

Informatica:
wetenschappelijk
fundament
van de informatie-
maatschappij,
bron van
economische groei

NOAG-i

Nationale Onderzoeksagenda Informatica

2001-2005

Informaticaonderzoek Platform Nederland

Adviescommissie Informatica
NWO-gebied Exacte Wetenschappen

augustus 2001

Samenvatting	6
Voorwoord	7
1 Informatica: wetenschappelijk fundament van de informatiemaatschappij, bron van economische groei	9
2 Begrips- en positiebepaling	10
2.1 Informatica en ICT	10
2.2 Positie NOAG-i in het nationale ICT-beleid	11
3 Concurrent research en wetenschappelijk informaticaonderzoek	14
3.1 Concurrent research	14
3.2 Vijf typen van informaticaonderzoek	14
3.3 Uitvoering van wetenschappelijk informaticaonderzoek	16
4 Ambities voor het informaticaonderzoek	18
5 Inhoud van het informaticaonderzoek	19
5.1 Parallel and Distributed Computing (PDC)	21
5.2 Embedded Systems (ES)	22
5.3 Software Engineering (SE)	22
5.4 Multimedia (MM)	23
5.5 Modelling, Simulation and Visualization (MSV)	23
5.6 Intelligent Systems (IS)	24
5.7 Algorithms and Formal Methods (AFM)	25
6 Financiering en structuur van het informaticaonderzoeksveld	26
6.1 Huidige inzet voor informaticaonderzoek aan publiek gefinancierde kennisinstellingen	26
6.2 Structuur van het informaticaonderzoeksveld	28
7 Middelen voor de verwezenlijking van de ambities	32
7.1 Schets van de problematiek	32
7.2 Versterking van het informaticaonderzoeksveld	32
7.3 Kwantificering van de versterking	33
7.4 Inzet van de versterking	33
7.5 Realisatie	35
Geraadpleegde (beleids)documenten	37
Bijlage 1: evaluatie van NOAG-i 1997-2001	38
Bijlage 2: voorstellen voor ICT-prioriteiten	41
Bijlage 3: onderzoekszwaartepunten informaticaonderzoeksscholen en het CWI	42
Bijlage 4: onderzoeksinzet in de informatica	43
Bijlage 5: zwaartepuntenmatrix Nederlands wetenschappelijk ICT-onderzoek	44
Bijlage 6: afkortingen	47

Colofon

De NOAG-i 2001-2005 is tot stand gekomen in nauwe samenwerking tussen het Informaticaonderzoek Platform Nederland (IPN) en de Adviescommissie Informatica (ACI) van het NWO-gebied Exacte Wetenschappen.

Redactie: Dr. M. Kas, Dr. ir. J.C.W. Berkhoff
Den Haag, augustus 2001

Redactieadres: NWO Exacte Wetenschappen/informatica, Postbus 93460, 2509 AL Den Haag, e-mail: kas@nwo.nl

Informatica is het wetenschappelijk fundament van de informatiemaatschappij en een belangrijke bron van economische groei. Informatica is één van de drie onderdelen van het brede wetenschaps-gebied Informatie- en Communicatietechnologie (ICT). De focus van deze Nationale Onderzoeksagenda Informatica (NOAG-i) is **het wetenschappelijke informaticaonderzoek**, d.i. al het generieke, strategische en toepassingsgerichte onderzoek dat in de wetenschapsdiscipline informatica wordt uitgevoerd. Gelet op deze focus zijn voor de uitvoering van de NOAG-i de universiteiten en het NWO-onderzoeksinstituut CWI de meest relevante kennisinstellingen.

Het informaticaonderzoeksveld heeft voor de periode 2001-2005 **drie belangrijke ambities**:

1. Vergroting van het aantal toponderzoekers door talentontwikkeling.
2. Verbetering van de interactie met onderzoekers in “aanpalende wetenschappen” waarin informaticamethoden en –technieken worden toegepast en onderzocht.
3. Verbetering van de kennistransfer tussen informaticaonderzoekers en potentiële gebruikers van onderzoeksresultaten.

De NOAG-i identificeert **zeven onderzoeksthema's die wetenschappelijk uitdagend en maatschappelijk geïnspireerd** zijn. Binnen deze thema's worden de komende jaren belangrijke doorbraken verwacht: voor de wetenschap informatica zelf, de interactie met andere wetenschappen en de kennistransfer. De zeven NOAG-i-thema's zijn:

- Parallel and Distributed Computing (PDC)
- Embedded Systems (ES)
- Software Engineering (SE)

- Multimedia (MM)
- Modelling, Simulation and Visualization (MSV)
- Intelligent Systems (IS)
- Algorithms and Formal Methods (AFM)

Het informaticaonderzoeksveld bestaat uit ongeveer 60 relatief kleine onderzoeksgroepen. De onderzoekers hebben zich georganiseerd in tien universitaire onderzoeksinstituten plus het CWI, en vijf landelijke en thematisch coherente onderzoeksscholen. Er werken in totaal 850 informatici in onderwijs en onderzoek bij de universiteiten en het CWI, onder wie 75 voltijdse hoogleraren en 470 onderzoekers met een tijdelijke aanstelling (promovendi en postdocs). Hun onderzoeksinzet bedraagt in totaal ongeveer 560 fte. Dit is 4% van de Nederlandse onderzoeksinzet in alle wetenschappen tezamen. Aan informaticaonderwijs en –onderzoek wordt jaarlijks zo'n Mf 117 uitgegeven, waarvan Mf 80 via de universiteiten loopt en Mf 37 via NWO.

Het aantal informatici is te klein om, naast de opvang van de grote onderwijsdruk, de onderzoeksambities te realiseren. Hiervoor is **een structurele verdubbeling van het budget** nodig (te bereiken in 2005), waarmee **650 nieuwe aanstellingen** gefinancierd kunnen worden. Door de inzet van gerichte, al dan niet tijdelijke, subsidie-instrumenten zal de versterking resulteren in:

- Grotere en beter geprofileerde onderzoeksgroepen.
- Goede carrièreperspectieven voor talentvolle onderzoekers.
- Toegenomen interactie tussen informatica-onderzoek en onderzoek in aanpalende wetenschappen.
- Verbeterde kennistransfer.

In 1997 publiceerde de toenmalige Stichting Informatica Onderzoek Nederland (SION) voor het eerst een Nationale Onderzoeksagenda Informatica (NOAG-i). Deze eerste NOAG-i maakte op ondubbelzinnige wijze duidelijk dat informaticaonderzoekers begrepen dat er een beroep op hen werd gedaan om de informatiemaatschappij mede vorm te geven. SION reserveerde de helft van haar budget voor maatschappelijk geïnspireerd onderzoek.

SION is eind 1998 overgegaan in de Adviescommissie Informatica (ACI) van het gebied Exacte Wetenschappen van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO). Eind 2000 hebben de vijf onderzoeksscholen op het gebied van de informatica en het NWO-instituut CWI zich verenigd in het Informaticaonderzoek Platform Nederland (IPN). Door de nauwe samenwerking tussen IPN en ACI zijn de voorwaarden geschapen om te komen tot nationale coördinatie van wensen en ambities van het informaticaonderzoeksveld.

Deze wensen en ambities sporen met de ambitieuze doelen die de regering de afgelopen jaren heeft geformuleerd met betrekking tot Informatie- en Communicatietechnologie (ICT). Binnen het brede ICT-gebied is het wetenschappelijke informatica-onderzoek onmisbaar. Dáár worden de fundamenteen gelegd voor de technologie van morgen. Het informaticaonderzoeksveld is zich bewust van zijn grote verantwoordelijkheid. In deze nieuwe NOAG-i geeft het informaticaonderzoeksveld aan in welke onderzoeksthema's de komende jaren belangwekkende doorbraken zijn te verwachten. Tevens geeft de NOAG-i aan welke rol de onderzoekers daarin voor zich zien weggelegd en welke middelen zij nodig hebben om die rol te spelen.

In tal van rapportages is inmiddels vastgesteld dat er forse financiële impulsen nodig zijn voor het ICT-onderzoek in het algemeen en het informaticaonderzoek in het bijzonder. Het rapport *Samen, strategischer en sterker* van de Taskforce ICT-en-kennis onder leiding van dr. C. le Pair (juni 2001) is de laatste in een reeks waarin opgeroepen wordt tot investeringen in ICT-onderzoek. Universiteiten, NWO en de ministeries van OCenW en EZ zullen alle hun bijdrage moeten leveren. Het informaticaonderzoeksveld, verenigd in het IPN, en uitgerust met de plannen in deze NOAG-i, is klaar voor de uitdaging.

Aan de discussie over de NOAG-i 2001-2005 hebben het afgelopen jaar velen bijgedragen. Hun namen staan op de volgende bladzijde vermeld. Bijzondere dank ben ik verschuldigd aan mijn voorganger prof. dr. P.M.G. Apers, die als voorzitter van SION en later ACI aan de wieg heeft gestaan van zowel de eerste als deze tweede NOAG-i. Bovendien was hij de wegbereider van het IPN. Ook gaat mijn dank uit naar Dr. ir. J.C.W. Berkhoff, voormalig SION-directeur, Dr. M. Kas, beleidsmedewerker informatica bij NWO/EW, en Dr. A.P. Meijler, directeur NWO-gebied Exacte Wetenschappen, voor de beleids- en administratieve ondersteuning.

Prof. dr. M.H. Overmars,
Voorzitter IPN en ACI

Leden Informaticaonderzoek Platform Nederland (IPN)

Prof. dr. M.H. Overmars, Universiteit Utrecht, lid vanuit de ACI, *voorzitter*
Prof. dr. J.C.M. Baeten, directeur onderzoeksschool IPA
Prof. dr. D.J.N. van Eijck, directeur onderzoeksschool Logica
Prof. dr. H.J. van den Herik, Universiteit Maastricht, lid vanuit de ACI
Prof. dr. L.O. Hertzberger, voorzitter onderzoeksschool ASCI
Prof. dr. J.J.Ch. Meyer, directeur onderzoeksschool SIKS
Prof. dr. ir. I.G.M.M. Niemegeers, directeur onderzoeksschool TGS (tot 1 december 2000)
Dr. ir. G. van Oortmerssen, directeur onderzoeksinstituut CWI
Prof. dr. W.H.M. Zijm, directeur onderzoeksschool TGS (vanaf 1 december 2001)

Tot zijn overlijden door een noodlottig verkeersongeluk in juli 2001 was drs. J.P. Veen namens de technologiestichting STW waarnemer bij de IPN-vergaderingen.

Leden Adviescommissie Informatica (ACI) van het NWO-gebied Exacte Wetenschappen

Prof. dr. P.M.G. Apers, Universiteit Twente, voorzitter (tot 1 februari 2001)
Prof. dr. M.H. Overmars, Universiteit Utrecht, voorzitter (vanaf 1 februari 2001)
Prof. dr. ir. J. Biemond, Technische Universiteit Delft (vanaf 1 februari 2001)
Prof. dr. ir. F.C.A. Groen, Universiteit van Amsterdam
Prof. dr. H.J. van den Herik, Universiteit Maastricht

Prof. dr. P. Klint, CWI en Universiteit van Amsterdam (vanaf 1 februari 2001)
Prof. dr. J.C. van Vliet, Vrije Universiteit (tot 1 februari 2001)
Prof. dr. F.W. Vaandrager, Katholieke Universiteit Nijmegen

Aan (de discussies over) de NOAG-i werd voorts bijgedragen door:

Prof. drs. M. Boasson, Universiteit van Amsterdam
Prof. dr. P.W. Adriaans, Syllogic en Universiteit van Amsterdam
Mr. G.M. Weel, ministerie van OCenW, Onderzoeks- en Wetenschapsbeleid
Ir. J.M.J. van der Nat, ministerie van EZ, Cluster ICT-competenties
Dr. ir. J.A. Julianus, ministerie van EZ, Cluster ICT-competenties
Dr. M. van Lieshout, TNO-STB

Onze samenleving ontwikkelt zich tot een informatiemaatschappij: een maatschappij waarin informatie en kennis cruciale elementen vormen voor maatschappelijke ontwikkeling en economische groei. Deze ontwikkeling wordt ook wel de “vierde industriële revolutie” genoemd. Kenmerkend voor deze revolutie is het kennisintensieve karakter en de mondiale oriëntatie van economische activiteiten. Zij eist flexibiliteit en mobiliteit in zowel arbeid als het persoonlijk leven, maar maakt deze ook mogelijk door een betere aansluiting van producten en diensten bij individuele behoeften en levensstijlen. De revolutie manifesteert zich in de opkomst van wereldwijde computernetwerken (internet), de digitalisering van ieder denkbaar medium (tekst, stilstaand en bewegend beeld, geluid) en de daaruit voortvloeiende integratie van apparatuur (computers, radio, TV, enz.). Maar de revolutie manifesteert zich ook in de stormachtige ontwikkeling van draadloze communicatie, zowel tussen mensen (bij o.a. GSM, UMTS) als tussen apparaten onderling (o.a. Blue Tooth).

Deze veranderingen ontstaan enerzijds door technologische ontwikkelingen in de hardware (zoals snellere en kleine processoren, glasvezelnetwerken, satellietverbindingen) en anderzijds door grote vooruitgang bij het uitdenken, bouwen, verbeteren en onderhouden van softwaresystemen voor informatieverwerking. Voorts is kenmerkend voor de revolutie dat de hard- en softwaredomeinen in toenemende mate integreren. Het duidelijkst wordt dit geïllustreerd door de opkomst en ontwikkeling van *embedded systems*, maar ook elders raken de ontwikkelingen vervlochten: zonder slimme compressie-algoritmes geen mobiele communicatie, zonder snelle chips geen gebruikersvriendelijke multimedia.

In deze revolutie, die geen enkele maatschappelijke sector onaangeroerd laat, heeft de wetenschaps-

discipline informatica een bijzondere verantwoordelijkheid. Wetenschappelijk onderzoek in de informatica leidt immers tot vergroting van kennis en kunde die ten grondslag ligt aan de ontwikkeling van informatie(-verwerkende) systemen. Op weg naar de informatiemaatschappij doet de samenleving dan ook een beroep op de informatica om de vele obstakels op te ruimen en ongedachte mogelijkheden te exploreren.

Ook andere wetenschappen maken in toenemende mate gebruik van concepten, modellen, generieke methoden, technieken en hulpmiddelen uit de informatica. Zonder informatica geen bio-informatica of genomics, zonder informatica geen taal- en spraaktechnologie.

De wetenschapsdiscipline informatica zelf ontwikkelt zich stormachtig. Tal van nieuwe concepten wat betreft de berekenbaarheid van complexe problemen en de optimale benutting van enorme en heterogene datastromen (om slechts twee voorbeelden te noemen) vragen zowel om grondige theoretische doordenking als om experimentele toetsing. Met veel enthousiasme en creativiteit werken de informatici vandaag aan onderzoek dat over vijf tot tien jaar het fundament zal blijken te zijn van nieuwe technologieën.

De voorliggende Nationale Onderzoeksagenda Informatica (NOAG-i) laat zien dat het noodzakelijk is het wetenschappelijk informaticaonderzoek te versterken, met het accent op talentontwikkeling, verbetering van de interactie met andere wetenschapsgebieden en kennistransfer naar potentiële gebruikers van onderzoeksresultaten. Al met al gaat het om de versterking van het wetenschappelijk fundament van de informatiemaatschappij, waardoor ook in de toekomst de informatica een bron van economische groei in Nederland zal blijven.

Begrips- en positiebepaling

2.1 Informatica en ICT

De termen “informatica” en “ICT” (informatie- en communicatietechnologie) worden in het dagelijks taalverkeer door elkaar heen gebruikt. Het is echter goed om het “werkingsgebied” van de NOAG-i zo duidelijk mogelijk te bepalen. De NOAG-i heeft betrekking op het *wetenschappelijk informatica-onderzoek*:

Wetenschappelijk informaticaonderzoek

is het onderzoek in de wetenschapsdiscipline informatica dat zich bezighoudt met de concepten, modellen, generieke methoden, technieken en hulpmiddelen voor het geautomatiseerd bewerken (verzamelen, ordenen, analyseren, archiveren, opzoeken, presenteren en verspreiden) van informatie.

Deze omschrijving dekt redelijk nauwkeurig de onderzoeksactiviteiten van de groepen die behoren tot de (sub)faculteiten Informatica of vergelijkbare universitaire structuren. Al dit informaticaonderzoek tezamen wordt ook wel aangeduid met de term “kerninformatica”. In deze nota wordt met “informatica” telkens “kerninformatica” bedoeld.

