

# DIE ONTPLOOIING VAN REKENAAR- WETENSKAP AS 'N FUNKSIE VAN EVOLUSIE OP REKENAARGEBIED

deur

Prof R J van den Heever



PUBLIKASIES VAN DIE UNIVERSITEIT VAN PRETORIA

NUWE REEKS NR. 128 — 1978

Hierdie publikasie en die publikasies wat agter in hierdie publikasie vermeld word, is verkrygbaar van:

**VAN SCHAIK'S BOEKHANDEL (EDMS) BPK  
BURNETTSTRAAT 1096  
HATFIELD  
0083**

# DIE ONTPLOOIING VAN REKENAAR- WETENSKAP AS 'N FUNKSIE VAN EVOLUSIE OP REKENAARGEBIED

deur

Prof R J van den Heever

Intreerede gelewer op Donderdag 16 Junie 1977 by die aanvaarding van die  
professoraat in en die hoofskap van die Departement Rekenaarwetenskap



PUBLIKASIES VAN DIE UNIVERSITEIT VAN PRETORIA

NUWE REEKS NR. 128

ISBN 0 86979 028 5

Prys: R0,85

As gevolg van die snelle ontwikkeling op rekenaargebied en die feit dat die vak Rekenaarwetenskap vanaf 1 Januarie 1977 in 'n aparte departement gevestig is, is daar besluit om as tema vir hierdie intrede

“Die ontplooiing van Rekenaarwetenskap as 'n funksie van evolusie op rekenaargebied”

te neem.

Om wat volg in die regte perspektief te plaas, is dit nodig om eers te besin oor die inhoud van die studiegebied Rekenaarwetenskap, wat op 'n tegnologiese apparaat gebaseer is.

Hamming (3) het in 1969 tydens sy 'Turing Award Lecture' verklaar dat: “I still believe that it is important for us to recognize that the computer, the information processing machine, is the foundation of our field. We need to avoid making Computer Science look like pure mathematics: our primary standard for acceptance should be experience in the real world, not aesthetics.

“What is needed in the higher levels of computer science is not the 'black or white' mentality that characterizes so much of mathematics, but rather the judgement and balancing of conflicting aims that characterize engineering.”

Bogenoemde stelling is gemaak in die lig van die inhoud van die verslag “Curriculum '68” (1), waarin voorstelle vir leerplanne in Rekenaarwetenskap gedoen is. Dié voorstelle het 'n sterk wiskundige inslag.

Selfs vandag nog kan daar beweer word dat Rekenaarwetenskap se inslag dikwels meer dié van Ingenieurswese as van 'n wetenskap is, soos ook uit die res van hierdie rede sal blyk. Soos by Ingenieurswese, moet wiskunde betrek word in die mate waarin dit nodig is, maar nie as 'n doel op sigself nie.

Ses jaar na Hamming se stelling, nadat baie universiteite die geleentheid gehad het om hulle programme in Rekenaarwetenskap te konsolideer, word die volgende definisie, wat deur verteenwoordigers van VSA-universiteite opgestel is, in Engel en Barnes (7) gevind:

“Basic computer science is the study of programming languages to implement data structures in the environment of hardware.”

Hierdie definisie weerspieël die belangrikheid van die koppelvlak tussen die mens en die rekenaar.

Voordat daar oor die uitbouing van 'n studiegebied aan 'n universiteit besin kan word, is dit nodig om ook die aard van die omgewing waarin die universiteit 'n diens moet lewer, in ag te neem. Op rekenaargebied is die RSA primêr 'n invoerder van tegnologie en kundigheid. Handhawing van so 'n afhanklikheid is uit die aard van ons besondere omstandighede nie wenslik nie.

Vir 'n groot deel van die gebruikerpopulasie val die klem in die huidige situasie op HOE om die genoemde tegnologie aan te wend en nie op WAT die basis van die tegnologie is nie. Aksentuering van die WAT skep 'n atmosfeer vir onafhanklike ontwikkeling, terwyl die ander alternatief tot 'n vorm van stagnasie kan lei.

Wat toepassings op rekenaargebied betref, hoef die RSA waarskynlik nie vir ander lander terug te staan nie. Hierdie welslae het ongelukkig ingevoerde tegnologie in 'n groot mate as basis.

Daar bestaan wel 'n behoefte aan opleiding, gelet op die feit dat daar in die orde van 700 middelmatige tot groot rekenaarinstallasies in die land is. Die vraag is net hoeveel opleiding? 'n Bepalende faktor is die hulpbrontoedeling ten opsigte van opleiding. Geen toedeling lei tot geen opleiding; beperkte toedeling behoort die klem op die suiwer gebruikaspekte te laat val omrede dit die eerste identifiseerbare behoefte is. Verdere toedeling kan opleidingsprogramme met die klem op basiese grondbeginsels, dit is die WAT, moontlik maak.

Die doelstelling met hierdie rede is dan om 'n siening te gee van Rekenaarwetenskap aan die Universiteit van Pretoria — 'n universiteit met omgewing die RSA.

Die invloed van evolusie op rekenaargebied sal, waar dit ter sprake is, aangedui word. Aanvanklik sal 'n kort oorsig van ontwikkelings op rekenaargebied, asook van rekenaarverwante opleiding oor die afgelope aantal jare, gegee word. 'n Model van inligtingsverwerking sal ontwikkel word. Met dié model as basis, sal afleidings gemaak word betreffende opleidings- en opvoedingsvereistes. Ten slotte sal die ontplooiing van die studiegebied Rekenaarwetenskap aan die Universiteit van Pretoria in oënskou geneem word.

## **GESKIEDENIS VAN DIE REKENAAR EN REKENAAROPLEIDING**

Die huidige era van berekening is voorafgegaan deur 'n lang tydperk van tabulleerders, wat gedurende 1890 ingelui is deur die elektromagnetiese tabulleerders van Herman Hollerith. Teen die 1930's kon hierdie masjiene alreeds optel en aftrek, d.w.s. was hulle op pad na volwaardige berekenings.

Net voor die aanvang van die Tweede Wêreldoorlog, naamlik in 1938, is daar begin met die ontwerp van die grootste elektromeganiese rekenaar ("calculator") wat ooit gebou is. Hierdie rekenaar is gedurende 1944 voltooi.

Wat teoretiese ontwikkelings betref, kan die artikels oor berekenbaarheid wat gedurende 1936 deur Post and Turing (8, 10) gepubliseer is seker in 'n streng sin as die eerste tekens van die ontstaan van die vak Rekenaarwetenskap beskou word. Hierdie en ander soortgelyke werk het die ontwikkeling van die rekenaar so ver voorafgegaan dat dit in daardie stadium nie van veel praktiese betekenis was nie.

Waarskynlik aangevuur deur die bestaan van wat vir daardie jare kragtige rekenaars was, het John van Neumann in 1945 die konsep van rekenaars met invoer en afvoer, gestoorde programme en data (waar albei entiteite deur die verwerker as ekwivalent ten opsigte van die manipulasies beskou is), beheer-instruksies en die vermoë om rekenkundige bewerkings uit te voer, ontwikkel. Hierdie konsep, en die implementering daarvan met betrekking tot die vakuumbuistegnologie wat gedurende 1946 begin het, was werklik die afkop vir ontwikkelings wat gelei het tot die rekenaarwêreld soos ons dit vandag ken.

Vanaf 1945 het die klem op masjientaal in die Von Naumann-raamwerk geval. Die masjientaalbenadering het ontwikkel tot die saamsteltaalbenadering en geëindig in die konsep van 'n hoëvlaktaal, waarvan die FORTRAN (1957)-programmeertaal van die eerste realisasies was. As stimulus vir hierdie evolusie het enersyds die toenemende kragtigheid, moontlik gemaak deur tegnologiese ontwikkelings van rekenaars, en andersyds die mens se blywende soeke na wat vir hom 'n aanneemlike koppelvlak met die masjien is, gediën.

Teen die middel en einde van die vyftigerjare het daar alreeds aan sommige van die toonaangewende universiteite in die wêreld rekenaarverwante opleiding bestaan. Die klem het op spesifieke algoritmes wat in saamsteltaal geïmplementeer is, geval. In die vroeë sestigerjare het prof. F.G. Heymann 'n soortgelyke program aan U.P. geïnisieer.

Die mees algemeen gebruikte hoëvlakse programmeertale was teen 1961 almal gedefinieer en vroeg gedurende die 1960's reeds geïmplementeer. Dit sluit tale in soos ALGOL, BASIC en COBOL, benewens FORTRAN wat alreeds gevestig was.

In die verslag "Curriculum '68" wat gedurende 1968 deur die Association for Computing Machinery gepubliseer is, word daar gemeld dat daar in 1964 ongeveer 10 universiteite in die VSA was wat Rekenaarwetenskap op 'n voorgraadse vlak aangebied het. Hierdie verslag, wat ook die eerste in sy soort was,

het as basis gedien vir die beplanners van leerplanne vir vele nuwe Rekenaarwetenskapdepartemente oor die hele wêreld. Die sterk wiskundige inslag van die voorstelle is oor die jare bevraagteken as gevolg van verdere ondersoeke na die aard van Rekenaarwetenskap en geïdentifiseerde behoeftes in die praktyk. Tegnologiese ontwikkelings het intussen snel op mekaar gevolg.

