

**MASTER**

**De ontwikkeling van de transistor bij Philips**

Verbong, G.P.J.

*Award date:*  
1981

[Link to publication](#)

**Disclaimer**

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

DE ONTWIKKELING VAN DE TRANSISTOR  
BIJ PHILIPS

G. Verbong

Het afstudeerwerk is verricht in  
het kader van het projekt 'Technische  
Innovaties' van het Samenwerkings-  
orgaan KHT - THE onder begeleiding  
van dr.ir. H.W. Lintsen en  
ir. W. de Ruiter.  
Afstudeerhoogleraar was  
prof. L.J.F. Broer.

Eindhoven mei 1981

## SAMENVATTING

Onderzocht is de ontwikkeling van de transistor bij Philips.

Hoewel er over het algemeen enthousiast op de uitvinding van de transistor in 1948 gereageerd wordt, levert het werk in de beginperiode niet veel resultaten op. Via het belangrijke Bell-symposium in 1952 komt de noodzakelijke basis-kennis ook bij Philips terecht. Dan begint de echte ontwikkeling. Aan het einde van deze periode bevindt Philips zich een gunstige uitgangspositie, omdat het een uitstekend research-laboratorium bezit. De resultaten van vaste stofresearch (de ferrietten), geven Philips een goede onderhandelingspositie in de contacten met Western Electric (Bell), wat resulteert in voordelige licentiecontracten. Ook de contacten met de andere Amerikaanse bedrijven zijn goed. In Europa heeft Philips weinig concurrentie te duchten.

Philips slaagt erin door enkele eenvoudige verbeteringen aan te brengen in de eerste transistors, die in 1954 op de markt komen, en door een bewust gevoerd beleid al snel in grote getale transistors op de markt te brengen, waarmee de Europese markt veroverd wordt. In de jaren '50 is Philips de enige Europese halfgeleiderfabrikant van belang.

Rond 1956 is de introductie van de transistor voltooid: er bestaan aanzienlijke research- en ontwikkelgroepen op transistorgebied en er is ook een productieapparaat opgebouwd. Het aantal toepassingen neemt na die tijd sterk toe, wat bij Philips leidt tot problemen om aan de grote vraag te kunnen voldoen.

Het Philips antwoord op de nieuwe technische ontwikkelingen aan het einde van de 50'er jaren is de POB transistor, waarmee men zelfs de Amerikaanse markt hoopt te veroveren. De POB techniek, die op germanium gebaseerd is, is echter toch inferieur aan de planaire technologie, die silicium als basismateriaal heeft.

Tevens vindt er een verschuiving in de markt plaats. Professionele toepassingen worden steeds belangrijker. Philips probeert ook deze markt veroveren. In het begin zijn de gewone Philipstransistors zo goed, dat er na selectie professionele types overblijven. Maar al spoedig worden geavanceerdere en dus duurder types vereist, wat problemen oplevert bij de dekking van de ontwikkelingskosten. Bovendien beginnen de Amerikaanse ondernemingen zich voor de Europese markt te interesseren.

Philips probeert de concern-activiteiten op halfgeleidergebied te spreiden over meerdere landen. De buitenlandse laboratoria kunnen echter maar moeilijk in de concern-activiteiten in gepast worden, zodat de ontwikkeling van de Philips-transistors in de jaren '50 een Nederlandse aangelegenheid is.

Deze combinatie van factoren resulteert in een bijzonder ongunstige uitgangspositie van Philips in het begin van de jaren '60 als het IC geïntroduceerd wordt.

## DANKWOORD

Ik heb bij mijn onderzoek toegang gekregen tot het Centrale Archief van de N.V. Philips. Ik ben hiervoor mr. C.F.M. Jansen, hoofd Bureau Archiefzaken van Philips, zeer erkentelijk. Daarnaast wil ik in het bijzonder dhr. H. Berghman bedanken voor al het werk, dat hij voor mij gedaan heeft, en voor de prettige samenwerking tijdens het onderzoek.

## INHOUDSOPGAVE

	blz.
SAMENVATTING	i
DANKWOORD	2i
INHOUDSOPGAVE	3i
LIJST MET AFKORTINGEN	1
LIJST MET NAMEN VAN PHILIPS-MEDEWERKERS	2
LIJST MET TABELLEN	4
1. INLEIDING	5
DEEL I DE TRANSISTOR	8
2. DE TRANSISTOR	8
2.1. Enkele begrippen	8
2.2. De uitvinding van de transistor	10
2.3. De technische ontwikkeling	11
3. DE HALFGELEIDERINDUSTRIE	17
3.1. De Amerikaanse halfgeleiderindustrie	17
3.2. De Europese halfgeleiderindustrie	21
DEEL II DE ONTWIKKELING VAN DE TRANSISTOR BIJ PHILIPS	23
4. Philips	23
4.1. Het Natuurkundig laboratorium	23
4.2. De Hoofd Industrie Groepen	24
4.3. De leiding	24
4.4. De Oriënteringscommissie	25
4.5. De Quo Vadis bijeenkomsten	27
5. PRELUDE	28
5.1. Het vaste stofonderzoek op het Nat.lab.	28
5.2. Het werk van van Geel	29
5.3. De ontwikkelingen na de oorlog	31
5.4. De overeenkomst met Bell	32
6. FASE I: DELABORATORIUMFASE 1948 - 1952	33
6.1. Het Nat.lab. en de transistor	33
6.2. Het germanium	35
6.3. De verwachtingen van de transistor	35
6.4. De onderhandelingen met Bell	38
6.5. De concurrentie	41
7. FASE II: DE VERSPREIDING VAN DE KENNIS 1952 EN 1953	42
7.1. Het symposium	42
7.2. De transistor en andere activiteiten	43

7.3. De eerste Quo Vadis bespreking	46
7.4. De betrekkingen met derden	48
7.5. De Transistor Applicatie Groep	51
8. FASE III: APPLICATIE, PRODUKTIE EN MARKTVEROVERING 1954 - 1957	59
8.1. De transistor Applicatie Contactgroepen	59
8.1.1. Het transistor Applicatie Kerncomité	59
8.1.2. Transistor Contact Groep I: Hoorapparaten	62
8.2. De licentiepolitiek	67
8.2.1. General Electric	67
8.2.2. RCA	68
8.2.3. Matsushita	69
8.2.4. Western Electric	70
8.2.5. Philco	71
8.3. Applicaties	74
8.3.1. Toepassingsmogelijkheden van transistors	74
8.3.2. De octrooisituatie	76
8.4. De Philips-transistors	78
8.4.1. De ontwikkelde typen	78
8.4.2. De Pushed Out Base transistor	79
8.5. Quo Vadis	81
8.5.1. Inleiding	81
8.5.2. Quo Vadis Halfgeleiders	83
8.5.2.1. Het Nat.lab.	83
8.5.2.2. Nijmegen	85
8.5.2.3. Applicaties	86
8.5.2.4. Octrooien	87
8.5.2.5. Mogelijkheden en moeilijkheden	87
9. FASE IV: HANDHAVING 1957 -1961	90
9.1. Industriële planning	90
9.2. Produktie	93
9.3. Philips en de VS	95
9.4. De transistor in cijfers	98
9.4.1. Aantallen en omzetten	98
9.4.2. Professionele halfgeleiders	100
9.4.3. Initiële Kosten	102
9.4.4. Philips op de wereldmarkt	105
9.5. 12½ Jaar halfgeleiders	106
10. KONKLUSIES	109
10.1. Algemeen	

10.2. Het innovatieproces	111
10.2.1. De rol van het Nat.lab.	112
10.2.2. Het management	114
10.2.3. De concurrentie	115
10.2.4. Philips en Nederland	116
11. BRONNEN	117
BIJLAGE I Transistortypes en typenaanduiding	125
BIJLAGE II Interview met dr. P.W. Haaijman	127

## LIJST MET AFKORTINGEN

AT&T	American Telegraph & Telephone Company; Western en Bell zijn hier onderdelen van.
COB	Centraal Ontwikkelings Bureau.
GE	General Electric, Amerikaans bedrijf.
h.f.	hoog frekvent.
HIG	Hoofd Industrie Groep.
IC	Integrated Circuit.
IK	Initiële Kosten.
MBLE	Manufacture Belge des Lampes, onderdeel Philips.
MEC	Matsushita Electronics Corporation, Japans bedrijf met Philipsaandeel.
Nat.lab.	Natuurkundig Laboratorium.
NSF	Nederlandse Seintoestellen Fabriek, onderdeel van Philips.
Orco	Oriënteringscommissie.
PIT	Philips Industriële Toepassingen, HIG.
PLI	Philips Light Industries, Amerikaanse vestiging van Philips.
POB	Pushed Out Base, type transistor van Philips.
PTI	Philips Telecommunicatie Industrie, HIG.
R&D	Research and Development.
RD&RC	Radio Development & Research Corporation, Amerikaans bedrijf.
RGT	Radio Grammofoon en Televisie, HIG.
RvB	Raad van Bestuur van Philips.
TAG	Transistor Applicatie Groep.
TAK	Transistor Applicatie Kerncomité.
TI	Texas Instruments.
VS	Verenigde Staten.



## LIJST MET NAMEN VAN PHILIPS-MEDEWERKERS

Naam	Titel	Voorletters	Werk
Abbe van	ir.	H.H.	Ontwikkelings lab. Nijmegen
Alma	ir.	G.H.P.	adj.dir. Elektronenbuizen
Becking	dr.	A.G.Th.	Nat.lab.
Boer de	dr.	J.H.	Nat.lab.
Boer de	-	E.T.	Secretariaat
Bienfait	dr.	H.	Adjunct-dir. Nat.lab.
Blom	-	P.	Apparaten lab.
Bouman	ir.	J.A.J.	Technisch-dir. Apparaten
Boutry	prof.	G.A.	Parijs
Casimir	prof.	H.B.G.	directeur Nat.lab.
Dam van	ir.	M.	adj.-dir. Octrooien & Merken
Dammers	dr.	B.G.	Elektronenbuizen
Diemer	dr.	G.	Nat.lab.
Dil	ir.	W.F.	Apparaten
Geel van	dr.	W. Ch.	Nat.lab.
Groeneveld	ir.	Y.B.F.J.	PTI
Guépin	mr.	A.J.	Raad van Bestuur
Haantjes	-	J.	adj.-dir. Elektronenbuizen
Haaijman	dr.	P.W.	adj.-dir. Nat.lab.
Hazeu	ir.	H.A.G.	Techn.-dir. Elektronenbuizen
Hengel van	ir.	J.	Apparaten
Holst	prof.	G.	directeur Nat.lab.
Jenneskens	-	G.J.L.M.	comm.-dir. Elektronenbuizen
Jochems		P.J.W.	Nat.lab.
Knaap van der	ir.	P.D.	Elektronenbuizen
Knol	dr.	K.S.	Nat.lab.
Königs	ir.	C.J.	Elektronenbuizen T.C. halfgel.
Kröger	dr.	F.A.	Nat.lab.
Leopold	ir.	F.M.	Octrooien & Merken
Lopes Cardozo	ir.	M.	dir. COB
Loupart	-	O.M.E.	RvB
Maesen van der	dr.	F.	Nat.lab.
Moleman	ir.	P.	Halfgeleiders Nijmegen
Otten	ir.	P.F.S.	Voorzitter RvB
Overbeek van	-	A.J.W.M.	Nat.lab.

Oudemans	mr.ir.	G.	Octrooien & Merken
Pannenburg	dr.ir.	A.E.	adj.-dir. COB (tot 1955)
Philips	ir.	F.J.	Presidium RvB
Posthumus	ir.	K.	NSF
Rinia	ir.	H.	directeur Nat.lab.
Roosdorp	ir.	H.J.	PIT
Sluiters van	-	A.	adj.-dir. Elektronenbuizen
Snoek	dr.	J.L.	Nat.lab.
Spek van der	dr.	J.J.	Ontwikkelingslab. Nijmegen
Stieltjes	ir.	F.H.	Nat.lab.
Suchtelen	jhr.ir.	H.	Nat.lab.
Tellegen	prof.ir.	B.D.H.	Nat.lab.
Tromp	ir.	Th.P	RvB
Tummers	ir.	L.J.	Nat.lab.
Tuuk van der	dr.	J.H.	adj.-dir. Elektronenbuizen
Verweij	dr.	E.J.W.	dir. Nat.lab.
Vessem van	dr.	J.C.	Ontwikkelingslab. Nijmegen
Vink	dr.	H.J.	Nat.lab.
Vries de	ir.	G.	Nat.lab.
Walsem van	mr.	H.F.	Commissaris der N.V.
Wieringen	dr.	J.S.	Nat.lab.
Winkel te	ir.	J.	Nat.lab.
Winkel van	dr.		Nat.lab.
Zaalberg van Zelst	dr.	J.J.	Nat.lab.

## LIJST MET TABELLEN

blz.

Tabel 2.1. Belangrijke produktinnovaties in de halfgeleiderindustrie.	14
Tabel 2.2. Belangrijke procesinnovaties in de halfgeleiderindustrie	15
Tabel 3.1. Halfgeleiderpatenten, toegekend aan US-firma's van 1952-1962, uitgedrukt in percentages van het geheel.	17
Tabel 3.2. Halfgeleider R&D uitgaven in de US in 1959.	18
Tabel 3.3. Aandeel van de halfgeleiderproductie voor Defensie	20
Tabel 3.4. Percentage van de totale US-halfgeleidermarkt in 1957.	20
Tabel 3.5. Patentenbezit verdeeld over de 3 typen ondernemingen in percentages van het geheel.	21
Tabel 8.1. Octrooisituatie op het gebied van transistorschakelingen in 1955.	77
Tabel 8.2. De productie van onderdelen voor informatie verwerkende machines in januari 1958.	82
Tabel 9.1. Productieschattingen halfgeleiders 1957/58 en 1961/62.	90
Tabel 9.2. Uitvalpercentages in % van de bruto productie.	90
Tabel 9.3. De totale onderdelenproductie van Philips in miljoenen stuks.	98
Tabel 9.4. Concernafleveringen van transistors in miljoenen stuks.	99
Tabel 9.5. Totaal afleveringen halfgeleiders in miljoenen stuks.	99
Tabel 9.6. Concernomzetten transistors en halfgeleiders in miljoenen gulden.	99
Tabel 9.7. Overzicht resultaten halfgeleiders in miljoenen gulden.	100
Tabel 9.8. Concernomzet halfgeleiders, verdeeld naar typen, in miljoenen gulden.	100
Tabel 9.9. Totale Europese markt van professionele halfgeleiders en het aandeel van Philips daarin.	101
Tabel 9.10. Het aantal typen halfgeleiders, dat ontwikkeld en geproduceerd is.	102
Tabel 9.11. Overzicht uitgaven per ontwikkelde type, die in de periode '54 - '62 in productie genomen zijn.	103
Tabel 9.12. Overzicht gerichte IK voor entertainment en professionele halfgeleiders.	103
Tabel 9.13. Overzicht aantal jaren benodigd voor dekking IK.	103
Tabel 9.14. Vergelijking van de Concernomzet in EEG/EFTA en USA-export.	106

## 1. INLEIDING

Dit verslag is het resultaat van een onderzoek naar de ontwikkeling van de transistor bij de N.V. Philips. Het is één van de case-studies van het project 'Technische Innovaties', dat in het kader van het samenwerkingsproject KHT - THE wordt uitgevoerd. De globale doelstelling is een bijdrage te leveren aan een theorie over technische innovaties, die tot op heden nog in zijn kinderschoenen staat. Dit gebeurt door een aantal innovaties gedetailleerd te bestuderen en te beschrijven. De transistor is een van de cases.

De transistor behoort tot de belangrijkste uitvindingen van deze eeuw. De introductie van de transistor in de elektronische industrie heeft geleid tot de ontwikkeling van de halfgeleiderelectronica, die bestaat uit een hele reeks belangrijke innovaties. Met de ontwikkeling van de halfgeleiderelectronica zijn hele nieuwe industrieën, beroepen, produktiewijzen en organisatiestructuren ontstaan. De voorbeelden hiervan zijn legio. De heftige discussies rond de invoering van de microprocessor, een rechtstreekse afstammeling van de transistor, wijzen erop, dat deze ontwikkeling nog lang niet ten einde is.

Daarnaast wordt de transistor gezien als een typisch voorbeeld van een zogenaamde 'science based' industrie. Het geval van de transistor wordt vaak gebruikt als argument voor de stelling, dat fundamenteel onderzoek belangrijke praktische resultaten oplevert, ja zelfs, dat dit onderzoek de bron van alle vernieuwing is. Bovendien ziet men de transistor als een van de grote triomfen van het moderne multi-disciplinaire research-laboratorium. De ontdekking van de transistor bij de Bell laboratoria stelt men vaak als voorbeeld, hoe moderne research georganiseerd dient te worden. De gang van zaken bij de uitvinding van de transistor bij Bell is elders uitvoerig onderzocht, evenals de hele ontwikkeling van de Amerikaanse halfgeleiderindustrie.

Dit is niet het geval voor de Europese situatie. In Europa speelt Philips een belangrijke rol. Voor de tweede wereldoorlog is Philips een van de belangrijkste buizenfirma's ter wereld. Philips slaagt erin, door uitgebreide en kwalitatief hoogstaande research, bij te dragen aan een aantal belangrijke verbeteringen en nieuwe ontwikkelingen op buizengebied. Philips produceert naast gloeilampen en buizen ook apparaten, die buizen gebruiken, zoals radio's, röntgen-apparatuur en later televisies. Er is dan in geen enkel opzicht sprake van een achterstand t.o.v. de Verenigde Staten.

Na de tweede wereldoorlog is de situatie sterk veranderd. Door de oorlog zijn een aantal ontwikkelingen in de VS versneld, terwijl in Europa het werk heeft stil gelegen. De belangrijkste voorbeelden zijn de kernenergie en de electronica. De electronica in de VS heeft een beslissende voorsprong genomen op Europa, die nog steeds bestaat. Philips is gedwongen om van buizen naar transistors over te schakelen, als transistors naast militaire toepassingen ook in de amusementssector toegepast worden. Aangezien Philips op het ogenblik een van de grootste producenten van IC's is, is het duidelijk, dat de invoering van de transistor in elk geval op lange termijn succesvol is geweest.

In een eerste opzet van het onderzoek, zou de nadruk komen te liggen op de rol van een modern research-laboratorium bij een belangrijke innovatie. Philips heeft altijd zeer veel geld en mankracht besteed aan research; het Natuurkundig Laboratorium van Philips staat dan ook internationaal goed aangeschreven. Het ligt voor de hand om een verband te zoeken tussen deze grote research-inspanning en de goede verkoopsresultaten van Philips. Verder bestond het vermoeden, dat het bestaan van een renderende buizensector de politiek van Philips t.a.v. de invoering van de transistor sterk beïnvloed zou hebben. Dit hangt samen met het beeld, dat vaker van Philips geschetst wordt, nl. als handige zakenlieden, die goed en snel inspringen op nieuwe ontwikkelingen van derden, bijvoorbeeld door overname van bedrijven.

De beschikbare bronnen hebben ertoe geleid, dat de vraagstelling in de loop van het onderzoek enigszins verschoven is. Toegang tot de Nat. lab. archieven is tot nu toe moeilijk gebleken; daarentegen is wel toegang verkregen tot het Centrale Archief van Philips. Gepoogd is om een globaal overzicht van de transistorontwikkeling bij Philips in de jaren '50 te geven. Centrale thema's hierbij zijn de verwerving, respectievelijk uitwisseling van kennis, zoals die tot uiting komt in de licentiepolitiek, de contacten met de concurrentie en de activiteiten van het Nat. lab., de verbreiding van de kennis over het concern, de ontwikkeling in het denken over de toepassingen van de transistors in samenhang met de buizenontwikkeling en ontwikkeling, eigenschappen en verkoop van Philips-transistors.

Het verslag valt in twee delen uiteen. Deel I geeft een beknopt overzicht van de belangrijkste technische ontwikkelingen (hfdst. 2.) en de voor dit onderzoek interessantste karakteristieken van de Europese en Amerikaanse halfgeleiderindustrie (hfdst. 3.).

Deel II beschrijft de ontwikkeling van de transistor bij Philips. Het is hoofdzakelijk gebaseerd op Philipsbronnen. Het geeft een beeld van de werkwijze en de manier van denken bij Philips en waarin dit geresulteerd heeft. Na een kort overzicht van de structuur van Philips, voor zover relevant (hfdst. 4.), wordt in het kort aangegeven, wat er bij Philips gedaan is aan vaste stofonderzoek voor de uitvinding van de transistor (hfdst.5.).

De ontwikkeling van de transistor is in 4 fasen verdeeld. Fase I (hfdst. 6.) beschrijft het laboratoriumonderzoek. In fase II komt de transistor in de ontwikkelingsfase terecht (hfdst. 7.). Op het einde van deze fase wordt een begin gemaakt met het georganiseerd verspreiden van de transistorkennis over het concern. In de volgende fase (hfdst. 8.) wordt dit werk op een concreter niveau voortgezet; de eerste toepassingen komen binnen handbereik en de eerste typen worden ontwikkeld en geproduceerd. Fase IV (hfdst. 9.) beschrijft de problemen bij de handhaving van de inmiddels verworven positie. Hierin worden tevens enige ontwikkelingen aangegeven, die de positie van Philips in de jaren '60 sterk beïnvloed hebben. Hoofdstuk 10, dat de conclusie bevat, sluit het verslag af. Hoofdstuk 11 bevat een verantwoording van de geraadpleegde bronnen.

## DEEL I DE TRANSISTOR

### 2. DE TRANSISTOR

Van de uitvinding van de transistor, eind 1947, tot het Integrated Circuit (IC), dat in de jaren '60 op de markt komt, is een lange weg. De belangrijkste stappen op die weg komen in dit hoofdstuk aan de orde. Voor de voorgeschiedenis van de transistor verwijs ik naar mijn stage-verslag!

#### 2.1. Enkele begrippen

Hoewel het in dit verband niet mogelijk is om uitgebreid in te gaan op de halfgeleiderfysica en -technologie, is het toch noodzakelijk om enkele begrippen - enigszins vereenvoudigd en zeer beknopt - te behandelen, omdat ze onontbeerlijk zijn voor het begrip van de ontwikkelingen, die in dit verslag beschreven worden.

In de vaste stoftheorie onderscheidt men 3 soorten stoffen: geleiders, isolatoren en halfgeleiders. Het verschil tussen deze drie stoffen kan verklaard worden met behulp van het bandenmodel van de vaste stof. Volgens dit model zijn de energieniveaus, die elektronen in een kristal kunnen bezetten, gegroepeerd in banden. Tussen deze banden bevinden zich verboden zones; een elektron in een kristal kan zich niet in een energieniveau bevinden, dat in zo'n verboden zone ligt. Deze energieniveaus worden vanaf het laagste niveau opgevuld. Is nu de bovenste band, waarin nog elektronen zijn, helemaal gevuld, dan betekent dit, dat elektronen niet een beetje energie kunnen opnemen (en dus in een hoger niveau terecht komen). Om in een hoger energieniveau terecht te kunnen komen, moeten de elektronen naar een hogere band; hiervoor is veel energie nodig. Deze stof is een isolator. Is de bovenste band slechts gedeeltelijk gevuld, dan kunnen de elektronen wel naar een hoger energieniveau gaan door een beetje energie op te nemen. Deze elektronen kunnen aan de geleiding van stroom deelnemen en deze stof is een geleider.

Halfgeleiders zijn stoffen, waarvan de bovenste band met elektronen helemaal gevuld is, maar de afstand tussen de laatste gevulde band en de eerste lege band is dermate klein, dat bijvoorbeeld de energie van de warmtebeweging al in staat is om de elektronen naar de hogere band te brengen. Vindt dit plaats, dan laat het elektron een gat achter in de gevulde band. Dit gat kan opgevat worden als een deeltje met een positieve lading. In een halfgeleiderkristal zijn dus twee soorten ladingsdragers, de negatief geladen elektronen en de positief geladen gaten. Zoals eenvoudig uit het model te zien is, is het aantal elektronen en gaten, dat beschikbaar is voor la-

dingtransport een stijgende functie van de temperatuur. Ten gevolge van de toenemende warmtebeweging komen immers meer elektronen in de hogere band terecht. Dit verklaart de negatieve temperatuurcoëfficiënt van halfgeleiders: bij temperatuursverhoging daalt de weerstand in tegenstelling tot de situatie bij metalen. Belangrijkste enkelvoudige halfgeleiders zijn silicium en germanium.

De verhouding tussen het aantal gaten en elektronen in een halfgeleider is een zeer gevoelige functie van de zuiverheid van het kristal. Verontreiniging van het kristal met andere elementen brengt in de verhouding gaten/elektronen grote veranderingen teweeg. Verontreiniging met 5-waardige stoffen levert een n-type halfgeleider. Deze verontreinigingen hebben een elektron extra, dat zij afstaan, waardoor er een overschot aan elektronen ontstaat. De elektronen zijn de meerderheidsladingsdragers in dit geval en de gaten de minderheidsladingsdragers. Hoewel er een grote kans bestaat, dat een gat met een elektron recombineert, d.w.z. verdwijnt, blijven er toch nog gaten over in een n-type halfgeleider. Verontreiniging met 3-waardige elementen levert een p-type halfgeleider. De gaten zijn nu meerderheidsladingsdragers.

Een p-type kristal, dat geplaatst wordt tegen een n-type kristal levert een zogenaamde p-n-overgang. Deze geleidt de stroom in de ene richting wel en in de andere niet. De verklaring hiervoor berust op de diffusie van elek-

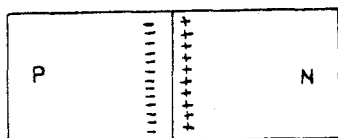


Fig.2.1. pn-overgang

tronen van het n-gebied naar het p-gebied en van gaten in de andere richting. Hierdoor ontstaat aan de overgang een laag, waaruit alle vrije ladingsdragers verdwenen zijn, de depletielaag. De ruimtelading, die zo ontstaat bouwt een elektrisch veld op, dat de verdere diffusie van meerderheidsladingsdragers tegenwerkt. In de evenwichtssituatie vindt er geen ladingtransport meer plaats. Minderheidsladingsdragers, die in de buurt van de overgang komen, zullen door het elektrisch veld naar de andere kant gezogen worden. Dit verschijnsel is essentieel voor de werking van de transistor.

De potentiaalbarrière, die ontstaan is ten gevolge van het elektrisch veld, kan door het aanleggen van een spanning over het kristal verhoogd worden. Dit is de sperrichting. Wordt door een uitwendige spanning de barrière verlaagd, dan staat de pn-overgang in de doorlaatrichting. In dit geval kan er een grote stroom van meerderheidsladingsdragers door de overgang gaan.



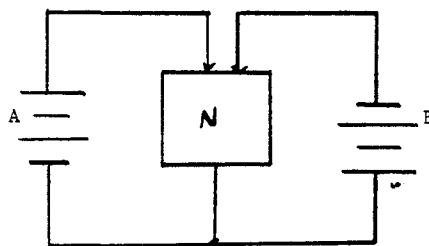
## 2.2. De uitvinding van de transistor

De uitvinding van de transistor "hangt in de lucht" aan het einde van de tweede wereldoorlog<sup>2</sup>. De feitelijke uitvinding vindt plaats in de Bell-laboratoria. Men heeft daar een breed onderzoekprogramma op het gebied van de vaste stoffysica opgezet. Een van de doelen van dit programma is een vaste stofversterker.

De eerste ideeën om een vaste stofversterker te maken berusten op een volledige analogie van de triode, nl. door het inbouwen van een rooster in het gebied waar de gelijkrichting plaatsvindt. Een andere mogelijkheid is het beïnvloeden van het aantal vrije elektronen door middel van een elektrisch veld, dat van buitenaf wordt opgelegd. Op aanraden van W. Shockley gaat men bij Bell na de oorlog aan dit veld-effektprincipe werken. Experimenten, die uitgevoerd worden op basis van berekeningen van Shockley, leveren echter geen resultaten op.

Om dit negatieve resultaat te verklaren doet J. Bardeen de suggestie, dat de elektronen in het kristal niet vrij zijn, maar gevangen zitten in oppervlaktetoestanden. Het aanleggen van een elektrisch veld heeft dan geen invloed. De theorie van Bardeen kan de negatieve resultaten zeer goed verklaren. Om deze theorie verder te testen en om te proberen een methode te vinden om de oppervlaktetoestanden te neutraliseren, zodat wel een veld-effekt-transistor gebouwd kan worden, worden in de Bell-laboratoria een aantal experimenten uitgevoerd.

In een van deze proeven van Bardeen en Brattain zijn twee contacten zeer dicht bij elkaar op een germaniumkristal geplaatst. Aansluiten van batterij



*Fig 2.2. Punt-contacttransistor*

A vergroot de stroom in het B-circuit, m.a.w. dit element versterkt. Dit is de eerste aanwijzing voor het bestaan van een transistoreffekt. Het experiment, dat op 21 december 1947 uitgevoerd is, is niet met de bedoeling opgezet om versterking te vinden. Er is dus sprake van een toevallige ontdekking.

Dit element is de punt-contacttransistor. Een verklaring van de werking van dit element is niet eenvoudig. De meest voor de hand liggende verklaring is dat de aansluiting van het A-circuit een gatenstroom van het linker- naar het rechtercontact tot gevolg heeft, met andere woorden, een stroom van minderheidsladingsdragers. Een kwantitatieve verklaring is echter veel moeilijker te geven<sup>3</sup>

Met het concept van de minderheidsladingsdragers als basis ontwerpt Shockley de lagentransistor. In zijn boek 'Electrons and Holes in Semiconductors'<sup>4</sup>; dat Shockley in 1949 schrijft, geeft hij exact de werking van dit nieuwe element weer, zonder dat er ook maar een gebouwd is: de theorie gaat de uitvinding in dit geval duidelijk vooraf<sup>5</sup>

Een lagentransistor kan van het pnp of van het npn-type zijn. Een npn-transistor bestaat uit een kristal van germanium of silicium, met twee n-gebieden, die door een dunne p-laag van elkaar gescheiden zijn. Shockley heeft laten zien, dat een toename van de spanning over het A-circuit een

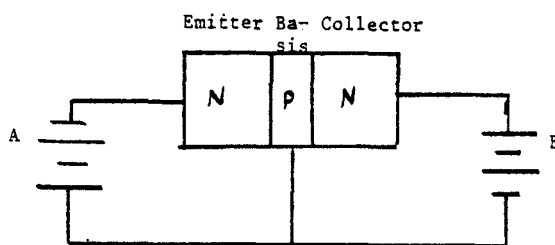


Fig. 2.3. De npn-transistor.

toename van de stroom van elektronen tussen de emitter en de collector tot gevolg heeft. Bij een juiste batterijspanning is de verandering in de spanning over het B-circuit groter dan de aangebrachte verandering in de spanning over het A-circuit. De transistor versterkt dus. Dit is alleen mogelijk, omdat door het p-gebied een stroom van minderheidsladingsdragers kan gaan. Zou dit niet kunnen, dan bestond er ook geen transistor<sup>6</sup>

### 2.3. De technische ontwikkeling

De ontdekking van de punt-contacttransistors is midden 1948 officieel bekend gemaakt. De principes van de lagentransistor zijn in 1950 bekend, maar het duurt nog enkele jaren, voordat de transistor op commerciële basis geproduceerd kan worden.

De germanium punt-contacttransistor is bij Western Electric in commerciële productie. Western Electric is de produktievleugel van American Telegraph & Telephone Company (AT&T), waar ook de Bell deel van uitmaakt. Enkele andere

grote firma's, zoals Raytheon, hebben een experimentele produktie lopen. Hoewel deze transistor een wetenschappelijke doorbraak betekent, is het een regelrechte ramp voor de fabrikant. Het is moeilijk om betrouwbare transistors te maken en het is nog veel moeilijker om twee transistors met dezelfde karakteristieken te maken; de levensduur is onzeker en de punt-contacttransistor is zeer gevoelig voor invloeden uit de omgeving. Western Electric gebruikt deze transistors in telefoonsystemen; verder worden er vanaf eind 1952 in de VS transistors in hoorapparaten gebruikt. De punt-contacttransistor wordt echter al snel door de in vrijwel alle opzichten betere lagen-transistor verdrongen.<sup>7</sup>

De eerste lagen-transistors zijn gemaakt bij Bell. Hiervoor heeft men de optrekmethodes ontwikkeld. Bij deze methodes worden éénkristallen uit een smelt van germanium getrokken. Bij het langzaam optrekken van het kristal worden verontreinigingen aan de smelt toegevoegd, bijv. Sb, As of P, waardoor een n-type kristal ontstaat. Op een zeker moment voegt men aan de smelt zoveel acceptormateriaal toe, dat de acceptorconcentratie groter wordt dan de donorconcentratie. Het kristal groeit dan verder als p-kristal. Door weer donoren aan de smelt toe te voegen, ontstaat er weer een n-gebied. Het zo getrokken kristal wordt vervolgens in schijven gesneden en men bevestigt contacten aan elk van de drie lagen. Het resultaat is de grown junction transistor.<sup>8</sup> Deze transistors produceren minder ruis en kunnen grotere vermogens versterken, maar ze hebben een nog kleiner frequentiebereik dan de punt-contacttransistor.<sup>9</sup>

Een grote vooruitgang voor de transistorfabricage is geboekt door het ontwikkelen van methodes om de p-n overgangen achteraf aan te brengen, dus niet tijdens de groei van het kristal. Men maakt dan transistors door eerst een groot homogeen kristal in stukjes te zagen en vervolgens de gewenste overgangen aan te brengen.

Een van de methodes om dit te doen is de legermethode. Deze is in 1952 door General Electric (GE) ontwikkeld en is al spoedig ook door de Radio Corporation of America (RCA) overgenomen. Men gaat uit van een stukje n-germanium, waarop een bolletje indium wordt aangebracht. Dit wordt verhit tot  $500 \text{ à } 600^{\circ}\text{C}$ . Het indium is dan gesmolten, maar het germanium is dan nog vast. In het gesmolten indium lost germanium op, waardoor de druppel het kristal binnendringt. Bij afkoeling kristalliseert het opgeloste germanium weer uit, zodat er een laagje verontreinigd germanium kristal ontstaat, dat van het p-type is. Door dit aan twee kanten te doen, ontstaat de legerings-transistor (zie fig.2.4.).<sup>10</sup>

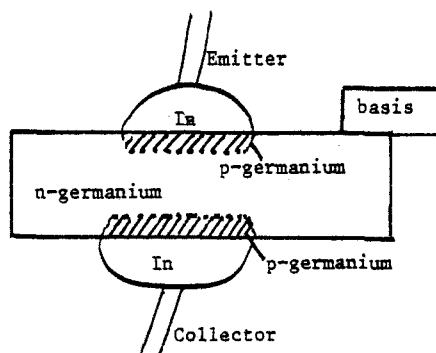


Fig. 2.4. De legeringstransistor

De legeringstransistor kan hogere frekwenties verwerken dan de grown junction transistor, maar alleen als de germaniumlaag dun genoeg is. Dit heeft grote problemen veroorzaakt bij het ontwikkelen van een productieproces, dat voldoende nauwkeurig is.<sup>11</sup>

Hiervoor heeft Philco een oplossing gevonden. Men heeft ontdekt, dat het plakje germanium dunner gemaakt kan worden door het aan beide zijden te besproeien met een elektrolyet, waarbij het germanium een positieve potentiaal heeft t.o.v. de elektrolyet. M.b.v. een infrarooddetektor kan bepaald worden wanneer de gewenste dikte bereikt is. Dit is de jet-etching techniek. Door hierna de legeringsmethode toe te passen ontstaat de Philco surface barrier transistor, die de tot dan toe hoogste frekwenties bereikt. De kosten zijn echter vrij hoog en de dunheid van de basis maken de transistor kwetsbaar.<sup>12</sup>

Belangrijk in het licht van de latere ontwikkelingen is de vervaardiging van de eerste silicium transistor in 1954 door Texas Instruments. Hiervoor heeft men de oudere grown junction techniek gebruikt. Andere firma's hebben het met nieuwere technieken geprobeerd, echter zonder resultaat.<sup>13</sup>

Een tweede mogelijkheid om p-n overgangen in homogene kristallen aan te brengen is de diffusiemethode. Dit komt er op neer, dat men gasvormige verontreinigingen in de kristallen laat diffunderen. Omdat diffusie een langzaam verloopend proces is, kan men door keuze van de temperatuur en de duur van de behandeling reproduceerbare dunne lagen met een voorgeschreven dikte maken. Deze methode is ontwikkeld door Bell en GE. Door fotografische technieken toe te passen, zoals het aanbrengen van maskers, kan ook de plaats waar de diffusie plaatsvindt nauwkeurig vastgelegd worden. Dit type transistor, de diffusietransistor, kan weer hogere frekwenties aan en is ook betrouwbaarder.<sup>14</sup>

Op het diffusieproces zijn talrijke verbeteringen aangebracht. De allerebelangrijkste is ongetwijfeld de planaire techniek. Hierbij wordt op een siliciumkristal een laagje siliciumoxide aangebracht, dat het kristal zeer goed isoleert. Vervolgens brengt men m.b.v. ets-technieken een bepaald masker aan. Door het etsen worden bepaalde delen van het siliciumoppervlak blootgelegd. Daarna brengt men d.m.v. diffusie de gewenste verontreinigingen

aan. Dit kan zo vaak herhaald worden als men maar wilt. De plaats van behandeling kan gevarieerd worden, evenals het type verontreiniging. Het grote voordeel van deze techniek is dat hierdoor massa-fabricage mogelijk wordt op een schaal, die met geen van de andere technieken bereikt kan worden. Vanaf het begin van de jaren '60 is de planaire techniek de dominante techniek in de halfgeleiderindustrie.

Tabel 2.1. Belangrijke produktinnovaties in de halfgeleiderindustrie

Innovatie	Onderneming	Eerste productie	Belang
Punt-contact transistor	Western Electric	1951	Eerste vaste stofversterker. Efficiënter in vermogensverbruik. Goedkoper, betrouwbaarder en kleiner dan buizen.
Grown junction transistor	Western Electric	1951	Grotere opbrengst, dus lagere kosten. Minder ruis, beter bestand tegen schokken.
Legeringstransistor	General Electric RCA	1952	Sterk verbeterde mogelijkheden als schakелеlement. Heeft de opkomst van 2e generatie computers bevorderd.
Surface barrier transistor	Philco	1954	Vergroot frekwentiebereik en schakelsnelheid; nuttig in computerontwikkeling.
Silicium lagen-transistor	Texas Instruments	1954	Eerste siliciumtransistor, vergroot temperatuurbereik en frekwentiebereik. Belangrijk voor de militaire markt.
Diffusie transistor	Western Electric Texas Instruments	1956	Lagere produktiekosten. Vergrootte betrouwbaarheid en frekwentiebereik.
Silicium controle gelijkrichter	General Electric	1956	Gelijkrichter, die tegelijkertijd de stroom controleert.
Tunnel diode	Sony (Japan)	1957	Kan speciale buizen voor zeer hoge frequenties en oscillaties vervangen. Erg snel, maar te duur.
Planaire transistor	Fairchild	1960	Massaproductie mogelijk, verlaging van de kosten. Betere werking en betrouwbaarheid.
Epitaxiale transistor	Western Electric	1960	Vergrootte schakelsnelheid, lagere produktiekosten.
Integrated Circuit	Texas Instruments Fairchild	1961	Eerste halfgeleider element met twee of meer elementen in een siliciumsubstraat. Grotere betrouwbaarheid, grotere schakelsnelheid, lagere kosten en grotere mogelijkheden tot verdere miniaturisatie.
MOS transistor	Fairchild	1962	Goedkoper element voor lage schakeldoel-einden. Makkelijk in circuit (IC) in te bouwen. Minder processtappen nodig.

Bron: John E. Tilton, The international diffusion of technology, Washington 1971, pag. 16.

Naast technieken om transistors te maken, is ook de materiaaltechnologie van doorslaggevende betekenis geweest. In 1948 slagen Teal en Little erin om éénkristallen te maken met de boven beschreven optrekmethod. Aanbrengen van verontreinigingen leidt tot de grown junction transistor. Een volgende stap, die eveneens bij Bell plaatsvindt, is de zone-refining methode van Pfann, die tussen 1951 en 1954 ontwikkeld wordt. Hierbij wordt een dunne gesmolten zone door een staaf germanium verplaatst. Omdat verontreinigingen in gesmolten germanium beter oplosbaar zijn, dan in vast germanium, worden

de verontreinigingen meegenomen in de gesmolten zone naar het uiteinde, dat vervolgens verwijderd wordt. Door dit proces enkele malen te herhalen, heeft men een grotere zuiverheid verkregen dan met welke andere methode dan ook.<sup>15</sup>

Het maken van zuiver silicium is veel moeilijker. Het heeft een hoger smeltpunt en is veel gevoeliger voor verontreinigingen. Voor de productie van zuiver silicium heeft men bijvoorbeeld de floating zone refining methode ontwikkeld. Maar de meeste materiaalresearch in die jaren vindt plaats aan chemische zuiveringsmethoden van silicium.<sup>16</sup>

Het voordeel van siliciumtransistoren is, dat ze bij hogere temperaturen kunnen werken. Dit komt omdat de bandafstand bij silicium groter is dan die van germanium. Gevolg hiervan is ook, dat de beweeglijkheid van de ladingsdragers kleiner is, waardoor de frekwentiekarakteristieken slechter zijn dan van germaniumtransistors. Ten gevolge hiervan zijn vrijwel alle in de jaren '50 vervaardigde transistors van germanium gemaakt. De komst van de

Tabel 2.2. Belangrijke procesinnovaties in de halfgeleiderindustrie

Innovatie	Onderneming	Datum van ontwikkeling	Bijbehorend produkt	Belang
Het groeien van éénkristallen	Western Electric	1950	Grown junction transistor	Methode om germanium kristallen te groeien en 'dopen'. Zelfde innovatie voor silicium in 1952.
Zone refining	Western Electric	1950		Productie van extreem zuiver germanium en silicium.
Legeringsproces	General Electric	1952	Legerings transistor	Nieuwe methode om pn-overgangen te realiseren. Beterere transistors
3-5 samengestelde halfgeleiders	Siemens (Duitsland)	1952		Halfgeleider materialen gemaakt van elementen uit de derde en vijfde rij van het periodiek systeem.
Jet etching	Philco	1953	Surface barrier transistor	Proces om hoogfrequentie transistors te maken
Oxidemaskers en diffusie	Western Electric	1955	Diffusie transistor	Verbeterde produktiemethode, massa-produktie mogelijk. Beterere kwaliteitscontrole. Verbeterde eigenschappen alle elementen.
Planair proces	Fairchild	1960	Planaire transistor	Ontwikkeling van masker- en diffusieproces. Lagere kosten, betrouwbaarder. Belangrijk voor de economische produktie van IC's.
Epitaxiaal proces	Western Electric	1960	Epitaxiale transistor	Techniek om pn-overgang te maken door een type kristal op ander type te laten groeien. Gecombineerd met planair proces: lagere produktiekosten, verbetering van karakteristieken, i.h.b. van het frekwentiebereik.

planaire techniek, die met silicium werkt, heeft het germanium definitief verdrongen.<sup>17</sup>

Tilton geeft in zijn boek een overzicht van de belangrijkste produkt- en procesinnovaties.<sup>18</sup> Deze zijn weergegeven in de tabellen 2.1. en 2.2. Deze lijsten komen goed overeen met overzichten van de belangrijkste innovaties in de overige literatuur. Er zijn echter wel enige verschillen. Zo wordt soms de tunneldiode van de lijst afgevoerd, terwijl de germanium vermogelijkrichter van een Engelse firma en de legerings-diffusie transistor van Philips toegevoegd worden.<sup>19</sup>

### 3. DE HALFGELEIDERINDUSTRIE

Hoewel er al een beperkte halfgeleiderindustrie bestaat voor de uitvinding van de transistor, begint deze zich pas vanaf 1950 echt te ontwikkelen. Dit hoofdstuk bevat enkele gegevens over de Amerikaanse en Europese halfgeleiderindustrie. De gegevens berusten op Tilton's International Diffusion of Technology: The case of semiconductors.

#### 3.1. De Amerikaanse halfgeleiderindustrie

De commerciële introductie van de punt-contacttransistor in 1951 door Western Electric kan opgevat worden als het werkelijke begin van deze nieuwe industrietak. De firma's, die zich met de produktie van halfgeleiders bezig houden, kunnen in drie groepen verdeeld worden:

- 1 AT&T, waartoe de Bell labs en Western Electric. AT&T vormt een aparte groep vanwege de unieke positie, die zij in de transistorontwikkeling ingenomen heeft.
- 2 De buizenfirma's, die snel gereageerd hebben op de uitdaging van de transistor; hiertoe behoren RCA, General Electric, Westinghouse, Philco-Ford, Raytheon en Sylvania.
- 3 De nieuwe firma's, zoals IBM, Texas Instruments, Motorola en Fairchild.

Alle drie typen hebben bijgedragen tot de snelle ontwikkeling van de Amerikaanse halfgeleiderindustrie, zij het in verschillende mate. Een aantal maatstaven om deze bijdragen te meten, zijn het octrooibezit, de bijdragen tot de belangrijke innovaties en de uitgaven voor R&D.

Tabel 3.1. Halfgeleiderpatenten, toegekend aan US-firma's van 1952 -1962.

	Uitgedrukt in percentages van het geheel.									
	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961
Bell	56	51	46	37	26	20	17	20	21	20
Buizenfirma's	37	40	38	42	54	49	50	40	38	34
Nieuwe firma's	7	9	16	21	20	31	33	40	41	46

Deze patenten hebben betrekking op nieuwe elementen, nieuwe produktiemethoden, nieuwe meetapparatuur en nieuwe toepassingen. De tijd tussen het indienen en verkrijgen van een patent, ligt gemiddeld tussen de 3 en de 4 jaar.

