



ONTWIKKELINGSPLAN INFORMATICA-ONDERZOEK



STICHTING MATHEMATISCH CENTRUM

oktober 1984



ONTWIKKELINGSPLAN INFORMATICA-ONDERZOEK

Copyright © 1984, Stichting Mathematisch Centrum,
Kruislaan 413, 1098 SJ Amsterdam,
Postbus 4079, 1009 AB Amsterdam.

ONTWIKKELINGSPLAN
INFORMATICA-ONDERZOEK

0. Samenvatting
1. Inleiding: uitgangspunten en vooronderstellingen
2. Beleidsoverwegingen en prioriteiten
3. Apparatuur
4. Mechanismen ter bewaking, evaluatie en overdracht
5. Financiële aspecten
6. Organisatorische consequenties

Appendices

- A: De I van CWI
- B: Beschrijving van de ISP-projecten
- C: 'Eisen te stellen aan het CWI-plan'; voorwaarden van de stuurgroep Informatica-Stimuleringsplan voor het ontwikkelingsplan van het CWI
- D: STW- en ESPRIT-projecten op het CWI
- E: Verklaring van afkortingen

0. Samenvatting

0.0. HET ISP

In het Informatica-Stimuleringsplan (ISP) wordt de Stichting Mathematisch Centrum gevraagd aan de ministers van Onderwijs en Wetenschappen en van Economische Zaken een ontwikkelingsplan voor te leggen, waarin wordt aangegeven hoe het Centrum voor Wiskunde en Informatica, dat onder deze Stichting ressorteert, verder zal uitgroeien tot een toonaangevend centrum voor fundamenteel en toepassingsgericht informatica-onderzoek. Het voorliggende ontwikkelingsplan beoogt hieraan te voldoen.

0.1. DOELSTELLINGEN CWI

Het CWI is traditioneel een centrum dat zich primair richt op het uitvoeren van fundamenteel (zuiverwetenschappelijk en toepassingsgericht) onderzoek. Het Centrum wenst deze traditie te handhaven, waarbij het belang van strategisch en toegepast onderzoek zeker wordt onderkend. Als toonaangevend centrum voor fundamenteel informatica-onderzoek stelt het CWI zich de volgende doelen:

- Het uitvoeren van kwalitatief hoogwaardig *fundamenteel onderzoek* op het gebied van wiskunde en informatica en het opbouwen en onderhouden van een krachtig *expertisereservoir* ten dienste van onderzoekwereld, overheid en industrie.
- Het bevorderen van de kwaliteit van het wetenschappelijk onderzoek in Nederland door een eigen onderzoekprogramma dat *aantrekkingskracht* uitoefent op buitenlandse deskundigen en dat daardoor een *uitstralende en inspirerende* functie heeft.
- Het bevorderen van *kadervorming* in wiskunde en informatica.
- Het bevorderen van *samenwerking* tussen onderzoekers op het gebied van wiskunde en informatica en andere disciplines.
- Het creëren en onderhouden van effectieve en efficiënte *doorstroming* van informaticakennis naar de toepassingssector.

De mogelijkheden die door het ISP worden geboden aan het CWI leiden niet tot wezenlijke veranderingen van deze doelstellingen. Wel wordt hiermee de kans geboden tot verbreding en verdieping van het onderzoekprogramma op het gebied van informatica- en informatica-gelieerd onderzoek en tot het inhalen van achterstanden op sommige gebieden. Bovendien leidt het tot accentverschuivingen t.a.v. het soort onderzoek dat zal worden verricht op het CWI. Strategisch en toepassingsgericht onderzoek en het daaruit voortvloeiende toegepaste onderzoek en pre-ontwikkelingswerk zal sterker de aandacht krijgen dan voorheen. Getracht zal worden de banden met het bedrijfsleven te versterken, teneinde de mogelijkheden tot industriële innovatie, die de resultaten van het fundamentele onderzoek op het CWI bieden, te vergroten.

0.2. RANDVOORWAARDEN

Het CWI dient bij de vaststelling van zijn beleid rekening te houden met een aantal randvoorwaarden.

In de eerste plaats betreft dit de relatie met de Stichting i.o. Informatica Onderzoek in Nederland (SION), het ZWO-orgaan waarin de Nederlandse informatica-onderzoekers zijn georganiseerd. SION is nauw betrokken bij de vaststelling en de evaluatie van het beleid t.a.v. het informatica-onderzoek op het CWI. In oktober 1983 werd de Interim-Beleidsnota SMC-SION betreffende informatica-onderzoek en -ontwikkeling op het CWI vastgesteld. Deze nota is één van de uitgangspunten van het voorliggende

ontwikkelingsplan.

In de tweede plaats acht de Stichting Mathematisch Centrum het historisch gegroeide en vruchtbaar gebleken samengaan van wiskunde en informatica binnen haar instituut CWI van grote waarde en zij meent dat dit moet worden gehandhaafd. De synergie van wiskunde en informatica speelt daarom een belangrijke rol bij de beleidsbepaling.

Tenslotte moet worden opgemerkt dat het CWI, naast de reguliere financiering door ZWO, in toenemende mate fondsen verwerft uit projectfinancieringen, deels via ZWO (Prioriteitsprogramma Informatica, NFI, SION, STW), deels via de EG (ESPRIT, Ada) en deels via opdrachten van overheid en bedrijfsleven. De keuze van de via het ISP te financieren projecten dient dan ook te worden ingepast in het totale onderzoek bij het CWI.

0.3. SELECTIE VAN AANDACHTSTHEMA'S

In de Interim-Beleidsnota SMC-SION wordt voorgesteld om aandachtsthema's zodanig te kiezen dat elk van de volgende drie gebieden vertegenwoordigd is:

- computersystemen en -technologie, i.h.b. netwerken;
- programmeertechnologie en kunstmatige intelligentie;
- informatiesystemen.

In het ISP, onder V.2.2, worden als thema's die in eerste instantie de voorkeur zouden verdienen ter versterking van het strategisch en toepassingsgericht informatica-onderzoek, aangegeven:

- programmatuurtechnologie;
- kunstmatige intelligentie en expertsystemen;
- ontwerpen en beheren van grote, gedistribueerde systemen (toegepast in o.a. bestuurlijke automatisering);
- computerondersteund ontwerpen en produceren;
- telematica;
- modellerings- en simulatietechnieken;
- mens-machine-interactie.

De bestaande expertise bij het CWI ligt vooral binnen de thema's: Algoritmie (combinatorische algoritmen, cryptografie en beveiliging van systemen, getaltheorie, numerieke algoritmen); Programmatuur (B, specificatiemethoden, programmeeromgevingen, concurrency, VLSI-ontwerp); Interactieve en, in mindere mate, gedistribueerde systemen (computergrafiek, faciliteiten voor rastergrafiek in programmeertalen, dialoogcellen, computer-geïntegreerde fabricage, UNIX[†]-netwerk) (zie ook Appendix A).

Op basis van bovengenoemde thema's en met inachtnaam van bestaande expertise en eerder aangegeven randvoorwaarden, stelt het CWI voor om haar informatica- en informatica-gelieerd onderzoek in de eerstvolgende jaren voornamelijk te concentreren op de volgende aandachtsthema's:

[†] UNIX is a Trademark of Bell Laboratories.

I Algoritmiëk

1. *Gedistribueerde algoritmen*
2. *Interactieve planningsmethoden*
3. *Vectoralgoritmen voor supercomputers*

II Programmatuur**III Gedistribueerde en interactieve systemen**

4. *Interactieve systemen*
5. *Gespreide bedrijfssystemen*
6. *Prestatie-analyse van computersystemen*
7. *Gedistribueerde informatiesystemen*

IV Patroonherkenning en kunstmatige intelligentie

8. *Statistische analyse van beeldgegevens*
9. *Expertsystemen en andere aspecten van kunstmatige intelligentie*

De keuze van I is gebaseerd enerzijds op zijn kernpositie in de informatica, anderzijds op de wens tot synergie met de wiskunde. Aandachtsthema II is reeds jaren een zwaartepunt in het informatica-onderzoek op het CWI. Thema III betreft vooral uitbouw van bestaande en opbouw van nieuwe expertise op het gebied van vooral toepassingsgericht onderzoek. Het laatste thema IV betreft voornamelijk nieuw onderzoek dat alom van grote strategische betekenis wordt geacht. De middelen die in het kader van het ISP aan het CWI ter beschikking worden gesteld, zullen worden aangewend binnen de thema's I en III ter versterking of uitbouw van het daar bestaande onderzoek en voor het van start doen gaan van onderzoek binnen het thema IV. Een gedetailleerde argumentatie voor de thema- en projectkeuze wordt gegeven in hoofdstuk 2 en een korte beschrijving van de deelprojecten kan worden gevonden in Appendix B.

0.4. FINANCIËLE MIDDELEN

Voor de versterking en uitbouw van het informatica- en informatica-gelieerd onderzoek binnen de bovengenoemde geselecteerde aandachtsthema's wordt ten laste van de via het ISP te verkrijgen middelen gebracht in totaal een bedrag ad Mfl 18.0. Dit bedrag is samengesteld uit personele kosten, die nader worden gespecificeerd per aandachtsgebied en per jaar in tabel I, en kosten voor apparatuurinvestering per jaar gespecificeerd in tabel II. De totaalbedragen per jaar worden tenslotte weergegeven in tabel III. Het curatorium van de Stichting Mathematisch Centrum acht het bedrag ad Mfl 18.0 noodzakelijk voor het verwezenlijken van de doelstelling die in het ISP wordt genoemd: het uitgroeien van het CWI tot een toonaangevend centrum voor fundamenteel en toepassingsgericht informatica-onderzoek.

Tabel I: Personele kosten t.l.v. ISP

thema	1985		1986		1987		1988		1989	
	f.t.e.	Kfl	f.t.e.	Kfl	f.t.e.	Kfl	f.t.e.	Kfl	f.t.e.	Kfl
Algoritmie	3	300	3	300	4	400	4	400	1	100
Gedistribueerde en interactieve systemen	9	900	9	900	16	1600	16	1600	7	700
Patroonherkenning en kunstmatige intelligentie	3	300	3	300	7	700	7	700	4	400
Computerlaboratorium	3	300	3	300	3	300	3	300	3	300
Management, secretariële en algemene ondersteuning	7	455	7	455	10	650	10	650	5	325
Totaal	25	2255	25	2255	40	3650	40	3650	20	1825

Overzicht personele kosten per thema en per jaar (f.t.e.: full time equivalent)

Tabel II: Apparatuurinvesteringen t.l.v. ISP

	1984	1985	1986	1987	1988	Totaal
investeringsbedrag in Mfl	2.0	0.9	0.5	0.5	0.3	4.2

Tabel III: Totaaloverzicht ISP-basisfinanciering (in Mfl)

jaar	personeel	apparatuur	totaal
1984	-	2.0	2.0
1985	2.3	0.9	3.2
1986	2.3	0.5	2.8
1987	3.7	0.5	4.2
1988	3.7	0.3	4.0
1989	1.8	-	1.8
Totaal	13.8	4.2	18.0

In hoofdstuk twee, tabel 2, wordt een nadere verdeling van de personele middelen voor de deelprojecten aangegeven. In hoofdstuk 3 worden de apparatuurkosten en de verdeling hiervan over de verschillende financieringsbronnen (ZWO, ISP en overig) beargumenteerd. Tenslotte wordt in hoofdstuk 5 het totaalbeeld gegeven.

Het CWI is zich bij de presentatie van deze plannen terdege bewust van de problemen die zich zullen voordoen bij het aantrekken van de geplande menskracht en de versterking van het aanwezige kader. Door deze omstandigheden is het gevaar niet denkbeeldig dat sommige van de voorgestelde projecten later zullen starten dan gepland. Het CWI zal in dat geval nagaan in hoeverre andere maatregelen kunnen worden genomen, zoals het aantrekken van buitenlands talent of het omscholen van eigen onderzoekers, om de doelstellingen van het voorliggende ontwikkelingsplan veilig te stellen.

0.5. RAPPORTAGE EN KENNISOVERDRACHT

Het CWI streeft ernaar de bestaande mechanismen voor bewaking en evaluatie van het te verrichten onderzoek te versterken. Dit zal plaatsvinden door het bedrijfsleven meer te betrekken bij de advisering over en evaluatie van het lopend onderzoek en de nieuwe onderzoekplannen. Het CWI stelt tevens voor zijn wetenschappelijke plannen en verslagen regelmatig te bespreken met het Stimuleringsprojectteam (SPIN). Met betrekking tot de voorgestelde ISP-projecten neemt het CWI zich voor om:

- halfjaarlijks een kort voortgangsrapport beschikbaar te stellen voor de ISP-projecten;
- na afloop van de eerste planperiode van twee jaar een uitgebreide schriftelijke voortgangsrapportage te geven van de ISP-projecten.

Ook de gebruikelijke methoden voor de kennisoverdracht zullen worden versterkt. Dit is vooral gericht op versterking van de contacten met het bedrijfsleven op velerlei manieren. Dit wordt nader uitgewerkt in hoofdstuk 4.

0.6. HET CWI NA HET ISP

Het CWI zal zijn rol als toonaangevend centrum voor fundamenteel en toepassingsgericht informatica-onderzoek, die gedurende de komende vijf jaren met behulp van ISP-gelden moet worden opgebouwd en versterkt, na deze stimuleringsperiode moeten behouden. Dit vereist blijvend extra financiële middelen na 1989. Het CWI verwacht dat de via de ISP-bestedingen opgebouwde expertise, mede door de versterking van acquisitie en management - in het algemeen de grotere toepassingsgerichtheid van het bij het CWI uitgevoerde onderzoek - zal hebben geleid tot een substantiële toename van de inkomsten uit contractonderzoek, licenties e.d. Hierbij moet ook worden nagegaan in hoeverre een blijvende betrokkenheid van de overheid in de vorm van projectfinanciering kan worden gerealiseerd. Daarnaast verwacht het CWI een blijvend accres in de door ZWO ten behoeve van het CWI toegekende middelen voor exploitatie.

1. Inleiding: uitgangspunten en vooronderstellingen

1.0. HET INFORMATICA-STIMULERINGSPLAN

In de beleidsvoornemens tot bevordering van informatica en informatietechnologie in Nederland van de ministers van Onderwijs en Wetenschappen, van Economische Zaken en van Landbouw en Visserij, voorgelegd aan de Tweede Kamer op 17 januari 1984 in de vorm van een ontwerpnota 'Informatica-Stimuleringsplan', en bijgesteld en in definitieve vorm gebracht bij brief van 8 juni 1984 (DGWB31.180), wordt het belang van hoogwaardig onderzoek voor kwaliteit en ontwikkelingsmogelijkheden van de informaticabeoefening in Nederland onderkend. Onderzoek en ontwikkeling moeten de kennisbasis verschaffen, waarop bedrijfsleven en maatschappelijke instellingen kunnen voortborduren, aldus de bewindslieden in hun aanbiedingsbrief van 1984:01:17 (blad 2). Als één der middelen ter stimulering van het informatica-onderzoek noemt het ISP (onder V.2.1, pag. 33/34):

'Aan het Centrum voor Wiskunde en Informatica zal de gelegenheid worden geboden uit te groeien tot een toonaangevend centrum voor fundamenteel en toepassingsgericht informatica-onderzoek. Aan de beherende Stichting Mathematisch Centrum zal worden gevraagd aan Onderwijs en Wetenschappen en Economische Zaken een ontwikkelingsplan voor te leggen, waarin wordt aangegeven op welke wijze deze doelstelling zal worden gerealiseerd binnen het kader van de beschikbaar te stellen middelen en welke de positie van het onderzoek bij het CWI is t.o.v. aanverwant onderzoek in Nederland. In het bedoelde plan dient tevens te worden ingegaan op de inrichting en exploitatie in samenwerking met o.m. het ENR van test- en evaluatiefaciliteiten voor nieuwe soft- en hardware systemen.'

De brief van de bewindslieden aan de Voorzitter van de Tweede Kamer d.d. 1984:06:08 voegt hieraan toe (pag. 5):

'In het stimuleringsplan zijn onderzoekprogramma's voorgesteld, kaderversterking in het fundamentele onderzoek, internationale verankering, versterking van de instituten met name het Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI) en verbetering in de materiële voorzieningen voor onderzoek. Allemaal hadden ze ten doel het informatica-onderzoek te versterken, dit onderzoek een sterkere strategische oriëntatie en daarmee vaak toepassingsgerichtheid te geven en een grotere samenwerking binnen het onderzoek en met gebruikers tot stand te brengen. Geavanceerde materiële voorzieningen zijn daarbij natuurlijk niet alleen voor informatica-onderzoek nodig maar ook voor onderzoek op vrijwel elk vakgebied, voor onderwijs, etc.'

en eveneens, op pag. 7, in het kader van de taken van het Stimuleringsprojectteam Informatica (SPIN), waarvan de oprichting wordt aangekondigd:

'Nu is aan de orde de versterking van het CWI onder andere met het oog op doorstroming van kennis naar toepassingssectoren. De stuurgroep voor het Informatica-Stimuleringsplan heeft inmiddels de voorwaarden vastgesteld voor het meerjarenplan op basis waarvan het CWI gedurende vijf jaar extra middelen krijgt.' (Vgl. Appendix C)

Inmiddels is bij brief d.d. 7 september 1984, HW/BUE/OI 438.266, via de Nederlandse organisatie voor zuiver-wetenschappelijk onderzoek, ZWO, aan de Stichting Mathematisch Centrum medegedeeld dat de bovengenoemde voornemens gehandhaafd blijven met uitzondering van de test- en evaluatiefaciliteiten. De Stichting wordt verzocht een plan op te stellen voor de ontwikkeling van het CWI tot een centrum van toonaangevend informatica-onderzoek.

In de nu voorliggende nota wordt het Ontwikkelingsplan gegeven. Hierin wordt vooral aandacht

gegeven aan die projecten die, geïntegreerd met en ter versterking van het reeds geplande informatica- en informatica-gelieerd onderzoek voor de komende jaren, speciaal voor bekostiging uit de ISP-middelen in aanmerking worden gebracht. Dit Ontwikkelingsplan is ontstaan met inachtnaam van de reacties van overheid, bedrijfsleven en wetenschappelijke wereld op de in juni van dit jaar voorgelegde 'aanzetten tot een ontwikkelingsplan informatica-onderzoek'.

1.1. ONDERZOEK; ENIGE BEGRIPSBEPALINGEN

In het ISP en de discussies en notities naar aanleiding hiervan, worden een aantal onderzoekscategorieën onderscheiden:

- fundamenteel onderzoek
- zuiver-wetenschappelijk onderzoek
- strategisch onderzoek
- toepassingsgericht onderzoek
- toegepast onderzoek
- applicatie-ontwikkeling

Een begripsbepaling van deze species van onderzoek en een korte aanduiding van de onderlinge relaties, althans voor wat betreft het gebruik in dit Ontwikkelingsplan, lijkt hier op zijn plaats.

Fundamenteel onderzoek is oorspronkelijk, grensverleggend onderzoek ondernomen om nieuwe wetenschappelijke kennis, die van zowel zuiver-wetenschappelijke als sterk toepassingsgerichte aard kan zijn, te verwerven.

Zuiver-wetenschappelijk onderzoek is beoefening van de wetenschap louter om den wille van vermeerdering van menselijke kennis en inzicht. Dit onderzoek ontleent zijn motivering aan de innerlijke dynamica van het onderwerp van studie. Zuiver-wetenschappelijk onderzoek is van fundamentele aard.

Strategisch onderzoek is de meer algemene wetenschappelijke activiteit die zijn motivatie ontleent aan de verwachtingen omtrent de behoefte aan kennis op lange termijn.