Magnetiese stoormedia vroeg in 1950, gevolg deur transistors wat kleiner, vinniger en betroubaarder as vakuumbuise is, het teen 1960 op die toneel verskyn. 1970 het die begin van die grootskaalse gebruik van geïntegreerde stroombane asook die algemene gebruik van virtuele (skyn) stoor ingelui. Dit het aanleiding gegee tot die konsep van skynmasjiene, dit wil sê waar die masjien van die gebruiker se "keuse" op 'n werklike masjien nageboots word. Hierdie is 'n konsep van deling: voorsiening word op een fasiliteit gemaak om die uiteenlopende behoeftes van verskillende gebruikers te bevredig.

Die era van rekenaar-netwerke en verspreide verwerking het teen die einde van 1960 'n aanvang geneem, met ten volle operasionele stelsels vanaf 1970. Tans is sulke stelsels in algemene gebruik.

Gedurende die laaste jare het die rekenaarwêreld die voorreg gehad om verdere dramatiese prysverlagings te ervaar. Dit was die gevolg van verdere mikroverkleining van grootskaalse geïntegreerde stroombane, asook goedkoper vervaardigingsprosesse. Die impak hiervan op die gebruikergemeenskap is skouspelagtig. Tans kan instansies van kleinere omvang rekenaarfasiliteite bekostig wat byvoorbeeld tien jaar gelede slegs binne die bereik van enkele meer vermoënde instansies was.

Baie meer gebruikers as ooit tevore is alreeds op 'n ongekende skaal betrek. 'n Verdere bydraende faktor tot hierdie tendens is die massavervaardiging van mikroverwerkers waarvan die primitiewe instruksies op 'n laer vlak as die tradisionele masjieninstruksies is.

Volledige mikroverwerkers op 'n vlokkie behoort binnekort teen minder as R10 stuk beskikbaar te wees, met 'n gepaardgaande radikale evolusie op gebruikersvlak.

Al die bogenoemde faktore plus die ontwikkeling van verbeterde glasvesel-kommunikasiëkanale behoort tot gevolg te hê dat relatief gesofistikeerde verwerkers en hul meegaande toepassingstelsels binnekort tot die beskikking van ongesofistikeerde gebruikers sal wees.

## **MODEL VAN INLIGTINGSVERWERKING**

Die doel van die onderstaande is om 'n raamwerk op te stel vir die identifi-

sering van die studiegebiede van die vak Rekenaarwetenskap. In die voorgaande is gemeld dat die hart van Rekenaarwetenskap 'n tegnologiese apparaat is.

Newell en Simon (6) het dit as volg tydens hul "Turing Lecture" van 1975 gestel:

"Computer Science is the study of the phenomena surrounding computers. The founders of this society understood this very well when they called themselves the Association for Computing Machinery. The machine — not just the hardware, but the programmed living machine — is the organism we study."

Dit gaan dus in die volgende gedeelte om die verskynsels rakende die rekenaar. Hierdie verskynsels is stelsels van groot omvang en kompleksiteit. Ten einde die stelsels in 'n algemene raamwerk te giet, sal 'n aantal boustene daargestel word om 'n sistematiewe beskrywing moontlik te maak. Die boustene sal eers ontwikkel word, waarna daar tot die ontwikkeling van 'n model van inligtingsverwerking oorgegaan kan word.

## **BOUSTENE**

'n Program en die masjien waarop dit verwerk word, is twee basiese boustene. Vir die doel van algemeenheid sal daar van die konsep van 'n skynmasjien gebruik gemaak word, d.w.s. 'n masjien wat nie werklik fisies bestaan nie. So 'n konsepsuele masjien word gedefinieer as bestaande uit 'n netwerk van werkers, 'n hiërargie van store, asook 'n aantal invoer/uitvoerapparate, soos wat die geval by 'n werklike masjien is. 'n Skynmasjien word deur middel van 'n werklike masjien geïmplementeer.

## **PROGRAMME, BEREKENINGS, PROSESSE EN BEWERKINGS**

'n Program is 'n formele voorstelling van 'n berekening ('n proses), wat in terme van 'n programmeertaal uitgedruk word. Die basiese entiteite van 'n programmeertaal is simboliese strukture, te wete datastrukture en programstrukture (stellings of instruksies).

Programstrukture is voorstellings van berekenings in terme van instruksies van twee breë klasse, te wete primitiewe stellings en gestruktureerde stellings, soos saamvoegings, keuse, herhaling en andere.

'n Berekening is 'n eindige aantal bewerkings wat op 'n eindige versameling data uitgevoer word. 'n Berekening wat 'n probleem oplos, is 'n algoritme.



Bewerkings beeld invoerdata af op uitvoerdata en word gedefinieer deur middel van bewerings betreffende die aard van die veranderlikes en die verband tussen veranderlikes voor en na uitvoering van die bewerking.

Die bewerkings van 'n berekening (proses) kan m.b.v. 'n voorranggrafiek voorgestel word, met die nodes die bewerkings van die proses. Let op die rekursiewe aard van berekenings en bewerkings.

Data wat deur bewerkings manipuleer word, is abstraksies van fisiese voorstellings. Inligting is dan die betekenis wat aan data toegeken word.

Die meeste programme is sekwensiële prosesse, wat berekenings is waarvan die bewerkings in streng sekwensiële orde, een per geleentheid, uitgevoer word. Sulke bewerkings is dus totaal georden in tyd.

Enige inligtingsverwerkingstelsel, hetsy van 'n wetenskaplike, kommersiële of enige ander aard, kan dus in 'n abstrakte sin deur middel van 'n voorranggrafiek van berekenings voorgestel word.

Store van werklike masjiene bestaan uit 'n eindige aantal posisies waarin data asook programme gestoor kan word. By die verwerking van 'n program word die instruksies in sekwensiële orde gestoor, later herwin, en verwerk.

Programme vir die skynmasjiene bestaan uit berekenings waarvan die bewerkings deur die skynmasjiene verwerk of geïnterpreteer kan word.

Prosesse kan op verskeie vlakke van abstraksie voorgestel word, naamlik vanaf uiters hoëvlakse voorstellings met abstrakte bewerkings soos vir die vlak gedefinieer vir berekening op 'n skynmasjiene, tot laevlakse voorstellings waar die bewerkings op 'n fisiese masjiene uitgevoer word. In laasgenoemde geval word die berekenings voorgestel in terme van bewerkings van 'n fisiese masjiene, byvoorbeeld mikrokode op die laagste vlak.

Elke skynmasjiene ondersteun gedefinieerde stelle datastrukture waarin die data vir manipulering eers afgebeeld moet word voordat bewerkings daarop uitgevoer kan word.

Dit sluit die bespreking betreffende die twee basiese boustene en die meegaande konsepte af.

## **HIËRARGIE VAN MASJIENE EN INLIGTINGSVERWERKING**

Die konsep van 'n skynmasjiene met sy ooreenkomstige programmeertaal is dus bevestig.

moontlik omdat die sintaksis en semantiek van die teikentaal in elkeen van hierdie gevalle goed gedefinieer is.

In konsep kan masjiene spesiaal ontwikkel word om die vertalingsprosesse te verwerk of om die programme direk te verwerk sonder 'n intermediêre stap van vertaling vir 'n laervlakmasjien.

## **DIE KERN VAN REKENAARWETENSKAP**

Dit volg uit die voorgaande dat programmeertale, soos gedefinieer deur programstrukture en datastrukture, asook argitektuur van masjiene, soos omskryf deur eienskappe van verwerkers, stoor en invoer/uitvoer, op al die vlakke gesamentlik die kern van die verskynsels rakende die rekenaar vorm. Dit vorm dus ook die kern van Rekenaarwetenskap. Die verskillende vertalingsprosesse speel ook 'n belangrike rol. Vertalingsprosesse wat van 'n meer gestruktureerde aard is, naamlik dié tussen die fisiese masjiën en een of twee vlakke hoër, het in die verlede baie aandag van beide praktiserendes en navorsers ontvang. Die resultate vorm tans integrerende gedeeltes van kursusse in Rekenaarwetenskap.

Elkeen van die komponente van die kern van Rekenaarwetenskap sal nou kortliks bespreek word.

Programmeertale varieer vanaf mikrotaal, masjientaal, saamsteltaal, hoëvlaktaal, databasisnavraag- en manipulasietaal, en tale soos HIPO vir stelselontwerp tot PSL vir probleemstelling.

