruggevoerd op de militaire rivaliteit met het Oostblok. Economische drijfveren speelden vaak een grotere rol. Daarbij gold de rivaliteit niet alleen met de Verenigde Sta-

ten, maar ook intra-Europees. Hoe het Europese krachtenveld eruitzag werd op zijn beurt wel weer in sterke mate beïnvloed door de geopolitieke spanningen tussen Oost en West.⁸

De wetenschapshistorische studie van de Koude Oorlog heeft in de laatste tien jaar een hoge vlucht genomen. De inmiddels klassieke studie die mede voor deze populariteit heeft gezorgd is het boek *American Hegemony and the Postwar Reconstruction of Science in Europe* van de Amerikaan John Krige.⁹ In deze studie legt Krige bloot op welke manier en met welke doeleinden de Amerikanen zeer veel geld investeerden in de naoorlogse Europese wetenschap. Het beleid van de vs was erop gericht om de Amerikaanse geopolitieke machtspositie in Europa te verstevigen, als een soort buffer tegen de Sovjet-Unie. Dit gebeurde op veel verschillende manieren en terreinen, waar de wederopbouw van de Europese wetenschap er één van was. Het ging Amerika op een bijna imperialistische manier om het verstevigen van de Amerikaanse hegemonie, juist door op grote schaal te investeren in Europese wetenschap. Verschillende substantiële financiële en materiële injecties vormden hiervan de kern, waarvan de Marshallhulp de bekendste was. Maar ook door middel van, bijvoorbeeld, onderzoeksbeurzen, zoals het bekende Fulbright-programma en privé-instituten als de Ford en Rockefeller Foundations, werd de Amerikaanse positie verstevigd.

Mede naar aanleiding van het boek van Krige zijn de laatste jaren, zowel in Europa als in Amerika, talloze studies uitgevoerd naar de omvang en nasleep van deze Amerikaanse inmenging in de naoorlogse wetenschapsbeoefening.¹⁰ Zo heeft de Zweed Mikael Nilsson laten zien dat ook het neutrale Zweden en Zwitserland deel uitmaakten van het grotere 'military-industrial-academic complex' dat door de Verenigde Staten werd opgebouwd tijdens de Koude Oorlog.¹¹ In Denemarken is een grote studie uitgevoerd naar het geografisch strategisch gelegen Groenland, waar de vs tal van activiteiten ontplooiden.¹² De nadruk kwam naast nationale en internationale onderzoeken ook te liggen op *transnationale* studies, waarbij grensoverschrijdende samenwerkingen centraal kwamen te staan.¹³ Dat het perspectief van Krige ook meer biografisch getinte verhalen kan verrijken, laat bijvoorbeeld de wetenschapshistoricus Peder Ro-

berts zien in een biografische schets van de Deense oceanograaf Anton Bruun, die door de Amerikanen werd ingeschakeld om de Amerikaanse oceanografie op te bouwen als tegenhanger van de Sovjet-oceanografie.¹⁴ Inmiddels is gebleken dat de meest uiteenlopende wetenschapshistorische thema's als de geschiedenis van radio-isotopen, penicilline en genetica, Kriges beeld kunnen gebruiken als een belangrijke, verhelderende achtergrond.¹⁵

Een van de belangrijkste kanttekeningen bij Kriges boek komt van Naomi Oreskes, die zich afvraagt waarom Amerika voornamelijk inzette op het financieren van 'basic research', oftewel fundamentele en zuivere wetenschap en niet op toegepaste wetenschap. Zou dat de door beide partijen gewenste technologische wederopbouw niet veel gemakkelijker hebben gemaakt?¹⁶ Krige wijst in zijn boek op een aantal mogelijke verklaringen. Zo was voor de Amerikanen directe economische concurrentie vanuit Europa ongewenst – de hegemonie moest immers behouden blijven. Dit is een argument dat ook in de loop van dit boek nog de revue zal passeren. Maar wellicht belangrijker is dat de Amerikanen ervan overtuigd waren dat investeringen in *fundamentele* wetenschap op de lange termijn het grootste opbouwende effect zouden hebben. Dit idee was gemeengoed bij Amerikaanse wetenschappers en beleidsmakers. Vaak werd naar het beroemde gedachtegoed van Vannevar Bush verwezen, die met zijn pleidooi voor *basic research* uit 1945 aan de wieg stond van de oprichting van de National Science Foundation in 1950.¹⁷ Ook in Nederland werden de ideeën van Vannevar Bush een van de pijlers van het wetenschapsbeleid. Het kabinet-Schermerhorn zette in op substantiële investeringen in fysisch onderzoek. Het onderzoek moest op een andere schaal gebeuren dan voor de oorlog en voornamelijk gebaseerd worden op fundamenteel onderzoek – vandaar ook de oprichting van FOM.

Tegelijkertijd traden er grote veranderingen op in de status van Nederland in de wereld. Met het verlies van Nederlands-Indië en toetreding tot de NAVO veranderde de internationale status van het land. Ook was Nederland van meet af aan deelnemer van het Europese integratieproces. Over het algemeen wordt er in de (wat oudere) literatuur van uitgegaan dat Nederland vanaf 1949 optrad als

een trouwe bondgenoot van de Verenigde Staten. En dat niet alleen, ook was er sprake van een brede veramerikanisering in Nederland.¹⁸ Maar op deze beelden blijkt wel wat af te dingen. Zo beargumenteert Van Splunter in zijn toonaangevende proefschrift dat Nederland juist een veel zelfstandiger pad bewandelde dan veelal wordt gedacht. Hij spreekt aangaande de ontwikkeling van kernenergie zelfs over een ‘alleingang’, althans in de eerste tien jaren na de oorlog. Pas daarna, toen de Verenigde Staten overgingen tot internationalisering van het vreedzame gebruik van kernenergie middels de Atoms for Peace-plannen, ging Nederland overstag en aanvaardde de regering het Amerikaanse leiderschap op nucleair gebied, zo beargumenteert Van Splunter.¹⁹

De rol die de Koude Oorlog speelt in deze studie wijst op een vergelijkbare tendens. In de periode tot 1955 was de invloed van internationale belangen op het werk aan uraniumverrijking minimaal. Maar vanaf Atoms for Peace en de start van het onderzoek naar ultracentrifuges verschoof dit, met twee kantelpunten in het onderzoek tot gevolg. Het eerste was het bezoek van de Duitse fysicus en uitvinder Gernot Zippe aan Kistemaker in 1957. Zippe kwam net terug uit Russisch krijgsgevangenschap, waar hij aan de Zwarte Zee had gewerkt aan de ontwikkeling van ultracentrifuges. Aan Kistemaker speelde hij waardevolle informatie over de centrifuges door. Het tweede moment was toen de Amerikanen in 1960 verzochten om het gehele centrifugeonderzoek geheim te verklaren. Dit kan gezien worden als hét moment in deze studie waarop de vs gebruikmaakten van hun hegemonie en macht. In hoofdstuk zeven zal hier uitgebreid op worden ingegaan.

5 Periodisering: 1945-1962

Dit onderzoek omvat de jaren 1945-1962. Het boek bestaat uit twee delen, die de twee belangrijkste onderzoeksprojecten naar het scheiden van isotopen weerspiegelen. Van grofweg 1946 tot 1955 ontwikkelde Kistemaker een grote elektromagnetische isotopenseparator. Hiermee werd in 1952 voor het eerst uranium verrijkt. Vanaf 1955

begon hij een groots opgezet onderzoek naar een andere techniek voor het scheiden van uraniumisotopen, namelijk ultracentrifuges. Over de ontwikkeling van deze technologie gaat de tweede helft van dit boek.

De studie begint na het einde van de Tweede Wereldoorlog, toen Kistemaker zich in de laatste fase van het schrijven van zijn proefschrift bevond. Kort daarna werd hij door zijn begeleider op het spoor van uraniumverrijking gezet. Wellicht is het verbazingwekkend dat de oorlogsperiode goeddeels achterwege wordt gelaten. Immers, veel mensen kennen Kistemaker van de publieke ophef die in latere perioden ontstond over zijn oorlogsverleden. Tijdens de oorlog werkte Kistemaker bij het Nederlandse concern Cellastic, waarvoor hij in Parijs wetenschappelijke informatie verzamelde. Cellastic bleek een dekmantel te zijn van het Duitse spionageapparaat en de verzamelde informatie werd doorgespeeld aan hogergeplaatste nazi's.

Op het eerste gezicht komt hieruit een belastend beeld van Kistemakers betrokkenheid naar voren, maar nadere inspectie van de primaire en secundaire bronnen laat zien dat de zaak aanzienlijk ingewikkelder in elkaar zat.²⁰ Allereerst blijft het lastig om aan te tonen dat Kistemaker wist van de achtergrond van het concern. Kistemaker zelf heeft verschillende dingen volgehouden: van het standpunt dat hij nergens van wist tot het idee dat het contraspionage betrof. Maar bijvoorbeeld Samuel Goudsmit, die de zaak vanaf 1946 aan het rollen bracht, moest hier niets van weten.²¹ Daarnaast heeft Kistemaker binnen Cellastic een kleine rol gespeeld. Van spionage kan nauwelijks sprake zijn geweest, maar feit is wel dat hij verschillende keren naar Parijs is afgereisd. Ten derde was de aanzet tot de ophef die in 1960 voor het eerst ontstaat over Kistemakers oorlogsverleden enigszins dubieus en mogelijk lasterlijk. De beschuldigingen van collaboratie kwamen uit communistische hoek en waren niets minder dan een politieke hetze tegen zowel de persoon Kistemaker als tegen zijn wetenschappelijk bedrijf. Veel dwarsverbanden die door de communisten werden geponeerd, bleken ongefundeerd en daarnaast werd de ophef kunstmatig wetenlang in gang gehouden. Bovendien is er al veel onderzoek ge-

daan naar de rol van Kistemaker binnen Cellastic, zonder dat dat tot duidelijkheid heeft geleid.²²

De keuze om deze studie 'pas' in 1945 te laten beginnen heeft voornamelijk te maken met het feit dat daarvoor nog niemand aan isotopenscheiding, het eigenlijke onderwerp van dit boek, werkte. Daarnaast werd, zoals hierboven al geschetst, het belang van Kistemakers oorlogsverleden pas duidelijk toen er in 1960 ophef over ontstond. Daarvóór was het nauwelijks een punt. Daarom is ervoor gekozen om de Parijse bezoeken van Kistemaker voor Cellastic niet aan het begin van deze studie te behandelen, maar hierop pas op het moment dat dit speelde, namelijk in 1960, dieper in te gaan. Feitelijk ontstaat hieruit meer een beeld van de hetzeachtige campagne die door het dagblad *De Waarheid* werd opgezet, dan een beeld van wat er nu eigenlijk in Parijs was gebeurd.

In 1962 stopte Kistemaker zijn werkzaamheden als leider van het ultracentrifugeonderzoek. Dat moment wordt gebruikt als natuurlijk eindpunt van deze geschiedenis. Na de overdracht van het project bleef Kistemaker als adviseur betrokken bij de verdere ontwikkeling van de centrifuge, maar zijn rol was nu sterk verschillend van het eerdere leiderschap. Bovendien verhuisde het centrifugeonderzoek rond die tijd vanuit Kistemakers FOM-laboratorium naar een andere locatie. Aan de Wenckebachweg in Amsterdam werd een speciaal centrifugelaboratorium ingericht. Ook FOM trok zich toen grotendeels terug uit de organisatie van het project. Het is geheel toevallig dat deze veranderingen ook ruwweg samenvallen met wat sommigen als het einde van de Koude Oorlog beschouwen: het einde van de Cubacrisis en de bijbehorende de-escalatie binnen de verhoudingen tussen de twee belangrijkste machtsblokken. Op zich heeft dit niets te maken met Kistemakers aftreden als leider van het project, maar het zorgt er wel voor dat deze studie daardoor exact samenvalt met de belangrijkste jaren van de (korte) Koude Oorlog: van 1945 tot 1962.

Het moment van de verhuizing werd door de historische actoren zelf omschreven als de overgang van de *onderzoeksfase* naar de *ontwikkelingsfase* van de Nederlandse ultracentrifuges.²³ De ontwikkelingsfase duurde tot de ondertekening van het Verdrag van Almelo

met de daarbij behorende oprichting van het staatsbedrijf Urenco. Deze latere jaren worden summier in de epiloog van dit boek beschreven, evenals de jaren daarna, die zich wat betreft de Nederlandse ultracentrifuge vooral laten kenschetsen door de roof van centrifugetekeningen door de Pakistaanse atoomspion Kahn.

6 Historiografische beschouwing

De literatuur over uraniumverrijking in Nederland, of over zaken die daaraan raken, is schaars. Het hierboven genoemde boek van Van Splunter over de houding van de Nederlandse politiek ten aanzien van kernenergie dient vrijwel altijd als startpunt, samen met de drie vervolgartikelen die hij schreef over de buitenlandse politiek aangaande splijtbare materialen en samenwerkingen (met Noorwegen en het Verenigd Koninkrijk).²⁴ Over de Nederlandse thoriumovereenkomst met de Verenigde Staten is er, in navolging van het werk van Van Splunter, een artikel geschreven door Cees Wiebes en Bert Zeeman.²⁵ Over de geschiedenis van kernreactoren is iets meer geschreven.²⁶ Recentelijk hebben Friso Hoeneveld en Jeroen van Dongen een zeer relevant artikel geschreven over de oprichtingsperiode van de Stichting FOM.²⁷ Het proefschrift van Hoeneveld over de Nederlandse natuurkunde in de eerste tien jaar na de oorlog, waarvan ik vroege versies heb kunnen inzien, belooft een zeer welkome aanvulling te worden op de bestaande literatuur. Van grote waarde in dit opzicht is ook het recente proefschrift van de historicus Elmar Hellendoorn over goeddeels hetzelfde onderwerp als deze studie, maar vanuit een geheel ander gezichtspunt.²⁸ Hellendoorn beschrijft de internationaal politieke kant van uraniumverrijking en nucleaire (non-)proliferatie in Nederland door te kijken naar het samenspel van drie gerelateerde contexten: de politieke, de militair-strategische en de techno-economische. Een aantal van de door hem beschreven episodes komen ook in dit boek voor, maar veelal meer gezien vanuit het gezichtspunt van de wetenschapper.

Naast deze academische werken is er ook een reeks boeken door de sector zelf of haar stakeholders uitgegeven. Een drietal boeken is

geschreven over de geschiedenis van het Reactor Centrum Nederland (RCN) en zijn opvolger het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), waarvan er twee overlappen met de periode van dit boek.²⁹ Vooral in het boek van Andriesse, de tweede uit de serie, spelen Kistemaker en zijn ultracentrifuges een aanzienlijke rol. In 2000 publiceerde het bedrijf Urenco een herdenkingsboek over zijn eigen (voor)geschiedenis.³⁰ De Nederlandse projecten komen summier in het boek voor en het heeft dan ook vooral als opstap gediend voor het vinden van te onderzoeken zaken.

Ten slotte zijn er in de loop van de tijd een aantal semisensationele boeken verschenen, waarvan vooral het boek *De ultracentrifuge, 1937-1970. Hitlers bom voor Strauss?* van de journalist Wim Klinkenberg veel stof deed opwaaien.³¹ In het boek stelt Klinkenberg dat een van de achterliggende doelen van het Nederlandse ultracentrifugeonderzoek was om Duitsland aan kernwapens te helpen. Niet alleen zette het boek, vanwege het brede lezerspubliek, een stempel op de publieke perceptie van kernenergie en uraniumverrijking, ook was het de kers op de taart van een lange smaadcampagne die vanuit communistische hoek tegen Kistemaker werd gevoerd. Na publicatie kon Kistemaker Klinkenbergs bloed wel drinken.³² De eerste grillen van deze Cellastic-affaire, waarbij Kistemakers oorlogsverleden herhaaldelijk onderwerp van kritiek werd, stamden uit 1960 en komen in hoofdstuk zes langs.

De internationale literatuur over de geschiedenis van ultracentrifuges is een stuk uitgebreider. Recentelijk zijn een aantal interessante artikelen verschenen over de Engels-Amerikaanse samenwerking op het gebied van centrifugeontwikkeling in de jaren zestig.³³ Binnen de 'special relationship', die de Amerikanen met de Britten hadden, ontstond een verregaande samenwerking, maar later, toen het nucleaire non-proliferatieverdrag dichterbij kwam, zorgde de binnen dit kader uitgewisselde kennis voor felle onenigheid en discussie. Uiteindelijk kozen de Britten middels ondertekening van het Verdrag van Almelo voor een rol in de ontwikkeling van uraniumverrijking op het Europese vasteland. De Amerikaanse samenwerking op dit gebied lieten ze hiermee varen.

Voor het Amerikaanse perspectief is een drietal artikelen van

Robert Scott Kemp van belang.³⁴ In zijn dissertatie vergelijkt hij verschillende ultracentrifugeprogramma's van over de gehele wereld met elkaar om te beargumenteren dat het misschien beter voor een land is om zelf een project op te zetten dan om de kennis op de – al dan niet zwarte – markt te kopen. Volgens Scott Kemp kost het minder tijd om zelf zo'n apparaat te bouwen dan om machines na te bouwen.³⁵ Dit is een interessante hypothese die de recente ontwikkelingen in bijvoorbeeld Iran in een verhelderend daglicht plaatst.

Een zeer waardevolle toevoeging aan de literatuur over ultracentrifuges en geheimhouding kwam recentelijk van William Burr, die het Amerikaanse beleid rond ultracentrifuges in de late jaren vijftig onder de loep nam in een poging om het Amerikaanse verzoek tot geheimhouding uit 1960 aan Duitsland en Nederland te kunnen verklaren.³⁶ Dit verzoek komt uitgebreid aan de orde in hoofdstuk zes van dit boek, maar vanuit een ander (complementair) perspectief.³⁷

I DE SEPARATOR (1945-1949)

I Het Smythrapport

Op een middag in oktober 1945 kwam de Leidse hoogleraar theoretische natuurkunde Hendrik Anthony Kramers de werkkamer van Jaap Kistemaker, toen 28 jaar oud, binnengelopen. In zijn handen hield hij een geel boekje, dat door een speciale koerier uit Washington naar Europa was gebracht. Het was het officiële publieke rapport dat de Amerikaanse natuurkundige Henry DeWolf Smyth had geschreven over de ontwikkeling van de twee door de Amerikanen ingezette atoombomben, het Manhattanproject. Kistemaker mocht het boekje 24 uur houden. Daarna moest dit 'Smythrapport' doorgegeven worden aan iemand anders. Kistemaker las het 264 pagina's tellende verslag gretig.¹

Het Smythrapport gaf een beeld van de schaal van het Manhattanproject. Het was duidelijk dat er een nieuw tijdperk in de natuurkunde was aangebroken. Een ongekende hoeveelheid mankracht, talent en kennis was in de Amerikaanse onderzoekslaboratoria bij elkaar gebracht om zowel de theoretische als de logistieke en productietechnische moeilijkheden bij de vervaardiging van kernwapens te overwinnen. Duizenden mensen werkten in de oorlogsjaren aan de theoretische achtergronden van kernsplijting, de verrijking van uranium, het ontwikkelen van de benodigde materialen, de constructie van een nucleaire reactor en het ontstekingsmechanisme van de bommen. Het rapport bevatte alles wat er op dat moment was vrijgegeven over het project. De rest werd strikt geheimgehouden. Technische informatie over

de gebruikte technieken was daardoor uiterst schaars.²

De informatie die het boekje bevatte, plaatste Nederlandse beleidsmakers en fysici voor een lastig vraagstuk: hoe moest men zich hiertoe verhouden? Het was in Nederland onmogelijk om een eigen ‘Manhattanproject’ op te zetten – een dergelijke onderneming was eenvoudigweg veel te grootschalig en duur voor het door de oorlog zwaargehavende land. Maar nietsdoen was ook geen optie. Er moest wel iets gebeuren op het gebied van de nieuwe ontwikkelingen in de kernfysica, al was het maar om mee te blijven gaan in de vaart der volkeren. Zo realiseerden beleidsmakers zich, met minister-president Schermerhorn voorop, dat kernenergie ingezet kon worden voor de welvaart van het land.³ Het werd langzaam maar zeker gezien als de energiebron van de toekomst. En voor fysici was het duidelijk dat dit nieuwe vakgebied een grote toekomst had. Onmiddellijk na het einde van de oorlog werden er door de verschillende groepen plannen gemaakt. Fysici namen hierin het voortouw, met Kramers voorop.

In dit hoofdstuk zal blijken op welke manier Nederland een antwoord begon te formuleren op bovenstaand vraagstuk. Allereerst werd er een aantal commissies ingesteld die de verschillende mogelijkheden moesten vergelijken. Later leidde dit tot de oprichting van de Stichting FOM. Kistemaker bewoog zich in dit krachtenveld en kreeg, als een van de eerste werknemers van FOM, een centrale rol toebedeeld in de uitvoer van een van de plannen: het verrijken van uranium.

2 Een studie, een promotie

Dat Kistemaker een belangrijke rol zou gaan spelen in de kernfysica lag niet voor de hand. Geboren in 1917 groeide hij op in het Noord-Hollandse plaatsje Kolhorn. Zijn vader had een boerenbedrijf. Ook Jaaps moeder kwam uit Noord-Holland. Jaap had een broer Gerard en een zus Nettie. Gerard nam later het familiebedrijf over. Hij werd er miljonair mee omdat hij aardappels begon te produceren voor de chipsindustrie.⁴ Al vroeg begon de kleine Jaap

zich te interesseren voor de sterrenhemel. Zo schetste hij op vijfjarige leeftijd al een kaart van de maan. Toen hij twaalf jaar oud was, werd hij toegelaten tot een lokale groep amateurastronomen. Een oud-lid van die groep was Gerrit Pieter Kuiper uit het naburige Tuitjenhorn, die op dat moment in Leiden zijn promotieonderzoek aan het afronden was. Later zou hij hoogleraar planetaire astronomie in Chicago worden. In 1932 schreef Kistemaker, vijftien jaar oud, een brief aan Kuiper met daarin de vraag hoe hij astronoom moest worden. Hij kreeg een enthousiaste brief terug met daarin een aantal namen en adressen van jonge aspirant-astronomen die bezig waren met hun studie aan de Leidse Sterrewacht. Kuipers advies was: praat eens met hen, zij kunnen je helpen. Kistemaker reisde naar Leiden en maakte kennis met een aantal jonge studenten. Ook ontmoette hij de latere directeur van de Sterrewacht, Ejnar Hertzsprung.⁵ Hij besloot er te willen studeren.⁶

Dat ging niet zomaar. Eerst volgde Kistemaker de vijfjarige Hogere Handelsschool in Alkmaar, wellicht omdat dat met zijn achtergrond de meest logische stap was. Al op zijn twaalfde ging hij daarvoor in Alkmaar wonen, waarschijnlijk bij een tante.⁷ In 1934 deed hij eindexamen.⁸ Met dit diploma kon hij echter nog niet naar de universiteit. Daarom deed hij een jaar later Staatsexamen hbs, waarna hij kon beginnen met een studie natuur- en sterrenkunde.⁹ Hij ontving een studietoelage van het ministerie van Onderwijs.¹⁰ In de zomer van 1938 rondde hij zijn kandidaatsexamen in de natuur- en sterrenkunde af, met als hoofdrichting sterrenkunde.¹¹ Datzelfde jaar moest hij zijn dienstplicht vervullen. Hij kwam terecht bij het militaire weerstation Waalsdorp in Den Haag. Tot de lente van 1939 bleef hij in het leger, waarna hij zijn studie weer oppakte. Hij had besloten de sterrenkunde te laten vallen omdat een studie natuurkunde hem betere carrièremogelijkheden bood.¹²

Bij het uitbreken van de oorlog in mei 1940 moest Kistemaker opnieuw het leger in. Als korporaal werd hij na vijf dagen oorlog door de Duitse bezetter gedurende drie weken als krijgsgevangene vastgehouden. Daarna mocht hij terug naar Leiden. Op 20 november 1940, een week voordat de Leidse jurist en hoogleraar Cleveringa

zijn beroemde rede hield, behaalde Kistemaker zijn doctoraalexamen met als hoofdvak experimentele natuurkunde.¹³ Zijn begeleider was Willem Hendrik Keesom. Als opvolger van Heike Kamerlingh Onnes, die als eerste helium vloeibaar maakte, was Keesom vanaf 1924 directeur van het Natuurkundig Laboratorium van de Leidse Universiteit, het zogenoemde Kamerlingh Onnes-laboratorium (KOL). Keesom vervulde de functie samen met Wander de Haas. Op het KOL werd voornamelijk onderzoek gedaan naar lage temperaturen en de eigenschappen van gekoelde stoffen.¹⁴

De redevoering van Rudolph Cleveringa op 27 november 1940, waarin hij protesteerde tegen het door de Duitsers aangezegde ontslag van zijn promotor en collega Eduard Meijers en andere joodse hoogleraren, leidde na studentenstakingen tot een sluiting van de universiteit. Maar veel laboratoria en bibliotheken bleven open. Zo ook het Kamerlingh Onnes-laboratorium, waar Kistemaker aangesteld was als assistent.¹⁵ In de jaren twintig hadden Keesom en Kamerlingh Onnes een grote som geld – meer dan 100.000 gulden – ontvangen van de Amerikaanse Rockefeller Foundation. Hier plukte het laboratorium nog steeds de vruchten van. De beide hoogleraren benutten het geld om jaarlijks vijf à tien onderzoeksassistenten aan te stellen. Kistemaker was een van hen.¹⁶

Tijdens de oorlog begon Kistemaker te werken aan een promotieonderzoek. Het onderwerp was hem aangereikt door zijn begeleider Keesom, die in de eerste oorlogsjaren zijn standaardwerk *Helium* publiceerde.¹⁷ Keesom genoot vooral bekendheid vanwege zijn ontdekking van het zogenoemde lambdapunt van vloeibaar helium. Bij het koelen van helium vindt er bij een temperatuur van 2,17 Kelvin een overgang plaats waarbij de eigenschappen van het vloeibare helium abrupt veranderen. Keesom sprak van een overgang van 'Helium-I' naar 'Helium-II'. In de jaren dertig werd aangetoond dat Helium-II een superfluïde vloeistof is, dat wil zeggen een vloeistof waarbij de viscositeit geheel verdwenen is. Dit betekent dat op het moment dat de temperatuur van helium onder het lambdapunt komt, de viscositeit van de vloeistof verdwijnt. Deze eigenschap is vergelijkbaar met de verdwenen weerstand van supergeleiders, vandaar de term superfluïde.¹⁸

Kistemakers onderzoek ging over – en was getiteld – *Thermodynamische eigenschappen van helium in de omgeving van het lambda-punt*. Het was een directe voortzetting van het onderzoek van Keesom en paste goed in de lange traditie van Leids onderzoek naar gekoelde gassen dat was begonnen door Kamerlingh Onnes. Het onderzoek had niets te maken met Kistemakers latere carrière als kernfysicus. Zijn opdracht was om recente metingen van Keesom en Walstra aan eigenschappen van helium uit te breiden tot temperaturen onder het lambda-punt. Hiervoor ontwikkelde hij een nieuwe meetmethode, die ervoor zorgde dat hij op de drukmeter het niveau van het kwik tot tien keer zo nauwkeurig af kon lezen dan tot dan toe het geval was. Hij gebruikte röntgenfoto's om dit voor elkaar te krijgen. De resultaten bleken maar ten dele in overeenstemming te zijn met Keesoms eerdere werk en gaven daarom aanleiding tot een correctie van de Leidse temperatuurschaal zoals die in 1937 was vastgesteld.¹⁹

In de oorlogsjaren had Kistemaker naast het werk aan zijn proefschrift ook andere bezigheden. Zo schreef hij in 1943 samen met de Leidse hoogleraar Kramers een kort artikel in *Physica* over de natuurkundige eigenschappen van gasmengsels en in Delft gaf hij een lezing over fotografische effecten.²⁰ In 1944 hield hij voor de Nederlandse Natuurkundige Vereniging (NNV) een voordracht over de eigenschappen van gassen die door poreuze wanden worden geperst.²¹ Bovendien verrichtte hij bij de militaire weerdienst in Den Helder weken achtereenvolgende dagelijkse drukmetingen.²² Hij verbleef dan in Kolhorn. In de oorlogsjaren reisde hij op aanraden van De Haas voor enkele weken naar Parijs om daar te werken bij de firma Cellastic.²³ Deze reis zou hem later blijven achtervolgen. De Haas, die ook voor Cellastic werkte, vluchtte in de loop van de oorlog naar Engeland. Ook hij zou later nog met zijn oorlogsverleden worden geconfronteerd.

Op 1 mei 1943 trouwde Kistemaker met Jacoba (Cobi) C. Keizer.²⁴ Cobi studeerde rechten, ook in Leiden. Ze kwam uit een Haarlemse familie. Haar vader was slager. Cobi heeft haar studie rechten niet afgemaakt en is later huismoeder geworden voor de drie kinderen.²⁵ Tijdens de Hongerwinter bracht Kistemaker het grootste deel

van zijn tijd thuis door. Zijn ouders waren geselecteerd als boer voor de in de jaren dertig drooggevalle Wieringermeer. Ze bouwden een middelgroot boerenbedrijf op voor het verbouwen van aardappels, bieten en graan. Jaap verzorgde tijdens de Hongerwinter een transport van aardappelen uit de kop van Noord-Holland naar Leiden, per schuit. De aardappelen werden in Leiden door Kramers met een boerenkar gedistribueerd. Er gingen zakken naar de medewerkers van het Kamerlingh Onnes-laboratorium, een aantal Leidse professoren en een tante van Kistemaker.²⁶ Kramers vergeleek deze welkome schenking met Sint-Nicolaas en was Kistemaker zeer erkentelijk voor de zending: 'Onze geesten en magen zwemmen nog steeds in dankbaarheid,' schreef Kramers in maart aan Kistemaker.²⁷

Na de bevrijding, in de zomer van 1945, legde Kistemaker de laatste hand aan zijn proefschrift. Kramers had hem in het laatste oorlogsjaar met de afronding geholpen, omdat Keesom ziek was geworden en nog niet voldoende was hersteld. Kramers schreef hem lange brieven waarin hij de theorieën uitlegde die in Kistemakers proefschrift een rol speelden.²⁸ Vooral theoretisch was Kistemaker niet zo sterk; hij had meer talent voor het opzetten en doen van experimenten. De brieven liet hij door kennissen uit Noord-Holland bezorgen. Een van hen was de bekende hoboïst Haakon Stotijn met wie Kramers, die uitstekend piano en cello speelde, in het laatste oorlogsjaar kamermuziek begon te maken – 'heerlijk speelt Stotijn'.²⁹

Kistemaker mocht niet direct promoveren. Om te zorgen dat 'landverraders' passend werden gestraft, werden er zuiveringen gehouden: collaborateurs werden na een onderzoek ontslagen of gestraakt.³⁰ Dit gebeurde ook op de universiteiten. Door het Militair Gezag werd direct na de bevrijding een College van Herstel ingesteld om het onderwijs weer op gang te helpen en de eerste zuivering door te voeren. Toen in juli 1945 de Nederlandse regering het gezag overnam kwam het College onder supervisie van de ministers van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen en Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening (omdat de landbouwhogeschool in Wageningen onder dat ministerie viel). Op de verschillende universiteiten werden door het College van Herstel zuiveringscom-

missies ingesteld.³¹ De Leidse hoogleraar De Haas werd in juni 1945 door het Militair Gezag geschorst vanwege zijn betrokkenheid bij de Duitse firma Cellastic. Ook Kistemaker werd door de studentenzuiveringscommissie van de Leidse universiteit aan een zuiveringsonderzoek onderworpen. Later, in de jaren zestig en zeventig, ontstond er herhaaldelijk ophef over zijn zuivering. Pogingen om te reconstrueren welke procedure precies was gevolgd, liepen vast.³² Zeker is dat hij in oktober of november een voorlopige zuiveringskaart ontving, onder andere ondertekend door de Leidse rector magnificus B.G. Escher, die hem 'voorlopig toe[liet] tot alle universitaire werkzaamheden'.³³ Deze kaart zorgde ervoor dat Kistemaker in november kon promoveren. Het was de eerste promotie na de oorlog in Leiden. Die vond plaats op woensdag 21 november 1945, om vier uur 's middags. Als promotor trad Kramers op. Hij verving Keesom, die nog niet was hersteld.³⁴

Kistemakers proefschrift berustte vooral op experimenteel werk. Kramers noemde hem in zijn laudatio een 'goed, kritisch experimentator, die niet licht iets vergeet en ook geen arbeid, hoe vervelend ook, schuwt'. Over zijn mindere theoretische gaven merkte Kramers op: 'In Uw frisse, zij het ook ongeschoolde kijk op theoretische kwesties, heb ik zelf veel plezier; zonder pretenties Uwerzijds zag ik U vaak vallen en opstaan op het gladde ijs der theorie, maar vergeefs was Uw moeite niet.' Een eigenschap die blijkbaar toen al duidelijk naar voren kwam was Kistemakers zakelijke manier van werken. Kramers verwoordde het als volgt: 'Uw stijl suggereert soms een meer zakenachtige dan wetenschappelijke importantie maar ik weet gelukkig dat het hier niet om Uw eigenlijke levensstijl gaat.'³⁵ Kramers sprak aan het einde van zijn rede de wens uit dat Kistemaker zijn 'gaven in dienst van de wetenschap in ons vaderland' zou blijven ontplooien. Het was vervolgens Kramers zelf die ervoor zorgde dat Kistemaker inderdaad niet met de 'braindrain' naar Amerika vertrok, maar de kans kreeg zich voor de Nederlandse wetenschap in te zetten.

3 Kramers en Nederlands uranium

Hendrik Kramers was een belangrijke spil in het netwerk van natuurkundigen dat direct na het einde van de oorlog plannen begon te maken over de toekomst en het herstel van de Nederlandse fysica. Op 16 augustus al, tien dagen nadat de atoombom op Hiroshima werd afgeworpen, schreef Kramers samen met zijn Groningse collega Dirk Coster een brandbrief aan de ingenieur en sinds kort nieuwe minister-president Willem Schermerhorn over de mogelijkheden van kernsplijting. Specifiek noemden de hoogleraren de mogelijkheid om uit de elementen uranium en thorium energie op te wekken en die 'economisch nuttig te maken'. Coster en Kramers drongen er bij Schermerhorn op aan om een 'petit comité' op te richten om daarmee binnen drie maanden een 'grondig rapport' op te stellen.³⁶ De brief had het gewenste effect: begin oktober werd door Schermerhorn samen met een van zijn secretarissen, de jonge fysicus en Philips-medewerker Hajo Bruining, een adviescommissie voor Atoomfysica ingesteld – met Kramers als voorzitter.³⁷ Deze commissie had als taak 'de wetenschappelijke status van de problemen, die zich op het gebied van de kernfysica voordoen, na te gaan'.³⁸

Een belangrijke troef die de Nederlandse fysici in handen hadden, was dat er vóór het uitbreken van de oorlog een grote partij uraniumoxide was gekocht. Het ging om 10 ton van het zogenoemde 'yellowcake': onbewerkt uranium dat door de Belgische firma Union Minière in Congo was gedolven.³⁹ Met onbewerkt uranium kan geen kernreactie worden opgewekt. Daarvoor moeten de verschillende isotopen eerst van elkaar worden gescheiden. Uranium dat direct uit een mijn komt bestaat grotendeels uit het isotoop met atoommassa 238. U-238, zoals het wordt genoemd, maakt 99,27 procent uit van het natuurlijke uranium. In principe is deze isotoop wel splijtbaar, maar er kan geen kettingreactie mee in gang worden gehouden. Een ander uraniumisotoop dat in de natuur gevonden wordt, met massa 235, kan dat wél. U-235 is het materiaal dat als brandstof fungeert in kernreactoren en waarvan atoombommen worden gemaakt. Slechts een kleine fractie, namelijk 0,72 procent,

van het natuurlijk gedolven uranium bestaat uit deze isotoop. Als er méér U-235 in het uranium zit dan het natuurlijke percentage, spreekt men van verrijkt uranium. En, omgekeerd, komt het verrijken van uranium neer op het scheiden van het isotoop U-238 van U-235.

Het aankopen van de grote partij uraniumoxide uit België was een idee van De Haas, Keesoms collega op het Kamerlingh Onnes-laboratorium in Leiden. Snel na de ontdekking van uraniumpijling in 1938 ging hij op bezoek bij de toenmalige minister-president Colijn. Het pleidooi van De Haas om uranium in te slaan viel in goede aarde en Colijn stemde in met een aankoop. De gedachte was dat er wel eens een run op het zeldzame uranium zou kunnen ontstaan en dat snel handelen gewenst was. Om achterdocht te voorkomen werd de aankoop verricht door de Verenigde Glasfabrieken in Delft.⁴⁰ Geen vreemde keuze, omdat glas vermengd met uranium aan het einde van de negentiende en het begin van de twintigste eeuw een grote populariteit kende vanwege de mooie kleuren die eraan konden worden gegeven. Daarnaast werd vanaf het begin van de twintigste eeuw het element radium gebruikt voor de lichtgevende wijzers van horloges. Radium, een vervalproduct van uranium, werd vaak gehaald uit uraniumerts.

De tweehonderd vaatjes yellowcake waren eigendom van het ministerie van Oorlog en werden aanvankelijk in de kelder van het Kamerlingh Onnes-laboratorium opgeslagen. Bij het uitladen zou De Haas gekscherend hebben opgemerkt: 'Zet ze niet op elkaar, want dan ontploffen ze,' verwijzend naar de kritische massa die nodig is voor een nucleaire explosie. Vlak voor de Duitse bezetting verhuisden de vaatjes naar Delft, waar ze werden ingemetseld onder het scheikundig laboratorium van de artillerie-inrichting. Volgens sommigen werd dit gedaan om ontdekking en roof door de bezetter te voorkomen, volgens anderen draaide het vooral om het tegengaan van vochtbeschadiging. De vaatjes werden niet gevonden door de bezetter en kwamen ongeschonden de oorlog door.⁴¹

De aanwezigheid van deze partij uraniumoxide speelde een grote rol bij het maken van de naoorlogse plannen. Kernenergie werd als

de energiebron van de toekomst gezien, daar waren zowel de wetenschappers als de politici het in de nazomer van 1945 over eens. Er wordt wel gezegd dat Nederland toen werd bestuurd door een 'wetenschappelijke regering', geleid door minister-president Schermerhorn.⁴² Het kabinet-Schermerhorn bruiste, in de woorden van historicus Geert Somsen, van de vernieuwingsplannen en ging dan ook voortvarend aan de slag met de organisatie van het kernfysisch onderzoek.⁴³ De adviescommissie voor Atoomfysica van Kramers voltooide al in december een eerste rapport, waarin werd beargumenteerd dat het zeer gewenst was om in Nederland op grote schaal met kernfysica aan de slag te gaan. Schermerhorn beaamde dit en gaf een vervolg aan de adviescommissie door een groep fysici te benaderen om zitting te nemen in een *vaste* commissie.⁴⁴

In eerste instantie werd de scheikundige Jan Hendrik de Boer benaderd om deze 'commissie voor Kernphysica' voor te zitten, waarvan de naam in de laatste maanden van 1945 werd veranderd in het bredere 'commissie voor Atoomphysica'. De Boer was echter te druk met ander werk en moest het aanbod afslaan.⁴⁵ Daardoor bleef Kramers de functie vervullen. Hij bevond zich hiermee in een uitzonderlijk invloedrijke positie: dicht bij de minister-president, als voorzitter van een gretige groep fysici die zowel de financiering van als het organisatorische apparaat achter de Nederlandse kern- en atoomfysica wilde realiseren. In de commissie zaten negen hoogleraren uit het hele land, waaronder Coster en de vu-hoogleraar Gerard Sizoo.⁴⁶ Bruining werd secretaris.⁴⁷

De voornaamste taak van de commissie was om na te gaan of er in Nederland een kernreactor gebouwd kon worden waarmee op een gecontroleerde manier een kernreactie opgewekt en in stand gehouden kon worden. In een kernreactor wordt voldoende verrijkt uranium bijeengebracht om een nucleaire kettingreactie te doen ontstaan. Deze reactie wordt in toom gehouden door een zogenoemde moderator. Meestal wordt hiervoor grafiet of zwaar water gebruikt. De warmte die vrijkomt door de kernsplijting wordt vervolgens omgezet in elektriciteit.

Vrijwel alle discussies binnen de commissie gingen over nauw hieraan gerelateerde onderwerpen zoals het bereiden van grafiet

en hoe scheiding van isotopen het best bewerkstelligd kon worden.⁴⁸ De vu-hoogleraar Sizoo was bereid om een onderzoek op te starten naar de zuivering van het Nederlandse uraniumoxide. Minister-president Schermerhorn droeg het beheer van de vaatjes uraniumgrondstof eind 1945 aan hem over.⁴⁹ De partij werd vanuit Delft overgebracht naar het staatsbedrijf van de artillerie-inrichting op het Hembrug-terrein in Amsterdam-Noord waar het in een magazijn werd opgeslagen.⁵⁰ Eén vaatje ging alvast naar Sizoo's laboratorium aan de Amsterdamse De Lairesestraat, waar begonnen werd met een onderzoek naar zuiveringsmethodes.⁵¹ Het zuiveren van het uraniumoxide was de eerste stap in een keten die uiteindelijk kon leiden tot het verkrijgen van verrijkt uranium voor gebruik in een kernreactor. Nadat het ruwe, onbewerkte uraniumoxide was gezuiverd tot uraniummetaal, was de volgende stap om de uraniumisotopen van elkaar te scheiden. Het uranium werd op deze manier verrijkt. Ook onderzoek naar dit proces werd door de commissie voor Atoomfysica in de steigers gezet.

4 De commissie voor Atoomfysica

Centraal bij het maken van de plannen voor uraniumverrijking van de commissie stond het al eerder genoemde Smythrapport. De distributie van dit boekje begon bij Hajo Bruining, die al eind augustus 1945 een eerste exemplaar van het rapport in handen kreeg van generaal-majoor A.G. van Tricht.⁵² Wellicht was dit het exemplaar dat door Kramers in Leiden werd verspreid en door Kistemaker werd gelezen, want pas in november en december kwamen er via J.H. de Boer zo'n dertig exemplaren van het rapport uit Londen naar Nederland. 'Hoe meer, hoe beeter!' schreef Bruining aan De Boer.⁵³ Het rapport suggereerde dat de atoombom toch vooral ontwikkeld was door theoretische natuurkundigen. Maar zowel de fysici die betrokken waren bij de commissie als Schermerhorn begrepen dat belangrijke hindernissen bij de ontwikkeling van de bommen waren opgelost door ingenieurs en werktuigbouwkundigen.⁵⁴

In het Smythrapport werd een aantal manieren genoemd waarop de Amerikanen voor hun atoombommen uranium hadden geprobeerd te verrijken. Een belangrijke conclusie die de fysici trokken uit het Smythrapport was 'dat men zich geen illusies over concurreren of imiteeren moest maken'.⁵⁵ Het werk dat de Amerikanen in de oorlog hadden verzet zou Nederland decennia kosten en veel te kostbaar zijn. Het was voor de commissie duidelijk dat uranium-verrijking op grote schaal in Nederland onuitvoerbaar was. Het zou onmogelijk zijn om de reusachtige fabrieken die in de oorlogsjaren in Oak Ridge waren neergezet in Nederland na te bouwen.

De commissie begon daarom plannen te maken voor de ontwikkeling van een massaspectrograaf, een apparaat dat op kleine schaal isotopen kan scheiden. Een spectrograaf is bedoeld om te onderzoeken uit welke materialen iets is opgebouwd, dus voor de analyse van stoffen. Daarmee heeft het apparaat een wezenlijk andere functie dan de grote 'separators' of 'calutrons' die in Amerika waren gebouwd. Daarvan was het doel namelijk geen analyse, maar groot-schalige productie van isotopen. Wel werken de apparaten met hetzelfde principe en op vrijwel dezelfde manier. Het proces bestaat grofweg uit drie stappen. Allereerst zorgt een ionenbron voor ionisatie van verschillende gasvormige elementen of isotopen. Hierbij is er een lading aan het deeltje toegevoegd of weggenomen, zodat er geladen deeltjes, ofwel ionen, overblijven. Deze ionen worden vervolgens versneld en in een magnetisch veld gebracht. Dit is de tweede stap. Vanwege hun lading buigen de deeltjes in het magneetveld af, waarbij zwaardere deeltjes een grotere bocht maken dan de lichtere. Aan het einde van het traject worden de ionen opgevangen. Vanwege het massaverschil komen de verschillende isotopen op andere plekken uit en kunnen ze los van elkaar worden verzameld. Deze gedifferentieerde detectie is de derde stap in het proces dat aan de basis ligt van zowel massaspectrografen (voor analyse) als massaseparators (voor productie). De fysici in de commissie waren het erover eens dat het van groot belang was dat er een persoon kwam 'die dit terrein beheerscht'.⁵⁶

In februari 1946 werd door de minister-president een bedrag van 50.000 gulden beschikbaar gesteld aan de commissie voor Atoom-

fysica. Dit gaf de commissie een zekere slagkracht. Het geld werd ingezet om voorlopige onkosten te dekken en om jonge, talentvolle wetenschappers een kans te geven zich op dit gebied te ontwikkelen. Dat laatste gebeurde op verschillende manieren. In Nederland creëerde de commissie onderzoeksbanen. Zo mocht Frans Barendregt bij Sizoo aan de VU gaan werken, H. Groendijk bij Coster in Groningen, Pieter Endt bij Joannes Marius Wilhelm Milatz in Utrecht en Hendrik den Hartog en Cornelis 't Hooft bij Jacob Clay aan de Gemeente Universiteit van Amsterdam.⁵⁷ De jongere generatie werd als het ware verdeeld over de verschillende Nederlandse universiteiten. Ze werden per 1 april 1946 benoemd en voor hun werk betaald door de commissie.⁵⁸ In dezelfde maand werd de commissie omgezet in een stichting, de Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie (FOM). In de volgende jaren werd FOM het leidend orgaan van het Nederlandse atomaire onderzoek.⁵⁹

Een ander deel van het wetenschappelijke talent werd naar het buitenland gestuurd om daar waardevolle expertise op te doen. Een dergelijke uitzending was een investering in de ontwikkeling van jonge wetenschappers. Het werd gezien als een manier om Nederland terug te brengen in het internationale verspreidingsnetwerk van wetenschappelijke kennis. Nieuw was deze praktijk niet, want Nederlandse wetenschappers maakten hier in het interbellum al gretig gebruik van.⁶⁰ Kramers, een leerling van Paul Ehrenfest, was bijvoorbeeld een van de eerste theoretici die voor een langere periode naar het buitenland was geweest. Maar ook andere studenten van Ehrenfest gingen op zijn aanraden naar het buitenland. Later bood Kramers op zijn beurt zijn jonge protegés kansen om op een vergelijkbare manier een internationaal netwerk op te bouwen.⁶¹

Een ander argument om jonge talenten naar het buitenland te sturen, was dat het als een manier werd gezien om de wetenschappers juist aan Nederland te binden. De commissieleden klaagden geregeld over een gebrek aan mensen en mankracht. Al in oktober 1945 verwoordde Bruining dat voor het kernfysisch onderzoek 'alle krachten die in Nederland beschikbaar zijn' moesten worden ingeschakeld.⁶² Daarom werd afgesproken dat de jongeren na hun buiten-

landse avontuur terug zouden komen naar Nederland. Door een tijdelijk verblijf in het buitenland financieel te ondersteunen op voorwaarde van terugkeer, probeerde men te voorkomen dat jongeren blijvend naar het buitenland vertrokken.

Het was vervolgens Kramers die de verschillende lijntjes aan elkaar knoopte. Hij was op de hoogte van het feit dat op het beroemde instituut van Niels Bohr een massaseparator werd ontwikkeld. Daarom stelde hij tijdens de commissievergadering van 16 februari 1946 voor om Jaap Kistemaker op kosten van de commissie naar Kopenhagen te sturen. Kramers zelf had jarenlang op het Deense instituut gewerkt, was er zowat kind aan huis en kende veel van de medewerkers persoonlijk.⁶³ Binnen de commissie werd Kramers' plan niet direct goedgekeurd. De hoogleraar technische natuurkunde Hendrik Berend Dorgelo uit Delft offerde om een van zijn studenten, Sijbrand Broersma bijvoorbeeld, naar Denemarken te sturen, waarna de commissie besloot om eerst een inventarisatie te maken van de beschikbare jonge krachten, met hun capaciteiten. Kramers en Dorgelo stelden een lijstje op van talenten op het gebied van de massaspectroscopie, Sizoo voor die op dat van de scheikunde van radioactieve materialen.⁶⁴ Nog vóór de volgende vergadering op 2 maart was er een selectie gemaakt en werd toch besloten om Kistemaker naar Kopenhagen uit te zenden.⁶⁵ Daarmee werd hij als het ware uitverkoren om dé specialist op het gebied van massaspectrografie in Nederland te worden. In de daaropvolgende maand ontving Kistemaker een uitnodiging van Francis Simon van het Clarendon-laboratorium uit Oxford, of hij niet daar zou willen komen werken aan een onderwerp dat in lijn lag met zijn proefschrift. Hij moest het aanbod afslaan omdat hij al besloten had naar Denemarken te gaan.⁶⁶ Voor zijn reis kreeg hij van FOM een toelage van 5000 gulden.⁶⁷

Overigens was niet iedereen het eens met deze gang van zaken. De Haas, die na de oorlog in Leiden pogingen deed om het Kamerlingh Onnes-laboratorium opnieuw op te bouwen, verzuchtte: 'Het lab richt zich moeizaam op. Menschen als Mayer en Kistemaker hadden nog niet moeten verdwijnen. Het is tegen het belang van het lab.'⁶⁸ Want, inderdaad, Kistemaker was niet de enige die vertrok.

Zijn Leidse collega Dirk ter Haar ging ook naar Kopenhagen en promoveerde in 1948 bij Kramers.⁶⁹ Nico Bloembergen ging in 1945 naar Harvard en kwam in 1947 weer terug (voor even). Ook Siegfried Wouthuysen ging naar de vs voordat hij in Amsterdam hoogleraar werd.⁷⁰

Voor de ontwikkeling van de plannen van FOM beschikten de Nederlandse wetenschappers, naast de vaatjes uranium, over een tweede belangrijke troef. In Eindhoven was Philips tijdens de oorlog begonnen met de ontwikkeling van een cyclotron, een deeltjesversneller. Dit apparaat was bedoeld voor onderzoeksdoeleinden met het oog op de productie van medische isotopen. Philips-werknemers Frans A. Heyn en Cornelis J. Bakker waren hierbij betrokken.⁷¹ Toen Bakker in november 1945 vernam dat er een commissie voor Kernfysica was ingesteld, kaartte hij bij zijn baas Henrik Casimir aan dat daar vreemd genoeg niemand van Philips bij was betrokken. Casimir echter had geregeld contact met Kramers en Bruining over de rol van Philips. Rond de jaarwisseling werd besloten om het cyclotron van Philips naar een laboratoriumruimte in Amsterdam te verplaatsen.⁷² De Amsterdamse hoogleraar Jacob Clay, die bij het onderzoek werd betrokken, wist wel een locatie. De Centrale Oost van het Gemeente-Energiebedrijf, aan de Ooster Ringdijk in Amsterdam, werd rond die tijd ontmanteld als energiecentrale. Er zou geen stroom meer geproduceerd worden, de turbines met generatoren en het ketelhuis werden leeggehaald en de centrale zou slechts voor distributie in gebruik blijven. De leeggekomen ruimten zouden ideaal zijn voor huisvesting van het cyclotron. Clay wist zowel de directeur van het Gemeente-Energiebedrijf als de burgemeester van de stad enthousiast te maken voor dit plan. Ook in Den Haag was men enthousiast. Zo schreef Bruining aan de minister-president: 'Ik stel mij zelfs voor, dat het na eenig onderhandelen zal lukken, dat de Gemeente Amsterdam het gebouw afstaat voor het kernfysisch onderzoek, zonder hiervoor huur te vragen.'⁷³ Een groot voordeel van de locatie was dat er op deze plek makkelijk met hoogspanning kon worden gewerkt. Daarnaast waren de vloeren van het gebouw goed gefundeerd en was er voor groot vermogen zowel gelijk- als wissel- als krachtstroom be-

schikbaar. Het feit dat Amsterdam een universiteitsstad was en dat het academisch ziekenhuis behoefte had aan radioactieve isotopen speelde ook een rol.⁷⁴ Philips stemde met deze plannen in en droeg vervolgens de cyclotron over aan de Amsterdamse fysici.⁷⁵ Bakker werd directeur van dit Instituut voor Kernfysica (IKO), zoals het nieuwe laboratorium werd genoemd. Dit was het eerste losstaande FOM-laboratorium. Vanwege de betrokkenheid van Clay was er een sterke band met de Amsterdamse Gemeente-Universiteit.

5 Een Deens lustoord

Op 6 mei 1946 vertrok Kistemaker naar Kopenhagen. Het hoofddoel van de reis was om de massaspectrograaf van Jørgen Koch te bestuderen en ermee te leren werken.⁷⁶ Koch begon midden in de oorlog op het laboratorium van Niels Bohr met zijn werk aan massaspectrografie. ‘Zonder zelfs maar een vermoeden te hebben over de Amerikaanse ontwikkeling op dit gebied (het calutron) heeft hij de isotopenseparatie op grote schaal geheel oorspronkelijk aangepakt,’ schreef Kistemaker bij terugkomst uit Denemarken in zijn rapport voor de Stichting FOM – een van de weinige bronnen die inzicht geven in deze periode.⁷⁷ Samen met Koch begon Kistemaker een onderzoek naar botsingen van ionen op nikkel en op beryllium-targets. Dit onderzoek kwam voort uit berekeningen van Aage Bohr, de zoon van Niels Bohr, die aantoonde dat het mogelijk was om ionen van edelgassen op metalen plaatjes in te vangen. Door het geladen gas met een flinke snelheid op het metaal te schieten konden ionen in de kristalstructuur terechtkomen.⁷⁸ Andere ionen kaatsten juist van het metaal terug.

Het onderzoek van Koch en Kistemaker was tweeledig. Ten eerste werden zogenoemde ‘gas targets’ geproduceerd, gasvormige doelwitten, die vervolgens in een hoogspanningsinstallatie – het Kopenhaagse cyclotron of de daar aanwezige vandegraaffgenerator – aan een bombardement van protonen onderworpen konden worden. Deze experimenten waren van belang voor het onderzoek naar

kwantummechanische kernniveaus dat op het instituut werd uitgevoerd. Ten tweede keken Koch en Kistemaker naar de hoeveelheid gereflecteerde deeltjes bij bombardementen van vaste metalen. Het uiteindelijke doel van dit onderzoek was om de terugkaatsing van deeltjes te verminderen, om zo meer ionen in de vaste stof gevangen te krijgen. Later zou Kistemaker een dergelijk onderzoek herhalen in Amsterdam.

Kistemaker kreeg in Denemarken voor het eerst te maken met fundamenteel onderzoek naar de eigenschappen van materie, waarbij de massaspectrograaf een belangrijke rol speelde. Hij kreeg inzicht in de mogelijkheden van het soort onderzoek dat met dit apparaat gedaan kon worden. Een belangrijk toepassingsgebied was bijvoorbeeld het onderzoek naar werkzame doorsneden, ofwel de maat voor de waarschijnlijkheid dat een wisselwerking tussen deeltjes plaatsvindt.⁷⁹ Het grootste probleem waar Koch en Kistemaker tegenaan liepen bij de ontwikkeling van de massaspectrograaf was het ontwikkelen van een geschikte ionenbron voor de productie van de geladen deeltjes. De bron die in Kopenhagen gebruikt werd, had flinke tekortkomingen en behoeftte 'dringend verbetering'.⁸⁰ Hij werkte bijvoorbeeld alleen bij bepaalde gassen, maar functioneerde niet bij andere gassen, maar het werd niet goed begrepen waarom dit zo was. Daarnaast was de ionenstroom, oftewel het aantal ionen dat in een bepaalde tijd door de bron werd aangemaakt, zeer laag: slechts 1 tot 10 microampère. Daardoor konden proeven erg lang duren: om 10 microgram van een bepaald ion te produceren was het apparaat al snel dertig uur bezig.

Het was gissen naar de oplossingen die de Amerikanen voor deze problemen hadden gevonden. De Amerikaanse massaseparator (het calutron) behoorde volgens Kistemaker 'tot de meest geheime onderdelen van het Manhattanproject'. De reactie die Kistemaker en Koch kregen toen ze de Amerikaanse fysicus Ernest Lawrence in een brief om hulp vroegen voor een beter functionerende ionenbron was wellicht in de lijn der verwachtingen: alle informatie hierover was geheim.⁸¹ Ook een wetenschapper die recent het Radiation Laboratory in Berkeley had bezocht vertelde Kistemaker dat 'niemand iets van het inwendige van de daar aanwezige calutronhal

te zien kreeg'.⁸² Problemen moesten dus zonder Amerikaanse hulp worden opgelost.⁸³

Kistemaker genoot in de maanden dat hij in Kopenhagen was intens van het gastvrije karakter van het instituut. Aan Kramers schreef hij: 'Ik zal U altijd dankbaar blijven voor 't lustoord waar U me heenstuurde. Vooral de vele mensen die je hier ontmoet zijn zoo waardevol'.⁸⁴ Zo kwamen er veel Scandinavische fysici in Kopenhagen op bezoek, voor een paar dagen of zelfs voor weken. Onder de prominente internationale bezoekers die in die periode Kopenhagen aandeden, waren Philip Warren Anderson, George Platzman, Bruce Rosenblum, Res Jost en Otto Stern. Maar ook bijvoorbeeld Hendrik Brinkman was 'voor een maandje' in Kopenhagen.⁸⁵ Hij was hoofd van de researchafdeling van de KEMA in Arnhem, een groot adviesbureau op het gebied van energie.⁸⁶ Dirk ter Haar, een andere promovendus van Kramers en studiegenoot van Kistemaker, schreef zijn proefschrift op het instituut.⁸⁷

Op 27 november 1946 gaf Kistemaker een afsluitende lezing in de vorm van een colloquium, waar hij over zijn promotieonderzoek sprak. Kistemaker had, in de woorden van Clay, in Kopenhagen 'genoeg geleerd'.⁸⁸ Een paar dagen later vertrok hij, samen met zijn vrouw, naar Zweden om daar een tweeweekse rondreis te maken langs verschillende wetenschappelijke laboratoria. In Lund, Uppsala en Stockholm gaf hij lezingen over gekoeld helium. Een van de belangrijke tussenstops op deze reis was het Nobelinstituut van Manne Siegbahn in Stockholm.⁸⁹ Siegbahn had recent een grote elektromagnetische isotopenseparator besteld, waarbij de magneet een diameter van niet minder dan 3,2 meter had. Kistemaker mocht de tekeningen van het apparaat bestuderen. Daarnaast viel hem op, zowel bij Siegbahns laboratorium als bij het militaire defensie-instituut dat hij later bezocht, dat de Zweden uitgebreid onderzoek deden naar de verschillende manieren om ionenbronnen op te bouwen.

Naast isotopenseparatoren bekeek Kistemaker op deze reis ook drie verschillende massaspectrometers die bedoeld waren om analyses van stabiele isotopen te doen.⁹⁰ Twee daarvan waren al vier jaar in aanbouw en werkten nog niet en de derde was gebouwd

door de Amerikaanse firma Westinghouse. Ook die werkte nog niet. In zijn rapport voor FOM vermeldde Kistemaker hierbij dat ‘Westinghouse onlangs alle geleverde massaspectrometers weer opgevraagd schijnt te hebben wegens een constructiefout in de ionenbron’. Hoewel het Kistemaker interessant leek om na zijn bezoek aan Zweden ook nog een bezoek te brengen aan Teddington, nabij Londen, werd hij door de wetenschappers in zijn thuisland gemaand om in december terug te komen naar Nederland.⁹¹ Er was genoeg gereisd. Kistemaker had in Denemarken veel geleerd en was, zoals Kramers en Clay al verwachtten, teruggekeerd als een specialist op het gebied van massaspectrografie en isotopenscheiding. Nu was het zaak om zijn kennis dienstbaar te maken voor het Nederlandse natuurkundige onderzoek.

6 Aan de slag in Amsterdam

In de periode dat Kistemaker in Kopenhagen was, was het natuurkundige landschap in Nederland ingrijpend veranderd. Op 15 april 1946 was de Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie officieel opgericht. De wens om een kernreactor te bouwen, werd in de eerste maanden van 1946 verbreed tot een veel algemener doel – zoals dat in de statuten van FOM werd opgenomen – om fundamenteel onderzoek der materie te bevorderen.⁹² In de eerste paar jaar lag de focus voornamelijk op de kernfysica, al werd wel degelijk geprobeerd om de stichting zo breed mogelijk te laten functioneren. Zo werd er bijvoorbeeld een groep opgericht die zich alleen op de eigenschappen van metalen richtte.⁹³ FOM financierde onderzoek dat werd verricht door wetenschappelijke en technische medewerkers zowel in laboratoria van universiteiten, als in eigen laboratoria van de stichting. In eerste instantie was het enige FOM-laboratorium het Instituut voor Kernfysisch Onderzoek (IKO), zoals het al eerdergenoemde laboratorium rond de door Philips ontwikkelde cyclotron werd genoemd. Het grootste deel van het budget van FOM – in 1946 was dat 157.000 gulden – ging in het eerste jaar naar IKO, dat niet minder dan 137.000 gulden ontving. Rechtmatig was IKO een

van FOM losstaande stichting. In 1947 was het budget van FOM aanzienlijk groter: 257.000 gulden.⁹⁴ Het bedrag dat naar IKO ging groeide niet mee (in 1947 ging ruwweg een ton naar IKO), waardoor er veel meer ruimte bleef voor de bekostiging van andere projecten.

Kistemaker werd bij terugkomst in Nederland in januari 1947 door Clay aan het werk gezet.⁹⁵ Zijn mentor Kramers, nu voorzitter van de Raad van Bestuur van FOM, had een flink deel van 1946 in de vs doorgebracht en vertrok ook in de lente van 1947 naar Columbia University en het Institute for Advanced Study van Princeton.⁹⁶ Daarom kreeg Kistemaker een nieuwe leidinggevende toegewezen: Cornelis Jan Bakker. Bakker had, zoals reeds vermeld, tijdens de oorlog samen met Heyn bij Philips aan het cyclotron gewerkt. In 1946 werd hij directeur van het IKO. Bakker had op dat moment twee werkgevers: Philips in Eindhoven en het FOM-instituut in Amsterdam. In oktober verliet hij zijn Eindhovense werkgever om aan de Universiteit van Amsterdam hoogleraar-directeur van het Zeemanlaboratorium te worden.⁹⁷ Hiermee werd de relatie tussen het nieuwe FOM-laboratorium en de UvA versterkt. In februari 1947 hield hij zijn oratie, getiteld *Grepen uit de Kernphysica*.⁹⁸ Onder zijn leiding ontwikkelde zich op het Zeemanlaboratorium een aantal nieuwe takken van onderzoek die vaak aan FOM waren gelieerd. Eén hiervan was kernfysisch onderzoek op het gebied van bèta-spectroscopie, dat in nauwe samenwerking met het IKO gebeurde.⁹⁹ Kistemaker kwam, door FOM betaald, bij Bakker op het Zeemanlaboratorium te werken.

De algemene leiding van FOM lag bij de Raad van Bestuur. De dagelijkse leiding was in handen van het Uitvoerend Bestuur, dat een deel van zijn taken delegerde aan de directeur van de stichting.¹⁰⁰ Onder het bestuur werden een aantal commissies in het leven geroepen om het werk te coördineren. Zo ook een commissie voor Massaspectrografie. Nog een niveau lager werd het werk zelf ondergebracht in werkgroepen. Elk kwartaal stuurde elke werkgroep van FOM aan alle andere werkgroepen een verslag van de werkzaamheden, zodat het onderlinge contact optimaal bleef.¹⁰¹

Kistemaker maakte binnen FOM deel uit van de werkgroep MS-I, wat stond voor massaspectrografie-I. Een opmerkelijk gekozen

naam, omdat er binnen de werkgroep vooral aan een massaseparator werd gewerkt en in mindere mate aan massaspectrografie. Of dit opzet was is niet bekend. Bakker, in zijn functie als hoogleraar, had de leiding over deze groep, die werd ondergebracht op het Zeemanlaboratorium. Het plan van FOM was om deze werkgroep later bij het IKO in te laten trekken.¹⁰² Naast de groep van Bakker in Amsterdam werkte in Utrecht, rond de hoogleraar Milatz, een werkgroep MS-II aan massaspectrometers. Het onderscheid tussen de groepen zat hem voornamelijk in de toepassing: waar de groep rond Milatz werkte aan analyse van materialen, begonnen Bakker en Kistemaker aan een vooronderzoek naar een massaseparator, een apparaat zoals dat van Koch in Kopenhagen, bedoeld voor de scheiding van isotopen.¹⁰³ Door deze duidelijke afbakening kwamen de groepen, in elk geval in de eerste paar jaar, niet in elkaars vaarwater.

De coördinatiecommissie voor Massaspectrografie bestond uit Bakker, Milatz en Dorgelo. Zij keurden twee projecten goed die binnen Bakkers werkgroep op het Zeemanlaboratorium uitgevoerd mochten worden.¹⁰⁴ Het eerste project was de ontwikkeling van een kleine massaspectrometer voor lichte materialen. Het apparaat was bedoeld als 'lekkenzoeker' en werd vooral gebouwd om deze techniek, die op het Europese vasteland nog niet breed bekend was, onder de knie te krijgen.¹⁰⁵ Er konden gaslekken mee worden opgespoord en daarnaast konden er bijvoorbeeld mengsels van waterstof en deuterium mee geanalyseerd worden. In de zomer van 1948 was het apparaat al zo goed als klaar.¹⁰⁶ Het tweede en meest belangrijke project van de werkgroep op het Zeemanlaboratorium was de bouw van een grote elektromagnetische isotopenseparator. In eerste instantie was het zaak om na te gaan of zo'n calutron in Amsterdam überhaupt kon worden gebouwd. Het zou geen goedkoop project zijn en Kistemaker was zich uit zijn Kopenhaagse tijd bewust van de technische moeilijkheden die aan een dergelijk project kleefden. Maar tegelijkertijd was het voor hem en voor FOM ook een prestigeproject. Een nauwe samenwerking met IKO lag in het vooruitzicht, omdat de separator – net als in Denemarken – targets (doelen) zou kunnen produceren voor gebruik in het cyclotron.¹⁰⁷

FOM wilde de werkgroep in een later stadium naar het IKO-laboratorium gaan verplaatsen.

Het grote voordeel van de ontwikkeling van een separator boven de andere technieken om isotopen te scheiden, was dat de methode voor alle soorten gassen bruikbaar is. Het werd door Kistemaker vaak herhaald. 'Elk gas of elke damp kan erin gescheiden worden.'¹⁰⁸ Sterker nog, het was de enige bekende techniek om vrijwel alle bekende isotopen te kunnen produceren. Een dergelijk apparaat kon daarom functioneren als wegbereider voor een heel scala aan fundamentele onderzoeken, zoals bijvoorbeeld onderzoek naar het 'bèta-spectrum van kunstmatig bestraalde stoffen',¹⁰⁹ het leveren van isotopen voor magnetische kernresonantieproeven en het bepalen van de remwerking van metaalfolies. Interessant genoeg vermeldde Kistemaker in het door hem aan de coördinatiecommissie gestuurde stuk *Urgentie Isotopen Separator* uit de zomer van 1948 niet dat met deze methode ook uranium verrijkt kon worden. In zijn eerdere rapport over zijn Scandinavische reis noemde hij dit juist als eerste en meest belangrijke toepassing van een isotopenseparator. De vraag in hoeverre het verrijken van uranium vanaf het begin van het onderzoek een belangrijk achterliggend doel is geweest, is daarom niet eenduidig te beantwoorden. Uraniumverrijking schittert in de bronnen uit de eerste jaren juist in afwezigheid, met als uitzondering het rapport van Kistemaker uit Scandinavië. Desondanks was bij alle betrokkenen bekend dat de ontwikkeling van een massaseparator in Nederland nauw samenhangt met het feit dat de Amerikanen hun calutrons binnen het Manhattanproject voor verrijkingsdoel-einden hadden ingezet. Expliciteren was daarom wellicht niet nodig en mogelijk ongewenst, vanwege de gevoeligheid van het onderwerp. Iedereen wist wat er met dit apparaat gedaan kon worden.

Het bouwen van een separator bleek geen eenvoudige exercitie. De belangrijkste moeilijkheden waren door Kistemaker in het rapport over zijn reis reeds onder elkaar gezet. Het achterliggende idee van een calutron is dat isotopen gescheiden worden door het minieme verschil in massa's. De geïoniseerde isotopen worden in een magneetveld gebracht en daardoor afgebogen. Vanwege het massaverschil vliegen zware isotopen net iets meer uit de bocht dan

lichtere isotopen. Aan het einde van het traject door het magneetveld komen de verschillende isotopen daardoor op verschillende plekken op het zogenoemde target aan.

De ionen worden geproduceerd in een ionenbron, die volgens Kistemaker erg veel aandacht verdiende. Kistemaker wist dat de Amerikanen voor hun calutrons niet minder dan zeventig bronnen hadden geprobeerd.¹¹⁰ Een ander punt van belang was de ontwikkeling van een sterke vacuümpomp, die een luchtverplaatsing van ten minste 5000 liter per seconde aan moest kunnen. Het hoge vacuüm dat hiermee kon worden opgewekt, was nodig om de ionen in de magneetkamer zo goed als wrijvingsloos te laten bewegen. Door het voorkomen van botsingen tussen de ionen en luchtdeeltjes kon de ionenstroom met een factor 100 worden verhoogd. Kistemaker verwachtte gebruik te kunnen maken van het soort oliediffusiepomp dat voor het cyclotron op het IKO ontwikkeld werd. Begin 1950 zou hij het apparaat ontvangen.¹¹¹

Vervolgens was het zaak een goede magneet te ontwikkelen. Kistemaker had Kochs ontwerp van de Deense magneet meegenomen uit Kopenhagen. Dit apparaat had een diameter van 80 centimeter en was daarmee te klein voor de Amsterdamse plannen. De separator waar Siegbahn aan werkte had een twee keer zo grote diameter. In 1948 vernam Kistemaker uit Frankrijk dat er in het laboratorium van Frédéric Joliot-Curie werd gewerkt aan een proefmodel van een grote separator. Dit proefmodel had een diameter van twee meter. Ook in Harwell, Engeland, begon men rond deze tijd 'full speed' aan proeven voor een grote elektromagnetische isotopenseparator.¹¹² De meeste van de hiervoor gebruikte magneten hadden de vorm van een halve cirkel. Kistemaker gaf in zijn eerste plannen juist de voorkeur aan een magneet van een kwart cirkel, met een diameter van vier meter en een veldsterkte van 2500 Gauss.¹¹³ Op zich zegt de grootte van de magneet niets over het functioneren. De sterkte van het magneetveld is van evenveel belang. Een kleinere magneet met een sterker veld kan nog steeds bewerkstelligen dat zware ionen afdoende worden afgebogen om het gehele traject te doorlopen. Later paste Kistemaker zijn plannen dan ook aan. Het plan werd om een kleinere, sterkere magneet met een diameter van

twee meter in de vorm van een halve cirkel te bouwen.

De eerste werknemer die vanaf 1 januari 1947 bij Kistemaker in het Zeemanlaboratorium kwam werken, was Jan Pieter Jacobus Janssen, een oud-medewerker van het Kamerlingh Onnes-laboratorium en 'Meester Glasblazer-Instrumentmaker'. Hij werd door Kistemaker en de latere medewerkers stevast aangesproken als Meester Janssen. Janssen werd als chef-constructeur aangesteld bij het IKO, waar de werkgroep later immers gehuisvest zou worden.¹¹⁴ In februari 1948 kwam H.I. Douwes Dekker met een studietoelage op het laboratorium werken, een kandidaatsstudent natuurkunde. Daarnaast werd er een leerjongen van het IKO-laboratorium geleend, G. de Roo, die tot 1950 op het lab bleef. Überhaupt ontstond er een nauwe samenwerking met IKO, wat ongetwijfeld te maken had met de gedeelde directeur. In 1949 werd bijvoorbeeld op het Zeemanlaboratorium begonnen met de bouw van een spectroscop, speciaal voor het IKO.¹¹⁵ Daarnaast werden er verschillende apparaten door IKO in bruikleen gegeven aan Kistemakers laboratorium.

Kistemaker had zijn tijd in Kopenhagen en de eerste maanden op het laboratorium ook gebruikt om een aantal delen van zijn proefschrift verder uit te werken tot artikelen.¹¹⁶ Maar het meeste werk ging zitten in de ontwikkeling van een goed werkende ionenbron voor de massaseparator.

7 De achilleshiel: ionenbronnen

In 1947 en 1948 kwam de nadruk van Kistemakers onderzoek te liggen bij een uitvoerig vooronderzoek naar ionenbronnen. In deze paragraaf zal om twee redenen dieper worden ingegaan op de ontwikkeling hiervan. Ten eerste geeft deze vrij technische geschiedenis een goed beeld van de werkwijze van het laboratorium. Latere technische ontwikkelingen, zoals die op het gebied van de ultracentrifuge, voltrokken zich op een vergelijkbare manier: gewoon proberen en kijken waar het schip strandt. Ten tweede bleek een paar jaar later dat de doorontwikkelde ionenbron het huzarenstukje van de elektromagnetische isotopenseparator was. Dit zal in het volgende

hoofdstuk aan bod komen. De ontwikkeling van de ionenbron was een kwestie van 'trial and error' en het was de belangrijkste bezigheid van Kistemaker en zijn medewerkers in het jaar 1948. In tien maanden tijd ontwikkelde de bron zich van een eenvoudige glazen buis tot een hoogst geavanceerd apparaat.¹¹⁷

De eerste onderzoeken naar ionenbronnen begon Kistemaker met een eenvoudige cilindrische glazen buis waaromheen cirkelvormige elektroden werden geplaatst. Deze hoogfrequente elektroden zorgden in de buis voor een plasma van waaruit ionen vrijkwamen. Interesse in dergelijke hoogfrequente ionenbronnen, waarbij gasontladingen zorgen voor de aanmaak van ionen, ontstond na de oorlog tegelijkertijd in de vs, Engeland en Zweden. Het aantrekkelijke van deze techniek is dat er geen gloeidraad nodig is voor de aanmaak van ionen. Kistemaker had het idee meegenomen uit Denemarken.¹¹⁸ Boven en onder in de buis werden bovendien nog twee elektroden geplaatst om een potentiaalverschil op te wekken om de ionen te versnellen. Deze eerste opzet was de meest eenvoudige ionenbron denkbaar en werkte eigenlijk verrassend goed, ware het niet dat er tegen de glazen wand ophopingen van positieve ionen ontstonden. Daarom werd besloten de hoogfrequente spanningselektroden van de buitenkant van de buis naar binnen te verplaatsen. Dit werkte iets beter, maar de glazen wand van de bron werd nog steeds zo sterk bestoven met ionen en elektronen dat hij na een tijdje geleidend werd. Omdat dit een sterk negatief effect op de ionenproductie had, concludeerde Kistemaker dat het beter was om in het vervolg in plaats van een glazen, een metalen omhulsel te gebruiken.

Als nieuw model bouwde Kistemaker een variatie op de eerdere bron waarbij alle grootheden regelbaar waren. Het apparaat werkte als ionenbron ronduit slecht, maar omdat de stroomsterkten en potentialen op alle manieren gevarieerd konden worden, gaf het wel inzicht in het effect van de verschillende instellingen op de ionenproductie. Een belangrijk probleem kwam hieruit naar voren: wat je ook deed, de ionen kwamen volledig verstrooid uit de bron tevoorschijn. Ze waren niet 'gefocuseerd', zoals dat werd genoemd. Het probleem van focusering werd vervolgens op verschillende

manieren aangepakt. Zo werd er geprobeerd om de gehele ionenbron rotatiesymmetrisch te maken. Inwendig kreeg de bron een soort klokvorm, met op de plek van de klepel een ringvormige elektrode voor het opwekken van het plasma. Met dit model lukte het om de positieve ionen vrijwel allemaal de juiste kant op te dirigeren. 'Van een mooi gefocusseerde ionenstraal was evenwel geen sprake,' schreef Kistemaker.

Vervolgens werd geprobeerd om een reeks van elektrostatische roosters in de bron te plaatsten, waar de ionen wél, maar de elektronen níet doorheen konden. Deze speciaal gevormde roosters fungeerden als lenzen. Dit werkte echter maar matig. Ook werd nog gekeken of het gebruik van radarfrequenties een uitkomst kon bieden, waarvoor adviezen ingewonnen werden bij het Radarlaboratorium van de Marine in Oegstgeest.¹¹⁹ In juni en juli 1948 werd een zogenoemde naaldelektrode of magnetronlens in de bron gezet, maar ook dit liep op niets uit. In de zomer besloot Kistemaker daarom de focusering aan te pakken door middel van ruimteladingscompensatie. Het idee hiervan is dat een uitgekiende baan elektronen de ionenstroom in toom kan houden. Het was de enige optie die nog open was en bracht als consequentie met zich mee dat er tóch een gloeidraad in de bron gestopt moest worden, terwijl het voordeel van het plasma was dat dit niet nodig was geweest. Onder in de bron zorgde de gloeidraad voor een soort schild aan elektronen dat, om de ionen heen, in de richting van het hoogfrequente plasma boven in de bron bewoog. Deze elektronen hielden de positieve ionen daarbinnen bij elkaar, gefocusseerd. Kistemaker schreef: 'Bij het inschakelen van de gloeidraad [...] zag men een felle lichtbundel van de gloeidraad naar het [hoogfrequente] plasma gaan, veroorzaakt door het oplichten van het gas.' Met dit systeem lukte het voor het eerst om een gefocusseerde ionenstroom te krijgen. De stroom was klein, slechts 1 mA, maar het was een begin. In de herfstmaanden werden nog een aantal belangrijke veranderingen doorgevoerd. Het ging hierbij vooral om een 'grotere technische perfectie', waarbij verschillende technieken werden ingezet om de ionenstroom te verhogen.¹²⁰ Aan het einde van 1948 liep de stroom op tot ongeveer 10 mA.¹²¹

Bij een bezoek aan Engeland in november realiseerde Kistemaker zich dat ze 'tot nu toe het ionenuittreemechanisme te veel verwaarloosd hadden'.¹²² Een gefocusseerde straal ionen is één ding, de volgende stap is om dit zo te houden tot in de magneetkamer. Hij ontmoette Rudolf Peierls in Manchester en Marcus Oliphant in Birmingham. Deze laatste had met Ernest Lawrence aan de cyclotrons van het Manhattanproject gewerkt. Ook bezocht Kistemaker het nieuwe onderzoeksgebied in Harwell, waar hij bijvoorbeeld Peter Thonemann ontmoette.¹²³ Hij realiseerde zich dat de ionen eigenlijk door een ander mechanisme geproduceerd werden dan aanvankelijk gedacht. Magnetische ionisatie zorgde voor de productie van de ionen.¹²⁴ Dit zou op het moment dat de ionenbron bij de gigantische magneet van de isotopenseparator in de buurt kwam wellicht een probleem kunnen worden.

Samen met de medewerker Douwes Dekker begon Kistemaker een nieuw onderzoek naar de precieze werking van de ionenbron. Ook al vertrok Douwes Dekker op 1 april 1949 van het laboratorium, in augustus 1949 verschenen er nog twee publicaties van hem samen met Kistemaker over de ontwikkeling van de ionenbron in het tijdschrift *Physica*.¹²⁵ In het volgende hoofdstuk zal aan de orde komen welke oplossingen er uiteindelijk werden gevonden voor het goed functioneren van de bron. Want de ontwikkeling was in 1949 nog allesbehalve afgerond. Het was, nu de plannen van de separator concrete vormen aan begon te nemen, echter zaak op korte termijn een geschikte huisvesting te vinden. De separator zou namelijk niet in het gebouw van het Zeemanlaboratorium passen.

8 Plannen voor een nieuwe huisvesting

Zowel het uitdijende laboratorium als de plannen voor de grote isotopenseparator en alle bijkomende ontwikkelingen maakten dat het Zeemanlaboratorium niet meer de geschikte plek voor de werkzaamheden was. Bakker ging op zoek naar een andere locatie. Alhoewel er een paar jaar eerder nog sprake van was om Kistemakers project naar het IKO te verplaatsen, bleek dit in 1948 niet meer te

kunnen. Ook daar was niet genoeg ruimte. In de zomer van 1948 hoorde Bakker van het Gemeente-Energiebedrijf van Amsterdam (GEB) dat er een grote ruimte in de Elektrische Centrale aan de Hoogte Kadijk beschikbaar zou komen. Wellicht was dit een geschikte locatie voor de opbouw van de grote separator? De locatie had twee grote voordelen. Ten eerste was er genoeg ruimte beschikbaar voor de opbouw van de grote separator. Ten tweede was er ook hier zware gelijkstroom beschikbaar die nodig was om het grote apparaat aan te drijven.¹²⁶

De kosten van deze locatie waren echter niet mals. Het gebouw moest verbouwd worden voor een bedrag van 48.000 gulden. Van dit bedrag was de gemeente, als verhuurende partij, bereid 30.000 gulden te betalen. Voor de FOM bleef daarmee een bedrag van 18.000 gulden over, waarvan bij het begin van de verbouwing 6000 gulden aan het GEB betaald moest worden. Het overgebleven bedrag mocht in termijnen van 1200 gulden per jaar (exclusief rente) worden betaald.¹²⁷ De jaarlijkse huur die de gemeente in rekening bracht was 960 gulden.

Het voorstel van Bakker werd door de Raad van Bestuur van FOM in de vergadering van 19 juli 1948 besproken. Bakker zelf was er niet bij – hij bevond zich in de VS – maar hij had het bestuur schriftelijk ingelicht. Bij deze vergadering moest eerst wat onrust uit de lucht gehaald worden. Dorgelo, die zowel in de commissie voor Massaspectrografie als in de Raad van Bestuur zat, ergerde zich aan de gang van zaken rond de huisvesting aan de Hoogte Kadijk. Want in tegenstelling tot wat de procedure voorschreef was het voorstel van Bakker niet eerst door de commissie voor Massaspectrografie besproken voordat het naar het bestuur ging. Deze commissie was er niet aan toe gekomen, om een enigszins verrassende reden: Kistemaker was ‘zonder voorkennis der commissie met Casimir in overleg [...] getreden om een door Philips te betalen medewerker te betrekken bij het werk van de isotopenscheiding’. Het ging om M.E. Reinders, die vanaf 1 juni, inderdaad betaald door Philips, bij Kistemaker op het laboratorium aan de slag kon. Reinders moest eens in de twee maanden een kort verslag aan Philips uitbrengen over de voortgang van zijn werk.¹²⁸ Hierover had Kistemaker de commissie

voor Massaspectrografie niet ingelicht, waarmee hij had verhinderd dat Reinders eventueel bij de Utrechtse groep aan massaspectrometrie kon gaan werken.¹²⁹ Aangezien interesse van Philips belangrijke gevolgen kon hebben voor het vervolg van het onderzoek, waren Dorgelo en Milatz hier gepikeerd over. Ze besloten om hun werkzaamheden voor de commissie stop te zetten totdat er opheldering kwam over Kistemakers ondoordachte gedrag.¹³⁰ En dat was vervolgens de reden dat het voorstel van Bakker nog niet door de commissie was behandeld.

Clay nam het voor Kistemaker op. Volgens hem was Kistemaker 'volkomen bereid' om zijn excuses aan te bieden en waren er twee redenen voor het voorval: Bakker zat rond die tijd al in Amerika en Kistemaker was niet op de hoogte van 'de juiste gang van zaken'. Hij voegde eraan toe dat het belangrijk was om deze 'zeldzame kans' voor huisvesting zo snel mogelijk te grijpen.¹³¹ Desalniettemin besloot de raad toch om éérst de commissie hierover te laten vergaderen. Later zou het bestuur zich nogmaals over dit, in de woorden van Sizoo, 'project van verre strekking' kunnen buigen.¹³²

Enige dagen na de vergadering van de Raad vond bij Bakker thuis (hij was blijkbaar weer terug) een vergadering van de commissie plaats. Kramers was ook aanwezig. Op 23 juli stuurde Milatz, die naast lid van de commissie ook penningmeester van FOM was, een uitgeschreven plan naar de Raad.¹³³ De commissie stelde voor om in elk geval alvast de huur aan het GEB over te maken, maar om een besluit over de (kostbare) verbouwing nog wat uit te stellen. Dit was nodig omdat ZWO in oprichting, toen al de geldschietster van FOM, nog over de begroting van 1949 moest beslissen.¹³⁴ Op deze manier zou, mochten FOM of ZWO tegen de plannen beslissen, alleen de betaalde huur verloren gaan, terwijl het 'mooie aanbod' van de gemeente zou blijven staan.¹³⁵ Op 9 september was er een tweede bijeenkomst van de commissie, deze keer op het Zeemanlaboratorium. Hierbij was ook de secretaris van FOM, H.R. Woltjer, aanwezig en mocht Kistemaker een demonstratie van zijn ionenbron geven.

Pas op 9 oktober vergaderde de Raad van Bestuur weer over het voorstel. Omdat niet alle bestuursleden even positief waren over de grootse plannen van Kistemaker en Bakker, hield Kramers, als

voorzitter, een betoog voor het belang van het project. Als argument haalde hij aan 'dat in Amerika honderden miljoenen dollars zijn uitgegeven voor de installaties, die met magnetische separatie van uranium werkten. [...] Nu is het waar, dat in Amerika de magnetische separatie van uranium is opgegeven, maar als universele methode die in staat stelt niet óf van de lichte, óf van de zware elementen, maar van alle elementen zuivere isotopen te leveren, ten einde hun werkingsdoorsnede te kunnen bestuderen, acht [Kramers] het project zeer belangrijk.'¹³⁶ Zijn betoog wist de rest van de Raad van het toch vrij kostbare plan te overtuigen.

Kramers schetste vervolgens een ontwikkelingsplan voor de isotopenseparator. Verschillende kapitaaluitgaven waren noodzakelijk. Enerzijds ging het hierbij om een uitbreiding van het instrumentarium van het laboratorium, waarbij vooral de aanschaf van een grote elektromagneet kostbaar zou zijn. Anderzijds was het inderdaad zaak om een werkruimte plus werkplaats buiten het Zeemanlaboratorium te vinden. De ruimte die door het GEB werd opgesteld was daarom 'een prachtoplossing'.¹³⁷ De Raad van Bestuur besloot om Kramers hierin te volgen en het aanbod van de gemeente nu te aanvaarden. Ook met de verbouwing werd ingestemd. Op de begroting van 1949 werden extra posten opgenomen om het instrumentarium uit te breiden en om de verbouwing mogelijk te maken. Voor het jaar 1949 werd een totaalbedrag van 46.000 gulden op de begroting opgenomen voor de werkgroep van Bakker. Hiervan was 16.500 gulden specifiek voor de verbouwing.¹³⁸ Dit werd vervolgens aan zwo in oprichting voorgelegd. Daar zwo eind 1948 'niet ruim in zijn geld z[a]t', aldus haar eerste directeur, Jan Hendrik Bannier, zou extra steun aan één project ten koste gaan van steun aan een ander.¹³⁹ Daarom besloot FOM de kosten voor het nieuwe laboratorium zoveel mogelijk in de hand te houden. Was het bijvoorbeeld wel nodig om een volledige werkplaats in te richten op de Hoogte Kadijk? Zat er geen werkplaats in de buurt en was het echt nodig dat alle wetenschappelijke laboratoria in Amsterdam – in dit verband werd bedoeld op IKO, VU, Zeemanlaboratorium – een eigen kleine werkplaats hadden? Dorgelo pleitte bijvoorbeeld voor een centrale FOM-werkplaats in de stad. Dit bleek in Delft ook goed

te werken. Kruyt en Clay wezen Dorgelo er echter op dat de topografische toestand van Amsterdam zóveel verschilt van die van Delft dat centralisatie in Amsterdam onmogelijk is. Besloten werd om op de Hoogte Kadijk een 'eenvoudige werkplaats, zoals benodigd is voor het gaande houden der onderzoekingen' in te richten.¹⁴⁰ Bezuinigd werd bijvoorbeeld op een freesbank, die niet werd aangeschaft. Daarnaast verzocht Bakker, ook als bezuiniging, om in plaats van één afgestudeerd instrumentmaker, twee leerling-instrumentmakers op het lab in dienst te nemen. ZWO keurde de aangepaste bedragen uiteindelijk goed.¹⁴¹ Er ging 42.500 gulden naar de werkgroep van Bakker, ruim het grootste bedrag voor één van de werkgroepen. Het was ongeveer 15 procent van de gehele begroting van FOM, die voor dit jaar op 291.011 gulden was vastgesteld. Alleen de subsidie van FOM aan de Stichting IKO was meer, namelijk 89.293 gulden.