Het aandeel van de verschillende groepen aan de belangrijke innovaties kan uit de tabellen 2.1. en 2.2. afgelezen worden. De dominante positie van Bell springt in het oog..

Voor de R&D uitgaven zijn in het algemeen geen cijfers bekend. Voor 1959 zijn er echter wel cijfers,



Tabel 3.2. Halfgeleider R&amp;D uitgaven in de US in 1959

	Uitgaven van de industrie aan R&D		Overheidsuitgaven aan R&D		Halfgeleideromzetten	
	Miljoenen dollars	%	Miljoenen dollars	%	Miljoenen dollars	%
Western en 8 buizenfirma's	27.2	50	12.7	78	149.5	37
Nieuwe firma's	26.8	50	3.5	22	252.1	63

Uit deze cijfers zijn de volgende konklusies te trekken. De buizenfirma's hebben een grote bijdrage aan de ontwikkeling van de halfgeleidertechnologie geleverd. De talrijke nieuwe firma's hebben met uitzondering van TI en IBM weinig individuele bijdragen aan het innovatieproces geleverd. Alle cijfers laten echter duidelijk zien, dat AT&T meer aan het hele innovatieproces heeft bijgedragen dan welke andere onderneming ook. Dit komt zowel in het aantal patenten, als het aantal belangrijke innovaties naar voren, terwijl ook de R&D uitgaven een aanzienlijk deel van het geheel vormen.

AT&T, i.h.b. Bell, nog om twee andere redenen belangrijk geweest. Allereerst hebben talrijke wetenschappers en ingenieurs daar hun training ontvangen. Deze mensen zijn een tiental jaren later over de gehele industrie verspreid. Bijvoorbeeld Shockley, die in 1954 Shockley Transistor opricht met een aantal veelbelovende wetenschappers. In 1957 is een groep van deze medewerkers in zee gegaan met Fairchild, wat geresulteerd heeft in Fairchild Semiconductors, die een belangrijke rol gespeeld heeft in de ontwikkeling van de planaire techniek. Uit deze onderneming zijn binnen 5 jaar 5 nieuwe bedrijven ontstaan, waaronder Signetics, later een van de grootste IC-producenten van de USA en nu eigendom van Philips. Een ander voorbeeld is Gordon Teal, die belangrijk werk bij Bell verricht heeft op het gebied van de materiaalbereiding. Hij is een van de grote mensen achter het succes van TI.

De tweede reden is de liberale houding van Bell op het gebied van de licentieverlening. In het begin van de jaren '50 is Bell de enige belangrijke kennisbron voor firma's, die zich op het nieuwe gebied van de halfgeleiders willen begeven. Bell is de grote pionier; zij heeft de belangrijkste basisoctrooien en de voor de transistorfabricage noodzakelijke know-how.

Toch heeft Bell haar sterke positie niet gebruikt om te voorkomen, dat andere firma's zich op dit terrein hebben begeven. Waarom heeft Bell de kennis niet geheim gehouden en waarom is zij zo vrijgevig geweest bij het verstrekken van informatie? Op deze vraag zijn verschillende antwoorden mogelijk. Allereerst heeft men waarschijnlijk gedacht, dat de gevolgen van de transistor zo groot zou-

den zijn, dat het onmogelijk zou zijn voor een firma om alle nieuwe bijdragen aan de technische ontwikkeling zelf te doen. Het is dus ook in het belang van Bell om de kennis te spreiden. "If you cast your bread on the water, sometimes it comes back angel food cake", stelt de vice-directeur van de Bell labs.<sup>1</sup> Duidelijk is, dat de waarschijnlijkheid, dat andere ondernemingen transistors zouden gaan produceren zeer groot is. Dit kan ook gebeuren zonder licenties; met name kleinere bedrijven kunnen vrij gemakkelijk licenties ontduiken. Het kost te veel tijd en moeite om dit allemaal uit te laten zoeken. Het wordt pas interessant als die firma's groot zijn geworden.

Door het aanbieden van gunstige licentie-overeenkomsten zijn alle grote halfgeleiderproducenten er toe gebracht om de Bellpatenten te accepteren. Als gevolg hiervan heeft Bell toegang gekregen tot alle belangrijke ontwikkelingen in andere firma's. Bovendien zijn de royalties niet te verwaarlozen, hoewel ze niet erg hoog zijn in vergelijking met de belangrijke bijdragen van Bell. Het belangrijkste argument voor veel bedrijven om iedere mogelijk interessante ontwikkeling te patenteren is niet zozeer om andere firma's uit de markt te houden, als wel om de eigen royalty-betalingen zo laag mogelijk te houden en de opbrengsten uit octrooien zo hoog mogelijk te maken.

Een andere belangrijke reden om de kennis te spreiden is ongetwijfeld het anti-trust proces geweest, dat het Department van Justitie AT&T in 1949 heeft aangedaan. Iedere poging om dit nieuwe gebied te monopoliseren zou dit proces zeer nadelig beïnvloed hebben. De inzet is hoog: de regering wil Western scheiden van AT&T. In 1956 komt de uitspraak: Western mag een onderdeel van AT&T blijven, maar vastgesteld wordt, dat Western gratis licenties op de bestaande octrooien moet verlenen aan iedere geïnteresseerde Amerikaanse firma. In de toekomst moeten licenties tegen redelijke royalties gegeven worden. Bovendien moet Western zich terugtrekken uit de markt voor consumptieartikelen; zij mag slechts voor eigen gebruik en voor de overheid produceren.

De verspreiding van de kennis heeft op verschillende manieren plaatsgevonden. In de eerste plaats door talrijke publikaties van Bell-medewerkers, met als belangrijkste natuurlijk het boek van Shockley. Daarnaast heeft men regelmatig binnelandse en buitenlandse bezoekers ontvangen. Een meer systematische manier van kennisoverdracht is het houden van een aantal symposia geweest.

Een ander belangrijk aspect is de grote regeringssteun (Tabel 3.2.). Deze steun en andere produktiefaciliteiten hebben de ontwikkeling van de Amerikaanse halfgeleiderindustrie enorm versneld; hiervan hebben voornamelijk de grote ondernemingen kunnen profiteren. De grote militaire markt voor halfgeleiders heeft een belangrijke rol gespeeld in de ondersteuning van de groei en van de technologische ontwikkeling. Tabel 3.3. illustreert dit. Defensie eist producten van de beste kwaliteit. Daarvoor biedt zij voldoende geld om de ontwikkeling

Tabel 3.3. Aandeel van halfgeleiderproductie voor Defensie

Jaren	Totale productie miljoenen dollars	Defensie productie miljoenen dollars	Defensie percentage
1955	40	15	38
1956	90	32	36
1957	151	54	36
1958	210	81	39
1959	396	180	45
1960	542	258	48
1961	565	222	39

van betere elementen voor defensie-apparatuur te stimuleren. Indirect is dit ook voordelig voor de commerciële productie, omdat hiermee ervaring opgedaan wordt en de kosten gedrukt kunnen worden. De militaire markt is in het bijzonder belangrijk voor nieuwe firma's, die nieuwe elementen op de markt willen introduceren.

De nieuwe firma's veroveren in de VS al snel een groot gedeelte van de markt. Tabel 3.2. geeft al een aanwijzing hiervoor; in tabel 3.4. staan de cijfers voor 1957.

Tabel 3.4. Percentage van de totale US-halfgeleidermarkt in 1957

Western Electric		5	Nieuwe firma's	
Buizenfirma's			Texas Instruments	20
GE	9		Transitron	12
RCA	6		Hughes	11
Raytheon	5		Anderen	21
Sylvania	4		Totaal	64
Philco-Ford	3			
Westinghouse	2			
Overigen	2			
Totaal		31		

Ondanks de grote R&D-inspanning en de talrijke octrooien van de grote firma's veroveren de nieuwe firma's de markt. McDonald en Braun verklaren dit uit de relatieve onbelangrijkheid (op dat moment) van de transistors voor de buizenfirma's.<sup>2</sup> De transistoromzet tussen 1954 en 1956 bedraagt slechts \$ 55 miljoen tegen meer dan \$ 1000 miljoen voor de buizen. De traditionele buizenmarkt is in de jaren '50 een snel groeiende markt, waarbij de transistormarkt in het niet valt. "Transistors and other semiconductor devices, while regarded as of interest and possibly of long-term importance to the established electronic companies, were likely to be their main concern"<sup>3</sup>

### 3.2. De Europese halfgeleiderindustrie

Tilton beschouwt Engeland, Frankrijk en Duitsland als representatief voor Europa. In die landen worden de meeste half geleiders geproduceerd. Evenals in de VS zijn er 3 typen firma's te onderscheiden

1 De buizenfirma's; Mullard (Philips), Associated Electrical Industries (AEI) en Standard Telephones and Cables (STC) in Engeland.

Radiotechnique Compelec (RTC, Philips), Compagnie Générale d'Electricite (CGE) en Thomson -CSF in Frankrijk.

Siemens, AEG-Telefunken, Standard Elektrik Lorenz en Valvo (Philips) in Duitsland.

2 Nieuwe, aan buitenlandse firma's gelieerde ondernemingen. Deze komen in Europa pas in het begin van de jaren '60 op de markt, bijv. dochterondernemingen van TI, IBM en Motorola.

3 Nieuwe Europese ondernemingen. Deze zijn over het algemeen niet zo belangrijk. Zij hebben zich voornamelijk toegelegd op speciale produkten.

De buizenfirma's hebben de Europese halfgeleiderindustrie in de 50-er jaren volledig gedomineerd. Maar de belangrijkste ontwikkelingen hebben toch in de VS plaatsgevonden. Tabel 2.1. en 2.2. maken dit duidelijk, hoewel de bijdragen van de Europese firma's enigszins ondergewaardeerd zijn door het weglaten van o.a. de diffusie-legeringstransistor van Philips.

Een voorbeeld van de dominantie van de buizenfirma's geeft het patentenbezit.

Tabel 3.5. Patentenbezit verdeeld over de drie typen ondernemingen in percentages van het geheel

Engeland	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
Mullard (Ph.)	43	42	51	24	41	39	51	51	37
Buizenf. tot.	87	96	66	52	55	72	76	71	56
Nieuwe Eur. firm.	13	4	34	48	28	21	6	8	21
Nieuwe buitenl. f.	0	0	0	0	17	7	18	21	23
Frankrijk									
RTC (Philips)	17	22	37	22	30	45	57	47	37
Buizen tot.	80	72	75	69	63	72	76	67	64
Nieuwe Eur. firm.	20	26	15	25	3	23	6	8	8
Nieuwe buitenl. f.	0	2	10	6	34	5	18	25	28
Duitsland									
Siemens	53	29	34	20	36	40	49	37	38
Valvo (Philips)	24	32	52	40	47	43	38	37	33
Nieuwe Eur. firm.	0	0	0	0	0	0	3	4	3
Nieuwe buitenl. f.	0	0	0	0	15	0	7	12	14

Alleen in Duitsland hebben de aan Philips gelieerde ondernemingen tegenwicht van Siemens. Rond 1960 is de markt nog volledig in handen van de buizenfirma's en dan in het bijzonder van Philips. Philips neemt dan waarschijnlijk meer dan de helft van de halfgeleideromzet in Europa voor zijn rekening. Philips domineert in het bijzonder de markt voor consumptieartikelen.

Maar gedurende de 60-er jaren verliezen de buizenfirma's veel terrein aan de dochterondernemingen van buitenlandse bedrijven. De philipsbedrijven hebben dan in Frankrijk, Duitsland en Engeland nog maar tussen de 20 en de 25% van de markt in handen. Er zijn overigens verschillen tussen de landen. In Duitsland hebben de gevestigde bedrijven hun positie behouden. Over het algemeen zijn de buizenfirma's laat met het gebruik van silicium en van de planaire techniek. Op dit gebied zijn het de Amerikaanse dochterondernemingen, die voorop lopen en daardoor een deel van de markt kunnen veroveren.

Europa heeft altijd een achterstand gehad op de Verenigde Staten. De gemiddelde tijdsduur tussen een innovatie in de VS en in Europa bedraagt circa 2 jaar voor Engeland en rond de 2,5 jaar voor Duitsland en Frankrijk. Een van de verklaringen hiervoor is dat de markt in Europa kleiner is dan de Amerikaanse. Dit geldt in het bijzonder voor de militaire markt. De vraag naar geavanceerde produkten is duidelijk minder. Verder gaat de overheidssteun in de vorm van bijdragen in de R&D kosten, voor meer dan de helft naar overheidslaboratoria. Dat neemt niet weg, dat enkele grote ondernemingen in Frankrijk en Engeland toch aanzienlijke overheidssteun hebben ontvangen. De mobiliteit van de wetenschappers en de ingenieurs in Europa veel kleiner dan in de VS; dit heeft de kansen voor nieuwe bedrijven aanzienlijk verkleind.

## DEEL II DE ONTWIKKELING VAN DE TRANSISTOR BIJ PHILIPS

## 4. PHILIPS

Philips is in de loop van de jaren uitgegroeid van een kleine gloeilampenfabriek te Eindhoven tot een wereldomspannend concern op het gebied van de 'lichte' electronica. Hiermee is gepaard gegaan het steeds complexer worden van de organisatie van het bedrijf. Op allerlei niveau's worden beslissingen genomen, gedelegeerd of uitgevoerd; er ontstaan verschillende overlegstructuren tussen de onderdelen van het bedrijf, bijvoorbeeld tussen de Hoofd Industrie Groepen en het Natuurkundig Laboratorium. Het valt buiten het kader van deze studie om uitgebreid in te gaan op de structuur van Philips. Ik behandel in het kort de globale opbouw: de verdeling in Hoofd Industrie Groepen (HIG'en), het Natuurkundig Laboratorium (Nat. lab.) en de leiding van het totale concern. Daarna ga ik iets dieper in op twee overlegniveau's, die een belangrijke rol hebben gespeeld bij de ontwikkeling van de transistor bij Philips, nl. de Oriënteringscommissie (Orco) en de Quo Vadis besprekingen. Andere, meer tijdelijke structuren, zoals de Transistor Applicatie Groep en de Transistor Applicatie Contact Groepen, komen later aan de orde.

## 4.1. Het Natuurkundig Laboratorium

Het Nat. lab. wordt in 1914 opgericht. Prof. G. Holst is de eerst fysicus, die bij Philips komt werken. Hij is ook later jarenlang directeur van het laboratorium geweest. Aanvankelijk heeft men alleen onderzoek gedaan aan de gloeilamp; bovendien is het werk in de begintijd zeer produktiegericht. Maar na de eerste wereldoorlog breidt het werkgebied zich zeer sterk uit. Een van de redenen is de diversifikatie van het produktenpakket, waardoor Philips niet meer alleen afhankelijk is van de gloeilampenmarkt. De achtergrondfilosofie is, dat fundamenteel onderzoek bijna altijd wel wat oplevert!

Er zijn 3 soorten activiteiten te onderscheiden op het Nat. lab.:

1. Het fundamentele onderzoek. Men gaat uit van reeds aanwezige kennis, waarvoor toepassingsmogelijkheden gezocht worden, die passen in het produktiepakket van de onderneming. Mocht er nog meer fundamenteel onderzoek nodig zijn, dan wordt dit verricht, maar het is wel meer van aanvullende aard en gericht op toepassingsmogelijkheden
2. De voorontwikkeling. Hierbij gaat het om de ontwikkeling van proefmodellen, prototypes e.d..

3. Troubleshooting. Dit is een direkte vorm van hulpverlening aan de verschillende HIG'en van het bedrijf<sup>2</sup>

Het Nat. lab. neemt een geheel zelfstandige positie in binnen het concern. Het werk is ook niet uitgesplitst naar de verschillende HIG'en, maar wordt ten behoeve van het hele concern verricht. Het resorteert direkt onder de Raad van Bestuur. De financiering moet opgebracht worden door de HIG'en. Dit geschiedt, doordat de kostprijs van ieder produkt een procentuele toeslag komt.

Het werk in het Nat.lab. vindt plaats in groepen, die geleid worden door een groepsleider. Daarboven staan de adjunct-directeuren. Het lab. wordt geleid door de centrale directie. Na Holst, die na de oorlog terugtreedt, is dit een driemanschap, dat bestaat uit prof. H.B.G. Casimir, dr. E.J.W. Verweij en ir. H. Rinia. De groepen zijn multi-disciplinair samengesteld. Het werk wordt niet zozeer van bepaalde projekten afgeleid als wel bepaald door natuurwetenschappelijke aandachtsvelden<sup>3</sup>

#### 4.2. De Hoofd Industrie Groepen

Na de oorlog vindt er een algehele reorganisatie plaats binnen het bedrijf. Philips wordt dan opgebouwd uit Hoofd Industrie Groepen. Deze HIG'en hebben drie taken:

1. De ontwikkeling van de produkten. Hiervoor heeft elke HIG zijn eigen ontwikkelingslaboratoria.
2. De produktie van de ontwikkelde produkten.
3. De verkoop van die produkten.

Enkele belangrijke HIG's zijn: Elektronenbuizen, Icoma (in nov. 1965 samengevoegd met Elektronenbuizen tot Elcoma), Licht, RGT (radio, grammofoon en Televisie, thans Radio en Video), Apparaten (nu evenals RGT onderdeel van Radio en Video), PTI (Philips Telecommunicatie Industrie) en PIT (Philips Industriële Toepassingen, thans S.I., instrumenten).

Voor de transistor is vooral de HIG Elektronenbuizen van belang. Deze neemt samen met Icoma een aparte plaats in, omdat naast leveringen aan derden ook veel interne leveringen plaatsvinden. De directeuren van deze HIG zijn in de jaren '50 ir. H.A.G. Hazeu en dhr. G.J.L.M. Jenneskens, die respectievelijk technisch en commerciëel directeur zijn.

#### 4.3. De leiding

Voor de oorlog is Anton Philips de onbetwiste leider van het bedrijf, Gaandeweg heeft hij weleen hele staf van medewerkers gekregen. Bij de re-

organisatie na de oorlog wordt ook het leiderschap geregeld. Het is duidelijk, dat dit niet meer door één man te doen is. Er komt een Raad van Bestuur (RvB), waarvan ir. R.F.S. Otten de eerste voorzitter is. Verder maken er deel van uit, ir. F.J. Philips, mr. H.F. van Walsem, dhr. O.M.E. Loupart, mr. A.J. Guèpin en ir. Th. P. Tromp.

De RvB wordt bijgestaan door het Secretariaat van de RvB. Dit bereidt de beslissingen voor en zorgt voor de verspreiding van de besluiten over het bedrijf.

Het Centraal Ontwikkelings Bureau (COB) is de uitvoerende instantie. Het bureau organiseert de uitvoering van de genomen besluiten. Het onderhoudt de contacten tussen de verschillende onderdelen van Philips. Het kan gezien worden als de schakel tussen de topniveau's en de lagere uitvoerende niveau's. In het begin van de jaren '50 is ir. M. Lopes Cardozo de topman van het COB. Zijn plaatsvervanger is dr.ir. A.E. Pannenburg.

Een ander belangrijk orgaan is de octrooiafdeling, hoewel dit niet direct tot de leiding van het bedrijf behoort. Deze afdeling behartigt de belangen op het gebied van de octrooien en de hierop verleende licenties. Vertegenwoordigers van deze afdeling zijn bij alle belangrijke vergaderingen aanwezig.

#### 4.4. De Oriënteringscommissie

In de jaren '30 ontstaat er op het hoogste niveau steeds meer behoefte aan een geregeld overleg. Begin 1931 start men met de Oriënteringscommissie. De officiële taakomschrijving wordt in april 1933 geformuleerd: "De Orco heeft tot taak vraagstukken waarbij belangen of bevoegdheden van verschillende instanties elkaar kruisen op één punt samen te brengen om een gemeenschappelijk besluit te nemen, dat dan door de betrokken afdelingen weer elk voor hun deel kan worden uitgevoerd"<sup>4</sup>

In het begin houdt de orco zich voornamelijk bezig met problemen op het gebied van licenties, overeenkomsten e.d..

Al in 1934 vindt er een uitbouw van de Orco-organisatie plaats. "Er gebeurt allerlei werk in de N.V., dat een geregelde samenwerking met allerlei instanties, commerciële, technische, juridische en andere nodig maakt. Het is verkerd, dat deze samenwerking tot nu toe slechts incidenteel plaatsvindt, min of meer aan het toeval wordt overgelaten. Het is wenselijk, dat voor deze samenwerking vaste organen geschapen worden, dat er vaste kanalen zijn, waardoor bepaalde vraagstukken automatisch onder de aandacht van alle betrokkenen komen"<sup>5</sup> Om het werk in de Orco voor te bereiden en om de



daar genomen besluiten uit te voeren komer er sub-orco's. "Deze sub-orco's zullen niet de bevoegdheid hebben bindende beslissingen te nemen. Hun taak zal bestaan in het coördineren van de werkzaamheden der verschillende instanties in het bedrijf, in het geven van de noodige oriëntering aan de voornaamste medewerkers in het voorbereiden van voorstellen, waartoe op de Orco een beslissing genomen kan worden"<sup>6</sup> Er komen sub-orco's op het gebied van de radiolampen, radioapparaten, sprekende film en röntgenen.

Aan het begin van de oorlog wordt de samenstelling van de Orco aangepast. Er worden meer mensen bij betrokken, terwijl ook de voorbereiding intensiever wordt. Het blijft echter de bedoeling slechts beslissingen te nemen over vraagstukken van algemene aard. Vanaf jan. 1941 valt het werk stil door de oorlogsomstandigheden<sup>7</sup>

In de algehele reorganisatie na de oorlog blijft de Orco bestaan. Een gedeelte van haar taak wordt door de nieuw gevormde RvB overgenomen. Een van de taken van de Orco wordt nu dan ook om de activiteiten en beslissingen van de RvB af te stemmen op andere instanties.

Na de oorlog gaat men ook over tot de oprichting van Artikel-orco's. "Uitgaande van de concernactiviteit in een bepaalde artikelgroep zullen de Artikel-orco's zich bezighouden met problemen van die Artikel-orco groep, die betrekking en invloed hebben op onderlinge oriëntering inzake research, ontwikkeling, fabricage, verkoop, technisch-commerciële aangelegenheden, octrooien en contracten"... "De taak van de Artikel-orco's is een oriënterende en geen besturende of beslissing nemende voor de betrokken industriegroep"<sup>8</sup>

De Concern-Orco vergadert wekelijks. "Gezien de belangrijke functie die de Orco in de concernorganisatie inneemt op het gebied van octrooi- en licentiepolitiek alsmede samenwerking met derden, heeft de Raad van Bestuur zich beraden over de huidige samenstelling ervan"<sup>9</sup> Vanaf deze tijd (1955) zijn vertegenwoordigd de RvB (Guèpin, Loupart en Tromp), Nat.lab. (Casimir, Rinia en Verweij), Octrooiafdeling (mr.ir. G. Oudemans en ir. M. van Dam), Secretariaat (mr. Schaafsma), het GOB (Lopes Cardozo) en de direkties van alle HIG'en. Voor Elektronenbuizen zijn dit Hazeu en Jenneskens.

Naast agenda's, notulen en bijlagen, die natuurlijk bij zo'n vergadering horen, worden ook uittreksels van de notulen, de zogenaamde notities verspreid. Bovendien bestaan er de Orco-mededelingen. Hierin staan zaken, die niet belangrijk genoeg zijn om op de agenda te komen, maar waarvan het wel nuttig is dat de betrokkenen er kennis van nemen.

#### 4.5. De Quo Vadis bijeenkomsten

Philips heeft ook de behoefte om zich te bezinnen op de toekomst van het concern. In 1949 stelt men voor aan te vangen met Quo Vadis bijeenkomsten "teneinde een beter georganiseerd contact te verkrijgen tussen de RvB en de HIG-directies over het vraagstuk van de richting der toekomstige ontwikkeling per HIG en deze richting nog eens nader te kunnen preciseren"<sup>10</sup> Hiertoe zal een delegatie van de RvB regelmatig (een tot twee keer per jaar) per HIG met de directies van die HIG, de ontwikkelinstanties, de directie van het Nat.lab. en de directie van de Octrooiafdeling overleg plegen!<sup>11</sup> De HIG'en en het Nat.lab. moeten de vergaderingen voorbereiden.

Toch duurt het nog tot oktober 1952 voordat er een mededeling van Tromp komt om met de 'Quo Vadis'-besprekingen te beginnen. Het is de bedoeling om eens in de maand te vergaderen. Bovendien verzoekt hij alle deelnemende directies om het aantal deelnemers zo klein mogelijk te houden!<sup>12</sup>

Er treedt nog enige vertraging op. Maar op 24 april 1953 is de eerste Quo Vadis bespreking. De HIG Elektronenbuizen is aan de beurt met als onderwerp de transistor. Tot 24 april 1962 zijn er 36 vergaderingen. De voor de transistor belangrijkste besprekingen vinden, naast de al genoemde, plaats in mei 1957 en december 1961. Het maandelijks karakter blijft niet lang gehandhaafd, hoewel men toch vrij regelmatig vergadert.

## 5. PRELUDE

Ook voor de uitvinding van de transistor is men bij Philips al bezig met vaste stof-onderzoek. Zo start het werk aan de vaste stofgelijkrichters al in het begin van de jaren '30.

### 5.1. Het vaste stofonderzoek op het Nat.lab.

Het eerste onderzoek op het Nat.lab. houdt zich voornamelijk bezig met problemen bij de produktie van gloeilampen. Door de diversifikatie van de produkten komen steeds meer onderwerpen aan bod. Men verricht onderzoek aan gasontladingsbuizen, röntgenbuizen, radiobuizen, chemisch onderzoek aan materialen (bijv. kathodematerialen) enz<sup>1</sup>

Belangrijk is de ontwikkeling van de radio. Na al langer radiobuizen en andere onderdelen gefabriceerd te hebben, gaat Philips in 1927 over tot de produktie van complete radio's. Bij de fabricage van de radiotoestellen blijkt duidelijk, dat degene, die de beste onderdelen maakt, ook het meeste succes heeft op de markt. Dit is aanleiding om over te gaan tot de bestudering van de mechanische, diëlektrische en magnetische eigenschappen van materialen. Dr. Holst weet enkele van zijn medewerkers uit het gasontladingsgebied enthousiast te maken voor het onderzoek van de vaste stof. Hierdoor komt het onderzoek aan gasontladingsbuizen voor een groot gedeelte stil te liggen, tot groot verdriet van de betreffende industriegroep<sup>2</sup>

Door de ontwikkeling van de quantummechanica is in de jaren '30 de tijd rijp om met succes aan het vaste stofonderzoek te beginnen<sup>3</sup> Ter ondersteuning van de research in de vaste stof nodigt Holst prof. Casimir, dan hoogleraar aan de Leidse universiteit, uit om cursussen te komen geven over de nieuwe ontwikkelingen in de natuurkunde, "aldus profiterende van de bron van wetenschap: de Universiteit"<sup>4</sup>

De eerste successen op het gebied van de permanente magneten en het besef, dat vaste stoffen als medium voor elektronentransport een analoge rol als het vacuum in de buis kunnen vervullen, brengen Holst ertoe om in 1940 de "aanval op de vaste stof te openen".<sup>5</sup>

Een onderzoek aan keramische magnetische materialen, waaraan vlak voor de tweede wereldoorlog begonnen wordt, levert na de oorlog belangrijke resultaten op. De oorsprong van dit onderzoek is gelegen in de vraag, of het mogelijk zou zijn om magnetiet zodanig te veranderen, dat het met behoud van de magnetische eigenschappen elektrisch niet-geleidend zou worden. Magnetiet is een in de natuur voorkomend magnetisch ijzeroxide. Dr. J.H. de Boer

en Verweij ontwikkelen een theorie over het geleidingsvermogen van magnetiet en deze theoretische inzichten maken het dr. J.L. Snoek en zijn medewerkers mogelijk om van magnetiet en andere oxidische materialen een groot assortiment bruikbare magnetische en elektrische stoffen te maken. De belangrijkste zijn ongetwijfeld de ferrieten geweest, die naast toepassing in radio's en televisies ook hun toepassing vinden in rekenapparaten en telefooncentrales.

## 5.2. Het werk van van Geel

Naast het werk aan magnetische materialen houdt men zich ook bezig met halfgeleiders. Deze stoffen worden gebruikt als gelijkrichters. In de jaren '30 zijn het vooral de sperlaaggelijkrichters van selenium (Se) en koperoxide, die in de belangstelling staan.

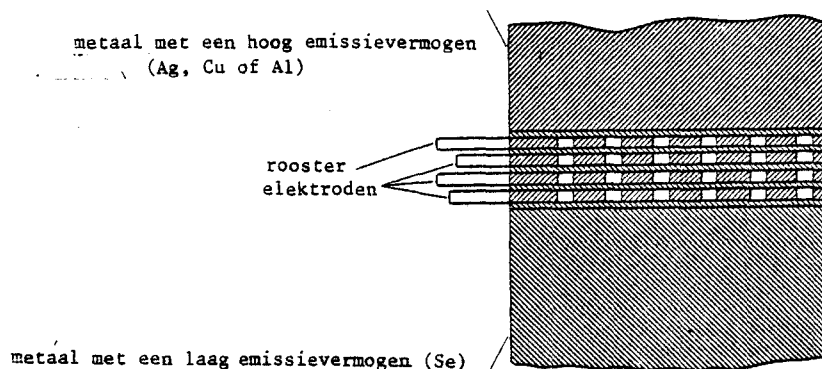
Philips is vanaf 1934 actief op dit gebied. Voornamelijk tussen 1934 en '38 vinden er op het Nat.lab. onderzoeken plaats ten behoeve van algemene chemische en fysische problemen met betrekking tot die gelijkrichters<sup>6</sup>

Er is een groep gevormd voor dit onderzoek onder leiding van dr. W. Ch. van Geel. In deze groep werken ook ir. F.H. Stieltjes, dr. J.H. de Boer en dr. van Winkel<sup>7</sup>. Het werk leidt tot verschillende publicaties in Physica en het Philips Technisch Tijdschrift<sup>8</sup>

Vanaf 1936 is de fabricage van gelijkrichters begonnen onder leiding van een medewerker van het Nat.lab., Maar de omvang is slechts zeer bescheiden, zodat je beter kunt spreken van proeffabricage. Er treden ook grote problemen op bij de produktie van die gelijkrichters. Uitvalpercentages lopen soms op tot 50 en 70%. Ook de concurrentie blijkt hiervan last te hebben. O.a. door de oorlogsomstandigheden komt de produktie van gelijkrichters niet echt op gang. Na de oorlog zet men de proeffabricage opnieuw op. De resultaten zijn dan bevredigend. Met enige vertraging loopt de produktie medio 1947 aan<sup>9</sup>

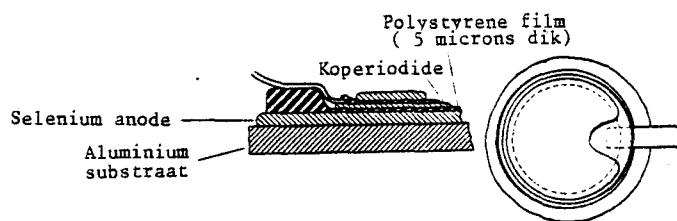
Inmiddels is men ook bij Philips op het idee gekomen om een vaste stofversterker te maken. Casimir is een van de mensen, die voorstellen om in een vaste stofdiode een rooster in te bouwen, naar analogie van het rooster in de vacuumbuis<sup>10</sup>. Van Geel gaat hieraan werken. In 1936 dient hij samen met Holst een aanvraag voor een VS-octrooi in op een element, dat de stromen in een halfgeleider moet controleren. Volgens Gosling heeft men eerdere voorstellen om een dergelijk element te maken nagebouwd en heeft men gevonden, dat die voorstellen niet deugden. Zij stellen daarom een nieuwe opstelling voor<sup>11</sup>

Hun element (zie fig.5.1.) bestaat uit een metaal, dat gescheiden is van een halfgeleider door een isolerende laag. Hierin ligt een controle-elektrode, die gemaakt is van een halfgeleidermateriaal. De eigenschap van deze halfgeleider om elektronen te kunnen emitteren wordt als essentieel voor de werking van het element beschreven. Hoewel er geen theorie over de werking gegeven wordt en ook geen karakteristieken, is het waarschijnlijk, dat het element wel gebouwd en uitgeprobeerd is!<sup>2</sup>



*Fig.5.1. De transistor van van Geel en Holst (1936).*

Volgens Haaijman komt Casimir in de oorlog ook met het idee om een veld-effekttransistor te maken!<sup>3</sup> Het idee is dan al langer bekend, maar ook bij Philips blijkt het (nog) niet te werken.<sup>14</sup> Van Geel probeert het met Se, maar ook hij heeft geen succes. Hij dient echter nog wel enkele andere octrooiaanvragen in de VS. in. Het gaat hierbij om cellen met een sperlaag, waarin een of meerdere roosters zijn ingebouwd. Dit werk is duidelijk een vervolg op de vorige uitvinding.



*Fig.5.2. Een voorstel voor een transistor van van Geel (1943).*

Er zijn 3 lagen en van Geel geeft aan, dat vele combinaties van materialen voldoen, maar hij beveelt aan, dat zowel de anode als de kathode van halfgeleidermateriaal gemaakt zouden moeten worden. De sperlaag is gemaakt van een organische isolator, terwijl de controle-elektrode (rooster) ook van een halfgeleider gemaakt is. De isolerende laag moet erg dun zijn, omdat de geleiding door die laag moet plaatsvinden. Wat de eigenschappen van dit element geweest zijn, is niet bekend, maar de werking van dit element kan niet erg goed geweest zijn en het heeft zeker niet kunnen concurreren met

met de goed ontwikkelde buis!<sup>5</sup>

De octrooiaanvraag uit 1943 (fig.5.2.) wordt door van Geel nog enigszins gewijzigd; in '45 dient hij opnieuw een octrooiaanvraag in. De bedoeling van dit element is, dat er vanuit een halfgeleidend materiaal ladingsdragers in een isolator geïnjecteerd worden, Maar de werking is verder zeer onduidelijk en waarschijnlijk zijn de voorstellen over de mogelijke werking gebaseerd op experimenteel werk!<sup>6</sup>

Haaijman bevestigt, dat er aan gewerkt is, maar volgens hem heeft het allemaal niet zoveel voor gesteld; de resultaten zijn minimaal en het enige voordeel is dat er ervaring op dit gebied wordt opgedaan!<sup>7</sup> Opvattingen uit Philipskringen, dat van Geel de transistor net gemist heeft, zijn ongegrond. De vergelijking van het werk bij Philips met dat bij Bell leidt tot de conclusie, dat men bij Philips een enkeling wat heeft laten proberen op dit gebied, terwijl bij Bell onderzoek is verricht door de beste theoretici en experimentatoren, dat er zeker op lange termijn op gericht is geweest om een vaste stofversterker te vinden. Hiermee wordt overigens geen uitspraak gedaan over de kwaliteit van van Geel's werk.

### 5.3. De ontwikkelingen na de oorlog

Tijdens de oorlog hebben in de Verenigde Staten een aantal zeer belangrijke ontwikkelingen plaatsgevonden. Het onderzoek naar verbetering van de radardetectie heeft ertoe geleid, dat de oude kristal-detektoren weer in de belangstelling zijn komen te staan. De dan gebruikte versies zijn echter sterk verbeterd. Als materiaal gebruikt men germanium (Ge) en silicium (Si)!<sup>8</sup>

Deze informatie lekt ook door naar het Nat.lab. Dr. K.S. Knol komt op de chemische afdeling met het verzoek of ze daar niet iets dergelijks kunnen. Men probeert dan ook om van Si gelijkrichtertjes te maken, maar "we prutsten maar wat aan, het was erg moeilijk om dat reproduceerbaar te krijgen"!<sup>9</sup> Duidelijk is, dat er meer gegevens nodig zijn. Na de oorlog komt de stroom van informatie langzamerhand weer op gang. Rapporten en literatuur over het in Amerika verrichte werk komen ter beschikking van de mensen op het Nat.lab.

Bovendien gaan in de jaren na de oorlog herhaaldelijk Philips-mensen in de VS op bezoek. Een van de eersten is dr. Verweij. Hij schrijft, dat ze daar gelijkrichters hebben ontwikkeld, die een veel grotere tegenspanning kunnen verwerken dan mogelijk is met de Se-gelijkrichters. Deze nieuwe gelijkrichters zijn van Ge gemaakt. Bij deze ontwikkeling heeft de Purdue-

universiteit een grote rol gespeeld.<sup>20</sup> Verweij brengt ook een flesje mee, dat een à twee gram poedervormig Ge bevat. Daar maken ze op het Nat.lab. ook gelijkrichters van. Vanaf die tijd komt de nadruk steeds meer op Ge te liggen. Ge kun je het halfgeleidermateriaal van de jaren '50 noemen.

#### 5.4. De overeenkomst met Bell

Ook Holst gaat in de VS op bezoek. Bij Bell, het grootste industriële laboratorium ter wereld, heeft men interesse in de resultaten van Philips op het gebied van de magnetische materialen. Men biedt Philips een cross-licence overeenkomst, die voor Philips zeer gunstig is.<sup>21</sup>

Op 26 augustus 1947 sluiten Bell en Philips een overeenkomst af, de zgn. Main Agreement. Onder dit contract krijgt Philips een gratis niet-exclusieve licentie onder de Western- respectievelijk Bell-octrooien voor de fabricage van praktisch alle telefonie- en andere elektronische apparaten, systemen en buizen, met uitzondering van telefonieschakelapparatuur en apparatuur voor telefooncentrales en kabels. Voor computers als zodanig krijgt Philips geen licenties, wel als ze deel uitmaken van andere apparatuur. Bovendien bestaat er een beperkte licentie voor "scientific apparatus", waaronder ook bepaalde computers kunnen vallen.

De licentie geldt voor de hele wereld met uitzondering van de VS en Canada, waar licenties voor een beperktere technische scope gelden. Deze scope kan wel uitgebreid worden, maar dan moeten er royalties betaald worden, met een maximum van 6%. Losse onderdelen mogen onder deze licentie alleen verkocht worden:

- a voor reparatie of vervanging of uitbreiding van bestaande apparaten of systemen;
- b als het gaat om onderdelen voor radio- en televisie-omroepzenders en -ontvangers, voor zover deze onderdelen vallen onder de begrippen "resistors", "capacitors" of "inductors", die in het contract nader gedefinieerd worden. (Ook hier weer de beperking tot buiten de VS).

Het contract heeft een duur van 10 jaar met daarna nog uitlooprechten.<sup>22</sup> Een paar maanden later wordt de transistor uitgevonden. Het is voor Philips de vraag of de transistor onder het begrip "resistor" valt.

Samenvattend kan gesteld worden, dat Philips zich al intensief met vaste stofonderzoek bezighoudt en daar ook goede resultaten in boekt. Bovendien verschaffen deze resultaten Philips de mogelijkheid om in de VS goede contacten te leggen. Het contract met Bell is daar een voorbeeld van. Philips kan dus vanuit een goede uitgangspositie aan de slag om de halfgeleidermarkt beginnen.

## 6. FASE I: DE LABORATORIUMFASE 1948 - 1952

Deze fase begint met de publikatie van Bardeen, Shockley en Brattain in de Physical Review van juni 1948<sup>1</sup>. Hierin beschrijven zij een vaste stoftriode, de transistor. Het belang van zo'n element ziet iedereen al snel in. Tot 1952 komt de transistor bij Philips vrijwel niet buiten het laboratorium.

### 6.1. Het Nat.lab. en de transistor

"Ik zal nooit vergeten, dat dr. Verweij en ik, die zaten aan tafel, en wie komt er binnen, de directeur van Elektronenbuizen, de heer Hazeu, en dr. Verweij die zegt: "Hazeu, wat hier in dit artikeltje staat (in de Phys. Rev.), dat laat die tent van jou aan de Emmasingel op zijn grondvesten trillen". Waarop Hazeu in lachen uitbarstte en zei: "Verweij, dan moet er nog heel wat gebeuren". Maar het is gebeurd"<sup>2</sup>. Na de publikatie van het bewuste artikel gaat men bij Philips snel aan de slag. Op het Nat.lab. wordt een transistorgroep gevormd, o.l.v. ir. F.H. Stieltjes.

Op 1 maart 1949 komt er een afstudeerder bij deze groep. Het is L.J. Tummers, die studeert aan de Technische Hogeschool te Delft. "Het was direct zeer boeiend en interessant werk. Er werden talrijke effecten waargenomen, waarvan het onduidelijk was of ze belangrijk waren of niet. De theorie van de transistor was namelijk toen nauwelijks bekend"<sup>3</sup>.

Tummers is een van de eersten, die op het Nat.lab. transistors maakt. Dit werk resulteert in enkele octrooi-aanvragen. Het eerste octrooi wordt in Duitsland ingediend door Tummers samen met P.J.W. Jochems. De titelpagina is afgebeeld in fig.6.1. Dit octrooi is ook in Nederland ingediend, maar weer ingetrokken; de reden is niet bekend.

In het octrooi is sprake van een 'halfgeleideropstelling', die gebruik maakt van een halfgeleiderkristal, waarop twee gelijkrichtende elektrodes zijn aangebracht en verder nog een derde elektrode. De beide gelijkrichtende elektrodes liggen zo dicht bij elkaar, dat zij elkaar beïnvloeden. De ene elektrode ligt op het p-gedeelte van de halfgeleider, de andere op het n-gedeelte. Men laat ook enkele opstellingen zien, waarin dit element wordt toegepast. De verbeteringen t.o.v. andere elementen zijn minimaal. Wel blijkt uit de literatuuropgave bij het octrooi, dat het werk bij Bell en RCA goed bestudeerd is<sup>4</sup>.

Er volgen nog meer octrooiaanvragen, maar de waarde ervan is vooralsnog gering of niet duidelijk. In een evaluatie van de octrooiafdeling in april



Erteilt auf Grund des Ersten Überleitungsgesetzes vom 8. Juli 1949  
(WIGBl. S. 175)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



AUSGEGEBEN AM  
5. NOVEMBER 1959

DEUTSCHES PATENTAMT

# PATENTSCHRIFT

Nr. 972 909

KLASSE 21g GRUPPE 1102

INTERNAT. KLASSE H 011

N 1999 I III c / 21g

Pieter Johannes Wilhelmus Jochems und Leonard Johan Tummers,  
Eindhoven (Niederlande)  
sind als Erfinder genannt worden

N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven (Niederlande)

Halbleiteranordnung unter Verwendung eines Halbleiterkörpers,  
auf dem mindestens zwei gleichrichtende Elektroden  
und eine weitere Elektrode angebracht sind,  
und Einrichtung mit einer solchen Halbleiteranordnung

Patentiert im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vom 24. September 1950 an

Patentanmeldung bekanntgemacht am 26. April 1951.

Patenterteilung bekanntgemacht am 15. Oktober 1959

Die Priorität der Anmeldungen in den Niederlanden vom 28. September und 7. Oktober 1949  
ist in Anspruch genommen

*Fig. 6.1. Titelblad van het eerste transistoroetooi van Philips.*

1953 zegt men, dat van de 15 à 20 aanvragen, die Philips ingediend heeft er er enkele van belang kunnen worden, maar dat de meeste van geen betekenis zijn.<sup>5</sup> Ook op het gebied van de transistorschakelingen dient Philips tot april 1953 17 aanvragen in, maar hiervoor geldt, dat "het technisch belang en de octrooieerbaarheid gezien de recente datum nog niet te overzien valt"<sup>6</sup>

Begin 1952 werken er 10 academici aan de verschillende aspecten van de transistor. Op dat moment produceert Philips al germanium-diodes, terwijl de A-transistor (punt-contacttransistor) in het Nat.lab. zover is, dat die aan de ontwikkelgroep overgedragen kan worden.<sup>7</sup>

Intussen is echter ook de lagentransistor uitgevonden door Shockley. Het is voor iedereen duidelijk, dat deze transistor het gaat winnen van de punt-contacttransistor. Het beroemde artikel van Shockley 'The theory of p-n-junctions in semiconductors and p-n-junction transistors' uit 1949 en zijn in 1950 verschenen boek 'Electron and Holes in semiconductors' liggen op ieders bureau.<sup>8</sup> Maar niet zozeer de theorie als wel het maken van pnp-transistors is het grote probleem. Ook hiervoor heeft Bell een oplossing: het zone-refining proces van Pfann (zie hfdst.2.). Andere Amerikaanse firma's leveren ook belangrijke bijdragen. Op het Nat.lab. werkt men eveneens aan de lagentransis-

tor, maar men slaagt er niet in om goede pnp's of npn's te maken. Het wachten is op het symposium van Bell.

## 6.2. Het germanium

Behalve de groep van Stieltjes is er nog een andere groep, die aan de transistor werkt. Dit is de groep van dr. Haaijman. Terwijl de groep van Stieltjes zich met de transistor als zodanig bezighoudt, werkt de groep van Haaijman voornamelijk aan het materiaalonderzoek en aan de technologie om zo goed mogelijk materialen te maken.

Het belangrijkste materiaal waar aan gewerkt wordt, is germanium, dat een zeldzame en dure stof is. De prijs van een kg germanium bedraagt eind 1951 f6.000,-. Voor een A-type transistor heeft men 15 à 20 mg per stuk nodig, voor een pnp is dit 25 à 30 mg en voor een diode 8 à 10 mg. Dit betekent dus dat voor de produktie van 1 - 5 miljoen transistors 25 - 125 kg nodig is. De materiaal-kosten zijn voor de transistors relatief niet duur; de eerste pnp's kosten \$10 - \$25. De ontwikkelingskosten maken hiervan het grootste bestanddeel uit.

