

HET KWANTIFICEREN VAN BEDRIJFSPROCESSEN: ESSENTIEEL VOOR FLEXIBEL, VEILIG EN OPTIMAAL ONDERNEMEN.

Rede, in verkorte vorm, uitgesproken bij het aanvaarden van het ambt van bijzonder hoogleraar in de bedrijfswiskunde in de Faculteit der Wiskunde en Informatica van de Vrije Universiteit te Amsterdam op vrijdag 12 februari 1992

door dr. H.M.P. Kersten

1993
Vrije Universiteit Amsterdam

Inleiding

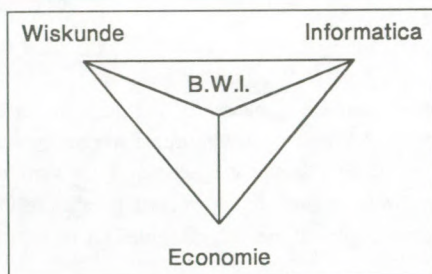
Een inaugurele rede is een bijzondere gebeurtenis. Dit geldt in het bijzonder wanneer het zoals hier een nieuwe leerstoel betreft. De toehoorders worden in staat gesteld om in zeer korte tijd op de hoogte te worden gebracht van het vakgebied van de nieuwe leerstoel: dat van de bedrijfswiskunde. De hoogleraar wordt in staat geacht om in circa 45 minuten op begrijpelijke wijze de essentie van het nieuwe vakgebied en de ontwikkelingen op dat terrein uiteen te zetten.

Mijn rede bestaat ruwweg uit vier onderdelen. Ik zal beginnen met een beschrijving en definiëring van bedrijfswiskunde en daarna ingaan op het belang van het kwantificeren van bedrijfsprocessen. Vervolgens komt het onderwerp flexibel ondernemen aan de orde waarbij ik dan ook zal stilstaan bij enkele scenario's. Daarna zal ik aandacht besteden aan het nemen van risico's bij het ondernemen. Ik zal besluiten met optimaal ondernemen en daarbij een voorbeeld van een leermodel tonen. Gezien de aard van mijn hoofdbetrekking zal ik overwegend voorbeelden geven uit de financiële wereld maar mij niet daartoe beperken.

1. Definitie van BWI en positionering

Bedrijfswiskunde is een component van het vakgebied Bedrijfswiskunde en Bedrijfsinformatica (afgekort BWI). Het kan dan ook niet los worden gezien van bedrijfsinformatica. In de bedrijfswiskunde worden wiskundige technieken en theorie gecombineerd met informatica en zijn ze gezamenlijk gericht op het oplossen van vraagstukken in het bedrijfsleven. Alhoewel wiskunde en informatica ook bij andere problemen kunnen worden ingezet (zoals overheidsvraagstukken, de gevolgen van wet- en regelgeving en ook mondiale vraagstukken, denk aan de Rapporten van de Club van Rome en aan het boek van Meadows et al, "De grenzen voorbij"), ligt de nadruk bij bedrijfs-wiskunde op industriële problematiek en bedrijfsvraagstukken waarbij kwantificering met wiskundige kennis en methoden van essentieel belang is. In figuur 1 is een weergave te zien van de positionering van BWI.

Figuur 1. Positionering van bedrijfswiskunde en -informatica

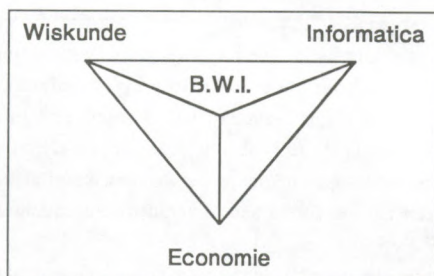


De hoekpunten van de driehoek worden gevormd door de vakgebieden wiskunde, informatica en economie. In het zwaartepunt van de driehoek bevindt zich bedrijfswiskunde en bedrijfsinformatica. Volgt men de lijn van het hoekpunt wiskunde naar het hoekpunt economie, dan komt men achtereenvolgens operations research (ook wel besliskunde genoemd) en econometrie tegen. Beide vakken bevatten weinig informaticacomponenten. Begeeft men zich van het hoekpunt informatica naar economie, dan ontmoet men eerst het vakgebied bestuurlijke informatica waarna, dicht bij economie, het vak bestuurlijke informatiekunde verschijnt. Deze beide vakken bevatten nauwelijks een wiskundige inbreng. Volgt men tenslotte de lijn van informatica naar wiskunde, dan komt men kunstmatige intelligentie tegen, gevolgd door het vakgebied neurale netwerken en, dicht bij de wiskunde, het splinternieuwe terrein van genetische algoritmen. In het vak bedrijfswiskunde is een goed evenwicht gevonden tussen de drie vakken economie,

1. Definitie van BWI en positionering

Bedrijfswiskunde is een component van het vakgebied Bedrijfswiskunde en Bedrijfsinformatica (afgekort BWI). Het kan dan ook niet los worden gezien van bedrijfsinformatica. In de bedrijfswiskunde worden wiskundige technieken en theorie gecombineerd met informatica en zijn ze gezamenlijk gericht op het oplossen van vraagstukken in het bedrijfsleven. Alhoewel wiskunde en informatica ook bij andere problemen kunnen worden ingezet (zoals overheidsvraagstukken, de gevolgen van wet- en regelgeving en ook mondiale vraagstukken, denk aan de Rapporten van de Club van Rome en aan het boek van Meadows et al, "De grenzen voorbij"), ligt de nadruk bij bedrijfs-wiskunde op industriële problematiek en bedrijfsvraagstukken waarbij kwantificering met wiskundige kennis en methoden van essentieel belang is. In figuur 1 is een weergave te zien van de positionering van BWI.

