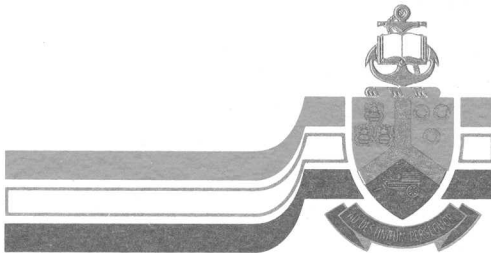


NUWE REEKS Nr 323  
ISBN 1-86854-210-6

**BEDRYFSINGENIEURSWESE:  
DIE BEROEP VIR DIE 21STE EEU**

**PROF S J CLAASEN**



Universiteit van Pretoria

## **BEDRYFSINGENIEURSWESE: DIE BEROEP VIR DIE 21STE EEU**

### **PROF S J CLAASEN**

Intreerede gelewer op 4 November 1997 by die aanvaarding van die Hoofskap van die Departement Bedryfs- en Sisteemingenieurswese, Fakulteit Ingenieurswese aan die Universiteit van Pretoria.

## VOORSTELLING - PROF S J CLAASEN

Schalk Johannes Claasen is op 28 September 1951 te Frankfort in die Oranje-Vrystaat gebore. Hy matrikuleer in 1969 aan die Hoërskool Wilgerivier op Frankfort en begin in 1970 sy studie aan die Universiteit van Pretoria. Hy behaal in 1973 die graad BScIng(Bedryfs) en word as lektor in die Departement Bedryfsingenieurswese aangestel. Nadat hy in 1975 die MBA-graad behaal, verlaat hy die diens van die Universiteit om as bedryfsingenieur in die nywerheid te praktiseer. Hy keer in 1978 as dosent na die Universiteit van Pretoria terug en spesialiseer in die vakgebiede Gehalteversekering en Betroubaarheidskunde.

Professor Claasen gaan in 1981 na die Universiteit van Arizona in die VSA, waar hy die graad MSc in Betroubaarheidsingenieurswese, in die Departement Meganiese en Lugvaartkundige Ingenieurswese behaal. In 1988 behaal hy die PhD in Bedryfsingenieurswese aan die Universiteit van Pretoria, en ontvang die Nasionale Produktiwiteitsinstituutprys vir “Besondere Akademiese Prestasie en Insig in die Rol van Bedryfsingenieurswese in Produktiwiteitsverbetering”, op grond van sy proefskrif. Hy word in 1990 bevorder tot voltydse professor en in 1996 tot hoof van die Departement Bedryfs- en Sisteemingenieurswese. Gedurende 1995 is professor Claasen as besoekende gashoogleraar verbonde aan die Operationele Research en Statistiek Vakgroep van die Fakulteit Techniese Bedryfskunde, aan die Technische Universiteit Eindhoven (TUE) in Nederland.

Professor Claasen is sedert 1979 op 'n deeltydse basis by die raadgewende ingenieursfirma, Xcel, betrokke. Oor die tydperk het hy praktiese ondervinding oor 'n wye front in die Bedryfs- en Sisteemingenieurswese opgedoen. Hy registreer in 1984 as Professionele Ingenieur en is 'n stigterslid van die Suid-Afrikaanse Instituut van Bedryfsingenieurs. Hy dien ook as President van die Suid-Afrikaanse Instituut van Bedryfsingenieurs gedurende 1993 tot 1994. Hy is tans 'n Raadslid van die Suider-Afrikaanse Instituut vir Bedryfsingenieurswese en was lid van die reëlingskomitee vir die jaarlikse konferensie van die Instituut in 1986, 1987, 1989 en 1992.

Hy dien op die Redaksionele Advieskomitee van die *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Bedryfsingenieurswese* asook die Professionele Adviserende Komitee insake Bedryfsingenieurswese van die Suid-Afrikaanse Raad vir Ingenieurswese. Professor Claasen is die outeur van verskeie tydskrifartikels en het reeds as leier vir 'n aantal magisterverhandelinge en as

promotor vir 'n doktorsale proefskrif opgetree.

Hy is getroud met Maretha Lubbe en hulle het drie kinders: Retha, Jacobus en Jacobie. Professor Claasen draf graag en het reeds talle tien kilometer- en halfmarathonwedlope op sy kerfstok. Hierbenewens is hy ook 'n entoesiastiese snoekerspeler.

**Professor Johan van Zyl**  
**VISEKANSELIER EN REKTOR**

# BEDRYFSINGENIEURSWESE: DIE BEROEP VIR DIE 21STE EEU - PROF S J CLAASEN

## 1. INLEIDING

Geagte meneer die Visekanselier en Rektor, meneer die Visierektor, dekane, kollegas, familie en vriende,

Die Universiteit van Parys het gedurende die twaalfde eeu tot stand gekom. Die onderrig van destyds was nou met die aktiwiteite van die kerk verweef, in so 'n mate dat die toestemming van die kanselier van die katedraal om te mag onderrig, as 'n voorvereiste aanvaar is. Hierdie toetredingseremonie het gestalte gekry in die *inceptio* - 'n publieke eksamen, waar die voornemende dosent 'n rede moes lewer en dit teen opponente vanuit die studentegemeenskap moes verdedig. Indien suksesvol, was die kandidaat se beloning dat sy promotor hom aan die aartsbiskop voorgestel het, wat die *licentia docendi* aan hom toegeken het.

Dames en here,

Ek is dankbaar dat die formaat van die intreerede nie langer 'n openbare eksamen is nie, maar dit is nietemin ontsagwekkend om dit voor 'n uitgelese gehoor soos u te lewer.

Dit is gepas om by hierdie geleentheid hulde aan my voorgangers te betuig, ek verwys na professore Johan Botha en Paul Kruger wat die eerste twee departementshoofde van die departement was; ook prof Kris Adendorff, onder wie se promotorskap ek my doktersgraad behaal het en wie steeds vir my 'n vader in die akademie is. Vergun my ook om my gesin: Maretha, Retha, Jacobus en Jacobie vir hulle liefde en ondersteuning te bedank. 'n Mens word gevorm deur die mense en situasies waaraan jy gedurende jou lewe blootgestel word - ek beskou myself geseënd in dié opsig en wil daarom ook my waardering aan my familie, vriende en kollegas betuig.

In my intreerede sal ek aantoon dat die ekonomiese vooruitgang van die mensdom onlosmaaklik verweef is met die ontwikkeling in bedryfsingenieurswese. In dié verband kan bedryfsingenieurswese as die wetenskap van verandering en die bedryfsingenieur as 'n agent van verandering beskryf word. Die inligtingsrevolusie wat tans aan die gang is, sal net so 'n betekenisvolle invloed as die industriële revolusie op die werksomgewing en leefwyse van die mens van die 21ste eeu hê. Teen dié agtergrond sal ek bedryfsingenieursopleiding aan die Universiteit van Pretoria in konteks plaas en enkele toekomspeerspek-

tiewe aan u voorhou.