Er is vanuit het informaticaonderzoek een vloeiende overgang naar onderzoek in de telecommunicatie, micro-elektronica en hardware (verder aan te duiden als TMH).¹

Maar ook in een ander opzicht zijn er vloeiende overgangen vanuit de informatica. In tal van wetenschapsgebieden worden de generieke informaticamethoden en -technieken toegepast en ook (verder) ontwikkeld. Het gaat om zulke uiteenlopende gebieden als bijvoorbeeld de fysica, medische wetenschappen en de linguïstiek.

Daarnaast wordt er onderzoek gedaan naar de verspreiding en implementatie van informatica in maatschappelijke contexten. Dit gebeurt met name in gammawetenschappen als bestuurlijke informatiekunde, sociaal-wetenschappelijke informatica en juridische informatica. Al deze gebieden worden in deze nota “aanpalende wetenschappen” genoemd.

Informaticaonderzoek in aanpalende wetenschappen is

(1) toepassingsgericht onderzoek dat erop gericht is generieke informaticaonderzoekresultaten bruikbaar te maken en verder te ontwikkelen voor specifieke problemen in andere wetenschapsgebieden dan de informatica, (2) onderzoek naar de verspreiding en implementatie van informatica in maatschappelijke contexten.

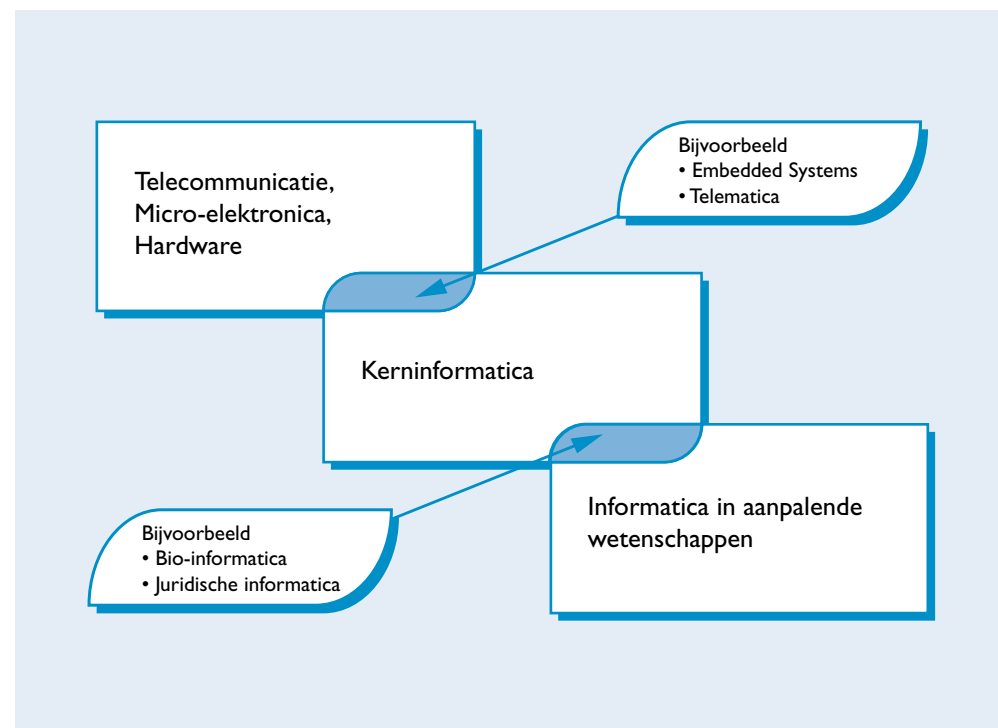
ICT-onderzoek kan nu als volgt worden omschreven:

ICT-onderzoek

is al het wetenschappelijke en technologische onderzoek in informatica, TMH en informaticaonderzoek in aanpalende wetenschappen dat bijdraagt aan informatie- en communicatietechnologie.

De relatie tussen de drie gebieden is weergegeven in figuur 1.

ICT-onderzoek kan vergeleken worden met een delta. Er is een rivier, de hoofdstroom. Dit is het onderzoek in de (kern)informatica, zoals hierboven gedefinieerd. Hierin gaat het om de ontwikkeling van de wetenschapsdiscipline informatica zelf. Maar deze hoofdstroom heeft tal van vertakkingen richting “hardware” en “aanpalende gebieden”. In



Figuur 1: ICT bestaat uit kerninformatica, TMH en informatica in aanpalende wetenschappen.

deze vertakkingen gaat het om de informatica als “enabler”, dat wil zeggen als leverancier van methoden en technieken waarmee andere wetenschapsgebieden bevoeid worden. Overigens vloeien er vanuit die gebieden ook weer vragen en oplossingen terug naar de hoofdstroom, die daardoor verrijkt wordt. De NOAG-i brengt de bedding, omvang, inhoud, diepgang en richting van de hoofdstroom in kaart.

2.2 Positie NOAG-i in het nationale ICT-beleid

De voorliggende NOAG-i 2001-2005 presenteert het beleid voor het wetenschappelijke informatica-

onderzoek. De NOAG-i is op verzoek van de ministeries van OCenW en EZ gemaakt door het IPN en de ACL. De totstandkoming van de NOAG-i 2001-2005 is één van de acties uit de nota *Concurreren met ICT-competenties* (CIC), verschenen in juni 2000. In deze nota wordt één van de vijf pijlers van het regeringsbeleid met betrekking tot ICT uitgewerkt, namelijk de pijler “Kennis en innovatie”.² De hoofdlijnen van het regeringsbeleid zijn uiteengezet in de nota’s *De Digitale Delta* (1999) en *e-Europe voorbij* (2000).

In de CIC-nota wordt een reeks acties ter versterking van de Nederlandse economie door middel

¹Zie voor een nadere precisering van het TMH-gebied de eerste ICT-scan *ICT-kennis in Nederland. Het universitaire ICT-onderzoek*. TNO-STB juli 2001.

²De andere pijlers zijn: A) De (tele)communicatie-infrastructuur, C) Toegang en vaardigheden, D) Regelgeving, E). De inzet van ICT in de publieke sector: Kennis en innovatie is pijler B.

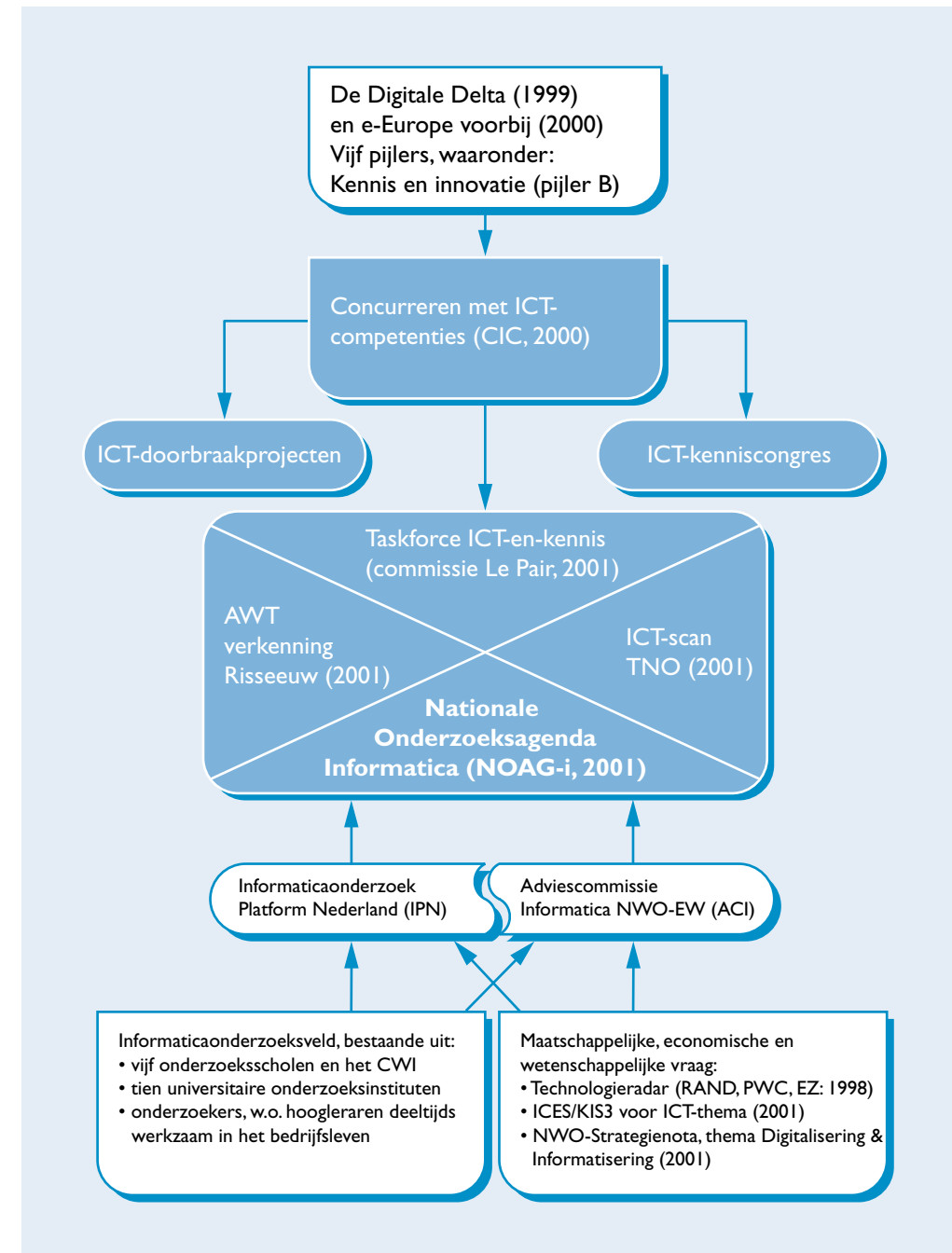
van ICT aangekondigd. Twee ervan zijn van directe invloed op de NOAG-i 2001-2005 geweest, namelijk het werk van de Taskforce ICT-en-kennis onder leiding van dr. C. le Pair en de eerste ICT-scan uitgevoerd door TNO-STB. Zowel de Taskforce als TNO verrichtten hun werkzaamheden in dezelfde periode als waarin aan de NOAG-i werd gewerkt (november 2000 – juni 2001). Dit bood een unieke gelegenheid om de drie beleidsdocumenten op elkaar af te stemmen. Zo zijn enerzijds vanuit IPN en NWO veel gegevens en ideeën aangeleverd bij de Taskforce en TNO, terwijl anderzijds de bevindingen van de Taskforce en TNO geïncorporeerd zijn in de NOAG-i. De relatie tussen de drie documenten kan als volgt worden gekarakteriseerd:

- **NOAG-i 2001-2005:** beleidsdocument met betrekking tot het wetenschappelijke informaticaonderzoek; geeft inhoudelijke beschrijving van het onderzoek; formuleert voor het informaticaonderzoek de ambities en berekent welke middelen nodig zijn om deze te realiseren. De NOAG-i kan gezien worden als een gedetailleerde en inhoudelijke uitwerking van het informaticadeel van het rapport van de Taskforce ICT-en-kennis.
- **Taskforce ICT-en-kennis:** het rapport *Samen, strategischer en sterker* ("triple S") werd in juni 2001 aangeboden aan de ministers van EZ en OCenW. Het heeft betrekking op het Nederlandse ICT-onderzoek, met een accent op het onderzoek in TMH en informatica. Het rapport toont de noodzaak aan van investeringen in ICT-onderzoek en berekent de minimale omvang ervan (een verdubbeling van het huidige volume). Voor de uitvoering van een nationaal gecoördineerd ICT-beleid wordt de oprichting van een ICT-forum bepleit.

- **ICT-scan TNO:** TNO is gevraagd om regelmatig een "scan" te maken van het ICT-onderzoeksveld om de gegevens te verzamelen op basis waarvan de effectiviteit van het ICT-beleid getoetst kan worden, in het bijzonder met betrekking tot de kennisuitwisseling tussen onderzoeksinstituten en het bedrijfsleven. TNO heeft gebruik gemaakt van de gegevens verzameld door NWO/EW en NWO/STW, en van eigen onderzoek, dat deels in samenwerking met het IPN werd opgezet. De verzamelde gegevens vormen de feitenbasis voor zowel de NOAG-i als het Taskforcerapport.

In januari 2001 verscheen bovendien de rapportage *Verlangen naar de eindeloze zee* van de AWT-verkenningscommissie 'Kennis voor de netwerkeconomie', voorgezeten door drs. A.H.J. Risseeuw. Hoewel deze rapportage onafhankelijk van de CIC-acties tot stand is gekomen, sluit zij er wel nauw bij aan. Zowel in het Taskforcerapport als in de NOAG-i zijn de adviezen van de verkenningscommissie meegenomen.

Het kwartet NOAG-i, Taskforcerapport, ICT-scan en AWT-verkenningsrapport geeft een nauwkeurig beeld van de stand van zaken in het Nederlandse ICT-onderzoek. Zij bevatten de ambities, adviezen, plannen en instrumenten om het ICT-onderzoek de noodzakelijke impuls te geven. De relatie tussen alle genoemde documenten en acties is weergegeven in figuur 2.



Figuur 2: Positie NOAG-i in het nationale ICT-beleid.

3.1 Concurrent research

De informatiemaatschappij bestaat uit netwerken van personen en organisaties, de economie wordt een netwerkeconomie.³ In een netwerkeconomie worden de drie fasen van idee tot concreet product (wetenschappelijke kennisgeneratie – technologisch onderzoek – productontwikkeling) niet alleen ná elkaar doorlopen, maar juist ook tegelijkertijd.⁴ De ene fase staat bovendien in dienst van de andere, waardoor een dynamisch en cyclisch proces ontstaat. Kennis stroomt niet alleen vanuit de wetenschap via technologie naar productontwikkeling, maar ook andersom: productontwikkeling kan een inspiratiebron en drijvende kracht zijn voor technologisch onderzoek en technologisch onderzoek voor wetenschappelijke kennisgeneratie (figuur 3).

Dit geheel of gedeeltelijk overlappen van ontwikkelingsfasen wordt *concurrent research* genoemd. Economisch is concurrent research van groot belang omdat er cruciale tijdswinst en dus concurrentievoordeel geboekt kan worden bij de ontwikkeling van producten en diensten.

3.2 Vijf typen van informatica-onderzoek

Concurrent research en de snelheid waarmee producten en diensten ontwikkeld (moeten) worden, vragen om een grondige bezinning op de positie van het onderzoek, dat wil zeggen zowel de wetenschappelijke kennisgeneratie als het technologisch onderzoek. Ondanks alle snelle ontwikkelingen blijken er namelijk hardnekkige problemen te bestaan die het ontstaan van nieuwe producten en

diensten vertragen of zelfs frustreren. De veiligheid van communicatie (en dus ook van transacties) via internet is zo'n probleem.⁵ De synchronisatie van processen in een omvangrijk netwerk van computers is een ander voorbeeld.⁶

De complexiteit van dergelijke problemen vergt vaak langlopend en diepgaand theoretisch of experimenteel onderzoek. In een gezond onderzoeksklimaat is er voor zulk soort onderzoek volop ruimte.

Kenmerkend voor concurrent research is dat de netwerkpartijen intensief contact met elkaar onderhouden. Daardoor kunnen ook tussentijdse resultaten van langlopend onderzoek worden 'opgepikt' en worden ontwikkeld tot product.

Voor een goed begrip van de positie van het informaticaonderzoek in het dynamische proces van concurrent research, kan het informaticaonderzoek naar aard en tijdschaal van potentieel bruikbare resultaten opgedeeld worden in de volgende vijf typen:

- **Generiek ("curiosity driven") informatica-onderzoek**

Onderzoek naar de theoretische onderbouwing van methoden en technieken; anticiperend onderzoek naar nieuwe algemene methoden en technieken. De drijvende kracht voor generiek onderzoek ligt meestal in de wetenschappelijke nieuwsgierigheid van de onderzoeker ("curiosity driven"). Het onderzoek heeft een fundamenteel karakter. De onderzoeker bedenkt het ongedachte en zoekt het onverwachte, zonder veel aandacht te schenken aan mogelijke toepassingen. De tijdschaal voor generiek onderzoek is tien tot vijftien jaar.