Programstrukture vir sekwenšiele prosesse moet leesbaarheid bevorder; dit moet verseker dat die intellektuele poging om die program te verstaan, eweredig oor die lengte van die program versprei is; dit moet die verifikasie van korrektheid van programme vergemaklik; en dit moet bydra tot die maklike verandering en onderhoud van programme. Vir gelyktydig samewerkende prosesse moet die volgende bygevoeg word: dit moet die maklike ontwikkeling van konsepsueel moeilike prosesse ondersteun; dit moet moontlik wees om die meeste logiese en potensieel tydafhanklike foute tydens die vertaalstap uit te wys; en verder moet die ryke verskeidenheid van sinchroniseringsprobleme hanteer kan word.

Die datastrukture, wat inherente entiteite van die verskillende programmeertale is, toon die volgende gedrag. Op die hoogste vlak is die beskrywing van die data waarop verwerkings uitgevoer sal word van 'n informele aard, terwyl die data op die heel laagste vlak formeel gedefinieer word. By datastrukture bestaan daar dus ook die probleem om die hoëvlakse nietriviale abstrakte (logiese) datastrukture trapsgewyse te transformeer na

Die mens het as gevolg van sy aangebore intellek die vermoë om probleme op te los, en hy doen dit dan ook soos benodig teen hoë frekwensie. Dit geskied in die vorm van die manipulering van data om sodoende nuwe data te skep wat addisionele inligting beskikbaar stel.

Al die inligtingsverwerking kan gedoen word deur 'n baie hoëvlakse masjien, naamlik die mens self. Dit is 'n masjien wat die natuurlike kommunikasietaal van die mens kan verwerk. Die sintaktiese sowel as die semantiese struktuur van dié taal leen hom nie geredelik tot formele beskrywing nie. Hierdie eienskap is nodig vir die uitvoering van bewerkings, wat in so 'n taal gespesifiseer is, deur 'n onintelligente outomaat. Die mens is nog die beste daartoe in staat om sy eie inligtingsverwerking te doen. Hoewel die mensmasjien oor besondere vermoëns van interpretasie van bewerkings beskik, kan daar nie met die uitvoerspoed en die vermoë van absolute herwinning van gestoorde data van die elektroniese rekenaar, 'n werklike masjien, gekompeteer word nie. Die eienskappe van die elektroniese rekenaar maak dit 'n baie goeie hulpmiddel vir die bevrediging van die mens se behoeftes ten opsigte van inligtingsverwerking. Die wesentlike probleem is hoe om die mens se inligtingsverwerkingsbehoefte wat deur 'n skynmasjien, naamlik hyself, uitgevoer kan word, te vertaal in programme vir 'n werklike fisiese rekenaar.

Een van die kernverskynsels ("phenomena") rakende die rekenaar is dus die probleem om programme vir 'n hoëvlakse masjien, die mens, te vertaal in programme wat deur 'n fisiese masjien uitgevoer kan word. Laasgenoemde programme se instruksies sal in terme van masjienkode of mikrokode wees, en eersgenoemde masjien se instruksies in terme van konstruksies van die natuurlike taal en ander tersaaklike simboliese voorstellings.

Om so 'n vertalingsproses te realiseer, word van 'n hiërargie skynmasjiene gebruik gemaak. Die hiërargie word in pare van opeenvolgende masjiene verdeel, waar die masjien hoër in die hiërargie die bronmasjien en die een laer in die hiërargie die doelmasjien van die paar genoem word. Voorbeelde van pare masjiene, soos gekarakteriseer deur hul ooreenkomstige "programmeertale", volg.

Op hoë vlak is die eerste paar:

(natuurlike taal, probleemstelling (van inligtingsverwerking))

gevolg deur  
(probleemstelling, oorsigtelike stelselontwerp)

gevolg deur  
(oorsigtelike stelselontwerp, detailstelselontwerp).

Dan volg

(detailstelselontwerp, hoëvlakse programmeertaal), (hoëvlakse programmeertaal, saamsteltaal), (saamsteltaal, masjientaal of mikrotaal).

Ander pare in die hiërargie is:

(databasis-, navraag- en manipulasietaal, hoëvlakse programmeertaal) gevolg deur pare soos hierbo gemeld.

Die bogenoemde lys is nie volledig nie, maar dien slegs om die konsep van 'n hiërargie van masjiene te illustreer.

Programmeertale vir die paar (bronmasjiene, teikenmasjiene) word onderskeidelik brontaal en doeltaal genoem. 'n Vertaler vir 'n masjienvaar vertaal die bronprogramme in doeltaalprogramme.

Attribute van die masjienvaar sal nou in meer besonderhede bespreek word. Tersaaklike entiteite is:

argitektuur

- verwerkers en bewerkings wat uitgevoer kan word
- store en die organisasie daarvan
- invoer/uitvoer

programmeertale

- programstrukture
- datastrukture

## 1. (NATUURLIKE TAAL, PROBLEEMSTELLING)

Stelselontleders wat inligtingverwerkingsbehoefte bepaal, vertaal die abstrakte konsep van die probleem, soos deur die mens waargeneem en uitgedruk in natuurlike taal, in 'n probleemstelling van inligtingverwerkingsbehoefte. Die programmeertaal van die probleemstelling kan 'n formele nie-prosedure programmeertaal wees soos PSL van Teichrow (9) se ISDOS-projek, of dit kan 'n aantal dokumente, met 'n meer informele stelling in natuurlike taal en ander simbole, van die probleemstelling wees.

## 2. (PROBLEEMSTELLING, OORSIGTELIKE STELSELONTWERP)

Stelselontleders/ontwerpers vertaal die probleemstelling in 'n oorsigtelike stelselontwerp. Die programmeertaal wat hier ter sprake is, is byvoorbeeld stelseldiagramme wat vir elke proses die funksie deur middel van invoer, die uitvoer en die verwerking spesifiseer, en wel op 'n makrovlak.

Soos hierbo, kan ook dié programme met behulp van 'n programmeertaal uitgedruk word, bv. SODA van Nunamaker et al (7).

### **3. (OORSIGTELIKE STELSELONTWERP, DETAILSTELSELONTWERP)**

Die oorsigtelike stelselontwerp word deur die stelselontwerper vertaal in 'n detailstelselontwerp (ook genoem programspesifikasie). 'n Moontlike programmeertaal van die detailstelselontwerp kan 'n taal soortgelyk aan HIPO, soos deur IBM ontwikkel, of 'n dergelike ontwerpstaal wees. Ook kan pseudokode alleen, gekombineer met HIPO, gebruik word.

### **4. (DETAILSTELSELONTWERP, HOëVLAKSE PROGRAMMEERTAAL)**

Vir hierdie paar is die vertalingsproses baie meer gestruktureerd. Uitgaande vanaf die detailstelselontwerp, is dit moontlik om met behulp van beginsels van gestruktureerde programontwerp goed gestruktureerde programme te ontwerp. Voorbeelde van sulke gestruktureerde ontwerpmetodologie is "Stepwise Refinement" van Myers (5), en Jackson (4) se benadering waar die struktuur van die datastrukture, veral van toepassing op die Cobol-gemeenskap, programontwerp in 'n hoë mate bepaal. Ook die benadering van Warnier (11) tot logiese programontwerp kan in hierdie verband genoem word. By al hierdie metodes is dit weer eens die mens wat, nieteenstaande 'n stel riglyne wat beter gedefinieer is as vir enigeen van die vorige vertalingsprosesse, die vertaling moet behartig.

Nadat programontwerp afgehandel is, volg kodering van die program i.t.v. die programstrukture wat deur die besondere taal ondersteun word. By hierdie punt is meer struktuur moontlik as wat vir enigeen van die ander vertalingsprosesse gegeld het. Die welbekende logiese strukture, naamlik opeenvolging, keuse, herhaling, die gevalstelling asook kombinasies saamgevat in subprosesse, ens., is die bewerkings wat hier ter sprake is.

Die eindresultaat is 'n program geskryf in een van die hoëvlakse programmeertale soos COBOL, PL/1 en APL wat nie deur 'n fisiese masjien verwerk word nie, behalwe in gevalle soos BASIC en APL waarvoor daar masjiene bestaan wat die instruksies van die taal direk kan uitvoer.

### **5. (HOëVLAKSE PROGRAMMEERTAAL, SAAMSTELTAAL)**

Dit is moontlik, alhoewel nie gebruiklik nie, om die programme in terme van 'n hoëvlakse programmeertaal te vertaal in programme in 'n saamsteltaal of ekwivalent. Hierna kan die program, in saamsteltaal, vertaal word in masjientaal of mikrotaal wat dan deur 'n fisiese masjien verwerk kan word. Die vertalingsprosesse word in hierdie gevalle deur die rekenaar verwerk. Dit is

voorstellings in terme van die heel primitiewe elemente van nulle en ene (fisiese datastrukture). Logiese databasisse, te wete hiërargiese, netwerk- en relasie-organisasies, is voorbeelde van hoëvlakse formele datastrukture. Tersaaklike elemente van stelselsdiagramme kan in 'n abstrakte sin beskou word as nog 'n hoër vlak van datastrukture.