Leveranciers van germanium zijn de V.S., België, Engeland, Duitsland en Frankrijk. Germanium is een bijprodukt van de verwerking van zinkerts. Engelse firma's, zoals Johnson & Matthey halen germanium uit steenkoolstof. Daarom vraagt men zich bij Philips af, of het niet mogelijk is om samen met de Staatsmijnen over te gaan op de produktie van germanium.<sup>19</sup> De Staatsmijnen produceren immers al vele andere stoffen, zoals bijvoorbeeld alcohol, kunstmest, amoniak en zwavelzuur.

Het probleem van de grondstoffenvoorziening wordt al spoedig opgelost. Een van de Philips-medewerkers heeft contact met de directeur van een zinkfabriek, die net over de grens in België ligt. De directeur van deze fabriek, de Vielle Montagne, heeft gehoord, dat germanium belangrijke toepassingen vindt. Omdat hij echter geen verstand van dit materiaal heeft, komt het hem goed uit, dat Philips hier ook belangstelling voor heeft.<sup>10</sup> Door de samenwerking met de Vielle Montagne kan Philips al vrij snel over voldoende hoeveelheden germanium beschikken. Op de Orco-vergadering van 26 - 2 - '52 stelt dr. Verweij dan ook voor, "dat wij zodanige relaties met onze huidige leverancier moeten maken, dat wij ook voor de toekomst van levering verzekerd zijn." Men vindt een dergelijke regeling in principe zeer aantrekkelijk voor Philips, mits die Philips niet exclusief bindt.<sup>11</sup>

## 6.3. De verwachtingen van de transistor

Over het algemeen reageert men bij Philips enthousiast op de transistor. Het citaat uit de eerste paragraaf illustreert dit. Toch deelt niet iedereen

dit enthousiasme. In een commissie, die officieel door de Nat.lab.-directie is ingesteld om de mogelijkheden van de transistor te onderzoeken, zitten ook mensen, die de transistor niet zien zitten. A.J.W.M. van Overbeek noemt o.a. prof.ir. B.D.H. Tellegen, de uitvinder van de pentode!<sup>2</sup> Hij beschouwt de transistor als een slechte triode. Iemand als jhr.ir. H. van Suchtelen vindt zichzelf waarschijnlijk te oud om nog aan deze nieuwe ontwikkelingen te beginnen. Beiden maken wel deel uit van de commissie, maar zij besteden slechts weinig tijd aan de transistor, zodat zij op vergaderingen snel zijn uitgepraat. Van Overbeek daarentegen is de hele week met de transistor bezig.

Een ander voorbeeld van iemand, die niet voor de transistor kan warmlopen, is dr. J.J. Zaalberg van Zelst. Hij wordt later hoogleraar aan de nieuwe TH in Eindhoven. Daar vult hij tot in het begin van de jaren '70 zijn college Electronica I voor een belangrijk deel met de theorie over de werking van buizen! Van Overbeek noemt ook nog ir. Y.B.F.J. van de PTI; deze vindt zichzelf te oud om zich nog intensief met de transistor te gaan bemoeien. Maar hij zet wel verschillende mensen van zijn groep aan dit werk.

Van Overbeek zelf is de eerste op het Nat.lab., die begint met het werk aan de transistorapplicaties. Hij is het werk aan de buizen moe en vraagt ander werk. Hij komt vervolgens terecht bij de zogenaamde PTT-groep op het Nat.lab., waar zijn eerste opdracht is de toepassing van de transistor te bekijken. Dit vindt plaats in 1951. Al snel bouwt hij met de eerste punt-contacttransistoren flip-flop schakelingen. Zijn persoonlijk voorkeur gaat uit naar de toepassing van de transistor in de computer!<sup>3</sup> De voordelen van deze toepassing liggen voor de hand.

De HIG, die het meest betrokken is bij de transistor is ongetwijfeld Elektronenbuizen. Allereerst omdat de transistor als een direkte belager wordt gezien voor de buis. Bovendien houdt Elektronenbuizen zich bezig met de ontwikkeling en produktie van germanium-dioden. Het werk aan deze dioden is door het Natlab helemaal naar deze HIG afgeschoven. De leider van de diodengroep is dr. J. van der Spek.

Een aantal medewerkers van Elektronenbuizen zet in een bespreking met de commercieel directeur Jenneskens de voordelen van de transistor op een rijtje:

- 1 Een zeer laag energieverbruik; geen warmte-ontwikkeling.
- 2 Zeer kleine afmetingen.
- 3 Zeer lange levensduur
- 4 Grote efficiency.
- 5 Geen brom
- 6 Practisch geen microfonie
- 7 Mechanisch sterk

8 Het ruisniveau is van de orde van de vacuumbuis, maar er is theoretisch geen benedengrens.

9 Hoge versterking bij lage frekwenties.

10 Geen opwarmtijd!<sup>4</sup>

De punten 6, 7 en 9 gelden natuurlijk alleen voor de pnp. Het grote nadeel van de transistor is, dat hij zijn maximale versterking afgeeft bij lage frekwenties; bij hogere frekwenties wordt dit snel minder!<sup>5</sup> Uit dit zeer optimistische beeld, dat men van de transistor heeft, eind 1951, blijkt wel, dat men nog geen praktische ervaring heeft met de transistor. De theoretisch zeer lange levensduur blijkt lelijk tegen te vallen in de eerste jaren, evenals het bestand zijn tegen schokken. Bovendien zijn de eerste transistors zeer temperatuurgevoelig en zeer sterk beïnvloedbaar door de omgeving. Men heeft in elk geval hoge verwachtingen.

Als toepassingsmogelijkheden ziet men bij Philips:

1 Electronische rekenmachines. Het wereldverbruik van buizen bedraagt circa 2 miljoen, waarvan er 70.000 door Philips gemaakt worden

2 Telefooninstallaties. De wereldmarkt in telefoniebuizen bedraagt ongeveer 1½ miljoen buizen; het concernaandeel hierin 175.000. Bovendien zijn er mogelijkheden voor de transistor bij de vervanging van de elektro-mechanische relais. Maar vervanging op dit gebied duurt lang en is de eerste 5 jaar nog niet te verwachten.

3 Militaire apparaten. Het gebruik van bijv. subminiatures (mini-buizen) in militaire apparaten in de V.S. bedraagt in 1951 ca. 70 miljoen. De verwachting voor 1952 is ca. 120 miljoen. Voor dit doel produceert Philips in 1951 ongeveer 3 miljoen buizen. Theoretisch denkt men 3/5 van deze subminiatures door transistors te kunnen vervangen.

4 Gehoorapparaten. Dit ligt voor de hand. Het aantal hoorapparaten bedraagt op dat moment ca 1,6 miljoen stuks. Per apparaat zullen waarschijnlijk 4 transistors nodig zijn.

5 Industriële apparatuur.

6 Radio en televisie. Hier verwacht men de eerste 5 jaar nog niet veel applicaties, omdat geringe afmetingen en lange levensduur economisch niet zo belangrijk zijn. Bovendien heeft men toch een eindbuis nodig. Wel bestaat de mogelijkheid van toepassing in batterijapparaten. Wat betreft toepassing in de televisie, is het nog maar de vraag of de transistor wel voldoende hoge frekwenties zal halen!<sup>6</sup>

De konklusie van de bespreking luidt: " Er kan geen twijfel bestaan, dat we hier te doen hebben met een ontwikkeling, die van het hoogste belang is voor onze onderneming". En "De voortvarendheid, waarmede hiervan in ons laboratorium gewerkt moet worden, kan niet groot genoeg zijn. Ook aan de appli-

caties moet thans reeds gedacht worden, opdat evtl. hieruit voortvloeiende patenten tijdig kunnen worden aangemeld".<sup>17</sup>

Voor de eerste 5 jaar denkt men aan een afzet van 1 - 5 miljoen per jaar, waarvan het grootste gedeelte door Eindhoven geleverd moet worden.

Ook op het hoogste niveau is men van het belang van de transistor doordrongen. "Het transistorgebied wordt van zeer groot belang geacht. Wij zullen moeten trachten in Europa daarop de eerste plaats in te nemen".<sup>18</sup> Jenneskens meent, dat Philips ook in de normale buizenomzet een terugslag kan verwachten, als Philips niet tijdig transistors aanbiedt.<sup>19</sup>

Een maand later, in maart 1952, heeft men het over geruchten uit de V.S., als zou in principe 80% van de totale buizenomzet door transistors vervangen kunnen worden. De allereerste toepassingen worden in gehoorapparaten en rekenmachines verwacht.<sup>20</sup> Twee weken later: "Verwacht wordt, dat de transistor voor vele toepassingen radiobuizen zullen vervangen. Dit zal wellicht een dergelijke stimulans aan de ontwikkeling van elektronische apparaten geven, dat de totale buizenomzet niet zal teruglopen".<sup>21</sup>

Ook stelt men, dat de fabricage van de punt-kontakttransistor weliswaar loopt, maar dat de toepassingsmogelijkheden hiervan zeer beperkt zullen zijn.<sup>22</sup> Van de pnp-transistor verwacht men, dat de omzet hiervan tussen de 5 en de 10 jaar een omzet krijgt, die vergelijkbaar is met de buizenomzet.<sup>23</sup> Gezien de latere ontwikkelingen kan dit een zeer realistische schatting genoemd worden.

#### 4. De onderhandelingen met Bell

Hoewel Philips veel moeite doet op het gebied van de transistor heeft men toch een aanzienlijke achterstand op de ontwikkelingen in de VS. Haaijman: "Wij zijn toen dapper doorgestaan en wij kregen ook wel die transistorwerking, maar dat had niet zo verschrikkelijk veel om het lijf, want die lui van de Bell, die konden het veel beter".<sup>24</sup> Duidelijk is, dat de kennis in Amerika gehaald moet worden.

De 'cross-licence' overeenkomst met Bell is voor Philips natuurlijk een goede uitgangspositie. Deze main Agreement krijgt nog enkele aanvullingen. Op 15 jan. 1948 sluiten Philips en Bell een Switching Agreement af. Onder dit contract krijgt Philips licenties voor telefonie-schakelapparatuur en verdere telefooncentrale-apparatuur. Indien Western-octrooien gebruikt worden, moet men hiervoor royalty's betalen, waarvan de hoogte afhankelijk is van het toegepaste systeem. Over transistors, die in deze apparatuur ingebouwd zijn, hoeft dus geen afzonderlijke royalty betaald te worden. Ook deze licentie-overeenkomst geldt tot 30 juni 1957. Ze is geldig over de gehele wereld, behalve in de VS en Canada.<sup>25</sup>

Bell wil graag de kennis over de vervaardiging van de transistor openbaar maken, maar het duurt tot in het voorjaar van 1952 tot de regering hiervoor toestemming geeft. Bell treft dan voorbereidingen om een derde symposium te organiseren, waarop de produktietechnieken uitgebreid aan de orde komen. Een van de voorwaarden om aan dat symposium te mogen deelnemen is het ondertekenen van een licentieovereenkomst. Naast de Amerikaanse firma's kunnen ook enkele Europese firma's aan het symposium deelnemen. Om over de deelname te onderhandelen komen de heren Bransford en Kane van Bell naar Europa. Bij Philips stelt men alles in het werk om deze beide heren het eerst naar Philips te laten komen. Van Walsem telegrafeert naar Bransford, terwijl dr. Verweij bij Kelly, de directeur van de Bell-labs, probeert om als eerste Europese firma met Bell tot overeenstemming te komen. Philips is bereid om voor de technische hulp te betalen (met een plafond in de betalingen). Verder moet nog bekeken worden, in hoeverre de transistor onder de vorige kontrakten valt. Men verwacht, dat Bell snel een standaard-kontrakt wil afsluiten, dus onderhandelen over tegenprestaties op een ander gebied lijkt weinig zin te hebben. "Inmiddels moeten wij ons onderzoek en onze ontwikkeling met kracht voortzetten, opdat voldoende kennis aanwezig is om de hulp van Bell op te vangen".<sup>26</sup>

Dit soort onderhandelingen komt uitvoerig aan de orde op de Concern-Orco-vergaderingen. Het onderwerp transistoren staat in het voorjaar van 1952 vaak op de agenda. In maart zijn de onderhandelingen nog gaande. Western wil het voorstel van Philips om een maximumbedrag aan royalty-betalingen op te nemen, niet accepteren. Vaststaat dat voor ingebouwde transistors de oude kontrakten gelden. Maar Western erkent echter niet, dat de transistor onder de definitie van "resistor" vallen. Casimir en Oudemans nemen het op zich om de argumentatie, die door Western gegeven wordt, te weerleggen.

In de discussie rond het kontrakt laat Jenneskens weten, dat hij bang is, dat Philips door de ontwikkelingen van anderen op het gebied van de transistor een opeenstapeling van royaltiebetalings zou kunnen krijgen. Hij wil daarom niet te overhaast te werk gaan bij het afsluiten van het kontrakt. Maar de vergadering is van mening, dat het Western-kontrakt afgesloten moet worden, "teneinde in Europa de eerste plaats op dit nieuwe gebied te kunnen innemen".<sup>27</sup>

Een probleem is nog de positie van Radiotechnique in Frankrijk en Mullard in Engeland. Beide zijn eigendom van Philips. Voor Mullard met name zou het uit prestigeoverwegingen gunstig zijn om rechtstreeks met Western te onderhandelen. Men denkt hierbij vooral aan het verwerven van overheidsopdrachten. Maar Western gaat er vanuit, dat de licenties en verdere kennis aan Mullard via Philips moeten toevloeien. Bovendien is de direktie van het Natlab van mening, dat Mullard niet de beschikking heeft over mensen, die op zinvolle wijze aan het symposium kunnen deelnemen.<sup>28</sup>

Op 31 maart 1952 vindt de afsluiting van het transistorcontract plaats. Op de volgende Orco-vergadering geeft van Walsem een overzicht van het verloop van de contractonderhandelingen en de resultaten ervan.

Allereerst stelt hij, dat de onderhandelingen onder grote druk gevoerd zijn, omdat

- a) het contract als een standaardcontract gepresenteerd werd. Hierin heeft men geen essentiële wijzigingen kunnen aanbrengen.
- b) men zeer snel tot overeenstemming moest komen teneinde de voorbereidingen voor dedeelneming aan het symposium te kunnen treffen<sup>29</sup>

Het contract houdt het volgende in: Philips moet 5% royalty gaan betalen voor transistors, die verkocht of gefabriceerd worden in landen, waar Western hierop octrooien heeft:

- a) Wanneer zij zijn ingebouwd in apparaten, die niet vallen onder de scope van het Main-Agreement.
- b) Wanneer zij als losse onderdelen in de VS worden verkocht (behalve aan Bell).
- c) Wanneer zij als losse onderdelen in andere landen worden verkocht voor doeleinden, anders dan voor de bouw van zenders en ontvangers voor geluid, facsimilé en televisie<sup>30</sup>

Hierbij zijn nog twee opmerkingen te maken. Bij het afsluiten van het transistorcontract heeft Philips zich verplicht om aan Bell een bedrag van \$25.000 te betalen (voor deelneming aan het symposium). Dit bedrag kan echter verrekend worden met de latere 5%-betalingen. Op de tweede plaats vallen ook germanium-diodes onder de scope van het contract. Maar de punt-contactdiodes, die Philips op dat moment maakt, vallen onder geen enkel Western-octrooi<sup>31</sup>

Het contract is inmiddels wel getekend, maar dit is 'tot nader order' nog niet aan Western overhandigd. Er ook nog problemen met de verklaring van betrouwbaarheid, die de Philips-mensen nodig hebben. Philips heeft wel het recht gekregen om de licenties door te spelen aan Mullard en Radiotechnique.

Op dezelfde vergadering van 31 maart bestaat er nog twijfel of wel alle kennis bij Bell te krijgen is. Maar men merkt op, dat een te sterk vasthouden aan een uitzonderingspositie op grond van 'oude' rechten, Bell wellicht in een zeer moeilijk positie zou kunnen brengen en daardoor de relatie van Philips met Bell zou kunnen vertroebelen. Dit wil men ten koste van alles vermijden. Belangrijkste argument is, dat Philips de achterstand, die zij op dit moment heeft, zo snel mogelijk wil wegwerken en daarvoor is het verkrijgen van zoveel mogelijk kennis van het allergrootste belang. Men hoopt, dat deelneming aan het symposium "de weg zal effenen voor het verkrijgen van verdere kennis"<sup>32</sup> Western verklaart zich ook bereid om in het geval, dat

Philips licenties van derden moet nemen, mee te willen werken aan een acceptabelere regeling, om te voorkomen dat de cumulatie van hoge royalties een veel te zware last zou gaan betekenen. Voorwaard voor de overhandiging van het contract is, dat de Philips-technici aan het symposium deel moeten kunnen nemen. Mocht dit niet het geval zijn, dan vindt de vergadering unaniem, dat er in rustiger sfeer verder gepraat moet worden.

Op de Concern-Orco van 22 april '52 wordt meegedeeld, dat het licentiecontract overhandigd is en dat bovendien de \$25.000 betaald zijn. Niets staat meer de toelating van de Philips-mensen aan het symposium in de weg. Ook de betrouwbaarheidsverklaring is in orde. Hiervoor heeft met name de Amerikaanse ambassade zich ingespannen. Inmiddels heeft men van Bransford een brief ontvangen, waarin enkele wijzigingen in het contract aangebracht worden. Over de andere punten, waar Philips bezwaren tegen heeft, legt hij wel geruststellende verklaringen af, maar ze worden niet geaccepteerd<sup>33</sup>

#### 6.5. De concurrentie

Er zijn ook andere Europese firma's door Western benaderd om een transistorcontract af te sluiten. Bij Philips heeft men gehoord, dat de betrokken Engelse ondernemingen van de regering een aanwijzing hebben ontvangen om zich terughoudend op te stellen tegenover de licentie-pogingen van Western<sup>34</sup>. In Engeland werkt o.a. de General Electric Company (GEC, niet te verwarren met GE), maar "van bevoegde zijde werd dit werk niet van veel belang geacht"<sup>35</sup>. Een andere firma, Plessey, heeft van de Engelse regering een ontwikkelopdracht gekregen en men zegt, dat men in Engeland reeds de transistor zou kunnen produceren, maar bij Philips betwijfelt men echter, of men reeds de nieuwe pnp-transistor al goed kan maken<sup>36</sup>. In Duitsland is vooral Siemens actief op het gebied van de halfgeleiders. Zij boeken goede resultaten met de samengestelde halfgeleiders, die bestaan uit een 3-waardig en een 5-waardig element<sup>37</sup>.

In de VS zijn naast Western ook RCA, GE en Westinghouse actief. Zij zien de licentie-pogingen van Western niet zo graag. RCA biedt daarom RCA-transistorlicenties tegen een laag tarief aan haar buizen-licentié's in de VS aan. Hieronder vallen ook de Western-, de GE- en de Westinghouse-octrooien<sup>38</sup>. RCA en GE willen wel deelnemen aan het symposium, maar zij ondertekenen het contract niet, omdat zij uitgebreide rechten uit vroegere contracten bezitten<sup>39</sup>.

Een probleem voor Philips is, dat Western zich naast militaire toepassingen voornamelijk concentreert op de toepassingen in het telefoniegebied. Het onderzoeks- en ontwikkelingswerk op het radio-gebied gebeurt in hoofdzaak bij RCA, terwijl men voor sterkstroomtoepassingen bij GE moet zijn. Men hoopt echter, dat de basis-octrooien van Bell ook het radio- en sterkstroomgebied dekken<sup>40</sup>.



## 7. FASE II: DE VERSPREIDING VAN DE KENNIS 1952 EN 1953

Met de kennis, die men bij Bell geleerd heeft, gaat men aan de slag. Op het einde van deze periode is de transistorkennis al over het gehele concern verspreid, resulterend in de eerste fabrieksproducties op grotere schaal en de eerste toepassingen.

### 7.1. Het symposium

Voor het belangrijke Bell-symposium in het voorjaar van 1952, zijn er al twee symposia geweest. Het eerste symposium heeft plaatsgevonden in het begin van 1951. Hierbij zijn alleen, militairen en overheidsbeambten aanwezig. Het tweede symposium, later dat jaar, is bijgewoond door vertegenwoordigers van de overheid, de universiteiten en meer dan 80 industriële firma's. Het onderwerp is de eigenschappen van de transistor en de toepassingsmogelijkheden!

De fysica, die aan de transistor ten grondslag ligt, en de technologie, die nodig is om transistors te maken, komen echter pas aan bod op een 8-daags symposium in april 1952. Dit is verreweg het belangrijkste symposium. Hieraan nemen 25 Amerikaanse en 10 buitenlandse ondernemingen deel? Uit Europa komen o.a. Philips, Siemens & Halske, Felten & Guilleaume en Standard Elektrizitäts Gesellschaft. Belangrijkste afwezigen zijn RCA, Philco en Telefunken<sup>3</sup> Alle aanwezigen hebben \$25.000 vooruit moeten betalen om tot het symposium toegelaten te worden. Dit is een voorschot op de latere royalty-betalingen<sup>4</sup>

De bedoeling van het symposium omschrijft men bij Bell als volgt: "It is hoped that the material to be presented will be sufficient to enable qualified engineers to set up equipment, procedures, and methods for the manufacture of these products"<sup>5</sup> Het materiaal, dat aan de bedrijven wordt gegeven mag niet doorgegeven worden aan andere ondernemingen. De verstrekte informatie heeft een veiligheidsclassificatie 'Vertrouwelijk'. Dit komt, omdat het Departement van Defensie verklaard heeft, dat de betreffende informatie de nationale defensie van de VS raakt in het kader van de Espionage Laws, Title 18, U.S.C., Sections 793 and 794. Het doorgeven of onthullen van deze informatie in welke vorm dan ook is bij deze wet verboden<sup>6</sup> Het gevolg hiervan is, dat alle deelnemers aan het symposium een verklaring van betrouwbaarheid moeten hebben.

Van Philipszijde wil men 5 mensen aan het symposium laten deelnemen, te weten dr. J.C. van Vessem, ir. F.H. Stieltjes, dr. P.W. Haaijman, mr. J.S. van Wieringen en dr. J.J. van der Spek<sup>7</sup> Bell wil echter maar 4 mensen toe-

laten. Bovendien blijken er grote misverstanden rond de betrouwbaarheidsverklaring te betaan. Uit een notitie over het symposium blijkt, dat er helemaal niets geregeld is. Op dat moment is bij Bell helemaal niet bekend, of Philips als firma en de vertegenwoordigers van Philips een verklaring van betrouwbaarheid hebben. De VS regering stelt de volgende eisen:

- 1 De firma moet via de betrokken gouvernementen geaccepteerd zijn.
- 2 De fabricage en technologische ervaring zijn vertrouwelijk.
- 3 De personen moeten een verklaring van betrouwbaarheid hebben.
- 4 Er moet een schriftelijke garantie van de betrokken firma komen, waarin vastgelegd wordt, dat de kennis niet aan derden wordt doorgegeven.<sup>8</sup>

Dit laatste punt is voor Philips enigszins omstreden. Philips denkt door het bestaande contract recht te hebben op licentiëring, terwijl Bell hier anders over denkt (par.6.4.).

Loupart, die op dat moment in Washington is, krijgt op de ambassade te horen, dat men daar niets weet van een betrouwbaarheidsverklaring van de Philips-mensen. Integendeel, Verschuur van de ambassade, die dit soort kwesties regelt, maakt Loupart opmerkzaam op het symposium! Het blijkt, dat er door een misverstand door de Philipsman in de VS geen maatregelen genomen zijn.<sup>9</sup> Pas op 15 april komt het verlossende telegram uit New York; het symposium is op dat moment al begonnen!<sup>0</sup>

Het symposium duurt 8 dagen. De voorbereiding is uitstekend!<sup>1</sup> Het programma komt heel in het kort op het volgende neer:

- 1e dag: Materiaalbewerking (zone-refining, zuivering, kristalgroei, controle van de verontreiningsgraad).
- 2e dag: Demonstratie van de technieken.
- 3e dag: Theoretische achtergronden van de fabricage
- 4e dag: Bevestiging van de elektrodes en demonstraties.
- 5e dag: Testen van transistors en verdere demonstraties.
- 6e dag: Eigenschappen, karakteristieken en demonstraties van metingen aan transistors.
- 7e dag: Enkele andere typen transistors (o.a. foto-transistor).
- 8e dag: Demonstraties!<sup>2</sup>

Het symposium is een groot succes.

## 7.2. De transistor en andere activiteiten

De Philips-delegatie is zeer tevreden met de informatie, die zij op het symposium gekregen hebben. "Wij zullen zelf hieraan nog zeer veel werk moeten verrichten!"<sup>3</sup> Op het Nat.lab. begint men daar direct mee. Tot het najaar

van 1952 gebeurt dit in betrekkelijke stilte. Dan is men zover, dat aan de verspreiding van de transistor-kennis begonnen kan worden. Men organiseert colloquia voor medewerkers van de HIG'en. Op initiatief van het COB wordt de Transistor Applicatie Groep opgericht. Hier kom ik later in dit hoofdstuk nog uitvoerig op terug.

Ook op beleidsniveau zijn de transistors vanaf het begin van 1953 weer een telkens terugkerend onderwerp. Nauwlettend houdt men de ontwikkelingen in het buitenland in de gaten. Eind november '52 wordt er op het Nat.lab. een demonstratie gegeven voor de leden van de RvB. Men laat een hoorapparaat en een koffergrammofoon zien, die met transistoren werken. Ook heeft men een automatische auto-lichtdimmer met transistors gemaakt!<sup>4</sup>

De uitbreiding van de transistoractiviteit heeft konsekventies voor het overige werk. Op de Concern-Orco vergadering van 27 jan 1953 komt dit ter sprake. Het onderwerp transistors is aan de orde in verband met mededelingen over activiteiten van andere bedrijven. Op het halfgeleidergebied bestaat het gevaar - veel eerder dan op het buizengebied - dat firma's die zich helemaal niet met buizen of andere elektronische produkten bezighouden, zich gaan interesseren voor de transistormarkt. Te denken valt hierbij vooral aan de chemische en fijnmechanische industrie!<sup>5</sup> Daarom is het van het allergrootste belang, dat Philips zo snel mogelijk in staat is om transistoren in grote hoeveelheden te produceren. Het is waarschijnlijk, volgens Jenneskens, dat in de komende jaren grote hoeveelheden transistors gevraagd worden, te meer, omdat men langzamerhand in gaat zien, dat toepassing van transistors ook tot aanzienlijke besparing op andere onderdelen leidt!<sup>6</sup>

Op het Natlab werkt op dit moment een "grote en zeer bekwame groep" aan de transistor, met daarnaast een bekwame maar kleine ontwikkelgroep. De punt-contacttransistor is al enige tijd aan de ontwikkelafdeling overgedragen. Deze heeft al enige resultaten geboekt voor de aanloop van de mechanische produktie. Van de pnp-transistor heeft het Natlab onlangs 100 monsters afgeleverd, die men in het algemeen zeer goed beoordeeld heeft. De problemen liggen voornamelijk in de mechanisatie van de produktie. Hieraan moet door de fabriek met zeer grote kracht gewerkt worden. "Men acht het zelfs verantwoord 50% van de totale ontwikkelcapaciteit van de buizengroep bij dit werk in te schakelen!"<sup>7</sup> Belangrijk is het om zo snel mogelijk de transistors aan de ontwikkelafdelingen over te dragen. Met de lagentransistor is het vrijwel zover. "Tot nu toe heeft het Natlab zich vrijwel uitsluitend bezig moeten houden met het volgen van reeds bij anderen gedane ontwikkelingen. Het is van groot belang, dat

het Lab de gelegenheid krijgt verdergaande onderzoeken te doen".<sup>18</sup>

Bij de bespreking van de notulen van de Orco-vergadering van 27 jan. heeft men toch enige moeite met het getal van 50%. "De opmerking over inschakeling van 50% van de ontwikkelcapaciteit voor de transistor bedoelde slechts het grote belang te illustreren dat de vergadering aan de snelle realisatie van de transistor toekent".<sup>19</sup> Een andere formulering had de voorkeur verdiend. Men neemt echter met genoeg kennis van de stappen, die inmiddels genomen zijn ter versterking van de ontwikkelgroep halfgeleiders.

Ir. Hazeu heeft een 'plan of action' opgesteld. Een overzicht van de belangrijkste actiepunten van dit plan is afgebeeld in fig. 7.1. Er blijkt duidelijk uit, dat men ernst maakt met de invoering van de transistor. Hoewel de gevolgen voor de HIG Elektronenbuizen het grootst geweest zullen zijn, heeft men toch ook in de andere HIG'en werk moeten afstoten ten gunste van de transistor.<sup>20</sup>

#### ACTIE TER VERSTERKING VAN ONZE ACTIVITEIT OP HET GEBIED VAN TRANSISTORS

1. Minstens de helft van het programma van de applicationgroep voor entertainment buizen overschakelen op transistors (hearing-aid, auto-radio, portable).
2. Minstens de helft van het programma van de application-groep voor professionele buizen overschakelen op transistors (rekenmachines enz.)
3. In Lab. II specialist aanstellen voor halfgeleiders (is gebeurd).
4. Bij bedrijfsmechanisatie zware figuur aanstellen voor transistors.
5. Goede assistent van fabriek naar halfgeleiders (dioden).
6. Academicus van ir. Alma overplaatsen naar transistors.
7. Academicus van dr. v.d. Tuuk overplaatsen naar transistors.
8. Een of twee academici overplaatsen van Natlab.
9. Jong physicus en electrotechnicus aannemen ter versterking van transistorgroep.
10. Over 3-6 maanden fabricage germanium-dioden overplaatsen naar Heerlen.
11. Icoma ruimte vragen voor transistors.
12. Activiteit Seleen beperken.
13. Fabricage platte subminiatures voor hearing-aid stoppen.
14. Ontwikkeling batterij-subminiatures e.d aan Engeland overlaten.
15. "brain-trust" comité's stichten betreffende fysieke grondslagen, technologie, application.
16. Goede Technische-commerciële man bij de Commerciële afdeling aanstellen.
17. Gedrukte publicaties uitgeven.

*Fig. 7.1. Het actieplan van Hazeu.<sup>21</sup>*

Bij een evaluatie van het actieplan, 6 weken later, blijkt dat men voortvarend te werk is gegaan. De meeste punten van het plan zijn uitgevoerd. Verschillende mensen zijn overgeplaatst en nieuwe mensen zijn aangenomen. Er worden enkele nieuwe punten opgevoerd, met name op het gebied van de aanschaf van equipment voor de produktie, voor de grondstoffenfabricage

en voor de bedrijfsmechanisering. De "brain-trusts" komen er niet, maar er zal wel regelmatig contact tussen de betrokkenen plaatsvinden, met name op het gebied van de hoorapparaten; bovendien is er de Transistor Applicatie Groep.<sup>22</sup>

Bij de RvB is een notitie ingediend ter verkrijging van prioriteit voor personeel voor de groep halfgeleiders. Ir. Tromp heeft al aandacht hiervoor gevraagd in een rondschrijven van 19 maart: "In verband met het zeer grote belang voor de toekomst van het nieuwe gebied der germanium diodes en transistors, verzoek ik Uw dringende medewerking voor het verlenen van een zeer hoge prioriteit aan de behoeften van de transistorafdeling van dr. van der Spek, zonder dat evenwel andere vitale belangen van het Concern mogen worden geschaad". Van der Spek moet zijn afdeling in een snel tempo kunnen uitbouwen, "opdat wij de voorsprong, die wij nog in Europa hebben, kunnen vergroten respectievelijk consolideren". Het verzoek geldt ten aanzien van ruimte, machines, apparatuur en personeel.<sup>23</sup>

Omstreeks dezelfde tijd stelt men op een Orco-vergadering voor om een Transistor Target commissie in het leven te roepen om voor een betere coördinatie in de applicatiesfeer te zorgen. Weliswaar bestaat de Transistor Applicatie Groep, maar deze houdt zich alleen bezig met de technische coördinatie van de transistorapplicaties. Dit acht men niet voldoende. Dit voorstel gaat naar de RvB.<sup>24</sup> Pannenburg stelt als leden van deze commissie voor: Jenneskens (voorzitter) en Hazeu van Elektronenbuizen, dhr. H.J.R.G. Hartong en ir. J.A.J. Bouman van Apparaten, ir. K. Posthumus van de NSF, Verweij en Rinia van het Nat.lab. en Lopes Cardozo van het COB. Lopes Cardozo treedt op als secretaris van de commissie.<sup>25</sup> De resultaten van deze commissie zijn mij onbekend, maar het is wel duidelijk, dat dit een top-commissie is, met als voornaamste taak het vaststellen van de volgorde, waarin de diverse applicatiegebieden bewerkt zullen moeten worden.

Een ander probleem op dat moment is dat de informatie, die men van Bell gekregen heeft, vertrouwelijk is. Als gevolg hiervan neemt men bij Philips nog steeds speciale voorzorgsmaatregelen voor deze kennis. Dit werkt echter nogal belemmerend. Bovendien zijn verschillende onderdelen van de verstrekte informatie inmiddels al gepubliceerd in allerlei tijdschriften. Dit is voor Rinia aanleiding om aan mr. Kelly van Bell een verzachting of opheffing van die maatregelen te verzoeken.<sup>26</sup> Later in dat jaar, nl. in augustus, lost dit probleem zich vanzelf op. De veiligheidsmaatregelen van de Amerikaanse regering t.a.v. transistors worden dan opgeheven.<sup>27</sup>

Voor de grondstoffenvoorziening stelt men een speciale commissie in. "De mogelijkheid om de voorziening van germanium te monopoliseren bestaat praktisch niet". Wel moeten maatregelen genomen worden om de eigen voorziening veilig te stellen voor het ogenblik, waarop de transistorfabricage gaat aanlopen. De prijs per kg is inmiddels al aanzienlijk teruggelopen: van f6.000,- in 1951 via f3.200,- tot f1400,- in april 1953. De behoefte is nog niet groot. De HIG licht is de grootste verbruiker met 50 kg; Nat.lab. en Elektronenbuizen verbruiken in 1952 samen slechts 32 kg.<sup>28</sup>

### 7.3. De eerste Quo Vadis bespreking

Op 24 april 1953 vindt de eerste Quo Vadis bespreking plaats. Het onderwerp, waarover gepraat wordt is de transistor (zie 4.4.). Aan deze bespreking nemen deel: Otten, Loupart en Tromp van de RvB, Holst als adviseur, ir. G.H.P Alma, Hazeu, Jenneskens, A. van Sluifers en van der Spek van Elektronenbuizen, dr. H. Bienfait, Casimir, Haaijman, Stieltjes en Verweij van het Nat.lab., ir. M. van Dam en ir. F.M. Leopold van Octrooien, E.T. de Boer van het Secretariaat, Pannenburg van het COB en verder vertegenwoordigers van Apparaten.<sup>29</sup>

Allereerst geven de mensen van het Nat.lab. een korte technische uiteenzetting. Zij beschrijven de verschillende types diodes en transistoren, de technologie en de algemene eigenschappen. Vervolgens geeft men een overzicht van de concurrentie en van de produktie op dat moment; De produktie-opzet bedraagt 40.000 diodes per week; men schat dat dit op zal lopen tot een produktie van 10 miljoen in 1954. Hiervoor overweegt men de stichting van een produktie-eenheid te Heerlen. Punt-contacttransistors maakt men 350 per week, verdeeld over twee typen. De opbrengst bedraagt 30%. Men hoopt spoedig de produktie te vergroten tot een aantal van 500 per dag. Voor 1954 is de commerciële planning 500.000 stuks. Wat de lagentransistor betreft is de situatie nog lang niet zo rooskleurig. De produktie bedraagt slechts 250 stuks per week, met een opbrengst van ruim 10%, verdeeld over 3 typen. Deze zijn speciaal bedoeld voor hoorapparaten. De commerciële planning voor 1954 voorziet echter in een produktie van 4.500.000. stuks.<sup>30</sup>

Vervolgens geeft men op de bijeenkomst een overzicht van de stand van zaken bij het applicatieonderzoek, zoals dat overal in het concern vericht wordt:

a Natlab.:naast een algemeen georiënteerd raadgevend applicatiecentrum werkt men aan toepassingen voor:

1 laagfrequentversterkers met speciale aandacht aan ruis.

2 rekenmachines.

3 telefonie.

b Electronenbuizen: de voornaamste activiteiten zijn ondergebracht in de bestaande applicatiegroepen. De groep Halfgeleiders werkt aan een eigen studie.

c Apparaten:

1 Radio: de ontwikkeling van een hoorapparaat met 4 transistors is vrijwel voltooid. Voor toepassingen in bijv. autoradio zit men te wachten op een eindtransistor.

2 Televisie: men is begonnen aan de studie van de toepassing van de transistor in bepaalde televisiecircuits.

Verder wordt er ook bij de PTI naar toepassingen in de telecommunicatie gezocht; bij de PTI bekijkt men de mogelijke toepassingen in professionele en industriële apparatuur<sup>31</sup>

De fundamentele research wil men concentreren in Eindhoven, terwijl de buitenlandse onderzoekcentra zich dan, om geen rendementsverlies te lijden, vooral kunnen toeleggen op het applicatieonderzoek<sup>32</sup>

Na dit overzicht van de stand van zaken, vindt er een uitgebreide discussie plaats. Stieltjes wijst op het fundamentele verschil in het geleidingsmechanisme in buizen en transistoren. Hazeu vraagt om middelen om in een transistor te kunnen kijken. Hiermee zou de produktie zeer gebaat zijn. Casimir deelt mee, dat er een uitgebreid onderzoek aan andere materialen plaatsvindt. Men verwacht ingrijpende verbeteringen niet zozeer door variatie van de technologie als wel door toepassing van andere materialen.<sup>33</sup>

Loupert verwijst naar de geschiedenis van de buizenpositie van Philips. "De zeer vooraanstaande en toonaangevende positie die wij daarin hebben, geeft ons een grote verantwoordelijkheid, maar ook de macht onze eigen concepties ingang te doen vinden. Hij wijst op het uiterste belang ook een soortgelijke positie in transistors op te bouwen, opdat wij niet door derden ernstig geremd zullen worden door moeilijkheden met normalisatie, uitwisselbaarheid e.d."<sup>34</sup>

Holst dringt er op aan om vooral in de buitenlandse vestigingen mensen aan te trekken met een reputatie op vaste stofgebied. Door een stage in Eindhoven kunnen ze in het Philipswerk ingewerkt worden. Hij vestigt er ook de aandacht op "dat voor applicaties op industrieel terrein in Nederland het klimaat niet gunstig is. Voorzover nodig zullen wij dan ook niet moeten schromen dergelijke onderzoekingen in het buitenland te laten verrichten"<sup>35</sup>

Otten besluit de vergadering met de volgende slotopmerking: "Gezien het

beperkte aantal zeer goede mensen, van wie wij het per slot moeten hebben, zullen wij dus onze activiteit in de breedte moeten begrenzen, opdat wat wij ondernemen van het allerbeste gehalte zal zijn. Desnoods zullen ten behoeve van onderwerpen van direct levensbelang enige andere andere activiteiten afgekapt moeten worden"<sup>36</sup>

Enkele dagen later vindt er weer een Quo Vadis vergadering plaats met de HIG Elektronenbuizen. Vrijwel de voltallige RvB is aanwezig. Het onderwerp van deze bespreking zijn de ontvangbuizen. Toch komen ook de transistors ter sprake. Er wordt melding gemaakt van een onderzoek naar buizen die, i.t.t. de bestaande typen gebruikt kunnen worden in combinatie met transistors; men denkt aan toepassing in ingangscircuits en uitgangstrappen, waar buizen voordelen boven de transistor zouden hebben. Verschillende aanwezigen zijn het hiermee helemaal niet eens. Zij zijn van mening, dat juist voor een eindtrap een transistor veel aantrekkelijker is, maar men is wel bereid om de uitkomst van de experimenten af te wachten.<sup>37</sup>

In verband hiermee waarschuwt Hazeu er tegen om teveel aandacht aan transistors te besteden, waardoor de inspanning voor de buizenontwikkeling zou kunnen verslappen. Daarom versterkt hij de buizengroep<sup>38</sup>

#### 7.4. De betrekkingen met derden

Bij Philips is men intensief aan de transistortoepassingen aan het werken. Maar ook de concurrentie zit niet stil. In het algemeen probeert Philips met de grote Amerikaanse concurrenten zo goed mogelijke contacten te onderhouden. Zo zijn de contacten met Western uitstekend. De kennis van Bell is zeer belangrijk geweest. Philips probeert echter wel om zoveel mogelijk onder de royalty-betalingen uit te komen; men heeft het nog steeds niet opgegeven om voor de meeste transistortoepassingen de transistor onder het eb grip "resistor" te laten vallen. De licentie-politiek van RCA speelt Philips in de kaart. RCA verstrekt ook op Western-octrooien licenties tegen een lagere royalty: 1 $\frac{3}{4}$ % tegen 5% door Bell<sup>39</sup> Western bestrijdt, dat RCA dit recht heeft, maar in 1953 wordt vastgesteld, dat RCA dit recht inderdaad heeft voor octrooien, die tot het einde van 1954 verstrekt worden<sup>40</sup> Een gevolg van de actie van RCA is, dat men bij Philips verwacht, dat een herziening van de Western-royalties niet kan uitblijven<sup>41</sup>

Hoewel er al kapers op de kust zijn, speelt Bell nog steeds een vooraanstaande rol in de VS. Medio 1953 produceert Bell al 10.000-en transistors per maand, waarvan de kwaliteit behoorlijk is. Bovendien beschikken zij



over een zeer goede germaniumdiode. In het najaar verwacht men een Bell-delegatie in Eindhoven. Aan de voorbereiding van dit bezoek wordt veel aandacht besteed. In dit verband onderstreept Holst nog eens, hoe belangrijk de ontwikkelingen in de VS zijn en daarom moet Philips ervoor zorgen om 'vrijelijk' over de rechten van de grote Amerikaanse firma's te kunnen beschikken.<sup>42</sup>

Eind 1953 krijgt men van Belleen brief, waarin een verlaging van de transistorroyalty's wordt aangekondigd. De verlaging gaat in per 1 juli 1953 en gaat van 5% per transistor naar 2%. Bovendien verklaren ze zich bereid om zowel transistors als diodes te laten vallen onder het begrip "resistor" van het Main Agreement. Dit betekent dus, dat buiten de VS geen royalty betaald hoeft te worden, wanneer de transistors of diodes los verkocht worden als onderdelen voor radio- en televisieomroepapparatuur. Foto-transistors vallen volgens Bell echter niet onder dit verdrag. Hiermee is men het bij Philips ook niet eens, maar zeker gezien het ruime standpunt, dat men bij Bell ingenomen heeft - wil men zich hierbij wel neerleggen.<sup>43</sup>

De belangrijkste concurrenten van Western zijn in het begin RCA en GE. Met name RCA voert, zoals we gezien hebben, een actieve licentiepolitiek. Kontakten met RCA zijn voor Philips zeker ook interessant; op buizengebied zijn de kontakten erg goed, RCA is immers de belangrijkste buizenfabrikant. Toch leiden de pogingen van RCA om een licentiecontract af te sluiten in de loop van 1953 nog niet tot resultaten, mede omdat de verhouding met Western dan nog niet geregeld is. Dit gebeurt pas in 1954. Wel denkt men, dat het legeringsproces van RCA betere kansen biedt voor massa-fabricage dan het optrekproces van Bell.<sup>44</sup>

In sept. 1953 ontvangt Philips een brief van de Radio Development & Research Corporation (RD&RC). Een onderdeel van deze firma, de Germanium Products Corp., is op dat moment waarschijnlijk de op een na grootste producent van lagetransistoren. Deze vinden hun toepassingen voornamelijk in hoorapparaten van Sonotone.<sup>45</sup> In de brief biedt RD&RC aan andere Bell-licentiés hun kennis van de 'know-how' voor massa-productie aan. Tegen erkenning van de licentierechten kan men aan een trainingsprogramma deelnemen.<sup>46</sup> Bij Philips meent men echter, dat de methode van RD&RC niet zo'n goede kwaliteit transistors oplevert dan bijvoorbeeld de methoden van RCA en GE. Daarom verwijst men de kwestie naar de Artikel-Orco Elektronenbuizen.<sup>47</sup> Daar besluit men om RD&RC te laten weten, dat Philips geen belangstelling heeft voor hun aanbod. Terzijde merkt men op de Orco-vergadering op; dat steeds meer van aan buizenfabrikage verwante technieken gebruik gemaakt wordt, zoals

de insmelttechniek en de vacuümtechniek (voor omhulling). Daarom verwacht men, dat verschillende nieuwe firma's, die belangstelling tonen voor de transistorfabricage, zich niet kunnen handhaven. Ir. Philips stelt voor om hier in publicaties op te wijzen om op die manier te voorkomen, dat nieuwe firma's op dit gebied zullen proberen te beginnen.<sup>48</sup>

Een ander probleem, dat zich voordoet, is of Philips zich ook in de VS met de produktie van dioden en transistors bezig moet houden. Philips heeft twee bedrijven in de VS, nl. Amperex en de Philips Light Industry (PLI). Beide bedrijven leveren echter nogal wat problemen op. Philips exporteert wel germaniumdiodes naar de VS. De verkoop hiervan loopt goed, omdat de kwaliteit uitstekend is en de prijzen gunstig zijn. Deze export-activiteit is van belang, omdat men op deze manier ervaring op de Amerikaanse markt kan opdoen en omdat deze orders een semi-massa produktie van diodes eerder mogelijk maken.<sup>49</sup> De vraag is nu of Philips een poging moet doen om in de VS halfgeleiders te fabriceren; op buizengebied heeft men zich hier nooit aan gewaagd. Dit is een van de onderwerpen op enkele RvB-vergaderingen, die speciaal aan de Amerikaanse situatie gewijd zijn. Van technische zijde be- toogt men, dat Philips Amerika nooit in staat zal zijn om zelf te gaan pro- duceren; bovendien kan Eindhoven vanwege de vele problemen, die nog opge- lost moeten worden, slechts beperkte steun verlenen. Wel is er een aanbod van een ander Amerikaans bedrijf, Radio Receptor, om in een projekt te participeren; deze fabrikant beschikt niet over een ontwikkeling van enig belang.<sup>50</sup>

Voor een definitieve beslissing acht men het in de zomer van 1953 nog te vroeg. Een van de factoren, die men niet kan overzien, is de invloed, die een Amerikaanse Philips-activiteit op de verhouding met de grote Amerikaan- se concurrenten zou kunnen hebben. Daarom besluit men:

- 1 De export van germanium-diodes en later ook van transistors proberen te te versterken.
- 2 Radio Receptor zal aangemoedigd worden om hun halfgeleiderpositie te versterken, eventueel met hulp van Philips.
- 3 Men gaat bekijken hoe de research-activiteit van PLI meer op transistors afgestemd kan worden.<sup>51</sup>

De ontwikkelingen in Europa zijn veel minder belangrijk. Philips denkt op dit moment de eerste plaats in te nemen op het transistorgebied met hoog- stens enige concurrentie uit Engeland en Duitsland.<sup>52</sup> Met Siemens wil men de contacten uitbreiden; men overweegt om in eerste instantie transistor- monsters op te sturen. Met Telefunken acht men contact op dit moment nog niet opportuun.<sup>53</sup>

## 7.5. De Transistor Applicatie Groep

Nu de eerste punt-contacttransistoren voorradig zijn en ook de lagen-transistor in Amerika in de handel begint te komen, hoewel in het begin slechts in zeer geringe aantallen, wordt het tijd om systematischer naar de mogelijke applicaties te gaan zoeken. Van Overbeek is op het Nat.lab. vrijwel de enige, die zich hiermee bezighoudt. Verspreid over de HIG'en zijn nog wel enkele mensen bezig met de toepassingsmogelijkheden van de transistor, bijvoorbeeld bij de PTI. Het is noodzakelijk om dit werk beter te coördineren. Bovendien bestaat er een groot gebrek aan inzicht, hoe een transistor eigenlijk werkt. Deskundigen op dit gebied zijn slechts op het Nat.lab. te vinden. Zij krijgen de taak om een nieuw en onbekend fenomeen in de elektronica in grotere kring bekendheid te geven.