- **Strategisch ("society driven") informatica-onderzoek**

Nadat een (maatschappelijk) probleemgebied is signaleerd, wordt aan het informaticaonder-

zoeksveld gevraagd hiervoor oplossingen te genereren. Een maatschappelijk probleem is derhalve de drijvende kracht van dit onderzoek ("society driven"). Ook dit soort onderzoek heeft een fundamenteel karakter, maar het wordt meestal via gerichte onderzoeksprogramma's uitgevoerd. De tijdschaal voor strategisch onderzoek ligt op vijf tot tien jaar.

- **Toepassingsgericht ("problem driven") informatica-onderzoek**

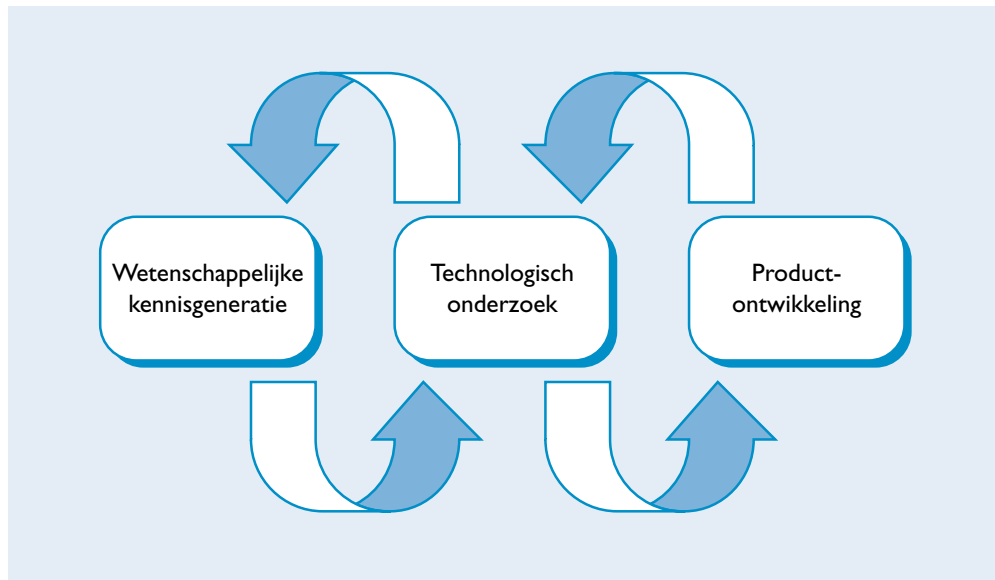
Een probleem is in algemene termen geformuleerd en gevraagd wordt naar één of meer concrete oplossingen. De drijvende kracht van dit onderzoek is dus een specifiek probleemgebied ("problem driven"). Een voorbeeld van dit type onderzoek is het informaticaonderzoek dat het mogelijk maakt dat andere wetenschapsgebieden zich verder ontwikkelen, bijvoorbeeld de natuurkunde door fysische informatica, taal-kunde door computerlinguïstiek, biologische wetenschappen door bio-informatica en medische wetenschappen door genomics. De informatica fungeert hierbij als "enabling" discipline. De tijdschaal voor het onderzoek ligt in de orde van drie tot vijf jaar.

- **Toegepast ("problem solving") informatica-onderzoek**

Een probleem is (meer of minder) gespecificeerd en gevraagd wordt naar de beste oplossing. De tijdschaal voor dit soort onderzoek/ontwikkeling ligt in de orde van twee tot drie jaar.

- **Implementatie-onderzoek**

Een oplossing voor een specifiek informatiseringsprobleem is gevonden, maar moet nog aangepast worden aan de omgeving (bijvoorbeeld een bestaand softwaresysteem). De tijdschaal voor het implementatietraject ligt binnen één tot twee jaar.



Figuur 3: Concurrent research.

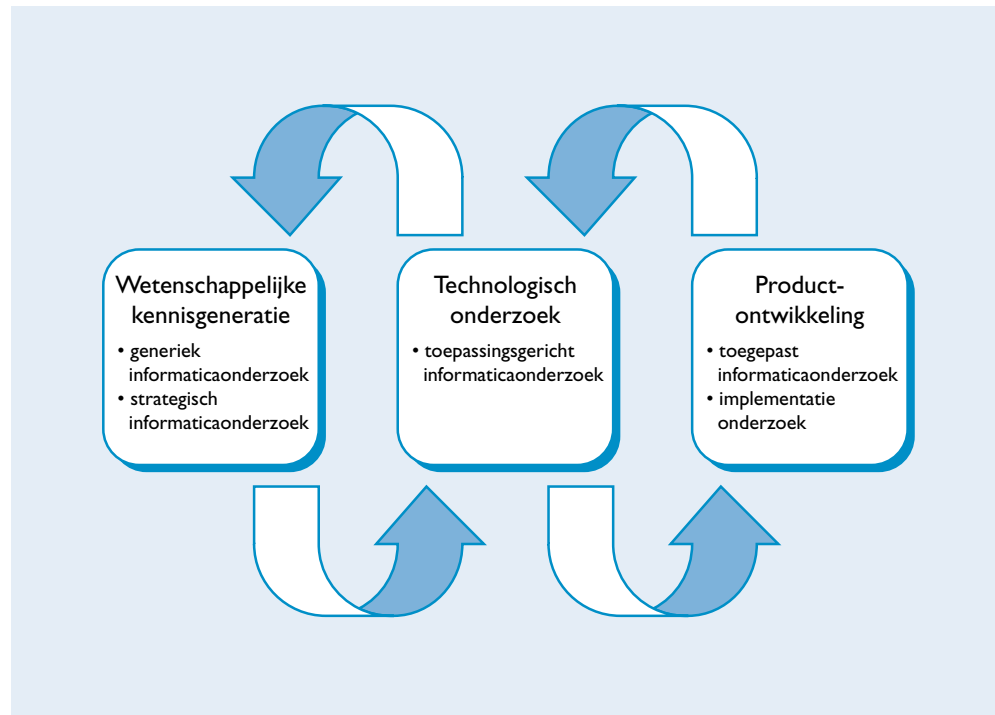
³ Zie *Verlangen naar de eindeloze zee*. Rapportage Verkenningcommissie 'Kenniss voor de Netwerkeconomie' (Commissie-Risseuw). AVT-advies 47, januari 2001.

⁴ Er wordt hier gebruik gemaakt van de terminologie van Berkhout en het "Berkhout-model". Zie: A.J. Berkhout, *The Dynamic Role of Knowledge in Innovation*, DUP Science, augustus 2000.

⁵ Zie het rapport *De kwetsbaarheid van Internet*. TNO en STRATIX, mei 2001.

⁶ Zie *Wetenschap langs de Digitale Snelweg*: Virtueel kan alles. Oratie van Prof. dr. ir. H. Bal, VU Amsterdam, 14 november 2000.

In figuur 4 zijn de vijf typen informaticaonderzoek ondergebracht in het concurrent research-model.



Figuur 4: De vijf typen informaticaonderzoek ondergebracht in het concurrent research-model.

Met behulp van deze indeling kan de aard van het wetenschappelijke informaticaonderzoek preciezer worden gedefinieerd:

Wetenschappelijk informaticaonderzoek bestaat uit al het generieke, strategische en toepassingsgerichte onderzoek dat in de wetenschapsdiscipline informatica wordt uitgevoerd. Het omvat de concurrent research-fasen wetenschappelijke kennisgeneratie en technologisch onderzoek.

3.3 Uitvoering van wetenschappelijk informaticaonderzoek

Binnen de informatica zijn de volgende kennisinstellingen actief: de universiteiten⁷, het NWO-instituut Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI), het Telematica Instituut (TI) en instituten binnen TNO. De activiteiten van deze instellingen kunnen als volgt worden gekarakteriseerd:

- Universiteiten en het CWI: accent op generiek, strategisch en toepassingsgericht onderzoek.

- TI en TNO-instituten: accent op toepassingsgericht, toegepast en implementatieonderzoek.

Bewust is hier gekozen voor de formulering “accent op”, want ook aan universiteiten en het CWI vindt soms implementatieonderzoek plaats, terwijl onderzoekers van het TI en TNO soms generiek onderzoek verrichten. Het gaat hier echter om de karakterisering van het overgrote deel van de activiteiten, voortvloeiend uit de missies van de verschillende organisaties.

De financiering van deze instellingen weerspiegelt hun missie. De universiteiten en het CWI worden grotendeels gefinancierd door het ministerie van OCenW, hetzij direct (via de eerste geldstroom), hetzij indirect (via de tweede geldstroom, in het bijzonder NWO). Daarnaast verwerven deze instellingen gelden van derden: andere ministeries (vooral EZ), het bedrijfsleven en de Europese Unie. Omdat het grotendeels gaat om overheidsmiddelen, worden de universiteiten en het CWI *publiek gefinancierde kennisinstellingen* genoemd.

Bij het TI en de TNO-instituten is de financieringsstructuur precies andersom. Deze instellingen betrekken het grootste deel van hun middelen van marktpartijen en EZ. Ook OCenW en de EU dragen bij, maar in mindere mate. Het TI en TNO kunnen omschreven worden als *publiek-privaat gefinancierde kennisinstellingen*.

Naast de genoemde kennisinstellingen wordt ook informaticaonderzoek verricht in het bedrijfsleven. Vaak gaat het om de R&D-laboratoria van grote (multinationale) bedrijven. In dit *privaat gefinancierde onderzoek* ligt het accent veelal op product-ontwikkeling, dat wil zeggen op toegepast en implementatieonderzoek. Andere onderzoekstypen komen echter eveneens voor, zoals ook blijkt uit de

bijdragen die bedrijfsonderzoekers leveren aan een NWO-onderzoeksprogramma als PROGRESS.

De NOAG-i heeft betrekking op het generieke, strategische en toepassingsgerichte onderzoek.

Dit betekent dat voor de uitvoering van de NOAG-i de universiteiten en het CWI de meest relevante kennisinstellingen zijn. Het betekent echter óók dat het informaticaonderzoeksveld een open oog houdt voor andere partijen die kunnen bijdragen aan het versterken van het generieke, strategische en toepassingsgerichte onderzoek. De bevordering van de wisselwerking tussen de verschillende partijen is dan ook één van de ambities van het informaticaveld. Elke partij opereert echter vanuit de eigen missie. Alleen zó kan concurrent research werken.

⁷ Dit betreft zowel de “algemene” als de technische universiteiten. Steeds wanneer in deze nota over “universiteiten” wordt gesproken, gaat het over beide.

De kwaliteit van het Nederlandse informatica-onderzoek is goed.⁸ Toch zijn er op drie punten verbeteringen mogelijk. Hieraan moet de komende vijf jaar gewerkt worden:

1. Talentontwikkeling

Het informaticaonderzoek is weliswaar goed, maar er zijn weinig echte 'toppers'.⁹ Het aantal Nederlandse informaticaonderzoekers dat zich kan meten met de internationale top is beperkt, zoals uit citatieanalyses blijkt.¹⁰ Een groter aantal toponderzoekers is noodzakelijk om de gewenste wetenschappelijke en technologische doorbraken te realiseren. Het informaticaveld heeft daarom de ambitie talentvolle onderzoekers de intellectuele ruimte en de financiële middelen te bieden om zich tot toponderzoekers te ontwikkelen. Hiervoor is tevens een bredere basis nodig, om talentvolle onderzoekers op te leiden en te scouten. Het doel is om over vijf jaar een betere score voor de discipline als geheel bewerkstelligd te hebben, blijkend uit de NEC Citatie-index.

2. Interactie met aanpalende wetenschappen

Er is weinig interactie tussen onderzoekers in de kerninformatica en informatica in de aanpalende wetenschappen.¹¹ Dit betekent dat van beide zijden kansen op wetenschappelijke progressie worden gemist. Het informaticaveld heeft de ambitie deze interactie te

verbeteren. Het doel is om over vijf jaar een groei in gemeenschappelijke interdisciplinaire onderzoeksprojecten gerealiseerd te hebben, blijkend uit het aantal interdisciplinaire NWO-projecten.

3. Kennistransfer en publiek-private samenwerking op het gebied van generiek, strategisch en toepassingsgericht onderzoek

Uit onderzoek blijkt dat er tal van contacten bestaan tussen informaticaonderzoekers en potentiële gebruikers van de onderzoeksresultaten: bedrijven, overheidsinstellingen, onderzoeksinstituten buiten de ICT.¹² Desalniettemin laat de kennistransfer te wensen over.¹³ Het informaticaveld heeft de ambitie de kennistransfer en publiek-private samenwerking te verbeteren. Het doel is om over vijf jaar de kennistransfer tussen het informatica-onderzoeksveld en derden te verbeteren, blijkend uit de gegevens van de ICT-scan.

De middelen en instrumenten die nodig zijn voor de realisatie van deze ambities, worden behandeld in hoofdstuk 7.

⁸ Zie *Quality Assessment of Research Mathematics and Computer Science at the Dutch Universities*. VSNU-onderzoeksvisite, september 1997. Recentere gegevens zijn helaas niet beschikbaar. Zie echter ook *Internationale ICT-toets 2000*, rapport EZ, oktober 2000.

⁹ Ter illustratie: de VSNU-visite 1997 had betrekking op 50 onderzoeksprogramma's. Hiervan kregen er slechts vijf de maximale score van 20 punten. Het gemiddelde van alle programma's was 14,3 (op een schaal van 4 t/m 20).

¹⁰ Hoe gebrekkig deze soms ook zijn. Recente cijfers zijn te vinden in de *Wetenschaps- en Technologie-indicatoren 2000* van het NOWT (januari 2001). Zie voor discussie van een eerdere citatieanalyse door het NEC Research Institute bijvoorbeeld het artikel van F.V. Vaandrager in de *Automatiseringsgids* van 25-2-2000.

¹¹ Zie de eerste ICT-scan *ICT-kennis in Nederland. Het universitaire ICT-onderzoek*, TNO-STB juli 2001.

¹² Idem.

¹³ Zie *ICT en Nederland*, rapport IDC, februari 2000.

In de voorgaande hoofdstukken is het informatica-onderzoek afgegrensd ten opzichte van verwante wetenschappen. De aard van de onderzoeksactiviteiten is omschreven, evenals de positie van deze activiteiten in het proces van concurrent research. Tevens is aangegeven op welke punten de werking van het onderzoeksveld nog verbeterd kan worden. Dit alles is echter slechts de "omlijsting" van datgene waar het werkelijk om gaat: de inhoud van het onderzoek.

Binnen het IPN en de ACI en hun respectievelijke achterbannen zijn diepgaande discussies gevoerd over de versterking van de wetenschapsdiscipline informatica. Deze discussies vonden plaats tegen de achtergrond van internationale en nationale ontwikkelingen. Deze worden hier kort behandeld.

De internationale ontwikkelingen

Het Nederlandse ICT-beleid (zie paragraaf 2.2) past in de context van wereldwijde aandacht van regeringen voor ICT. Met name de initiatieven van de Amerikaanse overheid en de Europese Unie trekken veel aandacht.¹⁴

- In Amerika werd in 1999 het rapport *Information Technology: Investing in Our Future* van de President's Information Technology Advisory Committee (PITAC) aangeboden aan president Clinton. Dit rapport, opgesteld door een brede commissie waarin zowel wetenschappers als vertegenwoordigers van het bedrijfsleven (o.a. Microsoft, Sun, Hewlett-Packard) zitting hadden, blijkt bijzonder invloedrijk te zijn. De belangrijkste aanbeveling is dat de Amerikaanse federale overheid veel meer en actief dient te investeren in fundamenteel,

lange termijn softwareonderzoek. Een groot deel van de PITAC-aanbevelingen is inmiddels door het Congres overgenomen. Voor de uitvoering is voor de komende jaren ca. 240 miljoen USD gereserveerd.

