

De structurele behoefte aan informatici

februari 1998

Javastraat 42
2582 AP DEN HAAG
Tel. 070 - 3639922
Fax. 070 - 3608992
e-mail: Secretariaat@AWT.nl

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
2 Het tekort aan informatici op middellange termijn	9
3 De structurele behoefte aan informatici	13
3.1 De opkomst van de digitale techniek	13
3.2 De overschatting van veranderbaarheid	14
3.3 Blijvend hoge investeringen in informatiesystemen	15
3.4 We haven't seen anything yet	16
4 Aandachtspunten	19
4.1 Vergroten van de instroom	19
4.2 Contacten tussen bedrijven en onderwijsinstellingen	21
4.3 Opleidingsprofiel van informatici	23
Bijlage	
Geraadpleegde personen	27

Samenvatting

Tekort aan informatici schrijnend groot

De informatietechnologie heeft de wereld de laatste decennia ingrijpend veranderd. En we staan nog maar pas aan het begin; de aan die technologie gerelateerde industrie groeit wereldwijd in hoog tempo. Om de groeipotenties te kunnen verzilveren, is geschoold personeel nodig, met name mensen die geschoold zijn op het gebied van de informatica. Er blijkt een schrijnend tekort te zijn aan informatici. Dit betekent dat de groei van de informaticasector en ook de toepassing van nieuwe informatietechnologie in alle sectoren van de samenleving in de eerste plaats wordt bepaald door de mate waarin vakbekwaam personeel beschikbaar is. Als zich morgen honderd informatici zouden melden, zeggen meerdere bedrijven dat ze hen meteen in dienst zouden nemen. Het tekort aan informatici is wereldwijd.

De behoefte aan informatici blijft structureel hoog

De vraag naar informatici overstijgt al vele jaren het aanbod van afgestudeerden op dat gebied. Doordat veel mensen zich via zelfscholing in de informatica bekwaamden, kon het tekort worden beperkt. Globaal gesproken is de helft van de huidige informatici langs deze weg opgeleid. Het arbeidspotentieel dat via zelfscholing aangeboord kan worden, neemt af; aan elke 'inhaalslag' komt immers een einde. Het initiële onderwijs kan de komende jaren niet in de vervangingsbehoefte voorzien, laat staan dat er ruimte is voor de uitbreidingsbehoefte. De komende jaren zijn er minstens tweemaal zoveel informatici nodig als thans worden opgeleid, en dat is een voorzichtige schatting. Die behoefte is structureel en staat los van de conjuncturele piek in de vraag naar personeel in verband met de zogenoemde 2000-problematiek en de overgang van de gulden naar de euro in het betalingsverkeer.

Contextbewuste informatici hebben de toekomst

Er is zowel behoefte aan mensen die het vakgebied verder ontwikkelen, alsook aan mensen die de mogelijkheden van nieuwe informatietechnologie kunnen uitbaten op allerlei toepassingsgebieden. Juist op die combinatie van informatica en een toepassingsgebied is het aanbod van opleidingen nog veel te gering. Het aanbieden van juist die combinatie-opleidingen zou wel eens een grote aantrekkingskracht kunnen hebben op jonge mensen.

Daar ligt wellicht een aangrijpingspunt om de instroom van studenten naar het vak informatica te bevorderen. Er bestaat over informatica ten onrechte een beeld van een steriel-wiskundig vak. Met een publiekscampagne zou duidelijk gemaakt moeten worden hoe informatica 'werkt', en tot welke concrete toepassingen het kan leiden.

Aan de andere kant is het noodzakelijk dat de onderwijsinstellingen de curricula beter afstemmen op de behoefte van de arbeidsmarkt. Dat is geen eenvoudige opgave in de snel veranderende wereld van de informatietechnologie. Daar is een intensieve en voortdurende dialoog voor nodig tussen onderwijsinstellingen en de afnemers van informatici over de inhoud van de curricula. Er is bij uitstek behoefte aan meer contextbewuste informatici. Hiervoor is nodig een verbreding van de opleidingen en meer afstudeervarianten. Daarnaast verdient het aanbeveling een aparte universitaire opleiding tot architect informatiesystemen in het leven te roepen.

Inleiding

De Minister van Economische Zaken heeft de AWT gevraagd te adviseren over de problematiek ‘Tekorten aan informatici’. Uit een nadere toelichting is de Raad gebleken, dat de vraag vooral is in hoeverre het huidige tekort aan informatici structureel is, dan wel dat er moet worden gevreesd voor een overschot aan informatici over enige jaren, als gevolg van te krachtige inhaalslagen nu.

vraag: is er een structureel tekort aan informatici?

Getuige een groot aantal signalen uit de samenleving is er op dit moment een schreeuwend tekort aan informatici. Dat is niet alleen in Nederland het geval, het verschijnsel doet zich op mondiale schaal voor. De Amerikaanse overheid publiceerde onlangs een rapport onder de titel *America's New Deficit: the Shortage of Information Technology Workers*.¹ Daarin haalt zij op haar beurt een rapport aan van de Deloitte and Touch Consulting Group die 1500 leidinggevende informatiefunctionarissen uit 21 landen heeft ondervraagd. Allen worstelen met een tekort aan informatici en wel op een manier zoals ze dat nog nooit eerder hebben meegemaakt.

wereldwijd is er een tekort

Mede als gevolg van de huidige spanning op de arbeidsmarkt houden in Nederland velen zich bezig met de vraag op welke wijze in het tekort aan informatici kan worden voorzien. Zo is er op initiatief van FENIT, VNO-NCW, VSNU en het HBO-I Platform een Informatica-Platform opgericht waarin bedrijven en instellingen voor hoger onderwijs overleggen hoe in de behoeften aan informatici en informatietechnologen kan worden voorzien. De commissie onderwijs en opleidingen van de branche-organisatie FENIT heeft ten behoeve van de onderwijsinstellingen een aantal informatietechnologie-beroepsprofielen geformuleerd². De Vereniging voor Register-Informatici heeft een vergelijkbare exercitie ondernomen. De Raad heeft in zijn advies dankbaar gebruik gemaakt van het vele denkwerk dat elders is verricht.

het probleem krijgt reeds veel aandacht

In dit advies richt de Raad zich met name op de structurele ontwikkeling in de vraag naar informatici. Tenzij anders verstaat hij in dit advies onder informatici ‘informatici in brede zin’ te weten (i): de ‘zuivere’ informatici die zich bezig houden met het formaliseren en representeren van informatie in algoritmen; (ii) mensen die zich bezighouden met studie, ontwerp, ontwikkeling, implementatie, ondersteuning of beheer van computergerelateerde informatiesystemen, in het bijzonder software-toepassingen en computer-hardware; en (iii) mensen die op geavanceerde wijze informatietechnologie toepassen en benutten.

definitie van informatici

¹ U.S. Department of Commerce, Office of Technology Policy: *America's New Deficit: The Shortage of Information Technology Workers*, najaar 1997; te verkrijgen via <http://www.ta.doc.gov>

² FENIT, Keep I.T. simple, *Welke instroomprofielen vraagt de IT-branche?* Oktober 1997.

