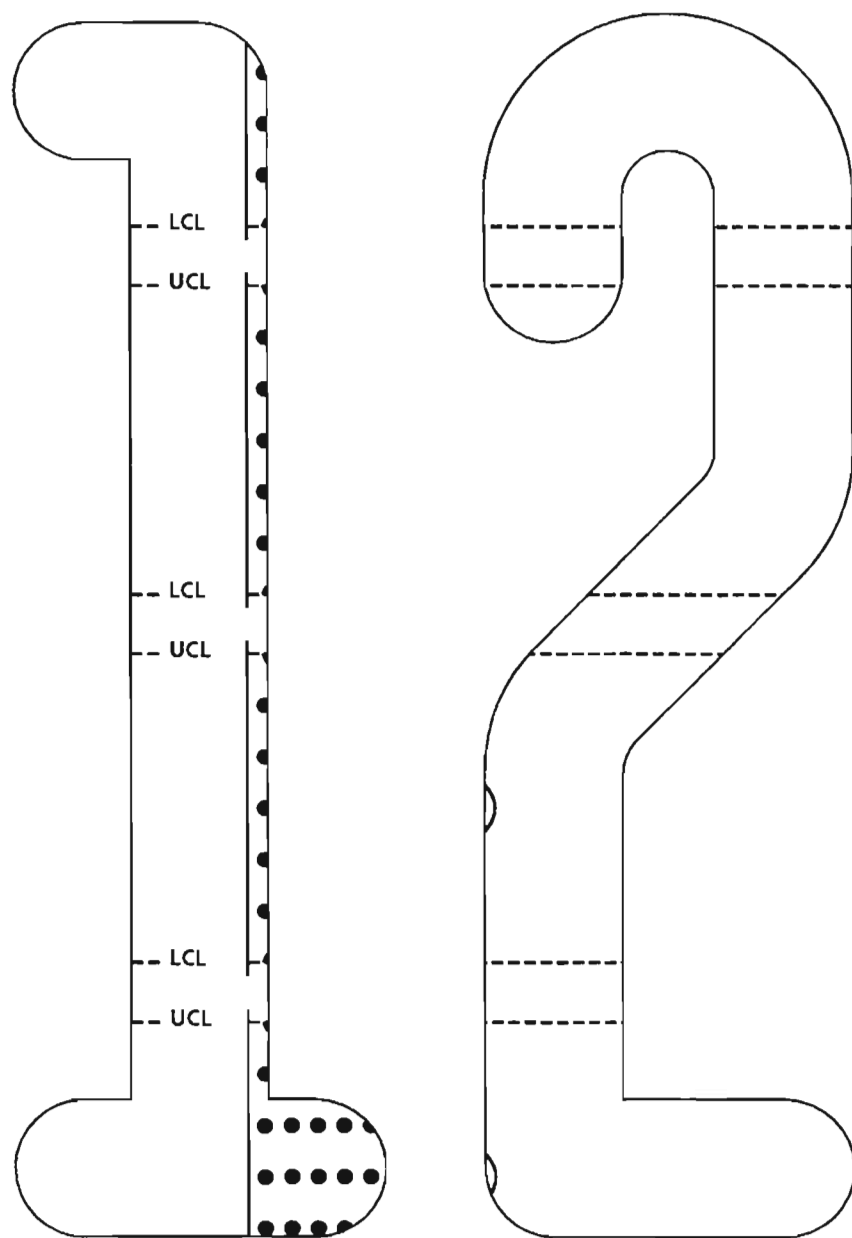




VERFFABRIEK

EEN PALET VAN TOEPASSINGEN

QUALITY IMPROVEMENT MANAGER

Marlies Jansen



'steeds de vertaalslag van theorie naar praktijk'