- Binnen Europa trekt met name het Ierse ICT-beleid de aandacht. In februari 2000 besloot de Ierse regering tot de oprichting van een aparte *Research Foundation* met een totaalbudget voor de komende vijf jaar van 750 miljoen Euro (1,65 miljard gulden) "to create world class research excellence in niche areas of ICT and Biotechnology".¹⁵
- In de Europese Unie vindt stimulering van ICT-onderzoek plaats via het thema *The User-Friendly Information Society* (IST), onderdeel van het 5^{de} EU-kaderprogramma voor onderzoek en ontwikkeling (looptijd 1998-2002). In deze periode zal zo'n 3,6 miljard Euro via het IST-programma aan ICT-onderzoek uitgegeven worden. Discussies over de invulling van het 6^{de} kaderprogramma zijn reeds begonnen. Ook daarin zal ICT-onderzoek een prominente plaats innemen.
- Naast het EU-kaderprogramma worden ook via het onderzoeksfonds EUREKA aanzienlijke bedragen in ICT-onderzoek geïnvesteerd. Binnen EUREKA wordt voor softwareonderzoek via het ITEA-programma in de periode 1999-2006 3,2 miljard Euro uitgetrokken. Voor onderzoek naar chips en hardware is in het MEDEA+-programma in de periode 2001-2009 in totaal 4 miljard Euro beschikbaar. Deelname aan dergelijke Europese programma's vereist een sterke nationale onderzoeksbasis.

¹⁴ Enigszins verrassend is de afwezigheid van Japan in het debat. In tegenstelling tot het Japanse Fifth Generation Computingprogramma uit de jaren '80 trekken Japanse overheidsinitiatieven, zoals het Real World Computing Programma, nauwelijks internationale aandacht.

¹⁵ Bron: Almost final draft Ministerial Conference on the Knowledge and Information Society, Lisbon, 10-11 April 2000, Report on the R&D Session, <http://davidw.home.cern.ch/davidw/public/LisbonRapport.html>.

Nationale ontwikkelingen

Met deze internationale ontwikkelingen in het achterhoofd en met het oog gericht op de specifieke Nederlandse behoeften en mogelijkheden, komen de opstellers van de Nederlandse adviesrapporten met lijsten van gebieden die, op basis van hun bevindingen, in het onderzoek extra aandacht zouden moeten krijgen (zie bijlage 2).

Wie alle adviezen na elkaar tot zich neemt, ziet twee patronen. Ten eerste blijkt er opvallend veel overeenstemming te zijn over de onderzoeksgebieden die vanuit maatschappelijk of economisch oogpunt belangrijk gevonden worden. Ten tweede blijkt dat de namen die aan deze gebieden worden gegeven, in meer of mindere mate fluctueren. Beide patronen combinerend is de conclusie dat er een tamelijk constante en consistente vraag is naar onderliggend onderzoek, maar dat de vlag waaronder deze vraag vaart kan verschillen.

Zeven NOAG-i-thema's

De NOAG-i identificeert het wetenschappelijke informaticaonderzoek dat nodig is zowel voor de ontwikkeling van de discipline zelf als voor de maatschappelijke en economische prioriteiten die in de bovengenoemde adviezen worden gesteld. IPN en ACI hebben dit onderzoek geclusterd in zeven thema's waarbinnen zij de komende jaren belangrijke doorbraken verwachten. Dit zijn de NOAG-i-thema's. De NOAG-i-thema's zijn geworteld in de informaticabasisdisciplines, maar zijn geïnspireerd door maatschappelijke behoeften, zoals opgesomd in bijlage 2.

De zeven NOAG-i-thema's

- Parallel and Distributed Computing (PDC)
- Embedded Systems (ES)
- Software Engineering (SE)
- Multimedia (MM)
- Modelling, Simulation and Visualization (MSV)
- Intelligent Systems (IS)
- Algorithms and Formal Methods (AFM)

Elk van de NOAG-i-thema's biedt ruimte voor generiek, strategisch en toepassingsgericht onderzoek, al zal de mix in elk van de thema's verschillen.

De NOAG-i-thema's zijn bij uitstek een instrument voor interactie met andere wetenschappen en kennistransfer. Verbeteringen op deze terreinen behoren tot de ambities van het informaticaonderzoeksveld. Dit vergt inzet van middelen op de NOAG-i-thema's, opdat onderzoek binnen deze thema's gestimuleerd wordt. In het kader van de uitvoering van de NOAG-i 1997-2001 is hiermee reeds een begin gemaakt (zie bijlage 1). Deze stimulering moet worden voortgezet en uitgebouwd om het informaticaveld in staat te stellen zijn ambities waar te maken. Zie hierover hoofdstuk 7.

De themabeschrijvingen bestaan steeds uit drie onderdelen: een korte karakteristiek van het onderzoeksgebied, een aantal relevante onderzoeksvragen voor de komende jaren, en een opsomming van de informaticabasisdisciplines waarin het thema geworteld is.¹⁶

5.1 Parallel and Distributed Computing (PDC)

Het thema Parallel and Distributed Computing houdt zich bezig met de studie van via netwerken gekoppelde computers. Daarbij staat de verhouding tussen communicatiesnelheid van het netwerk en die van de gekoppelde computersystemen centraal. De term gedistribueerde computersystemen werd traditioneel gebruikt voor systemen waarbij de communicatiesnelheid van het netwerk veel lager was dan die van de aangesloten computersystemen, terwijl de term parallel computersysteem gold voor systemen waarin de netwerkcommunicatiesnelheid in de orde van grootte van die van de aangesloten computersystemen was. Daarbij speelde afstand ook een rol, omdat de bandbreedte van communicatiekanalen over grote afstand ordes lager was dan op kleine afstand. Bij het onderzoek op het gebied van gedistribueerde systemen spelen aspecten van autonomie van het gekoppelde computersysteem een belangrijke rol, met als gevolg dat bijv. communicatieprotocollen en federatie belangrijke onderzoeksonderwerpen zijn. Bij parallelle systemen is het juist de essentie dat de autonomie van een computer node verdwijnt en dat een node deel uitmaakt van een globaal computersysteem. Zaken als bijv. loadbalancing van taken over nodes, performance modellering en optimalisatie, spelen daarbij een belangrijke rol.

De moderne op glasvezel gebaseerde communicatietechnologie zal deze ontwikkelingen in de toekomst volledig veranderen. Daarmee wordt het onderscheid tussen parallelle en gedistribueerde systemen op basis van hardwarekenmerken steeds vager. Voor het onderzoek betekent dit dat steeds meer onderzoek zal worden uitgevoerd naar Large Scale Parallel en Distributed systemen die zich fysiek over de gehele wereld kunnen uitstrekken en die daarom, vooral waar het het gebruik als parallel

systeem betreft, ook wel computational Grids worden genoemd. Het ligt in de lijn der verwachting dat dergelijke globale systemen voor allerlei toepassingen zullen worden ingezet, zoals voor rekentaken ten behoeve van grootschalige simulaties, voor informatieoverdracht gebaseerd op federatieve databasesystemen en voor allerlei toepassingen binnen Internet en het WEB.

Relevante onderzoeksvragen liggen op het gebied van:

- distributed computing in homogene/heterogene netwerken.
- ontwikkeling middleware.
- beveiliging van de communicatie over de netwerken en van de opgeslagen gegevens.
- automatische administratieve afhandeling van de kosten van distributed computing.

Bijdragende informatica basisdisciplines:

- Datacompressie: voor opslag en transmissie van informatie.
- Encryptie algoritmen: o.a. voor identificatie, authenticatie en beveiliging.
- Gedistribueerde systemen: o.a. elektronische snelwegen, intranetten, computernetwerken en operating systemen.
- Parallelle algoritmen: o.a. voor optimaliseringsproblemen en visualisatie.
- Parallelle systemen: o.a. architecturen voor parallelle algoritmen en neurale netwerken en intelligente agenten.
- Redundante systemen en dependability: o.a. real-time aspecten, opvang van hardwarefouten.
- Simulatietechnieken: in het bijzonder voor grootschalige high performance simulaties.

¹⁶ De opsommingen zijn gebaseerd op een geactualiseerde lijst van basisdisciplines in het verkenningsrapport *Geen toekomst zonder informatica* (OCV 1996). Ze zijn zeker niet allesomvattend en hebben wellicht ook maar een beperkte geldigheidsduur. Afhankelijk van technologische ontwikkelingen zullen nieuwe disciplines opkomen en andere meer op de achtergrond geraken. De opsommingen zijn dus permanent aan veranderingen onderhevig, maar geven wel een goed inzicht in de huidige onderliggende informaticabasisdisciplines.

5.2 Embedded Systems (ES)

Een embedded system is een informatieverwerkend systeem dat is "ingebouwd" of "ingebod" in een apparaat of systeem waarvan het de functionaliteit en de besturing geheel of gedeeltelijk bepaalt. Het informatieverwerkende systeem en het omvattende systeem zijn zodanig van elkaar afhankelijk, dat het één zonder het ander geen betekenis heeft. Het betreft apparatuur voor een scala aan toepassingen, zoals industriële processen, consumentenelektronica, alsmede diagnostische, analytische en wetenschappelijke systemen. Draadloze netwerken van embedded systems maken geheel nieuwe toepassingen mogelijk. De softwarecomponent van embedded systems wordt daarbij steeds belangrijker. Embedded systems kunnen processen optimaliseren en apparaten gebruiksvriendelijker, energiezuiniger en milieuvriendelijker maken. Zij kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan verhoging van de duurzaamheid en de kwaliteit van de samenleving.

Relevante onderzoeksvragen liggen op het gebied van:

- communicatieprotocollen.
- koppeling van theorie aan toepassingen (verificatie, validatie, testen).
- communicatie van stand-alone-systemen door middel van draadloze communicatie ("wireless").
- mobiele (draadloze) communicatie; alomtegenwoordige ("ubiquitous") communicatie; "ambient intelligence".
- hardware/software co-design, hybride systemen (discrete en continue componenten).
- randvoorwaarden ("constraints") zoals tempo-reel gedrag, foutentolerantie, geheugen-gebruik, vermogensdissipatie, bestendigheid tegen onvriendelijke milieus enz.

Bijdragende informaticabasisdisciplines:

- Architectuur
- Beeld- en sensorverwerking
- Constructiemethoden
- Dependability
- Formele methoden
- Gedistribueerde systemen
- Interoperabiliteit
- Ontwikkeltools
- Parallele systemen
- Specificatiemethoden
- Testmethoden

5.3 Software Engineering (SE)

Software Engineering richt zich op methoden, technieken en hulpmiddelen die het proces van ontwikkeling en onderhoud van complexe softwaresystemen beheersbaar maken en de kwaliteit ervan waarborgen. Onderzoek binnen het thema Software Engineering kan een belangrijke bijdrage leveren aan de Nederlandse software-industrie. Het thema vervult een soort intermediaire positie tussen de meer hardwaregerelateerde thema's (Parallel and Distributed Computing, Embedded Systems) en de meer softwaregerelateerde thema's (Intelligent Systems, Multimedia, Modelling, Simulation and Visualization).

Relevante onderzoeksvragen liggen op het gebied van:

- component-based software development (hergebruik, middleware, coördinatietalen, component libraries).
- concurrent research: requirements engineering met gebruikmaking van internettechnologie.
- maintenance (uitbouw, onderhoud, renovatie, legacy-systemen).
- softwarearchitectuur.

Bijdragende informaticabasisdisciplines:

- Architectuur: zowel van de informatievoorziening van organisaties als van IS als geheel en van software in het bijzonder; ook referentiemodellen en standaarden.
- Constructiemethoden: o.a. objecttechnologie, transformationeel programmeren.
- Interoperabiliteit: o.a. koppeling en integratie van systemen, reverse engineering en migratie en renovatie van legacy-systemen.
- Ontwikkeltools: o.a. Case tools, executeerbare specificaties, codegeneratoren, programma-transformatoren.
- Softwaremanagement: o.a. projectbeheersingsmethoden, softwareconfiguratiebeheer.
- Softwaremetriek: o.a. schattingsmethoden, kwaliteitskentallen.
- Specificatiemethoden: o.a. requirements engineering, informatie-analyse, kennis-acquisitie, business process redesign, generieke en domeinspecifieke specificatietalen.

5.4 Multimedia (MM)

In het thema Multimedia draait het om de inhoud van informatie voordat die is geïndexeerd en gecategoriseerd. Meer dan tachtig procent van alle informatie op internet is multimedia informatie. Zij wil in haar volle omvang computerinteractie brengen op het niveau van de menselijke sensoren voor beeld, taal, spraak en geluid. Aan de analyserende kant vereist het ontsluiting op inhoud van tekst en taal, geluid en spraak, beeld en video. Multimedia voegt een nieuwe semantische en een nieuwe interactielaag toe aan de computersystemen van het moment.

Ontsluiting op inhoud, het organiseren van nog niet gestructureerde data, editors op semantisch niveau, en interface componenten zijn de aansprekende onderzoeksvragen. Beeld- en taal zoek-

systemen, search engines, zijn een belangrijke component in het multimedia onderzoek, alsmede de multimediarepresentatie van gegevensruimtes. Daarnaast spelen ook de organisatie van databases voor multimedia informatie een rol en de structurering van softwaresystemen voor tijdsafhankelijke en niet gestructureerde informatie.

Bijdragende informatica basisdisciplines :

- Beeld- en sensorverwerking.
- Computergrafiek voor animatie en visualisatie.
- Databasesystemen voor multimedia.
- Datacompressie voor opslag en transmissie van beeld informatie.
- Datamining en -warehousing voor multimedia data.
- Encryptiealgoritmen voor beveiliging van geleverde taal, geluid (CD!) en movie informatie.
- Gedistribueerde systemen voor elektronische multimedia snelwegen, quality of service.
- Information retrieval in digitale libraries.
- Natuurlijke taalverwerking.
- Ontwikkeltools, Case tools en codegeneratoren voor beeldsoftware.
- Parallele algoritmen voor beeld en video processing.
- Semantiek voor de mathematisering van beeld concepten en theorie van de beeldbewerking.
- Spraakherkenning en synthese.
- User interface systemen: voor integratie van verschillende media.

5.5 Modelling, Simulation and Visualization (MSV)

Een belangrijke uitdaging voor de informatica ligt in het creëren van virtuele werelden in een computer die een deel van de werkelijke wereld op zodanige wijze modelleert en simuleert dat men

door het bestuderen van dergelijke virtuele werelden nieuwe inzichten kan verwerven over de werking van de werkelijke wereld. Het kan hierbij gaan om het modelleren van fysische of biologische processen (bijvoorbeeld eiwitstructuren en computer aided drugdesign), het ontwerpen en simuleren van elektronische schakelingen, het nabootsen van mechanische processen (bijvoorbeeld robot-simulatie en het ontwerp van productieprocessen), of het simuleren van delen van het menselijk lichaam (bijvoorbeeld voor virtuele chirurgie). Daarnaast worden virtuele werelden steeds vaker gebruik in computer aided design (bijvoorbeeld het ontwerp van gebouwen of industriële installaties) en in computer games.

De belangrijkste wetenschappelijke vragen op dit gebied zijn hoe men effectieve modellen van de te simuleren omgevingen maakt die de belangrijke eigenschappen qua vorm, structuur, geleiding, gedrag onder krachten, enzovoorts, adequaat vastleggen; hoe men het gedrag van dergelijke modellen efficiënt kan simuleren; en hoe men deze modellen en de simulatie resultaten op efficiënte, realistische en inzichtelijke wijze kan visualiseren. Hiervoor is een groot aantal disciplines van belang.

- (geometrische) Modelling en computer Aided design, om effectieve modellen van de te simuleren omgevingen te bouwen.
- Algoritmie, in het bijzonder geometrische Algoritmen, om interactie tussen de onderdelen efficiënt te berekenen.
- Numerieke wiskunde, om gedrag en interactie effecten te berekenen.
- Computer graphics en virtual reality, als onderliggende technologie voor het visualiseren.
- Wetenschappelijke visualisatie, om processen op inzichtelijke wijze te visualiseren.
- Robotica, in het bijzonder het plannen van bewegingen en taken.

Op elk van deze gebieden liggen belangrijke en uitdagende onderzoeksvragen. De schaalgrootte van de te simuleren omgevingen neemt sterk toe en bestaande technieken zijn niet adequaat om deze grotere problemen op te kunnen lossen. Dit geldt zowel voor de modellering, de gebruikte algoritmie voor simulatie, als voor de bestaande visualisatie technieken.

Bijdragende informaticabasisdisciplines :

- Beeld- en sensorverwerking: o.a. voor het modelleren van 3-dimensionale objecten.
- Computationale modellen: o.a. voor simulatiedoeleinden.
- Computergrafiek: o.a. voor computer aided design en animatie.
- Parallele systemen: als simulatie- en visualisatiearchitectuur.
- Robotica: o.a. motion planning en kinematics.
- Algoritmen: o.a. geometrische algoritmen en numerieke algoritmen.
- Parallele algoritmen: o.a. voor grootschalige berekeningen.