'n Inligtingverwerkingstelsel bestaan uit 'n eindige versameling geïdentifiseerde prosesse wat op 'n eindige versameling data inwerk. Dit moet afgebeeld word op 'n netwerk van verwerkers en store. Op die heel hoogste vlak kan die verwerkers beskou word as bestaande uit spanne van mense, en die store as dokumente en enige ander tersaaklike beelde. Dit geld vanaf die hoogste vlak tot op die vlak van programmering. Op die heel laagste vlak, d.w.s. die vlak van masjientaal en mikrotaal, is die verwerker die fisiese elektroniese rekenaar en is die store die gepaardgaande stoormedia, waarvan magnetiese stoormedia die meeste voorkom.

Dit is moontlik dat verskillende realisasies van die voorstel betreffende die kern van Rekenaarwetenskap baie kan varieer, afhangende van die interpretasie van die implementeerder. Realisasies kan wissel vanaf streng suiwer teoretiese tot uiters praktiese beskouings. Wat vermy moet word, veral ten opsigte van ons eie situasie, is die keuse van ekstreme van die spektrum van moontlikhede.

Ander studiegebiede van Rekenaarwetenskap, wat die kern ondersteun, sal nou bespreek word.

## **BEHEERSISTEME**

Om die ordelike verwerking van prosesse te verseker, is beheersisteme vir die hele hiërargie van masjiene nodig.

Op die hoogste vlak kan beheersisteme saamgevat word onder die bekende versameling tegnieke wat bekend staan as projekbeheer, met alles wat dit omvat. Op die laagste vlak is die beheersisteme bedryfstelsels van mindere tot meerdere omvang.

Die studie van beheersisteme vir die laagste vlak, naamlik bedryfstelsels, word tans by Rekenaarwetenskapkursusse ingesluit. Teorieë vir beheersisteme op hierdie vlak is reeds baie goed ontwikkel.

Die primêre funksies van bedryfstelsels is om te verseker dat die gebruiker se behoeftes, soos verteenwoordig deur middel van 'n voorranggrafiek van prosesse, uitgevoer word, en verder dat die bedryfstelsel die deling van alle tersaaklike hulpbronne, d.w.s. die verwerkers en hiërargie van stoormedia, op 'n doeltreffende wyse beheer. Bedryfstelsels hanteer dus 'n verskeidenheid

sinchroniseringsprobleme. Teorieë vir die oplossing van sulke sinchroniseringsprobleme, met onder andere die doelstelling om dooiepunt uit te skakel, is goed ontwikkel.

By hierdie punt is dit gewens om die algemene probleem van bedryfstelsels in die konteks van die evolusie van rekenaarapparatuur te plaas. Die aanvanklike masjiene het bitter min van 'n bedryfstelsel gehad. Later het masjiene met baie beperkte hulpbronne eenvoudige bedryfstelsels wat 'n enkele taakstroom kon hanteer, gehad. Met die ontwikkeling van kragtiger verwerkers, groter en vinniger snelstoor, groter en vinniger sekondêre stoor, het dit nodig geword om meer komplekse bedryfstelsels in gebruik te neem. Die vereiste van gelyktydige verwerking het 'n ordesprong in die kompleksiteit van bedryfstelsels teweeggebring. Na etlike jare van ontwikkeling is die stadium nou bereik dat die interaksie en vereistes van programme in so 'n multi-taakstroom-omgewing baie goed verstaan word. Die konsepte kon ook in 'n groot mate uitgebrei word tot multi-verwerkerstelsels, waar verwerkers saamwerk om 'n program uit te voer. Dit kon weer verder geëkstrapoleer word tot netwerke van rekenaarstelsels, wat vandag die implementasiemodel vir inligtingsverwerking is.

Die prys van verwerkers is tans besig om drasties te daal en die vraag ontstaan dus of dit die moeite loon om komplekse bedryfstelsels te implementeer. Kan eenvoud van programmatuur uitgeruil word vir ondoeltreffende gebruik van die goedkoper apparaat?

'n Aantal jare gelede het die konsep van blaai masjiene tot stand gekom. Die motivering was weer eens die doeltreffende benutting van duur snelstoor. Dit is gedoen deur middel van die segmentasie van program- en datastrukture in segmente van óf vaste lengte óf veranderlike lengte. 'n Groot versameling blaai algoritmes, hoofsaaklik gemik op die minimalisering van die blaai-aktiwiteit, is voorgestel. Blaai-aktiwiteit is 'n funksie van die grootte van die snelstoor. Daar is tans alle aanduidings dat snelstoor van voldoende grootte, byvoorbeeld in die orde van 'n 100 miljoen grepe, binne enkele jare aansienlik minder sal kos as die stoor wat tans beskikbaar is. Die oomblik wanneer dit gebeur, gaan blaaiing nie meer so nodig wees nie omdat programstrukture, d.w.s. volledige programme met uitsondering van sommige van die data, in die snelstoor gelaai kan word. Dit sal die behoefte aan blaaiing in 'n groot mate uitskakel. Wanneer dit gebeur, sal die huidige teorieë van blaaiing van minder waarde wees.

Nog 'n voorbeeld van die invloed van evolusie in rekenaartegnologie op die studiegebiede van Rekenaarwetenskap, is skeduleringsalgoritmes. Aangesien die prys van verwerkers etlike jare gelede 'n groot persentasie van die koste van die totale rekenaarininstallasie bedra het, moes dié skaars hulpbron baie

goed benut word. Maar aan die ander kant was daar ook die behoefte om 'n goeie diens aan die gebruiker te lewer. Hierdie twee doelstellings is konfliktêrend, want hoe groter die benutting van die hulpbron is, hoe swakker sal die diens aan die gemiddelde gebruiker wees. Verskeie algoritmes is ontwerp en ondersoek en optimaal bewys ten opsigte van doelstellings, soos minimalisering van verwagte reaksietyd tot minimalisering van doelfunksies waarin koste vir klasse van take betrek is. Goeie praktiese skeduleringsreëls is ontwikkel vir hierdie duur enkelverwerkers wat deur baie programme gedeel moet word. Indien daar dan as gevolg van 'n algemene verlaging in die prys van verwerkers 'n beweging weg van die intensiewe deling van verwerkers is, sal ook baie van die resultate wat voorheen verkry is, nie meer van onmiddellike nut wees nie.

Beheersisteme op hoër vlakke, d.w.s. beheer van die menslike verwerkers en die hulpbronne wat hulle deel en die store met data wat hulle manipuleer, geniet tans nie soveel aandag in kursusse in Rekenaarwetenskap nie. Ek is van mening dat, aangesien hierdie stelsels deel is van die globale raamwerk wat tot dusver bevestig is, dit ook nodig is om meer as verbygaande aandag aan sulke beheersisteme te gee. Die literatuur is gevul met gevalle waar daar aanvanklik sterk klem op die fisiese rekenaarinallasie en sy werking gelê is, maar die mense wat betrokke was by die ander skynmasjiene in 'n groter mate geïgnoreer is. Vir sulke gevalle was die uitkoms in feitlik 100 persent van die gevalle dat die inligtingsverwerkingsbehoefte, soos deur die mens op die hoogste vlak gevisualiseer, nooit na behore in die fisiese rekenaarsstelsel gerealiseer is nie.

## **ONTWIKKELING VAN STELSLS**

Onder ontwikkeling word verstaan die ontleding, ontwerp, implementering en instandhouding van stelsels. Elkeen van hierdie breë klasse aktiwiteite verteenwoordig 'n versameling van skeppende prosesse waarin keuse-uitoefening 'n belangrike rol speel. Dit is dus soortgelyk of analoog aan die aktiwiteite wat by enige ontwerpproses gevind word. Sodanige stelsels word ontwikkel met die oog op die ondersteuning van die inligtingsverwerkingbehoefte van die mens.

Oor die jare het die klem verskuif van inligtingsverwerkingstelsels wat vir alleenstaande bondelverwerkingstelsels ontwikkel is na rekenaarnetwerkstelsels wat deling van hulpbronne, verdeelde verwerking en databasis-datakommunikasiestelsels ondersteun. Alhoewel baie van die tegnieke wat vir bondelverwerkingstelsels ontwikkel is, oorgedra kan word na die omgewing van die rekenaarnetwerkstelsel, behoort dit duidelik te wees dat die verhoogde intensiteit van interaksie tussen prosesse vir laasgenoemde stelsels definitiewe addisionele ontwikkelingsoorwegings na vore bring.



Ontwikkelingsoorwegings vir 'n aantal stelsels sal nou kortliks bespreek word.

## **PROGRAMMEERTALE**

Alhoewel dit bekend is wat die eienskappe van 'n goeie programmeertaal is, en alhoewel verskeie goeie tale alreeds in die verlede ontwikkel is, het hierdie tale nogtans nie veel inslag in die praktiese wêreld gehad nie. Die rede hiervoor is dat die eienskappe nie so onder die soeklig was op die stadium toe die eerste programmeertale op hoë vlak die lig gesien het nie. FORTRAN en COBOL is voorbeelde van die eerste programmeertale wat vandag ook nog die dominante programmeertale is.