Figuur 1. Positionering van bedrijfswiskunde en -informatica



De hoekpunten van de driehoek worden gevormd door de vakgebieden wiskunde, informatica en economie. In het zwaartepunt van de driehoek bevindt zich bedrijfswiskunde en bedrijfsinformatica. Volgt men de lijn van het hoekpunt wiskunde naar het hoekpunt bedrijfsinformatica. Volgt men de lijn van het hoekpunt wiskunde naar het hoekpunt economie, dan komt men achtereenvolgens operations research (ook wel besliskunde genoemd) en econometrie tegen. Beide vakken bevatten weinig informaticacomponenten. Begeeft men zich van het hoekpunt informatica naar economie, dan ontmoet men eerst het vakgebied bestuurlijke informatica waarna, dicht bij economie, het vak bestuurlijke informatiekunde verschijnt. Deze beide vakken bevatten nauwelijks een wiskundige inbreng. Volgt men tenslotte de lijn van informatica naar wiskunde, dan komt men kunstmatige intelligentie tegen, gevolgd door het vakgebied neurale netwerken en, dicht bij de wiskunde, het splinternieuwe terrein van genetische algoritmen. In het vak bedrijfswiskunde is een goed evenwicht gevonden tussen de drie vakken economie,

informatica en wiskunde, zijn er grote synergie-effecten zichtbaar en is de invulling vanuit bedrijfsoptiek dominant.

Bedrijfswiskunde is een vakgebied waarin zich in hoog tempo veranderingen voordoen. Niet alleen nemen de computermogelijkheden snel toe, ook het grotere gebruik van de computer in bedrijf en het dagelijks leven, levert veel stof en werk voor de bedrijfswiskundige. Het tempo van de technologische ontwikkelingen ligt dermate hoog dat oplossingen die nu misschien niet realiseerbaar zijn, binnen een paar jaar beslist mogelijk zijn. Bij het op de juiste wijze toepassen van nieuwe technologie en het veranderen en aanpassen van bedrijfsprocessen speelt de bedrijfswiskundige en bedrijfsinformaticus een belangrijke rol, want hij is in staat een brug te slaan tussen theorie en de toepassing ervan in de praktijk.

2. Kwantificering van bedrijfsprocessen: een noodzaak

Het kwantificeren van bedrijfsprocessen is, zoals de titel van deze oratie luidt, essentieel voor flexibel, veilig en optimaal ondernemen. Zeker in een tijd die gekenmerkt wordt door elkaar snel opvolgende veranderingen (welke niet altijd verbeteringen zijn), is het van belang te weten hoeveel iets oplevert, hoeveel investeringen nodig zijn, hoe lang iets duurt, hoe groot de risico's zijn, hoeveel er verbeterd kan worden, hoe groot piekbelastingen en bezettingsgraden zijn etcetera. Door te proberen deze vragen cijfermatig te beantwoorden, kan meer inzicht worden verkregen in de te verwachten resultaten en wordt het gevaar vermeden dat men zichzelf rijk rekent en aan onverantwoorde avonturen begint.

De laatste jaren hebben in de wereld gigantische veranderingen plaatsgevonden. Ook de komende jaren zullen gekenmerkt worden door veranderingen en door versnellingen die niet alleen plaatsvinden in de financiële wereld maar in alle onderdelen van onze samenleving. Ik zal me hier beperken tot de financiële wereld. Mede door internationalisatie zal er een verhevigde concurrentie zichtbaar en voelbaar worden, waarbij er op drie fronten gestreden zal worden om te overleven.

Deze drie fronten zijn:

1. de interne efficiency;
2. de kwaliteit van de dienstverlening of het produkt en
3. het vermogen van de organisatie om zich aan te passen aan veranderingen.

Het is een uitdaging om er voortdurend naar te streven zo *efficiënt* mogelijk te werken. Ik wil u hierbij de Japanse begrippen KAIZEN en GEMBA onder de aandacht brengen. Niet

om klakkeloos die technieken over te nemen, maar veeleer om het belang van de mentaliteit, die nodig is om verbeteringen te signaleren en te realiseren, te onderstrepen. Het is onmogelijk om KAIZEN en GEMBA van bovenaf op te leggen; het is een houding die van onderaf, als een grassroot beweging, moet worden geïnitieerd. Het management kan hiervoor een gunstig klimaat scheppen en pogingen belonen die leiden tot verbeteringen van het productieproces. Ik zal later uitgebreider ingaan op de interne efficiency.

De maatstaf voor *kwaliteit* is de kwaliteit zoals de klant die beleeft. De waardering van de prijs van het produkt, de prijs/prestatie-verhouding, de bedrijfskosten, het imago, allen zijn ze afhankelijk van de beoordeling van de kwaliteit van het produkt door de klant. Toch is het streven naar de hoogste kwaliteit geen doel op zich. *De klant* zal de afweging moeten maken: de keuze tussen een kwaliteit van drie sterren en een prijs van zeg f 1000,- of een kwaliteit van vier sterren tegen een prijs van f 2000,-. De zakelijke dienstverlening en met name de bancaire dienstverlening zal de komende jaren deze keuzen vaker aan de klant voorleggen; een gedifferentieerd produktpakket met verschillende tarieven. Laat de klant zijn keuze maken en probeer zo efficiënt mogelijk de gevraagde kwaliteit, gegeven deze keuze, te leveren.