Toepassingsgericht onderzoek is fundamenteel onderzoek gemotiveerd door en gericht op (veronderstelde), duidelijk gespecificeerde toepassingsmogelijkheden op middellange termijn. Het dient als basis voor het toegepaste onderzoek en de applicatie-ontwikkeling.

Toegepast onderzoek is onderzoek gericht op de uitwerking van theoretische kennis voor een concreet nauwkeurig gespecificeerd praktisch probleem op korte termijn.

Applicatie-ontwikkeling is de werkzaamheid om met gebruik van wetenschappelijke kennis op korte termijn nieuwe produkten (materialen, instrumenten, processen, systemen of diensten) voort te brengen, die op de markt kunnen worden gebracht.

Soms wordt nog de term *pre-ontwikkeling* gebezigd, waarbij we denken aan een niet noodzakelijk efficiënte of kosten-effectieve realisatie van een produkt als resultaat van onderzoek, bijvoorbeeld demonstratieprojecten of prototypen. De onderscheidingen, dit wordt terecht in het ISP opgemerkt, dragen een dynamisch karakter. De grenzen zijn niet alleen vaag, doch, zoals uit de begripsbepalingen blijkt, ook bepaald door verschillende invalshoeken van waaruit men onderzoek kan typeren. Van belang is hierbij de constatering dat de kwaliteit van onderzoek, met name van het fundamentele, zuiver-wetenschappelijke en toepassingsgerichte onderzoek, door het internationale forum wordt vastgesteld.

1.2. DOELSTELLINGEN VAN HET CWI

Het CWI is traditioneel een centrum dat zich primair richt op het verrichten van *fundamenteel* (zuiver-wetenschappelijk en toepassingsgericht) onderzoek. Het Centrum wenst deze traditie te handhaven. Het belang van strategisch en toegepast onderzoek op het CWI, voorzover in duidelijke relatie met het verrichte fundamentele onderzoek, wordt hierbij zeker onderkend. Dergelijk onderzoek zal dan bij het CWI als regel voeren tot demonstratieprojecten (pre-ontwikkeling) of prototypen. De eigenlijke produktontwikkeling dient echter ter hand genomen te worden door het bedrijfsleven. De inzet van het CWI in fundamenteel zuiver-wetenschappelijk onderzoek moet de kennisbasis leveren voor participatie in (fundamenteel) toepassingsgericht en strategisch onderzoek, bijvoorbeeld in het kader van Innovatiegerichte Onderzoekprogramma's (IOP's) of van Europese strategische programma's zoals ESPRIT.

Tot de doelstellingen van het CWI als 'toonaangevend centrum voor fundamenteel en toepassingsgericht informatica-onderzoek' - de functie die door het ISP aan het CWI wordt toegedacht - behoren, met inachtnaam van bovengenoemde uitgangspunten:

1. Het uitvoeren van kwalitatief hoogwaardig *fundamenteel onderzoek* op het gebied van wiskunde en informatica en het opbouwen en onderhouden van een krachtig *expertisereservoir* op dit gebied dat ten dienste kan worden gesteld aan de onderzoekwereld, de overheid en de industrie.
2. Het bevorderen van de kwaliteit van het wetenschappelijk onderzoek in Nederland. Door een goede projectkeuze, een zorgvuldige selectie van aan te stellen onderzoekers en door het bieden van geavanceerde apparatuur en communicatiefaciliteiten kan de nationale en internationale *aantrekkingskracht* van het CWI op eminente buitenlandse deskundigen (met hun ideeën en know-how) worden versterkt. Hierdoor zal het CWI ook een *uitstralende* en *inspirerende* functie vervullen.
3. Het bevorderen van de *kadervorming* in de wiskunde en de informatica door het laten deelnemen van nog betrekkelijk onervaren onderzoekers (pas afgestudeerden, maar mogelijk ook uit het bedrijfsleven door middel van detachering) aan zorgvuldig gekozen en door ervaren en toonaangevende onderzoekers begeleide onderzoeksprojecten.
4. Het bevorderen van de *samenwerking* tussen onderzoekers op het gebied van wiskunde en informatica en andere disciplines, o.a. door het uitbouwen van contacten met instituten binnen andere disciplines (FOM, NLR, IPO etc.).
5. Het creëren en onderhouden van effectieve en efficiënte *doorstroming* van informaticakennis naar de toepassingssector door versterking van het toepassingsgerichte en toegepaste onderzoek met aandacht voor de wensen van en in samenwerking met het bedrijfsleven.

1.3. HET CWI IN NATIONAAL EN INTERNATIONAAL VERBAND

Het CWI - vóór 1983 onder de naam 'het Mathematisch Centrum' - heeft, tezamen met het Natuurkundig Laboratorium (Philips) en het Dr. Neher Laboratorium (PTT) aan de wieg gestaan van de informatica in Nederland. De eerste Nederlandse computer, die één van de eerste computers in Europa was, werd op het Centrum gebouwd.

Het Centrum heeft ook sinds zijn oprichting in 1946 op internationaal vooraanstaand niveau bijgedragen aan het onderzoek op het gebied van wiskunde en informatica. De actieve betrokkenheid van het Centrum bij de internationale ontwikkelingen, bijvoorbeeld op het gebied van de algoritmische talen, maar ook de lange reeks van vooraanstaande buitenlandse wetenschappers die het Centrum bezochten, getuigen van de aantrekkingskracht en het niveau van onderzoek bij het CWI. Het CWI onderhoudt

goede internationale contacten met vele onderzoeksinstituten op het gebied van wiskunde en informatica. Voorbeelden hiervan zijn de op nationale schaal vergelijkbare instituten in Frankrijk (INRIA) en West-Duitsland (GMD). Ook in de USA, UK en Japan heeft het CWI goede relaties met vele onderzoeksinstituten en laboratoria.

Op nationaal niveau is de relatie met de universitaire wereld van groot belang. Deze uit zich vooral in de vele activiteiten van de Stichting Mathematisch Centrum ter ondersteuning van het nationale onderzoek. Ook zijn er samenwerkingsverbanden met grote nationale technisch-wetenschappelijke instituten (b.v. TNO, NLR, MARIN, ECN), alsmede met verschillende overheidsdiensten (b.v. Rijkswaterstaat) en industrieën (b.v. Philips, Hoogovens).

In het algemeen kan worden gesteld dat het CWI op een aantal gebieden kwalitatief hoogwaardig onderzoek verricht op internationaal niveau en dat het op die gebieden nationaal een centrale rol vervult of kan vervullen. Op sommige gebieden is echter een achterstand ontstaan. Op die gebieden, en dat betreft veelal toepassingsgericht onderzoek, dient de functie van toonaangevend centrum te worden opgebouwd en versterkt met behulp van de via het ISP te verschaffen middelen.

1.4. RELATIE MET SION EN HET UNIVERSITAIRE ONDERZOEK IN DE INFORMATICA

Het CWI is een centrum voor onderzoek in wiskunde en informatica, onder het bevoegd gezag van de ZWO-Stichting Mathematisch Centrum (SMC). Zoals binnen de ZWO-organisatie gebruikelijk, geschiedt de planning en uitvoering van het onderzoek bij het CWI in goed overleg en in nauwe samenwerking met de universitaire onderzoekswereld. Sinds 1983 functioneert SION (Stichting i.o. Informatica Onderzoek in Nederland) de facto als de ZWO-stichting op het gebied van de informatica en heeft als zodanig tot doel de bevordering van het fundamenteel onderzoek op het gebied van de informatica. Tussen de SMC en SION is, al sinds de oprichtingsfase van SION, een nauwe samenwerking gegroeid die bestuurlijk vorm heeft gekregen door de instelling van een Vaste Overleg Commissie (VOC). Gedurende het jaar 1983 heeft deze commissie zich diepgaand beraden op het bij het CWI te verrichten onderzoek in de informatica. Dit overleg resulteerde in een Interim-Beleidsnota SMC-SION: 'Informatica-onderzoek en -ontwikkeling op het Centrum voor Wiskunde en Informatica' (1 oktober 1983). Deze nota vond een positief onthaal bij de besturen van SION en SMC. Het is daarom vanzelfsprekend dat het voorliggende Ontwikkelingsplan Informatica-onderzoek is gebaseerd op deze Interim-Beleidsnota. Ten gerieve van de lezer volgt hier de samenvatting uit deze nota:

'Een eerste schets wordt geboden van een *heroriëntatie* van het beleid van het Centrum voor Wiskunde en Informatica wat betreft onderzoeks- en ontwikkelingsactiviteiten op het gebied van de informatica. Vijf belangrijke beleidspunten worden daarbij naar voren gebracht:

1. Het Centrum moet zich bij voorkeur richten op een beperkt aantal, nog weinig ontwikkelde aandachtsthema's.
2. Het Centrum moet zich bij voorkeur richten op grootschalig werk waarin het een unieke bijdrage kan geven, in een taakverdeling met het wetenschappelijk onderwijs.
3. Het Centrum moet meer nog dan tevoren een overdrachtspunt worden voor kennis op informaticagebied, ten behoeve van de wetenschappelijke wereld, de overheid en het bedrijfsleven.
4. Uitbreiding van activiteit dient voor een belangrijk deel gericht te zijn op 'ontwikkeling' (naast blijvende inzet in 'fundamenteel' en 'toepassingsgericht' onderzoek).

5. Uitbreiding dient onderdeel te zijn van een geleidelijk te realiseren totaalplan (waartoe deze nota een eerste aanzet is).

Er wordt voorgesteld dat de aandachtsthema's zodanig gekozen worden dat elk van de volgende drie maatschappelijk belangrijke gebieden vertegenwoordigd is:

1. Computersystemen en -technologie, i.h.b. Netwerken
2. Programmeertechnologie en Kunstmatige Intelligentie
3. Informatiesystemen

In deze interim-beleidsnota wordt een eerste aanzet gegeven tot een invulling van dit plan, waarbij een motivatie wordt geboden, enkele consequenties naar voren worden gebracht en een fasering wordt aangeduid.'

1.5. RELATIE MET WISKUNDIG ONDERZOEK

Vanaf zijn oprichting in 1946 (als 'Mathematisch Centrum') is op het CWI onderzoek verricht zowel in de wiskunde als in de informatica, in goede onderlinge samenhang, en binnen beide vakgebieden met de duidelijke wens het onderzoek toepasbaar te maken ten behoeve van de Nederlandse samenleving. Nu de informatica zich heeft ontwikkeld tot een zelfstandige discipline, wat mede tot uitdrukking is gebracht door het Koninklijk Besluit in 1981 tot opname van de informatica als officiële studierichting in het Academisch Statuut en de erkenning in 1983 van SION als ZWO-orgaan voor informatica-onderzoek, is bezinning op een blijvend samengaan van informatica en wiskunde binnen het CWI op zijn plaats.

Naar de stellige overtuiging van het curatorium van de Stichting Mathematisch Centrum en van de directie van het Centrum voor Wiskunde en Informatica is dit samengaan van grote waarde. De overwegingen hiertoe zijn in de eerste plaats van onderzoeks-inhoudelijke aard. Vanuit de wiskunde en de wiskundige logica wordt de theorievorming binnen de informatica ondersteund en worden belangrijke bewijsmethodieken voor het informatica-onderzoek aangereikt. Omgekeerd worden binnen de informatica essentiële hulpmiddelen ontwikkeld die tot interessante wiskundige problemen en nieuwe oplossingsmethoden voor oude problemen aanleiding geven. Men kan hierbij denken aan de experimentele wiskunde die zich in het afgelopen decennium met zoveel succes heeft ontwikkeld en die sterk stimulerend werkt op het onderzoek in de analyse en mathematische fysica en aan de mogelijkheden die interactieve grafische technieken bieden bij de oplossing van besliskundige problemen en bij de statistische analyse van beeldgegevens.

Binnen het CWI speelt op de korte en middellange termijn ook een andersoortige overweging mee. Een ernstig probleem bij de stimulering van de informaticabeoefening in Nederland in de eerstvolgende jaren is het nijpend gebrek aan kader, zowel voor de begeleiding van hoogwaardig onderzoek resp. (pre-)ontwikkeling als voor de opleiding van de zo broodnodige nieuwe informatici. Het CWI verkeert in de gelukkige omstandigheid dat het, niet alleen in zijn informatica-afdeling, maar ook in de wiskunde-afdelingen, ervaren onderzoekers beschikbaar heeft om informatica-onderzoekprojecten met een duidelijke kadervormend karakter te begeleiden. In het bijzonder geldt dit voor de afdeling Numerieke Wiskunde en de afdeling Mathematische Besliskunde en Systeemtheorie. Echter, ook vanuit de overige afdelingen (Mathematische Statistiek, Zuivere Wiskunde en Toegepaste Wiskunde) kunnen bijdragen worden verwacht.

1.6. APPARATUUR

Voor kwalitatief hoogwaardig informatica-onderzoek is een ruime infrastructuur, bestaande uit computerapparatuur, communicatievoorzieningen e.d., nodig. Effectief onderzoek vereist ook een zekere

mate van overcapaciteit om het gebruik van gespecialiseerde hulpmiddelen (modelsimulaties, prototype-ring van te ontwerpen systemen) en inefficiënte implementaties tijdens de ontwikkelingsfase mogelijk te maken. De benodigde infrastructuur bestaat enerzijds uit algemene, niet aan projecten gebonden faciliteiten (hulpmiddelen voor programmatuurontwikkeling, tekstverwerking, communicatie en kantoorautomatisering), anderzijds uit gespecialiseerde, projectgebonden faciliteiten (special-purpose computers, grafische werkstations, speciale communicatievoorzieningen of opslagmedia). Er wordt naar gestreefd in het kader van het ISP tot een verbetering te komen van de algehele infrastructuur ten behoeve van het onderzoek, teneinde aan de eisen die aan een toonaangevend centrum worden gesteld - zoals nationale en internationale aantrekkingskracht mede door goede apparatuur en communicatiefaciliteiten - te kunnen voldoen. Overwogen is hierbij dat in de aanloopfase van de ISP-stimuleringsperiode het aanzienlijke moeite zal kosten voldoende gekwalificeerd personeel aan te trekken, zodat in die periode het accent wat kan worden gelegd op investering in materiële voorzieningen.

1.7. FINANCIERINGSLIJNEN

De financiële aspecten van dit plan tot ontwikkeling van het informatica-onderzoek bij het CWI komen aan de orde in hoofdstuk 5. In deze inleiding wordt alleen samengevat welke de huidige financieringsbronnen zijn en welke financieringsbronnen in de toekomst worden verwacht. Op dit moment wordt het onderzoek op het CWI in overwegende mate gefinancierd door de Nederlandse organisatie voor zuiver-wetenschappelijk onderzoek, ZWO. Aanvullende financiering vanuit de tweede geldstroom wordt verkregen door uitvoering van een groeiend aantal extern gefinancierde onderzoeksprojecten (voornamelijk STW-projecten, een enkel SION-project en projecten in het kader van het ZWO-prioriteitsprogramma informatica). Daarnaast zijn er inkomsten uit contractresearch en opdrachten. Deze laatste inkomsten hebben altijd een niet te verwaarlozen bijdrage geleverd aan het CWI-budget, doch zijn in het recente verleden in belang toegenomen, i.h.b. door de participatie van het CWI in programma's van de Europese Gemeenschap (ESPRIT, COST-11, Ada-project). Voor de komende jaren worden naar verwachting aan het totaal budget toegevoegd de ISP-basisfinanciering en inkomsten te verkrijgen door deelname aan IOP's. In totaal wordt voor de komende jaren uitgegaan van de in tabel 1 schematisch aangegeven financieringsbronnen voor het informatica- en informatica-geliëerd onderzoek op het CWI (in full time equivalent per jaar).

In de aantallen zijn begrepen zowel de onderzoekers als de directe ondersteuning van de onderzoekers, zoals programmeurs en technisch-wetenschappelijk personeel. De bijdrage vanuit de ISP-basisfinanciering aan het CWI is, voor wat betreft onderzoekers samen met hun directe technisch-wetenschappelijke ondersteuning, beperkt tot gemiddeld 22 f.t.e. In deze aantallen zijn niet opgenomen de personeelsleden die nodig zijn voor management en algemene en secretariële ondersteuning (zie hiervoor tabel 5 in hoofdstuk 5). Bij de vaststelling van deze aantallen speelt de overweging dat de geringe beschikbaarheid van kwalitatief goede informatici tezamen met een grote behoefte aan verbetering van de infrastructuur leidt tot een relatief grote investering in apparatuur i.p.v. in mensen in de eerste twee jaar (zie ook §1.6 en hoofdstuk 3). In hoofdstuk 5 zullen de financiële aspecten over de totale planperiode van 5 jaar gedetailleerder worden uitgewerkt.

Tabel 1: Onderzoeksfinanciering CWI

	ultimo 1984		1985 en later	
	f.t.e. I	f.t.e. totaal CWI	f.t.e. I	f.t.e. totaal CWI
Eerste geldstroom				
(i) Nationale Faciliteit Informatica	4*	4	4	4
Tweede geldstroom				
(i) ZWO regulier	38	72	45***	95***
ZWO prioriteitsprogramma	2*	2		
ZWO SION-projecten	1	1	1	1
(ii) STW-projecten	2	6	2	7
(iii) ISP-basisfinanciering	-	-	22	22
Derde geldstroom				
(i) ESPRIT/Ada	3**	3	6	6
(ii) IOP's	-	-	1	1
(iii) Overig	6	6	6	6
	56	94	89	144

* in aanvraag

** in aanvraag, dit betreft honorering van 50% van de in te zetten f.t.e.

*** De hier genoemde aantallen zijn gebaseerd op het in de meerjarenplannen van de SMC vastgelegde streven tot uitbreiding van het personeelsbestand van het CWI tot 175 (166 f.t.e.) personen in 1989. Deze getallen geven ook de gewenste situatie in 1989 weer.

Verwachte financiering van onderzoeksplaatsen (in full time equivalenten, f.t.e.) in het informatica- en informatica-gelieerd onderzoek (I) en het totale CWI-onderzoek, voor ultimo 1984 en 1985 en later.

2. Beleidsoverwegingen en prioriteiten

2.0. BELEIDSOVERWEGINGEN

Om een betrekkelijk snelle uitgroei van het onderzoekspotentieel, zoals die waartoe door het ISP de mogelijkheid wordt geboden, optimaal te doen renderen, is een zorgvuldige bezinning geboden op de functie van het informatica-onderzoek in het geheel van de maatschappelijke ontwikkelingen en in het bijzonder op de rol die hierin van een toonaangevend centrum voor fundamenteel en toepassingsgericht informatica-onderzoek in Nederland verwacht mag worden.

De informatica als discipline onderzoekt en ontwikkelt wetenschappelijke methoden en technieken voor het ontwerpen, specificeren, construeren en evalueren van systemen, zoals programmatuur, architectuur, talen, netwerken en gegevensbestanden. Aan systemen voor uiteenlopende toepassingen bestaat een grote en toenemende maatschappelijke behoefte. Met betrekking tot het gebruik van de resultaten van de informatica bij de feitelijke systeemontwikkeling bestaat in Nederland een niet te miskennen achterstand. De belangrijkste invloed die verwacht mag worden van het toepassen van wetenschappelijke resultaten is tweeledig. Enerzijds vereist de toenemende afhankelijkheid van complexe informatiesystemen een hogere kwaliteit van deze systemen en met name een grotere betrouwbaarheid dan nu vaak geboden wordt. De systematische toepassing van op wetenschappelijke inzichten gestoelde methoden en technieken kan hier toe een niet te onderschatten bijdrage betekenen. Anderzijds leidt een verkeerde methodische aanpak thans vaak tot grote verspillingen bij met name programmatuurontwikkeling. Hier kan het gebruik van resultaten uit de informatica bijdragen tot verhoging van de produktiviteit.