Op 13 oktober 1952 stuurt de adjunct-directeur van het COB aan een aantal mensen een uitnodiging om een groep op te richten voor de transistor-applicaties. "De tijd lijkt ons rijp om te komen tot de vorming van een kring, die als doel heeft periodieke ervaringen uit te wisselen over transistorapplicaties. Om tot een vruchtbaar overleg te komen, is het gewenst de eis te stellen, dat voor de leden van de kring het onderwerp van transistorapplicaties deel uitmaakt van hun dagelijks werk"<sup>54</sup>

Voor het geval, dat er nog geen deskundigen zijn, moeten er enkele mensen ingewerkt worden. Literatuur wordt bij de uitnodiging opgegeven. De brief is gericht aan Elektronenbuizen (ir. P. Moleman), het Nat.lab. (van Overbeek en Stieltjes), Apparaten (ir. Bouman), de PIT (ir. Lugt), de NSF (ir. K. Posthumus) en de Octrooiafdeling (ir. J. Meyer Cluwen). De groep wordt de Transistor Applicatie Groep (TAG) gedoopt. De eerste vergadering vindt plaats op 28 oktober 1952.

Ir. Lopes Cardozo, directeur van het COB, legt op die vergadering het doel van de TAG uit: "As has happened before Philips is entering full force a field which has been opened by an invention by an outsider. If the correct moment is chosen for this entering experience shows that Philips can make a good job of it"<sup>55</sup> Verder verwacht hij, dat de transistor grote invloed op de buizenactiviteit zal hebben. Aangezien de investeringen veel geringer zijn dan bij de buizenfabrikage, zal de concurrentie veel groter zijn. De aanwezigheid van een buizenfabriek mag de ontwikkeling van de transistor niet in de weg staan. Speciale buizen zullen overigens nog wel toepassingen blijven vinden. Wat de patenten betreft zal Philips zich moeten richten op patenten in de toepassingssfeer, aangezien de fundamentele transistoroctrooien in andere handen zijn. Daarom kan de TAG een nuttige rol vervullen bij het werk hieraan én voor de snelheid waarmee de kennis op dit gebied zich door

het Concern verspreidt, aldus Lopes Cardozo.<sup>56</sup>

Alle deelnemers geven in het kort een verslag van het tot nu toe verrichte werk of van hun verwachtingen op dit gebied. Van Overbeek geeft een overzicht van de verschillende eigenschappen en mogelijkheden van transistors. Het Natlab produceert op dat moment (eind 1952) 2 typen punt-contacttransistoren, de OC 50<sup>†</sup> voor versterking en de OC 51 voor schakeldoeleinden. De productie levert series van ongeveer 20 stuks op.

De eerste exemplaren van de lagentransistor zijn dan juist gereed gekomen. Met name de laatste maand heeft men veel vooruitgang geboekt. Men denkt deze transistors voornamelijk te gebruiken voor klein signaal toepassingen. De laagfrequentie versterking is veel beter dan die van de OC 50, maar daar staat tegenover, dat de frequentie afhankelijkheid veel groter is. Bovendien is het vermogensverbruik veel lager. Voordeel van de punt-contacttransistor zijn de lage capaciteiten, waardoor de lekstromen veel kleiner zijn.<sup>57</sup>

Ir. J. van Hengel van het Apparatenlab. vertelt over het werk op zijn lab., dat in mei 1952 van start gegaan is. Hoewel het van begin af aan duidelijk is, dat de lagentransistor de beste mogelijkheden heeft, is men toch maar met experimenten aan punt-contacten begonnen; er zijn immers vrijwel geen pnp's beschikbaar. Wel ziet hij mogelijkheden voor de punt-contacttransistor in hoor-apparaten als vermogensversterker. Maar er zijn nog een aantal problemen, die om een oplossing vragen.

Voor de automatische telefonie is de transistor uitstekend geschikt vindt men bij de NSF. Ook in TV studio-uitrusting denkt men grote voordelen te verkrijgen door de transistor toe te passen, evenals bij lijntelefonie en in de professionele radio's.

Daarentegen ziet ir. H.J. Roosdorp van de PIT slechts beperkte toepassingsmogelijkheden voor transistoren in professionele meet- en regelapparatuur. Met name ruis en een lage ingangsimpedantie vormen een serieuze beperking. Ir. Lindenhovius, eveneens van de PIT, denkt er anders over. Hij heeft het over een aversie, die er in het algemeen zou bestaan in de industrie, tegen de buis vanwege de onbetrouwbaarheid. Daarom is al geprobeerd om magnetische versterkers in industriële apparatuur te gebruiken. De PIT denkt deze fase te kunnen overslaan door rechtstreeks over te schakelen van de buis naar de transistor, die wel aan de volgende eisen moet voldoen:

- 1 Betrouwbaarheid
- 2 Kleine afmetingen
- 3 Lage vermogensdissipatie, zodat geen luchtcooling nodig is
- 4 Onafhankelijkheid van de omgeving
- 5 Schokvastheid

† Zie bijlage I

Lindenhovius dankt ook nog het COB voor dit initiatief en hij hoopt "that C.O.B. will now after a period of relative inactivity expand its coördination"<sup>59</sup>

In eerste instantie zal van Overbeek de distributie verzorgen van de Nat. lab. transistors voor intern gebruik. De Nat. lab. Transistorgroep zal men proberen over te halen om in de komende maanden een 500-tal transistors over de leden van de groep te verspreiden. Na verloop van tijd moet Elektronenbuizen de distributie van transistors overnemen.

Op het einde van de eerste bijeenkomst wordt de samenstelling van de groep vastgesteld. Er komen ook enkele buitenlandse Philips-medewerkers in de groep te zitten, nl. van het Laboratoire d'Electronique et de Physique appliquée in Parijs, dat onder leiding staat van prof. G.A. Boutry, en van Mullard Electronics Laboratories uit Engeland. Daarom zijn de notulen van de vergaderingen in het Engels<sup>61</sup>

De samenstelling van de groep roept overigens enige weerstand op. Hazeu voelt zich gepasseerd: "Onder protest van mijn zijde wenst U degenen, die verantwoordelijk zijn voor de toepassing van transistor (bij Philips en bij derden) over de gehele wereld, buiten de door U georganiseerde applicatiebespreking te houden". Hij voegt er een eerste publikatie over de punt-kontakt-transistor aan toe<sup>61</sup>

De tweede vergadering vindt plaats op 25 november 1952. Deze bespreking is voor het grootste gedeelte gewijd aan de grondslagen van de transistor. Ir. Stieltjes houdt een lezing over dit onderwerp. Hij behandelt in het kort de belangrijkste begrippen, die nodig zijn om enig inzicht in de werking van de transistor te krijgen. Enkele onderwerpen: waarom is een stof een halfgeleider, geleidingsmechanismen (gaten en elektronen), p- en n-type halfgeleiders en de principes van gelijkrichting en versterking in lagendiodes, respectievelijk -transistor<sup>62</sup>

De overige leden van de groep brengen verslag uit van hun werkzaamheden. Een lezing en een demonstratie van van Hengel worden verdaagd naar de volgende bespreking<sup>63</sup>

Na de eerste twee besprekingen evalueert Lopes Cardozo de ontstane situatie. Hij stuurt een notitie naar de directies van de betrokken HIG'en, van het Nat. lab. en naar Tromp. Hierin zet hij de situatie in het kort uiteen. Omdat de verkrijgbaarheid van transistors voor laboratorium proeven sinds kort een feit is, verwacht hij dat de toepassingen in snel tempo zullen toenemen. "In dit verband meen ik goed te doen U, waarschijnlijk ten overvloede, te wijzen op de verstrekkende gevolgen, die de komst van de tran-

sistor voor bijna alle gebieden van de electronica zal hebben"<sup>51</sup> Hij wijt het feit, dat er ook in de VS nog geen toepassingen van transistors op grote schaal op de markt zijn, aan de grote belangstelling van militaire zijde, die bijna alle beschikbare transistors opkoopt. "Dit mag ons echter niet misleiden omtrent de grote repercussies, die de transistors ook op de civiele markt teweeg zullen brengen". Hij geeft een overzicht van de eigenschappen van de transistor. Naast de bekende voordelen, zoals de geringe afmetingen, kleine vermogensdissipatie, schokvastheid en de in principe lange levensduur zijn dit:

- 1 principieel beperkt tot lagere frekwenties dan buizen
- 2 veel ruis
- 3 in huidige uitvoering: beperkt tot kleine vermogens
- 4 in huidige uitvoering: beperkt temperatuurtraject
- 5 wellicht uiteindelijk goedkoper dan elektronenbuizen<sup>55</sup>

Het beeld van de transistor is in vergelijking met het vorig overzicht, ruim een jaar eerder, al heel wat genuanceerder geworden. Een half jaar praktijkervaring zal hieraan niet vreemd zijn.

Transistoren zijn interessant als alle buizen in een apparaat erdoor vervangen kunnen worden. Lopes Cardozo schetst een beeld van de mogelijke toepassingen: hoorapparaten, draagbare radio's, TV en allerlei professionele gebieden, zoals elektronische rekenmachines. "Het lijkt dan ook van levensbelang voor de N.V. Philips de hierdoor noodzakelijk geworden ontwikkelingen met kracht ter hand te nemen, temeer onze octrooipositie zeer zwak is"<sup>56</sup>

Hij vervolgt met de vermelding van het werk van de TAG. "In verband met het grote belang van het onderwerp roep ik hierbij uw steun in om op korte termijn de door U aangewezen heren vrij te maken voor dit werk, zodat zij kunnen fungeren als nucleus van de transistorapplicatie kennis in uw groep"<sup>57</sup>

Enkele dagen later krijgen de leden van de TAG een brief van Pannenborg. Hij dringt er bij iedereen op aan om zich eens te bezinnen, in hoeverre hij voldoet aan de voorwaarden, die gesteld zijn aan het lidmaatschap. Dit houdt in, dat er per HIG minstens één man zich volledig met dit onderwerp bezighoudt. De TAG is slechts een hulpmiddel, maar wel waardevol. Daarnaast moet men ook individueel contacten met de deskundigen van het Nat.lab. onderhouden. Hij vraagt iedereen om na te gaan of hij voor het transistorwerk wel voldoende tijd kan vrijmaken. Zo niet, dan is het beter om uit te kijken naar een andere collega, die daartoe wel in staat is. "Wie de schoen past, trekke hem aan"<sup>58</sup>

Er vinden in 1953 nog 7 bijeenkomsten van de TAG plaats (dus in het totaal 9). De derde vergadering is op 6 januari 1953. Op het programma staat 's mor-

gens de uitgestelde lezing en demonstratie van van Hengel; het middagge-  
deelte wordt verzorgd door van Overbeek<sup>69</sup> (geen notulen).

De toepassing in de communicatie sector staat centraal op de 4e bijeen-  
komst, op 12 februari. Dr. B.G. Dammers van Elektronenbuizen geeft een o-  
verzicht van de problemen, die men tegengekomen is bij 'output' transistors.  
De discussie gaat voornamelijk over de specificaties van transistors. Deze  
specificaties geven aan welke eigenschappen een transistor heeft, waarvoor  
hij te gebruiken is e.d. Tot nu toe heeft men alleen testspecificaties, die  
overgenomen zijn van Amerikaanse typen. Men heeft echter meer behoefte aan  
doel-specificaties; deze geven de karakteristieken van de transistor in wer-  
king, de absolute maximumwaarde en de fysische gegevens. Op grond van een  
dergelijke specificatie kan de toepassing van die transistor bepaald worden.  
De conclusie van de discussie luidt: "Target-specification based on more  
narrowly defined specifications are necessary to come to a suitable series  
of transistors in accordance of the possibilities of the manufacturing pro-  
cess"<sup>70</sup>

Uit de rondvraag blijkt, dat iedereen druk bezig is met transistors.  
Grootste belemmering is nog steeds het gebrek aan aantallen transistors.  
Elektronenbuizen antwoordt hierop, dat zij slechts zo weinig transistors  
kunnen leveren, omdat zoveel exemplaren afgewezen worden. Zij denken ech-  
ter, dat bepaalde afgewezen produkten nog wel bruikbaar zijn voor expe-  
rimenteerdoeleinden.<sup>71</sup>

Ir. Lopes Cardozo stelt voor om een 'petit comité' te vormen voor het ge-  
bied van de radio en TV.<sup>72</sup> In verband met de aanwezigheid van buitenlan-  
ders zullen deze vergaderingen aansluitend of voorafgaand aan de verga-  
deringen van de TAG plaatsvinden. De eerste keer is op 2 april. Men maakt  
een schatting van de benodigde aantallen transistors voor hoorappa-  
raten. Men komt tot een totale produktie-schatting van 100.000, waar-  
van de helft voor hoorapparaten. Omdat per hoor-apparaat 4 transis-  
tors nodig zijn, kan men dus ruim 10.000 stuks maken. Verder bekijkt  
men de toepassing in radio en TV.<sup>73</sup>

Op de 5e vergadering, op 2 april, zijn twee onderwerpen aan de orde.  
Op de eerste plaats de nieuwe ontwikkelingen op het gebied van de toe-  
passing in radio-ontvangers. In gewone radio's acht men de voordelen  
nog te klein om tot toepassing over te gaan, zeker ook gezien het ge-  
brek aan transistors. De meer speciale 'sets', zoals de autoradio zijn  
interessanter. Daarna geeft Meyer Cluwen een overzicht van de verwerving  
van transistorapplicatie-patenten. Hij ziet nog wel enkele mogelijkhe-  
den voor Philips om patenten te verwerven op dit gebied.<sup>74</sup>

De 6e vergadering, 2 mei, heeft als bijzonder onderwerp de vergelijking van eigenschappen van transistors, die door anderen gemaakt zijn, met de beschikbare Philips-transistors. De beschikbaarheid van transistors is een telkens terugkerend punt. In mei is de punt-kontakt-situatie niet al te slecht, maar de pnp's laten nog veel te wensen over; i.h.b. aan de OC 12 is een nijpend gebrek<sup>75</sup>

De laatste bijeenkomst voor de vakantie vindt plaats op 2 juli. Een discussie over hoorapparatencircuits kan geen doorgang vinden wegens afwezigheid van een van de leden. In plaats hiervan vertelt van Overbeek over het werk op het Nat.lab. aan transistors voor hoge vermogens<sup>76</sup>

Na de vakantie duurt het tot 1 oktober, voordat de TAG weer bij elkaar komt. Ter discussie staat een rapport van van Overbeek, getiteld: "Some remarks about the application of transistors"<sup>77</sup> Er komen drie zaken in aan de orde. Allereerst de vraag, waar punt-contacttransistors en waar lagentransistors toegepast moeten worden. Algemeen wordt ingestemd met de opvatting, dat er alleen voor zeer hoge frekventies toepassingen voor punt-contacttransistors zijn. Zodra echter de elektrische eigenschappen van de junction-transistor goed genoeg zijn, zullen voor alle andere toepassingen punt-contacts niet meer gebruikt worden.<sup>78</sup> Zelfs op het gebied van de hoge frekventies kunnen in de toekomst nog opmerkelijke verbeteringen van de lagentransistor verwacht worden.

Het tweede discussiepunt draait om het vraagstuk van de materialen. Men vraagt zich af, op welke gebieden men andere materialen, zoals silicium moet toepassen. Van Overbeek konkludeert, dat germanium-transistors in verschillende toepassingen hetzelfde werk kunnen doen als radiobuizen, maar dat er nog een lange weg te gaan is, voordat dezelfde mate van betrouwbaarheid bereikt is als bij buizen. In sommige gevallen, zoals bij hoge omgevingstemperaturen, hoge vermogens en misschien bij hoge frekventies, zal men van andere materialen gebruik moeten maken. Vooral silicium biedt dan perspectieven. Het derde onderwerp in het discussiestuk van van Overbeek is het vermogen, dat transistors aankunnen. Op dit gebied kampt men nog met grote problemen.<sup>79</sup>

De laatste vergadering van de TAG vindt plaats op 12 nov. 1953. Aan de orde is, naast het verslag van aan de transistor verrichte metingen, een voorstel om de TAG in een aantal contactgroepen op te splitsen. Het belangrijkste argument is de toenemende specialisatie van de deelnemers.<sup>80</sup> Dit plan is al eerder gelanceerd door Pannenburg op de Transistor Applicatie dag, die op 4 november gehouden is in het Nat.lab. Dit initiatief gaat uit van de Nat.lab.-medewerkers en is bedoeld voor de medewerkers van de HIG's.



Pannenberg houdt op die dag een vermeldenswaardige voordracht. Hij geeft in deze voordracht een overzicht van de ontwikkelingen in het laatste jaar en kijkt vooruit. Zijn bedoeling is "om enkele algemene gezichtspunten betreffende het transistor-applicatie onderzoek in de ontwikkelingslaboratoria te belichten"<sup>81</sup> Op het Natlab zijn grote vorderingen gemaakt. Hij haalt dr. Haaijman aan: "Wij hebben het gevoel, dat het tijdperk van koortsachtig bijkomen tot het peil van de concurrentie is afgesloten en dat wij thans voor de schone taak staan om niet langer te copiëren, maar temidden van alle anderen onze eigen weg te zoeken"<sup>82</sup> Op het applicatiegebied is men nog niet zover, maar "het scheelt niet veel meer en het zal niet lang meer duren, voordat wij ook op applicatiegebied de concurrentie als gelijke en liefst als betere tegemoet kunnen treden"<sup>83</sup>

Hij karakteriseert de periode van oct. '52 tot nov. '53: nadat de eerste transistormonsters eind 1952 gereed kwamen, heeft men zich moeten aanpassen aan transistorschakelingen, wat niet altijd gemakkelijk geweest is, omdat men zo vertrouwd was met buizen. De eerste periode is voornamelijk gebruikt om een zekere vaardigheid met transistorschakelingen op te doen, en niet zozeer om concrete schakelingen te ontwerpen. Bovendien heeft men inzicht verworven, welke uitwendige grootheden bepalend zijn voor het nut van bepaalde transistortoepassingen.<sup>85</sup>

Bij dit alles heeft de TAG een belangrijke rol gespeeld. "Kon een jaar geleden nog één man, met name de hr. van Overbeek, nog alle transistor applicatie kennis, die bij Philips aanwezig was overzien, thans is deze kennis reeds zo uitgebreid, dat een zekere specialisatie zich begint af te tekenen en er in het Philipsconcern vele tientallen personen zich de benodigde denkwijze hebben eigen gemaakt."<sup>85</sup>

Die specialisatie is ook de reden, waarom het nut van de TAG afneemt. Pannenberg stelt daarom voor om de TAG te vervangen door een aantal contactgroepen, die ieder zijn eigen, min of meer afgebakend gebied zullen beslaan. De nauwheid van de afbakening wordt voornamelijk bepaald door de nabijheid van concrete applicaties.<sup>86</sup>

Pannenberg besluit met zijn toehoorders nog eens het belang van de transistor op het hart te drukken. "Om te vermijden, dat U bij Uzelf denkt: wat een poeha en een drukte, wij zullen het immers heus wel rooien en wij zijn knap genoeg om het alleen te kunnen - wil ik U gaarne nog het volgende op het hart drukken. In de geschiedenis van het Philipsconcern is, althans na de eerste groeiperiode ervan, het nog niet voorgekomen, dat een fundamentele vinding ditmaal door derden geschiedt, de mogelijkheid in zich draagt zijn consequenties te hebben op het overgrote deel van de huidige activiteiten. Dat deze

vinding door een derde en niet door ons is gedaan, is geen catastrofe; er zijn voorbeelden genoeg, dat Philips bij uitstek in staat is om van zo'n vinding tot een succesvolle industriële activiteit te komen"<sup>87</sup>

Belangrijkste factor bij dit alles is in verband met de actieve concurrentie de tijd. Daarom moet er een grote teaminspanning van alle beschikbare krachten geleverd worden. Dubbel werk en versplintering van krachten zijn uit den boze. Op deze manier kan Philips de positie innemen op het gebied van de transistorapplicatie in Europa, die het ambieert: nummer één in Europa.<sup>88</sup>

## 8. FASE III: APPLICATIE, PRODUCTIE EN MARKTVEROVERING 1954 - 1957

Men gaat bij Philips steeds intensiever naar toepassingen zoeken en vindt deze ook, al is dit eerst nog op beperkte schaal. Hiermee gaat gepaard het op gang komen van de massa-productie met al haar specifieke problemen.

### 8.1. De Transistor Applicatie Contactgroepen

De TAG voldoet niet meer (zie 7.5.). Er is een aanpassing in de structuur van het applicatie-overleg nodig. Op voorstel van dr.ir. A.E. Pannenborg wordt de TAG vervangen door 7 Contactgroepen, met elk een min of meer afgebakend gebied. De coördinatie tussen het werk van de verschillende Contactgroepen wordt verzorgd door het Transistor Applicatie Kerncomité, dat bestaat uit de voorzitters van de verschillende Contactgroepen en enkele deskundigen en specialisten<sup>1</sup>

De 7 groepen behandelen de volgende onderwerpen:

- I Hoorapparaten
- II Laagfrequentieversterking
- III Smalle bandversterking (geluid-ontvangst)
- IV Brede bandversterking (beeld-ontvangst)
- V Niet sinusvormige signalen
- VI Meetmethoden en -apparatuur
- VII Diverse toepassingen<sup>2</sup>

Groep I bestaat al. Wat deze groep gedaan heeft, zal ik uitgebreider behandelen als voorbeeld van het werk, dat in de groepen verricht is. Veel meer dan de andere groepen is deze groep gericht op één concrete toepassing. Maar eerst komen de belangrijkste gebeurtenissen in het Transistor Applicatie Kerncomité aan de orde.

#### 8.1.1. Het Transistor Applicatie Kerncomité

De coördinatie van het werk van de verschillende Contactgroepen geschiedt door het Transistor Applicatie Kerncomité (TAK). Zoals gezegd bestaat de groep uit de 7 voorzitters van de Contactgroepen; daarnaast hebben twee vertegenwoordigers van het Nat.lab., twee van de HIG Elektronenbuizen en iemand van de Octrooiafdeling zitting in het TAK<sup>3</sup>

De samenstelling van de groepen is het belangrijkste onderwerp van de eerste bijeenkomst op 23 november 1953. Men vindt, dat deze steeds flexibel moet blijven, d.w.z. zich steeds aan moet kunnen passen aan de behoef-

ten van het moment<sup>4</sup>

Er wordt een schema gemaakt voor de bijeenkomsten van de Contactgroepen. De bedoeling is, dat alle groepen in dezelfde week vergaderen, wat gemakkelijker is voor de buitenlandse deelnemers. Bovendien is er dan tijd voor voordrachten van het Nat.lab. en eventueel Elektronenbuizen. De eerste bijeenkomsten zijn gepland in de week van 25 januari<sup>5</sup>

De vertegenwoordigers van Elektronenbuizen vinden het wenselijk, dat aan het werk in de groepen vertegenwoordigers van de Technisch Commerciële afdeling van Elektronenbuizen deelnemen. De vergadering vindt echter, dat dit ter beoordeling van elke voorzitter staat. Criterium hierbij moet zijn, in hoeverre de techniek van het onderwerp al op het vlak van de ontwikkeling ligt. Is hiervan al sprake, dan is het wenselijk om de Technisch Commerciële afdeling erbij te betrekken. Dit geldt alleen nog maar voor Contactgroep I, waar de Technisch Commerciële afdeling van Elektronenbuizen wel in vertegenwoordigd is<sup>6</sup>

Dit standpunt stuit echter nogal op verzet bij Elektronenbuizen. Zij voelen zich weer gepasseerd; de onenigheid uit het verleden blijkt nog niet vergeten te zijn. Ir. C.J. Königs zet de bezwaren uitvoerig uiteen. Belangrijkste bezwaar is, dat de Contactgroepen zich volgens Königs onvermijdelijk op het gebied van de Technisch Commerciële afdeling zullen begeven<sup>7</sup>

Pannenburg reageert direct hierop. Hij stelt, dat de Contactgroepen "slechts media voor uitwisseling van informatie zijn, met het doel zo snel en efficiënt mogelijk de kennis omtrent het gebruik van transistoren in diverse schakelingen te vergroten". Zij hebben dus geen enkele bevoegdheid aangaande typenindeling e.d., hoewel meningsvorming volgens Pannenburg alleen maar aan te moedigen is<sup>8</sup>. Vervolgens verwerpt hij de kritiek van Königs onder verwijzing naar de besluiten van de eerste TAK-vergadering, die onverminderd van kracht blijven<sup>9</sup>.

De tweede vergadering van het TAK, op 21 januari 1954, staat in het teken van de eerste bijeenkomsten van de Contactgroepen. Er komen slechts organisatorische problemen aan de orde<sup>10</sup>

Na de eerste Transistor Applicatie week, waarover men in het algemeen tevreden is, komt het Kerncomité weer op 5 februari bij elkaar. Er blijken problemen te bestaan rond de geheimhouding, met name in Engeland. Afgesproken wordt om ten minste twee maanden te wachten met het doorgeven van informatie aan concurrenten<sup>11</sup>

Op de vierde bijeenkomst, die plaatsvindt op 22 maart, is de vertegenwoordiger van het applicatie lab. Elektronenbuizen weer afwezig. Dit is voor Pannenburg aanleiding om hierover een brief te schrijven aan ir. H.

H. van Abbe. Hij spreekt hierin zijn teleurstelling uit over de afwezigheid van het applicatie lab. van Elektronenbuizen en verzoekt hem er voor te zorgen, dat er in elk geval altijd een vertegenwoordiger van het lab. is. Een jaar tevoren protesteerde men nog tegen de buitensluiting van een vertegenwoordiger van het lab. van de TAG!<sup>2</sup>

Er blijkt verder een meningsverschil te bestaan over welke meetmethoden in de fabriek toegepast moeten worden. De tegenstelling tussen Lab II aan de ene kant en Lab I van Elektronenbuizen en anderen aan de andere kant moet in Contactgroep VI uitgepraat worden; lukt dit niet, dan moet er gestemd worden. Bij de HIG'en PIT en ELA staat het transistor-applicatie werk op een laag pitje. Als reden geeft men tijdgebrek op!<sup>3</sup>

Een overzicht van het werk in de groepen wordt verstrekt op de 4e bijeenkomst van het TAK, op 25 juni 1954.

- I Hoorapparaten. De groep is de laatste tijd niet bij elkaar geweest in verband met ziekte van de voorzitter. De taak van de groep was echter in eerste instantie al afgesloten, zodat het programma nog slechts enkele speciale onderwerpen van niet acuut belang omvat.
  - II Laagfrequent versterking. Deze groep komt regelmatig bij elkaar. Er is tijd besteed aan het opstellen van gewenste eigenschappen van in de toekomst te gebruiken transistors. Verder werkt men aan enkele concrete toepassingen, zoals een getransistoriseerde grammofoonversterker.
  - III Radio. Het werk wordt belemmerd door de beperkte aantallen monsters hoog-frekvente transistors, wat hopelijk binnenkort door een serie nieuwe experimentele transistors van het Nat.lab. verholpen wordt.
  - IV Brede bandversterking. Sinds de laatste internationale bijeenkomst is er niet meer vergaderd, omdat er niet werkelijk geëxperimenteerd wordt; men ziet echter wel mogelijkheden. Daarom wordt er naar een oplossing gezocht.
  - V Niet sinusvormige signalen. Het werk heeft geleden onder een overplaatsing. Hiervoor is onlangs een oplossing gevonden.
  - VI Metingen en Meetapparatuur. Deze groep komt regelmatig bijeen onder voorzitterschap van Stieltjes, die van Overbeek vervangt.
  - VII Diverse toepassingen. De groep bevindt zich in ernstige moeilijkheden door gebrek aan activiteit van zijn leden. Met name de deelnemers uit de HIG PIT zijn nog niet aan transistorapplicaties toegekomen. Er wordt gesproken over opheffing van de groep, maar de voorzitter vindt, dat zelfs zeer onregelmatig vergaderen zin heeft.
- Nieuwe vergaderingen worden uitgesteld tot na de vacantie!<sup>4</sup>

De ontwikkelingen blijken vanaf die tijd veel langzamer te verlopen. De transistor en de mogelijkheden ervan zijn langzamerhand wel bekend en de behoefte aan een gestructureerd overleg is dan ook veel minder. Men kan vooruit. Op de vergadering van de TAK na de vakantie, op 7 sept., zijn geen bijzondere ontwikkelingen te melden. Het is dus niet nodig om alle groepen weer bij elkaar te roepen. De groepen, die dat nodig vinden vergaderen nog in oktober!<sup>5</sup> Verder komt er een transistorapplicatie bijeenkomst waarop een aantal sprekers vertellen, welke toepassingen de transistor volgens hen gaat vinde. Deze dag wordt gehouden op 13 oktober!<sup>6</sup>

Dan is de diffusie van de transistorkennis voltooid. Het werk is bijna overal opgestart. De behoefte aan begeleiding van bovenaf van het diffusieproces is niet meer zo noodzakelijk. Natuurlijk blijft onderling overleg nodig, maar dit hoeft niet meer zo groots opgezet te worden. Belangrijker is het om op het juiste moment te reageren. Als voorbeeld hiervoor kan dienen de Contactgroep 'Draagbare transistor omroepontvanger'. Deze groep, in feite de 8e Contactgroep, heeft een duidelijk doel. Het werk begint in mei '54 en na een inventarisatie van de problemen gaat men voortvarend te werk. De groep vergadert in een jaar tijd zo'n 35 maal, wat veel meer is dan de andere Contactgroepen, die slechts zelden bij elkaar komen; Groep IV vergadert slechts 2 maal!<sup>7</sup>

### 8.1.2. Transistor Contact Groep I: Hoorapparaten

Het werk in deze Contactgroep is gericht op het maken van volledig getransistoriseerde hoorapparaten. Het kan daarom dienen als voorbeeld van het werk in de Contactgroepen. Groep I is echter wel veel meer dan alle andere groepen toegespitst op één toepassing. Hoorapparaten met transistors, hetzij gemengd, dat wil zeggen met buizen en transistors, hetzij volledig getransistoriseerd, zijn al op de markt.

Behalve als voorbeeld voor het groepenwerk is het ook interessant om nauwkeuriger naar het werk in deze groep te kijken, omdat je op die manier de praktische problemen van het transistorwerk tegenkomt. Bovendien komt herhaaldelijk de concurrentie aan bod, wat een beeld geeft van de kwaliteit van de Philips-transistors in vergelijking met transistors van andere firma's. Ik ga voornamelijk op deze aspecten in; de ontwikkeling van transistorschakelingen, die ook uitgebreid in deze groep aan de orde komen, laat ik buiten beschouwing.

Eind 1953 wordt er druk gewerkt aan de transistorisering van het hoorapparaat. Bij Mullard verschijnt een verslag over experimenten aan een volledig getransistoriseerd hoorapparaat, dat gebruik maakt van 4 lagen-transistors. De conclusie is, dat de gebruikte schakeling niet voldoet en dat de werking van de transistoren, de OC's 10, 11 en 12 onvoldoende is!<sup>8</sup>

Als de Contactgroepen gevormd worden, bestaat er al een werkgroep hoorapparaten. Deze werkgroep wordt Contactgroep I. Op 17 november 1953 vindt de eerste bijeenkomst van de nieuwe groep plaats. De actieve leden zijn: ir. H.H. van Abbe (Elektronenbuizen Lab I), dr. A.G.Th. Becking (Nat.lab), dhr. P.Blom (Ontwikkelgroep Hoorapparaten), ir. J. van Hengel (Applicatielab Elektronenbuizen), ir. G. de Vries (Ontwikkelgroep Halfgeleiders) en ir. J.C. Königs (Technische Commerciële afdeling Elektronenbuizen). Daarnaast zijn er een tiental passieve leden, die op de hoogte gehouden willen worden van de vorderingen van de groep. De vergaderingen vinden in principe eens in de twee weken plaats!<sup>9</sup>

Na de organisatorische zaken geregeld te hebben, gaat men op de eerste vergadering weer over tot de orde van de dag. De grootste problemen, die men met de transistoren heeft, zijn een lage versterkingsfactor en te veel ruis. Bovendien is de spreiding in de eigenschappen vaak veel te groot. Dr. B.G. Dammers deelt mee, dat de fabriek voor de nieuwe transistors een versterkingsfactor  $\beta$  van 20 garandeert bij een ruisniveau, dat niet hoger ligt dan bij de OC 10. Dit stemt tot grote voldoening, hoewel men de  $\beta$  nog aan de lager kant vindt!<sup>20</sup>

Philips heeft in Nijmegen een fabriek gebouwd voor de produktie van halfgeleiders. Deze fabriek komt eind 1953 gereed. De situatie rond de transistoren is op dat moment de volgende:

- 1 Philips gaat geen tranistoren met een plastic omhulling maken.
- 2 De proeffabricage van de nieuwe OC 70 en 71 begint in januari 1954. Deze transistors hebben een glazen omhulling.
- 3 De massa-produktie moet in maart beginnen; tevens moeten er dan beschrijvingen zijn van de toepassingen van deze transistoren in hoorapparaten.
- 4 In het totaal hoopt men 500.000 transistors van dit type te maken in 1954.
- 5 De produktie van punt-contacttransistors, de typen OC 50 en 51, blijft beperkt tot zo'n 10.000 stuks!<sup>21</sup>

Ir. van Abbe brengt op de tweede vergadering verslag uit van zijn bezoek aan Engeland. Daar maken veel fabrikanten 'gemengde' apparaten met twee buizen en een transistor. De transistors worden geïmporteerd uit de VS!<sup>22</sup> Een van die hoorapparaten is het Radio-ear-apparaat. Een eerste vluchtige

inspectie laat een gemengde schakeling zien. Blom belooft een volledig rapport.<sup>23</sup>

Verder bediscussieert men een aantal schakelingen, maar men komt nog niet verder dan de conclusie, dat de versterkingsfactor niet te hoog mag worden. De verwachtingen van de 'all-glass'-transistor zijn, dat deze een versterkingsfactor zal hebben, die tussen de 20 en de 100 ligt. De spreiding is dan veel te groot. Dit acht men zonder meer niet acceptabel.<sup>24</sup>

Op de 4e vergadering, die plaatsvindt op 21 dec. 1953, komt men terug op de eigenschappen van het Radio-ear-apparaat en de daarin gebruikte transistors, de CK 718. Het definitieve verslag van het apparaat moet nog verschijnen. Wat de CK 718 transistors betreft, constateert men een grote spreiding in de  $\beta$ -waarden, die voor 2 van de 3 transistors aan de lage kant zijn. De meeste andere gegevens zijn vergelijkbaar met de eigenschappen van de Philips-transistors.<sup>25</sup> De eerste proefserie van de all-glas uitvoering heeft inmiddels plaatsgevonden. De resultaten zijn uitstekend: 90% van de totale opbrengst is binnen de specificaties, terwijl 5% erg slecht is. De eigenschappen zijn ook uitstekend; met name de resultaten van de levensduurtest zijn zeer goed. Het gaat hierbij om de werking van de transistors bij een hoge vochtigheid. Veel hoorapparaten hebben het begeven, omdat de transistors niet meer werkten in een vochtig milieu (dicht bij het lichaam). Dit is ook de reden, waarom men andere omhullingen probeert. De verschillende mogelijkheden zijn: plastic, metaal of glas. Een vergelijking van de resultaten van deze test: de Philips-transistor werkt op dat moment al 800 uur; een Raytheon-transistor werkte niet langer dan 10 uur. Hydroair werkt helemaal niet, terwijl een RCA-transistor met een plastic omhulling na 100 uur nog werkt. De gegevens van de eerste 1000 transistors verwacht men binnen twee weken.<sup>26</sup>

Dit blijken er slechts 500 te zijn. De gegevens van deze transistors bespreekt men op 12 januari 1954. Op deze gegevens wil men de uiteindelijke doelspecificaties baseren. Dit gaat op een tamelijk ruwe manier, nl. door toepassing van de zogenaamde 60% regel. Men gaat hierbij uit van de waarden, waaraan 90% van alle transistors voldoen, bijv. 90% van de transistors heeft een versterkingsfactor tussen de 30 en de 50. Omdat de specificaties echter altijd aan de veilige kant moeten zijn, neemt men 60% van de 90%-waarden.<sup>27</sup>

Het belangrijkste probleem is de ruis. Verder is er geen evenwichtige opbrengst; de productie levert meer OC 71's op dan OC 70's. Van de totale productie ligt 50% binnen de specificatie, 20% wordt afgewezen wegens te veel ruis, 15% heeft een te lage versterkingsfactor en 15% is mechanisch



defect. Men kent ook de voorgestelde eisen van de German Hearing Aid apparatenbouwers; maar deze eisen liggen zo hoog, dat men ze niet serieus neemt.<sup>31</sup>

Van Hengel geeft tijdens de zesde bijeenkomst, 26 januari 1954, de uiteindelijke resultaten van zijn berekeningen aan het Radio-ear-apparaat. Van Abbe geeft het laatste nieuws betreffende de doel-specificaties van de OC 70 en 71. Men bekijkt of de spreiding in de  $\beta$ 's niet uitgebreid kan worden van 20 - 40 naar 20 - 50, maar zou slechts onder enkele voorwaarden geaccepteerd kunnen worden. De politiek wat de ruis betreft blijft onduidelijk.<sup>29</sup>

Op de bijeenkomst van 25 februari komt Moleman terug op de specificaties. De getallen, die men in de publicatie op wil geven voor de OC 71 blijken tot dusver niet gecontroleerd te zijn door fabrieksmetingen. Introductie van deze metingen betekent, dat het produktieproces gecompliceerder wordt, wat waarschijnlijk een grotere uitval oplevert. Overigens zijn de specificaties aanzienlijk ruimer dan de fabrieksgegevens, bijvoorbeeld voor de OC 70 een ruis van 18 db in de publicatie tegen lager dan 15 db in de fabriek; voor de OC 71 zijn deze cijfers respectievelijk 25 en 22 db. De konsekwenties van deze getallen zijn, dat er meer OC 70's nodig zullen zijn dan OC 71's. Dit heeft weer tot gevolg, dat de gemiddelde  $\beta$  daalt, omdat de 71 een hogere  $\beta$  heeft dan de 70, hetgeen men betreurt.<sup>30</sup> Moleman heeft ook de taak om de oorzaken van de spreiding en van de uitval te onderzoeken. Voor een te lage  $\beta$  zijn de oorzaken waarschijnlijk een te grote basisdikte en een te hoge oppervlaktere combinatie.<sup>31</sup>

Langzamerhand is het belangrijkste werk gedaan: het hoorapparaat komt in de produktiesfeer terecht. De vergelijking met andere apparatenbouwers wordt nu interessant. Blom geeft enkele cijfers op de 10e vergadering, die plaatsvindt op 16 maart. Allereerst beschrijft hij het type WT 540 van de Duitse firma Wendtone. Deze maakt gebruik van 4 Philipstransistors, nl 3 OC 12's en 1 OC 10 (met een plastic omhulling). Hij karakteriseert het circuit als erg 'basic', zonder enige verfijning. Een ander apparaat komt van Oticon. Deze maakt gebruik van transistors van Radio Receptor. Men verwacht een slechte temperatuurcurve, maar durft dit nog niet met zekerheid te zeggen.<sup>32</sup> Een grote concurrent is Sonotone, die gebruik maakt van transistors van Germanium Products.

De 11e vergadering bespreekt de concurrentie in Engeland; de meeste apparatenbouwers zijn erg voorzichtig en gebruiken voornamelijk Amerikaanse

transistors, bijvoorbeeld de CK 781. Maar men is vol vertrouwen in de mogelijkheden van de OC 70 en 71. "general impression is, that the Philips transistors OC 70 and 71 are much better"<sup>34</sup> Dit concludeert men aan de hand van rapporten van ondernemingen, die monsters getest hebben. "USA orders of 10.000 pieces have been cancelled due to offer of Philips, it is known"<sup>35</sup> Als deze tendens zich doorzet, dan kan Philips waarschijnlijk 100.000 stuks verkopen, wat overeenkomt met ongeveer 35.000 hoorapparaten per jaar op een toatale markt van naar schatting 80.000 stuks. Er zijn overigens wel enige klachten, maar deze zijn van ondergeschikte aard: 1 de verf laat los, 2 de bevestigingen zitten erg dicht op elkaar, wat lastig is en 3 de glasomhulling wordt gemakkelijk platgedrukt. Niettemin "We have a good name now in the transistorfield"<sup>36</sup>

Een ander gunstig bericht is, dat Bell voor hoorapparaten de transistorroyalties in de VS heeft opgeheven.<sup>37</sup> Bij Philips vraagt men zich af, of zij ook niet in aanmerking kunnen komen voor vrijstelling van royalty-betalin- gen buiten de VS. In eerste instantie besluit men om geen stappen te onder- nemen, omdat het slechts om zeer kleine bedragen zou gaan.<sup>38</sup> Maar op de Orco- vergadering van 7 september 1954 komt men hier op terug. De royalties blij- ken toch niet zo gering te zijn: voor 1953/54 moet men al f60.000,- beta- len en de verwachting is dat dit al snel aanzienlijk meer zal worden. "Het werd echter ook in dit licht niet opportuun geacht aan Western een vrijstel- ling te vragen van royalty-betaling voor deze transistors buiten de VS". In dit verband deelt Jenneskens mee, dat Philips de enige fabrikant in Europa is, die transistors in enige omvang maakt en, over de gehele wereld gezien, waarschijnlijk de tweede plaats inneemt. "De transistorsector zou bij ons nu reeds winst opleveren. Het toepassingsgebied is theoretisch veel groter dan dat voor buizen en er moet in de komende jaren met sterk groeiende omzetten gerekend worden"<sup>39</sup>

## 8.2. De licentiepolitiek

De contacten met de concurrenten blijven belangrijk in het zich snel ontwikkelende halfgeleidergebied. Zij zijn ook een weerspiegeling van de krachtsverhoudingen. Voor Philips geldt, dat men nauwlettend bijhoudt, bij welke concurrent belangrijke ontwikkelingen plaatsvinden, hoewel het vaak moeilijk in te schatten is, welke ontwikkeling belangrijk is en welke niet. Kwamen in de vorige periode Western, respectievelijk RCA ter sprake, in 1954 zijn er veelvuldige contacten met de derde grote firma, General Electric.