Op 22 augustus 1949 was de verbouwing van het nieuwe laboratorium klaar en kon de verhuizing vanuit het Zeemanlaboratorium naar de Hoogte Kadijk beginnen.

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 hulpparaten 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 focusserende 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 afbladderende 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, Zilver schoon 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 merkteken' 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 toezien 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'.

3 SUPERCENTRIFUGES (1955-1957)

1 'Een wonder van mogelijkheden'

Het was een bezoek aan Duitsland in november 1954 dat voor een ommezwaai in de geschiedenis van uraniumverrijking in Nederland zorgde. Kistemaker bezocht een vergadering van de Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) in Bremen. De vergadering over Massaspectrometrie was bedoeld om een indruk te geven van de recente ontwikkelingen op dit vlak in Duitsland. 'De isotopenscheiding en massaspectrografie zit de Duitsers in het bloed,' merkte Kistemaker op, 'en de inspanning in die richting is verbazend.'¹ Vooral de invloed van de school van hoogleraar Wilhelm Walcher uit Marburg was opvallend. Veel van zijn leerlingen kwamen bij het bedrijf Atlas Werke in Bremen terecht. Deze firma maakte kwalitatief zeer goede massaspectrometers, waarvan er een stuk of twintig aan Duitse laboratoria waren verkocht. Inbegrepen bij de conferentie was een bezoek aan dit bedrijf, waar, volgens Kistemaker, 'sinds vier jaren geleden een onmiskenbare vooruitgang te bespeuren' was.² Aanwezig bij de bijeenkomst van de DPG waren ongeveer 120 wetenschappers, van wie twintig buitenlanders. Rond de twintig lezingen gingen over onderzoek met apparaten van Atlas Werke. 'Het gehalte was zeker redelijk goed te noemen, ofschoon nog geen topwerk wordt gedaan.'³ Kistemaker was het meest onder de indruk van het werk van Wilhelm Groth in Bonn en Paul Harteck in Hamburg, waar met een tiental massaspectrometische apparaten 'zeer veel nieuws' gebeurde.⁴

Het zou goed kunnen dat Kistemaker een achterliggende agenda had bij zijn bezoek aan Bremen. Ondanks het feit dat het gelukt was

om uranium te verrijken met de grote elektromagnetische isotopenseparator, was er in Amsterdam geen geschikte massaspectrometer voor het doen van metingen naar, bijvoorbeeld, de isotopische zuiverheid van uranium. Deze apparaten waren niet makkelijk te krijgen en al helemaal niet in Nederland. Om die reden ging Kistemaker in het buitenland op zoek: wellicht kon bij Atlas Werke een massaspectrometer gekocht worden.

Aansluitend aan het bezoek aan Bremen ging Kistemaker naar Hamburg. Over dit bezoek verschillen de bronnen. Er wordt bijvoorbeeld gezegd dat Kistemaker zich verveelde in Bremen en daarom naar Hamburg ging.⁵ Kistemaker zelf schreef een halve eeuw later dat de massaspectrometer in Bremen kapot was en hij daarom zijn plannen moest herzien. Hij besloot tijdens een vrije middag een bezoek te brengen aan het beroemde Instituut voor Fysische Chemie in Hamburg, om te kijken hoe het er daar na de oorlog aan toeging.⁶ Kistemaker trof er een verlaten instituut aan, maar de voordeur was open. Hij liep wat rond, belandde op de tweede verdieping en stuitte daar op de achterdeur van een zaal waar iemand een lezing hield.

De meest directe versie van dit verhaal is echter het reisverslag dat Kistemaker terug in Nederland schreef. Hieruit blijkt dat Kistemaker Hamburg bezocht vóórdat hij naar Bremen afreisde en er dus van toeval, verveling of kapotte massaspectrometers geen sprake kon zijn. Ook bezocht hij niet alleen het *Institut für Physikalische Chemie*, maar ook het *Physikalischen Staatsinstitut*, waar hij met zeker twee verschillende hoogleraren over isotopenscheiding sprak.⁷ Op het Instituut voor Fysische Chemie hoorde Kistemaker inderdaad 'een uitstekend colloquium'.⁸ De spreker was Hermann Gerhard Hertz⁹ die sprak over de scheiding van xenonisotopen met gascentrifuges.¹⁰ Kistemaker kon vervolgens ook de installatie zien en die maakte 'een zeer goede indruk' op hem, evenals de resultaten die hij in het colloquium hoorde.¹¹ Hertz toonde duidelijk aan dat deze methode 'niet kansloos is voor Uraniumscheiding gebruikt te worden'.¹² Gascentrifuges, ook wel supercentrifuges of ultracentrifuges genoemd, konden, in tegenstelling tot de berichten die na de oorlog uit Amerika kwamen, wel degelijk succesvol

ingezet worden om uranium te verrijken.¹³ Het was een waardig alternatief voor elektromagnetische scheiding of gasdiffusie. Al direct leek het Kistemaker 'niet onmogelijk met een paar honderd van deze apparaten honderden kilo's verrijkt Uranium (ca. 1,5 % U-235) in ca. een half jaar te maken'.¹⁴ Dat klonk goed.

Het principe van een ultracentrifuge is bedrieglijk eenvoudig. Uraniumisotopen met massa 238 zijn net iets zwaarder dan de isotopen met drie neutronen minder in de kern, U-235. Door een cilinder op hoge snelheid rond te laten tollen worden de zware deeltjes naar buiten geslingerd en blijven de lichtere deeltjes relatief dicht bij het middelpunt van de centrifuge, alwaar ze uit de tol kunnen worden gehaald. Het bedrieglijke zit hem in het feit dat de centrifuges erg snel rond moeten draaien om isotopenscheiding mogelijk te maken. Duizend keer per seconde (stel je voor) is aan de langzame kant. Deze extreme snelheid zorgt voor allerhande mechanische moeilijkheden, zoals later ook nog zal blijken. Een van deze moeilijkheden was om geschikte materialen te vinden, een ander om de contactpunten tussen de stilstaande wereld en de draaiende cilinder probleemloos te maken.

Toen Kistemaker na zijn reis door Duitsland terugkwam in Amsterdam stuurde hij zijn jonge collega Dieter Heymann naar Groth in Bonn.¹⁵ Groth was na de oorlog benoemd tot hoogleraar aan het Instituut voor Fysische Chemie in Hamburg. In 1950 verhuisde hij naar Bonn, om directeur van het instituut voor fysische chemie aldaar te worden. Halverwege de jaren vijftig ontving hij een nieuw prototype ultracentrifuge vanuit Hamburg, van de groep rond Paul Harteck. Daarmee bouwde hij drie nieuwe en verbeterde modellen van het zogenoemde type ZG3. Opdrachtgever hiervoor was de regering van de Duitse deelstaat Noordrijn-Westfalen. Financiering kwam onder andere van het Duitse ministerie van Economische Zaken.¹⁶ Op het instituut van Groth werden experimenten gedaan aan vroege typen van centrifuges.¹⁷ Later, vanaf 1956, zou Groth betrokken zijn bij de oprichting van de Kernforschungsanlage in Jülich, niet ver van Bonn. Daar werd een scheidingsfabriek ingericht. De samenwerking tussen Jülich en Bonn werd hierdoor versterkt en Groth bouwde – gefinancierd door het onderzoeks-

centrum – zes nieuwe centrifugemodellen. Ook werd hij later binnen het centrum leider van een instituut voor isotopenscheiding en de eerste voorzitter van de Wetenschappelijke Raad van het centrum.¹⁸

Kistemaker zocht na zijn reis ook met andere Duitse wetenschappers contact. Konrad Beyerle was een expert op het gebied van de lager van de centrifuge, het contactpunt tussen de draaiende en de stilstaande wereld. Hij had de lager voor de centrifuge in Hamburg ontwikkeld. Beyerle werkte bij het Zentralinstitut für Wissenschaftlichen Apparatenbau der Max-Planck-Gesellschaft in Göttingen. Hij was de leider van de bouw van alle centrifuges. ‘Bij hem op het instituut wordt alles ontworpen en getekend,’¹⁹ rapporteerde Kistemaker. In antwoord op Kistemakers verzoek tot contact stuurde Beyerle een publicatie met constructietekening naar Amsterdam, die kon dienen als opstapje voor een eventueel Nederlandse centrifugeproject.²⁰

In december 1954 begon Kistemaker met een evaluatie naar de mogelijkheid om snel draaiende, horizontaal geplaatste centrifuges met kogellagers in Nederland te bouwen. Deze evaluatie werd gedaan in samenwerking met Werkspoor, wiens directeur A.W. Baars voor dit project ‘spontaan’ 50.000 gulden vrijmaakte.²¹ De eerste experimenten werden gedaan op het terrein van Werkspoor, in een gedeelte van een oude schuilkelder van de Centrale Leerschool. Deze ruimte werd in tweeën gesplitst. Het grootste deel diende voor de opstelling van de meetapparatuur. In een gedeelte dat werd afgeschermd met zandzakken en een nieuw gemetselde muur werd de eigenlijke opstelling gebouwd. ‘Observatie kan geschieden door openingen in de afscherming, evt. met behulp van optiek.’²² Er werd een 19 kilo zware horizontale proefopstelling opgesteld. Het apparaat bevatte als lagering kogellagers. Er werd gekeken of een schoeprad gebruikt kon worden om, als een pomp, een vacuüm op te wekken. Een zogenoemde dummyschijf bootste het gewicht van een uiteindelijke centrifuge na. Zowel de motor als het schoeprad was uitgebalanceerd door de KLM. De kogellagers kwamen van de Nederlandse Maatschappij van Kogellagers SKF en over smering van de centrifuge was advies ingewonnen bij Shell.²³

2 Inlichtingen uit de vs en Duitsland

Tijdens een reis door de Verenigde Staten in mei en juni 1955 probeerde Kistemaker Amerikaanse inlichtingen over gascentrifuges in te winnen. Vooraf had hij om inlichtingen gevraagd bij Samuel Goudsmit: 'Zijn de werkzaamheden aan Ultra Centrifuges, zoals die in de oorlogsjaren door de Standard Oil Development Co. in Bayway werden uitgevoerd, gedeclineerd? Wie is op het ogenblik een autoriteit, resp. een autoriteit geweest op het gebied van ultracentrifuges? Zitten deze specialisten nog steeds bij de Standard Oil Development Co.?'²⁴ Goudsmit antwoordde hem echter dat hij hier niets van wist.²⁵ Op zijn reis had Kistemaker geen succes: 'Alle nasporingen, die ik heb kunnen doen, zijn zeer sterk belemmerd of onmogelijk gemaakt, doordat dit onderwerp classifed is.'²⁶ Wel hoorde hij voor de eerste keer van het werk van Jesse Beams. In Charlottesville, Virginia, ontmoette hij Beams persoonlijk. 'Een zeer imponerend physicus van de oude stempel,' schreef Kistemaker, 'die vol met magnifieke ideetjes zit. Anderzijds jammer genoeg geen man, die school vormt. Je treft er geen ouderen aan. Hij werkt uitsluitend met studenten en het is verwonderlijk wat daar nog uitkomt. Het rare is, dat iedereen dol op hem schijnt te zijn. De hoge industriële salarissen drijven de mensen weg.'²⁷

Beams was een van de belangrijkste ultracentrifugepioniers. Al in 1934 was hij aan de University of Virginia begonnen met de ontwikkeling van een zichzelf balancerende, verticaal in vacuüm draaiende centrifuge. Een luchtstroom zorgde voor de aandrijving en het omhooghouden van de rotor, de draaiende binnenmantel van de centrifuge. Typisch voor deze machines was de magnetische op-hanging, ook wel suspensie genoemd. Zowel aan de onderkant als aan de bovenkant hielden magneten de centrifuge in balans. Dit zorgde niet alleen voor een verlichting van de druk op de onderlaager, maar ook voor een demping van trillingen.²⁸ Beams deed allereerste onderzoeken naar zowel heel snel, als heel langzaam draaiende systemen. De toepassingen lagen voornamelijk in de chemie en biologie.²⁹ Pas toen het in 1939 duidelijk werd dat atomen konden splitsen, ontstond er interesse om deze apparaten voor het

scheiden van (uranium)isotopen in te zetten. Een belangrijk theoretisch voordeel van centrifuges boven andere methoden om uranium te scheiden was dat de scheidingsfactor bij centrifuges afhing van het *verschil* in massa tussen de isotopen en niet van hun absolute massa.³⁰ Daarnaast hing de scheidingsfactor niet af van de fysische toestand waarin de isotopen zich bevinden of van een toename of afname van de concentratie van de zeldzamere isotoop. Ten slotte was het ook bekend dat dit scheidingsproces quasireversibel is, wat betekende dat de energie die in de centrifuge gestopt werd puur en alleen in het draaien, het behouden van het vacuüm en het aan- en afpompen van het gas ging zitten – een kwestie van een goed ontwerp; het scheiden van de isotopen zelf kostte geen energie.

In de oorlogsjaren kwam de ontwikkeling van de centrifuges in een stroomversnelling terecht, vooral omdat deze methode binnen het Manhattanproject als mogelijkheid werd gezien om het nodige uranium voor de atoombom te verrijken. Een van de technische en theoretische problemen waar Beams zich tijdens de oorlog op richtte was het reguleren van een goede gasstroom binnen in de centrifuge. Het bleek dat dit van groot belang was voor de prestatie van de apparaten. Een zogenaamde ‘countercurrent’, of tegenstroom, hielp bijvoorbeeld aanzienlijk. Bij deze methoden lopen twee verschillende gasstromen van boven naar beneden langs elkaar heen. Het gas loopt eerst langs de wand van de centrifuge naar beneden. Daarna maakt het een slag naar binnen en gaat het via het midden van de centrifuge weer naar boven. Omdat de zwaardere isotoop tijdens deze route naar buiten werd geslingerd en de lichtere isotoop daar minder last van heeft, is het resultaat dat boven in de centrifuge meer verrijkt uranium wordt gevonden dan onder in de centrifuge. Deze methode bevordert het scheidend vermogen aanzienlijk. Desondanks besloot het Amerikaanse leger op 31 januari 1944 om het uranium te verrijken met behulp van de diffusiemethode. De ultracentrifuge voor isotopenscheiding werd in de vs in de ijskast geplaatst.³¹

Bij zijn bezoek aan Beams vernam Kistemaker van verschillende kanten dat Beams ‘als organisator en drijvende kracht voor een

team van mensen, zoals dat in de oorlogsjaren nodig was, [...] volkomen ongeschikt' was.³² Dit was een van de redenen dat het onderzoek in de oorlog niet goed van de grond was gekomen. Na de oorlog werden de centrifuges in Charlottesville gebruikt om massa's van grote moleculen, zoals eiwitten, in vloeistofoplossingen te bepalen. 'Een wonder van mogelijkheden,' schreef Kistemaker over deze machines, 'de cylinders draaien in hoogvacuum. [...] Daar er geen wrijving is neemt het toerental (ca 10^4 /min) in drie dagen minder dan 1 omw/min af.'³³ Na 1945 werkte Beams doelbewust niet meer aan isotopenscheiding, vooral omdat hij geen behoefte had om weer met classificatie te maken te krijgen.³⁴

Over Beams' werk aan uraniumverrijking vernam Kistemaker dat alles 'in één groot dik boek samengevat is, dat zich in de Classified Library van de A.E.C. bevindt'. De Atomic Energy Commission (AEC) had Beams vervolgens 'vierkant verboden' om ook maar een woord over dit werk te zeggen. Hij liet dan ook niets los. Het viel Kistemaker op dat Beams weinig wist over andere, nieuwe centrifugeprojecten die op stapel stonden. Van de Duitse resultaten was hij 'volkomen onkundig', alsook van een recent opgezet project in Californië, waar ook Kistemaker pas op deze reis hoogte van kreeg, maar waar hij verder weinig over wist te achterhalen. Beams bleek bereid Kistemaker te helpen, maar slechts met eventuele declassificatieaanvragen. Toen Kistemaker contact opnam met twee hoge functionarissen van de AEC, T. Johnson, General Director of Research en George A. Kolstad, Head of Atomic Physics Department, merkte Kistemaker dat deze heren hem 'uiterst ter wille en van dienst' waren. Hun directe voorstel was om te proberen dit project opgenomen te krijgen in het in de steigers staande verdrag voor samenwerking tussen Nederland en de vs. De eerste versie van dit verdrag, dat voornamelijk draaide om de aankoop van een Amerikaanse reactor door RCN, de Hoge Flux Reactor, was al in 1955 ondertekend, maar nog voordat dit verdrag was geratificeerd werd al over een tweede (algemenere) overeenkomst gesproken.³⁵ Wat betreft Kistemakers onderzoek: wellicht konden ook de vs hiervan profiteren.³⁶ Misschien wel het belangrijkste wat Kistemaker in de vs merkte en wat hij thuis ook vol trots verkondigde,

was dat er zeer veel hernieuwde interesse in ultracentrifuges voor uraniumverrijking bleek te bestaan. Hij gebruikte dit om zijn eigen project binnen de belangstelling te plaatsen. Immers, als ze in de vs met centrifuges bezig waren, kon dat in Nederland toch ook zeker geen kwaad.³⁷

Een van de eerste problemen waar het vroege project mee te maken kreeg was dat het niet eenvoudig was een geschikte aandrijving te vinden voor centrifuges. Uit Duitsland vernam Kistemaker dat daar een elektromotor van de firma Telefunken Osram werd gebruikt, die eventueel door de Elektriciteits Maatschappij AEG naar Amsterdam geïmporteerd kon worden. AEG meldde echter dat het niet mogelijk was om deze motoren naar Nederland te halen. Dit tot ergernis van Kistemaker die mopperde dan maar zelf de ontwikkeling van snelle motoren te gaan doen, wellicht via de Nederlandse industrie. Echter, 'de omvang van ons research project is van dien aard, dat wij liever niet ook nog belast worden met elektro-motor ontwikkeling'.³⁸ Het probleem was niet alleen om de motoren snel genoeg te laten lopen, maar vooral dat er ook nog een flink gewicht, namelijk dat van de cilindertrommel, gedragen moest worden. In de herfst van 1955 benaderde hij zeker veertien firma's in binnen- en buitenland, waaronder grote bedrijven als Siemens, General Electric en Metropolitan-Vickers, maar geen van alle had wat hij zocht.³⁹ 'I am really getting nervous about this d... elektromotor,' schreef hij aan Westinghouse Research Laboratories in Pittsburgh.⁴⁰ In de vs bleken bepaalde motoren geclassificeerd. Daarom spreidde Kistemaker zijn kansen. Hij gaf aan de firma Brandt in Leiden de opdracht om een elektromotor te ontwerpen. Brandt begon met proeven met een frequentieomvormer.⁴¹ Daarnaast bestelde Kistemaker in de vs een 4,5 pk-motor. Deze kon worden opgevoerd tot 50.000 toeren per minuut.⁴²

In de eerste maanden van 1956 ging Kistemaker samen met zijn kompaan van Werkspoor, de ingenieur E.J.J. Veldhuyzen die zorg droeg voor de constructie van de centrifuges, op bezoek bij Groth in Bonn. De Duitse wetenschapper onthaalde de Nederlanders hartelijk en openhartig. Op het eerste gezicht leek de Duitser geen grote geheimen te hebben, maar Groth verzocht aan het einde van het be-

zoek wel of Kistemaker en Veldhuyzen zijn informatie strikt vertrouwelijk wilden behandelen en niet zouden gebruiken voor politieke doeleinden.⁴³ Groth deed proeven aan verrijking van uranium en maakte gebruik van uraniumhexafluoride (UF₆). Deze giftige en reactieve stof heeft als groot voordeel dat het al bij een lage temperatuur gasvormig kan worden.⁴⁴ Onder lage druk ligt deze temperatuur zelfs nog lager, rond kamertemperatuur, waardoor het een ideale stof is om door centrifuges te leiden. Makkelijker gezegd dan gedaan, zo bleek in Duitsland. 'Het gaat nog vrij slecht,' rapporteerde Kistemaker. 'Men heeft veel last van aantasting van de olie, die de glijlagers smeert, door UF₆. Geeft zwarte koek, die alles verstopt.'⁴⁵ Groth was daarom met spoed op zoek naar tegen fluor bestendige oliën, maar had die nog niet gevonden. Ook was het Groth nog niet gelukt om een werkende luchtstroom op te wekken, een zogenaamde convectiewervel over de lengte van de centrifuge. Kistemaker was kritisch over Groths werkwijze. 'Ik heb geconstateerd, dat Groth een sterk afwijkende mening heeft over het ontstaan van de convectiewervel. Volgens mij volkomen fout. Ik ben daarover niet in discussie getreden.'⁴⁶ Een van de consequenties van Groths opvattingen was dat hij de centrifuge niet op een andere manier dan horizontaal durfde op te stellen. Volgens Kistemaker was het cruciaal om ook verticale centrifuges te onderzoeken, voor 'de schakeling van vele centrifuges in serie, het aantal compressoren dat hij nodig heeft en met het oog op de aandrijving waarvoor hij 6 maal meer motoren nodig heeft als wij'. Groth had twee werknemers: een fysicus en een ingenieur. Hij had drie centrifuges in bestelling bij Beyerle in Göttingen. Vanaf het eerste contact dat Kistemaker met Groth legde, wilde de Duitse wetenschapper graag samenwerken met het Nederlandse project in de vorm van uitwisseling van gegevens.⁴⁷ Voor Kistemaker was dit echter nog veel te vroeg; er was immers nog nauwelijks Nederlandse kennis om uit te wisselen.

Groth vertelde Kistemaker een aantal interessante nieuwtjes over de situatie in Rusland. Een halfjaar eerder was Herbert Fröhlich uit de Sovjet-Unie teruggekomen.⁴⁸ Hij was daar een aantal jaar tewerkgesteld, onder andere in een – volgens Kistemaker beroemd – laboratorium aan de Zwarte Zee. In dat laboratorium

werkte de bekende fysicus Max Steenbeck aan ‘een bepaalde lange centrifuge,’ maar dat was geen succes. ‘Het betrof een twee meter lange, open centrifuge, met geringe diameter.’ Fröhlich vertelde verder dat de tot Rus genaturaliseerde Fritz Lange en Arno Brasch in Moskou meer succes hadden, met centrifuges van het ‘Hamburgse type’. In de hoofdstad was een fabriek gebouwd voor de scheiding van uranium met behulp van ultracentrifuges op economische grondslag.⁴⁹

Sinds Kistemaker in 1955 begonnen was zijn pijlen te richten op het verrijken van uranium met behulp van de ultracentrifuge, werd het hem hoe langer hoe meer duidelijk dat hij een interessante weg in had geslagen. Zijn buitenlandse contacten, zowel in Duitsland als in de vs, waren hiervoor cruciaal. Ook al was veel van de technische informatie geclassificeerd, toch wist hij genoeg informatie te achterhalen om gesterkt te worden in het besef dat, aan de ene kant de centrifugetechnologie nog in de kinderschoenen stond, aan de andere kant nieuwe ontwikkelingen op dit gebied een industrieel succesvolle toepassing meer en meer waarschijnlijk maakte. Daarnaast gebruikte hij het feit dat ook Duitsland en de vs met deze techniek bezig waren om anderen te overtuigen dat dit een goed idee was. Zaak was nu om het project organisatorisch op de rails te krijgen.

3 RCN en Teylers Stichting

Financieel werd het project vrijwel het gehele eerste jaar bekostigd door FOM en Werkspoor. FOM liet zijn medewerkers tijd vrijmaken om aan centrifuges te werken en Werkspoor zag het project als een waardevolle investering omdat een goede uitwerking wellicht tot een grote order kon leiden. Desondanks werd er al snel naar een andere geldschieter gezocht. FOM kampte in 1955 met financiële problemen en Werkspoor hoopte in de herfst op enige financiële compensatie voor de vele uren die ze al in het project hadden gestopt. Kistemaker vond de situatie ten aanzien van Werkspoor ‘persoonlijk erg onaangenaam, alhoewel zij dit geheel op eigen risico doen.

Het maakt echter wel dat ik nu reeds een half jaar kiekeboe met hun speel. Zij zijn zo enthousiast over het project, dat zij voortdurend nieuwe proeven en ideeën aan komen dragen en ik kan niet anders doen, dan zeggen: "Wat interessant, etc." Kistemaker, die 'langer dralen onverantwoord' vond, begon, samen met zijn bazen bij FOM, uit te kijken naar een andere instantie om het project te bekostigen.⁵⁰ Ze kwamen uit bij het in de zomer van 1955 opgerichte Reactor Centrum Nederland (RCN).

Mede vanwege de kentering in het beleid van de Verenigde Staten vanwege het Atoms for Peace-plan boden de vs verrijkt uranium, knowhow en zelfs volledige reactoren aan op de internationale markt. Dit bood perspectieven, maar om in aanmerking te komen voor een eventuele Amerikaanse levering diende wel eerst een heroriëntering van het Nederlandse beleid plaats te vinden. Een centrale organisatie moest een samenwerking met de Amerikaanse AEC mogelijk te maken. Hiervoor werd het RCN opgericht. Het kwam erop neer dat de Noors-Nederlandse samenwerking langzaam ingevuld werd voor een Amerikaans-Nederlandse en dat de atomaire activiteiten in Nederland werden gecentraliseerd.⁵¹ RCN werd bekostigd door het ministerie van Economische Zaken en zou een rol kunnen vervullen als een soort AEC van Nederland: een verzamelplaats van alles wat met atomaire zaken te maken had. Het ultracentrifugeproject hoorde hier thuis en RCN was het daarmee eens. Op 7 november 1955 benaderde RCN-directeur Milatz de Wetenschappelijke Adviesraad (WAR) van RCN, die op 9 december een gunstig advies uitbracht om het ultracentrifugeproject te gaan bekostigen.⁵² Milatz nam voor het jaar 1956 een ton op in de begroting. Deze begroting werd op 6 januari door de vergadering van curatoren van RCN goedgekeurd, waarmee een eerste financiering van het project geregeld was. Om deze kluwen van contacten in het vervolg iets doorzichtiger te maken, werden er plannen gemaakt voor een officiële overeenkomst tussen FOM en RCN. Kistemaker werd geacht financieel verantwoording af te leggen aan Beekman van FOM, die vervolgens contact opnam met RCN. Slechts zelden nam Kistemaker zelf contact op met RCN. Wel werd van Kistemaker verwacht dat hij periodiek aan RCN verslag deed van de voortgang van de experimenten.⁵³

In de eerste maanden van 1956 maakte RCN, boven op de toegezegde ton, 5000 gulden vrij voor aankoop van de Amerikaanse elektromotor.⁵⁴ Desondanks maakte Kistemaker duidelijk dat de begroting wellicht toch te krap was, afhankelijk van 'verschillende tegenvallers'.⁵⁵ Als bijvoorbeeld een van de cilinders door de grote snelheden zou exploderen waren de financiële consequenties slecht te overzien. Ofschoon Kistemaker wel vermoedde rond te kunnen komen van de door hem aangevraagde 130.000 gulden (waar dus slechts een ton van was goedgekeurd), 'mag niemand hierop rekenen. Dit bedrag was een eerste orde benadering en wij dienen middelen te hebben om, wanneer dit bedrag uitgeput is, door te zetten,' schreef Kistemaker.⁵⁶ FOM zette de eerste stap, door RCN in februari officieel te verzoeken toch 130.000 gulden beschikbaar te stellen voor het jaar 1956.⁵⁷

Niet alleen werden er plannen gesmeed voor een officieel contract tussen RCN en FOM, ook was er officieel overleg met Werkspoor. Zowel RCN als FOM wilde afspraken maken met de Amsterdamse machinebouwers. Werkspoor was bereid een opdracht van RCN aan te nemen, waarbij rekening moest worden gehouden dat Werkspoor al zeker 20.000 gulden in het project had gestoken. De vraag of centrifuges nu wel of niet tot het gebied van de kernenergie behoorden zorgde voor wat discussie, omdat RCN recht meende te hebben op kernenergetische octrooien. Werkspoor vond van niet en wilde daarom zijn exclusieve licenties niet aan RCN afstaan. Uiteindelijk vonden Werkspoor en RCN elkaar door af te spreken dat de octrooien wel door RCN ingediend gingen worden, maar dat Werkspoor de royalty's voor de door hen ontwikkelde knowhow mocht ontvangen.⁵⁸

Ook op een ander vlak vond er een belangrijke ontwikkeling plaats. Kistemaker werd hoogleraar aan de Leidse universiteit. Deze aanstelling had hij vooral te danken aan Adriaan Fokker, die sinds 1928 een bijzondere leerstoel in de natuurkunde bekleedde. Als Teylers-hoogleraar, speciaal opgezet door Teylers Stichting om Fokker tot opvolger van Hendrik Antoon Lorentz te benoemen, was hij verantwoordelijk voor de collectie natuurkundige apparaten van Teylers Museum in Haarlem, het zogenoemde fysisch

kabinet. Ook gaf de hoogleraar één keer in de week een college natuurkunde in Leiden. In 1954 werd het voor Fokker, 68 jaar oud, tijd om zijn hoogleraarschap en werk voor Teylers neer te leggen. Hij stelde voor om als opvolger iemand te kiezen die wel een goed natuurkundige was, ‘maar wiens specialisme in de natuurkunde nimmer zal kunnen leiden tot een professoraat en die dus genoegen zou kunnen nemen met een relatief geringe vergoeding’.⁵⁹ Het salaris zou neerkomen op 1500 gulden per jaar. In maart 1955 stelde Fokker twee fysici voor: Hendrik den Hartog, lector natuurkunde aan de UvA en Jaap Kistemaker. Over Kistemaker schreef hij: ‘Kistemaker is een beweeglijk figuur, die veel eigen ideeën heeft, maar niet eigenwijs is, zodat hij, door discussie met anderen de goede weet te behouden en de verkeerde laat varen. Hij is met zijn laboratorium in de opgang van zijn loopbaan.’⁶⁰ Fokker besloot in Leiden, bij Cornelis Gorter, navraag te doen wie van de twee geschikter was.⁶¹ Gorter was duidelijk: Kistemaker komt het meest in aanmerking.⁶²

Helemaal zonder slag of stoot ging het niet. Uit de notulen van de vergadering van Directeuren van Teylers Stichting bleek: ‘De brief bevat echter zo veel vage aanduidingen (“onder de huidige omstandigheden” “wellicht geen blijvende oplossing” “te zijner tijd wellicht ook andere kandidaten”) dat Directeuren het raadzaam oordelen hierover eerst nog eens Prof. Fokker te raadplegen.’⁶³ En uit de brief van Directeuren aan Fokker: ‘Zou de bedoeling zijn – vroegen wij ons af – reeds nu aan te duiden, dat Dr. Kistemaker wellicht in de naaste toekomst in aanmerking komt voor gewoon of buitengewoon hoogleraar? Zou dat inderdaad het geval zijn, dan hangt het er maar van af, of dit tijdstip al of niet dichtbij ligt; in het eerste geval zouden wij Dr. Kistemaker misschien beter niet kunnen benoemen, omdat wij dan binnenkort wéér voor een benoeming zouden komen te staan.’⁶⁴ Fokker echter, achtte het niet waarschijnlijk dat Kistemaker snel een gewoon of bijzonder hoogleraarschap zou krijgen.⁶⁵

In augustus namen de Haarlemse Directeuren contact op met Kistemaker, die ‘zeer ingenomen is met het voornemen van directeuren en een benoeming gaarne zal aanvaarden, mits het bestuur van de Stichting FOM [...] daartegen geen bezwaar heeft’.⁶⁶ Dat was

niet het geval en Kistemaker volgde Fokker per 1 oktober 1955 op. 'Beste Kistemaker, Jacob,' schreef Fokker hem. 'Vandaag volg jij me op in de bijzondere leerstoel. Ik hoop dat je daarvan veel plezier zult beleven, dat het je een ontplooiingsmogelijkheid biedt, dat je leven zal verrijken, dat het je in aanraking zal brengen met een aantal knappe mensen, onder wie je nieuwe vrienden zult vinden, allemaal positief goede dingen, wel waard je energie te activeren.'⁶⁷ Als opvolger van Lorentz had Fokker een groot deel van zijn leven doorgebracht op het laboratorium van Teylers Museum, waar hij proeven kon doen met de collectie wetenschappelijke apparaten van de stichting. Fokker viel het afscheid van het Haarlemse museum zwaar. Het laboratorium stond nu namelijk op het punt om door Directeuren ontmanteld te worden.

Kistemaker mocht het vuile werk opknappen en deed dat snel en doortastend, maar ook enigszins roekeloos. Met een bestelauto transporteerde hij het volledig instrumentarium van het laboratorium naar de Hoogte Kadijk, alwaar hij aan alle objecten een prijskaartje hing. In november organiseerde hij vervolgens een veiling waarmee hij de gehele inboedel verkocht en 3000 gulden ophaalde voor Teylers Stichting.⁶⁸ Aan Fokker schreef Kistemaker de dag na diens afscheidscollege: 'Eén ding zou ik nog willen opmerken, neem het niet te tragisch. De periode, die achter je ligt, is zeer vruchtbaar geweest. Je bent een geacht en nuttig mens naar de mening van de doorsnee Nederlandse physicus. [...] Ik zeg je dit, omdat ik zelf als experimentator mij zo goed kan voorstellen wat de ondergang van het laboratorium voor jou betekent. Mijn oprechte mening is evenwel, dat spijt over een dergelijke liquidatie onjuist is. Het enige wat naar mijn mening meetelt is, wat er als vrucht van je werk in de geesten is blijven hangen in de vorm van publicaties en persoonlijke vriendschappen. [...] Naar mijn mening zijn instrumenten slechts onbelangrijke materiële hulpmiddelen, die voorbestemd zijn om snel te verouderen en dan zonder veel scrupules te worden geliquideerd. Elk instrument, dat niet meer dient voor de snelste en meest effectieve wijze van vooruitgang in het natuurkundig onderzoek, heeft zijn tijd overleefd. Hier is niets dramatisch aan. Dit betekent alleen, dat wij in een hoogst interessante tijd leven, waarin vooruit-

gang in de experimentele techniek blijkbaar zo snel plaats heeft. De elektronica is hiervan een typisch voorbeeld. Een oscillograaf die 8 jaar geleden gekocht is, is op het ogenblik vrijwel niets meer waard wegens veroudering.⁷⁶⁹ Fokker antwoordde hem: 'Neen, treuren doe ik niet meer. Dat deed ik 2 jaar geleden, toen het laboratorium werd afgeknepen. Maar eergisteren was eerder de ontspanning, dat nu werkelijk ik mij niet meer hoeft te bekommeren.'⁷⁷⁰ En later: 'Jonge, jonge, Jacob! Dat is me nog eens aanpakken! Prachtige opzet, die veiling!'⁷⁷¹

Wel bleek dat Kistemaker per ongeluk een zeer bijzondere barometer, een museumstuk, had verkocht aan de Geologische Dienst, 'iets wat wij geen van beiden in die enorme rommel ons gerealiseerd hebben. Als ik mij wel herinner, heeft U hem voor f. 2,50 gekocht. Namens Teyler zou ik hem gaarne weer voor hetzelfde bedrag terugkopen. Ik moet dit pronkstuk in het museum ophangen.'⁷⁷² Dit was uiteraard geen probleem. Ook vijf jaar later beseft Kistemaker, in een brief aan Directeuren, dat 'wij toen met de opruiming te voorbarig zijn geweest. Dit is gedeeltelijk mijn eigen schuld, doordat ik geen museum ervaring had. Niettemin geloof ik toch, dat het destijds moeilijk anders gekund had, daar het leegmaken en ontruimen van de gehele afdeling van Prof. Fokker toen alleen maar rigoureuus kon gebeuren, gelet op de beschikbare tijd en het beschikbare aantal mensen.'⁷⁷³ Op 27 januari 1956 hield Kistemaker zijn oratie aan de Leidse universiteit. Zijn rede droeg de titel *De veelvuldigheid der atoomkernen*. Elke maandagochtend gaf hij in Leiden college en een paar keer per jaar controleerde hij het fysisch kabinet. Vanaf nu had hij promotierecht. Zijn eerste promovendus was Frits de Heer, op een proefschrift over elektronenvangst.⁷⁷⁴

4 UF6 en een nieuw onderkomen

Op het laboratorium in Amsterdam waren er vanaf het prille begin van het project problemen met de sterkte van het staal van de centrifuges. 'Dit was ook bekend uit Hamburg,' schreef Werkspoor-medewerker J. Wind in een uitvoerig rapport en 'daarom werd er

gezocht naar een oplossing, bijvoorbeeld door met versterkte plastics te werken (glasvezels).⁷⁵ Heymann werd in de lente van 1956 speciaal voor zulk onderzoek naar Birmingham gestuurd. Niet alleen om sterke materialen te vinden, maar specifiek voor onderzoek naar materialen die bestand waren tegen het bijtende en giftige uraniumgas UF₆. Heymann was in maart twee weken te gast op het organisch-chemische laboratorium van de hoogleraar M. Stacey. Een van de werkgroepen deed onderzoek naar organische fluorverbindingen. Dit zogenaamde 'F-team' had de beschikking over een bijzonder fluorlaboratorium. Heymann ging speciaal voor dit laboratorium naar Birmingham. Van Wind had hij vóór vertrek een aantal polyester proefstaafjes meegekregen met de opdracht deze te testen in het agressieve fluorgas. Het polyester bleek redelijk bestand tegen het gas, maar er traden ook problematische chemische reacties op die zelfs tot ontvlaming van de staafjes konden leiden.⁷⁶

Voor Heymann was de achterliggende vraag niet alleen hoe polyester, maar vooral ook hoe metalen zich in het UF₆ zouden gedragen. 'UF₆ is in sommige gevallen nog agressiever dan fluorgas,' schreef hij, 'omdat het reageert onder afgifte van atomic fluor [F₂] en vorming van de groene vaste binding UF₄.' Materialen die goed tegen fluorgas bestand waren, konden daarom desondanks flink aangetast worden door UF₆. Bijkomend probleem was dat het groenige resultaat UF₄ een poederachtig spul was, dat snel tot verstoppingen kon leiden. Ook bij Groth in Bonn was dit een probleem.

Heymann leerde veel van het onderzoek naar materialen in fluorgas. Staal bleek bijvoorbeeld slecht tegen het agressieve gas te kunnen, maar nikkel, monel en koper al beter. Ook verschillende glassoorten waren zonder bezwaar te gebruiken, mits ze 'zorgvuldig gereinigd en gedroogd' waren. Ook maar de kleinste vervuiling kon voor waterstoffluoride zorgen, dat een heftig corrosieve uitwerking op het glas had. Ook het werken met hoogpolymeer Teflon moest voorzichtig gebeuren, want 'ofschoon de weerstand van Teflon tegen UF₆ goed te noemen is, is dit systeem niet stabiel en kan Teflon branden in UF₆'. Daarnaast waren de meeste soldeer-materialen slecht bestand tegen fluor. In het Engelse lab gebruikte

men daarom altijd 'Easyflow-hoogsmeltende zilversoldeer'. Allemaal zaken om in Amsterdam rekening mee te houden bij het ontwikkelen van centrifuges.⁷⁷

In het Amsterdamse laboratorium werd bij de eerste proeven met gas in de centrifuges xenongas gebruikt, in navolging van de proeven van Hertz in Hamburg. Het gas kwam van de Nederlandse Maatschappij voor Stikstof- en Zuurstofbereiding in Rotterdam. Voor honderd liter moest Kistemaker 3500 gulden neerleggen.⁷⁸ Minder eenvoudig was het om een leverancier voor UF₆ te vinden. In Nederland was het niet te krijgen, dus richtte Kistemaker zijn pijlen op de Engelsen en de Fransen. Toen Kistemaker bij Heymann in Birmingham navraag deed waar Stacey zijn UF₆ vandaan had, meldde Heymann dat ze in Birmingham een cilinder met UF₆-gas hadden staan, maar, 'niemand durft hem open te maken...'⁷⁹ Twee dagen later bleek dit bericht echter een vergissing te zijn, 'de cilinder is namelijk leeg'.⁸⁰

Voor Kistemaker zou 25 liter natuurlijk uraniumgas (met 0,7 procent U-235) in eerste instantie voldoende moeten zijn. Via Milatz kwam Kistemaker in contact met Sir John Cockcroft van de UKAEC in Harwell. Cockcroft had genoeg UF₆ 'available'. De order moest door de Industrial Group van UKAEC worden afgehandeld.⁸¹ Daarna stakte de correspondentie. Daarom informeerde Kistemaker bij Heymann in Birmingham of hij er niet achter kon komen wie in het Verenigd Koninkrijk UF₆ produceerde. Met een waarschuwing: 'Let er op, dat je die Engelsen niet al te wijs maakt, in geen geval mag je spreken over opstellingen en technologische details van cylinders.'⁸² Naast dat Heymann zich afvroeg waarom 'er toch geen fluor-labs in het Zuiden van Frankrijk' waren ('Het is weer eens afschuwelijk koud, zelfs hier op het lab, waar de thermostaat tien graden C aanwijst.'), verzuchtte hij ook dat het zich wederom wreekte dat er in Nederland geen 'Atoomenergie Commissie' was.⁸³ Zijn Britse begeleider Stacey had namelijk als antwoord uit Harwell gekregen dat alles via de officiële weg geregeld moest worden.

Eind maart vervolgde Kistemaker zijn zoektocht naar UF₆ in Engeland.⁸⁴ De contactpersoon van Kistemaker in Harwell was een

zekere P.C. Thonemann, maar die kon Kistemaker niet helpen en stuurde het verzoek door aan Mr. J.F. Jackson van de 'Scientific Administration'. Thonemann verwachtte weinig van het verzoek. 'The properties of UF₆ are still classified and unless you are able to make special arrangements through your Atomic Energy Commission I cannot see how you could get the UF₆.'⁸⁵ Kistemaker nam daarom ook contact op met de Duitse firma I.G. Farben in Leverkusen, die ook UF₆ kon leveren als Kistemaker zelf voor het uranium zorgde.⁸⁶ Een paar weken later deelde Thonemann echter aan Kistemaker mee dat UF₆ wel degelijk beschikbaar was.⁸⁷ De prijs was vergelijkbaar met de Duitse kostprijs, maar Kistemaker gaf de voorkeur aan de Britse fabrikant omdat de Britten veel meer ervaring hadden op het gebied van UF₆. In mei waren de afspraken met het Industrial Headquarters rond en kocht het Amsterdamse laboratorium 25 kilo UF₆, geleverd in twee containers mét handleiding. Kosten: 500 pond. 'De prijs is niet gek, vooral als zij er een handleiding voor UF₆ behandeling bij geven.'⁸⁸ Halverwege september kwamen de cilinders aan in Amsterdam.⁸⁹

Omdat het werken met UF₆ speciale eisen aan het laboratorium stelde en het project in de eerste maanden van 1956 flink op stoom kwam, begonnen de Amsterdamse wetenschappers na te denken over uitbreiding van het laboratorium. De grote hal van de elektriciteitscentrale aan de Hoogte Kadijk was te klein geworden. Een mogelijke oplossing zou de kelderruimte van vijf bij acht meter onder het laboratorium kunnen zijn.⁹⁰ Het Gemeente-Energiebedrijf, eigenaar van het pand, kampte echter zelf ook met ruimtegebrek. Van uitbreiding van Kistemakers lab was het bedrijf niet gediend. In een woedende brief viel directeur L. Vos tegen Kistemaker uit: 'Nimmer hadden wij kunnen vermoeden dat Uw inwoning voor het scheiden van isotopen zou leiden tot een nimmer eindigende reeks van wensen met betrekking tot uitbreiding van de aan U ter beschikking gestelde ruimte.'⁹¹ Toen Vos als klap op de vuurpijl vernam dat Kistemaker van plan was om 'de met zwaar beton en metselwerk omgeven ruimte [te] gebruiken voor het opslaan van chemicaliën met een explosief karakter', namelijk UF₆ en fluorgas, was de maat helemaal vol. 'Wij verzoeken U daarom uit te zien naar

een andere ruimte waarin U geheel zelfstandig zult kunnen handelen.⁹² Kistemaker vatte de woorden van Vos beknopt samen: 'Wij willen jullie kwijt.'⁹³

Het plan om het fluorlab in de kelder te plaatsen was hiermee van de baan. Ze moesten daar 'dan maar wat van de chemie' onderbrengen. In het chemische laboratorium boven in de hal kwam daardoor ruimte vrij voor experimenten met UF₆.⁹⁴ Dat nam niet weg dat volgens Kistemaker de kantoorruimte, de glasblazerij en de kantine 'zeer onvoldoende' waren, 'maar dat zullen wij voor de duur van drie jaren waarschijnlijk voor lief moeten nemen'.⁹⁵ De inschatting van drie jaar was gebaseerd op gesprekken die hij voerde met verschillende mensen van de gemeente, op zoek naar een geschikte locatie voor een gloednieuw laboratorium. Er was een aantal mogelijkheden. Zo was Philips-Roxane van plan om zich op het Hembrugterrein in Amsterdam-Noord te gaan vestigen en kon het laboratorium zich daar wellicht bij voegen. Ook kwam er vlak bij de grote nieuwe energiecentrale Hemweg een onderheid stuk land gereed. Een andere mogelijkheid was om naar Osdorp te verhuizen, maar dat land moest nog opgehoogd worden, wat voor een paar jaar vertraging zou zorgen. Ook in Oost, bij station Amstel en ten zuiden van de Ringdijk, waren nog stukken land beschikbaar. Kistemaker zelf had de voorkeur om naar het Westelijk Havengebied te verhuizen, omdat de mogelijkheden daar beter aansloten bij zijn ambities voor het lab: onderzoek naar kernenergie, zowel met uranium als met plutonium en eventueel werk aan fusieonderzoek.⁹⁶ Door de nabijheid van de Hembrugcentrale zou hij zowel toegang hebben tot koelwater voor een eventuele reactor als mogelijkheden om 'waste products' via een pijplijn langs het Noordzeekanaal in zee te spuiten.⁹⁷

Een architect van architectenbureau Merkelbach & Elling schatte de kosten voor een laboratorium met een vloeroppervlak van honderd bij vijftien meter, plus kelderverdieping en eerste verdieping, inclusief 'twee zwaar onderheide 100-tons pijlers' en 'verwarming, air conditioning en vloerbedekking' in op ongeveer 2,5 miljoen gulden.⁹⁸ De prognose van Kistemaker dat het nog wel drie jaar zou gaan duren voordat er verhuisd kon worden, bleek later te kloppen.

Pas in 1960 zou het laboratorium naar een nieuw gebouw aan de Kruislaan in Amsterdam-Oost verhuizen.

5 Een problematische relatie

In april 1956 kreeg het contract tussen RCN en FOM vorm. Secretaris-generaal van het bestuur van RCN, Willem Reyseger, nam hierin het voortouw. De opzet was als volgt. RCN gaf FOM opdracht om het centrifugeonderzoek uit te voeren. Hierbij zou FOM ook de bekostiging van alles wat bij Werkspoor gebeurde afhandelen, zodat RCN maar één geldstroom onderhield. Wel zou RCN met Werkspoor een apart contract opstellen over de beveiliging van de technologie en de licenties die bij de octrooien gemoeid waren. Zo ontstond er een driehoeksverhouding, met afspraken tussen alle drie de partijen.⁹⁹ In november 1956 werden de verschillende contracten getekend, maar er ging nog flink wat discussie aan vooraf.

FOM en Werkspoor maakten afspraken over de octrooien, die gezamenlijk ingediend zouden worden. In de zomer lagen de eerste twee octrooien klaar. In eerste instantie wilde Werkspoor deze patenten alleen onder hun naam indienen, maar Kistemaker maakte hier bezwaar tegen, aangezien 'het halve werk door ons en de andere helft door Werkspoor is gedaan'. Veldhuyzen van Werkspoor was enigszins 'huiverig' dat er door 'de gecompliceerdheid van Raden van Bestuur' van FOM moeilijkheden zouden ontstaan met de gecombineerde aanvragen.¹⁰⁰ Beekman stelde Veldhuyzen vervolgens gerust: Werkspoor kreeg de exclusieve licenties, alleen het indienen gebeurde vanuit beide instanties.¹⁰¹

RCN was statutair verplicht om een aantal maatregelen tot beveiliging en geheimhouding bij de opdracht aan FOM voor te schrijven.¹⁰² De belangrijkste maatregel was dat de opdracht als 'vertrouwelijk' geclassificeerd werd. Hierdoor moesten bepaalde gedeelten van de werkvloer extra worden beveiligd. In eerste instantie ging het alleen om de kelderruimte waar de centrifuges stonden. Kistemaker, als leider van het project, mocht bepalen welke documenten als vertrouwelijk gerubriceerd werden. Voor vertrouwelijke

documenten werd voorgeschreven dat ze in zo klein mogelijke oplagen gemaakt moesten worden en dat Kistemaker moest weten op welke plekken deze stukken zich bevonden. Op de envelop waarin deze stukken werden verstuurd mocht juist niet het woord 'vertrouwelijk' staan.¹⁰³ Daarnaast was het nodig dat alle medewerkers 'ingewijden', zoals dit werd genoemd, waren. Het personeel mocht geen informatie doorspelen aan 'niet-ingewijden', behalve als naam en adres van deze personen vóóraf aan RCN werden doorgegeven zodat er een 'betrouwbaarheidsonderzoek' kon worden gedaan. Bovendien moest Kistemaker deze niet-ingewijden een geheimhoudingsverklaring laten tekenen.¹⁰⁴

Over dit laatste ontstond getouwtrek. Kistemaker vond deze regeling veel te strikt en wilde een clausule opnemen in het contract waarmee hem de vrijheid werd verleend om ook met bepaalde niet-ingewijden van gedachten te kunnen wisselen.¹⁰⁵ Volgens RCN echter mocht 'het vertrouwelijke karakter van de opdracht niet op losse schroeven [...] komen te rusten', en konden ze daarom de clausule niet in het contract opnemen.¹⁰⁶ Kistemaker kon dit op zijn beurt niet aanvaarden. Aan Beekman schreef hij: 'Deze redactie is stringent uitvoerbaar wanneer men in een centrum zit, zoals Harwell, Saclay of een ander groot centrum, waar men voldoende ingewijden heeft achter prikkeldraad, opdat de gedachtewisseling nog vruchtbaar kan zijn.' Het Nederlandse project was daar veel te klein voor. 'Creatief denken, wetenschappelijk zowel als technisch, is zonder de nodige vrijheid niet mogelijk. [...] Wanneer wij voor een bespreking in Eindhoven zijn en in de loop van de bespreking blijkt, dat Mijnheer x ons helpen kan, mits wij hem b.v. het kogel-lagerprobleem uitleggen bij wijze van spreken, dan ben ik zelf de enige man, die beoordelen kan of dit verantwoord en noodzakelijk is.'¹⁰⁷ Uiteindelijk ging RCN toch met de toevoeging akkoord, onder de uitdrukkelijke voorwaarde dat als Kistemaker van deze regeling gebruik had gemaakt, hij naam, adres en functie van diegene aan RCN door zou geven.¹⁰⁸ Kistemaker ging ook akkoord, maar schoof, met een laatste sneer, niet onder stoelen of banken dat hij de afspraak belachelijk vond: 'Het is evenwel volkomen duidelijk dat ik onmogelijk van elke kleinigheid, die een instrumentmaker, glasbla-

zer, elektriciën of iets dergelijks betreft en welke personen voortdurend gekend zouden moeten worden in de werkzaamheden, het RCN op de hoogte kan brengen.’ Bovendien was er ‘slechts één secretaresse op 40 personen’, die geen tijd had al die briefjes te schrijven.¹⁰⁹

Reeds op het moment dat de vier belangrijkste medewerkers van het project in opdracht van RCN door de veiligheidsdienst gescreend werden, pleitte Kistemaker voor een lossere omgang met de veiligheidsregels. Er moesten uitgebreide ‘staten van inlichtingen’ worden ingevuld, die veel verder gingen dan wat eerder voor FOM opgegeven moest worden. Kistemaker reageerde fel: ‘Ik weiger nu pertinent hier nog langer tijd aan te verknoeien. Deze staten dragen in alle opzichten de kenmerken van inlichtingen op de manier zoals de Amerikaanse Inlichtingen Dienst deze pleegt te trekken. Met dit soort formulieren heeft men een paar jaar geleden kans gezien de helft van de staf van de University of California, Berkeley, Cal. te ontslaan, eenvoudig omdat mensen van goede eer en geweten, zijnde hoogleraren van genoemde universiteit, weigerden aan dit spel mee te doen.’ En als klapper: ‘Of wij stoppen met het hele project, of het RCN resp. de Veiligheidsdienst realiseer zich dat men hier te maken heeft met een FOM instelling.’¹¹⁰ De staten werden door Kistemaker desondanks netjes ingezonden.

De problematische relatie tussen Kistemaker en RCN werd mede gevormd door uitgebreide discussies over de begroting van het project. RCN bleek in april niet gevoelig voor het verzoek van Beekman om de begroting voor 1956 met 30.000 gulden te verhogen tot 130.000 gulden. Wel was RCN bereid de machines die Werkspoor bouwde ten behoeve van het onderzoek over te kopen en betaalde ze een verbouwing van de kelderruimte (wat ging om een bedrag van f. 15.000,-).¹¹¹ Daarnaast was RCN van plan een aantal wetenschappers en ingenieurs in dienst te nemen, om die vervolgens bij het centrifugeproject te detacheren.¹¹² De eerste van deze groep was Tom Babeliowsky, die vanaf mei op het lab kwam werken.¹¹³ Joop Los, die in 1954 als briljante 31-jarige student uit Leiden op het laboratorium was komen werken, ontving in eerste instantie een studietoelage van Casimir.¹¹⁴ Nadat Los in 1956 zijn doctoraal-

examen haalde, bleef hij op aanraden van Kistemaker werken aan ultracentrifuges op het laboratorium. Ook hij werd door RCN aangesteld. Kistemaker hoopte dat hieruit later een promotieonderzoek voort zou komen.

In de zomer van 1956 stelde het bestuur van RCN toch nog de 30.000 gulden extra ter beschikking, maar, ondanks herhaaldelijk verzoek van Kistemaker, niet meer dan dat. Meer mogelijkheden bood de begroting van RCN eenvoudigweg niet, was het argument.¹¹⁵ Desondanks werd Kistemaker vanuit verschillende kanten gesterkt in zijn opvatting niet te buigen voor RCN. Hoogleraar E.F. Boon van de faculteit Werktuigbouwkunde in Delft, die Kistemaker al geruime tijd op technisch vlak hielp, geloofde 'niet in begrotingen van een paar honderd duizend voor een project dat zo snel mogelijk af moet lopen'. Hij zei: 'Indien het project belangrijk is, moeten er meer mensen in de technische ontwikkeling gestopt worden.'¹¹⁶ Boon raadde Kistemaker aan contact op te nemen met 'begrotings-specialist' I.R. Vlugter, 'een zeer deskundig man in algemene zaken zoals bedrijfsorganisatie en begrotingstechniek'.¹¹⁷ Vlugter gaf Kistemaker verschillende 'nuttige hints' om tot een goede bedrijfsvoering te komen en bevestigde 'de juistheid van de gevolgde politiek'. Hij wees ook op de noodzakelijkheid om per drie of zes maanden de begrotingsbedragen volkomen te kunnen wijzigen, om zo armslag en snelheid in het project te kunnen houden, iets wat Kistemaker volledig onderschreef.¹¹⁸

Het gezeur om geld zou de komende periode niet afnemen en werd in de herfstmaanden van 1956 een kwestie van vertrouwen: als RCN net als Kistemaker toekomst in het project zag, zou het financiële middelen beschikbaar stellen en wendbaar handelen. In september merkte Kistemaker dat Werkspoor 'korzelig' begon te worden over de slechte betaling van de rekeningen. Hij meldde aan RCN dat 'politieke zaken te allen tijde gescheiden moeten blijven van het praktische werk'. En juist dit praktische werk begon nu volgens Kistemaker moreel te lijden onder de houding van RCN, die met 'deze trage manier van zaken doen [...] zijn goodwill verspeelt. Als goed Nederlander kan ik U niet zeggen hoezeer mij dit spijt.'¹¹⁹

Ondertussen werd Boon een 'hoge Piet' bij RCN, aldus Kistema-

ker, die hoopte dat daarmee 'een heel andere wind in het RCN' zou komen.¹²⁰ In december schreef Boon voor RCN een belangrijke nota over het centrifugeproject. Hij legde bloot waar het al de hele tijd om draaide, namelijk dat de prioriteit van het project voor RCN eigenlijk bijzonder laag was: 'Immers wij [van RCN] verwachten dat verrijkt uraan of niet nodig zal zijn voor onze eerste energiereactoren of, indien het tegendeel mocht blijken, in het buitenland kan worden gekocht.'¹²¹ Waarom moest er dan veel geld geïnvesteerd worden in een project terwijl het nog helemaal niet duidelijk was of Nederland wel verrijkt uraan nodig had? Anderzijds was dezelfde nota ook een vurig pleidooi voor een versnelde voortzetting van het project. Recent was er interesse voor het project ontstaan vanuit Euratom, het Europese verbond voor kernenergie. In het volgende hoofdstuk zal dit uitgebreid naar voren komen. Boon merkte in zijn nota op dat door middel van het ultracentrifugeproject de Nederlandse positie ten opzichte van andere Europese landen kon worden versterkt, mits het slim werd gespeeld. Hiervoor was een versnelde voortzetting van het project cruciaal. Daarnaast was Boon positief over het niveau van het werk. De medewerkers waren 'van goed niveau, enthousiast, maar onervaren'. Als voordeel van de onervarenheid noemde hij 'een frisheid van aanpak, niet geremd door vroegere teleurstellingen'.¹²² Deze onervarenheid kon volgens Boon opgevangen worden door bijvoorbeeld een adviesraad in het leven te roepen. Zijn algehele conclusie was beknopt: 'Op korte termijn financiering verstrekken.'¹²³

Kistemaker en Beekman gingen hierin mee. Hadden ze eerder nog voor het jaar 1957 een begroting ingediend van 200.000 gulden, met deze versnelling was het nodig het bedrag te verhogen tot 350.000 gulden. Daarnaast verzocht Beekman aan RCN om een aantal nieuwe krachten in dienst te nemen: een fysisch technoloog, een chemisch technoloog, een elektrotechnicus (dat kon een mts'er zijn) en een bankwerker-instrumentmaker.¹²⁴ De meeste van de jonge ingenieurs werden vanuit Delft aangetrokken. Het contact met onder andere de hoogleraar Boon zorgde voor het ontstaan van wat Kistemaker later 'een kennisbrug met de Afdelingen Werktuigbouw en technologie' noemde.¹²⁵ Boon kwam bijvoorbeeld met een vijfde-

jaars chemicus-technoloog op de proppen, Fridtjof Kelling. Hij werd bij RCN aangesteld en voor het project gedetacheerd.¹²⁶ De vijfdejaarsstudent H.W. Baron kwam via de hoogleraar H. Blok uit Delft bij Werkspoor terecht.¹²⁷ Maar RCN wilde verder niet veel toezeggingen doen. Welk bedrag er voor 1957 beschikbaar kwam bleef lang onduidelijk, maar het leek te blijven steken op 2 ton. Kistemaker ergerde zich aan de trage besluitvorming: 'Het lijkt ons hier evenwel nogal vreemd om aan de mensen, die met de uitvoering van het project belast zijn, nog slechts een halfjaar op te leggen en dan rustig een maand te gaan wachten tot op 17 december weer eens een bestuursvergadering van het RCN bijeenkomt. Dit is een onverantwoordelijke wijze van werken en ik heb Reyseger hier zaterdagmorgen ook op gewezen.'¹²⁸ Voor Kistemaker gaf dat echter geen aanleiding om langzamer te gaan werken. Hij verwachtte dat RCN later in het jaar meer geld ter beschikking zou stellen. Bovendien schreef hij aan Milatz: 'Indien de middelen halverwege 1957 uitgeput zijn, dan heb ik hiervoor gewaarschuwd.'¹²⁹

Het idee van Boon om een adviesraad voor het project in het leven te roepen vond bijval, vooral binnen FOM-kringen. De Amsterdamse hoogleraar J.A.A. Ketelaar, die het stokje als voorzitter van de commissie Werkgemeenschap Massascheiding en Massaspectrometrie van de FOM had overgenomen van Bakker, reageerde eind december positief op het idee: 'Weliswaar zijn in de Commissie voor de Werkgemeenschap Massascheiding FOM, tezamen met de ingenieurs en adviseurs van Werkspoor, de verschillende aspecten van dit onderzoek vertegenwoordigd, doch deze commissie is te groot van omvang om veelvuldig bijeen te komen en aldus een voldoende nauw contact te houden met het werk, dat bij Prof. Kistemaker en bij Werkspoor geschiedt.'¹³⁰ Een kleine adviescommissie, als subcommissie van de FOM-commissie, zou wat hem betreft het beste zijn. Ketelaar stelde zich als voorzitter beschikbaar en benaderde Blok om zitting te nemen in de adviesraad omdat die met het idee was gekomen en bovendien veel wist over lageringen. De ingenieurs E.J. Diehl (expert op het gebied van gasturbines) en J.J. Koch (trillingen) werden ook gevraagd.¹³¹ Later kwamen ook R. Houwink en de Leidse hoogleraar K.W. Taconis in deze com-

missie. Kistemaker werd secretaris.¹³² In de zomer werd de adviesraad door RCN verzocht om een rapport over het project op te stellen, wat in hoofdstuk vijf aan de orde zal komen. De lente van 1957 was namelijk eerst nog het toneel van een tweetal belangrijke ontwikkelingen.

4 EEN EUROPEES SCHAAKSPEL ROND URANIUMVERRIJKING (1956-1957)

1 Euratom

De lente van 1957 was op verschillende vlakken vruchtbaar. Op 25 maart werd in Rome het verdrag tot oprichting van Euratom ondertekend. De regeringen van België, Nederland, Luxemburg, Italië, Frankrijk en de Bondsrepubliek Duitsland gaven hiermee aan zich gezamenlijk in te willen zetten voor een snelle groei van de West-Europese nucleaire industrie. In eerste instantie werd uraniumverrijking buiten dit Europese kader gehouden, maar wel werd onderzocht wat de mogelijkheden waren om een verrijkingsfabriek te gaan bouwen die de gehele Europese markt van verrijkt uranium zou kunnen voorzien. Het Nederlandse ultracentrifugeproject werd als alternatief voor een Franse diffusiefabriek naar voren geschoven en wist uiteindelijk de bouw van welke Europese fabriek dan ook te voorkomen. Daarnaast zette deze Europese episode de verhoudingen tussen Kistemaker als eigengereide uitvoerder van het project en RCN als opdrachtgever verder op scherp. Maar allereerst is het van belang iets dieper op de achtergrond van Euratom in te gaan.

De Atoms for Peace-politiek van Eisenhower uit 1955 had de internationale nucleaire markt opengebroken. Door de nieuwe regelgeving werden binnen Amerika door de Amerikaanse AEC licenties verleend voor het ontwikkelen en gebruiken van eerder geclassificeerde technologieën en materialen, zoals verrijkt uranium en plutonium. Tegelijkertijd werd aan andere landen de mogelijkheid geboden om een Amerikaanse reactor te importeren. RCN maakte hier in 1956 gebruik van door het belangrijkste gedeelte van de Hoge

Flux Reactor, die in de daaropvolgende jaren in Petten werd gebouwd, in de vs aan te schaffen. Hiermee werd de achterliggende wens van Atoms for Peace gerealiseerd: de nucleaire wereld transformeerde van een door geheimhouding gedictieerd monopolie van Amerika in een (in principe) toegankelijke industrie.¹ West-Europa vormde een belangrijke afzetmarkt voor de Amerikaanse export. Aangezien het om grote orders ging speelde een puur commercieel aspect zeker een rol. RCN sloot bijvoorbeeld in 1956 met de American Car and Foundry Industries Incorporated (ACF) een deal van 7,5 miljoen gulden voor de levering van een kernreactor voor RCN, de latere Hoge Flux Reactor.² Tegelijkertijd bood deze manier van zakendoen voor de vs ook de mogelijkheid om in de gaten te houden wat er op atomair vlak in West-Europa gebeurde. Het industriële of wetenschappelijke spionage noemen zou veel te ver gaan – andere landen wisten natuurlijk waar ze aan begonnen – maar het was voor de vs wel degelijk een manier om op de hoogte te blijven van wat er in Europa gebeurde en daar snel op te kunnen reageren.

Een in dit kader relevant voorbeeld van het gebruik van dergelijke ‘soft power’ was de uraniumprijs, die door de vs bewust erg laag werd gehouden. In de laatste maanden van 1956 verlaagden de Amerikanen hun prijs voor verrijkt uranium van 25 dollar per gram U-235 naar 16 dollar.³ Deze prijsverlaging was goed doordacht. De eerste reactoren die in Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk werden gebouwd maakten gebruik van natuurlijk, niet verrijkt, uranium, als brandstof. Een van de belangrijkste restproducten van een dergelijke reactor was plutonium, waarmee relatief eenvoudig een bom gemaakt kon worden.⁴ Door de prijs van verrijkt uranium omlaag te brengen poogde de vs de reactoren die verrijkt uranium als brandstof gebruikten te propageren.⁵ Immers, een belangrijke prioriteit van de vs was om de ontwikkeling van atoomwapens in andere landen tegen te gaan. Bovendien werd het hierdoor voor andere landen minder aantrekkelijk om een eigen verrijkingsprogramma op te zetten. Het verrijkt uranium kon goedkoop in de vs worden gekocht.

Mede vanwege deze argumenten ontstond er binnen West-Eu-

ropa een behoefte om nauwer samen te gaan werken. Het achterliggende idee was om gezamenlijk iets van tegenwicht te kunnen bieden tegen het Amerikaanse atoomgeweld. Algemene pogingen tot Europese samenwerking waren tot dan toe, met uitzondering van de Europese Gemeenschap van Kolen en Staal (EGKS), mislukt. Zo was het verdrag tot oprichting van de Europese Defensie Gemeenschap (EDG) er nooit gekomen omdat de Franse Assemblée het weigerde te ratificeren. Frankrijk wilde zelf kunnen beslissen over het al dan niet ontwikkelen van een atoombom.⁶ De vreedzamere toepassing van kernsplitsing, in de vorm van kernenergie, werd rond 1955 gezien als veel geschikter om samen aan te werken. Wellicht kon het fiasco van de EDG zelfs worden goedge maakt. Op de conferentie van Messina in juni 1955 werd door de zes EGKS-lidstaten (vaak kortweg De Zes genoemd) een commissie ingesteld die moest onderzoeken 'welke mogelijkheden er bestonden om tot verdere integratie te komen'.⁷ Europese samenwerking werd op twee vlakken in de steigers gezet: enerzijds door de vorming van de Europese Economische Gemeenschap (EEG) en daarnaast door de vorming van Euratom. In de lente van 1957 werden beide verdragen, de welbekende Verdragen van Rome, gesloten.

Het belangrijkste doel van Euratom was om voor een snelle groei van de industrie op het gebied van de kernenergie te zorgen. Wat Nederland betreft was de houding tegenover Euratom 'enigszins ambivalent'. Samenwerken binnen Euratom betekende dat kennis en informatie met alle lidstaten werd gedeeld. Dit multilaterale spoor werd door Nederland onderschreven, maar tegelijkertijd was het zaak om ook de mogelijkheden voor eventuele bilaterale afspraken open te houden.⁸ Deze ambivalente houding zal in dit hoofdstuk nog een aantal keer opduiken. Bilaterale samenwerkingen werden vooral gezocht met Duitsland en met de vs – de laatste uiteraard niet een van De Zes, maar wel een speler die op een vergelijkbare manier moest kiezen tussen multilaterale overeenkomsten met Euratom of bilaterale overeenkomsten met individuele landen. Ook voor de vs was dit een subtiel internationaal schaakspel. Amerika was een groot voorstander van de oprichting van Euratom, vooral

omdat het in de hoogtijdagen van de Koude Oorlog – ten tijde van de Hongaarse Opstand in 1956 en de lancering van de Spoetnik-raketten in 1957 – een stevige buffer kon bieden tegen de Sovjet-Unie.

Het centrifugeproject leek in eerste instantie weinig te maken te krijgen met Euratom. Verrijking van uranium werd aanvankelijk buiten het verdrag gehouden.⁹ Een belangrijke reden hiervoor was dat de Franse wens om hoogverrijkt uranium te produceren – bruikbaar voor kernwapens – aanvankelijk niet door de andere Europese landen werd gedeeld. Maar er speelde meer. Europese spanningen rond uraniumverrijking kwamen in de lente van 1957 tot een eerste climax.¹⁰

2 Een Brusselse club

Nog voordat Euratom werd opgericht, werd er een werkcommissie opgezet, een soort denktank, om het idee van een Europese fabriek voor uraniumverrijking te onderzoeken. Dit was een van drie kleine werkcommissies over onderwerpen die internationaal aandacht verdienden. Het bestuur van RCN was er als de kippen bij om Nederlandse wetenschappers in deze werkcommissie te krijgen, die leden had uit de zes lidstaten.¹¹ Begin januari 1956 kwam de Brusselse commissie voor het eerst bij elkaar. De Amsterdamse hoogleeraar en IKO-medewerker Aten werd de Nederlandse afgevaardigde. Voorzitter was de Fransman Bertrand Goldschmidt, een van de oprichters van het Franse Commissariat à l'Energie Atomique in 1945. Op de eerste officiële vergadering, 12 januari 1956, werden door Frankrijk en Duitsland verschillende voorstellen gedaan voor verrijkingsfabrieken. Geen van deze voorstellen kreeg echter direct steun van alle zes betrokken landen.¹² Na de vergadering vroeg Aten bij het RCN na in hoeverre de plannen van Kistemaker vertrouwelijk en geheim waren. Hij had bij de vergadering niets over het ultracentrifugeproject durven zeggen, maar had dat wel graag gewild. Het bestuur van RCN besloot, in samenspraak met de jurist H.F. Eschauzier van het ministerie van Economische Zaken, dat het geen probleem was om te zeggen dat men in Nederland met ul-

tracentrifuges bezig was, maar dat technische details achterwege moesten blijven.¹³

Tijdens de grote Europese conferentie in Venetië, mei 1956, werd vervolgens door de ministers van Buitenlandse Zaken van de betreffende landen besloten om deze Brusselse commissie meer slagkracht te geven door er een 'studiesyndicaat' (een soort werkgroep of onderzoekscommissie) van te maken. Doel van dit 'studie-syndicaat voor de bouw van de Europese fabriek voor de afscheiding van uraniumisotopen' was om 'door organisatie en coördinatie der onderzoeken, de bouw van de Europese fabriek en met name de plannen daarvoor, voor te bereiden tot op het tijdstip, waarop de werkzaamheden van het Syndicaat zullen worden overgedragen aan de organisatie welke uiteindelijk met de bouw van de fabriek zal worden belast'.¹⁴ Het ging dus om voorbereidende plannen voor een Europese verrijkingsfabriek. Op 18 september 1956 vond in Parijs een vergadering plaats. De Nederlandse delegatie bij dit syndicaat bestond naast Aten uit G.W. Bendien van het ministerie van Buitenlandse Zaken en P. Schierbeek van het ministerie van Economische Zaken.¹⁵

Binnen het syndicaat presenteerde de zeven man sterke Franse delegatie plannen voor een grote diffusiefabriek, te bouwen in Pierrelatte in het zuiden van Frankrijk.¹⁶ De andere leden van het syndicaat konden zich hier in eerste instantie goed in vinden: de Franse technologie was ver genoeg ontwikkeld om binnen afzienbare tijd een proeffabriek op poten te zetten. Alleen de Nederlandse delegatie plaatste vraagtekens bij dit plan. Wellicht kon de ultracentrifugetechniek een volwaardig alternatief bieden voor de Franse diffusiefabriek. Bovendien lag het in de lijn der verwachtingen dat er vanuit Euratom een flink bedrag beschikbaar zou zijn om een dergelijke fabriek te bekostigen. Wellicht kon een deel hiervan ten goede komen aan het centrifugeproject? Of zou er in Euratom-verband zelfs een grote ultracentrifugefabriek kunnen worden gebouwd, gebaseerd op de Nederlandse techniek? Over één nacht ijs gaan en snel beslissen dat Frankrijk de fabriek mocht bouwen was, volgens de Nederlandse delegatie, geen goed idee.¹⁷

Het idee dat Euratomgelden ook wel eens aan Nederland toe

zouden kunnen komen, kwam het eerst naar voren in Haagse kringen, waarschijnlijk uit de koker van Schierbeek of Bendien. In oktober 1956 werd Milatz vanuit Den Haag gevraagd om een rapport over het ultracentrifugeprocedé op te stellen en dat voor te leggen aan het syndicaat.¹⁸ Milatz stelde vervolgens voor om Kistemaker, Veldhuyzen en J.C. Gerbrandy van RCN in te schakelen om het rapport te schrijven. Het zou een stuk moeten worden voor een internationale groep lezers. Aangezien kennis over ultracentrifuges in andere landen zeer beperkt was, was het van groot belang goed te bedenken wat er wél en wat er niet in het rapport opgenomen mocht worden: 'Bij het bepalen van de gedeelten [van het rapport] die in dit stadium van het internationale overleg kunnen worden vrijgegeven, dient rekening gehouden te worden met de belangen van het bedrijfsleven. Enerzijds houdt dit in dat duidelijk naar voren komt, dat het hier een belangwekkend project betreft, doch anderzijds dat een ontijdige verspreiding van wetenschappelijke resultaten ongewenst is.'¹⁹

Een paar dagen na het verzoek van Milatz om een rapport op te stellen, belde Kistemaker met Groth in Bonn om te vragen of er ook Duitse plannen waren om de ultracentrifuge binnen het syndicaat naar voren te schuiven. Kistemaker kreeg een terughoudende man aan de lijn, zo rapporteerde hij aan Gerbrandy: 'Zijn antwoord was zeer weifelend in de geest van: "Wij voelen er niet veel voor onze gegevens aan een nog niet bestaand lichaam uit te leveren. Bovendien achten wij de tijd nog niet rijp voor concrete voorstellen over de centrifuges."²⁰ Volgens Groth was het nog veel te vroeg om aan massaproductie van centrifuges te denken. De Duitse centrifuges waren te duur en te ingewikkeld om op korte termijn in groten getale te produceren.²¹ Dit argument is interessant, vooral in het licht van het feit dat de Nederlandse centrifuges óók nog lang niet in massaproductie konden worden genomen. Het weerhield de Nederlandse wetenschappers er niet van om aan het syndicaat een bijzonder positief rapport te presenteren over de toekomst van deze technologie. Tijdens de tweede vergadering van het syndicaat, op 8 november 1956, werd het Nederlandse rapport behandeld. Aten gaf op de bijeenkomst een mondelinge toelichting waarbij hij onder meer inging

op de economische voordelen en het lage energieverbruik van een centrifugefabriek. 'De belangstelling bleek zo groot,' rapporteerde hij na afloop, 'dat vrijwel de gehele ochtendzitting eraan werd gewijd.'²²

Na deze vergadering was het bij de direct betrokkenen duidelijk dat het erop of eronder was voor het centrifugeproject. Mocht het syndicaat *niet* kiezen voor het ultracentrifugeproject dan zou het programma ten dode zijn opgeschreven. Het Europese geld zou dan (waarschijnlijk) naar een Franse diffusiefabriek vloeien, die ook het verrijkt uranium voor Nederland kon produceren. Nederlands verrijkt uranium was dan niet meer nodig. Een andere complicerende factor was het tijdsbestek. In Frankrijk was men al begonnen met de bouw van een proeffabriek die begin 1957 klaar moest zijn. 'Indien de proeven goed verlopen is de kans groot, dat de gasdiffusiemethode door het syndicaat wordt aanvaard, waardoor de kans op een ander procedé verkeken is,' vermeldde het verslag.²³ Aten benadrukte dit nog eens extra op een speciaal belegde vergadering op 23 november, waarbij een aantal Werkspoor-ingenieurs, wat medewerkers van Kistemaker en een aantal Brusselse ingewijden aanwezig waren. In plaats van de Franse proeven af te wachten hamerde zowel Aten als Kistemaker er juist op dat het goed zou zijn het UC-project per direct een flinke impuls te geven, om zo het Brusselse besluit te beïnvloeden: 'Er [is] maar één kans [...] om het ultracentrifuge project voor Euratom interessant te doen zijn en dat is: opvoeren van de snelheid van werken. We hebben nog een halfjaar,' zo meldde Aten.²⁴ Hij had gehoord dat het syndicaat in de lente van 1957 een definitief besluit ging nemen over uraniumverrijking. Wilde de centrifugemethode een kans maken, dan moesten er op dat moment positieve resultaten getoond kunnen worden.

3 Europese winst

Begin januari 1957 werd het rapport, dat door de Nederlandse delegatie binnen het syndicaat was gepresenteerd, in Brussel door de verschillende ministers van Buitenlandse Zaken tijdens een minis-

tersconferentie onder de loep genomen. De conclusie van deze bespreking was dat het Nederlandse verslag te 'summier en weinig-zeggend' was om een definitief besluit over een verrijkingsfabriek te nemen.²⁵ Een nieuw, vollediger rapport moest binnen drie maanden gereed zijn. Desondanks werd dit beschouwd als een eerste overwinning voor de Nederlandse delegatie, aangezien het rapport niet direct terzijde was geschoven. Er was voldoende indruk gemaakt om een tweede kans te krijgen. Wel realiseerde men zich dat dit ook echt de laatste kans was voor het UC-project.²⁶

Begin 1957 ontstond bij Milatz het idee om binnen het Europese syndicaat een samenwerking met de Duitse ultracentrifugegroepen te zoeken.²⁷ Voor de Duitsers gold immers hetzelfde: een Franse diffusiefabriek zou een centrifugeprogramma overbodig maken. Milatz stelde voor dat Duitsland en Nederland op zouden treden 'als twee, die onderling harmonie bereikt hebben'.²⁸ Zijn idee was om tussen Nederland en Duitsland een fiftyfiftyregeling te treffen, omdat 'de waarde van de knowhow van beide partijen op dit ogenblik ongeveer evenveel waard is'.²⁹ Wel was het Duitse industriële potentieel veel groter – daar zou het Nederlandse project gebruik van kunnen maken. Veldhuyzen van Werkspoor schatte de waarde van de Nederlandse knowhow trouwens wat hoger in. 'Wij zijn met technische problemen bezig, die de Duitsers niet hebben bestudeerd (nl. een zo goedkoop mogelijk draaiende, horizontale UC, tegenover de Duitsers, die een verticale UC hebben gebouwd, waarvan de kosten hoog zijn in het gebruik)'.³⁰ Kistemaker kon zich met de ideeën van Milatz verenigen, 'mits de belangen van RCN en Werkspoor voldoende gedeckt zijn. Nu de zaken bij Euratom zo scherp gesteld worden, dat men over drie maanden een finaal rapport wil hebben, lijkt het mij dat de beste garantie voor de behartiging van onze belangen is met de Duitsers samen te werken'.³¹

Hij pakte de zaak direct stevig aan. Op 25 februari 1957 gingen Kistemaker en Los op bezoek bij de centrifugemannen in Bonn. Het samenwerkingsinitiatief viel goed. 'De heren Beyerle en Groth voelen er veel voor tot een regeling voor uitwisseling te komen,' schreef Kistemaker in het verslag van de bespreking.³² Gerbrandy maakte in de dagen na het bezoek van Kistemaker een juridische

schets voor een samenwerkingsverband. Het idee was om gezamenlijk een programma op te stellen voor de ontwikkeling en constructie van ultracentrifuges en binnen dit programma samen te werken. Wat betreft patenten werd afgesproken dat Duitsland en Nederland apart patenten aan zouden vragen, maar de andere partij altijd voorrang zouden geven om vervolgens afspraken over royalty's te maken.³³

Ondertussen werd er op het lab en bij Werkspoor hard gewerkt aan een economische doorrekening van zowel het Franse project als van het ultracentrifugeproject. De dollarprijs van een gram U-235 werd bepalend voor de berekeningen. Deze dollarprijs werd berekend aan de hand van de investeringskosten die nodig waren voor de verschillende fabrieken. Deze bedragen verschilden aanzienlijk per soort fabriek. De vraag hoe het Nederlandse project zich tot het Franse voorstel en de Amerikaanse kostprijs verhield was daardoor niet eenvoudig te beantwoorden. De deadline voor het indienen van een voorstel bij het syndicaat was 1 mei 1957.³⁴

In de eerste maanden van 1957 werd het contact tussen de Nederlandse en de Duitse centrifugegroepen versterkt. Naast de bezoeken van Kistemaker aan Bonn kwamen in februari ook Groth en een vertegenwoordiger van het Bundesministerium naar Amsterdam.³⁵ Daarnaast waren er op een hoger niveau een aantal bijeenkomsten om de politieke kant van de zaak op elkaar af te stemmen.³⁶ Op 21 maart bracht Kistemaker een volgend bezoek aan Groth en Beyerle in Bonn, deze keer samen met Veldhuyzen van Werkspoor. Hoewel het bezoek een moeilijke start had omdat Groth niet aanwezig was en Beyerle geen tijd had voor 'politiek geleuter' duurde de bespreking van twee uur 's middags tot acht uur 's avonds. Kistemaker was tevreden, omdat er eindelijk 'open kaart' gespeeld kon worden en het duidelijk werd dat er een vruchtbare voedingsbodem voor een samenwerking was. Kistemaker verwachtte 'veel morele en praktische resultaten'.³⁷

Na de bespreking in Bonn stapten Kistemaker en Veldhuyzen in de nachttrein naar Parijs, om daar mooi op tijd, halftien in de ochtend, aan te komen voor een vergadering van het syndicaat. Het zou een belangrijke vergadering worden, op verschillende fronten.

Voor Kistemaker en Veldhuyzen liep het echter al snel uit op een fiasco en zette het de betrekkingen tussen opdrachtgever RCN en de uitvoerders op scherp:

Op de trap werden Ir. Veldhuyzen en ik opgewacht door Uw heer Houwink en de heer Schierbeek van Economische Zaken. Daar werd ons in 1 ½ minuut met de toevoeging ‘wij hebben nu geen tijd meer’ medegedeeld, dat Buitenlandse Zaken besloten had, dat de Nederlandse delegatie niet te groot mocht zijn en dat de Heer Veldhuyzen en ik dus niet bij de vergadering aanwezig mochten zijn. Na een vriendelijke ‘Ik heb nu onmogelijk tijd meer’, trok de Nederlandse delegatie, blijkbaar bestaande uit de volledige RCN directie plus nog anderen, die wij kennelijk niet zien mochten, zich in plenaire zitting terug, terwijl de enigen, die werkelijk verstand van het project hebben in letterlijke zin buiten de deur werden gezet. [...]

Zowel Ir. Veldhuyzen als ik stonden perplex over zo veel eigengereidheid. Op zo’n manier stuurt men tegenwoordig zelfs zijn kinderen op ongewenste momenten niet de deur uit. Van de genadige toestemming om bij de lunch aanwezig te mogen zijn, heb ik dan ook geen gebruik gemaakt, in tegendeel, wij hebben het eerste toestel terug naar Schiphol genomen, zodat zowel Ir. Veldhuyzen als ik vanmiddag om 3 uur weer met nuttiger bezigheden op het laboratorium ons konden ophouden.³⁸

Kistemaker was woedend en voegde er in zijn emotionele brief aan Milatz nog aan toe zich voortaan verre te houden van internationale politieke spelletjes. ‘Het RCN moet in het vervolg “zijn” UC project zelf maar tegenover buitenlandse deskundigen verdedigen.’³⁹ De verontwaardiging spatte ervan af en de nadruk op het woordje ‘zijn’ maakte duidelijk dat hier het territorium afgebakend moest worden. Kistemaker gaf het project niet zomaar uit handen, en helemaal niet als het buiten zijn medeweten om gebeurde. Ook Werkspoor was boos over de behandeling van hun ir. Veldhuyzen. Aangezien het

overleg in Parijs ging over het besluit of er een fabriek moest worden gebouwd, was het voor Werkspoor van groot belang hierbij betrokken te zijn. Werkspoor hoopte een flink aandeel in de massaproductie van centrifuges voor een fabriek te krijgen. 'Wij maken ernstig bezwaar tegen de behandeling ter plaatse ten opzichte van de vertegenwoordiger van onze onderneming,' meldde de directeur van Werkspoor aan de directie van RCN.⁴⁰

Aanleiding van dit fiasco werd pas begin april in een lange excuserende brief van Milatz aan Kistemaker duidelijk. Op 20 maart, twee dagen vóór de vergadering in Parijs, had er overleg plaatsgevonden tussen Duitse en Nederlandse regeringsvertegenwoordigers. In beginsel was er toen afgesproken om op het vlak van isotopscheiding samen te gaan werken. Ook werd afgesproken om op de vergadering van 22 maart in Parijs gezamenlijk een verklaring af te leggen. Van Duitse zijde werd er 'sterk op aangedrongen de wijze, waarop de verklaring afgelegd werd zo luchtig mogelijk te houden'.⁴¹ De Duitse behoefte om de verklaring luchtig te houden kan verklaard worden uit het feit dat men in de Bondsrepubliek bezorgd was over ophef rondom ultracentrifuges. Het was een technologie die in de oorlog in het kader van het Duitse bomproject, de *Uranverein*, was ontwikkeld en Paul Harteck werkte in de jaren vijftig nog steeds aan ultracentrifuges. Verder waren er bij de oprichting van de Bondsrepubliek afspraken gemaakt die een Duitse herbewapening verboden. Atoomwapens waren al helemaal uit den boze. Uraniumverrijking werd daar al snel mee geassocieerd en dus mocht er niet te veel ruchtbaarheid aan het Duitse centrifugeproject worden gegeven.