Het *vermogen van de organisatie om zich aan te passen* aan veranderingen is een redelijk onbekende strategische variabele. Een kwantificering van dit vermogen heeft, voor zover mij bekend, nog nooit plaatsgevonden. In veranderende omstandigheden is het duidelijk dat een star, log en inflexibel bedrijf grote problemen zal hebben om in te spelen op wijzigingen in de markt, de concurrentie, de technologie, wettelijke eisen enzovoorts. Het beïnvloeden van dit vermogen tot veranderen is geen eenvoudige zaak. Het zich bewust zijn van deze strategische succesfactor alleen al, is een grote stap voorwaarts.

De relatie van bedrijfswiskunde met bovenstaande onderwerpen is duidelijk. Bedrijfswiskunde speelt een belangrijke rol bij het analyseren en verbeteren van efficiency, bij het meten en verbeteren van kwaliteit en last-but-not-least, bij het kwantificeren van veranderingen in bedrijfsprocessen.

3. Flexibel ondernemen

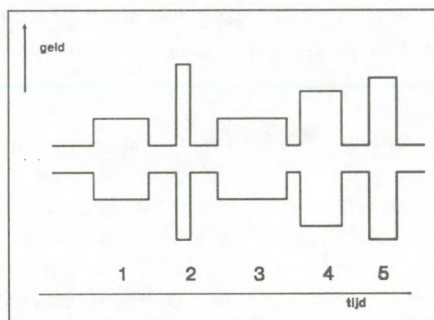
3.1 De inrichting van bedrijfsprocessen

Bij het design en het re-design van bedrijfsprocessen onderscheiden we twee fasen. De eerste fase richt zich op het *doel* van de onderneming en de vertaling van dit doel in de richting van het productieproces. Een strategische doelstelling als "continuïteit van de onderneming" dient op de een of andere manier vertaald te worden naar operationeel en

tactisch niveau. De tweede fase is het *optimaal inrichten van de procesgangen* van de onderneming.

Bij het kritisch bekijken van de huidige procesgangen en de afweging van mogelijke alternatieven kan een algemeen raamwerk worden gehanteerd waarbij animatie en simulatie wordt gebruikt. Deze voorstelling (zie computermodel) is algemeen en niet beperkt tot industriële toepassingen. Sterker nog, door deze systematiek toe te passen op niet-industriële bedrijven zoals financiële instellingen en overheidsinstellingen, wordt het duidelijk waarom sommige zaken zo lang duren en zo kostbaar zijn. Men spreekt hier ook wel van het toepassen van logistieke technieken in administratieve omgevingen.¹ Dat bedrijfsviskunde hierbij naar voren komt zal u niet verbazen.

Figuur 2. Schematische weergave van een globaal bedrijfsproces.



In figuur 2 worden vijf bedrijfsschakels weergegeven. Dit kan op een geaggregeerd niveau zijn waarbij de schakels vijf complete fabrieken voorstellen. Het kan ook op een lager niveau worden gebruikt waarbij de schakels bijvoorbeeld afdelingen, personen, computereenheden of fasen voorstellen. Verticaal zijn de kosten afgezet, horizontaal de tijd die een schakel nodig heeft om zijn bijdrage aan het eindproduct te leveren. Zo is eenvoudig te zien dat produktie-eenheid 2 duurder is dan eenheid 3, maar dat hij ook sneller is. Het omgekeerde geldt voor eenheid 1 die goedkoper is dan schakel 4. Dit model laat zich eenvoudig uitbouwen tot produktie-eenheden met lokale voorraadvorming en tot een keten met voorraden grondstoffen en voorraden eindprodukten. Ook is een uitbreiding naar "lussen" en "by-passes" goed mogelijk en kan (het belang en de invloed van) Quality Control eenvoudig zichtbaar worden gemaakt.

¹Ook binnen deze omgevingen zijn ontkoppelpunten herkenbaar zoals klant-order-ontkoppelpunt, bedienings-ontkoppelpunt en transactie-ontkoppelpunt.

Een aantal vragen kan nu worden opgeworpen. De eerste vraag is vanzelfsprekend hoe goed het huidige (hier zichtbare) proces is. Hiervoor dient een aantal zaken te worden gekwantificeerd. Een tweede vraag kan zijn: waarin dient geïnvesteerd te worden teneinde de totale performance van het proces te verbeteren? Kiest men bijvoorbeeld voor investering in de langzaamste schakels of investeert men in zaken die moeten leiden tot een overall lager kostenniveau? Of kiest men voor investering in componenten die leiden tot een hoger kwaliteitsniveau of die leiden tot een betere benuttingsgraad van de ingezette produktiemiddelen. De omgekeerde vraag kan natuurlijk ook worden gesteld: wanneer men zich in de situatie geplaatst ziet dat men zeg 10 miljoen gulden dient te bezuinigen, waar dient men dan te snijden of in te grijpen en wat zijn de gevolgen daarvan?