## 2. DIE ONTSTAAN EN ONTWIKKELING VAN BEDRYFSINGENIEURSWESE

Antropoloë het aan die menslike ras 'n naam gegee tydens elke onderskeibare ontwikkelingsfase daarvan: *Homo Sapiens*, *Homo Erectus*, *Homo Habilis* en so meer - laasgenoemde was die eerste gereedskapmaker en gereedskapegebruiker. In sy boek *In the Footsteps of Homo Industrialis* stel Frank Sperotto [9] voor dat die moderne mens as *Homo Industrialis* beskryf word.

Die onderskeidende kenmerk van *Homo Industrialis* is sy vermoë om by die omgewing aan te pas, maar veral ook sy vermoë om die omgewing by hom aan te pas. *Homo Industrialis* word gedryf deur die begeerte om sy lewe beter en gemakliker te maak. Elke sodanige sukses veroorsaak egter 'n verandering in sy lewenstyl, met implikasies wat dikwels nie voorsien kan word nie. Dink maar aan die invloed van die motor, die telefoon en die rekenaar op die lewenstyl van die moderne mens.

Uit 'n eng perspektief is *Homo Industrialis* daardie deel van die mensdom wat betrokke is by die lewering van infrastruktuur, goedere en dienste. Die chronologie wat hierna volg gee enkele hoogtepunte, vanuit 'n bedryfsingenieursperspektief, op die ontwikkeling van *Homo Industrialis*.

Salomo skryf sowat 2 500 jaar gelede, in die boek Prediker, dat daar niks nuuts onder die son is nie. Wanneer 'n mens na die geskiedenis van *Homo Industrialis* kyk, is dit ook die gevoel wat by 'n mens opkom. Die besef dat ons, hier aan die einde van die 20ste eeu, nie heeltemaal so uitsonderlik is as wat ons dikwels dink nie, maar dat ons net nog 'n skakel in die ontwikkelingsketting van *Homo Industrialis* is. So 'n perspektief bring 'n rustigheid mee - ons staan nie aan die vooraand van een of ander kateklismiese gebeurtenis nie, ons is gewoon deel van die opwindende ontwikkelingsproses van *Homo Industrialis*. Laat my daarom toe om die horlosie sowat 300 jaar terug te draai en enkele seminale gedagtes en gebeurtenisse wat dié ontwikkeling uitbeeld uit te lig.

In 1700 beskryf Christopher Polhelm die ekonomiese voordele van meganisasie so: "... nothing increases demand so much as low prices;

therefore there is great need of machines and appliances which will, in one way or another, diminish the amount or intensity of heavy manual work." Hy bring dan ook 'n vervaardigingsonderneming, wat waterkrag gebruik in Swede tot stand.

Die term *produktiwiteit* verskyn in 1776 die eerste keer in Frankryk in 'n publikasie. Produktiwiteit is dié enkele kernbegrip wat sinoniem met bedryfsingenieurswese is ...

Adam Smith bespreek in 1776 die verdeling van arbeid in sy *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. Hiermee lê hy die grondslag vir die werk van Taylor, wat allerweë as een van die vaders van bedryfsingenieurswese beskou word.

In 1798 tender 26 kontrakteurs om die Amerikaanse Weermag van 40 000 voorlaaigewere te voorsien; 'n oënsynlik onmoontlike taak aangesien dit 'n taakmag van opgeleide vakmanne sou vereis. Eli Whitney oorkom die probleem deur 'n geweer, bestaande uit uitruilbare onderdele, wat deur laaggeskoolde werkers op gespesialiseerde toerusting vervaardig kon word, te ontwerp. Die eerste voorbeeld van vandag se massaproduksie ...

Aan die begin van die 19de eeu ontwerp Joseph Jacquard 'n outomatiese beheermeganisme vir patroonweefmasjiene. Dit word beskou as die eerste suksesvolle toepassing van numeriese beheer. Met die Jacquard-weefmasjien kon een werker tot 50 meter materiaal per dag weef, wat daartoe aanleiding gee dat oortollige werkers afgedank word. Ontevrede werkers gooi in reaksie hierop verskeie Jacquard-weefmasjiene in die Rhône-rivier. Hiermee begin die kontrasterende patroon van tegnologiese vooruitgang wat heel dikwels met arbeids-onrus gepaard gaan. Nietemin teen 1812 is daar 11 000 Jacquard-weefmasjiene in Frankryk in gebruik.

In 1831 skryf Charles Babbage *On the Economy of Machinery and Manufacturers*, waarin hy analitiese stelsels vir die verbetering van vervaardigingsoperasies ontwikkel. Hy beveel aan dat akkurate waarnemings en presiese metings, in stede van raaiwerk en voorgevoel gebruik word, wanneer besluite in 'n fabriek geneem word. 'n Aanbeveling wat vandag nog net so geldig is ...

Samuel Colt se Harford Werke is in 1848 gestig en is een van die vroegste voorbeelde van massaproduksie en 'n aanduiding van die belangrike



rol wat wapens en oorlog in die tegnologiese ontwikkeling van *Homo Industrialis* sou speel.

FW Taylor kry in 1881 toestemming by die president van die Midvale Steel Company, "to spend some money in a careful, scientific study of the time required to do various kinds of work". Hierdie werkstudie eksperimente lê die grondslag vir Wetenskaplike Bestuur. Taylor het daarna gestreef om die vermorsing van menslike energie uit te skakel, deur soos hy dit gestel het "the great mass of traditional knowledge which in the past has been in the heads of the workmen", in die vorm van prosedures, reëls en formules te versamel en te gebruik, om meer werk van 'n hoër gehalte te lewer. Deur sy benadering is die proses van denke, beplanning en beheer van die uitvoer van take geskei. Werknemerbemagtiging word vandag as 'n noodsaaklike voorwaarde vir uitnemende prestasie beskou, gevolglik het hierdie siening grootliks verdwyn. Taylor lê met sy werk ook die grondslag vir die Japannese *kaizen*-benadering van kontinue verbetering, wat daarop berus dat die persoon wat 'n taak uitvoer, meer daarvan weet as enigiemand anders en wat klem lê op die belangrikheid van die beste of standaard manier om 'n taak uit te voer. Richard Schonberger [10] vat die latere nywerheidsprestasie van Japan raak saam deur te sê: "The Japanese out-Taylor(ed) us all."

Met die oorgangsjare tot die 20ste eeu tree verdere veranderings na vore. In 1893 begin Taylor as die eerste raadgewende bedryfsingenieur praktiseer. Hy huldig die mening dat fabrieksbestuurders nie verstaan hoe om kapitaal en mense produktief aan te wend nie. 'n Siening wat waarskynlik vandag nog deur heelparty bedryfsingenieurs gedeel word.