Vanwege de Duitse vraag om luchtigheid besloot Bendien van het ministerie van Buitenlandse Zaken in overleg met Schierbeek van Economische Zaken en Houwink van het RCN aan de vooravond van de vergadering dat de Nederlandse delegatie niet te groot mocht zijn. Met een te grote delegatie zou de verklaring immers juist onderstreept in plaats van verluchtigd worden. Er werd besloten Veldhuyzen en Kistemaker als 'offer' buiten de vergadering te houden.⁴²

De verklaring waar het om draaide werd door de regeringsverte-

genwoordigers afgelegd en kondigde binnen het Europese syndicaat een gezamenlijk Nederlands-Duits voorstel aan, dat in eerste instantie moest bestaan uit een grondige doorrekening van de verschillende soorten fabrieken. Bij Werkspoor in Amsterdam werkte men hier al hard aan. Eind april was dit rapport af. Het was in de voorafgaande weken uitvoerig met de Duitse collega's doorgesproken. Duidelijk was dat de doorrekening voor de Nederlands-Duitse fabriek gunstig uitviel. De kostprijs per gram U-235 zou komen op 23,50 dollar, ruim onder de door Kistemaker berekende Franse prijs van 35 dollar per gram.⁴³ Vandaar ook dat er in de Nederlands-Duitse verklaring opgenomen werd: 'Het moet economisch niet verantwoord worden geacht om thans tot de oprichting van een fabriek tot scheiding van uraniumisotopen door middel van gasdiffusie over te gaan.'⁴⁴

Op de vergadering van het syndicaat van 15 mei 1957 werden in totaal drie rapporten ingediend, één Franse, één Nederlands-Duitse en één van de Duitse wetenschapper E. Becker, die een eigen methode voor uraniumverrijking aan het ontwikkelen was.⁴⁵ Kistemaker was enthousiast over zijn eigen berekeningen, die volgens hem 'belangrijke consequenties' zouden hebben voor het besluit over een Europese scheidingsfabriek.⁴⁶ In een brief aan de secretaris van FOM noemt hij het zelfs een 'groot politiek succes voor de Nederlandse delegaties'.⁴⁷

Uiteindelijk werd binnen Euratom besloten om nog niet over te gaan tot de bouw van een Europese scheidingsfabriek. Dit leidde tot grote ergernis bij de Franse delegatie, die op de vijfde vergadering van het syndicaat in juni meedeelde zich dan maar de vrijheid voor te behouden om op eigen kosten een gasdiffusiefabriek te bouwen. Schierbeek, die bij de vergadering aanwezig was, begreep de achterliggende gedachte: 'Dit standpunt houdt uiteraard verband met het feit dat Frankrijk zonder fabriek geen militair programma ten uitvoer kan brengen. De andere delegaties konden het Franse standpunt volkomen billijken.'⁴⁸

Het Nederlands-Duitse centrifugeproject kreeg van Euratom de mogelijkheid om zich in twee jaar door te ontwikkelen alvorens er rond 1960 opnieuw over een Europese fabriek gedacht zou wor-

den.⁴⁹ Het waren de economische ideeën die de andere landen overtuigden, aldus Kistemaker:

Vanaf januari heb ik persoonlijk meegemaakt hoe onder de druk van de Nederlandse delegatie achtereenvolgens de Duitsers geactiveerd zijn en daarna vrijwel alle delegaties, behalve de Fransen, voor het Nederlandse standpunt gewonnen zijn. Dit standpunt houdt in hoofdzaak in: 1. men dient alleen U 235 te verrijken als dit economisch verantwoord is. 2. Het is aan grote twijfel onderhevig of de Franse diffusiefabriek de goedkoopste methode vertegenwoordigt.⁵⁰

Met dit standpunt werden de economische en financiële importantie van uraniumverrijking boven de politieke getild. Proliferatie van kennis over uraniumverrijking of – als we het argument breder trekken – de vraag welke landen wel of geen atoombom mochten bezitten speelde schijnbaar geen rol. Schijnbaar, want op het hoogste politieke niveau was dit uiteraard juist een zeer belangrijk argument. De hierboven beschreven politiek van de vs om de prijs van verrijkt uranium tot 16 dollar te verlagen werd tot op het laagste niveau gevoeld.⁵¹ Het zorgde aan de ene kant voor een versterkte interesse in verrijkt uranium (tegenover natuurlijk uranium), aan de andere kant voor een Europese wedijver om op de goedkoopste manier uranium te verrijken. De ultracentrifugetechnologie van Kistemaker had hiervoor veelbelovende papieren. Opvallend hierbij was het vertrouwen dat er door de Europese delegaties in de Nederlandse en Duitse wetenschappers werd gesteld. Er was immers nog geen gram uranium met een centrifuge verrijkt. Het was puur toekomstmuziek. Maar als het project inderdaad zou groeien zoals in de rapporten aangegeven, dan zou het wel eens uit kunnen groeien tot een Nederlandse nucleaire melkkoe.

Voor Kistemaker lag het succes van het besluit vooral in het feit dat zijn project nu een goede toekomst beschoren leek. Alhoewel hij dit niet met zo veel woorden kenbaar maakte, hamerde hij bij Beekman wel op de ‘noodzaak de Ultracentrifugere-search nog een paar jaar voort te zetten en wel met inderdaad grote kracht’.⁵² En

later: 'De consequentie van deze Nederlands-Duitse overwinning is, dat wij de morele verplichting hebben de UC-research de komende twee jaar met kracht voort te zetten, waarvoor de Nederlandse staat via het RCN in de eerste plaats de middelen beschikbaar zal moeten stellen.'⁵³ Door het vertrouwen uit Europa ontstond er een morele verplichting in Nederland om het project goed te ondersteunen.

In latere jaren was deze episode uit de geschiedenis van de ultracentrifuge misschien wel die waar Kistemaker het meest trots op was. Het besluit om geen Franse fabriek te bouwen bespaarde de Nederlandse overheid volgens hem circa 100 miljoen gulden.⁵⁴ Dat het besluit veel geld heeft gescheeld staat buiten kijf, maar het door Kistemaker aangehaalde bedrag zou best wat overdreven kunnen zijn.⁵⁵ Om het besluit alleen vanuit een economische hoek te benaderen doet bovendien tekort aan het ingewikkelde schaakspel dat rondom het syndicaat was gespeeld. Het was een kwestie van internationale prestige, waarbij Nederland door het centrifugeonderzoek een plek op de internationale nucleaire kaart veroverde, ook al draaide het alleen nog maar om plannen. Eigenlijk liep het zoals het vlak na de oorlog door de heren die FOM oprichtten, was bedacht.

De internationale lancering van het centrifugeproject binnen Euratom zorgde ook binnen Nederland voor de nodige aandacht. Het feit dat de prognoses rond het project positief waren, bleef in Den Haag niet onopgemerkt. RCN werd door het positieve onthaal binnen Euratom op een bepaalde manier verplicht het project te blijven ondersteunen. De aandacht was te groot om er nu zomaar mee te kunnen stoppen, ook al leek het zo nu en dan wel alsof RCN de ultracentrifuge liever kwijt dan rijk was, zoals we in het volgende hoofdstuk zullen zien.

4 Een congres in Amsterdam

Al een jaar eerder, in 1956, was Kistemaker samen met Ketelaar begonnen aan de organisatie van een internationaal symposium voor de Nederlandse Natuurkundige Vereniging (NNV). Elk jaar organi-

seerde (organiseert, ze doen het nog steeds) de NNV een symposium: elk even jaar een groot internationaal congres en elk oneven jaar een kleiner specialistensymposium. Kistemaker was gevraagd als secretaris van de commissie voor het kleinschalige specialistensymposium van 1957. Ketelaar was zijn voorzitter. Als thema voor het symposium was voor isotopenseparatie gekozen. Het symposium zou plaatsvinden rond de paasdagen, van 23 tot 27 april op de Vrije Universiteit in Amsterdam. Al snel werd duidelijk dat de ambities van Ketelaar en Kistemaker groter waren dan de kleine schaal die de NNV voorschreef. De heren richtten duidelijk hun pijlen op een groot congres. Tijdens een speciale bijeenkomst op 30 juni 1956 gaf het bestuur van de NNV aan dat dit niet mogelijk was. De financiële risico's waren te groot en er zou te veel gevraagd worden van de Amsterdamse NNV-leden die als vrijwilligers op moesten treden. Het maximumaantal deelnemers werd daarom strikt op tweehonderd man gehouden: 150 wetenschappers van buiten Nederland en vijftig Nederlanders.⁵⁶

In de herfst van 1956 kwam de commissie op stoom en werden de eerste sprekers door Kistemaker benaderd. Als belangrijke gasten werden twee Amerikanen, een Duitser, een Engelsman en een Zwitser in het programma opgenomen. Daarnaast stuurde Kistemaker ongeveer zeventig persoonlijke uitnodigingen naar natuurkundigen uit de hele wereld. Als lokkertje noemde hij de vele Russische wetenschappers die werden verwacht, zoals bijvoorbeeld in een brief aan een Oost-Duitse natuurkundige: 'Wir erwarten auch viele Russen und es ist jetzt auch ganz normal dass für ein internationalen Kongress viele Leute aus der Sovjet-Union, Polen, Tschechoslowakei und der Ost-Zone hierher kommen.'⁵⁷ Kistemaker wist dat er veel te verwachten was van Russische deelname aan het congres en benaderde daarom ook een handvol Russische wetenschappers. De Russen hadden een reputatie om niet op brieven te antwoorden. Tijdens de vorige NNV-conferentie in de zomer van 1956 over kernfysica waren dertig Russen een dag te laat op komen dagen. Bovendien hadden ze pas twee weken voor het begin van de conferentie aangegeven dat ze veel lezingen wilden gaan geven. Al in september begon Kistemaker daarom herinneringen te sturen

via de Russische ambassade in Den Haag.⁵⁸ In oktober stuurde Kistemaker een brief naar de voorzitter van de Russische Academie, Aleksandr Nesmejanov, met bijgevoegd het voorlopige programma van het symposium. 'We should appreciate the presence of our Russian colleagues most highly. We expect and know that many subjects to be treated at this symposium of specialists (the size will be only 200 people) are going to be declassified in the USA and England and we have good hope from the experience in Geneva that in the USSR the same will be done.'⁵⁹ Kistemaker hoopte dat de Russische wetenschappers zouden praten over nog onbekende resultaten van hun werk aan isotopenseparatie. Gustav Hertz, de Nobelprijswinnaar die een paar jaar in een laboratorium in Suchumi aan de Zwarte Zee had gewerkt aan uraniumverrijking met behulp van diffusiecascade, was uitgenodigd naar het symposium te komen, maar sloeg het aanbod af. Wel was zowel Jesse Beams als de andere Amerikaanse centrifugepionier Harold Urey van plan naar Amsterdam te komen. Echter, een paar weken nadat Urey zijn komst had bevestigd moest hij afhaken. Zijn gezondheid was 'presumably' (aldus Kistemaker) niet goed genoeg om de reis naar de andere kant van de plas te maken. Kistemaker vond dit teleurstellend en vroeg zich – door het terugtrekken 'een beetje vreemd' te noemen – af of de gezondheid van Urey wel het echte probleem was.⁶⁰ 'Offenbar halten die Amerikaner die Ultrazentrifuge noch immer für sehr wichtig,'⁶¹ schreef hij enigszins sarcastisch aan Groth.

Zonder Urey zou de dinsdagmiddagssessie over ultracentrifuges uit balans raken: de Amerikaan Karl Cohen kwam over theoretische aspecten van de centrifuge praten, maar over de experimentele kant van hun onderzoek was geen enkele Amerikaanse voordracht. Zo gek was dit niet. Het ultracentrifugeprogramma in de vs was na de oorlog volledig gestopt. In 1954 was het opnieuw opgestart, maar van de grond kwam het niet. De vs gingen ervan uit dat er (vroeg of laat) toegang gekregen kon worden tot het Duitse onderzoek aan centrifuges.⁶² Dat de sessie op het symposium zo uit balans was, kwam dus niet doordat de Amerikanen alles geheim hielden, wat Kistemaker suggereerde in zijn brief aan Groth, maar simpelweg omdat de vs weinig nieuws te melden hadden over cen-

trifuges. Daarmee was Kistemakers hoop op toegang tot Amerikaanse onderzoeksgegevens, achteraf gezien, ongegrond.

In december 1956 ontstond er, waarschijnlijk vanwege de Suez-crisis, de Hongaarse Opstand en de daaropvolgende Russische inval in Hongarije, een discussie tussen de NNV en de organiserende commissie over de aanwezigheid van Russische wetenschappers. De reacties op de Russische interventie in Hongarije waren in Nederland vrij sterk en breed gevoeld – dit in tegenstelling tot, bijvoorbeeld, de reacties in de vs.⁶³ Onder andere in Amsterdam werden in de dagen na de Sovjetinval kantoren van de Communistische Partij van Nederland (CPN) doelwit van anticommunistische acties en vernielingen.⁶⁴ Deze sentimenten vonden hun weerklank in de wetenschappelijke wereld van Kistemaker. Het begon de organisatie van het symposium te beïnvloeden.

De voorzitter van de NNV, de Groningse hoogleraar Hendrik Brinkman, sprak zich uit tegen alle Russische aanwezigheid. Kistemaker, aan de andere kant, herinnerde de commissie er herhaaldelijk aan dat aanwezigheid van Russen al in het tweede voorlopige programma aan alle aanwezigen was gecommuniceerd. Veel wetenschappers vanuit de hele wereld zouden naar Amsterdam komen juist omdat er ook Russen kwamen. Bovendien was Rusland korte tijd eerder toegelaten als lid van de International Union of Physics. Uitsluiting zou gek zijn. De commissie besloot erover te stemmen, waaruit bleek dat een meerderheid tegen Russische aanwezigheid was. Er zou een brief geschreven worden aan de Russische Academie van Wetenschappen. Maar – naar een idee van Kistemaker – allereerst zou het Nederlandse ministerie van Buitenlandse Zaken over deze kwestie benaderd worden.⁶⁵

Op de avond van 29 januari 1957 belde J. Meyer, het hoofd van het departement voor internationale organisaties van het ministerie, met Kistemaker. Ook hij was tegen de aanwezigheid van Russische wetenschappers op het symposium. Een paar dagen later stuurde Kistemaker een lange brief aan Meyer, waarin hij tot in detail uitlegde waarom het zo belangrijk was voor het succes van de conferentie dat er wél Russen zouden komen: ‘Van de praktijken op het gebied van isotopscheiding in de USSR is zeer weinig be-

kend. Deze conferentie is een unieke gelegenheid daar iets meer van te horen. Het niet gebruiken van deze kans betekent onberekenbare schade.’⁶⁶ Het ministerie reageerde positief op Kistemakers pleidooi, maar stelde de eis dat de organisatie een maand voor het begin van de conferentie alle namen en functies van de Russische deelnemers aan het ministerie doorgaf. Bovendien waren officiële politieke delegaties uit Rusland niet welkom.⁶⁷ In de daaropvolgende weken leek het er steeds meer op dat de Russen inderdaad zouden komen.

De manier waarop Kistemaker met deze hele kwestie omging was typerend voor hem: obstinaat, toegewijd en wars van strikte regelgeving. Als er iets was besloten waar hij het niet mee eens was, ging hij ver om de beslissing terug te draaien. Dit bleek bijvoorbeeld uit een brief die hij over de ophef rond het symposium aan een collega stuurde: ‘In feite organiseer ik het symposium en daar ik het met de beslissing van de commissie niet eens was, evenmin als Ketelaar, ziet het er naar uit dat de Russen thans toch komen. De rest was er vierkant tegen. Ik ben overigens verre van communistisch!’⁶⁸

Onderwijl bleek het symposium een grote aantrekkingskracht te hebben. Vanuit de hele wereld schreven wetenschappers aan Kistemaker met de vraag of ze ook mochten komen. De meesten werden teleurgesteld. Slechts als ze aan konden tonen dat het een ‘levensnoodzaak’ was, kregen ze groen licht om te komen.⁶⁹ Kistemaker legde ze niet alleen voor dat het een specialistensymposium was (het maximum van tweehonderd aanwezigen was al ruimschoots overschreden), maar vooral dat de meeste hotels in Amsterdam inmiddels volledig bezet waren. Het was namelijk ook het bollenseizoen en de stad werd overspoeld met toeristen.⁷⁰ Tussen alle aanvragen die Kistemaker ontving zat er ook één van een onbekende Oostenrijkse wetenschapper. Ook deze Gernot Zippe werd vriendelijk de deur gewezen: ‘[...] in reply to your letter of the 25th instant I regret to inform you that no more subscriptions to the symposium on Isotope separation which is to be held in Amsterdam in April next can be accepted, owing to the restricted number of seats available. Yours faithfully, Kistemaker.’⁷¹ Kistemaker had duidelijk geen idee

dat Zippe, net als de Nobelprijswinnaar Hertz, in Suchumi aan de Zwarte Zee had gewerkt. Aan ultracentrifuges nota bene.

5 Een interessante ongewenste gast

Gernot Zippe had in Suchumi als leider van een experimentele groep een volledig nieuw soort ultracentrifuge ontwikkeld samen met Max Steenbeck. Pas na meer dan elf jaar, in juli 1956, mocht de oud-krijgsgevangene uit de Tweede Wereldoorlog vanuit Leningrad terugkeren naar de andere kant van het IJzeren Gordijn. Zijn thuisstad Wenen was ingrijpend veranderd sinds hij in 1939 was vertrokken. Het viel hem niet mee om vaste grond onder de voeten te krijgen, maar hij wist een baantje te vinden. In de lente van 1957 werd hij benaderd door twee Amerikanen die de taak hadden om contact te zoeken met uit de Sovjet-Unie teruggekeerde wetenschappers. De Amerikanen waren geïnteresseerd in zijn kennis van uraniumverrijking en Zippe was op zijn beurt nieuwsgierig naar de stand van zaken van het onderzoek in het Westen. De Amerikanen gaven hem de tip om het symposium in Amsterdam te bezoeken.⁷² De afwijzing van Kistemaker ontmoedigde Zippe niet, integendeel. Hij herinnerde zich: 'Einer, der elf Jahre Rußlanderfahrung im Organisieren hatte, konnte natürlich so ein Brief nicht imponieren. Ich setzte mich zeitgerecht auf meine Maicoletta und fuhr trotzdem hin; die Fahrt durch den Frühling, insbesondere durch die blühenden gärten in Holland, war ein reines Vergnügen. Endlich frei und Herr meiner Entschlüsse!'⁷³

Ondertussen was Kistemaker bij de organisatie van het symposium de dubbelzinnigheid van de Russen zat. In een laatste brief aan de Russische ambassade benadrukte hij dat als er op het laatste moment Russische wetenschappers op zouden komen dagen, de ambassade zelf maar voor huisvesting moest zorgen. Bovendien was het programma vol en zouden ze dus geen voordrachten kunnen geven.⁷⁴ Er speelde ook nog een andere kwestie kwestie. Als uitstapje voor de buitenlandse gasten had Kistemaker een excursie naar Philips in Eindhoven georganiseerd. Maar het bedrijf was niet

gediend van bezoekers uit landen aan de andere kant van het IJzeren Gordijn. Hun werd toegang geweigerd. Kistemaker maakte in al zijn correspondentie met de 'Ostzone' duidelijk dat, ook al hield Philips ze buiten de deur, ze wél altijd welkom waren in zijn laboratorium in Amsterdam.⁷⁵

Waarschijnlijk zijn er geen Russen naar het symposium in Amsterdam gekomen. In de NNV-archieven is niets te vinden wat op hun aanwezigheid duidt en in de conferentiebundel die naderhand werd gepubliceerd, stonden geen Russische bijdragen.⁷⁶ Tijdens het congres gaven slechts Beyerle, Groth en Kistemaker op vrijdagmiddag in de sessie van vier tot vijf uur lezingen over ultracentrifuges.

Toch was het congres het toneel van een uiterst belangrijke uitwisseling van kennis tussen het Oosten en het Westen. Kistemaker herinnerde het zich als volgt: 'Aan het einde van dit Symposium, op zaterdagmiddag om 16 uur, kwam een tot dien zwijgende Oostenrijkse fysicus naar Kistemaker toe, met het verzoek of hij hem privé kon spreken. Dat was Gernot Zippe.'⁷⁷ Zippe had, waarschijnlijk zonder zich voor het symposium te registreren, naar de lezingen in de Vrije Universiteit geluisterd. Hij uitte richting Kistemaker een zekere verbazing over het gebrek aan kennis over gascentrifuges. Kistemaker nodigde hem uit om de volgende dag, 28 april 1957, om tien uur 's ochtends naar zijn huis in de Amsterdamse Rivierenbuurt te komen. Daar spraken ze twee uur over de centrifuges die Zippe in Suchumi had ontworpen. Kistemaker herinnerde zich: 'Zijn elementaire mededelingen leidden tot een belangrijke omschakeling in ons programma. Bij onze voorstudies hadden wij uiteraard zowel horizontale als verticale opstellingen overwogen, naar analogie van Groths opstelling in Bonn. Op maandag 29 april besloten wij van horizontale naar verticale centrifuges over te gaan. Dit betekende ook dat wij afstapten van glijlagers en overgingen op een taatslager.'⁷⁸ Het besluit was naar verluidt binnen een dag genomen. Het ging niet alleen om het veranderen van de lagering. Tot dan toe waren de ontwerpen van ultracentrifuges gebaseerd op de Duitse traditie van *Machinenbau*: 'Alles moest groot, zwaar en sterk zijn. Ze waren traditioneel gevat in glijlagers. De tolcentrifuge van Steenbeck en Zippe was in alle opzichten het tegendeel, een

object voor de fijnmechanische industrie: licht, elastisch en zelffrichtend, met magnetische en taatslagers, bijna zwevend!’⁷⁹ De veranderingen waren vergaand voor het onderzoek. Het impliceerde een mentaliteitsverandering. Grote, stevige, Duitse machines moesten plaatsmaken voor lichte en eenvoudige apparaten.

Kistemaker wilde graag nog een keer met Zippe spreken, die na zijn bezoek aan Amsterdam naar Wenen was teruggegaan. Kistemaker had contact opgenomen met Reyseger van RCN om enkele inlichtingen over Gernot Zippe te krijgen. Diens ongewone openhartigheid werd door Kistemaker met voorzichtigheid bezien. Reyseger benaderde hierover de Binnenlandse Veiligheidsdienst die geen bezwaar tegen een vervolgspraak met Zippe had, ‘mits daarbij van [Kistemakers] zijde de nodige voorzichtigheid betracht wordt’.⁸⁰ De BVD was zelfs erg geïnteresseerd in de uitkomst van het gesprek: ‘Aangezien er weinig gegevens omtrent de heer Zippe bekend zijn, stelt de BVD er wel prijs op ingelicht te worden wanneer tijdens dit gesprek toevalligerwijs inlichtingen naar voren komen betreffende ’s mans verblijf in de USSR, in welk land hij, zoals U bekend is, tot 1956 heeft vertoeft.’⁸¹

In juni reisde Kistemaker naar Wenen om nogmaals met Zippe te spreken.⁸² Maar in de tussentijd had de Duitse firma Degussa (acroniem voor Deutsche Gold- und Silberscheideanstalt) Zippe benaderd om een centrifuge te ontwerpen. In afstemming met het Bundesministerium für Atomfragen bood Degussa Zippe samen met de ingenieur Rudolf Scheffel, ook recentelijk teruggekeerd uit de Sovjet-Unie, een mooi bedrag om de rechten voor het gebruik van hun centrifuge-ideeën over te nemen. Scheffel kreeg vervolgens van Degussa een eigen laboratorium in Frankfurt tot zijn beschikking voor het doorontwikkelen van ultracentrifuges.⁸³ Zippe en Scheffel namen het aanbod aan. Het was Zippe vervolgens niet meer toegestaan om informatie over centrifuges met anderen te delen. Kistemaker kwam daardoor met lege handen terug uit Wenen. Later kreeg hij van Zippe, die had aangeboden om nog een keer naar Amsterdam te komen, te horen dat ook dat er niet meer in zat. Hij had ‘die Flugkarte nach Amsterdam schon in der Tasche,’ maar Scheffel zou het ‘als einen sehr unfreundlichen Akt betrachten wenn ich

Sie als seinen Konkurrenten beraten wollte'. Zippe raadde Kistemaker aan om contact op te nemen met Alfred Boettcher, die binnen Degussa de leiding had over het onderzoek naar uraniumverrijking.⁸⁴ Kistemaker bezocht Boettcher begin juli en had een 'sehr gründlich' gesprek met hem. Ze kwamen overeen om zo snel mogelijk te kijken of er een uitwisseling van kennis plaats kon vinden. Desondanks onderstreepte Boettcher dat het beter was als Zippe vooralsnog geen contact meer met het Amsterdamse project had.⁸⁵ Kistemaker vond het bezoek aan Degussa 'unzufriedenstellend'. Aan Groth schreef hij: 'Ich fand die Haltung von Degussa jedoch so unkollegial, das ich gemeind habe es scharf stellen zu müssen.'⁸⁶ Boettcher bleef in de volgende jaren een belangrijke rol spelen op het internationale centrifugetoneel. In het volgende hoofdstuk zullen de pogingen van Kistemaker om een samenwerkingsverband met Duitsland op te zetten naar voren komen.

5 FINANCIËEL GEHARREWAR (1957-1960)

1 Grootse plannen

De tweede helft van de jaren vijftig werd gekenmerkt door een bijzonder optimisme over kernenergie. Dit bleek bijvoorbeeld uit het enthousiasme dat in de zomer van 1957 ontstond voor de internationale tentoonstelling *Het Atoom*. In een nieuw gebouw op de plaats van een oude Fokkerloods op Schiphol liet deze tentoonstelling aan het massaal toegestroomde publiek zien hoe de Hoge Flux Reactor in Petten eruit zou gaan zien. Bovendien was er speciaal een (kleine) Amerikaanse reactor naar Nederland gehaald. Op 28 juni 1957 werd de tentoonstelling officieel geopend door prins Bernhard.¹ Met deze reactor werd voor het eerst in Nederland kernenergie opgewekt. Later werd de proefreactor naar de Technische Hoogeschool van Delft verplaatst. Eenzelfde soort optimisme over kernenergie kwam naar voren in de politiek. Zo sprak de door de minister van Economische Zaken opgestelde *Nota voor de Kernenergie* de verwachting uit dat de in Nederland met kernreactoren opgewekte elektriciteit in de komende jaren snel zal gaan groeien.² Kernenergie werd gezien als dé energiebron van de toekomst.

Ook het ultracentrifugeproject zat vanwege het positieve besluit van de ministers in Brussel en vanwege de positief stemmende beloften van Kistemaker in de lift. Zo waren de leden van de Wetenschappelijke Adviesraad (WAR) van RCN het er over eens dat het project voortgezet en uitgebreid moest worden. Bij een WAR-vergadering begin juni 1957 was iedereen het erover eens dat Kiste-

makers plannen ondersteund moesten worden. Volgens de secretaris van RCN, ingenieur Houwink, was het alleen nog maar een kwestie 'de snelste weg daartoe te vinden'. Aan Kistemaker schreef hij: 'Ik weet hoe zeer je administratieve rompslomp verfoeit, maar toch zal een zekere administratieve weg gevolgd moeten worden om tot dit doel te komen.'³ Op financieel vlak groeide het project snel. Kistemaker had eind mei een budgetaanvraag van ruwweg 450.000 gulden ingediend bij het bestuur van RCN, als financiering van de rest van 1957 – 'geen peulenschil', aldus Houwink.⁴ Het bestuur van RCN wilde hierover graag een onafhankelijke mening horen. De WAR adviseerde om de eerder in het jaar opgerichte FOM-adviescommissie van Ketelaar in te schakelen. De commissie zou bijvoorbeeld een 'neutraal rapport over de technische en financiële perspectieven' van het snelgroeiende project op kunnen stellen.⁵

Op 25 juni kwam deze adviescommissie bij elkaar in Delft. Ook Kistemaker was, als secretaris van de commissie, aanwezig. Hij klaagde zich over de administratieve rompslomp:

Als leider van het gehele ultracentrifuge project moet ik er op wijzen, dat mijn persoonlijke krachten zowel als het beschikbare aantal mensen niet meer voldoende zijn om op dezelfde schaal als tot nu toe rapporten te blijven publiceren. Ik zal de gevraagde gegevens nog in een zeer summier rapport verschaffen en kan helaas mijn medewerking niet langer verlenen aan nog verdere schriftelijke toelichtingen. De door mij voorgestelde begroting is naar mijn beste weten en kunnen opgesteld. Wij zijn van plan het voorgestelde programma met grote spoed aan te vatten en uit te voeren en dit is slechts mogelijk indien men ons niet langer lastig valt met rapportenschrijverij.⁶

De commissie schaarde zich achter Kistemaker, door akkoord te gaan met de begrotingsvoorstellen voor de verschillende aspecten van het ultracentrifugeprogramma. Tegelijkertijd werd besloten om *niet* in te gaan op het verzoek van RCN om een onafhankelijk

rapport te schrijven. Het was, aldus de commissie, 'belangrijker dat er snel en ongestoord verder gewerkt kan worden dan dat er een in finesses gespecificeerde begroting voorgelegd zou worden. Het laatste is met het oog op de research onmogelijk.'⁷

In totaal was voor de tweede helft van 1957 een bedrag van 324.000 gulden nodig. Hierbovenop kwam een bedrag van 170.000 gulden voor de aankoop van een grote massaspectrometer bij Metropolitan-Vickers in Manchester. De levertijd van het apparaat zou normaal gesproken achttien maanden zijn, maar speciaal voor Kistemaker zou dit met acht maanden kunnen worden verkort. Het ging om een speciale UF6-massaspectrometer waar continu verrijkt gas doorheen zou stromen. Wijzigingen in de verrijking van het gas ten gevolge van veranderingen aan de centrifuges konden hierdoor direct worden opgemerkt.⁸ Kistemaker hoorde van het bestaan van deze kwalitatief hoogstaande massaspectrometer door zijn contacten met de Duitse groep in Bonn. Werken met dit apparaat zou veel analysetijd schelen. De eerdere procedure – het verrijkte gas eerst omzetten in de vaste stof UO_2 en dat vervolgens op een gloeidraad aanbrengen alvorens het monster in een vastestoffenmassaspectrometer te stoppen – was tijdrovend: het proces duurde zeker een uur. Met deze nieuwe meter kon direct inzichtelijk gemaakt worden wat de verrijkingsgraad was van het gas.⁹

Een aantal weken na het internationale symposium in Amsterdam stelde Kistemaker voor om het gehele programma op te delen in drie relatief losstaande projecten. Met deze verdeling zette Kistemaker in op onderzoek naar drie centrifuges. Later kon dan gekeken worden welke van deze drie het beste functioneerde. Het eerste project zou een voortzetting zijn van de onderzoeksactiviteiten van de FOM-groep in Amsterdam. Een tweede project, gebaseerd op een plan van hoogleraar Boon uit Delft, betrof een alternatief ontwerp voor een centrifuge. Dit zou eerst aan een vooronderzoek worden onderworpen bij TNO in Delft en zich vooral richten op nieuwe, stevigere, materialen. Het laatste project 'is een geheel nieuwe en zeer veel belovende mogelijkheid met kleine verticale cilinders, die gebaseerd is op speciale informatie. Samenwerking met Philips, Werkspoor en TNO zal nodig

zijn.¹⁰ Kistemaker doelde op de verticale centrifuges met taatslagers van Zippe.

Het bezoek van Gernot Zippe aan het door Kistemaker georganiseerde symposium was als een totale verrassing gekomen. In latere jaren schreef Kistemaker zelf over het bezoek van Zippe alsof het een revolutie was binnen het onderzoek: zijn informatie deed de groep beseffen dat verticale centrifuges hét antwoord waren op de lageringsproblemen van de eerdere jaren. Twee dagen na het bezoek van Zippe, op 30 april, zou in één klap besloten zijn van horizontale naar verticale centrifuges over te stappen. Het gebruik van taatslagers maakte dergelijke centrifuges mogelijk.¹¹ Het archief dat Kistemaker over de centrifugeontwikkeling heeft achtergelaten schetst echter een ander beeld. Over dit radicale besluit is weinig terug te vinden. De vroegste melding van iets wat op een taats kan wijzen komt uit een brief van Kistemaker aan de Nederlandse Optiek- en Instrumentenfabriek van dr. C.E. Bleeker, geschreven op 11 juni, zes weken na het bezoek van Zippe. Kistemaker schreef: 'Het zou volgens verkregen inlichtingen mogelijk moeten zijn, te lagere met een stalen pen, die in een edelsteentje draait.'¹² In deze brief vroeg Kistemaker aan Bleeker of hij ervaring had met dit soort lagers. Het antwoord was negatief: 'Het komt ons voor dat het gewicht van de rotor [ca. 1 kilo] rijkelijk groot is om op een klein taatslager te worden gedragen bij zo hoge snelheden, als U zich voorstelt.' Het ging om snelheden corresponderend met 100.000 à 150.000 omwentelingen per minuut. Bleeker raadde Kistemaker aan om te kijken of het edelsteen saffier wellicht sterk genoeg zou zijn. De firma Swiss Jewel in Locarno, een fabrikant die speciaal in lagerstenen was gespecialiseerd, zou hier wel antwoord op weten.¹³ Of Kistemaker vervolgens met de Zwitsers contact heeft opgenomen is onduidelijk.

Midden in de zomer van 1957 begrootte Kistemaker de kosten voor het jaar 1958 op in totaal 900.000 gulden, netjes verdeeld in 3 ton per voorgesteld project. Dit was een aanzienlijk groter bedrag dan wat er voor 1957 was toegezegd: 225.000 gulden, plus nog eens 175.000 gulden in september om het jaar zonder problemen door te komen (iets meer dan de helft van wat Kistemaker had aange-

vraagd). Of de 9 ton voor 1958 ook gehonoreerd konden worden bleef lange tijd onduidelijk, zoals in de komende paragrafen naar voren zal komen.¹⁴

Het RCN had telkens weer de behoefte om het project onafhankelijk onder de loep te laten nemen. Om een oordeel te kunnen geven over de plannen en de begroting van Kistemaker voor 1958 ging het RCN op zoek naar een zogenoemde 'research consultant' die een rapport zou kunnen opstellen over het project.¹⁵ Men kwam uit bij het Polymeren Instituut van TNO in Delft. Begin september 1957 gaf RCN aan TNO de opdracht het centrifugeproject nader te bekijken. A.J. Staverman ging samen met de ingenieur Witte aan de slag.¹⁶ Mocht dit rapport positief uitvallen en mocht het RCN er daarnaast van overtuigd raken dat de vraag naar verrijkt uranium de komende jaren zou stijgen – iets wat het RCN zelf ging onderzoeken – dan zou het bestuur van RCN besluiten het ultracentrifugeproject op een veel grotere schaal aan te pakken en zou de 9 ton die Kistemaker vroeg gehonoreerd kunnen worden. Maar er was wel een probleem. RCN had voor een dergelijke financiële uitbreiding op dit moment geen geld. Dit was waarschijnlijk ook de reden dat RCN in eerste instantie niet meer geld vrijmaakte voor het onderzoek in de tweede helft van 1957.¹⁷

In de herfst ontstonden er plannen om een begroting bij Euratom in te dienen voor alle onderzoeken naar atoomfysica die bij Kistemaker op het laboratorium werden gedaan. In totaal ging het om een fiks bedrag van meer dan 11 miljoen gulden, verdeeld in vier posten: thermonucleaire ontladingen, isotopenscheiding, personele kosten en de nieuwbouw van het laboratorium. Het bedrag voor isotopenscheiding was onderverdeeld in twee delen, één voor het uitbreiden van de analyseapparatuur en een ander ten behoeve van centrifugeonderzoek. Dit laatste werd begroot op 1 miljoen gulden voor het jaar 1958.¹⁸ Voor de gezamenlijke jaren 1958 en 1959 zou dit zelfs gaan om een bedrag van 2,7 miljoen gulden.¹⁹ De problemen met het GEB over de huur van de laboratoriumruimte gaven Kistemaker aanleiding om op een nieuw te bouwen laboratorium aan te sturen. Dit zou meer dan 4 miljoen gaan kosten. Als plek werd de Watergraafsmeer gekozen, vlak bij het IKO, net ten

zuiden van de Ringdijk. Het was een relatief lege ruimte in het oosten van Amsterdam, tussen de volkstuintjes en een paar oude boerderijen. Voor de bouw zelf werd 2,55 miljoen begroot, vergelijkbaar met de begroting die meer dan een jaar eerder door architectenbureau Merkelbach & Elling was opgesteld. De rest van het geld zou naar de aankoop van de grond en aanleg van de rioleeringen gaan.²⁰

Aan het einde van de zomer van 1957 werden de plannen voor de twee komende jaren verder uitgewerkt. Het doel was om eind 1959 zó ver gevorderd te zijn met het onderzoek naar ultracentrifuges, dat vóór 1960 een definitieve keuze gemaakt kon worden voor de beste van de drie centrifuges, afgaande op zowel het scheidend vermogen als de kosten per centrifuge. Daarnaast was het plan om op dat moment een kleine proeffabriek in werking te hebben.²¹ Voor dat doel was het voor Kistemaker noodzakelijk om het personeel flink uit te breiden. In de tweede helft van 1957 werkten er zowel bij Werkspoor als bij het FOM-lab drie academici en zes technici aan het project. Twee jaar later zouden deze aantallen opgehoogd moeten worden naar vier academici en tien technici op het lab en vier academici en vijftien technici bij Werkspoor. Ook bij TNO en bij Philips, waar in 1957 in totaal zes man aan het project werkten, zou uitgebreid moeten worden.²² De verwachtingen waren hooggespannen en de dromen waren groots.

2 Het TNO-rapport en ‘financieel geharrewar’

Bij TNO werd in de herfst van 1957 aan het rapport over het ultracentrifugeproject gewerkt. In september voerde Staverman enkele gesprekken met Kistemaker en ontving hij een aantal rapporten en grafieken over het project. Met de TNO-onderzoekers werden speciale afspraken gemaakt aangaande geheimhouding. Staverman werd aangewezen als ‘verantwoordelijke persoon’ die ervoor moest zorgen dat de door Kistemaker afgegeven inlichtingen ‘niet verder diffunderen dan strikt noodzakelijk is. Een en ander te zijner beoordeling.’²³ Begin november trok Staverman zijn conclusies. Dat was

makkelijker gezegd dan gedaan. Over het al dan niet slagen van het project verwachtte hij geen uitspraak te kunnen doen, omdat 'voor het gefundeerd beantwoorden van de door [RCN] gestelde vragen zeer veel meer informatie nodig was dan waarover wij beschikten'.²⁴ Er waren te veel onduidelijke punten, 'waarvan het resultaat van beslissende betekenis is voor het slagen van het project. Echter is de situatie op geen van dezer punten zo hopeloos, dat we op grond daarvan zouden adviseren het werk niet voort te zetten.'²⁵ Ondanks deze slag om de arm gaf hij in zijn rapport een kritische bespreking van alle aspecten van het project, inclusief de bottlenecks en een berekening van de kosten van toekomstig onderzoek.

Het eerste punt in het rapport waar Kistemaker over viel, was de 1,8 miljoen gulden onderzoekskosten voor de jaren 1958 en 1959 waar Staverman van uitging. Volgens hem was dit bedrag veel te laag. De naar Euratom gestuurde begroting, waarin 2,7 miljoen voor hetzelfde onderzoek was opgenomen, was aanzienlijk realistischer. Er werkten inmiddels immers al 'meer dan 8' (dure) academici aan het project.²⁶ Ook op andere vlakken vond Kistemaker de raming van TNO te mager. Er waren bijvoorbeeld geen kapitaalinvesteringen in opgenomen voor de aanschaf van de massaspectrometer en voor de bouw van een los gebouwtje om proeven met een tiental centrifuges uit te voeren.²⁷ Kistemaker kreeg bijval van Veldhuyzen, die Kistemakers doorrekening, met in totaal dertien betrokken academici, 'zeker niet overdreven' vond.²⁸ Uiteraard waren deze reacties te verwachten. De betrokken wetenschappers hoopten na de afgelopen jaren van financiële onzekerheid op een mooie verhoging van het budget te kunnen rekenen, zodat ze (eindelijk!) zonder geldelijke zorgen hun gang konden gaan.

Het rapport van TNO ging op verschillende aspecten van het onderzoek in. Zo uitte Staverman diepe zorgen over de organisatie van het project. Volgens hem moest er aangestuurd worden op een betere coördinatie, rapportering en werkverdeling. Daarnaast was het nodig om een gedegen manager te vinden. Kistemaker was het hier in zijn reactie roerend mee eens:

De man waar in het rapport om gevraagd wordt moet een man van formaat zijn, die zijn dagtaak ziet in het schrijven van rapporten, het verzorgen van administratie van het gehele project en die ook nog werkelijk verstand van de mechanische en technische problemen van gascentrifuges heeft. [...] Er moet gecoördineerd worden tussen 4 of 5 groepen, op dit ogenblik verspreid over Amsterdam, Delft en Eindhoven. Inderdaad een prachtige taak voor iemand, die voldoende fut heeft. [...] De aanstelling van een dergelijke coördinator (plus een administratieve hulpkracht) zal voor mij in geen geval betekenen dat ik afstand doe van mijn positie van verantwoordelijk topleider (FOM), internationale contactman en pusher. Tot nu toe ben ik de ziel van het project geweest en het risico lijkt mij te groot om thans alle contact te verliezen. Het is evenwel een volkomen juiste gedachte in het rapport, dat ik organisatorisch ontlast zou moeten worden.²⁹

Toch zou deze persoon er de komende jaren niet komen. RCN deed überhaupt opvallend weinig met de aanbevelingen van TNO. De tweede helft van 1957 was namelijk een periode vol financieel gedoe. Op drie financiële punten knelde het. Allereerst was er de kwestie van de aanschaf van de speciale UF6-massaspectrometer bij Metropolitan-Vickers in Manchester. Kistemaker had dit al eerder, vóór de zomer, aangekaart bij het RCN. De kosten van het apparaat – 170.000 gulden – waren in de begroting voor de tweede helft van 1957 opgenomen.³⁰ Dit deel van de begroting bleek echter niet te worden goedgekeurd. Wel was Metropolitan-Vickers in april al begonnen met de constructie van het apparaat. In 1958 zou het klaar zijn. In oktober kwam er van Houwink de mededeling dat het voor 1957 en ‘vermoedelijk ook voor 1958 niet mogelijk zal zijn een massaspectrometer aan te schaffen. Telapparatuur, conventionele uitrusting en faciliteiten voor werk op hoog activiteitsniveau stellen namelijk financieel veel hogere eisen dan aanvankelijk werd vermoed.’³¹ Kistemaker reageerde kwaad op het nieuws. Dit apparaat was ‘absoluut nodig’ voor gasanalyses.³² Hij stelde voor dat RCN een spoedaanvraag van 150.000 gulden direct aan het ministe-

rie van Financiën richtte.³³ Dit was volgens Reyseger echter ‘geen begaanbare weg’. De definitieve order waar Metropolitan-Vickers in oktober tot tweemaal toe bij Kistemaker navraag naar had gedaan moest nog even op zich laten wachten: ze moesten daar in Engeland ‘nog even geduld hebben’.³⁴

Daarnaast ontstond er in december 1957 onduidelijkheid over de boekhouding van Kistemakers project. Tussen de cijfers van Kistemaker en die van RCN zat een verschil van 55.000 gulden.³⁵ Hoe dit kon was Kistemaker ‘een volledig raadsel’. Wellicht waren er boekingen uit 1956 in de boekhouding van 1957 terechtgekomen, of zat er een ‘faseverschuiving in de tijd’ tussen RCN en FOM.³⁶ Ook Beekman begreep niet hoe dit kon gebeuren. Bij FOM besloten ze om alle aan RCN gestuurde stukken (de zogenaamde rekeningen-courant) nog maar een keer na te rekenen. Dit bleek wel uit te komen.³⁷ De kwestie liep eind 1957 met een sisser af. Waarschijnlijk had RCN inderdaad een rekenfout gemaakt of verkeerde rekeningen-courantnummers gebruikt.³⁸

Ten slotte was er de kwestie rond de begroting van 1958. In september kon RCN nog geen uitspraak doen over de 9 ton die Kistemaker nodig dacht te hebben.³⁹ Vervolgens wilde RCN wachten op het definitieve rapport van Staverman, dat eind november verscheen. Maar ook daarna werd het niet duidelijk hoeveel geld Kistemaker in 1958 tot zijn beschikking zou krijgen en hoe hij het project in moest delen. Wel werd hij begin december door Reyseger gewaarschuwd dat er in de RCN-begroting voor 1958 niet gerekend werd op een uitbreiding van het RCN-personeel.⁴⁰ Rond de jaarwisseling had RCN nog steeds geen besluit genomen – noch over de toekomst van het project, noch over de begroting.

Aan het einde van het jaar was Kistemaker de ingewikkelde manier van communiceren zat en nam hij het heft in eigen hand. Op 18 december schreef hij een brief aan E.L. Kramer, de directeur-generaal van Industrialisatie, Energievoorziening en Kernenergie op het ministerie van Economische Zaken. Kistemakers hoop was om een deel van het subsidiebedrag direct van de overheid te kunnen ontvangen in plaats van via RCN. Hij vond ‘het financiële geharrewar dermate storend voor een project dat van zo onmiskenbaar

belang is en waarmede onze internationale vertegenwoordigers nu reeds een jaar lang niet zonder succes een internationaal steekspel uitvoeren, dat ik mij erop bezin hoe deze nare situatie te veranderen. [...] De onevenredig grote inspanning, die men van mij vraagt voor het overwinnen van administratieve en financiële rompslomp, is eigenlijk schandalig, als men zich realiseert hoe weinig mensen ons land bezit, die in staat zijn dergelijke nieuwe projecten te pushen en te leiden.⁴¹ Kistemaker stelde voor om ofwel een speciale budgetpost voor het project bij het RCN in te stellen, ofwel een gedeeltelijke financiering van het directoraat-generaal Kernenergie te krijgen. Kramer wees hem echter de deur: Kistemaker moest het doen met de huidige organisatiestructuur.⁴²

Begin 1958 gaf RCN aan dat ze vooralsnog niet meer dan 4 ton beschikbaar hadden voor het centrifugeproject gedurende het hele jaar 1958.⁴³ Dit was voor Kistemaker een enorme deceptie. Hoe was het mogelijk dat RCN evenveel geld beschikbaar stelde als in 1957 en dus al de adviezen voor uitbreiding van het project in de wind sloeg? Ook Beekman reageerde in een reactie aan Reyseger getergd op het nieuws:

Het feit, dat U nog steeds niet Uw standpunt met betrekking tot de voortzetting van het onderzoek, al dan niet versneld, hebt bepaald, maakt de opstelling van een werkprogramma voor 1958 en daarmee samenhangend de opstelling van de ontwerp-begroting 1958 voor ons en in het bijzonder voor de Leider van het project, prof. Kistemaker, wel zeer moeilijk.⁴⁴

Desondanks trok Kistemaker zich in eerste instantie weinig van het besluit aan. Wellicht was het bluf, maar de begrotingen die hij tussen januari en maart naar Beekman stuurde waren onveranderd groot, met totaalbedragen tussen de 6 en 9 ton. De grootste posten bleven de aankoop van een massaspectrograaf, de kosten van het onderzoek bij Werkspoor en de nieuwe ruimte die voor het testen van centrifuges ingericht moest worden (omdat de bij Werkspoor ingerichte schuilkelders niet meer voldeden). Daarnaast waren ook de personele kosten hoog, ook al hoefden de via RCN gedetacheerde mede-

werkers (vier in totaal) hier niet toe te worden gerekend.⁴⁵ De begrotingen kwamen overeen met de in november 1957 door de WAR besproken rapporten van Kistemaker.

Op maandag 24 maart 1958 vond er bij RCN een lange bespreking plaats over de vraag of het ultracentrifugeproject voortgezet moest worden. Onder anderen Boon, H.W. van Tijen (die later directeur van Neratoom zou worden), Houwink en Kistemaker verschenen op het kantoor van RCN in Den Haag. Tijdens de bespreking bleken de meningen over het al dan niet voortzetten van het project sterk uiteen te lopen. Een aantal van de aanwezigen wilde het onderzoek zo snel mogelijk volledig beëindigen, anderen wilden het juist voortzetten en weer anderen zaten tussen de twee uitersten in. Tegenstanders baseerden hun mening op de zeer onzekere toekomstmogelijkheden voor U-235. Voorstanders argumenteerden juist dat West-Europa zonder eigen productie van verrijkt uranium wel erg afhankelijk zou worden van de VS. Maar dat was in veel opzichten tóch al zo, volgens de tegenstanders van het project.⁴⁶ Kistemaker nam de kritiek serieus, beseftte dat de toekomst van het project op het spel stond en verdedigde daarom met man en macht zijn onderzoek. Hij gaf bijvoorbeeld aan dat het toekomstperspectief van het alternatief voor verrijkt uranium, plutonium, helemaal niet zo rooskleurig was als dikwijls werd gedacht. In de loop van de tijd zou dit wel eens een positieve uitwerking kunnen hebben op de concurrentiepositie van U-235.⁴⁷

De conclusie van de bespreking was echter niet mals. Kistemaker mocht zijn project voortzetten, maar slechts met een budget van 4 ton per jaar. Het was duidelijk dat hij een aantal aspecten moest gaan schrappen. Zo kreeg hij de opdracht om de nieuwe massaspectrometer maar te huren van de leverancier in Engeland in plaats van te kopen. Daarnaast moest hij zijn onderzoek gaan toespitsen op één specifiek doel. Zo snel mogelijk moest hij lange centrifugebuizen op het gewenste toerental zien te krijgen en er UF₆-gas door leiden. Hiermee werd de opdracht van RCN aan FOM beperkt: in plaats van verschillende soorten en maten van centrifuges uit te werken om uiteindelijk de beste te kiezen, moest Kistemaker zich nu focussen op één machine. 'Het gaat er in hoofdzaak

om dat naar buiten getoond kan worden dat iets positiefs bereikt is,' aldus Houwink van RCN.⁴⁸ RCN kwam Kistemaker wel nog wat tegemoet. Er zou geprobeerd worden om voor het jaar 1959 in totaal 7,5 ton beschikbaar te krijgen. Ook ging RCN kijken of er wellicht toch nog 1,5 ton beschikbaar kon komen voor aanschaf van de massaspectrometer.⁴⁹

De bezuinigingen die Kistemaker moest doorvoeren waren aanzienlijk. Kistemaker besloot het gehele materiaalonderzoek in Delft, bij Boon en TNO, stop te zetten. Alle kapitaalinvesteringen, waaronder de massaspectrometer, werden van de begroting geschrapt. Zowel op het laboratorium in Amsterdam als bij Werkspoor moest 50.000 gulden bezuinigd worden.⁵⁰ Aan Werkspoor werd doorgegeven dat voor de werkzaamheden in 1958 in totaal 250.000 gulden beschikbaar was, 'welk bedrag zonder goedkeuring [van FOM] niet overschreden mag worden'.⁵¹ Bij Werkspoor werkten op dat moment twaalf mensen aan het project.⁵²

3 De technische ontwikkeling van de centrifuge in 1957

De grote problemen met de financiering van het project stonden het technische werk aan ultracentrifuges op het Amsterdamse laboratorium niet in de weg. Het project was opgedeeld in drie groepen: een fysische groep, een constructiegroep en een chemische groep. De centrale vraag van het gehele project was bedrieglijk simpel: hoe kan een cilinder met 1200 omwentelingen per seconde rondtollen? De fysische groep rond Joop Los en, in mindere mate, Kistemaker zelf hield zich bezig met zowel theoretisch als experimenteel onderzoek naar het scheidingsmechanisme van ultracentrifuges. Er werd bijvoorbeeld gekeken naar theoretische berekeningen van het scheidend vermogen, de maat voor hoe 'goed' een centrifuge uranium kon scheiden. Deze grootte is afhankelijk van de afmetingen van de trommel. De achterliggende vraag was welke lengte en diameter tot de beste centrifuge zouden leiden.⁵³ Door deze theoretische afwegingen te combineren met economische berekeningen lukte het Joop Los om in de zomer van 1957 tot een duidelijke

lijk afgebakende propositie te komen. Het doel werd om een verticaal draaiende centrifuge van ongeveer 150 centimeter lengte en 5 centimeter diameter te bouwen, ondersteund door een taatslager. De lat voor het toerental werd met 2000 omwentelingen per seconde hoog gelegd. Na de zomer begon de fysische groep aan uitgebreid experimenteel onderzoek naar verschillende aspecten zoals de motoren, lagers en verschillende materialen die gebruikt konden worden in de centrifuges. Elk stukje van de centrifuge – of het nu ging om de snel draaiende rotor, de lager, de ophanging, de taats – werd minutieus onderzocht.⁵⁴ Ook werden allerhande elektromotoren, waar Kistemaker een paar jaar eerder nog grote moeite mee had om er één te vinden, aan uitgebreide tests onderworpen. Over deze motoren was contact met Philips en de firma Brandt. Een zogenaamde Ferraris-motor kwam vooralsnog als beste uit de test naar voren.⁵⁵

De constructiegroep, die bij Werkspoor was gehuisvest, richtte zich voornamelijk op het oplossen van technische problemen. Deze liepen uiteen van magnetische stabilisatie van de trommel tot gas-transport en het ondervangen van hoogfrequente trillingen, die meestal te maken hadden met het passeren van kritische toerentalen die de centrifuge gevaarlijk uit balans brachten. De lagering van de centrifuges was in 1957 het voornaamste probleem. Er werden verschillende mogelijke oplossingen onder de loep genomen. ‘Onderzoekingen aan wentellagers werden afgebroken en het onderzoek van verschillende vormen van glijlagers voor radiale en axiale ondersteuning met kracht voortgezet.’⁵⁶ De chemische groep deed vooral onderzoek naar het lastige UF₆-gas, dat vaak voor corrosie zorgde. Sommige metalen, zoals koper, nikkel, titaan en aluminium, konden beter tegen het bijtende spul dan andere. Omdat aluminium en titaan in aanmerking kwamen om uiteindelijk centrifuges van te bouwen, werden deze metalen in het gas op treksterkte onderzocht.⁵⁷ Dieter Heymann, binnen het lab de kenner van de eigenschappen van UF₆, had zijn kennis vooral opgedaan in Birmingham. De technische kant van het project werd in 1957 gekenmerkt door successen met hoge toerentalen. Aan het einde van het jaar lukte het om een zeer dunne centrifuge (3,9 centimeter diame-

ter) met een toerental van 2000 omwentelingen per seconde te laten draaien. De omtreksnelheid, de eenheid die aangeeft hoe snel het oppervlak van de rotor beweegt, was 220 meter per seconde.⁵⁸ Geen geringe prestatie.

Na de bezuinigingen in de eerste maanden van 1958 werden de fysische en de chemische groep samengevoegd tot één fysisch-chemische groep. Joop Los had de leiding. In bepaald opzicht waren Kistemaker en Los elkaars tegenpolen. Waar Kistemaker licht ontvlambaar kon zijn was Los altijd de rust zelve. Waar Kistemaker wel eens vastliep in een berekening of fysisch concept, was Los theoretisch zeer sterk. Je zou Kistemaker kunnen zien als zakelijk leider en Los als wetenschappelijk leider, maar dat zou toch tekortdoen aan de kwaliteiten van Kistemaker. Kistemaker wist precies waar de pijnpunten zaten, begreep donders goed hoe een centrifuge werkte en kwam aan de lopende band met inventieve oplossingen en ideeën. Hij was niet slechts de manager van het project, integendeel, hij zat tot over zijn oren in de fysica van de centrifuges. Kistemaker uitte zo nu en dan zijn twijfels over Los als enige leider van de fysisch-chemische groep. In februari 1958 meldde hij zich (voor de zoveelste keer) bij Blok in Delft met de vraag of er niet nog een 'capabele man, liefs een jonge kerel' was die op het lab zou kunnen komen helpen. 'Op dit ogenblik is de constructiegroep in dit laboratorium onder leiding van Drs. Los en, ofschoon hij enkele zeer goede M.T.S.'ers heeft, vind ik het toch een onverantwoorde situatie bij dit, zo veel geld kostende, project te veel op één man te bouwen, bovendien ben ik van mening dat Los in de eerste plaats een fysicus is en zich in de nabije toekomst meer met scheiding, chemische technologie en fysische problemen in de ultracentrifuge bezig zal moeten houden.'⁵⁹ Ook nu werden er echter geen nieuwe krachten aangetrokken.

De door Los gepresenteerde propositie, de anderhalve meter lange centrifuge, werd in de lente van 1958 aan uitgebreid trillingsonderzoek onderworpen. In juni draaide een horizontale opstelling op bijna 700 toeren per seconde, waarbij vijf lastige kritische trillingspunten waren gepasseerd. Aangezien een zeer kleine verstoring bij een centrifuge desastreuze gevolgen kon hebben, was het

van groot belang om eventuele verstoringen zo snel en effectief mogelijk te dempen. Een van de oplossingen was om dit met magneten te doen. Hiervoor werd onder andere contact opgenomen met J. Smit van Philips, die ook al in eerdere jaren was ingeschakeld bij het project.⁶⁰ De centrifuges werden in twee soorten gecategoriseerd: onderkritische en bovenkritische centrifuges, die ook wel subkritieke en superkritieke centrifuges werden genoemd. Het onderscheid heeft te maken met het feit dat een roterend systeem altijd een of meerdere eigenfrequenties zal hebben. Dat zijn frequenties waarbij het totale systeem in een bepaalde beweging komt die hoort bij dat systeem. Vaak manifesteert zich dit in schommelingen of trillingen. Het opdraaien van de rotor van de centrifuge naar een bepaalde frequentie kost energie. Bij het passeren van eigenfrequenties wordt een deel van de toegevoerde energie omgezet in een schommeling of trillingsbewegingen. Deze energie wordt daardoor geen deel van de rotatie-energie. Als een systeem geen eigenfrequenties hoeft te passeren is het onderkritisch en kunnen de eisen aan de rotor en de ophanging minder streng zijn dan wanneer een rotor superkritisch moet draaien en er eigenfrequenties gepasseerd moeten worden. Het totale systeem wordt er in elk geval complexer van om te bedienen. De ligging van eigenfrequenties wordt door vele factoren beïnvloed, onder andere ook het gyroscopisch effect van de rotor. In de lente van 1958 rekende ingenieur Wind beide soorten centrifuges door. Ook werkte hij een gedetailleerde schets voor een onderkritische centrifuge uit.⁶¹

De problemen werden altijd in samenspraak met Werkspoor aangepakt. Ook daar werd dempingsonderzoek gedaan, eerst met rubber en later met magneten. Ook vond er, bijvoorbeeld, onderzoek naar oliegesmeerde glijlagers plaats, maar die hadden al snel met grote problemen te kampen.⁶² Tijdelijk werd toevlucht gezocht tot kogellagers, waarvan al langer bekend was dat ze de grote snelheden niet aan zouden kunnen. Ook werd er uitgebreid onderzoek verricht naar zogenoemde 'hydrosphere-lagers'. Dit waren een bepaald soort taatslagers die op een dun laagje water (een film) slippen. Belangrijkste doel hiervan was om de juiste dikte van de taats te vinden.⁶³ De schets die Wind had gemaakt voor een onderkriti-

sche centrifuge werd bij Werkspoor verder uitgewerkt. Bij wijze van experiment voor de assen van dit soort centrifuges werd een 300 gram zware aluminium schijf op een motor gemonteerd. Tijdens lange proeven (bijna 24 uur aan een stuk draaien) ontstonden er vermoeidheidsbreuken in de assen. Desalniettemin werd eind juni begonnen met de opstelling van een onderkritische trommel die op 1100 Hz moest gaan draaien.⁶⁴

4 Internationale proposities

In de winter van 1958 bracht Kistemaker een bezoek van bijna een maand aan de Verenigde Staten. Doel van deze reis was om contacten met bekenden weer aan te halen en om te pogen tot een 'herorientatie op het gebied der niet geclassificeerde "nuclear physics" te komen'.⁶⁵ Hij ontmoette onder andere Willard Libby van de AEC, met wie hij in de herfst van 1957, na de al eerder beschreven besprekingen met Kolstad, contact had over een eventuele bilaterale overeenkomst. Toen werd een dergelijke samenwerking door Kistemaker nog van tafel geveegd, vooral omdat er op dat moment verschillende overleggen met Duitsland en met Euratom plaatsvonden, waarbij een Amerikaanse samenwerking vooral zou interfereren. Maar in 1958 was de houding van Kistemaker wat bijgetrokken. Zo schreef een medewerker van het ministerie van Buitenlandse Zaken in een memorandum: 'De hernieuwde contacten met Dr. Libby en andere stafleden van AEC hadden voor Professor Kistemaker ten doel om op informele wijze na te gaan hoe een samenwerking met Amerika op het gebied der ultracentrifuge zou kunnen plaatsvinden met inschakeling van Amerikaanse geldelijke bedragen'.⁶⁶ Over dit voorstel had Kistemaker voor vertrek informeel contact gehad met Schierbeek van Economische Zaken.

Dat Kistemaker in 1958 anders tegenover een Amerikaanse samenwerking stond dan anderhalf jaar eerder is, volgens het hierboven aangehaalde memo, vanuit een aantal factoren te verklaren. Ten eerste waren de Amerikanen openhartig over hun verlangens om coördinerend in Europa op te treden. Ze waren niet alleen

nieuwsgierig naar de wetenschappelijke en technische kennis die in Nederland ontwikkeld werd, maar ze wilden vooral ook een vinger in de Europese pap hebben. Ten tweede kampte Kistemaker al een tijd met geldgebrek. Wie weet konden de Amerikanen bijspringen en het onderzoek met financiële middelen versnellen. Ten derde was Kistemaker ervan overtuigd dat de Amerikanen positief tegenover zijn onderzoek stonden.⁶⁷

De bezoeken die Kistemaker bracht aan de AEC in Germantown vielen echter niet zo positief uit als vooraf gehoopt. De AEC bleek zelf ook problemen te hebben met budgetten. Daarnaast zou er geen eenvoudige en snelle beslissing genomen kunnen worden: het State Department moest er ook nog zijn licht over laten schijnen. Bij de vergadering waren naast Libby ook Myron Kratzer en Kolstad, beiden van de AEC. Kistemaker had de technisch-wetenschappelijk attaché van het ministerie van Buitenlandse Zaken, ingenieur J.C. Diels, meegenomen. 'Het werd tijdens deze bijeenkomst duidelijk,' zo rapporteerde Kistemaker na afloop, 'dat wij door een dikke brij van bureaucratie heen zouden moeten gaan om voor de voorgestelde Amerikaanse geldelijke bijdrage voor het Nederlandse onderzoek hoe dan ook een kans te maken.'⁶⁸

In een volgende bespreking (na de lunch) werd dieper ingegaan op de technische kant van het Nederlandse onderzoek. Kistemaker vertelde wat hij durfde te vertellen binnen het raamwerk van geheimhouding en industriële belangen. 'Door de heer Kolstad werd ijverig aantekeningen gemaakt. De Heren waren zeer geïmponeerd door cijfers die de potentiële economische mogelijkheden van het ultracentrifuge onderzoek deden uitkomen.'⁶⁹ Het voorstel van Kistemaker leverde geen succes op. Er waren te veel praktische problemen om snel tot een akkoord te komen. Ook hield Kistemaker misschien iets te veel vast aan zijn idee dat er geldelijke vergoeding tegenover een samenwerking moest staan.⁷⁰

In de zomer van 1958 kwam er een vervolg op het bezoek van Kistemaker aan de vs. Op 27 en 28 juni kwam Kolstad naar Amsterdam. De reden van het bezoek was duidelijk: 'Het opnemen van informeel contact met Duitse en Nederlandse deskundigen over een eventuele open samenwerking op het gebied der isotopenscheiding

van de drie landen binnen het raam van Euratom.⁷¹ Kolstad verklaarde dat hij intern, binnen de AEC, de zaak aan het rollen wilde brengen. Eenvoudig zou dit niet zijn, legde hij uit. Via de General Director of the Research Division (prof. John Williams), in overleg met de Division International Affairs U.S. A.E.C. (dr. John Hall) zou hij een voorstel moeten doen aan de Board of five Commissioners (prof. Libby). Deze Board kon zich dan in overleg met het General Advisory Committee (waarin prof. Jesse Beams voor ultracentrifuges) en met het State Department tot Euratom wenden met een voorstel voor een technische samenwerking met Duitsland en Nederland.⁷²

Wat kon de rol van Nederland in dit plan zijn? Kistemaker wist wat er nodig was:

Uit al het bovenstaande en de opmerking van de zijde van Dr. Kolstad die er op neerkwam dat men in Duitsland zowel als in de U.S.A. 'misschien wel bereid' zou zijn de Nederlandse groep in de samenwerking op te nemen, mits wij in staat zijn op een reële zakelijke en niet te langzame wijze te reageren, is mij gebleken dat:

De Duits-Amerikaanse samenwerking waarschijnlijk doorgaat met of zonder ons.

Als het zonder ons gaat gebeuren zal dit een volledige isolatie van onze positie betekenen in een landje, dat voor vraagstukken van deze omvang veel te klein is.⁷³

Praktisch stelde Kolstad voor om een zogenoemd 'Steering Committee' in het leven te roepen met leden uit de vs, Duitsland en Nederland. Dit zou vanuit Washington geïnitieerd worden. Tussen neus en lippen door meldde Kolstad ook nog een nieuwtje. Gernot Zippe, de Oostenrijker die Kistemaker een jaar eerder over de kleine taatsgelagerde Sovjetcentrifuges vertelde, kwam naar Virginia in de vs om daar aan ultracentrifuges te gaan werken.⁷⁴ In het komende jaar zou hij de Sovjetcentrifuge stap voor stap nabouwen. In de zomer en in het najaar werd over de Amerikaanse propositie nagepraat.

Van 1 tot 13 september 1958 vond in Genève de tweede Atoms for Peace-conferentie plaats. Een gigantische bijeenkomst in het oude gebouw van de Volkenbond. Voorzitter van de Nederlandse delegatie was J.H. de Boer. Kistemaker was gevraagd om een korte voordracht te houden over het ultracentrifugeproject.⁷⁵ Samen met Joop Los en Veldhuyzen sprak hij over 'The enrichment of uranium isotopes with centrifuges'.⁷⁶ Aan de conferentie ging van Nederlandse zijde een strakke organisatie vooraf. De verschillende sessies van de conferentie waren over de Nederlandse aanwezigen verdeeld, zodat bij alle voordrachten in elk geval één Nederlander aanwezig was. Er waren vijf zogenaamde *representatives* van Nederland: voorzitter De Boer, Boon, Brinkman, J.A. Cohen en J.E. de Graaf uit Delft. Daarnaast waren er 53 Nederlandse *advisers* in Genève, waaronder Kistemaker, Schierbeek, Kramer, De Haas, Aten, Casimir, Goedkoop, Slotboom en Went. Met andere woorden: iedereen was er. Kistemaker logeerde bij zijn oude kompaan Zilver schoon, met wie hij eind jaren veertig aan de elektromagnetische isotopenseparator had gewerkt. Zilver schoon was met Bakker mee naar Zwitserland vertrokken om bij CERN te werken. In totaal kwamen er meer dan vijfduizend mensen op de conferentie af: wetenschappers, diplomaten en gewone bezoekers. De gigantische conferentie vond plaats in het oude gebouw van de Volkenbond.

Kistemaker had als taak de lezingen over isotopenscheiding te volgen. Twee onderwerpen waren binnen dit veld dominant: productie van zwaar water en de scheiding van uraniumisotopen. Over uranumscheiding waren er vier opzienbarende Franse lezingen. De Russen, Engelsen en Amerikanen hadden afgesproken op deze conferentie niet over gasdiffusie te spreken, vandaar dat de Franse voordrachten echt als onthullingen kwamen. Ze gingen over de inmiddels draaiende proeffabriek en de bijbehorende vervolgplannen voor een grote diffusiefabriek.⁷⁷ Kistemaker had echter zo z'n twijfels over het onthullende karakter van de lezingen:

Geen enkel ander land in de wereld kan zich thans veroorloven zo'n diffusiefabriek te bouwen, ofschoon men dit met de Aziatische landen (Japan, China, India) nooit zeker weet. [...]

Het klinkt dan ook nogal voorbarig dat de Fransen met deze onthullingen aan alle landen de mogelijkheid hebben gegeven atoombomben te maken.⁷⁸

Kistemaker was veel meer geïnteresseerd in zijn Duitse collega's. Becker sprak bijvoorbeeld over zijn eigen methode voor uranium-verrijking, de Trenndüse. Zijn onderzoek was inmiddels redelijk succesvol (een scheidingsfactor van 0,004) en ook Becker had besloten zijn onderzoek voort te zetten bij Degussa. De centrifuges van Groth werkten volgens Kistemaker 'bevredigend' maar waren nog steeds veel te duur voor kapitaalinvesteringen en massaproductie.⁷⁹ Kistemaker was verbaasd Steenbeck op de conferentie tegen te komen, die samen met Zippe aan de wieg stond van de centrifuges die aan de Zwarte Zee waren ontwikkeld.⁸⁰ Steenbeck was naar Oost-Duitsland teruggekeerd en reageerde enthousiast op Kistemakers berichten over het Nederlandse project. De twee hielden ongeveer een jaar lang, in de woorden van Kistemaker, 'zeer nuttig contact'.⁸¹

In het kader van de toekomst van het ultracentrifugeproject speelde op de achtergrond de kwestie in hoeverre de vraag naar verrijkt uranium in de komende jaren zou groeien of juist zou afnemen. RCN liet het besluit of het centrifugeproject wel of niet doorgezet moest worden immers afhangen van de (Europese) vraag naar verrijkt uranium. De conclusie die Kistemaker trok uit dat wat hij in Genève hoorde, was duidelijk. Aangezien atoomenergie de komende vijftientig jaar naar verwachting nog aanzienlijk zou groeien, achtte hij een toenemende vraag naar verrijkt uranium reëel.⁸² Daarnaast werkten de meeste reactoren met laag verrijkt uranium (1-3 procent verrijking).⁸³ Dit was precies wat centrifuges goed konden. In de maanden na de conferentie in Genève nam de WAR deze conclusie over, door te stellen dat 'het alleszins aanbeveling verdient het [ultracentrifuge]onderzoek voort te zetten'.⁸⁴

Tien dagen na het einde van de conferentie in Genève stond er nog een groot evenement op stapel. De Euratom-Commissie, onder voorzitterschap van Louis Armand, kwam drie dagen op bezoek in Nederland. Het programma was vol, met op 24 september

een regeringsdiner, op 25 september een ontvangst door koningin Juliana en daarnaast bezoeken aan Petten, Philips, de Fokker-fabrieken, KEMA én het laboratorium van Kistemaker.⁸⁵

Voorafgaand aan het bezoek van de commissie ontstond er bij de minister van Volkshuisvesting en Bouwnijverheid ophef over de bouw van het nieuwe laboratorium in de Watergraafsmeer, waar inmiddels mee was begonnen. Er werd in Amsterdam in de zomer van 1958 veel gebouwd en daarom weigerde de minister de bouw van het lab voort te zetten, 'op grond van de overspanning van het Amsterdamse bouwvolume en de onttrekking van arbeiders aan de arbeidsmarkt'.⁸⁶ Van verschillende kanten kwam er bezwaar tegen dit besluit. Minister Cals en verschillende groepen die in Den Haag bij het ministerie van Buitenlandse Zaken met atoomenergie en Euratom bezig waren, spraken hun ongenoegen hierover uit. Het nieuwe laboratorium was immers een van de prestigeobjecten – zelfs 'raison d'être' – van het aankomende bezoek van de Euratom-Commissie.⁸⁷ Kistemaker toog daarom hoogstpersoonlijk op 29 augustus naar het ministerie van Volkshuisvesting om daar over de kwestie te spreken met de directeur-generaal A.H. Günther. Tijdens het 'vrij heftig verlopen gesprek' wist Kistemaker Günther te overtuigen van het belang van een snelle bouw van het laboratorium. Doorslaggevend was volgens Kistemaker het argument dat Nederland 'niet op formaliteiten het gezicht moet verliezen tegenover de andere Euratom-landen'.⁸⁸ Op de achtergrond zou echter meegespeeld kunnen hebben dat de directeur-generaal voor Europese Samenwerking de kwestie direct hoog speelde door contact op te nemen met Cees Fock, de voorzitter van de commissie voor Atoomenergie en een directe adviseur van de minister-president.⁸⁹ Het was duidelijk van landsbelang om de bouw van het laboratorium, als prestigeobject, aan de Euratom-Commissie te kunnen tonen.

Het bezoek van de commissie werd een groot succes. Minister-president Willem Drees stuurde Kistemaker een persoonlijke dankbrief naar aanleiding van de ontvangst van de commissie op zijn (oude) laboratorium. 'Het feit, dat U bij deze gelegenheid tevens nieuwe gegevens in Uw uiteenzetting hebt willen betrekken, zal on-

getwijfeld de nodige indruk bij de leden van de commissie hebben achtergelaten,' schreef Drees.⁹⁰ Kistemaker zag direct goud in dit schrijven: 'Ik beschouw deze [brief] als waardevol materiaal voor propaganda acties en zou gaarne [Beekmans] advies vernemen hoe deze [...] het beste te gebruiken. In elk geval stel ik voor kopieën ervan rond te zenden in de commissie voor Massascheiding en -Analyse en aan het bestuur van FOM.'⁹¹

5 Een Duitse connectie?

Naar aanleiding van de conferentie in Genève bouwde Kistemaker met drie groepen in Duitsland zijn contacten uit: twee in het Westen en één in het Oosten. De belangrijkste van deze drie was Alfred Boettcher van Degussa. Sinds de herfst van 1957 hield het Duitse bedrijf zich bezig met onderzoek naar ultracentrifuges.⁹² Het onderzoek kwam voort uit contacten met Gernot Zippe, vlak na zijn bezoek aan het Amsterdamse symposium. Een belangrijke rol was hierbij weggelegd voor Scheffel, een collega van Zippe uit de Sovjet-Unie, die voor Degussa was gaan werken na zijn terugkomst in het Westen. Zippe voegde zich later bij hem en zo verwierf Degussa unieke kennis over het bouwen van ultracentrifuges. Al snel probeerde het bedrijf deze kennis in octrooien vast te leggen. Boettcher was de drijvende kracht achter de onderzoeken.

Kistemaker ontmoette Boettcher in de laatste jaren van het decennium slechts sporadisch. De Duitse industrieel bleek, toen Kistemaker hem in Genève sprak, nog niet te weten hoe hij de toekomst van zijn centrifugetechnologie wilde vormgeven. Hij vertelde Kistemaker dat hij een aantal mogelijke scenario's overwoog. Allereerst was er de mogelijkheid om het Duitse centrifugeonderzoek te bundelen en samenwerking te zoeken met Groth en Beyerle. Boettcher twijfelde echter of dit een goed plan was, voornamelijk omdat de twee wetenschappers voor het nog jonge *Gesellschaft zur Förderung der Kernphysikalischen Forschung e.V.* (GFKF) in Jülich waren gaan werken: een veelkoppig, ingewikkeld, lichaam, aldus Boettcher, bovendien zonder duidelijke rechtspositie. 'De situatie is te vaag

voor Degussa om met hun in zee te gaan,' liet hij Kistemaker weten.⁹³ Daarom leek het Boettcher beter om zijn pijlen op Euratom te richten. Over een zogenaamd 'klein contract' van Euratom – minder dan 300.000 rijksmark – bestond al contact tussen Degussa en Jules Guéron, de directeur-generaal van Onderzoek en Onderwijs van Euratom. Daarnaast was Boettcher op de hoogte van de Amerikaanse interesse voor Euratom. Hij probeerde zijn project hier tactisch tussen te krijgen. Ten slotte bleek er een wederzijdse belangstelling te bestaan voor een samenwerking, te meer daar beide groepen zich richtten op vergelijkbare verticaal draaiende taatscentrifuges.⁹⁴

In de maanden volgend op de conferentie in Genève werden deze ideeën uitgewerkt. Zo ontstonden er plannen om in oktober zowel met Degussa, als met Euratom besprekingen te hebben. Kistemaker begon voorbereidingen te treffen om zijn eigen internationale positie te toetsen. Vooral het patenteren van het Nederlandse project moest een zeer hoge prioriteit krijgen. 'De octrooi positie bij de ultracentrifuge is tot onze verbazing niet eenvoudig. Er zijn zeer veel patenten op draaiende voorwerpen,' waardoor de octrooideskundige die de octrooien behandelde wel zeer 'gehaaid' moest zijn.⁹⁵ Deze taak lag bij het octrooibureau van Fa. Arnold in Den Haag, dat ook de octrooien voor Werkspoor behandelde. Het was een bekend octrooibureau, maar 'die heren hebben het zo druk, dat ze feitelijk alleen maar kunnen opschrijven en behandelen wat hun opgedragen wordt'.⁹⁶ Wellicht zou een ander bureau beter zijn? Iemand met Philips-ervaring, bijvoorbeeld? Maar er veranderde vooralsnog weinig.⁹⁷ Volgens RCN was Arnold nu eenmaal 'een van de beste bureaux'.⁹⁸

Ondanks het feit dat Kistemaker onderhandelingen met Degussa en Euratom wilde, besloot RCN dat internationale besprekingen in 1958 niet opportuun waren. Kistemaker werd opgedragen te wachten tot RCN meer duidelijkheid kon geven over de toekomst van het project.⁹⁹ Tegelijkertijd kwam er een vergelijkbaar geluid vanuit Duitsland, waar Boettcher van besprekingen met Kistemaker afzag, omdat de technologie (de 'research', zoals Kistemaker het noemde) in Duitsland nog niet ver genoeg was gevorderd.¹⁰⁰

Op de achtergrond was echter meer aan de hand. Degussa was snel geweest met het indienen van een aantal cruciale octrooien, en ontwikkelingen in de relatie tussen Duitsland en de vs leidden tot een speciale uitwisseling van kennis: Zippe werd met Amerikaans geld naar de vs gehaald om daar een jaar lang een replica van een Sovjet-centrifuge te bouwen onder het toeziend oog van zowel Jesse Beams als de AEC. Vanwege deze ontwikkelingen besloot Boettcher dat er op dit moment geen rol was weggelegd voor Kistemaker en het Nederlandse project. Begin 1960 zou dit veranderen, zoals we in het volgende hoofdstuk zullen zien.

De tweede groep waarmee Kistemaker naar aanleiding van de conferentie in Genève misschien een samenwerking aan wilde gaan was de groep rond Groth, nu dus in Jülich, 'indien zijzelf de kracht en het initiatief weten op te brengen hun UC-project te euratomiseren', aldus Kistemaker.¹⁰¹ Hij vervolgde: 'Een regeling zou ons zeer welkom zijn uit morele overwegingen, daar wij zeer veel aan de groep Groth te danken hebben. De harde praktijk is evenwel dat in feite een samenwerking tussen de Nederlandse groep en de Groep Groth – GFK[F] naar ik vrees, in het land der holle frasen terecht zal komen.'¹⁰² Hij had gelijk. Aangezien Kistemaker en Groth niet aan dezelfde soort centrifuges werkten, was samenwerking onwaarschijnlijk. Dit bleef de volgende jaren de belangrijkste reden om niet direct samenwerking te zoeken. Wel bleken de centrifuges die Groth bouwde – grote en dure, 'machinebouwkundige' centrifuges – 'dermate imponerend'¹⁰³ dat de Braziliaanse regering van generaal Alvaro Alberto drie centrifuges in São Paulo wilde laten opstellen.¹⁰⁴ Groth stemde hiermee in, maar op het moment dat de centrifuges klaar waren om naar Brazilië te worden verscheept, greep de Amerikaanse chemicus James Conant, 'U.S. high commissioner to Germany', in. De deal ging niet door.¹⁰⁵ Rond deze tijd begon ook de Amerikaanse industrie zich voor centrifuges te interesseren. Door de AEC werden de benodigde vergunningen afgegeven voor een import van zeven centrifuges van Groth door de firma Thor-Westcliffe Development in Santa Fe. Deze centrifuges zouden de basis vormen voor een kleine centrifugefabriek in Pittsburgh. Een belangrijk moment,

volgens historicus Stephan Geier, want voor het eerst ‘wurde Nukleartechnologie “Made in Germany” in die Vereinigten Staaten exportiert und nicht umgekehrt’.¹⁰⁶ Volgens Kistemaker waren deze centrifuges echter veel te duur, zowel in productie als in exploitatie.¹⁰⁷

De derde groep waar Kistemaker in Genève contact mee had, was die van Steenbeck. In de lente van 1959 leek het Kistemaker goed om Steenbeck voor ‘een dag of drie’ naar Nederland te halen en met hem over uranumscheiding en ultracentrifuges te praten.¹⁰⁸ Aangezien Steenbeck na zijn terugkomst uit Rusland een professoraat in Jena had aanvaard, zorgden de geopolitieke spanningen van het einde van de jaren vijftig ervoor dat dit een ‘delicate zaak’ was. Kistemaker zou voor deze man weinig verborgen kunnen houden. Aan de andere kant waren de principes van de verticale centrifuge van de Duitse wetenschapper afkomstig. Er was daarom meer te winnen dan te verliezen. Aan RCN schreef hij: ‘Wij zijn geen beginners meer in het vak, wat betekent dat elke goede tip van zijn kant bij ons snel voor realisatie in aanmerking komt. Dat is in het huidige stadium van de ultracentrifugeontwikkeling van het hoogste belang.’¹⁰⁹ RCN reageerde echter afhoudend en het bestuur besloot ‘dat het niet aanbevelingswaardig was om bedoelde hoogleraar uit te nodigen voor een bezoek aan het ultracentrifugeproject, omdat deze zaak inderdaad te delicaat is op grond van meer dan één overweging’.¹¹⁰ Het belangrijkste argument was dat de kans op het uitlekken van kennis naar de andere kant van het IJzeren Gordijn te groot was.

6 Eindelijk zekerheid?

De octrooien die uit het ultracentrifugeproject voortvloeiden werden door RCN als rechthebbende ingediend.¹¹¹ Bij RCN was Gerbrandy het afdelingshoofd van Juridische Zaken en Octrooien. De redactie van de centrifugeoctrooien werd bij RCN verzorgd door J.J. de Kler, die de octrooien vervolgens liet indienen door het bureau van de firma Arnold in Den Haag.¹¹² Kistemaker zelf wist weinig van oc-

trooien en ook zijn laboratorium had er weinig ervaring mee. Werkspoor was op octrooigebied ook 'vrijwel leek'.¹¹³ Tussen Werkspoor en FOM bestond de afspraak alle octrooiaanvragen 'ten name en ten gunste' van RCN aan te vragen. Zodra de naam van een uitvinder opgegeven werd was het afspraak altijd één naam van FOM en één naam van Werkspoor te noemen.¹¹⁴

In mei 1959 ontstond er ophef over een octrooi waarvan de eerste versie al twee jaar eerder, in februari 1957, was ingediend. Het was een octrooi over de vacuüm afdichting van de centrifuge, het zogenaamde hoogvacuümseal. Al sinds eind 1956 werd hieraan gewerkt, onder anderen door Joop Los. Het duurde lang voordat de aanvraag door de octrooiraad werd behandeld en in 1958 bleek er collisie, ook wel botsing genoemd, met een ander octrooi: rond dezelfde tijd bleken er in het buitenland verschillende aanvragen ingediend die erg op de Nederlandse leken. Vanuit onverwachte hoek werd de aanvraag bemoeilijkt. Boon, die al sinds 1956 van de ontwikkeling van het hoogvacuumseal bij het centrifugeproject wist, had in oktober 1958 in Berlijn een voordracht gehouden en publiceerde die in maart 1959 in het tijdschrift *Chemie Ingenieur Technik*. Hierin noemde hij het hoogvacuumseal dat door het laboratorium bewust altijd buiten publicatie was gehouden. Dit alles tot ergernis van Kistemaker, die voorzag dat deze toch al lastige aanvraag nu nog meer vertraging op zou lopen.¹¹⁵ Daarnaast, zou Boon misschien achter het octrooi zitten dat voor collisie zorgde met die van het project?

Volgens Boon zou het allemaal wel loslopen. Hij vond het überhaupt nooit nodig om te wachten tot het octrooi verleend werd alvorens tot publicatie over te gaan. 'Immers, het [verlenen van het octrooi] vindt vaak pas vele jaren na indiening van de aanvraag plaats en lukt in Nederland vaak niet, terwijl dezelfde aanvraag in het buitenland wel wordt aanvaard.'¹¹⁶ Daarnaast had Boon geen idee waar de collisie vandaan kwam. Noch hij, noch zijn onderzoeksinstelling, de Stichting Chemische Werktuigen, had een vergelijkbare aanvraag ingediend. Wel meende hij zich te herinneren dat hij degene was en niet Joop Los, die in september 1956 het idee opperde voor een dergelijke afdichting. 'Immers, ik ben reeds sinds

1952 met deze afdichting bezig!¹¹⁷ Desondanks maakte Boon zijn excuses aan Kistemaker voor het geval er toch moeilijkheden zouden ontstaan naar aanleiding van zijn publicatie.

De besprekingen met Degussa werden eind 1959 door Kistemaker nieuw leven ingeblazen – en met meer succes. De octrooisituatie was, volgens Kistemaker, (nog steeds) ‘bijzonder onprettig’,¹¹⁸ en hier moest iets aan worden gedaan. Er bestonden al veel octrooien op draaiende systemen in het algemeen en verder was Kistemaker er uit ‘inside information’ – waarschijnlijk via Groth¹¹⁹ – achter gekomen dat Zippe en Scheffel in 1957 hadden getracht met hun kennis uit de Sovjet-Unie de octrooipositie van snel draaiende centrifuges in het Westen (Steenbeck mocht het Oosten ‘hebben’) te blokkeren.¹²⁰ Geen van die patenten was in 1959 toegekend of gepubliceerd, behalve ‘één klein Belgisch patent’.¹²¹ Voor Kistemaker was het onduidelijk om wat voor patenten het ging en hoe Nederland zijn positie hierin zou kunnen verstevigen. Een samenwerking met Duitsland zou voor dit probleem een oplossing bieden. Bovendien was het Scheffel in 1959 gelukt om een centrifuge gevuld met UF₆-gas draaiende te krijgen. Ook Zippe lukte het na zijn terugkomst uit de VS om een centrifuge geschikt voor UF₆ te bouwen. Deze successen zorgden ervoor dat Boettcher besloot dat de research nu wel voldoende gevorderd was om met Nederland gesprekken aan te gaan over samenwerking. Ook het bestuur van RCN kon zich vinden in Kistemakers hernieuwde voorstel om samen met Werkspoor ‘oriënterende besprekingen’ te voeren met Degussa en met Euratom, ‘waarbij uiteraard wordt aangenomen, dat [Kistemaker] de Directie van RCN regelmatig van de te voeren besprekingen op de hoogte zal houden’.¹²² Waarschijnlijk speelde voor RCN mee dat een belangrijke inzet bij deze besprekingen was om internationale financiering van het onderzoek los te krijgen, met name via Euratom, maar wellicht ook vanuit Degussa. Maar, aldus Kistemaker, ‘[m]ij lijkt nu evenwel, dat de Nederlandse staat hier niet moet trachten op een koopje de ontwikkeling nu verder door derden te laten betalen’.¹²³ Bovendien, zelfs als bleek dat een samenwerking met een buitenlandse industrie niet mogelijk zou zijn, was het belangrijk dat Nederland als gesprekspartner actief in de internationale arena bleef, aldus Kiste-

maker. 'Zonder dat zullen wij zeer binnenkort volledig uitgerangereerd zijn.'¹²⁴ Over de onderhandelingen met Duitsland in het volgende hoofdstuk meer.