Marlies Jansen studeerde wiskunde aan de Rijksuniversiteit Utrecht met statistiek als hoofdvak. Na haar studie werkte ze bij de Gemeente Universiteit van Amsterdam, bij Unilever, bij het Centraal Bureau voor de Statistiek en bij het Ministerie van Economische Zaken. Vervolgens kwam ze bij AKZO terecht. Ze koos bewust voor het bedrijfsleven, vanwege de directe koppeling naar de praktijk. 'Steeds de vertaalslag maken van theorie naar praktijk', zoals ze het zelf uitdrukt. Aanvankelijk was ze verantwoordelijk voor de 'statistical process control' in de fabriek. Het leuke daarvan vond ze de directe betrokkenheid bij het productieproces en de samenwerking met de mensen in de productie. In haar tegenwoordige functie van quality improvement manager is ze op verschillende niveaus binnen de organisatie werkzaam, waardoor ze met mensen uit allerlei disciplines en hiërarchische niveau's te maken heeft. 'Ik voel me soms net een psychologe', zegt ze. Een belangrijk deel van haar werk bestaat uit het motiveren van mensen om bepaalde veranderingen, verbeteringen in het productieproces door te voeren. 'Als bij voor-

beeld de prognoses verbeterd moeten worden, zeggen de mensen die tot dan toe voor de prognoses verantwoordelijk waren: "Onmogelijk! Dat kan niet! We doen het al zo goed als mogelijk is." Dan moet je eerst analyseren hoe het nu gaat, vervolgens nagaan waar verbetering mogelijk is en dat weer aan de betrokkenen duidelijk maken.'

Marlies werkt in een typische mannenwereld. Op de lokatie waar ze op dit moment werkt, is zij de enige vrouw met een hoge functie. In de verffabriek werd ze snel geaccepteerd. 'Ik merk dat het prettig gevonden wordt dat ik ze als gelijkwaardigen behandel en ook altijd iets doe met wat ze me vertellen.' In de omgang met academici ligt het echter moeilijker. 'Als ik op hun terrein kom, wordt dat al gauw als bedreigend ervaren. Ze houden er niet van dat er in hun keuken wordt gekeken, en zeker niet als dat door een vrouw gebeurt die kritische vragen stelt.'

Bij de verbeteringsprojecten komen heel wat wiskundige technieken om de hoek kijken. Om te beginnen wordt er gebruik gemaakt van tijd-

reeksanalyses. Verder kunnen de mengselproeven en de proefopzetten voor verbetering van de receptuur niet zonder wiskunde. Ook de variantie-analyse wordt toegepast: de niveaus van bepaalde variabelen moeten zó worden gekozen, dat er optimaal gebruik kan worden gemaakt van de resultaten. Optimaal wil zeggen dat kan worden aangegeven hoe de kwaliteit van de variabelen het eindresultaat, de kwaliteit van het produkt, beïnvloeden. Verder wordt er gebruik gemaakt van Markovketens om veranderingen in de marktaandelen te kunnen voorspellen. In de toekomst wil Marlies ook andere onderdelen van de wiskunde gebruiken, zoals het lineair programmeren bij het kiezen van een productieproces of van transportwegen.

Over het wiskundeonderwijs op school zegt ze: 'Ik heb vaak de indruk dat de wiskunde te vriendelijk gebracht wordt, waardoor de helderheid verloren gaat.'

Ze benadrukt het belang van de praktische toepassing van theoretische kennis: 'Er moet niet alleen wiskunde om de wiskunde gegeven worden. Je moet leerlingen direct confronteren met de toepassingen, bij elk onderwerp proberen een afstemming te krijgen op andere vakken. Statistiek bij voorbeeld is méér dan gemiddelde en variantie berekenen. Pak de krant, verwijs naar onderzoek, laat in de les uitzoeken welke techniek voor de oplossing van een probleem het meest geschikt is. Leerlingen moeten gevoel krijgen voor wat wel en wat niet mogelijk is.' ■

Beroep: kleurdeskundige (v/m), schilder (v/m)