5.6 Intelligent Systems (IS)

Het thema Intelligent Systems heeft betrekking op het onderzoek naar fundamentele, methoden, technieken en hulpmiddelen ter realisatie van computergebaseerde systemen die 'intelligente' taken verrichten. Onder deze systemen worden hier verstaan systemen die kennis ontsluiten, overdragen en vastleggen (waaronder databases en kennisbanken), lerende en redenerende systemen, en systemen die op grond van kennis beslissingen ondersteunen en handelingen verrichten in een bepaalde omgeving, zoals (multi-)agentsystemen en autonome robotsystemen. Bij het laatste speelt het probleem van het coördineren en laten samenwerken van (in mindere of meerder mate) autonome agenten in een groep ter verrichting van een

taak op groepsniveau. Het onderzoek binnen dit thema omsluit aldus tevens het gebied van de kunstmatige intelligentie en de automatische generatie en veredeling van kennis. Om kennisgebaseerde systemen zo goed mogelijk te laten aansluiten op de (soms heel verschillende) gebruikers, moeten ook cognitieve aspecten in het onderzoek betrokken worden.

Relevante onderzoeksvragen liggen op het gebied van:

- Search & retrieval-technieken.
- Aan de gebruiker aangepaste en (dus) gebruikersvriendelijke presentatie van gegevens; user profiling; perceived needs.
- Ontwerp en ontwikkeling van multi-agent systemen.
- Kennisveredeling: uit 'ruwe' digitale bestanden nieuwe kennis destilleren (data distillery).

Bijdragende informaticabasisdisciplines:

- Databasesystemen: o.a. geografische en multimedia databases.
- Datamining en -warehousing: zoeken naar verborgen verbanden in heterogene databases.
- Groupware: o.a. e-mail, group decision support systemen; ondersteuning van ongestructureerde samenwerking.
- Information retrieval: o.a. hypertext, hypermedia en digitale libraries.
- Redeneersystemen: o.a. expertsystemen, case base reasoning, fuzzy logic en lerende systemen.
- Tele-applicaties: o.a. EDI, PDI, teleshopping, telebankieren, telewerken en teleconfereren.
- Workflowsystemen: o.a. transactie management systemen en business process management systemen; ondersteuning van gestructureerde samenwerking.

5.7 Algorithms and Formal Methods (AFM)

In dit thema staat de theorievorming binnen het informaticaonderzoek centraal. Het gaat zowel om theoretisch onderzoek als om onderzoek dat bruikbaar is als fundamentele basis voor toepassingen. Kenmerkend is dat het onderzoek generiek is, d.i. de ontwikkeling van methoden, technieken en hulpmiddelen staan los van een concrete toepassing. Dergelijke generiek onderzoek ligt echter vaak ten grondslag aan strategisch en toepassingsgericht onderzoek, getuige de actieve betrokkenheid van theoretische onderzoekers bij één of meer van de andere NOAG-i-thema's.

Bijdragende informaticabasisdisciplines:

- Combinatorische algoritmen: o.a. voor computergrafiek, regelsystemen en beslissingsondersteunende systemen.
- Complexiteitstheorie: o.a. mathematisering van in de praktijk groeiende concepten ten behoeve van kwaliteitsanalyse van algoritmen.
- Computationale modellen: o.a. machine learning, quantum computing, DNA-computing.
- Formele methoden: specificatie en verificatie, model checking, theorem proving, test-generatie.
- Heuristische algoritmen: o.a. genetische algoritmen, simulated annealing.
- Neurocomputing: o.a. neurale netwerken als algoritme voor patroonherkenning, niet als architectuur.
- Procesmodellen: o.a. Petri-netten, procesalgebra en multi agent modellen.
- Semantiek: o.a. mathematisering van concepten die in de informaticapraktijk ontstaan.

In de voorgaande hoofdstukken is duidelijk geworden hoe het informaticaonderzoeksveld de ontwikkeling van de eigen discipline ziet en op welke wijze het informaticaonderzoek kan bijdragen aan de oplossing van maatschappelijke problemen. Om te bepalen of en hoe de gestelde ambities gerealiseerd kunnen worden, is het allereerst nodig een beeld te hebben van de bestaande omvang en structuur van het informaticaonderzoek. Vervolgens moet bepaald worden wat de gewenste of misschien zelfs de noodzakelijke omvang en structuur van het onderzoeksveld is en hoe de veranderingen bewerkstelligd kunnen worden. Dit hoofdstuk beschrijft de bestaande financiering en structuur van het informaticaonderzoek.¹⁷ De gewenste omvang en structuur en de weg daarheen komen aan de orde in hoofdstuk 7.

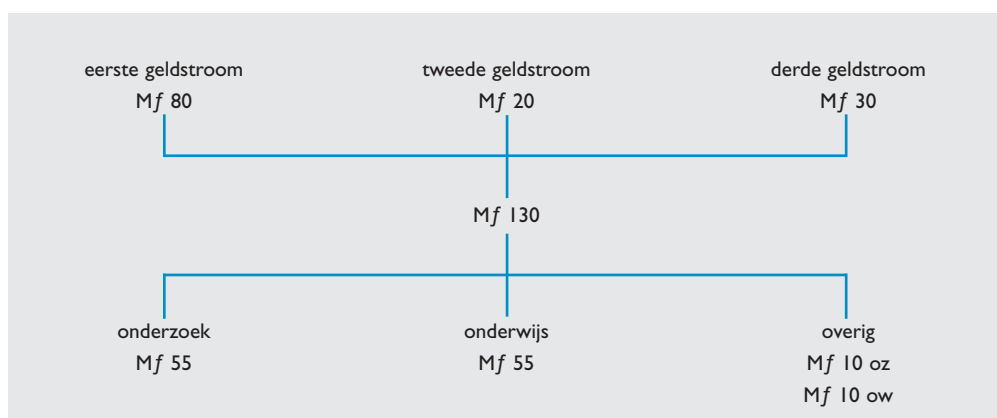
6.1 Huidige inzet voor informatica-onderzoek aan publiek gefinancierde kennisinstellingen

Het onderzoek in de kerninformatica wordt vooral uitgevoerd door publiek gefinancierde kennisinstellingen, dat wil zeggen de universiteiten

(zowel de algemene als de technische) en het NWO-instituut CWI.

De universiteiten

De universiteiten besteedden in 2000 ongeveer Mf 65 aan informaticaonderzoek. Dit zijn de personeelskosten plus de aanschaf van apparatuur en overige kosten (bijvoorbeeld reisbudgetten). Het onderzoek werd gefinancierd uit de budgetten die de universiteiten rechtstreeks van OCenW ontvangen (eerste geldstroom), uit projectsubsidies verworven bij de NWO-gebieden EW en STW (tweede geldstroom) en projectsubsidies verworven bij bedrijven, de Europese Unie, ministeries als EZ en VROM, en voor onderzoeksdiensten verricht voor het Telematica Instituut (derde geldstroom). Daarnaast gaven de universiteiten eveneens ongeveer Mf 65 uit aan het informaticaonderwijs. In totaal werd er voor informaticaonderwijs en -onderzoek dus zo'n Mf 130 uitgegeven. Hiervan was Mf 80 afkomstig uit de eerste geldstroom, Mf 20 uit de tweede en Mf 30 uit de derde. Financieringsbronnen en besteding kunnen als volgt worden samengevat:



Figuur 5: Financieringsbronnen en besteding middelen voor informatica door universiteiten.

¹⁷ In dit hoofdstuk worden alleen afgeronde getallen gebruikt. Zie voor de onderliggende tabellen bijlage 4.

De Mf 130 die beschikbaar was voor onderwijs en onderzoek werd gebruikt om 340 stafleden in vaste dienst aan te stellen en 430 onderzoekers in tijdelijke dienst. De vaste staf bestond uit 75 hoogleraren en 265 universitair docenten en hoofd-docenten.¹⁸ De onderzoekers in tijdelijke dienst kunnen onderverdeeld worden in promovendi en postdocs.¹⁹ De universiteiten financieren uit eigen en derde-geldstroommiddelen de aanstelling van 180 promovendi en 30 postdocs. Uit de tweede geldstroom (EW en STW) verwierven zij de middelen voor de aanstelling van nog eens 140 promovendi en 80 postdocs.

NWO

NWO besteedde in 2000 ongeveer 4% van haar begroting aan project- en programmasubsidies voor informaticaonderzoek, namelijk zo'n Mf 20.²⁰ Deze middelen worden ingezet via de gebieden EW en STW en via multidisciplinaire programma's waarin ook een informaticacomponent zit (zoals ToKeN2000 en Biomoleculaire Informatica. Zie bijlage 1 voor een overzicht van de programma's die vanuit EW tijdens de looptijd van NOAG-i 1997-2001 zijn gestart of in voorbereiding genomen).

Daarnaast verstrekt NWO een basissubsidie aan het CWI. Het deel dat daarvan voor informatica-onderzoek wordt ingezet, kan geschat worden op

Mf 17. Hiervan worden 80 informaticaonderzoekers gefinancierd, ongeveer gelijk verdeeld over vaste en tijdelijke aanstellingen. Via de gebieden en het CWI besteedt NWO in totaal dus Mf 37 aan informaticaonderzoek. Dit is ongeveer 5,5% van de NWO-begroting.²¹

De verdeling van de informaticaonderzoekers over geldstromen en typen aanstelling is weergegeven in figuur 6.

Aannemende dat een staflid in vaste dienst gemiddeld 40% van zijn tijd kan besteden aan onderzoek en promovendus en postdoc gemiddeld 80%, bedraagt de totale inzet in het Nederlandse informaticaonderzoek ongeveer 555 fte. Dit is ongeveer 4% van de totale Nederlandse onderzoeksinzet.²²

¹⁸ Dit zijn de voltijdse hoogleraren. Daarnaast zijn er nog circa 35 hoogleraren met een deeltijdse aanstelling. Deels zijn dit CWI-onderzoekers die aan een universiteit een deeltijdaanstelling hebben als hoogleraar, deels zijn dit mensen werkzaam in het bedrijfsleven.

¹⁹ Voor het gemak wordt hier verder geen onderscheid gemaakt tussen postdocs, toegevoegd onderzoekers en universitair docenten in tijdelijke dienst.

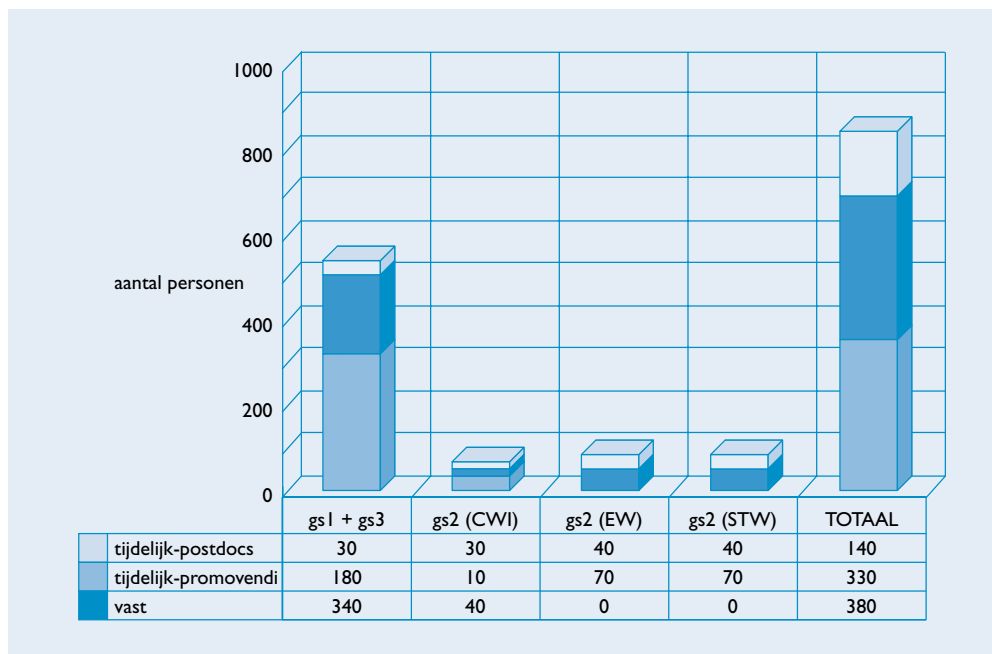
²⁰ Ten opzichte van Mf 485 (= het totaal van de gebiedsbegrotingen). Het gebied EW heeft beleid ontwikkeld om het informatica-aandeel in zijn begroting te komende jaren te laten toenemen. Zie paragraaf 7.5.

²¹ Ten opzichte van Mf 650 (= totaal van gebieden + basisfinanciering instituten). Alle bedragen zijn steeds exclusief de bedragen die NWO reserveert voor grote en middelgrote apparatuurinvesteringen. Overigens profiteren informaticaonderzoekers nauwelijks van de investeringsprogramma's, omdat zij slecht passen bij het type investeringen dat in de informatica nodig is. Zie ook paragraaf 7.3.

²² De totale Nederlandse onderzoeksinzet (eerste, tweede en derde geldstroom samen) wordt geschat op 14.250 fte. Zie KUOZ: Kengetallen Universitair Onderzoek.VSNU, april 2000.

Kengetallen informatica aan universiteiten en CWI (medio 2000)

totaal aantal informatici:	850 (onderwijs + onderzoek)
aantal voltijdse hoogleraren:	75
aantal promovendi:	330
aantal postdocs:	140
totale onderzoeksinzet:	560 fte
totaal eerste geldstroom:	Mf 110 (onderwijs + onderzoek)
totaal tweede geldstroom:	Mf 37 (alleen onderzoek. Mf 20 naar universiteiten, Mf 17 naar CWI)
totaal derde geldstroom:	Mf 30 (onderzoek)



Figuur 6: Verdeling van informaticaonderzoekers over typen aanstelling en geldstromen (gs).

6.2 Structuur van het informaticaonderzoeksveld

Universiteiten

Onderzoek in de kerninformatica wordt uitgevoerd aan tien universiteiten: KUN, RUG, TUD, TUE, UL, UM, UT, UU, UvA en VU.²³ Alleen de UT heeft een zelfstandige faculteit Informatica. De

andere universiteiten hebben, op de UM na, een faculteit voor bètawetenschappen waarvan een sub-faculteit, afdeling of capaciteitsgroep informatica deel uitmaakt. Aan de UM is de capaciteitsgroep informatica onderdeel van de faculteit Algemene Wetenschappen.

Hoogleraren, leerstoelgroepen en onderzoeksgroepen

Aan de universiteiten zijn zo'n 75 voltijdse hoogleraren aangesteld met een leeropdracht op het gebied van de kerninformatica. De gemiddelde "leerstoelgroep" bestaat, naast de hoogleraar, uit vier u(h)d's in vaste dienst en zes onderzoekers in tijdelijke dienst. In totaal elf personen. Soms vormen twee of drie leerstoelgroepen tezamen een onderzoeksgroep. In totaal zijn er zo'n 60 onderzoeksgroepen, in grootte variërend van één leerstoel en zes medewerkers (vast + tijdelijk) tot twee of drie leerstoelen en zo'n 30 medewerkers (vast + tijdelijk).

Universitaire onderzoeksinstituten

Bijna alle informaticaonderzoekers zijn ondergebracht in een lokaal onderzoeksinstituut. "Lokaal" houdt in dat het onderzoeksinstituut door

het College van Bestuur van de desbetreffende universiteit is ingesteld en is opgenomen in het universiteits-reglement. Alleen de VU heeft geen informaticaonderzoeksinstituut, maar een afdeling. De UvA is de enige universiteit met twee informaticaonderzoeksinstituten.²⁴

Informaticaonderzoeksscholen

Vanuit deze lokale, universitaire structuren (sub)faculteiten, onderzoeksgroepen, onderzoeksinstituten) participeren de meeste informaticaonderzoekers in landelijke, interuniversitaire onderzoeksscholen. Er zijn vier van dergelijke landelijk opererende informaticaonderzoeksscholen: ASCI, IPA, Logica en SIKS. Een vijfde informaticaonderzoeksschool is TGS. Van deze school zijn echter uitsluitend onderzoekers van de UT lid.²⁵

De tien universitaire informaticaonderzoeksinstituten:

CSI	= Computing Science Institute – KUN
CTIT	= Center for Telematics and Information Technology – UT
EESI	= Eindhoven Embedded Systems Institute – TUE
IKAT	= Institute for Knowledge and Agent Technology – UM
II	= Informatica Instituut – UvA
ILLC	= Institute for Logic, Language and Computation – UvA
IvII	= Instituut voor Informatica en Informatiekunde – UU
IWI	= Instituut voor Wiskunde en Informatica – RUG
LIACS	= Leiden Institute of Advanced Computer Science – UL
TIES	= Technology Institute for Embedded Systems – TUD

²⁴Er is zelfs nog een derde UvA-onderzoeksinstituut dat voor de informatica van belang is, namelijk het instituut voor Sociaal Wetenschappelijke Informatiekunde (SWI). Het onderzoek van dit instituut wordt echter gerekend tot de aanpalende wetenschappen. Het is wel meegenomen in de zwaartepuntenmatrix (zie bijlage 5).