### 8.2.1. General Electric

In het voorjaar van 1954 ontvangt Philips een brief van dhr. Herod van GE, waarin hij een ontwerp-contract aanbiedt voor de uitwisseling van licenties en fabricagekennis voor de gehele wereld op het gebied van de electronica; uitgezonderd zijn de industriële electronica en de medische sector. De lichtsector wil GE pas in tweede instantie behandelen.<sup>40</sup>

Naar aanleiding van deze brief komt naar voren, dat er geen directe aanleiding bestaat voor de afsluiting van zo'n contract met GE. Maar de directie van het Nat.lab. brengt daar tegen in, dat zij het onderzoeks- en ontwikkelingspotentieel van GE hoog aanslaan, waarbij speciaal het werk in de materialensector belangrijk is. Men wijst op de belangrijke methoden voor de transistorfabricage, waardoor massafabricage mogelijk lijkt te worden. Ook de Lichtgroep stelt een regeling met GE op prijs. Uitkomst van de discussie is, dat men vòòr de afsluiting van een contract is, dat veel sectoren omvat. Zo'n contract mag echter de contacten met RCA niet beïnvloeden. Verschillende aanwezigen vragen zich af, of een volledig uitgewerkte contractregeling van de kennisuitwisseling wel gewenst is; men denkt aan een regeling voor de licenties en verder fabrieksbezoeken op 'courtesy'-basis.<sup>41</sup>

Een breed bereik zou ook de Lichtsector moeten omvatten en Philips ruimte moeten geven om activiteiten te ontplooien op het gebied van de industriële electronica. Een afschatting van de krachtsverhoudingen levert het volgende beeld: op lichtgebied bestaat praktisch evenwicht, in de elektronische sector (incl. materialen) een overwicht van Philips, terwijl op het gebied van de industriële electronica GE ongetwijfeld een veel bredere basis heeft. Overweging hierbij is, dat GE de Philips-kennis op elektronisch gebied snel zal kunnen gebruiken; maar voor Philips zal het nog wel enkele jaren duren voordat de activiteiten in de industriële electronica uitgebreid kunnen worden. Daarom vindt men, dat GE de eerste 5 jaar een bedrag tussen \$ 100.000 en de \$ 200.000. moet betalen. In verband met de Trust-constructie en de licentiepolitiek van PLI in de VS, moet het contract gesplitst worden in een VS-deel en een deel voor daar-

buiten, waarbij GE in de VS aan Philips moet betalen en Philips buiten de VS aan GE, (maar wel minder).<sup>42</sup>

Op een van de volgende Orco-vergaderingen wordt de hele Electronics Division van GE doorgelicht.<sup>43</sup> Een analyse van de scope van het voorgestelde contract laat zien, dat GE gebieden, waarop Philips iets te bieden heeft, in wil sluiten en de gebieden, waarop GE goed is, buiten het contract wil laten. Verder is de opsomming van de beperkingen zeer verwarrend, onduidelijk en dus niet bruikbaar.<sup>44</sup>

Uit gesprekken van Loupart met mensen van GE blijkt, dat men graag met Philips tot overeenstemming wil komen, echter zonder te betalen. Een gratis contract is geen enkel probleem.<sup>45</sup> Tijdens de vergadering, waarop Loupart verslag uitbrengt van zijn gesprekken met GE, krijgt men bericht van GE. In een brief van 10 febr. 1955 had men de volgende drie voorstellen gedaan:

- a Een niet exclusieve cross-licentie binnen een beperkte scope op wereldbasis.
- b Een gratis licentie-uitwisseling voor de gehele wereld, m.u.v. de VS en enkele landen van West-Europa.
- c Als b, waarbij Philips in de VS een gratis niet-exclusieve licentie geeft aan GE, terwijl GE dit in bepaalde west-europese landen doet.<sup>46</sup>

Nu geeft men te kennen, dat ze voorstel b niet meer aantrekkelijk vinden. Bij Philips concludeert men dan: "Daar een overeenkomst op basis van gratis uitwisseling wel steeds bereikbaar zal zijn en wij bovendien liever eerst tot een regeling met RCA komen, hebben wij met GE geen bijzondere haast".<sup>47</sup>

Voorgesteld wordt dan om een tweetal contracten op te sturen, een ruim en een beperkt, waarbij evenwicht tussen de posities van beide partijen aanwezig geacht wordt. De ruime scope omvat meer dan het werkgebied van de GE Electronics Division, wat zeker problemen op zal roepen. De Orco-vergadering is voorstander van de ruime scope, maar men wil voorkomen, dat dit door GE als een verkapte afwijzing van het contract wordt opgevat.<sup>48</sup>

#### 8.2.2. RCA

Inmiddels zijn de onderhandelingen met RCA nog steeds aan de gang. Belangrijkste obstakel bij de onderhandelingen is de weigering van RCA om het Philips standaard ferroxcube contract te tekenen. De afsluiting van een contract voor 5 jaar zonder uitlooprechten, waarvan sprake is, lijkt bovendien voor Philips gevaar in te houden.<sup>49</sup> Besprekingen tussen Philips en RCA hebben tot gevolg dat RCA bereid is om een wereld-licentieovereenkomst voor een duur van 10 jaar af te sluiten, maar wel zonder uitlooprechten. Het gevaar bestaat, dat Philips dan ook bijv. in Nederland geconfronteerd wordt met RCA-octrooien op het gebied van de kleurentelevisie die onaantastbaar worden. Philips accepteert dit, omdat "wij niet door uitloopbepalingen een positie kunnen handhaven, die onvoldoende door technische bijdragen wordt gesteund".<sup>50</sup> De slotonderhandelin-

gen kunnen beginnen. Zowel met RCA als met GE komt men uiteindelijk tot overeenstemming<sup>51</sup>

### 8.2.3. Matsushita

Philips heeft in Japan contacten met Matsushita Electronics Corporation (MEC); deze contacten liggen voornamelijk op het gebied van de lichtsector en de radiobuizen. Matsushita wil zich ook met de produktie van transistors gaan bezighouden en neemt daarom, logischerwijs, contact op met Western Electric. Philips wil echter graag de transistoroctröoien via Philips doorgeven, omdat zij een licentie onder de Japanse transistoroctröoien hebben. Philips mag contractueel de octrooien doorgeven aan firma's, waarin Philips voor 40% of meer participeert, mits er geen andere firma is, die meer aandelen heeft. MEC valt niet onder deze categorie, maar op grond van de speciale positie van Philips wil men Western toch het recht vragen om de licenties door te mogen geven. Dan kan Matsushita ook profiteren vande gunstige Philips-voorwaarden. Wat de know-how betreft zijn er geen problemen meer, omdat de security maatregelen opgeheven zijn<sup>52</sup>

Er is weinig haast met deze overeenkomst en Matsushita wil best wachten op de Philips voorwaarden. Tot dietijd schort men de contacten met Western op<sup>53</sup> Ook probeert men een constructie te bedenken, waarbij aan de voorwaarden voldaan zou zijn. Een van deze constructies is het oprichten van een internationaal vennootschap, waarin Matsushita Electricronics International en Philips ieder 40% van het kapitaal storten, terwijl de MEC ook nog 20% aandelen zonder stemrecht neemt. Philips begint met 30% te storten als aanbetaling voor de technische hulp, waarna de resterende 10% zo nodig in contantengestort wordt. Uiteindelijk blijft het bij 30%. De technische hulp wil men beperken tot transistors voor consumptiegoederen, hoorapparaten en gebruik in openbare apparatuur<sup>54</sup>

Men besluit echter om toch eerst de zaak met Western door te spreken. In een gesprek met vertegenwoordigers van Western, zet Guèpin de situatie, waarin Philips zich bevindt, uiteen: Philips kan de aandelenstructuur van MEC (70% Matsushita Electronics International en 30% Philips) zodanig wijzigen, dat MEC een aan Philips gelieerd bedrijf wordt, maar men doet dit liever niet. Er blijken geen problemen van de kant van Western te zijn; zij zeggen schriftelijk toestemming te verlenen, waarmee alle problemen opgelost zijn<sup>55</sup>

#### 8.2.4. Western Electric

Western neemt nog steeds een zeer belangrijke plaats in op het halfgeleidergebied, vooral omdat Western belangrijke octrooien bezit zowel op het gebied van de fundamentele transistoroctrooien als op het gebied van de transistorschakelingen. In Engeland krijgt Mullard problemen bij de verkoop van losse transistors aan apparatenbouwers, omdat Western hen een royalty van 1½% over de waarde van het apparaat wil laten betalen, terwijl bovendien een gratis terugvloeien van licenties verlangd wordt. Voor Philips zelf is dit geen probleem door het Main Agreement en de andere overeenkomsten. Men besluit om Western opheldering te vragen, hoe de politiek van Western op Apparatengebied zal zijn.<sup>56</sup>

Aangezien de contracten in 1957 aflopen, begint men met de voorbereiding van de onderhandelingen over de verlenging van het Main Agreement. In een gesprek eind 1955 geeft Western te kennen, dat men de overeenkomsten op een andere basis wil brengen, zonder duidelijk aan te geven wat dit inhoudt.<sup>57</sup> Ir. Oudemans vraagt om opheldering. Mr. Kane van Bell laat in een gesprek duidelijk merken, dat men het contract wil verlengen, maar wel enkele wijzigingen aan wil brengen. Men wil geen verschil meer maken voor het bereik van de verschillende gebieden, maar alles in een contract onderbrengen, eventueel ook het Transistorcontract, hoewel dat nog niet afloopt. Konkrete voorwaarden zijn nog niet gesteld, maar men is van mening, dat een evaluatie van de nieuwe ontwikkelingen en octrooirechten aan de afsluiting van een contract vooraf dient te gaan. Volgens Kane heeft het feit, dat Western in 1947 van Philips-octrooien (ferrietten) gebruik maakte, de onderhandelingen beïnvloed. Oudemans vat dit op als een hint, dat Western een andere betalingspolitiek wil. Dit hoeft volgens hem voor Philips niet veront- rustend te zijn, omdat AT&T waarschijnlijk niet te veel verwacht. Met de woorden van Kane: "Put anything you want in the agreement. You get it. For the conditions we shall see later. Let us evaluate where we stand and make a fair deal". Als er op de juiste manier onderhandeld wordt, hoeft er niet meer betaald te worden als in 1947.<sup>58</sup>

In die tijd, eind '55 begin '56, speelt ook de deelname van Philipsmensen aan het Bell-symposium. Hoewel iedere firma slechts 2 afgevaardigden mag sturen, zou Philips graag 3 mensen sturen. Deze derde man zou iemand van Mullard kunnen zijn. Dit lost echter niet de problemen van Mullard en Radiotechnique op. Loupart vindt, dat deze firma's ook op zo'n symposium vertegenwoordigd behoren te zijn. Als oplossing hiervoor suggereert hij, dat beide bedrijven afzonderlijke overeenkomsten met Bell moeten sluiten.<sup>59</sup>

Dit komt er echter niet van. Western verleent wel toestemming voor een derde afgevaardigde. De Engelse Philips-organisatie is zeer verheugd, dat dit iemand van hen kan zijn.<sup>60</sup>

De contractonderhandelingen verlopen gunstig. Op alle punten wordt overeen

stemming bereikt. De belangrijkste punten zijn, dat Philips voor 5 jaar de 2% royalty voor transistors door moet betalen. Dit zijn zogenaamde uitloopbetalingen, omdat er onder de oude contracten uitlooprechten betaald moesten worden. Deze betalingen van Electronica worden samen met eventuele betalingen van andere HIG'en verdisconteerd in een totaalbedrag. Dit bedraagt ongeveer \$200.000 per jaar. Hier staan overigens wel betalingen van Western in de VS tegenover. De looptijd van deze contracten is weer 5 jaar. Alle dochterondernemingen vallen hieronder.<sup>61</sup>

#### 8.2.5. Philco

Een andere Amerikaanse firma, waar in deze periode onderhandelingen mee lopen, is Philco. Philco is met enkele opmerkelijke ontwikkelingen gekomen, waaronder de surface barrier transistor (zie 2.2.3.) en enkele opmerkelijke televisiebuizen. Philco heeft reeds eerder een voorstel gedaan om tot een overeenkomst met Philips te komen, maar daar is Philips niet op ingegaan. Wel acht men Philco een firma, die men qua techniek in de gaten moet houden.<sup>62</sup>

In april 1956 komt iemand van Philco op bezoek. Hij deelt mee, dat Philco graag contacten wil leggen in Europa. Van welke aard is nogal vaag. Hij legt de nadruk op samenwerking, maar suggereert tegelijkertijd, dat Philco zelf in Europa met de produktie van transistors zal beginnen, als zijn missie mocht mislukken.<sup>63</sup>

Dit aanbod geeft aanleiding tot enkele opmerkingen. Allereerst is het ongevoel, dat het bezoek van dhr. Noor van Philco vrijwel onaangekondigd was; de voorstellen zijn bovendien erg vaag. Philco is pas betrekkelijk laat aan het transistorwerk begonnen, maar heeft een groot succes geboekt met haar hoge frekwentie transistor. Dit is de enige h.f.-transistor die in massaproductie loopt.

Op het Bellsymposium van jan. '56 zijn de bijzonderheden van de 'diffused-base' transistor bekend gemaakt, die verschillende voordelen heeft boven de Philco-transistor. Mensen van RCA vinden, dat de Philco-techniek inferieur is aan de diffusie techniek van Bell, wat voor Philco erg onaangenaam zou zijn. Dit is ook de opinie op het Natlab.<sup>64</sup>

Voelt men in '56 niet erg veel voor een contract met Philco, in 1957 lijken er nieuwe kansen te komen voor Philco. Op dat moment kunnen de Europese fabrikanten, w.o. Philips, nog geen h.f.transistoren in aantallen leveren, terwijl de Amerikaanse fabrikanten wel een massaproductie hebben lopen. GE en Western richten zich helemaal op de diffusietechniek, terwijl Philco een vrij vergaand gemechaniseerde productie voor haar type heeft. Elektronenbuizen moet Amerikaanse h.f.-transistors kopen om aan de behoeften van Apparaten en van andere klanten te kunnen voldoen. Hierdoor komt zowel de positie van

Elektronenbuizen als ook de apparatenpositie van Philips in de knel<sup>65</sup>

In deze situatie rijst de suggestie om tijdelijk een alternatieve techniek te kopen en dan met name die van Philco; men vraagt zich af, of het wel goed is alleen te vertrouwen op het resultaat van de verdere ontwikkeling van de diffusietechniek. Probleem is, dat de nieuwe ontwikkeling niet in Nijmegen ondergebracht kan worden, omdat dit een ernstige verstoring van de eigen ontwikkeling zou veroorzaken. Daarom wil men een oplossing buiten Nederland zoeken. Hiervoor komt de Manufacture Belge des lampes Electrique (MBLE) in België in aanmerking, die rechtstreeks know-how van Philco zou kunnen kopen<sup>66</sup>

Het Nat.lab. ziet dit allemaal niet zo zitten; daar verwacht men meer van de diffusietechniek, maar het valt niet te ontkennen, dat Philco h.f.transistors in grote aantallen kan maken. Een kleine werkgroep krijgt de opdracht om de mogelijkheden van de "parallele weg" te bewandelen uit te zoeken<sup>67</sup>

Naar aanleiding van wat er bij Philips besloten is, gaat MBLE contact zoeken met Philco. Philco doet het aanbod om een niet-exclusieve licentie en know-how voor fabricage in België te leveren voor een periode van 10 jaar tegen een voorafbetaling van \$300.000 en een 5% royalty over de verkopen met een minimum van \$25.000 per jaar. Alle verbeteringen, die in deze periode aangebracht worden, vallen er ook onder. Hoewel MBLE de kennis niet mag doorgeven aan Philips, kunnen er natuurlijk wel transistors geleverd worden<sup>68</sup>

Op de Concern Orco van 3 september 1957 bediscussieert men de mogelijkheden. Casimir acht de overeenkomst tussen Philco/MBLE juist, als de surface barrier techniek slechts een tijdelijke oplossing betekent. In het geval, dat de Philco techniek voor langere tijd dominant blijft, lijkt het hem niet verstandig om MBLE als concerncentrum op te laten treden. Zowel het Nat.lab. als Nijmegen zien echter de Philco techniek slechts als een belangrijke maar tijdelijke oplossing. Ook in de VS volgt men andere wegen<sup>69</sup>

De beslissing valt op een vergadering van de RvB in Nijmegen in december 1957. Haaijman geeft een overzicht van de verschillende door de concurrenten ontwikkelde typen met speciale aandacht voor de Philco transistor en de grown junction transistor van Texas Instruments. Philips heeft op dat moment de drifttransistor in ontwikkeling, terwijl het Nat.lab. een veelbelovende nieuwe ontwikkeling heeft gestart, de zogenaamde Pushed-Out-Base transistor. Deze kan echter pas in 1959 produktierijp zijn. Daarna is aan de orde, of het contact met Philco al dan niet doorgezet moet worden. Tromp twijfelt; hij brengt het volgende naar voren:

1 Zes maanden geleden bestond er twijfel over het al dan niet lukken van de eigen ontwikkeling. Deze situatie heeft een gunstige wending genomen.

2 Philco is in de VS de enige fabrikant met dit principe.



tronica in de knel als ook de apparatenpositie van Philips.<sup>26</sup>

In deze situatie rijst de suggestie om tijdelijk een alternatieve techniek te kopen en dan met name die van Philco; men vraagt zich af of het wel goed alleen te vertrouwen op het resultaat van de verder ontwikkeling van de diffusietechniek. Probleem is dat de nieuwe ontwikkeling niet in Nijmegen ondergebracht kan worden, omdat dit een ernstige verstoring van de eigen ontwikkeling zou veroorzaken. Daarom wil men een oplossing buiten Nederland zoeken. Hiervoor komt MBLE in België in aanmerking, die rechtstreeks know-how van Philco zou kunnen kopen.<sup>27</sup>

Het Natlab ziet dit allemaal niet zo zitten; daar verwacht men meer van de diffusietechniek, maar het valt niet te ontkennen, dat Philco h.f. transistors in grote aantallen kan maken. Een kleine werkgroep krijgt de opdracht om de mogelijkheden om de "parallele weg" te bewandelen uit te zoeken.<sup>28</sup>

Naar aanleiding van wat er bij Philips besloten is, gaat MBLE contact zoeken met Philco. Philco doet het aanbod om een niet-exclusieve licentie en know-how voor fabricage in België te leveren tegen een voorafbetaling van \$300.000 en een 5% royalty over de verkopen met een minimum van \$25.000. De duur van de overeenkomst zou 10 jaar moeten zijn. Alle verbeteringen, die in deze periode aangebracht worden, vallen er ook onder. Hoewel MBLE de kennis niet mag doorgeven aan Philips, kunnen er natuurlijk wel transistors geleverd worden.<sup>29</sup>

Op de Concern Orco van 3 sept. 1957 bediscussieert men de mogelijkheden. Casimir acht de overeenkomst tussen Philco/MBLE juist, als de surface barrier techniek slechts een tijdelijk oplossing betekent. In het geval, dat de Philco techniek voor langere tijd dominant blijft, lijkt het hem niet verstandig om MBLE als concern-centrum op te laten treden. Zowel het Natlab als Nijmegen zien echter de Philco techniek slechts als een belangrijke maar tijdelijke oplossing. Ook in de VS volgt men andere wegen.<sup>30</sup>

De beslissing valt op een vergadering van de RvB in Nijmegen in dec. 1957. Haaijman geeft een overzicht van de verschillende door de concurrenten ontwikkelde typen met speciaal aandacht voor de Philcotransistor en de grown junction transistor van Texas Instruments. Philips heeft op dat moment de drifttransistor in ontwikkeling, terwijl het Natlab een veelbelovende nieuwe ontwikkeling heeft gestart, de zogenaamde pushed-out base transistor. Deze kan echter pas in 1959 produktierijp zijn. Daarna is aan de orde of het contact met Philco al dan niet doorgezet moet worden. Tromp twijfelt; hij brengt het volgende naar voren:

- 1 Zes maanden geleden bestond er twijfel over het al dan niet lukken van de eigen ontwikkeling. Deze situatie heeft een gunstige wending genomen.
- 2 Philco is in de VS de enige fabrikant met dit principe.
- 3 Gezien de ervaringen twijfelt hij eraan of "Brussel in staat zal zijn het

3 Gezien de ervaringen twijfelt hij eraan of "Brussel in staat zal zijn het contact met Philco tot een goed einde te brengen. Is dit niet het geval dan gooien wij dus enige miljoenen in zee"<sup>70</sup>

Jenneskens pleit daarentegen voor het contract Philco/MBLE om meerdere ijzers in het vuur te hebben. Maar achtereenvolgens pleiten hiertegen: Haaijman, die de Pushed-Out-Base transistor beter acht dan de Philco-transistor; van Vessem betwijfelt of de overname van de Philco techniek wel soepel zal verlopen en van der Spek, die twijfelt aan de capaciteiten van MBLE om de produktie op gang te krijgen. "Op grond van deze discussie formuleert Otten het besluit dat het onder deze omstandigheden niet juist zal zijn om het contract met Philco/MBLE af te sluiten"<sup>71</sup>

### 8.3. Applicaties

De toepassing van transistors begint een steeds breder gebied te bestrijken. Langzamerhand wordt duidelijk, dat transistors niet alleen buizen kunnen vervangen, maar ook hun eigen toepassingsmogelijkheden hebben. Het is interessant om op een rijtje te zetten, hoe men de toepassingen van transistors eind 1955 beoordeelt.

#### 8.3.1. Toepassingsmogelijkheden van transistors

In een notitie van J. Haantjes en ir. C.J. Königs zijn uitgebreid de opvattingen bij Philips over de toepassingsmogelijkheden van transistors weergegeven. De voordelen van de transistor boven de buis zijn bekend. De nadelen zijn de grote temperatuurafhankelijkheid, de beperking van het bereik tot lage frekwenties en, voor sommige toepassingen, de lage voedingspanning (bijvoorbeeld bij het gebruik in combinatie met buizen)<sup>72</sup>

Voor zover op dat moment, eind 1955, bekend is, kunnen de volgende principiële nieuwe mogelijkheden met transistors gerealiseerd worden:

1 De omkeerbaarheid, dat wil zeggen, theoretisch is het mogelijk een transistor in twee richtingen als versterker te gebruiken (collector en emitter zijn in principe verwisselbaar).

2 Transistors kunnen met positieve en met negatieve ladingsdragers werken, respectievelijk pnp's en npn's, waardoor nieuwe schakelingen mogelijk worden.

3 De fototransistor biedt de mogelijkheid om op een eenvoudige manier een foto-electrische element te combineren met een versterker.<sup>73</sup>

Op grond van deze eigenschappen hebben Haantjes en Königs geprobeerd om alle tot dan toe bekende toepassingen in bepaalde rubrieken te classificeren.

Toepassingen op grond van principiëel nieuwe mogelijkheden zijn nog niet bekend, hoewel er wel hard aan gewerkt wordt.

Groep I Niet of practisch niet realiseerbaar met buizen of andere middelen

1. Hoorapparaatjes met minimale afmetingen, zoals bijvoorbeeld hoorbrillen.
2. Miniatuur uurwerken, zoals zak- en polshorloges.
3. Zak meetapparatuur
4. Microfoons, telefoons, pick-ups met ingebouwde versterker
5. Meeluister apparaten voor de telefoon
6. Installaties voor vertaalsystemen
7. Bepaalde typen omvormers voor zeer lage spanningen en met kleine afmetingen, bijvoorbeeld stralingsdetectos en draagbare meetapparatuur.

Al deze toepassingen vinden plaats op grond van de duidelijke voordelen van de transistor.<sup>74</sup>

Groep II Realiseerbaar met buizen, maar de voordelen van het gebruik van transistors zijn zo duidelijk, dat zelfs bij een belangrijk hogere kostprijs van het apparaat, de transistors toch toegepast worden.

1. Hoorapparaten
2. Draagbare radio's (zakformaat)
3. Radio apparaten voor in de tropen, waar problemen met hoogspanningsbatterijen zijn
4. Draagbare grammofoons
5. Versterkers met batterijvoeding
6. Zak tape recorders
7. Computers en rekenmachines voor één fase netaansluiting<sup>75</sup>

Groep III Realiseerbaar met buizen. Het gebruik van de transistor is aantrekkelijke, maar een verhoging van de kostprijs van het apparaat kan slechts in beperkte mate geaccepteerd worden.

1. Draagbare radiotoestellen
2. Stationaire batterij apparaten
3. Eenvoudige ontvangers
4. Autoradio ontvangers
5. Graagbare TV apparaten
6. Apparaten voor afstandsbediening, meting en controle
7. Diverse soorten electrisch speelgoed
8. Computers en rekenmachines
9. Telefooncentrales en versterkers
10. Omvormers<sup>76</sup>

Groep IV Buizen verdienen (althans voorlopig) de voorkeur

1. Alle electronische apparatuur voor aansluiting op het lichtnet, met uitzondering van apparatuur waarvoor zeer veel nodig zijn en een zeer

lange levensduur vereist is?<sup>77</sup>

De conclusie van de notitie is, dat het volkomen verantwoord is om met de hoogste prioriteit met de ontwikkeling van transistors voor radio-apparaten door te gaan. Bovendien moet snel begonnen worden aan applicatiewerk op gebieden, waar nu nog niets gebeurt?<sup>78</sup>

Het applicatie werk in het Concern wordt geëvalueerd op de Concern Orco vergadering eind september 1955. Gesteld wordt, dat in de VS op dit moment hard gewerkt wordt aan de invoering van transistors in allerlei apparaten. De toepassing lijkt nu echt op gang te komen. Bij Philips vindt er een nauwe samenwerking plaats tussen de groep Dammers/van Abbe en Nijmegen, maar de samenwerking tussen Nijmegen en Hilversum verloopt veel minder voorspoedig. Nergens wordt systematisch gewerkt aan de transistorisatie van de radio. In het totaal werken bij Philips 81 academici aan transistorapplicaties. Hun werk loopt nogal wat vertraging op, doordat er niet voldoende h.f.-transistors beschikbaar zijn. "De indruk bestond dat, hoewel op verschillende plaatsen vrij veel werk aan transistor applicaties wordt besteed, wij hier nog niet het niveau van verschillende andere ondernemingen bereikt hebben"<sup>79</sup>

Men onderstreept daarom het belang van het applicatiewerk: "In verband met onze ambities op het gebied van bouwelementen is het van zeer groot belang dat wij een zo ruim mogelijke kennis op het terrein van de transistorapplicaties weten te verkrijgen"<sup>80</sup> Op sommige terreinen moet hierbij nauw samengewerkt worden met de klant, bijvoorbeeld bij de levering van rekenmachine-ondelen aan IBM, in andere gevallen kunnen de applicaties door Philips zelf uitgewerkt worden<sup>81</sup>

### 8.3.2. De octrooisituatie

De aanleiding om de applicatiesituatie te bespreken zijn twee overzichten van de Octrooiafdeling over de octrooioppositie van Philips op transistor- en transistorschakelingsgebied.

Het eerste overzicht geeft de positie op transistorgebied. In het kort komt het erop neer, dat Western Electric de basisoctrooien heeft en daarnaast verschillende octrooien op essentiële verbeteringen heeft. Deze octrooien zijn in verschillende landen ingediend. Verder hebben RCA en GE belangrijke octrooien. Siemens maakt als Europese firma goede kansen, met name door het werk aan de III-V verbindingen (halfgeleiders, die bestaan uit een element uit de derde en een uit de vijfde groep van het periodiek systeem)<sup>82</sup>

Onder de vele aanvragen, die de Octrooiafdeling van Philips ingediend heeft, is slechts een enkel octrooi, dat misschien principieel wordt. Dit octrooi heeft betrekking op de toepassing van gallium in legeringstransisto-

ren. De overige aanvragen hebben betrekking op kleine verbeteringen.<sup>83</sup>

Op het gebied van de transistorschakelingen is de activiteit over de gehele wereld erg groot. Een lijst van alle openbaar gemaakte octrooien laat zien, dat Western verreweg de meeste octrooiaanvragen, respectievelijk verleende octrooien heeft.<sup>84</sup>

Tabel 8.1. Octrooisituatie op het gebied van transistorschakelingen in 1955 (verleende octrooien en openbare octrooiaanvragen).<sup>85</sup>

Western Electric (inclusief Bell)	121
RCA	64
Int. Standard Electric, STC, Bell Tel. Mfg.	25
Siemens & Halske	22
GE, Thomson Houston, SEM	18
Philips	15
IBM	11
Westinghouse	10
Overigen	72
Totaal	338 <sup>+</sup>

Het gaat hierbij om openbare octrooien. Niet-openbare octrooiaanvragen zijn er waarschijnlijk nog veel meer. Zo heeft Philips 115 octrooirechten, maar elk van deze rechten bestaat in verschillende landen, zodat het totaal nog veel groter is.<sup>86</sup>

Zowel numeriek als qua betekenis staat Philips ver achter bij Western en de andere Amerikaanse firma's. Philips blijkt telkens achter te zijn bij de ontwikkeling in de VS, zodat schijnbaar belangrijke rechten steeds iets eerder gevonden zijn in Amerika.<sup>87</sup>

De konklusie van Oudemans is, dat de octrooipositie van Philips op beide gebieden in vergelijking met de andere concerns zwak is. "Nu wij op het gebied van detransistoren tenminste een gelijke positie willen trachten te veroveren als op het buizengebied, achtte ir. Oudemans het gewenst dat aan de research naar geheel nieuwe ontwikkelingen grote aandacht wordt besteed".<sup>88</sup>

Jenneskens wijst erop, dat "wij tot nu toe onze krachten in hoofdzaak gericht hebben op het bereiken van een hoge kwaliteit en een economische produktie en dat het ons ook gelukt is om in dit opzicht vooraan te komen".<sup>89</sup> Hij geeft toe, dat het in dit verband wenselijk zou zijn om een groep geheel vrij te maken van produktieproblemen, zodat deze zich helemaal op nieuwe ontwikkelingen kan richten. De steun van het Natlab is hierbij onontbeerlijk.<sup>90</sup>

De Orco-vergadering, waarop dit besproken wordt, is van mening, dat door een betere coördinatie tussen de verschillende instanties, die zich met transistorapplicaties bezighouden en door stimulering van het werk in enkele groepen veel bereikt kan worden.<sup>91</sup> Aan dit onderwerp moet voortdurend aandacht geschonken worden.

N.a.v. deze discussie vindt er bij Elektronenbuizen een bespreking van de topmensen plaats. Uitkomst van dit gesprek is, dat Nijmegen uiteraard bereid is om een bijdrage te leveren aan de versteviging van de octrooipositie. Deze bijdrage kan groter worden naar mate er in meer centra ontwikkeld wordt. Men wijst er echter nadrukkelijk op dat die bijdrage - in verband met de relatief beperkte capaciteit slechts geleverd kan worden, als het ontwikkelingsgebied nauwkeurig is afgebakend. "Het is dus onjuist te verwachten dat Nijmegen aan dit onderwerp in feite meer aandacht kan gaan besteden dan tot nu toe het geval was, en men zal dus in dit verband primair op het Natlab moeten steunen".<sup>92</sup>

#### 8.4. De Philips-transistors

Philips heeft in de loop van de jaren '50 een aantal series transistor-typen ontwikkeld. Een overzicht van de belangrijkste typen tot 1957 volgt hieronder.<sup>†</sup> Alleen lagentransistors komen ter sprake.

##### 8.4.1. De ontwikkelde typen

De aanlooperperiode bij de transistorfabricage in Nijmegen is gekenmerkt door twee belangrijke beslissingen:

1 Het prefereren van de legeermethode van RCA boven de optrekmethode van Bell, zoals die op het symposium in 1952 bekend gemaakt is.

2 Het gebruik van een dichtgesmolten glazen omhulling gevuld met siliconvet.<sup>93</sup>

Dit laatste heeft als groot voordeel, dat de zo gemaakte transistors, de OC 70 en de OC 71, beter bestand zijn tegen invloeden van buitenaf als de produkten van de concurrentie. Deze typen hebben altijd goed gelopen, omdat ze vrij eenvoudig zijn. Er hebben zich maar weinig problemen bij de productie voorgedaan.<sup>94</sup>

Het volgende type, de OC 72, is een verbetering van de vorige. Door toevoeging van een kleine hoeveelheid gallium aan de indiumbolletjes krijg je een emitter, die laagohmig is. Dit komt omdat de oplosbaarheid van gallium in vast germanium veel groter is dan die van indium, hetgeen tot gevolg heeft, dat de emitter zwaarder verontreinigd wordt, d.w.z. dat de transistor grotere stromen kan verwerken.<sup>95</sup> Dit type is bruikbaar voor vermogensversterking. De OC 72 is al ingewikkelder dan de OC 70 en 71. Na een goede start in de proeffabricage en in de fabriek zijn grote problemen opgetreden bij de productie. In Engeland, waar in 1957 met de productie van de OC 72 begonnen wordt, doen zich soortgelijke problemen voor. "Dit doet het ergste vrezen bij het

<sup>†</sup> Zie ook bijlage I

aanlopen van nog moeilijker typen buiten Nijmegen"<sup>95a</sup>

Verkleining van alle afmetingen levert transistors voor hogere frekwenties op: de OC 44/45. Deze typen hebben allemaal een glazen omhulling<sup>96</sup>

Speciale toepassingen, zoals in kleine hoorapparaten, vereisen een kleinere omhulling. Dit is opgelost door een metalen omhulling te gebruiken: de OC 65 en 66. De OC's 60, 61 en 62 zijn hier weer verbeterde versies van.

Bij grotere vermogens is de glazen omhulling niet meer bruikbaar in verband met de grote warmteafvoer. Hiervoor biedt eveneens het gebruik van metaal, dat de warmte goed geleidt, een oplossing. Deze vermogenstransistor is de OC 16.

Speciaal voor IBM is een transistor met zeer korte schakeltijden ontwikkeld, waarmee vrij hoge frekwenties kunnen worden bereikt. Dit type, de OC 40, is verkregen uit de OC 44/45 productie<sup>97</sup>

#### 8.4.2. De Pushed Out Base transistor

Philips heeft slechts weinig belangrijke bijdragen geleverd aan de transistorontwikkeling. Dit weerspiegelt zich in de octrooipositie. Het toepassen van glazen omhullingen, gevuld met siliconvet, is een goede greep geweest. Deze techniek sloot bovendien goed aan bij de aanwezige kennis op het gebied van glazen omhullingen, die voor lampen en buizen toegepast wordt. Een andere Philips-vinding is het toevoegen van kleine hoeveelheden gallium, waardoor enkele eigenschappen van de legeringstransistor belangrijk verbeterd werden. Verreweg de belangrijkste ontwikkeling is echter de Pushed Out Base transistor (POB) geweest. Deze berust op een combinatie van legering en diffusie en is ontwikkeld voor hoge frekwenties.

De legeringstechniek heeft als grootste bezwaar, dat de dikte van de basis niet goed genoeg gecontroleerd wordt. Deze basisdikte is bepalend voor het h.f.gedrag van de transistor. Andere methodes zijn ontwikkeld door Philco en Western. De Western-techniek, die de 'diffused base' transistor oplevert, is eveneens een diffusie-legeringstechniek. Deze beide processen vinden in afzonderlijke stappen plaats. Met behulp van deze methode kunnen vrijwel alle problemen met betrekking tot de basisdikte opgelost worden; alleen de indringdiepte van het legerfront vormt nog een probleem. Later is dit verholpen door het hele legeringsprincipe overboord te zetten (planaire techniek).

Bij Philips heeft men dit anders opgelost. Men past ook de leger-diffusie-techniek toe, maar het grote verschil met de Westernmethode is, dat de gehele transistorstructuur in één proces ontstaat, waarbij tevens met de beves-

tiging rekening gehouden wordt. Door deze eigenschappen leent het proces zich uitstekend voor massaproductie van h.f.-transistors voor frekwenties tot ca. 200 MHz<sup>98</sup>

Het principe van het legeer-diffusie procédé is het volgende. Men gaat uit van een p-type germanium kristalplaatje, dat al de juiste verontreiniging heeft om als collector te dienen. Hierop worden twee loden bolletjes geplaatst, op een afstand van ongeveer 50µm van elkaar, die beide de donor antimonium (Sb) bevatten. Een van de bolletjes bevat bovendien de acceptor aluminium. Het hele proces vindt plaats bij 780°C. Bij deze temperatuur zijn in de beide loodbolletjes het antimonium, het germanium en het aluminium opgelost (zie fig.8.1.

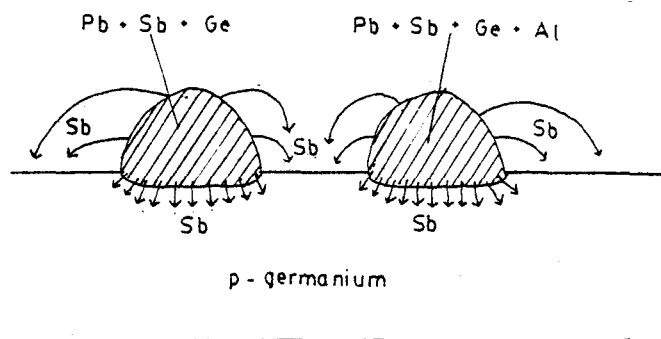


Fig. 8.1. Het legeer-diffusieproces bij  $T = 780^{\circ}\text{C}$ .

Antimonium diffundeert bij 780°C vrij snel in het vaste germanium in tegenstelling tot het aluminium. Hierdoor ontstaat er een n-laag aan het oppervlak. Dit laat men zolang duren, totdat de basislaag de gewenste dikte bereikt heeft, enkele µm. Deze n-laag strekt zich over het hele germaniumoppervlak uit, omdat het antimonium uit het gesmolten lood verdampst en vervolgens vanuit de dampfase het germanium binnendringt.

Bij afkoeling ontstaat er onder de loodbolletjes weer vast germanium, waarin antimonium is opgelost, terwijl bij het ene bolletje met aluminium zich tevens aluminium afzet. Omdat de oplosbaarheid van aluminium in vast germanium veel groter is dan die van antimonium, ontstaat daar een p-laag (de emitter); dit is te zien in fig. 8.2.

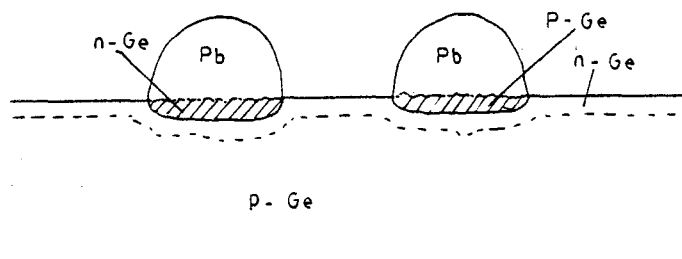


Fig. 8.2. De situatie na het legeer-diffusieproces.



Onder het andere bolletje ontstaat een n-laag, die voor een goed contact met de door diffusie gevormde basislaag zorgt. Belangrijk bij dit proces is een juiste keuze van de drager (in dit geval lood) en de temperatuur. Bij deze leger-diffusiestap ontstaan tegelijkertijd de pn-overgangen en de masis- en emitter contacten. De 'Pushed Out Base' transistor is afgeleid van het ontstaan van de basis, die als het ware uit de beide loodbolletjes gestoten wordt. Bij het ontstaan van de basislaag zijn legeerdiepte en de vlakheid van het legerfront niet meer zo belangrijk, terwijl de basisdiepte goed gecontroleerd wordt<sup>99</sup>

De POB transistor betekent zonder meer een stap vooruit in de transistor-ontwikkeling, omdat de massa-fabricage van h.f.transistors erdoor mogelijk wordt. Er zijn dan ook miljoenen transistors op deze manier gemaakt. Maar de productie laat nog tot 1959 op zich wachten. De diffusietechniek is dan al zo vervolmaakt, dat de POB techniek op dat moment al weer verouderd is.

### 8.5. Quo Vadis

De ontwikkelingen in de halfgeleiderindustrie gaan zo snel, dat het tijd wordt om de positie van Philips te evalueren en om zich te bezinnen op de toekomst. De Quo Vadis vergadering in 1957, waarop dit plaatsvindt is de afsluiting van de derde fase.

#### 8.5.1. Inleiding

De Quo Vadis besprekingen vinden door de jaren '50 heen regelmatig plaats. Telkens wordt een andere HIG onder de loupe genomen. Tijdens deze besprekingen is een regelmatig terugkerend thema de verwachte toepassing van transistors. Enkele voorbeelden kunnen dit illustreren.

Op 3 juni 1955 is de HIG PIT aan de beurt. Casimir zegt dan voorlopig nog niet veel toepassingen van transistors in gewone meetapparatuur te verwachten. De transistor leen zich immers vooral voor kleine en lichte apparatuur!<sup>100</sup>

Deze Quo Vadis bespreking wordt twee weken later vervolgd. Voor de groep Elektro-technische Meet Apparatuur geldt, dat men in de naaste toekomst na wil gaan, welke meetapparatuur voor de toepassing van transistors in aanmerking komt. Er is inmiddels wel al een apparaat om transistors te meten in ontwikkeling!<sup>101</sup> Ook de groep Industriële Meet- en Regel Apparatuur gaat de transistorisatie onderzoeken in samenhang met de miniaturisatie van de apparatuur!<sup>102</sup>

Een dag eerder heeft de Quo Vadis vergadering met de HIG Icoma plaatsgevonden. Het onderwerp is de sectie bouweenheden. Ook daar komt de miniatur-

satie ter sprake. Op dat moment is dat nog primair belangrijk voor militaire apparaten. Maar de "verwachting is gewekt, dat door het toenemend gebruik van transistoren de miniaturisatie ook voor andere toepassingen belangrijk wordt"<sup>103</sup>

Een ander gebied waar de transistor een belangrijke rol speelt, is dat van de informatieverwerkende machines. Op dit gebied probeert Philips een samenwerking met IBM op te bouwen. IBM is op dat moment de grootste computerfabrikant ter wereld. De eerste computers gebruiken buizen, maar dit is tevens het zwakke punt van deze computers. Men gaat al snel over tot de transistorisatie van de computer. Naast de hoorapparaten is dit het gebied, waar de eerste toepassingen van transistors op grote schaal plaats vinden. Voor Philips is de computerontwikkeling ook nog van belang, omdat als geheugens ferrieringetjes gebruikt worden.

Men stippelt een tactiek uit om tot een gunstige samenwerking met IBM te komen. Uitgangspunt hierbij is om elkaar niet in de wielen te rijden. Philips hoopt onderdelen aan IBM te kunnen verkopen. Hiervoor wil men de produkten afstemmen op de behoeftes van IBM!<sup>104</sup>De onderhandelingen verlopen gunstig. Er komt een technische uitwisseling buiten de VS. Door de aanwezigheid van Philipsbedrijven binnen de VS is de situatie daar iets ingewikkelder. Het contract bevat geen bepalingen over de afname van onderdelen van Philips door IBM. Maar het ligt wel in de bedoeling van IBM om bij voorkeur onderdelen van Philips te kopen. Voorwaarde is wel, dat Philips kan concurreren. In de VS levert Philips al aanzienlijke hoeveelheden dioden en transistors via Amperex. Tabel 8.2. illustreert dit.

Tabel 8.2. De produktie van onderdelen voor informatie verwerkende machines in januari 1958.<sup>105</sup>

Soort	1956-1957			1957-1958		
	Aantal	Omzet in f.	% IBM	Aantal	Omzet in f.	% IBM
Buizen	950.000	3.800.000	80	850.000	3.400.000	80
Dioden	1.800.000	-	25	3.800.000	-	40
Transistors	-	-	-	200.000	-	15

Vanaf 1960 wordt met een daling voor de buizen rekening gehouden; bij de halfgeleiders wordt er een continue sterke stijging verwacht in de komende vier jaren!<sup>106</sup>

De Quo Vadis besprekingen zijn bedoeld als een gedachtenuitwisseling op topniveau over de te verwachten ontwikkelingen en de te varen koers. Daarom moet het aantal deelnemers aan deze besprekingen zo beperkt mogelijk zijn. De betreffende directeuren moeten zich door hun experts zo goed mogelijk laten voorlichten.<sup>107</sup>

Een van de gevolgen hiervan is, dat als er op 31 mei 1957 weer een Quo Vadis over halfgeleiders plaatsvindt, deze vergadering zeer grondig voorbereid. In een aantal bijlagen bij de stukken voor deze vergadering wordt uitgebreid op de geschiedenis van de halfgeleiderproductie, de stand van zaken en de verwachtingen voor de toekomst ingegaan.

Heeft de invoering van de transistor een tijd lang slechts op beperkte schaal plaatsgevonden, vanaf medio 1956 neemt de aandacht voor transistors sterk toe. Duidelijk wordt, dat de transistor de elektronenbuizen in sterkere mate zal gaan verdringen, dan tot dan toe in de industrie verondersteld wordt!<sup>108</sup> De transistor is volwassen geworden; de transistorindustrie eveneens. Een nieuwe fase gaat in. Een overzicht van de positie van Philips in 1957 is tevens de uitgangspositie voor de nieuwe fase.

#### 8.5.2. Quo Vadis Halfgeleiders

Ir. Tromp opent de vergadering van 31 mei met te verwijzen naar de vorige vergadering over halfgeleiders in 1953. "Een enorme evolutie heeft zich inmiddels voltrokken!"<sup>109</sup> Vervolgens komen verschillende sprekers aan het woord, die de stukken die zij voor deze vergadering hebben voorbereid, kort samenvatten en toelichten.

##### 8.5.2.1. Het Nat.lab.

Verweij begint met een kort overzicht van de ontwikkelingen op het gebied van de halfgeleiders en het aandeel van Philips daarin. In het Nat.lab. werken verschillende groepen op dit gebied.

- 1 De technologische groep met een kleine proeffabriek, o.l.v. ir. Tummers.
- 2 Een grote groep, die werkt aan de transistorfysica en -chemie, voornamelijk van germanium en silicium, o.l.v. ir. Stieltjes en dr. H.J. Vink.
- 3 Een halfgeleidergroep algemeen. Dit werk heeft betrekking op de andere halfgeleiders dan silicium en germanium, o.l.v. dr. F.A. Kröger en dr. F. van der Maesen. Dit werk is niet alleen voor transistortoepassingen
- 4 De anorganische preparatiegroep; deze onderzoekt het bereiden van silicium.
- 5 De groep van dr. Klasens en dr. G. Diemer houdt zich bezig met fototransistors en verwante elementen.