- Opleiding: leerlingstelsel
- Toelatingseisen: vbo-diploma of tien jaar dagonderwijs
- Informatie: SVS, Stichting Vakopleiding Schilders- en Stukadoorsbedrijf, Postbus 76, 2740 AB Waddinxveen, tel. 01828-16133

Beroep: verfspecialist (v/m)

- Opleiding: mts afwerkingstechniek/schilderstechniek
- Toelatingseisen: vbo-diploma met minstens drie vakken volgens het C-programma (vaak is wiskunde en natuurkunde verplicht) of mavo-diploma
- Informatie: mts-opleidingen te Zwolle, tel. 038-546944, te Bostel, tel. 04116-72270, te Utrecht, tel. 030-714624

Beroep: verftechnisch adviseur (v/m)

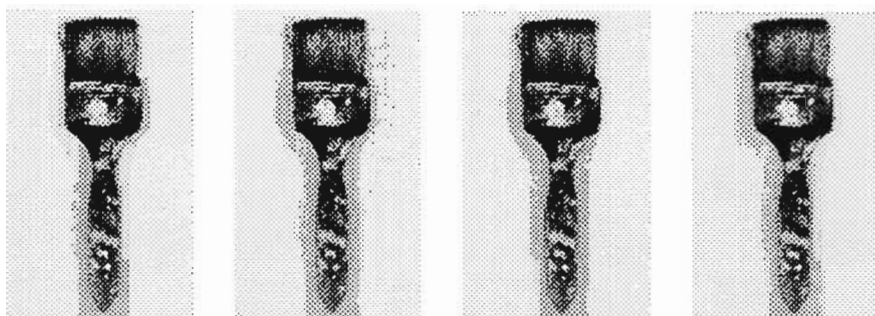
- Opleiding: hbo, chemische technologie
- Toelatingseisen: havo-diploma, met (vaak verplicht) wiskunde B, natuurkunde en scheikunde
- Informatie: AOB, Adviesbureaus voor Opleiding en Beroep: Gemeenschappelijk Bureau voor Opleiding en Beroep, Postbus 345, 3990 GC Houten, tel. 03403-79374

Beroep: wiskundige (v/m)

- Opleiding: universiteit, wiskunde en informatica
- Toelatingseisen: vwo-diploma met wiskunde B
- Informatie: AOB, zie adres bij verftechnisch adviseur

1

EEN PALET VAN TOEPASSINGEN



Inleiding

Als je wiskunde gaat studeren is het moeilijk om je vooraf een beeld te vormen van de studie. Voor studies die opleiden tot een duidelijk beroep zoals bijvoorbeeld medicijnen en pharmacie, is dat eenvoudiger. Tijdens de studie blijkt wiskunde zoveel meer te zijn dan de schoolwiskunde. Bovendien ga je de vele mogelijkheden herkennen waar wiskunde een nuttig en noodzakelijk stuk gereedschap kan zijn om andere disciplines in hun ontwikkelingen te helpen en te ondersteunen. Wiskunde is bij uitstek geschikt om, binnen andere vakgebieden, de werkelijkheid om te zetten in een model, zodanig dat we eraan kunnen rekenen. We kunnen dan bijvoorbeeld voorspellen hoe een verandering van één variabele doorwerkt op andere variabelen. Het bekendst is dat in de economie, waar het zelfs tot een zelfstandig vak heeft geleid, de econometrie. Wiskunde biedt dus bij uitstek de mogelijkheid om op een breed terrein werkzaam te zijn, zij het in een "dienende" functie. Een vereiste is dat men zich in het toepassingsvak verdiept om te kunnen communiceren met de niet-wiskundige. Als wiskundige is het vaak eenvoudiger de taal van de ander te leren spreken dan andersom.