Nog 'n belangrike rigtingwyser was die eerste bedryfsingenieurskursus wat prof Hugo Diemer in 1901 by die die Universiteit van Kansas aanbied.

Kort daarna in 1903 ontwikkel Henry Gantt die Gantt-kaart; 'n sistematiese grafiese prosedure vir die beplanning en skedulering van take, 'n belangrike ontwikkeling wat selfs vandag nog wye toepassing geniet.

Taylor publiseer in 1906 *On the Art of Cutting Metals*. Hierin verskyn meerveranderlike formules waarmee die optimum snyspoed, voertempo en perdekrag van masjienwerktuie vir die masjinerie van metale, bepaal kan word. Kern [5] verwys hierna as "one of the largest contributions to productivity of all time ..."

In 1908 word die eerste Model T Ford gebou en in 1913 gebruik Henry



Ford die eerste keer die beginsel van 'n bewegende monteerlyn. Teen 1927 is daar 15 miljoen Model T Fords gebou. Reeds op daardie tydstip is dit duidelik waarom Womack in sy belangwekkende boek van 1990, verwys na *The Machine that Changed the World*.

In 1909 bestudeer Frank en Lilian Gilbreth die effektiwiteit van verskillende messeltegnieke en vind dat bedrewe messelaars selde 'n steen van een hand na 'n ander oorplaas of neersit nadat dit opgetel is. Hulle standaardiseer die bewegings van messel met dramatiese verbeterings in kwaliteit en produktiwiteit.

Hugo Diemer publiseer in 1910 die eerste handboek in die vakgebied van bedryfsingenieurswese, getitel *Factory Organization and Administration*.

In 1915 word die eerste keer gepoog om operasionele navorsing te gebruik: in die Verenigde Koninkryk probeer Lanchester om die uitslag van militêre veldslae te voorspel, op grond van die aantal soldate en die vuurvermoë van die strydende partye; in die Verenigde State gebruik Edison statistiese analise om die proses van teenduikbootoorlogvoering te ontleed. In dieselfde jaar publiseer Harris die eerste ekonomiese lot-grootte-model.

Erlang publiseer in 1917 die *Solutions of Some Problems in the Theory of Probabilities of Significance in Automatic Telephone Exchanges*. Hierdie werk bevat formules vir wagtyd in toustaaansituasies.

In 1924 skryf Walter Shewhart 'n memorandum aan die Bell Laboratoriums waarin hy die beheerkaartkonsep voorstel. Dit is die eerste gedokumenteerde toepassing van statistiese inferensie en die ontstaan van statistiese prosesbeheer wat vandag nog een van die belangrikste tegnieke in gehalteversekering is. Twee van sy ondergeskiktes is Deming en Juran; beide word later uitstaande figure in die internasionale kwaliteitsarena.

In 1943 publiseer die Standaardekomitee van die Amerikaanse Instituut vir Meganiese Ingenieurswese die funksies van Bedryfsingenieurswese asook 'n gepaardgaande woordelys.

In 1948 vind daar nie net in Suid-Afrika epogmakende gebeurtenisse plaas nie: in Columbus Ohio word die Amerikaanse Instituut vir Bedryfsingenieurs gestig; en Deming word deur die Amerikaanse Administrasie na Japan gestuur om met die heropbou van die Japannese

industrie behulpsaam te wees. Met die hulp van Juran en Feigenbaum, speel hy 'n sleutelrol in die latere nywerheidsukses van Japan.

In 1957 verskyn die boek *Introduction to Operations Research*, van West, Ackoff en Arnoff.

In 1961 ontwikkel die Unimation maatskappy die eerste industriële robot wat gebruik word om onderdele van 'n drukgietmasjien af te laai.

In 1967 word die konsep van aanpasbare vervaardiging bekendgestel. Dit behels 'n groep werkstasies verbind met 'n outomatiese materiaalhanteringstelsel en beheer deur 'n geïntegreerde rekenaarstelsel.

Forrester se boek *Principles of Systems* verskyn in 1968. Hy word beskou as die vader van industriedinamika, 'n analitiese modelleringstegniek gebaseer op die beginsel van inligtingterugvoer en beheer. Die tegniek word gebruik om organisasies en sosiale dinamiek te modelleer.

Toyota stel in 1971 die *Just-In-Time* produksiebeheerstelsel in Japan bekend. Dieselfde jaar plaas Texas Instruments die eerste sakrekenaar op die mark en begin ingenieurs dwarsoor die wêreld van hul geliefkoosde skuifliniale afskeid neem.

In 1973 verskyn die boek *Computer Integrated Manufacturing* wat hierdie term, in die algemene omgang bekend as CIM, vaslê. Dit word in 1975 gevolg deur MRP, oftewel *Material Requirements Planning* en in 1981 deur *Manufacturing Resource Planning*, oftewel MRP II.

Die inligtingsera het met die bekendstelling van Apple Computers se eerste persoonlike rekenaar, die Apple II, in 1977 aangebreek. Soos later getoon sal word, was hierdie waarskynlik een van die sleutelgebeurtenisse in die verdere ontwikkeling van bedryfsingenieurswese.

Die term *Total Quality Management* of TQM word die eerste keer in 1984 gebruik. Die opspraakwekkende boek van Goldratt, *The Goal - A Process of Ongoing Improvement*, verskyn dieselfde jaar.

In 1986 verskyn die boek *World Class Manufacturing - The Lessons of Simplicity Applied* van Schonberger.

Die Internasionale Standaard Organisasie publiseer in 1987 die ISO 9000 reeks van standaarde, waarin die vereistes vir 'n gehaltebestuur-

stelsel uiteengesit word. Dit is vandag die internasionale standaard wat wêreldwyd die meeste toegepas word.

In 1990 verskyn Hammer se artikel *Re-engineering Work - Don't Automate, Obliterate* in die *Harvard Business Review*. Hierin word die konsep van *Business Process Re-engineering* of BPR bekendgestel. Sonder om afbreek aan hierdie waardevolle tegniek te doen, kan gesê word dat die term BPR waarskynlik een van die grootste gonswoorde in die bestaan van bedryfsingenieurswese sou word.

Samevattend kan die ontwikkeling van bedryfsingenieurswese, volgens Du Preez en Pintelon [2], in die volgende oorvleuelende fases ingedeel word:

- Die totstandkomingsfase (1746 - 1901)
- Die empiriese fase (1875 - 1950)
- Die wetenskaplike fase (1930 - 1960)
- Die ontstaan van die virtuele laboratorium (1960 - 1989)
- Die volwasse fase (1990 - tans)

#### Die totstandkomingsfase (1746 - 1901)

Die industriële revolusie het grootliks bygedra tot die geboorte en aanvanklike ontwikkeling van die bedryfsingenieursprofessie. Een van die groot deurbreke in die strewe na groter welvaart en die optimale benutting van hulpbronne was die aanwending van energie (stoom in 1764, elektrisiteit in 1812 en fossielbrandstof met behulp van die binnebrandmotor in 1876). Verbeterde vervaardigingstegnologie, uitruilbare onderdele en akkurate masjienwerktuie lei die era van die bedryfsingenieur as vervaardigingsingenieur in.