Het totaal van het aantal bij dit onderzoek betrokken academici bedraagt 35. In de buitenlandse laboratoria werken bovendien nog een twintigtal academici aan dit onderwerp!<sup>110</sup>

Dr. Haaijman vertelt iets over zijn memorandum 'Werkprogramma van de op het Nat.lab. op het gebied van germanium en silicium transistoren en dioden werkende technologische groep'<sup>1,11</sup> De hoofdpunten van dit rapport zijn:  
A Transistors voor toepassing bij hogere frekwenties.

Met de legeertechniek kunnen slechts frekwenties van enkele MHz bereikt worden. Voor veel toepassingen worden echter hogere frekwenties gevraagd. Een van de oplossingen hiervoor is de diffusiemethode. Er zijn op dat moment twee methoden in onderzoek:

- 1 Diffusie uit een gas. Hierdoor ontstaat een dunne basislaag, die de bovengrens bepaalt; deze transistor met gediffundeerde basis haalt frekwenties van 50 MHz.
- 2 Diffusie vanuit een legering. Deze door Philips ontwikkelde techniek levert de POB transistor op, die frekwenties van 250 Mhz haalt (zie ook 8.4.2.).

Het onderzoek is verder gericht op het onder controle krijgen van de producten om de reproduceerbaarheid zo groot mogelijk te maken. Dit heeft zowel op het materiaal als de behandelingsprocessen betrekking.

De groep stelt zich tot taak om een h.f.transistor te maken, waarvan de produktie geautomatiseerd kan worden. Hiervoor is het noodzakelijk, dat de ontwikkelingsgroep en het Nat.lab. intensieve contacten onderhouden en dat zo'n h.f.transistor als collectief doel gezien wordt.

B Transistors voor grotere vermogens.

De legeringstechniek voldoet zolang er geen grote vermogens vereist worden. In dat geval moet de diffusietechniek gebruikt worden, maar hierbij doen zich nog talrijke problemen voor.

Een nieuwe ontwikkeling is de pnpn-transistor. Deze combineert de voordelen van de punt-contacttransistor, die niet goed te maken was, met die van de lagentransistor. Deze transistor is bij uitstek te gebruiken als schakelelement. De verdere ontwikkeling vindt plaats met Hilversum (PTI) en de rekenmachinegroep van het Nat.lab.

C De stabiliteit van transistoren.

Een tijd lang heeft men gedacht, dat transistors het eeuwige leven hadden, maar dit is volmaakt onjuist gebleken. Invloeden vanuit de omgeving, zoals dampsporen en de temperatuur veranderen de eigenschappen irreversibel. Germanium-transistors zijn onbruikbaar bij temperaturen boven de 100°C. Hiervoor is wel silicium geschikt. Onderzocht wordt:

- 1 Methoden om zo zuiver mogelijk silicium te maken, dat dient als uitgangsmateriaal.
- 2 Methoden om zo zuiver mogelijke één-kristallen te maken.

### 3 De invloeden van verontreinigingen bij de fabricage van transistors en diodes.

Silicium-diodes worden al gemaakt, evenals laagfrequentie pnp's. Bij de diffusietechniek komt het nog voor, dat de eigenschappen tijdens de behandeling veranderen op een manier, die nog niet begrepen wordt!<sup>12</sup>

Haaijman zegt op de vergadering, dat hij de diffusietechniek zonder meer veel geschikter acht voor h.f.transistors dan de legeertechniek. Het Nat. lab. is op dat moment bezig om gewone h.f.transistors te maken met methoden, die afgeleid zijn van het procédé voor zeer hoge frequenties!<sup>13</sup>

De meningen, of dit zal lukken, lopen uit elkaar. Met name de fabriek twijfelt nog. Er zijn andere methodes, zoals het optrekken uit de smelt (van Bell), oppervlakte behandelingen en opdamptechnieken, maar Philips heeft gekozen voor de legeermethode boven de andere technieken. Om een uiteindelijk oordeel te kunnen vellen, moeten eerst nog de verdere resultaten afgewacht worden!<sup>14</sup>

#### 8.5.2.2. Nijmegen

Van der Spek geeft een toelichting bij zijn overzicht van de situatie in Nijmegen. Hij bespreekt de belangrijkste typen (zie 8.4.1.) en hij constateert, dat in het algemeen grote moeilijkheden optreden bij de produktie, als de fundamentele stappen, waar de fabricage uit bestaat, niet grondig uitgezocht zijn!<sup>15</sup> Wat de transistors betreft zijn de voornaamste punten:

- Philips is wel in staat om op laboratoriumschaal een transistor te ontwikkelen en te fabriceren, maar in de massafabricage doen zich nog altijd grote problemen voor. Uitbreiding van de produktie gaat bijna altijd gepaard met vermindering van de opbrengst.
- De afgelopen jaren is een soort roofofbouw gepleegd op het relatief geringe beschikbare personeel.
- Belangrijkste problemen bij de produktie zijn: te weinig materiaalkennis, te weinig kennis van oppervlakteverschijnselen, te weinig kennis van legeringsproblemen, onervarenheid van het jonge fabriekskader en talloze mechanische problemen!<sup>16</sup>

De situatie in de buitenlandse laboratoria is niet al te gunstig. Hoewel er naar verhouding vrij veel mensen werken, zijn er vrijwel geen bijdragen van de buitenlandse ontwikkelgroepen geweest!<sup>17</sup> Ook de mechanisatie van de produktie, wat een eerste vereiste is om de wedloop met de concurrentie te kunnen volhouden, verloopt maar moeizaam!<sup>18</sup>

De totale personeelsbezetting bedraagt op dat moment:<sup>119</sup>

	<u>Gntw. + proeffabr.</u>	<u>Fabricage</u>	<u>Totaal</u>
Nijmegen	122 + 49	718	1147
Mitcham/ Southampton	127	265	562
Suresnes	17	106	123
Hamburg	15	30	45

Naar aanleiding van deze problemen bij de produktie, vraagt Tromp zich op de vergadering af, of de inschakeling van experts op het gebied van de fijnmechanische produktie, geen oplossing zou kunnen bieden. Van der Spek is hier zonder meer voor, maar hij verwacht hier niet direct de oplossing voor de problemen van. Fabricage op kleine schaal lukt uitstekend, maar bij de overschakeling op massafabricage zakken de opbrengsten weer weg.<sup>120</sup>

#### 8.5.2.3. Applicaties

Vanaf het begin heeft de elektronische industrie grote belangstelling voor de transistor gehad. Deze was gedeeltelijk gebaseerd op overspannen verwachtingen, gewekt door de publicatie van resultaten, die met enkele transistors in de laboratoria bereikt waren. De transistor is echter geen wondermiddel gebleken. Een ervaring van enkele jaren heeft geleerd, dat de transistor voor een aantal toepassingen de buis zal verdringen, maar daarnaast heeft de transistor een aantal geheel nieuwe toepassingsmogelijkheden. Bij de huidige stand van zaken blijven er voor de buis enkele speciale toepassingen over, waar de halfgeleiders (nog) geen functie kunnen vervullen, zoals bij zeer hoge frequenties, bij combinatie van hoge frequenties met grote vermogens en als beeldbuis.<sup>121</sup>

De argumenten voor het toepassen van halfgeleiders zijn bekend: gering energieverbruik, kleinen afmetingen, goede toepasbaarheid in elektronische schakelingen, betrouwbaarheid en lage prijs.<sup>122</sup>

De prijs wordt voornamelijk door de opbrengst bepaald. Deze wordt op zijn beurt weer sterk beïnvloed door de eisen, die aan de toelaatbare spreiding van de eigenschappen gesteld worden. Een grote toelaatbare spreiding vergroot de opbrengst, maar een geringe spreiding verhoogt de aantrekkelijkheid voor veel toepassingen en kan soms nieuwe mogelijkheden openen. Tussen beide overwegingen moet altijd een compromis gezocht worden.<sup>123</sup>

Op grond van bovenstaande overwegingen kan een indeling van de benodigde typen gemaakt worden. Er zijn laagfrequentie transistors nodig voor kleine, medium en grote vermogens, hoogfrequentie transistors met verschillende bo-

vengrenzen (30 MHz, 100 MHz en hoger), fotogevoelige transistors en andere speciale typen!<sup>24</sup>

Op de vergadering is de algemene indruk, dat men met de huidige typen een zodanig veld van toepassingen bestrijkt, dat er vooral vraag is naar meer transistors dan naar betere en andere!<sup>25</sup> Enkele aanwezigen trekken dit echter in twijfel; zij verwachten, gezien de grote activiteiten van de concurrentie, dat er voorlopig nog geen stilstand in de typenontwikkeling komt!<sup>26</sup>

#### 8.5.2.4. Octrooien

Op de vergadering constateert men een stormachtige ontwikkeling op het gebied van de octrooien. Philips heeft een behoorlijk aantal octrooien, maar de gemiddelde waarde is klein. De enige uitzondering is de toepassing van gallium. De bijdragen aan deze octrooiaanvragen worden behalve door het Nat. lab. ook door het laboratorium van Mullard geleverd!<sup>27</sup>

Wat de concurrentie betreft, heeft Western zijn leidende situatie (zie 8.3.2.) nog versterkt door uitvindingen op het gebied van het vervaardigen van kristallen, met name de floating zone techniek van Theuerer, en de diffused-base transistor. Opmerkelijk is, dat grote Amerikaanse halfgeleiderfabrikanten als Transistron en Texas Instruments praktisch geen octrooien bezitten, zelfs niet in de VS!<sup>28</sup>

De conclusie luidt, dat de octrooisituatie niet ongunstig is, mede door de afgesloten contracten, maar dat belangrijke Philipsbijdragen gewenst blijven, in verband met de verlenging van de contracten!<sup>29</sup>

#### 8.5.2.5. Mogelijkheden en moeilijkheden

Een extra memorandum over dit onderwerp is door Hazeu aan de stukken voor de Quo Vadis vergadering toegevoegd. Hij licht dit zelf ook nog enigszins toe. Als je de gehele ontwikkeling van de transistortechniek en -markt overziet, dan valt op, dat die markt zich gekenmerkt heeft door vele 'ups' en 'downs'. Maar de laatste tijd vindt er in Amerika een explosieve ontwikkeling plaats, die onder andere leidt tot een voor Europese begrippen zeer snelle ontwikkeling van massaproductie van zeer grote aantallen tegen lage prijzen!<sup>30</sup>

De Philips halfgeleideractiviteit heeft zich tot 1957 gunstig ontwikkeld. "Wij hebben over het algemeen aan de vraag van de markt kunnen voldoen en zijn in alle landen van Europa de grootste leverancier. Door tijdig (d.w.z. zolang de verkoopprijs nog hoog was) te beginnen met leveren, hebben wij in Nederland alle ontwikkelingskosten kunnen dekken. De kwaliteit (betrouwbaarheid

en levensduur) van de geleverde produkten is goed".<sup>131</sup>

"In de laatste maanden nemen wij echter enige symptomen waar, die er op wijzen dat wij in de 'race om de marktpositie' achter raken". Dit is te merken aan de orders van Amperex in de VS, die de laatste tijd veel moeilijker binnen komen. Bovendien komen de Europese concurrenten eerder met typen, die bovendien vaak nog beter zijn. Amerikaanse firma's stichten filialen in Europa om een aanval op de Europese markt te doen. Ongunstig voor Philips is bovendien, dat de concurrentie veel ontwikkelopdrachten van militairen krijgt.<sup>132</sup> Dit alles beïnvloed het beeld ongunstig.

Hazeu komt tot de conclusie, dat het technisch potentieel van Philips onvoldoende is. Dit kan onaangename gevolgen hebben:

- 1 Transistors gaan radiobuizen in bepaalde toepassingen vervangen. Het is niet in het belang van Philips om i.p.v. buizen, waar winst op gemaakt wordt, met verlies transistors te gaan leveren. Zolang Philips de leiding in de markt heeft, kan de ontwikkeling in de hand gehouden worden. Als dit niet meer het geval is, dan is dit ongunstig voor de buizenpositie van Philips.
- 2 Militaire ontwikkelopdrachten voor de concurrentie betekent, dat zij hun ontwikkelingspotentieel veel sneller kunnen uitbreiden dan Philips.
- 3 Het verliezen van de leiding op halfgeleidergebied in Europa zal ongetwijfeld een ongunstige invloed hebben op de rentabiliteit van de HIG Elektronbuizen.
- 4 Een technische achterstand op halfgeleidergebied zal een zeer ongunstige terugslag hebben op alle onderdelen van het Philips-concern, die elektronische eindapparatuur leveren!<sup>133</sup>

De oorzaken voor deze ongunstige ontwikkelingen kunnen niet toegeschreven worden aan de staf van de groep halfgeleiders. Zij hebben immers "in nog geen 5 jaar met een nieuwe techniek, in een nieuwe omgeving, met grotendeels in Nijmegen aangenomen personeel een zaak opgebouwd, die er zijn mag".<sup>134</sup> Er is zelfs al sprake van een zekere oververmoeidheid; een belangrijke uitbreiding is daarom noodzakelijk. "Wij zullen ons echter moeten realiseren, dat een grote krachtsinspanning, maar ook een grote krachtsontplooiing nodig zal zijn om in deze nieuwe tak van de elektro-techniek vooraan te blijven. Laten we zorgen niet te laat te zijn".<sup>135</sup>

Tromp vat de situatie als volgt samen:

- 1 Wij onderkennen dat hier een zeer moeilijk gebied is aangesneden.
- 2 De krachtsinspanning in het buitenland is noodzakelijk, maar evenzeer noodzakelijk is een groter en krachtiger centrum in Nederland.



3 De problemen van vandaag overheersen, de enige die Philips hieruit kan helpen, zowel wat research als wat ontwikkeling betreft, is Nederland.<sup>136</sup> Philips heeft het gewenste doel bereikt: nummer één zijn in Europa op halfgeleidergebied. Maar deze positie wordt van alle kanten bedreigd; alle zeilen moeten worden bijgezet om deze positie te handhaven.

## 9. FASE IV: HANDHAVING 1957 - 1961

De invoering van een belangrijke technische vernieuwing, de transistor, is in 1957 bij Philips voltooid en is zonder meer succesvol verlopen. In deze periode gaat het om de handhaving van de verworven positie. In het kort komen een aantal belangrijke ontwikkelingen in deze periode aan bod.

## 9.1. Industriële planning

De halfgeleiderindustrie is in 1957 volwassen geworden. De omzet in deze tak van de industrie begint aanzienlijke waarden aan te nemen, evenals de hoeveelheid geïnvesteerd kapitaal. Daarom ontstaat de noodzaak om nauwkeuriger te plannen, hoeveel transistors er nodig zijn, hoeveel mensen er voor de produktie nodig zijn, hoeveel ruimte en hoeveel er geïnvesteerd moet worden. Op 30 augustus stuurt Hazeu een voorstel voor een meerjarenraming naar de RvB en de centrale Budgetcommissie. Het doel van deze raming is om een schatting te maken van de personeel-, ruimte- en kapitaalbehoefte in 1961/1962<sup>1</sup>. In aantallen zijn deze schattingen voor transistors en dioden in tabel 9.1. weergegeven.

Tabel 9.1. Produktieschattingen Halfgeleiders 1957/58 en 1961/62<sup>2</sup>

	Produktieschatting 57/58 volgens activiteitenplan		Gewenste produktie 61/62	
	Transistors	Diodes	Transistors	Diodes
Philips Benelux	3.800.000	13.726.000	15.000.000	27.000.000
Philips Totaal	5.415.000	19.211.000	50.000.000	80.000.000

(Philips totaal is Benelux, Engeland, Duitsland, Frankrijk, Italië en Australië).

Er is ook een schatting gemaakt van de ontwikkeling van de prijzen. Daartoe is de verrekenprijs, zoals die in de fabriek gehanteerd wordt, ontbonden in een aantal componenten. Voor elk van deze componenten is een schatting gemaakt van het in 1951/62 technisch haalbare. De twee belangrijkste factoren hierbij zijn de opbrengst van de produktie en de efficiency. Schattingen over vermindering van de uitvalpercentages staan in tabel 9.2.

Tabel 9.2. Uitvalpercentages in % van de bruto produktie<sup>4</sup>

	Huidige uitval	Uitval verwacht in 61/62
Hoog frekwente transistors	85%	70%
Laag frekwente transistors	65%	50%
Vermogens transistors	85%	50%

Door verdere mechanisatie hoopt men een verbetering in de efficiency te verkrijgen van 20 - 30%<sup>3</sup>.

Uitgaande van deze veronderstellingen denkt Philips in 1961/62 4.960.000 machine-uren en 11.383.000 directe manuren nodig te hebben. Daarnaast zijn nog

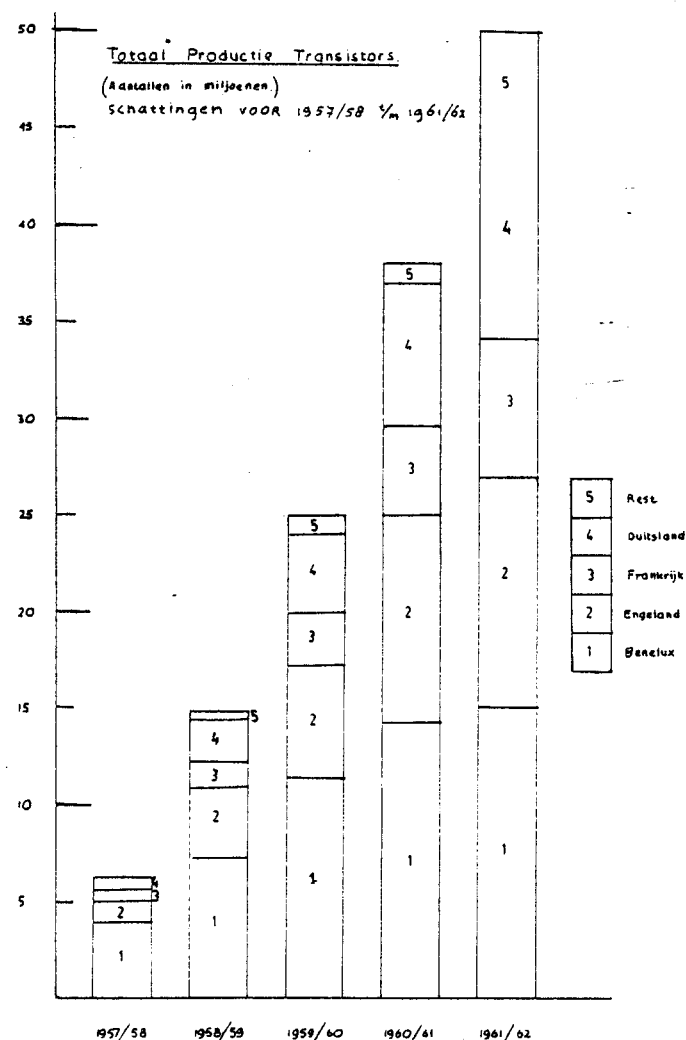
indirecte mensen voor de fabricage nodig, voor de administratie, laboratorium, proeffabricage, bedrijfsmechanisatie en overige hulpafdelingen. De schatting is, dat uitgedrukt in directe mensen (= 100%), het aantal benodigde indirecte mensen terug zal lopen van 78 naar 58%. De behoefte aan personeel wordt dan in totaal 8.945, waarvan er nog 7.325 aangetrokken moeten worden. De grootste uitbreiding zal in Duitsland plaatsvinden. Aan ruimte is nog 63.000 m<sup>2</sup> nodig. Voor al deze uitbreidingen is nog een kapitaalsinvestering van 143.400.000 gulden nodig. Het totaal in halfgeleiders geïnvesteerde bedrag bedraagt dan in 1961/62 f173.000.000,-<sup>5</sup> Deze cijfers geven een beeld van de explosieve groei, die men in deze sector verwacht.

Op het einde van 1957 vergadert de RvB in Nijmegen over transistors. Op deze vergadering beslist men o.a. om niet met Philco in zee te gaan (zie 8.2.5), maar te vertrouwen op de POB transistor. Er komen nog een aantal andere zaken aan de orde, zoals de 4-jarenplanning. Philips produceert op dat moment circa 6 miljoen transistors, terwijl er over de gehele wereld (inclusief Philips) ongeveer 59 miljoen gemaakt worden; hierbij zijn de transistors voor militaire doeleinden niet meegerekend<sup>6</sup>

De verwachtingen op basis van de 4-jaren planning, zijn in bijgaande figuren uitgezet. Fig.9.1. laat de verdeling van de produktie over de verschillende landen zien, fig.9.2. de verdeling over de over de interne leveringen en leveringen aan derden en fig.9.3. geeft de omzet, die men over deze verkopen denkt te behalen<sup>7</sup>. De verwachting is, dat de cijfers aan de conservatieve kant zijn<sup>8</sup>

Otten stelt naar aanleiding van deze getallen de vraag of de buisensector niet moet inleveren ten gunste van de transistors. De directeur van Elektronenbuizen antwoordt hierop, dat de TV de buisensector aan de gang houdt; er is nog met enige stijging te rekenen, maar er zal ongetwijfeld over enkele jaren een verschuiving naar de transistor te verwachten zijn<sup>9</sup>

Fig.9.1. Schatting totale produktie transistors.



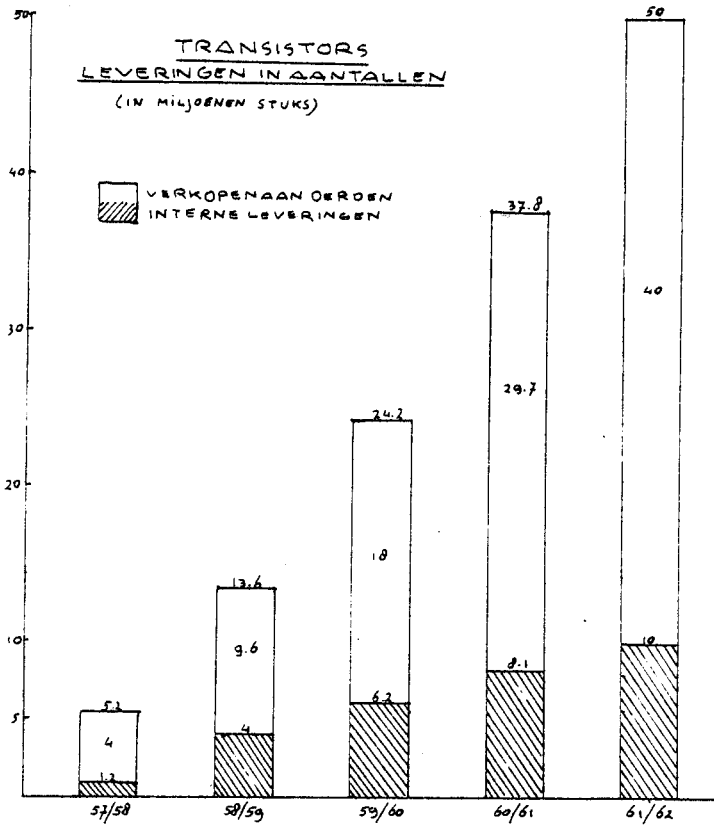


Fig. 9.2. 4-Jarenraming levering transistors  
(intern en aan derden).

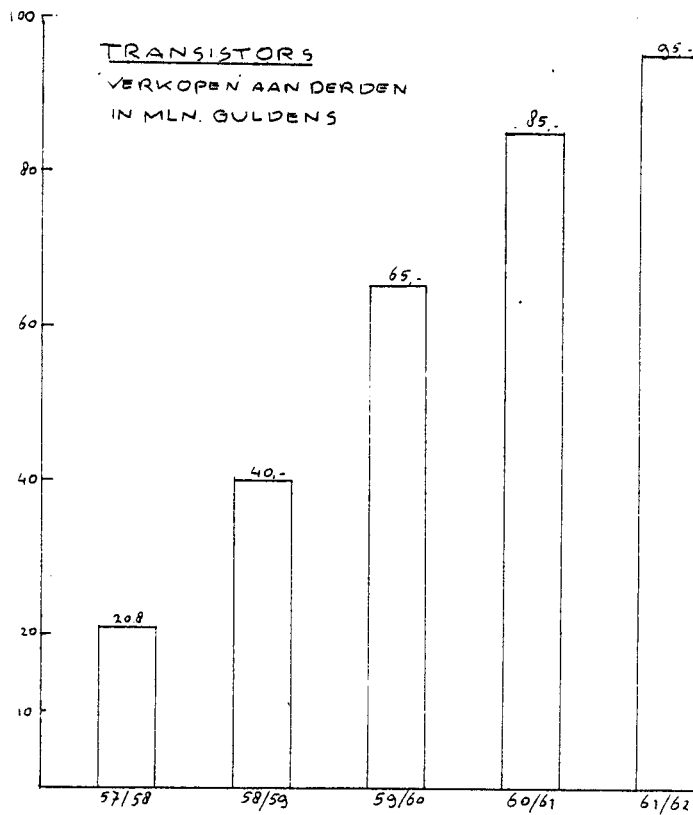


Fig. 9.3. 4-Jarenraming transistoromzetten.

Ter sprake komt ook een overzicht van de te verwachten rentabiliteit in de halfgeleidersector voor de periode 1957/58 t/m 1961/62. In de eerste 4 maanden van het budgetjaar, dat begint in mei, was de werkelijke omzet f8.500.000. Hierop is een winst gemaakt van f2.100.000 (=25%). Maar door verliezen bij de aanloop van de produktie en initiële kosten is er ook een verlies geboekt van f1.225.000 (=14%), zodat er per saldo een winst van 11% geboekt is. De verwachting over het hele budgetjaar is, uitgaande van een geplande omzet van f34.500.000, een bruto-winst van 27%, met een verlies van 9%, resulterend in een winst van 18%<sup>10</sup>

Bij de calculatie van de te verwachten winst over de gehele periode heeft men rekening gehouden met:

- 1 Een sterk dalend niveau van de verkoopprijs.
- 2 Een sterke daling van de kostprijzen door een verbetering van de efficiëntie en verdere mechanisatie.
- 3 Het kostprijs niveau in Engeland en Duitsland, dat 25% hoger ligt, en dat in Frankrijk maar liefst 60% hoger dan in Nederland.
- 4 De ontwikkelingskosten van halfgeleiders kost 6% van de netto-omzet (voor buizen is dit slechts  $1\frac{1}{2}$  à 2%).
- 5 Research, beheers- en verkoopkosten.

De totale omzetschatting van de halfgeleiders (dus inclusief diodes) is circa f500.000.000, waarop men een netto-resultaat van 20% hoopt te behalen!<sup>1</sup> Kortom halfgeleiders zijn de moeite waard. De directie van Elektronenbuizen maakt de staf van de groep Halfgeleiders dan ook een compliment met de behaalde resultaten!<sup>2</sup>

## 9.2. Produktie

In de loop van 1958 komt de produktie van transistors steeds meer onder druk te staan. De uitvalpercentages blijven onverminderd hoog. Allerlei voorstellen worden gedaan om hier iets aan te doen, zoals bijvoorbeeld het aanbrengen air-conditioning in de fabriekshallen!<sup>3</sup>

Om de ernst van de situatie te benadrukken sturen Tromp en Hazeu een brief naar de verschillende betrokken directies. Hierin wijzen zij op de snelle ontwikkeling van de halfgeleidertechniek in de wereld en in het bijzonder in de VS en Japan, waardoor het voor Philips moeilijk wordt om 'bij te blijven'. Verder stellen zij, dat zowel door de Halfgeleidergroep van de HIG Elektronenbuizen als door het Nat.lab. grote inspanningen verricht zijn om het tempo van de ontwikkeling van nieuwe typen te versnellen. "Men stuit

hier echter nog op de moeilijkheid, dat in onze grote Philips-organisatie bepaalde leveringen en voorzieningen vrij veel tijd kosten".

"De Raad van Bestuur is van mening, dat wij met de grote Philips-organisatie als het moet toch zeer snel kunnen werken en acht het wenselijk, om voor het hierboven genoemde geval Halfgeleiders door het geven van prioriteit op verantwoorde wijze de gang van zaken te versnellen". Van der Spek krijgt de bevoegdheid om znodig prioriteit te krijgen bij orders of aanvragen!<sup>4</sup>

Een heel andere reden, waarom er spanningen bij de transistorfabricage optreden, is dat de planningen voortdurend bijgesteld, d.w.z. verhoogd moeten worden. De behoefte aan transistors is dermate groot, dat de produktie het niet meer kan bijbenen. Deze situatie is aanleiding in de RvB om nog eens een aantal zaken te overzien. Men vraagt zich in dit verband af, of:

- 1 De politiek van de invoering van de transistorisatie in de radiosector en de gevolgend hiervan voor de onderdelenleverantie wel voldoende overdacht zijn.
- 2 Wat moet er over blijven van de planning voor 1961/62 als die van het lopende jaar niet eens vaststaat, respectievelijk voortdurend drastisch gewijzigd wordt.
- 3 Wordt er wel voldoende overleg gepleegd over de mogelijkheden om tot transistorisatie over te gaan.
- 4 Als versnelde transistorisatie mogelijk en noodzakelijk is, wat zijn de konsekwenties voor de buizensector.
- 5 Welk actieplan moet er opgesteld worden!<sup>5</sup>

Men vraagt zich bovendien af, of het wel verstandig is, dat juist op kritieke momenten alle belangrijke mensen van de groep Halfgeleiders tegelijkertijd weg zijn. Tromp vreest, dat de hele kettingreactie van wijzigingen, verhogingen etc. nare gevolgen kan hebben: "Het is natuurlijk niet ongezond, dat in een tijd waarin het goed gaat; waarin er "full employment" is; wanneer nieuwe technieken moeten worden ingevoerd, er spanningen ontstaan in het seizoen, maar ik kan mij niet aan de indruk onttrekken, dat op een aantal punten de spanningen te groot geworden zijn, waardoor kwalitatief en kwantitatief ons programma in gevaar komt!"<sup>6</sup>

Hazeu gaat hier, na zijn terugkomst, onmiddellijk op in. Hij zet de problemen op een rijtje en doet enkele suggesties. Voor de radiobuizen geldt, dat de kostprijzen kunnen blijven dalen, als de volledige capaciteit maar benut kan worden. De rentabiliteit is uitstekend (30%)!<sup>7</sup>

Voor de transistors geldt: onvoldoende procesbeheersing, onvoldoende er-

varen staf, onvoldoende machines en onvoldoende fabrieksruimte. De rentabiliteit is nog goed, maar er is tijd nodig om de kostprijzen door mechanisatie zoveel te kunnen verlagen, dat met Japanse lonen geconcurrereerd kan worden. Verdubbeling van de produktie bij deze omvang heeft het gevaar in zich, dat de zaak industrieel en commercieel uit de hand loopt. Hij stelt daarom voor om de toepassing van transistors te beperken in de lopende planning tot die gebieden, waar de transistor grote voordelen heeft of een marktuitbreiding oplevert, zoals apparaten met batterijvoeding, computers, draagbare industriële apparatuur en 'mode'toepassingen, zoals radio-apparaten met netvoeding en TV-apparaten tegen te houden. "We moeten niet zelf "de kip met de gouden eieren gaan slachten""<sup>18</sup>

### 9.3. Philips en de VS

Eind jaren '50 rijst opnieuw de vraag of Philips in de VS moet beginnen met de produktie van transistors. Het is niet de bedoeling om het volledige veld te gaan bestrijken, maar om van een zodanige opzet uit te gaan, dat een versterking van de gehele activiteit bewerkstelligd wordt. Hierbij denkt men in de eerste plaats aan het op de markt brengen van Philips-specialiteiten, zoals de POB transistor<sup>19</sup>

Amperex, een Philips-dochter, is inmiddels begonnen met een zeer bescheiden produktie van halfgeleiders. Met name voor de POB-transistor verwacht men wel een markt, omdat dit type voordelen heeft boven vergelijkbare typen in de VS en het fabricage-procédé eenvoudiger is. De verwachtingen zijn goed<sup>20</sup>

In de RvB bestaat wel enige weerstand tegen de Amerikaanse produktie, maar een krachtig pleidooi van Hazeu, heeft tot gevolg, dat men bereid is om plannen in die richting te ondersteunen, maar men verwacht wel, dat de uitvoering van die plannen veel moeilijker zal zijn dan men denkt<sup>20a</sup>

Een heel ander aspect van de ontwikkelingen in de halfgeleiderindustrie is, dat de Amerikaanse bedrijven in alle opzichten voorop lopen. Waren het eerst Western, GE en RCA, op het einde van de jaren '50 is Texas Instruments (TI) de leidende onderneming. Philips heeft altijd goede contacten met de belangrijkste firma's onderhouden en TI is hierop geen uitzondering. In verband met een bezoek aan TI, wordt de ontwikkeling van TI bekeken en een vergelijking gemaakt tussen TI en Philips. Deze vergelijking geeft een duidelijk beeld van de situatie op dat moment.

Texas Instruments heeft vanaf het moment, dat zij met halfgeleiders begonnen is, een enorme groei doorgemaakt. Deze enorme groei is voornamelijk te danken aan de grote inspanningen en kapitaalsinvesteringen op alle onderde-

len van het halfgeleidergebied, van research en ontwikkeling tot het aantrekken van jonge, enthousiaste, goedbetaalde krachten. Er bestaat een zeer intensief contact tussen de research en de ontwikkeling; de tijd tussen ontwikkeling en productie is waarschijnlijk kleiner dan bij Philips. Uitvalpercentages en produktie eisen zijn echter onbekend, terwijl de prijzen bedeutend hoger liggen. Een ander verschil met de Philips-organisatie is de veel meer gedecentraliseerde structuur. TI heeft het grote voordeel, dat de regering van de VS via contracten een groot gedeelte van de R&D-kosten betaald, nl. circa 50%. Bovendien is de markt in de VS bereid om voor nieuwe toepassingen op civiel en met name op militair gebied bijna elke prijs te betalen.<sup>1</sup>

De vergelijking wat de transistors en de dioden betreft, levert het volgende beeld op:

- 1 TI heeft geen germanium-dioden, omdat zij direct met silicium begonnen zijn. Germanium transistoren worden alleen op speciale bestelling voor IBM gemaakt.
- 2 De 'grown junction' technologie beschouwt men als verouderd en men verwacht er geen ontwikkeling meer aan, hoewel nog heel wat transistors volgens dit principe gemaakt worden.
- 3 Diffusie- en etstechnieken worden gebruikt voor h.f.transistors. Hoewel de POB techniek uitstekende resultaten oplevert, is het met deze methode haalbare frekwentiebereik beperkter dan met de TI-methode. Philips moet daarom meer aandacht aan deze techniek besteden en de groep, die dit onderwerp bestudeert, versterken.
- 4 De Philco-techniek verdient volgens Philips de aandacht, hoewel deze niet door TI gebruikt wordt.
- 5 In het algemeen zijn de TI-specificaties ruimer, waardoor TI transistors toepassingen vinden, waarvoor Philips-transistors, die nauwere specificaties hebben, niet in aanmerking komen.
- 6 TI maakt in tegenstelling tot Philips geen vermogensversterkers.
- 7 TI heeft al een serie 'controlled' gelijkrichters (elementen, die naast gelijkrichting ook de stroom controleren), terwijl bij Philips dit type nog in ontwikkeling is.
- 8 Mullard maakt de TI silicium legeringstransistor voor hoge frekwenties.
- 9 Mullard heeft ook een silicium h.f.transistor in ontwikkeling.
- 10 Het Nat.lab. heeft een ultra h.f.transistor in ontwikkeling, waarbij de POB techniek toegepast wordt op silicium.



11 Philips hoopt zijn medium speed schakeltransistors aan IBM te kunnen verkopen; testexemplaren zijn al opgestuurd. High-speed schakeltransistors zijn in ontwikkeling.

12 TI heeft high speed switching silicium diodes, maar bij Philips ziet men in het algemeen het nut niet in van een dergelijk element.<sup>22</sup>

Ter sprake komen ook de Solid Circuits (de voorlopers van de IC's). TI heeft als eerste dergelijke elementen ontwikkeld en plant voor 1960 al een produktie. Hierbij worden van de modernste technieken gebruik gemaakt. Bij Philips moet dit werk dan nog beginnen. Bij Icoma is wel al jaren gewerkt aan miniaturisatie, maar dit geschiedde volgens andere principes. Om de produktie op gang te kunnen houden en om voldoende mogelijkheden voor expansie te hebben, bouwt TI een speciale fabriek voor de produktie van zeer zuiver silicium. Dit wekt enige verbazing bij Philips, aangezien er genoeg chemische firma's zijn, die dit kunnen, wat voor Philips een reden is om voorlopig niet aan its dergelijks te beginnen.<sup>23</sup>

Onderhandelingen over een voorgenomen cross-licence overeenkomst met TI worden van de kant van Philips met optimisme gevoerd. Bovengenoemde opsomming van de mogelijkheden van beiden, lijkt een indruk van gelijkheid te geven. Bovendien is de octrooipositie van TI minder sterk dan die van Philips, zeker wat de aantallen octrooien betreft. Er zijn geen hinderlijke octrooien van TI bekend, terwijl Philips het galliumoctrooi en het POB-principe heeft.<sup>24</sup>

Toch is men op het hoogste niveau van Philips niet helemaal gerust op de ontwikkelingen. Men vraagt zich af, hoe een nieuwkomer als TI zo'n grote successen heeft kunnen boeken, terwijl Philips heeft kunnen putten uit de ervaring op buizengebied. Reden om de transistoractiviteiten te evalueren.<sup>25</sup>

Bij Elektronenbuizen denkt men, dat de moeilijkheden opgelost zouden zijn, als het hoogste niveau van de produktie bereikt zou worden, wat op dat moment zeker niet het geval is. Verder hebben speciale ontwikkelingen, zoals het werk voor IBM, voor een extra belasting gezorgd. Een handicap van Philips t.o.v. TI en ook t.o.v. de Japanners is dat Philips op vele plaatsen moet produceren, terwijl de anderen hun produktie op één plaats geconcentreerd hebben.<sup>26</sup>

Gezien de grote marktschommelingen en de stromachtige ontwikkelingen, spreekt Otten de wens uit om een marktpercentage vast te stellen, waar Philips naar moet streven om dat te behalen, resp. te behouden. Hij voelt zich niet erg gelukkig in een situatie, waarin Philips blijft streven naar een monopoliepositie, die in bepaalde landen zeker niet gehandhaafd kan blijven.<sup>27</sup>

Hazeu merkt op, dat "wat transistorfabricage betreft, in Europa alleen Philips volume heeft en daaruit moet volgen, dat daar een taak te vervullen is". Hij is het er uiteraard mee eens ten aanzien van de produktiecapaciteit van transistors conservatief te blijven, maar de markt is nog zo in ontwikkeling, dat "er nog geen sprake van is, dat zij een redelijk aandeel van de markt hebben bezet"<sup>28</sup>

#### 9.4. De transistor in cijfers

Het beeld van de ontwikkeling van de transistor is niet volledig zonder een kwantitatief overzicht van deze ontwikkeling. Tot nu toe is geschetst, hoe Philips zich op de transistorontwikkeling geworpen heeft en hoe deze ontwikkeling ertoe geleid heeft, dat Philips een vooraanstaande rol op het halfgeleidergebied verworven heeft. Verder zijn enige problemen bij de handhaving van de verworven positie aan de orde gekomen. De cijfers in deze paragraaf verduidelijken dit alles nog eens. Met name spreken er enkele tendenzen uit, die aangeven, welke moeilijkheden Philips in de loop van de jaren '60 kan verwachten.

##### 9.4.1. Aantallen en omzetten

Tabel 9.3. geeft de totale Philipsproduktie op het gebied van transistors, dioden en buizen. Hierbij rekent men in budgetjaren, die beginnen in mei.

Tabel 9.3. De totale produktie van Philips van onderdelen in miljoenen stuks.<sup>29+30</sup>

Periode	Transistors	Dioden	Ontvangbuizen
1954/55	1	3	99
1955/56	1	8	121
1956/57	3	12	117
1957/58	6	20	142
1958/59	16	37	175
1959/60	40	52	187
1960/61	71	81	182
1961/62	103	92	178

De produktie van transistors stijgt zeer sterk, evenals die van dioden. De produktie van ontvangbuizen verdubbelt nog tussen 1954 en 1960, waarschijnlijk onder invloed van de invoering van de TV, en neemt daarna iets af. Dit heeft te maken met de omstandigheid, dat de werkelijke verdringing van de buizen door de transistors pas aan het einde van de jaren '50 op gang komt. De totale afleveringen in deze periode liggen iets lager dan de totale produktie. Dit verschil is waarschijnlijk te wijten aan verliezen, niet verkochte voorraden enz..

De verdeling van de concernafleveringen over leveringen aan derden en interne leveringen staan in tabel 9.4. Hierin staat tevens de gemiddelde prijs van de verkochte transistors; deze wordt berekend bij de verkoop aan derden. Hierbij moet rekening gehouden worden met het feit, dat de eenvoudige, in massaproductie gemaakte transistors veel goedkoper zijn dan de meer specialistische typen, die op veel kleinere schaal vervaardigd worden.

Tabel 9.4. Concernafleveringen van transistors in miljoenen stuks.<sup>31</sup>

Periode	Intern	Derden	Totaal	Gem.prijs (in f.)
1957/58	1.0	3.5	4.5	5.50
1958/59	4.5	7.8	12.3	5.48
1959/60	9.8	24.2	34.0	3.47
1960/61	19.4	45.3	64.7	2.56
1961/62	26.4	65.1	91.5	1.89
1962/63	32.0	86.0	118.	1.56

(De gemiddelde prijs van de transistors heeft alleen betrekking op verkoop aan derden).

Een vergelijking met de schattingen uit 1957 (zie 9.1.) laat zien, dat er veel meer transistors verkocht zijn dan gepland was. Bovendien ligt het aandeel van de interne leveringen hoger dan voorzien was. Opvallend zijn ook de sterk dalende prijzen.

De totale afleveringen op halfgeleidergebied staat in tabel 9.5. Het gaat hierbij om de verdeling van leveringen van diodes + transistors over interne leveringen en verkoop aan derden.

Tabel 9.5. Totaal afleveringen halfgeleiders (diodes en transistors) in miljoenen stuks.<sup>32</sup>

Periode	Intern	Derden	Totaal
1957/58	5.0	17.5	22.5
1958/59	13.0	30.8	43.8
1959/60	24.8	60.6	85.4
1960/61	44.4	92.7	132.1
1961/62	55.4	128.2	183.6
1962/63	61.7	166.0	227.7

De omzetten, die Philips met deze verkoopresultaten gerealiseerd heeft, staan in tabel 9.6.

Tabel 9.6. Concernomzetten transistors en halfgeleiders totaal in miljoenen guldens (omzetten baaald over leveringen aan derden).<sup>33+34</sup>

Periode	Transistors	Totaal halfgeleiders
1953/54	-	2
1954/55	-	6
1955/56	-	10
1956/57	-	20
1957/58	18.3	35
1958/59	42.6	70
1959/60	83.9	125
1960/61	116.0	164
1961/62	124.7	178
1962/63	134.0	197

De omzet van transistors bedraagt al vanaf 1957 meer dan die van diodes, hoewel er tot 1961 meer diodes gemaakt worden. Dit komt, omdat de transis-

tors veel duurder zijn, zowel door ontwikkelingskosten (zie 9.4.3.) als door het ingewikkelder en dus duurder produktieproces. Bovendien leidt dit moeilijker produktieproces tot lagere opbrengsten, waardoor de prijs per stuk stijgt.

Over deze omzetten heeft Philips gemiddeld een netto-winst geboekt van 20%. De rentabiliteit in deze periode is weergegeven in tabel 9.7.

Tabel 9.7. Overzicht resultaten halfgeleiders in miljoenen gulden<sup>35</sup>

Periode	Omzet	Netto-winst	%
1954/55	6	1.2	20
1955/56	10	-	-
1956/57	20	2.2	11
1957/58	35	10.0	29
1958/59	70	15.3	22
1959/60	125	36.7	29
1960/61	164	51.2	31
1961/62	178	19.6	11
1962/63	197	27.0	14 (schatting)

#### 9.4.2. Professionele halfgeleiders

De voornaamste afzetmarkten van Philips zijn de consumptiegoederen, zoals hoorapparaten, radio's, televisies. Een gebied, dat in de loop van de jaren '50 sterk in belang begint toe te nemen, is dat van de professionele halfgeleiders. Deze sector is onder te verdelen in 'switching' (bijvoorbeeld de schakeltransistors voor IBM) en 'general industrial' (industriële toepassingen bijv. in meet-apparatuur e.d.). Een derde groep zijn de vermogenstransistors en -dioden. De eerste professionele elementen zijn verkregen door te selecteren uit de 'entertainment' typen. Naar verloop van tijd zijn er echter voor al deze groepen aparte typen ontwikkeld. Het toenemend belang van de professionele sector blijkt duidelijk uit tabel 9.8.

Tabel 9.8. Concernomzet halfgeleiders, verdeeld naar typen, in miljoenen guld.<sup>36</sup>

Periode	Entertainment	Switching	Gen. Ind.	Power	Totaal
1954/55	6.1	-	-	-	6.1
1955/56	9.4	-	0.5	-	9.9
1956/57	17.6	1.3	1.0	-	19.9
1957/58	29.6	3.1	2.0	-	34.7
1958/59	60.6	5.0	4.0	0.1	69.7
1959/60	101.2	15.0	8.0	0.4	124.6
1960/61	128.4	20.0	15.0	0.8	164.2
1961/62	125.5	30.0	20.0	1.5	177.0
1962/63	123.7	35.0	34.0	4.0	196.7

Opmerkelijk is de terugval in de entertainment sector in het begin van de jaren '60. Dit wordt nog eens duidelijk geïllustreerd in Fig.9.4.