Bedrijfswiskunde speelt hierbij een cruciale rol. Niet alleen vanwege het vermogen om te kwantificeren maar ook om de besluitvorming te ondersteunen bij vragen als: wat is het doel van mijn onderneming en hoe vertaal ik dit doel in de richting van mijn productieproces? Wordt mijn doel dan het bereiken van een zo kort mogelijke doorlooptijd? Of wordt het afgeleide doel het bereiken van een zo hoog mogelijke bezettingsgraad of een zo laag mogelijk kostenniveau? Speelt niet veeleer het kwaliteitsniveau en het serviceniveau een voor mij doorslaggevende rol? En is de prijs/prestatieverhouding wel het criterium waarop ik mij wil richten. En hoe speelt, last-but-not-least, arbeidssatisfactie in dit verhaal mee? Ik kom hier later kort op terug.

Vaak gaat het niet om één variabele maar om het vinden van een evenwicht tussen meerdere variabelen. Bovendien is de wereld niet statisch maar dynamisch en treden veranderingen voortdurend op. Om hierop vroegtijdig te kunnen inspelen, worden scenario's opgesteld en doorgekend.

3.2 Scenario's

Scenariorekening is niet nieuw. Er zijn een groot aantal historische voorbeelden waarbij vooral die uit de krijgskunde (met maquettes) bekend zijn. Het vakgebied polemologie kende begin jaren zeventig al scenariomodellen op de computer waarmee vraagstukken op het gebied van oorlog en vrede werden geanalyseerd. Het werk van Meadows heb ik al eerder genoemd. Ruwweg onderscheiden we drie categorieën:

- groeiscenario's (ook negatieve groei);
- stress-scenario's (w.o. piekbelastingen) en
- catastrofescenario's.

De eerste categorie, groeiscenario's, komt naar voren bij het uitwerken van het doel van de onderneming en het inrichten van het bedrijf: het bepalen van de businessplannen, investeringsplannen, te verwachten rendement, benodigd aantal resources etcetera. Hier komt men vaak het begrip 'best-scenario' en 'worst-scenario' tegen. Het 'best-scenario' geeft het meest optimistische beeld van de toekomst terwijl het 'worst-scenario' de meest sombere kijk op de zaken vertegenwoordigt. Beide scenario's dienen echter wel realistisch te zijn! Het is aan te raden om bij investeringsvoorstellen en de daarbij berekende return on investment (roi), niet langer één getal te geven, maar twee: de bovengrens (de roi in het meest gunstige geval) en de ondergrens (de roi volgens het 'worst-scenario'). Dit is niet altijd eenvoudig maar wel zeer nuttig.

De tweede categorie, de stress-scenario's, wordt met name gebruikt om bottlenecks in de bedrijfsvoering op te sporen. De inrichting van bedrijfsprocessen vindt niet alleen plaats op basis van te behalen doelen, maar men moet ook rekening houden met een - te garanderen - serviceniveau. Door na te gaan waar zich het eerst problemen voordoen in de produktielijn, ongeacht of dit een industrieel bedrijf of een dienstverlenend bedrijf is, kan men tijdig optreden wanneer ergens de druk te hoog wordt. Dit type scenario is op zich niet nieuw: in de context van de computerwereld en de telecommunicatie wordt vaak op piekbelasting geconfigureerd. Dit geldt ook voor processen die een gegarandeerd serviceniveau hebben zoals geldautomaten, betaalautomaten en online-verbindingen. Juist op deze terreinen zijn stress-scenario's uitermate nuttig.

De laatste categorie, catastrofe-scenario's, is een redelijk bekend fenomeen. Wanneer zich een echte calamiteit voordoet, is er geen tijd om strategische of tactische plannen te maken. Het komt dan aan op snel en krachtig optreden. Voorbeelden zijn ontruimingsoefeningen op schepen en in gebouwen (bij brand- of bommeldingen), het uitvallen van een computercentrum en op regionaal en nationaal niveau calamiteiten zoals dijkbreuken, vliegtuigongevallen, ontploffingen en oorlog. Voor dergelijke gevallen liggen er uitgewerkte, zeer gedetailleerde draaiboeken.

Ik ben van mening dat men in het bedrijfsleven over meer uitgewerkte draaiboeken zou moeten beschikken dan nu; deze draaiboeken stellen ons in staat om optimaal te reageren op gebeurtenissen: alert, verstandig en beheerst. Ik ken een aantal van dergelijke draaiboeken maar mijns inziens loont het zeker de moeite om daarin te investeren opdat de toepassing ervan niet alleen beperkt blijft tot de zeer grote bedrijven, maar dat ook middelgrote bedrijven in andere bedrijfstakken hiervan profijt kunnen hebben.