Ook als niet-wiskundige worden we

in het dagelijks leven geconfronteerd met statistische toepassingen. Er is iedere dag wel een bericht in de krant te vinden waarin uitspraken worden gedaan op basis van een steekproefonderzoek. Rond de verkiezingen worden bijvoorbeeld regelmatig opiniepeilingen gedaan naar de politieke voorkeur van de kiezers. Een ander voorbeeld is de verandering van het prijsindexcijfer van de gezinsconsumptie. Ook dat wordt op basis van een steekproef bepaald. Bij dergelijke onderzoeken moet de grootte van de steekproef afgestemd zijn op de nauwkeurigheid waarmee men een uitspraak wil doen. In dit artikel bespreek ik voorbeelden uit mijn eigen praktijk waarbij de wiskunde steeds in een ander vakgebied wordt toegepast. Daarna wordt ingezoomd op het gebruik van de statistiek in de verf-fabriek.

Accountantscontrole

Het controleren van de jaarrekeningen van een bedrijf gebeurt door een accountant. Dit betekent dat de accountant veel dossiers zal moeten bekijken om te beoordelen of de bedragen van de jaarrekening een getrouw beeld geven van de werkelijkheid. De accountant draagt een grote verantwoordelijkheid en zal dus niet over één nacht ijs gaan

voor hij tot goedkeuring overgaat. Het is echter onhaalbaar om alles tot in detail te controleren. Als de accountant het bedrijf al langer kent, is hij bekend met het functioneren van het bedrijf en zal dit betrekken bij de wijze waarop hij de controle uitvoert. De accountant kan dan volstaan met een deelcontrole waarbij hij zijn voorkennis gebruikt. Deze benadering leent zich voor het gebruik van een statistische techniek: de steekproeftheorie. Het nemen van een steekproef biedt de mogelijkheid om slechts een deel te onderzoeken teneinde een uitspraak te kunnen doen over het geheel. De statisticus bepaalt hoeveel en welk deel van de jaarrekening moet worden onderzocht om met een van te voren afgesproken graad van nauwkeurigheid (getrouw beeld van de werkelijkheid) en betrouwbaarheid (zekerheid) te kunnen oordelen.

De Bayesiaanse statistiek biedt de mogelijkheid om reeds aanwezige kennis te benutten. Door de voorkennis hoeft een steekproefonderzoek minder groot te worden uitgevoerd dan zonder deze kennis nodig was geweest, terwijl de betrouwbaarheid en de nauwkeurigheid van de resultaten gelijk blijft. (Dus door het gebruik van Bayesiaanse statistiek in combinatie met de steekproeftheorie kan een accountantscontrole zo efficiënt mogelijk worden uitgevoerd.) Het moeilijkste onderdeel hiervan is het omzetten van de voorkennis waarover de accountant beschikt in kwantitatieve termen.

Smeerkaas

Smeerkaas wordt samengesteld uit verschillende kaassoorten die elk

hun eigen samenstelling, smaak en prijs hebben. Een onderneming in smeerkaas zal de hoeveelheden van de afzonderlijke kaascomponenten zo willen kiezen, dat de smaak door de consument gunstig wordt beoordeeld, de kaas bepaalde houdbaarheidseigenschappen heeft, het percentage vet aan een bepaalde waarde voldoet, en dat alles tegen zo laag mogelijke kosten. Dit is een probleem voor de produktontwikkelaar waarbij je als statisticus goede diensten kan bewijzen. Voor het opzetten van een onderzoek zullen de statisticus en de produktontwikkelaar eerst moeten overleggen over bijvoorbeeld de houdbaarheidseisen, het vetpercentage van de afzonderlijke kazen, de gewenste betrouwbaarheid van het onderzoek en de ruimte en tijd voor het uitvoeren van experimenten.