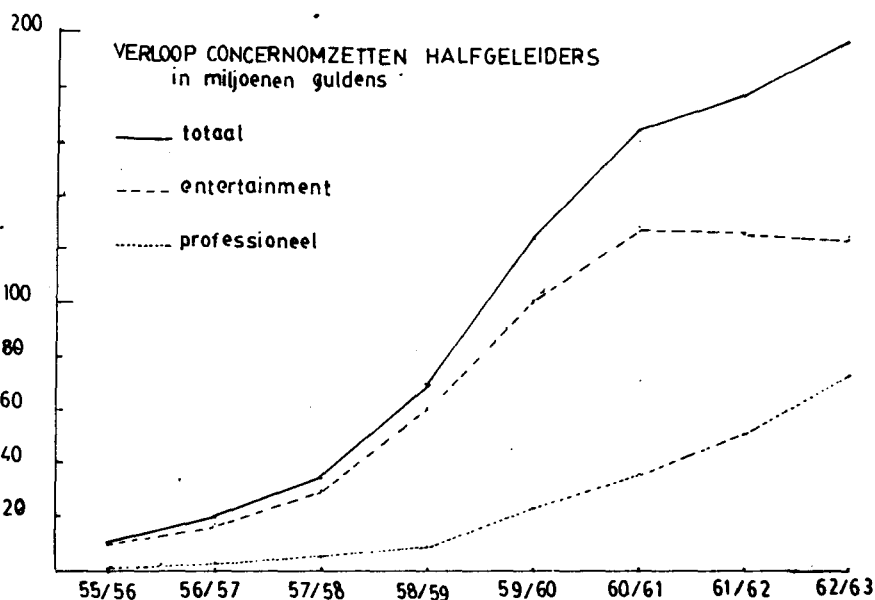


Fig. 9.4. Verloop Concernomzetten halfgeleider, totaal, entertainment en professioneel.<sup>36</sup>

Terwijl Philips op het entertainment gebied de belangrijkste leverancier van transistors in Europa is, is het aandeel in de professionele markt aanzienlijk kleiner. Tabel 9.9. geeft de ontwikkeling van de Europese halfgeleidermarkt en het aandeel van Philips daarin. De 'power'elementen zijn hierbij buiten beschouwing gelaten. Het aandeel van Philips op dit gebied is waarschijnlijk nog kleiner.

Tabel 9.9. Totale Europese markt van professionele halfgeleiders en het aandeel van Philips daarin (in miljoenen guldens).<sup>37</sup>

Periode	Concernomzet	Europese markt	Aandeel
1955/56	1.4	35.0	4%
1956/57	2.3	47.0	5%
1957/58	5.1	60.0	8.5%
1958/59	9.0	75.0	12%
1959/60	23.0	95.0	24%
1960/61	35.0	120.0	29%
1961/62	50.0	150.0	33%
1962/63	69.0	190.0	36%

De ontwikkeling van de Europese markt blijft overigens nog ver achter bij de enorme ontwikkeling, die de Amerikaanse markt doormaakt. Tot 1960 is er sprake van een explosieve groei. Fig. 9.5. geeft een indicatie van de ontwikkeling van de Amerikaanse en de Europese professionele halfgeleidermarkt. De Amerikaanse markt is ongeveer 10 maal zo groot als de Europese.

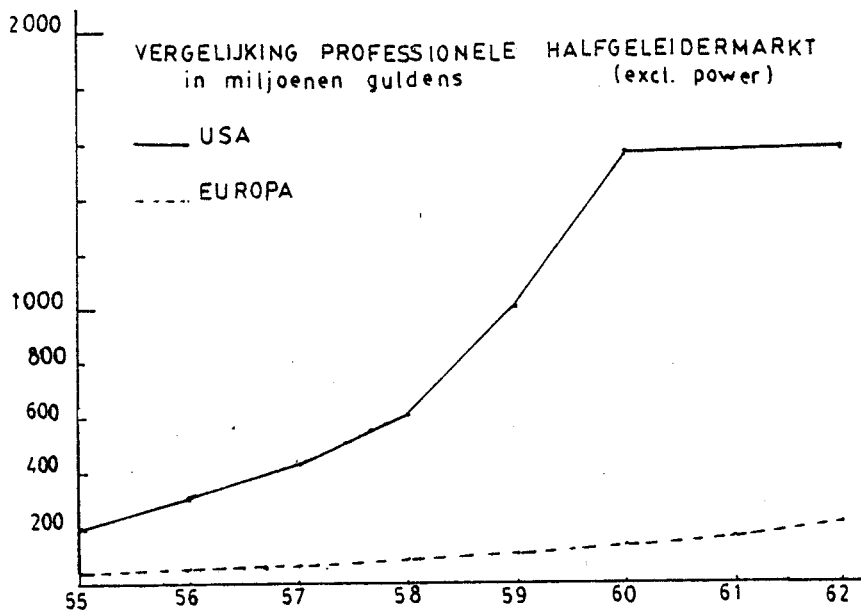


Fig. 9.5. Vergelijking van de markt voor professionele halfgeleiders in de VS en in Europa.<sup>37a</sup>

#### 9.4.3. Initiële kosten

Onder de Initiële Kosten (IK) worden alle kosten verstaan, die nodig zijn om een bepaald type transistor te ontwikkelen en produktierijp te maken. De IK vallen in twee gedeelten uiteen: een algemeen gedeelte, de zogenaamde horizontale kosten, die op alle ontwikkelde typen betrekking hebben en het gedeelte, dat alleen voor één bepaald type uitgegeven is. De IK moeten gedekt worden door een procentueleheffing op de prijs van de produkten. Om een indruk te krijgen van de ontwikkeling van die kosten, volgt eerst een overzicht van het aantal typen, dat ontwikkeld is.

Tabel 9.10. Het aantal typen halfgeleiders, dat ontwikkeld en geproduceerd is.<sup>38</sup>

Periode	Entertainment			Professioneel			Totaal		
	trans.	dio.	tot.	trans.	dio.	tot.	trans.	dio.	tot.
1953/54	-	1	1	-	-	-	-	1	1
1954/55	2	3	5	-	-	-	2	3	5
1955/56	1	2	3	-	-	-	1	2	3
1956/57	2	-	2	-	1	1	2	1	3
1957/58	1	1	2	-	1	1	1	2	3
1958/59	2	1	3	1	4	5	3	5	8
1959/60	2	1	3	1	2	3	3	3	6
1960/61	2	3	5	3	1	4	5	4	9
1961/62	3	-	3	4	1	5	7	1	8

De ontwikkelingskosten voor deze typen staan in tabel 9.11. Hierin zijn zowel de totale uitgaven als de uitgaven per type opgenomen.

Tabel 9.11. Overzicht uitgaven per ontwikkelde typen, die in de periode '54-'62 in produktie genomen zijn (in duizenden guldens).<sup>39</sup>

Periode	Uitgaven			Aantal typen	Uitgaven per type		
	Gericht	Algemeen	Tot.		Gericht	Algemeen	Tot.
1954/55	800	230	1030	5	160	46	206
1955/56	870	150	1020	3	290	50	340
1956/57	1740	210	1950	3	580	70	630
1957/58	1830	370	2200	3	610	120	730
1958/59	2960	1560	4520	8	370	190	560
1959/60	3810	2460	6270	6	630	410	1040
1960/61	5210	3170	8380	9	580	350	930
1961/62	6650	3060	9710	8	830	380	1210

Duidelijk blijkt hieruit, dat niet alleen de totale ontwikkelingskosten sterk stijgen door toename van het aantal geproduceerde typen, maar nog meer doordat de ontwikkeling van één type veel duurder wordt. Dit wordt veroorzaakt door het steeds gecompliceerder worden van de nieuwe typen en mede daardoor steeds ingewikkelder produktieprocessen. Het ligt voor de hand, dat dit voornamelijk komt door de professionele halfgeleiders, waaraan veel hogere eisen gesteld worden. Tabel 9.12. bevestigt dit.

Tabel 9.12. Overzicht gerichte IK voor entertainment en professionele halfgeleiders (in duizenden guldens).<sup>40</sup>

Periode	Entertainment	Professioneel	Totaal
1954/55	610	190	800
1955/56	570	300	870
1956/57	980	760	
1957/58	1070	760	1830
1958/59	1550	1410	2960
1959/60	1190	2620	3810
1960/61	1950	3260	5210
1961/62	2310	4340	6650

De ontwikkeling van professionele halfgeleiders wordt in 8 jaar tijd zo'n 25 maal zo duur. Dit geld moet op de een of andere manier opgebracht worden. Tabel 9.13. laat duidelijk zien, dat de dekking van de IK steeds meer problemen oplevert en dat dit in het bijzonder voor de professionele halfgeleiders geldt.

Tabel 9.13. Overzicht aantal jaren benodigd voor de dekking van de IK.<sup>41</sup>

Periode	Entertainment	Professioneel	Totaal
1954/55	1	-	1
1955/56	2	2	2
1956/57	2	3	3
1957/58	2	5	5
1958/59	3	7	ca.7
1959/60	4	-	-
1960/61	4	-	-
1961/62	4	-	-

Het verloop van de ontvangst van de dekking staat uitgezet in de figuren 9.6., 9.7. en 9.8. Hierin staat voor alle in een bepaald jaar ontwikkelde halfgeleiders uitgezet in hoeveel jaren de IK gedekt zijn en hoeveel procent van de dekking elk jaar ontvangen is. In fig. 9.6. staan de IK voor de entertainment sector uitgezet, in fig. 9.7. voor de professionele halfgeleiders en in fig. 9.8. het verloop van de totale ontvangen dekking.

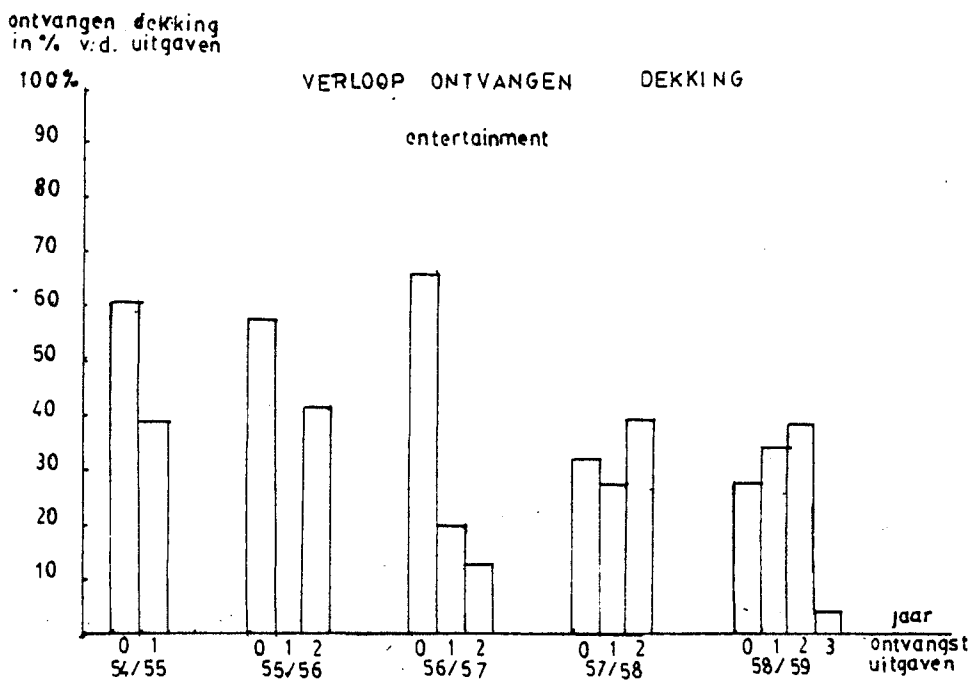


Fig. 9.6. Verloop van de ontvangen dekking van entertainment halfgeleiders.

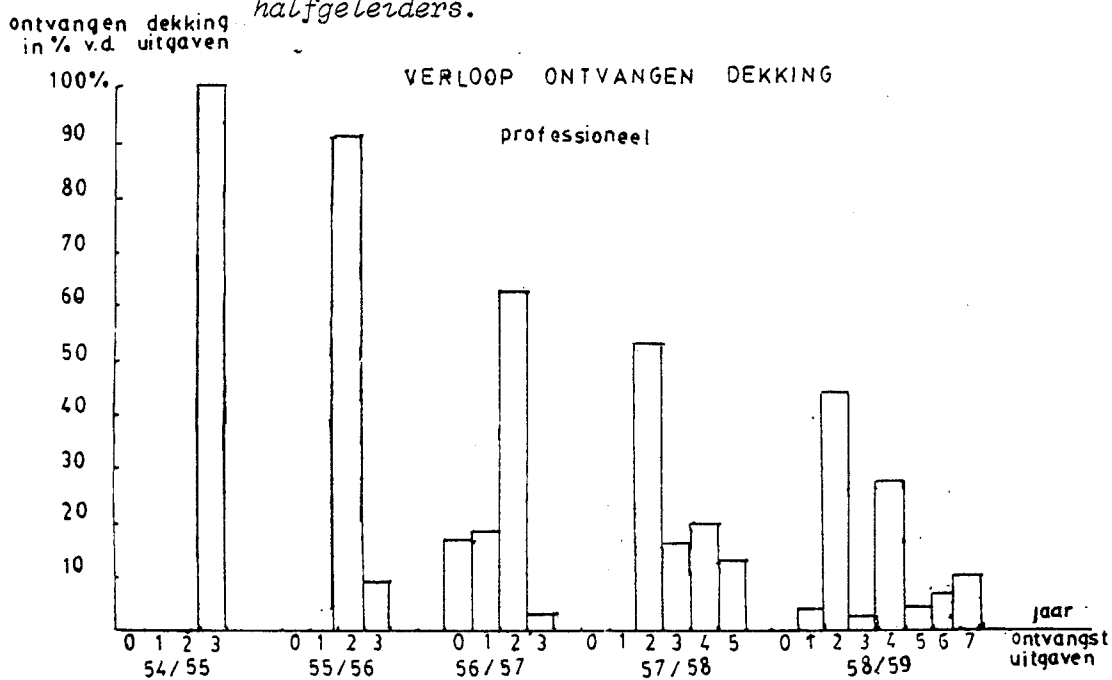


Fig. 9.7. Verloop ontvangen dekking professionele halfgeleiders.



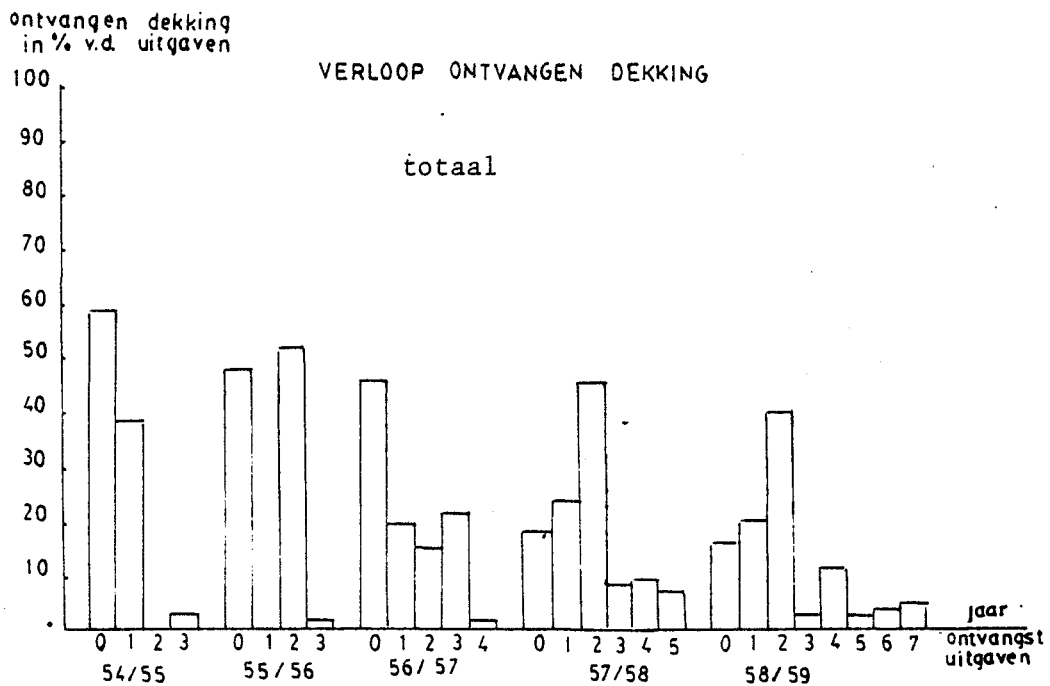


Fig. 9.8. Verloop ontvangen dekking halfgeleiders totaal.

#### 9.4.4. Philips op de wereldmarkt

Philips is in de jaren '50 een van de grootste producenten van transistors. Fig. 9.9. laat duidelijk zien, dat Philips een aanzienlijk deel van de wereldmarkt op het einde van de jaren '50 in handen heeft<sup>42</sup>

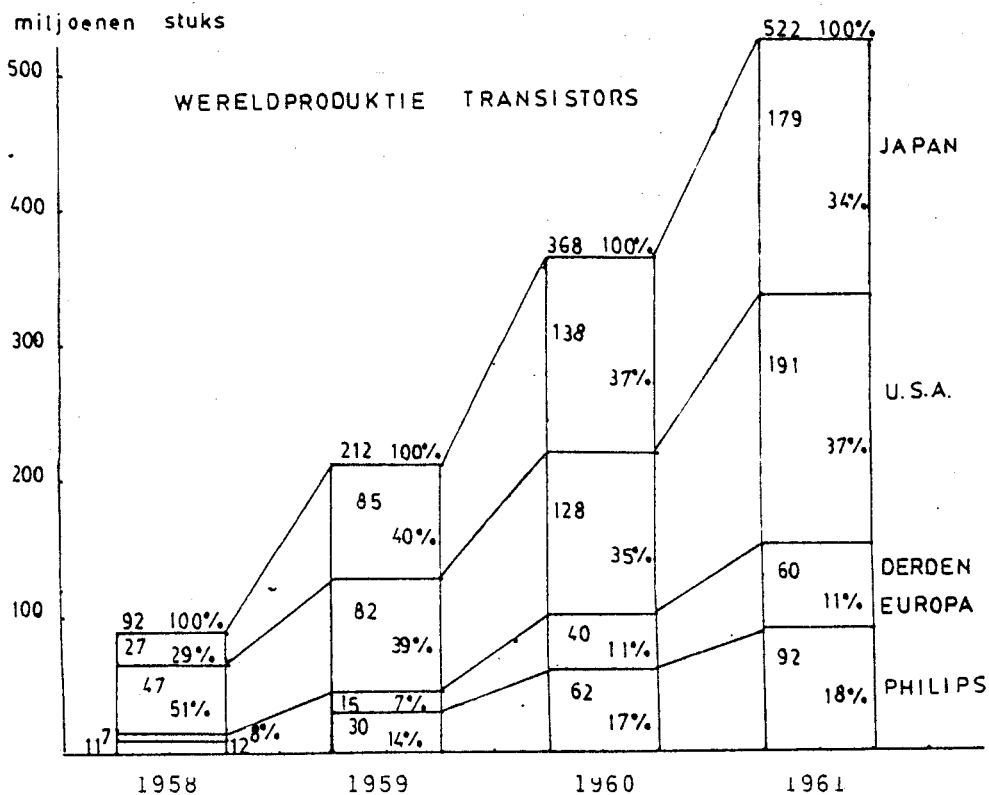


Fig. 9.9. Wereldproductie transistors in aantallen en percentage van het geheel<sup>42</sup>

Het wereltaandeel van Philips voor diodes ligt ongeveer op 20%. De situatie in Europa is, dat Philips meer dan de helft van de markt voor halfgeleiders in handen heeft.

Aan het einde van de jaren '50 beginnen de Amerikaanse firma's zich sterker voor de Europese markt te interesseren. Dit is te zien aan de sterk stijgende exporten uit de VS. Een vergelijking van deze exporten naar de landen van de Europese Gemeenschap (EEG) en van de Europese Vrijhandels Associatie (EFTA) met de Philipsomzet in deze landen laat dit zien. In tabel 9.14. staat voor een aantal jaren een overzicht van deze ontwikkeling. De getallen in tabel 9.14. zijn gebaseerd op kalenderjaren in tegenstelling tot alle vorige cijfers, die gebaseerd zijn op budgetjaren.

Tabel 9.14. Vergelijking van de Concernomzet in EEG/EFTA en USA export.<sup>43</sup>  
(in miljoenen guldens).

Jaar	Concernomzet	USA export
1959	83.090	16.800
1960	135.800	37.000
1961	141.720	50.000
1962	149.770	63.500
1963	162.500	90.000

De cijfers in deze paragraaf laten het volgende beeld zien. Tot het begin van de jaren '60 ontwikkelt de Philips-activiteit op halfgeleidergebied zich voorspoedig. Rond die tijd doen zich een aantal ontwikkelingen voor, die deze voor Philips gunstige positie bedreigen. Allereerst neemt het belang van de professionele halfgeleiders sterk toe. Deze vinden toepassingen op gebieden, waarop Philips traditioneel niet zo sterk is. Ondanks grote inspanningen op dit gebied lukt het niet om op dit gebied dezelfde positie te verwerven als op entertainment gebied. De grote financiële inspanningen om dit te realiseren hebben tot gevolg, dat de dekking van de uitgaven voor de ontwikkeling van geavanceerde types steeds moeilijker en langduriger wordt. Dit drukt ongetwijfeld op de winst. Daarnaast wordt de Philips-positie in Europa bedreigt door een steeds grotere Amerikaanse bemoeienis, niet alleen door het exporteren van producten, maar ook door de oprichting van dochterondernemingen.

#### 9.5. 12½ Jaar halfgeleiders

In 1962 is de directeur van het Ontwikkelingslaboratorium Halfgeleiders enige tijd afwezig. Hij benut deze tijd om een overzicht te geven van 12½ jaar halfgeleideractiviteiten bij Philips. Naast enkele algemene conclusies

gaat hij uitvoerig in op de mogelijkheden om de positie van Philips te verbeteren. Enkele belangrijke punten uit zijn conclusies vormen de afsluiting van dit hoofdstuk.

- 1 De halfgeleiderfabricage draagt duidelijk het stempel van de vóór-historie van Philips op buizengebied. Het typenprogramma is een gevolg van de reeds door Philips beheerste markten, dat wil zeggen, dat er voornamelijk halfgeleiders voor toepassing in consumptiegoederen als radio's en TV's ontwikkeld zijn.
- 2 De organisatievorm en werkwijze verschilt sterk van de meeste Amerikaanse fabrieken, m.u.v. RCA, maar lijkt op die van verschillende andere Europese bedrijven, die voor een vergelijking veel minder interessant zijn.
- 3 In de VS bundelt men vaak een deel van de device research met de voorontwikkeling tot een groep, die "Research and Development" wordt genoemd; na-ontwikkeling, mechanisch werk en proeffabricage vormen dan de tweede groep, "Engineering". Dit systeem heeft mogelijk enige voordelen.
- 4 Wij zullen moeten groeien naar een meer effectieve vorm van geïntegreerd denken en handelen bij het tot stand komen van een produkt. Dit heeft verwantschap met de Amerikaanse wijze van werken; de Amerikaanse firma's groeien naar een wat straffere organisatievorm.
- 5 Belangrijker dan de vraag, welk systeem het beste werkt in de praktijk, is de wijze van samenwerking tussen de aan elkaar grenzende groepen.
- 6 Als gevolg van het buizenverleden en van de organisatiestructuur is ons typenprogramma weinig "advanced" en de nieuwe typen-introductie duurt lang.
- 7 Zo lang onze ontwikkeldoelstellingen slechts de meest directe commerciële noodzaken bevatten, zullen we steeds weinig "advanced" zijn, daar de commerciële behoeften van Philips meestal naijlen op de Amerikaanse en sinds kort ook op de Japanse markt.
- 8 Ons ontwikkelingspotentieel in West-Europa is groot genoeg om met twee derde deel van de mensen de direkt noodzakelijk typen te ontwikkelen. De rest is dus te gebruiken voor meer vooruitgeschoven werk, dat de positie van Philips t.o.v. Japan en de VS kan versterken.
- 9 Indien mogelijk, wil het Ontwikkelingslaboratorium graag een nog sterkere device-research groep op het Natlab hebben ter ondersteuning van het advanced ontwikkelingswerk.
- 10 Tot nu toe hebben we het er relatief gezien goed afgebracht. Om deze gang van zaken te blijven behouden zullen we echter verschillende punten moeten veranderen of verbeteren.

- 11 De vroegere benadering van de mechanisatie door zeer grote produktielijnen te ontwerpen, is alleen bruikbaar voor produkten, die lang blijven bestaan. Dit is tot nu toe de meeste halfgeleider-elementen nog niet gebeurd. Snelle deelmechanisatie lijken daarom in het algemeen effectiever.
- 12 Het hele kwaliteitspeil moet omhoog; dan pas kunnen er speciale dingen gedaan worden voor de professionele sector.
- 13 Philips is slecht in de verbetering van het kwaliteitspeil. Uit eigen beweging wordt dit niet graag gedaan, maar er wordt gewacht op de concurrentie. De laatste tijd is er echter van enige verbetering sprake.
- 14 Indien men op een bepaald moment ergens een voorsprong heeft (hoogtepunt) dan dient men zich reeds meteen te bezinnen op welke wijze de concurrent zal terugslaan om de daaruitvolgende reactie (dieptepunt) zoveel mogelijk op te vangen.<sup>44</sup>

Deze laatste conclusie is treffend voor de gehele ontwikkeling van de transistor bij Philips. De introductie van de transistor is zeer succesvol geweest. Waarschijnlijk zo succesvol, dat de introductie van de IC's hierdoor belemmerd is. Dit valt buiten de beschouwde periode.

## 10. KONKLUSIES

In dit verslag is geprobeerd de ontwikkeling van de transistor bij Philips te beschrijven. De konklusies in dit hoofdstuk vallen uiteen in twee gedeeltes, een algemeen en een, waarin de invoering van de transistor als innovatieproces centraal staat.

### 10.1. Algemeen

Een van de uitgangspunten van het onderzoek is geweest, dat de introductie van de transistor bij Philips een succesvolle innovatie is geweest, aangezien Philips tot op heden één van de allergrootste electronica-firma's ter wereld is. De ontwikkeling van toonaangevende buizenfirma direct na de tweede wereldoorlog tot vooraanstaand producent van IC's is echter zeker geen geleidelijke ontwikkeling geweest. Op grond van dit onderzoek kan het beeld van de eerste 15 jaar ingevuld worden.

Hoewel er over het algemeen enthousiast op de uitvinding van de transistor gereageerd wordt, levert het werk in de beginperiode niet veel resultaten op; wel wordt enige ervaring op dit nieuwe gebied opgedaan. De basis-kennis en -technologie zijn in de VS te vinden. Via het belangrijke Bell-symposium komt deze kennis ook bij Philips terecht. Dan begint de echte ontwikkeling. Aan het begin van deze periode bevindt Philips zich in een gunstige uitgangspositie. Philips bezit een uitstekend geoutilleerd research-laboratorium (het Nat.lab.), waar hooggekwalificeerde wetenschappers werken. Resultaten van vaste stofresearch rond de oorlog, namelijk de ferrietten, geven Philips een goede onderhandelingspositie in de contacten met de Amerikaanse concurrentie, wat resulteert in enkele voordelige licentiecontracten met Western Electric, de toonaangevende onderneming op halfgeleidergebied. Ook de contacten met de andere belangrijke ondernemingen, zoals GE en RCA zijn goed. Daarnaast heeft Philips in Europa weinig concurrentie te duchten. De Duitse bedrijven zijn door de oorlog achterop geraakt, terwijl in Frankrijk en Engeland grote Philips-dochters actief zijn. Een bijkomstige factor zijn de lage lonen in Nederland in de jaren '50 als gevolg van de stringente loonpolitiek, die hier gevoerd is. Nadelen zijn de relatief kleine markt en het ontbreken van militaire opdrachten, die de concurrentie in staat stellen nieuwe typen te ontwikkelen.

Philips slaagt er in door enkele eenvoudige verbeteringen aan te brengen in de eerste transistors, die rond 1953 op de markt komen, en door een bewust beleid om al snel in grote getale transistors op de markt te brengen. Met behulp van deze eerste typen wordt de Europese markt veroverd. In de ja-

ren '50 is Philips de enige Europese halfgeleiderfabrikant van belang.

Rond 1956 is de introductie van de transistor voltooid: er bestaan aanzienlijke research- en ontwikkelingsgroepen op transistorgebied en er is ook een productieapparaat opgebouwd. Het aantal toepassingen, dat in de eerste tijd beperkt blijft tot hoorapparaten en rekenmachines, neemt na die tijd aanzienlijk toe, wat ertoe leidt, dat Philips de vraag maar moeilijk kan bijbenen. Dit heeft een nogal overspannen situatie tot gevolg.

De halfgeleiderontwikkeling gaat snel door: er komen nieuwe, geavanceerdere types, die nieuwe toepassingsmogelijkheden hebben. De sterke Philipspositie wordt van alle kanten bedreigd. Er komen heel nieuwe technologieën, zoals de diffusietechniek. Het Philips antwoord hierop is het leger-diffusieprocédé, dat resulteert in de POB transistor. Hieraan ontleent Philips veel zelfvertrouwen; men hoopt hiermee zelfs de Amerikaanse markt te veroveren. De POB techniek, die ongetwijfeld een vooruitgang betekent ten opzichte van vorige technieken, is zeker op de lange duur toch inferieur aan de geavanceerde diffusietechnieken, zoals de planaire technologie, die verdere miniaturisering mogelijk maakt. Deze planaire technologie is gebaseerd op silicium, terwijl de POB techniek op de eigenschappen van germanium berust. Philips heeft zich altijd toegelegd op germanium, het halfgeleidermateriaal van de jaren '50. Silicium en de planaire technologie zijn de basis van de ontwikkeling van IC's en microprocessors in de jaren '60 en '70.

Tevens vindt er een verschuiving in de markt plaats. Professionele toepassingen worden steeds belangrijker. Philips is altijd het sterkste geweest op het gebied van de 'lichte' electronica en veel minder in de professionele sectoren. Philips probeert ook deze markten te veroveren. In het begin zijn de gewone Philips-transistors zo goed, dat er na selectie transistors voor professionele toepassingen overblijven. Maar al spoedig worden geavanceerde typen vereist. De ontwikkeling hiervan is veel moeilijker en ook veel duurder, wat grote problemen oplevert bij de dekking van deze kosten. Bovendien beginnen de Amerikaanse ondernemingen zich voor de Europese markt te interesseren. Zij introduceren direct de nieuwste Amerikaanse typen.

Philips probeert de concern-activiteiten op halfgeleidergebied te spreiden over meerdere landen. Dit geldt ook voor de toegepaste research en ontwikkeling. De buitenlandse laboratoria kunnen echter maar moeilijk in de concern-activiteiten ingepast worden, zodat de ontwikkeling van de Philips-transistors in de jaren '50 een Nederlandse aangelegenheid is.

Dit alles tezamen resulteert in een bijzonder ongunstige uitgangspositie van Philips in het begin van de jaren '60 als een nieuwe ontwikkeling, na-

melijk van de IC's, een aanvang neemt. De konklusie van Tilton, dat Philips het slachtoffer wordt van zijn eigen successen, kan zeker onderschreven worden<sup>1</sup>. Zoals ik hierboven heb aangegeven, zijn er echter nog meer oorzaken aan te wijzen voor de achterstand, die Philips op IC-gebied opgelopen heeft.

## 10.2. Het innovatieproces

In de meeste innovatietheorieën hanteert men een lineair model. Dit houdt in, dat de belangrijkste elementen in het innovatieproces in een opeenvolgende reeks geplaatst worden: een nieuw produkt gaat van het research-laboratorium naar het ontwikkelingslaboratorium, dan naar de proeffabricage, vervolgens komt het in produktie, waarna het op de markt geïntroduceerd wordt. Volgens Stuart en Macdonald is dit model in eerste benadering bruikbaar voor innovaties in de halfgeleiderindustrie, hoewel zij het een "grossly-oversimplified" model vinden<sup>2</sup>.

De introductie van de transistor is in dit verslag in een aantal fasen verdeeld:

Fase I Onderzoeksfase

Fase II Ontwikkelingsfase

Verspreiding van de kennis in het bedrijf

Algemeen applicatiewerk

Fase III Gericht ontwikkelingswerk, resulterend in de eerste transistors

Gericht applicatiewerk, dat leidt tot de eerste toepassingen

Opbouw van de produktie

Fase IV Ontwikkeling van geavanceerdere type

Toepassingen op grotere schaal

De fasenovergangen zijn breukpunten in de ontwikkeling. Fase I begint met de uitvinding van de transistor, Fase II met het Bell symposium, Fase III met de omzetting van de TAG in de Transistor Applicatie Contactgroepen; in dezelfde fase vindt de eerste produktie plaats. Fase III wordt afgesloten met de belangrijke Quo Vadis vergadering in 1957. De introductie van de transistor is dan succesvol verlopen; Philips heeft immers de markt veroverd. Deze indeling verklaart echter niets. Kent men aan een dergelijk lineair model wel theoretische waarde toe, dan betekent dit, dat men de introductie van de transistor als een autonoom verlopend proces opvat. Dit model is echter slechts heuristisch en geen theorie<sup>3</sup>. Duidelijk wordt dit bijvoorbeeld bij de overgang van Fase I naar Fase II. De kennis moet bij Bell gehaald worden. Dit is op te vatten als een externe factor in de hele ontwik-

keling. Het onderzoekswerk tijdens de eerste fase heeft bij Philips niet automatisch geleid tot de ontwikkeling van nieuwe elementen.

Meer inzicht in het innovatieproces wordt verkregen door die elementen in de verschillende fasen en in het hele innovatieproces te bestuderen, die beslissend zijn voor het al dan niet lukken van een innovatie. De elementen, die in mijn verslag de nadruk hebben gekregen zijn de rol van het researchlaboratorium, de rol van het management en management technieken, de verhouding met de concurrentie en de situering van het bedrijf. Ik zal deze elementen hierna nog verder uitwerken.

#### 10.2.1. De rol van het Nat.lab.

Het Nat.lab. van Philips heeft een centrale rol gespeeld in de ontwikkeling van de transistor. In de eerste plaats is research in de halfgeleiderindustrie een vereiste om zich te kunnen handhaven. Dit geldt ook voor de nieuwe Amerikaanse bedrijven, die in hun aanvangsfase nauwelijks research verrichten. De halfgeleiderindustrie is zeer afhankelijk van de wetenschappelijke en nog meer van de technische ontwikkeling, zowel van nieuwe elementen als van nieuwe produktieprocessen. Bijdragen aan deze ontwikkeling stellen een bedrijf in staat om zich te handhaven, c.q. zijn positie te versterken. Voor Philips geldt dit (tijdelijk) voor de POB transistor.

In de tweede plaats maakt het bezit van een research laboratorium het mogelijk om gemakkelijk toegang tot kennis van anderen te verwerven. De resultaten van de research worden vastgelegd in een aantal octrooien. Een vergelijking van de octrooi posities van twee bedrijven vormt vaak de basis bij onderhandelingen over licentie-contracten. Daarnaast spelen status, aanzien, en een inschatting van de potentiële bijdragen van een research-laboratorium een rol. Voor Philips geldt, dat de ontwikkeling van de ferrietten een gunstige onderhandelingspositie heeft geboden in de contacten met de Amerikaanse concurrentie. Bovendien staat het Nat.lab. goed aangeschreven bij de Amerikaanse bedrijven. Philips-wetenschappers zijn geziene gasten in die tijd. Zij bezoeken vaak buitenlandse laboratoria en ontvangen vaak buitenlandse gasten. Bij dergelijke bezoeken maakt men ook een schatting van het onderzoekspotentieel van de concurrentie. Samengevat: research vormt de basis van de octrooi positie. Omgekeerd is het bezit van een goede octrooi positie op de markt dermate belangrijk, dat het een van de redenen is om aan research te doen. Philips heeft geprobeerd om een goede octrooi positie op te bouwen om te voorkomen, dat er royalties aan de concurrentie betaald moeten worden (c.q. zo min mogelijk). Dit is ook gebeurd om te voorkomen,



dat bij gebruik van andermans octrooien, de concurrent in staat is om de produktie, waarbij van het gewraakte octrooi gebruik gemaakt wordt, stop te zetten of te verbieden.

In de derde plaats heeft het Nat.lab. een centrale rol gespeeld in de verspreiding van de kennis van de transistor over het bedrijf. De deskundigen van het lab. hebben zowel bij de gestructureerde contacten, zoals bijvoorbeeld de TAG, voordrachten en colloquia, als bij meer informele contacten, zoals werkoverleg en informatiebron bij het optreden van problemen, als doorgeefluik gefungeerd. Een goed verloop van deze contacten is zeer belangrijk voor de snelheid, waarmee vernieuwingen doorgevoerd kunnen worden. In de beginfase is dit zeker goed gelukt. De opzet van de TAG is geweest, dat de deskundigen van het Nat.lab. hun kennis overdroegen aan mensen van de ontwikkelingslaboratoria en de buitenlandse laboratoria. Deze 'geïnformeerde' mensen hebben vervolgens als 'nucleus' gediend voor de verspreiding van de kennis binnen hun (H)IG en zij hebben zich tevens bezighouden met de verdere ontwikkeling en toepassing van de verworven kennis.

Het gevolg hiervan is, dat na verloop van tijd bij Philips op verschillende plaatsen aan de transistor wordt gewerkt. Dit heeft tot gevolg, dat de doorstroming van kennis dan moeizamer verloopt. De introductie van nieuwe typen duurt langer dan bij de Amerikaanse en soms zelfs bij de Europese concurrentie. In Amerika hebben de meeste ondernemingen, zoals bijvoorbeeld Texas Instruments, geen afzonderlijk research-laboratorium. Zij hebben toegepast research en ontwikkeling in een groep ondergebracht, de R&D groep, zodat een nieuw ontwikkeld type gemakkelijk en vloeiend naar de proeffabricage en produktie kan gaan. De contacten zijn veel directer. Bij Philips bestaat een strikte scheiding tussen research-laboratorium en ontwikkelingslaboratoria, respectievelijke HIG'en. Zo bevindt de halfgeleiderontwikkeling zich in Nijmegen, terwijl het Nat.lab. bij Eindhoven ligt. De gevolgen van een dergelijke scheiding komen ook naar voren als men het aandeel van de buitenlandse laboratoria bekijkt. Zowel de resultaten van het onderzoek als de bijdragen aan de ontwikkeling staan in de jaren '50 in geen verhouding tot het aantal mensen, dat er werkt en de hoeveelheid kapitaal, die er geïnvesteerd wordt. Dit uit zich in het feit, dat men bij Philips in Nederland weinig vertrouwen heeft in de buitenlandse bedrijven als het gaat om de ontwikkeling van nieuwe typen, zoals bij het ontwikkelen van een alternatieve h.f.technologie (MBLE) of bij het opzetten van produktielijnen voor nieuwe typen (de OC 72 in Engeland).

In de Amerikaanse industriële laboratoria wordt vaak vrijwel geen algemeen

fundamenteel onderzoek verricht (uitzondering is Bell), op het Nat.lab. daarentegen wel. De algemene visie bij Philips op de fundamentele research is, dat deze zich zelf op den duur terugbetaalt door de resultaten van die research, waarvan de toepassingen niet direct zichtbaar hoeven te zijn. Dit is ongetwijfeld een van de redenen om de research in een apart laboratorium te organiseren. Kosten van die research moeten door de HIG'en opgebracht worden en deze zullen minder bereid zijn om dit te doen, naarmate de toepassingen verder in de toekomst liggen. Bovendien biedt het Nat.lab. het voordeel, dat men hooggekwalificeerde wetenschappers kan aantrekken, die in een vrijere omgeving kunnen werken dan in de HIG'en bij Philips gebruikelijk is.

#### 10.2.2. Het management

Philips is hiërarchisch georganiseerd. Op de hoogste niveaus, zoals de Raad van Bestuur en de Orco wordt het algemene concernbeleid uitgestippeld.

Ten aanzien van de transistor geldt, dat men bij Philips goed en alert gereageerd heeft. Al in het begin van de jaren '50 is de strategie voor de 50' - er jaren uitgestippeld. Men heeft de ontwikkeling van de transistor juist ingeschat. Het is geen probleem geweest, dat de uitvinding door een ander gedaan is. In eerste instantie is de transistor gezien als vervanger van de buizen, die een belangrijke en lucratieve Philipsmarkt vormen. Om de eigen belangen te beschermen, heeft men geprobeerd greep te krijgen op de transistorontwikkeling om op deze manier het vervangingsproces van buizen door transistors in de hand te houden. Men moet ten slotte niet zelf de kip met de gouden eieren slachten. Rond 1960, als de transistorisatie snel toeneemt, lukt dit niet meer zo goed; Philips verliest dan zijn greep op de ontwikkelingen.

Naarmate het inzicht in de mogelijkheden van de transistor niet alleen als vervanger van de buis maar ook als element met geheel nieuwe mogelijkheden en toepassingen in vrijwel elke sector van de elektrotechniek toeneemt, komt steeds meer de doelstelling centraal te staan, dat Philips nummer één moet zijn in Europa op dit nieuwe gebied. Halfgeleiders zijn de moeite waard. De verwerving van deze positie lukt uitstekend, maar de hantering ervan, c.q. een monopolisering van dit gebied, zijn minder, respectievelijk helemaal niet geslaagd. De Amerikaanse ontwikkelingen zijn op de voet gevolgd, wat tot uiting komt in de licentiepolitiek. Steeds heeft men bij Philips geprobeerd goede contacten met de leiders op halfgeleidergebied te onderhouden. Men is er in geslaagd, door goed te onderhandelen, gunstige licentie contracten af te sluiten. Men is zich bewust van de eigen kracht, mogelijkheden en zwakheden.

Wel is men over het algemeen conservatief in het gevoerde beleid; er wordt goed opgelet de belangrijkste concurrenten niet voor het hoofd te stoten. Dit komt ook naar voren in het beleid ten aanzien van de produktie in de VS, De HIG Elektronenbuizen is vol vertrouwen in de mogelijkheden van Philips daar, maar in de RvB aarzelt men, omdat men de Amerikaanse concurrenten niet in de wielen wil rijden. Een ander punt, waar dit conservatisme tot uiting komt, zijn de schattingen bij het eerste 4-jaren plan, waar alle cijfers uit voorzichtigheid veel te laag geschat worden.

Het lagere management is belast met de organisatie van het werk en de voorbereiding en uitvoering van de genomen besluiten. Het technisch kader reageert in het algemeen enthousiast op de transistor. In eerste instantie zijn de verwachtingen nogal hooggespannen, maar de eerste praktijkervaring doet een realistischer beeld ontstaan. De transistor is geen wondermiddel, maar heeft veel mogelijkheden, die de activiteiten van Philips op allerlei manieren raken. Men is in het algemeen vol vertrouwen in de Philips-toekomst en -mogelijkheden, wat bij de invoering van het IC zeker een belemmering is geweest; ook toen heeft men de technologie van anderen moeten overnemen. Tegenwerking is er nauwelijks geweest, hoewel met name oudere wetenschappers niet veel zin hadden om zich in de nieuwe (transistor)technologie in te werken. Tenslotte heeft de buizenervaring in het begin gunstig gewerkt (glazen omhulling), maar in een latere fase is dit geen voordeel meer geweest. Transistorcircuits en -toepassingen verschillen fundamenteel van buizen.

### 10.2.3. De concurrentie

Zoals al een aantal keren gezegd is, heeft Philips zich bij voortduring gericht op de Amerikaanse ontwikkelingen. In het begin van de jaren '50 beseft men terdege, dat de kennis uit de VS moet komen, maar naarmate de Philipsactiviteit op transistorgebied zich voorspoediger ontwikkelt neemt het zelfvertrouwen toe. Dit blijkt al bij de onderhandelingen met GE en komt nog duidelijker naar voren bij de verhouding met Texas Instruments. Men schat de positie van Philips en TI als ongeveer gelijkwaardig. Maar de vergelijking van elkaars positie bevat al een aantal elementen, waaruit af te lezen is, dat TI voorop loopt bij de IC ontwikkeling, terwijl Philips dan in de problemen komt.

De Europese concurrentie heeft in de jaren '50 niet zo veel voorgesteld. Alleen Siemens in Duitsland neemt daar een gelijkwaardige positie in. Hierdoor komt de rol van Philips in Europa in het boek van Tilton niet zo duidelijk naar voren, hoewel hij wel stelt, dat Philips rond 1960 de helft van alle halfgeleiders voor zijn rekening neemt<sup>4</sup>

#### 10.2.4. Philips en Nederland

De ontwikkeling van de transistor bij Philips is voornamelijk een Nederlandse aangelegenheid. De produktie vindt ook voor een groot gedeelte in de Benelux plaats en uitbreidingen van de produktie in de jaren '50 vinden plaats in Stadskanaal en Heerlen. De lage lonen in Nederland hebben hierbij zeker een rol gespeeld. Aan het einde van de jaren '50 begint men de produktie evenals het onderzoek en de ontwikkeling, te internationaliseren. Belangrijke overweging hierbij is, dat de Nederlandse markt te klein is om als thuismarkt te dienen. Door de activiteiten over meerdere landen te verspreiden bestrijkt men een grotere thuismarkt. Een andere reden is, dat men in aanmerking wil komen voor militaire opdrachten; overheidsopdrachten stellen een bedrijf in staat om de ontwikkelingskosten van de (dure) halfgeleiders te betalen.

De belangrijke beslissingen worden echter in Nederland genomen: het hoofdkantoor van Philips blijft in Eindhoven.