Het belang van hoogwaardig fundamenteel informatica-onderzoek voor de toepassingen is hiermee aangegeven. Voor een strategische oriëntatie van dit onderzoek is het van belang zich te realiseren dat de toenemende toepassing van informatiesystemen nauw gerelateerd is aan de technische ontwikkeling op apparatuurgebied, met name van de micro-elektronica. Aangezien met het traject van de inceptie van onderzoek tot de rechtstreekse toepasbaarheid van onderzoeksresultaten doorgaans vele jaren gemoeid zullen zijn, terwijl de technische mogelijkheden zich zullen blijven uitbreiden, is het een zaak van strategisch belang dat een belangrijk deel van het onderzoek zich richt op probeemstellingen die zo goed mogelijk anticiperen op de technische ontwikkeling over een aantal jaren. Gezien de onvermijdelijke onzekerheden daarbij is het wenselijk dat dit onderzoek flexibel is van opzet en zich daardoor kan aanpassen bij niet voorziene ontwikkelingen.

Gelijktijdig met dergelijk, veelal wetenschappelijk gemotiveerd, onderzoek, moet ook onderzoek plaatsvinden dat gemotiveerd is door toepassingsaspecten op korte termijn. Het verrichten van toepassingsgericht onderzoek is een aangewezen methode om de resultaten van zuiver-wetenschappelijk onderzoek praktisch bruikbaar te maken en daarmee de relevantie van de daarbij gehanteerde abstracties te toetsen. Dit kan leiden tot verdieping en kwaliteitsverhoging van het zuiver-wetenschappelijk onderzoek. Daarnaast is, zo blijkt steeds weer, toegepast onderzoek een rijke bron van probleemstellingen voor verder fundamenteel onderzoek, waarbij zich veelal vanuit verschillende toepassingen gelijksoortige nieuwe onderzoeksvragen voordoen. Uit de veelheid van toepassingen kan in een onderzoekscentrum van middelgrote omvang slechts een beperkt aantal aspecten tegelijk voor onderzoek in aanmerking komen. Dit geldt te meer waar dergelijk onderzoek doorgaans slechts succesvol verricht kan worden door een groep van onderzoekers. Bij de keuze van onderwerpen is hier, naast meer strategische langetermijnoverwegingen, mede van belang de bestaande behoefte aan resultaten op korte termijn.

Uit het bovenstaande volgt dat een strenge scheiding tussen strategisch, toepassingsgericht en toegepast onderzoek, zo deze al te maken ware, ongewenst is. Een onderlinge doordringing werkt op deze onderzoeksvormen bevruchtend. Voor zowel strategisch als toepassingsgericht onderzoek is het van onmiskenbaar belang dat gestreefd wordt naar vergroting van de toepasbaarheid van onderzoeksresultaten. Naast directe kennisoverdracht, dienstverlening en participatie in ander onderzoek is een hiertoe

aangewezen weg succesvol onderzoek te doen uitmonden in een demonstratieproject.

Door de explosieve groei van de informatica als wetenschappelijke discipline kan internationaal kwalitatief hoogwaardig onderzoek slechts verricht worden vanuit een brede expertise op verschillende deelgebieden. Dit betekent dat bij de keuze van nieuw te ontwerpen projecten niet alleen de strategische betekenis een belangrijk punt van overweging is, maar ook de mate waarin het onderzoek aansluiting kan vinden bij bestaande expertise en kan bijdragen aan het opbouwen van nieuwe expertise.

De bovenstaande overwegingen, tezamen met de in het inleidende hoofdstuk gegeven uitgangspunten en vooronderstellingen, hebben geleid tot een prioriteitenkeuze voor het informatica-onderzoek bij het CWI en in het bijzonder voor het onderzoek dat zal worden bekostigd uit de extra middelen die in het ISP voor 5 jaar aan het CWI worden toegedacht (voortaan ISP-basisfinanciering te noemen).

Ten overvloede zij vermeld dat, ook waar dit niet expliciet wordt aangegeven, het CWI waar mogelijk en wenselijk samenwerking zoekt met de onderzoekers, nationaal en internationaal, buiten het CWI, met de overheid en met het bedrijfsleven.

We zullen hier nog eerst kort een opsomming geven van de tot nu toe geformuleerde uitgangspunten.

- Basis voor de prioriteitsstelling is het ISP en de aanvullende brief van de bewindslieden d.d. 1984:06:08 (zie §1.0).
- Bij het CWI ligt het hoofddoel op fundamenteel onderzoek, waarbij de onderzoekprojecten zo worden gekozen dat een kennisbasis wordt opgebouwd voor toepassingsgericht en strategisch onderzoek (zie §1.2 en bovengegeven overwegingen).
- Omvang en kwaliteit van het onderzoek moeten aantrekkingskracht hebben en kadervormend, uitstralend en inspirerend werken (zie §1.2).
- Het onderzoek gefinancierd uit de ISP-middelen is ingebed in en verweven met het omvangrijkere overige onderzoek in informatica en wiskunde binnen het CWI.
- Uitgangspunt is de Interim-Beleidsnota waarin afspraken met SION over het informatica-onderzoeksbeleid op het CWI zijn vastgelegd (zie §1.4).
- Synergie met het wiskunde-onderzoek binnen het CWI wordt nagestreefd (zie §1.5).
- Bij de keuze van nieuw onderzoek is zowel de strategische betekenis als de mate van aansluiting bij bestaande expertise en het opbouwen van nieuwe expertise van belang.
- Ter bevordering van de kennisoverdracht zullen enkele (zorgvuldig gekozen) demonstratieprojecten (pre-ontwikkeling) worden opgezet (zie §1.2 en bovengenoemde overwegingen).
- In de aanloopfase zal investering in apparatuur worden geaccentueerd (zie §1.6).

2.1. SELECTIE VAN AANDACHTSTHEMA'S

In de Interim-Beleidsnota SMC-SION wordt voorgesteld om aandachtsthema's zodanig te kiezen dat elk van de volgende drie gebieden vertegenwoordigd is:

- computersystemen en -technologie, i.h.b. netwerken;
- programmeertechnologie en kunstmatige intelligentie;
- informatiesystemen.

In het ISP, onder V.2.2., worden als thema's, die in eerste instantie de voorkeur zouden verdienen ter versterking van het strategisch en toepassingsgericht informatica-onderzoek, aangegeven:

- programmatuurtechnologie;
- kunstmatige intelligentie en expertsystemen;
- ontwerpen en beheren van grote, gedistribueerde systemen (toegepast in o.a. bestuurlijke automatisering);
- computerondersteund ontwerpen en produceren;
- telematica;
- modellerings- en simulatietechnieken;
- mens-machine-interactie.

Hierbij moet ook de opmerking worden gememoreerd uit de ministeriële brief van 1984:06:08, dat informatica-onderzoek ook de toepassing van de informatica in andere vakgebieden omvat en dat vanuit het ISP ook steun mogelijk is aan onderzoek waarin koppeling van hardware en software optreedt, zoals robotica, telematica, CAD/CAM enz.

Deze aandachtsgebieden en -thema's, die tenminste ten dele zijn ingegeven door de internationale ontwikkelingen, vooral in landen als de USA en Japan, dienen te worden beschouwd tegen het licht van de bestaande expertise bij het CWI en te worden ingebed in het bestaande onderzoekprogramma. In Appendix A wordt een beknopte inventarisatie gegeven van het informatica-onderzoek dat thans op het CWI wordt uitgevoerd of, volgens de bestaande beleidsvoornemens, binnenkort van start zou moeten gaan. Hieruit blijkt dat vooral expertise bestaat binnen de thema's: Algoritmie (combinatorische algoritmen, cryptografie en beveiliging van systemen, getaltheorie, numerieke algoritmen); Programmatuur (B, specificatiemethoden, programmeeromgevingen, concurrency, VLSI-ontwerp); Interactieve en, in iets mindere mate, gedistribueerde systemen (computergrafiek, faciliteiten voor rastergrafiek in programmeertalen, dialoogcellen, computer-geïntegreerde fabricage, UNIX-netwerk).

Vooraf binnen het thema algoritmie is een goede synergie met de bestaande expertise op het gebied van de wiskunde mogelijk.

Het opbouwen van nieuwe expertise op het gebied van gespreide systemen, die aansluit bij het bestaande onderzoek op dit gebied en bij de netwerkactiviteiten, wordt eveneens van belang geacht. Bovendien acht het Centrum het voor Nederland van grote strategische betekenis om nieuw onderzoek te starten op het gebied van patroonherkenning (in synergie met de bestaande expertise op het gebied van de mathematische statistiek) en op het gebied van de kunstmatige intelligentie. Op deze gebieden is sprake van een duidelijke achterstand in Nederland die moet worden ingelopen.

Deze argumentatie brengt het CWI tot de keuze van de volgende hoofdthema's voor haar informatica- en informatica-gelieerd onderzoek.

I. *Algoritmie*

II. *Programmatuur*

III. *Gedistribueerde en interactieve systemen*

IV. *Patroonherkenning en kunstmatige intelligentie*

Deze hoofdthema's komen in grote lijnen overeen met de thema's die in de Interim-Beleidsnota worden aangegeven. Afwijkend is vooral het thema *Algoritmie*, dat is gekozen enerzijds vanwege zijn kernpositie

in de informatica, anderzijds om vanuit dit thema bij uitstek de synergie met het wiskunde-onderzoek binnen het CWI te bevorderen. Het onderwerp Informatiesystemen zal in de voorliggende plannen vooral aandacht krijgen binnen het hoofdthema *Gedistribueerde en interactieve systemen* (zie hierin het deelproject *Gedistribueerde informatiesystemen*, Appendix B.7). De aandacht voor computertechnologie is in de gekozen aandachtsthema's minder expliciet tot uiting gebracht. Het CWI beschikt door de jarenlange activiteiten op het gebied van de informatica over een ruime expertise op het gebied van computernetwerken (het CWI vormt het hart van het Europese deel (EUNET) van het grootste netwerk ter wereld: USENET), computergraphics (de internationale graphicsstandaard GKS is binnen het CWI ontwikkeld), computergestuurd fototypesetting (gespecialiseerd in gecompliceerd wiskundezetwerk), computerapparatuur en randapparatuur, en operating systems (het CWI geeft cursussen en ondersteuning op het gebied van het populaire UNIX operating system). Deze expertise wordt versterkt en uitgebouwd door stimulering van het onderzoek in de genoemde thema's.

De gekozen thema's sluiten ook in hoge mate aan bij de in het ISP aangegeven thema's. Hierbij valt op te merken dat computerondersteund ontwerpen en produceren aandacht heeft binnen het thema *Interactieve systemen*. Onder de telematica-activiteiten valt vooral het onderzoek- en ontwikkelingswerk op het gebied van netwerken. In dit verband kan worden opgemerkt dat het CWI contacten heeft met de gemeente Amsterdam, mede betreffende de gemeentelijke plannen tot realisatie van een geavanceerd telecommunicatienetwerk, gebruikmakend van glasvezelverbindingen (met een knooppuntcentrale dicht bij het CWI).

Het in het ISP genoemde thema modellerings- en simulatietechnieken sluit minder aan bij de op het CWI aanwezige expertise en is daarom niet als prioriteit gekozen, terwijl de mens-machine-interactie aandacht krijgt binnen het project *Interactieve systemen*.

Uiteraard kunnen op het CWI niet alle in het ISP voorgestelde onderwerpen ter hand worden genomen. Bijvoorbeeld aan het belangrijke gebied van de telematica wordt slechts op beperkte schaal aandacht gegeven.

Binnen de gekozen aandachtsthema's zullen de projecten worden aangevangen of uitgebouwd, die zullen worden bekostigd vanuit de ISP-basisfinanciering. Hieronder zullen we per thema een nadere argumentatie geven voor de keuze, alsmede een korte opsomming van titels en omvang van de gekozen deelprojecten. Beknopte beschrijvingen van deze deelprojecten zijn opgenomen in Appendix B. Aan het einde van deze paragraaf is een samenvattende tabel opgenomen van de voor ISP-basisfinanciering gekozen projecten.

Het CWI is zich bij deze planning terdege bewust van de problemen die zich zullen voordoen bij het aantrekken van de geplande menskracht zoals in tabel 1 aan het einde van dit hoofdstuk is aangegeven. Dit geldt des te klemmender voor de versterking van het kader dat verantwoordelijkheid moet dragen voor de begeleiding van de jonge onderzoekers in de projecten. Door deze omstandigheden is het gevaar niet denkbeeldig dat sommige van de voorgestelde projecten later zullen starten dan gepland. Het CWI zal in dat geval nagaan in hoeverre andere maatregelen kunnen worden genomen, zoals het aantrekken van buitenlands talent of het omscholen van de eigen onderzoekers, om de doelstellingen van het voorliggende ontwikkelingsplan veilig te stellen.

2.1.1. Algoritmiek

Kennis van en inzicht in algoritmen en hun complexiteit, alsmede vaardigheid in efficiënte implementatie van algoritmen, behoren tot de kern van de informatica. (Men zie bijvoorbeeld het standaardwerk 'The art of computer programming' van Donald E. Knuth: van de zeven geplande delen - tot op heden verschenen er drie - handelen er vijf over algoritmen). Op het CWI is uitgebreide expertise en soms ook een lange traditie aanwezig op deelterreinen binnen dit thema (combinatoriek, cryptografie en beveiliging

van systemen, getaltheorie en computers, ontwikkeling en implementatie van numerieke algoritmen). Dit is bij uitstek een thema waarbinnen de synergie van wiskunde en informatica gestalte kan worden gegeven.

Binnen dit thema worden de volgende deelprojecten voor ISP-basisfinanciering gekozen:

1. *Gedistribueerde algoritmen*

Leiding: prof.dr. J.K. Lenstra (MB) en dr. P.M.B. Vitányi (AI).

ISP-aandeel over planperiode: 4 f.t.e.

Dit betreft een nieuw project, mede geïnspireerd vanuit het belang van fundamentele ondersteuning van en integratie met het deelproject *Gespreide bedrijfssystemen* (5).

2. *Interactieve planningsmethoden*

Leiding: prof.dr. J.K. Lenstra (MB).

ISP-aandeel over planperiode: 7 f.t.e.

Dit betreft de verbreding van een lopend (STW-)project waarbij het bedrijfsleven is betrokken (Van Gend & Loos). Het onderzoek richt zich op het interactieve gebruik van optimaliseringsalgoritmen bij de bepaling van b.v. distributiesystemen, produktieschema's en lesroosters. Het project is gebaseerd op de aanwezige expertise op het gebied van de mathematische besliskunde en sluit aan bij het deelproject *Interactieve systemen* (4).

3. *Vectoralgoritmen voor supercomputers*

Leiding: dr.ir. H.J.J. te Riele (NW).

ISP-aandeel over planperiode: 4 f.t.e.

Dit betreft een nieuw project waarvoor mede-ondersteuning vanuit het bedrijfsleven (CDC) wordt gezocht. Het is mede bedoeld ter ondersteuning van de gebruikers van de twee inmiddels in Nederland geïnstalleerde supercomputers (CYBER 205 en CRAY 1).

2.1.2. Programmatuur

Reeds jaren is programmatuurkunde en programmeertechnologie een zwaartepunt in het informatica-onderzoek op het CWI. Binnen het reguliere onderzoekprogramma van het CWI kan hierbij worden gewezen op de projecten (zie ook Appendix A): *B*, *Specificatiemethoden*, *Programmeeromgevingen*, *Concurrency* en *VLSI-ontwerp*. Het CWI acht expertise op dit gebied van essentieel belang bij alle toepassingen van informatica. Voor het deelproject *B* wordt ondersteuning gezocht in het kader van de onderwijsplannen van het ISP, in samenwerking met het Centrum voor Onderwijs en Informatietechnologie (COI) bij de THT. Overwogen wordt voor *B* een demonstratieproject op te zetten. De ondersteuning van dit hoofdthema zal echter voornamelijk worden gezocht buiten de ISP-basisfinanciering (via ZWO, ESPRIT en de Nationale Faciliteit Informatica), zodat deze in dit verband niet nader wordt uitgewerkt.

2.1.3. Gedistribueerde en interactieve systemen

Onder dit hoofdthema wordt samengevat het fundamentele onderzoek ten behoeve van interactief computergebruik, gespreide systemen (inclusief computernetwerken en prestatie-analyse) en gedistribueerde informatiesystemen (van essentieel belang o.m. bij kantoorautomatisering). Dit aandachtsgebied, dat in stormachtige ontwikkeling verkeert, is bij uitstek toepassingsgericht. Naast reeds genoemde toepassingen, zoals kantoorautomatisering en computernetwerken, noemen we CAD/CAM, CIM en de z.g. 'flexibele automatisering'. Binnen dit thema wordt een grote betrokkenheid van het bedrijfsleven nagestreefd. De onderling nauw samenhangende deelprojecten, die binnen dit thema voor ISP-basisfinanciering zijn

gekozen, zijn:

4. *Interactieve systemen*

Leiding: drs. P.J.W. ten Hagen (AI).

ISP-aandeel over planperiode: 18 f.t.e.

Dit betreft een bestaand sterk toepassingsgericht project dat aanzienlijk zal worden versterkt. Binnen dit deelproject bestaat samenwerking met verschillende universiteiten en hogescholen (KUN, VUA, UvA, THE, Universität Karlsruhe), onderzoekinstellingen (TNO, NLR) en industrieën (BSO, MBP, Philips), ook in het kader van ESPRIT en STW-projecten. Keywords in dit deelproject zijn: *computergrafiek* (internationale grafische standaard GKS), *faciliteiten voor rastergrafiek* (dit wordt bij *Interactieve planningsmethoden* (2) en *Statistische analyse van beeldgegevens* (8) toegepast), *dialogocellen* en *computer-geïntegreerde fabricage*.

5. *Gespreide bedrijfssystemen*

Leiding: drs. S.J. Mullender (AI).

ISP-aandeel over planperiode: 14 f.t.e.

Dit betreft een begin 1984 gestart project in nauwe samenwerking met de VUA, het Computerlaboratorium van het CWI (netwerkontwikkelingsactiviteiten) en het ESPRIT-project *Computer-geïntegreerde fabricage* (binnen het deelproject *Interactieve systemen* (4)). Bovendien is een onderzoekproject in het kader van het EG COST-11 fonds in aanvraag. Dit deelproject vindt zijn fundamentele basis in het deelproject *Gedistribueerde algoritmen* (1).

6. *Prestatie-analyse van computersystemen*

Leiding: dr.ir. E.A. van Doorn (MB).

ISP-aandeel over planperiode: 7 f.t.e.

Dit project zal in het kader van het ISP worden gestart, in samenwerking met het deelproject *Gespreide bedrijfssystemen* (5) en met instellingen buiten het CWI. Het kan met vrucht gebruik maken van binnen de afdeling MB aanwezige expertise op het gebied van de analyse en besturing van informatiestromen in netwerken.

7. *Gedistribueerde informatiesystemen*

Leiding: nog niet bekend.

ISP-aandeel over planperiode: 18 f.t.e.

Dit project zal in het kader van het ISP worden gestart, waarbij samenwerking zal worden gezocht met de projecten *Concurrency* (Appendix A.2.4), *Computer-geïntegreerde fabricage* (binnen deelproject *Interactieve Systemen* (4)) en *Gespreide bedrijfssystemen* (5). *Gedistribueerde informatiesystemen* verspreid over een lokaal netwerk zijn van belang voor de kantoorautomatisering.

2.1.4. Patroonherkenning en Kunstmatige Intelligentie

Dit betreft een nieuw onderzoekgebied voor het CWI. Ook nationaal en internationaal is dit een gebied dat nog in de kinderschoenen staat. De kunstmatige intelligentie behoort tot de in de Interim-Beleidsnota aangegeven aandachtsgebieden (zie §1.4). Ook de overheid acht stimulering van onderzoek op dit gebied van belang (zie het begin van deze paragraaf). De deelprojecten, beide toepassingsgericht van aard, zijn:

8. *Statistische analyse van beeldgegevens*

Leiding: dr. R.D. Gill (MS).