²⁵TGS valt qua personele samenstelling vrijwel samen met het lokale onderzoeksinstituut CTIT. TGS zal naar verwachting als onderzoeksschool in 2002 opgeheven worden. Het CTIT neemt haar taken over.

De onderzoeksscholen zorgen op landelijk niveau voor een thematische ordening van het onderzoek. Hiermee heeft het informaticaveld bewust gekozen voor een matrixmodel waarin lokaal (per universiteit) een meer of minder breed spectrum aan onderzoeksthema's bestaat, onder gelijktijdige clustering van thematisch verwant onderzoek in landelijke onderzoeksscholen.

NWO-instituut CWI

Alle genoemde structuren zijn opgezet vanuit de

Informaticaonderzoek Platform Nederland

De vijf informaticaonderzoeksscholen, het CWI en NWO hebben in december 2000 het Informaticaonderzoek Platform Nederland (IPN) opgericht. Het IPN heeft o.a. tot taak deze NOAG-i te formuleren en actueel te houden.²⁶

Zwaartepuntenmatrix

Op verzoek van de Taskforce ICT-en-kennis (commissie-Le Pair, zie paragraaf 2.2) heeft het IPN een overzicht gemaakt waar in de Nederlandse kennis-

matrix. De matrix is in deze NOAG-i opgenomen als bijlage 5.

In de matrix is voor het informaticaonderzoek een soort “knooppunt-satelliet-structuur” zichtbaar. Deze structuur is een logisch gevolg van de wijze waarop het Nederlandse informaticaonderzoek is georganiseerd. Immers, gelet op de noodzaak voor een breed en compleet opleidingsaanbod, wordt bijna ieder onderzoeksthema binnen bijna iedere informaticagroep gedoceerd. Omdat echter de informaticagroepen gemiddeld relatief klein van omvang zijn (zie hierboven), stond en staat de noodzaak voor “breedheid” op gespannen voet met de wens voor profilering ter vergroting van de diepgang en zichtbaarheid van het onderzoek. De (thematisch coherente) universiteitoverstijgende onderzoeksscholen zijn hierop het antwoord: de onderzoeksscholen brengen op nationaal niveau de onderzoekers bij elkaar die thematisch verwant werk doen. De onderzoeksscholen fungeren dus als het netwerk dat de onderzoeksthema's op gemeenschappelijke inhoud verbindt. De onderzoekers voeren op verschillende lokaties (universiteiten, instituten, faculteiten) hun dubbele taak uit: onderzoek doen én opleidingen verzorgen. De brede lokale organisatie is van belang voor de breedte van de informaticaopleiding, de landelijke thematische clustering voor de diepgang van het onderzoek.

De vijf informaticaonderzoeksscholen:	
ASCI	= Advanced School for Computing and Imaging. Deelnemende universiteiten: TUD (penvoerder), RUG, UL, UT, UU, UvA en VU.
IPA	= Institute for Programming Research and Algorithmics. Deelnemende universiteiten: TUE (penvoerder), KUN, RUG, UL, UT, UU en VU.
Logica	= Onderzoeksschool Logica. Deelnemende universiteiten: UvA (penvoerder), KUB, KUN, RUG, UU en VU.
SIKS	= School for Information and Knowledge Systems. Deelnemende universiteiten: VU (penvoerder), CWI, EUR, KUB, TUD, TUE, UL, UM, UT, UU en UvA.
TGS/CTIT	= Telematics Graduate School. Deelnemende universiteit: UT.

eerste geldstroom, d.i. de universiteiten. Vanuit de tweede geldstroom (NWO) wordt het onderzoeksinstituut CWI gefinancierd. Het CWI is een onafhankelijk instituut met een landelijke taak, die o.a. tot uitdrukking komt door de deeltijdse hoogleraarschappen van zeven CWI-onderzoekers aan vier universiteiten. Onderzoekers van het CWI participeren ook in de informatica-onderzoeksscholen.

infrastructuur onderzoek gedaan wordt dat binnen de zeven NOAG-i-thema's valt. Het overzicht is gegoten in de vorm van een *zwaartepuntenmatrix*. In de matrix zijn binnen het TMH-gebied de thema's Micro Electronics, Signal Processing en Telecommunication/Telematics opgenomen, evenals een aantal onderzoeksinstanties dat in het brede kader van ICT-onderzoek van belang is. De vloeiende overgangen tussen kerninformatica en het hardwareonderzoek zijn goed zichtbaar in de

²⁶Een precieze formulering van de IPN-taken en -activiteiten is te vinden in het IPN Working Paper, dat op aanvraag te verkrijgen is bij het IPN-secretariaat, gevestigd bij het NWO-gebied EW.

7.1 Schets van de problematiek

Voor de zwaartepuntenmatrix is een “zwaartepunt” gedefinieerd als een groep bestaande uit één of meer hoogleraren met minimaal vijf onderzoekers, die bovendien een nationaal en internationaal “zichtbare” groep moeten vormen. Voor de zeven NOAG-i-thema's leidt deze definitie tot 34 zwaartepunten. Wanneer echter de ondergrens voor een zwaartepunt naar bijvoorbeeld minimaal twee voltijdse hoogleraren plus een groep van tien onderzoekers gebracht zou worden, blijft er nagenoeg geen zwaartepunt meer over. Dit gegeven illustreert de huidige situatie waarin het informatica-onderzoek zich bevindt: het portfolio aan expertise is breed, maar de omvang van het veld als geheel is klein, evenals de gemiddelde groepsomvang. Zoals in paragraaf 6.1 is getoond, neemt het informatica-onderzoek zowel in de eerste als de tweede geldstroom een zeer bescheiden positie in.

Deze situatie belet het informatica-onderzoeksveld zijn belangrijkste ambities (zoals beschreven in hoofdstuk 4) te realiseren, namelijk:

1. talentvolle onderzoekers de mogelijkheid bieden zich tot toponderzoekers te ontwikkelen.
2. de interactie met aanpalende wetenschappen te verbeteren.
3. de kennistransfer tussen het informatica-onderzoek en maatschappelijke partijen te verbeteren.

Er zijn domweg te weinig mensen om al deze taken uit te voeren naast alle reeds bestaande verplichtingen, zoals het opleiden van circa 4400 studenten²⁷, de werving en begeleiding van

promovendi, het onderhouden van internationale contacten en *last but not least* het eigen onderzoek. De geringe omvang van het veld wordt dan ook keer op keer geconstateerd.²⁸

7.2 Versterking van het informatica-onderzoeksveld

Versterking onderzoeksgroepen

Het informatica-onderzoeksveld moet dus versterkt worden. De versterking moet leiden tot een betere profilering van de onderzoeksgroepen en een vergroting van de zichtbaarheid van het informatica-onderzoek, zowel voor de aanpalende wetenschappen als voor maatschappelijke partijen. Dit vergt in de eerste plaats meer inzet van vaste staf: dit zijn immers de ervaren onderzoekers die de onderzoekslijnen en –samenwerking gestalte moeten geven. Een vergroting van de vaste staf is noodzakelijk om de onderzoeksgroepen de ‘kritische massa’ te geven die ze in staat stelt de vele en complexe taken gelijktijdig binnen de groep te laten uitvoeren. Ter illustratie: uit de ICT-scan blijkt dat het informatica-onderzoeksveld een positieve attitude heeft ten aanzien van activiteiten ter bevordering van kennistransfer. Tegelijkertijd geven de geënquêteerden aan dat in het geheel van taken kennistransfer een lage prioriteit krijgt: onderwijs en onderzoek gaan voor. Een grotere kritische massa zal groepen in staat stellen de taken beter te verdelen. Zo zal het informaticaveld de derde ambitie kunnen realiseren.

Versterking talentontwikkeling

Voor het realiseren van de eerste ambitie is juist een grotere inzet van tijdelijke onderzoekers vereist, met name van postdocs in verschillende fasen van hun wetenschappelijke carrière.²⁹ De geleidelijke uitbreiding van de vaste staf biedt de beste tijdelijke onderzoekers bovendien uitzicht op instroom in de vaste staf. Tevens is vergroting nodig van het aantal promovendi, zodat voor de selectie van de postdocs uit een groter reservoir geput kan worden.

Voor de tweede ambitie is een combinatie van vaste

kan een deel van de begeleiding van de promovendi door de postdocs overgenomen worden. Dit ontlast de vaste staf.

Bij een constant blijvend aantal onderzoeksgroepen van circa 60 en een gemiddelde grootte per groep van 25 personen, betekent dit dat het totale informatica-onderzoeksveld een omvang van ongeveer 1500 personen zou moeten hebben. Op dit moment zijn het er ongeveer 850. In geld uitgedrukt komt dit neer op een verdubbeling van de

Versterking informatica-onderzoek in de periode t/m 2005

- Vergroot het totaal aantal informatici verbonden aan universiteiten en het CWI van 850 naar 1500.
- Hiervoor is een verdubbeling van het huidige budget nodig.

staf en jonge onderzoekers nodig: vaste staf om leiding en sturing te geven, de jonge onderzoekers om in samenwerking met collega's uit andere disciplines de nog ongebaande paden van het multi- en interdisciplinaire onderzoek te betreden.

7.3 Kwantificering van de versterking

De gemiddelde onderzoeksgroep bestaat nu uit zo'n 14 personen: zes in vaste dienst (één of twee hoogleraren en vier u(h)d's) en acht in tijdelijke dienst (postdocs en promovendi). De minimale kritische massa van een groep kan op 25 personen gesteld worden. Wanneer er daarvan 12 of 13 in vaste dienst zijn, is er in de groep een solide basis voor de uitvoering van de drie hoofdtaken: onderwijs, onderzoek en kennistransfer. Wanneer binnen het contingent tijdelijke onderzoekers bovendien het accent verschuift in de richting van postdocs,

huidige uitgaven voor informatica. Dit spoort met de aanbevelingen van de Taskforce ICT-en-kennis voor het gehele ICT-gebied.

7.4 Inzet van de versterking

Het totaal aantal personen werkzaam in het informatica-onderzoeksveld moet in vijf jaar met ongeveer 650 toenemen. Dit is een realistisch scenario. Talentvolle onderzoekers verlaten nu met enige regelmaat Nederland, omdat zij in het buitenland een vaste betrekking kunnen krijgen. Het bestaande gebrek aan carrièreperspectief heeft op de hele “keten” (van student tot hoogleraar) een zeer negatieve invloed.³⁰ Van het perspectief dat door de versterking geboden wordt, zal zeker een wervende werking uitgaan, ook naar het buitenland.

²⁷ Centraal Bureau voor de Statistiek, StatWeb, Totaal aantal ingeschrevenen in het WO in 1999/2000 in Informatica en Technische Informatica. Ter vergelijking: het totaal aantal ingeschrevenen in de Natuurkunde + Technische Natuurkunde is in 1999/2000 2620 studenten, voor Scheikunde + Technische Scheikunde 2760. De inschrijvingen voor deze disciplines dalen bovendien al jaren, terwijl die voor Informatica stijgen.

²⁸ Zie *Internationale ICT-toets 2000*, de nota *Concurreren met ICT-competenties*, het advies van de AWT-verkenningcommissie ‘Kennis voor de Netwerkeconomie’ en het rapport van de Taskforce ICT-en-kennis *Samen, strategischer en sterker*.

²⁹ NWO, KNAW en VSNU onderscheiden voor de invulling van de Vernieuwingsimpuls drie fasen: fase 1 = beginnend postdoc, fase 2 = ervaren postdoc, fase 3 = professorabel geachte onderzoekers of recent benoemde hoogleraren.

³⁰ Zie over dit probleem, dat zich in de hele academische wereld voordoet, Van Vucht Tijssen, Talent voor toekomst, toekomst voor talent. Rapport in opdracht van OCenVW, juni 2000.

- **Vergroot het aantal hoogleraarposities met 50.** De toename van het aantal hoogleraarposities is bedoeld om de profilering van de onderzoeksgroepen te versterken en nieuwe onderzoekslijnen te bestendigen. Hoogleraren zijn ook cruciaal in de contacten met externe partijen (kennistransfer). Er moeten bovendien op termijn posities beschikbaar zijn om succesvolle PIONIERS tot hoogleraar te kunnen benoemen.
- **Vergroot het aantal u(h)d-posities met 200.** De u(h)d's zijn samen met de hoogleraar het gezicht naar buiten: zowel naar andere onderzoekers als naar externe partijen. Door de toename van de vaste staf wordt het makkelijker in de onderzoeksgroepen taken te verdelen en kan er gewerkt gaan worden aan ambities op het gebied van kennistransfer en interactie met andere disciplines. Overigens behoren tot deze categorie ook onderzoekers met een vaste aanstelling bij het CWI.
- **Vergroot het aantal postdocposities met 150.** Zoals hierboven beargumenteerd is de groei van het aantal postdocs essentieel voor de ontwikkeling van de discipline en de ambitie om meer Nederlandse talenten perspectief te bieden op een onderzoekscarrière. Daarom groeit deze categorie relatief het hardst.
- **Vergroot het aantal promotieplaatsen met 250.** Jaarlijks moet NWO een groot aantal uitstekende voorstellen voor promotieonderzoek afwijzen wegens gebrek aan middelen. De onveranderd hoge aanvraagdruk en het geleidelijk teruglopen van de wervingsperiode (nu gemiddeld negen maanden), laten zien dat het veld veel nieuwe promotieposities kan gebruiken en invullen. Uit het contingent promovendi zullen op den duur de postdocs

geworven moeten worden. Voor met name de promovendi is bovendien een belangrijke rol weggelegd bij de stimulering van de interactie met aanpalende wetenschappen.

- **Vergroot de apparatuurbudgetten.** De versterking maakt het mogelijk uitvoering te geven aan één van de adviezen van de VSNU-visitatiecommissie Wiskunde en Informatica (1997)³¹. Deze commissie bepleitte een vergroting van de omvang van het experimentele informaticaonderzoek. Experimenteel onderzoek is echter relatief duur, vanwege de vereiste investeringen in apparatuur. Om het experimentele onderzoek te stimuleren moet het voor onderzoekers mogelijk worden op maat gesneden apparatuurbudgetten te verwerven.

De versterking is gericht op het laten toenemen van de kritische massa van de informaticaonderzoeksgroepen. Het beoogde effect kan aan de hand van de zwaartepuntmatrix geïllustreerd worden. Wanneer in 2006 opnieuw een matrix gemaakt wordt, dan zou daarin een hogere ondergrens gehanteerd moeten worden voor een zwaartepunt.

Het is niet mogelijk en ook niet gewenst om op voorhand te bepalen waar de middelen voor de versterking ingezet moeten worden. Wel dient focussering plaats te vinden op een beperkt aantal, kwalitatief hoogstaande zwaartepunten. De inzet zal moeten plaatsvinden op basis van de kwaliteit van de onderzoekers, van de onderzoeksplannen en in de context van het strategische beleid. Competitie tussen de kennisinstellingen, de onderzoeksgroepen en de onderzoekers is essentieel. Deze aanpak sluit aan bij de door de AWT-verkenningcommissie (commissie-Risseeuw) bepleite inzet op excellentie.

De wijze waarop de nieuwe (tijdelijke en vaste) onderzoekers “landen” in het bestel zal worden bepaald door de inzet van de verschillende subsidie-instrumenten. Per ambitie zal er een bij die ambitie passende mix van instrumenten ingezet worden. Voor de ambitie op het gebied van de talentontwikkeling zal het vooral om persoonsgebonden instrumenten gaan, met name Vernieuwingsimpuls-nieuwe-stijl. Daarin worden subsidieprogramma's gedefinieerd voor jonge onderzoekers in drie opeenvolgende fasen van hun wetenschappelijke carrière: beginnend postdoc, ervaren postdoc en professorabel. Ook kan gedacht worden van de inzet van het instrument “dakpanhoogleraren”.