#### Die empiriese fase (1875 - 1950)

Die optimale benutting van die mens as produksiefaktor, deur die gebruik van korrekte werksmetodes en gereedskap, het gelei tot verhoogde produktiwiteit. Die bydraes van veral Frank en Lillian Gilbreth en Taylor is belangrike mylpale in dié verband. Gedurende hierdie fase het die bedryfsingenieur van 'n suiwer pragmatiese probleemoplosser, begin ontwikkel in 'n meer wetenskaplike ontwerper van produksiestelsels. 'n Belangrike stimulus in die ontwikkeling van 'n wetenskaplike basis was 'n beter begrip van die bestuur van produksie-aktiwiteite, soos gedokumenteer in Taylor se boek *The principles of scientific management*.

## Die wetenskaplike fase (1930 - 1960)

Gedurende die Tweede Wêreldoorlog is gefokus op die wetenskaplike ontwikkeling van die mens-masjien-tussenvlak, veral vir vevlieëniërs; asook op die gebruik van operasionele navorsing in soekteorie. Hierdie fokusverandering word beskou as die keerpunt in die ontwikkeling van die bedryfsingenieur vanaf 'n empiriese pragmatist tot 'n wetenskaplik-wiskundig gefundeerde stelselontwerper en stelselintegreerder.

'n Tweede belangrike ontwikkeling tydens hierdie fase is die ontstaan van die kwaliteitsbeweging in Japan na die Tweede Wêreldoorlog. Die werk van Deming en Juran in dié verband word vandag nog as uiters belangrik beskou.

## Die ontstaan van die virtuele laboratorium (1960 - 1989)

Die ontwikkeling van die hoofraamrekenaar in die 1960's, maar veral die persoonlike rekenaar in die 1980's, stel die bedryfsingenieur in staat om stelsels in 'n virtuele omgewing te modelleer. Dit het dus moontlik geword om met 'n stelsel te eksperimenteer en die werking daarvan te optimaliseer, sonder om die werklike stelsel te ontwig (dink byvoorbeeld aan die problematiek van die evaluasie van alternatiewe materiaalhanteringstelsels of alternatiewe uitlegte onder in 'n myn).

Die voortdurende ontwikkeling in die vermoë van die rekenaar en rekenaarprogrammatuur stel die bedryfsingenieur ook in staat om toenemend groter en meer ingewikkelde stelsels effektief te beheer en te bestuur.

## Die volwasse stadium (1990 - tans)

Bedryfsingenieurswese het wasdom bereik met die klemverskuiwing vanaf die ontwerp van die individuele komponente van 'n onderneming, na die ontwerp van die onderneming as geheel. Faktore wat tot hierdie stap aanleiding gegee het, sluit in:

- Die boek *Re-engineering the Corporation - A Manifesto for Business Revolution* van Hammer en Champy, waarin die herontwerp van die geheelonderneming voorgestel word.
- Die algemene beskikbaarheid van kragtige rekenaars en rekenaarprogrammatuur, waarop die werking van die onderneming as geheel vasgelê en modelleer kan word.
- Die ontstaan van lokale en wye area rekenaar-netwerke wat dit

moontlik maak om die prestasie van 'n onderneming intyds te monitor en op grond daarvan bestuursaanpassings te maak. Die fisiese beperkings van afstand (in terme van die geografiese verspreiding van 'n onderneming) en tyd (in terme van die tydrowende insameling en verwerking van data) het dus verdwyn. Om hierdie rede vind ons dat dit nie langer vir ondernemings moontlik is om op die ou trant voort te gaan nie. Transformasie is aan die orde van die dag.

Dit is dan 'n kort oorsig oor die geskiedenis en agtergrond van die beroep van die bedryfsingenieur. Vervolgens word die uitdagings van die hede bespreek, met 'n internasionale perspektief op die opleiding van bedryfsingenieurs.

### **3. DIE VERANDERDE OMGEWING**

Die skrywer Charles Handy maak in sy boek *Beyond Certainty* [4] die stelling dat die wêreld op die vooraand staan van 'n verandering wat net so ingrypend sal wees as die gevolge van die uitvinding van die drukpers 600 jaar gelede. Toe kon mense vir die eerste keer die Bybel in hulle eie taal, in hulle eie tyd, in hulle eie huise lees. Dit was nie meer nodig om na 'n kerk te gaan om die woord van God, deur 'n priester uit Latyn vertaal, te hoor nie. Die mens kon toe self besluit oor reg en verkeerd - oor God en die duiwel. As gevolg hiervan het die gesag van die kerk verkrummel en daarmee saam ook die gesag van verskeie ander instellings. Individuele vryheid het gelei tot kreatiwiteit wat tydens die Renaissance sy hoogtepunt bereik het. Terselfdertyd het dit gelei tot spanning en konflik soos wat mense gepoog het om beheer oor hul eie lot te verkry. Ander weer het terugverlang na die goeie ou dae van orde en dissipline, en het waar hulle kon, gepoog om daarheen terug te keer. 'n Scenario wat sterk aan die Suid-Afrika van vandag herinner.

Die televisiestel en die rekenaar, gekoppel aan die Internet, is die moderne ekwivalent van die drukpers. Wanneer Motorola se droom van 'n persoonlike telefoon, met 'n persoonlike nommer vir elke persoon vanaf geboorte bewaarheid word, sal dit beteken dat die kantoor, net soos die kerk nie langer noodsaaklik is nie. Televisie stel ons in staat om ons eie menings oor wêreldsake te vorm. So verdwyn die mistiek van staatsmanne, monarge en hoof uitvoerende beampptes. Die CD-Rom en die Internet stel die wêreld se inligting tot ons beskikking en so verdwyn die kennisvoordeel wat die onderwyser en dosent ten opsigte van sy of haar leerling gehad het. Saam hiermee gaan ook iets van die gesagsfiguur verlore.



Soos tydens die Renaissance leef ons ook in interessante tye; tye van groot geleenthede vir diegene wat dit aangryp, maar ook tye van groot bedreigings vir ander. Dit sal moeiliker word vir ondernemings om in hierdie nuwe wêreldorde te oorleef. Die sagte woorde van leierskap, visie en gemeenskaplike doelstellings sal die harde woorde van beheer en gesag moet vervang, omdat mense hul vrees en respek vir gesag verloor het. Die wêreld waarin ons leef, staan dus nie net op tegnologiese gebied voor 'n nuwe tydvak nie; die mens van die 21ste eeu is beslis nie meer die mens wat Taylor onder sy arbeidspesialisasie-mikroskoop geplaas het nie.