De problemen met het stabiel krijgen van de centrifuges speelden tot het einde van 1958. In de loop van het jaar lukte het om de damping te verbeteren, onder andere met behulp van een nieuw ontworpen, zeer lichte motor. In december werd een omtreksnelheid van 350 meter per seconde bereikt, voor het laboratorium een nieuw record. 'De trommel bleek nu volledig stabiel te zijn en dus kon het toerental zo hoog worden opgevoerd tot – ten gevolge van het bereiken van de breukgrens van het trommelmateriaal – een reïne explosie optrad. Dit vond plaats op 17 december bij 365 m/sec,' aldus Kistemaker in een verslag voor RCN.¹²⁵

Naast het stabiel krijgen van de trommels bleef ook de lagering problematisch. Aan de ontwikkeling van de hydrosfere taatslager werden ernstige moeilijkheden ondervonden. 'Er blijken in deze lager trillingen op te treden, die onder omstandigheden catastrofaal zijn,' schreef Kistemaker aan het einde van 1958. 'Wij zijn evenwel van mening dat het werken met kogellagers ook bij kleine diameters ongewenst is en dat een soort taatslager de aangewezen oplossing is. Eenvoudiger kan het n.l niet. Dat is de reden, dat wij de laatste 6 weken onze volle aandacht aan de taatslager research hebben moeten geven, bij welke gelegenheid een 3-tal centrifuges gesneuveld is. De vooruitgang is evenwel zeer duidelijk.'¹²⁶

De plannen voor 1959 waren wederom ambitieus. In de lente van 1959 zouden er drie centrifuges gebouwd worden waarmee in de zomer het scheiden met UF₆-gas zou moeten beginnen. Vervolgens zouden dan in augustus en september een tiental geschakelde centrifuges opgebouwd worden.¹²⁷ Het UF₆-gas kon dan continu door deze onderkritische centrifuges lopen. Het verrijkte gedeelte van dit gas kon direct door de massaspectrometer van Metropolitan-Vickers worden geanalyseerd. De spectrometer werd medio 1959 verwacht.¹²⁸ Begin november 1958 ging het bestuur van RCN uiteindelijk toch akkoord met de aanschaf van deze spectrometer die Kistemaker al anderhalf jaar zo graag op zijn laboratorium had gehad.¹²⁹ De begrote kosten voor 1959 zouden uitkomen op in to-

taal 527.000 gulden. Om en nabij 3 ton voor Werkspoor zaten hierbij inbegrepen. Ook werd er rekening gehouden met een personeelsuitbreiding van twee academici en vier technici. De post met uitbesteding voor derden werd ten opzichte van 1958 aanzienlijk verhoogd, naar 75.000 gulden. 'Deze post was in 1958 veel te laag. De zo door ons gewenste samenwerking met IWECO, prof. J.J. Koch, Delft, heeft hier zeer ernstig onder geleden.'¹³⁰

RCN ging ook nu weer niet akkoord. In eerste instantie stelde ze een budget van 265.000 gulden beschikbaar, wat wellicht opgehoogd kon worden tot een maximum van 4 ton. Sowieso was er zodoende een tekort van 127.000 gulden ten opzichte van de door Kistemaker ingediende begroting.¹³¹ RCN stelde hierom nogmaals dat allereerst de beperkte opdracht – namelijk het bouwen van subkritische centrifuges om aan te tonen dat het scheidingsprincipe kan worden uitgevoerd – voltooid moest worden.¹³² Binnen afzienbare tijd moesten centrifuges met UF6 gaan draaien. Dit was niet alleen cruciaal voor het onderzoek naar het scheidend vermogen (waarmee economische voorspellingen gedaan konden worden), maar zou vooral een belangrijke psychologische mijlpaal betekenen. Bovendien kon uraniumscheiding als reclame gebruikt worden voor de internationale positie van het project. Immers, wat was een centrifugeprogramma waard als er nog niet eens uranium mee verrijkt kon worden?¹³³

Het bestuur van FOM reageerde gelaten op het besluit van RCN om de beperkte opdracht voort te zetten en uitbreiding van het project op deze manier tegen te gaan. Tijdens de vergadering van het FOM-bestuur werd voor het eerst de vraag gesteld wanneer FOM zijn medewerking aan het project zou kunnen stoppen 'o.a. in verband met de vele taken, die aan het FOM-laboratorium voor Massaspectrografie zijn resp. zullen worden opgedragen'.¹³⁴ Wellicht, zo operde het bestuur, zou het juiste moment hiervoor zijn als deze beperkte doelstellingen bereikt waren. 'Vanaf dat moment komt het project namelijk in het technologische ontwikkelingsstadium en kunnen de werkzaamheden niet meer beschouwd worden te vallen onder die, welke zijn opgenomen in de doelstellingen van onze Stichting,' schreef Beekman aan het bestuur van RCN.¹³⁵

7 Angst voor een pennenstreek

Ook Kistemaker werd begin 1959 onzeker over de toekomst van het project. 'De reacties van FOM en RCN op het UC project zijn het laatste halfjaar niet van dien aard, dat ik word aangemoedigd tot een positieve inspanning,' verzuchtte Kistemaker in een voor zijn doen openhartige brief aan Schierbeek van het ministerie van Economische Zaken.¹³⁶ Een definitief besluit over de schaal waarop RCN het project voort wilde zetten bleef namelijk uit. Voor Kistemaker hing opschorting van de opdracht als een zwaard van Damocles boven zijn hoofd.

De psychologische moeilijkheid voor ons in de researchgroep is in het bijzonder, dat wij enerzijds niet kunnen zeggen dat het RCN alias het Rijk geen middelen beschikbaar stelt, doch dat anderzijds ik sterk het gevoel heb dat ons boven het hoofd hangt, dat, zodra wij zwart op wit kunnen zeggen, dat de eerste scheidingen van uranium isotopen verricht zijn, het RCN-bestuur zijn gezicht heeft gered en daarna fatsoenshalve kan zeggen, dat z.g. met het oog op gebrek aan middelen de verdere ontwikkeling stop gezet moet worden. Ik verwacht dat moment deze zomer. [...]

Mijn grote ongerustheid is, dat ons een besluit boven het hoofd hangt, waarbij z.g. ter bezuiniging een bedrag van $\frac{3}{4}$ miljoen met een pennestreek wordt afgeschreven, hetwelk men in feite doet, wanneer ons werk medio 1959 zou worden stop gezet. Men kan een research team niet stop zetten. Na een maand is het team vervluchtigd als een zeepbel en men krijgt het nooit meer bij elkaar.

Misschien dat je, het bovenstaande lezende, begrijpt hoe weinig zin ik nog meer heb om me uit te sloven voor alles, wat uranium betreft.¹³⁷

Schierbeek was als hoofd van de directie Kernenergie van het ministerie van Economische Zaken al langere tijd een vertrouwenspersoon van Kistemaker. Hij had een grote rol gespeeld bij de suc-

cesvolle onderhandelingen rond het Europese syndicaat in 1957 en kende Kistemaker goed. Hij won geregeld expertise over zowel technische als strikt vertrouwelijke zaken bij de Amsterdamse wetenschapper in. Kistemaker van zijn kant was vaker openhartig richting Schierbeek. De ambtenaar stond aan zijn kant en was net als hij overtuigd van de grote potentie van het ultracentrifugeonderzoek. Bij Schierbeek kon Kistemaker zijn ei kwijt; deze angst voor een pennenstreek en de lichte wanhoop die uit bovenstaande brief spreekt was echt. Of was het toch voornamelijk retoriek? Kistemaker was een meester in het halen van zijn gelijk. En als ergens iets (lees: geld) te halen was dan was het wel bij het ministerie van Economische Zaken. Kon Schierbeek niet nog wat voor hem doen? Met iemand praten? Met een ‘verstandig voorstel’ komen?¹³⁸

Bovenstaande brief aan Schierbeek kan worden gezien als de eerste formulering van een offensief om het centrifugeonderzoek op nieuwe organisatorische rails te krijgen. Kistemaker schreef in april het ruim verspreide rapport *Over de ontwikkeling van de ultracentrifuge*. Naast een aantal optimistische opmerkingen over het onderzoek tot 1960 werd hierin zijn visie op de toekomst van het project gepresenteerd. Er was een ‘hechtere basis’ voor het project nodig. Om dit te bereiken moest een ontwikkelingskrediet toegekend worden – voor 1960 en 1961 gezamenlijk 5 miljoen gulden – ondergebracht bij een speciale stichting of nv. Deze organisatie zou de gelden beheren en daarnaast toezicht houden op ‘development en research’. De fundamentele kant van het onderzoek zou door FOM uitgevoerd blijven, in het lab van Kistemaker en met hem als leider van de fundamentele research. ‘In geen geval twee leiders in één gebouw,’ schreef hij erbij. Onder het begrip ‘fundamentele research’ verstond Kistemaker specifiek voor de ultracentrifuge de mathematisch-fysische kant van trillings- en dempingsverschijnselen aan ‘zeer hoge tollen’, die zo snel draaiden dat ze hun derde, vierde of vijfde eigen kritische punten gepasseerd waren. Ook de in- en uitvoer van gassen in de tollende centrifuge behoorden hiertoe, ‘hetwelke in feite betekent het doen van de grote stap van de stilstaande naar de draaiende wereld, in welke versnellingen van ca 250.000 g optreden’. De wervels en convectiestromen die hierbij in het gas

optraden vielen nog maar sinds kort onder het onderzoek van het lab, maar vormden een ‘fascinerend probleem’. Op korte termijn zou het onderzoek moeten verschuiven van de subkritische centrifuges waar men al een tijd mee bezig was naar superkritische centrifuges. Ten slotte merkte Kistemaker op dat het nooit de bedoeling mocht zijn verder te gaan dan fundamentele research. De development hoorde volgens hem onder geen beding bij de Stichting FOM thuis.¹³⁹

Volgens Kistemaker was opsplitsing van het project in groepen voor fundamentele research, development en eventueel chemical engineering al vanaf januari 1960 noodzakelijk. ‘Verder wordt het project mij dan te groot om de persoonlijke leiding van het geheel te houden,’ schreef hij aan Boon van RCN in een vergelijkbaar openhartige brief, ‘en zou ik de aanstelling van een speciale capabele directeur noodzakelijk achten.’ Kistemaker noemde geen namen, maar dacht bijvoorbeeld aan een van de meer capabele Nederlanders die bij CERN werkten.¹⁴⁰

Bij de bestuurders van RCN viel Kistemakers rapport bijzonder slecht. Directeur J.J. van Rijsinge liet bestuursleden Woltjer en Van Tijen het rapport beoordelen en hun reacties waren fel. Het stuk stelde ‘schromelijk teleur’.¹⁴¹ Volgens Woltjer stond het stuk vol onduidelijke zinnen, raar taalgebruik en had het rapport een veel te hypothetisch karakter. Waarom kon Kistemaker niet kort en bondig duidelijk maken hoe het met zijn beperkte opdracht stond? Want tussen de regels door werd het heus duidelijk dat Kistemaker geenszins kon voldoen aan de voorwaarden die RCN eerder had gesteld aan verdere financiële steun aan het project. Pas op zijn vroegst eind 1959 konden de eerste resultaten met UF6 worden verwacht. Bovendien werd het duidelijk dat het budget van 260.000 gulden op 15 juli al uitgeput was. RCN stelde ook de rest van de 4 ton beschikbaar, maar ‘hoe de verdere financiering zal moeten geschieden is nog de vraag’.¹⁴²

Kistemaker zag de bui al hangen. In een reactie schreef hij dat een halfjaarlijkse kostenpost van 265.000 gulden echt het minimum was, ‘daar het practisch alleen arbeidslonen zijn’.¹⁴³ Belangrijke redenen voor de vertraging van het project waren een aantal

tegenslagen aan het begin van het jaar, zoals een langdurige ziekte van Joop Los en moeilijkheden met het reproduceren van de goede resultaten die eerder waren verkregen met een subkritische centrifuge van 45 centimeter lengte. Aan het einde van de zomer pleitte Kistemaker daarom nogmaals bij RCN om niet tot verdere bezuinigingen over te gaan, omdat dat desastreuze gevolgen kon hebben. De vier groepen waaruit het project bestond werkten complementair aan elkaar, waarbij de 'personele bezetting [...] als minimale bezetting op natuurlijke wijze gedurende de laatste 2 jaren [is] gegroeid. Het wegvallen van een der [...] personen zou voor een der betreffende groepen altijd een terugvallen in de werkzaamheden betekenen, tot een zeer laag niveau. Hetzelfde geldt voor het wegvallen van een der vier groepen, ook dan kan men een sterke vermindering van de activiteit van het totaal verwachten.'¹⁴⁴ Hij vervolgde zijn pleidooi: 'Een tijdelijke temporisering van het project door bijv. een half jaar bepaalde groepen uit te dunnen of geheel stil te leggen, is in deze tijd van full-employment niet mogelijk. Indien iemand aan een ander onderwerp wordt gezet, is hij voor het project verloren. Bovendien is het moreel in een researchgroep van onschatbare waarde. Men kan met enthousiaste mensen niet gaan sollen. Dit vernietigt alle initiatief en werklust.'¹⁴⁵ Kistemakers pleidooi sloeg aan, want RCN maakte in oktober toch 50.000 gulden extra beschikbaar voor het project.¹⁴⁶

En wellicht gloorde er licht aan de horizon. Op 19 mei 1959 was het 'roodloze' kabinet-De Quay aangetreden, een coalitie tussen KVP, VVD, ARP en CHU. In de regeringsverklaring werd aangekondigd dat er een meer energieke koers ten opzichte van de atoomwetenschappen gevoerd ging worden:¹⁴⁷ 'Een krachtige aanpak van de onderscheidende vraagstukken verband houdende met de ontwikkeling der atoomkernwetenschappen.'¹⁴⁸ Kistemaker had persoonlijk contact met een van de nieuwe ministers, die hem vertelde dat zowel in de KVP als in de VVD een 'uitgesproken verlangen bestaat een veel positievere politiek te gaan voeren dan het vorige kabinet die gevoerd heeft'.¹⁴⁹ Ook uit het verkiezingsprogramma van de partij die met 49 zetels als grootste uit de bus kwam, de KVP, bleek dit. Onder het kopje 'Industrialisatie' viel te lezen: '[...] krachtige bevoor-

ring der research, ook op het gebied der kernphysica, steun bij het ontwikkelen van nieuwe vindingen voor industriële toepassing. In het kader van de energievoorziening grote aandacht voor de ontwikkeling van de kernenergie.¹⁵⁰ De ARP had het wat betreft kernenergie zelfs over 'een zaak van vitaal belang'.¹⁵¹ Dat belooft wat.

6 COMMISSIES EN GEHEIMEN: KANTELJAAR 1960

1 De lente van 1960

Wellicht waren het de donkere wintermaanden die senator Clinton P. Anderson somber stemden. Waarschijnlijker is dat hij bij een speech in januari voor de Congressional Club verwoordde wat meer bij nucleaire ontwikkeling betrokken Amerikanen dachten: de ontwikkeling van de kernenergie is ver achtergebleven bij de voorspellingen die in het begin van de jaren vijftig in de context van de Atoms for Peace-politiek van Eisenhower als redelijk werden aanvaard. Op internationaal gebied waren de resultaten 'bijzonder pover', zoals een ambtenaar in Den Haag het samenvatte. In 1957 was binnen de Atoms for Peace-politiek de International Atomic Energy Agency (IAEA) opgericht. Echter: 'Het feit, dat de Verenigde Staten met 45 landen bilaterale overeenkomsten heeft gesloten, heeft de IAEA in haar ontwikkeling gestuit, terwijl het overschot aan fossiele brandstoffen de betekenis van het gezamenlijke reactorprogramma van Euratom en de Verenigde Staten volkomen heeft uitgehold.' In de vs waren talloze reactorprojecten uitgesteld of opgeheven.¹ Daartegenover stond dat onderzoek naar toepassingen van radioactieve isotopen successen had geboekt en dat ook de vooruitzichten van een thermonucleaire reactor 'niet ongunstig' waren.² Maar de atoomdroom had zichzelf niet waargemaakt.

In Amsterdam liepen in het jaar 1960 drie ontwikkelingen langs elkaar heen. Allereerst werden de internationale samenwerkingsmogelijkheden tussen Duitsland en Nederland verder verkend. Daarnaast ontstond er vanuit ambtelijke kringen interesse in het bevoor-

deren van samenwerking tussen de Nederlandse industrie en de nucleaire onderzoeken. Om deze reden werd de commissie-Tromp ingesteld om uit te zoeken op wat voor manier dit het best kon gebeuren. Ten slotte was het voor Kistemaker tijd om van de Hoogte Kadijk naar de Kruislaan te verhuizen.

1960 was het jaar waarin het project, dat een aantal cruciale successen kende, zich langzaam maar zeker los begon te maken uit de wetenschappelijke wereld. Tegelijkertijd politiseerde het centrifuge-onderzoek vanwege toenemende bemoeienis van overheidsinstanties met het onderzoek. Dit manifesteerde zich op allerlei niveaus: buitenlandse bemoeienis, adviescommissies, maatschappelijke ophef en institutionele veranderingen.

2 Euratomisatie?

Vonden Boettcher en Kistemaker in 1958 een mogelijke samenwerking nog niet opportuun, iets meer dan een jaar later veranderde dit. De twee heren ontmoetten elkaar voor een officieel overleg op 22 december 1959 in hotel Breidenbacher Hof in Düsseldorf. Voor Kistemaker had het gesprek twee kanten. Aan de ene kant was het belangrijk om uit te vinden wat de wetenschappelijke en internationale positie van Degussa was ten opzichte van het Nederlandse project. De industriële achtergrond van Boettcher maakte hem lastig te peilen, in tegenstelling tot bijvoorbeeld de fysicus Groth, met wie Kistemaker over natuurkunde kon praten. Aan de andere kant was het belangrijk om te polsen of er in Duitsland bereidheid was om een samenwerking met de Hollanders aan te gaan. Voor Kistemaker stond het inmiddels buiten kijf dat zonder buitenlandse samenwerking het Nederlandse project binnen een paar jaar zou verdwijnen, of in elk geval voortzetting ingewikkeld zou worden.

De bespreking werd gedomineerd door de zelfverzekerde Boettcher, die zijn plannen voor samenwerking vooraf had uitgedacht. Net zoals bij veel van de eerdere buitenlandse besprekingen bood het gesprek voor beide kanten een goede mogelijkheid om erachter te komen waar de ander stond: met wat voor onderzoek ze bezig

waren, hoe de organisatiestructuur in elkaar zat en wat de aspiraties en plannen waren. Het waren gesprekken waarbij elke zinsnede op waarde geschat moest worden, omdat er in de kleinste opmerking over technische gegevens veel informatie over de achterliggende centrifuges verscholen kon liggen.

Zag Boettcher een paar maanden eerder Euratom nog als een belangrijke partner, in de winter was dit door hem volledig van tafel geveegd. Vier argumenten lagen hieraan ter grondslag. Allereerst was Degussa zelfverzekerd genoeg om ervan overtuigd te zijn ook zonder Euratom te kunnen. Zijn reputatie en uitgebreide ervaring met werk aan brandstofelementen en kernenergetische chemie maakte Degussa een van de weinige West-Europese private bedrijven die succesvol aan kernenergie kon werken. Voor centrifuges zou dit niet anders zijn. Daarnaast was het Duitse bedrijf eenvoudigweg heel vermogend. Bovendien was de West-Duitse regering bereid om geld beschikbaar te stellen voor het project. Financiële hulp van Euratom was dus geen vereiste. Het derde, waarschijnlijk belangrijkste, argument was dat Boettcher bang was 'voor uitvloeien van "know how" en informatie via deze oncontroleerbaar grote lichamen'. De parallel met de onderhandelingen een jaar eerder, waarbij eenzelfde angst voor verspreiding van kennis samenwerking met Euratom verhinderde, is opvallend. Voor Degussa speelde de commerciële achtergrond hierbij een grote rol. Inmenging van Frankrijk en Italië zou de West-Europese uraniummarkt slechts onoverzichtelijker maken. Zonder hen zou Degussa de markt kunnen voorzien.³ Het vierde argument van Boettcher tegen inmenging van Euratom was complexer. Volgens hem was de verstandhouding tussen de Amerikaanse autoriteiten en Euratom al langere tijd slecht. Een contract dat de AEC met Euratom had gesloten, werkte niet goed. Tegelijkertijd was Boettcher ervan overtuigd dat een succesvolle exploitatie van centrifuges niet zonder Amerikaanse inmenging kon. Dus kwam het neer op een keuze tussen Amerikaanse of Europese steun. Volgens Boettcher was 'een bi- of trilaterale overeenkomst met USA en Nederland veel eenvoudiger en concreter' dan een afspraak met Euratom. Boettcher was stellig: inmenging van Euratom was 'beslist ongewenst'.⁴

Voor de Nederlandse groep lag dit anders. Euratom zou het project uit de onzekere financiële situatie kunnen bevrijden. Kistemaker had om deze reden alvorens met de Duitsers om de tafel te gaan contact opgenomen met Guéron van Euratom. Inzet was financiële steun voor zowel het Nederlandse als het Duitse project en organisatorische hulp bij het opzetten van internationale industriële combinaties (zoals tussen Werkspoor en Degussa).⁵ Guéron reageerde enthousiast en zag inderdaad vooral een financierende en coördinerende functie voor Euratom weggelegd.⁶ ‘Door uitwisseling van gegevens, periodieke wetenschappelijke bijeenkomsten alsmede een gezamenlijke beleidsvoering en de instelling van gemengde werkgroepen zou veel geld, tijd en mankracht worden bespaard.’⁷ Kistemaker pogingen liepen echter nergens op uit omdat Boettcher eind december zijn koers had omgegooid. Kistemaker bleef de contacten met Guéron wel warm houden, vooral omdat hij ervan overtuigd was dat Euratom vroeg of laat nog wel bij de besprekingen zou worden betrokken.⁸

Boettcher was ondanks de stellige afwijzing van Euratom wel degelijk op zoek naar partners. De voorkeur ging uit naar een combinatie met Nederland en eventueel de groep van Groth en Beyerle, die inmiddels was ondergebracht bij de Arbeitsgemeinschaft für Gaszentrifugen (AGAZ) in Jülich.⁹ In tegenstelling tot wat we in het vorige hoofdstuk zagen was Boettcher blijkbaar over de grote verschillen in de technische achtergrond van de Duitse projecten heen gestapt en zag hij toch nut in de daar ontwikkelde technieken. Boettcher presenteerde zichzelf en zijn bedrijf richting Kistemaker als toekomstige marktleider in de ultracentrifuge-industrie. Dit had voor de Duitsers de gewenste uitwerking. Kistemaker was ervan overtuigd dat de positie van Degussa ‘industriële en financieel enorm sterk is’, zodat ze ‘geheel op eigen kracht een bescheiden Ultracentrifuge fabriek van 10.000 of 20.000 centrifuges, kostende 15 à 30 miljoen DM op touw [kunnen] zetten’. Hun ervaring met chemische technologie gaf de Duitsers daarbij een flinke voorsprong op de Nederlanders. Daarnaast leidde het zelfverzekerde industriële geweld van Boettcher bij Kistemaker tot twijfels over de Nederlandse positie. ‘De Nederlandse combinatie RCN-FOM-Werkspoor is ui-

termate zwak. Zij verkeert in de positie van hen, die “zo graag mee willen doen”.’ Een slimme zet van Boettcher, die zich vervolgens als ‘hard-to-get’ positioneerde en Kistemaker niet alleen enthousiast kreeg voor een samenwerking, maar bij de Nederlandse fysicus ook een besef loskreeg dat ‘in Nederland in de huidige mistige verhoudingen opklaring [moest] komen’. Hierbij doelde Kistemaker op de onduidelijke toekomst van het project en het onvermogen van RCN en de verschillende ministeries om voor een substantiële financiële steun te zorgen.¹⁰

De afspraak dat bij het volgende overleg op 29 januari ook woordvoerders van de andere partijen (o.a. Groth) aanwezig zouden zijn, werd door Boettcher niet nagekomen. Hij kwam alleen, wat Kistemaker deed vermoeden ‘dat Dr. Boettcher prefereert de AGAZ Groep (Groth c.s.) ietwat aan de kant te laten staan, daar hij ze niet industrieel gelijkwaardig acht’.¹¹ Boettcher zei bijvoorbeeld dat de octrooipositie van AGAZ zwak was. Daarmee nam hij, in de woorden van Kistemaker, het standpunt in dat de andere Duitsers ‘het maar uitzoeken’. Volgens Kistemaker was zijn standpunt keihard en overwoog hij slechts om Groth als ‘Berater’ in het project op te nemen. Kistemaker zelf was het niet eens met deze opvatting. Volgens hem beschikte de AGAZ-groep over ‘veel ervaring en inzichten’.¹² Twee dagen voorafgaand aan het gesprek tussen Kistemaker en Boettcher had octrooideskundige W.A. de Haas van Philips alvast een bespreking met Degussa gehad over de projecten. Hij had zijn bevindingen aan Kistemaker doorgegeven, die er ‘zeer veel steun’ van ondervond.¹³ De Haas bevestigde dat de octrooipositie van Degussa zeer veel beter was dan die van de Nederlandse groep. Dit maakte de onderhandelingspositie problematisch. Boettcher leek dit te beseffen, aangezien hij wederom de leidende partij in het gesprek was. Hij presenteerde een concreet plan om tot een samenwerking te komen met de Nederlanders. In vier stappen kon er een echte technische samenwerking gerealiseerd worden, aldus Boettcher.

Als eerste moesten de beide groepen een overzicht maken van hun octrooipakketten om deze vervolgens naast elkaar te leggen. Zo kon een indruk worden gekregen van het technische niveau van de projecten. Vervolgens zouden als tweede stap de meet- en werkresulta-

ten uitgewisseld worden – zaken als het aantal centrifuges, omtreksnelheden, scheidend vermogen – om te begrijpen hoe de centrifuges van beide partijen werkten en om na te gaan of samenwerking überhaupt de moeite waard zou zijn. Daarna konden de werkprogramma's op elkaar afgestemd worden. Tenslotte lag een volledige technische samenwerking tussen Degussa en de Nederlandse groep voor de hand. De nadruk zou volgens Kistemaker op cascadetechnologie moeten liggen, omdat daar nog de meeste winst te behalen was. 'Daarnaast parallel centrifuges verbeteren en ontwikkelen.'¹⁴

De reactie van Kistemaker op het plan was enthousiast. Hij raakte er meer en meer van overtuigd dat 'the very realistic industrial view Dr. Boettcher has, will be the best. For us it is less pleasant as it means hard fighting to get in position with these big boys.'¹⁵ Daarnaast beseftte Kistemaker eens te meer dat alles afhing van de octrooien. 'We zullen alles, wat maar enigszins patenteerbaar is, direct moeten aanvragen. Met het oog op de dreigende internationale ontwikkeling op dit gebied moeten spoedbehandelingen worden verzocht. De weinige aanvragen, die in de loop van de laatste paar jaar tergend langzaam door ons, zowel als de octrooigemachtigde, als het RCN en de Octrooiraad zijn behandeld, kunnen van enige waarde blijken te zijn. Mogelijk niet veel.' Hij concludeerde: 'Alvorens tot nadere besprekingen met Degussa of anderen te komen, moet het octrooipakket worden aangevuld en moet UF6 worden gescheiden.'¹⁶

In februari en maart heeft het Nederlandse project alles geoctrooieerd wat maar kon worden bedacht. Maar liefst tien octrooi-aanvragen werden door het bureau van ir. A.F. Arnold ingediend. De Haas van Philips was bij het proces betrokken en was het met de gang van zaken eens. Zowel Kistemaker als octrooideskundige H. Anderson van Degussa vond begin april de tijd rijp om met de eerste fase van het vierstappenplan te beginnen.¹⁷ Kistemaker kreeg officieel van RCN toestemming om de onderhandelingen met de Duitsers voort te zetten, waarbij zijn eis dat dat met 'een minimum aantal personen' gebeurde, werd ingewilligd. Kistemaker en Veldhuyzen zouden het samen opknappen, met octrooideskundige hulp van De Haas en Arnold.¹⁸ Ook Boettcher stond positief tegen-

over een start van zijn plan.¹⁹ Kistemaker stelde eind april in een brief voor om de patentinformatie via de post naar elkaar te sturen, om vervolgens begin juni een bespreking te houden over de inhoud van de patenten.

Gek genoeg heeft deze brief Boettcher nooit bereikt. Wellicht was dit een van de redenen dat na dit voorstel de vaart uit de onderhandelingen verdween. Tot laat in juni kwam er geen antwoord uit Duitsland. Anderson bleek de brief wel te hebben ontvangen, maar reageerde afhoudend. Wellicht was Degussa de interesse in een snelle samenwerking met Nederland kwijtgeraakt, of wellicht waren de ogen toch meer gericht op Euratom of de USAEC. In de laatste dagen van juni stuurde Kistemaker, waarschijnlijk met de hoop om een en ander toch nog van de grond te krijgen, twee Belgische patenten naar Duitsland – Nr. 568618 en 574144, waarschijnlijk de twee basisoctrooiën uit 1958 en 1959 die ook wel UC-5 (een hoogvacuüm afdichtingsoctrooi) en UC-7 (een ultracentrifugeoctrooi) werden genoemd.²⁰ Of er ook octrooiën uit Duitsland terug zijn gestuurd is niet bekend. Waarschijnlijk achtte Degussa haar octrooipositie sterker dan die van de Nederlandse groep en lieten ze daarom in de zomer de samenwerking varen.²¹

Dit markeerde het einde van een periode waarin Kistemaker zelf de internationale contacten kon onderhouden en opzetten. Het ministerie van Buitenlandse Zaken nam de besprekingen met de vs in de zomer van 1960 over. Waarom dat gebeurde, zal in de loop van dit hoofdstuk duidelijk worden. Eerst zal echter gekeken worden naar een aantal andere ontwikkelingen in de lente van 1960.

3 Commissie-Tromp, lente 1960

De naar de voorzitter van de commissie genoemde commissie-Tromp kwam voort uit een brandbrief van de minister van Economische Zaken, De Pous, aan minister-president De Quay. In de brief sprak de minister zijn zorgen uit over de nucleaire industrie in Nederland. Hij schreef:

De voortgang van de nationale industrie in het nucleaire gebied stemt niet tot voldoening. De researchplanning heeft tot nu toe niet de stimulans voor de industrie opgeleverd welke ervan werd verwacht. De industrie is terughoudend gebleven; de industriële activiteit waaraan de nationale researchplanning goeddeels zijn bestaansgrond moet ontlelen ontbreekt. Vandaar dat ik de instelling van een ad hoc commissie, om mij van advies te dienen aangaande de industriële nucleaire mogelijkheden en de daaraan verbonden financiële consequenties, dringend gewenst acht.²²

De minister stelde voor om een ‘nucleair ontwikkelingsfonds’ in te richten, bedoeld voor de industrie waarmee nieuwe nucleaire ontwikkelingen van de grond konden komen. Dit was niets nieuws: al vanaf 1954 kon de industrie steun van de overheid ontvangen om nucleaire projecten op te starten. De bedragen waren in de laatste vijf jaar echter dusdanig gegroeid dat een apart fonds op zijn plek zou zijn. De minister hoopte dit fonds met 100 miljoen gulden te spekken, wat volgens hem voor ongeveer vijf jaar toereikend zou moeten zijn. Op deze manier verwachtte hij dat er ongeveer 20 miljoen gulden per jaar geïnvesteerd kon worden om een nucleaire industrie van de grond te krijgen.²³

Een bijlage die De Pous bij zijn brandbrief voegde schetste een bijzonder somber beeld van het nucleaire klimaat van 1959. Met het nucleaire ondernemerschap in Nederland was het slecht gesteld. De pogingen die reeds waren gedaan, zoals de oprichting van de nv Neratoom, een conglomeraat van vijf metaalindustrieën samen met Philips, was volgens hem een goede poging, maar ‘op zich heeft deze stap weinig te betekenen zolang de geneigdheid ontbreekt om het nucleaire gebied daadwerkelijk en in genoegzame omvang te betreden’.²⁴ Daarnaast was de industriële ontwikkeling anders verlopen dan in 1954 was verwacht. De gedachte dat research zou gaan fungeren als gangmaker voor de industrie – wat een van de redenen was om RCN op te richten – bleek slecht te werken. ‘In wezen is de activiteit van de industrie beperkt gebleven tot een financiële bijdrage aan het RCN, al werd bij de bouw te Petten enige ervaring in het

nucleaire vlak opgedaan.²⁵ De industrie nam bijvoorbeeld geen deel aan de suspensiereactor van de KEMA. Een belangrijke ambtenaar en vertrouwenspersoon van de minister-president, Cees Fock, was het met het voorstel van De Pous eens: 'Ik ben van mening, dat de huidige industriële activiteit op kernenergetisch gebied beslist onvoldoende is om in de toekomst Nederland een rol van enige betekenis te verzekeren.'²⁶

De minister zag echter in het ultracentrifugeproject een voorbeeld voor hoe het wél moest. In het project was tot halverwege 1959 ongeveer 1,5 miljoen gulden geïnvesteerd. De nv Werkspoor bezat een substantieel aandeel in de ontwikkeling van de centrifuges. 'De research-fase nadert naar gehoopt mag worden zijn einde,' aldus de minister. Hij beargumenteerde dat het project vervolgens uit de laboratoriumsfeer gehaald moest worden, bijvoorbeeld door een 'pilot plant' te bouwen. Daarna kon de centrifuge zijn intrede doen in de industriële sfeer. Deze ontwikkelingsfase, zoals de minister het noemde, zou naar verwachting nog een aantal jaren gaan duren en vrij kostbaar zijn. Er zou zeker 5 miljoen gulden voor nodig zijn. 'De industrie is echter niet genegen dit project voor eigen rekening voort te zetten; onder de huidige omstandigheden zal dit project onvermijdelijk op een dood spoor geraken en zal het voor de research uitgegeven geld zijn doel hebben gemist.'²⁷ Vandaar dat De Pous aanstuurde op coördinatie en wellicht ook financiering vanuit Economische Zaken.

Op 30 oktober 1959 werd de brandbrief van minister De Pous in de ministerraad behandeld. Er werd besloten om een kleine werkgroep op te richten om na te gaan hoe de nucleaire industrie ervoor stond. Wat betreft het ultracentrifugeproject was het de bedoeling om de 'perspectieven van uiteindelijke industriële realisatie' in kaart te brengen.²⁸ De commissie kreeg in het voorjaar van 1960 vorm. De ingenieur T.P. Tromp, vicepresident bij Philips, werd voorzitter. Daarnaast namen vier andere prominenten uit de Nederlandse industrie zitting in de commissie, onder wie bijvoorbeeld J.W. Ernste, directeur van Shell Nederland. Secretaris van de commissie werd het plaatsvervangend hoofd van de directie Kernenergie van het ministerie van Economische Zaken, W.L. van Rijnberk. Op deze manier

bleef Economische Zaken nauw betrokken bij het onderzoek van de commissie.²⁹ De vergaderingen werden verder bijgewoond door de directeur-generaal voor de Industrialisatie en Energievoorziening L. de Block en de directeur voor de Kernenergie van het ministerie van Buitenlandse Zaken, H.K. Mani.³⁰ De taakstelling van de commissie, vervat in de instellingsbeschikking, luidde: de minister van Economische Zaken 'advies uit te brengen aangaande de mogelijkheden, welke de toepassing van kernenergie de Nederlandse industrie biedt'.³¹

In de maanden volgend op de installatie van de commissie waren er zeker veertien vergaderingen. Hooggeplaatsten uit de industrie en uit de researchbranche werden uitgenodigd om over hun werk te praten. Zo kwam H.W. Slotboom van Shell Amsterdam een aantal malen op bezoek, mocht Kistemaker over het ultracentrifugeproject spreken en werd er uitgebreide informatie ingewonnen bij de directies van Neratoom en RCN. Ook een aantal ambtenaren van het ministerie van Defensie werd uitgenodigd, omdat er plannen bestonden om nucleair aangedreven schepen te ontwikkelen. De leden van de commissie vormden op basis van deze gesprekken een beeld van de status van de Nederlandse nucleaire sector. Reeds in de derde vergadering velden ze over het RCN een scherp oordeel. Omdat de resultaten 'tot nu toe niet meegevallen' waren, had het programma van het Reactor Centrum zich veel meer op de industrie moeten richten.³² Juist het RCN zou de instantie moeten zijn die zich in Nederland op industriële reactorontwikkeling kon richten. Enigszins kleinerend stond in de notulen te lezen: 'De algemene indruk is dat het RCN uiteraard nog niet in staat is het specifieke nucleaire gedeelte van een reactor voor zijn rekening te nemen; het zal nog veel moeten leren.' Daarnaast merkte de commissie op dat Amerikaanse bemoeienis onvermijdelijk was. 'Voor een eerste [reactor]project is een Amerikaanse consultant onontbeerlijk. Maar het streven moet erop gericht zijn de engineering knowhow zoveel mogelijk in eigen land te krijgen.'³³

Het ultracentrifugeproject werd in de vierde vergadering besproken, bij het in kaart brengen van de Nederlandse industriële pogingen om splijtstoffen en moderatoren te produceren. Philips was

bijvoorbeeld door de KEMA in Arnhem benaderd om splijtstofelementen voor een suspensiereactor te gaan produceren. Of ze dat ook daadwerkelijk van plan waren, was in het voorjaar van 1960 nog onduidelijk, maar het verzoek is in elk geval niet direct afgewezen. Daarnaast waren de Staatsmijnen bezig met een zwaarwaterproject 'dat geheel is uitgewerkt, doch in portefeuille is gebleven nadat de Amerikanen hun prijzen met 40% hadden verlaagd'.³⁴ De commissie was ervan overtuigd dat het ultracentrifugeproject potentie bezat. Aangezien het scheidend vermogen van de centrifuges inmiddels was aangetoond, zou deze techniek wellicht concurrerend kunnen worden met andere landen. Wel vroeg de commissie zich af of er überhaupt een kans zou zijn dat de kennis in Nederlandse handen kon blijven. Als de kennis zou verspreiden, is het ook definitief verloren, zo redeneerden de leden van de commissie. Dit bracht een risico met zich mee. De voorzitter van de commissie, Tromp, zocht om deze reden contact met Casimir. In het bijzonder ging het hierbij om de patentpositie en de financiering van het centrifugeproject door te nemen.³⁵

4. 'Wir trennen Uran!'

Op 26 februari 1960 kwam hij aan, de speciale UF6-massaspectrometer van Metropolitan-Vickers.³⁶ Het nieuwe laboratorium was bijna af en dus besloot Kistemaker de massaspectrometer op de nieuwe locatie aan de Kruislaan af te laten leveren. In de grote hal werd het apparaat tijdelijk opgebouwd, want de ruimten die speciaal voor het ultracentrifugeonderzoek waren gereserveerd, waren nog niet klaar. Dat duurde waarschijnlijk 'nog 4 à 5 maanden [...] wegens de vereiste droogheidsgraad van de muren'.³⁷ De installatie werd verzorgd door G.H. Dibble, die daarvoor een maand was overgekomen uit Engeland. Hij ondervond verschillende keren moeilijkheden omdat de netspanning of de waterdruk soms ineens wegvielen; het laboratorium was immers nog in aanbouw. Aangezien Dibble geen instructiehandleiding met de gebruiksaanwijzing bij zich had (die was er nog niet) en omdat Dibble niet bekend was

met de specifieke UF6-ionenbron in het – zeer gecompliceerde – apparaat zag Kistemaker zich genoodzaakt om bij te springen. Bij een bezoek aan Manchester had hij voldoende aantekeningen gemaakt om ervoor te zorgen dat de installatie eind maart naar behoren afgerond kon worden. Met Dibble werd afgesproken dat hij het instructieboek bij verschijning naar het laboratorium op zou sturen.³⁸

In dezelfde periode rondde Werkspoor de ontwikkeling van een eerste, voor scheidingsproeven geschikte, onderkritische centrifuge af. Het ging om een complete, van gas in- en uitvoersysteem voorziene, eenheid. De centrifuge, die UCI-R100 werd gedoopt, was bij Werkspoor uitvoerig getest op zowel stabiliteit als de invloed van een zwaar gas op het gedrag van de rotor. Een schroefdrop maakte het verwisselen van de interne elementen eenvoudig. De lager was gemaakt van een hardmetalen taats die draaide in een lager van grafiëtbrons. Voornamelijk de goede warmtegeleiding van dit materiaal – wrijving kon immers voor veel warmte zorgen – maakte het geschikter dan de andere kandidaat, een pokhouten lager. Het inventieve gas in- en uitvoersysteem bestond uit drie concentrische buizen voor invoer van UF6 en uitvoer van verrijkt en verarmd gas. De buizen staken door een opening in het bovendeksel in de rotor. De motor bevond zich buiten het vacuüm en de damping van de rotor bestond uit een ‘zeer eenvoudige en effectieve dempconstructie’, een zogenaamde drogewrijvingsdemper. Na installatie in Kistemakers laboratorium draaide UCI-R100 stabiel met een toerental van 1020 per seconde, overeenkomend met een omtreksnelheid van 320 m/s.³⁹ Bij Werkspoor maakte men een exacte kopie van de opstelling, om zo verder te kunnen knutselen aan ‘snelheid en gas-stromingssystemen’.⁴⁰

Trots stuurde Kistemaker eind april een telegram naar De Boer en een brief naar Beekman dat het eerste verrijkte uranium met ultracentrifuges een feit was. Ook Groth in Duitsland werd aan het einde van een brief ingelicht: ‘p.s. Wir trennen Uran!’⁴¹ Analyses met de gloednieuwe massaspectrometer wezen uit dat er een scheidend vermogen van ongeveer 30 procent van het theoretische maximum bereikt was.⁴² Aangezien Joop Los al sinds 1957 bezig was met

de ontwikkeling van een theorie voor het scheidingsmechanisme in de centrifuge, kon deze nu eindelijk getest worden door middel van experimenten. Zo werd bij verschillende drukken in de as van de centrifuge de scheidingsfactor gemeten, waarna de resulterende scheidingskromme in overeenstemming met de theorie leek te zijn.⁴³ Het was echter nog te vroeg om conclusies over het optimaal scheidend vermogen te kunnen trekken. Dat zou pas kunnen na de verhuizing, die rond 1 juni begon – waarover meer in de volgende paragraaf.⁴⁴

In het nieuwe laboratoriumgebouw was optimalisatie van het scheidend vermogen de belangrijkste technische uitdaging.⁴⁵ Er werd nagegaan wat de invloed van het gasaftsysteem op de convectiewervel in de trommel was en er werd een nieuwe, tweede, opstelling voor het meten van de drukverdeling in de draaiende trommels in gebruik genomen.⁴⁶ Met deze nieuwe centrifuge konden verschillende tegenstroomwervels met elkaar vergeleken worden.⁴⁷ Een juiste stroming van het gas in de centrifuges was cruciaal voor een goede werking. Deze wervels konden op verschillende manieren opgewekt worden. In oudere centrifuges werd dit gedaan door middel van stilstaande schijven in de rotor, maar deze bleken het gas op een nadelige manier af te remmen. Daarom werd in de loop van 1960 besloten de schijven te vervangen door 'één vleugeltje, gestroomlijnd als de vleugel van een supersonisch vliegtuig met messcherpe voor- en achterkant'.⁴⁸ Dit vleugeltje zorgde voor de juiste stroming van het gas. Optimalisatie van de tegenstroomwervel bleef ook de komende jaren een van de punten waarmee Kistemaker verwachtte winst te behalen.⁴⁹

Werkspoor had bij de ontwikkeling van de tweede centrifuge (die, logischerwijs, UCH-1100 werd genoemd) een aantal innovaties doorgevoerd. Zo bevat de centrifuge een ingebouwde pomp, waarvoor buiten de rotor een ring was aangebracht waarin zich spiraalvormige groeven bevonden. Het samenspel tussen de groeven en de voorbijschietende rotorwand resulteerde in een pompwerking, waardoor het vacuüm vanzelf in stand werd gehouden.⁵⁰ De deksels waren bij dit nieuwe type centrifuge niet demontabel. Bij Werkspoor begon men daarom te werken aan een volgende versie,

waarbij de rotordeksel wel demontabel was. Deze kwam in de herfst gereed (UCIII-R100). Het bedrijf werd hiermee geholpen door de artillerie-inrichting bij Hembrug.⁵¹ De opstellingen met afschroefbare deksel draaiden minder snel dan diegenen waarvan de deksel vastzat. Voordeel was dat ze geschikt waren voor andere onderzoeken.⁵² Op het lab werkten drie academici (Los, Kelling, N.H. Dekkers) en vijf technici (F. Geevers, A. Piët, R.W.J.A. Verbeek, Koremans, D. de Feijter) aan de optimalisatie van de ultracentrifugeopstellingen.⁵³

De mechanische groep van Werkspoor deed duurproeven aan de lagering, waarbij een centrifuge bijvoorbeeld meer dan 1000 uur draaiend werd gehouden.⁵⁴ De verschillende lagers die werden getest (zowel een hydrosfeer als een grafiëbronslager en, later, een gemodificeerde boltaatslager) waren aan Werkspoor geleverd door het Natuurkundig Laboratorium van Philips, waar onder anderen E.A. Muijderman werkte. Een langdurig experiment met een door Baron ontwikkelde boltaats in een zilveren hydrosfeer verliep problematisch. Op zich was het een bijzonder inventief idee: een piepklein kommetje waar een bolvormige en goed passende taatspunt in draaide en waarbij tussen de kogel en de kom een dun laagje vloeistof in stand werd gehouden. Als een pirouette op een spekgladde ondergrond, vrijwel zonder wrijving. Het probleem zat hem echter in het laagje vloeistof: het lukte maar niet om contact tussen de lagerpen en de lagerschaal uit te sluiten.⁵⁵ Hij bleef aanlopen. 'Na 1077 uur op 1000 Hz, zowel lager als taats licht gekrast. Toerental verhoogd tot 1200 Hz; na 117 uur stijging lagertemperatuur. Gestopt vanwege verdachte geluiden. Lager en taats zwaar beschadigd.'⁵⁶ Mede hierom besloot Kistemaker dat de hydrosfeer te onbetrouwbaar was. Het onderzoek werd toegespitst op de grafiëbronsen taatslagers.⁵⁷ Ideaal was deze techniek nog niet: ook deze lagers vertoonden veel slijtage en moesten om de veertien dagen vervangen worden. Dit was voornamelijk te wijten aan het veelvuldig starten en stoppen van de centrifuges. Het wisselen van taats zorgde echter nauwelijks voor vertraging, mede omdat de dempingsproblemen goed werden begrepen en de centrifuges daardoor stabiel draaiden. Binnen een dag sponnen de centrifuges weer op

1000 of 1200 Hz, met een omtreksnelheid tussen de 314 en 375 m/s.⁵⁸ Daarnaast kon ervan uitgegaan worden dat de lagers het bij continu gebruik langer zouden volhouden.⁵⁹ Later wist Muiderman met het aanbrengen van geëtste groeven op de lager de hydrosfeer succesvol te laten functioneren. Het bleek zelfs een van de belangrijkste 'uitvindingen' van het Nederlandse centrifugeprogramma.⁶⁰

Naast het lageronderzoek vorderden bij Werkspoor de experimenten aan de rotor. Cruciaal was de materiaalkeuze. In 1960 werd de sterkste van de 'veredelbare aluminium-soorten', Al 75 ST, gekozen. Centrifuges van titanium zouden nog sterker zijn en zouden 500 m/sec kunnen halen, ten opzichte van 420 m/sec met dit materiaal. 'De constructieve mogelijkheden, de bewerkbaarheid, de verkrijgbaarheid en niet in de laatste plaats de prijs hebben ons dit aluminium doen kiezen.'⁶¹ Bij dit rotoronderzoek stuitte men echter op een onverwacht probleem, dat pas onderkend kon worden toen vier proefopstellingen uit elkaar waren geknald: de magneten die voor de stabilisatie van de rotor werden gebruikt, waren niet meer te koop. De fabrikant maakte ze niet meer en de reserveonderdelen waren bijna op.⁶² Bij Werkspoor waren drie academici en acht technici aan het werk.⁶³ Piët was aangesteld als 'verbindingsman (chasseur)' tussen Werkspoor en FOM.⁶⁴

In de zomer begonnen de eerste structurele experimenten met UF-6 gas.⁶⁵ Het werken met UF6 gaf geen grote problemen, behalve dat de analyses met de massaspectrometer van Metropolitan-Vickers toch onzeker bleken te zijn. De elektronen-'trap' in de ionenbron van de spectrometer bleek erg snel te corroderen, waardoor er fouten in de metingen slopen.⁶⁶ Deze 'trap' werd van goudfolie gemaakt, die vrijwel bij elke nieuwe meting moest worden vervangen.⁶⁷ Aan het einde van het jaar was de scheidingsfactor vooruitgegaan tot ongeveer 60 procent van het theoretische maximum. Het scheidend vermogen – 'een maatstaf voor het product van de scheidingsfactor maal de hoeveelheid getransporteerd materiaal' – was ongeveer 40 procent van het mogelijke optimum.⁶⁸

Kistemaker begon tegen het einde van het jaar plannen te maken voor de komende drie jaren. Het kwam neer op voortzetting van de bestaande onderzoeken, waarbij gepoogd moest worden de gren-

zen van de mogelijkheden van de centrifuges op te rekken, om zo het scheidend vermogen te vergroten. Zo was het zaak de omtreksnelheid verder omhoog te brengen. Ook zou het helpen om te werken met langere trommels. Een van de belangrijkste problemen met het verlengen van de centrifuge was dat langere machines eerder last kregen van hun, zogenaamde, eerste kritische buigfrequentie. Dat zijn precies die snelheden waarbij de centrifuges zelf beginnen te trillen en als gevolg daarvan vaker crashen. Voor de al eerdergenoemde onderkritische centrifuges lag deze buigfrequentie boven de behaalde snelheden. Maar bij langere centrifuges ligt de buigfrequentie lager en kunnen dus moeilijk hoge snelheden behaald worden. En dat terwijl het scheidend vermogen afhankelijk was van de vierde macht van de lengte van de centrifuge. Een langere centrifuge zou dus een aanzienlijke winst betekenen. Daarom begon Fridtjof Kelling te experimenteren met modellen bestaande uit twee aparte cilinders verbonden met een verend, 'buigslap' element. Het lijkt alsof Kistemaker hier in 1957 al informatie over kreeg van Zippe. Een schetsje bij de aantekeningen die Kistemaker tijdens het bezoek van Zippe maakte, toont, naast de taatstechniek, dergelijke centrifuges. Door het verend element op een slimme manier te kiezen kon de eerste kritische frequentie juist zó laag gemaakt worden dat hij in het zogenaamde 'ongevaarlijke gebied' zat, tussen de 0 en 50 Hz. Daardoor konden deze uit twee (of mogelijk in de toekomst zelfs meerdere)⁶⁹ stukken bestaande centrifuges bovenkritisch zijn,⁷⁰ terwijl ze functioneerden als twee korte, parallel geschakelde centrifuges.⁷¹ De eerste experimenten werden uitgevoerd met een tweedelige dummyrotor: twee pijpen van elk 26 centimeter lengte, 'op elkaar bevestigd door middel van een speciaal voor dit doel geconstrueerde schuivende membraanconstructie'.⁷² In beginsel werden proeven met deze rotors (die de naam UCGI-R100 kregen, met G voor 'gelede') bewust langzaam gehouden, tot 60 Hz.⁷³ Dat was nodig ook, want een proef met een langere gelede rotor van 98 centimeter was al snel gecrasht.⁷⁴

Dat Kistemaker nooit uit het oog verloor dat het centrifugeonderzoek moest leiden tot een échte industrie, bleek uit de onverminderde aandacht voor de prijs van de installaties. Immers,

des te goedkoper de centrifuge, des te eenvoudiger zou hij industrieel concurrerend kunnen worden. En dus was ‘kostprijsbesparing’ een van de speerpunten van het onderzoek, waarbij hij het begrip in de ruimste zin opvatte. Beknibbeld moest worden op ‘de vervaardiging van cylinders, deksels, motoren, moleculaire pompen, etc.’.⁷⁵ Aan het lageronderzoek moest eind 1960 nog veel gebeuren. De ontwikkeling daarvan was volgens Kistemaker nog ‘in volle gang’.⁷⁶ Op dit vlak was ‘één van de meest fascinerende punten,’ volgens Kistemaker, ‘de volledige axiale magnetische ontlasting van de trommel,’ waardoor er voor staande cilinders geen mechanische lager meer nodig was. De rotor zou door magneten volledig worden gedragen. Vooral met het oog op de – nog steeds fikse – slijtage aan de lagers en een toekomstige verzwaring van de centrifuges vanwege de toenemende lengte, zou deze techniek uitkomst kunnen bieden. Het lukte echter nog niet om een dergelijke techniek onder de knie te krijgen. Ook de al eerder genoemde boltaatslager, die door Philips ontwikkeld werd, bood perspectieven, maar bevond zich nog in het ontwikkelingsstadium, aldus Kistemaker.⁷⁷

5 Het nieuwe laboratorium

Wie tegenwoordig via de Kruislaan het Science Park van de Universiteit Amsterdam betreedt waant zich op een typische universiteitscampus. Links langs de Carolina MacGillavrylaan grote flats voor studenten. De kubus voor het University College op de hoek. Verder links langs de Kruislaan het langgerekte rode gebouw waar het Nikhef meetinstrumenten voor CERN ontwikkelt en bouwt. Rechts dan de nieuwe grijze kolos van de faculteit natuurwetenschappen van de UvA, met de typische telescoopkoepel op het dak. En daarachter de oudere gebouwen van biologie. Maar midden tussen dit universitaire geweld en de zwermen studenten op weg naar college staat de Annahoeve, het oudste gebouw van de campus. Een kleine boerderij. Precies tegenover deze hoeve verrees aan het einde van de jaren vijftig het gloednieuwe gebouw van het FOM-laboratorium van Jaap Kistemaker.⁷⁸

De plannen om het laboratorium van de Hoogte Kadijk naar de Watergraafsmeer te verhuizen ontstonden in 1957. De bouw zelf zou iets minder dan 1,5 miljoen gulden gaan kosten.⁷⁹ Inclusief inrichting zouden de kosten uitkomen op meer dan 2,5 miljoen en dat was nog exclusief de aanleg van riolering en het aankopen van de grond.⁸⁰ Dit laatste werd door de Gemeente Amsterdam op zich genomen.⁸¹ Kistemaker was bijzonder te spreken over het handelen van de gemeente. In een bericht aan ANP ten tijde van de opening merkte hij op dat de bouw 'bijzonder snel' was gegaan. In slechts drie jaar was het terrein aangekocht, waren de volledige plannen en tekeningen van het laboratorium gemaakt en waren de bouw, installatie en wetenschappelijke inrichting tot stand gebracht. De gemeente had 'met grote voortvarendheid' gehandeld, door bijvoorbeeld 526.000 gulden beschikbaar te stellen voor het gereedmaken van het terrein.⁸² Het Haarlemse architectenbureau van professor Zwiers had de leiding over de bouw. De ministeries van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen, van Financiën en van Volkshuisvesting en Bouwnijverheid, alsmede het adviesbureau van de Rijksgebouwendienst keurden 'in de kortst mogelijke tijd' de plannen goed. Kistemaker prees 'het zeer nauwe teamverband tussen opdrachtgever, architect en aannemer en vooral [...] de grote medewerking van de tientallen ambtelijke instanties, die bij zo'n bouw betrokken zijn'. Dit bewees voor hem dat 'ook in Nederland moeilijke projecten, als het moet, snel kunnen worden uitgevoerd'.⁸³ Hij zag 'bouwen in teamverband voor moderne laboratoriumbouw' als de toekomst voor wetenschappelijke instanties, 'waarbij men niet in de gebruikelijke fout vervalt, toch reeds zwaar belaste wetenschappelijke werkers ook nog met bouwkundige problemen lastig te moeten vallen'.⁸⁴ In het oog springt de parallel die Kistemaker trok tussen de bouw van het nieuwe lab en de manier van werken in dit lab, karakteristiek door 'zijn harmonische combinatie van natuurkundigen, chemici, elektronici en werktuigbouwers. Meer en meer is bij het moderne natuurwetenschappelijk onderzoek de combinatie van genoemde vier soorten medewerkers noodzakelijk [...].'

Het stuk grond dat door de gemeente beschikbaar was gesteld was aan drie kanten ingeklemd tussen een groot perceel volkstuin-

tjes. Aan de overkant van de Kruislaan bevond zich de Annahoeve van boer Klaas Oostenrijk en zijn vrouw Alida. Kistemaker was er kind aan huis en ging er graag koffiedrinken.⁸⁵ Wellicht de belangrijkste reden om naar deze rand van de stad te verhuizen was dat het andere Amsterdamse FOM-instituut, het Instituut voor Kernfysisch Onderzoek (IKO) om de hoek zat, aan de Oosterringdijk dichtbij de Molukkenstraat. Al sinds 1947 was dat laboratorium, net als het oude lab van Kistemaker, gehuisvest in een oude elektriciteitsfabriek van de gemeente.⁸⁶ Kistemaker maakte regelmatig gebruik van de technische faciliteiten van het IKO, waar met behulp van het daar aanwezige cyclotron onderzoek werd gedaan aan kernfysische problemen onder leiding van de hoogleraren Aaldert Wapstra (in Delft) en P.C. Gugelot (in Amsterdam – dan ook directeur van het IKO). De leider van het chemisch en radiochemisch onderzoek bij het IKO, Aten, was een goede bekende van Kistemaker.

Omstreeks 1 juni 1960 begon de daadwerkelijke verhuizing van de Hoogte Kadijk naar het nieuwe gebouw aan de Kruislaan, dat plaats kon bieden aan vijftientig academici en rond de zestig technici. Een kleine maand later waren de meeste installaties weer in bedrijf: een centrifuge liep weer, net als de vers geleverde UF-6 Massaspectrometer van Metropolitan-Vickers. Joop Los was al direct tevreden over het gebouw. Op de Hoogte Kadijk zorgden hoogfrequente trillingen van het gebouw vaak voor problemen met de centrifuges. De trillingen interfereerden met het draaien van de rotor, wat voor extra weerstand in de lager zorgde. Bij de fundering van het nieuwe laboratorium werden de fundatiebalken daarom op rubbertegels geplaatst, waardoor de hoogfrequente trillingen verdwenen. Dit was direct te merken aangezien de lagerwrijving in het nieuwe laboratorium van dezelfde orde was als die welke gemeten werd bij Werkspoor.⁸⁷

Minister van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen, Jo Cals, mocht op 3 oktober 1960 de officiële opening van het nieuwe laboratorium verrichten.⁸⁸ In zijn lange voordracht prees hij vooral zijn eigen wetenschapsbeleid. Hij zag het laboratorium als een goed voorbeeld van waar zijn politiek toe kon leiden. Vanaf het begin van

zijn aanstelling in 1953 was er steeds meer overheids­geld in de wetenschap gepompt. Ging het in 1952 nog om 9 miljoen gulden per jaar, zo was dat bedrag zeven jaar later gegroeid tot een investering van 75 miljoen gulden per jaar. Cals typeerde de jaren van 1946 tot 1953 als zeven ‘bijzonder magere jaren’, met relatief kleine overheidsinvesteringen. 90 procent van de in totaal 400 miljoen die sinds de oorlog tot aan 1960 in het hoger onderwijs was geïnvesteerd kwam uit zijn bewind tijdens de zeven (vette – de referentie is duidelijk) jaren erna. En hij zag dit slechts als het begin van een zogenaamd ‘anderhalf miljard plan dat enkele jaren geleden door [Cals] zeer schuchter als een maximum naar voren werd gebracht en dat ik nu allang als een absoluut minimum beschouw’. Cals plaatste het moderne nieuwe laboratorium in de rij van universiteiten die na de oorlog, overwegend buiten de oude binnenstad, moderniseerden. De technische hogescholen van Delft en Eindhoven fungeerden als voorhoede. Daarna volgden de VU en Nijmegen en begin jaren zestig waren de inrichtingen van het Boerhaavegebied in Leiden (ten westen van het station), de Uithof in Utrecht en Zernike in Groningen onderweg. Ook FOM had al eerder ervaring met laboratoria buiten de stadskern: FOM-Rijnhuizen in Nieuwegein was in 1959 in gebruik genomen.⁸⁹

Net als Kistemaker roemde Cals de samenwerking, ‘waar eigenlijk dit hele werk hier op drijft, den samenwerking in dit laboratorium tussen natuurkundigen, chemici, elektronici, werktuigbouwkundigen. De tijd, dat de beoefenaar van een tak van de wetenschap heel alleen zijn deel van de wetenschap kon ontplooiën ligt bepaald wel achter ons.’ Later vervolgde hij: ‘Geleerden, die in de afgelopen decennia, in de afgelopen eeuwen uit elkaar zijn gegroeid, elk anders taal niet meer verstaan, die krijgen weer begrip voor elkaar, meer begrip voor elkaar en meer begrip misschien ook voor de afhankelijkheid van hun werk, ook van anderen en ze zullen gemakkelijker samen uit de specialisatie tot een synthese komen.’ Deze synthese sprak volgens Cals ook uit de architectuur van het laboratorium. De grote verbindende hal met de verschillende kamers eromheen; de directiekamer op de eerste verdieping in de hoek van het gebouw en vooral het grote mozaïek van Louis van Roode dat

bij de ingang was geplaatst. Kistemaker was een bewonderaar van het werk van Van Roode en gaf hem een opdracht van 10.000 gulden om een glasmozaïek te ontwerpen voor de hal. Het werk drukte volgens Cals uit waar het lab voor stond: 'Begrip voor afhankelijkheid tegen de hoogmoed, die vroeger de wetenschap wel eens kenmerkte, verlangens naar synthese tegenover de steeds weer toenevende specialisatie, die spreken toch ook uit het mozaïek.'⁹⁰ Ook Kistemaker was enthousiast over het werk, zoals hij in een dankbrief aan Van Roode liet blijken:

Terug van mijn vakantie vind ik je meesterwerk. Ik ben er enthousiast over en vind, dat het in elk opzicht aan mijn verwachtingen beantwoordt. Vooral het goud is zeer levendig en helder. Het is fris. Er zijn uitgesproken controverses over. Kortom je merkt wel, het is goed. Het lokt gedachten en discussies uit. Een elk ziet er zijn eigen beeld in, als in een spiegel.

Het is dus zeer geslaagd.⁹¹

6 Bezoek van een Amerikaanse delegatie

Op 11 juli 1960 ontving Kistemaker een brief van het hoofd van het bureau Atoomzaken van het ministerie van Buitenlandse Zaken, A.N. Baron van Aerssen Beijeren van Voshol, met daarin de mededeling dat een groep Amerikaanse functionarissen op rondreis door Europa 'gaarne op maandag 18 en zo nodig tevens dinsdag 19 juli a.s. met U en met Dr. W.J. Beekman [...] vertrouwelijke besprekingen over het ultracentrifugeproject zou willen voeren'.⁹² De delegatie werd op 18 juli om tien uur 's ochtends bij Kistemaker op het (nieuwe) laboratorium verwelkomd. Naast Veldhuyzen en Baars van Werkspoor waren ook de directeur van RCN en de adviseur voor Atoomzaken van het ministerie van Buitenlandse Zaken, S. Meijer, bij de besprekingen aanwezig.⁹³

De Amerikaanse delegatie was op rondreis en ging ook naar Den Haag. Voordat ze naar Nederland kwamen waren ze in Bonn ge-

weest, waar discussies waren gevoerd met Groth en met het Duitse ministerie van Buitenlandse Zaken. Daarna zouden ze doorreizen naar het Verenigd Koninkrijk. De groep bestond uit vier Amerikanen, van wie er drie voor de AEC werkten. De fysicus George A. Kolstad was directeur van het natuurkunde- en wiskundedepartement van de wetenschappelijke afdeling van de AEC. Algie A. Wells was baas van de afdeling internationale zaken van de AEC en Wilbur Strauss was 'deputy director' van de afdeling van AEC die over classificatie en geheimhouding ging. De vierde Amerikaan was de politiek adviseur van de Verenigde Staten voor de Europese atoomgemeenschap, Howard Meyers.⁹⁴ Het doel van de 'fact-finding trip', zoals het bezoek door Nederlandse overheidsfunctionarissen werd getypeerd, was om met overheden, beleidsmakers en wetenschappers te praten over 'the classification of information in the field of ultracentrifuges and the classification policy with regard to its instrumentation'.⁹⁵ Specifiek wilde de delegatie afspraken maken over uniforme regelingen in alle betrokken landen om de verspreiding van kennis over gascentrifuges tegen te gaan. Hun 'request' bestond uit drie delen.

Ten eerste drong de delegatie erop aan om de meegebrachte 'Classification Guide for the Gas Centrifuge Program' als leidraad te gebruiken. Dit twee pagina's tellende document vatte samen welk deel van het centrifugeproject volgens de vs gevoelig lag en geheim moest worden verklaard. Er waren drie categorieën: 'unclassified', 'confidential' en 'secret'. Vrijwel alle centrifugeaspecten vielen onder 'secret'. Het enige wat niet geheim was, was informatie over of er al dan niet geheim werk aan centrifuges werd verricht. Dat was alles wat de buitenwereld zou mogen weten. Zelfs de grootte van het programma ('level of effort on centrifuge program') moest confidentieel worden. De rest, vooral technische specificaties, was volledig geheim te verklaren. Het document zelf was als confidentieel geclassificeerd.⁹⁶

Ten tweede stelde de delegatie voor dat afspraken over geheimhouding in alle betrokken landen hetzelfde zouden worden. Dit was een belangrijk punt omdat hiermee de weg naar samenwerking tussen de landen die aan centrifuges werkten in ogenschouw werd

genomen. Immers, een technische of industriële samenwerking op het gebied van geclassificeerd of geheim materiaal is eenvoudiger als in alle landen hetzelfde systeem voor classificatie wordt gebruikt. Als eerste stap in deze richting stelde de Amerikaanse delegatie aan de Nederlanders voor contact hierover op te nemen met Duitsland, zodat beide landen hun geheimhoudingsplannen op elkaar af konden stemmen.⁹⁷

Ten derde stelde de delegatie voor om deze gehele operatie (dus, het geheim verklaren zelf) geheim te verklaren. De belangrijkste reden hiervoor was dat de Amerikanen vreesden dat de pers lucht zou krijgen van het verzoek. In Duitsland lag het centrifugeonderzoek gevoelig en daarnaast zou aandacht van de pers tot versnelde, ondoordachte besluiten kunnen leiden. Tijdens het bezoek van de delegatie werd daarom besproken hoe te handelen als journalisten met vragen zouden komen. Zaken als geheimhouding en gascentrifuges moesten achterwege blijven. Benadrukt zou worden dat het hier ging om afspraken over vreedzame toepassingen van kernenergie. Mocht men dan toch over ultracentrifuges beginnen dan zou dit niet worden tegengesproken, omdat immers ook 'peaceful (i.e. industrial) goals could be pursued with ultracentrifuges'.⁹⁸ Deze opmerking legt duidelijk bloot wat een van de belangrijkste moeilijkheden van de ultracentrifuge was: ook al werd de centrifuge-technologie puur en alleen voor vredelievende doelen gebruikt, dan bleef het met deze techniek altijd nog mogelijk om verrijkt uranium dat geschikt was voor kernwapens te produceren.

De kiem van het Amerikaanse verzoek kan gevonden worden in een memorandum dat in de winter van 1959 aan Wells werd gestuurd door C.L. Marshall van de Classificatie-afdeling van de AEC. Marshall waarschuwde voor de gevolgen van proliferatie van centrifugekennis naar een 'unfriendly nation'. Hij benadrukte dat de technologie niet alleen in de vs, maar ook in Duitsland en Nederland geheim zou moeten zijn. Zijn advies aan Wells was in eerste instantie om de bestaande bilaterale verdragen uit te breiden 'to include full cooperation in this field with both nations on a classified basis'. Deze volledige samenwerking zou alleen mogelijk zijn als de vs ook toegang tot en controle over de technologie in de West-Eu-

ropese landen zou hebben. Wellicht, zo vroeg Marshall zich af, zouden 'the fruits of German and Dutch labor' gekocht kunnen worden door de vs?⁹⁹ In de lente begon Wells plannen in deze richting uit te werken. In april verscheen er een uitgebreid samenvattend rapport over het onderwerp. De mogelijkheid om de Duitse en Nederlandse technologieën op te kopen was verdwenen, maar plannen om het Amerikaanse programma te classificeren en om met Nederland en Duitsland tot een overeenkomst te komen over beveiliging waren juist concreter geworden.

Zorgen over proliferatie leken goed te kloppen met de laatste ontwikkelingen. Een recente studie van het private Union Carbide Nuclear Company, uitgevoerd in opdracht van de AEC, concludeerde dat gascentrifuges – alhoewel nog niet operationeel – potentieel de makkelijkste en goedkoopste route naar een uraniumbom zouden bieden, in het bijzonder voor landen zonder toegang tot grote hoeveelheden elektriciteit en materieel. Wells gebruikte dit argument om het State Department te overtuigen: 'The capital costs, power requirements, and technical skills necessary to build and operate a production scale plant may shortly be within the capabilities of as many as 20 to 30 foreign countries if development meets expectations and the technology remains unclassified.'¹⁰⁰ Classificatie was nodig om proliferatie tegen te gaan.

Maar de Amerikaanse zorgen waren niet slechts en zelfs niet primair, van militaire aard. Technologische superioriteit en de daarbij behorende wens om controle uit te oefenen over technische ontwikkelingen in andere landen diende ook economische motieven. De vs waren immers na de Tweede Wereldoorlog dominant op het gebied van uraniumverrijking: gigantische diffusiefabrieken in Oak Ridge produceerden grote hoeveelheden verrijkt uranium. Na het introduceren van de Atom for Peace-politiek konden andere landen voor een lage prijs verrijkt uranium van de vs kopen. Er was dus een markt voor verrijkt uranium en de Amerikanen poogden deze veilig te stellen. Een recente studie van General Electric Company maakte bovendien duidelijk dat binnen vijf jaar gascentrifugefabrieken beschikbaar zouden komen in de vs die verrijkt uranium konden produceren voor ruwweg dezelfde prijs als waarmee de

AEC in 1960 uranium aan andere landen verkocht. Succesvol geëxploiteerde centrifuges waren dus binnen handbereik. Echter, de AEC realiseerde zich ook dat de vs in dit veld niet zo ver gevorderd was als aanvankelijk werd gedacht. Duitsland en Nederland werkten 'vigorously' aan hun centrifugeprojecten en hadden, volgens Wells, 'advanced their technology to the point where it is equal to or better than ours'.¹⁰¹ Vooral het Duitse programma werd beschouwd als het 'most extensive and most complete gas centrifuge program in the world'.¹⁰² Wat volgens de AEC opgezet moest worden waren bi- of trilaterale samenwerkingsverbanden tussen aan de ene kant de vs en aan de andere kant Duitsland en/of Nederland, samen met afspraken over geheimhouding. Op deze manier konden de Europese technologieën 'controlled' worden door de AEC, terwijl de Amerikanen ook volledig op de hoogte bleven van 'the progress that is being made in this endeavor'.¹⁰³

Het Amerikaanse verzoek kwam voor Kistemaker als een verrassing, alhoewel Amerikaanse classificatie al een tijd in de lucht hing. In de besprekingen met Boettcher een halfjaar eerder was geheimhouding ter sprake gekomen. Boettcher had in de vs bij hoge AEC-medewerkers gepolst hoe waarschijnlijk het was dat het werk van Zippe – in de vs gepubliceerd, maar voor Degussa uitgevoerd – geheim zou worden verklaard. Hierbij hadden de Amerikanen hem medegedeeld 'dat men in de USA verwacht tot classificatie over te moeten gaan zodra de mogelijkheden economisch reëel worden geacht'.¹⁰⁴ De AEC concludeerde hieruit dat West-Europa slechts tót dat moment met Zippe samen kon werken, 'om dan op een gegeven ogenblik buiten de deur gezet te worden'. Ook begreep de AEC dat dit onwenselijk was en dat er vervolgens 'classified collaboration met de USA' opgezet moest worden. Dat was de kern van de eerdere Amerikaanse opmerkingen over geheimhouding: als de gascentrifuge in de vs geheim verklaard werd, zou dit een deur openen naar samenwerking tussen West-Europa en de vs. Kistemaker kon niet vermoeden dat de Amerikanen ook alle centrifuges in Europa geheim wilden hebben.¹⁰⁵

Toen de delegatie het Amsterdamse laboratorium bezocht, kon Kistemaker zich wel vinden in de Amerikaanse angst voor prolife-

ratie van centrifugekennis. Hij had een maand eerder zelf ook al iets dergelijks aangekaart bij RCN.¹⁰⁶ Kistemaker meende net als General Electric Company dat men binnen vijf jaar een ultracentrifuge gereed zou hebben voor industriële productie en 'dan zou ieder land in staat zijn ten koste van een 30 miljoen gulden de hand te leggen op een ultracentrifuge. Elk land, hoe klein en hoe onderontwikkeld ook, kan door enige technische manipulaties aan de centrifuge deze geschikt maken voor de productie van zuiver U-235, het onontbeerlijke materiaal voor de vervaardiging van atoom- en waterstofbommen.'¹⁰⁷ Desondanks kwam het verzoek uit de VS als een verrassing. Toen Kistemaker tijdens het gesprek werd gevraagd wat de Nederlandse veiligheidsregels waren, antwoordde hij dat dit 'something equivalent to secrecy'¹⁰⁸ was. Dit was bluff. Tijdens de voorbereidende besprekingen had Kistemaker aan de overheidsfunctionarissen gevraagd om de bestaande beveiliging in een zo positief mogelijk licht te stellen, want in werkelijkheid was geheimhouding 'practisch non-existent'¹⁰⁹. Een voetnoot in de notulen gaf aan dat Meijer van Buitenlandse Zaken zich hier zorgen over maakte en zich er wellicht ook voor schaamde. 'Hier moet iets aan worden gedaan' en zo snel mogelijk, schreef hij.¹¹⁰

Hoewel Kistemaker het verzoek goed begreep, voorzag hij problemen bij het implementeren van geheimhouding binnen het programma, net als FOM en RCN. Kistemaker verwachtte dat noch FOM noch Werkspoor op geheimhouding zat te wachten. Onderzoeken bij FOM waren van academische aard. De betrokkenen waren niet gewend aan geheimhoudingsregimes. Daarnaast werd er op Kistemaker's laboratorium ook ander onderzoek gedaan dan dat naar ultracentrifuges, zoals radiometrische dateringen, materiaalonderzoek en andere, nog minder proliferatie-gevoelige, projecten. Geheimhouding van het centrifugeonderzoek zou tot een afzondering van de rest van het lab kunnen leiden, iets wat in zijn ogen onwenselijk was. De kracht van het laboratorium zat hem juist in de kruisbestuiving die er plaatsvond. Toen de Amerikaanse 'Classification Guide' begin augustus door Kistemaker grondig was bestudeerd, weidde hij verder uit over dit punt. Het zogenoemde 'need to know'-principe dat de Amerikanen voorstelden – waarbij wetenschappers slechts

toegang kregen tot specifieke informatie nodig voor het onderzoek – zou de ‘team-geest’ in het lab op een onacceptabele manier schaden, aldus Kistemaker.¹¹¹

Het argument dat de industrie tegen classificatie van het programma zou zijn, werd verwoord door RCN. Verwacht werd dat patenten en industriële samenwerking in de toekomst de basis van het ultracentrifugeproject zouden vormen. Philips in Eindhoven (door Kistemaker al vaak geraadpleegd bij praktische problemen) en Werkspoor in Amsterdam waren diep bij het project betrokken en deze betrokkenheid zou in de nabije toekomst vergroot worden. Maar hoe kon deze samenwerking standhouden als de technologie grotendeels geheim was? Volgens Werkspoor-ingenieur Beets werd er vaak in dit soort situaties door de overheid een compensatie geboden, omdat de technologie lastiger op de markt te brengen was.¹¹²

Een ander belangrijk bezwaar voor Kistemaker was dat de internationale samenwerking sterk gehinderd zou worden door de geheimhouding. Hoe kon communicatie met de Duitse groepen blijven bestaan als niets gedeeld mocht worden? Voor Kistemaker was het daardoor hoogst onduidelijk of de plannen voor samenwerking doorgezet konden worden binnen het classificatieregime. Hij realiseerde zich dat alles wat de afgelopen maanden met Boettcher was opgebouwd door de Amerikaanse plannen in het water zou kunnen vallen.¹¹³

Een paar maanden later mengde Woltjer zich als lid van de Raad van Bestuur van FOM in de discussie. Hij baseerde zijn bezwaren tegen classificatie op het spanningsveld dat aanwezig was tussen idealen van academische vrijheid en geheimhouding. De ‘screening’ van wetenschappers, die uitgevoerd zou worden door de AIVD, boezemde hem angst in en was onbespreekbaar.¹¹⁴ Blijkbaar was Woltjer niet op de hoogte van het feit dat RCN zijn centrifugewetenschappers allang door de AIVD liet doorlichten voordat ze op het FOM-lab aan de slag mochten. Deze vrij rigide houding van FOM werd in overheidskringen niet goed ontvangen. Dit soort argumenten kon toch niet serieus genomen worden als er ‘ernstige gevaren voor de mensheid’ waren? Woltjer reageerde vervolgens schoorvoetend er nog wel over na te zullen denken.¹¹⁵ Over het algemeen begrepen de uit-

voerende groepen (Kistemaker, FOM, RCN, industriële partners) dat proliferatie van gascentrifugekennis een reëel gevaar was, maar ze liepen niet meteen warm voor het Amerikaanse verzoek.

7 Geheimhouding voor beleidsmakers en Kistemakers voorstel

In de maanden na het bezoek van de Amerikaanse delegatie begonnen ambtenaren bij het ministerie van Buitenlandse Zaken en Economische Zaken het geheimhoudingsverzoek uit te werken. Omdat er verschillende ministeries bij betrokken waren, moest een uiteindelijk besluit door de ministerraad worden genomen. De ambtenaren die hieraan werkten of bij de latere besluitvorming werden betrokken namen hun taak serieus.¹¹⁶ Het coördinerend werk werd grotendeels door het ministerie van Buitenlandse Zaken gedaan. C.L.W. Fock, secretaris-generaal voor de minister-president, gaf advies over de zaak.

In beginsel interpreteerde het ministerie van Buitenlandse Zaken het verzoek vanuit een antiproliferatieperspectief. Maar het duurde niet lang voordat er vragen over de motieven van de Amerikanen werden gesteld. Voor wiens ogen moest de technologie eigenlijk verborgen blijven? Het was bekend dat de Sovjet-Unie al jarenlang werkende gascentrifuges bezat. Het Amerikaanse verzoek kon daarom niet puur op directe Koude Oorlog-motieven gestoeld zijn. Dit argument leidde de functionarissen naar een ander motief. Wellicht wilden de vs de technologie geheimhouden voor andere West-Europese landen; in het bijzonder Frankrijk en Italië.¹¹⁷

Naast dit vermoeden ontstond nog meer wantrouwen: misschien speelden Amerikaanse commerciële en economische motieven wel een rol. Aangezien de ultracentrifuge 'booming' was in de vs zouden er mogelijk bedrijven achter het verzoek kunnen zitten. Misschien wilden de vs de Duitse en Nederlandse programma's zoveel mogelijk vertragen om hun eigen projecten tijd te gunnen zich te ontwikkelen. De functionarissen in Den Haag waren zich dus volledig bewust van het feit dat de vs geheimhouding mogelijk gebruik-

ten als een manier om economische voorspoed na te jagen, iets wat, zoals we al eerder zagen, een juiste aanname was.¹¹⁸

Het verzoek kon echter niet zomaar worden genegeerd. Het proliferatieargument zou altijd zijn waarde houden, wat de andere motieven van de VS ook waren. De functionarissen in Den Haag realiseerden zich echter ook dat bij een Nederlandse inwilliging van het verzoek eigen eisen gesteld konden worden die de specifieke wensen van het Amsterdamse project ten goede zouden kunnen komen. Bovendien bestond er nog een goede hoop om tot een internationale samenwerking te komen. Sommige overheidsfunctionarissen geloofden dat het Amerikaanse verzoek om geheimhouding slechts een opmaat was voor een meer omvattend verzoek tot samenwerken bij het ontwikkelen van ultracentrifuges.¹¹⁹

De overheidsfunctionarissen besloten om een besluit over classificatie van het project uit te stellen totdat de 'Classification Guide for the Gas Centrifuge Program' door Kistemaker was bestudeerd. Begin september kwam zijn reactie binnen. De gids bevatte volgens hem geen voorstel 'dat niet realiseerbaar zou zijn of oneervol'.¹²⁰ Hij verwachtte echter wel 'reductie van de uitwisselingsmogelijkheden met andere technici of wetenschapsmensen'.¹²¹ Kistemaker begon, zoals later duidelijk zal worden, in de volgende maanden de discussie naar zijn hand te zetten, om op basis van het verzoek voor een financiële impuls van het project te pleiten. Iets vergelijkbaars deed het ministerie van Buitenlandse Zaken. In een vergadering van het RCN-bestuur kwam in september naar voren dat de 'onderhandelingsbevoegdheid van Prof. Kistemaker' door het verzoek van de Amerikanen 'eenvoudiger is komen te liggen'. Naar aanleiding van de geheimhoudingskwestie was er een onderhoud met Kistemaker geweest waarbij hij zich bereid verklaarde met 'alle wensen van de overheid op het gebied van de geheimhouding' rekening te houden.¹²² Dit kan gezien worden als een vroege stap vanuit Buitenlandse Zaken om greep te krijgen op de besprekingen die Kistemaker, meestal zonder medeweten van Buitenlandse Zaken, buiten Nederland voerde.

Er waren een paar punten die Kistemaker met zowel de beleidsmakers in Den Haag als RCN en FOM wilde bespreken. Deze pun-

ten reflecteren de impact van geheimhouding op de betrokken wetenschappers en illustreren daarnaast Kistemakers zorgen over de ophanden zijnde classificatie. Hij hoopte financiële compensatie te ontvangen. Daarnaast speelde mee dat Kistemaker het feit dat hij (eindelijk) een luisterend oor had binnen de verschillende ministeries gebruikte om zijn belangen op de agenda te zetten. Zijn frustraties uitte hij meestal binnen RCN- en FOM-kringen (zo was het afgesproken), maar omdat hij nu een machtig nieuw publiek had dat over de toekomst van zijn geesteskind kon beslissen, probeerde hij zoveel mogelijk uit de situatie te halen. Vijf punten uit zijn reactie op de 'Classification Guide' zijn het noemen waard.

Ten eerste zou classificatie zo snel mogelijk moeten leiden tot nieuwe huisvesting van het centrifugeonderzoek. Zoals we al eerder hebben gezien was dit een wens die Kistemaker in eerdere jaren al een aantal keer kenbaar had gemaakt.¹²³ Hij was ervan overtuigd dat centralisatie van het onderzoek op één locatie de financiële onzekerheid die het beleid van RCN veroorzaakte het hoofd kon bieden. Een locatie los van Werkspoor en Kistemakers laboratorium, eventueel opgelegd vanwege de classificatie, zou zo een impuls kunnen bieden voor een nieuw laboratorium en de toekomst van het project zeker kunnen stellen.¹²⁴

Ten tweede zou Kistemaker het project graag verbreed zien, in meerdere opzichten. Een grotere financiële basis vanuit RCN was nodig, samen met een betere samenwerking, 'ook organisatorisch en financieel', met industrie, in het bijzonder met Philips. Ook dit was een punt waar Kistemaker al meerdere malen op had gehamerd. Kistemaker hoopte op een stabielere situatie waarbij het project voor langere tijd gefinancierd zou kunnen worden. Bovendien hoopte hij de salarissen van de bij het project betrokken wetenschappers en ingenieurs te verhogen. Zijn argument was dat ze anders te gemakkelijk door zouden stromen richting de industrie en dit moest voorkomen worden. Zo'n doorstroom zou met een loonsverhoging vermeden kunnen worden.¹²⁵

Een derde aspect dat Kistemaker hoopte te verbeteren was de bureaucratie. RCN verwachtte uitgebreide kwartaalrapporten van

het project en Kistemaker had een hekel aan deze 'rapportschrijverij'.¹²⁶ Geheimhouding zou hierbij kunnen helpen. Onder geheimhoudingsregulaties zouden de technische details van de centrifuges slechts beschikbaar kunnen zijn voor de wetenschappers. Bestuurs- en commissieleden zouden genoeg moeten nemen met korte samenvattingen van het project.¹²⁷

Een vierde aspect waar hij zich zorgen om maakte, was het feit dat er twee jonge wetenschappers bezig waren met hun dissertaties over gascentrifuges. Als geheimhouding doorgevoerd zou worden zouden hun proefschriften niet gepubliceerd kunnen worden. Wellicht konden er speciale afspraken worden gemaakt met de universiteiten van Amsterdam en Leiden om publicatie van de werken tegen te gaan na de verdedigingen. Of wellicht kon er een soort 'pseudothese' geschreven worden, parallel aan de echte dissertatie maar zonder de geheimen.¹²⁸ Dit afgeslankte werk zou dan wel gepubliceerd kunnen worden. Het ministerie van Buitenlandse Zaken wimpelde dit punt af met de mededeling dat het niet zo belangrijk was als 'de verantwoordelijkheid welke de Nederlands Regering inzake dit project uit andere hoofde heeft te dragen'.¹²⁹

Ten slotte beargumenteerde Kistemaker dat geheimhouding alleen zin zou hebben als de Duitsers eenzelfde pad zouden volgen. Binnen een geclassificeerde omgeving zou contact met de Duitsers wellicht uitgebouwd kunnen worden, maar als er verschillende regels zouden gelden voor wat wel en wat niet geheim was, zou dat de economische en wetenschappelijke positie van het Nederlandse project kunnen ondermijnen. Coördinatie met Duitse beleidsmakers was daarom hoogst belangrijk, volgens Kistemaker. Hij raadde aan om alvorens tot classificatie over te gaan eerst alle bilaterale opties met West-Duitsland door te nemen.¹³⁰ In het volgende hoofdstuk zal worden ingegaan op het gevolg dat in de komende jaren aan het Amerikaanse verzoek werd gegeven.

8 Commissie-Tromp, herfst 1960

Tegelijk met de discussies over het geheim verklaren van het ultracentrifugeonderzoek vorderde het werk van de commissie-Tromp. Midden in de zomer van 1960 werd Kistemaker naar Petten ontboden. De commissie-Tromp wilde met hem en met de bestuurders van RCN (de heren Dee, Bogaardt, Goedkoop, Reyseger en Van Rijsinge) over het centrifugeproject praten. Kistemaker kreeg de ruimte om duidelijk zijn drijfveren en intenties weer te geven. De vraag of een verrijkingsproject nodig is hing samen met de vraag naar verrijkt uranium. Kistemaker beargumenteerde dat het bij de ontwikkeling van een reactor in eerste instantie gaat om de keuze tussen natuurlijk uranium in combinatie met een dure moderator of een reactor met verrijkt uranium samen met een goedkope moderator. Vanaf 1957 zijn er, zo redeneerde Kistemaker, geen plannen meer geweest om een reactor met natuurlijk uranium te bouwen. Dit maakt verrijkt uranium onontbeerlijk binnen het reactoronderzoek. Verder betoogde Kistemaker, net als een paar jaar eerder, dat de kapitaalinvestering bij ultracentrifuges aanzienlijk lager was dan bij de ontwikkeling van diffusie.¹³¹

Kistemaker was uiteraard positief over zijn eigen onderzoek en wist het goed te verkopen. Hij vertelde de commissie dat, hoewel de mechanische moeilijkheden zeer groot waren, ze voor veel problemen oplossingen hadden bedacht. De subkritische cilinders waren qua research tot een succesvolle vorm gebracht, 'maar voor de verdere development zal nog veel moeten worden verricht. Daarnaast is het doel langere trommels te vervaardigen'.¹³² Ook hamerde hij erop dat het onderzoek andere toepassingsgebieden had, zoals in de zogenaamde 'hot chemistry' bij de scheiding van bijzonder zware elementen (niet alleen uranium, maar ook plutonium en splijttingsproducten uit reactoren, die vervolgens op een andere plek in de reactorcyclus hergebruikt kunnen worden).¹³³

Wat betreft de internationale octrooipositie van het project gaf Kistemaker toe dat Nederland niet sterk vertegenwoordigd was. Degussa bezat het hoofdpatent op centrifuges en Amerika had een aantal geheime patenten. Om dit te veranderen was er contact op-

genomen met Degussa, 'maar dit contact is slepend'.¹³⁴ Daarnaast had de Nederlandse groep zo'n tien patenten ingediend om het Duitse hoofdpatent zoveel mogelijk in te kapselen. Of dit succesvol zou blijken, was nog maar de vraag. Ook het Amerikaanse verzoek tot een classificatiesysteem kwam tijdens de vergadering ter sprake. Volgens Kistemaker hadden de Amerikanen, de Canadezen en de Fransen hernieuwde aandacht voor de ultracentrifugetechnologie omdat met ongeveer tienduizend centrifuges per jaar al één à twee A-bommen geproduceerd konden worden.