- externe consultaties Ter voorbereiding van zijn advies heeft de Raad het ROA (Researchcentrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt) gevraagd de arbeidsmarkt van hen die werkzaam zijn in het informaticadomein in kaart te brengen³. Die analyse levert een kwantitatief beeld op van de huidige arbeidsmarkt van vooral de 'kern' informatici (de bovengenoemde categorieën (i) en (ii)) en een verwachting over die arbeidsmarkt in de periode 1997-2002. Daarnaast heeft de Raad met circa 40 mensen gesproken: deskundigen die beroepshalve zijn georiënteerd op de (internationale) ontwikkelingen binnen de informatietechnologie en de menskracht die nodig is om die ontwikkelingen door te zetten en te benutten. In bijlage 1 is de lijst van geraadpleegde personen opgenomen. In die gesprekken stonden twee vragen centraal:
- *Welke ontwikkelingen zijn op een termijn van ongeveer 10 jaar te verwachten op het gebied van de informatietechnologie en de toepassingen ervan?*
 - *Wat betekenen die ontwikkelingen voor de vraag naar informatici en de opleiding die zij behoeven?*
- opbouw advies Hoofdstuk 2 geeft een kwantitatief beeld van de te verwachten tekorten aan informatici op middellange termijn (1997-2002). Hoofdstuk 3 geeft een kwalitatief beargumenteerd beeld van de structurele behoefte aan informatici. Hoofdstuk 4 tenslotte bevat aandachtspunten; geen ei van Columbus, maar meer een agenda voor de aanpak om te voorzien in de structurele behoefte aan informatici.

³ Researchcentrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt, *De arbeidsmarkt voor informatici*, najaar 1997.

Het tekort aan informatici op middellange termijn



Er bestaat een onmiskenbaar groot tekort aan informatici. Tijdens de interviewronde werd de Raad bij herhaling gezegd dat het betreffende bedrijf zonder meer een groot aantal extra informatici werk zou kunnen bieden, wanneer die mensen vandaag beschikbaar zouden zijn. De huidige schaarste leidt tot een situatie waarbij vele mogelijkheden die de informatica biedt en die rijp zijn om te worden geëxploiteerd, onbenut blijven.

Volgens de ROA waren er eind 1996 in Nederland circa 170.000 mensen werkzaam in het informaticadomein. Binnen dit domein vallen de eerste twee categorieën informatici uit de eerder genoemde driedeling: de zuivere informatici en de mensen die zich bezig houden met studie, ontwerp, ontwikkeling, implementatie, ondersteuning of beheer van computergerelateerde informatiesystemen. Van die 170.000 mensen heeft ongeveer de helft een informatica-opleiding in het initiële onderwijs genoten. Uitgesplitst naar het niveau van de informatica-opleiding en de groei in (verwachte) werkgelegenheid in de periode 1992-2002 ziet het beeld eruit zoals geschetst in de onderstaande tabel.

circa 170.000 mensen werken als informaticus

Tabel 1. Aantal werkzame en te rekruteren informatici

informatica-opleiding	aantal informatici eind 1996	groei in werkgelegenheid 1992-1996	verwachte rekruteringsbehoefte 1997-2002
MBO/leerlingwezen	38.000	16 %	9.100 (24 %)
HBO	37.000	25 %	15.300 (41 %)
WO	8.000	97 %	5.500 (69 %)
anders	87.000		20.000 (23 %)

bron: ROA

De verwachte rekruteringsbehoefte in de periode 1997-2002 wordt door het ROA op circa 50.000 mensen geschat; de vervangingsbehoefte schat hij op 20.000, de uitbreidingsvraag op 30.000 mensen. Dat is een conservatieve schatting omdat daarin de mensen die op geavanceerde wijze informaticaproducten toepassen en benutten niet zijn meegenomen. Op jaarbasis zijn er dus minstens 10.000 nieuwe informatici nodig om aan de vraag te voldoen. Dat getal van 10.000 per jaar betekent een jaarlijkse groei van 6%.

jaarlijks zijn er minstens 10.000 nieuwe nodig

De schattingen van het ROA liggen in dezelfde orde van grootte zoals die voor enkele andere landen zijn gemaakt. Zo wordt de procentuele

uitbreidingsvraag in de informatica in Groot-Brittannië tot 1998 geschat op 6% per jaar. Het *Bureau of Labor Statistics* in Amerika voorspelt voor het komend decennium gemiddeld 95.000 baanopeningen voor informatietechnologiewerkers per jaar; dit is een groei van circa 7% per jaar. Het aantal banen in het informaticadomein in Amerika groeit daarmee naar verwachting van 1.365.000 in 1994 tot meer dan 2.000.000 in 2005.

de instroom in het hoger onderwijs dekt nog niet de helft van de behoefte

Het hoger onderwijs speelt een belangrijke rol in de verdere ontwikkeling van de informatica. De kwaliteit en kwantiteit van de hoger opgeleiden zal in belangrijke mate de richting en het benutten van de mogelijkheden van informatietechnologie bepalen. Het hoger onderwijs toont het volgende beeld. De jaarlijkse uitstroom aan afgestudeerde HBO-ers (circa 1500) en universitair opgeleiden (circa 500) is bij lange na niet voldoende om in de toenemende vraag te voorzien. Zo is de jaarlijkse behoefte van Philips aan *technisch* geschoolde informatici, die de ontwikkeling van *embedded* software moeten vormgeven, vrijwel even groot als het gehele cohort dat jaarlijks aan HBO en WO afstudeert.

Volgens de ROA-prognoses is er in het HBO in de periode 1997-2002 een instroom van 7400 studenten; voor het WO zijn dat er 3000. Deze getallen, die in dezelfde orde van grootte liggen als de huidige instroom staan in schril contrast met de verwachte rekruteringsbehoefte, vooral als wordt bedacht dat het studierendement aanzienlijk lager is dan 100%. De rekruteringsbehoefte bedraagt 15.300 respectievelijk 5.500 (zie tabel 1). Zoals reeds is gesteld, is de ROA-schatting aan de conservatieve kant, omdat deze betrekking heeft op de meer 'zuivere' informaticafuncties.

veel om- en bijscholings-initiatieven; duale initiële leertrajecten

Er bestaan verschillende initiatieven bij bedrijven om in de tekorten te voorzien buiten de reguliere instroom om. Die initiatieven richten zich zowel op het om- en bijscholen alsook op het aanbieden van duale, initiële leertrajecten. Om enkele voorbeelden te noemen: PTT-Post en PTT-Telecom hebben met de Rijksuniversiteit Leiden een eenjarige opleiding opgezet om afgestudeerde HBO-ers en academici om te scholen; de RABO-bank financiert een deeltijdopleiding aan de Hogeschool West Brabant; Océ heeft met de Open Universiteit, de Technische Universiteit Eindhoven en de Fontys Hogeschool een tweejarige opleiding opgezet voor bijscholing; Getronics en ING hebben overeenkomsten gesloten met de Haagse Hogeschool. Cap Gemini kent al jaren een wervingsbeleid dat gericht is op het aantrekken van talentvolle academici die op kosten van Cap Gemini worden om- c.q. bijgeschoold tot informaticus. IBM kent omvangrijke omscholingsprogramma's, waarin de 'vorige generaties' hardware-specialisten worden omgeschoold tot software-specialisten. Het reservoir van werkzokende HBO-ers en academici dat voldoende aanleg heeft om zich om te laten scholen tot informaticus is echter niet onuitputtelijk. De bodem lijkt momenteel in zicht.

het tekort aan informatici remt de economische groei

Het huidige tekort lijkt vooral een probleem omdat het een mogelijke groei van bedrijvigheid verhindert. Dat wordt nog versterkt door het feit dat de huidige menskracht nu in belangrijke mate wordt gericht op de 2000- en de europroblematiek, beide activiteiten zijn meer reparerend en defensief van aard, in plaats van explorerend en innovatief. Met andere woorden, het

grootste negatieve gevolg van het huidige tekort is het niet benutten van economisch interessante mogelijkheden.