Tegnologiese ontwikkeling sal teen 'n steeds stygende tempo plaasvind, tot so 'n mate dat die invloed daarvan, net soos die geval van inligting-oorlading, verlamrend op die individu en die onderneming kan inwerk. Die vraag is, hoe ondernemings dié nuwe tegnologie sal kan gebruik om hul mededingende voordeel te vergroot of ten minste net te oorleef.

Die toenemende integrasie van tegnologies gevorderde toerusting, produksieprosesse en inligtingstelsels, bring mee dat al hoe minder mense oor die vermoë beskik om die verskillende produksiefaktore doeltreffend te bestuur en te integreer. Die bedryfsingenieur met sy kennis van die wetenskappe, tegniese kundigheid, blootstelling aan informatika en menslike hulpbronbestuur asook opleiding in besigheidsbestuur, is goed toegerus om hierdie integrasie te bewerkstellig [1]; asook om die oordrag en aanwending van nuwe tegnologie te fasiliteer en te bestuur. Ten spyte van die geweldige ontwikkeling in procestegnologie en inligtingstelsels, bly die rol van die bedryfsingenieur dus steeds die optimale aanwending van al die produksiefaktore in 'n gegewe vervaardigings- of diensopset.

Hoewel die bedryfsingenieur dus sy aanslag by die mens en die tegnologie van die 21ste eeu sal moet aanpas, bly sy rol in wese onveranderd. Met apologie aan Vader Didon, die Franse opvoedkundige wat die leuse van die Olimpiese Spele as *Citius, Altius, Fortius*, oftewel *Vinniger, hoër, sterker* geformuleer het, bly die leuse van die bedryfsingenieur van die 21ste eeu steeds *Vinniger, goedkoper, beter*.

#### 4. 'N INTERNASIONALE PERSPEKTIEF OP DIE OPLEIDING VAN BEDRYFSINGENIEURS

Ingenieursopleiding moet aanpas by die behoeftes van die tyd. Professor Ernest Smerdon [8], dekaan van die fakulteit ingenieurswese aan die Universiteit van Arizona, sê dat slegs ongeveer een



derde van alle ingenieurstudente wat in 1995 in die VSA afstudeer het, tot die tradisionele ingenieursberoep toegetree het. Die res het tot beroep verwant aan ingenieurswese of ander beroep toegetree. Dit het gewissel van verkoopsingenieur tot loopbane in finansies.

Volgens Charles Vest, die president van MIT, gaan 45% van MIT se ingenieursgraduandi in die dienstesektor werk, hoofsaaklik in finansies. As rede vir hierdie verskynsel voer hy aan dat werkgewers die bekwaamhede waaroor ingenieurs beskik, hoog op prys stel. Dit sluit in: kritiese denke, analitiese vermoë, die vermoë om probleme op te los, 'n stewige wiskundige agtergrond en 'n kan-doen houding.

In 'n omvattende toekomsvisie vir bedryfsingenieurswese [3], gemik op die samestelling van 'n leerplan vir die volgende dekade, identifiseer die Council of Industrial Engineering en die Council of Industrial Engineering Academic Heads van die Verenigde State, (verteenwoordigend dus van beide die praktyk en die akademie), die volgende noodsaaklike bekwaamhede en eienskappe van 'n bedryfsingenieur:

- Bedryfsingenieurs moet goed onderleg wees in wetenskap, wiskunde en ingenieurswese met 'n algemene breë-basis tegniese agtergrond. Hulle moet bedrewe wees in tegniese probleemoplossing en besluitneming.
- Bedryfsingenieurs moet 'n leierskaprol vervul ten opsigte van die uitdink, ontwerp, implementering en integrasie van nuwe konsepte, tegnieke en tegnologieë.
- Bedryfsingenieurs moet prosesverbetering verstaan en kan bestuur.
- Bedryfsingenieurs moet stelselintegreerders wees wat wetenskap, besigheid en tegnologie met mekaar kan versoen. Hulle moet probleme vanuit 'n tegniese, menslike, inligtings- en finansiële perspektief kan hanteer.
- Bedryfsingenieurs moet oor uitstaande projekbestuursvermoëns en 'n goeie besigheidsbegrip beskik.
- Bedryfsingenieurs moet oor die vermoë beskik om multi-funksionele spanne te lei.

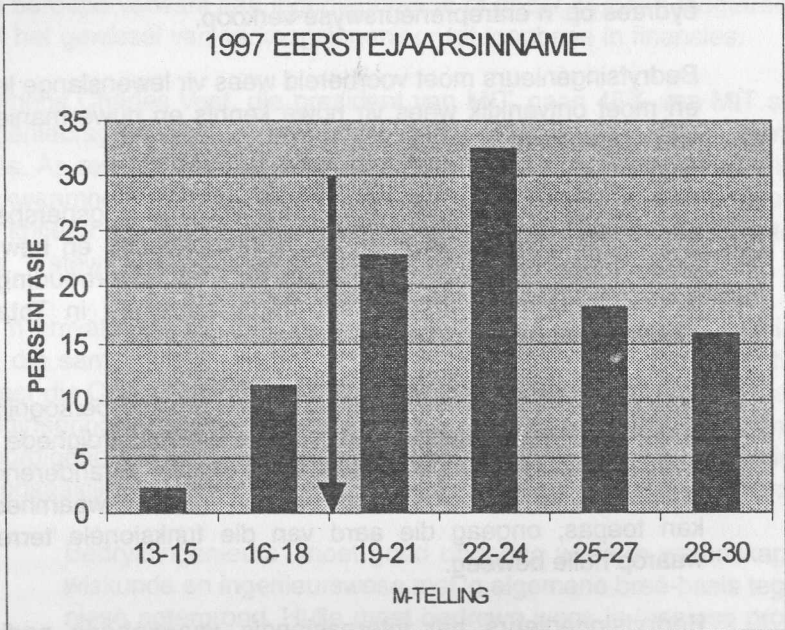
- Bedryfsingenieurs moet oor die nodige leierseienskappe beskik om as konsultante op te tree wat hulle vermoëns en bydraes op 'n entrepreneurswyse verkoop.
- Bedryfsingenieurs moet voorbereid wees vir lewenslange leer en moet ontvanklik wees vir nuwe kennis en nuwe maniere van dinge doen.
- Bedryfsingenieurs moet oor 'n totale ondernemingsperspektief beskik. Hulle moet fokus op klantebehoefte en bewus wees van interne en eksterne klanteverhoudinge. Bedryfsingenieurs moet goed onderleg wees in Totale Gehaltebestuur.
- Bedryfsingenieurs moet voorbereid wees om interpersoonlike verhoudings te hanteer. Goeie kommunikasievaardighede is noodsaaklik. Hulle moet in pas wees met 'n veranderende omgewing, op hulle voete kan dink en hulle bekwaamhede kan toepas, ongeag die aard van die funksionele terrein waarop hulle beweeg.
- Bedryfsingenieurs het internasionale vaardighede nodig. Hulle moet oor 'n globale perspektief en 'n begrip vir 'n verskeidenheid van mense, kulture en tegnologie beskik.
- Bedryfsingenieurs moet die hoogste professionele standaard handhaaf. Hulle moet trots op hulself en hul profesie wees en hulle moet die beste en slimste studente insluit.