ISP-aandeel over planperiode: 6 f.t.e.

Het betreft hier een nieuw fundamenteel onderzoekproject op het gebied van de mathematische

statistiek en informatica. Een grote expertise op het gebied van de statistiek is hiervoor noodzakelijk. Het is gericht op toepassingen in de patroonherkenning en beeldanalyse en sluit daardoor aan bij het deelproject *Interactieve systemen* (4).

9. *Expertsystemen en andere aspecten van kunstmatige intelligentie*

Leiding: nog niet bekend.

ISP-aandeel over planperiode: 18 f.t.e.

Dit betreft nieuw onderzoek dat goed kan plaatsvinden voortbouwend op de aanwezige expertise vooral op het gebied van de programmatuur (Appendix A.2.), waarbij aansluiting zal worden gezocht bij de activiteiten die op dit gebied plaatsvinden bij de twee Amsterdamse universiteiten (UvA en VUA). Er wordt o.a. gedacht aan expertsystemen en 'knowledge engineering'. Hierbij wordt voorgesteld, overeenkomstig de adviezen van de Verkenningscommissie Kunstmatige Intelligentie, bij het CWI een centrale faciliteit in te richten ten behoeve van het onderzoek op het gebied van de kunstmatige intelligentie.

Tabel 2: ISP-projecten

	project	aantallen ISP f.t.e.'s				
		1985	1986	1987	1988	1989
1	Gedistribueerde algoritmen	1	1	1	1	-
2	Interactieve planningsmethoden	1	1	2	2	1
3	Vectoralgoritmen voor supercomputers	1	1	1	1	-
	Totaal voor algoritmiek	3	3	4	4	1
4	Interactieve systemen	3	3	5	5	2
5	Gespreide bedrijfssystemen	2	2	4	4	2
6	Prestatie-analyse van computersystemen	1	1	2	2	1
7	Gedistribueerde informatiesystemen	3	3	5	5	2
	Totaal voor gedistribueerde en interactieve systemen	9	9	16	16	7
8	Statistische analyse van beeldgegevens	-	-	2	2	2
9	Expertsystemen en andere aspecten van kunstmatige intelligentie	3	3	5	5	2
	Totaal voor patroonherkenning en kunstmatige intelligentie	3	3	7	7	4
TOTAAL		15	15	27	27	12

N.B. In deze tabel zijn nog niet de aantallen f.t.e. genoemd die nodig zijn voor technisch-wetenschappelijke ondersteuning en voor secretariële en algemene ondersteuning (zie hiervoor tabel 5 in hoofdstuk 5).

3. Apparatuur

3.0. INLEIDING

Zoals reeds eerder is aangegeven (§1.6), is er bij de uitwerking van dit ontwikkelingsplan vanuit gegaan dat het zeker in de aanloopfase aanzienlijke moeite zal kosten om voldoende gekwalificeerd onderzoekspersoneel aan te trekken. Daarom zal in de eerste twee jaren van het plan een zwaarder accent worden gelegd op de opbouw van de voor het onderzoek benodigde infrastructuur. In de volgende jaren - als de universiteiten de eerste afgestudeerden van de nieuwe informaticastudierichtingen opleveren - zal het accent verschuiven naar het aantrekken van nieuw personeel. In dit hoofdstuk wordt deze strategie voor wat de apparatuur betreft nader uitgewerkt.

De benodigde infrastructuur bestaat uit computerapparatuur, communicatievoorzieningen e.d. en kan in twee categorieën onderverdeeld worden: algemene, niet-projectgebonden faciliteiten en gespecialiseerde, projectgebonden faciliteiten. In dit ontwikkelingsplan wordt ernaar gestreefd zowel de gehele infrastructuur, d.w.z. de voorzieningen die al het onderzoekswerk van het CWI ten goede komen en niet alleen het werk dat in het kader van het ISP uitgevoerd wordt, te verbeteren alsook de specifieke voorzieningen te creëren voor het in het kader van het ISP uit te voeren werk.

Te vermelden valt hier dat het CWI voor veel rekenwerk, vooral bij de afdelingen NW, MB en MS, maar ook bij de Financiële Dienst en Personeelsdienst, gebruik maakt van de SARA-faciliteiten. De hier beschouwde apparatuur betreft de eigen apparatuur voor informatica- en informatica-gelieerd onderzoek in het algemeen, en de ISP-projecten in het bijzonder. Alleen het deelproject *Vectoralgoritmen voor supercomputers* zal gebruik maken van externe faciliteiten (CYBER 205 bij SARA en mogelijk CRAY 1 bij Shell, Rijswijk).

3.1. CWI-INFRASTRUCTUUR

Ten aanzien van de apparatuur die nodig is voor een goede infrastructuur kan men onderscheiden:

1. Hulpmiddelen voor programmatuurontwikkeling zoals screen-editors, compilers, interpreters, debuggers, etc.
2. Hulpmiddelen voor tekstverwerking en documentatie zoals programmatuur voor typesetting, maken van tabellen, zetten van mathematische teksten, vervaardigen van overheadprojector-sheets enz. Faciliteiten voor de, vooral interactieve, grafische representatie van informatie.
3. Hulpmiddelen voor onderlinge communicatie en resource-sharing zoals electronic mail en electronic news, gemeenschappelijke databestanden, enz.
4. Hulpmiddelen op het gebied van formulemanipulatie.

Zonder dit te zeer te specificeren kan worden gezegd dat ernaar wordt gestreefd de momenteel gebruikte configuraties (één PDP11/34, twee VAX/750 en één VAX/780 met daarop aangesloten terminals) geleidelijk om te zetten in een lokaal netwerk met krachtige werkstations.

Het is op dit moment alleen mogelijk een zeer globale schatting te maken van de apparatuurbehoefte. De volgende cijfers geven een indicatie van prijs en capaciteit van minicomputers en personal computers mede ter aanduiding van wat een VE (VAX-equivalent) wordt genoemd als eenheid voor reken capaciteit.

	max. aantal gebruikers	prijsindicatie
VAX/750 (= 1 VE)	15	400 Kfl
IBM-PC	1	20 Kfl
Xerox werkstation	1	25 Kfl

Op grond van ervaring in het verleden bij de afdeling Informatica en het Computerlaboratorium, alsmede de in het 'Snowbird Report' (*Comm. of the ACM* 24, 1981, 370-374) gepresenteerde bedragen, kan een normbedrag worden geschat per informatica-onderzoeksplaats, respectievelijk kantoorautomatiseringsplaats. Dit leidt tot een globale kostenraming die relatief onafhankelijk is van een specifiek apparaatplan.

Uitgangspunt hierbij is een bedrag ad 76 Kfl zowel voor een research - of programmeurplaats als voor een kantoorautomatiseringsplaats (bij de laatste inbegrepen een hoge kwaliteit van tekstverwerking voor publikatie van wiskundige teksten), voor een periode van vier jaar. Tabel 3 geeft aan hoe deze bedragen tot stand zouden kunnen komen.

Tabel 3: Apparatuur-investering per medewerkersplaats

	research		kantoorautomatisering	
reken capaciteit	0.13 VE	52 Kfl	0.05 VE	20 Kfl
dataopslag	30Mbyte	4 Kfl	90Mbyte	12 Kfl
printer, etc.	0.05 stuks	3 Kfl	90Mbyte	12 Kfl
terminals	0.8 stuks	4 Kfl	1.3 stuks	7 Kfl
tekstverwerking		10 Kfl		20 Kfl
datacommunicatie		2 Kfl		2 Kfl
softwarepakketten		1 Kfl		3 Kfl
		<u>76 Kfl</u>		<u>76 Kfl</u>

De benodigde reken capaciteit voor researchplaatsen komt tot stand door per gebruiker 0.1 VAX te rekenen voor communicatie en centrale faciliteiten, tezamen met 0.5 werkstation (daarnaast wordt nog 0.8 terminal gerekend voor normaal gebruik door gasten etc.). Op basis van de boven gegeven maximale aantallen gebruikers per VE en de reeds in §1.6 gemaakte opmerking dat voor research een zekere overcapaciteit vereist is, lijkt een dergelijke toekenning alleszins redelijk. Het gegeven bedrag per researchplaats komt overeen met het bedrag dat in het Snowbird Report wordt genoemd voor medium-level apparatuurondersteuning. Hierbij valt nog op te merken dat de in het Snowbird Report gehanteerde prijzen van 1980 zijn. Echter er zijn in de tijd twee elkaar tegenwerkende tendensen waar te nemen: enerzijds een prijsdaling voor algemene apparatuur, anderzijds een toenemende behoefte aan meer gespecialiseerde, duurdere apparatuur. Op grond hiervan is het hanteren van getallen uit 1980, gezien het globale karakter van de ramingen, niet onredelijk.

Investerings in apparatuur hebben verschillende gevolgen in de sfeer van de exploitatiekosten:

- kosten voor hardware-onderhoud; circa 10% van het geïnvesteerde bedrag;
- kosten energieverbruik en hulpmiddelen (tapes, papier, e.d.); circa 5% van het geïnvesteerde bedrag;

- kosten voor software-onderhoud; circa 1 personeelsplaats per 20 gebruikers.

Het laatste punt is apart in de begroting voor personeelskosten opgenomen (zie tabel 5 in hoofdstuk 5). De eerste twee punten zijn opgenomen in de overhead per aan te stellen medewerker (hoofdstuk 5).

Op dit moment is op het CWI een capaciteit van ongeveer 4 à 4.5 VE beschikbaar. Aan het eind van 1984 wordt deze capaciteit gebruikt door ongeveer 57 researchmedewerkers, technici en programmeurs en door 25 medewerkers op kantoorautomatiseringsplaatsen. De volgens bovenstaande schattingen hiervoor benodigde capaciteit is ongeveer 8.5 VE. Op dit moment kan dus een achterstand worden geconstateerd van ruim 4 VE, d.w.z. ongeveer 1.8 Mfl. Naast het inhalen van deze achterstand is een blijvende investering nodig per jaar voor het behoud van deze medium-level apparatuurondersteuning. Op basis van 56 informatica-onderzoeksplaatsen (incl. technische ondersteuning) en 25 kantoorautomatiseringsplaatsen vereist dit een jaarlijkse investering van 1.5 Mfl. Bij deze schatting dient nog rekening te worden gehouden met een zekere groei van het aantal gebruikers door:

- Uitbreiding van het aantal informatica-medewerkers door een toenemend aantal projecten (ESPRIT, STW) en door aanstelling met NFI-gelden.
- Intensiever gebruik van de eigen interactieve faciliteiten, naast de nu gebruikte SARA-faciliteiten, door de overige O&O-programmeurs.
- De behoefte aan computergebruik bij wiskundigen op het CWI voor 'experimentele wiskunde', maar ook voor tekstverwerkingsfaciliteiten e.d. zal groeien.

Wanneer we aannemen dat dit totaal tot een uitbreiding van het aantal gebruikers in 1989 van 15 leidt, dan betekent dit in 1989 een extra investering per jaar van 0.3 Mfl.

Resumerend kunnen we stellen dat voor algemene apparatuurondersteuning, naast een in te halen achterstand van 1.8 Mfl, een jaarlijkse investering nodig is van 1.5 Mfl in 1985 oplopend tot 1.8 Mfl in 1989. Met een dergelijk investeringsniveau kan een 'medium-level' apparatuurondersteuning worden gerealiseerd en behouden.

3.2. ISP-GEBONDEN FACILITEITEN

Het CWI wordt geacht een toonaangevend centrum voor informatica-onderzoek te zijn. Het moge duidelijk zijn dat daarvoor 'medium-level' faciliteiten niet toereikend zijn. Het Snowbird Report vermeldt voor 'high-level' apparatuurondersteuning van een researchplaats een investeringsbedrag van 165-225 Kfl over vier jaar. Hier is in het hoogste bedrag begrepen een krachtig grafisch werkstation waarvoor nu ongeveer 100 Kfl moet worden gerekend. Indien de in §3.1 gegeven cijfers als uitgangspunt worden genomen en hier, i.p.v. 0.5 normaal werkstation en 0.8 terminal per gebruiker, één krachtig grafisch werkstation per gebruiker wordt gerekend, dan wordt het investeringsbedrag per researchplaats 160 Kfl. Voor de uit de ISP-basisfinanciering te bekostigen researchplaatsen wordt een dergelijk investeringsniveau per researchplaats gemiddeld zeker noodzakelijk geacht. Hierbij moet de bovengeschetste specifieke invulling als een voorbeeld worden gezien. Men kan ook denken aan andere speciale hulpmiddelen zoals special-purpose personal computers, speciale datacommunicatievoorzieningen, enz. Gemiddeld betreft het ISP-gefinancierde onderzoek 22.2 plaats per jaar, d.w.z. totaal 4.4 Mfl over de periode van 5 jaar. Hiernaast is nog speciale apparatuur vereist voor sommige projecten die niet onder het gemiddelde bedrag per plaats kan worden gebracht, t.w.:

- 10 single board processors à 10 Kfl in 1986 voor het deelproject: *Gespreide bedrijfssystemen* (5);
- media voor massale data-opslag (b.v. video-disk) à 200 Kfl in 1987 voor het deelproject: *Gedistribueerde informatiesystemen* (7);

- 2 LISP-machines à 300 Kfl in 1987 en 1988 voor het deelproject: *Expertsystemen en andere aspecten van kunstmatige intelligentie* (9).

De totale extra investeringsbehoefte in het kader van de ISP-projecten bedraagt dus 5.3 Mfl.

3.3. CONCLUSIES

Uit de voorgaande paragrafen blijkt dat in de komende vijf jaren een apparatuurinvestering vereist is ten bedrage van:

Voor het inhalen van de opgelopen achterstand	1.8 Mfl
Investering voor medium-level ondersteuning (resp. 1.5, 1.6, 1.65, 1.75, 1.8 Mfl)	8.3 Mfl
Investering in high-level ondersteuning van ISP-projecten	4.4 Mfl
Speciale investeringen voor ISP-projecten	0.9 Mfl
Totaal te investeren t/m 1989	<u>15.4 Mfl</u>

In deze behoeften zal op de volgende wijze worden voorzien. Er wordt globaal vanuit gegaan dat het inhalen van de achterstand en de investering voor medium-level ondersteuning door ZWO moet worden gefinancierd. De extra inspanning die nodig is voor de ISP-projecten, dient uit de ISP-gelden en (voor een kleiner deel) uit de inkomsten uit opdrachten te worden bekostigd. Zoals reeds eerder was opgemerkt, zal vooral in de eerste jaren de aandacht voor investeringen in apparatuur met ISP-gelden groot zijn i.v.m. de geringe beschikbaarheid van informatici in die periode.

De volgende verdeling over de jaren en over de financieringsbronnen wordt nagestreefd.

Tabel 4: Apparatuurinvestering in 1984 t/m 1989

Jaar	ZWO	ISP	Overig	Totaal
1984	-	2.0 Mfl	-	2.0 Mfl
1985	1.8 Mfl	0.9 Mfl	0.3 Mfl	3.0 Mfl
1986	2.0 Mfl	0.5 Mfl	0.3 Mfl	2.8 Mfl
1987	2.0 Mfl	0.5 Mfl	0.3 Mfl	2.8 Mfl
1988	2.0 Mfl	0.3 Mfl	0.3 Mfl	2.6 Mfl
1989	1.9 Mfl	-	0.3 Mfl	2.2 Mfl
	9.7 Mfl	4.2 Mfl	1.5 Mfl	15.4 Mfl

4. Mechanismen ter bewaking, evaluatie en overdracht

4.0 INLEIDING

De wetenschappelijke onderzoeker heeft in het algemeen een tweeledige taak. Enerzijds dient hij kennis te produceren en nieuwe gedachten te vormen betreffende zijn vakgebied, anderzijds dient hij deze kennis geordend over te dragen aan anderen ter versterking van de wetenschappelijke discipline en voor toepassing ervan bij de oplossing van technische en maatschappelijke problemen.

Fundamenteel onderzoek van niveau, het proces van de kennisproductie, is grensverleggend en gericht op resultaten met een innoverend karakter. Beoordeling ervan geschiedt gebruikelijk in het open en internationale proces van de wetenschappelijke discussie in vakbladen, door refereesystemen bij publikaties, door uitnodiging tot voordrachten enz. De kennisoverdracht realiseert een onderzoeker traditioneel via publikaties in vakbladen, boeken, rapporten, via voordrachten, colleges, discussies, via het ontwerpen en beschrijven van machines en via vele andere wegen. Bij dit proces van kennisoverdracht kan de doorlooptijd, de tijd die nodig is voordat een zuiver-wetenschappelijk resultaat middels toepassingsgericht, toegepast en ontwikkelingsonderzoek tot innoverende praktische produkten leidt, soms aanzienlijk zijn. Bovendien kunnen door gebrekkige overdracht, of door het ontbreken van voldoende toepassingsgericht, toegepast of ontwikkelingsonderzoek, toepasbare zuiver-wetenschappelijke resultaten onbenut blijven. Het bekorten van de doorlooptijd van informatica-onderzoeksresultaten is een belangrijke doelstelling van het ISP.

Het CWI participeert sinds 1946 met succes in het internationale onderzoek op het gebied van wiskunde en informatica. Het heeft zich een vooraanstaande plaats verworven als producent van wetenschappelijke kennis, hetgeen moge blijken uit de vele publikaties en andere vormen van kennisoverdracht (zie hiervoor bijvoorbeeld de jaarverslagen van de SMC). Om deze vooraanstaande plaats te behouden is een blijvende en geconcentreerde inzet vereist in fundamenteel zuiver-wetenschappelijk onderzoek met de daarbij behorende traditionele middelen voor bewaking, evaluatie en overdracht. Het CWI onderkent ook, het werd al eerder betoogd, het grote belang van toepassingsgericht en strategisch onderzoek; hiervan werd ook in het verleden meermalen blijk gegeven. Immers, de confrontatie met in praktijksituaties voorkomende problemen is een vruchtbare bron van probleemstellingen die zich lenen voor fundamenteel onderzoek.

De specifieke situatie van de informatica in Nederland, die extra stimulering van onderzoek op dit gebied vraagt en die bekorting van de doorlooptijd ervan noodzakelijk maakt, dwingt echter tot extra aandacht voor toepassingsgericht en strategisch onderzoek, tezamen met nieuwe mechanismen voor bewaking, evaluatie en overdracht ervan. In deze paragraaf zullen wij aandacht geven aan versterking van bestaande en aan de ontwikkeling van nieuwe mechanismen hiervoor.

4.1. MECHANISMEN TER BEWAKING EN EVALUATIE

Bij het bewaken van de voortgang van onderzoek en van het verwezenlijken van de doelstellingen dient men steeds te bedenken, dat de aard van het onderzoek bepaalt in hoeverre van te voren mijlpalen gedefinieerd kunnen worden waaraan tijdens het onderzoek de voortgang kan worden getoetst. Ook de wijze waarop wordt beoordeeld en de achtergrond van de beoordelaars (bijvoorbeeld universitair of industrieel) dient mede bepaald te worden door de aard van het onderzoek. In het algemeen zal voortgangscntrole gemakkelijker zijn naarmate een project meer applicatiegericht is.