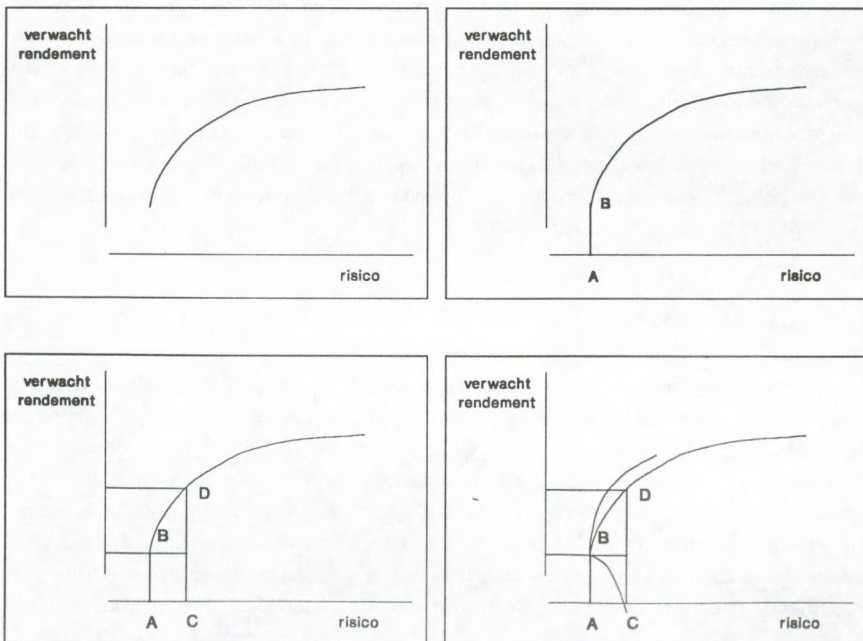
4. Veilig ondernemen

Risico kan men vanuit twee gezichtspunten bezien. De eerste optiek is die waarbij men bewust een bepaald risico neemt teneinde een bepaald resultaat of rendement te verkrijgen. Het tweede gezichtspunt is dat waarbij men risico ziet als de mogelijkheid dat (vooraf geplande) handelingen door verschillende omstandigheden niet of slechts ten dele plaats kunnen vinden. Ik zal eerst wat langer stilstaan bij risico versus rendement.

4.1 Risico versus rendement

Ondernemen is risico lopen. Maar teveel en onnodig risico lopen is nergens voor nodig. Het verband tussen risico en rendement wordt vaak weergegeven zoals in figuur 3. Hierbij is horizontaal het risico afgezet. Hoe meer naar rechts, hoe groter risico men loopt. Verticaal is het verwachte rendement afgezet. Hoe lager, hoe minder verwacht rendement. Aan de hand van beleggingsleer kan dit als volgt worden verduidelijkt. De onzekerheid van het rendement op een beleggingsportefeuille wordt tot uitdrukking gebracht door het rendement te beschouwen als een stochastische variabele met een (onbekende) onderliggende kansverdeling. De *efficiënte grenslijn* is de bovenzijde van de minimale variantielijn die alle realiseerbare portefeuilles naar links begrensd. Een portefeuille heet

Figuur 3. Relatie tussen risico en verwacht rendement



efficiënt als het punt dat ermee overeenkomt, op de efficiënte grenslijn ligt. Dat deze theorie kan worden uitgebreid naar produktieketens wordt beschreven door Rietveld (1992) en aangetoond door Rosenblatt en Sinuany (1989).

Eén van de strategieën is om tegen een bepaald risico het maximale rendement te behalen. Minimaliseert men eerst het risico, dan komt men via punt A in punt B terecht. Door concurrentie-overwegingen of andere oorzaken kan men genoodzaakt zijn een andere strategie te volgen. Door iets meer risico te lopen, hoopt men een aanmerkelijk hoger rendement te verkrijgen (via punt A, naar C en daarna naar punt D). Men moet nadrukkelijk beseffen dat op de verticale as het verwachte rendement staat afgezet. Wanneer men ook een 'worst'-scenario en een 'best'-scenario hanteert voor exogene variabelen en deze eveneens weergeeft, dan blijkt soms dat er een reële kans is op een negatief resultaat bij het lopen van een iets groter risico (men belandt dan onder punt C). Het is aan de bedrijfsleiders om de mogelijkheid van een hoger rendement aan te grijpen, daarbij rekening houdend met de kans op een negatief rendement.

Bovenstaand voorbeeld is een mooie illustratie van de rol die een bedrijfswiskundige kan spelen in een bedrijfsomgeving. Hij of zij kwantificeert de mogelijke gevolgen van gebeurtenissen en strategieën. Het toepassingsgebied is enorm. Binnen de financiële wereld zijn als voorbeelden onder andere bekend: de samenstelling en performance van aandelenportefeuilles, het al dan niet opnemen van opties in portefeuilles, het al dan niet geven van hoofdsomgaranties, het opstellen van covered warrants, de risico's en het rendement bij de financiering van Noordzeekanaaltunnels, de risico's en het rendement bij het overnemen door het bankwezen van de Studiefinanciering, het benutten van koersinformatie op minutenbasis, het evalueren van treasury-strategieën en het al dan niet oprichten van een zogenaamde captive of het op andere wijze indekken tegen risico's. Bij al deze onderwerpen loopt men bewust risico teneinde een bepaald rendement te behalen. Iets anders ligt het bij het risico dat men loopt door een factor die niet rechtstreeks met het bedrijfsproces te maken heeft: *het toeval*.

4.2 Bestand zijn tegen het toeval

Bij risico-rekening probeert men inzicht te krijgen in de mogelijke gevolgen voor het bedrijf bij veranderingen in de markt, de samenleving, de handel of bijvoorbeeld de rente. Bij een bank gaat het vooral om de mogelijke invloed die rentewijzigingen hebben op de aantrekkingen en de uitzettingen. Ook de omloopsnelheid van de spaarmiddelen en het vermogen tot sparen zijn van groot belang. Door de mismatch of mismatch tussen aantrekkingen en uitzettingen (of de ingenomen posities op de diverse financiële markten) zorgvuldig in kaart te brengen, kan men nagaan wat de kwetsbaarheid is ten aanzien van mogelijke wijzigingen. Dit risico kan men in kentallen uitdrukken. Eén zo'n kental is de

renterisicofactor die aangeeft met hoeveel de rentewinst zou dalen of stijgen wanneer de rente met één procent daalt of stijgt. Een soortgelijk cijfer kan men ook bepalen voor valutarisico. Risico-rekening kan men op veel terreinen toepassen en nieuwe hulpmiddelen dienen zich hiervoor aan. Een voorbeeld moge dit verduidelijken.