## **5. BEDRYFSINGENIEURSOPLEIDING AAN DIE UNIVERSITEIT VAN PRETORIA**

Dames en here,

Ek is van mening dat die opleiding in bedryfsingenieurswese aan die Universiteit van Pretoria tot 'n groot mate daarin slaag om die bekwaamhede en eienskappe wat ek so pas aan u voorgehou het, by ons graduandi te vestig. Ons afgestudeerdes vaar uitstekend in die praktyk en is hoog in aanvraag. Ek wil egter onmiddellik benadruk dat die klem op goeie mense materiaal gelê moet word. Wat hierdie aspek betref, is die Departement met reg trots op die gehalte van studente wat in bedryfsingenieurswese kom studeer. Die verdeling van M-

tellings vir die 1997 eerstejaarsinname word in die volgende figuur getoon:



**FIGUUR 1: VERDELING VAN M-TELLINGS VIR 1997 EERSTEJAARSINNAME**

Ter illustrasie word die M-telling van 'n kandidaat met 6 skoolvakke op die hoër graad, wat 'n C-simbool in elke vak behaal het, getoon. Van die 1997 inname het 86 persent 'n M-telling hoër as dié hipotetiese kandidaat gehad.

Die eerste 14 Suid-Afrikaanse bedryfsingenieurs het in 1963 aan die Universiteit van Pretoria afstudeer. Op daardie tydstip was die Departement nog deel van die Departement Meganiese Ingenieurswese onder die hoofskap van prof CA du Toit, wat ook die dekaan van die fakulteit was. Die Departement het op 1 Januarie 1975, onder leiding van prof JP Botha selfstandig geword. In 1982 is die naam van die Departement verander na die Departement Bedryfs- en Sisteemingenieurswese.

Tot dusver het meer as 900 of ongeveer 60% van die bedryfsingenieursgraduandi in Suid-Afrika, by die Universiteit van Pretoria afstudeer. Die Departement is die grootste en oudste sodanige

departement in Suid-Afrika. Ander plaaslike instansies wat opleiding aan bedryfsingenieurs verskaf, is die Universiteite van Stellenbosch en die Witwatersrand.

Die geskiedenis van die Departement Bedryfs- en Sisteemingenieurswese en dié van die Suider-Afrikaanse Instituut vir Bedryfsingenieurswese is onlosmaaklik met mekaar verbind. Personeel van die Departement het 'n leidende rol gespeel in die totstandkoming en ontwikkeling van die instituut. In dié verband is dit gepas om die name van professore Adendorff en Kruger (beide vorige presidente van die instituut) te noem.

Die Departement het tans sowat 200 voorgraadse student asook sowat 60 nagraadse studente. Die eerste damestudent het in 1983 gegradueer en sedertdien het die persentasie damestudente tot ongeveer 25 persent toegeneem. Die eerste doktersgraad is in 1979 toegeken. Die Departement beskik tans oor 10 voltydse akademiese personele asook 'n aantal deeltydse dosente.

Die Departement se visie is:

*Ons is 'n toonaangewende bedryfsingenieursdepartement wat internasionaal erken word.*

In hierdie verband is ek trots om te vermeld dat die Departement op 11 September 'n akkreditasiebesoek van The Institution of Electrical Engineers van Brittanje ontvang het, waartydens die bedryfsingenieursprogram ten volle geakkrediteer is. Dit beteken dat gegradueerdes van die Departement in die Verenigde Koninkryk as "Certified Engineers" mag registreer. Hierbenewens is die Departement ook vanjaar deur die Ingenieursraad van Suid-Afrika vir 'n verdere periode van vyf jaar geakkrediteer. Gegradueerdes van die Departement kan dus na drie jaar van toepaslike ondervinding, as professionele ingenieurs registreer.

Die Departement se missie is:

*Ons lei wêreldklas bedryfsingenieurs op.*

Die Departement se doelwitte identifiseer daardie aktiwiteite wat suksesvol uitgevoer moet word ten einde die Departement se missie en visie suksesvol na te streef.

**Navorsing** word gedoen ten einde op hoogte te bly met die jongste ontwikkelinge op die vakgebied; om die vakgebied uit te bou waar unieke probleme en omstandighede nuwe benaderings en oplossings vereis, en om die akademiese statuur van individue te ontwikkel en so ook die beeld van die Departement uit te bou.

**Instandhouding van die kurikulum** is noodsaaklik om te verseker dat die opleiding in pas bly met ontwikkelinge op die vakgebied, met die eise van die omgewing asook met veranderinge in tegnologie.

### **Onderrig**

Die daarstel en instandhouding van 'n leeromgewing wat die oordra van kennis en selfleer bevorder, is 'n primêre doelstelling. Die onderrigmodel wat gebruik word, moet vanaf 'n dosentgesentreerde benadering na 'n studentgesentreerde benadering verander word. Daar is veral twee faktore wat so 'n paradigma skuif noodsaak:

- Eerstens die dalende universiteitsbegroting wat die optimale aanwending van doserende personeel noodsaak en
- tweedens die beskikbaarheid van tegnologie wat die virtuele klaskamer 'n werklikheid maak. Die student kan nou bemaagtig word om tot 'n groot mate sekere vakkennis self te bemeester en sodoende kan die kontaktyd en doseerlas wat daarmee gepaard gaan verminder word.

Die sluit van vennootskappe met ander opvoedkundige instellings om hulpbronne soos dosente en vakkursusse te deel, sal in die toekoms oorweeg moet word.

Die Departement bevorder **nywerheidskakeling** deur

- studentebesoeke,
- gesamentlike probleemoplossing tussen die Departement en die industrie deur voorgraadse en nagraadse studente asook doserende personeel,
- spesialis konsultasie en die handhawing van 'n aktiewe

praktijkbetrokkenheid deur doserende personeel, en

- voortgesette opleiding in die vorm van nagraadse kwalifikasies, voorgesette opleidingsprogramme, kortkursusse of inhuis opleiding.

Die toekomstige groei en ontwikkeling van die Departement, in die lig van 'n waarskynlik steeds dalende universiteitsbegroting, is direk afhanklik van die sukses wat ten opsigte van hierdie doelwit behaal gaan word. Vennootskappe met die privaatsektor ten einde sentra van kundigheid tot stand te bring is noodsaaklik. Op hierdie wyse kan

- die nywerheidsvennoot se navorsings- en ontwikkelingsasook sy voortgesette opleidingsbehoefte bevredig word;
- navorsingsprogramme waarop voltydse nagraadse studente teen markverwante salarisse werk, bewerkstellig word;
- akademiese personeel aan die probleme en behoeftes van die praktyk blootgestel word en
- deskundiges uit die praktyk as deeltydse navorsers en dosente ingespan word.