De bestaande mechanismen voor bewaking en evaluatie van onderzoek bij het CWI zijn zowel van *interne* als *externe* aard. Voor de interne bewaking worden traditionele methoden voor research-management gebruikt, zoals interne voortgangscntroles en bewaking van tijd en middelen. Van de externe middelen voor bewaking en evaluatie die het CWI hanteert, is als eerste te noemen het al vele

jaren gehanteerde systeem van een Raad van Advies met daarbij behorende Adviescommissies op de diverse onderzoekgebieden. Deze commissies, waarin vooral onderzoekers uit de universitaire wereld zitting hebben, zijn actief betrokken bij de totstandkoming van het onderzoekbeleid en de evaluatie van de onderzoeksresultaten van het instituut. Een tweede vorm van bewaking en evaluatie vindt plaats in het kader van STW-projecten. Deze projecten worden begeleid door een gebruikerscommissie die is samengesteld uit betrokken onderzoekers en vertegenwoordigers van het geïnteresseerde bedrijfsleven of betrokken technisch-wetenschappelijke instituten. Administratief-organisatorische begeleiding, waaronder eventuele zakelijke contacten met het bedrijfsleven, wordt hier verzorgd door de Stichting. Tenslotte moeten nog worden gememoreerd de halfjaarlijkse reviews t.b.v. ESPRIT en evaluatie van contractuele verplichtingen die voortvloeien uit samenwerking met het bedrijfsleven.

Het CWI streeft ernaar de nu al bestaande mechanismen te versterken teneinde de beheersbaarheid van het onderzoek te vergroten en de uitvoering van meer toepassingsgericht onderzoek op het CWI te bevorderen. Dit zal plaatsvinden door ook deskundigen uit het bedrijfsleven te betrekken bij de advisering over en evaluatie van het lopend onderzoek en de plannen voor nieuw onderzoek in de wetenschappelijke afdelingen. Ook streeft de Stichting ernaar de expertise binnen het CWI op het gebied van het management van grote, sterk-risicodragende onderzoekprojecten te versterken en waar nodig op te bouwen.

Als nieuwe mechanismen, mede gericht op de bewaking en evaluatie van in het kader van het ISP te subsidiëren onderzoek, stelt het CWI het volgende voor:

- Regelmatig contact met het Stimuleringsprojectteam Informatica (SPIN) in de vorm van besprekingen naar aanleiding van jaarverslaglegging, de bij ZWO jaarlijks per 1 juni in te dienen beleidsbegroting/meerjarenplanning en de jaarlijks in december bij ZWO in te dienen wetenschappelijke plannen.
- Indien het tot oprichting komt van de door COSSO voorgestelde Industriële Raad voor het Informatica-onderzoek, dan acht het CWI een regelmatig contact met deze Raad van belang.
- Na afloop van de eerste planperiode van twee jaar zal een schriftelijke voortgangsrapportage worden gegeven van al het informatica-onderzoek binnen het instituut dat in het kader van het ISP gefinancierd is. Deze voortgangsrapportage zal tenminste de volgende elementen bevatten:
 - a. Evaluatie van de resultaten en voortgang van alle uit het ISP gefinancierde onderzoek.
 - b. Selectie naar aard en omvang van de projecten die in de volgende drie jaren ter stimulering zullen worden voorgedragen. Dit zullen deels voortzettingen zijn van projecten uit de eerste twee jaar, maar deels ook projecten die in de tweede fase moeten worden gestart.
- Het CWI zal, met name voor de ISP-projecten, halfjaarlijks een kort voortgangsrapport beschikbaar stellen.

4.2. MECHANISMEN VOOR OVERDRACHT

De gebruikelijke kanalen voor overdracht van onderzoeksresultaten op het CWI zijn:

- Publikaties in wetenschappelijke tijdschriften, boeken en proceedings in internationaal verband.
- Publikaties in eigen rapporten- en boekenseries. Deze series worden door uitwisseling en verkoop op ruime schaal internationaal verspreid.
- Het in samenwerking met het bedrijfsleven of de overheid uitvoeren van onderzoekprojecten.

- Het ter beschikking stellen van gedocumenteerde programmatuur.
- Organisatie van colloquia, symposia, werkweken etc.
- Het geven van voordrachten in allerlei verband.
- Organisatie van en medewerking aan cursussen, b.v. PAO-cursussen en vakantiecursussen voor leraren.
- Gastdocentschappen van CWI-medewerkers bij universiteiten.
- Doorstroming van gepromoveerde medewerkers naar universiteiten, technische instituten en bedrijfsleven.

De meeste van deze activiteiten betreffen een breed publiek (onderzoekers van universiteiten en hogescholen, studenten, leraren, werknemers uit het bedrijfsleven etc.) en ondervinden over het algemeen een ruime belangstelling. Met behulp van de NFI-middelen zal een aantal van deze mechanismen kunnen worden versterkt door het aantrekken van buitenlands talent. Dit zal vooral zijn gericht op versterking van de kadervorming.

Naast de bovengenoemde traditionele overdrachtsmechanismen vindt de laatste jaren ook steeds meer kennisoverdracht plaats door bilaterale samenwerking met bedrijven. Te noemen valt hier de samenwerking in het kader van STW-projecten die bij het CWI worden uitgevoerd (inmiddels zeven - waarvan vijf gestart - op het gebied van rastergrafiek, spectrale analyse van atmosferische modellen, routing van voertuigen, ondiep-water-vergelijkingen, numerieke behandeling van stromingen beschreven door Eulervergelijkingen, analyse van verkeersstromen en tenslotte regelproblemen van autosnelwegsignaleringsystemen). In de gebruikerscommissies van deze projecten vindt regelmatig direct overleg plaats tussen de onderzoekers en het betrokken bedrijfsleven over de toepasbaarheid van de resultaten (zie bijlage D).

ESPRIT-projecten zijn andere voorbeelden van onderzoekprojecten waarbij het CWI intensief overleg heeft met industriële bedrijven. Dergelijke projecten betreffen altijd een samenwerking van bedrijven en onderzoekinstellingen uit tenminste twee EG-landen. Het CWI heeft in de pilot-fase aan drie ESPRIT-projecten deelgenomen en er is een aantal aanvragen ingediend voor nieuwe ESPRIT-projecten (o.a. op het gebied van Computer Integrated Manufacturing, formele specificatiemethoden, programmeeromgevingen en parallelle computers), die nog in 1984 moeten worden gestart (zie bijlage D).

Samenwerking met het bedrijfsleven en het technisch-wetenschappelijk onderzoek wordt door het CWI actief nagestreefd. Voor dit doel wordt de directie van het CWI bijgestaan door een beleidsadviseur. Het CWI stimuleert zijn medewerkers tot het opzetten, tezamen met bedrijven of instituten, van door derden (STW, ESPRIT e.a.) te financieren projecten, alsmede tot bilaterale samenwerking met bedrijven middels contractonderzoek dat aansluit bij het CWI-onderzoek. Een ander middel dat wordt overwogen is het opstellen van programma's of het oprichten van projectgroepen gericht op het onderzoek in één of meer projecten, waaraan het bedrijfsleven en betrokken grote technisch-wetenschappelijke instituten deelnemen.

Ook op meer informele wijze streeft het CWI naar contacten met bedrijven en overheidsinstellingen. Men denke hierbij aan wederzijdse presentaties en discussies, overleg over onderzoekplannen met branche-organisaties (bijvoorbeeld met COSSO), participatie in het NGI, deelname aan de Informatica-Sociëteit etc. Meer algemeen is het CWI zeker bereid de bij haar opgebouwde expertise ter beschikking te stellen voor ondersteuning van het beleid bij overheid en bedrijfsleven op het gebied van de informatica.

Voor de overdracht van de in de 'ISP-projecten' (zie Appendix B) verkregen resultaten stelt het CWI voor om ter afsluiting van de eerste planperiode van twee jaar een landelijk symposium te organiseren waarin de bereikte resultaten gepresenteerd en samengevat worden.

Teneinde een directe en blijvende kennisoverdracht naar de industrie te bereiken, zal het CWI nagaan of uitwisseling en detachering van medewerkers over en weer tussen bedrijfsleven en CWI realiseerbaar is.

Het CWI is tevens bereid tot het ontwikkelen van nadere initiatieven in overleg met het 'aanjaagteam' Stimulering Bedrijfsvoorlichting Informatietechnologie (SBI).

Ten aanzien van het hoger onderwijs, neemt het CWI zich voor om, binnen het thans door een commissie op te stellen 'hoger-onderwijsplan informatica', de mogelijkheden na te gaan van versterkte deelname aan het PAO- en PATO-onderwijs.

Tenslotte kan, in overleg met de in het ISP aangekondigde Stichting voor Publieksgerichte Voorlichting, worden nagegaan in hoeverre het CWI zinvol kan worden betrokken bij voorlichting betreffende wiskunde en informatica aan een breder publiek.

5. Financiële aspecten

In hoofdstuk 2 gaven we het totaal aantal f.t.e. per ISP-project dat gedurende de planperiode ten laste van de ISP-basisfinanciering wordt gebracht. In de tabel aan het eind van hoofdstuk 2, alsmede in Appendix B, wordt in meer detail de verdeling van deze lasten over de periode aangegeven. In de onderstaande tabel worden deze inspanningen gekapitaliseerd per jaar. Hierbij is als uitgangspunt een bedrag ad Kfl 100 per medewerker gemiddeld genomen. Dit bedrag is gebaseerd op de gemiddelde kosten per promotiemedewerker van Kfl 90 en aanstelling van ongeveer vier hoog-gekwalificeerde informatici waarvan de kosten tussen Kfl 120 en Kfl 170 liggen. In deze bedragen is een zeker percentage bestemd voor overheadkosten en kosten voor congresbezoek e.d. Met name is hierin opgenomen een bedrag ter hoogte van 15% voor hardware-onderhoud, computerhulpmiddelen en energieverbruik.

Tabel 5: Overzicht personele kosten ISP-projecten

projecten	1985		1986		1987		1988		1989	
	f.t.e.	Kfl	f.t.e.	Kfl	f.t.e.	Kfl	f.t.e.	Kfl	f.t.e.	Kfl
Algoritmiek	3	300	3	300	4	400	4	400	1	100
Gedistribueerde en interactieve systemen	9	900	9	900	16	1600	16	1600	7	700
Patroonherkenning en kunstmatige intelligentie	3	300	3	300	7	700	7	700	4	400
Computerlaboratorium	3	300	3	300	3	300	3	300	3	300
Totaal voor research en technische ondersteuning	18	1800	18	1800	30	3000	30	3000	15	1500
Management, secretariële en algemene ondersteuning	7	455	7	455	10	650	10	650	5	325
Totaal	25	2255	25	2255	40	3650	40	3650	20	1825

Een extra ondersteuning met 3 f.t.e. bij het Computerlaboratorium is om verschillende redenen gewenst. In de eerste plaats noodzaakt een uitbreiding van de apparatuur, zoals al eerder werd vermeld in hoofdstuk 3, ook tot een uitbreiding van personeel voor software-onderhoud. Gezien de forse apparatuuruitbreiding die noodzakelijk wordt geacht, is software-ondersteuning door twee à drie personen zeker niet te hoog te noemen. In de tweede plaats is versterking van het Computerlaboratorium nodig teneinde voldoende ondersteuning te kunnen geven bij de in het ISP-kader sterk uit te breiden projecten binnen de thema's *Gedistribueerde en interactieve systemen* en *Patroonherkenning en kunstmatige intelligentie*.

In tabel 5 wordt tevens opgevoerd een aantal van totaal 39 f.t.e. voor management en algemene ondersteuning. De huidige ratio tussen (technisch-)wetenschappelijk personeel en (systeem)programmeurs

enerzijds en hun directe ondersteuning anderzijds, bedraagt bij het CWI 3 : 1. Op basis hiervan zijn de in de tabel aangegeven aantallen f.t.e.'s voor management en algemene ondersteuning berekend. Voor deze ondersteuning worden de gemiddelde kosten per plaats geschat op 65 Kfl. Met nadruk moet erop worden gewezen dat bij deze schattingen geen rekening is gehouden met de wens tot een relatieve versterking van projectmanagement en -acquisitie. Gemeend wordt dat efficiencyverhoging door invoering van kantoorautomatisering voor een deel de ruimte voor een dergelijke versterking kan bieden.

Indien de in tabel 5 gegeven totaalcijfers gecombineerd worden met de in tabel 4 (§3.3) genoemde jaarbedragen voor apparatuurinvestering ten laste van de ISP-basisfinanciering, leidt dit tot de totaalbedragen voor personeel en apparatuur ten laste van de ISP-basisfinanciering zoals gegeven in tabel 6. Het curatorium van de Stichting Mathematisch Centrum is van mening dat een totaalbedrag ad Mfl 18.0 nodig is om te kunnen voldoen aan de eis het CWI te ontwikkelen tot toonaangevend centrum voor informatica-onderzoek.

Tabel 6: Totaaloverzicht ISP-basisfinanciering (in Mfl)

jaar	personeel	apparatuur	totaal
1984	-	2.0	2.0
1985	2.3	0.9	3.2
1986	2.3	0.5	2.8
1987	3.7	0.5	4.2
1988	3.7	0.3	4.0
1989	1.8	-	1.8
Totaal	13.8	4.2	18.0

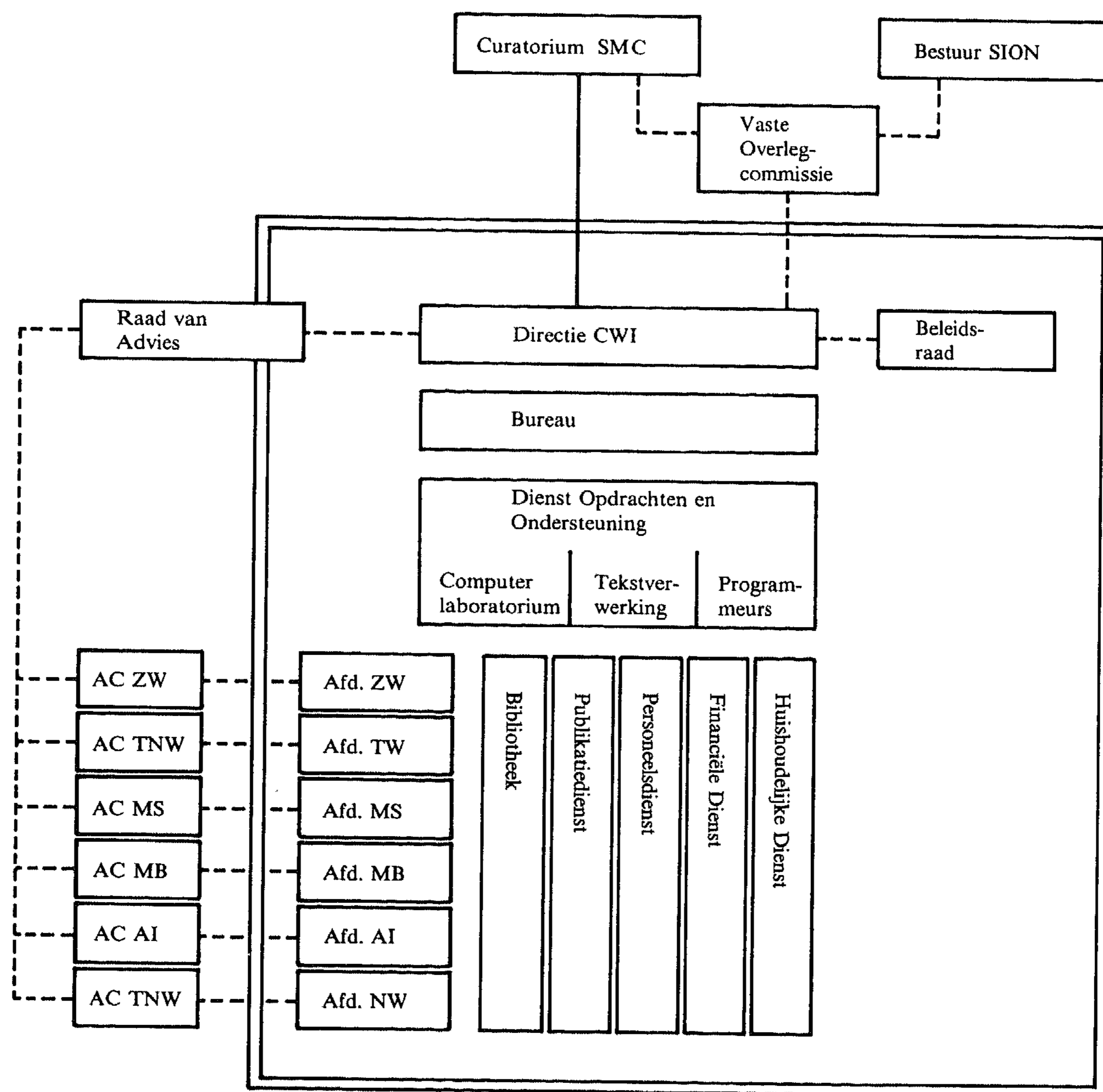
De in tabel 6 aangegeven bedragen voor financiering van personeel en apparatuur in de jaren 1985 tot en met 1989 noodzaken tot nadere overweging van de consequenties voor de jaren na 1989. Dit geldt enerzijds concreet de financiering van 20 f.t.e., die deels nog voor één jaar, deels voor onbepaalde tijd op de CWI-begroting zullen drukken na 1989. Anderzijds dient het Centrum zijn rol als toonaangevend centrum voor fundamenteel en toepassingsgericht informatica-onderzoek, die gedurende de komende 5 jaar met behulp van ISP-gelden moet worden opgebouwd en versterkt, te behouden.

Bij de benadering van de financiële situatie na 1989 geldt als uitgangspunt dat de via de ISP-bestedingen opgebouwde kennis, mede door de versterking van acquisitie en management - in het algemeen de grotere toepassingsgerichtheid van het bij het CWI uitgevoerde onderzoek - , zal hebben geleid tot een substantiële toename van de inkomsten uit contractonderzoek, licenties e.d. Hierbij moet worden nagegaan in hoeverre een blijvende betrokkenheid van de overheid in de vorm van projectfinanciering kan worden gerealiseerd. Daarnaast verwacht het CWI een blijvend accres in de door ZWO ten behoeve van het Centrum toegekende middelen voor exploitatie. Bovendien, dit moge reeds blijken uit de opgevoerde bedragen in tabel 4 (§3.3), gaat het CWI uit van een blijvende bijdrage van ZWO voor investeringen bij het CWI ten bedrage van ongeveer 2 Mfl.

6. Organisatorische consequenties

6.1. DE HUIDIGE ORGANISATIE

Alvorens te kunnen ingaan op de organisatorische consequenties van het in de voorgaande hoofdstukken gepresenteerde ontwikkelingsplan, is het nodig een kort beeld te schetsen van de huidige structuur van het CWI. In schema 1 wordt de organisatie van het CWI met zijn adviesstructuur weergegeven.



Schema 1: Het Centrum voor Wiskunde en Informatica

Ter toelichting op schema 1 vermelden we het volgende:

Het CWI kent zes wetenschappelijke afdelingen, met de tussen haakjes aangegeven aantallen wetenschappelijk medewerkers, inclusief chefs en souschefs, ultimo 1983.

ZW: Afdeling Zuivere Wiskunde (12)

TW: Afdeling Toegepaste Wiskunde (9)

MS: Afdeling Mathematische Statistiek (7)

MB: Afdeling Mathematische Besliskunde en Systeemtheorie (10)

NW: Afdeling Numerieke Wiskunde (6)

AI: Afdeling Informatica (18)

Er zijn vijf adviescommissies die adviseren betreffende het onderzoekbeleid en de onderzoekprojecten van de afdelingen:

AC ZW :adviescommissie voor ZW

AC TNW:adviescommissie voor TW en NW

AC MB :adviescommissie voor MB

AC MS :adviescommissie voor MS

AC AI :adviescommissie voor AI

De Stichting Mathematisch Centrum, waaronder het CWI ressorteert, wordt bestuurd door het curatorium. De dagelijkse leiding van de SMC en het CWI berust bij een directie, bestaande uit een wetenschappelijk directeur, een directeur beheerszaken en een adjunct-directeur. De directie wordt bij haar beleid geadviseerd door de Vaste Overleg Commissie SMC-SION betreffende het informatica-onderzoek, door de Raad van Advies betreffende het algemene wetenschappelijke beleid, en door de Beleidsraad betreffende het algemene CWI-beleid. In de Raad van Advies hebben de voorzitters van de afdelingscommissies zitting.