Het conjuncturele 'dal' van eind jaren 80

De vraag rijst of het huidige schreeuwende tekort aan informatici conjunctureel is en dat na het jaar 2000 gevreesd moet worden voor een 'dip' die eind jaren 80 is opgetreden in de vraag naar informatici op de arbeidsmarkt onder invloed van de toen heersende economische recessie, dan wel dat de vraag naar informatici een meer structureel karakter heeft. De Raad heeft de indruk dat die afname in de vraag nauwelijks gegolden heeft voor de goed opgeleide informatici. De informatie- en communicatietechnologiesector is in de jaren 80 blijven groeien, zij het niet langer met 'dubbele cijfers'. De afname van het groeitempo heeft toen wel geleid tot een *shake out*. Vooral mensen die via een stoomcursus waren opgeleid en waren gebonden aan bepaalde vormen van technologie die door de snelle ontwikkeling werden achterhaald, zijn daarvan de dupe geworden. Het idee dat iemand die Frans heeft gestudeerd, met een cursus van drie maanden tot 'informaticus' kan worden omschoold, werd toen als het ware door de praktijk afgestraft. Een omscholing tot een 'echte' informaticus vraagt al gauw 1 tot 2 jaar.

Eenzelfde probleem kan zich weer voordoen in verband met het 2000-en europrobleem. Er worden nu veel mensen aangetrokken c.q. bijgeschoold om genoemde problemen te helpen oplossen. Veel van deze mensen hebben maar een zeer beperkte informaticakennis en -vaardigheid en zijn dientengevolge later moeilijk inzetbaar op het brede informaticaterrein. Zonder extra aandacht voor een bredere scholing bestaat het gevaar dat velen na de millenniumwisseling werkloos worden, met alle negatieve beeldvorming over informatici van dien, terwijl er wel een structureel grote behoefte is en blijft aan goed inzetbare informatici. Een thema waarop de Raad in het volgende hoofdstuk ingaat.

specifieke millenniumprobleem-oplossers moeten straks worden bijgeschoold

De structurele behoefte aan informatici

3

De opkomst van de digitale techniek

3.1

Vanaf het moment dat de transistor als betrouwbare vervanger van de elektronenbuis voorhanden was, heeft de elektronica, en dus ook de digitale elektronica, een exponentiële groei doorgemaakt. Niet alleen qua prijs-prestatie-verhouding is de digitale techniek sinds de introductie exponentieel verbeterd. Gekoppeld aan een gelijktijdig optredende, evenzeer exponentiële verbetering van de analoge componenten (elektromagnetische en mechanische technieken zoals bij opslag en beeldweergave) en een fenomenale miniaturisering van alle componenten, heeft er in extreem korte tijd een revolutionaire verandering in de wereld plaatsgevonden op het gebied van informatietechnieken.

Die exponentiële groei in prijs-prestatie-verhouding heeft de voordelen van digitalisering, zoals betrouwbaarheid en transporteerbaarheid, beschikbaar gemaakt voor steeds meer toepassingsgebieden. Tegenwoordig zijn computers vrijwel overal aanwezig, tot in de wasmachine en de thermostaat aan toe. Een leven zonder digitale techniek is slecht denkbaar.

toepassingsmogelijkheden van digitale techniek nemen nog steeds toe

Of een programma nu via een floppy in het geheugen geladen wordt om te worden uitgevoerd, of dat het in onveranderbaar geheugen (in hardware) zit opgeslagen, de essentie is dat er functionaliteit is omgezet in een stelsel van regels en feiten die digitaal zijn gecodeerd. Digitale hardware bestaat voor een groot deel uit algoritmes (software) die zijn 'vastgebakken' (*embedded* in het jargon) in een chip. Het is de geformaliseerde functionaliteit die de kern is van de informatietechnologie. De essentie van digitale techniek is daarom het gebruik van logische algoritmes.

de essentie van digitale techniek

Het maken van die algoritmes is van oudsher de taak van de informaticus, in Engelstalige landen meestal nog wat ouderwets *computer scientist* genoemd, hier eerder aangeduid als de 'zuivere' informaticus. Het gaat hierbij in eerste instantie om mensen die informatica in het hoger onderwijs hebben genoten en de grote hoeveelheid mensen die andere, specifieke opleidingen tot ontwerpen en programmeren hebben gevolgd. Uiteraard zijn er ook veel autodidacten en instromers uit andere disciplines in een veld dat spectaculair is gegroeid.

Inbedding in processen en producten

De wijze waarop de digitale techniek tot in alle hoeken en gaten van de samenleving is doorgedrongen heeft het echter ook gedeeltelijk aan het domein van de 'zuivere' informatici ontrukkt. Zoals niet alleen elektrotechnici te maken hebben met elektriciteit, zo hebben vrijwel alle mensen, of ze het weten of niet, te maken met digitale techniek: van de computer in de kassa van de bakker, tot het nummergeheugen van de telefoon en de programmeerbare videorecorder. Los van al die eindgebruikers, is er inmiddels dan ook een zeer grote groep mensen ontstaan, voor wie digitale

digitale techniek is niet alleen het domein van pure informatici

techniek en programmatuur onmisbaar zijn om hun werkzaamheden uit te kunnen voeren. Automonteurs, medici en administrateurs vormen hier een voorbeeld van.

In de informatica worden traditioneel twee domeinen onderscheiden. Dat betreft in de eerste plaats het domein waar de algoritmes onderdeel uitmaken van (bedrijfs)processen, zoals in- en verkoop, administratie, productieprocessen, etc. Het tweede domein omvat de algoritmes die onderdeel uitmaken van de functionaliteit van apparaten, de zogenaamde *embedded* software. Volgens schattingen van elektronicagiganten waren er in 1994 over de hele wereld 2 miljoen mensen betrokken bij de ontwikkeling van *embedded* software; in 2004 zijn dat er naar verwachting 10 miljoen.

toenemende complexiteit
betekent veel werk voor
informatici

Toenemende complexiteit

Naast een verbreding door de inzet op diverse terreinen, heeft de informatica ook een grote verdieping doorgemaakt. De eerste programma's waren noodgedwongen van een grote simpelheid en konden gemakkelijk door één individu worden geschreven. De capaciteit van digitale systemen is steeds verder toegenomen en daarmee ook de hoeveelheid digitale gegevens die kunnen worden verwerkt. Met de toename van de capaciteit werden de programma's steeds complexer en zijn ze niet meer door één individu te kennen. Huidige programma's beslaan veelal miljoenen processtappen.