De eigenschappen van de afzonderlijke componenten blijken bepalend te zijn voor de houdbaarheid van de smeerkaas. Er zijn drie basiskazen. Allereerst wordt berekend welke verschillende samenstellingen van de drie kaassoorten voldoen aan de houdbaarheids- en de veteis. Vervolgens geeft de statisticus aan welke van deze samenstellingen geselecteerd moeten worden en hoe vaak van iedere samenstelling smeerkaas moet worden gemaakt. De gemaakte smeerkazen worden vervolgens door een consumentenpanel geproefd en beoordeeld. De leden van dit getrainde panel geven een beoordeling tussen 1 en 10. De statisticus heeft de samenstellingen voor het experiment zo gekozen dat hij met behulp van de smaakcijfers de smaakbeoordeling voor andere samenstellingen kan schatten met een vooraf vastgestelde betrouwbaarheid. Uitgaande van een minimumwaarde worden uit de samen-

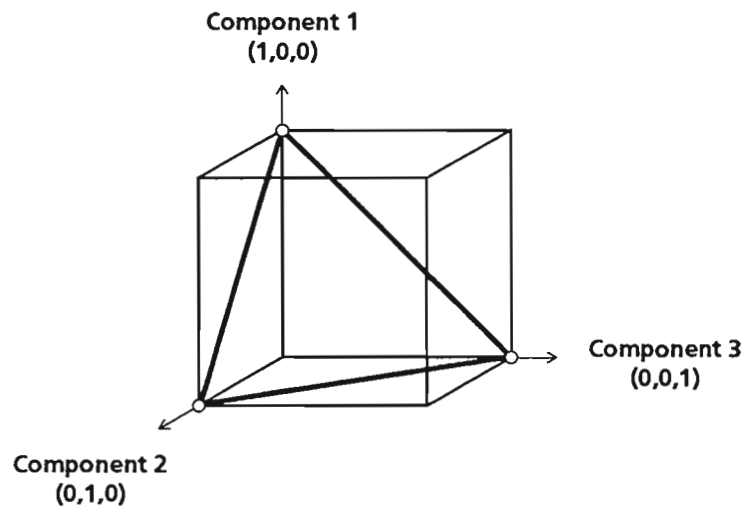
stellingen die aan de houdbaarheids- en veteis voldoen, de samenstellingen geselecteerd met een smaakbeoordeling boven het minimaal toelaatbare. Vervolgens wordt bepaald welke van deze samenstellingen, die dus aan alle eisen voldoen, de goedkoopste is. Figuur 1 toont hoe bij drie componenten alle mogelijke samenstellingen in een driehoek zijn weer te geven; de som moet altijd gelijk zijn aan 100% of 1.

In figuur 2 zijn in de driehoek de iso-smaaklijnen getekend. Op deze wijze is voor iedere samenstelling

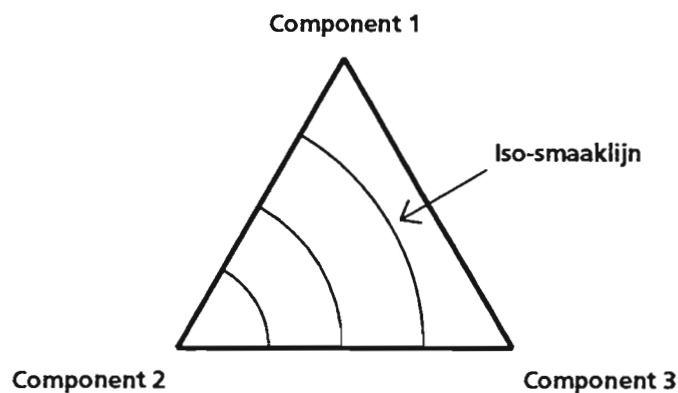
het smaakniveau af te lezen.

Een ander onderzoek waarbij een statisticus kan worden ingezet is dat waar een nieuw ontwikkeld produkt moet worden vergeleken met een bestaand produkt. Dit gebeurt bijvoorbeeld veel bij wasmiddelen. Beide produkten worden in verschillende concentraties en bij verschillende temperaturen uitgetest. Vervolgens wordt op basis van het waseffect bepaald of het nieuwe produkt beter is dan het oude en of het op de markt kan worden geïntroduceerd.