Die Departement beplan om teen die begin van 1998 die eerste sodanige vennootskap in plek te hê.

**Bemaking** word beskou as 'n sleuteldoelwit vir die Departement. Die volgende subdoelwitte word onderskei:

- Die werwing van geskikte studente
- Die verkryging van vakansiewerk vir studente asook permanente aanstellings vir graduandi
- Die behoud van bande met alumni

## OPLEIDINGSFILOSOFIE

Die opleidingsfilosofie van die Departement lui soos volg:



*Begrip en insig word benadruk met klem op die ontwikkeling van 'n wetenskaplike denkproses eerder as die klakkelose aanleer van feite*

*'n Stelselbenadering tot probleemidentifikasie en oplossing word gevolg*

*'n Entrepreneurs- en kliënte-ingesteldheid word beklemtoon*

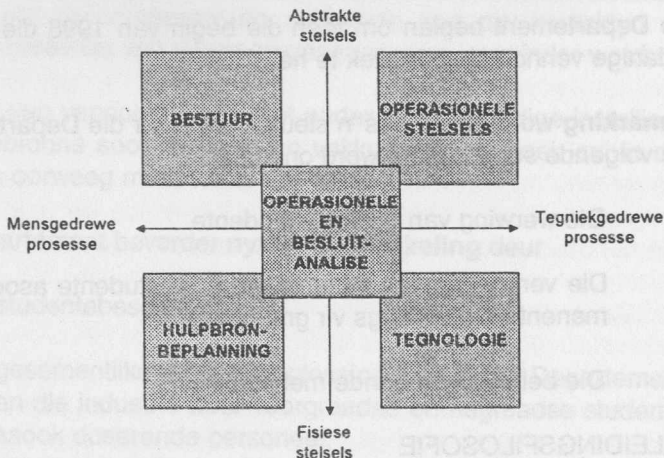
*Die onderrig is van 'n algemene aard in die wye bedryfsingenieursverband en is gemik op praktiese toepassing. Die Universiteit van Pretoria lei nie bedryfsingenieurs vir enige spesifieke bedryfstak op nie. Die uiteenlopende terreine waar afgestudeerdes werk, dui waarskynlik daarop dat hierdie benadering korrek is*

*Die onderrig word in 'n ingenieurs- en diensteverband aangebied*

## 6. 'N KONSEPTUELE RAAMWERK VIR BEDRYFSINGENIEURSOPLEIDING

Die bedryfsingenieur ontwerp en verbeter die produktiwiteit van mens-/masjienstelsels en -prosesse.

Roland Röhrs [7] gebruik die begrippe **stelsels** en **prosesse** om 'n konseptuele raamwerk, waarbinne die kennisveld van die bedryfsingenieur beskryf kan word, te definieer.



FIGUUR 1 : KONSEPTUELE RAAMWERK VIR BEDRYFSINGENIEURSOPLEIDING

Die twee eindpunte van die stelsel-as is twee punte op 'n stelsel kontinuum, gedefinieer deur Checkland. Die fisiese kant van die skaal verwys na fisiese ontwerpte stelsels soos masjiene of geboue en die abstrakte kant van die skaal na abstrakte ontwerpte stelsels soos inligtingstelsels.

Die twee eindpunte van die proses-as is afgelei van die mens-masjien gedeelte van die bedryfsingenieursdefinisie. Die mens kant van die skaal verwys na stochastiese prosesse waar menslike aspekte soos gevoelens, gedragsreëls en ondervinding oorheers teenoor die masjienkant van die skaal waar eksakte reëls geld en waar prosesse tegniekgedrewe en deterministies van aard is. Die as tussen die twee eindpunte is 'n kontinuum van prosesse wat tot 'n meerdere of mindere mate mens- of tegniekgedrewe is. Die kruispunt van die twee asse asook die vier kwadrante stel die kennisveld van die bedryfsingenieur voor.

Die kwadrant afgebaken deur *fisiese stelsels* en *mensgedrewe prosesse* word die **Hulpbronbeplanningskwadrant** genoem. Tipiese kundighede in dié kwadrant sluit in werkstudie, taakontwerp, fasiliteits- en uitlegbeplanning, produktiwiteitsverbetering, materiaalhantering, menslike faktore, ergonomie en ekonomiese analise. Die oorsprong van bedryfsingenieurswese lê hoofsaaklik binne hierdie kwadrant.

By die kruispunt van die stelsel- en prosesasse lê die kern van die bedryfsingenieurswese, naamlik **Operasionele en besluitanalise**. Tipiese kundighede hier sluit in wiskundige modellering, wiskundige statistiek, simulasiemodellering, operasionele navorsing, besluitanalise, stelselanalise en vooruitskatting.

Die kwadrant afgebaken deur *abstrakte stelsels* en *tegniekgedrewe prosesse* word die **Operasionele stelsels kwadrant** genoem. Tipiese kundighede in dié kwadrant sluit in voorraadstelsels, produksiebeplanningstelsels, logistieke stelsels, instandhoudingstelsels, inligtingstelsels, materiaalbeoeftebeplanningstelsels, skeduleringstelsels en kwaliteitstelsels. Die koms van die rekenaar, en meer spesifiek die persoonlike rekenaar, gedurende die laaste gedeelte van hierdie eeu het hierdie aspekte geweldig versterk en dit 'n prominente posisie binne die totale bedryfsingenieursportfolio gegee.

Die kwadrant afgebaken deur *abstrakte stelsels* en *mensgedrewe prosesse* word die **Bestuurskwadrant** genoem. Tipiese kundighede in dié kwadrant sluit in strategiese beplanning, finansiële bestuur, projekbestuur, menslike hulpbronbestuur, bemaking, entrepreneurskap en besigheidsingenieurswese in.

Die kwadrant afgebaken deur *fisiese stelsels* en *tegniekgedrewe prosesse* word die **Tegnologiekwadrant** genoem. Dit is niks anders as die terrein waarop die bedryfsingenieur sy beroep beoefen nie. In die klassieke toepassing van bedryfsingenieurswese verwys hierdie kwadrant na vervaardiging. Tipiese kundighede in vervaardiging sluit in vervaardigingsprosesse, vervaardigingstoerusting, materiaalwetenskappe, prosesbeplanning, megatronika, outomatisasie en bewegingsbeheer.