Die groei in omvang van programma's en de beheersing van de bijkomende complexiteit is gedurende de laatste decennia één van de belangrijkste onderwerpen van het 'vak' informatica geweest. Omdat de ontwikkelingen doorgaan en steeds weer de grenzen van de mogelijkheden worden gezocht neemt de complexiteit toe. Die continue groei in complexiteit betekent ook veel werk voor informatici.

3.2 Overschatting van veranderbaarheid

software is minder zacht en
aanpasbaar dan het lijkt ...

Software kent - in tegenstelling tot hardware - een grote flexibiliteit, het is in principe zeer veranderbaar. Programma's laten zich gemakkelijk wijzigen, het veranderen van een logische regel kost tenslotte weinig energie. Het is die veranderbaarheid die de term software heeft opgeleverd. Software wekt de illusie dat het in tegenstelling tot hardware, eenvoudig kan worden gewijzigd.

Die veranderbaarheid is echter in de prille geschiedenis van de informatica schromelijk overschat. Veranderingen in een complexe omgeving, zoals een groot computerprogramma, bleken slechts met grote moeite te realiseren te zijn.

De belangrijkste overschatting van de veranderbaarheid van software is het gevolg van de reeds genoemde inbedding van software in processen en producten. De software staat immers niet op zichzelf, het is zoals gezegd onderdeel van een proces of een product. Die inbedding zet een grote rem op de veranderbaarheid van software. Het mag dan op zichzelf eenvoudig zijn de software te veranderen, de omgeving waarin die software functioneert, maakt aanpassingen zeer moeilijk.

Een conjuncturele piek: de millenniumproblematiek en de euro

Het merendeel van de computerprogramma's moet worden aangepast om het jaar 2000 adequaat te kunnen verwerken, alsook vanwege de overgang van de gulden naar de euro. Dat zijn geen eenvoudige aanpassingen. Vele miljoenen regels programmatuur moeten worden geanalyseerd op de vraag of ze moeten worden aangepast.

De 2000-problematiek⁴ is het gevolg van de overschatting van de veranderbaarheid van software. De programma's werden geacht een levensduur van enkele jaren te hebben en dus was de keuze voor 2 cijfers voor het jaartal verantwoord in het licht van de toenmalig kostbare hardware. Echter, de verandering van software bleek, zoals gezegd, een veel moeizamer proces dan vooraf gedacht. De methoden en technieken waarmee de oude programma's waren gemaakt blonken niet uit in flexibiliteit en veranderbaarheid. Maar bovenal waren er, buiten de programmatuur om, grote kosten verbonden aan veranderingsprocessen. Als gevolg daarvan werden programma's veel minder snel vervangen dan oorspronkelijk gedacht. Inmiddels nadert echter het jaar 2000 met rasse schreden, en veel van de programma's waarvan men verwacht had dat ze ruim 25 jaar geleden al zouden zijn afgedankt, zijn nog steeds in de een of andere vorm operationeel. Voor veel informatietechnologiegebruikers betekent dat, dat er voor gekozen wordt om van de aanleiding (de nood) een deugd te maken. Het biedt een extra stimulans tot vervanging; in zekere zin is er sprake van een inhaalslag. Ook die inhaalslag blijkt tijdrovender uit te vallen dan verwacht, hetgeen mede een reden is waarom nu met man en macht wordt geprobeerd om toch maar de bestaande software te verbeteren.

De invoering van de euro betekent dat alle boekhoudkundige, budgettaire en fiscale systemen van bedrijven en overheidsdiensten moeten worden aangepast. Dat vraagt dus een extra, tijdelijke inzet van menskracht.

... het millenniumprobleem illustreert dat

Blijvend hoge investeringen in informatiesystemen

3.3

In een variant op de slogan uit de vervoersbranche kan worden gezegd: 'Zonder IT staat alles stil'. Ook de verkenningscommissie Informatica stelde in 1996 dat er geen toekomst is zonder informatica⁵. In de jaren 80 waren producten van informatica veelal handige hulpmiddelen. De situatie is nu volkomen anders. Nu kunnen de beschikbare informatiesystemen bepalen hoe bedrijfsprocessen worden ingericht. Informatietechnologie is daarmee van hulpmiddel tot een essentieel onderdeel geworden van de bedrijfsvoering. Zonder informatietechnologie kunnen banken geen transacties meer doen, zonder informatietechnologie wordt door een transporteur geen bestelling

geen toekomst zonder informatica

⁴ De 2000-problematiek bestaat er uit dat veel computerprogramma's het jaar 2000 kennen als het jaar 1900, omdat slechts de laatste 2 cijfers als variabel kunnen worden gehanteerd, terwijl de eerste twee, 19 dus, vast is weergegeven. De consequenties daarvan zijn enorm. Op verschillende plaatsen in de wereld heerst een grote angst dat allerlei systemen rond het jaar 2000 daardoor niet meer zullen functioneren.

⁵ OCV, Verkenningscommissie Informatica, *Geen toekomst zonder informatica*, juni 1996.

informatietechnologie zit in
het hart van organisaties

meer op de goede plaats en tijd afgeleverd.

Organisaties worden steeds afhankelijker van informatietechnologie. Informatietechnologie bepaalt meer en meer de inrichting van bedrijfsprocessen. Informatici krijgen met deze ontwikkeling naast de rol van ontwikkelaar van software ook een rol bij het ontwerpen van bedrijfsprocessen. Goed functionerende informatiesystemen zijn cruciaal om in de concurrentieslag overeind te blijven. Bedrijven zullen daarom blijven investeren in informatietechnologie. Deze investeringen bewerkstelligen een onomkeerbaar zichzelf versterkend proces. De investeringsomvang in informatietechnologie is derhalve relatief minder conjunctureel gevoelig geworden.

veel informatiesystemen zijn
dringend aan vervanging toe

Veel van de bestaande informatiesystemen binnen bedrijven zijn het resultaat van jarenlange aanpassingen en uitbouw om redenen zoals in de vorige paragraaf is beschreven. Informatiesystemen onderscheiden zich daarmee niet van vele andere industriële installaties. Echter veel software is op maat ontworpen en niet altijd goed gedocumenteerd; fouten zijn vrijwel onvermijdelijk. De doorzichtigheid van veel bestaande systemen laat dus te wensen over. Met het jaar 2000 en de euro in het zicht zullen er opnieuw aanpassingen moeten worden gedaan, die de stabiliteit van het gehele systeem niet ten goede komen. Veel kunst- en vliegwerk is nodig om de informatiesystemen te laten functioneren. Met andere woorden, het jaar 2000 en de euro verhogen de noodzaak om bestaande informatiesystemen te vervangen door robuuste, nieuwe systemen.

Met de extra mogelijkheden en de toenemende operationele zekerheid die nieuwe systemen bieden, zullen bedrijven steeds sterker geneigd zijn grote investeringen te doen in nieuwe informatiesystemen. Het ontwerpen van nieuwe systemen, de bouw en invulling ervan en vervolgens de overdracht van informatie van het oude naar het nieuwe systeem staan garant voor vele mensjaren hoogwaardig informatietechnologisch werk.