Stel u bent een ondernemer en u produceert en verhandelt een zeker produkt. Zie hiervoor ook tabel 1. Uw produktiekosten bedragen f 1.000,- per geproduceerde eenheid en u produceert in deze periode 500 stuks. Wanneer U deze produkten verkoopt voor f 1.250,- per stuk en u slaagt erin om 450 produkten te verkopen dan is het eenvoudig te berekenen dat uw omzet f 562.500,- bedraagt. Voor de resterende 50 produkten die u over heeft, betaalt u nog f 50,- voorraadkosten per eenheid zodat uw winst over deze periode f 60.000,- beloopt. Dit bedrag en de waarde van de voorraad in ogeschouw nemend, is dit niet zo'n slecht resultaat.

Tabel 1. Voorbeeld van een kleine onderneming.

Produktiekosten per stuk	f 1000,-
Geproduceerd aantal	500
Verkoopprijs per stuk	f 1250,-
Verkochte hoeveelheid	450
Omzet	f 562500,-
Voorraadkosten per stuk	f 50,-
Bruto winst	f 60000,-

Tabel 1 is ook als een spreadsheet te zien waarmee eenvoudig varianten door te rekenen zijn. Hoeveel zou de winst bedragen bij een iets hogere verkoopprijs, bij een iets lager verkocht aantal, bij lagere voorraadkosten etcetera? Ik zal hier niet dieper ingaan op de voordelen van spreadsheets die tegenwoordig algemeen gebruikt worden. Ik wil met u iets langer stilstaan bij de invloed van het toeval op uw resultaten als ondernemer. Door dit spreadsheet namelijk uit te breiden, kan stochastiek in de analyse worden betrokken. We gaan uit van hetzelfde spreadsheet maar nemen meer onzekerheid mee. Stel bijvoorbeeld dat de produktiekosten *circa* f 1.000,- bedragen en laten we een marge hanteren rondom deze f 1.000,-. We veronderstellen dat de werkelijke produktiekosten een normale verdeling volgen met een verwachting van f 1.000,- en een standaardafwijking van f 100,-. Laten we het geproduceerde aantal op *circa* 500 stellen met een zekere bandbreedte van 10. Voor de statistici: een uniforme verdeling rondom 500. Laten we de prijs redelijk vast proberen te houden en eventuele kortingen aan klanten vertalen door een kleine marge

naar beneden te hanteren voor de prijs. Vanwege de eenvoud zullen we net als in het vorige spreadsheet geen verband aanbrengen tussen het verkochte aantal en de prijs (wat overigens wel verstandig is) maar we veronderstellen dat het verkochte aantal normaal verdeeld is rond de 450 met een standaardafwijking van 5. De voorraadkosten per stuk laten we even ongewijzigd.

Het zal duidelijk zijn dat in de omzet die u als ondernemer realiseert, nu een groot aantal toevalsfluctuaties wordt meegenomen. We zullen eens nagaan of uw onderneming, gegeven deze onzekerheden nog steeds zo lucratief is zoals we daarnet dachten. We zullen deze situatie een aantal malen simuleren (zeg 1000 maal) en een blik op de resultaten werpen. Zoals u ziet vindt deze simulatie razendsnel plaats. Ook het op deze wijze in kaart brengen van de invloed van het toeval in grotere spreadsheets gaat snel en eenvoudig.

De simulaties laten zien hoe groot de gemiddelde winst in deze 1000 simulaties bedraagt. Ook is de kans te bepalen op het draaien met verlies of de kans dat u een winst maakt van meer dan f 50.000,-. Deze kans kan eenvoudig aan de hand van het cumulatief frequentiepolygoon worden vastgesteld.

Net als bij een normaal spreadsheet, laat dit spreadsheet zich eenvoudig veranderen. Wanneer u andere veronderstellingen wilt doen, bijvoorbeeld een ander soort verdeling, een relatie tussen twee of meer variabelen wilt leggen, onder- en bovengrenzen wilt meegeven, richting van verschuivingen wilt vastleggen, dit alles laat zich eenvoudig verwerken. Merk op dat we met de hier geschetste uitbreiding eigenlijk aan het rekenen zijn met onzekerheden, terwijl we in het eerste spreadsheet een volkomen deterministische aanpak volgden.

Dit voorbeeld (waarbij het produkt RISK is gebruikt) toont aan dat we eenvoudig inzicht kunnen krijgen in de kwantitatieve gevolgen van tegenvallers, van het niet meewerken van de markt, als het even tegen zit en wanneer Murphy toeslaat. Deze wijze van risicorekening wordt nog veel te weinig toegepast. Zeker voor essentiële en vitale voorzieningen in de maatschappij zijn dergelijke analyses onontbeerlijk. In dit licht bezien is het onbegrijpelijk dat in een recent onderzoek door Coopers & Lybrand onder Nutsbedrijven² de uitspraak wordt gedaan dat "door de sector (zijnde gas, water, elektriciteit en RTV-signalen) niet echt gekeken wordt naar risico-analyse. Uitgangspunt is immers dat leveringen onder alle omstandigheden moeten plaatsvinden." In het onderzoeksrapport wordt hierbij terecht de vraag gesteld of hiermee de optimale kosten/baten-verhouding wordt bereikt.