Het Bureau verzorgt de beleidsondersteuning aan de directie en secretariële ondersteuning aan de afdelingen. Het Bureau is ook nauw betrokken bij het publicatiebeleid, de jaarverslaglegging, het opstellen van (beleids)begrotingen van de Stichting e.d. Het Bureau is naast deze taak binnen het CWI, tevens belast met de organisatorische en administratieve ondersteuning van de landelijke ZWO-wiskundeprojecten en de STW-projecten (inclusief begeleiding in de gebruikerscommissies). Omdat het SION-bureau hier ook is ondergebracht, worden dergelijke taken ook verricht op het gebied van de informatica in Nederland.

De Dienst Opdrachten en Ondersteuning (O&O) is verantwoordelijk voor de interne apparatuur- en programmatuurondersteuning en de ondersteuning bij c.q. uitvoering van externe opdrachten. Deze dienst is ruwweg in te delen in drie stukken:

- (1) Het Computerlaboratorium, belast met apparaatuaanschaf en -onderhoud en met ontwikkelingswerk, met name op het gebied van (local area) netwerken; tevens verzorgt het Computerlaboratorium de gateway-functie die het CWI in het internationale USENET-netwerk vervult.
- (2) De tekstverwerkingsgroep, belast met (het onderhoud van) programmatuur voor tekstverwerking en andere kantoorautomatiseringstaken.

- (3) De groep belast met de uitvoering van externe en interne opdrachten, bestaande uit enkele medewerkers en een programmeurspool.

Het hoofd van de dienst O&O is betrokken bij de projectbewaking, m.n. voor projecten in het kader van ESPRIT en bilaterale overeenkomsten met industrieën. Tevens verzorgt hij de contacten met SARA, zowel voor het CWI en zijn derden als voor de ZWO- en FOM-gebruikers.

De overige diensten geven algemene ondersteuning, waarbij nog moet worden genoemd: de Bibliotheek die de facto de functie van landelijke bibliotheek op het gebied van wiskunde en informatica vervult, en de Publikatiedienst, die eveneens landelijke werkzaamheden verricht, zowel voor zusterstichtingen binnen de ZWO-organisatie, als voor individuele wiskundigen en informatici (drukken van proefschriften).

Jaarlijks dient de Stichting, mede voor het CWI, bij ZWO een beleidsbegroting (1 juni, voor het daaropvolgend jaar) en een bestedingsbegroting met een gedetailleerde wetenschappelijke planning (in december) in.

Er wordt naar gestreefd het algemeen jaarverslag over het voorafgaand jaar eveneens in juni gereed te hebben. Budgettering geschiedt op jaarbasis; het is de Stichting niet toegestaan fondsen te vormen, bijvoorbeeld een risicofonds voor contractonderzoek kon tot nu toe niet worden gevormd.

6.2 CONSEQUENTIES VOOR DE AFDELINGSOPBOUW

De huidige afdelingsopbouw met één afdeling Informatica en vijf wiskunde-afdelingen, zal bij uitbreiding van het informatica-onderzoek op de wijze zoals in dit ontwikkelingsplan is aangegeven, niet kunnen worden gehandhaafd. De directie meent dat een informatica-afdeling met ongeveer 40 medewerkers niet goed bestuurbaar is door één chef en één souschef. Het aanstellen van meer souschefs betekent dan de facto een opsplitsing van de afdeling. Een formele splitsing waardoor ook zware posities (chefs) beschikbaar komen die door kwalitatief hoogwaardige onderzoekers kunnen worden bekleed, is dan meer gewenst. Welke afdelingsopbouw in de toekomst wel dient te worden gerealiseerd is onderwerp van diepgaand overleg geweest. Een belangrijk gegeven hierbij was de bijzondere aandacht die, mede door de voorliggende plannen, zal worden gegeven zowel aan toepassingsgericht en strategisch onderzoek, als aan applicatie-ontwikkeling.

Bij een herorganisatie van de afdelingsindeling dient als uitgangspunt te worden genomen dat het ontwikkelingswerk moet plaats vinden dicht bij de activiteit van waaruit het voortkomt, teneinde een optimale overdracht van kennis van het zuiver-wetenschappelijke naar het toegepaste niveau te realiseren. Om deze reden is ervoor gekozen geen aparte afdeling voor ontwikkelingswerk op te zetten. Tevens heeft dit geleid tot de beslissing dat een splitsing van de huidige afdeling Informatica gewenst is en wel volgens een thematische indeling, waarbij aansluiting zal worden gezocht bij de in hoofdstuk 2 genoemde indeling in hoofdthema's.

Bij de realisatie van deze splitsing is een pragmatische benadering zeker van belang, vooral met het oog op het kunnen aantrekken van kwalitatief geschikte personen die in de toekomst leiding moeten geven aan de ontstane afdeling(en).

Het uitgangspunt om het fundamentele onderzoek en de applicatie-ontwikkeling die daaruit voortkomt, dicht bijeen te houden, zal mogelijk ook kunnen leiden tot het opnemen van bepaalde delen van het Computerlaboratorium in een informatica-afdeling.

Bij de uitwerking van het bovengenoemde uitgangspunt is overwogen dat deze afdelingsindeling het management en de bewaking van ontwikkelingsprojecten zou kunnen bemoeilijken. Immers, het centrum voor fundamenteel onderzoek CWI, waar een belangrijk stuk zuiver-wetenschappelijk onderzoek wordt verricht, dient een zekere vrijheid van onderzoek in haar wetenschappelijk afdelingen te garanderen. Bij (pre-)ontwikkelingswerk en samenwerkingscontracten met de industrie, die nu in diezelfde

wetenschappelijke afdeling zullen worden ondergebracht, zal de onderzoeksvrijheid echter sterk beperkt zijn. De nu gekozen oplossing vereist extra aandacht voor projectmanagement en -bewaking (we gaan hierop verder in in §6.3). Niettemin leeft de stellige overtuiging dat het belang van een optimaal samenspel van zuiver-wetenschappelijk, toepassingsgericht, strategisch en (pre-)ontwikkelingsonderzoek, en de aantrekkingskracht die het CWI op de onderzoekers dient te hebben, aanmerkelijk zwaarder weegt dan de extra organisatorische problemen die dit zou kunnen scheppen.

6.3. CONSEQUENTIES VOOR PROJECTBEHEER

Naast ruime ervaring met de algemene instrumenten voor kwaliteitsbewaking van fundamenteel onderzoek voor het internationale wetenschappelijke forum, heeft het CWI, vooral in de laatste jaren, enige ervaring opgedaan met beheer van projecten waarbij de industrie als opdrachtgever, medecontractant of potentiële gebruiker is betrokken. Deze ervaring ligt deels binnen de wetenschappelijke afdelingen, deels ook binnen de Dienst O&O (ESPRIT-projecten, contractonderzoek) en binnen het Bureau (STW-projecten). De in dit ontwikkelingsplan voorgestelde versterking van vooral het toepassingsgericht en strategisch onderzoek noodzaakt echter tot een meer fundamentele bezinning op procedures voor en organisatie van het project- en accountmanagement. Hierbij moet men zich echter realiseren dat op het gebied van management van grote researchprojecten met verschillende, ook industriële, participanten nog betrekkelijk weinig expertise bestaat in het Nederlandse eerste en tweede geldstroomonderzoek. Bovendien is juist in een zo maatschappijvernieuwend gebied als de informatica en de informatietechnologie nog weinig vastgelegd in jurisprudentie en regelgeving (men denke hier bijvoorbeeld aan licenties en copyright van programmatuur).

Binnen het CWI wordt actief gewerkt aan het opbouwen en versterken van de expertise op het gebied van projectmanagement, accountmanagement en marktrelaties, evenals aan het opzetten van procedures en organisatiestructuren die deze expertise moeten dragen. Hiertoe zijn ook contacten gelegd met externe, op dit gebied deskundig te achten personen.

6.4. CONSEQUENTIES VOOR DE EXTERNE RELATIES EN DE ADVIESSTRUCTUUR

Al geruime tijd stelt het CWI haar onderzoekprogramma ter discussie in de Nederlandse wereld van wiskunde- en informatica-onderzoek, met name in de universitaire wereld. De versterking van de toepassingsgerichtheid van het onderzoek vereist, zoals in hoofdstuk vier al werd opgemerkt, ook het betrekken van industrie en overheid bij de discussies over het onderzoekprogramma en de onderzoeksresultaten van het CWI. In het kader van het ISP is bovendien onderlinge afstemming gewenst met door de overheid in te stellen c.q. ingestelde organen voor planning en coördinatie.

Ter uitwerking hiervan wordt voorgesteld:

- Regelmatige bespreking van de wetenschappelijke plannen en resultaten op het gebied van informatica-gelieerd onderzoek met het SPIN, bijvoorbeeld naar aanleiding van de jaarlijks op te stellen beleidsbegroting, gedetailleerde wetenschappelijke plannen en verslagen.
- Vertegenwoordigers van de industrie zullen worden betrokken bij de advisering over en evaluatie van het lopend onderzoek en de plannen voor nieuw onderzoek in de wetenschappelijke afdelingen.
- Contact zal worden gezocht met het 'aanjaagteam' Stimulering Bedrijfsvoorlichting Informatietechnologie, alsmede met de nog op te richten Stichting Publieksgerichte Voorlichting teneinde na te gaan of via deze wegen de relatie met het bedrijfsleven kan worden versterkt.

Het CWI zal aandacht geven aan het opbouwen en onderhouden van betrekkingen met de industrie, de

overheid en internationale onderzoekinstellingen. Er zal worden nagegaan hoe hieraan concreet vorm kan worden gegeven. Dit geldt evenzeer voor de taak van opdrachtenacquisitie.

6.5. CONSEQUENTIES VOOR FINANCIERING EN PERSONEELSBELEID

Eerder werd reeds gemeld dat de SMC tot nu toe niet in staat is gesteld een fonds te vormen teneinde zonder al te grote risico's voor het reguliere onderzoek, risicovolle samenwerking met de industrie te kunnen aangaan. Het curatorium van de SMC is van mening dat zonder een dergelijk egalisatiefonds niet in voldoende mate aan de in het ISP vermelde eisen betreffende versterking van het toepassingsgerichte onderzoek en de relatie met het bedrijfsleven, kan worden voldaan. De instelling van dit egalisatiefonds, reeds nu van belang voor de veiligstelling van de continuïteit van het onderzoek, wordt des te noodzakelijker in verband met de verplichting te zijner tijd de via de ISP-basisfinanciering opgebouwde versterking van het onderzoek voor een aanzienlijk deel te bekostigen met financiële middelen uit de derde geldstroom. Er zullen, in overleg met ZWO, voorstellen worden ontwikkeld tot wijziging van de financiële relatie met ZWO op dit punt.

In §6.3 wordt aangegeven dat versterking van de projectbewakingsmechanismen is vereist. Sommige van deze mechanismen liggen in de sfeer van het personeelsbeleid. Zo zou kunnen worden overwogen of voor aanstelling van wetenschappelijk (promotie)medewerkers op projecten met een strenge tijdsbewaking niet een termijn van drie jaar met uitzicht op verlenging tot vier jaar (3+1, zoals ook bij STW gebruikelijk is) wenselijker is dan de tot nu toe gebruikelijke 1+3 jaar. Een dergelijke aanstelling sluit ook beter aan bij de fasering van de ISP-programma's waar na twee jaar wordt geëvalueerd.

Ook in de sfeer van de beloningen bestaan mechanismen voor projectbeheer, vooral in de zin van stimuleringsmiddelen. Bijvoorbeeld kan men denken aan (eenmalige) beloningen voor succesvolle groepen.

Tenslotte zij vermeld dat op het gebied van aanstelling, detachering en beloningen, wegen moeten worden gevonden om uitwisseling van personeel met het bedrijfsleven te stimuleren.

Appendix A: De I van CWI

In deze appendix geven wij een inventarisatie van het informatica-onderzoek dat thans op het CWI wordt uitgevoerd of, volgens de bestaande beleidsvoornemens, binnenkort van start zou moeten gaan. De projecten zijn gegroepeerd rond de vier in §2.1 gegeven centrale thema's:

A.1. *Algoritmiek*

A.2. *Programmatuur*

A.3. *Gedistribueerde en interactieve systemen*

A.4. *Patroonherkenning en kunstmatige intelligentie*

Bij deze inventarisatie hebben we het begrip *informatica* ruim opgevat. Het omvat ook informatica met een sterk wiskundige component (b.v. bij cryptografie in A.1 en concurrency in A.2), wiskunde met toepassingen binnen de informatica (b.v. bij prestatie-analyse in A.3 en lerende systemen in A.4) en allerlei andere bezigheden op het grensgebied tussen informatica en wiskunde die het bestaan van een *Centrum voor Wiskunde en Informatica* rechtvaardigen.

Hieronder geven we per project een beknopte probleem- en doelstelling en, indien van toepassing, gegevens over toepassingsgerichtheid, geldstromen naast de reguliere financiering door ZWO, e.d. De projecten en deelprojecten die in §2.1 zijn geselecteerd voor mogelijke ondersteuning vanuit het ISP worden in Appendix B uitgebreider beschreven. Indien een project niet uitsluitend door de afdeling Informatica van het CWI wordt c.q. zal worden uitgevoerd, is dit vermeld met gebruikmaking van de bekende afdelingscodes (zie lijst van afkortingen in Appendix E).

A.1. ALGORITMIEK

A.1.1. Complexiteit en algoritmen (ook MB; zie ook B.1 en B.2)

Onderzoek naar de complexiteit van problemen en structuren en het ontwerpen en analyseren van combinatorische algoritmen betreft momenteel de volgende gebieden:

- (a) *Complexiteit* van machines (berekeningsmodellen) en van VLSI-berekeningen
- (b) *Gedistribueerde algoritmen* voor problemen gemotiveerd vanuit project A.3.2(a) (zie B.1)
- (c) *Parallele aftellingsalgoritmen* voor complexe combinatorische optimaliseringsproblemen
- (d) *Interactieve planningsmethoden* (CWI/STW; zie B.2)

Op het gebied van de praktische distributie- en productieplanning worden vele contacten onderhouden. In aanvraag is een TVC/NFI-project (met RUU en EUR).

A.1.2. Cryptografie (ZW)

Het project richt zich op het formuleren van coderingen ter beveiliging van informatie tegen misbruik door derden. Er bestaat nauw verband met combinatorische algoritmen (A.1.1) en toegepaste getaltheorie (A.1.3). De resultaten zijn wiskundig van karakter maar van groot praktisch belang voor de gegevensverwerking bij de telecommunicatie-industrie, de bankwereld en de landsverdediging.

A.1.3. Getaltheorie en computers (ZW, NW)

Binnen dit project wordt een programmapakket opgebouwd voor multiprecisieroutines voor gebruik bij getaltheoretisch onderzoek (b.v. ter verkrijging van numerieke evidentie voor bepaalde vermoedens) alsook bij de toegepaste getaltheorie (b.v. primaliteitsbewijzen c.q. factorisatie van getallen in de cryptografie).

A.1.4. Numerieke algoritmen (NW; zie ook B.3)

A.1.4(a) *Ada*. In 1982 en 1983 heeft het CWI in opdracht van de EG en in samenwerking met het National Physical Laboratory (Engeland) de mogelijkheid bestudeerd overdraagbare en efficiënte programmabibliotheken in Ada te maken. Als vervolg hierop worden thans de mogelijkheden onderzocht een numerieke programmabibliotheek in Ada te ontwikkelen, in samenwerking met een aantal Nederlandse en Engelse instellingen. Financiële ondersteuning door de EG is aangevraagd.

A.1.4(b) *Vectoralgoritmen voor supercomputers* (zie B.3). Doel van het project is het vectoriseren van numerieke algoritmen ter implementatie op supercomputers, het beschikbaar stellen van de resulterende software en het ondersteunen van de CYBER 205-gebruikers. Een en ander geschiedt in samenwerking met onderzoekers in Nederland en Engeland en met gedeeltelijke financiering door CDC.

A.1.5. Programmabibliotheken (ZW, NW, MS, MB)

Het CWI onderhoudt een drietal in het verleden opgebouwde verzamelingen van numerieke, statistische en besliskundige algoritmen (NUMAL, STATAL, OPERAL) en streeft naar het aantrekken van elders vervaardigde software, b.v. voor formulemanipulatie (MACSYMA).

A.2. PROGRAMMATUUR

A.2.1. B

Doel van het project is het ontwerpen, implementeren en verspreiden van B, een eenvoudige, gestructureerde, interactieve programmeertaal. B wordt ingebed in een bijbehorende programmeeromgeving en het B-systeem zal worden overgebracht op personal computers. Er wordt naar gestreefd B in het onderwijs te introduceren, in samenwerking met het Onderwijscomputercentrum in Utrecht en het Centrum voor Onderwijs en Informatietechnologie (COI) bij de THT.

A.2.2. Specificatiemethoden

Bij de ontwikkeling van grote informatieverwerkende systemen is de specificatiefase van cruciale betekenis. De in die fase toe te passen methoden worden bij het CWI onderzocht vanuit fundamenteel wetenschappelijk standpunt en tevens als integrerend onderdeel van programmatuurontwikkeling. Het CWI participeert in een ESPRIT-project op dit gebied, met Philips als hoofdcontractant. In aanvraag zijn een ESPRIT-project (met Philips) en een TVC/NFI-project (gezamenlijk met project A.2.3).

A.2.3. Programmeeromgevingen

Een programmeeromgeving is een verzameling gereedschap voor het maken en bewerken van programma's. Onderzocht wordt hoe dergelijk gereedschap kan worden gegeneraliseerd opdat

automatisch voor elke taal een deel van de bijbehorende omgeving wordt gegenereerd. Het CWI participeert in aanvragen van een ESPRIT-project (in een consortium met o.a. INRIA) en van een TVC/NFI-project (gezamenlijk met project A.2.2).

A.2.4. Concurrency

Het project richt zich op de formele beschrijving van concurrente (samenwerkende) rekenprocessen. Hoofdproblemen betreffen de synchronisatie van en de communicatie tussen dergelijke processen. Een deel van het project wordt gefinancierd via het SION-project Concurrency (RUL, VUA, KUN, CWI). Vanuit het project wordt geparticipeerd in de aanvraag van een ESPRIT-project, met Philips als hoofdcontractant.

A.2.5. VLSI-ontwerp

VLSI-circuits ('chips') zijn zeer compacte systemen die zeer snel partieel geordende berekeningen kunnen uitvoeren. Door de fabriceerbaarheid van dergelijke systemen is het systematisch ontwerpen ervan actueel geworden. Bij het CWI wordt, in samenwerking met de THE, deze problematiek benaderd door middel van de verdere ontwikkeling en toepassing van een formalisme genaamd 'trace'-theorie.

A.3. GEDISTRIBUEERDE EN INTERACTIEVE SYSTEMEN

A.3.1. Interactieve systemen (zie ook B.4)

Bij de interactie tussen mens en machine en tussen machines onderling is er een evidente behoefte aan systemen die de dialoog vergemakkelijken en desastreuze fouten verhinderen. Interactie-onderzoek is zowel multidisciplinair als toepassingsgericht. Dit blijkt ook uit de lopende deelprojecten:

- (a) *Computergrafiek*
- (b) *Faciliteiten voor rastergrafiek in programmeertalen (STW)*
- (c) *Dialoogcellen*
- (d) *Computer-geïntegreerde fabricage (ESPRIT)*

Het CWI werkt samen met o.a. TNO, NLR en Philips/ISA en participeert in een STW-project (met de KUN). Vele gebruikers, waaronder IBM, kopen op GKS gebaseerde implementaties. In aanvraag zijn twee ESPRIT-projecten (met MBP en de Universität Karlsruhe als hoofdcontractanten) en een TVC/NFI-project (als onderdeel van een VUA/UvA-aanvraag).