3.4 We haven't seen anything yet

we staan nog maar aan het
begin wat toepassingen
betreft

Vele mogelijke informaticatoepassingen worden nog niet benut. De huidige informatiesystemen en informaticagebruiksmogelijkheden zijn nog maar kinderspel vergeleken bij wat ons nog te wachten staat. Veel van de menskracht die nu aan de 2000- en europroblematiek wordt besteed, kan niet worden besteed aan het exploreren van nieuwe gebruiksmogelijkheden van wat informatietechnologie te bieden heeft. Zo is er nog een veel verdergaande afstemming en integratie van informatiesystemen met bedrijfsprocessen denkbaar, met alle gevolgen van dien voor de productiviteit, aard van de werkgelegenheid enz. Daarnaast staan geheel nieuwe mogelijkheden voor de deur, die onze samenleving en onze economische structuur drastisch zullen veranderen. De Raad zal als voorbeeld twee ontwikkelingen noemen die illustreren dat *we haven't seen anything yet*.

Electronic commerce

Een nieuw opkomend fenomeen is *electronic commerce* waarbij alle transacties, met uitzondering van de levering van fysieke goederen, via het internet plaatsvinden: bladeren in de catalogus, informatievragen, bestellen, betalen etc., het gaat allemaal via het internet. De verwachting is gerechtvaardigd dat *electronic commerce* een revolutie met zich meebrengt. Niet voor niets is deze thematiek een van de belangrijkste punten op de beleidsagenda van de Minister van EZ.

Afgezien van de behoefte aan extra informatiesystemen en toepassingen, zal onder invloed van *electronic commerce* de bestaande bedrijvigheid en bedrijfsprocessen ingrijpend wijzigen. Het biedt talloze mogelijkheden voor kleine ondernemers, die in feite niet meer nodig hebben dan een aansluiting op het Internet, om op mondiale schaal te opereren en te handelen. Een forse toename van kleinschalige ondernemers, die mondiaal opereren, is te verwachten. Dat heeft ongetwijfeld drastische gevolgen, zoals uitstoot van arbeid, voor allerlei bestaande bedrijvigheid en dienstverlening.

Met *electronic commerce* is het relatief eenvoudig preferenties en gedrag van individuele consumenten gedetailleerd in kaart te brengen. Dit zal een revolutie teweegbrengen in de marketing wereld. Immers, het adres en andere gegevens van de consument kunnen gemakkelijk worden vastgelegd en/of worden gevraagd in ruil voor een geleverde dienst.

Wat het effect daarvan zal zijn op bijvoorbeeld het gedrag van individuen is thans nog niet in te schatten. Maar dat er een effect zal zijn, en ook een significant effect, is evident.

electronic commerce vraagt om nieuwe informaticaproducten en verandert het zakendoen

Digitale interactieve televisie

De nieuwe generatie televisies is digitaal en zal steeds meer kunnen functioneren als een interactieve interface tussen woning en buitenwereld. De digitalisering van de televisie, het integreren van de computerfunctionaliteiten met televisie en verbeteringen van de communicatie-infrastructuur maakt het mogelijk grote hoeveelheden digitale informatie door te geven. De situatie dat elke consument op het door hem gewenste moment vanuit zijn huiskamer toegang heeft tot de door hem gewenste informatie en diensten, komt steeds meer dichtbij. Een voorwaarde is uiteraard wel de aanwezigheid van diensten die via de digitale infrastructuur bereikbaar zijn. Die diensten verrijzen als paddestoelen uit de grond. Ook op het gebied van het entertainment zal deze ontwikkeling tot revoluties leiden.

televisie en computer fuseren; veel nieuwe diensten komen op

... en wat zit er in de pijplijn van het wetenschappelijk onderzoek?

De bovenstaande voorbeelden beperken zich tot toepassingsmogelijkheden van bestaande technologie. Daarnaast vindt wereldwijd veel onderzoek plaats dat ongetwijfeld tot totaal nieuwe technologie zal leiden. Veel, nu nog onvoorziene, toepassingsmogelijkheden zullen hiervan het gevolg zijn. Het eind is nog niet in zicht. Integendeel, we staan nog maar aan het begin. Hoe zal artificiële intelligentie zich gaan ontwikkelen? Komen er doorbraken op het gebied van neuro-computing? Hebben heuristische (bijvoorbeeld genetische) algoritmen de toekomst? *We haven't seen anything yet.*

de wetenschap staat niet stil

De Raad gaat daar in dit advies niet nader op in. In het kader van de Overleg Commissie Verkenningen is in 1996 een verkenning Informatica

uitgevoerd die zich met name richt op het onderzoek binnen de informatie- en communicatietechnologie; deze verkenning heeft nog steeds actualiteitswaarde.

Het Ministerie van Economische Zaken heeft in 1997 een studie laten verrichten naar de voorziene technologiebehoeften van bedrijven. In die studie, de Technologie-Radar, wordt onder andere geschetst dat bedrijven op het gebied van de informatie- en communicatietechnologie veel verwachten van data en kennissystemen, software engineering en technologieën voor interactieve en multimediale toepassingen⁶.

conclusie: de vraag naar informatici zal blijven stijgen

De structurele behoefte aan informatici op lange termijn is niet op een verantwoorde wijze te kwantificeren. Gegeven de ontwikkelingen zoals hiervoor geschetst, is de conclusie van de Raad dat alle signalen erop wijzen dat er een structureel grote behoefte is en blijft aan informatici. De vraag is vervolgens hoe het onderwijssysteem in deze behoefte kan voorzien. In het volgende hoofdstuk wil de Raad dienaangaande enkele punten onder de aandacht brengen.

⁶ RAND-Europe and Coopers & Lybrand Technology Consultants, *Technology Foresight for the Netherlands: A Technology Radar*, maart 1998.

Aandachtspunten

4

Op grond van de voorgaande analyse concludeert de Raad dat er sprake is van een sterk stijgende structurele behoefte aan informatici. Zonder extra maatregelen zal het aanbod niet toereikend zijn om in de structurele behoefte op adequate wijze te voorzien. De aandacht is momenteel - en terecht - sterk gericht op 'alle hands aan dek'. Dit leidt tot de broodnodige soulaas op de korte termijn. Daarmee wordt echter niet voorzien in de lange-termijnnoden. Daarvoor is meer nodig.

Met het oog op de structureel sterk stijgende behoefte is extra aandacht nodig voor het initiële onderwijs. Het betreft vooral de noodzaak van extra instroom en van aanpassingen in het opleidingsprofiel. De Raad werkt dat hieronder nader uit.

extra aandacht nodig voor het initiële onderwijs

Vergroten van de instroom

4.1

De problematiek van de tekorten aan informatici is zo nijpend en urgent, dat de gebruikelijke wegen om tekorten in te lopen niet voldoende zijn. De vraag overtreft zodanig het aanbod, dat het gerechtvaardigd is dat van overheidswege acties worden ondernomen om de instroom naar het beroep informaticus te vergroten.