²Coopers & Lybrand Management Consultants, 1992, "Marktonderzoek Nutsbedrijven, een verkennende studie voor het CTW"

Ik kan op dit moment en op grond van het huidige materiaal geen uitspraak doen over het risico dat onze maatschappelijke infrastructuur loopt en zeker niet over de mate waarin hierbij een evenwicht is gevonden tussen risico en rendement. Wel prijs ik mij gelukkig met het feit dat ik werkzaam ben bij een bedrijf waarbij men voorzieningen heeft getroffen om de meest vitale bedrijfsonderdelen, tegen een acceptabel prijsniveau, te behoeden voor het "uit de lucht gaan". Gezien het belang van de infrastructurele voorzieningen hoop ik dat de conclusie van het onderzoek naar het gebruik van risico-analyse binnen de sector Nutsbedrijven onjuist of voorbarig is. Juist in deze sector hoort risico-analyse bij het ondernemerschap. Het tegen elke prijs indammen van het risico lijkt me te ver gaan.

De laatste jaren zijn er informatica-ontwikkelingen geweest die kunnen bijdragen aan een veiliger ondernemen. Ik wil er hier slechts twee noemen: kennissystemen en neurale netwerken. Beide technieken zijn inzetbaar bij het monitoren van grote bedrijfsprocessen, zowel in de industrie als in andere sectoren.

5. Optimaal ondernemen

5.1 Nabootsen van de werkelijkheid

Men kan inzicht krijgen in de gevolgen van mogelijke gebeurtenissen door situaties te simuleren. Daartoe maakt men een simulatiemodel dat rekening houdt met de belangrijkste factoren van het proces. Men kan gebeurtenissen en bedrijfsprocessen uitstekend nabootsen en "levensechte" situaties scheppen. Het nabootsen van de bedrijfsvoering geeft inzicht in de gevoeligheid en kwetsbaarheid van deze bedrijfsprocessen voor veranderingen door invloed van buiten af of voor veranderingen van het bedrijfsproces zelf.

Terwijl het nabootsen van situaties redelijk eenvoudig is, is het beantwoorden van de vraag naar het optimum vaak een stuk moeilijker. Menig simulatiemodel is uitgerust met een groot aantal "knoppen" waarmee veranderingen en scenario's kunnen worden geëvalueerd. In de praktijk wordt meestal geprobeerd *die* instelling van de knoppen te vinden die leidt tot het optimale resultaat. Vanzelfsprekend is dan vastgesteld of de doelvariabele bezettingsgraad, kosten of doorlooptijd is. Een onderzoek van het Centrum voor Toegepaste Wiskunde in samenwerking met de Katholieke Universiteit Brabant naar het optimum bij produktieketens is onlangs afgerond. Daarbij is analytisch gezocht naar optimalisatie van verschillende variabelen in produktieketens (zie hiervoor Aarts (1992)). Dit onderzoek was dermate vruchtbaar dat inmiddels een vervolgonderzoek is gestart.

Dit brengt mij op *genetische algoritmen*, een redelijk nieuw terrein waarin met nieuwe computertechnologie naar optimale oplossingen wordt gezocht. Zoals u zich kunt herinneren heb ik dit terrein gepositioneerd op de lijn informatica - wiskunde, dicht bij de

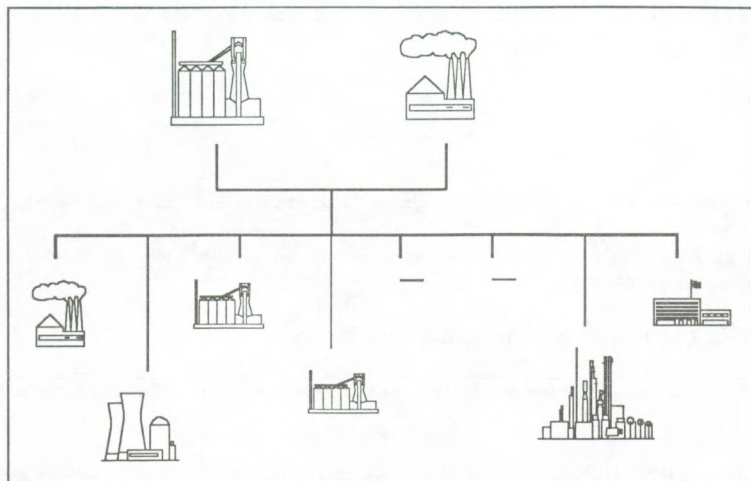
wiskunde. Met genetische algoritmen probeert men de computer toelaatbare oplossingen te laten generen en te laten evalueren. Dit is op zich niet nieuw. Het nieuwe zit hem in het aggregatieniveau. Ik zal hiervan dadelijk een voorbeeld geven maar eerst enkele opmerkingen plaatsen.

Genetische algoritmen zijn stochastische zoekmethoden die gebaseerd zijn op biologische principes. Hoewel ze toegepast zijn bij classificatieproblemen en zelflerende systemen, zijn het eigenlijk approximatie algoritmen voor het vinden van een maximum of minimum van een doelfunctie in een eindige oplossingsruimte. Door een relatie te leggen met de biologie zijn er veel nieuwe algoritmen ontworpen en onderzocht. Eiben (1991) stelt terecht dat deze banden met de biologie ook te knellend kunnen zijn en daardoor kunnen verhinderen dat nieuwe toepassingen worden gevonden. Zo hoeven we ons niet te beperken tot slechts één doelvariabele of één doelfunctie (dat doet de natuur ook niet) en kunnen we ook meer dan één ouderpaar kiezen.