Kistemaker presenteerde daarnaast zijn visie op de toekomst van het project. Het was volgens hem nodig een hecht team te hebben dat 'wij aan ons kunnen binden'.¹³⁵ Met een losstaand plan drong hij aan op de vorming van een zelfstandige organisatie met een grotere vrijheid. Er zou een fulltimedirecteur moeten komen, waarvoor Kistemaker zichzelf expliciet niet beschikbaar wilde stellen. Dat het onderzoek op verschillende locaties werd uitgevoerd was volgens Kistemaker een bezwaar. Hij pleitte voor een centralisatie van het onderzoek op een nieuwe, aparte, locatie. Het idee kwam voort uit zijn verwachting dat de WAR en het bestuur van RCN en de commissie-Tromp positief zouden oordelen over de toekomst van het project en zouden voorstellen om de gehele onderneming in een nv onder te brengen. En dan was centralisatie van het werk een eerste stap. Een bijkomend argument had te maken met de ophanden zijnde classificatie van het onderzoek. De enige manier 'om team geest te kweken, om kostbare mensen zodanig te behandelen en te betalen, dat ze niet weglopen en om de geheimhoudingsvoorschriften in acht te nemen', was volgens Kistemaker door een aparte behuizing voor het project te vinden.¹³⁶ Kistemaker opperde daarom om het architectenbureau van Zwiers, dat ook zijn laboratorium aan de Kruislaan had ontworpen, een schetsontwerp voor een ultracentrifugelaboratorium te laten maken.¹³⁷ Ondanks het feit dat het RCN aan Kistemaker opdracht gaf hiermee te wachten totdat de commissie-Tromp haar advies had voltooid, lichtte hij Zwiers in.¹³⁸ De architect wees Kistemaker op de mogelijkheid om het gebouw direct achter zijn eigen laboratorium te bouwen, op grond die al in het bezit was van FOM. Dit zou, mits FOM hiermee

in zou stemmen, op korte termijn gerealiseerd kunnen worden.

RCN vestigde er tijdens hun gesprek met Tromp tijdens de achtste vergadering van de commissie de aandacht op dat de fase van de engineering inmiddels aan was gebroken, hetgeen een vernieuwde aanpak rechtvaardigde. Verder was het ultracentrifugeproject volgens het RCN het meest industrieel gericht van alle Nederlandse nucleaire projecten, ook omdat het directe mogelijkheden voor de industrie had en financieel overzichtelijk was.¹³⁹

Eind september besprak de commissie wederom het project. De directeur voor de kernenergie van Buitenlandse Zaken, Mani, ging uitgebreid in op de internationale positie. Deze was de maanden ervoor vanwege de Amerikaanse vraag naar classificatie aanzienlijk ingewikkelder geworden. Het was Mani duidelijk geworden dat samenwerking via Euratom vrijwel onmogelijk was. Ook met Duitsland en vooral Degussa bleek samenwerken steeds lastiger te liggen, vooral vanwege de ingewikkelde octrooioposities. Ook was de financiële positie van het project minder gunstig dan Kistemaker in augustus in zijn presentatie suggereerde. Het project zou wel eens duurder uit kunnen vallen. Tijdens deze vergadering maakte de commissie-Tromp een voorlopige conclusie op ten aanzien van het ultracentrifugeproject. 'De engineeringfase voor het project is aan gebroken. Het RCN kan deze niet uit zijn budget financieren. De fijn mechanische problematiek past niet goed in het programma van Werkspoor. De commissie komt tot de slotsom dat het van belang zou zijn indien Philips tezamen met Werkspoor een evaluatie van het project zou kunnen geven; daaraan voorafgaand zal echter de octrooiopositie geëvalueerd moeten worden, wat tijd kost.'¹⁴⁰

In november startte Kistemaker een offensief om de nieuwe huisvesting op de agenda van RCN te krijgen. Het was volgens hem van het grootste belang dat het hele team voor ontwikkeling en onderzoek van Werkspoor in een 'nieuw en beter geoutilleerd gebouw komt, waarin ruimte is voor kantoren, tekenkamers, werkplaatsen en opstellingen tot 100 centrifuges toe'. Resultaten van het recent begonnen (theoretische) onderzoek naar cascades moesten in een nieuw gebouw experimenteel bevestigd worden. Zijn belangrijkste argument (dat hij – letterlijk – onderstreepte) was dat in een eigen

gebouw een sfeer geschapen kon worden, ‘die nodig is om het project vaart te geven. Slechts dan kan men de meest geschikte mensen aantrekken. Het is noodzakelijk met het oog op de internationale positie.’¹⁴¹ Daarnaast zou het gebouw, als doelmatig laboratorium, sowieso zijn waarde behouden, welk onderzoek er ook gedaan zou worden. Een researchbestemming zou zeker gevonden worden, of het UC-project in de toekomst nu sterk ingekrompen of juist sterk uitgebouwd zou worden. ‘Met andere woorden: de investering van f. 2.149.000,— is nooit weg,’ aldus Kistemaker.¹⁴² De geografische ligging moest aan drie eisen voldoen. Ten eerste moest het dicht bij Kistemakers laboratorium zijn. Ten tweede moest er, vanwege de (in)stabiliteit van de opstellingen een rustige bodem zijn en ten derde moest het gebouw, met het oog op rekrutering van personeel, in een groot bevolkingscentrum liggen. Vrijwel alle UC-medewerkers woonden namelijk in Amsterdam.¹⁴³ In zijn voorstel benadrukte Kistemaker dat de bouw snel zou moeten beginnen, het liefst al de komende winter. RCN zou echter eerst wel haar goedkeuring moeten geven aan architect Zwiers om de bestaande voorlopige plannen in definitieve vorm uit te werken. ‘Daar hiermede slechts een bedrag van ca. f. 25.000,— gemoeid zal zijn, komt het mij voor, dat deze opdracht zal kunnen worden betaald uit het normale lopende budget.’¹⁴⁴

RCN reageerde echter niet op Kistemakers voorstel. Het uitvoerend bestuur van FOM, dat in december door Kistemaker was gevraagd dan zelf maar actie te ondernemen, reageerde afhoudend op de plannen. Zij zagen noch de noodzaak zelf actie te ondernemen en wachtten liever een opdracht van RCN af, noch konden zij Kistemakers idee om het gebouw achter het laboratorium te bouwen goedkeuren. Deze strook land was volgens het bestuur ‘om verschillende redenen hiervoor minder geschikt’. Het diende voor een eventuele uitbreiding van het laboratorium zelf gereserveerd te blijven.¹⁴⁵

In december legde de commissie-Tromp de laatste hand aan het vijftig pagina’s tellende ‘Rapport aangaande de Industriële ontwikkeling in het kernreactorgebied’. In ambtelijke taal vatte de commissie in de inleiding samen dat Nederland, zoals de minister in zijn brandbrief die aan de basis van de commissie lag al schreef, zeer ze-

ker een achterstand had ten opzichte van andere landen. Desondanks beschikte het 'over een belangrijk wetenschappelijk, technisch en industrieel potentieel', dat in de verdere ontwikkeling van de kernenergie een 'werkzaam aandeel' kon hebben.¹⁴⁶ Aangaande het ultracentrifugeproject werd in hoofdstuk 5 van het rapport aanbevolen het project onder te brengen in een aparte nv, die voor de nationale industrie 'attractieve mogelijkheden [kon] openen'. Maar de commissie raadde het ministerie van Economische Zaken aan om eerst een uitgebreide technische en vooral economische evaluatie van het project te laten maken, waarbij ook de octrooipositie aan de orde moest komen.¹⁴⁷ Deze tweede commissie-Tromp en de daaropvolgende commissie-Rinia kregen in de loop van het volgende jaar vorm.

9 Ophef in de media

Op 4 augustus verscheen er in het Amerikaanse atoomtijdschrift *Nucleonics Week*, een weekblad voor de nucleaire industrie, een artikel met de kop 'West Germans agree to put secrecy lid on Gas Centrifuge'. Het artikel stelde dat 'the us has persuaded West Germany to veil in secrecy the gas centrifuge isotope-separation technology under development in that country'.¹⁴⁸ Bovendien wees het stuk op de gecompliceerde positie (een 'government dilemma') waarin de classificatie van het gascentrifugeprogramma West-Duitsland bracht.¹⁴⁹ Classificatie van het programma zou immers een bevestiging in zich dragen van 'military importance' van gascentrifuges. Dat was problematisch omdat Duitsland na de oorlog afspraken had gemaakt over restricties op het ontwikkelen van atoomwapens. De beloftes die het land zowel bij het Verdrag van Brussel in 1948 als bij de oprichting van Euratom had afgelegd verboden Duitsland ABC-wapens te ontwikkelen.¹⁵⁰ Uranium verrijken kwam angstig dicht bij een schending van deze verdragen. Bovendien was West-Duitsland al eerder 'psychologically troubled' – in de woorden van een van de Nederlandse beleidsmakers – over het feit dat de vraag om geheimhouding tot internationale aandacht voor het Duitse programma zou kunnen leiden.¹⁵¹

De publicatie in *Nucleonics Week* kwam als een verrassing voor iedereen. De aannames waren voorbarig. West-Duitsland had namelijk nog niets geclassificeerd. De bron van het nieuws was een slip of the tongue van iemand binnen de US Atomic Energy Commission¹⁵² maar leidde vervolgens wel tot een stroom publicaties in West-Duitsland over ultracentrifuges. Degussa publiceerde in oktober een verklaring waarin het in sterke bewoordingen duidelijk maakte dat zijn motieven ‘peaceful without exception’ waren en dat verwijzingen naar goedkope atoomwapens, ‘A-bombs for the people’, onzin waren.¹⁵³ Eind september 1960 waren er ontmoetingen tussen vertegenwoordigers van de Nederlandse en West-Duitse ministeries van Buitenlandse Zaken. Het doel was om tot een overeenstemming te komen aangaande classificatie van de beide programma’s. Niet alleen Den Haag wilde graag afspraken maken met Bonn, ook de Duitsers namen het proliferatieargument serieus en dachten erover de technologie geheim te verklaren. De recente ophef in de Duitse pers werkte als een katalysator, want vroeg in oktober classificeerde Duitsland de gascentrifuge als geheim.¹⁵⁴

De Amerikaanse vraag naar geheimhouding van de ultracentrifuge werd op 12 oktober 1960 ook in Nederland landelijk nieuws. Een ANP-bericht werd overgenomen door veel verschillende dagbladen.¹⁵⁵ Het katholieke dagblad *De Tijd/De Maasbode* schreef bijvoorbeeld over een ‘Duits procedé voor een “goedkope” kernbom’ en de *Leeuwarder Courant* maakte melding van het Amerikaanse verzoek tot geheimhouding van ‘goedkope kernwapens’. Dit nieuws kwam overigens overgewaaid uit de vs, waar onder andere de *Washington Post* een stuk publiceerde over de vraag om geheimhouding.¹⁵⁶ Binenskamers werd het idee geopperd dat het artikel in *Nucleonics Week* gepubliceerd was vanwege druk uit Amerikaanse industriële bronnen.¹⁵⁷ Wederom werden de Amerikaanse motieven in twijfel getrokken.

Een dag later, op 13 oktober, verscheen er nog een aantal stukken over de zaak. Ook publiceerde het partijblad van de Communistische Partij Nederland (CPN), *De Waarheid*, een artikel over het ultracentrifugeproject. Onder de kop ‘Grote ongerustheid over dreigende West-Duitse A-bom’ berichtte de krant op de voorpagi-

na over het ultracentrifugeonderzoek in Duitsland, over Gernot Zippe en over het grote risico dat met dit onderzoek gepaard zou gaan. De wereldvrede stond op het spel, aldus de krant. De rol van Nederland was volgens *De Waarheid*, die zich baseerde op het *Algemeen Handelsblad*, ‘niet geheel duidelijk’. Dezelfde dag publiceerde de krant een tweede artikel specifiek over de Amerikaanse vraag tot geheimhouding van het ultracentrifugeproject in Nederland. Deze ‘opmerkelijke Amerikaanse stap’, aldus *De Waarheid*, was door de krant voorgelegd aan Kistemaker, maar die distantieerde zich van de kwestie door het af te doen als een ‘politieke kwestie’.¹⁵⁸

Deze twee artikelen in *De Waarheid* bleken het begin van een lange reeks publicaties die vrijwel dagelijks in de krant bleven verschijnen. 14 oktober werd een stuk gepubliceerd waarin het laboratorium van Kistemaker in verbinding werd gebracht met de Duitse atoombom. ‘Amsterdams laboratorium werkt mee aan Duitse A-bom,’ kopte *De Waarheid* wederom op de voorpagina. Naast de melding dat het laboratorium al meer dan twee jaar onderzoek naar uraniumverrijking deed ging *De Waarheid* in op de contacten die Kistemaker had met Duitse onderzoekers. Zijn bezoek aan Groth in 1959 en het meer recente bezoek aan Boettcher toonden volgens de krant aan dat Kistemaker het ultracentrifugeonderzoek eigenlijk voor Duitsland deed. Degussa werd door de krant met de productie van Zyclon B en de bijbehorende moord op miljoenen joden tijdens de oorlog in verband gebracht. De toon was gezet: in het Amsterdamse laboratorium was het niet pluis.

Na nog een handvol vergelijkbare stukken veranderde op 18 oktober het perspectief van *De Waarheid* op de aanvallen tegen Kistemaker en zijn lab: Kistemaker zou tijdens de oorlog betrokken zijn geweest bij de Duitse firma Cellastic. Het boek van Samuel Goudsmit, *Alsos*, werd in dit verband aangehaald. *De Waarheid* was door een anoniem telefoontje gewezen op dit boek. *Alsos* verhaalt over de Nederlandse fysicus Goudsmit en zijn werkzaamheden als wetenschappelijk medewerker binnen de geallieerde troepen tijdens de Tweede Wereldoorlog. Als leider van een klein team kreeg hij de opdracht met het front mee te reizen om uit te zoeken hoe ver de Duitsers gevorderd waren met de ontwikkeling van een atoom-

bom. De angst dat Duitsland eerder een atoombom tot ontploffing zou brengen dan de vs was groot. Deze angst was niet alleen een van de redenen voor de gigantische opzet van het Manhattanproject, maar ook de aanleiding om deze missie op te zetten. Goudsmit, die niet bij het Manhattanproject was betrokken en dus bij onverhoopte gevangenneming niets waardevols kon lekken, werd als leider aangesteld. Ook speelde mee dat hij door zijn Nederlandse achtergrond (hij was in de jaren twintig samen met Uhlenbeck naar de vs vertrokken) goed wist waar in Europa hij moest zoeken. Zijn conclusie over de zogenaamde Uranverein was genadeloos: het Duitse atoomprogramma stelde tijdens de oorlog vrijwel niets voor. Meer dan een paar losse pogingen om uranium te verrijken en te centraliseren waren er niet geweest.¹⁵⁹

Wel trof Goudsmit na een tip van een Franse ingenieur¹⁶⁰ in Parijs het verlaten kantoor van de firma Cellastic aan. Deze firma, in 1937 opgericht met een vestiging in Amsterdam, was – en is nog steeds – schimmig. In eerste instantie had het tot doel kogelvrije autobanden te verkopen, waarop Rudolf Ruscheweyh – lid van de Raad van commissarissen van Cellastics – een patent bezat. Tijdens de oorlog en vooral in de Parijse vestiging, had de firma echter tot doel om nieuwe wetenschappelijke gegevens en octrooien te achterhalen en vervolgens te analyseren.¹⁶¹ De informatie werd doorgespeeld aan hooggeplaatste nazi's in Berlijn. Industriële spionage, dus.¹⁶² Opvallend was dat Goudsmit in het verlaten kantoor naast een chemisch laboratorium en een uitgebreide bibliotheek een namenlijst aantrof met daarop een viertal Nederlandse namen. De twee belangrijkste waren die van Ketelaar, hoogleraar scheikunde aan de Universiteit van Amsterdam en die van De Haas, ook hoogleraar en een bekende van Goudsmit uit zijn tijd in Leiden. Een derde naam was van de jonge chemicus J.W. Zwartsenberg en de vierde van Kistemaker.¹⁶³ Goudsmit gebruikte in zijn boek voor deze heren gefingeerde namen. De hoogleraren waren professoren x en y, met handlangers Dr. K (een toespeling op het feit dat Kistemaker vlak na de oorlog en voor de publicatie van het boek, promoveerde) en Mr. Zwart.¹⁶⁴

Na de oorlog leidde de scheikundige J. van Ormondt van het Militair Bureau voor Wetenschappelijke Inlichtingen (MBWI), in sa-

menwerking met het Bureau Nationale Veiligheid (BNV, de latere BVD) een onderzoek naar Cellastic. Het grootste deel van het onderzoek bestond uit verhoren van de vier hoofdpersonen. Daarnaast was er veel contact met de Colleges van Herstel van de universiteiten van Amsterdam en Leiden, die als zuiveringsorgaan van de universiteiten dienstdeden. Als resultaat van dit onderzoek werden in Leiden Kistemaker en De Haas en in Amsterdam Ketelaar op non-actief gezet. De opheffing van hun schorsing in najaar 1945 voor Kistemaker en De Haas en zomer 1946 voor Ketelaar, betekende, zoals Rienk Kessenich in zijn – nog steeds – bijzonder volledige scriptie over de Cellastic-affaire schreef, ook het einde van het onderzoek van het MBWI en het BNV.¹⁶⁵ Vervolgens bleef het stil, ‘een klein stukje oorlogsgeschiedenis lijkt te zijn afgesloten’.¹⁶⁶ Uitzondering was de publicatie van het boek van Goudsmit in 1947, maar *Alsos* kreeg in Nederland op dat moment weinig tot geen aandacht. Pas in de jaren zestig begon het te rommelen.

10 Kistemaker A-bommaker

De ophef in *De Waarheid* in de herfst van 1960 werd voorafgegaan door een vrijwel onopgemerkt gebleven incident. Ene dr. J. van Dranen deed op 6 juni 1959 een oproep in het *Algemeen Handelsblad* om inlichtingen te verstrekken inzake de samenwerking tussen de Duitse Abwehr en de Cellastic-groep in Parijs in de periode 1943-1944. Een jaar eerder had hij, na lezing van het boek van Goudsmit, contact opgenomen met directeur Lou de Jong van het RIOD. Deze had hem niet aan inlichtingen geholpen, waarschijnlijk omdat De Jong zijn aanvraag niet kon goedkeuren. Van Dranen was assistent geweest van Ketelaar, maar had tot zijn vertrek in 1951 grote problemen ondervonden met zijn hoogleraar. Waarschijnlijk wilde hij middels de gevraagde inlichtingen zijn gram halen.¹⁶⁷ Kistemaker wist van de bezigheden van Van Dranen. In september 1959 had Zwartsenberg contact met Kistemaker gezocht, omdat hij al twee jaar ‘grote last’ ondervond van Van Dranen, die de wereld wilde behoeden ‘voor boze misdadigers zoals Ketelaar en

Zwartsenberg'.¹⁶⁸ Kistemaker nam vervolgens contact op met Goudsmit zelf, met de vraag of hij een 'ontlastend schrijven' op kon stellen, 'waarin staat, dat de verhoudingen, zoals die in 1945 lagen, een goed oordeel over al of niet vermeende activiteiten van de Duitse mantelorganisaties onmogelijk maakte'.¹⁶⁹ Kistemaker vroeg hiermee dus aan Goudsmit te verklaren dat zijn boek onjuistheden bevatte. Dit kwam deels voort uit het feit dat Zwartsenberg verklaarde dat hij tijdens zijn onderhoud met Goudsmit aan het einde van de oorlog een fout had gemaakt (hij had twee verschillende Boettchers door elkaar gehaald). Anderzijds moet hierbij ook hebben meegespeeld dat Kistemaker Goudsmits oordeel over hemzelf te scherp vond. Jaren later werd dit pijnpunt nog vaak aangehaald. Over de ontmoeting die Kistemaker in 1959 met Goudsmit had in het Rockefeller Institute is weinig bekend. Wel was snel daarna de zaak bekoeld omdat Ketelaar zijn baan aan de universiteit op had gezegd om directeur van de Koninklijke Nederlandse Zoutindustrie in Boekelo te worden. Voor Van Dranen betekende dit het einde van zijn 'actie'. Kistemaker verwonderde zich over het plotselinge besluit. 'Het kan zijn dat hij eieren voor zijn geld kiest en dit als een welkome aanleiding beschouwt om zijn houding te herzien. Je weet, dat hij Ketelaar beschouwde als zijn grote tegenstander in de Amsterdamse wetenschappelijke wereld. Het zijn natuurlijk dwaze complexen.'¹⁷⁰ Goudsmit kon dit alleen maar beamen: 'According to one of my friends, a research worker in psychiatry, all research workers are slightly paranoid. Some, more than others. This is no doubt the case with van D.'¹⁷¹

De journalist die achter de eerder aangehaalde stukken in *De Waarheid* zat, was Wim Klinkenberg. Dit bleef echter voor de buitenwereld onduidelijk – Kistemaker kwam er pas rond 1970 achter. Klinkenberg nam na een tip contact op met Van Dranen en besloot vervolgens een nader onderzoek naar de vier Nederlandse Cellastic-medewerkers op te zetten, met de nadruk op Kistemaker. Meer 'onthullende' publicaties waren het gevolg.¹⁷² In de laatste dagen van oktober 1960 waren er demonstraties in Amsterdam-Oost, in de buurt van het laboratorium. 'Talrijke mannen en vrouwen' (al dus *De Waarheid*) demonstreerden naar eigen zeggen om de bevol-

king van de stad 'te waarschuwen tegen de gevaarlijke praktijken van het nabijgelegen laboratorium'.¹⁷³ Ook werd een schutting in de buurt van het lab beklad met de tekst 'Kistemaker A-bom maker' en een hakenkruis. Studenten kwamen verhaal halen bij Kistemaker, die zich niet over de aantijgingen uitliet. Op 26 oktober organiseerde de Amsterdamse CPN-fractie een persconferentie over de zaak, waarbij zowel de binnenlandse als de buitenlandse pers was uitgenodigd. Al deze acties waren geïnitieerd door de landelijke leiding van de CPN. Een volgend voorval vond plaats op 6 november, toen er veel mensen afkwamen op een openbare vergadering van de CPN in Haarlem. Dezelfde dag trok een communistische herdenking van de Oktoberrevolutie in Odeon in Rotterdam zo'n zeshonderd bezoekers. Op beide plekken werd 'met klem' geprotesteerd tegen het onderzoek van Kistemaker.¹⁷⁴

Ook in de tweede helft van november en in december verschenen er non-stop stukken in *De Waarheid* en waren er protesten, vooral in Amsterdam. Bij de CPN verscheen eind november een brochure met de titel 'Kistemaker en de Duitse A-bom', een soort bloemlezing van wat eerder gepubliceerd was. Op 20 november vond een protestvergadering plaats in Amsterdam-Oost en op 26 november was er een grote demonstratieve optocht door hetzelfde stadsdeel. Volgens de BVD waren er tussen de 850 en 1000 mensen op de been ('*De Waarheid* gewaagde van duizenden,' aldus de inlichtingendienst).

Toen Kistemaker op 29 november in het Natuurkundig Laboratorium van de Gemeente Universiteit een lezing hield hadden zich in de omgeving van het gebouw 'ANJV-ers en jeugdige CPN-ers verzameld, die opdracht hadden gekregen wanordelijkheden te veroorzaken'.¹⁷⁵ Ook waren er bij omliggende huizen stroken papier opgeplakt met de tekst 'Kistemaker nicht erwünscht'. Dezelfde leus werd middels een doek aan de bovenleiding van de tram bevestigd. Een aantal studenten probeerde toegang te krijgen tot de collegezaal waar Kistemaker sprak, maar werd niet toegelaten. Wel ontstonden er ongeregelde heden met de politie, waarbij een lid van de communistische studentenvereniging Perikles werd gearresteerd omdat hij een agent had mishandeld. Een andere jonge CPN'er werd aangehouden vanwege het aanplakken van pamfletten.

Toen Kistemaker het gebouw verliet bleef het relatief rustig. Hij werd wel belaagd maar niet gemolesteerd. Ook werd er een foto van hem gemaakt die de dag erna in *De Waarheid* stond. Het blad schreef over een spontaan protest van uitsluitend studerenden, maar de BVD, die de agitatie rondom Kistemaker voor de ambtenaren in Den Haag in de gaten hield, wist wel beter. Volgens de inlichtingendienst kregen alle medewerkers van communistische partijinstellingen, zoals drukkerijen en uitgeverijen, de uitdrukkelijke opdracht om aan de protesten mee te doen.¹⁷⁶

De samenvattende rapporten die de BVD opstelde kwamen via Fock terecht bij minister-president De Quay. De BVD duidde de campagne als 'een typisch staaltje van communistische agitatie-methodiek', die geheel past 'in het kader van de sinds jaren door de CPN gevoerde actie tegen de Nederlandse bijdrage aan de NAVO en tegen de herbewapening van Duitsland, waarbij gesuggereerd wordt dat het onderzoek in het bijzonder ten behoeve van de voorziening van de Duitse strijdkrachten met atoomwapens plaatsvindt'.¹⁷⁷ De communisten appelleerden volgens de BVD 'zoals gebruikelijk' aan een algemene weerzin tegen militarisme in Duitsland en 'de gevoelens van onlust die opkomen wanneer over atoombewapening wordt gesproken'. Daarnaast deed de CPN-leiding veel moeite om aan te tonen dat haar campagne op een breed vlak aansloeg. Er werd bijvoorbeeld melding gemaakt van een groot aantal op de redactie binnengekomen brieven die met verontwaardiging over Kistemaker spreken. Uit een 'in besloten kring gedane uitlating van een voor-aanstaande CPN-er' hoorde de BVD het achterliggende doel van alle aantijgingen. De CPN wilde Kistemaker het werk onmogelijk maken en hem zo dwingen te stoppen als leider van het project. De CPN trok een vergelijking met de recente zaak-Oberländer, die vanaf 1953 in West-Duitsland minister van Vluchtelingen zaken in diverse kabinetten-Adenauer was. Volgens de communisten hadden aantijgingen over zijn (in dit geval zeer ernstige) oorlogsverleden tot het aftreden van de minister geleid. Bij Kistemaker zou eenzelfde patroon gevolgd moeten worden. Daarom verwachtte de BVD ook dat de rel nog een tijd zou kunnen gaan duren.¹⁷⁸

Kistemaker zelf onthield zich in de herfst en winter van 1960 van

een reactie op de aantijgingen. Wel klopte hij al in oktober aan bij de ambtenaren in Den Haag met de vraag naar een officiële publieke reactie van hun kant. Specifiek had Kistemaker persoonlijk contact met de minister van Verkeer en Waterstaat Henk Korthals en de al eerdergenoemde Fock van Algemene Zaken. Voor Kistemaker was het 'moeilijk verteerbaar' dat een reactie er in eerste instantie niet kwam, mede omdat hij 'in universitaire kringen veel moeilijkheden op zijn weg' vond.¹⁷⁹ In tweede instantie, begin november, stond Fock positiever ten opzichte van een communiqué dat door de minister van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen, Jo Cals, uitgegeven zou kunnen worden, waarin de aandacht vooral gevestigd moest worden op de verdiensten van Kistemaker in de afgelopen vijftien jaar. Volgens Fock had Kistemaker zich bewezen als belangrijk en gedreven onderzoeker tijdens de wederopbouw. Daarnaast was er hier, volgens Fock, géén sprake van een internationaal complot – zoals *De Waarheid* suggereerde. In het verlengde hiervan kon de minister duidelijk stellen dat er van fabricage van een atoombom geen sprake was. Ook de verdachtmakingen rondom het oorlogsverleden van Kistemaker waren ongegrond, volgens Fock. Hij had contact opgenomen met Lou de Jong, die begin november bevestigde dat Kistemaker in de oorlog wel degelijk naar Parijs af was gereisd. Hij had dat op aanraden van De Haas gedaan. Dat De Haas naast zijn staking niet bestraft was in deze zaak gaf voor Fock aanleiding te concluderen dat het bij Kistemaker ook zo erg niet kon zijn.¹⁸⁰ Een officiële reactie van minister Cals bleef in november echter uit. Ook de landelijke kranten onthielden zich van mededelingen over deze zaak, met als een van de uitzonderingen een stuk in *Het Vrije Volk* op 11 november. Het verhaal in *De Waarheid* is volgens hen een 'leugen' waarmee de communisten wanhopig probeerden een rel te forceren. *Het Vrije Volk* betichtte *De Waarheid* van 'gebrek aan waarheidsliefde, gebrek aan feitenkennis, gebrek aan goede trouw'.¹⁸¹

Begin december werd minister Cals toch gedwongen zich over de kwestie uit te laten. ARP-Tweede Kamerlid Cees Hazenbosch had Kamervragen ingediend betreffende de Cellastic-affaire en specifiek de dubieuze rol van Kistemaker hierin. Cals bevestigde in

zijn antwoorden dat Kistemaker 'in 1944 gedurende 3 maanden naast zijn werkzaamheden als assistent bij het Kamerlingh Onnes-laboratorium [...] met wetenschappelijke doeleinden in dienst is geweest van de N.V. Cellastic. Bij de zuivering van het personeel van de Nederlandse universiteiten, waarbij ook de relaties met de N.V. Cellastic aan een uitvoerig onderzoek zijn onderworpen, is afdoende gebleken, dat aan prof. Kistemaker ter zake geen enkel gerechtvaardigd verwijt kan worden gemaakt.'¹⁸² *De Waarheid* las hierin vooral een bevestiging van de juistheid van de aantijgingen: zie je wel, Kistemaker was wél in Parijs geweest.¹⁸³ Als reactie op het antwoord van de minister volgde in januari 1961 CPN'er Marcus Bakker met vragen over de Cellastic-zaak. Hij vroeg de minister om meer informatie te geven over de zuiveringsrapporten van Kistemaker en of die aan de Kamer ter inzage konden worden gegeven.¹⁸⁴

Op persoonlijk vlak reageerde Kistemaker redelijk laconiek op de aantijgingen. Hij ging er in eerste instantie van uit dat het wel weer over zou waaien. Richting Groth rept hij van de 'schreckliche Trübel om die Gaszentrifuge'¹⁸⁵ en dat de communisten 'erstaunlich viel Lärm' maken.¹⁸⁶ Enigszins schertsend vervolgde hij: 'Ich bin im Augenblick ohne weiteres Ihren Hauptfeind Nummer 1, wegen sogenannter Kollaboration mit Ihnen. Zusammen machen wir A-Bomben. Die versuchen in alle möglichen Weisen mich in Holland unmöglich zu machen. Wenn es mir zu schlimm wird werde ich Assistent bei Ihnen!!!'¹⁸⁷ Een paar maanden later begonnen de acties hem wel degelijk op de zenuwen te werken. Aan Goudsmit schreef hij bijvoorbeeld: 'Ik heb het uitsluitend aan het verstand van mijn medewerkers te danken evenals aan het feit, dat alle overige Nederlandse dagbladen op onze hand zijn en van deze systematische hetze niets geloven, dat ik niet al lang geëxplodeerd ben. Hoe lang ik dit nog volhoud, kan ik niet zeggen.'¹⁸⁸ Vervolgens op een andere plek: 'Deze systematische beledigingscampagne duurt nu 2 maanden en voor iemand met een dikke huid is dit zelfs te veel.'¹⁸⁹ Kistemaker hield vol dat de verwijten 'slechts voor 1% waarheid bevat[ten] en voor de rest van A tot Z leugens [zijn]'.¹⁹⁰ Hij nam dit Goudsmit, deels, kwalijk en begon – in persoonlijke correspon-

tie – Goudsmit voorzichtig te beschuldigen van een verdraaid weergeven van de feiten: door de toon van zijn boek *Alsos* kwam Kistemaker ‘wel in een zeer scheef daglicht’ te staan.¹⁹¹ Kistemaker nam het standpunt in dat hij door De Haas naar Parijs was gehaald om te kijken of de ware aard van de firma Cellastic te doorgronden was. Hierover zou hij een rapport naar Londen hebben gestuurd. Het was contraspionage, hield Kistemaker in 1960 dus vol. En dat was niet wat uit *Alsos* sprak. Daarom drong Kistemaker er, ‘ten einde raad’, bij Goudsmit op aan om ‘zeer duidelijk [zijn] standpunt in deze zaak kenbaar te maken’.¹⁹²

De reactie van Goudsmit, die geen reden zag om publiekelijk verwickeld te raken in Kistemakers gevecht met *De Waarheid*, was fel. Ten eerste vroeg hij zich af of zijn oordeel in 1947 niet ‘too lenient’ was, gezien een brief van De Haas aan Ketelaar uit 1948 die *De Waarheid* boven tafel had gehaald. Ten tweede had Kistemaker richting de pers volgehouden dat Goudsmit zijn boek in haast had geschreven en dat hij inmiddels van oordeel veranderd was. Niets was minder waar, aldus Goudsmit. Dat rapport dat Kistemaker naar Londen zou hebben gestuurd was nooit gevonden, dus Kistemaker zou eerst maar eens voor ‘documentary evidence’ moeten zorgen. Daarnaast nam Goudsmit hetzelfde standpunt in als minister Cals: ‘The fact that the affair was thoroughly investigated in Holland in 1945 and that no disciplinary action was taken against you and z is convincing proof that your roles were minor or the result of youthful ambition and ignorance.’¹⁹³ Wellicht vanwege deze brieven van Goudsmit, wellicht ook vanwege terugkeer van de maatschappelijke rust eind december, wist Kistemaker zich in te houden. In de eerste maanden van 1961 raakte hij geen *Waarheid* meer aan en merkte hij weinig van hun activiteiten. De eerste golf van de Cellastic-affaire was voorbij.

In het kanteljaar 1960 kende het centrifugeproject een aantal belangrijke successen. Zo werd het eerste uranium met centrifuges verrijkt en waren de conclusies van de commissie-Tromp opvallend positief – ook al was de belangrijkste aanbeveling om het project door nóg een commissie te laten doorlichten. De toekomst was nog niet zeker. Het Amerikaanse verzoek tot geheimhouding kwam hier

dwars doorheen en zorgde er op verschillende niveaus voor dat het project in de aandacht kwam te staan. Voornamelijk was dat in ambtelijke kringen, die zich het project meer en meer toe begonnen te eigenen. Maar ook leidde deze Amerikaanse aandacht, eerst in Duitsland en daarna in Nederland, tot maatschappelijke ophef over het project. Dat een verzoek tot geheimhouding juist voor publiciteit kon zorgen, lijkt bijna paradoxaal. Echter, het verzoek om geheimhouding draaide voornamelijk om *technologische* kennis, de publiciteit om politieke sentimenten.

7 IN HET LABYRINT VAN DE BUREAUCRATIE (1961-1962)

I Staatsgeheim

In de laatste maanden van 1960 kwamen Nederlandse en Duitse delegaties bij elkaar in Bonn en Den Haag om over geheimhouding te praten. De partijen waren het erover eens om de 'Classification Guide' als basis voor hun eigen richtlijnen te gebruiken. Ook de angst om te veel technologie geheim te verklaren werd door beide partijen gedeeld. Daarom was het van het grootste belang om geheimhouding zoveel mogelijk te richten op de specifieke centrifuge-technologie. De delegaties besloten om centrifugepatenten als geheime patenten in te dienen. Deze vielen onder NAVO-afspraken, waarmee de belangen van private industrieën gewaarborgd werden.¹

Maar er was een verrassende wending in de discussies: in Nederland konden geheime patenten alleen binnen het ministerie van Defensie ingediend worden. Dit zou betekenen dat, ondanks het vredelievende doel van het ultracentrifugeproject, deze technologie toch in verband gebracht kon worden met militaire aspiraties, wat gevolgen zou kunnen hebben voor een eventuele samenwerking met Euratom – nog steeds een mogelijke geldschieter. Euratom steunde expliciet slechts niet-militaire projecten.² De minister van Defensie, Simon Hendrik Visser, weigerde bovendien toen hij hiervoor werd benaderd het geclassificeerde project in bescherming te nemen. Zijn reden was financieel. In het geval van geheime patenten ontvangen de betrokken industrieën en wetenschappers meestal een financiële compensatie van het ministerie van Defensie. In dit geval weigerde Visser te betalen voor ge-

heime centrifugepatenten waar hij niet eens om had gevraagd.³

Ook het project bij Degussa had het zwaar. Er werd over gedacht het onderzoek aan gascentrifuges af te bouwen. De ophef in de pers en het besluit om de technologie geheim te verklaren versterkte het idee dat Degussa een stap terug moest doen.⁴ Nederlandse beleidsmakers waren hiervan op de hoogte. Het was dan ook niet verbaazingwekkend dat een technische samenwerking met Degussa in de eerste maanden van 1961 steeds onwaarschijnlijker werd. Deze optie werd langzaam losgelaten. In de daaropvolgende jaren zou Degussa zijn centrifugetechnologie aan de Duitse overheid verkopen voor een bedrag van 5 miljoen Duitse mark.⁵ De andere Duitse groep, geleid door Groth, ondervond ook grote problemen van het besluit om de technologie geheim te verklaren. Ook zij twijfelden over voortzetting van het project.⁶ Groth werd op andere gedachten gebracht door het aanbod van de Duitse overheid om zijn onderzoek te verplaatsen naar een nieuw laboratorium in Jülich.

Op 10 maart 1961 besloot ook de Nederlandse regering het ultracentrifugeproject te classificeren, ondanks de verschillende nadelen van deze stap. Classificatie zou gebeuren onder militaire wetgeving en octrooien werden voortaan als geheime patenten ingediend. Het centrifugelaboratorium werd een 'verboden plaats'.⁷ Vijf octrooien werden direct geheim verklaard.⁸ Bovendien moest al het personeel voortaan gescreend worden en werd het publiceren van gevoelige informatie verboden.⁹ Er werd een deksel op de ultracentrifuge geschroefd en alle technische informatie verkregen na de datum 1 augustus 1960 werd geheim. Vandaag de dag geldt dit nog.

Een aantal van de door Kistemaker voorziene problemen doken op. Het werk van de twee promovendi aan centrifuges bleek problematisch. Het proefschrift van Joop Los, *De scheiding van zware isotopen in een centrifugaal veld*, dat hij in 1963 afrondde, was geheim.¹⁰ Kistemaker schreef voorafgaand aan de promotie van Los een brief aan het ministerie van Buitenlandse Zaken met de vraag om het proefschrift te declassificeren. Het ministerie concludeerde vervolgens, na advies ingewonnen te hebben bij de voorzitter van de Wetenschappelijke Raad voor de Kernenergie, J.H. de Boer, dat er geen technische informatie in het proefschrift stond die 'geïnteres-

seerden toegang zouden verschaffen tot de technische “know how” die dienstbaar kan worden gemaakt voor het entameren van de ontwikkeling van een ultracentrifugeproject elders in de wereld’ en die niet al in 1960 in het publieke domein was.¹¹ Het briljante proefschrift van Los ging, vanwege de classificatie, alleen in op de theoretische aspecten van de centrifuge en niet zozeer op de experimentele of technologische kant van de zaak. Hij promoveerde cum laude in Leiden.¹²

In de rest van dit hoofdstuk zal aangetoond worden dat veel van Kistemakers wensen uit de discussies over geheimhouding uiteindelijk ingewilligd zijn – zaken als een eigen huisvesting los van FOM, maar ook uitbreiding van het project en lange(re)termijnfinanciering. Hoop op een internationale samenwerking verdween echter volledig. Vroeg in 1961 probeerde Boettcher nog een laatste overleg op te zetten, deze keer om een grotere ultracentrifuge-‘club’ van de grond te krijgen, samen met het Verenigd Koninkrijk én de vs, binnen de geclassificeerde sfeer. Voor de Duitse industrieel was het cruciaal dat alle vier de landen samen aan de ontwikkeling van centrifuges gingen werken, inclusief de vs.¹³ Het Nederlandse ministerie van Buitenlandse Zaken had echter recent vernomen dat de vs geen plannen hadden om gevolg te geven aan het verzoek tot geheimhouding. Amerikaanse ideeën om op technische gronden samenwerking met Duitsland en Nederland aan te gaan, waren volledig losgelaten.¹⁴ Daarnaast ondervonden de groepen in Duitsland, zoals we hierboven zagen, problemen met de recent ingestelde geheimhouding. Al met al was er dus te weinig ruimte om de discussies over internationale samenwerking met Duitsland voort te zetten.

Ook het Verenigd Koninkrijk had zijn centrifugeprogramma geheim verklaard. Engeland werkte aan gascentrifuges in nauwe samenwerking met de vs, binnen de ‘special relationship’ die tussen de twee landen bestond en met strikte regimes voor geheimhouding. Kistemaker had persoonlijk contact met Hans Kronberger van de Development and Engineering Group van de Engelse Atomic Energy Commission (UKAEC). Toen Kronberger door Kistemaker werd gevraagd om deel te nemen aan een ‘club of the major

centrifuge teams' antwoordde de Britse wetenschapper dat Engeland dit plan onder normale omstandigheden toe zou juichen. 'Circumstances, however, are not normal: since military security bans have been imposed on the centrifuge project, international cooperation can only be arranged under treaty provisions. [...] I cannot therefore see how we could collaborate, or exchange information, in the absence of the appropriate treaties.'¹⁵ Dit was geheimhouding en daarmee Amerikaanse hegemonie, in actie. Vanwege de door de vs opgelegde afspraken om het Britse centrifugeproject geheim te houden, konden geen banden met continentale programma's worden opgezet.¹⁶ De geheimhouding van de Nederlandse en Duitse projecten impliceerde voor de centrifugeprogramma's een alleen-gang binnen nationale kaders. Kennisuitwisseling met Duitsland of het Verenigd Koninkrijk was in de vroege jaren zestig niet mogelijk. Dit veranderde pas aan het einde van het decennium, vanwege redenen die in de epiloog van dit boek zullen worden geschetst.

2 Technische ontwikkeling

Ten opzichte van 1960 veranderde op het laboratorium in 1961 en de eerste helft van 1962 niet veel, ook omdat er op organisatorisch vlak nog geen definitieve besluiten over reorganisatie waren genomen. Twee ontwikkelingen waren belangrijk. Allereerst leek het er al vroeg in 1961 op dat de ontwikkeling van de mechanisch opgewekte wervel in de centrifuge nauwelijks verder geoptimaliseerd kon worden. Daarom begon de groep onderzoek te doen naar een andere manier om gaswervels op te wekken, namelijk door middel van wat een thermische wervel werd genoemd: door een temperatuurgradiënt over de wand van de rotor aan te brengen kan in de centrifuge een stromingswerking ontstaan. Hoe dit precies tot stand kwam was vooralsnog onduidelijk. Verschillende manieren werden uitgetoetst (boven warm, onder koud en andersom, met verschillende temperaturen). In 1961 bleek deze techniek te kunnen concurreren met de mechanisch opgewekte wervel. Welke de voorkeur genoot werd verder onderzocht.¹⁷ Ten tweede en dit was wellicht een van de belang-

rijkste ontwikkelingen van het gehele project, ging de theoretisch georiënteerde Joop Los zich bezighouden met cascadetechnologie. Hij was groepsleider van de gasdynamicagroep, gespecialiseerd in de wervelvorming in de centrifuges en de stromingen van het gas in het gehele systeem van centrifuges. Toen het project door de commissie-Tromp werd doorgelicht merkten Kistemaker en Los dat de commissie voor haar berekeningen een 'klassiek cascade-ontwerp van Comprimo' gebruikte. 'Pas toen Los en Kelling met een geheel nieuw cascadeontwerp zonder kranen kwamen bleek het project economisch haalbaar te worden,'¹⁸ schreef Kistemaker jaren later.

Twee typen centrifuges werden verder onderzocht en doorontwikkeld. De onderkritische centrifuge onderging met een nieuwe centrifugemantel, 'stoel' en motorhuis een volledige make-over. Hierdoor ontstonden er echter grote mechanische moeilijkheden aan deze kleine centrifuges. De lagers vertoonden uitzonderlijk veel slijtage en dat maakte experimenteren aan deze centrifuge onmogelijk. In de eerste maanden van 1962 werd daarom deze opstelling teruggestuurd naar Werkspoor. Succesvoller was de bovenkritische, in stukken geknipte (gelede) centrifuge. Begin 1962 werden de eerste opstellingen hiermee in gebruik genomen. Dit model bestond uit twee cilinders van 42 centimeter lang, die met een elastisch element aan elkaar waren gekoppeld. Dit type stond nog in de kinderschoenen. Allereerst was het zaak te onderzoeken wat de invloed van het elastische tussenstuk is op het scheidend vermogen van de centrifuge.¹⁹

Bij Werkspoor werd in oktober 1961 de groepsleider J. Wind opgevolgd door H.W. Baron.²⁰ Hij begon zich bezig te houden met duurproeven aan de lagers en aan langzame vervorming van de materialen – een fenomeen dat kruip werd genoemd.²¹ Ook bestudeerde hij hoe op industriële schaal centrifuges gemaakt konden worden. Andere punten van onderzoek binnen zijn groep waren sterkte- en stijfheidsberekeningen aan de gebruikte materialen en constructieve aanpassingen aan de centrifuge, om ze op deze manier waar mogelijk geschikter te maken voor industriële productie.²² Bij Werkspoor ging het onderzoek al sterk de 'development'-kant op.

Over de technische problemen nam Baron contact op met J.F.

Besseling van de TH Delft, om expertise uit te wisselen. Dit gaf aanleiding tot een interessante briefwisseling tussen Kistemaker en Besseling, waarbij duidelijk werd dat de maatschappelijke ophef rond de productie van atoombommen en het oorlogsverleden van Kistemaker wel degelijk haar weerslag vond op de werkvloer. De Delftenaar wilde niet zonder meer meewerken aan het ultracentrifugeproject. Eerst wilde hij antwoord op de vraag of de ontwikkeling van ultracentrifuges 'op enigerlei wijze een bijdrage kan vormen tot de technologie voor de vervaardiging van kernwapens en zo ja, zijn er in binnen- en buitenland instanties die om deze reden dit project steunen of die voor dit doel van de resultaten van dit ontwikkelingsonderzoek direct of indirect profijt zullen hebben'.²³ Kistemaker antwoordde dat het project door RCN werd gefinancierd, met slechts vredelievende doeleinden en zonder 'enkele andere binnenlandse of buitenlandse verplichtingen'. Hij vervolgde dat uraniumscheiding door elke 'kwaadwillige' te gebruiken is voor bewapeningsdoeleinden. 'Indien men van dit standpunt uitgaat, lijkt me geen enkele activiteit meer mogelijk op het gebied van de kernenergie'.²⁴ Dit was een van de schaarse momenten waarop de fysici zich uitlieten over de ethische achtergrond van hun onderzoek.

Zowel op het lab als bij Werkspoor was het onderzoek duidelijk gericht op het ontwikkelen van een technologie die een grote cascade mogelijk zou maken. Zoals Kistemaker later schreef: 'We hadden voortdurend duizenden centrifuges in gedachten'.²⁵ Twee aspecten waren hierbij van cruciaal belang: kostenbesparing op de centrifuge en optimalisatie van alle belangrijke variabelen van de centrifuge.

Het besluit om het ultracentrifugeonderzoek geheim te verklaren was op de werkvloer van het Amsterdamse laboratorium merkbaar. Kistemaker werd door RCN opgedragen 'maatregelen te nemen voor het waarborgen van geheimhouding'.²⁶ Als basis werd het 'need to know'-principe gebruikt, waarbij kennis van bepaalde stukken 'slechts beperkt blijft tot degenen, die hiervan kennis moeten nemen uit hoofde van hun werkzaamheden in het kader van het project'.²⁷ Bij het deel van het laboratorium waar aan ultracentrifuges werd gewerkt, op de eerste verdieping, werden de ramen afgeplakt.

Bezoekers werden geregistreerd en alleen toegelaten na Kistemakers persoonlijke goedkeuring.²⁸ De beveiliging van het project werd verzorgd door de firma Alarma, die naast beveiliging van ramen, deuren en een aantal kasten ook een verankerde kluis verzorgde.²⁹

Kistemaker greep de discussie over geheimhouding aan om bij RCN te pleiten voor een vermindering van bureaucratie. Volgens hem was het 'wel bijzonder moeilijk, zo niet onmogelijk' in kwartaal- en jaarverslagen überhaupt nog over centrifuges te schrijven omdat 'hoe langer hoe meer onder geheimhouding valt'.³⁰ Het feit dat RCN haar verslagen altijd rondzond aan een vrij grote groep belanghebbenden maakte dat Kistemaker dit liever op wilde schorten. 'Steeds weer is het voor mij een probleem een zo vaag mogelijk verhaal op te stellen, waar toch niets meer uit op te maken is, terwijl het voor jou [Goedkoop, RCN] alleen maar weer moeilijk is om het zo op te bergen, dat aan de regels van de regering is voldaan.'³¹ De verslagen moesten volgens hem dan ook vooral als een teken van leven gezien worden en niet meer dan dat.

Een bijkomend effect van de geheimhouding was dat in 1962 de salarissen van de aan centrifuges werkende krachten verhoogd moesten worden. Kistemaker stelde voor om de jonge medewerkers een 'industrieel niveau' van 100 gulden in de maand extra te betalen, als compensatie voor het feit dat er niets gepubliceerd kon worden en alles binnenshuis moest blijven.³² In februari 1962 werkten in totaal zeven academici en vijftien technische hulpkrachten aan het project.³³

Wellicht een van de grootste problemen van de geheimhouding was dat een substantieel deel van het ontwikkelingswerk was uitbesteed. Philips werd ingeschakeld om een 'synchroon of quasisynchroonmotor' te ontwikkelen, de ontwikkeling van een fabriek werd bijgestaan door ingenieursbureau Comprimo, voor mechanisch rekenkundig onderzoek werd hulp gezocht bij TNO en de Technische Hogescholen en vrijwel alle centrifugeonderdelen werden bij derden aangeschaft. Bovendien werd er door de medewerkers van het project regelmatig naar nieuwe, onconventionele, technieken 'ge-scout' om de productie en ontwikkeling te kunnen versnellen, zoals speciale las- en soldeertechnieken met elektronenlassen of *diffusion*

bonding.³⁴ Geheimhouding maakte een deel van deze uitbestedingen problematisch, omdat geheim verklaarde informatie immers niet met instanties buiten de sfeer van het project mocht worden gedeeld.³⁵

3 Veranderende machtsstructuren

In de nasleep van het kanteljaar 1960 werd de invloed van Den Haag op het project versterkt, zowel vanuit het ministerie van Buitenlandse Zaken als vanuit het ministerie van Economische Zaken. Er werd, in navolging van de conclusies van de eerste commissie-Tromp een nieuwe evaluatiecommissie ingesteld om het gehele project nogmaals door te lichten. Hierover meer in de volgende paragraaf. Ook ondernam Buitenlandse Zaken, zoals we eerder al zagen, pogingen om Kistemaker buiten de internationale arena te houden. Zo was Kistemaker in de roerige herfstmaanden van 1960 door Fock gevraagd voorzichtig te zijn met het uitwisselen van kennis met wetenschappers buiten Nederland, maar in januari 1961 werd hier nog een schepje bovenop gedaan. Kistemaker had een gesprek met Guéron van Euratom waarbij bleek dat, ondanks het feit dat ‘alle mogelijke lieden zoveel negatiefs’ beweerden over samenwerking tussen de Nederlandse groep en Euratom, Guéron ‘weldegelijk mogelijkheden in die richting’ zag.³⁶ Eén dag later werd Kistemaker op het ministerie van Economische Zaken ontboden. Hem werd opgedragen zijn buitenlandse activiteiten voor drie maanden op te schorten. Volgens Kistemaker gebeurde dit ‘kennelijk op instigatie van derden’, waarbij hij in zijn correspondentie met RCN niet onder stoelen of banken stak dat volgens hem dit verzoek van het ministerie van Buitenlandse Zaken afkomstig was. Kistemaker vond ‘deze handelwijze van onze bestuurders nogal vreemd, daar ik meen, dat mijn persoonlijke contacten in de praktijk veel effectiever en sneller werken, dan de eeuwigdurende ambtelijke kanalen’.

In Kistemakers correspondentie met, bijvoorbeeld, de Engelse Kronberger herhaalde hij dit punt. Want op het moment dat Kistemaker bij Buitenlandse Zaken voorstelde om op persoonlijke titel

een gesprek met Kronberger aan te gaan, werd hij teruggefloten. 'They are afraid of the international situation,' schreef hij (desondanks) aan Kronberger, 'and told me to wait. In my opinion this is the most stupid thing to do.'³⁷ Ook in de richting van Meijer, zijn contactpersoon van Buitenlandse Zaken, verwoordde hij vergelijkbare kritiek. Kistemaker schreef bang te zijn in de zomer van 1960 'de boot [te] hebben gemist'. Hij vervolgde: 'Op de keper beschouwd, hecht ik aan persoonlijke mededelingen van mannen als Boettcher, Kronberger, Cohen en Kolstad zeer veel waarde, ofschoon ik wel degelijk besef, dat zij wellicht slechts tien procent zeggen van hetgeen ze weten. Indien dit zo is, lijkt het mij, dat Buitenlandse Zaken de enige tak van dienst is, die hieraan iets kan doen.'³⁸ Hiermee uitte Kistemaker zijn ongenoegen over het handelen van Meijers groep, die wellicht op politiek vlak het beste voor had met het project, maar op wetenschappelijk vlak weinig verstand van zaken tentoonspredde. Het was voor Kistemaker moeilijk te verkroppen dat hij buitenspel werd gezet.

Meijer reageerde in langdradige ambtelijke termen op Kistemakers kritiek. Het was volgens de ambtenaar 'buitengewoon moeilijk' om op de vraag of de boot gemist was een antwoord te geven. De conclusies van de commissie-Tromp waren pas net verschenen en de Amerikaanse vraag naar geheimhouding liep daar dwars doorheen. Er was uitzicht op gesprekken met zowel de Amerikanen als firma's in de vs en Canada die, onder andere, uranium delfden. Daardoor was het volgens Meijer 'voor Nederland uitermate moeilijk de vrije hand ten opzichte van Euratom te nemen'.³⁹ Daarnaast waren er allerlei bi- en multilaterale afspraken met landen nodig, voordat ook maar iets besloten kon worden. Kistemaker zou niet in zijn eentje afspraken kunnen maken. Op Kistemakers belangrijkste punt, dat deskundigen een grote rol zouden moeten spelen in het opzetten en onderhouden van internationale netwerken en het nemen van besluiten, ging Meijer niet in.

Deze zaak werd op de spits gedreven door het besluit van 10 maart 1961 om tot geheimhouding over te gaan. Kistemaker was niet ingelicht over het feit dat vijf belangrijke octrooien in maart per direct geheim werden. Een kleine twee weken na de vergadering

van de ministerraad sprak hij hier zowel richting de directie van RCN als richting Meijer in ferme termen zijn 'bevreemding over uit – mede namens mijn medewerkers zowel hier als bij Werkspoor – dat iets dergelijks plaats heeft zónder dat wij hierin zijn gekend'.⁴⁰ Want ook al kon hij zich, omdat hij de achtergronden kende, vinden in het Haagse besluit, hij vond het toch 'nogal dwaas, dat outsiders van het ministerie van Defensie, van de Octrooiraad, van de ministeries van Economische Zaken en van Buitenlandse Zaken en zelfs de onlangs benoemde octrooideskundige van het RCN hier op de stoelen van deskundigen gaan zitten om een keuze te maken uit de octrooiaanvragen, aangevende welke octrooien van zodanig belang zijn, dat deze geheim moeten worden gehouden en welke kunnen worden vrijgegeven'. Deze gang van zaken was 'uiterst onjuist'.⁴¹

Nadat Meijer wederom in ambtelijke taal zijn excuses maakte voor de gang van zaken (er was haast geweest; Meijer had een compromis voorgesteld en uiteindelijk zijn de octrooien door ambtelijke deskundigen bekeken) waren voor Kistemaker de rapen gaar. 'Ik wil niets liever dan werk delegeren, maar in geen geval zal ik accepteren dat in zaken van belang onze groepen gepasseerd worden. Zowel van de kant van het RCN als van de kant van de ministeries en van de commissie-Tromp heb ik te veel tekenen aan de wand gezien. Men zal er rekening mee moeten houden dat dit voor mij aanleiding zou kunnen zijn uit mijn functie te treden als leider van het UC Project.' Hij vervolgde: 'Ik hoop en verwacht dat de commissie-Tromp zeer binnenkort met een positief rapport zal komen, waarna het gehele project in zijn aanpak herzien moet worden. Ik heb mij voorgenomen om de gelegenheid, die zich dan voordoet, te gebruiken om mijn positie in het project te herzien. Ik stel mij voor mij dan doelbewust als technisch adviseur op de achtergrond terug te trekken.'⁴² De directie van RCN kreeg er op een vergelijkbare manier van langs. Afgezien dat het een kwestie van 'beleefdheid' was om Kistemaker bij de besluitvorming te betrekken, zat er volgens hem ook een praktische kant aan: 'Diegenen, die het denkwerk op wetenschappelijk en technisch gebied verrichten, dienen te weten, dat de bepaling van de bestemming van hun geestesproducten mede in overleg met henzelf geschiedt. Dit behoeft men niet geheel

letterlijk te nemen, doch het betekent wél, dat ik – als leider – of mijn plaatsvervanger hierin wil worden gekend.’⁴³ Van belang was dat er naar hem werd geluisterd, zowel door RCN als door de verschillende ministeries.

Andersom stond bij FOM ook Kistemakers onconventionele en eigenzinnige manier van handelen meerdere malen op de agenda. Het Uitvoerend Bestuur van FOM vergaderde elke maand over de voortgang van het project. Rapporten werden besproken, net als de briefwisselingen met RCN. Ook zijn gedrag kwam daarbij langs. In mei 1961 nam FOM-bestuurslid Verwey een kijkje op Kistemakers laboratorium. Het onderzoek leek hem ‘vaak zeer origineel, maar ook soms ondoordacht’. Daarnaast viel het hem op dat Kistemaker direct aan toepassingen dacht als een onderzoek slaagde. Een stugge karaktertrek, volgens Verwey: ‘Hij kan niet anders. En de FOM moet, of zij wil of niet, daarmee rekening houden. En dan komt FOM voor de moeilijke taak te staan hem op zijn juiste waarde te schatten. Is hij soms een “man met gouden vingers?” Lopen wij niet het gevaar zijn gaven niet tot hun recht te laten komen?’⁴⁴

In het dreigement van Kistemaker om op te stappen als leider zat zowel een portie retoriek als een deel ernst. Kistemaker overwoog wel degelijk binnen afzienbare tijd te stoppen als onderzoeksleider. Binnen de tweedeling die hij zelf zag tussen ‘research’ en ‘development’ paste hij slechts in het ‘research’-gedeelte. Zijn gaven – om de woorden van Verwey te gebruiken – lagen bij het opzetten van wetenschappelijk onderzoek binnen de omgeving zoals hij die op zijn laboratorium onder FOM-vlag had gerealiseerd. Daarna moest hij het loslaten.

4 Commissie-Tromp II

De eerste commissie-Tromp adviseerde begin 1961 om het ultracentrifugeproject aan een grondige evaluatie te onderwerpen, om in kaart te brengen op welke manier het project doorontwikkeld kon worden. Minister De Pous nam dit advies over en gaf Tromp de opdracht nogmaals zijn pijlen op het project te richten om zo tot

een 'onafhankelijk advies' te komen.⁴⁵ Net als bij het eerste rapport van de commissie-Tromp werden verschillende deskundigen geraadpleegd.⁴⁶ Tromp splitste de commissie op in drie subcommissies. Allereerst werd de octrooipositie van het project door het Philips-octrooibureau geëvalueerd. Een drietal Philips-medewerkers kreeg de opdracht om contact op te nemen met octrooideskundige De Kler van RCN. Aangezien het basispatent van Degussa nog een lange looptijd had zou deze evaluatie mogelijk van 'essentiële invloed zijn op de perspectieven' van het project.⁴⁷ Een tweede subcommissie onder het voorzitterschap van ingenieur Kornelis van der Pols, directeur van de Rotterdamsche Droogdok Maatschappij, had de taak de algemeen-economische positie van het project onder de loep te nemen. Een derde, technisch-economische commissie stond onder voorzitterschap van J.H. de Boer en werd verder gevormd door deskundigen van Philips, Werkspoor, TNO, RCN en Comprimo, waaronder Kistemaker, Los en Veldhuyzen.⁴⁸

De evaluaties beoordeelden vier verschillende prototypen centrifuges die vanaf oktober 1960 waren ontwikkeld. Deze werden als standaarden voor verschillende doorrekeningen gebruikt. Daarnaast werden er de nodige aannames over de toekomst gedaan. Deze hadden niet alleen betrekking op het aantal te produceren centrifuges (geschat op zo'n 300.000 à 400.000 stuks), de investeringskosten (ongeveer 500 gulden per centrifuge) en de duurzaamheid hiervan, maar ook over de vraag hoeveel verrijkt uraan er jaarlijks nodig zou zijn in de OEEC-landen. Dit werd geschat op rond de 100 ton uraan met 2,5 procent U-235. Ten slotte was de grondstofprijs van natuurlijk uraan van groot belang voor een dergelijke doorrekening, in vergelijking met de Amerikaanse prijs voor verrijkt uranium waarmee moest worden geconcurrereerd.⁴⁹ Om op al deze punten meer inzicht te krijgen nam de commissie contact op met J.J. Went en Maarten Bogaardt (van KEMA en RCN, respectievelijk), omdat zij 'verbruikers' waren van verrijkt uraan.⁵⁰ Vooral Bogaardt verdiepte zich uitgebreid in de materie. In een reactie op een rapport dat Kistemaker en Los hadden geschreven voor de algemeen-economische subcommissie van Van der Pols uitte hij fundamentele kritiek op de manier van beoordelen. Omdat er zo veel

onzekere variabelen in de berekeningen zaten kon volgens Boogaardt elke gewenste uitkomst worden gevonden. Hij meende 'dat het niet reëel is voortzetting van het ultracentrifugeproject te rechtvaardigen met behulp van berekeningen zoals door U zijn aangegeven; men kan immers op basis van dergelijke beschouwingen gemakkelijk zulk een wijd gebied aangeven voor de toelaatbare kosten per scheidingseenheid als functie van een groot aantal variabelen, dat het weinig zin heeft daarop een uitspraak te baseren dat verwezenlijking van het gestelde doel al dan niet binnen het raam der mogelijkheden past.'⁵¹ Tegelijkertijd was Bogaardt juist uitgesproken vóór voortzetting van het project: de kritiek gold voor de werkwijze, gebaseerd op veronderstellingen 'die aan dusdanige onzekerheden onderhevig zijn, dat men in feite ieder gewenst resultaat kan verkrijgen'.⁵² Kistemaker was het niet met Bogaardt eens, want volgens hem gaf dit economische rapport juist op een duidelijke manier weer welke getallen in het systeem vereist waren om het project rendabel te krijgen. Zo werkte het als een manier om de technische evaluatie te toetsen. 'Ik geloof, dat het alleen maar een verdienste is, dat het berekeningsmechanisme zo duidelijk is weergegeven, dat iemand anders er naar keuze andere parameters in kan stoppen om te zien welke de invloed is op de toelaatbare kostprijs. Dit lijkt me het belangrijkste. Een goed evaluatierapport dient, naar mijn mening, niets te verdoezelen. De meest heldere presentatie is de mathematische, waarmee elk naar eigen inzicht kan werken.'⁵³ Het rekenschema gaf een concreet antwoord op de vraag wat men met de technische evaluatie kan doen.

Al vanaf de eerste vergadering van de vernieuwde commissie-Tromp (die bleef fungeren als 'hoofdcommissie' boven de drie ad-hoccommissies) was het duidelijk dat het project grondig op de schop moest. Omdat de huidige organisatiestructuur volgens de commissie niet geschikt was voor de ophanden zijnde 'ontwikkelingsfase' was het zaak om plannen te ontwikkelen voor een herorganisatie. Dit kon wellicht vergemakkelijkt worden door het project onder te brengen bij een opzichzelfstaande organisatie. Aan de andere kant kon RCN hierbij niet gepasseerd worden. Hoe dan ook was het van het grootste belang uit te kijken naar een nieuwe huisves-

ting. Binnen de commissie kreeg Baars van Werkspoor de opdracht om contact op te nemen met Kistemaker over een ontwerp voor een nieuw gebouw. Kistemaker had relaties voor het maken van een ontwerp, hij had immers zelf net een nieuw gebouw laten maken. De 25.000 gulden die met het maken van dit ontwerp gemoeid waren konden zonder problemen door Philips en Werkspoor worden gefinancierd – of eventueel voorgeschoten, aldus de commissie. Ook FOM drong er bij de commissie op aan om op een zo kort mogelijke termijn een passende nieuwe behuizing te realiseren voor het onderzoek.⁵⁴ FOM was het gedoe rond de geheimhouding volledig zat en meldde stellig ‘geen geheime research meer te doen’ na beëindiging van het huidige contract.⁵⁵ Afgesproken werd dat het project vooralsnog op het laboratorium kon blijven, maar dat er spoedig een besluit over een nieuwe huisvesting moest worden genomen.

Tromp sprak met de drie subcommissies af dat de rapporten rond 1 maart 1961 voltooid moesten zijn⁵⁶ – zo’n twee maanden na het instellen van de subcommissies. De hoofdcommissie combineerde vervolgens de drie losse evaluaties in één hoofdrapport, dat in juli 1961 werd voltooid. Over het algemeen was het oordeel over de voortzetting van het project wederom positief. Indien de juiste vernieuwingen werden doorgevoerd kon het project uitgroeien tot ‘een waardevol nationaal bezit’,⁵⁷ aldus de commissie. Een van de belangrijkste conclusies was dat het onderzoek, in tegenstelling tot eerdere berichten, het ontwikkelingsstadium nog níet had bereikt. Een flinke onderzoekstak moest dus aanwezig blijven en Tromp raadde af om een zogenaamde ontwikkelings-nv in het leven te roepen – een samenwerking van industrieën om massaproductie van centrifuges op poten te krijgen. Wel verwachtte de commissie dat binnen afzienbare tijd scheidingsinstallaties zouden kunnen worden gebouwd ‘waarmede tegen of beneden de geldende AEC-prijzen uranium kan worden verrijkt’.⁵⁸ Dit was uiteraard een van de belangrijkste redenen om het project versneld door te zetten. Hiervoor was ‘volgens zeer globale ramingen’ 5 miljoen gulden nodig. Dit was genoeg om binnen drie jaar een kleine proeffabriek te bouwen, gevuld met onderkritische centrifuges van een aluminiumlegering.⁵⁹

Aangezien het project nog een sterk onderzoeks karakter droeg verwachtte de commissie dat in de komende paar jaar de industrie nog geen groot aandeel in de financiering van het project voor haar rekening zou gaan nemen. Daarom raadde Tromp de minister van Economische Zaken aan om vooralsnog het grootste deel van het project zelf te blijven bekostigen – net als in voorgaande jaren. Ook adviseerde de commissie om het project ‘zodanig te versnellen dat het onderzoek, gericht op het thans in ontwikkeling zijnde type centrifuge-installatie, in ongeveer drie jaren kan worden volbracht’.⁶⁰ Daarnaast was het belangrijk om het project ‘als entiteit’ op te zetten door het in een stichting onder te brengen, ‘door Overheid, researchinstituten en industrie in het leven te roepen’.⁶¹ Communicatie tussen de verschillende partijen zou op deze manier worden vergemakkelijkt. Ook zou de veiligheid beter gewaarborgd zijn. Wat betreft internationalisering van het project raadde Tromp aan om te wachten tot de octrooiopositie, ‘door verdergaand onderzoek’, verstevigd was.⁶² Tromp overhandigde eind juli het rapport aan de minister van Economische Zaken, De Pous. Rond dezelfde tijd hoorden Kistemaker en Los via onderhandse kanalen (via de heer P.J.M. Bauduin van Economische Zaken) dat De Pous ‘met nog enkele andere ministers’ bezig was om in de Tweede Kamer een grote som geld voor kernenergetisch onderzoek vrij te krijgen. ‘Deze begrotingspost, die voor de Kamer niet anders wordt gespecificeerd, zou dan tevens dienen om de ontwikkeling van het UC project te bekostigen.’⁶³

De financiële situatie van het centrifugeproject liet in 1961 echter te wensen over. In de zomer was de begrotingspost voor het project volledig uitgeput. Met tegenzin maakte RCN toch nog 150.000 gulden extra beschikbaar, omdat ze meenden zo ‘in de geest van de Regering te handelen’.⁶⁴ Dat dit bij lange na niet voldoende was bleek begin september, toen het tekort voor de rest van 1961 op bijna anderhalve ton werd geschat. Bezuinigingen lagen wederom op de loer, maar Kistemaker wilde er niet aan beginnen: ‘Het spreekt naar mijn mening vanzelf, dat onze gehele UC-groep op dit moment geen extra dingen entameert, doch anderzijds óók, dat wij in géén geval kunnen en mogen bezuinigen op het aantal mensen werk-

zaam in het project.' Kistemaker hoopte dat RCN contact op zou nemen met Economische Zaken en begrotingen van het project met verhoogde budgetten door zou sturen om zo aan te geven dat er binnen korte termijn meer geld nodig was. De timing hiervan zou, volgens Kistemaker, goed zijn omdat Bauduin te kennen had gegeven dat Economische Zaken genegen was op korte termijn meer geld in het project te willen stoppen. Het is onduidelijk of RCN inderdaad naar Economische Zaken is gestapt, of dat Kistemaker het heft in eigen handen nam door zelf de minister te benaderen.⁶⁵ Begin oktober maakte RCN in elk geval toch het ontbrekende bedrag voor 1961 beschikbaar: 141.000 gulden.⁶⁶ Een paar weken later stuurde Reyseger een begroting voor drie jaar (1962-1964) door naar het ministerie. Hierin stond het bedrag van 3.935.000 gulden centraal, dat in de buurt kwam van de 5 miljoen die de commissie-Tromp in had geschat voor dezelfde periode.

Ondanks het positieve advies van de commissie-Tromp kon of wilde De Pous de adviezen uit het rapport niet direct overnemen. Op het ministerie liepen een aantal ontwikkelingen aangaande kernenergie door elkaar heen. Zo werden er uitgebreide voorbereidingen getroffen om tot een kernenergiewet te komen. Deze wet moest alle zaken omtrent kernenergie regelen en vergunningen voor organisaties die zich met de ontwikkeling van kernenergie bezighielden mogelijk maken. Hiermee verbonden zou een geldelijk potje worden ingesteld om deze ontwikkelingen te ondersteunen. Waarschijnlijk doelde Bauduin hierop toen hij bij Los en Kistemaker aangaf dat er een grote som geld in de pijplijn zat. Verbonden aan de kernenergiewet was het plan om een Industriële Raad voor de Kernenergie in te stellen, onder voorzitterschap van J.H. de Boer. Deze raad kon de minister van adviezen voorzien. Het liefst had De Pous deze nieuwe raad om advies gevraagd naar de 'feitelijke uitvoering' van het ultracentrifugeproject, maar de raad was in de herfst van 1961 nog niet ingesteld.⁶⁷ Daarom klopte de minister voor een advies over de begroting en het werkplan van het project voor een derde keer aan bij Tromp, die het zaakje in oktober doorschoof naar zijn Philips-collega H. Rinia.⁶⁸

5 Volledige impasse

De commissie-Rinia, zoals deze derde Tromp-commissie werd gedoopt, begon in de herfst van 1961 voor de minister van Economische Zaken met een beoordeling van de uitvoering van het UC-project. Kistemaker werd op twee manieren betrokken bij de commissie. Ten eerste werd hij gevraagd om er zitting in te nemen. Op zich had hij hier geen bezwaar tegen, maar wel maakte hij zich (richting Tromp, die hem hiervoor benaderde) zorgen over de manier waarop het rapport van de commissie geschreven zou worden. Hij betoogde dat van de 'zijde der deskundigen groot bezwaar' zou bestaan tegen 'een dergelijk rapport in ambtelijke stijl'. Hij vroeg zich af 'of hiermede bij de vaststelling van het secretariaat van de commissie van de aanvang af rekening dient te worden gehouden. Ik kan mij voorstellen, dat een ambtelijke stijl in een evaluatierapport zin heeft en had, maar bij de commissie, die op deskundige wijze de zaak moet beoordelen met het oog op de toekomst, zou ik inderdaad een semiwetenschappelijke stijl ambiëren.'⁶⁹ Tromp begreep niet wat Kistemaker hiermee bedoelde. Volgens hem waren de rapporten altijd al in een semiwetenschappelijke stijl geschreven, omdat het om duidelijke probleemstellingen ging met concrete antwoorden hierop, zodat de minister 'er iets mee kan doen'. Ook het woord 'deskundige' bracht Tromp in de war: waren de leden van de commissie dat niet? Moest het volgens Kistemaker deskundiger? Pas na deze vragen kwam bij Kistemaker de aap uit de mouw: 'In concreto heb ik bezwaar tegen het opnieuw aantreden van de heer Van Rijnberk als secretaris van de [...] commissie.' Volgens Kistemaker was Van Rijnberk 'volkomen ongeschikt als secretaris van een technisch-wetenschappelijke commissie'. Zijn begrip van grafieken was volgens Kistemaker 'nihil' en hij begreep weinig van de wetenschappelijke kant van de zaak.⁷⁰ Kistemakers tirade haalde echter weinig uit. Van Rijnberk werd gewoon secretaris en Kistemaker zou nog vaak met hem te maken krijgen omdat hij binnen het ministerie een prominente rol bleef vervullen aangaande kernenergie.

Een tweede manier waardoor Kistemaker betrokken werd bij

de commissie was doordat hij werd gevraagd twee rapporten aan de commissie-Rinia op te sturen, te weten een vierjarig ontwikkelingsplan over de jaren 1961-1964 en de kostenbegroting over het jaar 1962.⁷¹ De commissie beoordeelde deze stukken. In het ontwikkelingsplan werden zes 'researchactiviteiten' naar voren geschoven waarmee binnen afzienbare tijd tot een succesvolle centrifuge moest worden gekomen. Naast het al lang bestaande fysische, chemische en mechanische onderzoek werden drie relatief nieuwe onderwerpen in het stuk opgenomen die aangaven dat er een verschuiving plaats aan het vinden was binnen het onderzoek in de richting van de ontwikkeling van een fabriek. Allereerst was onderzoek naar fabricagemethoden cruciaal om de machines snel en goedkoop te kunnen produceren. Philips droeg hieraan bij, alsook Werkspoor. Daarnaast moesten elektrische circuits worden ontwikkeld voor de synchrone aandrijving van meerdere centrifuges in groepen. Dit bleek lastiger dan verwacht. Ook konden de elektrische motoren nog worden verbeterd (op zowel financieel als technisch vlak). Ten slotte moest er geïnvesteerd worden in wat 'chemical engineering' werd genoemd. Dit ging voornamelijk over het ontwikkelen van een succesvol cascadeontwerp. Al deze activiteiten bij elkaar dienden de komende paar jaar gericht te zijn op de ontwikkeling van een volledig en betrouwbaar ontwerp van een proeffabriek met draaiende centrifuges. Dit ontwerp moest in 1964 klaar zijn, samen met een goede prijsevaluatie van zowel de proeffabriek als een eventuele grotere scheidingsinstallatie. Bovendien kon dan, gebaseerd op de intussen verkregen scheidingsresultaten, de kostprijs van het eindproduct berekend worden.⁷² De commissie-Rinia ging in november met deze stukken aan de slag.

Het lukte de commissie niet om voor het einde van het jaar 1961 een oordeel te vellen over de begrotingen en werkplannen van het project – dit tot frustratie van Kistemaker. Ook bleek het lastig om een nieuwe, geschiktere, organisatievorm te vinden. Medio december besloot de commissie daarom een subcommissie op te richten bestaande uit mensen van RCN, TNO, Werkspoor én Kistemaker zelf, met als specifiek doel om een werkbare organisatievorm te vinden. Kistemaker adviseerde aan deze subcommissie om Werkspoor tot

hoofdaannemer te maken, maar stuitte direct op bezwaren van de andere subcommissieleden. Eenzijdigheid lag op de loer.⁷³

Ook al had het advies van de commissie-Tromp gezorgd voor een flinke financiële impuls, waarmee zowel het onderzoek een paar jaar vooruit kon, alsook een nieuwe behuizing ingericht kon worden, desalniettemin was er een halfjaar lang niets gebeurd. Problematisch was dat RCN en TNO vonden dat Werkspoor niet het juiste lichaam was om de kar te trekken. Kistemaker kon zich in de bezwaren vinden, vooral omdat men volgens hem voor het slagen van het project 'op een veel breder front daadwerkelijk interesse moet hebben als de mechanische industrie heeft'.⁷⁴ Philips was volgens Kistemaker een betere kandidaat, maar die hield juist actief de boot af. Het bedrijf wilde zich slechts voor het oplossen van specifieke problemen mengen in het project. Vandaar dat Kistemaker zich begin januari beklagde bij Beekman van FOM: 'Het ultracentrifuge-project bevindt zich in een volledige impasse.'⁷⁵ Hij vervolgde: 'Door het bovengenoemde is mijn aanvankelijke plan om het UC-project voort te laten zetten door een combinatie RCN-Werkspoor-Philips onmogelijk geworden en blijft alleen over de oude kern van het werk onder leiding van Los en mij tezamen met de actieve mechanische groep bij Werkspoor. Deze situatie maakt, dat RCN, TNO en zelfs min of meer Philips, de laatste twee maanden weigeren hun goedkeuring te hechten aan een organisatievorm, waarbij Werkspoor als centraal lichaam fungeert en zijn stempel op de ontwikkeling drukt. Ook Economische Zaken, in feite de financier, wil hier niet aan meedoen.'⁷⁶

Een andere discussie liep dwars door die van de commissie-Rinia heen. Al sinds een jaar groeide de noodzaak voor nieuwe huisvesting van de centrifuges. FOM wilde zich om twee redenen van de uitvoering van het project distantieëren. Zoals we al zagen had FOM er problemen mee om geheim onderzoek binnen haar deuren te hebben. Het ultracentrifugeproject was wat dat betreft een doorn in het oog. Daarnaast zagen de bestuurders van FOM dat het project zich langzaam naar de ontwikkelingsfase bewoog en zich daarmee losweekte van het onderzoekskarakter van FOM. De stichting was in elk geval tot het einde van 1961 bereid het onderzoek voor dit pro-

ject te huisvesten.⁷⁷ Echter, het Uitvoerend Bestuur van FOM besloot dat het geheime deel van het ultracentrifugeproject op 1 januari 1962 Kistemakers laboratorium verlaten moest hebben.⁷⁸

Kistemaker zelf bleef in de loop van 1961 druk uitoefenen op RCN en de subcommissies onder Tromp om snel een besluit te nemen over een nieuw gebouw. 'Dit kan nog steeds gerealiseerd worden, indien snel gehandeld wordt,' aldus Kistemaker.⁷⁹ Tromp was het met hem eens, maar vond wel dat een besluit hierover eigenlijk pas genomen kon worden als de commissie haar adviezen had uitgebracht.⁸⁰ Tromps evaluatie van het UC-project adviseerde in de zomer aan het ministerie van Economische Zaken om een aanzienlijk bedrag beschikbaar te stellen voor de komende drie jaren. Daarbij werd ook een bedrag opgenomen voor een nieuw laboratorium,⁸¹ een 'tijdelijke proefruimte van ca. 10x30 meter, waarin het onderzoek, dat door Werkspoor en het laboratorium voor massascheiding wordt uitgevoerd'.⁸² Aangezien FOM zich uit het onderzoek wilde terugtrekken, overwoog Werkspoor het tijdelijke gebouw op zijn terrein te laten plaatsen. Problematisch, aldus Baars van het Amsterdamse bedrijf: 'De bezetting van onze terreinen is echter zodanig overladen, dat een huisvesting voor het centrifuge-onderzoek daarbuiten, doch in de onmiddellijke omgeving moet worden gezocht.'⁸³ Baars informeerde bij het departement van Defensie of eventueel een deel van de parkeerplaats van het Rijkskledingmagazijn aan de Conradstraat, naast het Werkspoor-terrein, gebruikt mocht worden. 'De toegang tot het gebouwtje zou door een reeds voorziene, maar dichtgemetselde deur in onze aangrenzende machinale werkplaats kunnen plaatsvinden.'⁸⁴ Het ministerie van Defensie vond dit een prima plan. Vergunningen werden aangevraagd, maar het bleef onduidelijk of het ministerie en de commissies-Tromp en -Rinia hierachter zouden staan. Er bleef namelijk een vrees bestaan dat Werkspoor te dominant zou worden. Philips en RCN wilden ook betrokken blijven bij de ontwikkeling van de verrijkingstechnologie.⁸⁵ Daarom stuitte dit plan later dan ook op voldoende weerstand van de andere industriële betrokkenen om het van tafel te vegen.⁸⁶

Toen het Kistemaker duidelijk werd dat er in de zomermaanden

wederom niets ondernomen was om het gebouw gereed te krijgen, meldde hij bij zijn bazen van FOM dat het waarschijnlijk voor de zomer van 1962 niet ging lukken een nieuwe huisvesting gereed te hebben. Het Rijk wilde geen financiële middelen beschikbaar stellen aan het UC-project zonder dat de commissie-Rinia haar oordeel over de begroting en het werkprogramma van het project had uitgesproken.⁸⁷ Kistemaker drong er daarom bij Beekman op aan om de verhuisdatum van 1 januari 1962 op te schorten, omdat deze een ruïneuze uitwerking op het project zou hebben. 'De onderhandelingen tussen Rijk, RCN, Werkspoor en Philips zijn pas begonnen en ofschoon het terrein beschikbaar is (naast Werkspoor, A'dam) en blijkbaar ook de middelen, durft of kan niemand verantwoording nemen en gebeurt er dus bitter weinig. Besprekingen zijn gestrand over het werkprogramma en over de vorm van samenwerking.'⁸⁸ Kistemaker stelde daarom voor om het terrein naast zijn eigen FOM-laboratorium te gebruiken en daar een houten noodgebouw neer te zetten onder auspiciën van TNO en met een TNO-directie. Immers, aangezien FOM tot taak had jonge mensen op te leiden 'met het oog op toepassingen ten bate van het Nederlandse volk', zou TNO een 'geschikt milieu' bieden: 'De aangewezen weg en hiervoor sta ik als leider van het UC project borg, is een belendende huisvesting, waardoor een researchproject gelegenheid heeft op eigen benen te komen staan zonder dat direct de zware en dikwijls doodse stempel van een grote industrie erop gedrukt wordt.'⁸⁹ Het volkstuinencomplex dat tussen het lab en het IKO in lag was bovendien door de gemeente Amsterdam gereserveerd voor laboratoria. Het tegenargument dat FOM aan bleef dragen – dat er geen plek was – was dus onzin: er was wel degelijk grond rond het laboratorium aan de Kruislaan beschikbaar. Kistemaker had echter wel de indruk dat de gemeente 'niet meer opnieuw grond aan wie dan ook cadeau zal doen'.⁹⁰ FOM besloot dat het project sowieso nog tot 1 april 1962 in haar laboratorium mocht blijven.

Alhoewel FOM toch echt weinig voelde voor een noodgebouw op haar terrein, bleek het andere element van Kistemakers voorstel in goede aarde te vallen, namelijk om TNO nauwer bij het project te betrekken. Kistemaker benaderde in december 1961 drie vooraan-

staande medewerkers van TNO, onder wie de voorzitter, Laurens Troost en ingenieur Arend de Haas van Dorsser, die al sinds 1957 bij de evaluaties van het project was betrokken.⁹¹ Doel was om te kijken of deelname van TNO aan het onderzoek met mankracht, kennis en – vooral – verzorging van de leiding mogelijk was. In principe bleek TNO hiertoe bereid te zijn. Het wachten was vervolgens op een officieel verzoek vanuit RCN of FOM richting TNO.⁹²

Ondanks het feit dat Tromp er de voorkeur aan gaf eerst de resultaten van de commissie-Rinia af te wachten, adviseerde hij in de eerste weken van 1962 aan het ministerie van Economische Zaken om ‘snel groen licht te geven voor de bouw’ van een nieuw onderkomen voor het project.⁹³ Het duurde ook Tromp allemaal te lang. Bovendien lichtte hij het ministerie in over de zoektocht die Kistemaker en Tromp in de herfst waren gestart naar een nieuwe leider of, als het project bij een stichting zou worden ondergebracht, directeur van het project. Wie zouden geschikt zijn? In welke hoek moest gezocht worden?

Volgens Kistemaker was het belangrijk dat deze man – een vrouw behoorde niet tot de mogelijkheden – ‘van voldoende technisch, cultureel en politiek niveau’ was. Kistemaker zelf was niet geïnteresseerd; hij kon de functie ‘niet accepteren noch ambiëren’. Zijn taak lag ‘in het FOM-laboratorium voor Massascheiding’.⁹⁴ Veldhuyzen ging er eigenlijk al van uit dat iemand van Werkspoor de leiding van het project over zou nemen, maar Kistemaker gaf, om partijdigheid tegen te gaan, de voorkeur aan ‘een breder iemand. [...] Naar mijn mening moet de desbetreffende man wel een fysische, chemische of werktuigbouwkundige achtergrond hebben, alsook een goede entree bij de diverse belanghebbende Nederlandse instanties, speciaal bij Philips.’⁹⁵ Kistemaker achtte Veldhuyzen een goede kandidaat (hij had contacten bij Philips en politiek was hij volgens Kistemaker ‘wel geschikt’) maar het accent zou met Veldhuyzen als leider te veel bij Werkspoor komen te liggen. Liever zag Kistemaker bijvoorbeeld een goede Philips-kracht als directeur van het project: ‘Een jonge man, met pushing power en verstand.’⁹⁶

De beste papieren had volgens Kistemaker Cees Zilverschoon – Kistemakers oude kompaan bij de ontwikkeling van de grote

elektromagnetische isotopenseparator. In 1954 was hij gepromoveerd en een jaar later was hij met Bakker mee naar CERN vertrokken. Waarschijnlijk was Zilverschoon nu echter moeilijk voor het project te vinden en 'slechts tegen een zeer hoge prijs "te koop"'.⁹⁷ Bij CERN was zijn salaris goed (36.000 gulden per jaar) en een paar jaar eerder voelde hij er weinig voor om naar Nederland terug te keren 'aangezien [Kistemakers] wereldje hem te klein was'.⁹⁸ Kistemaker raadde daarom Tromp aan om Zilverschoon vanuit Philips een goede baan aan te bieden. Het belangrijkste argument hiervoor was dat als Philips zich écht met atoomenergie bezig wilde gaan houden, ze, aldus Kistemaker, geen betere man aan konden trekken dan Zilverschoon.⁹⁹ Bovendien: 'Hij is bijzonder nuchter en keihard en zal op een gesprek met ondergeschikten in het algemeen niet ingaan.' Slechts een aanbieding vanuit het hoofdbestuur van Philips – Casimir of Tromp zelf – zou hem kunnen overtuigen.¹⁰⁰

Begin 1962 benaderde Tromp Zilverschoon in Genève, met medeweten van het ministerie voor Economische Zaken. Tromp volgde inderdaad Kistemakers idee op om hem naar Eindhoven te halen en vervolgens bij het centrifugeproject te detacheren. Hij zou dan altijd terug kunnen vallen op het bedrijf.¹⁰¹ Maar Zilverschoon ging niet op de aanbieding in, om twee redenen. Hij had rond dezelfde tijd contact opgebouwd met de European Space Research Organization (ESRO), die in 1964 opgericht zou worden en waarin Zilverschoon 'een bijzondere interesse' had. Daarnaast maakte hij deel uit van de studiegroep voor nieuwe CERN-projecten voor deeltjesversnellers. Er waren plannen voor een samenwerking tussen Oost en West voor de bouw van een zeer grote versneller en daar wilde hij bij betrokken blijven.¹⁰² Het Nederlandse wereldje was Zilverschoon inderdaad te klein en hij bleef de rest van zijn leven in Genève wonen.