Beeldvorming

Ter vergroting van de instroom zou aandacht besteed moeten worden aan het beeld dat het brede publiek heeft over informatici. De Raad heeft niet het gevoel dat, algemeen gesproken, het tekort aan informatici in Nederland thans bij het brede publiek als problematisch wordt ervaren. Daarnaast heeft hij de indruk dat er bij velen een nogal eenzijdig beeld bestaat over wat het vak informatica inhoudt en waar de informaticus zich mee bezighoudt. Het is vooral het beeld van de informaticus die zijn bijna 'wiskundige' werk doet ver weg van de rest van de wereld, dat het vakgebied parten speelt. Dergelijke beelden zijn niet zomaar ontstaan; ze representeren de situatie zoals die 20 jaar geleden vrij algemeen bestond; thans is die situatie meer uitzondering dan regel.

beeldvorming van het publiek over informatici is te eenzijdig

Beelden over informatica hebben ongetwijfeld invloed op de uiteindelijke beroeps- en studiekeuzen van leerlingen. Het lijkt dan ook van belang duidelijk te maken dat de informatica veel raakvlakken en verbindingen heeft met andere vakgebieden en toepassingsgebieden. Het belichten van juist deze aspecten van de informatica-opleiding zou ook wel eens kunnen betekenen dat ook andere groepen mensen zich tot de opleiding voelen aangesproken dan die welke 'traditioneel' voor techniek-gerelateerde studies kiezen.

een publiciteitscampagne kan laten zien wat een informaticus is en wat hij/zij doet

De Raad geeft de Ministers van EZ en OCenW in overweging het initiatief te nemen tot een publiciteitscampagne, die is gericht op het overbrengen van de breedte van het vak en de (blijvend) goede beroepsperspectieven voor een informaticus. Zo'n nationale publiciteitscampagne, die tot doel heeft het belang van informatica over het voetlicht te krijgen, moet geen geïsoleerde wervende actie zijn. Het perspectief dat wordt geboden, moet in overeenstemming zijn met wat bedrijven verwachten en kennisinstellingen aan opleidingen aanbieden. Bedrijven en instellingen moeten daarbij dus nadrukkelijk worden betrokken.

Het ligt voor de hand dat de onlangs aangekondigde speciale stichting die de technische en exacte opleidingen en beroepen aantrekkelijker moet maken, hierbij een rol gaat vervullen. De problematiek van de informatica-opleiding is vergelijkbaar aan die van de bèta- en technische studies, zij het dat de vraag naar informatici die van de bèta's en technici overtreft.

En, hoewel de doelgroep een andere is, kan mogelijk ook worden aangesloten of voortgebouwd op het initiatief van het Millennium Platform voor een nationaal appèl voor de mobilisatie van de arbeidsmarktcapaciteit met het oog op het 2000-probleem.

informatica biedt veel kansen voor vrouwen

De Raad wil op deze plaats met name aandacht vragen voor vrouwelijk talent; vrouwen zijn namelijk in de beroepsgroep informatici sterk ondervertegenwoordigd. In landen als de Verenigde Staten is het aandeel vrouwelijke studenten in de informatica significant hoger dan in Nederland. Als de publiciteitscampagne slaagt om een goed beeld te geven van de opleiding en het werk van een informaticus - niet primair technisch, maar vooral ook aandacht voor de context waarbinnen informatica wordt toegepast - kan mogelijk ook vrouwelijk potentieel beter worden aangeboord. De ervaringen in andere landen is dat de 'vrouwelijke attitude' niet alleen een belangrijke verrijking voor het vakgebied betekent, maar ook dat het beroep informaticus zich uitstekend door 'flex-werkers' of in part-time functies laat vervullen. Voor zover vrouwen en mannen behoefte hebben aan een andere werkinvulling dan de reguliere voltijds vaste baan, biedt de informatica dus volop kansen.

Docenten kader

de scholing van docenten informatica voor het voortgezet onderwijs moet veel voortvarender worden opgepakt

Een van de aanbevelingen van de Tijdelijke Commissie voor Informatiebeleid⁷ is dat Informatie- en CommunicatieTechnologie een integraal onderdeel van het reguliere onderwijs zal moeten worden, waarbij het accent zal moeten liggen op het leren omgaan met informatie en het leren gebruiken van informatiediensten. Dat geldt voor al het reguliere onderwijs. Voor het voortgezet onderwijs geldt dat per 1 september 1998 de mogelijkheid bestaat informatica als keuzevak aan te bieden. Dat kan in belangrijke mate bijdragen aan het vergroten van de instroom van studenten informatica in het HBO en WO. Een groot probleem daarbij is, uitzonderingen daargelaten, het docenten kader dat deze opleidingen moet verzorgen. Professionaliteit van het docenten kader is een eerste vereiste om het vak van voldoende inhoud te voor-

⁷ Advies Tijdelijke Commissie voor Informatiebeleid, *Algemeen bereik van informatiediensten*, december 1997.

zien binnen het voortgezet onderwijs en scholieren te enthousiasmeren voor het vak. Er zijn echter tot nu toe te weinig middelen uitgetrokken voor het scholen van docenten. Komend september vindt de eerste bijscholing van docenten plaats. Dit betreft een groep van 60 docenten, die in twee jaar tijd een eerste graadsbevoegdheid in het vak informatica kunnen verkrijgen. Dat lijkt een druppel op de gloeiende plaat. Een forse extra inspanning, die in overeenstemming is met het gevoel van urgentie, is hier op zijn plaats.

Op dit moment is er ondanks het verschil in salariëring tussen bedrijfsleven en onderwijs geen sprake van het op grote schaal wegzuigen van docenten uit het onderwijs door het bedrijfsleven. Dat wil niet zeggen dat er geen problemen zijn. Met name wanneer in de toekomst de instroom naar informatica-opleidingen fors toeneemt, zal er onvoldoende kader en opleidingsinfrastructuur klaarstaan om die toeloop op te vangen. De vraag is hoe dat moet worden gemobiliseerd.

Als, zoals gewenst en onder andere door maatregelen zoals de bovenstaande, de instroom van studenten informatica toeneemt, dient de overheid het onderwijsveld in staat te stellen haar capaciteit waar het de docenten betreft aan te kunnen passen. De Raad is van mening dat de instellingen hier eerst-verantwoordelijk zijn. Het is aan hen om hier daadkrachtig actie te ondernemen. De onderwijsinstellingen zouden ook bij bedrijven in het informaticadomein moeten kunnen aankloppen voor deeltijd docenten. Wanneer zich financiële knelpunten voordoen, waar de instellingen redelijkerwijs niet zelf in kunnen voorzien, zijn er in dit geval goede redenen om vanuit het Ministerie van OCenW de helpende hand toe te steken.

er is straks te weinig kader voor het hoger onderwijs lop het gebied van de informatica

4.2 Contacten tussen bedrijven en onderwijsinstellingen

Om in hun behoefte aan informatici te voorzien, hebben inmiddels bedrijven in samenwerking met hogescholen en universiteiten aparte opleidingen opgezet. In deze trajecten krijgen analytisch ingestelde afgestudeerden uit andere disciplines in korte tijd een flinke informaticacomponent in hun bagage. Ook worden er initiatieven genomen voor duale initiële opleidingen waarbij de student van begin af aan een traject van leren en werken wordt aangeboden.