Figuur 1
Driehoek met alle
mogelijke samen-
stellingen van 3 compo-
nenten



Figuur 2
Iso-smaaklijnen



Woongenot

Met een zekere regelmaat worden bij het CBS, het Centraal Bureau voor de Statistiek, leefsituatie-onderzoeken uitgevoerd. Zo'n onderzoek bestaat uit een enquête die onder de Nederlandse bevolking wordt gehouden, waarin vragen worden gesteld over verschillende facetten van de leefsituatie. Een deel van de vragenlijst heeft betrekking op de woonsituatie. De statisticus speelt bij dit onderzoek op verschillende momenten een rol. Allereerst zal hij moeten bepalen wie geënuquêteerd gaan worden. De selectie moet zo zijn dat de resultaten van de enquête een representatief beeld geven van de leefsituatie in Nederland. De statisticus zal met behulp van de **steekproeftheorie** en gegeven de randvoorwaarden van het onderzoek, zoals totaal aantal uit te voeren enquêtes, beperking ten aanzien van reiskosten van enquêteurs, goede vertegenwoordiging van mannen en vrouwen, leeftijdsgroepen, stads- en plattelandsbewoners, een **steekproefadvies** geven. Het steekproefadvies geeft aan in welke gemeenten geënuquêteerd moet worden, hoeveel bewoners in iedere gemeente geselecteerd moeten worden uit de bevolkingsregisters en op welke wijze de selectie moet plaatsvinden.

In 1977 zijn 5919 personen van 15 jaar en ouder geënuquêteerd. Als de resultaten van de enquêtes binnenkomen moet de statisticus beoordelen of door eventuele weigeringen om deel te nemen aan de enquête de groep van wel geënuquêteerden nog representatief is voor de Nederlandse bevolking. Zonodig moeten de resultaten gecorrigeerd worden voor de non-respons. De non-respons was in 1977 29,7%.

Daarna volgen ingewikkelder analyses waarbij relaties tussen en oorzaken van variabelen worden bepaald.

Uit het woonsituatie-onderzoek kan men afleiden welke factoren direct of indirect de tevredenheid met de woonsituatie bepalen. Dit bleek verschillend te zijn voor mensen die in een gehuurde of een gekochte woning wonen. Daarnaast was er ook een verschil tussen flat- en niet-flatbewoners. Geluidsoverlast van burens en/of verkeer en stankoverlast beïnvloedden de woonsatisfactie negatief maar in verschillende mate voor huurders, huiseigenaren, flatbewoners en niet-flatbewoners. Een positief effect hadden bijvoorbeeld de groenvoorzieningen, voor sommige groepen hadden winkelvoorzieningen binnen loopafstand eveneens een positief effect. Deze resultaten geven de overheid een handvat om haar beleid zo te kiezen dat de woonsatisfactie vergroot wordt, bijvoorbeeld door bij de bouw van nieuwe woningen eisen te stellen aan geluidsisolatie en door bij nieuwe wijken de groen- en winkelvoorzieningen zo te plannen dat de woonsatisfactie positief beïnvloed wordt.

Kansrijke bedrijven

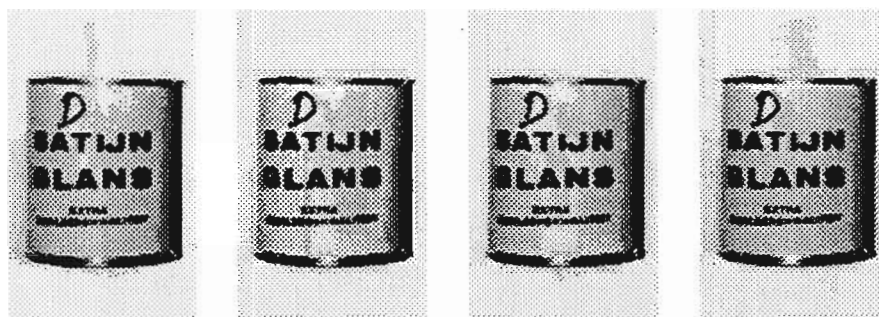
In het begin van de jaren '80 heeft het ministerie van Economische Zaken de Adviescommissie inzake de Voortgang van het Industriebeleid in het leven geroepen. De commissie is bekend geworden onder de naam Commissie Wagner. Deze commissie gaf in haar jaarverslag aan, welke bedrijfstakken in de toekomst kansrijk zouden zijn en waar de uitdagingen lagen, met name waar het technologische ontwikkelingen betrof. Ze spraken van een