De contacten die in de laatste weken van 1961 met TNO waren gelegd bleken een paar maanden later goud waard. TNO bleek op verschillende fronten zeer bereidwillig. Wellicht het belangrijkste was dat De Haas van Dorsser bereid bleek te zijn om de leiding van het project op zich te nemen. In eerste instantie als interim-leider naast Kistemaker, van 1 april tot 1 juli 1962, maar daarna als alge-

meen leider van het gehele project. Kistemaker stond ‘volkomen’ achter dit idee.¹⁰³

6 De conclusies van Rinia en een weg uit de impasse

Begin maart werd het voor Kistemaker duidelijk dat de commissie-Rinia de minister ging adviseren om het ultracentrifugeproject voor drie jaar voort te zetten en de bijbehorende begroting van rond de 5 miljoen gulden goed te keuren. Toch was dit voor Kistemaker niet het juiste moment om hier uitbundig bij stil te staan. Hij beklagde zich bij Beekman, zijn baas bij FOM bij wie hij steeds weer zijn ei kwijt kon, over de gang van zaken. Zowel RCN als TNO had hem in de eerste drie maanden van 1962 volledig gepasseerd door een eigen organisatievoorstel op touw te zetten. Noch Kistemaker, noch Werkspoor was hierin gekend.¹⁰⁴ Bij een vergadering van de commissie-Rinia protesteerde Kistemaker daarom zeer fel tegen deze ‘onpraktische en trage gang van zaken, die geen enkele rekening houdt met de wensen van de FOM. [...] De hele vijf vergaderingen van de commissie-Rinia hadden voorkomen kunnen worden, indien 3 mannen van goede wil één uur bij elkaar waren geweest. [...] De Hagenaren hadden kennelijk het idee, dat er nog alle gelegenheid tot praten was.’ Als klap op de vuurpijl: ‘Opnieuw vraag ik mij met grote bezorgdheid af, of wij ooit met RCN tot samenwerking zullen komen. Het is, zoals de laatste 3 maanden gebleken is, nog steeds hetzelfde inefficiënte en onhanteerbare lichaam.’¹⁰⁵

Inmiddels was duidelijk geworden dat het project geen losse organisatie of stichting zou worden. Er zou een speciale wet nodig zijn om de staat als oprichtster of medeoprichtster van een dergelijke stichting te laten fungeren. Tegen de ontwikkeling van een dergelijke wet bestonden vanuit overheidszijde bezwaren en dus adviseerde de commissie-Rinia om RCN als hoofdaannemer aan te houden. Kistemaker was dus nog niet van hen af. Het felle pleidooi van Kistemaker was op een bepaalde manier ongelukkig getimed. Juist in maart begonnen de conclusies van de commissie-Rinia duidelijk te worden, waarmee een oplossing van de impasse dichtbij

kwam, voornamelijk doordat TNO een actieve rol op zich nam. Reorganisaties kwamen daardoor in een stroomversnelling terecht.

Eind maart deelde de directeur-generaal voor de Industrialisatie, Energievoorziening en Kernenergie van het ministerie van Economische Zaken, J. Louwman, 'voorshands' aan RCN mede dat voor de komende tijd tot een bedrag van 850.000 gulden uit de begrotingsposten van het ministerie geput kon worden.¹⁰⁶ Daarmee kon het project de komende tijd vooruit. Aangezien er nog geen overeenstemming tussen RCN, Werkspoor, Philips, TNO en FOM was over een vernieuwde organisatiestructuur raadde het ministerie RCN aan 'ten spoedigste, conform de wens van de FOM en Professor Kistemaker', tot een interim-regeling te komen aangaande de organisatiestructuur. 'Zoals U bekend is de Nijverheidsorganisatie TNO bereid hiervoor voorlopig de Heer ir. De Haas van Dorsser beschikbaar te stellen.'¹⁰⁷ Of TNO zelf De Haas van Dorsser naar voren schoof of dat Kistemaker achter deze opzet zat is niet duidelijk. Tot vreugde van Kistemaker werd dit voorstel door alle betrokken partijen positief ontvangen. De Haas van Dorsser werd als interim-projectleider naast Kistemaker aangesteld over een periode van 1 april tot 1 juli 1962, om zo de overgang naar een nieuwe projectleiding 'vloeiend' te krijgen. Hij bleef hiernaast ook nog een dag per week bij TNO werkzaam. Na deze periode zou hij als algemeen leider van het gehele project aan de gang kunnen gaan. Kistemaker en Beekman stonden 'volkomen achter' dit idee.

Bij de laatste vergadering van de commissie-Rinia, op 4 april in Hotel des Pays-Bas in Utrecht, was ook de 'moeder'-commissie, de commissie-Tromp aanwezig. Tijdens deze vergadering werden de punten op de i gezet van het advies aan de minister. Een aantal conclusies waren cruciaal. Allereerst was het zaak om zo snel mogelijk een commissie van Bijstand (ook wel Raad van Toezicht genoemd¹⁰⁸) op te richten.¹⁰⁹ Dit belangrijke orgaan zou de toekomstige begrotingen en werkplannen van het project beoordelen en het project technisch begeleiden.¹¹⁰ Deze commissie werd een bestuurlijke sluis tussen de hoofdaannemer RCN en de uitvoerende partijen. De leden werden door de minister van Economische Zaken benoemd.¹¹¹ Tot 1 juni zou de commissie van Bijstand als voorlopige

commissie fungeren, vergelijkbaar met de interim-aanstelling van De Haas van Dorsser.¹¹² Daarnaast bemoeiden de gezamenlijke commissies-Tromp en -Rinia zich met de nieuwe huisvesting van het project, vooral door druk uit te oefenen op de verschillende partijen om snel een besluit te nemen. Begin april voerden De Haas van Dorsser en Veldhuyzen besprekingen met 'Domeinen en Defensie', waarschijnlijk omdat het – deels braakliggende en daarom potentieel bruikbare – terrein naast een Werkspoor-fabriek in het bezit was van Defensie.¹¹³ Dit liep echter nergens op uit. Een andere mogelijke locatie was Duivendrecht, waar in de buurt van de Weespertrekvaart en de Omval twee mogelijke terreinen van 8000 en 10.000 vierkante meter waren gevonden.¹¹⁴ Omdat dit allemaal nog hoogst onzeker was, zag RCN zich wederom genooddaakt bij FOM uitstel van verhuizing te vragen. Het project kon sowieso niet voor 1 juli ergens anders heen.¹¹⁵ FOM had weinig keus dan dat goed te vinden.

Het rapport van de commissie-Rinia werd op 14 mei door Tromp overhandigd aan minister De Pous,¹¹⁶ die verguld reageerde: '[De commissie] heeft niet alleen waardevolle adviezen uitgebracht over de onderwerpen, waarover ik haar mening heb gevraagd, doch zij heeft ook een stimulerende invloed uitgeoefend op de industriële ontwikkeling en de samenwerking van het bedrijfsleven op het nucleaire gebied.'¹¹⁷ Een verder beroep op deze commissies was namens de minister niet meer nodig, vooral omdat de Voorlopige Industriële Raad voor de Kernenergie inmiddels was ingesteld om de ministers van advies te voorzien over industriële toepassingen van kernenergie.¹¹⁸ De resultaten van de commissie hadden een gunstige uitwerking op het onderzoek, dat in de loop van 1963 aanzienlijk kon groeien.

De commissie van Bijstand kreeg in de loop van de lente van 1962 vorm. De veelkoppige achtergrond van het project werd in de keuze van de leden weerspiegeld. Het RCN mocht twee leden leveren: Maarten Bogaardt en zijn rechterhand Wout Bonsel. Zowel Jaap Kistemaker als Joop Los mocht van het bestuur van FOM tijd vrijmaken voor deze adviseursfunctie. Vanuit Werkspoor nam Veldhuyzen plaats in de commissie en vanuit Philips Rinia. TNO werd gerepresenteerd door L. Troost en namens het ministerie van Economische Za-

ken hield G. Kol een oogje in het zeil, soms afgewisseld door W.L. van Rijnberk.¹¹⁹ De commissie van Bijstand werd op 1 juli 1962 officieel opgericht.¹²⁰

Op dezelfde datum legde Kistemaker het leiderschap van het ultracentrifugeproject neer. Dit markeerde het einde van een tijdperk. Hij was zowel de initiator als de drijvende kracht achter het onderzoek geweest. Desondanks was hij over het besluit om zijn positie neer te leggen nooit rouwig. Het gedoe rond alle bureaucratie, het vissen naar geld, de strikte geheimhouding, dat zou hij niet missen. Voldoening haalde hij vooral uit de conclusies van de commissie-Rinia en de gedachte dat het project bij RCN in goede handen bleef. Vanaf nu zou hij zich op nieuwe projecten op zijn eigen laboratorium voor Massaspectrografie aan de Kruislaan gaan concentreren. Het uitwerken van nieuwe technieken voor de verrijking van uranium liet hij graag aan anderen over, al zat hij nog wel in de commissie van Bijstand.

8 EPILOOG

1 Op weg naar Urenco

Nadat Kistemaker het leiderschap van het ultracentrifugeproject op 1 juli 1962 neer had gelegd, trok ook FOM zich terug uit het centrifugeonderzoek.¹ Daarmee werd RCN ook verantwoordelijk voor de uitvoer van het gehele project. De directie van RCN bestond uit Goedkoop, J. Pelser en W. Reyseger. De leiding van het project werd tijdelijk overgenomen door De Haas van Dorsser. Kistemaker nam, samen met Joop Los, zitting in de commissie van Bijstand.² Elke twee weken vergaderde deze commissie, waardoor de leden zeer goed op de hoogte bleven van de vorderingen van het project. Het was dus ook niet zo dat Kistemaker in één klap volledig uit beeld verdween.

Een jaar na de aanstelling van De Haas van Dorsser werd hij alweer opgevolgd door A. Verduin van het TNO-instituut voor Werktuigkundige Constructies (IWECO). Ook De Haas van Dorsser nam vervolgens zitting in de commissie van Bijstand. Medio 1963 verhuisde het ultracentrifugeonderzoek definitief uit Kistemakers laboratorium naar het nieuwe gebouw aan de Wenckebachweg. Om die reden veranderde Kistemaker de naam van zijn laboratorium van laboratorium voor Massaspectrografie in laboratorium voor Atoom- en Molecuulfysica (AMOLF), zoals het laboratorium nog steeds heet.

Het centrifugeonderzoek bestond in die tijd uit vier centrale componenten. Ten eerste was er het scheidingsonderzoek, dat voornamelijk bestond uit langdurige proeven met UF₆-gasvulling. Daar-

naast werd nog onderzoek gedaan naar motoren en aandrijving. De mechanische research kwam ook in die periode nog neer op verbetering van de lager. Ten slotte vond bij TNO materiaalonderzoek plaats, dat zich concentreerde op het zoeken naar nieuwe legeringen voor het verbeteren van de snelheid waarmee de centrifuges konden tollen. In de vroege jaren zestig bleek de centrifuge echter ver beneden verwachting te functioneren. Daarom werd er in 1963 en 1964 een tiental nieuwe onderzoeken opgestart, bijvoorbeeld naar gasdynamica binnen snel roterende centrifuges, berekeningen aan cascades en de implementatie van hydrodynamisch gesmeerde taatslagers. Dit laatste werd uitgevoerd door Muijderman van Philips' Natlab. Later werd de fabricage van deze inventieve en succesvolle lagers overgenomen door Werkspoor.

In de herfst van 1965 werd door RCN een tweede evaluatiecommissie ingesteld om de voortgang en eventuele voortzetting van het gehele project te beoordelen. Deze keer ging het er, onder leiding van H.W. Slotboom, iets informeler aan toe dan in 1961. Slotboom was inmiddels voorzitter van TNO geworden en daarnaast lid van de Centrale Raad voor de Kernenergie. Het advies van de RCN-commissie, februari 1966, luidde: 'Doorgaan tot en met de bouw van een proeffabriek, d.w.z. een 100 trommel-cascade.'³ In afwachting van meer geld van het ministerie van Economische Zaken werd de implementatie van het rapport getemporeerd, oftewel uitgesmeerd. Een financiële injectie van Economische Zaken liet echter op zich wachten, waardoor het project in 1966 in een diepe impasse terechtkwam. Kistemaker schreef later: 't Ergste was dat niemand wist waarom er niets gebeurde. Bogaardt vertelde wat hij kwijt wilde aan de commissie van Bijstand en via deze hoorden de medewerkers wel eens iets. Dit was de eerste maal dat gebrek aan openheid grote schade toebrengt aan het moreel.'⁴ Begin 1967 keerde projectleider Verduin terug naar TNO omdat hij daar betere promotiekansen had. Ook A.P.C.M. van der Beek, H.C. Wentzel en N.H. Dekkers, belangrijke mensen voor het dagelijkse werk, vertrokken naar andere banen. In het voorjaar van 1967 werd, op afspraak van Baron van Werkspoor, Frits Theyse, lector tribologie van de afdeling Werktuigbouw aan de Technische Hogeschool

Delft benaderd om het projectleiderschap op zich te nemen. Hij kwam bij Werkspoor in dienst.

Medio 1967 werd een eerste stap gezet om uit de impasse te komen. De nieuwe minister van Economische Zaken, L. de Block, verzocht aan de directie van Shell om een economische beoordeling te geven van het Nederlandse ultracentrifugeproject. Shell was geïnteresseerd geraakt in de commerciële toepassing van kernenergie, waardoor het bedrijf ermee instemde om het onderzoek te doen. In september bezocht een evaluatiegroep van Shell het ultracentrifugelaboratorium van RCN in Amsterdam, waarbij de geheimhoudingsvoorschriften werden aangepast zodat de onderzoekers tot alle informatie toegang kregen. De Shell-evaluatie was positief en zorgde ervoor dat het ministerie van Economische Zaken de financiering weer hervatte.

In de laatste maanden van 1967 werd in een vleugel van het RCN-laboratorium gestart met de opbouw van een 70 trommeltascade. In de loop van 1968 werd deze cascade – in eerste instantie succesvol – in gebruik genomen. Lang heeft hij echter niet gefunctioneerd, want in het najaar van 1968 knalden alle zeventig tolleren ten gevolge van een gasinbreuk in één keer uit elkaar. ‘De klap van de honderd centrifuges die naar de bliksem gingen,’ herinnerde Kistemaker zich in 1998, ‘die vergeet ik van mijn leven niet.’⁵ De crash werd lang stilgehouden en niet binnen de commissie van Bijstand besproken.⁶ In oktober 1968 gaf RCN aan Comprimo en Werkspoor opdracht om studies te doen naar een 25 tonsscheidingsfabriek.⁷ Als basis voor deze fabriek diende de SNOR-centrifuge (*scientific nuclear orbital rotor*). Tegelijkertijd werd er aan het ingenieursbureau Bosboom & Hegener gevraagd om een productiefaciliteit te ontwerpen voor het maken van grote aantallen centrifuges per jaar.

Op 25 november 1968 kwamen de ministers van Economische Zaken van Nederland, Duitsland en nu voor het eerst het Verenigd Koninkrijk samen om over een samenwerking op het gebied van uraniumverrijking te spreken. Sinds het begin van de jaren zestig hadden er geen internationale besprekingen meer plaatsgevonden. Een klein halfjaartje later, in maart 1969, vond een tweede bespreking plaats in Londen, waarbij werd besloten om een gezamenlijke

scheidingscapaciteit van 350 ton per jaar te bouwen, op basis van de ultracentrifuge. Hiervoor moesten twee multinationale ondernemingen worden opgericht: Urenco voor de beleids- en commerciële zaken en Centec voor de coördinatie van research & development.

In Nederland werd alvast een start gemaakt met de bouw van zowel een tollen- als een scheidingsfabriek in Almelo. De grond naast de daar gehuisveste machinefabriek van Philips werd hiervoor door het Eindhovense bedrijf beschikbaar gesteld. Als coördinerend orgaan werd Ultra-Centrifuge Nederland N.V. (UCN) opgericht, waarvan Tromp namens Philips voorzitter van de Raad van Bestuur werd. Ook Shell, Staatsmijnen, de Verenigde Machinefabrieken, de Rijn-Schelde Combinatie, RCN en de staat kregen afgevaardigden binnen het bestuur van UCN. In Amsterdam bleef het laboratorium van RCN voor research & development bestaan. Later werd Fridtjof Kelling er projectleider. De financiële, administratieve en personele zaken werden door UCN in Den Haag gevestigd.

Op 4 maart 1970 werd het Verdrag van Almelo ondertekend door drie ministers van Buitenlandse Zaken: van het Verenigd Koninkrijk, West-Duitsland en Nederland. De overeenkomst bevatte het besluit om op basis van gelijkheid meerdere gezamenlijke industriële ondernemingen op te richten voor de fabricage van centrifuges en de bouw van scheidingsfabrieken. De twee internationale lichamen die aan het verdrag vorm moesten geven, Urenco en Centec, werden in de loop van 1971 officieel opgericht. De besprekingen over het uitwisselen van kennis tussen de drie landen verliepen in eerste instantie moeizaam en droegen nog alle sporen van het geheimhoudingsklimaat dat in de drie landen bestond. Iedere partner had zijn eigen centrifuge ontwikkeld die hij niet zomaar wilde weggeven. De oplossing was dan ook rigoureuus: elk land bouwt (op eigen kosten) zijn eigen proef-fabriek, zodat vervolgens gekeken kan worden welke centrifuges het beste werken. De Duitse proeffabriek werd naast de Nederlandse in Almelo gebouwd, omdat het Verdrag inzake de West-Europese Unie (WEU) Duitsland verbood om op zijn grondgebied kernwapens te vervaardigen. Zo bleek maar weer dat uranium-verrijking, ook al was het achterliggende doel van Urenco puur

vreedzaam, op politiek vlak toch té gevoelig lag in Duitsland. In Nederland bleek eenzelfde soort gevoeligheid in 1971 opnieuw de kop op te steken.

2 'A bit of margerine'

De verschijning van het boek *De ultracentrifuge* van Wim Klinkenberg begin 1971 zorgde voor een hernieuwde interesse in de Cellastic-affaire. Niet alleen Kistemakers werk aan de centrifuge, maar ook zijn persoon, werden, wederom, aangevallen.⁸ Voor Kistemaker werd het toen pas duidelijk wie 'al die vuilspuiterij in 1960 over [zijn] hoofd heeft uitgegoten'.⁹ Hij nam contact op met Samuel Goudsmit, die vlak na de oorlog de firma Cellastic ontmaskerd had.¹⁰ Kistemaker kende hem goed en als hij in de vs was, waar Goudsmit al sinds de jaren dertig woonde, ging hij bij hem langs. Aan Goudsmit schreef hij op 9 maart 1971: 'W. Klinkenberg was de man die de communistische *Waarheid* over mij volschreef; hij is steeds anoniem gebleven. Na meer dan 10 jaren heb ik de vent zelfs nog nooit gezien.'¹¹ Door Klinkenbergs boek knapte er iets bij Kistemaker. 'Ik verdraag dit niet langer,' schreef hij aan Goudsmit, 'en ga dus mijn recht zoeken. [...] Ten tijde van de oorlog was ik een jonge man van 25 à 26 jaar. Nu ben ik 54 en heb overal in 't land taken in het algemeen belang. Deze grove aantijgingen zijn zo leugenachtig en gemeen dat 't voor jou toch simpel moet zijn om *aangaande mijn persoon* en niemand anders, een verklaring af te geven waar deze keer W. Klinkenberg het mee kan doen.'¹²

Goudsmit reageerde terughoudend. 'My advice: make no further noise, ask your doctor for some mild tranquilizers, take a vacation in a warm lazy area.'¹³ Goudsmit had het boek van Klinkenberg gelezen, schreef hij, en daaruit de conclusie getrokken dat er verschillende onjuistheden in stonden, maar niets wat juridische actie zou rechtvaardigen. Een dergelijke zaak zou Kistemaker nooit winnen. Daarnaast merkte Goudsmit op dat Kistemaker een deel van de opschudding aan zichzelf te wijten had. Vaak had hij de media opgezocht en was hij op de televisie verschenen. Daarmee had hij zich-

zelf in de schijnwerpers geplaatst en zich juist extra verdacht maakt: 'The more you try to defend yourself, the more you get in trouble.'¹⁴ En naar aanleiding van een desastreus verlopen tv-optreden van Kistemaker, voegde hij daar later aan toe: 'Someone said to me "Wie boter op zijn hoofd heeft..."', to which I answered that it was at most a bit of margarine.'¹⁵

In april 1971 kwam Goudsmit naar Nederland, speciaal uitgenodigd voor de gezamenlijke viering van het zilveren jubileum van FOM en het gouden jubileum van de NNV. Hij zou het jubileumcongres met een lichtvoetige rede afsluiten. Omdat FOM en de NNV publicitair veel last ondervonden van de ophef rond Kistemaker besloten ze aan het einde van het congres een speciale persconferentie over de zaak-Kistemaker te beleggen. Aan Goudsmit de taak de waarheid uit de doeken te doen. Echt thuis zou Goudsmit zich in de rol van getuige-deskundige niet hebben gevoeld. Hij had na 1945 weinig meer met de ophef in Nederland te maken gehad. Vrienden stuurden hem af en toe krantenknipsels en van Kistemaker ontving hij brieven, maar verder hoorde hij niet veel.¹⁶ Om zijn oordeel te onderbouwen kon hij in feite alleen beschikken over zijn gezonde verstand en een flinke distantie tot het verhitte Nederlandse klimaat. Toch werd hij op 8 april 1971 door FOM en NNV als een soort rechter op het podium geplaatst.

Om halfzes namen de heren plaats. Links aan tafel een somber ogende Jaap Kistemaker, rechts de Utrechtse hoogleraar Kees Braams en in het midden de 'onverstoorbaar goedgeluimde' Samuel Goudsmit.¹⁷ Wim Klinkenberg zit te midden van zo'n vijftien andere journalisten 'van ongeduld trappend' in het Utrechtse universiteitszaaltje.¹⁸ Zowel FOM als de NNV hoopte op deze namiddag het vertrouwen van het brede publiek in Kistemaker enigszins terug te winnen. Klinkenberg had daarentegen een heel ander doel: zijn gelijk halen in de Cellastic-affaire.

De eerste ronden van de persconferentie waren voor Klinkenberg. Ook Goudsmit bevestigde weinig geloof te hechten aan Kistemakers verhaal dat het destijds om contraspionage zou zijn gegaan. Maar daarna keerde het tij. De relatie die Klinkenberg veronderstelde tussen Cellastic en het Duitse kernonderzoek werd door Goudsmit

weerlegd: 'Cellastic had absoluut niets te maken met het Duitse streven naar een atoombom. Anders had ik de zaak wel verder onderzocht. Toen Kistemaker voor Cellastic werkte, wist hij nog niets van de ultracentrifuge.'¹⁹ Een 'ijskoude douche' voor Klinkenberg, stelde Bert Vuijsje vast in de *Haagse Post*. 'De kroongetuige heeft categorisch en voor vrijwel iedereen overtuigend te kennen gegeven, dat Kistemaker zich weliswaar bedenkelijk heeft gedragen, maar dat hij bepaald niet de gewetenloze atoombompionier is geweest, die Klinkenberg van hem maakt.'²⁰ Aldus Vuijsje.

Als Kistemaker op dat moment had toegegeven dat het vijftwintig jaar eerder niet zo verstandig was om naar Parijs te gaan, dan was de zaak daarmee wellicht afgedaan. Maar dat kreeg hij niet over zijn lippen en op het moment dat Klinkenberg hem ervan beschuldigde nooit rechtmatig gezuiverd te zijn, ontplofte Kistemaker: 'Dat lieg je schooier! Je hoort nog wel meer van me, schoft!' Braams keek, aldus de *Haagse Post*, 'paniekerig, maar werkeloos toe'. Goudsmit op zijn beurt trachtte Kistemaker nog met vaderlijk gemompel tot bedaren te brengen ('hè, kom nou...'), maar Kistemaker was niet meer te stoppen. Meer dan tien jaar opgekropte woede kwam in één klap naar buiten. Niet alleen Klinkenberg, de gehele Nederlandse pers moest het ontgelden: 'Ik heb maar één vraag aan deze heren, die zo hongerig zijn op nieuws. Wat BEZIELT u in GODSNAAM om een man, die zich 25 jaar met inzet van al zijn krachten voor dit land heeft ingespannen op een dergelijke grove wijze te beledigen? AASGIEREN!!'²¹ De journalisten wachtten of er nog meer kwam, jawel: 'Eén van de dingen, die de journalisten altijd over de ultracentrifuge schrijven, is dat alles zo geheimzinnig is. Het spijt me heren, dat komt omdat u zo ontzettend dom bent.'²²

Alleen *NRC Handelsblad* had de weken na deze gedenkwaardige persconferentie nog een goed woord voor Kistemaker over. In een redactioneel commentaar schreef de krant te betwijfelen of de zaak, nu hij gekomen was 'op het niveau van scheldwoorden schreeuwen, [...] veel armzaliger was geworden dan hij al was'.²³ Een week later hield dezelfde krant een pleidooi – onder de veelzeggende kop 'Een schandaalarm land met een affaire' – om Kistemaker voortaan met rust te laten.²⁴ Maar andere kranten waren kritischer over

de rol van Kistemaker. *Trouw* nam het zelfs voor Klinkenberg op, die al sinds 1960 de zaak geagendeerd had maar nooit erg serieus was genomen.²⁵ En *Vrij Nederland* ging in op de vraag of en door wie Kistemaker eigenlijk gezuiverd is.²⁶ In december verscheen in de *Limburger Courant* het bericht dat Kistemaker voor f. 50,- beboet is vanwege zijn belastende uitspraken tegen Klinkenberg. De officier van justitie had zelfs f. 100,- geëist.²⁷

Dit alles ging de Amsterdamse hoogleraar niet in de koude kleren zitten. Twee weken na de persconferentie stuurde hij Goudsmit een zeer emotionele brief:

Wat ik je hoogst kwalijk neem [is] dat je blijkbaar in de onfeilbaarheid van het boek ALSOS gelooft, alias in je denkbeelden van 1944/46. [...] Je zegt, dat ik een koppig man ben. Ik zou je willen vragen, of jij misschien wel eens voor een situatie bent komen staan, dat je moet zeggen: 'tot hier toe en NIET VERDER.' [...] Dat je echter anno 1971 nog altijd stijf en strak volhoudt wat je toen gezegd hebt, is minstens even koppig. Het mist de relativering, die ik van jou verwacht. Die communisten zijn niet wijzer. Maar ik zal nooit accepteren, dat jij, [...] mij als collaborateur de geschiedenis in [laat] gaan, want het is niet alleen een vreselijke belediging, het is een leugen. [...] Je opmerkingen, dat ik dan maar het tegendeel moet bewijzen, zijn naïef. [...] Wat wil je nu, dat ik aan bewijzen produceer? De mensen van het K.O.L. kenden mij, maar zij zijn nooit door iemand benaderd over 'hoe en wie' ik was. Voor de rest is er mijn leven na 1945. Dat is mijn bewijs. Ik ben nooit weggelopen uit de rotzooi in de jaren 1945/50, zoals zovelen anderen, die tot de wetenschappelijke emigranten van na de oorlog behoorden, de 'brain drain'. Sam, je hebt je best gedaan. Helaas is dat voor mij niet genoeg.²⁸

Goudsmit antwoordde Kistemaker in een lange brief, waarin hij nogmaals probeerde Kistemaker tot bedaren te brengen: 'Your outburst at the Press conference was rather stupid. With your temper you could never be in politics or public service, thus keep out of the limelight.' Van Kistemakers claims over contraspionage geloof-

de Goudsmit, zoals hij ook in Utrecht had betoogd, geen woord, maar in zijn brief nuanceerde hij dit op de volgende manier: 'Note however, that I also do not claim that it is a deliberate lie.' Goudsmit stelde dat gebeurtenissen door verschillende personen op verschillende manieren verteld worden en dat interpretaties daarvan veranderden naarmate de gebeurtenissen zich verder in het verleden bevonden: 'In human affairs truth is not an absolute quantity as it is in physics or mathematics. [...] It is for these reasons that I have so little confidence in the new fad of "oral history". If you want to know exactly what happened forty years ago you just ask someone who was there. Nonsense, the elapsed time has completely changed values, the story will be like a Beethoven composition played by a Jazz band.'²⁹

De gehele affaire moest volgens hem gezien worden tegen de achtergrond van de strijd van de communisten tegen de politieke structuur van West-Europa. Het aankomende ultracentrifugeverdrag was daarvan slechts één aspect: 'They don't care about you as a person at all; you happen to be a very easy and convenient target in the right place at the right time. They don't even care about Cel-lastic.'³⁰ Hierin zou Goudsmit wel eens gelijk kunnen hebben. Kistemaker wilde in de periode na de rel Klinkenberg wegens laster voor de rechter slepen, maar daar zag hij van af na een interventie van minister Veringa, die de ratificatie van het Verdrag van Almelo niet in gevaar wilde brengen.³¹

In diezelfde tijd ontstonden er grote problemen met de centrifugefabriek in Almelo. De productie bleef ver onder niveau en de geproduceerde centrifuges functioneerden bij lange na niet naar behoren. Deze problemen werden zo goed als geheimgehouden. Slechts enkele medewerkers en beleidsmakers wisten ervan af. Ook Kistemaker, nog steeds lid van de commissie van Bijstand, wist daar niets van, tot hij er op het laboratorium in Duivendrecht via via van hoorde. Hij ging direct naar Almelo om de boel in ogenschouw te nemen. Onder valse voorwendselen – hij zei in opdracht van Boogaardt te handelen – kwam hij de fabriek binnen, waar hij met verschillende medewerkers over de fabricageproblemen sprak. Toen Boogaardt hier lucht van kreeg, reageerde hij woedend. Hij meende

dat Kistemaker de grenzen van zijn bevoegdheden had misbruikt. Binnen de Raad van Bestuur verzocht Boogaardt in januari 1972 om de commissie van Bijstand te ontbinden en Kistemaker de toegang tot de fabrieken in Almelo te ontzeggen. Aan Boogaardts verzoek werd gehoor gegeven. Tromp schreef Kistemaker een brief met het bezoeksverbod en RCN hief de commissie van Bijstand op. Kistemaker had toen al de eer aan zichzelf gehouden. Uit een interview in 1998: ‘Bogaardt had geënceneerd dat de commissie van Bijstand werd opgeheven en dat er een nieuwe directeur benoemd moest worden: Fridtjof Kelling. Dat hoorde ik op maandagmorgen [5 januari 1972] van de portier, toen ik daar in Duivendrecht op het terrein van het UC-lab kwam. Toen ben ik zo kwaad geworden – dat hij dergelijke dingen allemaal deed zonder dat wij ergens van wisten – dat ik op staande voet mijn ontslag heb ingediend. Dat was Boogaardt.’³²

Kistemaker heeft zich daarna nooit meer met centrifuges beziggehouden.

3 Een fabriek in Almelo

Rest nog de vraag welke centrifuge uiteindelijk het best bleek te werken. De Nederlandse SNOR en CNOR (C voor *commercial*) centrifuges waren dat in elk geval niet. Deze apparaten hadden de hoogste uitval, ook al waren de fabricageproblemen, die in 1971 tot een crisis leidden, in de jaren 1972 en 1973 overwonnen. Ook was het aluminium van de Nederlandse trommels minder geschikt dan dat van de concurrentie. De Duitse centrifuges waren superieur. De G2, zoals ze hun centrifuge noemden, had een erg lage uitval en was gemaakt van *maraging* staal, dat in de jaren zestig geleidelijk op de markt kwam. Kistemaker schreef hierover: ‘De mechanische en thermodynamische eigenschappen van stalen trommels waren zo verschillend van die van aluminium trommels dat in feite het RCN-UC lab medio 1973 geen zinvol programma meer leek te hebben.’³³ De SNOR- en CNOR-centrifuges werden daarom door een evaluatiecommissie van Centec (de R&D-component van Urenco) afgeschreven. UCN ging in de loop van 1973 over op het bouwen van

de Duitse G2-centrifuges, volgens Duitse specificaties.³⁴

Waren de Nederlandse inspanningen dan helemaal zinloos geweest? Twee kanttekeningen kunnen bij dit ogenschijnlijk tragische einde geplaatst worden. Ten eerste maakten de Duitse onderzoekers bij de latere doorontwikkeling van hun G2-centrifuges veelvuldig gebruik van Nederlandse kennis op het gebied van bijvoorbeeld lagers, dempers en stabilisatie van de rotors. Ten tweede werden later door RCN nieuwe, uit meerdere stukken bestaande, centrifuges ontwikkeld. Deze bleken goed te werken.³⁵ Daar komt bij dat Urenco langzaam is uitgegroeid tot een omvangrijke industrie. Er wordt over het algemeen veel winst gemaakt, mede doordat de centrifuges tegenwoordig zo ongelooflijk goed presteren.³⁶ Eigenlijk kunnen ze niet meer kapot en nauwelijks verder worden doorontwikkeld.³⁷

Eén voorval kan niet ongenoemd blijven, omdat dit de beeldvorming van uraniumverrijking in Nederland meer dan wat dan ook heeft beïnvloed. In het najaar van 1974 begon Abdul Qadir Khan informatie over de ultracentrifuge te verzamelen. Khan, in 1936 geboren in Brits-Indië en na de onafhankelijkheidsoorlog met zijn familie naar Pakistan uitgeweken, studeerde eerst in Karachi en later in Düsseldorf en Berlijn. Vervolgens begon hij in Delft een studie fysische materiaalkunde, waar hij in 1967 afstudeerde. Hij ging daarna naar Leuven voor een promotieonderzoek. Na zijn promotie kreeg hij een baan aangeboden bij Fysisch Dynamisch Onderzoek (FDO), het bedrijf van Werkspoor dat naast het UC-laboratorium lag en daar nauw mee samenwerkte. Hij trad daar op 1 mei 1972 in dienst, tekende de geheimhoudingsverklaring en ging met zijn Zuid-Afrikaanse vrouw en hun twee kinderen in Zwanenburg wonen.

Khan paste zich goed aan en sprak redelijk Nederlands. Maar het was de kernbomproef van India in mei 1974 die een diepe indruk op hem maakte. Rond dezelfde tijd zocht de Pakistaanse ambassade in Brussel contact met hem. Hij begon informatie te verzamelen, wat erg eenvoudig bleek. Als medewerker van FDO kon hij toegang krijgen tot de centrifugefabriek in Almelo, alwaar het hem lukte om allerlei tekeningen en lijsten van onderdelen te kopiëren. Pas een jaar later, oktober 1975, merkte hij dat er op hem werd gelet en meldde hij zich ziek. Hij vertrok samen met zijn gezin halsoverkop naar

Pakistan. Op 1 maart 1976 werd hem netjes ontslag verleend.

Vanuit Pakistan begon Khan allerlei onderdelen en materialen voor centrifuges te bestellen in West-Europa, zoals balgen, verharde stalen pijpen en verschillende pompen. Pas in 1978 werd duidelijk waar het Khan om ging: het bouwen van een eigen centrifugefabriek. Dit alles bleef binnenskamers tot maart 1979, toen zijn zaak op de Duitse televisie werd onthuld en er, aldus, een volgende rel was geboren.³⁸ Khan wordt ook tegenwoordig nog gezien als de geestelijk vader van de Pakistaanse atoombom. Daarbij heeft hij informatie over ultracentrifuges doorverkocht aan allerlei landen die anders niet aan dergelijke informatie hadden kunnen komen, waaronder Iran en Libië.³⁹ Kistemaker herinnerde zich in 1991: 'Zijn misbruik maken van het in hem gestelde vertrouwen is een schok geweest voor allen die met UCN te maken hebben gehad.'⁴⁰

4 Jacob Kistemaker

Het laboratorium voor Atoom- en Molecuulfysica in Amsterdam bleef tot 1982 onder leiding van Jaap Kistemaker. Op het FOM-laboratorium werden uiteenlopende onderzoeken uitgevoerd naar fundamentele natuurkundige vraagstukken. Tot 1960 gebeurde dit voornamelijk op het gebied van massaspectrometrie en isotopenscheiding. Daarna kwamen er onderzoeken bij naar oppervlaktefysica, moleculaire bundels, isotopengeologie, elektronen- en atoombotsingen, plasmafysica en laserfysica. Successen werden bijvoorbeeld geboekt met onderzoek naar koolstofdatering. Veel van de projecten die op het laboratorium werden opgestart vertrokken na verloop van tijd naar een andere plek. Dit doorstroombeleid bleef een van de kenmerken van het laboratorium. Het dateringsonderzoek verhuisde bijvoorbeeld in 1967 naar de VU en onderzoeken naar lasers werden overgenomen door het FOM-instituut in Rijnhuizen. Ook kenmerkend waren de vormen van samenwerking met het bedrijfsleven. Zo wist Kistemaker begin jaren tachtig bijvoorbeeld een succesvolle samenwerking met Philips tot stand te brengen voor de ontwikkeling van ionenimplantatie (ook wel doteren genoemd)

in de siliciumtechnologie die aan de basis heeft gestaan van belangrijke ontwikkelingen in de halfgeleidertechnologie.

Kistemaker hield zich in de jaren zestig en zeventig voornamelijk bezig met interacties van atoom- en molecuulbundels met oppervlakken. Met deze bundels van deeltjes werden materiaaloppervlakken gemanipuleerd. Als directeur bleef Kistemaker nauw betrokken bij alle onderzoeken die op het lab werden uitgevoerd, de vernieuwingen, de publicaties en promoties. Het laboratorium groeide gestaag. Waren er in het jaar 1960 nog achttien wetenschappelijke publicaties van medewerkers van het lab, in 1970 waren dat er 55 en weer tien jaar later 81. Zijn promovendus en latere opvolger Frans Saris typeerde hem als volgt:

Hij was een innovatief fysicus die midden in de maatschappij stond, als leermeester die zijn inzichten graag met iedereen deelde en die een vader was voor velen, of het nu ging om de wetenschappelijke groepsleiders of de werkers van het instituut. Kistemaker creëerde in zijn instituut een unieke werksfeer. “Als de koffie maar goed is,” zei hij met een understatement. Hij wilde een lab waarin creatieve mensen op een georkestreerde wijze samenwerken tot het gestelde doel was bereikt. Vervolgens stroomden de medewerkers door naar elders en werden de bakens verzet naar een nieuw doel met weer een ander team van creatieve jonge wetenschappers en technici.⁴¹

Op 21 november 1977 kreeg Kistemaker in Villa Hügerl in Essen de prestigieuze Alfred Krupp von Bohlen Preis für Energieforschung uitgereikt uit handen van Bondsprezident Walter Scheel. Hij kreeg de prijs samen met Karl Cohen, Konrad Beyerle, Paul Harteck, Hans Martin, Max Steenbeck, Stanley Whitley en Gernot Zippe voor hun werk aan ultracentrifuges. De prijs werd uitgereikt aan leiders van research & development-projecten die geleid hadden tot een nieuwe industrie. Kistemaker was trots op de prijs. In het *Rode Boekje* dat hij in 1991 schreef, liet hij echter doorschemeren dat er in Nederland nauwelijks erkenning voor zijn werk bestond.

In een passage over de uitreiking van de prijs vermeldde hij: ‘De Nederlandse pers vindt dit gebeuren nauwelijks het vermelden waard.’⁴² In het nawoord van het boekje schreef hij: ‘Innovatie is nooit een “one-mans-show”. Het vereist een groep van toegewijde medewerkers die elkaar verdragen en verstaan *en leiders die nooit stilzitten, altijd wat nieuws hebben bedacht om hinderpalen te overwinnen, veel reizen en mensen spreken en vooral goed kunnen luisteren en vrienden maken.*’⁴³

In 1982 ging Kistemaker op 65-jarige leeftijd met pensioen. Het afscheidssymposium dat hij op zijn laboratorium hield was getiteld Management of Science, een eerbetoon aan de bijzondere en effectieve managementstijl waar hij zelf het meest trots op was. Ter gelegenheid van zijn afscheid stelde de Stichting FOM de driejaarlijkse Jacob Kistemakerprijs in voor ‘Nederlands werk op het gebied van de natuurkunde dat het meest dienstbaar is aan andere wetenschappen, aan de techniek, aan de industrie of aan de samenleving in het algemeen’.⁴⁴ Kistemaker werd opgevolgd door Joop Los, die tot 1986 directeur bleef.⁴⁵ Kistemaker ontving eredoctoraten aan de universiteiten van Lissabon, Luik en Lublin. Naast KNAW-lid was hij Associé van de Koninklijke Academie van België, lid van de Koninklijke Hollandse Maatschappij der Wetenschappen en lid van het Tweede Teylers Genootschap. Na zijn pensioen behield hij een kamer op zijn oude laboratorium. Hij pakte bijvoorbeeld zijn oude jeugdliefde weer op: de astronomie. Samen met een Chinese promovendus schreef hij een standaardwerk over de relatie tussen Chinese sterrenbeelden en de oorsprong van het alfabet.

Jaap Kistemaker overleed op 3 mei 2010 op 93-jarige leeftijd. Kort na zijn overlijden werd het laboratorium op de Kruislaan gesloopt. AMOLF verhuisde naar een gloednieuw gebouw om de hoek.

CONCLUSIE

Aan het slot van deze studie naar de geschiedenis van het onderzoek naar verrijkmingsmethoden van uranium in Nederland, keren we terug naar de vragen die in de inleiding werden gesteld. Hoe paste dit project in het wetenschappelijke landschap van de naoorlogse periode? In hoeverre ging het hier om een nieuwe en eigensoortige vorm van wetenschappelijk onderzoek? En daarnaast, hoe verklaren we dat Nederland een belangrijke internationale speler kon worden op het gebied van uraniumverrijking?

Deze studie heeft laten zien op welke manier de Nederlandse natuurwetenschap na de oorlog geheel nieuwe wegen insloeg. Het nieuwe type onderzoek dat steeds meer opgang zou maken, had allereerst een projectmatig karakter. Het einddoel stond bij voorbaat vast. Dat doel was niet het vergaren van kennis in de traditionele zin. Het draaide veeleer om het verwerven van technische vaardigheden en inzichten die de onderzoekers in staat moesten stellen een concreet doel te bewerkstelligen: in dit geval het verrijken van uranium. Daartoe diende een team van natuurwetenschappers en ingenieurs samen te werken onder supervisie van een teamleider. Kistemakers rol was dan ook niet meer primair die van een onderzoeker, maar meer die van een wetenschapsmanager. De middelen die hem ter beschikking werden gesteld om het gestelde doel te verwezenlijken waren aanzienlijk groter dan voor de oorlog gebruikelijk was. Ook nieuw waren de toezichhouders aan wie hij verantwoording moest afleggen en het gegeven dat dit wetenschappelijke project grotendeels buiten de universiteit plaatsvond. Ten slotte werd in dit project nauw samengewerkt met de

industrie. Meest bijzonder was vermoedelijk het aspect van geheimhouding.

Veel van deze onderzoekskarakteristieken (projectmatig werken in multidisciplinaire teams met kostbare faciliteiten) zijn tegenwoordig gemeengoed geworden, maar in de direct naoorlogse tijd waren ze in Nederland nog ongebruikelijk. Een invloedrijk precedent was het onderzoek van Heike Kamerlingh Onnes, die zeker twintig jaar aan de opbouw een groot cryogeenlaboratorium werkte, samen met wetenschappers, technici en instrumentmakers (de zogenaamde 'blauwe jongens' van de opleiding tot instrumentmaker van het laboratorium – van wie Meester Janssen er één was).¹ Op dit laboratorium was Kistemaker opgeleid. Ook hier was sprake van (relatief) grootschalig onderzoek met een programmatisch karakter. Alleen was het bereiken van lage temperaturen hier uiteindelijk een middel (namelijk een weg tot het vergaren van kennis) en geen doel op zich. Multidisciplinair onderzoek en onderzoeksmangement vinden we voor de oorlog ook in bedrijfslaboratoria, zoals het Natuurkundig laboratorium van Philips. Daar vond sinds 1914 kwalitatief hoogstaand technologisch en wetenschappelijk onderzoek plaats onder leiding van de fysicus Gilles Holst. Het belangrijkste precedent voor Kistemakers uraniumproject is echter te vinden in de oorlogsperiode: het Amerikaanse Manhattanproject. Alhoewel dit project qua schaal onvergelijkbaar is met de naoorlogse Nederlandse onderzoeken, waren er belangrijke overeenkomsten. De projectmatige manier van werken bijvoorbeeld, en het feit dat de achterliggende doelen van het project technologisch van aard waren. Ook stonden bij het Manhattanproject de verschillende onderzoeksgroepen onder leiding van wetenschappers, net als bij de eerste projecten die onder auspiciën van FOM vielen.

Vergeleken met andere naoorlogse Nederlandse projecten was het verrijkingsonderzoek noch qua financiële omvang, noch qua personele omvang het grootste project. Desondanks waren grote natuurkundige projecten schaars: de cyclotronontwikkeling op het IKO, kernenergie, radioastronomie, het Amsterdamse rekencentrum. Ook daar werd gewerkt door teams van wetenschappers en technici en ook daar ging veel geld in om, mede door de kostbare

faciliteiten die hiermee gemoeid waren: grote computers, cyclotrons en radiotelescopen. Tegenwoordig kijken we niet meer op van een paar miljoen euro aan onderzoeksgeld, maar in de naoorlogse jaren waren dergelijke sommen geld voor wetenschap volledig nieuw.

Centraal in deze ontwikkeling stonden verwachtingen ten aanzien van de maatschappelijke betekenis van wetenschap en daaraan gekoppelde technologie. Het kabinet-Schermerhorn plaatste wetenschap centraal in zijn plannen voor een snelle wederopbouw van Nederland. Zuiver wetenschappelijk onderzoek diende op termijn te resulteren in nieuwe technologieën en die op hun beurt weer in nieuwe takken van kennisintensieve industrie. De fysici die in 1946 aan de wieg van FOM stonden kregen zo goed als carte blanche van de regering om projecten op te zetten die zij de moeite waard achtten. Maar daarnaast werd ook ingezet op directe praktische resultaten.

Het institutionele kader dat voor de financiering van dit soort onderzoek werd gecreëerd onderging in de loop van de tijd een aantal veranderingen. In de eerste naoorlogse jaren werden FOM en ZWO opgericht als sluizen tussen overheid en onderzoek. In de loop van de jaren vijftig kwamen daar andere stichtingen bij, zoals RCN. Begin jaren zestig begonnen de betrokken ministeries zich zonder tussenlichaam met het onderzoek te bemoeien. Dit bracht, samen met de omhoogschietende budgetten, met zich mee dat economische motieven een steeds prominentere plaats kregen in de legitiemerings van het onderzoek. De projecten moesten immers wel iets opleveren. Ook het organisatorisch apparaat werd steeds bureaucratischer.

Fundamentele vragen speelden in het gehele traject van het verrijksingsonderzoek geen primaire rol. Voor zover meer wetenschappelijke vragen aan de orde kwamen, dienden die doorgans het oplossen van praktische problemen. Ook werden de apparaten als ze eenmaal goed functioneerden ingezet voor vervolgonderzoeken mét een fundamenteel karakter, zoals het sputteringonderzoek. In wezen ging het hier dus om wetenschappelijke spin-off. Het feit dat dergelijk op praktische toepassingen gericht onderzoek eigenlijk slecht paste binnen het kader van FOM maar daar toch onder viel laat zien dat het onderscheid tussen fundamentele en toegepaste

wetenschap steeds lastiger te maken was. De hoofdpersonen van deze studie dachten bovendien vrijwel niet in deze categorieën – de uitspraak van Verwey over ‘loodgieterswerk’ is wellicht een markante uitzondering. Daarmee raakten technologie en wetenschap in deze periode met elkaar vervlochten, wat het gebruik van de term technoscience legitimeert.

Het projectmatig werken in teams ging gepaard met een nieuwe rol voor de onderzoeksleider, namelijk die van een wetenschapsmanager, of zoals Kistemaker het zelf noemde, een man ‘met pushing power, en verstand’.² Iemand die zowel thuis was in het doen van wetenschappelijk onderzoek, het leiden van een onderzoeksinstituut, met alle bijkomende organisatorische en financiële taken, en die ten slotte ook goed moest aanvoelen wat de politieke en maatschappelijke verwachtingen ten aanzien van de projecten waren. Bestuurders en beleidsmakers moesten herhaaldelijk overtuigd worden van het (economische en maatschappelijke) belang van het onderzoek: de wetenschapsmanager moest een ster zijn in verwachttingsmanagement. Daar kwam nog bij dat hij leiding moest geven aan een multidisciplinair team van fysici, chemici, technici, analisten, instrumentmakers en een ondersteunende staf.

Ook nieuw aan het onderzoek waren de geheimhoudingsaspecten die in eerdere periodes voornamelijk binnen industriële kringen voorkwamen en daar over het algemeen werden ondervangen door patenten. Kistemakers onderzoek ondervond in eerste instantie voornamelijk hinder van de geheimhouding van andere projecten. Vanaf 1960 veranderde dit. Toen werd ook het Amsterdamse onderzoek geclassificeerd. Hoewel de classificatie het project gecompliceerder maakte, werd het ook ingezet om wensen van Kistemaker te realiseren. Geheimhouding, voornamelijk binnen nucleaire kringen, hangt nauw samen met de Koude Oorlog-context van de naoorlogse wetenschap. Het is moeilijk om de directe invloed van de Koude Oorlog op het uraniumverrijkingsonderzoek scherp te definiëren, zoals ook in de inleiding is aangegeven. Aan de ene kant kan bijna elk aspect van Kistemakers onderzoek vanuit een Koude Oorlog-perspectief worden beschouwd. Zaken als geheimhouding, Amerikaanse inmenging in wetenschappelijke projecten en uraniumverrijking

worden vaak gezien als typisch voor de Koude Oorlog. Aan de andere kant zijn de directe geopolitieke en militaire implicaties van het onderzoek klein. Expliciete reflectie op het ontwikkelen van kernwapens is in deze geschiedenis zo goed als afwezig. Desondanks zijn veel ontwikkelingen te verklaren vanuit een angst, zowel voor proliferatie van gevoelige kennis, als voor maatschappelijke en publieke ophef over de ontwikkeling van kernwapens. De moeilijkheden rond informatie-uitwisseling, de Duitse discussies die een eind maakten aan een mogelijke samenwerking met Nederland en de ophef rond het oorlogsverleden van Kistemaker komen allemaal uit een dergelijke typische Koude Oorlogs-angst voort.

Hoe verklaren we nu het succes van de verrijkingsprojecten, in het bijzonder het feit dat Nederland er uiteindelijk in geslaagd is een belangrijke internationale speler te worden op het gebied van uranium-verrijking? Dat het project deze uitkomst zou krijgen was bepaald niet te voorzien. Zoals we hebben gezien was het traject naar Urenco bij vlagen uiterst moeizaam en boordevol hindernissen. Zo kampten men van begin af aan met een groot gebrek aan informatie, voornamelijk vanwege de Amerikaanse geheimhouding. Daarnaast waren er tal van technische problemen, zowel met de isotopenseparator als met de ultracentrifuges. Rond 1960 kreeg Kistemaker te maken met een toenemende bureaucratie, die gepaard ging met een veelal trage besluitvorming. Ook was er regelmatig onzekerheid over de voortzetting van het project. Er was voortdurend geldgebrek waardoor er meerdere keren ingrijpend moest worden bezuinigd op de onderzoekskosten. Bovendien ontstond er maatschappelijke onrust over het project en liep de beoogde samenwerking met Duitsland op niets uit. Ten slotte werd het project zelf ook nog eens geheim verklaard. Het had, kortom, geheel anders kunnen lopen en zelfs volledig mis kunnen gaan.

Het feit dat dit niet is gebeurd, is te danken aan enkele gelukkige toevalligheden, de inzet van alle betrokkenen en bovenal het doorzettingsvermogen van Kistemaker. Dat Nederland überhaupt inzette op uraniumverrijking is terug te voeren op twee factoren, te weten het bezit van een grote partij uraniumerts en de twee atombommen op Japan. Dat laatste lokte, zoals we hebben gezien, een

reactie uit van enkele Nederlandse fysici. Zij zagen in dat kernenergie een reële mogelijkheid was geworden met grote beloften voor de toekomst. Vooral de (latere) bestuurders van FOM, fysici van de oude stempel, stelden dat het in het landsbelang was om het aangekochte uranium geschikt te maken voor gebruik in een kernreactor.³ Uraniumverrijking stond binnen deze plannen centraal. Opvallend is het vertrouwen dat beleidsmakers (niet in de laatste plaats minister-president Schermerhorn) in deze fysici stelden. Dat hing mede samen met de rol die zij aan wetenschap en technologie toekenden in de wederopbouw van het land. Tegelijkertijd pleitten de fysici voor het investeren in jonge wetenschappelijke krachten. In dit opzicht was Jaap Kistemaker de juiste man op de juiste plaats.

Kistemaker maakte een bijzondere persoonlijke ontwikkeling door die aansloot bij de nieuwe eisen van kostbaar, projectmatig onderzoek. Hij ontpopte zich van pas gepromoveerd natuurkundige tot een succesvolle wetenschapsmanager. De mogelijkheden die hem aanvankelijk werden geboden waren zeer royaal, in lijn met de investeringsbereidheid van de naoorlogse beleidsmakers. Pas in de tweede helft van de jaren vijftig ondervond hij (voornamelijk financiële) tegenslagen bij het opzetten en uitvoeren van het ultracentrifugeproject. Maar ook toen was het vertrouwen dat in hem werd gesteld opvallend. Want al duurde het lang voordat er (voor de beleidsmakers tastbare) resultaten konden worden getoond – zoals het eerste verrijkt uraan of een proeffabriek –, toch wisten plannen met doorrekeningen van het project keer op keer en soms met grote moeite de betrokken partijen te overtuigen.

Makkelijk ging dit niet. Economische afwegingen begonnen een steeds grotere rol te spelen in de besluitvorming. Neem bijvoorbeeld de discussies die volgden op het Amerikaanse verzoek tot geheimhouding. Politieke en (militair-)strategische argumenten, waardoor het Amerikaanse verzoek toch was ingegeven, speelden daarin nauwelijks een rol. De besluitvorming draaide vooral om technische en economische aspecten. Deze Nederlandse houding kan onder andere verklaard worden uit het gedecentraliseerde karakter van het Nederlandse nucleaire apparaat. Zo bevond het kan-

toor van RCN zich in Den Haag, kernreactoren in Delft en (later) in Petten, het FOM-cyclotron in Amsterdam, het bij nucleair onderzoek betrokken deel van TNO in Delft, Philips in Eindhoven en Kistemakers laboratorium in Amsterdam. Het feit dat de makers van het buitenlandse beleid keer op keer met tientallen verschillende experts (met allemaal een eigen mening) moesten overleggen, resulteerde in een gebrek aan adequate technische en wetenschappelijke kennis bij deze beleidsmakers – een probleem dat in het proefschrift van Elmar Hellendoorn minutieus uit de doeken wordt gedaan.⁴

De uiteindelijke classificatie van het centrifugeproject had verschillende gevolgen op het onderzoek. Sommige aspecten waren nadelig, maar andere waren gunstig, zoals de realisatie van een nieuw laboratorium en de instelling van de commissie van Bijstand. Het feit dat de Amerikaanse motieven achter het verzoek om geheimhouding door de Nederlandse beleidsmakers in twijfel werden getrokken, laat bovendien zien dat het Nederlandse apparaat voor buitenlandse beleidsvorming niet zo Atlantisch gezind was als wel wordt gedacht. Samenwerking met de Amerikanen bleek ingewikkeld en de Europese optie bleef lange tijd open. Er zou zelfs gesteld kunnen worden dat Urenco (waar de VS immers geen rol in speelden) hiervan een uitvloeisel was. Maar dat valt buiten de scope van deze studie.

Trage besluitvorming en ambtelijk onvermogen hadden een groot effect op het centrifugeproject. Er bestond, voornamelijk bij RCN maar later ook bij de betrokken ministeries, een sterke behoefte om het project te laten doorlichten. Die wens kwam voort uit een voortdurende onzekerheid over de wenselijkheid van voortzetting van het centrifugeonderzoek. Deze twijfels en de daarmee gepaard gaande vertraging werden door Kistemaker, wars van bureaucratie, gezien als een brevet van onvermogen bij de betrokken beleidsmakers. Hij vond dit eindeloze geëvalueer hoogst vervelend en probeerde herhaaldelijk om onder de evaluaties uit te komen. Uiteindelijk moest hij wel naar de pijpen dansen van de geldschietster, in dit geval RCN. Deze problematische relatie tussen opdrachtgever en uitvoerder kan worden gezien als de belangrijkste reden voor Kistemaker om het leiderschap van het project in 1962 neer te leggen.

Van belang voor het succes van de projecten was dat Kistemaker een groot buitenlands netwerk opbouwde. Vitale wetenschappelijke kennis werd aan anderen ontleend en op het laboratorium doorontwikkeld totdat het bruikbaar was. Een goed voorbeeld hiervan waren de reizen die Dieter Heymann naar Birmingham maakte om informatie over het werken met fluorgassen te verkrijgen. Tegelijkertijd getuigt de verkoop van tekeningen van de Amsterdamse isotopenseparator aan Argentinië van een scherp oog voor de economische kant van kennisuitwisseling. Het feit dat Kistemaker in 1956 alles op alles zette om toch Russen uit te nodigen voor het symposium over isotopscheiding in Amsterdam geeft aan dat hij wetenschappelijke uitwisseling van kennis belangrijker achtte dan (geo)politieke rivaliteit. Wetenschappers moesten ondanks de Koude Oorlog van elkaar kunnen blijven leren.

Ten slotte is het succes van de verrijkingsonderzoeken te danken aan enige toevallige omstandigheden. De belangrijkste voorbeelden hiervan – Kistemakers bezoek aan de lezing van Hertz en het bezoek van Zippe aan Amsterdam – vonden, hoe onwaarschijnlijk dat wellicht ook klinkt, ongepland plaats. De directe implicaties van Zippes kennisuitwisseling zijn in secundaire literatuur vaak overdreven, maar de langetermijnimplicaties waren zonder twijfel groot. Het feit dat Zippe direct na zijn bezoek aan Amsterdam in industriële dienst kwam, wat een vervolgesprek onmogelijk maakte, maakt deze eenmalige uitwisseling van kennis des te uitzonderlijker.

Al met al heeft het doorzettingsvermogen van Kistemaker ervoor gezorgd dat het project keer op keer het voordeel van de twijfel kreeg. Dat Nederland op het gebied van uraniumverrijking een grote speler kon worden op het internationale toneel is dan ook vooral aan hem te danken.

GERAADPLEEGDE ARCHIEVEN

Archieven van Teylers Stichting, Haarlem (ATS)

Archieven van de Nederlandse Natuurkundige vereniging (NNV)

Archive for the History of Quantum Physics (AHQP)

Het archief van AMOLF bevindt zich op het Science Park in Amsterdam in het gebouw van AMOLF (AMOLF-archief).

Kistemakers ultracentrifugearchief bevindt zich bij de Nederlandse tak van Enrichment Technology Company in Almelo (ET-NL).

Nationaal Archief, Den Haag (NA)

2.03.01: Ministeries voor Algemeene Oorlogvoering van het Koninkrijk en van Algemene Zaken: Kabinet van de Minister-President, 1942-1979

2.05.117: Code-Archief van het Ministerie van Buitenlandse Zaken, 1945-1954

2.06.087: centraal archief van het Ministerie van Economische Zaken, 1944-1965

2.14.24: archief van de Centrale Raad voor de Kernenergie en haar commissies, 1963-1973

National Archives, Washington

RG 59, E-3008A: Records of the Department of State, Bureau of European Affairs, Office of Atlantic Political and Economic Affairs, Records Relating to Atomic Energy Matters, 1960-1963

Nederlands Instituut voor Oorlogsdocumentatie, Amsterdam (NIOD),
Cellastic archief, inventaris nummer 251b

Niels Bohr Library & Archives, American Institute of Physics. Samuel
A. Goudsmit papers (AIP, Goudsmit-archief).

Noord-Hollands Archief, Haarlem, Archieftoegang 449: Archief van
de Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie (NHA, FOM)

Robert R. Wilson papers, 1936-2000. Collection Number: 14-22-3093.
Division of Rare and Manuscript Collections, Cornell University Li-
brary.

Stadsarchief Amsterdam, Archief van het Instituut voor kernfysisch
onderzoek te Amsterdam, toegangsnummer 1121 (Stadsarchief Am-
sterdam, IKO archief 1121)

Wilson Centre Digital Archive, toegang via <http://digitalarchive.wilsoncenter.org> (WCDA)

NOTEN

Inleiding

- 1 Jaap Kistemaker, *De geschiedenis van het Nederlandse Ultracentrifuge Project*, (FOM-instituut voor Atoom- en moleculufysica, Amsterdam: circulatie door de auteur, 1991).
- 2 Friso Hoeneveld beargumenteert in zijn aankomende proefschrift dat *schaalvergroting* en *internationalisering* de twee belangrijkste pijlers van het naoorlogse fysische onderzoek waren. Dit punt komt ook overtuigend naar voren in: Friso Hoeneveld en Jeroen van Dongen, 'Out of a Clear Blue Sky? FOM, The Bomb, and The Boost in Dutch Physics Funding after World War II', *Centaurus* 55 (2013), pp. 264-93.
- 3 Zie voor een korte maar verfrissende weerspiegeling op Sickbock deze column van Gerard 't Hooft: Gerard 't Hooft, 'Ei, Ei,' staff.science.uu.nl/~hooft101/sickbock.html, bezocht op 12 oktober 2016.
- 4 Notulen van de Raad van Bestuur van FOM, 18 mei 1962. NHA, FOM, 17.
- 5 De term technoscience is gepopulariseerd door de Franse filosoof Gaston Bachelard in 1953. In de loop van de twintigste eeuw en de eerste jaren van het nieuwe millennium is de term in het Engels populair geworden. Zie bijvoorbeeld: Bruno Latour, *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society*, (Harvard University Press, 1987); Bruno Latour en Steve Woolgar, *Laboratory Life: the Social Construction of Scientific Facts*, (Princeton: Princeton University Press, 1979); Paul Forman, 'The Primacy of Science in Modernity, of Technology in Post-modernity, and of Ideology in the History of Technology', *History and Technology* 23 (2007), pp. 1-152.

- 6 Michael Gibbons, *et al.*, *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, (London: Sage, 1994); Helga Nowotny, Peter Scott en Michael Gibbons, *Re-Thinking Science: Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty*, (Cambridge: Polity Press, 2001); Helga Nowotny, Peter Scott en Michael Gibbons, 'Introduction: "Mode 2" Revisited: The New Production of Knowledge', *Minerva* 41 (2003), pp. 179-94.
- 7 De laatste jaren is er veel onderzoek gedaan naar dergelijk speculatief onderzoek. Zie bijvoorbeeld: Reinhart Kosselleck, *Futures Past: On the Semantics of Historical Time*, (Columbia University Press, 2004); Kornelia Konrad, 'The social dynamics of expectations: the interaction of collective and actor-specific expectations on electronic commerce and interactive television', *Technology Analysis & Strategic Management* 18 (2006), pp. 429-44; Gabriëlle Hecht, *The Radiance of France: nuclear Power and national identity after World War II*, (Cambridge, MA: The MIT Press, 2009); Patrick W. McCray, *The Visioneers*, (Princeton en Oxford: Princeton University Press, 2013).
- 8 David Baneke, 'The Absence of the East: International Influences on Science Policy in Western Europe during the Cold War', in *Cold War Science and the Transatlantic Circulation of Knowledge*, geëdit door Jeroen van Dongen, pp. 163-83, (Leiden: Brill, 2015).
- 9 John Krige, *American Hegemony and the Postwar Reconstruction of Science in Europe*, (Cambridge, MA: The MIT Press, 2006).
- 10 Zie bijvoorbeeld: Mark Solovey en Hamilton Cravens, eds. *Cold War Social Science: Knowledge Production, Liberal Democracy, and Human Nature*, (Palgrave Macmillan, 2012); Matthias Heymann en Janet Martin-Nielsen, eds. *Science and Politics at War: New Relations in the Postwar Era*, (Special issue in *Centaurus* 55, no.3, 2013); Jeroen van Dongen, ed. *Cold War Science and the Transatlantic Circulation of Knowledge*, (Leiden: Brill, 2015).
- 11 Mikael Nilsson, 'Science as propaganda: Swedish scientists and the co-production of *American Hegemony* in Sweden during the cold war, 1953-68', *European Review of History: Revue Européenne d'Histoire* 19 (2012), pp. 293-4. Zie ook: Mikael Nilsson, *Tools of Hegemony: Military Technology and Swedish-American Security Relations, 1945-1962*, (Stockholm: 2007); Mikael Nilsson, 'American Propaganda, Swedish Labor, and the Swedish Press in the Cold

- War: The United States Information Agency (USIA) and Co-Production of US Hegemony in Sweden during the 1950s', *The International History Review* 34 (2012), pp. 315-45; Mikael Nilsson en Marco Wyss, 'The Armed Neutrality Paradox: Sweden and Switzerland in US Cold War Armaments Policy', *Journal of Contemporary History* 0 (2015), pp. 1-29.
- 12 Het project 'Exploring Greenland' van Aarhus University. Zie onder andere: Janet Martin-Nielsen, 'The other cold war: the United States and Greenland's ice sheet environment, 1948-1966', *Journal of Historical Geography* 1 (2011), pp. 69-80; C.J. Ries, M. Harbsmeier en K.H. Nielsen, eds. *Ways of Knowing the Field: Studies in the History and Sociology of Field Work and Field Expeditions*, (Aarhus: Aarhus University Press, 2012); Heymann en Martin-Nielsen, *Science and Politics at War: New Relations in the Postwar Era*; Kristian H. Nielsen, Henry Nielsen en Janet Martin-Nielsen, 'City under the Ice: The Closed World of Camp Century in Cold War Culture', *Science as Culture* 23 (2014), pp. 443-64.
 - 13 Zie bijvoorbeeld: Zuoyue Wang, 'Transnational Science during the Cold War: The Case of Chinese/American Scientists', *Isis* 101 (2010), pp. 367-77; John Krige, 'Maintaining America's Competitive Technological Advantage: Cold War Leadership and the Transnational Coproduction of Knowledge', *Humana.Mente* 16 (2011), pp. 33-51; Mark Walker, 'The "national" in international and transnational science', *The British Journal for the History of Science* 45 (2012), pp. 359-76.
 - 14 Peder Roberts, 'Intelligence and Internationalism: The Cold War Career of Anton Bruun', *Centaurus* 55 (2013), pp. 243-63.
 - 15 Zie bijvoorbeeld: Audra J. Wolfe, 'The Cold War Context of the Golden Jubilee, Or, Why We Think of Mendel as the Father of Genetics', *Journal of the History of Biology* 45 (2012), pp. 389-414; D. Cozzoli, 'Penicillin and the European response to post-war American Hegemony: the case of Leo-penicillin', *History and Technology* 30 (2014), pp. 83-103; Angela N.H. Creager, 'Radio-isotopes as Political Instruments, 1946-1953', *Dynamis* 29 (2009), pp. 219-39; David Nofre, 'Unraveling Algol: US, Europe, and the Creation of a Programming Language', *IEEE Annals of the History of Computing* 32 (2010), pp. 58-68.
 - 16 Naomi Oreskes, 'Science, Technology and Free Enterprise', *Centaurus* 52 (2010), pp. 297-310.

- 17 Zie bijvoorbeeld: D.J. Kevles, 'The National Science Foundation and the Debate over Postwar Research Policy, 1942-1945: A Political Interpretation of Science – The Endless Frontier', *Isis* 68 (1977), pp. 5-26; David Edgerton, "'The Linear Model' Did Not Exist: Reflections on the History and Historiography of Science and Research in Industry in the Twentieth Century', in *The Science-industry Nexus: History, Policy, Implications*, geëdit door Karl Grandin en Nina Wormbs, pp. 31-57, (New York: 2005); Kelly M. Greenhill, 'Skirmishes on the "Endless Frontier"-Reexamining the Role of Vannevar Bush as Progenitor of U.S. Science and Technology Policy', *Polity* 32 (2000), pp. 633-41; Edward J. Hackett, *et al.*, eds. *The Handbook of Science and Technology Studies*, (Cambridge (MA), London: 2008); Leah Ceccarelli, *On the Frontier of Science: an American Rhetoric of Exploration and Exploitation*, (East Lansing: Michigan State University Press, 2013).
- 18 Tity de Vries, 'De Amerikaanse cultuurpolitiek ten aanzien van Nederland 1945-1960', *Groniek* 18 (1984), pp. 68-80; Jan C.C. Rupp, *Van oude en nieuwe universiteiten: de verdringing van Duitse door Amerikaanse invloeden op de wetenschapsbeoefening en het hoger onderwijs in Nederland, 1945-1995*, (Den Haag: Sdu Uitgevers, 1997); K. Schuyt en E. Taverne, *1950. Welvaart in zwart-wit*, (Den Haag: Sdu Uitgevers, 2000).
- 19 Jaap van Splunter, *Kernsplijting en diplomatie: de Nederlan[d]se politiek ten aanzien van de vreedzame toepassing van kernenergie, 1939-1957*, (Amsterdam: Het Spinhuis, 1993), pp. 264-5.
- 20 Rienk Kessenich, *Façades achter een façade: Een bronnenonderzoek naar de Cellastic-affaire*, (Afstudeerscriptie, Universiteit van Amsterdam, 1990).
- 21 Samuel A. Goudsmit, *Alsos*, (Springer Science & Business Media, 1996). Zie ook: Abel Streefland, 'Een affaire in een schandaalarm land: Samuel Goudsmit en de Cellastic-affaire rond Jaap Kistemaker', *Tijdschrift voor Biografie* 5 (2016), pp. 50-7. Recent is een Nederlandstalige biografie van Samuel Goudsmit verschenen: Martijn van Calmthout, *Sam Goudsmit: zijn jacht op de atoombom van Hitler*, (Amsterdam: Meulenhof, 2016).
- 22 Ongetwijfeld is de scriptie van Kessenich hier het beste in geslaagd. Bronnen die aanleiding geven tot een nieuwe of aangepaste interpretatie zijn er sindsdien niet bij gekomen. Zie: Kessenich, *Façades achter een façade*.

- 23 Kistemaker, *De geschiedenis*.
- 24 Van Splunter, *Kernsplijting en diplomatie*; Jaap van Splunter, 'Strategic Minerals and Decolonization: The United States and Britain versus the Netherlands, 1945-1951', *The International History Review* 17 (1993), pp. 485-511; Jaap van Splunter, *Love at First Sight. Co-operation between the Netherlands and Norway on the Peaceful Use of Atomic Energy, 1950-1960*, (Oslo: Institutt for Forsvarsstudier, 1994); Jaap van Splunter, 'Nuclear Fission Across the North Sea: Anglo-Dutch Co-operation on the Peaceful Use of Atomic Energy, 1950-1963', *Journal of Contemporary History* 29 (1994), pp. 663-709.
- 25 Cees Wiebes en Bert Zeeman, 'Nederland en het Manhattan-project. De geheime thorium-overeenkomst uit 1945', *BMGN-Low Countries Historical Review* 106 (1991), pp. 394-420.
- 26 A. Lagaaij en Geert Verbong, *Kerntechniek in Nederland, 1945-1974*, (Eindhoven: Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Afd. Kerntechniek, Stichting Historie der Techniek, 1998); J.A.C. Lagaaij en G.P.J. Verbong, 'Different Visions of Power The Introduction of Nuclear Power in the Netherlands 1955-1970', *Centaurus* 41 (1999), pp. 37-63.
- 27 Hoeneveld en Van Dongen, 'Out of a Clear Blue Sky? FOM, The Bomb, and The Boost in Dutch Physics Funding after World War II'.
- 28 Elmar Hellendoorn, *Between the Devil and the Deep Sea: The Netherlands and the Struggle for European Nuclear Order, 1954-1966*, (Ph.D Thesis, Utrecht University, 2016).
- 29 J.A. Goedkoop, *Een kernreactor bouwen: geschiedenis van de Stichting Energieonderzoek Centrum Nederland Deel 1: periode 1945-1962*, (Bergen NH: Betatekst, 1995); C.D. Andriessse, *De Republiek der Kerngeleerden*, (Bergen NH: Uitgeverij BetaText, 2000). Het laatste boek gaat over een latere periode: Geert Verbong, *Op weg naar de markt. De geschiedenis van ECN, 1976-2001*, (Petten: Energieonderzoek Centrum Nederland, 2005).
- 30 R.B. Kehoe, *The Enriching Troika, a History of Urenco to the Year 2000*, (Marlow, U.K.: Urenco Limited, 2002).
- 31 Wim Klinkenberg, *De ultracentrifuge, 1937-1970. Hitlers bom voor Strauss?*, (Amsterdam/Baarn: Van Gennep/In den toren, 1971). Maar zie ook bijvoorbeeld: Michel Bar-Zohar, *The Hunt for German Scientists 1944-60*, (Hawthorn, 1967). Kistemaker schreef een inleiding bij de Nederlandse vertaling. Zie verder A.V.F. van der

- Gouw, ...*alias Teixeira, eerste deel*, (Utrecht: P.R. van Amelrooij, 1968); A.V.F. van der Gouw, ...*alias Teixeira, tweede deel A*, (Utrecht: P.R. van Amelrooij, 1969); Hans Ramaer, *De dans om het nucleaire kalf*, (Rotterdam: Ram Uitgeverij, 1974).
- 32 Streefland, 'Een affaire in een schandaalarm land: Samuel Goudsmit en de Cellastic-affaire rond Jaap Kistemaker'.
 - 33 Susanna Schrafstetter en Stephen Twigge, 'Spinning into Europe: Britain, West Germany and the Netherlands 1970', *Contemporary European History* 11 (2002), pp. 253-72; Stephen Twigge, 'A baffling experience: Technology transfer, Anglo-American nuclear relations, and the development of the gas centrifuge 1964-70', *History and Technology* 19 (2003), pp. 151-63. Daarnaast verscheen een decennium later de trilogie: Krige, 'Maintaining America's Competitive Technological Advantage: Cold War Leadership and the Transnational Coproduction of Knowledge'; John Krige, 'Hybrid knowledge: the transnational co-production of the gas centrifuge for uranium enrichment in the 1960s', *The British Journal for the History of Science* 45 (2012), pp. 337-57; John Krige, 'us Technological Superiority and the Special Nuclear Relationship: Contrasting British and us Policies for Controlling the Proliferation of Gas-Centrifuge Enrichment', *The International History Review* 36 (2014), pp. 230-51.
 - 34 R. Scott Kemp, 'The Nonproliferation Emperor Has No Clothes', *International Security* 38 (2014), pp. 39-78; R. Scott Kemp, 'Gas Centrifuge Theory and Development: A Review of U.S. Programs', *Science & Global Security* 17 (2009), pp. 1-19; R. Scott Kemp, 'The End of Manhattan: How the Gas Centrifuge Changed the Quest for Nuclear Weapons', *Technology and Culture* 53 (2012), pp. 272-305.
 - 35 R. Scott Kemp, *Nonproliferation Strategy in the Centrifuge Age*, (Ph.D. Thesis, Princeton University, 2010). Zie ook: R. Scott Kemp, 'The Nonproliferation Emperor Has No Clothes', *International Security* 38 (2014), pp. 39-78. Literatuur met een vergelijkbare, vergelijkende, insteek: Jacques E.C. Hymans, *Achieving Nuclear Ambitions: Scientists, Politicians, and Proliferation*, (Cambridge University Press, 2012).
 - 36 William Burr, 'The "Labors of Atlas, Sisyphus, or Hercules"? US Gas-Centrifuge Policy and Diplomacy, 1954-60', *The International History Review* 37 (2015), pp. 431-57.

- 37 Zie ook: Abel Streefland, 'Putting a Lid on the Gas Centrifuge: Classification of the Dutch Ultracentrifuge Project, 1960-1961', in *Cold War Science and the Transatlantic Circulation of Knowledge*, geëdit door Jeroen van Dongen, pp. 77-100, (Leiden: Brill, 2015).

I De Seperator (1945-1949)

- I Deze anekdote is door Kistemaker meerdere malen opgetekend in laat in zijn leven geschreven stukken, zoals het nooit gepubliceerde *THE JACOB KISTEMAKER STORY*. Dit stuk heb ik digitaal ontvangen van Kistemakers voormalige secretaresse Anneke Smit.
- 2 Henry DeWolf Smyth, *Atomic Energy for Military Purposes: the Official Report on the Development of the Atomic Bomb under the Auspices of the United States Government, 1940-1945*, (Princeton: Princeton University Press, 1945).
- 3 Zie bijvoorbeeld: Schuyt en Taverne, 1950. *Welvaart in zwart-wit*; Hoeneveld en Van Dongen, 'Out of a Clear Blue Sky? FOM, The Bomb, and The Boost in Dutch Physics Funding after World War II'; F.J.F.M. Duynstee en J. Bosmans, *Parlementaire geschiedenis van Nederland na 1945: Het kabinet Schermerhorn-Drees*, (Van Gorcum, 1977).
- 4 Gesprek met Renée Kistemaker, d.d. 19 mei 2016.
- 5 Hertzsprung werd directeur toen De Sitter overleed in 1934. In 1932 was hij hoogleraar en adjunct-directeur.
- 6 *Jacob Kistemaker's Life Story* door Kistemaker zelf opgetekend tussen 2000 en 2010. Ontvangen van Anneke Smit.
- 7 Gesprek met Renée Kistemaker, d.d. 19 mei 2016.
- 8 *Schager Courant*, 27 juni 1934. Digitaal te raadplegen op <http://kranten.archiefalkmaar.nl>.
- 9 Kistemaker deed eindexamen hbs extraneus. Details over de vakken waren niet te achterhalen. Zie *De Tijd: godsdienstig-staatskundig dagblad*, 1 augustus 1935. Te raadplegen op Delpher.nl.
- 10 *Life Story*.
- 11 Er was niet meer te achterhalen welke (bij)vakken hij volgde.
- 12 *Life Story*.
- 13 Ibid.
- 14 P.H. van Laer, 'Keesom, Wilhelmus Hendrikus (1876-1956)', *Biografisch Woordenboek van Nederland* (2013): <http://resources.huygens.knaw.nl/bwn1880-2000/lemmata/bwn1/keesom>, bezocht

- op 22 september 2016; C.J. Gorter, 'Levensbericht van Wilhelmus Hendrikus Keesom (21 juni 1876 – 4 maart 1956)', in *Jaarboek*, pp. 225-30, (Amsterdam: KNAW, 1957).
- 15 Dirk van Delft, 'Tegen de roof: het Kamerlingh Onnes Laboratorium in oorlogstijd', *Gewina/TGGNWT* 30 (2007), pp. 247-64.
 - 16 Kistemaker aan Kramers, d.d. 18 maart 1945. AHQP, Kramers Reel 12.
 - 17 Ibid.; W.H. Keesom, *Helium*, (Amsterdam: Elsevier, 1942).
 - 18 Van Laer, 'Keesom.'
 - 19 Jaap Kistemaker, *Thermodynamische eigenschappen van helium in de omgeving van het lambda-punt*, (Universiteit Leiden, 1945). Zie daarnaast de laudatio die Kramers bij de promotie hield. AMOLF-archief.
 - 20 Jaap Kistemaker en H.A. Kramers, 'On the slip of a diffusing gas mixture along a wall', *Physica* 10 (1943), pp. 699-713.; De lezing in Delft was op 10 november 1943. AMOLF-archief, doos 1.
 - 21 De lezing voor de NNV was op 6 mei 1944. AMOLF-archief, doos 1.
 - 22 In het archief van AMOLF liggen grote vellen waar per dag de weer-gegevens op genoteerd staan. Ze zijn niet ondertekend, maar het is waarschijnlijk dat ze van Kistemaker zijn.
 - 23 Hier wordt, vroeger of later, op teruggekomen.
 - 24 *Haarlemsche courant: nieuwsblad voor Noord-Holland*, 4 mei 1943. Te raadplegen op Delfher.nl.
 - 25 Gesprek met Renée Kistemaker, d.d. 19 mei 2016.
 - 26 Bijlage IV: brief van 18 februari 1945, door prof.dr. H.A. Kramers aan J. Kistemaker. AMOLF-archief, bewijsstukken.
 - 27 Brief van Kramers aan Kistemaker 14 maart 1945. AMOLF-archief, doos 1.
 - 28 Zie de briefwisseling uit de lente: 12 februari 1945, 18 februari 1945, 14 maart 1945, 18 maart 1945, 11 april 1945, 12 april 1945. AMOLF-archief, doos 1.
 - 29 Brief van Kramers aan Kistemaker 14 maart 1945. AMOLF-archief, doos 1.
 - 30 P. Romijn, *Snel, streng en rechtvaardig: de afrekening met de 'foute' Nederlanders 1945-1955*, (Amsterdam, 2002).
 - 31 S.N. van Kerkvoorde, *De Last van het Verleden: Hoe verhielde de studentenzuivering zich tot het morele kader van de eerste naoorlogse jaren?*, (Bachelor thesis, Faculty of Humanities, Utrecht University, 2014).

- 32 Kessenich, *Façades achter een façade*, p. 131.
- 33 Zuiveringskaart Kistemaker (niet gedateerd), ondertekend door Escher en met de paraaf vA er op, wat waarschijnlijk op Van Arkel, de chemicus die betrokken was bij de studentenzuivering, duidt. Over de zuivering van Kistemaker bestaat flink wat onduidelijkheid. Kistemaker hield later vol op '16 november 1945' s avonds van 8 tot 12 in de Leidse universiteit op het Rapenburg 73 gezuiverd' te zijn. Zie Ibid., p. 134. Aantekeningen van Kistemaker op een faxbericht van Mark Traa d.d. 5 februari 1996 geven aan dat Kistemaker bij Kramers thuis een gesprek had met Goudsmit erbij, ergens in juli 1945. In november was er vervolgens een speciale zitting. AMOLF-archief, bewijsstukken.
- 34 Kistemaker, *Thermodynamische eigenschappen van helium*. Zie ook de laudatio van Kramers.
- 35 Laudatio van Kramers.
- 36 Brief van Costers en Kramers aan Schermerhorn, d.d. 16 augustus 1945. NA 2.03.01, 6680. Het element thorium was te halen uit monazietzand, dat in groten getale in Nederlands-Indië aanwezig was. Hierover was door de Nederlandse minister van Buitenlandse Zaken Eelco van Kleffens op 4 augustus een geheime afspraak met de Amerikaanse en Britse regeringen gesloten. Zie: Wiebes en Zeeman, 'Nederland en het Manhattan-project. De geheime thorium-overeenkomst uit 1945'; Van Splunter, *Kernsplijting en diplomatie*, pp. 40-67.
- 37 Zie voor meer informatie over Bruining: Hoeneveld en Van Dongen, 'Out of a Clear Blue Sky? FOM, The Bomb, and The Boost in Dutch Physics Funding after World War II,' p. 276.
- 38 Bruining briefje d.d. 16 oktober 1945, NA 2.03.01, 6680.
- 39 Van Delft, 'Tegen de roof: het Kamerlingh Onnes Laboratorium in oorlogstijd'; Van Splunter, *Kernsplijting en diplomatie*, pp. 26-40.
- 40 Van Delft, 'Tegen de roof: het Kamerlingh Onnes Laboratorium in oorlogstijd'.
- 41 Ibid.
- 42 Friso Hoeneveld, 'De Niagara-watervallen in iemands achtertuin-tje. De eerste reacties in Nederland op het vallen van de atoom-bom', in *Verborgene krachten: Nederlanders op zoek naar energie*, gedit door Ad Maas en Tiemen Cocquyt, (Hilversum: Uitgeverij Verloren, 2011), p. 91.
- 43 Geert Somsen, 'Inleiding: De doorbraak van de experts: weten-

- schap en maatschappelijke vernieuwing rond 1945', *Gewina/TGGNWT* 24 (2001), pp. 193-5.
- 44 Hoeneveld en Van Dongen, 'Out of a Clear Blue Sky? FOM, The Bomb, and The Boost in Dutch Physics Funding after World War II'.
 - 45 Zie voor informatie over Jan Hendrik de Boer, die later een grote rol in het kernfysisch landschap bleef vervullen, E.J.W. Verwey, 'Levensbericht J.H. de Boer', in *Jaarboek*, pp. 88-93, (Amsterdam: KNAW, 1971).
 - 46 Zie voor meer informatie over Gerardus Johannes Sizoo: Ab Flipse, ed. *Verder kijken: Honderdvijftig jaar Vrije Universiteit Amsterdam in de samenleving*, (Amsterdam: VU University Press, 2016), pp. 124-30; Ab Flipse, 'Hier leert de natuur ons zelf den weg'. *Een geschiedenis van Natuurkunde en Sterrenkunde aan de VU*, (Zoetermeer: Uitgeverij Meinema, 2005).
 - 47 Hoeneveld en Van Dongen, 'Out of a Clear Blue Sky? FOM, The Bomb, and The Boost in Dutch Physics Funding after World War II,' pp. 276-8.
 - 48 Conceptnotulen van de commissie voor Atoomphysica door Wouthuysen aan Bruining gestuurd op 9 november 1945. NA, 2.03.01, 6680; Rapport van de adviescommissie inzake Kernphysica, november 1945. NA, 2.06.087, 1062; Notulen van de Vergadering van de adviescommissie voor Kernphysica, d.d. 25 januari 1946. NA, 2.03.01, 6680; Verslag van de vergadering der commissie voor Atoomphysica, 16 februari 1946. NHA, FOM, 378; Notulen van de commissie voor Atoomfysica van Zaterdag 2 maart 1946 om 10 uur in de Leeszaal Bosscha te Leiden, rondgestuurd op 11 maart. NA, 2.03.01, 6680; Verslag van de vergadering der commissie voor Fysisch onderzoek, 29 maart 1946. NA, 2.03.01, 6686.
 - 49 Briefje van 19 november 1945 van G.J. Sizoo aan Bruining: 'Graag zou ik voor onderzoek in het bezit komen van 25 kg uraanoxjde. Kunt U mij den weg wijzen hoe daaraan te komen?' NA, 2.03.01, 6676; Antwoord van Bruining aan Sizoo, d.d. 22 november: '[...] dat de Minister President wenscht, dat het uraniumoxyde wordt beheerd door de commissie voor Kernfysisch Onderzoek. Ir. der Weduwen van de Artillerie-inrichtingen te Delft kan U toegang tot de voorraden verschaffen.' NA, 2.03.01, 6676.
 - 50 Brief van Schermerhorn aan de minister van Oorlog over het uraniumoxide, 8 januari 1946. NA, 2.03.01, 6680; Briefje van de se-

- cretaris van de minister-president aan de secretaris-generaal van het ministerie van Financiën dat er 50.000 gulden beschikbaar zal komen bij O.C. en W. voor de Atoomcommissie, 12 februari 1946. NA, 2.03.01, 6680. Zie ook: Van Splunter, *Kernsplijting en diplomatie*, p. 36.
- 51 Briefje over uraniumoxide van de meneer uit Delft, 12 december 1945 aan de minister van Oorlog over de partij uraan. NA, 2.03.01, 6680. Dat het uranium naar Hembrug gaat en dat er alvast 20 kg naar Sizoo gaat.
 - 52 Generaal-majoor A.G. van Tricht stuurde op 28 augustus 1945 een Smythrapport aan Bruining. NA, 2.03.01, 6676.
 - 53 Briefje van Bruining aan J.H. de Boer, in Londen, 16 november 1945. NA, 2.03.01, 6676; Brief van J.H. de Boer aan Bruining over het Smythrapport in Londen, 6 december 1945. NA, 2.03.01, 6676; Antwoord van Bruining aan De Boer, 14 december 1945. NA, 2.03.01, 6676; Op 17 december 1945 maakt De Boer melding van dertig rapporten die hij heeft weten te bemachtigen. NA, 2.03.01, 6676; Brief van Bruining aan Sizoo waarbij hij het Smythrapport meestuurde, 21 december 1945. Stadsarchief Amsterdam, IKO-archief 1121, 11.
 - 54 Hoeneveld en Van Dongen, 'Out of a Clear Blue Sky? FOM, The Bomb, and The Boost in Dutch Physics Funding after World War II,' p. 275.
 - 55 Notulen van de vergadering van de adviescommissie voor Kernphysica, 25 januari 1946. NA, 2.03.01, 6680.
 - 56 Verslag van de vergadering der commissie voor Atoomphysica, 16 februari 1946. NHA, FOM, 378.
 - 57 Voor meer informatie over Frans Barendregt: Flipse, *Hier leert de natuur*, p. 95. Over Pieter Endt: R.H. Siemssen, 'Levensbericht Pieter Maarten Endt,' (2008): www.dwc.knaw.nl/DL/levensberichten/PE00009242.pdf, bezocht op 27 september 2016. Zie over H. den Hartog en Cornelis 't Hooft het Album Academicum van de UvA: www.albumacademicum.uva.nl.
 - 58 Verslag van de vergadering der commissie voor Physich Onderzoek, 29 maart 1946. NA, 2.03.01, 6686.
 - 59 Hoeneveld en Van Dongen, 'Out of a Clear Blue Sky? FOM, The Bomb, and The Boost in Dutch Physics Funding after World War II'.
 - 60 Zie: W. Otterspeer en J. Schuller tot Peursum-Meijer, *Wetenschap*

en wereldvrede: De Koninklijke Akademie van Wetenschappen en het herstel van de internationale wetenschap tijdens het Interbellum, (Koninklijke Nederlandse Akademie Van Wetenschappen, 1997); Ad Maas, 'Institutionalised individualism Amsterdam physics between the world wars', *Centaurus* 47 (2005), pp. 30-59.