Omdat de arbeidsmarkt in zo korte tijd drastisch van karakter verandert, acht de Raad het niet alleen verstandig maar ook terecht dat bedrijven zelf initiatieven nemen en om- en bijscholingsprogramma's organiseren en financieren om in hun personeelsbehoefte te voorzien. Van het reguliere onderwijs kan niet worden verwacht dat het op alle veranderingen altijd en adequaat inspeelt.

De reguliere instroomroute, namelijk via het initieel onderwijs, blijft uiteraard een belangrijke route. In het algemeen is een interactie tussen onderwijsinstellingen en bedrijven die afgestudeerden opnemen, wenselijk. Dit geldt in het bijzonder voor de informaticabranche. De ontwikkelingen op informaticagebied gaan zo snel en de markten van informaticabedrijven veranderen zo snel van karakter, dat voortdurend de vraag gesteld moet worden hoe de initiële opleiding het beste kan worden vormgegeven en

het onderwijs kan onmogelijk op alle veranderingen direct inspelen

...maar een voortdurende aanpassing van de curricula is wel nodig

welke aanpassingen er nodig zijn. Niet om altijd de waan van de dag te volgen, maar wel om te voorzien in mensen die zijn toegerust met een goed begrip van de informatica om in die voortdurend veranderende bedrijfstak ook op de langere termijn uit de voeten te kunnen.

een intensiever contact is nodig tussen bedrijven en onderwijsinstellingen over de curricula

Afstemming onderwijs - arbeidsmarkt

Algemeen gesproken zijn de contacten tussen bedrijven in de informaticasector en de onderwijsinstellingen niet bijzonder intens. De hier gegeven voorbeelden van samenwerking tussen bedrijven en onderwijsinstellingen hebben vooral betrekking op om- en bijscholingsprogramma's en in veel mindere mate op de invulling van reguliere initiële opleidingen. Hoewel verschillende bedrijven wel allerlei wensen hebben wat betreft de afgestudeerden, nemen slechts weinigen initiatieven om hun behoefte te verduidelijken aan de onderwijsinstellingen. Daarom verdient het aanbeveling de aanzetten tot verdere interactie tussen bedrijven en onderwijsinstellingen waar mogelijk verder uit te breiden. Bedrijven kunnen meer aandacht besteden aan het verduidelijken van de wensen over opgeleiden; onderwijsinstellingen zouden de afnemers van afgestudeerden structureler moeten betrekken bij de vormgeving van de curricula.

Een mogelijk hulpmiddel om de contacten tussen bedrijven en onderwijsinstellingen te verstevigen, is het meer gebruikmaken van het duaal leren. Het HBO heeft daar goede ervaringen mee. De universiteiten doen dat maar mondjesmaat. Een andere mogelijkheid is dat onderwijsinstellingen gebruik maken van docenten die hun primaire werkkring in een informatica-gerelateerd bedrijf hebben. Dat lijkt trouwens sowieso noodzakelijk om in een grote behoefte aan opleidingskader te voorzien.

ook zij die in de praktijk zich bekwamen in de informatica, verdienen daarvoor erkenning.

Andere opleidingstrajecten

Het publiek-gefinancierde, initiële informatica-onderwijs draagt slechts ten dele zorg voor de opleiding van informatici. Uit de ROA-cijfers blijkt dat de helft van de huidige informatici het vak heeft geleerd op een andere manier dan via een initiële opleiding aan het MBO, HBO of WO. De leerroute bestaat dan uit particuliere of bedrijfsopleidingen of de praktijk zelf. Veel instromers uit andere disciplines en autodidacten hebben hun plaats veroverd binnen de informatica. De Raad is van mening dat de kennis en ervaring van deze groep informatici meer gewaardeerd en zichtbaar gemaakt zou moeten worden. Zoals hij in zijn advies over *LevensLangLeren*⁸ heeft aanbevolen, zou werkervaring op enige manier moeten kunnen worden gecertificeerd. Certificering is van belang omdat het veelal leidt tot erkenning en verdieping en aanleiding geeft tot sterkere relaties tussen theorie en praktijk. De Vereniging voor RegisterInformatici heeft met de door haar geformuleerde functie-indeling reeds een start gemaakt in deze richting⁹.

⁸ AWT-advies nr. 28, *Een werkzaam leven lang leren*, juli 1997.

⁹ Vereniging voor RegisterInformatici, *Het VRI-model 'Werkterrein Informatici'*, 1998.

Het veld van de informatica is zo veelomvattend en verandert zo snel, dat redelijkerwijs van onderwijsinstellingen niet kan worden verwacht dat ze inspelen op alle specifieke behoeften van de arbeidsmarkt. Bovendien geldt ook voor het werk van de informatici dat er een groot accent ligt op *learning by doing*. De arbeidsmarkt is het meest gediend met afgestudeerden die zijn uitgerust met een goede initiële opleiding, die een basis vormt voor een goede beroepsuitoefening en specialistisch post-initieel onderwijs. Uit de in de inleiding genoemde rondgang langs allerlei betrokkenen, zijn een aantal noties naar voren gekomen wat betreft het opleidingsprofiel van informatici.

In de eerste plaats geldt voor alle onderwijsvormen, dat een grotere instroom en dus opleidingscapaciteit geboden is. In hoofdstuk 3 is dat cijfermatig onderbouwd. Relatief ligt de grootste druk op vergroting van de capaciteit bij het HBO en het WO: alleen aan 'kern'-informatici zou de uitstroom van HBO-informatici op zijn minst mogen verdubbelen tot 3000 per jaar. Voor het WO geldt een nog hoger streefdoel: van circa 500 nu tot circa 1500 per jaar!

relatief de grootste druk op vergroting van de capaciteit ligt bij het HBO en het WO

Contextbewuste informatici

Er is echter meer dan een kwantitatief tekort. Eerder in dit advies is geduid op de het belang en de behoefte aan 'contextbewuste' informatici. Daarmee wordt bedoeld informatici die de informatica kunnen toepassen ten behoeve van sectoren zoals de financiële sector, de logistieke sector, de elektronicasector, etc. Idealiter wordt in het curriculum daaraan reeds aandacht besteed. Pas de laatste tien jaar is er binnen het hoger onderwijs informaticaveld langzamerhand meer aandacht voor de toepassingen van informatica op allerlei gebieden gekomen. Er worden gelukkig in toenemende mate, zowel in het HBO alsook in het WO, initiatieven ontwikkeld om de opleidingen beter aan te laten sluiten op wat de arbeidsmarkt op dat punt vraagt. Steeds vaker wordt samenwerking gezocht met andere faculteiten en worden informaticastudenten gestimuleerd over de grenzen van hun eigen vak te kijken. Er bestaan studie- en afstudeerrichtingen zoals bedrijfsinformatica, bestuurlijke informatica, technische informatica, medische informatica, juridische informatica, etc. Dit aantal is echter te gering in vergelijking met de vraag.

onderwijsinstellingen: biedt meer opleidingen tot contextbewuste informatici aan

Ook opleidingen waarin kennis van de informatica gecombineerd wordt met kennis van producten/apparaten zijn nog onvoldoende terug te vinden in het onderwijsaanbod. Zo zijn er nauwelijks opleidingen die zich specifiek richten op *embedded* software. Op dit snel groeiende gebied zijn vele informatici nodig die op alle functieniveaus werkzaam zijn.