Voor de ambitie op het gebied van de interactie met aanpalende wetenschappen zal ook nog gebruik gemaakt kunnen worden van subsidies voor kleine projecten (maximaal twee uitvoerders), grote projecten (drie tot vijf uitvoerders) en (meer dan vijf uitvoerders). De programma's kennen weer allerlei “formules”, afhankelijk van de meefinancierende partijen. Eén zo'n formule is een

Het effect van de versterking in 2006

- Grotere onderzoeksgroepen.
- Focussering op een beperkt aantal, kwalitatief hoogstaande zwaartepunten.

hierdoor:

- Duidelijker profilering van het onderzoek.
- Goede carrièreperspectieven voor talentvolle onderzoekers.
- Toegenomen interactie tussen informatica-onderzoek en onderzoek in aanpalende wetenschappen.
- Verbeterde kennistransfer.

NWO-breed programma, waaraan (bijna) alle NWO-gebieden bijdragen. Een andere formule is de hierboven reeds genoemde PROGRESS-formule (met bijdragen van EW, STW, EZ, het bedrijfsleven en kennisinstellingen).

7.5 Realisatie

De noodzakelijke structurele versterking van het informaticaonderzoek met 650 personen vergt een forse investering. Het zal op korte termijn moeilijk zijn de benodigde bedragen van vele tientallen miljoenen structureel vrij te maken. Tijdelijke subsidieregelingen zullen het proces van structurele budgetverschuivingen kunnen stimuleren en vergemakkelijken. Hiervoor kan bijvoorbeeld een deel van de zogenoemde ICES/KIS-middelen worden aangewend. De ICES/KIS-middelen zijn in principe tijdelijk van aard, maar kunnen worden ingezet om een begin te maken met de noodzakelijke versterking. De inzet van het ICES/KIS-fonds, dat gecoördineerd wordt door EZ en gericht is op economische structuurversterking, is goed te beargumenteren, gelet op de centrale rol die kennistransfer speelt in de argumentatie voor de versterking van het informaticaonderzoek. Na afloop van de ICES/KIS-subsidie moeten de daarmee gefinancierde activiteiten structureel in de eerste en tweede geldstroom opgenomen worden. Uitzicht op structurele financiering is essentieel om personeel in vaste dienst aan te kunnen stellen.

Binnen NWO is het gebied EW begonnen om het budget voor informaticaonderzoek structureel te laten groeien.³² Het door het gebiedsbestuur van EW ingezette beleid laat overigens duidelijk zien dat het moeilijk is om dergelijke veranderingen bij een gelijkblijvend budget te realiseren. Het is dan immers onvermijdelijk dat er voor andere weten-

³¹ Quality Assessment of Research Mathematics and Computer Science at the Dutch Universities. VSNU-onderzoeksvisitatie, september 1997.

³² Zie Strategienota 2002-2005 NWO-gebied EW, mei 2001.

schappelijke disciplines minder geld beschikbaar is. Tijdelijke additionele financiering maakt het mogelijk dat de “krimpende” disciplines zich geleidelijk aan de nieuwe situatie aanpassen. Het bij EW in ontwikkeling zijnde *Actieplan Exacte Wetenschappen* (dat op verzoek van OCenW wordt gemaakt), kan hierbij, indien de middelen ervoor beschikbaar komen, een belangrijke rol spelen. Omdat dit *Actieplan* ook betrekking heeft op structurele aanpassingen in de eerste geldstroom, zouden de middelen uit het *Actieplan* binnen universiteiten aanpassingen op dezelfde wijze kunnen stimuleren en vergemakkelijken als binnen NWO.

Ook het Algemeen Bestuur van NWO zet in op een forse groei van het (niet-hardwarematige) ICT-onderzoek. In de strategienota *Thema's met Talent* (mei 2001) is een thema Digitalisering en Informatisering (D&I) opgenomen. Bijna alle NWO-gebieden zijn bij dit multidisciplinaire onderzoeksthema betrokken. Voor de uitvoering wordt een budget oplopend tot Mf 45 structureel in 2006 voorzien. Wanneer de hierboven bepleite versterking van het informaticaonderzoek haar beslag krijgt, zal een fors deel van de middelen voor tijdelijke onderzoekers binnen dit thema worden ingezet. Het is immers één van de ambities van het informaticaonderzoeksveld om de multidisciplinaire interactie te verbeteren. Dit is bij uitstek waar het in het D&I-thema om draait. Van de voor D&I benodigde Mf 45 zal dus een groot deel via de versterking van het informaticaonderzoek ingebracht kunnen worden. De rest van het benodigde budget zal door de andere deelnemende NWO-gebieden en/of het AB ingebracht moeten worden.

Er is dus bij alle betrokken partijen een bereidheid waar te nemen om additionele budgetten voor ICT in het algemeen en informatica in het bijzonder beschikbaar te stellen. Deze bereidheid zal echter omgezet moeten worden in concrete daden. De beleidsnota's zijn geschreven, ambities zijn geformuleerd, de plannen gespecificeerd. Iedere betrokkene moet nu zijn verantwoordelijkheid nemen en de noodzakelijke versterking daadwerkelijk gaan realiseren. IPN en ACI zijn gaarne bereid hiervoor initiatieven te nemen en de benodigde activiteiten te coördineren.

Concurreren met ICT-competenties (CIC).
Nota EZ en OCenW, juni 2000.

De Digitale Delta. Regeringsnota, juni 1999.

De Digitale Delta: e-Europe voorbij.
Regeringsnota, november 2000.

De kwetsbaarheid van Internet.
Rapport TNO en STRATIX, mei 2001.

Geen toekomst zonder informatica.
Toekomstverkenning Informatica 1996-2005.
Rapportage van de Verkenningscommissie Informatica aan de Overlegcommissie Verkenningen, juni 1996.

ICT en Nederland. Rapport IDC, februari 2000.

ICT-kennis in Nederland. Het universitaire ICT-onderzoek. Rapport TNO-STB, juli 2001.

Information Technology: Investing in Our Future.
Rapport van de President's Information Technology Advisory Committee (PITAC), 1999.

Internationale ICT-toets 2000.
Rapport EZ, oktober 2000.

KUOZ: Kengetallen Universitair Onderzoek.
Rapport VSNU, april 2000.

Quality Assessment of Research Mathematics and Computer Science at the Dutch Universities.
VSNU-onderzoeksvisite, september 1997.

Samen, strategischer en sterker. Rapport Taskforce ICT-en-kennis (commissie-Le Pair), juni 2001.

Strategienota 2002-2005
NWO-gebied EW, mei 2001

Talent voor toekomst, toekomst voor talent.
Rapport commissie-Van Vucht Tijssen in opdracht van OCenW, juni 2000.

Thema's met Talent.
NWO-strategienota 2002-2005, mei 2001.

Verlangen naar de eindeloze zee.
Rapportage Verkenningscommissie 'Kennis voor de Netwerkeconomie' (commissie-Risseeuw).
AWT-advies 47, januari 2001.

Wetenschaps- en Technologie-indicatoren 2000.
Rapport NOWT en OCenW, januari 2001.

H. Bal, *Wetenschap langs de Digitale Snelweg: Virtueel kan alles.* Oratie VU Amsterdam, 14 november 2000.

A.J. Berkhout, *The Dynamic Role of Knowledge in Innovation*, DUP Science, augustus 2000.

F.W. Vaandrager, "Nieuwe citatie-index voorkomt dubbel werk", in: *De Automatiseringsgids*, 25-2-2000.

Bijlage I: evaluatie van NOAG-i 1997-2001

I. Relatie thema's NOAG-i 1997-2000 en NOAG-i 2001-2005

De NOAG-i 1997-2001 kende acht thema's:

- Elektronische Snelweg
- Embedded Systems
- Software Architectuur
- Requirements Engineering
- Multimedia
- Kennisontsluiting
- Virtual Reality
- Computational Science

In de NOAG-i 2001-2005 zijn de thema's geactualiseerd, dat wil zeggen aangepast aan de veranderde maatschappelijke prioriteiten en wetenschappelijke uitdagingen. De zeven "nieuwe" thema's verhouding zich als volgt tot de acht "oude":

- Parallel and Distributed Computing. Dit thema is een voortzetting van de Elektronische Snelweg, o.a. uitgebreid met onderzoek naar Grids.
- Embedded Systems. Onveranderd gebleven vanwege het onveranderde grote maatschappelijke en economische belang.
- Software Engineering. Hierin zijn de thema's Software Architectuur en Requirements Engineering opgegaan.
- Multimedia. Onveranderd gebleven vanwege het onveranderde grote maatschappelijke en economische belang.
- Modelling, Simulation and Visualization. Hierin zijn de thema's Computational Science en Virtual Reality opgegaan.
- Intelligent Systems. Voortzetting van Kennisontsluiting, o.a. uitgebreid met (multi-)agent technologie.
- Algorithms and Formal Methods. Nieuw ten opzichte van de vorige NOAG-i.

2. Kleine en grote projecten

De NOAG-i 1997-2001 heeft een begin gemaakt met het realiseren van een brugfunctie van het informaticaonderzoek. Daartoe zette de toenmalige Stichting Informatica Onderzoek Nederland (SION) vanaf 1997 de helft van haar beschikbare middelen in. Deze bedroegen toentertijd ca. Mf 4 op jaarbasis. In 1997 werd dus Mf 2 vrijgemaakt voor NOAG-i-projecten.

Dit beleid werd na de opheffing van SION in 1998 overgenomen door het NWO-gebied Exacte Wetenschappen. In 1999 werd bovendien ten behoeve van NOAG-i-onderzoek uit Stimulerings-gelden van het ministerie van OCenW een eenmalige subsidie van Mf 2 verkregen.

Tot september 2000 is uit de beschikbare fondsen in totaal Mf 8,3 toegekend aan onderzoeks-projecten binnen één van de thema's van de NOAG-i 1997-2001. Gelet op de geringe hoeveelheid beschikbare middelen werden in 1997 eerst de thema's Digital Information Super Highway (DISH) en Multimedia (MM) opengesteld voor de indiening van projecten, in 1999 werd hieraan het thema Requirements Engineering (RE) toegevoegd en in 2000 het thema Software Architectuur (SA). De gehonoreerde projecten zijn meestal klein, d.i. hebben één of twee uitvoerders (promovendi of postdocs). De onderstaande tabel geeft een overzicht van de gehonoreerde of in uitvoering zijnde projecten per september 2000.

In dezelfde periode werden 47 niet-NOAG-i-projecten gehonoreerd. In totaal werd aan deze projecten Mf 20 aan subsidie toegekend. De doelstelling om de helft van de beschikbare middelen in te zetten voor NOAG-i-onderzoek is dus niet gehaald. De belangrijkste oorzaak was het te geringe aanbod van kwalitatief goede NOAG-i-

		Kleine projecten		Grote projecten		Totaal projecten	
		aantal	Mf	aantal	Mf	aantal	Mf
Thema's NOAG-i							
1997-2001:	DISH	8	2,0	1	0,7	9	2,7
	MM	9	2,5	0	0	9	2,5
	RE	7	2,1	0	0	7	2,1
	SA	1	0,5	1	0,5	2	1,0
Subtotaal NOAG-i		25	7,1	2	1,2	27	8,3

voorstellen. Deze bevinding heeft geleid tot een andere opzet van de subsidieaanvragen.

3. Onderzoeksprogramma's binnen NOAG-i-thema's

Naast het op gang brengen van een constante stroom kleine, vernieuwende projecten werd werk gemaakt van de ambitie om binnen elk van de NOAG-i-onderzoeksthema's een groot onderzoeks-programma te definiëren en financieren. Binnen drie thema's is dit gelukt:

- Thema: Embedded Systems. Programma: PROGRESS. Financiering: NWO (AB, EW, STW), EZ, OCenW, bedrijfsleven. Totaal budget: Mf 22. Looptijd: 1999-2005.
- Thema: Kennisontsluiting. Programma: ToKeN2000. Financiering: NWO (EW), NAP, OCenW, deelnemende kennisinstellingen. Totaal budget: Mf 18. Looptijd: 2001-2006.
- Thema: Computational Science. Programma: Computational Science. Financiering: NWO (EW), OCenW. Totaal budget: Mf 8,5. Looptijd: 2001-2006.

In het programma ToKeN2000 werken informatici samen met cognitiewetenschappers, in

Computational Science met natuur-, sterren- en wiskundigen. Zo wordt ook invulling gegeven aan een andere ambitie van de NOAG-i, namelijk om de wisselwerking tussen het fundamentele informaticaonderzoek en het onderzoek in andere wetenschappelijke disciplines te versterken.

De voorbereidingstijd van dergelijke grote onderzoeksprogramma's bedraagt een tot twee jaar. Daarom konden informaticaonderzoekers in de periode 1997-2001 nog maar weinig van de programma's profiteren. De komende jaren zullen echter vanuit de programma's de vele miljoenen beschikbaar zijn voor onderzoek dat past binnen de NOAG-i-thema's.

4. Programma's met informatica-betrokkenheid

De wisselwerking tussen informatica en andere disciplines krijgt tevens concreet gestalte in vier onderzoeksprogramma's waarvoor het initiatief elders genomen is. Elk van deze programma's heeft raakvlakken met een of meer NOAG-i-thema's.

- Programma: Biomoleculaire Informatica. Andere betrokken disciplines: Aard- en Levenswetenschappen (biologie), Chemische Wetenschappen, Medische Wetenschappen.

Financiering: NWO (AB, betrokken gebieden). Totaal budget: Mf 20. Looptijd: 2000-2005.

- Programma: Cognitie. Andere betrokken disciplines: Aard- en Levenswetenschappen (biologie) Chemische Wetenschappen, Geesteswetenschappen, Maatschappij- en Gedragwetenschappen, Medische Wetenschappen. Financiering: NWO (AB, betrokken gebieden). Totaal budget: nog niet definitief, schatting ca. Mf 20. Looptijd: 2001-2006.
- Programma: Taal- en Spraaktechnologie II. Andere betrokken discipline: Geesteswetenschappen. Financiering: NWO (betrokken gebieden) en EZ. Totaal budget: nog niet definitief, schatting ca. Mf 5. Looptijd: 2001-2006.
- Programma: Netwerken. Andere betrokken discipline: Wiskunde. Financiering: NWO (EW). Totaal budget (jaarlijks): Mf 0,35. Looptijd: 2000-2005.