Die konseptuele raamwerk het egter ook 'n Z-as. Die tegnologiekwadrant op die Z-as stel die verskillende toepassingsgebiede van bedryfsingenieurswese voor. Indien ons dus bedryfsingenieurs spesifiek vir byvoorbeeld die gesondheidsorgsektor wil oplei, sal die tegnologie van gesondheidsorg hier behandel word. Hierdie is 'n aspek wat in die toekomstige ontwikkeling van die bedryfsingenieursleerplan in ag geneem sal moet word.

Die konseptuele raamwerk is uit die aard van die saak 'n ooreenvoering; die verskillende kennisvelde is nie eksak en onderling uitsluitend nie. Die opleiding van bedryfsingenieurs aan die Universiteit van Pretoria fokus op **hulpbronbeplanning, operasionele en besluitanalise** en **operasionele stelsels** met minder klem op **bestuur** en **tegnologie**.

Robbins [6] sê in sy boek *Organizational Behaviour* dat organisatoriese verandering en ontwikkeling net op vier maniere bewerkstellig kan word, naamlik deur verandering in

- struktuur,
- tegnologie,
- die fisiese omgewing en
- die mens.

Hierdie veranderingmodel het 'n uitstekende passing met die bedryfsingenieursopleidingsmodel wat so pas bespreek is.

Kundigheid nodig om verandering in die fisiese omgewing te be-

werkstellig word in die hulpbronbeplannings- en tegnologie kwadrante hanteer, kundigheid vir veranderings in tegnologie in die tegnologie en operasionele stelsels kwadrante, kundigheid vir veranderings in struktuur in die bestuur en operasionele stelsels kwadrante en kundigheid vir veranderings in die mens in die bestuur en hulpbronbeplanningskwadrante.

## 7. DIE ROL VAN DIE WERKGEWER

Die rol wat die werkgewer in die opleiding van die jong bedryfsingenieur speel of behoort te speel, is iets wat my persoonlik na aan die hart lê. Na my mening word hierdie uiters belangrike element in die ontwikkeling van die jong ingenieur in die meeste gevalle onbevredigend hanteer.

Die afgestudeerde ingenieur is veronderstel om 'n driejaar "internskap" as ingenieur-in-opleiding te ondergaan, alvorens hy of sy as professionele ingenieur mag registreer. Tydens hierdie opleidingsperiode moet die ingenieur-in-opleiding gelei word om die teoretiese kennis en vaardighede wat aan die universiteit verkry is in die praktyk toe te pas. Die Ingenieursraad van Suid-Afrika het spesifieke riglyne wat voorskryf wat die aard van die ondervinding van die ingenieur-in-opleiding gedurende dié drie jaar moet wees. In beginsel kom dit daarop neer dat die jong ingenieur met al die stelselkomponente, naamlik mense, materiaal, inligting, toerusting, energie en finansies, kennis moet maak en aan 'n wye reeks van bedryfsingenieursaktiwiteite blootgestel moet word. Die jong ingenieur moet geleidelik groter verantwoordelikheid, insluitend bestuursverantwoordelikheid, gegee word. Die situasie waar die jong afgestudeerde uit die staanspoor vir 'n lang periode in 'n hoogs gespesialiseerde, maar beperkte veld, gebruik word moet vermy word. Nie alleen sal dit vir so 'n persoon moeilik wees om as professionele ingenieur te registreer nie, maar so 'n persoon sal waarskynlik ook as volwasse ingenieur "gestremd" bly.

Ek wil daarom die vennootskap tussen die universiteit en die werkgewer in die opleiding van die jong ingenieur beklemtoon. Die praktykblootstelling wat studente deur middel van besoeke, vakansiewerk en projekte kry is uiters waardevol, maar in geheel onvoldoende om 'n volledig afgeronde bedryfsingenieur op die mark te plaas. By wyse van spreuke koop die werkgewer 'n produk waarvan die finale afronding tuis gedoen moet word. Hoe goed so 'n

produk uiteindelik funksioneer, word dus deur beide die fabrikant (die universiteit) sowel as die verbruiker (die werkgewer) se optrede bepaal.

Die vennootskap tussen die universiteit en die werkgewer het ook 'n tweede dimensie, naamlik die aspek van voortgesette opleiding, of in terme van die beeld hierbo, die instandhouding en opgradering van die aangekoopte produk oor die volle lewensiklus daarvan. Gegee die snelle vooruitgang in tegnologie en die verdubbeling van bestaande kennis binne enkele jare, is dit voor die hand liggend dat die produk wat aanvanklik deur die universiteit gelewer is, nie sonder gereelde beplande instandhouding en opgradering aan die eise van die omgewing sal kan voldoen nie. Daar rus dus 'n belangrike verantwoordelikheid op die werkgewer om toe te sien dat hierdie lewenslange opleiding verskaf word.

## 8. SAMEVATTING

In hierdie voordrag het ek 'n oorsig oor die ontwikkeling van bedryfsingenieurswese gegee. Die veranderende wêreld waarin ons leef en die invloed daarvan op die rol en opleiding van die bedryfsingenieur is aangeraak. Die opleiding van bedryfsingenieurs aan die Universiteit van Pretoria is bespreek en 'n konseptuele raamwerk vir bedryfsingenieursopleiding is aan u voorgehou. Ten slotte is die belangrike rol van die werkgewer, in die finale afronding van die afgestudeerde bedryfsingenieur, beklemtoon.

Geagte meneer die Visekanselier en Rektor, dames en here,

Die skep van welvaart bly aan die begin van die 21ste eeu, steeds een van *Homo Industrialis* se vernaamste doelwitte. Die Departement Bedryfs- en Sisteemingenieurswese van die Universiteit van Pretoria is daartoe verbind om bedryfsingenieurs op te lei wat hierdie doelwit sal help verwesenlik.

Ek dank u vir u teenwoordigheid en aandag.

## VERWYSINGS:

1. BASU SK, Technology transfer: A new era a new field for the IE, *Industrial Engineering*, February 1995, pp 20-21.
2. DU PREEZ N & PINTELON L, *The Industrial Engineer: Caught between two revolutions*, Working Paper Centrum Industriële Beleid Katholieke Universiteit Leuven, 1995.
3. FERGUSON G, Developing a curriculum for IE graduates of today and tomorrow, *Industrial Engineering*, November 1991, pp 46-50.
4. HANDY C, *Beyond certainty*, Hutchinson, 1995.
5. KERN LK, Two views of IE: The sophisticates and the traditionalists, *IIE Solutions*, December 1995, pp 12-16.
6. ROBBINS SP, *Organizational behaviour*, Seventh edition, Prentice Hall, 1996.
7. RÖHRS RR, A training model for Industrial Engineering, *Proceedings: SAIIE 11th National Conference*, September 1996.
8. SMERDON ET, Engineering education must change, *Arizona Engineer*, Fall 1995, Vol 18, No 2, pp 2.
9. SPEROTTO F, *In the footsteps of Homo Industrialis*, Picsie Press, 1994.
10. WICKENS PD, *The ascendant organisation*, Macmillan Press, 1995.