De tendens om de informaticastudie te verbreden en afstudeervarianten te ontwikkelen verdient dan ook krachtig te worden doorgezet en uitgebreid. Naast het feit dat hieraan grote behoefte bestaat, zal deze verbreding de studie voor velen aantrekkelijker maken en daardoor hopelijk meer studenten aantrekken.

Meer aandacht voor de combinatiekennis kan natuurlijk ook vanuit andere disciplines dan de informatica worden opgebouwd. Er zijn inmiddels enkele goede initiatieven in die richting, bijvoorbeeld binnen de rechten waar het gaat om informatica & recht. De Raad is van mening dat het belang van informatica nog sterker tot uitdrukking zou moeten komen in andere studierichtingen. In principe kan geen enkele studierichting het zich permitteren om in het curriculum geen aandacht te besteden aan de mogelijkheden die de informatica het desbetreffende vak biedt, dan wel de vragen die het oproept.

universiteiten: voorzie in een opleiding tot architect informatiesystemen.

Architectenfuncties

Boven in de piramide van informaticafuncties is de druk van de complexiteit en breedheid van het vakgebied het sterkst zichtbaar. De verwevenheid van informatietechnologie met allerlei bedrijfsprocessen en de complexiteit van informatiesystemen vragen om aparte deskundigen die in staat zijn informatiesystemen te ontwerpen die een passend antwoord zijn op de eisen van de gebruiker. Analoog aan de bouwwereld zou men mensen die dergelijke functies vervullen architecten kunnen noemen. De behoefte aan dergelijke architecten wordt breed onderkend: de voortdurend nieuwe technische mogelijkheden, en de veelheid daarvan, gecombineerd met veranderende eisen van gebruikers, die steeds meer afhankelijk worden van informatica, vraagt om goede ontwerpen. In het onderwijs wordt op deze roep om architecten nog nauwelijks ingespeeld. Hier ligt met name een taak voor de universiteiten.

Deze roep om een informatica-architectenopleiding sluit goed aan bij de pleidooien van verschillende kanten om extra aandacht voor architectuuronderzoek. De al eerder genoemde verkenningscommissie Informatica noemt architectuur als eerste onderwerp op haar toplijst onderzoekthema's. Zij motiveert dat met: "Er is een grote behoefte aan methoden om op een hoog abstractieniveau de inrichting van de informatievoorziening van een bedrijf of de inrichting van de besturing van een apparaat te kunnen beschrijven en erover te kunnen redeneren. Dit is het werk van systeemarchitecten". En de stichting informatica-onderzoek in Nederland (SION)¹⁰ noemt als eerste onderwerp van de door haar opgestelde nationale onderzoeksagenda *Informatica Requirements Engineering*. Dat is omschreven als: "Activiteiten die tot doel hebben de eisen en wensen van gebruikers en andere betrokkenen van een informatieverwerkend systeem te achterhalen en te specificeren als onderdeel van de ontwikkeling c.q. aanpassing van dat systeem".

Vergelijkbaar aan de architectenfunctie voor informatiesystemen is er ook de functie te onderscheiden van architect van elektrische apparaten. De afweging tussen hardware en software, de afstemming daartussen, het optimaal benutten van de vele mogelijke functie van *embedded* componenten, en tegelijkertijd het gebruiksgemak van de eindgebruiker voor ogen hebben, is een complexe, aparte activiteit, waarvoor een pure, 'klassieke' informaticus niet is opgeleid.

¹⁰ Stichting Informatica-onderzoek in Nederland, *Nationale onderzoeksagenda informatica*, oktober 1997

Vooral de universiteiten moeten worden aangesproken om in de behoefte aan architecten in de informatica te voorzien. Zij zouden met elkaar moeten nagaan hoe daaraan binnen het universitaire bestel het beste tegemoet kan worden gekomen en welke voorzieningen daarvoor moeten worden getroffen.

Aldus vastgesteld te Den Haag, 23 februari 1998.

Dr.ir. H.L. Beckers
voorzitter

Dr. A. van Heeringen
secretaris

Bijlage

Geraadpleegde personen

Prof.dr. P.M.G. Apers	Department of Computer Science, UT
Prof.dr. Jos. C.M. Baeten	Wiskunde en Informatica, TUE
Prof.dr. H. Bart	Economische Wetenschappen, EUR
Prof.dr.ir. C.H. van Berkel	Philips Research
Drs. A.H.F. Briels	Philips Research
Dr. J. Bruinsma	ING
J. Diekmeijer	IBM Nederland
Prof.dr.ir. J.L.G. Dietz	Technische Wiskunde en Informatica, TUD
Mw. T.A.M. van Drunen	Albert Heijn
Mr. H.J.M. Gardeniers	FENIT
Drs. E.H. de Groot	Getronics NV
Mw. A. Hacquebard	HBO-I platform
Drs. C. Hemerik	Wiskunde en Informatica, TUE
A. de Hoop	Automatiseringscentrum Belastingdienst
Ir. J.M. Huijbregts	DG Industrie & Diensten - Ministerie van EZ
Prof.dr.ir. J. van Katwijk	Technische Wiskunde en Informatica, TUD
P. Keijzer	Albert Heijn
W.J.A.J.M. Kerkhofs	HBO-I platform
P. Kooyman	Albert Heijn
Ir. J.P. van de Kreeke	Nederlandse Philips Bedrijven BV
Ir. P.H.M. Lammers	Océ - Technologies B.V.
Prof.dr. J. van Leeuwen	Informatica, RUU
Prof.dr. K.R. Libbenga	Wiskunde en Natuurwetenschappen, RUL
Ir. S. van Loo	Philips Research
Mw. Ing. G.M.M. Majoor	Nederlandse Philips Bedrijven BV
O. van Muijlwijk	PTT Telecom Netwerkbedrijf
Prof.dr.ir. F. Mulder	Open Universiteit
B. Nederkoorn	SURFnet bv
Drs. W.D. Pelger, RI	Berenschot Informatica
Prof. Dr. M. Rem	College van Bestuur, TUE
Drs. A.J.E.G. Renique	VNO-NCW
Prof.dr. D.B.B. Rijsenbrij	Cap Gemini N.V.
Mw. Mr. S.J.M. Roelofs	FENIT
M. de Ruiter	Cap Gemini N.V.
Ir. T. Rusting	CMG
Drs. B.J. Schuitemaker	Cap Gemini N.V.
D. Smeets	HBO-I platform
Dr.ir. H. de Swaan Arons	Economische Wetenschappen, EUR
Mw. Drs. E.J.G.M. Tuyl	ATB, Ministerie van EZ
Eric P.C. van Utteren	Philips Research
Prof.dr.ir. J. Vytupil	Origin
Mr. G.M. Weel	OWB, Ministerie van OCenW
Prof.dr. H. Wijshoff	Wiskunde en Natuurwetenschappen, RUL