Die verwagting is dat hulle, ondanks hulle tekortkominge, hulle dominansie sal behou as gevolg van die belegging in kundigheid en stelsels wat alreeds met behulp van hierdie tale gemaak is. Wat verwag word, is dat addisionele programstrukture by hierdie twee programmeertale gevoeg sal word om hulle meer in lyn te bring met die eienskappe van goeie programmeertale. Wat die vak Rekenaarwetenskap betref, sal 'n student tydens opleiding van goeie programmeertale gebruik maak, maar daar moet ook nie nagelaat word om FORTRAN en COBOL na behore te behandel nie. Voorbeelde van programmeertale met aanneemlike programstrukture en datastrukture is ALGOL, PASCAL en PL1.

Die feit dat 'n programmeertaal die nodige versameling van programstrukture en datastrukture ter ondersteuning van goeie programontwikkeling bevat, is geen waarborg dat programme wat met behulp van sulke tale ontwikkel word wel van die vereiste uitleg (ontwerp) sal wees nie. Goeie fisiese uitleg van 'n program is, net soos by ander geskrewe literatuur, van groot belang vir uiteindelijke goeie persepsie by die leser. Die vermoë om programme met 'n goeie uitleg te ontwikkel, verg insig en baie oefening. Konsentrasie op slegs die sintaktiese reëls van 'n programmeertaal sal misplaas wees.

## **ONTWIKKELING VAN INLIGTINGVERWERKINGSTELSELS**

Daar verskyn dikwels berigte in die pers van persone wat grootliks foutiewe rekenings of tjeks, ens. ontvang het. Die rekenaar is gewoonlik die geïmpliseerde skuldige. Sodanige uitvoer vanaf rekenaarstelsels skep 'n gebrek aan vertroue by die publiek.

Die vraag ontstaan hoe sulke foute voorkom kan word, wetende dat die interaksies van komponente van programmatuurstelsels van so 'n aard is dat die resulterende kompleksiteit nie maklik deur die mens hanteer kan word nie. Om selfs klein, amper triviale, programme formeel korrek te bewys, is nie maklik nie. Formele korrektheidsbewyse is onprakties vir byna alle bestaande

produksieprogramme. Die probleem kan in 'n groot mate verlig word deur die professionele optrede van rekenaarmense.

Sonder dat 'n goed omlýnde definisie van professionalisme gegee word, moet die volgende in elk geval onder die begrip verstaan word. 'n Professionele persoon sal 'n programmatuurstelsel na sy beste vermoë ontwikkel en ook aanspreeklikheid aanvaar vir die finale resultate. Dit kan slegs geskied indien die persoon oor voldoende kennis en ervaring beskik om hom in staat te stel om sy taak op dié wyse uit te voer. 'n Mens kan die gevoel nie afskud nie dat 'n persoon wat byna geen rekenaaragtergrond het nie of wat 'n maandlange kursus in die Cobol-programmeringstaal gevolg het nie tot professionele optrede in staat is nie.

Om professionele optrede te verseker, moet 'n voltooide inligtingsverwerkingstelsel deur 'n onafhanklike instansie gesertifiseer word. By die sertifisering sal dit byvoorbeeld gestel word dat die programme aanvaarbaar is en dat die sertifiseerder oortuig is dat die ontwikkelaars alles in hul vermoë gedoen het om die foutweerstand van die programme asook sekere andere eienskappe te verseker.

Ander aspekte wat by sertifisering in ag geneem moet word, is die probleemstelling van gebruikerbehoefes, die stelselontwerp, en die programme om te bepaal of die ontwikkelaar sover moontlik die beste tegnieke gebruik het. Wat ook in ag geneem moet word, is die toetsplanne om te bepaal of die ontwikkelaar hom sover moontlik vergewis het van die korrektheid van die programme, asook die kwaliteit van dokumentering van alle aspekte rakende die ontwikkeling.

## **STELSLS TER ONDERSTEUNING VAN BESLUITNEMEING**

Vir vele jare het die klem geval op inligtingsverwerkingstelsels, wat primêr ontwikkel is om die besluitnemingsprosesse van bedryfsvlakbestuur te ondersteun. Hierdie prosesse kon geredelik op 'n formele wyse gespesifiseer en gerekenariseer word en aansienlike sukses is met dié stelsels bereik. Voorbeelde van sulke stelsels is voorraadbeheer, debiteure, krediteure, grootboekstelsels en andere.

Bestuur, vanaf die hoër bestuursvlakke tot strategiese bestuur, is heel selde direk by rekenaarstelsels betrokke. 'n Rede hiervoor is dat die besluitnemingsprosesse, soos by hierdie vlakke waargeneem, nie so gemaklik soos by die ander bestuursvlakke gerekenariseer kan word nie. Intussen het inligtingstelsels ter ondersteuning van besluitneming van hoër vlakke van bestuur baie aandag van navorsers en praktiserende inligtingkundiges begin geniet. Van die gevolgtrekkings is dat die modus van inligtingsverwerking vir die laer vlakke

van bestuur nie sonder aanpassing na die hoër vlakke van bestuur oorgedra kan word nie, en daarom ook die verskeie mislukkings van die verlede. Die hoër vlakke benodig stelsels wat die tradisionele besluitnemingspatroon of -proses van sulke bestuurders moet ondersteun. Bestaande stelsels wat hierdie prosesse redelik bevredigend ondersteun, is databasisnavraag- en manipulasietale wat deur 'n onafhanklike party, naamlik 'n databasisbestuurder, geskep en onderhou word. Dit sal dus raadsaam wees om ook aan hierdie nuwe studiegebied, te wete inligtingstelsels ter ondersteuning van besluitneming, aandag te gee. Sulke stelsels kan nou ontwikkel word as gevolg van vordering in die rekenaar-tegnologie die afgelope 5 tot 6 jaar.

'n Versameling analitiese tegnieke, waaronder statistiese, optimerings-, simulasië-, finansiële en ander tegnieke, word soos benodig gebruik om die data in die databasisse verder te verwerk.

## **ARGITEKTUUR**

Soos voorheen vermeld, moet die inligtingsverwerkingbehoefte van die mens, d.w.s. die gebruiker, afgebeeld word op 'n fisiese rekenaar-netwerkstelsel bestaande uit verwerkers, store en invoer/uitvoerapparate wat onderling verbind is via kommunikasiekanale. Die doelstellings met rekenaar-netwerkstelsels is om deling van skaars hulpbronne, deling van werklading, asook verspreiding van verwerking moontlik te maak.

Interaksies in sulke stelsels is van 'n orde-grootte meer omvattend van aard as wat die geval was met die alleenstaande bondelverwerkingstelsels. In so 'n omgewing moet die ontwerper van die netwerkstelsel keuses uitoefen ten opsigte van die aantal, grootte en ligging van verwerkers, store, invoer/uitvoerapparate, kommunikasiekanale, protokolle en programmatuur. Hy moet dus kundig betreffende die eienskappe van die genoemde entiteite en die effek van hul interaksies wees. Die rede is dat die stogastiese aard van aanvangstye van berekenings, verwerkingstye van berekenings op verskillende verwerkers, en sinchroniseringsvereistes van prosesse visualisering van resulterende interaksies ontsettend bemoëlik.

Uit navorsing van die afgelope aantal jare het dit geblyk dat dit 'n byna onbegonne taak is om 'n gegewe rekenaar-netwerkstelsel analities in fyn detail te ontleed, en dit wel as gevolg van die aangeduide interaksies. Wat wel uit die navorsing blyk, is dat 'n kombinasie van analitiese tegnieke, primêr gebaseer op toustaanteorie en moderne simulasië-tegnieke, aanvaarbare resultate lewer. Dit wat die evaluering van alternatiewe betref.

Die beheer en bestuur van 'n rekenaar-netwerkstelsel, en in die spesiale geval 'n rekenaarstelsel met 'n enkele verwerker, is as gevolg van die genoemde inter-

aksies 'n taak wat veel inligting betreffende die werking van sulke stelsels vereis. Die inwin van tersaaklike inligting, naamlik prestasie-meting, geskied alreeds volgens sekere byna gevestigde metodes. Evaluering van die verkreeë inligting, naamlik prestasie-evaluering, het tot 'n bepaalde vlak van bruikbaarheid ontwikkel, maar daar is ruimte vir verbetering.

Dit gebeur tans dat lede van die gebruikersgemeenskap in 'n toenemende mate van relevante analitiese tegnieke gebruik maak vir die evaluering van rekenaarstelsels. 'n Voorbeeld hiervan is die gebruik van die beginsels van toustaanteorie, wat vir baie jare as nie ter sprake beskou was.

## **ANDER ONDERSTEUNENDE STUDIEGEBIEDE**

Voorbeelde van studiegebiede wat die kern van Rekenaarwetenskap en die ander genoemde studiegebiede goed aanvul, is aspekte van Statistiek, Wiskunde, sekere besigheidsgeoriënteerde vakke, optimaliseringstegnieke en andere.