Ik zal een voorbeeld van een toepassing van genetische algoritmen geven. Eerder vanmiddag heb ik het voorbeeld van een produktieketen besproken. Stel nu dat we (met en in de computer) 100 van dergelijke produktieketens (lees "bedrijven") genereren met willekeurige parameters zoals aankomstpatronen, bedieningstijden, wachttijden en resources. We beschouwen elk bedrijf als een eigen wereldje onder een glazen stolp, onderhevig aan invloeden waaronder, natuurlijk, het toeval. Na verloop van tijd kijken we welke van de bedrijven het overleefd hebben. Van de overlevende bedrijven kiezen we er twee: we noemen ze hier ouders. Vervolgens combineren we de eigenschappen van deze twee ouders door de "genen" van de bedrijven (zijnde de parameterwaarden van diverse onderdelen) te combineren, te verwisselen, te muteren en over te brengen in nieuwe bedrijven die, en dat zal u niet verbazen, we de kinderen noemen. Deze kinderbedrijven worden vervolgens weer onder een glazen stolp geplaatst, geëvolueerd en daarna geëvalueerd.

Ik weet zeker dat dit voor de meesten van u heel futuristisch en science fictionachtig klinkt, maar het is de volgende stap in de ontwikkeling van kunstmatige intelligentie, waarbij de oude band met de wiskunde weer hersteld wordt. De eerste Rabo-toepassing is al gerealiseerd in het project Productideeen-generator All-Finanz. Behalve dat de computer kan rekenen, kan het ook redeneren (AI = kunstmatige intelligentie), reageren (NN = neurale netwerken) en recombineren en evolueren (GA = genetische algoritmen).

Men spreekt vaak over een optimale bedrijfsvoering wanneer het optimum van "harde" variabelen zoals winst, kosten en doorlooptijd wordt bereikt. Zie hiervoor bijvoorbeeld Goldratt en Cox (1986) en Warner (1988 en 1992). Toch heeft een optimale bedrijfsvoering ook alles te maken met normen en waarden van een bedrijf, met de mentaliteit die er heerst en de geest waarin gehandeld wordt. Bedrijfswiskunde richt zich



door de aard van de hulpmiddelen zeker meer op de harde variabelen, doch zal en mag de menselijke variabelen nooit vergeten; vaak wordt een wiskundig optimale oplossing terecht niet gekozen, omdat het sociaal niet optimaal is.

5.2 Leermodellen

De piloten van vandaag de dag brengen een groot deel van hun opleiding door in flight-simulators waarin levensechte situaties worden nagebootst. Het aantal toepassingen waarin de computer wordt ingezet als leraar of als aanbieder van leersituaties is enorm. Vaak worden hierbij animatietechnieken gebruikt, zoals u kon waarnemen in de computermodellen die ik toonde. Zij maken de leersituatie speels waardoor het leren eenvoudiger en sneller gaat. Ik wil u in dit verband wijzen op een computersimulatie van een stad³ waarbij zowel geluid, kleur als beweging gebruikt worden. Hoewel dit spel nog niet gebruikt wordt bij de ambtenarenopleidingen in Nederland, is het daar zeer geschikt voor. De speler of cursist dient afwegingen te maken tussen infrastructurele vraagstukken, werkgelegenheid, belasting, populariteit, het belang van de burger, veiligheid, milieu enzovoorts. Een van mijn grote wensen is om een dergelijk hulpmiddel voor het besturen van een bank te maken. Er zijn grote overeenkomsten in problematiek vergeleken met een stad. Leerfouten kunnen mijns inziens beter in een leersituatie worden gemaakt en last-but-

³Simcity, the city simulator.

not-least liggen er op dit moment voldoende bouwstenen om het bereiken van dit doel als realistisch aan te merken. Het door het CTW gebouwde Lokale Bank Model (zie Haarman (1992)) is hiervoor een goed uitgangspunt.

Literatuur

- Aarts, M., 1992, Produktielogistiek (Centrum voor Toegepaste Wiskunde, Rabobank Nederland, Utrecht).
- Eiben, A.E., 1991, A method for designing decision support systems for operational planning (Proefschrift Technische Universiteit Eindhoven).
- Goldratt, E.M. en J. Cox, 1986, Het doel (Spectrum, Utrecht).
- Haarman, R., 1992, Van stratego naar strategie (Centrum voor Toegepaste Wiskunde, Rabobank). Nederland, Utrecht).
- Hettema, M.T.H. van, 1992, ANIMO, animatietechnieken als beeldvorming bij modellering (Centrum voor Toegepaste Wiskunde, Utrecht).
- Imai, M., 1986, Kaizen (Kluwer, Deventer).
- Meadows, D.H. et al., 1972, De grenzen aan de groei (Spectrum, Utrecht).
- Meadows, D.H., D.L. Meadows en J. Randers, 1991, De grenzen voorbij (Spectrum/Aula, Utrecht).
- Rietveld, R.F., 1992, Efficiënte produktiesystemen (Centrum voor Toegepaste Wiskunde, Rabobank Nederland, Utrecht).
- Risk, 1990 (Palisade Corporation, Newfield, NY).
- Rosenblatt, M.J. en Z. Sinuany - Stern, 1989, Generating the discrete efficient frontier to the capital budgeting problem, Operations Research, Juni 1989.
- Simcity, the city simulator, 1989 (Maxis Software, Will Wright, Moraga).
- Warner, A., 1988, The bottom line (Gower, Vermont).
- Warner, A., 1992, Beyond the bottom line (Gower, Vermont).