- 61 Zie bijvoorbeeld *ibid.*
- 62 Op 16 oktober 1945 stuurt Bruining bericht rond dat er (door hem) een commissie is ingesteld voor de kernphysica. NA, 2.03.01, 6680.
- 63 Van 1916 tot 1926 woonde Kramers in Kopenhagen.
- 64 Verslag van de vergadering der commissie voor Atoomphysica, 16 februari 1946. NHA, FOM, 378.
- 65 Notulen van de commissie voor Atoomfysica van zaterdag 2 maart 1946 om 10 uur in de Leeszaal Bosscha te Leiden, rondgestuurd op 11 maart. NA, 2.03.01, 6680.
- 66 Een brief van F. Simon uit Oxford 25 maart 1946, in antwoord op een brief van Kistemaker van de 10de maart. AMOLF-archief, doos 1.
- 67 Brief van H. Bruining aan de secretaris-generaal van het ministerie van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen, 8 maart 1946. NA, 2.03.01, 6680.
- 68 Brief van De Haas aan Kramers, 30 december 1946, AHQP, Kramers Reel 12. De Haas verwijst naar Lothar en/of Marion Mayer, die in de oorlog assistent op het laboratorium waren. Zie ook: Van Delft, 'Tegen de roef: het Kamerlingh Onnes Laboratorium in oorlogstijd,' p. 261.
- 69 N.G. van Kampen, 'Levensbericht D. ter Haar', in *Levensberichten en herdenkingen*, pp. 52-5, (Amsterdam: KNAW, 2004).
- 70 Hoeneveld en Van Dongen, 'Out of a Clear Blue Sky? FOM, The Bomb, and The Boost in Dutch Physics Funding after World War II'.
- 71 *Ibid.*, p. 281.
- 72 Memorandum van Bruining aan Schermerhorn, 10 januari 1946. NA, 2.03.01, 6676.
- 73 *Ibid.*
- 74 *Ibid.*
- 75 Verslag van de vergadering der commissie voor Atoomphysica, 16 februari 1946. NHA, FOM, 378.
- 76 Kistemaker, 'Voorlopig Rapport over de Massaspectrograaf en mijn Scandinavische reis', 25 februari 1947. AMOLF-archief, doos

- FOM-rapporten en verslagen nrs 1603 t/m 9830 1955 t/m 1960 + ongenummerd 1947 t/m 1960 (voortaan: FOM-rapporten).
- 77 Kistemaker, 'Voorlopig Rapport'.
 - 78 De energie was zo'n 60 keV.
 - 79 Kistemaker, 'Voorlopig Rapport'.
 - 80 Brief van Kistemaker aan Kramers, 9 oktober 1946. AHQP, Kramers Reel 12.
 - 81 Kistemaker, 'Voorlopig Rapport'; Brief van Kistemaker aan Kramers, 9 oktober 1946. AHQP, Kramers Reel 12.
 - 82 Kistemaker, 'Voorlopig Rapport'.
 - 83 Dit sluit aan bij de alleingangthese van Van Splunter, die betoogt dat Nederland in de eerste naoorlogse jaren niet, zoals soms wordt beweerd, als trouwe bondgenoot van Amerika optreedt, maar op veel vlakken juist een veel zelfstandiger pad bewandelt. Zie: Van Splunter, *Kernsplijting en diplomatie*, pp. 264-5.
 - 84 Brief van Kistemaker aan Kramers, 9 oktober 1946. AHQP, Kramers Reel 12.
 - 85 Ibid. Zie voor meer informatie over Brinkman: R.H. Siemssen, 'Levensbericht Hendrik Brinkman', in *Levensberichten en herdenkingen*, (Amsterdam: KNAW, 1994).
 - 86 KEMA staat voor Keuring van Elektronische Materialen Arnhem.
 - 87 Zie bijvoorbeeld: brief van Dirk ter Haar aan Kramers, 21 maart 1946 uit Kopenhagen. AHQP, Kramers Reel 12; en later brief van Dirk ter Haar aan Kramers, 16 december 1946 uit Kopenhagen, waarin ook Kistemaker opduikt: 'De eerste tien dagen van deze maand was ik in Zweden, waar ik Baltsjöbaden en Uppsala bezocht en o.a. de uitreiking van de Nobelprijzen meemaakte: een pompeus feest. Jaap was toevalligerwijs terzelfdertijd in Stockholm en we amuseerden ons zeer.' AHQP, Kramers Reel 12.
 - 88 Clay aan Kramers, 5 december 1946. AHQP, Kramers Reel 11.
 - 89 Kistemaker, 'Voorlopig Rapport'; Brief van Kistemaker aan Kramers, 9 oktober 1946. AHQP, Kramers Reel 12.
 - 90 Kistemaker, 'Voorlopig Rapport'.
 - 91 Brief van Clay aan Kramers, 5 december 1946, 'De heer Kistemaker meende in Kopenhagen genoeg geleerd te hebben en is nu naar Stockholm en komt eind Dec of begin Jan terug. We zetten hem dan direct aan het werk'. AHQP, Kramers Reel 11.
 - 92 Kistemaker, 'Het FOM-laboratorium voor massaspectrografie 1946-1960', rapport volgens de FOM-nummering FOM-9133. On-

- gedateerd, waarschijnlijk uit 1960. AMOLF-archief, FOM-rapporten.
- 93 Dit werd bijvoorbeeld door Woltjer benadrukt in zijn 'Overzicht over de Jaren 1946 t/m 1948', dat in het Jaarboek 1948 verscheen (het jaarverslag van FOM). NHA, FOM, I.
 - 94 Hoeneveld en Van Dongen, 'Out of a Clear Blue Sky? FOM, The Bomb, and The Boost in Dutch Physics Funding after World War II'.
 - 95 Brief van Clay aan Kramers, 5 december 1946. AHQP, Kramers Reel II.
 - 96 Brief van Van Kleffens aan de minister-president, 16 mei 1947. NA, 2.05.117, 13099; Max Dresden, *H.A. Kramers Between Tradition and Revolution*, (Springer Science & Business Media, 2012), p. 380.
 - 97 <http://www.albumacademicum.uva.nl>; geraadpleegd: 30 juni 2015.
 - 98 J.H. de Boer, 'Levensbericht C.J. Bakker', in *Jaarboek*, pp. 283-7, (Amsterdam: KNAW, 1959).
 - 99 Ibid.
 - 100 Zie de eerste jaarverslagen van FOM. NHA, FOM I.
 - 101 Woltjer, 'Overzicht over de Jaren 1946 t/m 1948'. NHA, FOM, I.
 - 102 Vergadering van de Stichting FOM, 22 maart 1947. NHA, FOM, I3.
 - 103 Ibid.
 - 104 Eerste secretariael verslag opgesteld door Bruining, 1947. NHA, FOM, I.
 - 105 Bakker, 'Werkzaamheden in 1946-1947-1948' over het Amsterdamse laboratorium, 14 mei 1949. NHA, FOM, I.
 - 106 Kistemaker, 'Urgentie Isotopen Separator', ongedateerd, waarschijnlijk uit de zomer van 1948. AMOLF-archief, FOM-rapporten.
 - 107 Kistemaker, 'Voorlopig Rapport'.
 - 108 Kistemaker, 'Urgentie Isotopen Separator'.
 - 109 Ibid.
 - 110 Kistemaker, 'Voorlopig Rapport'.
 - 111 Kistemaker, 'Werkverslag van 1 jan tot 1 oktober 1950'. AMOLF-archief, FOM-rapporten.
 - 112 Kistemaker, 'Urgentie Isotopen Separator.'
 - 113 Kistemaker, 'Voorlopig Rapport'; De 90° is genoemd in: Kistemaker 'Isotopen Separator', 1 augustus 1948. AMOLF-archief, FOM-rapporten.
 - 114 Brief van Bakker aan Curatorium IKO, Sizoo, 6 februari 1947.

- Stadsarchief Amsterdam, IKO-archief 1121, 11; Eerste secretariael verslag opgesteld door Bruining, 1947. NHA, FOM, I.
- 115 Woltjer, 'Verslag over de werkzaamheden in het jaar 1948 volgens art. 20 der Stichtingsbepalingen uitgebracht door de secretaris', 22 juni 1949. NHA, FOM, I.
- 116 Zoals: Jaap Kistemaker, 'A method for the accurate determination of pressures from 100 to 1 mm', *Physica* 12 (1946), pp. 217-25; Jaap Kistemaker en W.H. Keesom, 'Isotherms of helium gas from 2.7 to 1.7 °K', *Physica* 12 (1946), pp. 227-40; Jaap Kistemaker, 'The vaporisation heat of liquid helium from 0 to 5.2 °K and the value of h, calculated from the thermodynamical behaviour of helium', *Physica* 12 (1946), pp. 281-8; Jaap Kistemaker, 'The vapour pressure of liquid helium from the 1-point to 1.3 °K', *Physica* 12 (1946), pp. 272-80; Jaap Kistemaker, 'Anomalous adsorption of helium gas on glass, between 3 and 1.7 °K', *Physica* 13 (1947), pp. 81-7; Jaap Kistemaker, 'Eigenschappen van flytende helium', *Kosmos* 25 (1947), pp. 12-49; Jaap Kistemaker, 'Propriétés de l'Hélium liquide', *Rev. Sci.* 86 (1947), pp. 176-87.
- 117 Alle informatie in deze paragraaf komt, tenzij anders genoemd, uit een lezing die Kistemaker over het onderwerp hield in Utrecht op 21 oktober 1948. Kistemaker, 'De ontwikkeling van de hoogfrequentiebronnen in Amsterdam van 1 januari 1947 tot ca. 15 november 1948', een colloquium gehouden in Utrecht op 21 oktober 1948. AMOLF-archief, FOM-rapporten.
- 118 Kistemaker, 'Voorlopig Rapport'.
- 119 Bakker, 'Werkzaamheden in 1948', 14 mei 1949. NHA, FOM, I.
- 120 Kistemaker, 'De ontwikkeling van de hoogfrequentiebronnen'.
- 121 Bakker, 'Werkzaamheden in 1946-1947-1948'; Bakker, 'Werkzaamheden in 1948'.
- 122 Kistemaker, 'De ontwikkeling van de hoogfrequentiebronnen'.
- 123 Kistemaker, *THE JACOB KISTEMAKER STORY*.
- 124 Bakker, 'Werkzaamheden in 1948'.
- 125 Jaap Kistemaker en H.L. Douwes Dekker, 'Investigations on a magnetic ion source II', *Physica* 16 (1949), pp. 209-20; Jaap Kistemaker en H.L. Douwes Dekker, 'Investigations on a magnetic ion source, I', *Physica* 16 (1949), pp. 198-208.

- 126 Notulen van de vergadering van de Raad van Bestuur van FOM, 19 juli 1948. NHA, FOM, 13.
- 127 Brief van de penningmeester, Milatz, aan de leden van de Raad van Bestuur van FOM, 23 juli 1948. NHA, FOM, 63.
- 128 Brief van de secretaris, Woltjer, aan de leden van de Raad van Bestuur van FOM, 20 september 1948. NHA, FOM, 63.
- 129 Kistemaker, 'Urgentie Isotopen separator'.
- 130 Notulen van de vergadering van de Raad van Bestuur van FOM, 19 juli 1948. NHA, FOM, 13.
- 131 Ibid.
- 132 Ibid.
- 133 Brief van Milatz, 23 juli 1948.
- 134 Zie over de oprichting van zwo: Albert Kersten, *Een organisatie van en voor onderzoekers: zwo 1947-1988*, (Assen: Van Gorcum, 1996).
- 135 Ibid.
- 136 Notulen van de Raad van Bestuur van FOM, 9 oktober 1948. NHA, FOM, 13.
- 137 Ibid.
- 138 Brief van de penningmeester, Milatz, aan de leden van de Raad van Bestuur van FOM, 20 december 1948. NHA, FOM, 63.
- 139 Notulen, 9 oktober 1948. Zie voor meer informatie over Bannier het recente geschreven: Clemens van den Berg, *J.H. Bannier and the Evolution of Dutch and European Science Administration and Diplomacy 1945-1970*, (MA thesis, Utrecht University, 2016).
- 140 Notulen, 9 oktober 1948.
- 141 'Begroting voor het jaar 1948, goedgekeurd door de Centrale Organisatie Z.W.O.', ongedateerd. NHA, FOM, 63.

2 Het Uraniumproject (1949-1955)

- 1 <http://monumentenregister.cultureelerfgoed.nl> monument nr. 518508. Bezocht op 8 maart 2016.
- 2 Kistemaker, Douwes Dekker, Zilverschoon en Schutten, 'Verslag van de Werkzaamheden aan de Isotopen Separator in het 2e, 3e en 4e kwartaal 1949'. AMOLF-archief, FOM-rapporten.
- 3 Kistemaker, 'Werkverslag van 1 jan tot 1 oktober 1950'. AMOLF-archief, FOM-rapporten.
- 4 Kistemaker en Zilverschoon, 'Werkverslag van 1 April 1951 tot 1 januari 1952'. AMOLF-archief, FOM-rapporten.

- 5 Per 1 januari 1950 ging Kistemakers salaris van 6500 naar 7000 gulden per jaar. Notulen van de vergadering van de Raad van Bestuur van FOM, 11 februari 1950. NHA, FOM, 13.
- 6 Interview gehouden met Cees Zilverschoon, door de auteur, 21 en 22 maart 2011.
- 7 Kistemaker en Zilverschoon, 'Werkverslag van 1 April 1951 tot 1 januari 1952'.
- 8 Kistemaker, Douwes Dekker, Zilverschoon en Schutten, 'Verslag van de Werkzaamheden aan de Isotopen Separator in het 2e, 3e en 4e kwartaal 1949'.
- 9 FOM Jaarverslag 1949.
- 10 Ibid.
- 11 Ibid.
- 12 Notulen van de vergadering van de Raad van Bestuur van FOM, 6 oktober 1949. NHA, FOM, 13; Memo van Theodore M. Nordbeck aan Mr Joseph Chase, 23 november 1949. National Archives, Washington, RG 59, E-3008A, Box 51.
- 13 Nota 79 van het directoraat-generaal voor de industrialisatie, betreft samenwerking onderzoek inzake kernenergie, 3 oktober 1949. NA, 2.06.087, 1062.
- 14 Goedkoop, *Een kernreactor bouwen*, p. 15.
- 15 FOM Jaarverslag 1950. NHA, FOM, 1.
- 16 Zie Ibid.; Lagaaij en Verbong, *Kerntechniek in Nederland*; Van Splunter, *Kernsplijting en diplomatie*, pp. 123-81.
- 17 FOM Jaarverslag 1951. NHA, FOM, 1.
- 18 Van Splunter, *Kernsplijting en diplomatie*, p. 39.
- 19 Zie bijvoorbeeld de brief van Kistemaker aan Casimir, 22 september 1952. ET-NL 3.
- 20 Waar precies is niet duidelijk. Het staat genoemd in: Kistemaker, Douwes Dekker, Zilverschoon en Schutten, 'Verslag van de Werkzaamheden aan de Isotopen Separator in het 2e, 3e en 4e kwartaal 1949'; Kistemaker, 'Werkverslag van 1 jan tot 1 oktober 1950'.
- 21 Kistemaker, Douwes Dekker, Zilverschoon en Schutten, 'Verslag van de Werkzaamheden aan de Isotopen Separator in het 2e, 3e en 4e kwartaal 1949'.
- 22 Ibid.
- 23 Ibid.
- 24 Ibid.
- 25 Ibid.

- 26 Ibid.; Kistemaker, 'Werkverslag van 1 jan tot 1 oktober 1950'.
- 27 FOM Jaarverslag 1950, 28 mei 1951. NHA, FOM, I.
- 28 Kistemaker en J.P.J. Janssen, 'Rapport over Reis naar Eindhoven (Lab W.O.)', 16 februari 1950. AMOLF-archief, FOM-rapporten.
- 29 Kistemaker, 'Werkverslag van 1 jan tot 1 oktober 1950'.
- 30 FOM Jaarverslag 1950. NHA, FOM, I.
- 31 Ibid.
- 32 Kistemaker, 'Werkverslag van 1 oktober 1950 tot 1 April 1951'. AMOLF-archief, FOM-rapporten.
- 33 'Met behulp van een zendtriode in de positieve hoogspanningsleiding wordt de versnellingsspanning sinusvormig gemoduleerd met ca. 3 kV (50 Hz). De ionenbeam zwaait daardoor met dezelfde frequentie over een meetnaald, die zich in de collectorinstallatie bevindt. Deze meetnaald is verbonden met de verticale afbuigplaten van een oscillograaf, waarop horizontaal een 50 Hz-signaal gegeven wordt. Op het scherm is daardoor onmiddellijk zichtbaar een deel van het massaspectrum, b.v. het gebied van massa 25 tot 30. In het bedieningspaneel werd daartoe een speciale oscillograaf met groot scherm gebouwd (Nabben). Als algemeen controleapparaat is deze oscillograaf reeds onmisbaar geworden.' Uit: Kistemaker en Zilverschoon, 'Werkverslag van 1 April 1951 tot 1 januari 1952'. AMOLF-archief, FOM-rapporten.
- 34 Ibid.
- 35 FOM Jaarverslag 1951. NHA, FOM, I.
- 36 Kistemaker, Douwes Dekker, Zilverschoon en Schutten, 'Verslag van de Werkzaamheden aan de Isotopen Separator in het 2e, 3e en 4e kwartaal 1949'.
- 37 Ibid.
- 38 FOM Jaarverslag 1950.
- 39 FOM Jaarverslag 1951; Kistemaker, 'Kwartaalverslag 1 januari tot 1 mei 1952'. NHA, FOM, 471.
- 40 Kistemaker, 'Kwartaalverslag 1 januari tot 1 mei 1952'.
- 41 Kistemaker, 'Reisverslag van Parijs en Brussel 16-21 maart 1953'. AMOLF-archief, FOM-rapporten.
- 42 Kistemaker, 'Kwartaalverslag 1 januari tot 1 mei 1952'.
- 43 Kistemaker, 'Kwartaalverslag 1 mei tot 1 oktober 1952'. NHA, FOM, 471.

- 44 Ibid.
- 45 Ibid.
- 46 Kistemaker, 'Kwartaalverslag 1 oktober tot 31 december 1952'. NHA, FOM, 471.
- 47 Kistemaker, 'Werkverslag van 1 jan tot 1 oktober 1950'.
- 48 Ibid.; Kistemaker, 'Werkverslag van 1 oktober 1950 tot 1 April 1951'.
- 49 Reinders promoveerde op 4 juli 1951 bij Bakker op het proefschrift *Een kleine massaspectrometer als lekkenzoeker en h-d analyser* aan de UvA. Het was de eerste promotie op het laboratorium.
- 50 Kistemaker en Zilverschoon, 'Werkverslag van 1 April 1951 tot 1 januari 1952'.
- 51 Kistemaker aan Casimir, d.d. 6 oktober 1950. ET-NL 3.
- 52 Kistemaker, 'Verslag reis Bremen 22-25 oktober 1950'. AMOLF, FOM-rapporten.
- 53 Een achterliggende overweging hiervoor is dat meestal de achtergronden van de technici en het medewerkend personeel verbor-gen blijven. Slechts de 'helden' worden uitgelicht. Zie Steven Shapin, 'The Invisible Technician', *American Scientist* 77 (1989), pp. 554-63. Daarnaast was Zilverschoon een van de enige vroege medewerkers van het lab die bij de start van dit onderzoek nog in leven was. Doordat ik hem uitgebreid heb kunnen spreken werd mij zijn grote rol in de ontwikkeling van de separator duidelijk. Deze paragraaf is grotendeels gebaseerd op interviews die met hem zijn gevoerd in 2011, op 21 en 22 maart.
- 54 Interview gehouden met Cees Zilverschoon, door de auteur, 21 en 22 maart 2011.
- 55 Interview met Zilverschoon 21 en 22 maart 2011.
- 56 Wilson noemde zijn machine een isotron, zijn mentor Ernest Lawrence noemde zijn machine een calutron, naar California+tron. James Gleick, *Genius: the Life and Science of Richard Feynman*, (Open Road Media, 2011).
- 57 Brief van Zilverschoon aan H.D. Smyth, d.d. 9 juni 1947. Deze brief bevindt zich in de Robert R. Wilson papers, #14-22-3093. Division of Rare and Manuscript Collections, Cornell University Library. Box 3, Folder 119.
- 58 Brief van Smyth aan Lawrence, d.d. 19 juni 1947. Robert R. Wilson papers, #14-22-3093. Division of Rare and Manuscript Collections, Cornell University Library. Box 3, Folder 119.

- 59 Interview met Zilverschoon, 21 en 22 maart 2011.
- 60 Brief van Bakker aan het bestuur van de Stichting FOM, 31 mei 1949. NHA, FOM, 63.
- 61 Brief van Milatz aan de Raad van Bestuur van FOM, 2 juni 1949. NHA, FOM, 63; Ibid.; Brief van Milatz aan de leden van de Raad van Bestuur, 29 april 1950. NHA, FOM, 63.
- 62 Brief van Milatz aan de leden van de Raad van Bestuur, 29 april 1950.
- 63 Ibid.
- 64 Vergadering van de Raad van Bestuur van FOM, 25 mei 1950. NHA, FOM, 13.
- 65 Een rondschrijven maakt melding van deze reorganisatie, van de secretaris van de stichting, Woltjer, aan de leden van de door de Raad van Bestuur benoemde commissies, 12 december 1951. NHA, FOM, 63.
- 66 Notulen van de vergadering van de Raad van Bestuur van FOM, 8 september 1951. NHA, FOM, 14.
- 67 Notulen van de vergadering van het Uitvoerend Bestuur van FOM, 20 april 1951. NHA, FOM, 27.
- 68 Notulen van de vergadering van de Raad van Bestuur van FOM, 8 september 1951.
- 69 Zie bijvoorbeeld de jaarverslagen van FOM van 1952 en 1953. NHA, FOM, 1.
- 70 Zie over Kögl: H.A.M. Snelders, 'Kögl, Fritz (1897-1959)', in *Biografisch woordenboek van Nederland*, (Den Haag: 1994); E. Havinga, 'Levensbericht F. Kögl', in *Jaarboek*, pp. 311-6, (Amsterdam: KNAW, 1960).
- 71 Verwey was directeur van Philips' NatLab naast Casimir en Rinia. Verwey was van 1948 tot 1968 bestuurslid van FOM. Ook was hij vanaf 1952 lid van de adviescommissie voor de Exacte Wetenschappen van ZWO en later van de Raad voor het Zuiver-Wetenschappelijk Onderzoek (van 1957-1970). Zie: H.J. Vink, 'Levensbericht E.J.W. Verwey', in *Jaarboek*, pp. 166-17, (Amsterdam: KNAW, 1982).
- 72 Notulen van de vergadering van de Raad van Bestuur van FOM, 8 september 1951.
- 73 Ibid.
- 74 Ibid.
- 75 Begroting werkgemeenschap 1952, 15 oktober 1951. NHA, FOM,

95. 50.800 gulden kreeg 'Urgentie 1' en zal zeker goedgekeurd zijn. Een deel van de rest waarschijnlijk ook.
- 76 Notulen van de vergadering van de Raad van Bestuur, 18 juni 1952. NHA, FOM, 14.
- 77 Ibid.
- 78 De Boer, 'C.J. Bakker'.
- 79 Notulen van de vergadering van de Raad van Bestuur, 18 juni 1952. NHA, FOM, 14.
- 80 Notulen van de vergadering van het Uitvoerend Bestuur van FOM, 12 juni 1952. NHA, FOM, 27.
- 81 Notulen van de vergadering van de Raad van Bestuur, 18 juni 1952.
- 82 Brief van Beekman aan de Raad van Bestuur, 26 februari 1953. NHA, FOM, 473.
- 83 Notulen van de vergadering van de Raad van Bestuur van FOM, 5 maart 1953. NHA, FOM, 14.
- 84 Ibid.
- 85 Ibid.
- 86 Stuk over de overdracht van de leiding van Werkgroep Ms 1, 8 april 1953. NHA, FOM, 473.
- 87 Notulen van de vergadering van de Raad van Bestuur van FOM, 23 december 1954. NHA, FOM, 15.
- 88 Ibid.
- 89 Notulen van de vergadering van de Raad van Bestuur van FOM, 31 maart 1955. NHA, FOM, 15.
- 90 Brief van Kistemaker aan Casimir d.d. 22 september 1952. ET-NL 3.
- 91 Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 april tot 1 juli 1953'. NHA, FOM, 471.
- 92 Ibid.
- 93 Ibid.
- 94 Ibid.
- 95 FOM Jaarverslag 1953. NHA, FOM, 1.
- 96 Endt deed metingen aan (p,gamma)reacties. Zie Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 april tot 1 juli 1953'.
- 97 Ibid.
- 98 Brief van Bakker aan Beekman, 23 januari 1953. NHA, FOM, 473.
- 99 Brief van Kistemaker aan Beekman, 8 oktober 1953. NHA, FOM, 65.
- 100 Afschrift van Beekman over extra krediet aan MS-I (volgens de FOM-nummering is dit FOM-164). NHA, FOM, 473.

- 101 Brief van Bakker aan Beekman, 23 januari 1953.
- 102 Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 juli tot 1 oct. 1953'. NHA, FOM, 471.
- 103 Brief van Kistemaker aan Beekman, 8 oktober 1953.
- 104 Kistemaker, Afschrift gestuurd aan Beekman. Betreft: Aanvraag Extra Crediet (volgens de FOM-nummering is dit FOM-97), 8 oktober 1953. NHA, FOM, 473.
- 105 Brief van de gezant te Buenos Aires aan het ministerie van Buitenlandse Zaken, 9 juni 1950. NA, 2.06.087, 1670; Brief van de gezant te Buenos Aires aan het ministerie van Buitenlandse Zaken, 18 september 1950. NA, 2.06.087, 1670; Brief van de gezant, 20 september 1950. NA, 2.06.087, 1670. De Werkspoor-deal werd op 21 november getekend.
- 106 Savelberg, 'Afschrift aan de minister van Buitenlandse Zaken', 26 juni 1951. NA, 2.06.087, 1671.
- 107 Kleyn Molekamp, 'Verslag van het bezoek van de Prins aan Uruguay en Argentinië', 20 april 1951. NA, 2.05.117, 2351.
- 108 Gerard Aalders, *Bernhard Zakenprins*, (Soesterberg: Aspekt, 2011), pp. 183-9.
- 109 Brief van de gezant in Buenos Aires aan het Ministerie van Buitenlandse Zaken, 25 april 1951. NA, 2.03.01, 3681.
- 110 Minute van vertaling van brief van Perón, vermoedelijk 14 mei 1951. NA, 2.05.117, 13102.
- 111 ANP-nieuwsbericht, 17 mei 1951. NA, 2.05.117, 13102.
- 112 Ibid.
- 113 Brief van Bakker aan prins Bernhard, 23 mei 1951. NA, 2.05.117, 13102.
- 114 Ibid.
- 115 Brief van Perón aan Bernhard, 24 mei 1951. NA, 2.05.117, 13102.
- 116 Brief van de ambassadeur in de VS aan minister van Buitenlandse Zaken Stikker over Bakker en Bernhard. NA, 2.05.117, 13102; Codetelegram van Stikker aan Buenos Aires. NA, 2.05.117, 13106; Brief van gezant aan de minister, dat er journalisten op het eiland toegelaten werden, 22 juni 1951. NA, 2.05.117, 13106.
- 117 Ibid.
- 118 Bakker, 'Verslag bezoek aan Bariloche (24 mei 1951 – 28 mei 1951)'. NA, 2.05.117, 13102.
- 119 Brief van Bakker aan prins Bernhard, 23 mei 1951. Bakker deed verslag van zijn bezoek aan Bariloche. NA, 2.05.117, 13102.

- 120 Bakker, 'Verslag bezoek aan Bariloche'.
- 121 Brief van Bakker aan Bannier, 5 september 1951. NA, 2.05.117, 13104.
- 122 Brief van de ambassadeur in de vs aan minister van Buitenlandse Zaken Stikker.
- 123 Kamervragen van F.J. Goedhart (PvdA), juni 1951. NA, 2.05.117, 13102; Antwoorden op de Kamervragen, ongedateerd, geen auteur. NA, 2.05.117, 13102.
- 124 '[...] we are not in a position to disapprove the fulfillment of the contract.' Uit: Brief van George C. Spiegel aan mr. Arneson, 10 januari 1952. National Archives, Washington, RG 59, E-3008A, Box 81.
- 125 Ibid.
- 126 Correspondentie van Bergsma met de minister over een telefonisch onderhoud met Frits Philips, 30 juni 1951. NA, 2.05.117, 13106.
- 127 Brief van Bakker aan Milatz, 2 oktober 1951. NHA, FOM, 95.
- 128 Afschrift toelichting bij de ontwerpbegroting 1954, gecirculeerd aan de leden van de Werkgemeenschap Massaspectrografie. NHA, FOM, 473.
- 129 Brief van Pedro E. Iraolagoitia, Capitan de fragata, Secretario General de la CNEA, Director Nacional de la E.A. aan Bakker, 29 juni 1953. NHA, FOM, 473.
- 130 Kistemaker aan Beekman over extra krediet, 8 oktober 1953. NHA, FOM, 473.
- 131 Brief van K. Ogata aan Kistemaker, 17 april 1953. NHA, FOM, 473; Milatz aan de commissie (FOM-nummer PhLU m 4102). NHA, FOM, 473; Verzoek van Beekman aangaande het verkopen van tekeningen aan Japan (FOM-nummer PhLU m 4103). NHA, FOM, 473.
- 132 Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 juli tot 1 okt. 1953'.
- 133 Overzicht verbouwing Hoogte Kadijk 192, (volgens de FOM-nummering was dit PhLU m 4399), ongedateerd, waarschijnlijk juni 1953. NHA, FOM, 473.
- 134 Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 april tot 1 juli 1953'.
- 135 Bakker, Verzoek aan Burgemeester en Wethouders van Amsterdam (volgens de FOM-nummering was dit PhLU m 4393), 23 juni 1953. NHA, FOM, 473.
- 136 Brief van Kistemaker aan Beekman over de opening van het labo-

- ratorium (volgens de FOM-nummering was dit PhLU m 4209), 18 juni 1953. NHA, FOM, 473.
- 137 Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 oktober tot 31 dec 1953'. NHA, FOM, 471.
- 138 De personeelsbezetting voor 1954 zit bij de begroting 1954 (volgens de FOM-nummering PhLU m 3984), ongedateerd. NHA, FOM, 473.
- 139 Conceptuitnodiging voor de opening van het laboratorium. NHA, FOM, 473.
- 140 Telex over de opening van het laboratorium voor Massaspectrografie te Amsterdam (volgens de FOM-nummering FOM-189), d.d. 6 november 1953. NHA, FOM, 473.
- 141 Ibid.
- 142 Ibid.
- 143 Kistemaker, *De geschiedenis*.
- 144 '[...] result of one continuous run of three days and nights.' Zie: Jaap Kistemaker, 'The Jakob Kistemaker Story,' (2004): digitaal ontvangen van Kistemakers voormalige secretaresse Anneke Smit.
- 145 Telex, 6 november 1953.
- 146 Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 januari tot 31 maart 1954'. NHA, FOM, 471.
- 147 Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 oktober tot 31 dec 1953'.
- 148 FOM Jaarverslag 1953.
- 149 Ibid.
- 150 Kistemaker, 'Reisverslag van Parijs en Brussel 16-21 maart 1953'.
- 151 Kistemaker, 'Rapport over het bezoek aan de isotopenseparator te Harwell', 26 maart 1953. AMOLF, FOM-rapporten.
- 152 Interview gehouden met Cees Zilverschoon, 21 en 22 maart 2011.
- 153 De kappen waren nodig voor de opheffing van trochoïdale gasontladingen rond de ionenbron. 'Deze vorm van gasontlading in gekruiste elektrische en magnetische velden, was tot omstreeks 1950 vrijwel onbekend gebleven en is pas door H. Alfven, in verband met kosmische verschijnselen, in die tijd voor het eerst beschreven.' Uit: Jaap Kistemaker, *Het FOM-instituut voor Atoom- en moleculuifysica te Amsterdam, in de jaren tussen 1945 en 1971*, (Amsterdam: AMOLF-archief, 1971). 'Het gegolfde profiel aan de linkerzijde was een van de Amerikaanse "atoomgeheimen", codewoord Mae West. Het diende om het bronlichaam op 30 kV positief t.o.v. aarde te kunnen bedienen. De stroom U+-ionen

- die uit de 10 centimeter hoge spleet werd geëxtraheerd bedroeg ca. 10 milli-Ampère. De temperatuur van de grafieten ontladingskamer was bijna 1000 °C (geel), in continu bedrijf. Het gebruikte gas was ucl₄.’ Uit: Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 3. In 2002 schreef Kistemaker een kort stukje voor het personeelsblad van Amolf, *Impuls*. Daarin schreef hij: ‘Wij ontdekten deze trochoïdale gasontlading in 1952, maar de Zweedse fysicus Hannes Alfvén was twee jaren eerder en kreeg er in 1955 de Nobelprijs voor. De Scandinaviërs waren zeer actief met het Noorderlicht; daardoor was het gedrag van geladen deeltjes in gekruiste en velden, in een “trochoïdale gasontlading rondom de magnetische polen van de Aarde”, bij hen bekend als bepalende factor voor de beweging van geladen deeltjes in de ruimte. Hierdoor “switcht” het Noorderlicht zo nu en dan van plaats aan de avondhemel.’ Jaap Kistemaker, ‘Het Noorderlicht en de FOM-Isotopen-Separator’, *Impuls* (2002), p. onbekend.
- 154 Dragoslav Popović, ‘Energy dependence of the U²³⁵ fission cross section in the low energy region: Preliminary report’, *Journal of Nuclear Energy I* (1954), pp. 3-4; Goedkoop, *Een kernreactor bouwen*, pp. 24, 30-35.
- 155 Uit: Kistemaker, *De geschiedenis*. Over deze Teun Barendregt (niet te verwarren met de bij Sizoo gepromoveerde Frans Barendregt) blijken wilde verhalen de ronde te doen. Hij was dubbelspion voor de BVD. Zie: Cees Wiebes, *Samen met de CIA. Operaties achter het IJzeren Gordijn*, (Amsterdam: Boom, 2016), pp. 226-45.
- 156 Goedkoop, *Een kernreactor bouwen*, pp. 35-6.
- 157 Van Splunter, *Kernsplijting en diplomatie*, p. 158.
- 158 Deze argumenten werden genoemd in Goedkoop, *Een kernreactor bouwen*, p. 35.
- 159 John Krige, ‘Atoms for peace, scientific internationalism, and scientific intelligence’, *Osiris* 21 (2006), pp. 161-81.
- 160 Kistemaker en Janssen, ‘Rapport over Reis naar Eindhoven (Lab W.O.),’ 16 februari 1950. AMOLF-archief, FOM-rapporten; Kistemaker en Zilverschoon, ‘Verslag reis naar Philips’, 28 november 1952. AMOLF-archief, FOM-rapporten; Kistemaker en Zilverschoon, ‘Rapport reis naar Eindhoven op 18, 19 en 20 januari 1954’. AMOLF-archief, FOM-rapporten.
- 161 Reinders, ‘Verslag over Massaspectrometerconferentie en bezoek aan Metropolitan-Vickers Electrical Co. Ltd. te Manchester op

- 20 en 21 april 1950', opgesteld 19 mei 1950. AMOLF-archief, FOM-rapporten.
- 162 Kistemaker, 'Verslag studiereis naar USA 3-26 september 1951'. AMOLF-archief, FOM-rapporten.
- 163 Kistemaker en Zilver schoon, 'Werkverslag van 1 april 1951 tot 1 januari 1952'.
- 164 FOM Jaarverslag 1952. NHA, FOM, 1.
- 165 Kistemaker, 'Verslag reis USA 1 maart 1952 – 24 juni 1952'. AMOLF, FOM-rapporten.
- 166 Kistemaker, *De geschiedenis*.
- 167 Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 april tot 30 juni 1955'. NHA, FOM, 471.
- 168 Brief van Milatz aan de leden van de Raad van Bestuur van FOM, 14 maart 1951. NHA, FOM, 63.
- 169 Notulen van de vergadering van het Uitvoerend Bestuur van FOM, 12 juni 1952. NHA, FOM, 27.
- 170 Kistemaker, 'Het Noorder-licht en de FOM-Isotopen-Separator'.
- 171 FOM Jaarverslag 1955. NHA, FOM, 1.
- 172 Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 juni tot 30 september 1954'. NHA, FOM, 471.
- 173 Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 oktober tot 31 december 1954'. NHA, FOM, 471.
- 174 Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 juni tot 30 september 1954'.
- 175 FOM Jaarverslag 1954. NHA, FOM, 1.
- 176 Goedkoop, *Een kernreactor bouwen*, pp. 41-2.
- 177 Notulen van de vergadering van de Raad van Bestuur van FOM, 10 september 1954. NHA, FOM, 15.
- 178 Notulen van de vergadering van de Raad van Bestuur van FOM, 23 december 1954. NHA, FOM, 15.
- 179 FOM Jaarverslag 1954.
- 180 Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 oktober tot 31 december 1954'.
- 181 Ibid.
- 182 FOM Jaarverslag 1954.
- 183 FOM Jaarverslag 1954.
- 184 Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 januari tot 1 april 1953'. NHA, FOM, 471.
- 185 Brief van Kistemaker aan Kramers, 9 oktober 1946. AHQP, Kramers Reel 12.
- 186 Kistemaker, 'Verslag reis USA 1 maart 1952 – 24 juni 1952'.

- 187 Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 oktober tot 31 december 1953'. NHA, FOM, 471.
- 188 'Het gehalte van het U-235 was gemiddeld 8 %. Omgerekend op 100-procentig U-235 bedroeg de geproduceerde hoeveelheid 75 gram.' Uit: FOM Jaarverslag 1955. NHA, FOM, 1.
- 189 Dit mooie verhaal heb ik niet op waarheid kunnen controleren aan de hand van bronnen die niet van Kistemaker zelf waren. Het verhaal komt voor in Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 6. en in Kistemaker, *Jacob Kistemaker's Life Story*, een autobiografisch digitaal document dat ik ontvangen heb van Kistemakers voormalige secretaresse Anneke Smit.
- 190 Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 april tot 30 juni 1955'; Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 juli tot 30 september 1955'. NHA, FOM, 471.
- 191 FOM Jaarverslag 1955.
- 192 Ibid.
- 193 FOM Jaarverslag 1956. NHA, FOM, 1.
- 194 Ibid.
- 195 A.E. de Vries, *The Enrichment of Radioactive Isotopes by Thermal Diffusion*, (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 1956).
- 196 FOM Jaarverslag 1956.

3 Supercentrifuges (1955-1957)

- 1 Kistemaker, 'Reisverslag bezoek aan Hamburg en Bremen 18, 19 en 20 november 1954' (volgens FOM-nummering PhLU m 5517). AMOLF-archief, FOM-rapporten.
- 2 Ibid. Zie ook: Kistemaker, 'The Jakob Kistemaker Story', p.6.
- 3 Ibid.
- 4 Ibid.
- 5 Henk Tolsma, 'Prof.dr. J. Kistemaker (1917), initiator van het Nederlandse ultracentrifuge-project', *Technisch Weekblad* (2004).
- 6 Kistemaker, 'The Jakob Kistemaker Story', p. 6.
- 7 Te weten prof. H. Neuert die zich met Van de Graaff en Massaspectrometrie bezig hield en prof. Bagge die onderzoek deed naar kosmische straling en mesonenregistratie in een volautomatische Wilsonkamer. Kistemaker, 'Reisverslag bezoek aan Hamburg en Bremen'.
- 8 Kistemaker, 'Reisverslag bezoek aan Hamburg en Bremen'.
- 9 Achterhalen welke Hertz werd bedoeld was niet eenvoudig. Kiste-

maker schreef in zijn reisverslag over ene Herz (zonder t), de neef van G. Herz, de Nobelprijswinnaar, die op zijn beurt een neef van Heinrich Hertz was. Kistemaker noemde ook een G. Herz van de universiteit van Lund. Hiermee kan alleen de zoon van Gustav Hertz bedoeld worden, die professor was in Lund. De Hertz die Kistemaker in Hamburg hoorde spreken was echter waarschijnlijk Hermann Gerhard Hertz. Hij was inderdaad een neef van Gustav Hertz en werkte in die tijd aan de universiteit van Hamburg, aan een onderzoek naar isotopenscheiding met gascentrifuges. Zie bijvoorbeeld: Hermann Gerhard Hertz en Erich Nann, 'Neue Ergebnisse bei der Isotopenverschiebung schwerer Gase in der Gas-Ultra-Zentrifuge', *Zeitschrift für Elektrochemie, Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie* 58 (1954), pp. 612-6.

- 10 Kistemaker schreef later dat Hertz over argonisotopen sprak, maar het reisverslag rept slechts van xenon. Zie: Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 6.
- 11 Kistemaker, 'Reisverslag bezoek aan Hamburg en Bremen'.
- 12 Ibid.
- 13 Hierbij doel ik op het Smythrapport van vlak na de oorlog, waarin duidelijk werd gemaakt dat er binnen het Manhattanproject wel onderzoek is gedaan naar ultracentrifuges, maar dat dit niet succesvol was.
- 14 Kistemaker, 'Reisverslag bezoek aan Hamburg en Bremen'.
- 15 Mailwisseling met Dieter Heymann, 3 maart 2014. Heymann kwam in 1954 als FOM-medewerker op het lab terecht. Later begon hij aan de centrifuges te werken. Zie daarnaast: Ibid.
- 16 Stephan Geier, *Schwellenmacht: Kernenergie und Außenpolitik der Bundesrepublik Deutschland von 1949 bis 1980*, (Inaugural-Dissertation, Philosophischen Fakultät und Fachbereich Theologie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2011), p. 264.
- 17 Kistemaker, 'Reisrapport van bezoek aan Bonn op 5 februari 1957'. ET-NL 30.
- 18 Ibid.
- 19 Kistemaker, 'Reisrapport van bezoek aan Bonn op 5 februari 1957'.
- 20 Brief van Kistemaker aan Beyerle, 20 december 1954. ET-NL 6; Brief terug van Beyerle aan Kistemaker, d.d. 22 december 1954. ET-NL 6.
- 21 Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 6.

- 22 Op 4 april 1956 werd door Werkspoor het 'Rapport "Supercentrifuge"' rondgestuurd, betreffende de stand der werkzaamheden op 25 oktober 1955. Waarschijnlijk opgesteld door Wind. ET-NL 28.
- 23 Ibid.
- 24 Brief van Kistemaker aan Samuel Goudsmit, 24 februari 1955. AIP, Goudsmit-archief, Series III, folder 126.
- 25 Brief van Goudsmit aan Kistemaker, 26 maart 1955. AIP, Goudsmit-archief, Series III, folder 126.
- 26 Kistemaker, 'Rapport over de Separatie van UF6 met Ultra-centrifuge voor gassen. Stand in de U.S.A. juni 1955', juni 1955. ET-NL 63.
- 27 Ibid.
- 28 J.W. Beams, *Early History of the Gas Centrifuge Work in the U.S.A.*, (Charlottesville, VA: University of Virginia Dept. of Physics, 1975); Kemp, 'The End of Manhattan'.
- 29 Walter Gordy, *Jesse Wakefield Beams 1898-1977: a Biographical Memoir*, (Washington DC: National Academy of Sciences, 1983), p. II.
- 30 Bij diffusie is de scheidingsfactor afhankelijk van M_{2M} en bij destillatie en chemische methodes M_{M2} . Zie: Beams, *Early History of the Gas Centrifuge Work in the U.S.A.*
- 31 Ibid.
- 32 Kistemaker, 'Rapport over de Separatie van UF6 met Ultra-centrifuge voor gassen. Stand in de U.S.A. juni 1955'.
- 33 Kistemaker. 'Kort verslag van een reis door de USA, mei-juni 1955', handgeschreven. AMOLF-archieven, FOM-rapporten.
- 34 Kistemaker, 'Rapport over de Separatie van UF6 met Ultra-centrifuge voor gassen. Stand in de U.S.A. juni 1955'.
- 35 Dit verdrag draaide voornamelijk om de aankoop van een Amerikaanse reactor door RCN in het kader van de Atoms for Peace-politiek. Ook werden afspraken over kennisuitwisseling, mankrachtuitwisseling en de mogelijkheid om verrijkt uranium voor de reactor in de VS te kopen (maximaal 20 procent verrijkt). Zie voor achtergronden: Van Splunter, *Kernsplijting en diplomatie*, pp. 215-40; Hellendoorn, *Between the Devil and the Deep Sea*.
- 36 Alle quotes in deze paragraaf komen uit: Kistemaker. 'Kort verslag van een reis door de USA, mei-juni 1955'.
- 37 Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 8. Zie ook bijvoorbeeld de brief van Kistemaker aan Dr. Russel E. Fox, Westinghouse Research labs. Pittsburgh, 7 november 1955. ET-NL 8.
- 38 In september 1955 ging het lab op zoek naar een hoogfrequente

motor. In een brief aan AEG (AEG Telefunken Osram, N.V. Electriciteits Maatschappij AEG, Amsterdam) vraagt Schutten om inlichtingen, 12 september 1955. ET-NL 8. Op 12 oktober komt er antwoord uit de fabriek en op dezelfde dag stuurde Kistemaker een brief terug. ET-NL 8.

- 39 De brieven van Kistemaker liggen bij ET-NL en zijn voornamelijk in november geschreven.
- 40 Brief van Kistemaker aan Dr. Russel E. Fox, Westinghouse Research labs., Pittsburgh, 7 november 1955. ET-NL 8.
- 41 Kistemaker, 'Voorlopig werkverslag Ultra centrifuge' (FOM-nummering PhLU m 6613), ongedateerd, verzonden aan Beekman, Ketelaar, Milatz en Veldhuyzen. ET-NL 7.
- 42 Kistemaker, 'Voorlopig werkverslag Ultra centrifuge'.
- 43 Briefje van Kistemaker aan Beekman, 20 januari 1956. ET-NL 9.
- 44 Het sublimatiepunt van UF₆ ligt bij 56,54 °C.
- 45 Kistemaker, 'Rapport over mijn bezoek aan Prof. Groth, Phys Chem. Laboratorium, Bonn', 19 januari 1956. ET-NL 63.
- 46 Ibid.
- 47 Ibid.
- 48 Groth noemt alleen de naam Fröhlich (zonder voornaam). Waarschijnlijk is dit Herbert Fröhlich. Zijn naam duikt verder nergens in de bronnen op, behalve dat hij in 1937 een brief aan Kramers stuurde. AHQP, Kramers Reel 9.
- 49 Kistemaker, 'Rapport over mijn bezoek aan Prof. Groth, Phys Chem. Laboratorium, Bonn'. Zie voor achtergronden over de Duits-Russische wetenschappers: Dieter Hoffmann, 'Fritz Lange, Klaus Fuchs, and the Remigration of Scientists to East Germany', *Phys. perspect.* 11 (2009), pp. 405-25.
- 50 Brief van Kistemaker aan Milatz, 13 december 1955. ET-NL 7.
- 51 Van Splunter, *Kernsplijting en diplomatie*, p. 184.
- 52 Brief van Milatz aan het Bestuur van de Stichting FOM, 31 januari 1956. ET-NL 7.
- 53 Ibid.
- 54 Brief van Beekman aan Kistemaker, 23 januari 1956. ET-NL 16.
- 55 Kistemaker, 'Voorlopig werkverslag Ultra centrifuge'.
- 56 Ibid.
- 57 Beekman stuurde op 9 februari 1956 een brief aan het RCN met de (vrijpostige) vraag of ze niet een ton, maar 130.000 gulden zouden willen geven. ET-NL 7.

- 58 Ibid.; Brief van Werkspoor aan Beekman, 14 februari 1956. ET-NL 8.
- 59 Vergadering Directeuren van Teylers Stichting, 9 juli 1954. ATS, 1801.
- 60 Brief van Fokker aan Directeuren, 26 maart 1955. ATS, 1825.
- 61 Vergadering Directeuren van Teylers Stichting, 27 mei 1955. ATS, 1801.
- 62 Brief van Gorter, mede namens zijn ambtgenoten Taconis, De Groot en Van Itterbeek aan Directeuren, 6 juni 1955. ATS, 1825.
- 63 Vergadering Directeuren van Teylers Stichting, 24 juni 1955. ATS, 1801.
- 64 Brief van Directeuren aan Fokker, 25 juni 1955. ATS, 1825.
- 65 Vergadering Directeuren van Teylers Stichting, 8 juli 1955. ATS, 1801.
- 66 Vergadering Directeuren van Teylers Stichting, 19 augustus 1955. ATS, 1801.
- 67 Brief van Fokker aan Kistemaker, 1 oktober 1955. ATS, 1994.
- 68 Brief van Kistemaker aan Directeuren, 8 november 1955. ATS, 1825; Vergadering Directeuren van Teylers Stichting, 25 november 1955. ATS, 1802.
- 69 Brief van Kistemaker aan Fokker, 1 december 1955. ATS, 1994.
- 70 Brief van Fokker aan Kistemaker, 2 december 1955. ATS, 1994.
- 71 Brief van Fokker aan Kistemaker, 6 december 1955. ATS, 1994.
- 72 Brief van Kistemaker aan Van Eerde van, 30 november 1955. ATS, 1994.
- 73 Kistemaker aan Directeuren, 13 september 1960. ATS, 2005.
- 74 Frits de Heer, *Electron Capture and Loss and Ionization in Ionic and Atomic Impact Phenomena*, (Proefschrift, Universiteit Leiden, 1956).
- 75 Werkspoor 'Rapport "Supercentrifuge"', 4 april 1956.
- 76 Amicale brief van Heymann uit Birmingham aan Kistemaker, 13 maart 1956. ET-NL 7; Heymann, 'Verslag van het bezoek aan het laboratorium van Prof.Dr. M. Stacey te Birmingham, 12-24 maart 1955'. AMOLF-archief, FOM-rapporten.
- 77 Heymann, 'Verslag van het bezoek'.
- 78 Briefje van Kistemaker aan Beekman, 25 januari 1956. ET-NL 9.
- 79 Brief van Heymann uit Birmingham aan Kistemaker, 13 maart 1956.
- 80 Brief van Heymann aan Kistemaker, 16 maart 1956. ET-NL 7.

- 81 Op 8 februari 1956 informeerde Kistemaker al bij Milatz naar suggesties en op 17 april stuurt Kistemaker een brief aan Milatz met een brief aan Sir John Cockcroft, van de UKAEA, Harwell. Op 23 april kwam er een brief terug, dat er veel UF6 'available' was en dat het door de Industrial Group zou worden afgehandeld. ET-NL 7.
- 82 Brief van Kistemaker aan Heymann, 20 maart 1956. ET-NL 7.
- 83 Brief van Heymann aan Kistemaker, 22 maart 1956. ET-NL 7.
- 84 Brief van Kistemaker aan P.C. Thonemann, UKAEA, Harwell, 27 maart 1956. ET-NL 8.
- 85 Brief van Thonemann aan Kistemaker, 3 april 1956. ET-NL 8.
- 86 Brief van Kistemaker aan mr. J. Meijer, chef buitenlandse verbindingen van het ministerie van Buitenlandse Zaken, d.d. 28 mei 1956. ET-NL 7.
- 87 Briefje van Thonemann aan Kistemaker, 20 april 1956. ET-NL 8.
- 88 Brief van Kistemaker aan Reyseger, 28 mei 1956. ET-NL 13.
- 89 Op 18 september zijn de twee cilinders in Amsterdam aangekomen. Brief van Kistemaker aan W.P. Warren, de commercieel manager van UKAEA, 18 september 1956. ET-NL 8.
- 90 Op 10 april 1956 stuurde Beekman een eerste opzet voor een contract tussen RCN en FOM op. ET-NL 7.
- 91 Brief van L. Vos aan Kistemaker, 30 maart 1956. AMOLF-archief, Doos: 'Bouw vh Instituut 1953-1961 1) tekeningen arch.bureau Zwiers 2) G.E.B waterleiding Hoogheemraadschap wgm 3) keet' (vervolgens: 'bouw').
- 92 Ibid.
- 93 Gesprekken over beschikbaarstelling van terreinen opgesteld door Kistemaker, met daarin een verslagje van het gesprek met Vos, 29 maart 1956. AMOLF-archief, FOM-rapporten.
- 94 Ibid.
- 95 Ibid.
- 96 Later in het jaar werd door FOM, in samenwerking met RCN, een studiec commissie ingesteld naar thermonucleaire reacties. Kistemaker maakte deel uit van deze commissie, die in 1957 een zeer positief advies uitbracht aan FOM en RCN om fusieonderzoek in Nederland op te starten. 'Rapport over thermonucleaire reacties deel 1'. AMOLF-archief, FOM-rapporten.
- 97 Gesprekken over beschikbaarstelling, 29 maart 1956.
- 98 Ibid.

- 99 Rondgestuurde brief van Reyseger, 3 april 1956. ET-NL 13.
- 100 Brief van Kistemaker over twee octrooien aan de directie van FOM, 12 juni 1956. ET-NL 8.
- 101 Brief terug van Beekman van FOM, 14 juni 1956. ET-NL 8.
- 102 Rondgestuurde brief van Reyseger, 3 april 1956.
- 103 Beveiligingsbepalingen behorende bij het RCN-FOM-contract. Kistemaker stuurt zijn versie op 3 mei 1956 aan Beekman. ET-NL 30.
- 104 Reyseger antwoordde Beekman op 7 juni 1956. ET-NL 30.
- 105 Beekman stuurde dit op 30 mei 1956 aan RCN. ET-NL 30.
- 106 Reyseger aan Beekman, 7 juni 1956.
- 107 Reactie van Kistemaker aan Beekman, 12 juni 1956. ET-NL 30.
- 108 Brief van de beveiligingsinspecteur F.J.E. Krips aan Beekman, 18 juni 1956. ET-NL 30.
- 109 Kistemaker aan Beekman, 20 juni 1956. ET-NL 30.
- 110 Brief van Kistemaker aan Krips van RCN, 10 juli 1956. ET-NL 7.
- 111 Brief van Kistemaker aan Beekman, 12 april 1956. ET-NL 16.
- 112 Rondgestuurde brief van Reyseger, 3 april 1956.
- 113 Brief van Beekman aan RCN over Kistemaker die Babeliowsky in dienst wil nemen, 21 april 1956. ET-NL 30.
- 114 Brief van Kistemaker aan Casimir, 7 januari 1954. Terug, 15 januari 1954. ET-NL 3.
- 115 Brief van Reyseger aan Beekman over de begroting van 20 juni, opgesteld 1 augustus 1956. ET-NL 16.
- 116 Brief over Boon van Kistemaker aan de directeur van FOM, Beekman, 18 september 1956. ET-NL 6.
- 117 Ibid.; Brief van Kistemaker aan Beekman, 26 september 1956. Kistemaker had een afspraak gehad met dr. I.R. Vlugter. ET-NL 16.
- 118 Ibid.
- 119 Brief d.d. 18 september 1956 van Kistemaker aan Reyseger. ET-NL 13.
- 120 Brief over Boon van Kistemaker aan de directeur van FOM, Beekman, 18 september 1956.
- 121 Nota van prof.ir. E.F. Boon over isotopenscheiding met een ultracentrifuge. Uitgave van RCN, 14 december 1956. ET-NL 30.
- 122 Ibid.
- 123 Ibid.
- 124 Brief van Beekman aan RCN over het eventueel versnellen van het

- UC-project en de financiële kosten die daaraan verbonden zouden zijn, 26 november 1956. ET-NL 16.
- 125 Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 12.
- 126 Op 29 november 1956 schrijft Kistemaker een brief aan Milatz waarin hij voor het eerst melding maakt van de '5^e-jaars chemicus-technoloog F. Kelling'. Kelling komt van prof. Boon uit Delft. In de brief vraagt Kistemaker aan Milatz of hij tot aanstelling van Kelling over mag gaan. ET-NL 7.
- 127 Brief van Veldhuyzen aan Reyseger, secretaris-generaal van RCN, 11 december 1956. ET-NL 30; Rondgestuurde brief van J.A.A. Ketelaar, als voorzitter van de commissie Werkgemeenschap Massascheiding en Massaspectrometrie van FOM, 26 december 1956. Als reactie op de nota van Boon. ET-NL 7.
- 128 Brief van Kistemaker aan Milatz, 5 december 1956. ET-NL 7.
- 129 Ibid.
- 130 Rondgestuurde brief van Ketelaar, 26 december 1956.
- 131 Brief van Beekman aan RCN, 14 januari 1957. ET-NL 30.
- 132 Brief van Beekman aan de leden van de Adviescommissie, 5 februari 1957. ET-NL 30.

4 Een Europees schaakspel rond uraniumverrijking (1956-1957)

- 1 Van Splunter, *Kernsplijting en diplomatie*, pp. 251-2.
- 2 Goedkoop, *Een kernreactor bouwen*, p. 55.
- 3 Nota van prof.ir. E.F. Boon over isotopenscheiding met een ultracentrifuge, 14 december 1956. ET-NL 30.
- 4 U-238, de uraniumisotoop die in de natuur het meest voorkomend is, kan door middel van toevoeging van een neutron overgaan in U-239. Als er vervolgens twee neutronen met bètaverval omgezet worden in protonen ontstaat plutonium.
- 5 Dit argument staat uitgebreider beschreven in: John Krige, 'The peaceful atom as political weapon: Euratom and American foreign policy in the late 1950s', *Historical Studies in the Natural Sciences* 38 (2008), pp. 17-8.
- 6 Een van de redenen hiervoor was dat deze afspraak de 'nationale beslisbevoegdheid om over te gaan tot militaire toepassing van de kernenergie de facto aanzienlijk inperkte.' Van Splunter, *Kernsplijting en diplomatie*, p. 252.

- 7 Ibid.
- 8 Ibid., p. 253.
- 9 Zie bijvoorbeeld: Een korte notitie naar aanleiding van het gesprek tussen Kistemaker en dr. H. de Bruijn van RCN uit de commissie Onderzoek Programma Euratom, 15 augustus 1959. ET-NL 6.
- 10 Voor (veel) meer informatie over de politieke, staatskundige en internationale achtergronden van de hiernavolgende Europese geschiedenis, zie Hellendoorn, *Between the Devil and the Deep Sea*, pp. 132-203.
- 11 De Haas doet een aantal mededelingen hierover bij de bestuursvergadering van RCN op 15 december 1955. Uit de aantekeningen die Alexander Lagaaij maakte in het archief van RCN, ontvangen van Geert Verbong op 2 november 2012, p. 3 (voortaan afgekort tot AL p. 3). Zelf heb ik jammer genoeg geen toegang tot de RCN-archieven in Petten gekregen, vandaar deze enigszins omslachtige verwijzing.
- 12 'Regierungsausschuss eingesetzt von der Messina – Konferenz,' opgesteld door de 'Arbeitsgruppe zum Studium der Probleme betreffend die Errichtung eines Werkes für die Isotopentrennung von Uran,' Brussel, 14 januari 1956. ET-NL 64.
- 13 Dit kwam ter sprake bij de 12e vergadering van het RCN-bestuur. AL p. 3.
- 14 Tractatenblad van het Koninkrijk der Nederlanden, met als titel: 'Overeenkomst houdende de statuten van het Studiesyndicaat voor de bouw van de Europese fabriek voor de afscheiding van uraniumisotopen; Brussel, 7 september 1956,' jaargang 1957, nr. 26.
- 15 Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 8.
- 16 Ibid.
- 17 Zie bijvoorbeeld: Brief van Milatz aan Beekman, 5 oktober 1956. ET-NL 15.
- 18 Brief van Milatz aan Beekman, 5 oktober 1956.
- 19 Ibid.
- 20 Brief van Kistemaker aan Gerbrandy, 19 oktober 1956. ET-NL 6.
- 21 Ibid.
- 22 Verslag van de tweede vergadering van het syndicaat, 8 november 1956, opgesteld 12 november 1957 door Aten en Schierbeek. ET-NL 64.
- 23 Ibid.
- 24 Brief van Kistemaker aan Milatz, 5 december 1956. ET-NL 7.

- 25 Reyseger aan Kistemaker, 29 januari 1957. ET-NL 30.
- 26 Ibid.
- 27 Aide-mémoire opgesteld door Milatz naar aanleiding van een bespreking, 16 februari 1957. ET-NL 30.
- 28 Ibid.
- 29 Ibid.
- 30 In het aide-mémoire van Milatz, 16 februari 1957, werd Veldhuijzen aangehaald.
- 31 Brief van Kistemaker aan Milatz, 1 februari 1957. ET-NL 7.
- 32 Reisrapport van Kistemaker over zijn reis naar Bonn, geschreven op 5 februari 1957. ET-NL 30.
- 33 Gerbrandy stelde een voorstel voor samenwerking tussen RCN en de Duitse 'Gesellschaft zur Förderung der Kernphysik, Dusseldorf' op, 28 februari 1957. ET-NL 30. Het is een voorstel dat is geschreven nadat Nederland en Duitsland te kennen hadden gegeven een regeling te willen treffen voor samenwerking op ultracentrifugevlak.
- 34 Brief van Kistemaker aan Beyerle, 16 april 1957. ET-NL 6.
- 35 Jammer genoeg zegt het aide-mémoire van Milatz, 16 februari 1957, niet welk 'Ministerium'. Dit kan het Bundesministerium für Atomfragen zijn in Bonn, of het Wirtschafts- und Verkehrsministerium te Düsseldorf, zie bijvoorbeeld Kistemakers reisrapport van zijn reis naar Bonn, 5 februari 1957. ET-NL 30.
- 36 Aide-mémoire van Milatz, 16 februari 1957.
- 37 Brief van Kistemaker aan Milatz, 22 maart 1957. ET-NL 30.
- 38 Ibid.
- 39 Ibid.
- 40 Brief van de directeur van Werkspoor, ir. A.W. Baars, aan de directie van RCN, 25 maart 1957. ET-NL 8.
- 41 Brief van Milatz aan Baars van Werkspoor, 9 april 1957. ET-NL 8.
- 42 Brief van Milatz aan Baars, 9 april 1957.
- 43 Behorend bij een rapport van 30 april 1957 zat de kostprijsberekening van U-235 excess. ET-NL 30
- 44 Nederlands-Duitse verklaring voor het syndicaat, doorgestuurd door Gerbrandy, 9 mei 1957. ET-NL 15.
- 45 De methode van Becker was gebaseerd op het volgende principe: een supersonische gasstraal wordt door een pijpje gebracht, van een reservoir met hoge druk naar een reservoir met lage druk. Op het moment dat de straal uit het pijpje komt kan deze verbreden en dan zullen de lichtere deeltjes sneller naar de buitenkant van de straal

- gaan dan de zware deeltjes. Vervolgens wordt de straal geschild. De buitenste rand bevat dan dus verrijkt uranium. Zie: E. Becker en R. Schutte, 'Entmischung der Uranisotope mit der Trenndüse', *Zeitschrift für Naturforschung A* 11 (1956), pp. 679-80. Zie ook: Kistemaker en Los, 'Over het belang van de scheiding van Uranium Isotopen', *De Groene Amsterdammer*, 4 oktober 1957. ET-NL 6.
- 46 Brief van Kistemaker aan Beekman met bijgevoegd het rapport van het syndicaat, 24 mei 1957. ET-NL 30.
- 47 Ibid.
- 48 Brief van Schierbeek aan Kistemaker, 24 juni 1957. ET-NL 15.
- 49 Goedkoop, *Een kernreactor bouwen*, p. 114.; Kistemaker, *De geschiedenis*, pp. 8-9.
- 50 Brief van Kistemaker aan Beekman, 24 mei 1957.
- 51 Zie voor een vergelijkbaar argument: Krige, 'The peaceful atom as political weapon: Euratom and American foreign policy in the late 1950s'.
- 52 Brief van Kistemaker aan Beekman, 24 mei 1957.
- 53 Ibid.
- 54 Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 8.
- 55 Wat hij bijvoorbeeld niet meenam in zijn berekeningen was dat het ultracentrifugeproject zelf ook veel geld geeft gekost.
- 56 'Short Account of the Meeting of July 30 1956,' 30 juli 1956. NNV-archief, doos 23, map over het internationale symposium over isotopenseparatie (voortaan: NNV, doos 23, symposiummap).
- 57 'Wir erwarten auch viele Russen und es ist jetzt auch ganz normal dass für ein internationalen Kongress viele Leute aus der Sovjet-Union, Polen, Czechoslowakei und der Ost-Zone hierher kommen.' Uit de brief van Kistemaker aan dr. Bernhard, 27 augustus 1956. NNV, doos 23, symposiummap.
- 58 Brief van Kistemaker aan N. Jouravlev, ambassadeur van de USSR in Den Haag, 25 september 1956. NNV, doos 23, symposiummap.
- 59 Brief van Kistemaker aan A. Nesmejanov, de president van de Academie van Wetenschappen in de USSR, 6 oktober 1956. NNV, doos 23, symposiummap.
- 60 'Ein wenig fremd,' in: Brief van Kistemaker aan W. Groth, 9 januari 1957. NNV, doos 23, symposiummap.
- 61 Ibid.
- 62 Kemp, 'Gas Centrifuge Theory and Development: A Review of U.S. Programs,' p. 3.

- 63 Duco Hellema, *Buitenlandse politiek van Nederland: de Nederlandse rol in de wereldpolitiek.*, (Utrecht: Het Spectrum, 2006), p. 153.
- 64 Duco Hellema, 'The Relevance and Irrelevance of Dutch Anti-Communism: The Netherlands and the Hungarian Revolution, 1956-57', *Journal of Contemporary History* 30 (1995), p. 174.
- 65 Notulen van de tweede bijeenkomst van de commissie voor het symposium van 1957, 6 december 1956, p. 5. NNV, doos 23, symposiummap.
- 66 Brief van Kistemaker aan Meyer, 5 februari 1957. NNV, doos 23, symposiummap.
- 67 Brief van Kistemaker aan mr. Kitaev, 12 februari 1957. NNV, doos 23, symposiummap.
- 68 Brief van Kistemaker aan J.H. de Boer, 18 februari 1957. NNV, doos 23, symposiummap.
- 69 'Levensnoodzaak', uit een brief van Kistemaker aan De Troyer, Brussels, 27 maart 1957. NNV, doos 23, symposiummap.
- 70 Kistemaker moest tientallen wetenschappers teleurstellen. Zie bijvoorbeeld: Brief van Kistemaker aan Juan McMillan, 8 maart 1957. NNV, doos 23, symposiummap.
- 71 Brief van Kistemaker aan G. Zippe, 28 maart 1957. NNV, doos 23, symposiummap.
- 72 Kemp noemt het Amerikaanse contact vanuit het perspectief van de 'Intelligence Division of the USAEC'. Zippe noemt het in zijn memoires uit zijn eigen ervaring. Zie: Kemp, 'Gas Centrifuge Theory and Development: A Review of U.S. Programs'; Gernot Zippe, *Rasende Ofenrohre in stürmischen Zeiten. Ein Erfinderschicksal aus der Geschichte der Uranisotopentrennung im heissen und im kalten Krieg des 20. Jahrhunderts*, (Wenen: E. Kubasta, 2008), p. 189.
- 73 Ibid., p. 188.
- 74 Brief van Kistemaker aan mr. Kitaev, 10 april 1957. NNV, doos 23, symposiummap.
- 75 Zie bijvoorbeeld: Brief van Kistemaker aan dr. Bernhard, J. Mühlenpferdt, Etc., 18 april 1957. NNV, doos 23, symposiummap.
- 76 Jaap Kistemaker, Jacob Bigeleisen en Alfred Otto Carl Nier, *Proceedings of the International Symposium on Isotope Separation Held in Amsterdam, April 23-27, 1957*, (Amsterdam: Noord-Holland, 1958).
- 77 Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 10.
- 78 Ibid.

- 79 Ibid.
- 80 Brief van Reyseger aan Kistemaker, 25 juni 1957. ET-NL 8.
- 81 Ibid.
- 82 Brief van Kistemaker aan Zippe, 31 mei 1957. AMOLF-archief, losse archiefstukken.
- 83 Geier, *Schwellenmacht: Kernenergie und Außenpolitik der Bundesrepublik Deutschland von 1949 bis 1980*, p. 265.
- 84 Brief van Zippe aan Kistemaker, 25 juni 1957. AMOLF-archief, losse archiefstukken.
- 85 Brief van Kistemaker aan Zippe, 9 juli 1957. AMOLF-archief, losse archiefstukken.
- 86 Kistemaker aan Groth, 9 juli 1957. ET-NL 6.

5 Financieel geharrewar (1957-1960)

- 1 Goedkoop, *Een kernreactor bouwen*, p. 58.
- 2 Ibid., p. 59.
- 3 Brief van Houwink aan Kistemaker, 7 juni 1957, over een WAR-vergadering die begin juni was. ET-NL 30.
- 4 Ibid.
- 5 Ibid.
- 6 Notulen van de Vergadering der Wetenschappelijke Adviescommissie van het ultracentrifugeproject, 25 juni 1957. ET-NL 30.
- 7 Ibid.
- 8 Brief van Kistemaker aan de adviescommissie, 11 april 1957. ET-NL 30.
- 9 Ibid.
- 10 Kistemaker, 'Over het Ultra Centrifuge Project', 1 juli 1957. ET-NL 56.
- 11 Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 10.
- 12 Brief van Kistemaker aan de Nederlandsche Optiek- en Instrumentenfabriek dr. E.E. Bleeker N.V., 11 juni 1957. ET-NL 8.
- 13 Brief van de Nederlandsche Optiek- en Instrumentenfabriek dr. E.E. Bleeker N.V. aan Kistemaker, 17 juli 1957. ET-NL 8.
- 14 Brief van Reyseger aan Beekman, 9 september 1957. ET-NL 16.
- 15 Ibid.
- 16 Brief van dr. A.J. Staverman aan RCN, 1 november 1957. ET-NL 8.
- 17 Brief van Reyseger aan Beekman, 9 september 1957.
- 18 Kistemaker, 'Ontwerp-begroting n.a.v. het aanvragen van een

Euratom Budget', gevoegd bij een brief aan Beekman, 2 oktober 1957. ET-NL 16.

- 19 Ibid.
- 20 Kistemaker, 'Ontwerp-begroting n.a.v. het aanvragen van een Euratom Budget'.
- 21 Ibid.
- 22 Ibid.
- 23 Brief van Kistemaker aan de directie van RCN, 10 september 1957. ET-NL 8.
- 24 Brief van dr. A.J. Staverman aan RCN, 1 november 1957.
- 25 Ibid.
- 26 Reactie van Kistemaker op het rapport van TNO, 2 december 1957. ET-NL 8.
- 27 Ibid.
- 28 Reactie van Veldhuyzen aan RCN op het TNO-rapport, 20 december 1957. ET-NL 8.
- 29 Reactie van Kistemaker op het rapport van TNO, 2 december 1957.
- 30 Kistemaker, 'Voorlopige begroting 2^e halfjaar 1957', ongedateerd. ET-NL 30.
- 31 Brief van Houwink aan Kistemaker, 21 oktober 1957. ET-NL 16.
- 32 Brief van Kistemaker aan Beekman over de nog te verwachten kosten in 1957, 13 november 1957. ET-NL 16.
- 33 Brief van Beekman aan RCN, 23 november 1957. ET-NL 16.
- 34 Brief van Reyseger aan Beekman, 12 december 1957. ET-NL 16.
- 35 Brief van Reyseger aan Beekman, 6 december 1957. ET-NL 16.
- 36 Brief van Kistemaker aan Beekman, 12 december 1957. ET-NL 16.
- 37 Brief van Beekman aan RCN, 23 december 1957. ET-NL 16.
- 38 Na de brief van Beekman van 23 december heb ik hierover niets meer in de archieven gevonden. Waarschijnlijk is het mondeling of via de telefoon opgelost.
- 39 Brief van Reyseger aan Beekman, 9 september 1957.
- 40 Brief van Reyseger aan Beekman, 6 december 1957.
- 41 Brief van Kistemaker aan dr. E.L. Kramer, de directeur-generaal van de Industrialisatie, Energievoorziening en Kernenergie van het ministerie van Economische Zaken, 18 december 1957. ET-NL 7.
- 42 Brief van Kramer aan Kistemaker, 27 december 1957. ET-NL 7.
- 43 Brief van Reyseger aan Beekman, 14 januari 1958. ET-NL 13.
- 44 Brief van Beekman aan RCN, 16 januari 1958. ET-NL 16.

- 45 Begroting door Kistemaker aan Beekman gestuurd, 17 januari 1958. ET-NL 16; begroting door Kistemaker aan Beekman gestuurd, 6 maart 1958. ET-NL 16.
- 46 Houwink, 'Verslag van een bespreking inzake het ultra-centrifuge-project op maandag 24 maart 1958 ten kantore van het RCN', rondgestuurd op 25 maart 1958. ET-NL 16.
- 47 Ibid.
- 48 Ibid.
- 49 Ibid.
- 50 Kistemaker stuurde een herziene ontwerpbegroting van het ultracentrifugeproject aan Beekman, 26 maart 1958. ET-NL 16. Beekman stuurde op 1 april 1958 een begroting naar RCN. ET-NL 16.
- 51 Brief van Beekman aan Werkspoor, met bijgevoegd een begroting, 3 april 1958. ET-NL 16.
- 52 Brief van Kistemaker aan RCN over de post die voor Werkspoor begroot staat, 12 mei 1958. ET-NL 16.
- 53 AL p. 8-9.
- 54 Verslag van de eerste technische werkbespreking van de ultracentrifuge-groep, 10 januari 1958. ET-NL 30.
- 55 'a. Ferrarismotor (waarschijnlijk het meest geëigend), b. motor met massieve ferro-magnetische kern, c. motor met quasi-kooi-anker. Voor ontwikkeling elektromotoren contact met Philips en de firma Brandt.' Uit: AL p. 8-9.
- 56 AL, p. 8-9.
- 57 AL, p. 8-9.
- 58 Gek genoeg beschreven in het kwartaalverslag over de periode van 1 juli tot 30 september 1958. ET-NL 28.
- 59 Brief van Kistemaker aan Blok, hoogleraar werktuigbouwkunde aan de T.H. Delft, 28 februari 1958. ET-NL 6.
- 60 Kistemaker, 'Kwartaalverslag van de ultracentrifuge-groep van 1 april tot 1 juni 1958'. ET-NL 30.
- 61 Ibid.
- 62 'Oilwhip, halfspeed whirl, hoge wrijving en vreten', in *ibid.*
- 63 Ibid.
- 64 Ibid.
- 65 Memorandum van het bezoek van Kistemaker aan het ministerie van Buitenlandse Zaken, auteur onbekend, 28 januari 1958. NA, 2.05.117, 13589.

- 66 Ibid. Onderstreping origineel.
- 67 Ibid.
- 68 Ibid.
- 69 Ibid.
- 70 Zie NA, 2.05.117, 13589.
- 71 Kistemaker, 'Memo naar aanleiding van bezoek plus bespreking met Dr. G. Kolstad', 27 en 28 juni 1958. ET-NL 30.
- 72 Ibid.
- 73 Ibid.
- 74 Ibid.
- 75 Brief van Kistemaker aan prof.dr. C.J. Gorter van het Kamerlingh Onnes-laboratorium, Leiden, 13 augustus 1958. ET-NL 6.
- 76 Ibid., p. 14.
- 77 Samenvattend rapport over isotopenscheiding, naar aanleiding van de conferentie in Genève, opgesteld door Kistemaker. De conferentie vond plaats van 1 tot 13 september 1958. ET-NL 6.
- 78 Ibid.
- 79 Ibid.
- 80 Op 25 september 1958 schreef Kistemaker een klein briefje aan Veldhuyzen: 'Ingesloten zend ik je ter inzage een stuk uit mijn dagboek van de Genève conferentie, waaruit mijn gesprek met Prof. Steenbeck blijkt. Verzoeken deze informatie als strikt vertrouwelijk te beschouwen!' ET-NL 8.
- 81 Brief van Kistemaker aan Reyseger, 21 mei 1959. ET-NL 13.
- 82 Het stuk met FOM-nummer FOM-5892, opgesteld door Kistemaker, toegezonden aan RCN-bestuur, 'U-Pu en Th-U233 Fuel Cycles, behandeld op de Genève-Conferentie over Atoomenergie van 1 – 1[3] september 1958.' AL, p.10.
- 83 Brief van Kistemaker aan de directie van RCN, met daarbij een citaat uit de rede van Sir John Cockroft, gehouden aan het einde van de Genève-conferentie, 30 september 1959. NA, 2.03.01, 6701.
- 84 Brief van Beekman aan het bestuur van RCN, 6 november 1958. NA, 2.03.01, 6701.
- 85 Definitief programma van het bezoek van de Euratom-Commissie. Ongedateerd, geen schrijver. ET-NL 68.
- 86 Memo van 'AT' aan 'DGES' over het bezoek van de Euratom Commissie, 29 augustus 1958. NA, 2.05.117, 13589.
- 87 Ibid.
- 88 Memo van 'AT' aan 'DGES', 30 augustus 1958. NA, 2.05.117, 13589.

- 89 Potloodnotitie van 'S' bij een memo van jhr. mr. H.F.L.K. van Vredenburg, de directeur van 'DGES' aan 'S', 30 augustus 1959. 'Gevol van uw telefoontje aan Mr. Fock? Zooja, dan wens ik U geluk met Uw invloedrijke démarche.' NA, 2.05.117, 13589.
- 90 Brief van Willem Drees aan Kistemaker, 1 oktober 1958. ET-NL 68.
- 91 Brief van Kistemaker aan Beekman, 10 oktober 1958. ET-NL 68.
- 92 Geier, *Schwellenmacht: Kernenergie und Außenpolitik der Bundesrepublik Deutschland von 1949 bis 1980*, p. 265.
- 93 Brief van Kistemaker aan de directie van RCN, over de Genève-conferentie, 23 september 1958. ET-NL 12.
- 94 Ibid.
- 95 Brief van Kistemaker aan ir. W.A. de Haas, voorzitter van RCN, 3 oktober 1958. ET-NL 7.
- 96 Ibid.
- 97 Ibid.
- 98 Antwoord van (bij afwezigheid van De Haas) I.E. Hartik, 11 oktober 1958. ET-NL 7.
- 99 Ibid.
- 100 Dit noemde Kistemaker ruim een jaar later, in: Kistemaker, 'Rapport van een gesprek met Directeur Rijsing van RCN op 30 oktober 1959'. ET-NL 9.
- 101 Brief van Kistemaker aan de directie van RCN, over de Genève-conferentie, 23 september 1958.
- 102 Ibid.
- 103 Kistemaker, 'Rapport van een gesprek met Directeur Rijsing van RCN op 30 oktober 1959'.
- 104 Ibid.
- 105 Norman Gall, 'Atoms for Brazil, Dangers for All', *Foreign Policy* 23 (1976), pp. 155-201.; Geier, *Schwellenmacht: Kernenergie und Außenpolitik der Bundesrepublik Deutschland von 1949 bis 1980*, pp. 262-4.
- 106 Ibid., p. 268.
- 107 Kistemaker, 'Rapport van een gesprek met Directeur Rijsing van RCN op 30 oktober 1959'.
- 108 Brief van Kistemaker aan Reyseger, 21 mei 1959.
- 109 Ibid.
- 110 Antwoord van Reyseger aan Kistemaker, 29 mei 1959. ET-NL 13; Brief van Reyseger aan Kistemaker, 8 juni 1959. ET-NL 13.
- 111 Goedkoop, *Een kernreactor bouwen*, p. 117.

- 112 Brief van Kistemaker aan ir. W.A. de Haas, voorzitter van RCN, 3 oktober 1958. Zie ook: Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 12.
- 113 Ibid.
- 114 Brief van Kistemaker aan ir. A.F. Arnold, de octrooigemachtigde van RCN, 17 december 1958. ET-NL 6.
- 115 Brief van Kistemaker aan Boon, met bijgevoegd het uitgebreide schema 'Geschiedenis van het hoogvacuümseal', 13 mei 1959. ET-NL 6.
- 116 Boon aan Kistemaker, 14 mei 1959. ET-NL 6.
- 117 Ibid.
- 118 Kistemaker, 'Rapport van een gesprek met Directeur Rijsinge van RCN op 30 oktober 1959'.
- 119 Want Kistemaker noemt later in het opgetekende gesprek met Rijsinge (zie hierboven) dat er uitvoerig contact was met Groth, vooral over de positie van Degussa.
- 120 Geier, *Schwellenmacht: Kernenergie und Außenpolitik der Bundesrepublik Deutschland von 1949 bis 1980*, pp. 263-4.
- 121 Kistemaker, 'Rapport van een gesprek met Directeur Rijsinge van RCN op 30 oktober 1959'.
- 122 Brief van Rijsinge aan Kistemaker, 1 december 1959. ET-NL 7.
- 123 Kistemaker, 'Rapport van een gesprek met Directeur Rijsinge van RCN op 30 oktober 1959'.
- 124 Ibid.
- 125 Kistemaker, 'Kwartaalverslag over de periode van 1 oktober tot 31 december 1958'. ET-NL 28.
- 126 Kistemaker, 'Tijdschema ultracentrifuge project voor het jaar 1959', door Beekman op 18 december 1958 naar RCN gestuurd. NA, 2.03.01, 6701.
- 127 Ibid.
- 128 'Begroting voor 1959', door Kistemaker aan Beekman verstuurd, 3 december 1958. ET-NL 16.
- 129 Brief van Reyseger aan de Directeur van FOM, 13 november 1958. ET-NL 30.
- 130 'Begroting voor 1959', door Kistemaker aan Beekman verstuurd, 3 december 1958.
- 131 Brief van Reyseger aan FOM, 12 januari 1959. NA, 2.03.01, 6701.
- 132 Ibid.
- 133 Brief van Reyseger aan de Directeur van FOM, 24 juli 1959. ET-NL 9.

- 134 Brief van Beekman aan de Directie van RCN, 20 februari 1959. NA, 2.03.01, 6701.
- 135 Ibid.
- 136 Brief van Kistemaker aan Schierbeek, 13 februari 1959. ET-NL 8.
- 137 Ibid.
- 138 Ibid.
- 139 Alle quotes komen uit: Kistemaker, 'Over de ontwikkeling van het ultracentrifuge project', rondgestuurd op 15 april 1959. ET-NL 56.
- 140 Brief van Kistemaker aan Boon, 28 mei 1959. ET-NL 6.
- 141 Woltjer, in een reactie van 5 juni 1959, gestuurd aan Van Tijen, Gorter en Beekman. ET-NL 8.
- 142 Brief van Reyseger aan de Directeur van FOM, na bespreking van Kistemakers rapport 'Over de Ontwikkeling [...]', 24 juli 1959. ET-NL 9.
- 143 Brief van Kistemaker aan Veldhuyzen, 27 juni 1959. ET-NL 8.
- 144 Kistemaker, 'De financiën voor 1960', begin september 1959. ET-NL 9.
- 145 Kistemaker, 'De financiën voor 1960', begin september 1959.
- 146 Brief van Reyseger aan Beekman, 3 oktober 1959. ET-NL 9.
- 147 Brief van Kistemaker aan Boon, 28 mei 1959.
- 148 'Regeringsverklaring van het kabinet-De Quay', opgesteld 20 mei 1959. In: J.W.L. Brouwer, Jan Ramakers en Anne Bos, *Regeren zonder Rood: Het Kabinet-De Quay, 1959-1963*, (Amsterdam: Boom, 2007), pp. 419-25.
- 149 Kistemaker noemt niet met welke minister hij contact heeft. Brief van Kistemaker aan Boon, 28 mei 1959.
- 150 Stuk van de Stichting Laka over de Tweede Kamerverkiezingen 1959, bezocht op 4 oktober 2013.
- 151 Ibid.

6 Commissies en geheimen: kanteljaar 1960

- 1 Brief van Hardeman aan de subcommissie Buitenlandse Aangelegenheden van de Commissie voor Atoomenergie van het ministerie van Buitenlandse Zaken, 29 januari 1960. ET-NL 70.
- 2 Ibid.
- 3 Kistemaker, 'Bespreking over het UC project met Dr Boettcher (Degussa) in Düsseldorf op 22 december 1959 in Hotel Breidenbacherhof', (volgens de FOM-nummering: FOM-7933). Zowel in

ET-NL 49 als in NA, 2.03.01, 6701 als in NA, 2.05.117, 13589.

- 4 Beiden quotes uit: Ibid. Onderstreping is origineel.
- 5 Brief van Kistemaker aan Guéron, Euratom, 7 december 1959. ET-NL 6.
- 6 Brief van de waarnemende Permanente Vertegenwoordiger van Nederland bij de Europese Economische Gemeenschap en de Europese Gemeenschap voor Atoomenergie G.W. Bendien, aan de minister van Buitenlandse Zaken, 22 december 1959. Zowel in NA, 2.03.01, 6701 als in NA, 2.05.117, 13589.
- 7 Ibid.
- 8 Brief van Kistemaker aan Guéron, 11 februari 1960. ET-NL 19.
- 9 Geier, *Schwellenmacht: Kernenergie und Außenpolitik der Bundesrepublik Deutschland von 1949 bis 1980*, p. 272.
- 10 Alle quotes in deze paragraaf komen uit: Kistemaker, 'Bespreking over het UC project met Dr Boettcher (Degussa) in Düsseldorf op 22 december 1959 in Hotel Breidenbacherhof'. ET-NL 49.
- 11 Kistemaker, 'Verslag van ultracentrifuge bespreking met Dr. Boettcher (Degussa) op 28 januari 1960 te Düsseldorf'. Zowel ET-NL 24 als NA, 2.03.01, 6701.
- 12 Ibid.
- 13 Ibid.
- 14 Ibid.
- 15 Brief van Kistemaker aan Guéron, 11 februari 1960. ET-NL 19.
- 16 Kistemaker, 'Verslag van ultracentrifuge bespreking met Dr. Boettcher (Degussa) op 28 januari 1960 te Düsseldorf'. ET-NL 24.
- 17 Brief van Kistemaker aan de directie van RCN, 20 april 1960. ET-NL 24.
- 18 Ibid.
- 19 Eind maart ontstond er een briefwisseling tussen Boettcher en Kistemaker, maar die heb ik niet kunnen traceren. De brieven worden genoemd in: Brief van Kistemaker aan Alfred Boettcher van Degussa, 29 april 1960. ET-NL 19.
- 20 Stichting RCN, rapport over de Octrooi-situatie van het ultracentrifuge-project, 20 februari 1961. NA, 2.05.117, 13590.
- 21 Ibid.
- 22 Brief van minister van Economische Zaken De Pous aan de minister-president, 30 september 1959. NA, 2.03.01, 6685.
- 23 Ibid.
- 24 Ibid.