A.3.2. Gespreide systemen

De komst van persoonlijke werkstations en computernetwerken enerzijds en de toenemende behoefte aan goedkope rekentijd anderzijds verklaren de steeds belangrijker plaats van gespreide systemen. Onderzoek op dit gebied is wederom multidisciplinair en toepassingsgericht, maar verkeert bij het CWI nog in een beginstadium. Er zijn twee deelprojecten:

- (a) *Gespreide bedrijfssystemen (zie B.5)*
- (b) *Prestatie-analyse van computersystemen (MB; zie B.6)*

Er bestaat samenwerking met de VUA, Philips, de PTT en met project A.3.1(d). In aanvraag is een EG-

project in het kader van COST-11.

Bovendien heeft de toenemende behoefte zowel aan communicatie tussen systemen die op korte afstand van elkaar functioneren (zoals binnen kantoren) als aan internationale communicatie, bij het Computerlaboratorium geleid tot een aantal ontwikkelingsprojecten. Twee voorbeelden zijn:

- een lokaal netwerk tussen UNIX-systemen met koppelingsmogelijkheden naar andere systemen;
- het Europese UNIX-netwerk, mede in het kader van een ESPRIT-project met SIEMENS als hoofdcontractant.

Ook worden binnen dit kader projecten op het Computerlaboratorium uitgevoerd ter implementatie van het UNIX-systeem op diverse machines, in samenwerking met de industrie.

A.3.3. Gedistribueerde informatiesystemen (nieuw project; zie ook B.7)

Het CWI wil onderzoek entameren op het gebied van informatiesystemen, gemotiveerd door het groeiende belang van de automatisering bij overheid en bedrijfsleven. De aandacht zal zich vooral richten op centrale en gedistribueerde gegevensbanken. De fundamentele aspecten van het project hebben raakvlakken met project A.2.4 en de toepassingsgerichte aspecten met A.3.1(d) en A.3.2(a).

A.3.4. Tekstverwerking

Op vele kantoren wordt reeds gebruik gemaakt van automatische tekstverwerking. Dit betreft veelal eenvoudige teksten. Hoewel ook voor moeilijke, bijvoorbeeld wiskundige, teksten tekstverwerkingssystemen beschikbaar zijn, is aan deze systemen nog veel te verbeteren, vooral op het gebied van de gebruikersvriendelijkheid. In dit kader ontwikkelt het Computerlaboratorium 'preview' faciliteiten voor de verwerking van wiskundige teksten.

A.4. PATROONHERKENNING EN KUNSTMATIGE INTELLIGENTIE

A.4.1. Statistische analyse van beeldgegevens (MS; nieuw project; zie ook B.8)

Er is een toenemende behoefte aan een kwantitatieve analyse van informatie in de vorm van beelden. Bij het CWI wordt gewerkt aan een inventarisatie van de problematiek en de beschikbare technieken en aan de formulering van een in 1986 te starten project dat zich richt op wiskundige modelvorming en statistische analyse. Er wordt bij de opzet van dit project gestreefd naar deelname van gebruikers. Ook zijn contacten gelegd met University of Bath en Harvard University.

A.4.2. Expertsystemen en andere aspecten van kunstmatige intelligentie (nieuw project; zie ook B.9)

Kunstmatige intelligentie streeft naar de constructie van computersystemen die intellectuele taken kunnen verrichten en naar de specificatie van dergelijke systemen in termen van *wat* moet worden uitgevoerd in plaats van *hoe* het moet worden gedaan. In aansluiting aan de aanwezige expertise, vooral op het in A.2 beschreven gebied, wil het CWI het onderzoek richten op hulpmiddelen uit de informatica. Te denken valt aan expertsystemen, 'knowledge engineering' etc. Voorts wordt voorgesteld om, overeenkomstig de adviezen van de Verkenningcommissie Kunstmatige Intelligentie, bij het CWI een centrale voorziening in te richten voor het Nederlandse onderzoek op dit gebied.

A.4.3. Lerende systemen in de kunstmatige intelligentie (MB; nieuw project)

Doel van dit project is adaptieve regelalgoritmen voor lerende processen te ontwikkelen en toe te passen. De ontwikkeling zal gebaseerd zijn op toepassing van begrippen en resultaten uit systeem- en regeltheorie. Toepassingsgebieden zijn expertsystemen, classificatie van gegevensbestanden en grafische mens-machine-communicatie.

Tenslotte geven we in tabel 7 een overzicht van het informatica-onderzoek bij het CWI met een korte aanduiding van hun relatieve gewicht, of het lopend of nieuw onderzoek betreft, en welk het ISP-aandeel is in de financiering van het project aan het begin van beide planningsperioden.

Tabel 7: Informaticaprojecten bij het CWI

project	G/M/K (1)	L/N (2)	# ISP mw 1985	# ISP mw 1987	
A.1.1	Complexiteit en algoritmen	G	L/N	2	3
A.1.2	Cryptografie	K	L	-	-
A.1.3	Getaltheorie en computers	M	L	-	-
A.1.4	Numerieke algoritmen	M	L/N	1	1
A.1.5	Programmabibliotheken	K	L	-	-
A.2.1	B	G	L	-	-
A.2.2	Specificatiemethoden	M	L	-	-
A.2.3	Programmeeromgevingen	M	L	-	-
A.2.4	Concurrency	M	L	-	-
A.2.5	VLSI-ontwerp	K	L	-	-
A.3.1	Interactieve systemen	G	L/N	3	5
A.3.2	Gespreide systemen	M	L/N	3	6
A.3.3	Gedistribueerde informatiesystemen	-	N	3	5
A.3.4	Tekstverwerking	M	L	-	-
A.4.1	Statistische analyse van beeldgegevens	-	N	-	2
A.4.2	Expertsystemen en andere aspecten van kunstmatige intelligentie	-	N	3	5.
A.4.3	Lerende systemen in de kunstmatige intelligentie	-	N	-	-

(1) G groot (≥ 5 mw), M middel (2,3,4 mw), K klein (1 mw)

(2) L lopend, N nieuw

Appendix B: Beschrijving van de ISP-projecten

Deze appendix geeft een beschrijving van de negen projecten die in §2.1 zijn geselecteerd voor mogelijke ondersteuning vanuit het ISP. Per project komt eerst het algemene *probleemgebied* aan de orde en dan het voorgestelde *werkplan*, inclusief gegevens over relaties met andere projecten, omvang en duur van het project en financiering uit andere bronnen.

B.1. GEDISTRIBUEERDE ALGORITMEN (ook MB; A.1.1(b))

Probleemgebied. De technologische vooruitgang stelt ons in staat krachtigere en kleinere computers voor minder geld te vervaardigen. Dit stimuleert de ontwikkeling van computernetwerken op grote zowel als kleine schaal. In grootschalige netwerken zijn de deelnemende computers geografisch gespreid, zoals in het ARPA-netwerk dat een continent omspant. In zeer kleinschalige netwerken zijn de deelnemende computers in één kabinet ondergebracht, zoals de experimentele *Butterfly* (128 processors in een 'shuffle exchange' netwerk) van Bolt, Beranek & Newman. Deze ontwikkeling is in Nederland nog in een pril stadium, maar de algoritmische problemen verbonden met de *architectuur*, de *operatie* en de *applicatie* van gespreide systemen zullen een grote rol gaan spelen. In de architectuur spelen de algoritmische aspecten van b.v. netwerk-topologie en geheugendistributie. In de operatie vinden we onderwerpen als protocollen, algoritmen voor 'crash recovery', 'transaction-commit' procedures voor gedistribueerde gegevensbestanden en kloksynchronisatie-algoritmen. Verder denken we aan het routeren in netwerken, het optimaliseren van doorvoer en afstand, het toewijzen van acties aan processoren en, in algemenere zin, aan de robuustheid van de algoritmen als processoren uitvallen of foutieve acties uitvoeren (Byzantijnse algoritmen).

Werkplan. In het kader van het ISP zal worden gestart met een project waarin een promotiemedewerker onder begeleiding van dr.ir. P.M.B. Vitányi en prof.dr. J.K. Lenstra zich binnen de afdeling MB zal bezighouden met deze algoritmische problematiek, in het bijzonder betreffende de *operatie* van netwerken en, ter bevordering van de praktische bruikbaarheid, met realistische veronderstellingen omtrent fysische tijd.

Het voorgestelde onderzoek wordt gedeeltelijk gemotiveerd vanuit het project *Gespreide bedrijfssystemen* (A.3.2(a)) en staat in relatie tot het project *Parallele aftellingsalgoritmen* (CWI en EUR/SION (in aanvraag), A.1.1(c)) en een TVC/NFI-project op het gebied van de gespreide berekeningen (RUU/EUR/CWI).

Het betreft een promotieproject met een duur van vier jaar en de gebruikelijke fasering: een beginfase (½ jaar) ter oriëntatie, een produktiefase (3 jaar) voor het verkrijgen van resultaten en een eindfase (½ jaar) voor de rapportage in de vorm van wetenschappelijke publicaties, waaronder een proefschrift.

B.2. INTERACTIEVE PLANNINGSMETHODEN (MB; A.1.1(d))

Probleemgebied. In talloze praktische beslissingssituaties is het gebruik van optimaliseringsalgoritmen uit de wiskundige beslisgeving een noodzakelijke voorwaarde om tot redelijke oplossingen te komen. Zo is bij de bepaling van distributiesystemen voor transportfirma's, productieschema's voor fabrieken, lesroosters voor scholen en kamerindelingen voor kantoren het gebruik van technieken uit de lineaire programmering en de combinatorische en stochastische optimalisering een routine geworden. Hierbij doet zich echter het verschijnsel voor dat er in de theorie *geavanceerde* algoritmen worden ontworpen voor bepaalde gestyleerde versies van planningsproblemen, terwijl er in de praktijk behoefte is aan *flexibele* methoden die juist geschikt zijn voor een zekere variëteit van planningsituaties.

Er is een nieuwe generatie van planningsmethoden in ontwikkeling die zijn kracht ontleent aan de combinatie van recente *algoritmische* vorderingen voor deelproblemen met het *interactieve* ingrijpen door de gebruiker bij de coördinatie van het oplossingsproces. Dit leidt tot betere oplossingen (omdat mens en machine van elkaars sterke punten kunnen profiteren) die sneller worden bereikt (omdat interactie flexibiliteit toestaat bij de manipulatie van gegevens en de selectie van oplossingen), en tot een grotere kans op acceptatie in de praktijk (want de planner wordt niet vervangen door een machine maar krijgt er een hulpmiddel bij).

Werkplan. Medio 1983 is een project gestart waarin een interactief routeringsysteem wordt ontwikkeld door een aantal medewerkers (waarvan één gefinancierd door STW) met prof.dr. J.K. Lenstra (MB) als projectleider, Van Gend & Loos als beoogde gebruiker en in samenwerking met het project *Interactieve systemen* (A.3.1). Het doel is medio 1986 de toepassing bij Van Gend & Loos te realiseren en tevens een verzameling procedures op te bouwen waaruit zonder veel inspanning routeringsystemen voor andere toepassingen kunnen worden samengesteld.

In het kader van het ISP zal dit project aanmerkelijk worden verbreed. Het zal zich richten op het *interactieve gebruik van optimaliseringsalgoritmen*, waarbij de kwaliteit van de onderliggende algoritmen, de flexibiliteit van de implementatie en de daadwerkelijke toepassing in een verscheidenheid van praktische beslissingssituaties essentiële kenmerken zijn. In algemenere zin zal aandacht worden besteed aan *ontwerpmethoden* voor beslissingsondersteunende systemen (in samenwerking met THE en EUR) en aan de ontwikkeling van een *expertsysteem* voor het oplossen van optimaliseringsproblemen (in samenwerking met informatici binnen het CWI). De aanstelling van twee promotiemedewerkers wordt voorzien, de eerste bij de start van de ISP-financiering en de tweede twee jaar later.

B.3. VECTORALGORITMEN VOOR SUPERCOMPUTERS (NW; A.1.4(b))

Probleemgebied. Vectorresearch richt zich op het implementeren van algoritmen voor vectorcomputers, teneinde optimaal te profiteren van de uiterst krachtige rekencapaciteiten van deze machines. Het gaat daarbij vooral om *numerieke* algoritmen, niet alleen op grond van hun veelvuldig gebruik in allerlei onderzoeks- en toepassingsgebieden, maar ook gezien de specifieke geschiktheid van vectorcomputers voor numerieke berekeningen. Bij de introductie van vectorcomputers wordt doorgaans weinig of geen efficiënte numerieke software ter beschikking van de gebruikers gesteld.

Werkplan. Het belangrijkste doel van het binnenkort te starten project is de ontwikkeling van numerieke algoritmen voor supercomputers en het beschikbaar stellen van implementaties hiervan voor de CDC CYBER 205. Daarnaast wordt een 'CYBER 205 users service group' gevormd ter ondersteuning van de gebruikers. De behoefte aan goede numerieke software en aan ondersteuning is van verschillende zijden (o.a. UvA, VUA) benadrukt. Met andere groepen, zoals NAG (Oxford, Engeland), wordt overlegd teneinde duplicatie te voorkomen. De volgende activiteiten zijn gepland:

- (a) *Basic Linear Algebra Subprograms*: vectoriseren en optimaliseren van een bestaand pakket van 38 'low level' FORTRAN subprogramma's voor elementaire operaties in de numerieke lineaire algebra.
- (b) *Linear Algebra Subprograms*: vectoriseren en optimaliseren van de belangrijkste algoritmen uit de bestaande collectie van Dekker en Hoffmann. (Mathematical Centre Tracts 22 en 23, Stichting Mathematisch Centrum, 1968).
- (c) *Advanced Numerical Algorithms*: het vectoriseren van bekende numerieke methoden voor partiële differentiaalvergelijken en het ontwerpen van nieuwe, voor supercomputers geschikte, methoden, in nauwe samenhang met lopende onderzoekprojecten van de afdeling NW.
- (d) *Basic Integer Arithmetic Software*: beschikbaar stellen van een pakket routines voor multi-lengte integer aritmetiek op supercomputers, b.v. als basis van algoritmen voor het genereren van grote priemgetallen, van belang voor het project *Cryptografie* (A.1.2).

De duur van het project wordt begroot op 4 jaar en de omvang van de groep op drie personen. Daarvan zal één arbeidsplaats worden gefinancierd door het CWI, één door CDC en één in het kader van het ISP.

B.4. INTERACTIEVE SYSTEMEN (A.3.1)

Probleemgebied. De communicatie tussen mens en machine en tussen machines onderling geschiedt veelal in de vorm van een dialoog, een reeks uitwisselingen tussen mens en machine dan wel tussen de ene machine en de andere. Men spreekt in dit geval van *interactie*. De uitdaging is 'gebruikersvriendelijke' systemen te maken waarmee de gebruiker op voldoende hoog niveau en zoveel mogelijk onder uitsluiting van desastreuze fouten kan communiceren. Dit is een zeer breed terrein dat zowel aanrakingspunten heeft met andere technieken binnen de informatica (taalontwerp, computergrafiek, kunstmatige intelligentie) als met andere disciplines (ergonomie, linguïstiek). Als zodanig is interactie-onderzoek een voorbeeld van toepassingsgerichte informatica.

Werkplan. Het project op dit gebied staat onder leiding van drs. P.J.W. ten Hagen. Er zijn vier deelprojecten:

- (a) *Computergrafiek.* Vanuit dit deelproject is een belangrijke bijdrage geleverd aan ontwerp en implementatie van de internationale grafische standaard GKS. Er wordt samengewerkt met TNO en THE. Een 3D-extensie van GKS is in voorbereiding.
- (b) *Faciliteiten voor rastergrafiek in programmeertalen.* Dit is een lopend STW-project, in samenwerking met de KUN.
- (c) *Dialoogcellen.* Dit betreft onderzoek om het dialooggedeelte van interactieve programma's te specificeren. Om dialoogprogrammering met dialoogcellen goed tot zijn recht te laten komen, moet een interactief grafisch werkstation van hoge kwaliteit worden ontwikkeld. Het dialoogcellenmodel leent zich speciaal voor adaptieve besturing in dialogen. Deze studie voor de volgende generatie van interactieve systemen moet bij voorkeur in samenwerking met wiskundige systeemtheoretici worden gedaan. Er is samenwerking met Philips/ISA.
- (d) *Computer-geïntegreerde fabricage.* Op dit gebied wordt met vijf à zes personen deelgenomen aan het ESPRIT-project *Design rules for computer integrated manufacturing*. In aanvraag zijn een ESPRIT-project *A reference architecture for the implementation of integrated computer aided engineering systems* (met MBP als hoofdcontractant en in samenwerking met het NLR), een ESPRIT-project op het gebied van robotica en sensoren (met de Universität Karlsruhe als hoofdcontractant) en een TVC/NFI-project (als onderdeel van een VUA/UvA-aanvraag).

In het kader van het ISP zullen de zich sterk uitbreidende activiteiten binnen dit project worden ondersteund door drie medewerkers voor de duur van vier jaar, benevens twee medewerkers aan te stellen twee jaar na de start van het ISP-programma.

B.5. GESPREIDE BEDRIJFSSYSTEMEN (A.3.2(a))

Probleemgebied (vgl. B.1). De komst van persoonlijke werkstations en computernetwerken enerzijds en de toenemende behoefte aan goedkope reken-capaciteit anderzijds verklaren de steeds belangrijker plaats van gespreide systemen in de informatica. In het bijzonder wordt veel onderzoek verricht op het gebied van de gespreide *bedrijfssystemen*, waarbij de nadruk valt op de praktische aspecten van het ontwerp van gespreide systemen:

- mechanismen die zorgen dat het systeem als geheel correct blijft functioneren bij het uitvallen van een processor of netwerkverbinding
- beveiligingsmechanismen die processoren, gegevensbestanden en andere objecten beschermen tegen verkeerd of niet toegestaan gebruik
- de 'interface' tussen gebruiker en systeem, die de gebruiker in staat moet stellen te beschikken over het volledige potentieel aan parallelle reken-capaciteit, doch op zo'n overzichtelijke manier dat er efficiënt met het systeem te werken is

Werkplan. Begin 1984 is een project gestart waarin drs. S.J. Mullender zich bezighoudt met de hierboven beschreven problematiek. Er is een begin gemaakt met de bouw van een gespreid systeem dat moet dienen als testbed voor verder onderzoek.

Het onderzoek vindt plaats in nauwe samenwerking met de groep van prof.dr. A.S. Tanenbaum (VUA). Binnen het CWI is er samenwerking met de netwerkontwikkelingsactiviteiten van het Computerlaboratorium (zie A.3.2) en met het ESPRIT-project *Computer-geïntegreerde fabricage* (A.3.1(d)). In aanvraag is een internationaal onderzoekproject *Distributed systems management in wide area networks* in het kader van het EG COST-11 fonds voor Europese samenwerking op het gebied van wetenschap en techniek; het CWI zal hierin participeren indien de aanvraag wordt toegewezen.

Het wordt van groot belang geacht op korte termijn de projectgroep met tenminste twee medewerkers uit te breiden. Bovendien is een uitbreiding na twee jaar met nog eens twee medewerkers gewenst. Deze uitbreidingen zullen in het ISP-kader worden gerealiseerd.