Enkele recente Nederlandse adviesrapporten geven lijsten van gebieden waarin het ICT-onderzoek extra aandacht zou moeten krijgen. De belangrijkste zijn hier genoemd:

Technologieradar (1998)

- Data- en kennissystemen
- Multimedia en interactie
- Algoritmiek en datacompressie
- Software engineering

EU Fifth Framework Programme - Creating a user-friendly information society (IST) (1998)

Key actions:

- Systems and services for the citizen
- New methods of work and electronic commerce
- Multimedia content and tools (o.a. digital heritage, digital culture)
- Essential technologies and infrastructures

ICES/KIS-werkgroep ICT (2000)

- ICT fundamenteel
- Software engineering
- Embedded and distributed systems
- Wireless
- Wireline
- Nanotechnologie en microsysteemtechnologie
- Multimedia
- Electronic business
- Digitaal erfgoed

Taskforce ICT-en-Kennis (commissie-Le Pair, 2001)

- Vierde generatie internet
- Embedded en distributed systemen
- Software engineering en architectuur
- Multimedia

Verkenningcommissie 'Kennis voor de Netwerkeconomie' (commissie-Risseuw, 2001)

"Uitdagingen":

- ICT-applicaties ter ondersteuning en facilitering van "massa-individualisering"
- Aanpak van legacy-problemen
- Architectuur van informatiesystemen
- Betrouwbaarheid en beveiliging van ICT-systemen
- Embedded Systems
- Interacties tussen mens en ICT-benutting: ubiquitous computing and networking
- Toegankelijkheid

Thema's Nederlands ICT-Kenniscongres (2001)

- Ubiquitous Communication Networks
- User Centered Computing
- E-working
- Content Management
- Adequate Software
- From Knowledge to Market

Bijlage 3: onderzoekszwaartepunten informaticaonderzoeksscholen en het CWI

ASCI

- High Performance Computing and Computational Science
- Large-scale Distributed Information Systems and Embedded Systems
- Image Analysis, Interpretation and Visualization
- Multimedia Systems

Bron: Five Year Research Plan 2001-2005

IPA

Hoofdthema's

- Algorithms and Complexity
- Formal Methods
- Software Technology

Speerpunten:

- Testen
- Renovatie (o.a. legacy-systemen)
- Embedded Systems
- Natural Computation (o.a. DNA-computing, genetic algorithms)
- Software Architectuur
- Algoritmen voor Planning en Ontwerp

Bron: KNAW-erkenningaanvraag, 1997

Logica

- Logic and Mathematics
- Logic, Computer Science and Artificial Intelligence
- Logic, Linguistics and Philosophy

Bron: KNAW-bererkenningaanvraag, 1997

SIKS

- Knowledge Science
- Cooperative Systems
- Requirements Engineering and Formal Specification of IKS

- Multimedia
- Architecture of IKS

Bron: KNAW-erkenningaanvraag, 1998

TGS/CTIT

- Design of Telematics Systems
- Use of Telematics Services
- ICT Required for Building Telematics Systems
- Methods, Techniques and Tools

Bron: KNAW-erkenningaanvraag, 1997

CWI

- Probability, Networks and Algorithms
- Software Engineering
- Modeling, Analysis and Simulation
- Information Systems

Bron: Overview Research Activities 2000

In deze NOAG-i wordt dankbaar gebruik gemaakt van gegevens verzameld door TNO-STB ten behoeve van de eerste ICT-scan. Voor de scan is overigens rijkelijk geput uit de databases van NWO/EW en NWO/STW. Omdat de definitieve scan nog niet klaar was ten tijde van de vaststelling van de kopij van de NOAG-i, kunnen er kleine verschillen bestaan tussen de hieronder gegeven getallen en die in de definitieve ICT-scan.

Bij alle getallen past het *caveat* dat de gegevens zijn betrokken uit verschillende, niet altijd optimaal betrouwbare bronnen. Ook het moment van meting kan verschil maken. Desalniettemin geven de getallen binnen een kleine onzekerheidsmarge een betrouwbaar beeld van de omvang en samenstelling van het informaticaveld.

	vaste staf	tijdelijk	totaal
KUN	18	24	42
RUG	14	14	28
UL	22	36	58
UM	13	9	22
UU	51	44	95
UvA - II	27	43	70
UvA - ILLC	15	21	36
VU	36	34	70
Subtotaal A	196	225	421
TUD	55	104	159
TUE - EESI	4	19	23
TUE - FWI	50	36	86
UT	33	43	76
Subtotaal B	142	202	344
CWI	38	40	78
Totaal	376	467	843

Tabel 1: verdeling informatici over type aanstelling en onderzoeksinstellingen.

Bijlage 4: onderzoeksinzet in de informatica

	vast	tijdelijk	totaal
gs1 + gs3	338	207	545
gs2 - CWI	38	40	78
gs2 - EW	0	110	110
gs2 - STW	0	110	110
Totaal	376	467	843

Tabel 2: verdeling informatici over type aanstelling en geldstromen (gs)

	vaste staf	tijdelijk	totaal
KUN	7,2	19,2	26,4
RUG	5,6	11,2	16,8
UL	8,8	28,8	37,6
UM	5,2	7,2	12,4
UU	20,4	35,2	55,6
UvA - II	10,8	34,4	45,2
UvA - ILLC	6,0	16,8	22,8
VU	14,4	27,2	41,6
Subtotaal A	78,4	180,0	258,4
TUD	22,0	83,2	105,2
TUE - EESI	1,6	15,2	16,8
TUE - FWI	20,0	28,8	48,8
UT	13,2	34,4	47,6
Subtotaal B	56,8	161,6	218,4
CWI	38,0	40,0	78,0
Totaal	173,2	381,6	554,8

Tabel 3: modelmatige berekening van onderzoeksinzet (in fte)(vaste staf: 40% onderzoekstijd, tijdelijke onderzoekers: 80% onderzoekstijd).

	vast	tijdelijk-promovendi	tijdelijk-postdocs	totaal
gs1 + gs3	136	140	24	300
gs2 - CWI	40	10	30	80
gs2 - EW	0	56	32	88
gs2 - STW	0	56	32	88
Totaal	176	262	118	556

Tabel 4: globale verdeling van modelmatig berekende onderzoeksinzet (in fte) over typen aanstellingen en geldstromen.

Bijlage 5: zwaartepuntenmatrix Nederlands wetenschappelijk ICT-onderzoek

		ME	SP	TT	PDC	ES	SE	MM	MSV	IS	AFM
Micro Electronics		xxx	xxx	xxx							
Signal Processing		xxx	xxx	xxx							
Telecommunication/ Telematics		xxx	xxx	xxx							
Parallel and Distributed Computing					xxx						
Embedded Systems						xxx					
Software Engineering							xxx				
MultiMedia								xxx			
Modelling, Simulation and Visualization									xxx		
Intelligent Systems										xxx	
Algorithms and Formal Methods											xxx

		FEW	TPD	DIMES	DITSE	IRCTR	TIES/ISC	EESI	FET	FWI	CTIT	MESA+	CWI	FEW	II	ILLC	SWI	IvI	IKAT	IWI	FNWI	Infolab	FEW
TNO en Technologisch Top Instituut																							
TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium																							
TTI Telematica Instituut																							
Technische universiteiten																							
TUD Delft Institute for Microelectronics and Submicron Technology																							
TUD Delft Institute for Information Technology in Service Engineering																							
International Research Center for Telecomm. transmission and Radar Technology Inst. for Embedded Systems/Intelligent System Consortium																							
TUE Eindhoven Embedded Systems Institute																							
Faculteit Elektrotechniek																							
Faculteit Wiskunde en Informatica																							
UT Centre for Telematics and Information Technology																							
UT Micro Electronics, Material Engineering, Sensors and Actuators																							
NWO-instituut																							
NWO Centrum voor Wiskunde en Informatica																							
Algemene universiteiten																							
VU Faculteit Exacte Wetenschappen																							
UvA Informatica Instituut																							
Institute for Logic, Language and Computation																							
Sociaal-Wetenschappelijke Informatiekunde																							
UU Instituut voor Informatica en Informatiekunde																							
Instituut voor Kennis- en Agent Technologie																							
UL Leiden Institute for Advanced Computer Science																							
RUG Instituut voor Wiskunde en Informatica																							
KUN Faculteit Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica																							
KUB (Research Group on Information and Communication Technology)																							
EUR Faculteit Economische Wetenschappen																							

xxx = zwaartepunt = 1 of meer hoogleraren + minimaal 5 onderzoekers + nationale en internationale zichtbaarheid.
 x = satelliet = nationale en internationale zichtbaarheid + contacten met zwaartepunt(en) + groepspotentie en ambitie.

Toelichting bij Bijlage 5: Zwaartepuntenmatrix

De zwaartepuntenmatrix is door het IPN in mei 2001 gemaakt op verzoek van de Taskforce ICT-en-kennis. De matrix is integraal in het Taskforcerapport *Samen, strategischer en sterker* opgenomen in bijlage A. De matrix is een globale maar toch zo accuraat mogelijke weergave van de Nederlandse kennisinstellingen waaraan op dit moment ICT-onderzoek wordt uitgevoerd.

Structuur van matrix

Horizontale as

Langs de horizontale as staan de zeven NOAG-i-thema's en drie overkoepelende thema's voor het TMH-onderzoek. De tien thema's vormen de "draaischijf" tussen enerzijds wetenschappelijke ontwikkelingen en anderzijds maatschappelijke en economische behoeften. Ze geven een goede aanduiding van het voor de komende jaren relevante ICT-onderzoek.

Verticale as

Langs de verticale as zijn de kennisinstellingen geplaatst, onderverdeeld in algemene universiteiten, technische universiteiten en niet-universitaire kennisinstellingen. Universiteiten zijn vrij in de vormgeving van hun interne organisatie. In deze matrix is gekozen voor een onderverdeling in onderzoeksinstituten, of, als deze er niet zijn, in faculteiten. Zowel onderzoeksinstituten als faculteiten zijn stabiele "lokale" organisatiestructuren. Richting buitenwereld profileren de universiteiten zich door middel van precies deze structuren. Intern zijn zij het aangrijppingspunt voor het universitaire onderzoeksbeleid.

Inhoud van de matrix: zwaartepunten en smg's

Op de kruispunten staan twee aanduidingen: "zwaartepunten" (weergegeven met drie kruisjes) en "satellieten met groepspotentie" (smg, weerge-

geven met één kruisje). Onder een zwaartepunt wordt hier verstaan: een (cluster van) onderzoeksgroep(en) met

- één of meer hoogleraren die onderzoek doen binnen het desbetreffende thema én
- een redelijke tot grote onderzoekscapaciteit binnen het desbetreffende thema. ("redelijk" = minimaal 5 personen (incl. de hoogleraar) die relevant onderzoek doen) én
- nationale en internationale "zichtbaarheid" in wetenschappelijk opzicht.

Een smg is een onderzoeksgroep met:

- nationale en internationale "zichtbaarheid" op een bepaald deelterrein binnen een thema én
- (goede) contacten met één of meer van de zwaartepunten (bijvoorbeeld binnen een onderzoeksschool of door middel van gezamenlijke projecten) én
- (gelet op kwaliteiten en activiteitsniveau) de potentie en ambitie om verder te groeien.

Leerstoel- of onderzoeksgroepen zijn, ten behoeve van de overzichtelijkheid, telkens in hun geheel onder één thema gebracht, ook als er binnen deze groepen (op kleinere schaal) onderzoek wordt verricht dat bij een ander thema ingedeeld kan worden.

De aanduidingen "zwaartepunt" en "smg" worden uitdrukkelijk gebruikt als inventarisatie van de bestaande situatie. Zij drukken geen kwalitatief oordeel uit: uitsluitend nationale visitatiecommissies zijn toegerust om dergelijke oordelen op een afgewogen wijze te kunnen vellen. De matrix kan dus uitsluitend gebruikt worden om de bestaande kennisinfrastructuur zichtbaar te maken: dit zijn de knooppunten en de daarmee in verbinding staande satellieten.

Het IPN is uitsluitend verantwoordelijk voor de plaatsing van de kruisjes binnen het omkaderde gedeelte van de matrix, d.i. de rechthoek gevormd door de zeven NOAG-i-thema's horizontaal en de technische universiteiten, algemene universiteiten en het CWI verticaal. Alle andere kruisjes zijn de verantwoordelijkheid van de Taskforce ICT-en-kennis.

AB	Algemeen Bestuur (van NWO)	ES	<i>Embedded Systems</i>
ACI	Adviescommissie Informatica (van NWO-gebiedsbestuur EW)		(thema NOAG-i 1997-2001 en 2001-2005)
AFM	<i>Algorithms and Formal Methods</i> (thema NOAG-I 2001-2005)	EU	Europese Unie
ASCI	<i>Advanced School for Computing and Imaging</i> (onderzoeksschool)	EUR	Erasmus Universiteit Rotterdam
AWT	Adviesraad voor Wetenschap en Techniek	EW	Exacte Wetenschappen (NWO-gebied)
CIC	Concurreren met ICT-thema's (beleidsnota EZ en OCenW)	EZ	Ministerie van Economische Zaken
CS	<i>Computational Science</i> (thema NOAG-i 1997-2001; EW-onderzoeksprogramma)	ICES/KIS	Interdepartementale Commissie Economische Structuurversterking/ Kennisinfrastructuur
CSI	<i>Computing Science Institute</i> (onderzoeksinstituut KUN)	ICT	Informatie- en communicatie- technologie
CTIT	<i>Center for Telematics and Information Technology</i> (onderzoeksinstituut UT)	II	<i>Informatica Instituut</i> (onderzoeksinstituut UvA)
CWI	Centrum voor Wiskunde en Informatica (onderzoeksinstituut NWO)	ILLC	<i>Institute for Logic, Language and Computation</i> (onderzoeksinstituut UvA)
D&I	<i>Digitalisering en Informatisering</i> (thema in Strategienota 2001- 2005 NWO)	IKAT	<i>Institute for Knowledge and Agent Technology</i> (onderzoeksinstituut UM)
DIMES	<i>Delft Institute of Micro-electronics and Submicron Technology</i> (onderzoeksschool en -instituut TUD)	IPA	<i>Institute for Programming Research and Algorithms</i> (onderzoeksschool)
DISH	<i>Digital Information Super Highway</i> (thema NOAG-i 1997-2001)	IPN	Informaticaonderzoek Platform Nederland
DITSE	<i>Delft Institute for Information Technology and Service Engineering</i> (onderzoeksinstituut TUD)	IRCTR	<i>International Research Centre for Telecommunications-transmission and Radar</i> (onderzoeksinstituut TUD)
EESI	<i>Eindhoven Embedded Systems Institute</i> (onderzoeksinstituut TUE)	IS	<i>Intelligent Systems</i> (thema NOAG-i 2001-2005)
		IST	<i>User-friendly Information Society</i> (thema binnen het 5de EU-kader- programma)

ITEA	<i>Information Technology for European Advancement</i> (EUREKA-onderzoeksprogramma)	PITAC	<i>President's Information Technology Advisory Committee</i> (adviescommissie van president Clinton)	ToKeN2000	<i>Toegankelijkheid en Kennisontsluiting in Nederland 2000</i> (NWO-onderzoeksprogramma)
IvII	<i>Instituut voor Informatica en Informatiekunde</i> (onderzoeksinstituut UU)	PROGRESS	<i>PROGram for Research on Embedded Software and Systems</i> (NWO-onderzoeksprogramma)	TTI	Technologisch Topinstituut
IWI	<i>Instituut voor Wiskunde en Informatica</i> (onderzoeksinstituut RUG)	RE	<i>Requirements Engineering</i> (thema NOAG-i 1997-2001)	TUD	Technische Universiteit Delft
KO	Kennisontsluiting (thema NOAG-i 1997-2001)	RUG	Rijksuniversiteit Groningen	TUE	Technische Universiteit Eindhoven
KUB	Katholieke Universiteit Brabant	SA	<i>Software Architectuur</i> (thema NOAG-i 1997-2001)	UL	Universiteit Leiden
KUN	Katholieke Universiteit Nijmegen	SE	<i>Software Engineering</i> (thema NOAG-i 2001-2005)	UM	Universiteit Maastricht
LIACS	<i>Leiden Institute of Advanced Computer Science</i> (onderzoeksinstituut UL)	SIKS	<i>School for Information and Knowledge Systems</i> (onderzoeksschool)	UU	Universiteit Utrecht
MEDEA+	<i>Micro Electronics Development for European Applications</i> (EUREKA-onderzoeksprogramma)	SION	Stichting Informatica Onderzoek Nederland (eind 1998 opgeheven en opgegaan in NWO-gebied EW)	UT	Universiteit Twente
MESA+	<i>Micro Electronics, Material Engineering, Sensors and Actuators</i> (onderzoeksinstituut UT)	STB	Strategie, Technologie en Beleid (TNO-instituut)	UvA	Universiteit van Amsterdam
MM	MultiMedia (thema NOAG-i 1997-2001 en 2001-2005)	STW	Stichting Technische Wetenschappen (NWO-gebied)	VR	<i>Virtual Reality</i> (thema NOAG-i 1997-2001)
MSV	<i>Modelling, Simulation and Visualization</i> (thema NOAG-i 2001-2005)	SWI	<i>Sociaal-Wetenschappelijke Informatiekunde</i> (onderzoeksinstituut UvA)	VSNU	Vereniging van Samenwerkende Nederlandse Universiteiten
NAP	Nationaal Actieplan Elektronische Snelwegen	TGS	<i>Telematics Graduate School</i> (onderzoeksschool UT)	VU	Vrije Universiteit
NOAG-i	Nationale Onderzoeksagenda Informatica	TI	Telematica Instituut (technologisch topinstituut)		
NWO	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek	TIES	<i>Technology Institute for Embedded Systems</i> (onderzoeksinstituut TUD)		
OCenW	Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen	TMH	Telecommunicatie, Micro-elektronica en Hardware (afkorting gebruikt in NOAG-i en ICT-scan)		
OCV	Overlegcommissie Verkenningen				
PDC	<i>Parallel and Distributed Computing</i> (thema NOAG-i 2001-2005)				