- 25 Ibid.
- 26 Memo van Fock aan de minister-president over het voorstel van De Pous, 3 oktober 1959. NA, 2.03.01, 6685.
- 27 Brief van De Pous aan de minister-president, 30 september 1959. NA, 2.03.01, 6685.
- 28 Bijlage bij een brief van het directoraat-generaal voor de Industrialisatie en energievoorziening/kernenergie aan de minister-president, 14 december 1959. NA, 2.03.01, 6685.
- 29 Het besluit van het ministerie van Economische Zaken wordt op 22 april 1960 rondgestuurd. NA, 2.03.01, 6685. 'In de commissie zullen zitting nemen: Volledig: Lid en voorzitter Ir. Th. P. Tromp, Vicepresident van de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken. Lid en plv. Voorzitter: Ir. K. van der Pols, Directeur van de Rotterdamse Droogdok Mij. N.V. Leden: Dr. Ir. J.S.A.J.M. van Aken, Hoofd-Directeur van de Staatsmijnen; Ir. J. W. Ernste, Directeur Shell Nederlands N.V. Ir. L.F. Otto, Directeur van W. Smit en Co's Transformatorfabrieken N.V. Secretaris: Drs. Ing. W.L. van Rijnberk, plv. Directeur voor de Directie Kernenergie van het Ministerie van Economische zaken.'
- 30 De ambtsperiode van De Block verliep op 1 september 1960, maar hij bleef aanwezig bij de vergaderingen.
- 31 Besluit van de minister van Economische Zaken, 22 april 1960; NA, 2.03.01, 6685.
- 32 Verslag van de derde vergadering van de commissie voor de Nucleaire Industriële Ontwikkeling, 28 mei 1960. NA, 2.03.01, 6685.
- 33 Ibid.
- 34 Verslag van de vierde vergadering van de commissie voor de Nucleaire Industriële Ontwikkeling, 15 juni 1960. NA, 2.03.01, 6685.
- 35 Ibid.
- 36 Bericht van Boerboom aan de heer J. Spaans van de afdeling inkoop RCN over het aankomen van de massaspectrometer van Metropolitan-Vickers, 26 februari 1960. ET-NL 24.
- 37 Brief van Kistemaker aan Beekman, 13 januari 1960, later door Beekman doorgestuurd naar RCN. ET-NL 24.
- 38 Brief van Kistemaker de heer E. Ossel van de afdeling inkoop van RCN, over de massaspectrometer MS2-X-6I van Metropolitan-Vickers, 24 maart 1960. ET-NL 24.

- 39 Kistemaker, 'Kwartaalverslag over de periode van 1 januari 1960 tot 31 maart 1960'. ET-NL 50.
- 40 Ibid.
- 41 Brief van Kistemaker aan Groth, 11 mei 1960. ET-NL 19.
- 42 Telegram van Kistemaker aan De Boer, 29 april 1960. ET-NL 19.
- 43 Brief van Kistemaker aan de Commissie voor Massaspectrometrie A, 14 juni 1960. ET-NL 24; Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 april 1960 tot 30 juni 1960'. ET-NL 28.
- 44 Ibid.
- 45 'Het scheidend vermogen δU wordt gegeven door de uitdrukking $\delta U = \frac{F}{2} (\alpha-1)^2$ mg/sec. Waarbij α de verrijkingsgraad is tov de voedingsconcentratie van het symmetrisch bedreven element en F de voedingsstroom in mg/sec aan het element.' Uit: Joop Los, 'Kwartaalverslag ultracentrifuge over de periode van 1 juli 1960 t/m 30 september 1960'. ET-NL 50. Zie ook: Voordracht voor de Wetenschappelijke Adviesraad (WAR) van het ultracentrifugeproject, 'Stand van zaken mechanische ontwikkeling van de ultracentrifuge; problemen onderhanden; plannen,' door H.W. Baron van Werkspoor, 8 augustus 1960. ET-NL 50.
- 46 Kistemaker, 'Kwartaalverslag ultracentrifuge project 1 juli 1960 t/m 30 september 1960'. ET-NL 50.
- 47 'Het stroomprofiel van de wervel van Beams is het meest ideaal. Het rendement van de Groth'se wervel is zeer hoog, terwijl de uitvoering van Steenbeck's wervel het voordeel heeft dat deze mechanisch een lichte constructie toelaat.' Uit: Los, Kelling, Kistemaker, Rapport FOM-9154, 'Discussie van vraagpunten gezamen op de WAR-vergadering gehouden op 8 augustus 1960'. ET-NL 29.
- 48 Los, 'Kwartaalverslag ultracentrifuge over de periode van 1 april 1960 t/m 30 juni 1960'. ET-NL 50.
- 49 Kistemaker, 'Doelstelling UC project voor 1961 en 1962', 22 december 1960. ET-NL 50.
- 50 Voordracht voor de WAR, 'Stand van zaken mechanische ontwikkeling van de ultracentrifuge; problemen onderhanden; plannen,' door H.W. Baron van Werkspoor, 8 augustus 1960. ET-NL 50.
- 51 Los, 'Kwartaalverslag ultracentrifuge over de periode van 1 juli 1960 t/m 30 september 1960'. ET-NL 50.
- 52 Namelijk: een omtreksnelheid van 'slechts' 314 m/sec. Zie: Kiste-

- maker, 'Doelstelling UC project voor 1961 en 1962', 22 december 1960. ET-NL 50.
- 53 Kistemaker, 'Prognose van het UC project', 1 november 1960. ET-NL 50.
- 54 Kistemaker, 'Kwartaalverslag ultracentrifuge project 1 juli 1960 t/m 30 september 1960'. ET-NL 50.
- 55 Kistemaker, 'Kwartaalverslag over de periode van 1 januari 1960 tot 31 maart 1960'. ET-NL 50.
- 56 Verslag van Werkspoor over de werkzaamheden in het vierde kwartaal van 1960. ET-NL 28.
- 57 Kistemaker, 'Prognose van het UC project', 1 november 1960. ET-NL 50; Brief van Kistemaker aan de directie van RCN, 10 november 1960. ET-NL 50; Kistemaker, 'Kwartaalverslag over de periode van 1 januari 1960 tot 31 maart 1960'. ET-NL 50.
- 58 Brief van Kistemaker aan de directie van RCN, 10 november 1960. ET-NL 50.
- 59 Los, 'Kwartaalverslag ultracentrifuge over de periode van 1 juli 1960 t/m 30 september 1960'. ET-NL 50.
- 60 E.A. Muijderland, 'Spiraalgroeflagers,' (1989): www.hagenbeuk.nl/wp-content/uploads/2015/05/1989Spiraalgroeflager.pdf, bezocht op 24 oktober 2016.
- 61 Voordracht voor de WAR, 'Stand van zaken mechanische ontwikkeling van de ultracentrifuge; problemen onderhanden; plannen,' door H.W. Baron van Werkspoor, 8 augustus 1960. ET-NL 50.
- 62 Los, 'Kwartaalverslag ultracentrifuge over de periode van 1 juli 1960 t/m 30 september 1960'. ET-NL 50.
- 63 De drie academici waren Baron, Wentzel en Beeftink. De acht technici: Molenaar, Dijksman, De Groot, Roman, Van der Woude, Wijbrands en twee onbekende. Zie: Kistemaker, 'Prognose van het UC project', 1 november 1960. ET-NL 50.
- 64 Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 16.
- 65 Los, 'Kwartaalverslag ultracentrifuge over de periode van 1 juli 1960 t/m 30 september 1960'. ET-NL 50.
- 66 Kistemaker, 'Kwartaalverslag ultracentrifuge project 1 juli 1960 t/m 30 september 1960'. ET-NL 50.
- 67 Los, 'Kwartaalverslag ultracentrifuge over de periode van 1 juli 1960 t/m 30 september 1960'. ET-NL 50.
- 68 Kistemaker, 'Prognose van het UC project', 1 november 1960. ET-NL 50.

- 69 Er werd ook gefilosofeerd over een drieledig model. 'Kwartaalverslag over de periode van 1 januari t/m 31 maart 1961'. ET-NL 28.
- 70 Kistemaker, 'Doelstelling UC project voor 1961 en 1962', 22 december 1960. ET-NL 50.
- 71 Ibid.
- 72 Kistemaker, 'Kwartaalverslag over de periode van 1 januari t/m 31 maart 1961'. ET-NL 28.
- 73 'Werkspoor werkzaamheden 4^e kwartaal 1960'. ET-NL 28.
- 74 Kistemaker, 'Kwartaalverslag over de periode van 1 januari t/m 31 maart 1961'. ET-NL 28.
- 75 Kistemaker, 'Doelstelling UC project voor 1961 en 1962', 22 december 1960. ET-NL 50.
- 76 Ibid.
- 77 Ibid.
- 78 Wellicht had de gemeente rond 1960 al plannen met deze onbebouwde hoek van de Watergraafsmeer en was het laboratorium van Kistemaker een eerste uiting van wat toen al een groot wetenschapscentrum moest worden. Een paar jaar later werd een deel van het land van boer Oostenrijk opgekocht door de UvA en weer een paar jaar later verzezen er de eerste universiteitsgebouwen. Rond 1970 verhuisde het IKO (in 1975 omgedoopt to het Nationaal instituut voor Kernfysica en Hoge-energiefysica (NIKHEF)) naar het perceel dat aan de noordkant aan het laboratorium grenst.
- 79 'Goedkeuring' voor de bouw van het laboratorium aan de Kruislaan, 2 september 1958. AMOLF-archief, Bouw van het instituut: Geveke en Technische Dienst 1957-1960 (voortaan: bouw 1957-1960).
- 80 Kistemaker, 'Euratom begroting 1958', oktober 1957. ET-NL 16.
- 81 Afschrift over grondaankoop door de gemeente, 16 december 1957. AMOLF-archief, Bouw van het instituut 1953-1961 1) tekeningen arch.bureau Zwiers 2) G.E.B waterleiding Hoogheemraadschap wgm 3) keet (voortaan: bouw 1953-1961).
- 82 Brief van Kistemaker aan de directeur van het Gemeente-Energiebedrijf, de heer Vos, 2 december 1959. AMOLF-archief, bouw 1953-1961.
- 83 Kistemaker, 'Mededeling voor het ANP', (volgens de FOM-nummering FOM-9135). AMOLF-archief, Map 2.
- 84 Ibid.
- 85 De boerderij staat er nog steeds; het AMOLF-gebouw is inmiddels ge-

- sloopt. Zie ook: Het geheugen van Oost: <https://geheugenvanoost.amsterdam/page/24612>, bezocht op 26 oktober 2016.
- 86 M.W. van der Heijden, *Elektronenversnellers in Amsterdam*, (Amsterdam: NIKHEF, 1999).
 - 87 Kistemaker, 'Kwartaalverslag van 1 april 1960 tot 30 juni 1960'. ET-NL 28.
 - 88 Kistemaker, 'Mededeling voor het ANP'. AMOLF-archief, Map 2.
 - 89 Toespraak van minister Cals bij de opening van het nieuwe laboratorium. AMOLF-archief.
 - 90 Ibid.
 - 91 Tegenwoordig hangt het mozaïek van Van Roode in het Science Centre van de TU Delft. Zie: <http://www.artconservation.nl/casestudies/97-emc-louis-van-roode-vervolg.html> laatst bezocht: 24 oktober 2016.
 - 92 Brief van mr. A.N. Baron van Aerssen Beijeren van Voshol, hoofd van het Bureau Atoomzaken van het Ministerie van Buitenlandse Zaken, aan Kistemaker, 11 juli 1960. ET-NL 70.
 - 93 Ibid.
 - 94 Rapport van de bijeenkomst direct na het bezoek van de Amerikaanse delegatie, tussen Kistemaker, Beekman, Rijsing en iemand van het ministerie van Buitenlandse Zaken, memo nr. 1463, TMA aan DGES, 21 juli 1960. NA, 2.05.117, 13589.
 - 95 Medewerker van de Nederlandse ambassade in Washington aan het ministerie van Buitenlandse Zaken, 12 juli 1960. NA, 2.05.117, 13589.
 - 96 'Classification Guide for the Gas Centrifuge Program'. NA, 2.03.01, 6701.
 - 97 Ibid.
 - 98 Memo nr. 1463, TMA to DGES, 21 juli 1960. NA, 2.05.117, 13589.
 - 99 Memo van Marshall aan Wells, 7 december 1959, die was bijgevoegd als 'Appendix G' bij 'Gas Centrifuge Method of Isotope Separation. Report to the General Manager by the Directors of Classification, International Affairs and Research,' 9 april 1960, Wilson Centre Digital Archive (voortaan WCDA), raadpleegbaar via <http://digitalarchive.wilsoncenter.org/document/115362>, laatst bezocht 28 mei 2014.
 - 100 Memo aan P. J. Farley, 19 februari 1960, bijgevoegd als 'Appendix D' bij 'Gas Centrifuge,' 9 April 1960. WCDA.
 - 101 Marshall aan Wells, 7 december 1959. WCDA.

- 102 'Gas Centrifuge,' 9 april 1960. WCDA.
- 103 'General advisory comments and recommendations,' bijgevoegd als 'Appendix E' bij 'Gas Centrifuge,' 9 april 1960. WCDA.
- 104 Kistemaker, 'Bespreking over het UC project met Dr Boettcher (Degussa) in Düsseldorf op 22 december 1959 in Hotel Breidenbacherhof'. ET-NL 49.
- 105 Ibid.
- 106 'Instructie ten behoeve van de Nederlandse delegatie naar de multilaterale besprekingen inzake de coördinatie van de classificatie van het Ultracentrifuge-project te Washington,' pagina 1 mist, niet gedateerd, maar waarschijnlijk in februari 1962 rondgestuurd, documentnummer F/2589/62. NA, 2.05.117, 13590.
- 107 Memo nr. 1463, TMA aan DGES, 21 juli 1960. NA, 2.05.117, 13589.
- 108 Memorandum over het gesprek van 18 juli 1960 op het laboratorium van Kistemaker, memo nr. 1464, TMA aan DGES, 21 juli 1960. NA, 2.03.01, 6701.
- 109 Ibid.
- 110 Ibid.
- 111 Ibid.
- 112 Ibid.
- 113 Ibid.
- 114 Memorandum van TMA via S aan DGES, 16 januari 1961. NA, 2.05.117, 13590.
- 115 Ibid.
- 116 Iets wat ook blijkt uit de bergen papier die nog in de archieven hierover liggen.
- 117 Memo nr. 1463, TMA aan DGES, 21 juli 1960. NA, 2.05.117, 13589.
- 118 Ibid. Interessant is dat later in de jaren zestig er vergelijkbare argumenten werden genoemd door Britse ambtenaren bij het classificeren van gascentrifugekennis. Op beide momenten werd ingezien dat geheimhouding door de VS gebruikt kon worden om economische en industriële belangen veilig te stellen. Zie: Krige, 'Hybrid knowledge: the transnational co-production of the gas centrifuge for uranium enrichment in the 1960s'.
- 119 Memo geschreven door Fock, 15 september 1960. NA, 2.05.117, 13589.
- 120 Kistemaker aan Beekman en Rijsinge, geschreven begin september 1960. NA, 2.05.117, 13589.
- 121 Ibid.

- I22 AL, p. 12.
- I23 Zie bijvoorbeeld: Kistemaker aan Schierbeek, 13 februari 1959. ET-NL 8; Kistemaker aan Boon, 28 mei 1959. ET-NL 6.
- I24 Kistemaker aan Beekman en Rijsinge, geschreven begin september 1960. NA, 2.05.117, 13589.
- I25 Ibid.
- I26 Notulen van de WAR, 25 juni 1957. ET-NL 30.
- I27 Kistemaker aan Beekman en Rijsinge, geschreven begin september 1960. NA, 2.05.117, 13589.
- I28 Ibid.
- I29 Memorandum van Meijer aan de minister-president, 6 januari 1961. NA, 2.05.117, 13690.
- I30 Kistemaker aan Beekman en Rijsinge, geschreven begin september 1960. NA, 2.05.117, 13589.
- I31 Verslag van de zesde vergadering van de commissie voor de Nucleaire Industriële Ontwikkeling, 17 augustus 1960. NA, 2.03.01, 6685.
- I32 Ibid.
- I33 Ibid.
- I34 Ibid.
- I35 Ibid.
- I36 Los, Kelling, Kistemaker, Rapport FOM-9154, 'Discussie van vraagpunten gerezen op de WAR-vergadering gehouden op 8 augustus 1960'. ET-NL 29.
- I37 Kistemaker liet de beslissing aan RCN over, want dat zou het besluit moeten nemen. Brief van Kistemaker aan Rijsinge, 28 juli 1960. ET-NL 24.
- I38 Brief van Reyseger aan Kistemaker, 26 augustus 1960. ET-NL 24; De tekeningen van architectenbureau Zwiers zijn bewaard in ET-NL 24. Ze zijn gemaakt in oktober 1960 en gaan deels over een uitbreiding van het laboratorium voor 1961 en 1962.
- I39 Verslag van de achtste vergadering van de commissie voor de Nucleaire Industriële Ontwikkeling, 30 september 1960. NA, 2.03.01, 6685.
- I40 Ibid.
- I41 Kistemaker, 'Prognose van het UC project', 1 november 1960. Onderstrepen is origineel. ET-NL 50.
- I42 Brief van Kistemaker aan de directie van RCN, 10 november 1960. ET-NL 50.

- 143 Kistemaker, 'Prognose van het UC project', 1 november 1960. ET-NL 50.
- 144 Brief van Kistemaker aan de directie van RCN, 10 november 1960. ET-NL 50.
- 145 Brief van Beekman aan Kistemaker, 10 december 1960. ET-NL 24.
- 146 'Rapport aangaande de industriële ontwikkeling in het kernreactor-gebied', uitgebracht door de commissie voor de Nucleaire Industriële Ontwikkeling aan de minister van Economische Zaken. Inleiding, p. 6. NA, 2.03.01, 6685.
- 147 Ibid, p. 40.
- 148 'West Germans agree to put secrecy lid on Gas Centrifuge', *Nucleonics Week*, 4 augustus 1960. NA, 2.05.117, 13589; Burr, 'The 'Labors of Atlas, Sisyphus, or Hercules'? US Gas-Centrifuge Policy and Diplomacy, 1954-60'.
- 149 Ibid.
- 150 Paolo Foradori, *Tactical Nuclear Weapons and Euro-Atlantic Security: The Future of NATO*, (Routledge, 2013).
- 151 Memo nr. 1463, TMA to DGES, 21 juli 1960. NA, 2.05.117, 13589.
- 152 Bericht van de Nederlandse ambassade in Washington aan het ministerie van Buitenlandse Zaken, niet gedateerd, maar waarschijnlijk direct na de publicatie in *Nucleonics* geschreven, begin augustus 1960. NA, 2.05.117, 13589.
- 153 Degussa, 'Notiz für Presse und Rundfunk' 20 oktober 1960. ET-NL 19.
- 154 Wolfgang D. Müller, *Geschichte der Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland: Anfänge und Weichenstellungen*, (Stuttgart: Schäffer Verlag für Wirtschaft und Steuern, 1990), p. 504.; 'Instructie ten behoeve van de Nederlandse delegatie,' februari 1962. NA, 2.05.117, 13590.
- 155 Kessenich, *Façades achter een façade*, p. 1.
- 156 *De Maasbode* was in 1959 samengevoegd met *De Tijd* en verscheen dagelijks. Burr wees me erop dat dit uit de vs overkwam. Deze artikelen zijn te vinden in Delpher, de digitale krantendatabase, bezocht 26 oktober 2014. Zie: 'Duits procédé voor een 'goedkope' Kernbom', *De Tijd/De Maasbode*, 12 oktober 1960; 'Amerika verzoekt om geheimhouding over goedkope kernwapens', *Leeuwarder Courant*, 12 oktober 1960.
- 157 Ambassade in Bonn aan het ministerie van Buitenlandse Zaken, 17 oktober 1960, NA, 2.05.117, 13589.

- 158 *De Waarheid*, 13 oktober 1960; 'Amerikaanse stap in Den Haag.' benaderd via Delpher.
- 159 Zie Goudsmit, *Alsos*.
- 160 Kessenich, *Façades achter een façade*, p. 19.
- 161 Rudolf Ruscheweyh, lid van de Raad van Commissarissen van Cellastic, bezat een optie op een patent voor kogelvrije banden. Dit patent kocht hij en dit leidde hem in 1939 tot de oprichting van een tweede Cellastic: de N.V. Hollandsche Maatschappij voor Fabricage en Verkoop van Cellastic Banden. Ibid., pp. 25-6.
- 162 Over de geschiedenis van Cellastic: Van Delft, 'Tegen de roof: het Kamerlingh Onnes Laboratorium in oorlogstijd'. De weinige primaire bronnen hierover bevinden zich op het NIOD, Cellastic-archief, inv. nr. 251b.
- 163 Kessenich, *Façades achter een façade*, p. 20.
- 164 Goudsmit, *Alsos*, pp. 45-6.
- 165 Kessenich, *Façades achter een façade*, p. 21.
- 166 Ibid., p. 2.
- 167 Ibid., p. 7.
- 168 Brief van Kistemaker aan Goudsmit, 8 september 1959. AIP, Goudsmit-archief, Series III, folder 126.
- 169 Ibid.
- 170 Brief van Kistemaker aan Goudsmit waarin hij rept over een onderhoud dat Kistemaker twee maanden eerder met Goudsmit had, 3 december 1959. AIP, Goudsmit-archief, Series III, folder 126.
- 171 Antwoord van Goudsmit aan Kistemaker, 10 december 1959. AIP, Goudsmit-archief, Series III, folder 126.
- 172 De krant *De Waarheid* is opgenomen in Delpher. Zie daarnaast, Ibid., p. 8.
- 173 'Summiere samenvatting van de berichten in *De Waarheid* (12 t/m 28 oktober 1960', NA, 2.03.01, 6701.
- 174 Telegram vanuit Haarlem naar het ministerie, 7 november 1960. NA, 2.03.01, 6701.
- 175 BVD, 'CPN-agitatie contra prof.dr. J. Kistemaker II,' 17 december 1960. NA, 2.03.01, 6701.
- 176 Ibid.
- 177 'BVD, 'CPN-agitatie contra prof.dr. J. Kistemaker,' 1 november 1960. NA, 2.03.01, 6701.
- 178 Memorandum van dr. A.J. Piekaar aan Fock over de (her)classifi-

- catie van het ultracentrifuge-project, 4 november 1960. NA, 2.03.01, 6701.
- 179 Memorandum van Fock aan de minister-president over de CPN-agitatie, 3 november 1960. NA, 2.03.01, 6701.
- 180 Ibid.
- 181 *Het Vrije Volk*, 11 november 1960. Geraadpleegd via Delpher.
- 182 Zie: Ibid. Uit: Aanhangsel tot het Verslag van de Handelingen der Tweede Kamer, Zitting 1960-1961, pag. 2027.
- 183 'Korte samenvatting van de berichten in de waarheid over prof. dr. J. Kistemaker C.A. (19 oktober t/m 10 december 1960)', door mr. J.S. Sinninghe Damsté gestuurd aan de minister-president, 17 december 1960. NA, 2.03.01, 6701.
- 184 Ibid.
- 185 Brief van Groth aan Kistemaker, 25 oktober 1960. ET-NL 19.
- 186 Brief van Kistemaker aan Groth, 31 oktober 1960. ET-NL 19.
- 187 Ibid.
- 188 Brief van Kistemaker aan Goudsmit, 2 december 1960. AIP, Goudsmit-archief, Series III, folder 127.
- 189 Ibid.
- 190 Ibid.
- 191 Ibid.
- 192 Ibid.
- 193 Brief van Goudsmit aan Kistemaker, 21 december 1960. AIP, Goudsmit-archief, Series III, folder 127.

7 In het labirint van de bureaucratie (1961-1962)

- 1 'Instructie ten behoeve van de Nederlandse delegatie,' februari 1962. NA, 2.05.117, 13590.
- 2 Ibid.
- 3 Ibid.
- 4 Memorandum van TMA aan S, 28 oktober 1960. NA, 2.05.117, 13589; Kistemaker, 'Oriënterende bespreking in Bonn op 21 en 22 november 1960', opgesteld op 28 november 1960. NA, 2.05.117, 13589.
- 5 Müller, *Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland*, pp. 504-5; Kemp, *Nonproliferation Strategy*, p. 135; Kehoe, *The Enriching Troika*.
- 6 Kistemaker, 'Oriënterende bespreking in Bonn op 21 en 22 november 1960'. NA, 2.05.117, 13589.

- 7 Memorandum van TMA aan T via S, 'Verklaring tot verboden plaats van het FOM-laboratorium voor massaspectrografie te Amsterdam, brief aan minister-president ter behandeling in de Ministerraad', 6 januari 1961. NA, 2.05.117, 13590.
- 8 Het blijkt lastig te traceren welke octrooien dit waren.
- 9 'Instructie ten behoeve van de Nederlandse delegatie,' februari 1962. NA, 2.05.117, 13590.
- 10 Joop Los, *De scheiding van zware isotopen in een centrifugaal veld*, (Proefschrift, Universiteit Leiden, 1963).
- 11 Citaat uit: Brief van Meijer aan de voorzitter van de Wetenschappelijke Raad voor de Kernenergie, 30 januari 1963. NA, 2.05.117, 13590; Op 30 januari schrijft Kistemaker een brief aan J.H. de Boer, wat af te leiden is uit de brief van 1 februari 1963 van De Boer, die inderdaad verzoekt het proefschrift te declassificeren. NA, 2.14.24, 194. En later, op 7 februari stuurt Meijer een brief dat er inderdaad geen bezwaar meer is om het proefschrift te declassificeren. En op 12 februari stuurt de heer Piekaar een brief aan Kistemaker waarin melding wordt gemaakt van het geen bezwaar van Meijer. NA, 2.05.117, 13590.
- 12 Zie: Brief van Joop Los aan Cees Zilverschoon, 11 juni 1963. Deze brief bevond zich tussen persoonlijke stukken die ik van Zilverschoon mocht inzien toen ik hem in 2012 sprak.
- 13 Kistemaker, 'Rapport van de gisteren in Duitsland gehouden besprekingen' met Boettcher, gezonden aan Meijer, 5 januari 1961. NA, 2.05.117, 13590.
- 14 Zie bijvoorbeeld de brief van Meijer aan de Nederlandse ambassade in Washington, 12 juli 1961. NA, 2.05.117, 13590.
- 15 Brief van Kronberger aan Kistemaker, 2 februari 1961. NA, 2.05.117, 13590.
- 16 Dit is opvallend wanneer het vergeleken wordt met: Krige, 'Hybrid knowledge: the transnational co-production of the gas centrifuge for uranium enrichment in the 1960s'.
- 17 RCN, rapport 'Voorstel Voortzetting Ultra-centrifuge Project', 21 februari 1962. ET-NL 56.
- 18 Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 18.
- 19 Kistemaker, 'Kwartaalverslag over de periode van 1 januari t/m 31 maart 1962 van het UC project'. ET-NL 50.
- 20 Ibid.
- 21 Ibid.

- 22 Ibid.
- 23 Brief van dr.ir. J.F. Besseling van de TH Delft aan Kistemaker, 19 oktober 1961. ET-NL 19.
- 24 Antwoord van Kistemaker aan Besseling, 20 oktober 1961. ET-NL 19.
- 25 Ibid., p. 16.
- 26 Op 10 april 1961 stuurde Beekman een RCN-brief door aan Kistemaker met daarin specificaties voor geheimhouding. ET-NL 21.
- 27 Ibid.
- 28 Brief van Kistemaker aan Beekman, 11 april 1961. ET-NL 21.
- 29 Brief van Kistemaker aan de firma Alarma NV, 7 februari 1961. ET-NL 19.
- 30 Brief van Kistemaker aan Goedkoop, 25 april 1961. ET-NL 25.
- 31 Brief van Kistemaker aan Goedkoop, 11 juli 1961. ET-NL 25.
- 32 Brief van Kistemaker aan De Haas van Dorser, specifiek over het salaris van Kelling, 12 april 1962. ET-NL 21.
- 33 RCN, rapport 'Voorstel Voortzetting Ultra-centrifuge Project', 21 februari 1962. ET-NL 56.
- 34 Ibid.
- 35 Interview met Fridtjof Kelling door de auteur, 27 februari 2015.
- 36 Alle quotes in deze alinea komen uit: Brief van Kistemaker aan Reyseger, 28 februari 1961. ET-NL 24.
- 37 Brief van Kistemaker aan Kronberger, 23 januari 1961. ET-NL 19.
- 38 Brief van Kistemaker aan Meijer, 7 februari 1961. NA, 2.05.117, 13590.
- 39 Brief van Meijer (TMA) aan Kistemaker, 28 februari 1961. NA, 2.05.117, 13590.
- 40 Brief van Kistemaker aan de directie van RCN, 22 maart 1961, met afschrift aan Meijer. NA, 2.05.117, 13590.
- 41 Ibid.
- 42 Brief van Kistemaker aan Meijer, 11 april 1961. NA, 2.05.117, 13590.
- 43 Brief van Kistemaker aan de directie van RCN, 10 april 1961. NA, 2.05.117, 13590.
- 44 Notulen Raad van Bestuur FOM, 18 mei 1962. NHA, FOM, 17.
- 45 Verslag van de vijftiende vergadering van de commissie-Tromp, 27 januari 1961. NA, 2.03.01, 6701. Zie ook: Ibid., p. 18.
- 46 Andriesse, *De Republiek*, p. 65., die dit heeft uit Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 18.

- 47 Verslag van de vijftiende vergadering van de commissie-Tromp, 27 januari 1961. NA, 2.03.01, 6701.
- 48 Ook werd bijvoorbeeld Philips-ingenieur Van Ginkel, gespecialiseerd in massaproductie, bij deze commissie betrokken. Brief van Kistemaker aan dr. J. Hoekstra (Utrecht), 12 februari 1961. ET-NL 21. Zie ook: verslag van de vijftiende vergadering van de commissie-Tromp, 27 januari 1961. NA, 2.03.01, 6701.
- 49 AL, p. 13; Verslag van de 15e vergadering voor de Commissie voor de Nucleaire Industriële Ontwikkeling, 27 januari 1961. NA, 2.03.01, 6701.
- 50 Ibid.
- 51 Brief van Bogaardt aan Kistemaker, 29 maart 1961. ET-NL 24.
- 52 Ibid.
- 53 Brief van Kistemaker aan Bogaardt, 12 april 1961. ET-NL 24.
- 54 'Rapport aangaande het ultracentrifuge-project uitgebracht aan de minister van Economische Zaken', opgesteld door de Commissie voor de Nucleaire Industriële Ontwikkeling, juli 1961 (voortaan: 'Rapport', juli 1961). NA, 2.03.01, 6701.
- 55 AL, p. 13.
- 56 Brief d.d. 12 februari 1961 van Kistemaker aan dr. J. Hoekstra (Utrecht).
- 57 'Rapport', juli 1961. NA, 2.03.01, 6701.
- 58 Ibid.
- 59 Ibid.
- 60 Ibid.
- 61 Ibid.
- 62 Ibid.
- 63 Brief van Los aan Kistemaker, 19 juli 1961. ET-NL 21.
- 64 Brief van de voorzitter van RCN, Kramer, aan de minister van Economische Zaken, 9 augustus 1961. ET-NL 24.
- 65 Tegengestelde berichten: Brief van Kramer aan de minister van Economische Zaken, 9 augustus 1961. ET-NL 24; Brief van Kistemaker aan Rijnberk, 20 september 1961. ET-NL 21.
- 66 Brief van Beekman aan Kistemaker, 5 oktober 1961. ET-NL 24.
- 67 Brief van De Pous aan Tromp, 10 oktober 1961. ET-NL 21.
- 68 Brief van Tromp aan Kistemaker, 16 oktober 1961. ET-NL 21.
- 69 Brief van Kistemaker aan Tromp, 25 oktober 1961. ET-NL 21.
- 70 Antwoord van Kistemaker aan Tromp, 31 oktober 1961. ET-NL 21.
- 71 Op 27 oktober 1961 zond Kistemaker de twee-rapporten door aan

Beekman. Tegelijkertijd stuurde Kistemaker dezelfde stukken naar Tromp. ET-NL 24.

- 72 Kistemaker, 'Ontwikkeling ultracentrifuges', 29 september 1961. ET-NL 56.
- 73 Kistemaker stuurde op 21 december 1961 een, volgens hem, 'werkbaar' voorstel voor een organisatievorm rond aan Beekman, Bonsel, Reyseger, Rinia, De Haas van Dorsser, Van Rijnberk en Werkspoor. ET-NL 24.
- 74 Brief van Kistemaker aan Beekman, 12 januari 1962. ET-NL 24.
- 75 Ibid.
- 76 Ibid.
- 77 Brief van De Pous aan Tromp, 23 januari 1961. ET-NL 21.
- 78 Brief van Kistemaker aan Tromp, 29 mei 1961. ET-NL 21.
- 79 Ibid.
- 80 Antwoord van Tromp aan Kistemaker, 5 juni 1961. ET-NL 21.
- 81 Brief van Los aan Beekman over de financiën, 19 juli 1961. ET-NL 21.
- 82 Brief van Baars aan de heer S.D. Duyverman, de directeur-generaal van het departement van Defensie, 19 juli 1961. ET-NL 20.
- 83 Ibid.
- 84 Ibid.
- 85 Brief van Kistemaker aan Beekman, 12 januari 1962. ET-NL 24.
- 86 Kistemaker, 'Overzicht van de Stand eind januari 1962', aan de leden van de Commissie voor Massascheiding en -Analyse (volgens de FOM-nummering: stuk FOM-11877), 26 januari 1962. ET-NL 24.
- 87 'Deze stukken zijn door mij direct gezonden aan ir. Tromp, die bezig is met de formatie van een ad hoc commissie ter beoordeling van deze stukken. Zonder deze beoordeling kan het Rijk geen middelen beschikbaar stellen.' Uit: Brief van Kistemaker aan Beekman, 27 oktober 1961. ET-NL 24; Ibid.
- 88 Brief van Kistemaker aan Beekman, 4 december 1961. ET-NL 24.
- 89 Brief van Kistemaker aan Beekman, 12 januari 1962. ET-NL 24.
- 90 Ibid.
- 91 Zo was hij betrokken bij het opstellen van een rapport van TNO (rapport no. 17) geschreven in opdracht van RCN, 28 november 1957. ET-NL 48.
- 92 Kistemaker, 'Overzicht van de Stand eind januari 1962', 26 januari 1962. ET-NL 24.
- 93 Brief van Tromp aan het ministerie van Economische Zaken, aan

- Louwman, de directeur-generaal voor de Industrialisatie en Energievoorziening, 19 januari 1962. ET-NL 21.
- 94 Brief van Kistemaker aan Tromp, 29 mei 1961. ET-NL 21.
- 95 Brief van Kistemaker aan Tromp, 18 september 1961. ET-NL 21.
- 96 Ibid.
- 97 Ibid.
- 98 Brief van Kistemaker aan Tromp, 29 september 1961. ET-NL 21.
- 99 Ibid.
- 100 Ibid.
- 101 Brief van Tromp aan Louwman, 19 januari 1962. ET-NL 21.
- 102 Brief van Tromp aan zijn commissies-Tromp en -Rinia en aan J.H. de Boer, 8 mei 1962. ET-NL 56.
- 103 Brief van Kistemaker aan de directie van RCN (met een kopie aan Baars, Beekman, De Haas van Dorsser, Louwman, Van Rijnberk, Tromp, Veldhuyzen), 28 maart 1962. ET-NL 21.
- 104 Brief van Kistemaker aan de directeur van FOM, Beekman, 2 maart 1962. ET-NL 24.
- 105 Ibid.
- 106 Brief van Louwman aan de directie van RCN, 26 maart 1962. ET-NL 22.
- 107 Ibid.
- 108 Brief van Reyseger aan directeur FOM, 9 april 1962. ET-NL 24.
- 109 Brief van Kistemaker aan de directie van RCN, 28 maart 1962. ET-NL 21.
- 110 Ibid., p. 19.; Andriesse, *De Republiek*, p. 66.
- 111 Brief van Kistemaker aan de directeur van FOM, 4 april 1962. ET-NL 21.
- 112 Ibid.
- 113 Ibid.
- 114 Ibid. RCN, rapport 'Voorstel Voortzetting Ultra-centrifuge Project', 21 februari 1962. ET-NL 56.
- 115 Brief van Reyseger aan de directeur van FOM, 9 april 1962. ET-NL 24.
- 116 Brief van Tromp aan De Pous, 14 mei 1962. ET-NL 56.
- 117 Brief van De Pous aan Tromp, 22 juni 1962. ET-NL 56.
- 118 Ibid.
- 119 Kistemaker, *De geschiedenis*; Andriesse, *De Republiek*, pp. 196-7.
- 120 Notulen van de eerste vergadering van de commissie van Bijstand van het ultracentrifuge-project, 11 juli 1962. ET-NL 119.

Epiloog

- 1 Deze epiloog is gebaseerd op: Kistemaker, *De geschiedenis*; Andriesse, *De Republiek*; Streefland, 'Een affaire in een schandaalarm land: Samuel Goudsmit en de Cellastic-affaire rond Jaap Kistemaker'.
- 2 De commissie van Bijstand bestond naast Kistemaker en Los op dat moment uit M.J.E. Bogaardt, H. Rinia, L. Troost, E.J.J. Veldhuyzen, W.G. Bonsel en G. Kol. Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 19.
- 3 Ibid., p. 21.
- 4 Ibid., p. 22.
- 5 Andriesse, *De Republiek*, p. 202.
- 6 Of in elk geval niet genotuleerd. ET-NL 119-128.
- 7 De aanduiding 'Ton Scheidings Arbeid per jaar' wordt vaak als maat gebruikt. 25 Ton Scheidings Arbeid per jaar komt overeen met 25.000 SWU. 25 Ton Scheidings Arbeid/jaar zijn nodig om 6 ton verrijkt uranium met een concentratie van 3 procent U-235 beschikbaar te krijgen, uitgaande van natuurlijk uranium en een concentratie in de verarmde fractie van 0,25 procent. Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 23.
- 8 Klinkenberg, *De ultracentrifuge, 1937-1970. Hitlers bom voor Strauss?* Deze paragraaf is in gewijzigde vorm reeds verschenen als: Streefland, 'Een affaire in een schandaalarm land: Samuel Goudsmit en de Cellastic-affaire rond Jaap Kistemaker'.
- 9 Kistemaker aan Goudsmit, 9 maart 1971, handgeschreven. AIP, Goudsmit-archief, Series III, folder 129.
- 10 Goudsmit, *Alsos*.
- 11 Kistemaker aan Goudsmit, 9 maart 1971, handgeschreven. AIP, Goudsmit-archief, Series III, folder 129.
- 12 Ibid.
- 13 Goudsmit aan Kistemaker, 22 maart 1971. AIP, Goudsmit-archief, Series III, folder 129.
- 14 Ibid.
- 15 Goudsmit aan Kistemaker, 17 mei 1971. AIP, Goudsmit-archief, Series III, folder 129.
- 16 Zie: AIP, Goudsmit-archief, Series III, folder 129.
- 17 *Haagse Post*, 'De Professor was niet tot bedaren te brengen', 20 april 1971.

- 18 Ibid.
- 19 Ibid.
- 20 Ibid.
- 21 Ibid.
- 22 Ibid.
- 23 *NRC Handelsblad*, 'Armzalige affaire', 10 april 1971.
- 24 *NRC Handelsblad*, 'Een schandaalarm land met een affaire: de zaak Kistemaker', 17 april 1971.
- 25 *Trouw*, 'Nederlanders die voor Cellastic werkten heulden met bezetters', 10 april 1971.
- 26 *Vrij Nederland*, 'Wie Zuiverde Kistemaker?', 10 april 1971.
- 27 *Limburger Courant*, 'Kistemaker beboet wegens belediging van journalist', 10 december 1971.
- 28 Brief van Kistemaker aan Goudsmit, d.d. 26 april 1971. AIP, Goudsmit-archief, Series III, folder 129.
- 29 Brief van Goudsmit aan Kistemaker, d.d. 17 mei 1971. AIP, Goudsmit-archief, Series III, folder 129.
- 30 Ibid.
- 31 Zie Andriess, *De Republiek*, pp. 76, 206-7. Hij citeert de brief van Veringa aan Kistemaker: 'Ik vraag mij af of het niet beter is uw beslissing, tot dagvaarding over te gaan, op te schorten, totdat de openbare beraadslagingen in de Eerste Kamer omtrent de ratificatie van het ultracentrifuge-verdrag op 27 april a.s. zijn beëindigd, te meer omdat van de zijde van de Kamer reeds vragen over de z.g. Cellastic affaire zijn gesteld.'
- 32 Uit: Ibid., pp. 207-8.
- 33 Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 35.
- 34 Ibid., p. 34; Andriess, *De Republiek*, p. 77.
- 35 Zie voor een uitgebreide vergelijking van de verschillende typen centrifuges: Kemp, *Nonproliferation Strategy*; Alexander Glaser, 'Characteristics of the Gas Centrifuge for Uranium Enrichment and Their Relevance for Nuclear Weapon Proliferation', *Science & Global Security* 16 (2008), p. 8.
- 36 De markt voor verrijkt uranium is uiteraard erg afhankelijk van de kernenergiebranche. Na de kernramp in Tsjernobyl gingen Urenco en zijn ontwikkelingstak bijna failliet. Ook sinds de ramp in Fukushima ligt de markt voor verrijkt uranium zo goed als stil. In Almelo heeft dit de afgelopen jaren geleid tot het volledig uitkleden van de ontwikkelingstak.

- 37 Veelvuldige gesprekken zijn gevoerd met ET-NL-medewerkers Arthur Morrien en Nico Verschuren.
- 38 Over Khan en zijn spionage is veel geschreven. Zie bijvoorbeeld: Andriesse, *De Republiek*, pp. 79-80; Steve Weissman en Herbert Krosney, *The Islamic Bomb. The Nuclear Threat to Israel and the Middle East*, (New York: Times Books, 1981); Egmont Koch, *Atomwaffen für Al Qaida. 'Dr. No' und das Netzwerk des Terrors*, (Berlin: Aufbau-Verlag, 2005); Gordon Corera, *Shopping for Bombs: Nuclear Proliferation, Global Insecurity, and the Rise and Fall of the A.Q. Khan Network*, (New York: Oxford University Press, 2006); David Albright, *Peddling Peril. How the Secret Nuclear Trade Arms America's Enemies*, (New York: Free Press, 2010); Kemp, *Nonproliferation Strategy*; Catherine Collins, Douglas Frantz en Fred Hendriks, *De Khan-code*, (Amsterdam: Balans, 2011); Kemp, 'The Gas Centrifuge, Supply-Side Controls, and the Future of Nuclear Proliferation'; Burr, 'The 'Labors of Atlas, Sisyphus, or Hercules'? US Gas-Centrifuge Policy and Diplomacy, 1954-60'.
- 39 Kemp, *Nonproliferation Strategy*, pp. 14-5.
- 40 Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 48.
- 41 Frans Saris, 'In Memoriam Jaap Kistemaker,' (2010): <http://www.franswsaris.nl/afschied/in-memoriam-jaap-kistemaker>, bezocht op 26 oktober 2016; Albert Polman, 'Levensbericht Jaap Kistemaker', in *Levensberichten en herdenkingen*, pp. 70-5, (Amsterdam: KNAW, 2011).
- 42 Kistemaker, *De geschiedenis*, p. 38.
- 43 Ibid., p. 50. Cursief is origineel.
- 44 Zie de website van FOM: www.fom.nl, bezocht op 26 oktober 2016.
- 45 Zie voor de geschiedenis van AMOLF: Ron Heeren, Albert Polman en Melissa van der Sande, eds. *Impact. 60 jaar AMOLF*, (Amsterdam: AMOLF, eigen beheer, 2010).

Conclusie

- I Dirk van Delft, *Heike Kamerlingh Onnes: De man van het absolute nulpunt*, (Amsterdam: Bert Bakker, 2005); Dirk van Delft, 'De blauwe jongens: De opleiding tot instrumentmaker in het natuurkundig laboratorium van Heike Kamerlingh Onnes', *Gewina* 25

- (2002), pp. 137-53. En daarnaast: Shapin, 'The Invisible Technician'.
- 2 Brief van Kistemaker aan Tromp, 18 september 1961. ET-NL 21. Zie ook: Steven Shapin, *The Scientific Life: A Moral History of a Late Modern Vocation*, (University Of Chicago Press, 2008).
 - 3 Dat werd al in 1945 genoemd, maar toen was FOM nog niet opgericht.
 - 4 Hellendoorn, *Between the Devil and the Deep Sea*.

BIBLIOGRAFIE

- Gerard Aalders, *Bernhard Zakenprins*, (Soesterberg: Aspekt, 2011).
- David Albright, *Peddling Peril. How the Secret Nuclear Trade Arms America's Enemies*, (New York: Free Press, 2010).
- C.D. Andriess, *De Republiek der Kernegeleerden*, (Bergen NH: Uitgeverij BetaText, 2000).
- David Baneke, 'The Absence of the East: International Influences on Science Policy in Western Wurope during the Cold War', in *Cold War Science and the Transatlantic Circulation of Knowledge*, geëdit door Jeroen van Dongen, pp. 163-83, (Leiden: Brill, 2015).
- Michel Bar-Zohar, *The Hunt for German Scientists 1944-60*, (Hawthorn, 1967).
- J.W. Beams, *Early History of the Gas Centrifuge Work in the U.S.A.*, (Charlottesville, VA: University of Virginia Dept. of Physics, 1975).
- E. Becker en R. Schutte, 'Entmischung der Uranisotope mit der Trenndüse', *Zeitschrift für Naturforschung A* 11 (1956), pp. 679.
- Clemens van den Berg, *J.H. Bannier and the Evolution of Dutch and European Science Administration and Diplomacy 1945-1970*, (MA thesis, Utrecht University, 2016).
- J.H. de Boer, 'Levensbericht C.J. Bakker', in *Jaarboek*, pp. 283-7, (Amsterdam: KNAW, 1959).
- J.W.L. Brouwer, Jan Ramakers en Anne Bos, *Regeren zonder Rood: Het Kabinet-De Quay, 1959-1963*, (Amsterdam: Boom, 2007).
- William Burr, 'The "Labors of Atlas, Sisyphus, or Hercules"? US Gas-Centrifuge Policy and Diplomacy, 1954-60', *The International History Review* 37 (2015), pp. 431-57.
- Martijn van Calmthout, *Sam Goudsmit: zijn jacht op de atoombom van Hitler*, (Amsterdam: Meulenhof, 2016).
- Leah Ceccarelli, *On the Frontier of Science: an American Rhetoric of Ex-*

- ploration and Exploitation*, (East Lansing: Michigan State University Press, 2013).
- Catherine Collins, Douglas Frantz en Fred Hendriks, *De Khan-code*, (Amsterdam: Balans, 2011).
- Gordon Corera, *Shopping for Bombs: Nuclear Proliferation, Global Insecurity, and the Rise and Fall of the A.Q. Khan Network*, (New York: Oxford University Press, 2006).
- D. Cozzoli, 'Penicillin and the European response to post-war American Hegemony: the case of Leo-penicillin', *History and Technology* 30 (2014), pp. 83-103.
- Angela N.H. Creager, 'Radioisotopes as Political Instruments, 1946-1953', *Dynamis* 29 (2009), pp. 219-39.
- Dirk van Delft, 'De blauwe jongens: De opleiding tot instrumentmaker in het natuurkundig laboratorium van Heike Kamerlingh Onnes', *Gewina* 25 (2002), pp. 137-53.
- Dirk van Delft, *Heike Kamerlingh Onnes: De man van het absolute nulpunt*, (Amsterdam: Bert Bakker, 2005).
- Dirk van Delft, 'Tegen de roef: het Kamerlingh Onnes Laboratorium in oorlogstijd', *Gewina/TGGNWT* 30 (2007), pp. 247-64.
- Jeroen van Dongen, ed. *Cold War Science and the Transatlantic Circulation of Knowledge*, (Leiden: Brill, 2015).
- Max Dresden, *H.A. Kramers Between Tradition and Revolution*, (Springer Science & Business Media, 2012).
- F.J.F.M. Duynstee en J. Bosmans, *Parlementaire geschiedenis van Nederland na 1945: Het kabinet Schermerhorn-Drees*, (Van Gorcum, 1977).
- David Edgerton, "'The Linear Model" Did Not Exist: Reflections on the History and Historiography of Science and Research in Industry in the Twentieth Century', in *The Science-Industry Nexus: History, Policy, Implications*, geëdit door Karl Grandin en Nina Wormbs, pp. 31-57, (New York: 2005).
- Ab Flipse, ed. *Verder kijken: Honderdvijftig jaar Vrije Universiteit Amsterdam in de samenleving*, (Amsterdam: VU University Press, 2016).
- Ab Flipse, 'Hier leert de natuur ons zelf den weg'. *Een geschiedenis van Natuurkunde en Sterrenkunde aan de VU*, (Zoetermeer: Uitgeverij Meinema, 2005).
- Paolo Foradori, *Tactical Nuclear Weapons and Euro-Atlantic Security: The Future of NATO*, (Routledge, 2013).
- Paul Forman, 'The Primacy of Science in Modernity, of Technology in Postmodernity, and of Ideology in the History of Technology',

- History and Technology* 23 (2007), pp. 1-152.
- Norman Gall, 'Atoms for Brazil, Dangers for All', *Foreign Policy* 23 (1976), pp. 155-201.
- Stephan Geier, *Schwellenmacht: Kernenergie und Außenpolitik der Bundesrepublik Deutschland von 1949 bis 1980*, (Inaugural-Dissertation, Philosophischen Fakultät und Fachbereich Theologie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2011).
- Michael Gibbons, Camille Limoges, Helga Nowotny, Simon Schwartzman, Peter Scott en Martin Trow, *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, (Londen: Sage, 1994).
- Alexander Glaser, 'Characteristics of the Gas Centrifuge for Uranium Enrichment and Their Relevance for Nuclear Weapon Proliferation', *Science & Global Security* 16 (2008), pp. 1-25.
- James Gleick, *Genius: the Life and Science of Richard Feynman*, (Open Road Media, 2011).
- J.A. Goedkoop, *Een kernreactor bouwen: geschiedenis van de Stichting Energieonderzoek Centrum Nederland Deel 1: periode 1945 – 1962*, (Bergen NH: BetaTex, 1995).
- Walter Gordy, *Jesse Wakefield Beams 1898-1977: a Biographical Memoir*, (Washington DC: National Academy of Sciences, 1983).
- C.J. Gorter, 'Levensbericht van Wilhelmus Hendrikus Keesom (21 juni 1876 – 4 maart 1956)', in *Jaarboek*, pp. 225-30, (Amsterdam: KNAW, 1957).
- Samuel A. Goudsmit, *Alsos*, (Springer Science & Business Media, 1996).
- A.V.F. van der Gouw, ...*alias Teixeira, eerste deel*, (Utrecht: P.R. van Amelrooij, 1968).
- A.V.F. van der Gouw, ...*alias Teixeira, tweede deel A*, (Utrecht: P.R. van Amelrooij, 1969).
- Kelly M. Greenhill, 'Skirmishes on the "Endless Frontier" – Reexamining the Role of Vannevar Bush as Progenitor of U.S. Science and Technology Policy', *Polity* 32 (2000), pp. 633-41.
- Edward J. Hackett, Olga Amsterdamska, Michael Lynch en Judy Wajcman, eds. *The Handbook of Science and Technology Studies*, (Cambridge (MA), Londen: 2008).
- E. Havinga, 'Levensbericht F. Kögl', in *Jaarboek*, pp. 311-6, (Amsterdam: KNAW, 1960).
- Gabrielle Hecht, *The Radiance of France: Nuclear Power and National*

- identity after World War II*, (Cambridge, MA: The MIT Press, 2009).
- Frits de Heer, *Electron Capture and Loss and Ionization in Ionic and Atomic Impact Phenomena*, (Proefschrift, Universiteit Leiden, 1956).
- Ron Heeren, Albert Polman en Melissa van der Sande, eds. *Impact. 60 jaar AMOLF*, (Amsterdam: AMOLF, eigen beheer, 2010).
- M.W. van der Heijden, *Elektronenversnellers in Amsterdam*, (Amsterdam: NIKHEF, 1999).
- Duco Hellema, 'The Relevance and Irrelevance of Dutch Anti-Communism: The Netherlands and the Hungarian Revolution, 1956-57', *Journal of Contemporary History* 30 (1995), pp. 169-86.
- Duco Hellema, *Buitenlandse politiek van Nederland: de Nederlandse rol in de wereldpolitiek.*, (Utrecht: Het Spectrum, 2006).
- Elmar Hellendoorn, *Between the Devil and the Deep Sea: The Netherlands and the Struggle for European Nuclear Order, 1954-1966*, (Ph.D-Thesis, Utrecht University, 2016).
- Hermann Gerhard Hertz en Erich Nann, 'Neue Ergebnisse bei der Isotopenverschiebung schwerer Gase in der Gas-Ultra-Zentrifuge', *Zeitschrift für Elektrochemie, Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie* 58 (1954), pp. 612-6.
- Matthias Heymann en Janet Martin-Nielsen, eds. *Science and Politics at War: New Relations in the Postwar Era*, (Special issue in Centaurus 55, no.3, 2013).
- Friso Hoeneveld, 'De Niagara-watervallen in iemands achtertuintje. De eerste reacties in Nederland op het vallen van de atoombom', in *Verborgen krachten: Nederlanders op zoek naar energie*, geëdit door Ad Maas en Tiemen Cocquyt, pp. 83-94, (Hilversum: Uitgeverij Verloren, 2011).
- Friso Hoeneveld en Jeroen van Dongen, 'Out of a Clear Blue Sky? FOM, The Bomb, and The Boost in Dutch Physics Funding after World War II', *Centaurus* 55 (2013), pp. 264-93.
- Dieter Hoffmann, 'Fritz Lange, Klaus Fuchs, and the Remigration of Scientists to East Germany', *Phys. perspect.* 11 (2009), pp. 405-25.
- Gerard 't Hooft, 'Ei, Ei,' www.staff.science.uu.nl/~hooft101/sickbock.html, bezocht op 12 oktober 2016.
- Jacques E.C. Hymans, *Achieving Nuclear Ambitions: Scientists, Politicians, and Proliferation*, (Cambridge University Press, 2012).
- N.G. van Kampen, 'Levensbericht D. ter Haar', in *Levensberichten en herdenkingen*, pp. 52-5, (Amsterdam: KNAW, 2004).
- W.H. Keesom, *Helium*, (Amsterdam: Elsevier, 1942).

- R.B. Kehoe, *The Enriching Troika, a History of Urenco to the year 2000*, (Marlow, U.K.: Urenco Limited, 2002).
- R. Scott Kemp, 'Gas Centrifuge Theory and Development: A Review of U.S. Programs', *Science & Global Security* 17 (2009), pp. 1-19.
- R. Scott Kemp, 'The Nonproliferation Emperor Has No Clothes', *International Security* 38 (2014), pp. 39-78.
- R. Scott Kemp, 'The End of Manhattan: How the Gas Centrifuge Changed the Quest for Nuclear Weapons', *Technology and Culture* 53 (2012), pp. 272-305.
- R. Scott Kemp, *Nonproliferation Strategy in the Centrifuge Age*, (Ph.D.-thesis, Princeton University, 2010).
- S.N. van Kerkvoorde, *De Last van het Verleden: Hoe verhiel de studenten-zuivering zich tot het morele kader van de eerste naoorlogse jaren?*, (Bachelorthesis, Faculty of Humanities, Utrecht University, 2014).
- Albert Kersten, *Een organisatie van en voor onderzoekers: ZWO 1947-1988*, (Assen: Van Gorcum, 1996).
- Rienk Kessenich, *Façades achter een façade: Een bronnenonderzoek naar de Cellastic-affaire*, (Afstudeerscriptie, Universiteit van Amsterdam, 1990).
- D.J. Kevles, 'The National Science Foundation and the Debate over Postwar Research Policy, 1942-1945: A Political Interpretation of Science-The Endless Frontier', *Isis* 68 (1977), pp. 5-26.
- Jaap Kistemaker, *Thermodynamische eigenschappen van helium in de omgeving van het lambda-punt*, (Universiteit Leiden, 1945).
- Jaap Kistemaker, *Het FOM-instituut voor Atoom- en molecuulfysica te Amsterdam, in de jaren tussen 1945 en 1971*, (Amsterdam: AMOLF-archief, 1971).
- Jaap Kistemaker, *De geschiedenis van het Nederlandse Ultracentrifuge Project*, (FOM-Instituut voor Atoom- en molecuulfysica, Amsterdam: circulatie door de auteur, 1991).
- Jaap Kistemaker, 'Het Noorder-licht en de FOM-Isotopen-Separator', *Impuls* (2002), p. onbekend.
- Jaap Kistemaker, 'The Jakob Kistemaker Story,' (2004): digitaal ontvangen van Kistemakers voormalige secretaresse Anneke Smit.
- Jaap Kistemaker, 'A method for the accurate determination of pressures from 100 to 1 mm', *Physica* 12 (1946), pp. 217-25.
- Jaap Kistemaker, 'The vaporisation heat of liquid helium from 0 to 5.2°K and the value of h, calculated from the thermodynamical behaviour of helium', *Physica* 12 (1946), pp. 281-8.

- Jaap Kistemaker, 'The vapour pressure of liquid helium from the 1-point to 1.3°K', *Physica* 12 (1946), pp. 272-80.
- Jaap Kistemaker, 'Anomalous adsorption of helium gas on glass, between 3 and 1.7° K', *Physica* 13 (1947), pp. 81-7.
- Jaap Kistemaker, 'Eigenschappen hos flytande helium', *Kosmos* 25 (1947), pp. 12-49.
- Jaap Kistemaker, 'Propriétés de l'Hélium liquide', *Rev. Sci.* 86 (1947), pp. 176-87.
- Jaap Kistemaker, Jacob Bigeleisen en Alfred Otto Carl Nier, *Proceedings of the International Symposium on Isotope Separation Held in Amsterdam, April 23-27, 1957*, (Amsterdam: Noord-Holland, 1958).
- Jaap Kistemaker en H.L. Douwes Dekker, 'Investigations on a magnetic ion source II', *Physica* 16 (1949), pp. 209-20.
- Jaap Kistemaker en H.L. Douwes Dekker, 'Investigations on a magnetic ion source, I', *Physica* 16 (1949), pp. 198-208.
- Jaap Kistemaker en W.H. Keesom, 'Isotherms of helium gas from 2.7 to 1.7° K', *Physica* 12 (1946), pp. 227-40.
- Jaap Kistemaker en H.A. Kramers, 'On the slip of a diffusing gas mixture along a wall', *Physica* 10 (1943), pp. 699-713.
- Wim Klinkenberg, *De ultracentrifuge, 1937-1970. Hitlers bom voor Strauss?*, (Amsterdam/Baarn: Van Gennep/In den toren, 1971).
- Egmont Koch, *Atomwaffen für Al Qaida. 'Dr. No' und das Netzwerk des Terrors*, (Berlin: Aufbau-Verlag, 2005).
- Kornelia Konrad, 'The social dynamics of expectations: the interaction of collective and actor-specific expectations on electronic commerce and interactive television', *Technology Analysis & Strategic Management* 18 (2006), pp. 429-44.
- Reinhart Kosselleck, *Futures Past: on the Semantics of Historical Time*, (Columbia University Press, 2004).
- John Krige, *American Hegemony and the Postwar Reconstruction of Science in Europe*, (Cambridge, MA: The MIT Press, 2006).
- John Krige, 'Atoms for peace, scientific internationalism, and scientific intelligence', *Osiris* 21 (2006), pp. 161-81.
- John Krige, 'The peaceful atom as political weapon: Euratom and American foreign policy in the late 1950s', *Historical Studies in the Natural Sciences* 38 (2008), pp. 5-44.
- John Krige, 'Maintaining America's Competitive Technological Advantage: Cold War Leadership and the Transnational Coproduction of Knowledge', *Humana.Mente* 16 (2011), pp. 33-51.

- John Krige, 'Hybrid knowledge: the transnational co-production of the gas centrifuge for uranium enrichment in the 1960s', *The British Journal for the History of Science* 45 (2012), pp. 337-357.
- John Krige, 'US Technological Superiority and the Special Nuclear Relationship: Contrasting British and US Policies for Controlling the Proliferation of Gas-Centrifuge Enrichment', *The International History Review* 36 (2014), pp. 230-251.
- P.H. van Laer, 'Keesom, Wilhelmus Hendrikus (1876-1956)', *Biografisch Woordenboek van Nederland* (2013): <http://resources.huygens.knaw.nl/bwn1880-2000/lemmata/bwn1/keesom>, bezocht op 22 september 2016.
- A. Lagaaij en Geert Verbong, *Kerntechniek in Nederland, 1945-1974*, (Eindhoven: Koninklijk Instituut van Ingenieurs, Afd. Kerntechniek, Stichting Historie der Techniek, 1998).
- J.A.C. Lagaaij en G.P.J. Verbong, 'Different Visions of Power The Introduction of Nuclear Power in the Netherlands 1955-1970', *Centaureus* 41 (1999), pp. 37-63.
- Bruno Latour, *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society*, (Harvard University Press, 1987).
- Bruno Latour en Steve Woolgar, *Laboratory Life: the Social Construction of Scientific Facts*, (Princeton: Princeton University Press, 1979).
- Joop Los, *De scheiding van zware isotopen in een centrifugaal veld*, (Proefschrift, Universiteit Leiden, 1963).
- Ad Maas, 'Institutionalised Individualism. Amsterdam physics between the world wars', *Centaureus* 47 (2005), pp. 30-59.
- Janet Martin-Nielsen, 'The other cold war: the United States and Greenland's ice sheet environment, 1948-1966', *Journal of Historical Geography* 1 (2011), pp. 69-80.
- Patrick W. McCray, *The Visioneers*, (Princeton en Oxford: Princeton University Press, 2013).
- E.A. Muijderman, 'Spiraalgroeflagers,' (1989): www.hagenbeuk.nl/wp-content/uploads/2015/05/1989Spiraalgroeflager.pdf, bezocht op 24 oktober 2016.
- Wolfgang D. Müller, *Geschichte der Kernenergie in der Bundesrepublik Deutschland: Anfänge und Weichenstellungen*, (Stuttgart: Schäffer Verlag für Wirtschaft und Steuern, 1990).
- Kristian H. Nielsen, Henry Nielsen en Janet Martin-Nielsen, 'City under the Ice, The Closed World of Camp Century in Cold War Culture', *Science as Culture* 23 (2014), pp. 443-64.

- Mikael Nilsson, *Tools of Hegemony: Military Technology and Swedish-American Security Relations, 1945-1962*, (Stockholm: 2007).
- Mikael Nilsson, 'Science as propaganda: Swedish scientists and the co-production of *American Hegemony* in Sweden during the cold war, 1953-68', *European Review of History: Revue Européenne d'Histoire* 19 (2012), pp. 275-302.
- Mikael Nilsson, 'American Propaganda, Swedish labor, and the Swedish Press in the Cold War: The United States Information Agency (USIA) and Co-Production of US Hegemony in Sweden during the 1950s', *The International History Review* 34 (2012), pp. 315-45.
- Mikael Nilsson en Marco Wyss, 'The Armed Neutrality Paradox: Sweden and Switzerland in US Cold War Armaments Policy', *Journal of Contemporary History* 0 (2015), pp. 1-29.
- David Nofre, 'Unraveling Algol: US, Europe, and the Creation of a Programming Language', *IEEE Annals of the History of Computing* 32 (2010), pp. 58-68.
- Helga Nowotny, Peter Scott en Michael Gibbons, 'Introduction: "Mode 2" Revisited: The New Production of Knowledge', *Minerva* 41 (2003), pp. 179-94.
- Helga Nowotny, Peter Scott en Michael Gibbons, *Re-Thinking Science: Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty*, (Cambridge: Polity Press, 2001).
- Naomi Oreskes, 'Science, Technology and Free Enterprise', *Gentaurus* 52 (2010), pp. 297-310.
- W. Otterspeer en J. Schuller tot Peursum-Meijer, *Wetenschap en wereldvrede: De Koninklijke Akademie van Wetenschappen en het herstel van de internationale wetenschap tijdens het Interbellum*, (Koninklijke Nederlandse Akademie Van Wetenschappen, 1997).
- Albert Polman, 'Levensbericht Jaap Kistemaker', in *Levensberichten en herdenkingen*, pp. 70-5, (Amsterdam: KNAW, 2011).
- Dragoslav Popović, 'Energy dependence of the U235 fission cross section in the low energy region: Preliminary report', *Journal of Nuclear Energy* 1 (1954), pp. 3-4.
- Hans Ramaer, *De dans om het nucleaire kalf*, (Rotterdam: Ram Uitgeverij, 1974).
- C.J. Ries, M. Harbsmeier en K.H. Nielsen, eds. *Ways of Knowing the Field: Studies in the History and Sociology of Field Work and Field Expeditions*, (Aarhus: Aarhus University Press, 2012).
- Peder Roberts, 'Intelligence and Internationalism: The Cold War

- Career of Anton Bruun', *Gentaurus* 55 (2013), pp. 243-63.
- Jan C.C. Rupp, *Van oude en nieuwe universiteiten: de verdringing van Duitse door Amerikaanse invloeden op de wetenschapsbeoefening en het hoger onderwijs in Nederland, 1945-1995*, (Den Haag: Sdu Uitgevers, 1997).
- Frans Saris, 'In Memoriam Jaap Kistemaker,' (2010): <http://www.franswsaris.nl/afscheid/in-memoriam-jaap-kistemaker>, bezocht op 26 oktober 2016.
- Susanna Schrafstetter en Stephen Twigge, 'Spinning into Europe: Britain, West Germany and the Netherlands 1970', *Contemporary European History* 11 (2002), pp. 253-72.
- K. Schuyt en E. Taverne, 1950. *Welvaart in zwart-wit*, (Den Haag: Sdu Uitgevers, 2000).
- Steven Shapin, 'The Invisible Technician', *American Scientist* 77 (1989), pp. 554-63.
- Steven Shapin, *The Scientific Life: A Moral History of a Late Modern Vocation*, (University Of Chicago Press, 2008).
- R.H. Siemssen, 'Levensbericht Hendrik Brinkman', in *Levensberichten en herdenkingen*, (Amsterdam: KNAW, 1994).
- R.H. Siemssen, 'Levensbericht Pieter Maarten Endt,' (2008): www.dwc.knaw.nl/DL/levensberichten/PE00009242.pdf, bezocht op 27 september 2016.
- Henry DeWolf Smyth, *Atomic Energy for Military Purposes: the Official Report on the Development of the Atomic Bomb under the Auspices of the United States Government, 1940-1945*, (Princeton: Princeton University Press, 1945).
- H.A.M. Snelders, 'Kögl, Fritz (1897-1959)', in *Biografisch woordenboek van Nederland*, (Den Haag: 1994).
- Mark Solovey en Hamilton Cravens, eds. *Cold War Social Science: Knowledge Production, Liberal Democracy, and Human Nature*, (Palgrave Macmillan, 2012).
- Geert Somsen, 'Inleiding: De doorbraak van de experts: wetenschap en maatschappelijke vernieuwing rond 1945', *Gewina/TGGNWT* 24 (2001), pp. 193-5.
- Jaap van Splunter, *Kernsplijting en diplomatie: de Nederlan[d]se politiek ten aanzien van de vreedzame toepassing van kernenergie, 1939-1957*, (Amsterdam: Het Spinhuis, 1993).
- Jaap van Splunter, 'Strategic Minerals and Decolonization: The United States and Britain versus the Netherlands, 1945-1951', *The International History Review* 17 (1993), pp. 485-511.

- Jaap van Splunter, *Love at First Sight. Co-operation between the Netherlands and Norway on the Peaceful Use of Atomic Energy, 1950-1960*, (Oslo: Institutt for Forsvarsstudier, 1994).
- Jaap van Splunter, 'Nuclear Fission Across the North Sea: Anglo-Dutch Co-operation on the Peaceful Use of Atomic Energy, 1950-1963', *Journal of Contemporary History* 29 (1994), pp. 663-709.
- Abel Streefland, 'Putting a Lid on the Gas Centrifuge: Classification of the Dutch Ultracentrifuge Project, 1960-1961', in *Cold War Science and the Transatlantic Circulation of Knowledge*, geëdit door Jeroen van Dongen, pp. 77-100, (Leiden: Brill, 2015).
- Abel Streefland, 'Een affaire in een schandaalarm land: Samuel Goudsmit en de Cellastic-affaire rond Jaap Kistemaker', *Tijdschrift voor Biografie* 5 (2016), pp. 50-7.
- Henk Tolsma, 'Prof.dr. J. Kistemaker (1917), initiator van het Nederlandse ultracentrifuge-project', *Technisch Weekblad* (2004).
- Stephen Twigge, 'A baffling experience: Technology transfer, Anglo-American nuclear relations, and the development of the gas centrifuge 1964-70', *History and Technology* 19 (2003), pp. 151-63.
- Geert Verbong, *Op weg naar de markt. De geschiedenis van ECN, 1976-2001*, (Petten: Energieonderzoekcentrum Nederland, 2005).
- E.J.W. Verwey, 'Levensbericht J.H. de Boer', in *Jaarboek*, pp. 88-93, (Amsterdam: KNAW, 1971).
- H.J. Vink, 'Levensbericht E.J.W. Verwey', in *Jaarboek*, pp. 166-77, (Amsterdam: KNAW, 1982).
- A.E. de Vries, *The Enrichment of Radioactive Isotopes by Thermal Diffusion*, (Proefschrift, Universiteit van Amsterdam, 1956).
- Tity de Vries, 'De Amerikaanse cultuurpolitiek ten aanzien van Nederland 1945-1960', *Groniek* 18 (1984), pp. 68-80.
- Mark Walker, 'The "national" in international and transnational science', *The British Journal for the History of Science* 45 (2012), pp. 359-76.
- Zuoyue Wang, 'Transnational Science during the Cold War: The Case of Chinese/American Scientists', *Isis* 101 (2010), pp. 367-77.
- Steve Weissman en Herbert Krosney, *The Islamic Bomb. The Nuclear Threat to Israel and the Middle East*, (New York: Times Books, 1981).
- Cees Wiebes, *Samen met de CIA. Operaties achter het IJzeren Gordijn*, (Amsterdam: Boom, 2016).
- Cees Wiebes en Bert Zeeman, 'Nederland en het Manhattan-project. De geheime thorium-overeenkomst uit 1945', *BMGN-Low Countries Historical Review* 106 (1991), pp. 394-420.

Audra J. Wolfe, 'The Cold War Context of the Golden Jubilee, Or, Why We Think of Mendel as the Father of Genetics', *Journal of the History of Biology* 45 (2012), pp. 389-414.

Gernot Zippe, *Rasende Ofenrohre in stürmischen Zeiten. Ein Erfinderschicksal aus der Geschichte der Uranisotopentrennung im heissen und im kalten Krieg des 20. Jahrhunderts*, (Wien: E. Kubasta, 2008).

DANKWOORD

Dit boek had ik nooit alleen kunnen schrijven. Allereerst dank ik mijn beide promotoren. Bovenal dank aan Frans van Lunteren, mijn steun en toeverlaat in Amsterdam en Leiden. Op cruciale momenten stond Dirk van Delft klaar om te hulp te schieten.

Dank voor de talloze vruchtbare discussies met mijn wetenschaps-historische collega's. In Leiden: David Baneke, Astrid Elbers en Martin Weiss. Aan de vu: Azadeh Achbari, Danny Beckers, Ab Flipse, Matteo Realdi en Ida Stamhuis. En Joppe van Driel, Hieke Huistra, Ad Maas, Ilja Nieuwland, Trienke van der Spek en vele anderen. De avonturen met Friso Hoeneveld, partner in crime, zal ik nooit vergeten. Elmar Hellendoorn hielp mij om centrifugegeheimen te doorgronden.

Het is bijzonder dat de Leidse Sterrewacht dit niet-sterrenkundige project zo genereus ondersteunde. Ook FOM, AMOLF en ETC hebben veel hulp geboden bij het ontsluiten van Kistemakers geschiedenis. Zonder Louise Roos had ik nooit geweten waar ik zoeken moest. Zonder Arthur Morriën en Nico Verschuren had ik niet geweten wat er te vinden was.

Dank ook aan Godelieve Bolten, William Burr, R. Scott Kemp, Renée Kistemaker, Alexander Lagaaij, Ernie Lammers, Cees le Pair, Albert Polman, Petra Rodriguez, Wim van Saarloos, Frans Saris, Anneke Smit, Jan Steenstra, Mark Traa, Geert Verbong en Alex Wellerstein.

Ten slotte, dank voor de onvoorwaardelijke steun van Aad, Pauline, Fabian, Naomi, Thomas en Jurgen.

REGISTER

- Abelson, P.H. 92
 Aerssen Beijeren van Voshol,
 A.N. Baron van 200
 Alberto, Alvaro 169
 Anderson, Philip Warren 46
 Armand, Louis 46
 Aten (jr.), Adriaan Henrik
 Willem 69, 127-130, 164,
 198

 Baars, A.W. 101, 208, 240, 246
 Babeliowsky, Tom P.J.H. 119
 Bakker, Cornelis J. 43-44, 48-49,
 55-63, 71, 73-77, 80-85, 122,
 164, 249
 Bakker, Marcus 224
 Bannier, Jan Hendrik 58, 62, 76,
 82-83, 94
 Barendregt, Frans 41
 Baron, H.W. 122, 193, 231, 255
 Bauduin, P.J.M. 241-242
 Beams, Jesse Wakefield 102-104,
 139, 163, 169
 Beek, A.P.C.M. (Nol) van
 der 255
 Beekman, W.J. 62, 85, 108, 117-
 119, 212, 136, 154-155, 167, 174,
 191, 200, 245, 247, 250-251

 Bendien, G.W. 128-129, 134
 Besseling, J.F. 232
 Beyerle, Konrad 101, 166, 131-
 132, 143, 167, 183, 266
 Bleeker, C.E. 149
 Bloch, Felix 77
 Block, L. de 189, 256
 Bloembergen, Nico 43
 Blok, H. 122, 159
 Boer, J.H. de 38-39, 73, 86, 164,
 191, 228, 238, 242
 Boerboom, Anne Johannes
 Hendrik 92, 96
 Boettcher, Alfred 145, 167-169,
 172, 181-186, 204, 206, 217,
 220, 229, 235
 Bogaardt, Maarten 211, 238-239,
 252, 255, 263
 Bohr, Aage 44
 Bohr, Niels 42, 44, 92
 Boon, E.F. 120-122, 148, 156-
 157, 164, 171-172, 177
 Brasch, Arno 107
 Brinkman, Hendrik 46, 140, 164
 Broersma, Sijbrand 42
 Bruining, Hajo 36, 38-39, 41, 43
 Bruun, Anton Frederik 22
 Bush, Vannevar 22

- Cals, Jo 166, 198-200, 223, 225
 Casimir, Hendrik 43, 56, 70,
 119, 164, 190, 249
 Clay, Jacob 85-86, 92
 Cleveringa, Rudolph 31-32
 Cockcroft, Sir John 114
 Cohen, J.A. 164
 Cohen, Karl 139, 235, 266
 Conant, James 169
 Coster, Dirk 36, 38, 41

 Dekkers, N.H. 193, 255
 Deklava, J. 92
 Dibble, G.H. 190-191
 Diehl, E.J. 122
 Diels, J.C. 162
 Dijck, W.J.D van 94
 Dorgelo, Hendrik Berend 42,
 49, 56-59, 62, 71-73, 76
 Douwes Dekker, H.I. 52, 55,
 61
 Dranen, J. van 219-220
 Duarte de Perón, María Eva
 (Evita) 80
 Duckworth, John 92

 Ehrenfest, Paul 41
 Eisenhower, Dwight D. 89, 129,
 180
 Endt, Pieter Maarten 412, 78
 Ernste, J.W. 188
 Eschauzier, H.F. 127

 Feijter, D. de 193
 Fock, Cornelis Laurens Willem
 (Cees) 166, 188, 207, 222-
 223, 234
 Fokker, Adriaan 109-112
 Fröhlich, Herbert 106-107

 Gamba, Otto 82
 Geevers, F. 193
 Gerbrandy, J.C. 129, 131, 170
 Goedhart, F.J. 83
 Goldschmidt, Bertrand 127
 Gorter, Cornelis 110
 Goudsmit, Samuel 24, 92,
 102, 217-220, 224-225, 258-
 262
 Graaf, J.E. de 164
 Groendijk, H. 41
 Groth, Wilhelm 98, 100, 105-
 106, 113, 129, 131-132, 139,
 143, 145, 165, 167, 172, 181,
 183-184, 191, 201, 217, 224,
 228
 Guéron, Jules 168, 183, 234
 Gugelot, P.C. 198
 Günther, A.H. 166

 Haar, Dirk ter 43, 46
 Haas van Dorsser, Arend
 de 248-249, 251-252, 254
 Haas, W.A. de 184-185
 Haas, Wander J. de 12, 32-33,
 35, 37, 42, 164, 218-219, 223,
 225
 Hall, John 163
 Harteck, Paul 98, 100, 134,
 266
 Hartog, Hendrik den 41, 110
 Hazenbosch, Cees 223
 Heer, Frits de 14, 95, 112
 Hertz, Hermann Gerhard 99,
 114, 276
 Herzsprung, Ejnar 31
 Heymann, Dieter 100, 113-114,
 158, 276
 Heyn, Frans A. 43, 48

- Holst, Gilles 270
 Hoofst, Cornelis Gerardus 't 41
 Houwink, R. 122, 134, 147, 153,
 156-157
 Huber, P. 93
- Jackson, J.F. 115
 Janssen, Jan Pieter Jacobus,
 'Meester' 52, 66, 270
 Johnson, T. 104
 Joliot-Curie, Irène 92-93
 Joliot-Curie, Frédéric 51, 93
 Jong, Lou de 219, 223
 Jost, Res 46
- Keesom, Willem 32-35, 37
 Keizer, Jacoba C. 33
 Kelling, Fridtjof Ernst
 Traugott 14, 122, 193, 195,
 231, 257, 263
 Kessenich, Rienk 219
 Ketelaar, J.A.A. 122, 137-138,
 141-142, 218-220, 225
 Kler, J.J. de 170, 238
 Klinkenberg, Wim 27, 220, 258-
 262
 Koch, J.J. 122, 174
 Koch, Jørgen 44-45, 49, 51, 92
 Kögl, Fritz 74
 Kol, G. 253
 Kolstad, George A. 104, 161-163,
 201, 235
 Korthals, Henk 223
 Kramer, E.L. 154
 Kramers, Hendrik 29-30, 33-36,
 38-39, 41-43, 46-48, 57-58, 62-
 63, 74-75
 Kratzer, Myron 162
 Krige, John 21-22, 90
- Kronberger, Hans 229, 234-235
 Kruift, G.Th. de 69
 Kruyt, Hugo Rudolph 59, 62
 Kuiper, Gerrit Pieter 31
- Lange, Fritz 107
 Lawrence, Ernest 45, 55, 72, 75,
 92
 Libby, Willard Frank 161-163
 Lorentz, Hendrik Antoon 109,
 111
 Los, Johannes (Joop) 119, 131,
 157, 159, 164, 171, 178, 191,
 193, 198, 228-229, 231, 238,
 241-242, 245, 252, 254, 267
 Louwman, J. 251
- Mani, H.K. 189, 213
 Marshall, C.L. 202-203
 Martin, Hans 266
 Meijer, S. 200, 205, 235-236
 Meijers, Eduard 32
 Meyer, J. 140
 Meyers, Howard 201
 Milatz, Joannes Marius
 Wilhelm 41, 49, 57, 62, 73, 84,
 86, 108, 114, 122, 129, 131,
 133-134
 Muijderland, E.A. 193, 255
- Nesmejanov, Aleksandr 139
 Nier, Alfred 91-92
- Ogata, Koreichi 84
 Oliphant, Marcus 55
 Ormondt, J. van 218
- Peierls, Rudolf 55
 Pelsler, J. 254

- Perón, Juan Domingo 80-82
 Perrin, Francis 92
 Piët, A. 193-194
 Platzman, George 46, 95
 Pols, Kornelis van der 238
 Popović, Dragoslav 88
 Pous, Jan Willem de 186-188,
 237, 241-242, 252
 Quay, Jan de 178, 186, 222
 Randers, Gunnar 63
 Reinders, Menno Eppo 56-57,
 61, 69
 Reyseger, Willem 117, 122, 144,
 154-155, 211, 242, 254
 Richter, Ronald 80-83
 Rijnberk, W.L. van 188, 243, 253
 Rol, Pieter Klaas 96
 Roo, G. de 52
 Roos, Louise 10, 355
 Rosenblum, Bruce 46
 Ruscheweyh, Rudolf 218
 Saris, Frans 14, 266
 Scheel, Walter 266
 Scheffel, Rudolf 144, 167, 172
 Schermerhorn, Willem 22, 30,
 36, 38-39, 86, 274
 Schierbeek, P. 128-129, 133-135,
 161, 164, 175-176
 Schutten, Johan 78
 Siegbahn, Manne 46, 51
 Simon, Francis 42
 Sizoo, Gerardus (Gerard)
 Johannes 38-39, 41-42, 57, 75-
 76
 Slotboom, H.W. 164, 189, 255
 Smit, J. 160
 Smulders, J. 66
 Smyth, Henry DeWolf 29, 72
 Stacey, M. 113-114
 Staverman, A.J. 150-152, 154
 Steenbeck, Max 107, 142-143,
 165, 170, 172, 266
 Stern, Otto 46
 Stotijn, Haakon 34
 Strauss, Wilbur 201
 Taconis, K.W. 122
 Theyse, Frits 255
 Thonemann, P.C. 55, 115
 Tijen, H.W. van 156, 177
 Tricht, A.G. van 39
 Tromp, T.P. 188, 190, 213, 237-
 238, 240-243, 246, 248-249,
 252, 257, 263
 Troost, Laurens 248, 252
 Uhlenbeck, George 218
 Urey, Harold 139
 Veldhuyzen, E.J.J. 105-106, 117,
 129, 131-134, 152, 164, 185,
 200, 238, 248, 252
 Verbeek, R.W.J.A. 193
 Verduin, A. 254-255
 Verwey, E.J.W. 74, 237, 272
 Visser, Simon Hendrik 227
 Vlugter, I.R. 120
 Vos, L. 115-116
 Vries, A.E. de 96
 Vries, Coenraad de 78
 Walcher, Wilhelm 98
 Walstra, W.K. 33
 Wapstra, Aaldert 198
 Wells, Algie A. 201-204

Wentzel, H.C. 255	Zinn, Walter 93
Whitley, Stanley 266	Zippe, Gernot 23, 141-145, 149,
Wind, J. 112-113, 160, 231	163, 165, 167, 169, 172, 195,
Woltjer, H.R. 57, 62, 83, 177, 206	204, 217, 266, 276
Wouthuysen, Siegfried 43	Zwartsenberg, J.W. 218-220
Zilverschoon, Cees 14, 61, 71-73,	
78, 87, 91, 164, 248-249	

SUMMARY

Jaap Kistemaker and uranium enrichment in the Netherlands 1945-1962

This book describes the history of uranium enrichment in the Netherlands in the period 1945-1962. The main protagonist is Jaap Kistemaker, the Dutch pioneer of isotope separation. This book is not a biography of Kistemaker. Instead, by following Kistemaker, it describes a crucial period in the history of uranium enrichment, namely the prehistory of the English-German-Dutch cooperation that led to the founding of the industrial firm Urenco. From a broader perspective, this study shows how science underwent a change towards a more industrially inclined, validatable and large-scale endeavor. Technology and science intertwined – legitimizing a term like technoscience.

Directly after the end of the second World War, the Dutch physicist Jaap Kistemaker started researching the possibilities of uranium enrichment. He was appointed by the Foundation for Fundamental Research of Matter (*Stichting voor Fundamenteel Onderzoek der Materie*, FOM). Under supervision of Cornelis Bakker, Kistemaker built a large electromagnetic isotope separator with which small samples of uranium could be enriched. To build the machine, he cooperated with local industries like Werkspoor Amsterdam. In November 1953, he presented the first enriched uranium to FOM.

Kistemaker was the first director of the FOM Laboratory for Mass

Separation in Amsterdam (later called AMOLF). This institution steadily grew from a small-scale institute to a self-sufficient research laboratory. In 1955, Kistemaker got interested in ultracentrifuges: fast spinning cylinders with which uranium isotopes could be separated. The research on ultracentrifuges was mainly based on trial and error. The first experiments were conducted in a shelter on the terrain of Werkspoor. The Dutch Reactor Institute (*Reactor Centrum Nederland*, RCN) supported the centrifuge research financially.

In 1957 Kistemaker organized an international symposium on isotope separation. At this event, he was approached by Gernot Zippe, an Austrian physicist who had worked as a prisoner of war on ultracentrifuges in the Soviet Union. He revealed to Kistemaker that ultracentrifuges would be more efficient if they were based on the principle of the spinning top: lightweight centrifuges that spin in vacuum with the least possible friction. Kistemaker quickly decided to focus his research on this kind of centrifuges. Subsequent attempts to get information from Zippe failed because Zippe had found a job at the German firm Degussa. He was not allowed to share knowledge with Kistemaker.

Within the European framework of Euratom, plans were made to invest in the enrichment of uranium. Although the French wanted to build a diffusion plant, the *Syndicat d'Etudes pour la construction de l'Usine Européenne de Séparation de l'Uranium* decided it best to wait till the ultracentrifuge technology was further developed. Euratom did not invest in a European uranium enrichment plant.

In the period from 1957 till 1960 the Dutch centrifuge program was confronted with bureaucratic demands and financial cutbacks. The project nevertheless grew. Attempts were made to form an alliance with German centrifuge groups, but these failed.

In 1960 Kistemaker's centrifuge project underwent major changes. An American delegation requested the Dutch government to formally classify the centrifuge project. The background for this was not only that knowledge of centrifuges should be contained for security reasons, but also that the US wanted to keep control over

the Dutch project. The Dutch government consented with the American request and classified the project. This had implications for the way Kistemaker could conduct his research.

In the same year, a commission evaluated the project and concluded that it seemed a very promising endeavor. The commission recommended the government to evaluate the project further, which happened in 1961 and 1962. Again, it was concluded that the project was promising enough to keep investing in the project.

In July 1962 Kistemaker resigned as the leader of the project. He and his close collaborator Joop Los stayed on as advisers of the project. In 1971 the Treaty of Almelo was signed by the UK, Germany and the Netherlands. This treaty laid the foundation for the nuclear fuel corporation Urenco.

CURRICULUM VITAE

Abel Streefland werd geboren in Amsterdam op 9 september 1985. Hij genoot zijn vooropleiding aan het Sint Ignatiusgymnasium in Amsterdam. Na een bachelorstudie natuurkunde volgde hij, ook in Utrecht, de masteropleiding History and Philosophy of Science. Met steun van het Erasmusprogramma studeerde hij een halfjaar aan de Humboldt-universiteit in Berlijn. Hij studeerde af op een onderzoek naar de reproduceerbaarheid van het experiment van Franck en Hertz. Eind 2010 begon hij aan een promotieonderzoek naar Jaap Kistemaker en uraniumverrijking in Nederland. Ook schreef hij voor Teylers Museum in Haarlem een populairwetenschappelijk boekje over de Haarlemse jaren van Hendrik Antoon Lorentz. Sinds november 2016 is hij universiteitshistoricus van de Technische Universiteit Delft.

STELLINGEN

- 1 Dat Nederland een grote speler op het gebied van uraniumverrijking is geworden, is vooral te danken aan het doorzettingsvermogen van Jaap Kistemaker.
- 2 Het is jammer dat jongere generaties nauwelijks weet hebben van (en een mening hebben over) de rol die Nederland op het gebied van uraniumverrijking speelt.
- 3 Het ultracentrifugeonderzoek is een vroeg voorbeeld van het soort van wetenschap dat later in de twintigste eeuw dominant zou worden.
- 4 In de geschiedschrijving is de opstelling van bevolkingsgroepen en individuele personen in de Tweede Wereldoorlog al tientallen jaren van vele nuances voorzien. Desondanks blijft in het publieke debat over de oorlog de tegenstelling goed-fout onuitroeibaar.
- 5 Historici moeten een standbeeld oprichten voor de uitvinder van (brief)doorslagen.
- 6 Wetenschapsgeschiedenissen over Nederland in de Koude Oorlog gaan vaak niet over de Koude Oorlog maar vrijwel altijd over de relatie van Nederland met de Verenigde Staten.
- 7 Indien beweerd wordt dat bepaalde bronnen niet langer be-

staan en, mochten zij toch bestaan, de toegang tot hun vermoede locatie wordt geweigerd, dan loont het om het via een andere weg te proberen.

- 8 Het is teleurstellend te moeten constateren dat in dit boek haast geen vrouw voorkomt.
- 9 Een gedegen onderzoek naar de relaties tussen wetenschappers uit Oost en West tijdens de periode 1945-1989 zal ernstig bemoeilijkt worden door het ontstaan van een nieuwe koude oorlog in het huidige tijdgewricht.
- 10 Het maken van muziek bevordert het denken op velerlei vlakken en zorgt voor de discipline die nodig is om een proefschrift af te ronden.