## 11. BRONNEN

Dit verslag is in belangrijke mate gebaseerd op bronnen uit het Centrale Archief van Philips. Overal waar gebruik gemaakt is van deze bronnen, is dit aangegeven met PCA (=Philips Concern Archief).

## HOOFDSTUK 2

- 1 De voorgeschiedenis van de transistor, G. Verbong, Eindhoven febr. 1980, stageverslag THE.
- 2 De voorgeschiedenis van de transistor, G. Verbong.
- 3 The link between science and invention: the case of the transistor, R.R. Nelson, pag.563, Princeton 1962.
- 4 Electrons and holes in semiconductors, W. Shockley, New York 1950.
- 5 The link between science and invention: the case of the transistor, pag. 564.
- 6 The link between science and invention: the case of the transistor, pag. 564.
- 7 Revolution in miniature, E. Braun en St. Macdonald, pag. 76 e.v., Cambridge 1978.
- 8 Philips Technisch-Tijdschrift, P.J.W. Jochems, de legeer-diffusietechniek bij de vervaardiging van hoogfrequentietransistors, jaargang 24, 1962 no.8.
- 9 Philips Technisch Tijdschrift, jaargang 24 no. 8, pag. 230.
- 10 Philips Technisch Tijdschrift, jaargang 24 no. 8, pag. 231.
- 11 Revolution in miniature, pag. 62.
- 12 Revolution in miniature, pag. 62.
- 13 Revolution in miniature, pag. 63.
- 14 Revolution in miniature, pag. 63.
- 15 Revolution in miniature, pag. 64.
- 16 Revolution in miniature, pag. 65.
- 17 Revolution in miniature, pag. 65.
- 18 International diffusion of technology: The case of semiconductors, J.E. Tilton, Washington 1971.
- 19 International diffusion of technology: The case of semiconductors, pag. 18.

## HOOFDSTUK 3

- Algemeen: International diffusion of technology: The case of semiconductors, J.E. Tilton, Washington 1971, Hoofdstukken 4 en 5.
- 1 International diffusion of technology: The case of semiconductors, pag. 75/76.
  - 2 Revolution in miniature, E. Braun en St. Macdonald, Cambridge 1978, pag. 69.
  - 3 Revolution in miniature, pag. 69.

## HOOFDSTUK 4

- 1 De vorming en opkomst van het beroep van natuurkundig ingenieur, pag.8., Verslag projekt Techniek en Samenleving THE, december 1980.
- 2 Beheersing van technologische vernieuwing, dr. W.J. de Gooijer, pag. 33, Alphen aan de Rijn 1976.
- 3 Philips en de Wetenschap, Leydesdorff e.a., pag.40, Amsterdam 1980.
- 4 PCA 75: 8, 1953.
- 5 PCA 75: 8, 1934.
- 6 PCA 75: 8, 1934.
- 7 PCA 75: 8, 1953.
- 8 PCA 75: 8, 1949.
- 9 PCA 75: 8, 1955.
- 10 PCA E 11.34., 1949.
- 11 PCA E 11.34., 1949.
- 12 PCA E 11.34., 1952.

## HOOFDSTUK 5

- 1 An anthology of Philips Research, Casimir en Gradstein, Eindhoven 1966.
- 2 Tijdschrift voor Eff. en Doc. 34 (1964) nr. 12, dr. H. Bienfait, Enkele voorbeelden van juiste keuze en timing van industriële research.
- 3 De voorgeschiedenis van de transistor, G. Verbong, stageverslag THE febr. 1980.
- 4 Tijdschrift voor Eff. en Doc. 34 (1964) nr. 12.
- 5 Veertig jaren research, Nat.lab. 1955.
- 6 PCA D 22.24. (041), Stand der ontwikkeling en fabricage 1947.
- 7 Interview met dr. P.W. Haaijman, 12 januari 1981.
- 8 Physica Volume I 1934, pag. 449 e.v., J.H. de Boer en W. Ch. van Geel, A metal contact photocell  
Physica volume I 1934, pag. 1143 e.v., W.Ch. van Geel. Über den Kupferoxydulgleichrichter.  
Physica vol. II, 1935, pag. 286 e.v., J.H. de Boer en W. Ch. van Geel, Rotgrenze des inneren photoeffektes und ablösungsarbeit bei halbleitern.  
Philips Technisch-Tijdschrift, W.Ch. van Geel, Sperlaaggelijkrichters, jaargang 4 no. 4., april 1939.
- 9 PCA D 22.24. (041), Stand der ontwikkeling en fabricage 1947.
- 10 Interview met dr. P.W. Haaijman, 12 januari 1981.
- 11 Field-effekt electronics. W. Gosling e.a. Hoofdstuk I, London 1971.
- 12 Field-effekt electronics. W. Gosling e.a. Hoofdstuk I, London 1971.
- 13 Interview met dr. P.W. Haaijman, 12 januari 1981.
- 14 De voorgeschiedenis van de transistor, G. Verbong.
- 15 Fiel-effekt electronics, W. Gosling e.a., Hoofdstuk I.
- 16 Field-effekt electronics, W. Gosling e.a., Hoofdstuk I.
- 17 Interview met dr. P.W. Haaijman, 12 januari 1981.
- 19 Interview met dr. P.W. Haaijman, 12 januari 1981.
- 18 De voorgeschiedenis van de transistor, G. Verbong.
- 20 De voorgeschiedenis van de transistor, G. Verbong.
- 21 PCA E 11.34., Transistorsituatie contractueel, 1953.
- 22 PCA E 11.34., Transistorsituatie contractueel, 1953.

## HOOFDSTUK 6

- 1 Physical Review, J. Bardeen en W. Brattain, a solid state triode, juni 1948.
- 2 Interview met dr. P.W. Haaijman, 12 jan. 1981, zie bijlage 1.
- 3 Philips Koerier, 7 maart 1974, Transistorpionier ir. L.J. Tummers zilveren jubilaris.
- 4 Patentschrift Nr. 972 909 klasse 21g gruppe 11 02, Internationale Klasse H 011, Deutsches Patentamt Bundesrepublik Deutschland.
- 5 PCA E 11.34, Octrooiopositie Germanium Transistors en dioden, 25 april 1953.
- 6 PCA E 11.34., Octrooiopositie transistorschakelingen, 27 april 1953.
- 7 PCA 75: 8, 26 februari 1952.
- 8 The theory of p-n-junctions in semiconductors and p-n-junction transistors, W. Shockley, Bell Research Reports, 1949.  
Electrons and holes in semiconductors, W. Shockley, New York 1950.
- 9 PCA D 22.24., Bespreking over transistors, 28 oktober 1951.
- 10 Interview met dr. P.W. Haaijman, 12 jan. 1981.
- 11 PCA 75: 8, 26 februari 1952.
- 12 Interview met A.W.J.M. van Overbeek, 19 november 1980.
- 13 Interview met van Overbeek.
- 14 PCA D 22.24., Bespreking over transistors, 28 oktober 1951.
- 15 PCA D 22.24., Bespreking over transistors, 28 oktober 1951.
- 16 PCA D 22.24., Bespreking over transistors, 28 oktober 1951.
- 17 PCA D 22.24., Bespreking over transistors, 28 oktober 1951.
- 18 PCA 75: 8, 26 februari 1952.

- 19 PCA 75: 8, 26 februari 1952.
- 20 PCA 75: 8, 25 maart 1952.
- 21 PCA 75: 8, 8 april 1952.
- 22 PCA 75: 8, 8 april 1952.
- 23 PCA 75: 8, 8 april 1952.
- 24 Interview met dr. P.W. Haaijman, 12 januari 1981
- 25 PCA E 11.34., Transistorsituatie contractueel, 16 april 1953.
- 26 PCA 75: 8, 26 februari 1952.
- 27 PCA 75: 8, 25 maart 1952.
- 28 PCA 75: 8, 25 maart 1952
- 29 PCA 75: 8, 8 april 1952.
- 30 PCA 75: 8, 8 april 1952.
- 31 PCA 75: 8, 8 april 1952.
- 32 PCA 75: 8, 8 april 1952.
- 33 PCA E 11.34., Transistorsituatie contractueel, 16 april 1953.
- 34 PCA 75: 8, 25 maart 1952.
- 35 PCA 75: 8, 26 februari 1952.
- 36 PCA 75: 8, 25 maart 1952.
- 37 PCA D 22.24, Transistors Licentiebetaling onder Western-octrooien, 16. februari 1953, 1952/57
- 38 PCA 75: 8, 25 maart 1952.
- 39 PCA 75: 8, 22 april 1952.
- 40 PCA 75: 8, 3 juni 1952.

## HOOFDSTUK 7

- 1 International diffusion of technology: the case of semiconductors, Washington 1971, pag. 75/76.
- 2 International diffusion of technology: the case of semiconductors, pag. 77.
- 3 PCA 75: 8, 1 januari 1952 - 1 januari 1953.
- 4 PCA 75: 8, 1 januari 1952 - 1 januari 1953.
- 5 PCA Doss. Secr. No. 3985/Transistors.
- 6 PCA Doss. Secr. No. 3985/Transistors.
- 7 PCA Doss. Secr. No. 3985/Transistors.
- 8 PCA Doss. Secr. No. 3985/Transistors.
- 9 PCA Doss. Secr. No. 3985/Transistors.
- 10 PCA Doss. Secr. No. 3985/Transistors.
- 11 PCA Doss. Secr. No. 3985/Transistors.
- 12 PCA Doss. Secr. No. 3985/Transistors.
- 13 PCA 75: 8, 1 januari 1952 - 1 januari 1953.
- 14 PCA 75: 8, 1 januari 1952 - 1 januari 1953.
- 15 PCA 75: 8, 1 januari 1952 - 1 januari 1953.
- 16 PCA 75: 8, 1 januari 1952 - 1 januari 1953.
- 17 PCA 75: 8, 1 januari 1952 - 1 januari 1953.
- 18 PCA 75: 8, 1 januari 1952 - 1 januari 1953.
- 19 PCA 75: 8, 1 januari 1952 - 1 januari 1953.
- 20 PCA 75: 8, 1 januari 1952 - 1 januari 1953.
- 21 PCA D 22.24., Halfgeleiders 1952/1957.
- 22 PCA E 11.34., januari 1953 - december 1956.
- 23 PCA D 22.24., TAG 1 oktober 1952 - 1 december 1953.
- 24 PCA 75: 8, 1 januari 1953 - 1 januari 1954.
- 25 PCA D 22.24. Halfgeleiders, 1952/57.
- 26 PCA 75: 8, mededelingen 1953.
- 27 PCA 75: 8, mededelingen 1953.
- 28 PCA 75: 8, 1 januari 1953 - 1 januari 1954.
- 29 PCA E 11.34. HIG Elektronenbuizen 1953.
- 30 PCA E 11.34., bijlage 532, 1953.
- 31 PCA E 11.34., bijlage 532. 1953.
- 32 PCA E 11.34., bijlage 532. 1953.

- 33 PCA E 11.34., HIG elektronenbuizen 1953.  
34 PCA E 11.34., HIG Elektronenbuizen 1953.  
35 PCA E 11.34., HIG Elektronenbuizen 1953.  
36 PCA E 11.34., HIG Elektronenbuizen 1953.  
37 PCA E 11.34., Roosterbesprekingen (1950 - ).  
38 PCA E 11.34., HIG Elektronenbuizen 1953.  
39 PCA 75: 8., 1 januari 1953 - 1 januari 1954.  
40 PCA 75: 8., 1 januari 1953 - 1 januari 1954.  
41 PCA 75: 8., 1 januari 1953 - 1 januari 1954.  
42 PCA 75: 8., 1 januari 1953 - 1 januari 1954.  
43 PCA 75: 8., 1 januari 1953 - 1 januari 1954.  
44 PCA 75: 8., 1 januari 1953 - 1 januari 1954.  
45 PCA 75: 8., 1 januari 1953 - 1 januari 1954, uittreksel Fortune maart 1953.  
46 PCA 75: 8., 1 januari 1953 - 1 januari 1954, bijlage 556.  
47 PCA 75: 8., 1 januari 1953 - 1 januari 1954.  
48 PCA 75: 8., 1 januari 1953 - 1 januari 1954.  
49 PCA 75: 8., 1 januari 1953 - 1 januari 1954.  
50 PCA 75: 8., 1 januari 1953 - 1 januari 1954.  
51 PCA 75: 8., 1 januari 1953 - 1 januari 1954.  
52 PCA 75: 8., 1 januari 1953 - 1 januari 1954.  
53 PCA 75: 8., 1 januari 1953 - 1 januari 1954.  
54 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
55 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
56 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
57 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
58 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
59 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
60 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
61 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
62 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
63 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
64 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
65 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
66 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
67 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
68 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
69 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
70 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
71 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
72 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
73 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
74 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
75 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
76 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
77 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
78 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
79 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
80 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
81 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
82 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
83 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
84 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
85 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
86 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
87 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.  
88 PCA D 22.24., TAG 1 october 1952 - 1 december 1953.



## HOOFDSTUK 8

- 1 PCA D 22.24., Transistor Contact Groepen, 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 2 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 3 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 4 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 5 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 6 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 7 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 8 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 9 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 10 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 11 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 12 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 13 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 14 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 15 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 16 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 17 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 18 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 19 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 20 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 21 PCA D 22.24. Halfgeleiders 1952/1957.
- 22 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 23 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 24 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 25 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 26 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 27 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 28 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 29 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 30 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 31 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 32 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 33 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 34 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 35 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 36 PCA D 22.24., TAC 1 november 1953 - 1 juli 1955.
- 37 PCA 75: 8, 1 januari 1954 - 1 januari 1955, bijlage 626.
- 38 PCA 75: 8, 1 januari 1954 - 1 januari 1955.
- 39 PCA 75: 8, 1 januari 1954 - 1 januari 1955.
- 40 PCA 75: 8, 1 januari 1954 - 1 januari 1955.
- 41 PCA 75: 8, 1 januari 1954 - 1 januari 1955.
- 42 PCA 75: 8, 1 januari 1954 - 1 januari 1955.
- 43 PCA 75: 8, 1 januari 1954 - 1 januari 1955.
- 44 PCA 75: 8, 1 januari 1954 - 1 januari 1955, bijlage 622.
- 45 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956.
- 46 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956, bijlage 644.
- 47 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956.
- 48 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956.
- 49 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956.
- 50 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956.
- 51 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956.
- 52 PCA 75: 8, 1 januari 1954 - 1 januari 1955, bijlage 628.
- 53 PCA 75: 8, 1 januari 1954 - 1 januari 1955.
- 54 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956, bijlage 680.
- 55 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956, bijlage 691.
- 56 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956.

- 58 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956, bijlage 696.
- 57 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956.
- 59 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956.
- 60 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956.
- 61 PCA D 22.24: E 11.34., Transistors/halfgeleiders, april 1957 - juli 1961.
- 62 PCA 75: 8, 1 januari 1956 - 1 januari 1957.
- 63 PCA 75: 8, 1 januari 1956 - 1 januari 1957, bijlage 718.
- 64 PCA 75: 8, 1 januari 1956 - 1 januari 1957, bijlage 718.
- 65 PCA D 22.24: E 11.34., Transistors/halfgeleiders, april 1957 - juli 1961.
- 66 PCA D 22.24: E 11.34., Transistors/halfgeleiders, april 1957 - juli 1961.
- 67 PCA D 22.24: E 11.34., Transistors/halfgeleiders, april 1957 - juli 1961.
- 68 PCA D 22.24: E 11.34., Transistors/halfgeleiders, april 1957 - juli 1961.
- 69 PCA D 22.24: E 11.34., Transistors/halfgeleidera, april 1957 - juli 1961.
- 70 PCA D 22.24: E 11.34., Transistors/halfgeleiders, april 1957 - juli 1961.
- 71 PCA D 22.24: E 11.34., Transistors/halfgeleiders, april 1957 - juli 1961.
- 72 PCA D 22.24., Halfgeleiders 1952/1957.
- 73 PCA D 22.24., Halfgeleiders 1952/1957.
- 74 PCA D 22.24., Halfgeleiders 1952/1957.
- 75 PCA D 22.24., Halfgeleiders 1952/1957.
- 76 PCA D 22.24., Halfgeleiders 1952/1957.
- 77 PCA D 22.24., Halfgeleiders 1952/1957.
- 78 PCA D 22.24., Halfgeleiders 1952/1957.
- 79 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956.
- 80 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956.
- 81 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956.
- 82 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956, bijlage 683.
- 83 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956, bijlage 683.
- 84 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956, bijlage 684.
- 85 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956, bijlage 684.
- 86 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956, bijlage 684.
- 87 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956, bijlage 684.
- 88 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956.
- 89 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956.
- 90 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956.
- 91 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956.
- 92 PCA D 22.24., Halfgeleiders 1952/1957.
- 93 PCA E 11.34., 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 94 PCA E 11.34., 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 95 Interview met dr. P.W. Haaijman, 12 januari 1981.
- 95a PCA E 11.34., 1 januari 1956 - 1 januari 1960.
- 96 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 97 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 98 Philips Technisch Tijdschrift, P.J.W. Jochmens, jaargang 24, 1962, no. 8, pag. 229 t/m 237.
- 99 Philips Technisch Tijdschrift, pag. 229 t/m 237.
- 100 PCA E 11.34., 1 januari 1952 - 1 januari 1956.
- 101 PCA E 11.34., 1 januari 1952 - 1 januari 1956.
- 102 PCA E 11.34., 1 januari 1952 - 1 januari 1956.
- 103 PCA E 11.34., 1 januari 1952 - 1 januari 1956.
- 104 PCA 75: 8, 1 januari 1955 - 1 januari 1956.
- 105 PCA E 11.34., 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 106 PCA E 11.34., 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 107 PCA E 11.34., Notitie Lopes Cardozo, 28 januari 1957.
- 108 PCA 75: 8, 1 januari 1956 - 1 januari 1957.
- 109 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 110 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 111 PCA E 11.34., Dr. P.W. Haaijman, Werkprogramma van de op het Nat.lab. op het gebied van germanium en silicium transistoren en dioden werkende technologische groep, 1 januari 1956 - 1 maart 1960.

- 112 PCA E 11.34., Haaijman, Werkprogramma, 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 113 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 114 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 115 PCA E 11.34., Van der Spek e.a., Overzicht van de ontwikkelde en gefabriceerde producten uit Nijmegen, 1 januari 1956 - 1 januari 1960.
- 116 PCA E 11.34., van der Spek e.a., Nijmegen, 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 117 PCA E 11.34., van der Spek e.a., Nijmegen, 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 118 PCA E 11.34., van der Spek e.a., Nijmegen, 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 119 PCA E 11.34., van der Spek e.a., Nijmegen, 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 120 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 121 PCA E 11.34., Toepassingsgebieden en -mogelijkheden, 1 januari 1956 - 1 januari 1960.
- 122 PCA E 11.34., Toepassingsgebieden, 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 123 PCA E 11.34., Toepassingsgebieden, 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 124 PCA E 11.34., Toepassingsgebieden, 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 125 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 126 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 127 PCA E 11.34., Octrooisituatie Halfgeleiders, 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 128 PCA E 11.34., Octrooisituatie Halfgeleiders, 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 129 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 130 PCA E 11.34., Hazeu, Mogelijkheden en moeilijkheden voor onze halfgeleideractiviteit, 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 131 PCA E 11.34., Mogelijkheden en moeilijkheden, 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 132 PCA E 11.34., Mogelijkheden en moeilijkheden, 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 133 PCA E 11.34., Mogelijkheden en moeilijkheden, 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 134 PCA E 11.34., Mogelijkheden en moeilijkheden, 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 135 PCA E 11.34., Mogelijkheden en moeilijkheden, 1 januari 1956 - 1 maart 1960.
- 136 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.

## HOOFDSTUK 9

- 1 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 2 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 3 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 4 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 5 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 6 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 7 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 8 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 9 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 10 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 11 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 12 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 13 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 14 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 15 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 16 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 17 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 18 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 19 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 20 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 20a PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 21 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 22 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 23 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 24 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 25 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.
- 26 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.

- 27 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.  
28 PCA D 22.24: E 11.34., april 1957 - juli 1961.  
29 PCA D 22.24., 1959/60 (calques, meded./rapp.).  
30 PCA E 11.34., Ruibing, HIG Electronica, 1 januari 1962 - 1 januari 1964.  
31 PCA D 22.24., 1960/69.  
32 PCA D 22.24., 1960/69.  
33 PCA D 22.24., 1960/69.  
34 PCA E 11.34., Beleidsraden, q januari 1962 - 1 januari 1970.  
35 PCA E 11.34. 1962.  
36 PCA D 22.24., 1960/69, Professionele halfgeleiders.  
37 PCA D 22.24., 1960/69, Professionele halfgeleiders.  
37a PCA D 22.24., 1960/69, Professionele halfgeleiders.  
38 PCA D 22.24., 1960/69, Historisch overzicht Initiële kosten Halfgeleiders.  
39 PCA D 22.24., 1960/69, Historisch overzicht Initiële Kosten Halfgeleiders.  
40 PCA D 22.24., 1960/69, Historisch overzicht Initiële Kosten Halfgeleiders.  
41 PCA D 22.24., 1960/69, Historisch Overzicht Initiële Kosten Halfgeleiders.  
42 PCA E 11.34., 1962.  
43 PCA D 22.24. 1960/69, Professionele Halfgeleiders.  
44 PCA, van Vessem, 12½ jaar halfgeleiders, Ontwikkelingslaboratorium halfgeleiders, verslag II - 1962.

## HOOFDSTUK 10

- 1 The international diffusion of technology: the case of semiconductors, Conclusions.  
2 Revolution in miniature , pag. 4.  
3 Technische Innovaties, een theoretische verkenning, H.W. Lintsen THE 1979.

## BIJLAGE I Transistortypes en typenaanduiding

De Philips transistors in de jaren '50 zijn gecodeerd volgens het oude Europese systeem. Deze code begint met een 0, die aangeeft dat géén gloei-spanning wordt gebruikt. Daarachter volgt een latter, waarmee de soort halfgeleider wordt aangeduid. A is diode en C is transistor.

De Europese code is rond 1960 vervangen door de 'Pro-Electron'code, die bestaat uit twee letters gevolgd door een serienummer. De eerste latter geeft aan of er wel of geen overgangen aanwezig zijn en van welk materiaal de halfgeleider gemaakt is. A is germanium en B is silicium. De tweede letter geeft het toepassingsgebied aan, bijv. F is een h.f. transistor, S is een schakeltransistor, C transistor voor laagfrequentie toepassingen enz. Het serienummer bestaat uit drie cijfers voor halfgeleiders bestemd voor gebruik in 'consumenten'apparaten en uit een letter en twee cijfers voor halfgeleiders bestemd voor toepassing in professionele apparatuur!

Historisch overzicht van de ontwikkeling van transistors voor verschillende toepassingen: 1 Entertainment.

Toepassing	Jaar van eerste produktie		
	55/59	59/61	61/62
AM radio			
oscillator/mixer	OC 44	OC 170	AF 116/117
versterker IF	OC 45	OC 169	AF 117
versterker l.f.	OC 70/71	OC 71/75	
output 200 mW	2 x OC 72		
output 1 W		2 x OC 74	
output 2 W	OC 30		
output 4 W	OC 26		
FM radio			
AF versterker		OC 171	AF 114
mixer/oscillator		OC 171	AF 115
versterker IF		OC 169	
Taperecorder			
low noise input		AC 107	
Hoorapparaat			
germanium miniatuur	OC 65/66	OC 57/60	
Televisie			
tuner VHF			AF 102
video output			AF 118

## II Switching

	Jaar van eerste produktie		
Toepassing	55/59	59/61	61/62
low speed logic and switching	OC 76	OC 80	
zelfde, maar high voltage	OC 77		
low speed core driving		OC 122/123	
zelfde, maar vermogen		OC 22/23/24	
medium speed logic pnp	OC 46/47		
zelfde (niet op markt)		N8C (IBM)	
medium speed npn		OC 139/140/141	
zelfde (niet op markt)		N9C (IBM)	
high speed core driver (power)			AUY 10
very high speed logic			ASZ 21 (POB)

## III General Industrial

## Toepassing

germanium wide band verst.	ASZ 20	
250 Mc/s		AFZ 12
germanium high speed avalanche		ASZ 23
germanium l.f. vermogen 20A		ADZ 11/12
zelfde, maar switching 6A		ASZ 15/18
silicium l.f. transistors	BCZ 10/11	
zelfde high voltage	BCY 12	
zelfde high current	BCY 10/11	
zelfde high current and voltage	BCY 12	

## IV Power

Geen transistors voor 1962/63.

Bron: Schakelen met transistors, D.J.W. Sjobbema, Philips technische bibliotheek, Kluwer-Deventer, pag. 112 en 113.

PCA E 11.34., juli 1962.

## BIJLAGE II Interview met dr. P.W. Haaijman

In deze bijlage is een gedeelte van het interview, dat ik dr. Haaijman op 12 januari 1981 afgenomen heb, afgedrukt. Haaijman vertelt in dit gedeelte van het interview zijn visie op de ontwikkeling van de transistor bij Philips.

De toenmalige directeur van het researchlaboratorium in Eindhoven, prof. Holst, maakte een ommezwaai in de onderwerpen, die in het laboratorium in behandeling waren. Tot die tijd was de bestudering van verschijnselen bij gasontladingen altijd heel belangrijk geweest, maar toen vond prof. Holst de tijd gekomen om ook eens de aandacht te richten op de vaste stof. Prof. Holst heeft toen met grote genialiteit ingezien, dat het heel belangrijk was om die vaste staf te gaan bestuderen. Hij richtte een paar groepjes op, waarvan er een de metalen voor zijn rekening nam, eentje de magnetische eigenschappen van vaste stoffen ging bestuderen, een, die glas bestudeerde en ook een groep voor de halfgeleiders.

Aanvankelijk waren het prof. J.H. de Boer en Verweij, die zich met de halfgeleiders bemoeiden. Ikzelf ben daar in augustus 1940 bijgekomen. Wij hadden toen als opdracht om het lopen van een elektron in een niet-metallische vaste stof, een halfgeleider dus. Wij hebben ons toen geconcentreerd op oxidische materialen.. Er was al heel wat onderzoek gedaan in Duitsland, o.a. door Gugen en Sax, en wij wisten toen al, dat afwijkingen van de stoichiometrie belangrijk waren om geleiding in bepaalde oxiden tot stand te brengen. Wij hebben toen in de oorlog daar aan doorgewerkt en wij hebben gevonden, dat het mogelijk was om een stof als NiO geleidend te maken door toevoeging van een kleine hoeveelheid Li, waardoor je een tweewaardig ion verving door een eenwaardig; om dan de ladingcompensatie te bewerkstelligen moest een van die Ni-atomen driewaardig worden. Wanneer je nu in een rooster atomen hebt van een verschillende waardigheid, dan is het mogelijk, dat er ook elektronentransport plaatsvindt. Daar heeft ook dr. Romeijn, de latere baas van het COB, een belangrijke rol bij gespeeld. Dus wij waren al op de hoogte, wat er in een bepaald deel van de halfgeleiderwereld gebeurde.

Een andere halfgeleidende stof, die door van Geel bestudeerd werd, was selenium, met het doel om er gelijkrichters van te maken, wat ook lukte. Nu was het zo, dat prof. Casimir in de oorlog met het idee kwam om in zo'n diode een rooster in te bouwen, zoals in de radiobuis. Dr. van Geel heeft in die tijd ook al geprobeerd om dat te realiseren. Prof Casimir had toen ook al het idee, dat het mogelijk moest zijn om door een aangelegd veld de elektronen van het oppervlak te dringen en dat je daardoor ook een beïnvloeding van die stroom tussen de positieve en negatieve elektrode zou kunnen krijgen. Dat was eigenlijk de field-effekttransistor. Die had hij al bedacht. Maar in Se was de beweeglijkheid van de ladingsdragers te klein om een f.e.t. te kunnen realiseren. Dus hoewel het idee goed was, konden wij

daar practisch niet veel mee doen.

Wij zijn toen in de oorlog ook met andere halfgeleiders gaan werken, omdat doorlekte, dat voor radartoepassingen naast buizen ook kristallen gebruikt werden. Radar werkte met hoge frekwenties en het was bekend, dat de oude kristaldetectoren inderdaan hoge frekwenties konden detecteren. Wij wisten toen al, dat in de VS met silicium-kristallen gewerkt werd.

Dr. Knol kwam toen op de chemische afdeling en hij vroeg, of wij ook niet iets dergelijks konden doen. Wij hebben toen geprobeerd om van Si gelijkrichtertjes te maken, we prutsten daar wat mee. Maar het was erg moeilijk om dat reproduceerbaar te maken. Na de oorlog kwam er steeds meer literatuur uit de VS, waardoor de kennis, die men daar vergaard had, ook tot onze beschikking kwam. Wij leerden, dat het heel belangrijk was om het Si zo zuiver mogelijk te hebben.

Ik denk, dat het in 1946 geweest is, dat dr. Verweij uit Amerika een brief schreef, waarin stond, dat ze daar gelijkrichters hadden, die een tegenspanning van 60V konden verwerken, terwijl je bij Se met 35, hoogstens 40V, al blij mocht zijn. Die gelijkrichters werden op Ge gemaakt. Dr. Verweij bracht uit Amerika een klein flesje met poedervormig germanium mee. Wij hebben daar een beetje mee gespeeld en we konden daar ook een gelijkrichter op maken. Maar wij hadden bovendien het geluk, dat de heer Meerkamp van Enden contact met de Vieille Montagne, een zinkfabriek, hier net over de grens. De directeur hiervan was een geweldig doortastend man, want die Ge wel eens belangrijk zou kunnen worden. Ge was een van de bijprodukten van ZnS, dat uit de Congo kwam. Hij heeft dat prompt aangepakt en is Ge gaan maken, maar hij wist niets van halfgeleiders, dus hij was blij, dat hij contacten met Philips kon onderhouden. Hij gaf ons monsters, waardoor wij vrij vroeg over redelijke hoeveelheden Ge konden beschikken, terwijl Ge toch zeldzaam was.

Wij maakten toentertijd gelijkrichters, doordat we GeO in waterstof reduceerden. Dan krijg je poeder en dat poeder brachten we in kleine hoeveelheden in koolschuitjes, waarin we een gaatje hadden gemaakt. Dat smolten we in de oven in een H-atmosfeer, zodat we kleine bolletjes Ge kregen en die kleine bolletjes verkoperde we daarna, zetten ze vast op een stukje en daarna slepen we de bovenkant eraf. Op het vrijkomend stukje konden we de whisker zetten (punt-contactdiode). Op deze manier maakten wij toen al heel redelijke diodes.

Daar waren wij in 1946 mee bezig, toen er iets heel bijzonders gebeurde. In de Physical Review verscheen een artikeltje, waarin Bardeen, Shockley en Brattain de transistor beschreven. Zij hadden gevonden, dat wanneer je aan zo'n Ge-stukje een basis aanmaakte en je zette daar twee puntjes op en het ene puntje bewerkte je met een paar elektrische pulsen, dan bleek, dat de stroom tussen emitter en collector inderdaad met de spanning kon beïnvloeden. De ene, de emitter, zette je in de voorwaarts richting en de andere zette je in de tegenrichting en daarmee kon je een versterkingseffekt krijgen, omdat de gemodificeerde stroom, die ging de ene kant in met een lage spanning en aan de andere kant had je een hoge spanning. In



wezen was dat een triode, het was een device, waar je mee kon versterken. En ik zal nooit vergeten, dat dr. Verweij en ik, die zaten aan tafel, en wie komt er binne, de directeur van Elektronenbuizen, de heer Hazeu. Verweij zegt: "Hazeu, wat hier in dit artikeltje staat, dat laat die tent van jou aan de Emmasingel op zijn grondvesten trillen", waarop Hazeu in lachen uitbarstte en zei: "Verweij, dan moet er nog wat gebeuren". Maar het is gebeurd. Dat was in 1947 (1948). Wij zijn toen dapper doorgegaan en wij kregen ook wel die transistorwerking, maar dat had nog niet zo verschrikkelijk veel om het lijf, omdat die lui van Bell het veel beter konden.

Bij Bell hebben ze toen een heel merkwaardige uitvinding gedaan, merkwaardig, omdat het een theoretische uitvinding was. Shockley - en daar heb ik de grootste bewondering voor - heeft begrepen, waarom die puntcontacttransistor werkte. Hij begreep, dat dat te maken had met de mogelijkheid om een p en een n-halfgeleider te hebben, d.w.z. een halfgeleider, waarin de ladingsdragers positief zijn, de gaten, en een andere, waarin ze negatief, elektronen zijn. Dus dat het mogelijk was om wanneer je een grenslijn maakte tussen p en n om dan gelijkrichting te krijgen. Een tweede ding is geweest, dat het mogelijk is om in een p-materiaal toch gedurende enige tijd vrij elektronen te hebben, en in n-materiaal gaten. Deze zullen recombineren, maar deze recombinatie wordt geremd en die vrije vreemde ladingsdragers hadden een bepaalde levensduur. Dat is zeer en zeer essentieel, want zonder dat zou er geen enkele transistor kunnen zijn. Want er moeten vanuit de emitter, die bijv. n is, elektronen gezonden worden in het p-materiaal en die moeten er door heen kunnen komen, want als ze recombineren heb je er niets meer aan. Het merkwaardige was, dat Shockley dit al allemaal in een artikel geschreven had, zonder dat er ooit een gemaakt was.

Toen heeft men bij de Bell uitgezocht, hoe je dat zou moeten doen en zij hebben een gecompliceerde manier uitgedacht om dat te doen. Ze trokken uit een koolkroes gesmolten Ge op. Ze begonnen met p-materiaal en dan voegden ze daar een donor aan toe. In het geval van Si en Ge is dat een vijfwaardig ion. Dus dan je eerst p en dan n en dan gooiden ze er weer p bij om de n te compenseren en dan had je de structuur pnp. Dat was natuurlijk erg moeilijk, want de afstand tussen die p's, dat stukje n, dat moest erg klein zijn in de orde van  $\mu$ 's, want anders kreeg je de elektronen niet over. Op deze manier heeft men een junctiontransistor kunnen realiseren.

Dat was bekend en gepubliceerd. Omdat wij bij Philips indertijd heel succesvol zijn geweest in het ontwikkelen van magnetische materialen, hadden wij goede relaties met de Bell Telephone. Toen heeft Bell in 1952 de mogelijkheid geopperd voor andere firma's om kennis te nemen van wat zij uitgespookt hadden op het gebied van de halfgeleiders. Dat is het symposium van 1952 geweest en daar waren toen veel firma's, maar wij hadden een hele prettige positie, omdat wij een goede introductie hadden. Wij kenden er veel mensen - ikzelf ben er in 1948 geweest, dus

wij konden daar gemakkelijk praten. Een van de belangrijkste dingen, die wij daar geleerd hebben, is de zuivering van halfgeleiders, en dan speciaal Ge, geweest. De methode van Bell was het zogenaamde zone-refining. Het Ge werd in een lange koolboot gebracht en deze werd door hoog-frekwent spoelen gevoerd, zodat er in het Ge een bepaalde gesmolten zone ontstond. Omdat die koolboot er doorheen werd getrokken, verplaatste die zone zich door de staaf. De oplosbaarheid van de verontreinigingen is in de vloeistof groter dan in de vaste stof, zodat de verontreinigingen door de staaf heen naar het uiteinde worden meegenomen. Dit einde bevatte dan alle onzuiverheden. Dit is van enorme betekenis geweest, want anders had men de controle van de hoeveelheid verontreiniging en daarmee dus de elektrische eigenschappen van dat Ge nooit onder de knie gekregen.

Behalve dit is ook gebleken, dat je voor goede reproduceerbare transistors absoluut met éénkristallijne stoffen moet werken. Daarvoor had de heer Teal van Bell een speciale methode ontwikkeld, waarmee grote eenkristallen van Ge gemaakt konden worden.

Dat hebben wij met 4 man daar op dat symposium allemaal geleerd. Achteraf kregen we nog een aantal boeken, waarin alles nog eens beschreven werd. Die boeken waren confidencieel, dus die mocht je niet in de bibliotheek zetten, daar mochten maar een bepaald mensen kennis van nemen.

Wij hebben toen in betrekkelijk korte tijd de hele boel opgebouwd. We konden toen transistors gaan maken, maar in de tussentijd is er iets heel belangrijks gebeurd. Bij de General Electric heeft een zekere meneer Jenney bedacht om een gelijkrichter te maken op Ge door uit te gaan van n-type Ge en daar een beetje In op te leggen. Dat is een element, dat een elektron minder heeft en dat smelten ze op dat Ge - In smelt al bij  $150^{\circ}\text{C}$  - en dat neemt dan een klein beetje Ge op. Dat laat je vervolgens weer afkoelen en dan zet dat Ge zich weer als een éénkristallijn laagje af, maar omdat Ge in In gesmolten is geweest, bevat dat relatief veel In, dus dat is een p-laagje op het n-germanium. Op die manier kun je goede gelijkrichters maken.

Maar toen is er een slimmerd geweest, die bedacht dat je op die manier ook een pnp kon maken door aan de andere kant ook een bolletje In te maken. Als de temperatuur goed is, hou je een n-laagje over. Natuurlijk kun je zo niet vreselijk reproduceerbare dingen maken, zodat je op deze manier transistors kreeg, die niet zo erg hoge frekwenties konden hebben. Dit hebben wij van RCA geleerd, waarmee wij ook een contract hadden. We kregen van hen rapporten en in een van die rapporten stond deze techniek. Deze methode is natuurlijk veel gemakkelijker dan de optrekmethod van Bell.

Toen we dit allemaal geleerd hadden, konden we al betrekkelijk snel transistors maken. Ik wil nog zeggen, dat veel van het beginwerk aan Ge niet bij Bell

maar op de Purdue-universiteit onder leiding van Lark-Horovitz is gedaan. Een van de redenen, waarom Ge in het begin zo succesvol was, was dat het veel handelbaarder was dan Si. Ge kon je al behoorlijk zuiver krijgen, doordat je het  $\text{GeCl}_4$  kon uitwassen in een HCl-oplossing, waarbij een heleboel van die verontreiniging in de oplossing overging. Dit kon je niet met Si doen. Een tweede punt was, dat het smeltpunt van Ge zoiets al  $900^\circ\text{C}$  is en dat Ge niet met C reageerde. C kon je in hoge zuiverheid krijgen, omdat daar in de oorlog veel aandacht aan besteed was, omdat C als moderator in kernsplittingsgeneratoren gebruikt werd. Wanneer je Si in C smelt, dan krijg je SiC en dan krijg je de grootst mogelijke ellende. Bovendien is het smeltpunt van Si ongeveer  $1400^\circ\text{C}$ . Dat is de reden geweest, waarom men aanvankelijk veel gemakkelijker met Ge kon werken dan met Si. Bovendien kon je het Ge betrekkelijk gemakkelijk in een vorm krijgen, waarin het een zeer behoorlijke beweeglijkheid van de geïnjecteerde vreemdelementen had; de beweeglijkheid is ook hoger dan in Si.

Het was voor iedereen duidelijk bij Philips, dat deze transistoren enorm belangrijk waren en er werd dan ook met een behoorlijke effort aan gewerkt. Er waren mensen, die zich bemoeiden met het kristall trekken, met het zuiveren, met het maken van de elektrodes, met het etsen; dat was helemaal gespreid om toch zo goed mogelijk mee te kunnen komen en hier en daar ook iets voor te komen met de techniek van het maken van de transistor.

Daar waren natuurlijk enorme consequenties aan verbonden en dat is gemakkelijk achteraf te zien, maar in die tijd beseften wij wel, dat dit erg belangrijk was. Wij hebben toen in 1952 nog niet de IC's voor ogen gehad, maar wij zagen toch wel de enorme betekenis, die het zou krijgen in vergelijking en ook als bedreiging voor de buizenactiviteiten, waarin wij als Philips natuurlijk een zeer belangrijke rol in de wereld speelden.

Doordat we de legeringsmethode geleerd hadden, konden we in oktober 1952 een hoorapparaat aan de Raad van Bestuur demonstreren, waarin eigengemaakte transistors zaten. Dat was een van de eerste dingen, die je ging doen, het toepassen in een apparaat, waar je met lage frekwenties kon werken en wat bovendien direct de voordelen van de kleinheid van de transistor kon benutten. Een hoorapparaat lag voor de hand.

Heel gunstig waren de glazen omhullingen. Dat ging al heel snel van het lab. naar de ontwikkelingsafdeling van Elektronenbuizen, en dat was natuurlijk een enorm voordeel, want die mensen hadden natuurlijk een heleboel techniek voor het maken van glazen omhullingen, die ze van de buizen kenden. Wij hebben toen als Philips een grote hoeveelheid diodes gemaakt, die een goede kwaliteit hadden en daarom als broodjes de deur uitgingen. Die techniek om de diodes te maken berustte ook op die bolletjes; deze is later natuurlijk vervangen door éénkristallen, omdat die veel beter waren, maar door die bolletjes hebben wij een en-

tree gekregen in de halfgeleidermarkt. Want er zaten een heleboel lui op het vinketouw.

Aan de transistors, zoals die toen gemaakt werden, kleefden een heleboel nadelen; ze konden bijvoorbeeld slecht grotere vermogens 'handlen' en een sterke verbetering is geweest, dat wij het materiaal, dat als emitter moest een veel hoger geleidingsvermogen konden geven dan de anderen hadden. Wij hadden bedacht om aan dat In een beetje Ga toe te voegen, want de oplosbaarheid van Ga in vast Ge is aanzienlijk hoger dan die van In. Wij hadden dus een emitter, die veel laagohmiger was, waardoor je er veel grotere stromen door heen kon sturen, zodat je daarmee veel meer power kon versterken. Dat was een behoorlijke verbetering van de transistor.

Een tweede punt was natuurlijk de frekwentie. De middenfrekwenties van de gewone radio's kon je eigenlijk met die normale transistors maar nauwelijks bereiken; daar zaten wij mee. Wij hebben toen een methode bedacht, de POB-methode, die erop berustte, dat de diffusiesnelheid van een n-materiaal groter is dan die van p-materiaal. We gingen uit van een stukje p-materiaal, waar we In op zetten en in dat In deden we wat Sb en dat verhitten we een bepaalde tijd, want dan difundeerde dat Sb voor dat In in het Ge, zodat we, als we dat afkoelden, de structuur p-n en aan de andere kant weer p kregen. Omdat de difussie niet zo verschrikkelijk snel gaat, kun je door een bepaalde tijd en temperatuur precies aan te houden, een dun laagje maken, wat nog reproduceerbaar is ook. Later hadden we nog trucs om daar contacten aan te maken. Zo hadden wij een doorbraak op transistorgebied, omdat wij een goedkope, industriële, reproduceerbare produktiemethode hadden om transistoren te maken, die geschikt waren voor de middenfrekwenties, zodat we volledig draagbare radio's konden maken.

Nu zul je zeggen, dat het stom is, dat wij die diffusietechniek niet op andere manieren hebben toegepast dan op zo'n bolletje. Maar dan blijkt, dat als je Ge tot die temperatuur gaat verhitten, de levensduur eraan gaat. Dat komt, omdat er dan sporen Cu uit de omgeving binnendringen; dat hebben ze bij Bell gevonden. Bij Philips is daar door van der Maesen en Brenkman aan gewerkt. Maar waarom kon dat met die bolletjes wel?. Dat is heel leuk, die bolletjes dienden als getters voor het Cu, die trokken a.h.w. het Cu, de verontreiniging, eruit en die concentreerde die in het bolletje, zodat dat Cu helemaal geen kwaad meer kon. Wij wisten dat aanvankelijk ook niet, maar zo nu en dan moet je ook eens geluk hebben. Lange tijd hebben wij erg veel plezier van deze transistor gehad.

Wij hebben wat dit betreft toch vrij lang plezier gehad van Ge en later heeft men ook gellerd om in Ge te diffunderen, maar toen kwam toch zo langzamerhand het Si. Men heeft toen de technieken geleerd om dat Si te behandelen, o.a. de

floating-zone techniek om zuiver Si te maken. Men heeft geleerd om kristallen te maken, die heel goed zijn wat betreft de perfectie van het rooster, er zitten geen fysische fouten in, er zitten geen chemische fouten in. Op deze Si-kristallen heeft men geleerd om m.b.v. diffusietechnieken transistors te maken. Dat Si heeft een geweldig voordeel, nl. dat je het kunt verhitten in een zuurstofhoudende atmosfeer, waardoor er een  $\text{SiO}_2$  laagje op ontstaat en dat laagje is vrijwel ondoordringbaar voorvoor verontreinigingen, die je in de gaslaag boven dat Si brengt en die je wilt indiffunderen. Dat kan, wanneer je in dat  $\text{SiO}_2$  door een etstechniek een klein gaatje ~~aanbrengt~~, zodat het Si weer vrijkomt. Het is een enorm geluk, dat je zo'n oxidelaagje kunt maken, dat ondoordringbaar is en ten tweede etsbaar is met een middel, dat de onderlaag niet teveel aantast. Dit is ook de grondeigenschap geweest van dat Si, waardoor het mogelijk is geweest om met fotografische technieken gaatjes erop te maken, ook in volgorde, doordat men eerst gaatjes maakt, diffundeert en weer oxideert en vervolgens weer gaatjes maakt op een andere plaats. Dit is eigenlijk de grondslag van het maken van IC's. Dat is de planaire technologie, die in Amerika ontwikkeld is. Die hebben wij helaas niet uitgevonden, maar die is voor een belangrijk deel bij Fairchild ontwikkeld, hoewel de grondslagen toch wel van Bell gekomen zijn. Die hebben gevonden, dat die oxidelaagjes ondoordringbaar waren, maar het is inderdaad Fairchild geweest, die met indrukwekkende fotografische technieken gamaakte IC's verkocht.