Na hierdie oorsigtelike beskouing van 'n model van inligtingverwerking, sal daar oorgegaan word tot 'n uiteensetting van 'n siening van my eie taak aan die Universiteit van Pretoria.

## **SIENING VAN EIE TAAK**

In die deel wat volg, sal die uitgangspunt wees dat 'n universiteit 'n integreerende deel van 'n gemeenskap is. Dit bring mee dat dit 'n heel besondere verhouding met die gemeenskap het. So het die Rektor, prof. E. Hamman, dit op 10 Mei 1977 tydens die opening van die Opedag van die Fakulteit Wis- en Natuurkunde gestel:

“Ek kan sekerlik sonder teenspraak sê dat 'n universiteit, enige universiteit, in diens van die gemeenskap waarin hy funksioneer, staan. 'n Universiteit is 'n diensinstelling — om diens in die sin van opleiding te lewer, in die sin van navorsing en die sin van opvoeding. En nou is dit net vir my logies, dat dit wat gedien en gedien moet word, naamlik die gemeenskap, ook die geleentheid moet kry om waar te neem welke diens gelewer word en gelewer kan word.”

'n Akademiese departement aan 'n universiteit bestaan dus omdat dit gehoor probeer gee aan 'n goed geïdentifiseerde behoefte in die gemeenskap. Dit is maklik om 'n departement te laat voortbestaan sonder om van tyd tot tyd te vra of die departement nog voorsiening maak vir 'n behoefte in die gemeenskap.

## OPVOEDING EN OPLEIDING

Sonder dat 'n eksplisiete behoeftebepaling gemaak is, is ons van mening dat kursusse in Rekenaarwetenskap, in die raamwerk soos hierbo ontwikkel, wel tot voordeel van die gemeenskap is.

Die spesifieke doelstellings met opvoeding en opleiding in Rekenaarwetenskap is tans:

- (i) om studente sodanig op te voed en op te lei dat hulle, na 'n aanvanklike periode van konsolidasie in die praktyk, met hul verkreeë kundigheid en vaardigheid 'n positiewe bydrae kan lewer.
- (ii) dat studente 'n formele agtergrond van voldoende omvang in die studiegebiede van die vak Rekenaarwetenskap opdoen sodat hul daartoe in staat sal wees om nagraadse studie en navorsing op hul eie te onderneem
- (iii) gesien die aard van die rekenaaromgewing, dat studente moet leer om skeppend te dink in die konteks van 'n omgewing wat altyd meer feite het as wat enige mens werklik kan assimileer.

Dit is moontlik om volledige prestasiemaatstawwe ten opsigte van elk van die doelstellings op te stel. 'n Deelversameling van die prestasiemaatstawwe is prestasie ten opsigte van toetse en eksamens wat afgelê word, take en projekte wat selfstandig gedoen word, ens.

Streng gesproke, behoort 'n universiteit op 'n gereelde basis opnames te maak van die bydrae wat sy gegraduatees tot die vele aspekte van die samelewing lewer. Inligting aldus verkry, kan van veel waarde vir globale universiteitsbeplanning wees. Indien dit byvoorbeeld blyk dat die universiteit jaarliks aan 500 studente grade toeken waarvoor daar geen toepassing en behoefte in die samelewing is nie, sal dit beter wees om die inname van studente vir sulke kursusse te beperk – dit omdat dit die samelewing ongeveer R10 000 per student kos om die graadstudie af te handel, dit wil sê R5 miljoen vir 500 studente.

Om doelstellings te hê, is goed; om realistiese prestasiemaatstawwe te hê waarmee bepaal kan word in hoe 'n mate die doelstellings bereik word, is nog beter. Maar, doelstellings word gestel in die konteks van beperkings in die omgewing van die instansie waarvoor dit opgestel word.

In die voorgaande model van inligtingsverwerking is 'n groot verskeidenheid studiegebiede uitgewys wat by die opvoeding en opleiding in Rekenaar-

wetenskap betrek kan word. Nie alleen moet teoretiese aspekte van die aangeduide studiegebiede behandel word nie, maar aangesien kundigheid en vaardigheid hand aan hand loop, moet die student in die vermoë gestel word om alreeds op universiteit 'n sekere mate van vaardigheid te ontwikkel. Vaardigheid kan nie deur middel van voorlesings ontwikkel word nie. Dit is daarom noodsaaklik dat laboratoriumfasiliteite ter ondersteuning van die ontwikkeling van vaardighede moet bestaan. Ons is in die bevoorregte posisie dat die oorgrote meerderheid van die benodigde fasiliteite alreeds bestaan.

My taak ten opsigte van opvoeding en opleiding omvat die volgende:

Met die gestelde doelstellings as uitgangspunt moet bepaal word watter studiegebiede en gepaardgaande laboratoriumwerk, uit die voorgaande raamwerk, ter sake is in voorgraadse en nagraadse opvoeding en opleiding. Dit impliseer 'n aantal aktiwiteite wat op beskikbare hulpbronne afgebeeld moet word. Indien die hulpbronne nie voldoende is nie en ook nie aangevul kan word nie, moet prioriteite aan doelstellings en aktiwiteite toegeken word. Sekere studiegebiede sal dan nie na behore gedek kan word nie. Dit is waarskynlik die geval by die meeste universiteite, behalwe die heel grootstes.

Die Departement word ook by dienskursusse wat vir ander departemente aangebied word, betrek. Om te verseker dat dienskursusse sinvol is en bly, moet die behoeftes van die "gebruiker"-departemente van tyd tot tyd gepeil word en moet die kursusse daarby aangepas word.

Alhoewel studente die primêre hulpbron van 'n universiteit is, is dit ook die taak van 'n universiteit om nie slegs die bestaande kennis te konsolideer nie, maar ook om by te dra tot die onderwerp van navorsing.

## **NAVORSING**

Ook hierdie aktiwiteit se omvang kan met behulp van die gestelde raamwerk gestel word. My persoonlike gevoel is dat sinvolle basiese navorsing 'n ondersteunende gemeenskap van basiese navorsers as voorvereiste het. So 'n atmosfeer bestaan aan sommige departemente en navorsingsinstansies in die RSA.

Gesien die behoefte in die gebruikergemeenskap en die beskikbaarheid van hulpbronne, is daar besluit om vir die huidige op toegepaste navorsing te konsentreer. 'n Voorbeeld hiervan is die ontwikkeling van stelsels ter ondersteuning van besluitnemingsprosesse, relevante modelle, databasisse en mens-masjien-koppelvlak, en wel in 'n breë sin.

Nog 'n voorbeeld is die gebruik van analitiese en simulasietegnieke vir die

modellering van rekenaarstelsels. Die doel hier is om die model as basis vir die evaluering van alternatiewe te gebruik, en in 'n mindere mate as voorspeller van groothede in die stelsel. Sulke modelle kan nie akkurate voorspellers van 'n aantal groothede wees nie omdat dit onmoontlik is om al die interaksies in sulke stelsels in ag te neem.

Die ontwikkeling van hulpmiddels vir die verskillende fases van die lewensiklus van stelselontwikkeling is 'n aktiwiteit wat vir die gebruikergemeenskap van waarde kan wees. Ander aktiwiteite, wat nie in 'n besondere struktuur geplaas kan word nie, is die ontwikkeling van allerlei modelle en programmatuur op 'n *ad hoc*-basis. Die voorbehoud hier is dat sodanige aktiwiteite tot addisionele insigte moet lei.

Alhoewel dosente baie aktief ten opsigte van opleiding en navorsing kan wees, is dit baie moontlik om die ivoortoring-sindroom op te doen. Om dit te voorkom, moet verskeie skakelfunksies uitgevoer word.

## SKAKELFUNKSIES

Om te verseker dat die aktiwiteite van die Departement nie uit voeling raak met òf die aktiwiteite van die gebruikergemeenskap òf die aktiwiteite van die akademiese gemeenskap òf die aktiwiteite op die gebied van rekenaarontwikkeling nie, sal skakelfunksies ten opsigte van elk van die drie kategorieë gehandhaaf moet word. Moontlike skakelaktiwiteite is die bywoning en aanbieding van lesings in die gemeenskap die bywoning van en deelname aan aktiwiteite van kongresse. Meelewing in die verenigingslewe van tersaaklike verenigings, asook blootstelling aan probleme in die werklike lewe, is van waarde. Sodanige blootstelling kan onder andere bewerkstellig word deur konsultasies, sowel binne as buite die Universiteit. 'n Rekenaarwetenskapdepartement kan, gesien die vinnige evolusie op rekenaargebied, nie tred hou met realiteite indien hy absoluut geïsoleerd voortbestaan hetsy as gevolg van ontwerp of omdat omstandighede hom daartoe dwing nie. Dosente in hierdie vak moet, gesien die belangrikheid van vaardigheid, òf alreeds oor die vaardigheid beskik òf geleentheid ter ontwikkeling daarvan kry.