B.6. PRESTATIE-ANALYSE VAN COMPUTERSYSTEMEN (MB; A.3.2(b))

Probleemgebied. De prestatie die een computersysteem kan leveren, wordt bepaald door de apparatuur en het bedrijfssysteem (inclusief het besturingsprotocol) enerzijds en de omvang en aard van de werklust anderzijds. Prestatie-analyse heeft tot doel de verhouding tussen prestatie en kosten te onderzoeken en te optimaliseren.

In de literatuur zijn verrassende voorbeelden te vinden van capaciteits- en serviceverbeteringen tegen geringe investeringen als gevolg van systematisch prestatie-onderzoek. Bij geïsoleerd werkende computersystemen gaat het daarbij om optimale keuzen ten aanzien van multiprogrammeringsgraad, geheugenhiërarchie, grootte van geheugenblokken en buffers, enz. De prestaties van gespreide systemen worden daarnaast beïnvloed door de organisatie van het communicatiesysteem voor wat betreft toegangs- en routeringsprotocollen, anticongestiemaatregelen, enz.

Prestatie-onderzoek kan methodologisch gesplitst worden in empirisch, simulatief en analytisch onderzoek. Vooral voor dimensionerings- en structureringsvraagstukken zijn de modellen die aan simulatief en analytisch onderzoek ten grondslag liggen geformuleerd in termen van netwerken van wachtrijen, waarvoor een omvangrijke wiskundige theorie is ontwikkeld.

Werkplan. In het kader van het ISP zal worden gestart met een project waarin een promotiemedewerker onder begeleiding van dr.ir. E.A. van Doorn (MB) en in samenwerking met het project *Gespreide bedrijfssystemen* (A.3.2(a)) en instellingen buiten het CWI (o.a. de RUU) zich zal bezighouden met de hierboven beschreven problematiek, in het bijzonder met de analyse van *congestieverschijnselen* in computernetwerken.

De eerste fase van het onderzoek (2 jaar) zal bestaan uit de inventarisatie van dit betrekkelijk onontgonnen gebied en de ontwikkeling van basismodellen voor de analyse van deze verschijnselen. In de tweede fase (2 jaar), waarbij een tweede promotiemedewerker zal worden aangetrokken, zal de nadruk liggen op het ontwerp en de optimalisering van congestiecontrolemechanismen. Gepoogd zal worden theoretische resultaten te confronteren met in de praktijk uitgevoerde metingen.

Bij dit onderzoek kan met vrucht gebruik worden gemaakt van binnen de afdeling MB aanwezige expertise op het gebied van de *analyse en besturing van informatiestromen in netwerken*.

B.7. GEDISTRIBUEERDE INFORMATIESYSTEMEN (A.3.3)

Probleemgebied (vgl. B.1, B.5). Onderzoek op het gebied van de gedistribueerde informatiesystemen wordt gemotiveerd door het grote belang van dergelijke systemen voor de praktische informatica, speciaal voor de automatische gegevensverwerking bij overheid en bedrijfsleven. Veel aandacht wordt hierbij besteed aan *gegevensbanken* als belangrijke componenten van informatiesystemen. Er is vanuit de praktijk behoefte aan een wetenschappelijke fundering van ontwerpmethoden voor gegevensmodellen en -banken en veel onderzoek wordt aan deze vraagstelling gewijd. Traditionele modellen van gegevensstructuren zijn het hiërarchische, het netwerkmodel en het relationele model. Elk model onderscheidt weer een logische en een technische structuur en bestaat uit een beschrijving van de toestandsruimte van de gegevensbank en een beschrijving van de operaties op deze ruimte. Naast de gebruikelijke *centrale* gegevensbanken staan de laatste jaren de *gedistribueerde* gegevensbanken in het centrum van de belangstelling.

Werkplan. In het kader van het ISP zal worden gestart met een project op het gebied van de informatiesystemen.

Het onderzoek zal aanvankelijk gericht zijn op *centrale gegevensbanken*. Via het semantische netwerk als model zijn er raakvlakken met kunstmatige intelligentie en 'knowledge engineering', waartoe we ook methoden rekenen om bestaande deductietechnieken te integreren in informatiesystemen. Een zogeheten methodenbank is speciaal voor het in B.4 genoemde werk aan computer-geïntegreerde fabricage een wezenlijk ondersteunend middel.

In de tweede fase zal de aandacht gericht worden op *gedistribueerde gegevensbanken*. Problemen betreffende de plaats van verwerking van bepaalde vragen ('queries'), de allocatie van gegevens en het handhaven van de integriteit van gegevensbanken bij concurrente verwerking komen dan aan de orde.

De fundamentele aspecten van het project hebben raakvlakken met het project *Concurrency* (A.2.4) en de toepassingsgerichte aspecten met *Computer-geïntegreerde fabricage* (A.3.1(d)) en vooral met *Gespreide bedrijfssystemen* (A.3.2(a)). Gedistribueerde informatiesystemen gespreid over een lokaal netwerk zijn van belang voor de kantoorautomatisering.

De omvang van de projectgroep wordt begroot op tenminste drie personen, gedurende vier jaar, benevens twee jaar na de aanvang van de ISP-financiering nog twee personen, allen te financieren uit de ISP-basisfinanciering.

B.8. STATISTISCHE ANALYSE VAN BEELDGEGEVENS (MS; A.4.1)

Probleemgebied. Op vele gebieden wordt informatie verkregen in de vorm van beelden, zoals satellietfoto's, Röntgenfoto's, verspreidingskaarten in de ecologie en de archeologie, enz. De opgave is dan deze beelden te analyseren om er verborgen patronen in te ontdekken, op hun aanwezigheid te toetsen, of een aanwezige onderliggende structuur te reconstrueren. Meestal moet dit gebeuren in aanwezigheid van storende invloeden waarvan het effect dan zo goed mogelijk moet worden geëlimineerd; denk aan het van ruis ontdoen van gecodeerde satellietfoto's en aan het reconstrueren van een driedimensionaal object uit tweedimensionale projecties (Röntgenfoto's) of doorsneden (histologische secties, tomografie, mineraalsecties). Door de mogelijkheden van de huidige elektronica groeit de behoefte aan zulke analyses en worden steeds fundamenteelere vragen over de betekenis van de resultaten gesteld.

Langzamerhand worden voor verscheidene toepassingen statistische methoden ontwikkeld, zoals 'spatial statistics' en 'mathematical morphology'. Er is sprake van een groeiende verzameling, vaak interactieve, technieken die in bepaalde situaties goed werken. Wat ontbreekt is een mathematische theorie voor de statistische analyse van 'toevallige' ruimtelijke gegevens. Zo'n theorie zou moeten leiden tot een fundamenteel inzicht in de zinnig te stellen vragen, tot geschikte wiskundige modellen, tot een verklaring van de soms uitstekende werking van de bestaande technieken en tot nieuwe methoden.

Werkplan. Onder leiding van dr. R.D. Gill zal worden gestart met een project dat zich richt op de ontwikkeling van theorie en methoden voor statistische analyse van beeldgegevens, in samenwerking met toepassers en informatici. In de eerste twee jaar zal de problematiek worden geïnventariseerd en zullen contacten worden gelegd met onderzoekers in Engeland, Frankrijk en de USA. Daarna zal in het kader van het ISP een concreet project van start gaan met een omvang van twee medewerkers. Er zal aansluiting worden gezocht bij de in het CWI aanwezige expertise op het gebied van interactieve systemen; vooral bij de deelprojecten *Computergrafiek* en *Faciliteiten voor rastergrafiek in programmeertalen*.

B.9. EXPERTSYSTEMEN EN ANDERE ASPECTEN VAN KUNSTMATIGE INTELLIGENTIE (A.4.2)

Probleemgebied. Kunstmatige intelligentie houdt zich bezig met de bestudering en ontwikkeling van programmeertechnieken en - in mindere mate - speciale hardware, gericht op de constructie van computersystemen die intellectuele taken kunnen verrichten. Hierbij denken we aan taken als begrijpen en genereren van natuurlijke taal, leren, probleemoplossen en perceptie. Een belangrijk streven vanuit de kunstmatige intelligentie is om informatieverwerkende systemen te specificeren in termen van *wat* moet worden uitgevoerd in plaats van *hoe* het moet worden uitgevoerd. Gebruikers behoeven dan slechts feiten en regels op te geven en kunnen allerlei problemen van zoeken, besturing, manipulatie en deductie aan het systeem overlaten. Voorbeelden van toepassingen zijn: beheer van gegevensbanken (b.v. ontsluiting met behulp van natuurlijke taal), diagnostiek, interpretatie van meetgegevens, signaalverwerking, computergesteund onderwijs, ontwerp en fabricage, perceptie (b.v. spraakherkenning) en manipulatie (b.v. robotica).

Werkplan. Het ligt in de bedoeling in het kader van het ISP te starten met een project waarin drie onderzoekers zich bezighouden met kunstmatige intelligentie, in het bijzonder *hulpmiddelen vanuit de informatica*. Hierbij denken we aan onderwerpen als methodologische grondslagen van expertsystemen en van 'knowledge engineering', met betrekking tot b.v. ontwerp van semantische netwerken, specificatie en manipulatie van inferentieregels, en analyse van consistentie, volledigheid en efficiëntie van formele inferentiesystemen. In een later stadium kan worden gedacht aan volledige programmeeromgevingen.

Er zal contact worden gezocht met de groepen bij de UvA en VUA die op het gebied van de kunstmatige intelligentie werkzaam zijn.

Dergelijk onderzoek kan plaatsvinden voortbouwend op de aanwezige expertise, vooral op het gebied van de *programmatuur* (A.2).

Voorts wordt voorgesteld, overeenkomstig de adviezen van de Verkenningscommissie Kunstmatige Intelligentie, bij het CWI een centrale faciliteit in te richten ten behoeve van het onderzoek op het gebied van de kunstmatige intelligentie in Nederland.

Met de verdere uitwerking en fasering van het werkplan moet worden gewacht tot de aanstelling van een projectleider. Thans wordt wel reeds een additionele inzet van twee medewerkers na twee jaar voorzien.

Appendix C: 'Eisen te stellen aan het CWI-plan'; Voorwaarden van de stuurgroep Informatica Stimuleringsplan van het CWI.

Het bovengenoemde plan dient weer te geven, de fasering van de activiteiten, met bijbehorende budgetten, voor het bereiken van één doelstelling. Die doelstelling is: het toonaangevend centrum voor zuiver en strategisch informatica-onderzoek te zijn.

Het te voeren beleid zal worden bepaald door het concept kwaliteit en de aansluiting op strategische behoeften.

- Het CWI-plan moet de kwaliteitscriteria van de resultaten vermelden die zullen worden gehanteerd.
- Het CWI-plan zal een gedetailleerd overzicht dienen te geven van de voorziene resultaten in de eerste twee jaar van het plan.
- Het CWI-plan zal, voor de daarop volgende drie jaar een globaal inzicht dienen te verschaffen van de gebieden waarin de resultaten worden voorzien; met de veronderstellingen die bij geplande resultaten hebben meegespeeld.
- Het CWI-plan zal een uiteenzetting dienen te geven over de bezetting van het te realiseren 'centre d'excellence' en de benodigde middelen, op basis van de kwaliteitscriteria en geplande resultaten.
- Het CWI-plan zal op basis van het voorafgaande de financieringsbehoeften in de tijd moeten aangeven.
- Het CWI-plan dient aan te geven welke tussenresultaten, in de eerste twee jaar van het plan, op welke wijze kunnen worden vastgesteld (bijv. publikaties, presentaties op seminars, resultaten die worden gebruikt in onderzoek elders).
- Het CWI-plan zal de activiteiten van de Stichting SPIN op maximale wijze dienen te versterken.
- Het CWI-plan dient concreet te zijn, d.w.z. praktisch in de zin van meetbaar, specifiek in de zin van bereikbare resultaten en overdraagbaar aan hen die er (voor een deel voor) verantwoordelijk zijn.
- Het CWI-plan dient beslispunten te bevatten over de voortzetting of afremming van de groei.
- Het CWI-plan dient uitzicht te bieden op een periode na de vijf jaar Informatica-Stimuleringsplan.
- Het CWI-plan dient in te gaan op de consequenties van het voorgenomen plan voor beheer en organisatie.
- Het CWI-plan zal worden gefinancierd (fl. 2.0 M. per jaar) met gelden die via ZWO naar het CWI gaan.

In de ontwerp-nota wordt op blz. 34 aanbevolen dat het onderhavige plan iets dient te vermelden over een centrale test- en evaluatiefaciliteit. Er bestaat thans onvoldoende inzicht in de behoefte en mogelijkheden van een dergelijke faciliteit. De precieze taak van het CWI in deze dient onderwerp van discussie te zijn.

Voorgesteld wordt dat de overheid nader met het CWI in overleg treedt over de mogelijkheid voor een centrale evaluatie- en testfaciliteit. In het bijzonder de organisatorische en financiële consequenties dienen te worden besproken; mogelijkheden op samenwerkingsgebied met andere instellingen moet worden overwogen. Het verdient aanbeveling allereerst een 'feasibility-study' te doen uitvoeren door een externe partij.

Appendix D: STW- en ESPRIT-projecten op het CWI**STW**

1. Titel: *Faciliteiten voor rastergrafiek in programmeertalen*
projectleider: drs. P.J.W. ten Hagen (CWI)
samenwerking: RUL, Philips, Hoogovens
aanvang: 1 september 1982
personeelsformatie: 1 f.t.e.
2. Titel: *Mathematische methoden voor de analyse van spectrale atmosferische modellen*
projectleider: dr.ir. J. Grasman (CWI)
samenwerking: KNMI, NIOZ
aanvang: 1 oktober 1983
personeelsformatie: 1 f.t.e.
3. Titel: *Ontwikkeling en implementatie van algoritmen voor de routing van voertuigen*
projectleider: prof.dr. J.K. Lenstra (CWI)
samenwerking: Van Gend & Loos
aanvang: 1 juli 1983
personeelsformatie: 1 f.t.e.
4. Titel: *Evaluatie en stabilisering van numerieke methoden voor de ondiep-water-vergelijkingen*
projectleider: prof.dr. P.J. van der Houwen (CWI)
samenwerking: Hydronamic B.V. (Kon. Boskalis), Rijkswaterstaat
aanvang: 1 juli 1982
personeelsformatie: 1 f.t.e.
5. Titel: *Statistische analyse van verkeersstromen*
projectleider: prof.dr. P. Groeneboom (UvA, adviseur CWI)
samenwerking: THD, Rijkswaterstaat
aanvang: 1 september 1984
personeelsformatie: 1 f.t.e.
6. Titel: *Ontwikkeling van efficiënte numerieke methoden voor vloeistofstromingen die door stationaire Eulervergelijkingen worden beschreven*
projectleider: dr. P.W. Hemker (CWI)
samenwerking: NLR
aanvang: 9 juli 1984
personeelsformatie: 1 f.t.e.
7. Titel: *Voorspellings- en regelproblemen van een autosnelwegsignaleringsysteem*
projectleiders: prof.dr.ir. H. Kwakernaak (THT), dr.ir. J.H. van Schuppen (CWI)
samenwerking: Dienst Verkeerskunde van Rijkswaterstaat
aanvang: 1 oktober 1984
personeelsformatie: 1 f.t.e.

8. Titel: *De regeling van overbelasting van communicatiesystemen*
projectleider: dr.ir. J.H. van Schuppen (CWI)
aanvraag.

ESPRIT (aanvragen)

1. Titel: *Parallel architectures and language for AIP, a VLSI approach*
projectleider: prof.dr. J.W. de Bakker
A-project met CWI als subcontractor van Philips
personeelsformatie: 1, 2, 3, 3 en 3 f.t.e. in 1985 tot en met 1989, resp.
2. Titel: *Integrated formal approach to software development in an industrial environment (Meteor)*
projectleider: dr. J. Bergstra
A-project met CWI als partner
personeelsformatie: 1.9, 3.5, 4.1, 4.4 en 4.0 f.t.e. in 1985 tot en met 1989, resp.
3. Titel: *A reference architecture for the implementation of integrated computer engineering systems (CAE)*
projectleider: drs. P.J.W. ten Hagen
A-project met CWI als partner
personeelsformatie: 1.8, 2.4, 2.4, 2.4 en 2.4 f.t.e. in 1985 tot en met 1989, resp.
4. Titel: *Generating interactive programming environments*
projectleider: dr. P. Klint
B-project met CWI als partner
personeelsformatie: 1, 1.5, 2.5, 2.5 en 1.5 f.t.e. in 1985 tot en met 1989, resp.

Appendix E: Verklaring van afkortingen

AI	afdeling Informatica, CWI
BSO	Buro voor Systeemontwikkeling BV
CAD	computer aided design
CAM	computer aided manufacturing
CIM	computer integrated manufacturing
CDC	Control Data Corporation NV
COI	Centrum voor Onderwijs en Informatietechnologie, THT
COSSO	Vereniging Computer Service- en Software Bureaus
COST	Coopération Scientifique et Technique
CWI	Centrum voor Wiskunde en Informatica, Amsterdam
ECN	Energie Centrum Nederland
EG	Europese Gemeenschap
ENR	ECN-NSP-Rekencentrum v.o.f.
ESPRIT	European Strategic Programme of Research in Information Technology
EUR	Erasmus Universiteit, Rotterdam
FOM	Nederlandse organisatie voor fundamenteel onderzoek der materie
f.t.e.	full time equivalent
GKS	graphical kernel system (basissysteem voor grafische gegevensverwerking)
IBM	International Business Machines
INRIA	Institut National de Recherche en Informatique et Automatique, Rocquencourt
IOP	Innovatiegericht Onderzoekprogramma
ISA	Informatie Systemen en Automatisering
ISP	Informatica-Stimuleringsplan
KNMI	Koninklijke Nederlands Meteorologisch Instituut
KUN	Katholieke Universiteit, Nijmegen
MARIN	maritiem Research Instituut Nederland
MB	afdeling Mathematische Besliskunde en Systeemtheorie, CWI
MBP	Mathematische Beratungs- und Programmierungsdienst GmbH
MIT	Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA
MS	afdeling Mathematische Statistiek, CWI

NAG	Numerical Algorithms Group Ltd.
NFI	nationale faciliteit informatica (de in het kader van de Taakverdeling en Concentratie extra te verstrekken middelen voor de informatica)
NGI	Nederlands Genootschap voor Informatica
NIOZ	Nederlands Instituut voor onderzoek van de zee
NLR	Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium
NSP	Nederlands Scheepsbouwkundig Proefstation
NW	afdeling Numerieke Wiskunde, CWI
O&O	Dienst Opdrachten en Ondersteuning, CWI
PAO	Post Academisch Onderwijs
PATO	Post Academisch Technisch Onderwijs
PTT	Staatsbedrijf der Posterijen, Telegrafie en Telefonie
RUL	Rijksuniversiteit Leiden
RUU	Rijksuniversiteit Utrecht
SARA	Stichting Academisch Rekencentrum Amsterdam
SBI	Stimulering Bedrijfsvoorlichting Informatietechnologie
SION	Stichting i.o. Informatica Onderzoek in Nederland
SMC	Stichting Mathematisch Centrum, Amsterdam
SPIN	Stimuleringsprojectteam Informatica
STW	Stichting voor de Technische Wetenschappen, Utrecht
THD	Technische Hogeschool Delft
THE	Technische Hogeschool Eindhoven
THT	Technische Hogeschool Twente
TNO	Nederlandse Organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek
TVC	taakverdeling en concentratie
TW	afdeling Toegepaste Wiskunde, CWI
UvA	Universiteit van Amsterdam
VLSI	very large scale integration
VOC	Vaste Overleg Commissie SMC-SION
VUA	Vrije Universiteit, Amsterdam
ZW	afdeling Zuivere Wiskunde, CWI
ZWO	Nederlandse organisatie voor zuiver-wetenschappelijk onderzoek