Ek het verlede jaar die voorreg gehad om aan 'n besondere skakelprogram deel te neem. Vir een jaar was ek 'n besoekende wetenskaplike aan IBM se navorsingslaboratorium te Yorktown Heights in die VSA. Die aantal rekenaarwetenskaplikes by die navorsingsentrum is in die orde van 1 200. Die indrukke wat by so 'n instansie geakkumuleer word, is van onskatbare waarde.

Om die genoemde drie funksies uit te voer en te koördineer, is 'n goeie administratiewe funksie 'n voorvereiste. So 'n funksie is beplan, maar sal nie verder bespreek word nie.

Om dus die siening van my eie taak aan die Universiteit van Pretoria mee af te sluit, ten slotte die volgende:

Hierdie taak is 'n groot mate een van beplanning, beheer en kontrole, byvoorbeeld die afbeelding van die interaksie van gebruikerbehoefte en bestaande studiegebiede in Rekenaarwetenskap op leerplanne en laboratoriumprogramme vir voorgraadse en nagraadse kursusse. Tersaaklike navorsing en skakeling moet met die gebruikergemeenskap en met ander akademici, plaaslik en oorsee, gehandhaaf word.

## SLOT

In die voorgaande is daar eerstens 'n oorsig gebied van die vinnige evolusie op rekenaar gebied, die gevestigde en nuwe studiegebiede van die vak Rekenaarwetenskap, asook die invloed van dié evolusie op hierdie studiegebiede. Met dit as basis is daar 'n kort uiteensetting gegee van die siening van my taak aan die Universiteit. Hierdie siening sal in die lig van die aangeduide evolusie weer binne 'n jaar of meer in heroorweging geneem moet word.

## BRONNE

1. Curriculum 68, Comm. ACM 11,3(Mar.1968), 151—197
2. Engel G.L. en B.H. Barnes. The Revisions of "Curriculum '68": Background and Initial Development, Computers in Education — Proceedings of the 2nd World Conference, 1975, 263—272
3. Hamming, R.W.. One Man's View of Computer Science, Journ. ACM 16,1 (Jan.1969), 3—12
4. Jackson M.A.. Principles of Program Design, Academic Press, 1975
5. Myers G.J.. Reliable Software Through Composite Design, Petrocelli/Charter, New York, 1975
6. Newell, A. and H.A. Simon. Computer Science as Emperical Inquiry — Symbols and Search. Comm. ACM 19,3 (1976), 113—126
7. Nunamaker J.F., B.R. Konsynski. T. Ho, and C. Singer. Computer-Aided Analysis and Design of Information Systems, Comm. ACM 19,12(Dec.1976), 674—687
8. Post E.L.. Finite Combinatory Processors — Formulation 1, Journal of Symbolic Logic, 1(1936), 103—105
9. Teichrow D. and E.A. Hershey. PSL/PSA: A Computer-aided Technique for Structured Documentation and Analysis of Information Processing, IEEE Transactions on Software Engineering SE-3,1(Jan.1977), 41—48
10. Turing, A.M.. On Computable Numbers, Proceedings of the London Mathematical Society, Series 2,42(1936), 230—265
11. Warnier J.D.. Logical Construction of Programs, H.E. Stenfert Kroese B.V., 1974



## **ABSTRACT**

Computer Science owes its existence to a technological device, the electronic computer. Major developments in the computer field occurred during the past twenty years, and at an accelerated pace during the last ten years. Hence, Computer Science is a young field of study compared to the majority of other academic fields. It is thus appropriate to choose as a theme for this inaugural address: 'The evolution of Computer Science as a function of evolution in the computer field.'

This evolution was directed by rapid developments in the technological and application fields, as moderated by the needs of the user community.

The totality of computing needs are represented by a theoretical model of information processing. Layered educational requirements are derived from this model.

Proposed activities of the Computer Science Department are discussed in relation to available resources and identified requirements.

## PUBLIKASIES IN DIE REEKS VAN DIE UNIVERSITEIT

1. "Gids by die voorbereiding van wetenskaplike geskrifte" — Dr. P.C. Coetzee.
2. "Die Aard en Wese van Sielkundige Pedagogiek" — Prof. B.F. Nel.
3. "Die Toenemende belangrikheid van Afrika" — Adv. E.H. Louw.
4. "Op die Drumpel van die Atoomeeu" — Prof. J.H. v.d. Merwe.
5. "Livestock Philosophy" — Prof. J.C. Bonsma.
6. "The Interaction Between Environment and Heredity" — Prof. J.C. Bonsma.
7. "Verrigtinge van die eerste kongres van die Suid-Afrikaanse Genetiese Vereniging — Julie 1958".
8. "Aspekte van die Prysbeheersingspolitiek in Suid-Afrika na 1948" — Prof. H.J.J. Reynders.
9. "Suiwelbereiding as Studieveld" — Prof. S.H. Lombard.
10. "Die toepassing van fisiologie by die bestryding van Insekte" — Prof. J.J. Matthee.
11. "The Problem of Methaemoglobinaemia in man with special reference to poisoning with nitrates and nitrites in infants and children" — Prof. D.G. Steyn.
12. "The Trace Elements of the Rocks of the Bushveld Igneous Complex. Part 1" — Dr. C.J. Liebenberg.
13. "The Trace Elements of the Rocks of the Bushveld Igneous Complex. Part II. The Different Rock Types" — Dr. C.J. Liebenberg.
14. "Protective action of Fluorine on Teeth" — Prof. D.G. Steyn.
15. "A Comparison between the Petrography of South African and some other Palaeozoic Coals" — Dr. C.P. Snyman.
16. "Kleinveekunde as vakrigting aan die Universiteit van Pretoria" — Prof. D.M. Joubert.
17. "Die Bestryding van Plantsiektes" — Prof. P.M. le Roux.
18. "Kernenergie in Suid-Afrika" — Prof. A.J.A. Roux.
19. "Die soek na Kriteria" — Prof. A.P. Grové.
20. "Die Bantoetaalkunde as beskrywende Taalwetenskap" — Prof. E.B. van Wyk.
21. "Die Statistiese prosedure: teorie en praktyk" — Prof. D.J. Stoker.
22. "Die ontstaan, ontwikkeling en wese van Kaak-, Gesigs- en Mondchirurgie" — Prof. P.C. Snijman.
23. "Freedom — What for" — K.A. Schrecker.
24. "Once more — Fluoridation" — Prof. D.G. Steyn.
25. "Die Ken- en Werkwêreld van die Bibliotêkkunde" — Prof. P.C. Coetzee.
26. "Instrumente en Kriteria van die Ekonomiese Politiek n.a.v. Enkele Ondervindings van die Europese Ekonomiese Gemeenskap" — Prof. J.A. Lombard.
27. "The Trace Elements of the Rocks of the Alkali Complex at Spitskop, Sekukuniland, Eastern Transvaal" — Dr. C.J. Liebenberg.
28. "Die Inligtingsprobleem" — Prof. C.M. Kruger.
29. "Second Memorandum on the Artificial Fluoridation of Drinking Water Supplies" — Prof. D.G. Steyn.
30. "Konstituering in Teoreties-Didaktiese Perspektief" — Prof. F. van der Stoep.
31. "Die Akteur en sy Rol in sy Gemeenskap" — Prof. Anna S. Pohl.
32. "The Urbanization of the Bantu Homelands of the Transvaal" — Dr. D. Page.
33. "Die Ontwikkeling van Publieke Administrasie as Studievak en as Professe" — Prof. J.J.N. Cloete.
34. "Duitse Letterkunde as Studievak aan die Universiteit" — Prof. J.A.E. Leue.
35. "Analitiese Chemie" — Prof. C.J. Liebenberg.
36. "Die Aktualiteitsbeginsel in die Geologiese navorsing" — Prof. D.J.L. Visser.
37. "Moses by die Brandende Braambos" — Prof. A.H. van Zyl.
38. "A Qualitative Study of the Nodulating Ability of Legume Species: List 1" — Prof. N. Grobbelaar, M.C. van Beyma en C.M. Todd.

39. "Die Messias in die saligsprekinge" — Prof. S.P.J.J. van Rensburg.
40. Samevatting van Proefskrifte en Verhandelinge 1963/1964.
41. "Universiteit en Musiek" — Prof. J.P. Malan.
42. "Die Studie van die Letterkunde in die Bantoetale" — Prof. P.S. Groenewald.
43. Samevatting van Proefskrifte en Verhandelinge 1964/1965.
44. "Die Drama as Siening en Weergawe van die Lewe" — Prof. G. Cronjé.
45. "Die Verboude Grond in Suid-Afrika" — Prof. D.G. Haylett.
46. "'n Suid-Afrikaanse Verplegingscredo" — Prof. Charlotte Searle.
47. Samevatting van Proefskrifte en Verhandelinge 1965/1966.
48. "Op Soek na Pedagogiese Kriteria" — Prof. W.A. Landman.
49. "Die Romeins-Hollandse Reg in Oënskou" — Prof. D.F. Mostert.
50. Samevatting van Proefskrifte en Verhandelinge 1966/1967.
51. "Inorganic Fluoride as the cause, and in the prevention and treatment, of disease" — Prof. Douw G. Steyn.
52. "Honey as a food and in the prevention and treatment of disease" — Prof. D.G. Steyn.
53. "A check list of the vascular plants of the Kruger National Park" — Prof. H.P. van der Schijff.
54. "Aspects of Personnel Management" — Prof. F.W. Marx.
55. Samevatting van Proefskrifte en Verhandelinge 1967/1968.
56. "Sport in Perspektief" — Prof. J.L. Botha.
57. "Die Huidige Stand van die Gereformeerde Teologie in Nederland en ons Verantwoordelikheid" — Prof. J.A. Heyns.
58. "Onkruid en hul beheer met klem op chemiese beheer in Suid-Afrika" — Prof. P.C. Nel.
59. "Die Verhoudingstrukture van die Pedagogiese Situasië in Psigopedagogiese Perspektief" — Prof. M.C.H. Sonnekus.
60. "Kristalhelder Water" — Prof. F.A. van Duuren.
61. "Arnold Theiler (1867—1936) — His Life and Times" — Dr. Gertrud Theiler.
62. "Dr. Hans Merensky — Mens en Voorbeeld" — Prof. P.R. Skawran.
63. "Geskiedenis as Universiteitsvak in Verhouding tot ander Vakgebiede" — Prof. F.J. du Toit Spies.
64. "Die Magistergraadstudie in Geneeskundige Praktyk (M. Prax. Med.) van die Universiteit van Pretoria" — Prof. H.P. Botha.
65. Samevatting van Proefskrifte/Verhandelinge 1968/1969.
66. "Kunskritiek" — Prof. F.G.E. Nilant.
67. "Anatomie — 'n Ontleding" — Prof. D.P. Knobel.
68. "Die Probleem van Vergelyking en Evaluering in die Pedagogiek" — Prof. F.J. Potgieter.
69. "Die Eenheid van die Wetenskappe" — Prof. P.S. Dreyer.
70. "Aspekte van die Sportfisiologie en die Sportwetenskap" — Dr. G.W. v.d. Merwe.
71. "Die rol van die Fisiologiese Wetenskappe as deel van die Veterinêre Leerplan" — Prof. W.L. Jenkins.
72. "Die rol en toekoms van Weidingkunde in Suid-Afrikaanse Ekosisteme" — Prof. J.O. Grunow.
73. "Some Problems of Space and Time" — Mnr. K.A. Schrecker.
74. "Die Boek Prediker — 'n Smartkreet om die Gevalle Mens" — Prof. J.P. Oberholzer.
75. Titles van Proefskrifte en Verhandelinge ingedien gedurende 1969/1970; 1970/1971 en 1971/1972.
76. "Die Akademiese Jeug is vir die Sielkunde meer as net 'n Akademiese Onderwerp" — Prof. D.J. Swiegers.

77. "'n Homiletiese Herwaardering van die Prediking vanuit die Gesigshoek van die Koninkryk" — Prof. J.J. de Klerk.
78. "Analise en Klassifikasie in die Vakdidaktiek" — Prof. C.J. van Dyk.
79. "Bantoereg: 'n Vakwetenskaplike Terreinverkenning" — Prof. J.M.T. Labuschagne.
80. Dosentekursus 1973 — Referate gelewer tydens die Dosentekursus 30 Jan — 9 Feb. 1973.
81. "Volkekunde en Ontwikkeling" — Prof. R.D. Coertze.
82. "Opleiding in Personeelbestuur in Suid-Afrika" — Prof. F.W. Marx.
83. "Bakensyfers vir Diereproduksie" — Prof. D.R. Osterhoff.
84. "Die Ontwikkeling van die Geneeskunde" — Prof. J. Studer.
85. "Die Liggaamlike Opvoedkunde: Geesteswetenskap?" — Prof. J.L. Botha.
86. Dosentekursus: 1974 — Referate gelewer tydens die Dosentekursus 4—7 Febr. 1974.
87. "Die opleiding van die mediese student in Huisartskunde aan die Universiteit van Pretoria" — Prof. H.P. Botha.
88. "Opleiding in bedryfsekonomie in die huidige tydvak" — Prof. F.W. Marx.
89. "Swart arbeidsregtelike verhoudings, quo vadis?" — Prof. S.R. van Jaarsveld.
90. "The Clinical Psychologist: Training in South Africa. A report on a three-day invitation conference: 11—13 April 1973.
91. "Studie van die Letterkunde in die Taalonderrig" — Prof. L. Peeters.
92. "Gedagtes rondom 'n Kontemporêre Kerkgeskiedenis — met besondere verwysing na die Nederduits Gereformeerde Kerk — Prof. P.B. van der Watt.
93. "Die funksionele anatomie van die herkouermaag — vorm is gekristalliseerde funksie" — Prof. J.M.W. le Roux.
94. Dosentekursus 1975 — Referate gelewer tydens die Dosentekursus 27 Januarie — 6 Februarie 1975.
95. "'n Nuwe benadering tot die bepaling van die koopsom in die geval van 'n oorname" — Prof. G. van N. Viljoen.
96. "Enkele aspekte in verband met die opleiding van veekundiges" — Prof. G.N. Louw.
97. "Die Soogdiernavorsingsinstituut 1966—1975".
98. "Prostetika: 'n doelgerigte benadering" — Prof. P.J. Potgieter.
99. "Inligtingsbestuur" — Prof. C.W.I. Pistorius.
100. "Is die bewaring van ons erfenis ekonomies te regverdig?" — Dr. Anton Rupert.
101. "Kaak- Gesigs- en Mondchirurgie — Verlede, Hede en Toekoms" — Prof. J.G. Duvenage.
102. "Keel-, Neus- en Oorheelkunde — Hede en Toekoms" — Prof. H. Hamersma.
103. Dosentesimposia 1975.
104. "Die Taak van die Verpleegonderwys" — Prof. W.J. Kotzé.
105. "Quo Vadis, Waterboukunde?" — Prof. J.P. Kriel.
106. "Geregtelike Geneeskunde: Die Multidissiplinêre Benadering" — Prof. J.D. Loubser.
107. "Huishoudkunde — Waarheen?" — Prof. E. Boshoff.
108. Dosentekursus 1976 — Referate gelewer tydens die Dosentekursus 29 Januarie — 4 Februarie 1976.
109. Tweede H.F. Verwoerd-gedenklesing gehou deur die Eerste Minister Sy Edele B.J. Vorster.
110. Titels van proefskrifte en verhandelings ingedien gedurende 1972/73; 1973/74 en 1974/75 en wetenskaplike publikasies van personeellede vir die twaalf maande eindigende op 15 November 1975.
111. "Ortodonsie — 'n Oorsig en Waardebepaling" — Prof. S.T. Zietsman.

112. "Rede gelewer by Ingebruikneming van die Nuwe Kompleks vir die Tuberkulose-navorsingseenheid van die MNR" — Prof. H.W. Snyman.
113. "Die gebruik van Proefdiere in Biomediese Navorsing, met spesiale verwysing na Eksperimentele Chirurgie" — Prof. D.G. Steyn.
114. "Die Toekoms van die Mynboubedryf in Suid-Afrika" — Prof. F.Q.P. Leiding.
115. "Van Krag tot Krag", — Dr. Anton Rupert.
116. "Carnot, Adieu!" — Prof. J.P. Botha.
117. "'n Departement van Hematologie — Mode of Noodsaak" — Prof. K. Stevens.
118. "Farmaka en Farmakologie: Verlede, Hede en Toekoms" — Prof. De K. Sommers.
119. "Opleiding in Elektrotegniese Ingenieurswese — Deurbraak of Dwaling?" — Prof. L. van Biljon.
120. "Die Rontgendiagnostiek voor 'n Nuwe Uitdaging — die Toegepaste Fisiologie" — Prof. J.M. van Niekerk.
121. "Die Algemene Sisteemteorie as Uitgangspunt by die Beplanning van 'n Basiese Biblioteek — en Inligtingkundige Opleidingsprogram" — Prof. M.C. Boshoff.
122. Dosentekursus: 1977.
123. "Hulpverlening aan kinders met leerprobleme" — Prof. P.A. van Niekerk.
124. "Tuinboukunde Quo Vadis" — Prof. L.C. Holtzhausen.
125. "Die plek en toekomstaak van 'n Departement Huisartskunde in 'n Fakulteit van Geneeskunde" — Prof. A.D.P. van den Berg.
126. "Titels van proëfskrifte en verhandelings ingedien gedurende 1975/76 en wetenskaplike publikasies van personeelle vir die twaalf maande eindigende op 15 November 1976.
127. "Landbouvoorigting by die kruispad — Uitdagings vir Agrariese Voorligting as Universiteitsdepartement" — Prof. G.H. Düvel.

**ISBN 0 86979 028 5**

**V&R Pta.**