nieuw industrieel elan. Na verloop van een aantal jaren wilde het ministerie van Economische Zaken weten of dit soort bedrijven ook werkelijk succesvol was geweest. De Vereniging van Kamers van Koophandel en Fabrieken in Nederland beschikt over gegevens met betrekking tot de ontwikkelingen binnen bedrijfstakken en branches van de export, omzet en investeringen. De veelheid aan getallen maakt het voor de beleidsmedewerkers noodzakelijk de hulp van een **statisticus** in te roepen (om tot duidelijke uitspraken te kunnen komen). Het onderzoek is uitgevoerd binnen de metaalsector. Kwantitatieve gegevens voor '81 en '82 per branche moesten gekoppeld worden aan verwachte ontwikkelingen in '83. Deze laatste waren kwalitatief. Het onderzoek toonde bij een kwalitatieve analyse van '81 t/m '83 geringe verschillen aan in export-, omzet- en investeringsontwikkelingen tussen als kansrijk en niet-kans-

rijk aangeduide bedrijven. De kwantitatieve analyse '81-'82 bevestigde een positievere ontwikkeling voor export, omzet en investeringen binnen de groep kansrijke bedrijven. Als statisticus moet men echter ook wijzen op de beperkingen van de resultaten als gevolg van de wijze waarop de informatie beschikbaar is gesteld. Doordat alleen totalen per branche beschikbaar waren, is niets bekend over de spreiding binnen de branches en zijn dus geen uitspraken te doen over de kans dat een willekeurig bedrijf in een branche een bepaalde groei in export, omzet of investeringen zal realiseren. Bovendien zouden dan meer gegevens bekend moet zijn over oorzaken die investeringsgedrag bepalen en welke de binnen- en buitenlandse markt beïnvloeden. Echter voor een constatering over de betere resultaten van kansrijke branches waren de beschikbare gegevens voldoende.

2

VERF OP HET PALET



Het productieproces

Verf is een produkt dat ontstaat door het samenvoegen van bindmiddel, pigment, oplosmiddel en eventueel vulmiddel. De grondstoffen worden voorgemengd in een grote kuip, waarna ze een aantal keren door een molen worden gevoerd tot ze fijn genoeg gemalen zijn. Het produkt dat dan ontstaat is het halffabrikaat, de dispersie. Het eindprodukt ontstaat door het samenvoegen en mengen van verschillende dispersies, bindmiddel en oplosmiddel. De kleurmaker stelt in deze fase de kleur nauwkeurig in. Het is een eenvoudig proces. Toch kan er van alles mis gaan waardoor vele keren extra grondstoffen of halffabrikaten moeten worden toegevoegd alvorens het produkt aan de keuringseisen voldoet. Dat kost te veel tijd en geld en leidt tot verspilling van capaciteit en soms tot het vernietigen van materiaal. Dit alles wil een bedrijfsleiding ten alle tijde voorkomen en wel door de processen niet alleen technisch maar ook **statistisch te beheersen**. Statistisch in de zin dat de variatie in het productieproces zo verkleind wordt dat de resultaten van het proces voorspelbaar worden en met grote zekerheid aan de keuringseisen zullen voldoen. Om de processen in de produktie te beheersen en om te kunnen signaleren

of er verstoringen optreden, wordt in de produktie gebruik gemaakt van de techniek **SPC**, Statistical Process Control ofwel statistische procesbeheersing.

Statistische procesbeheersing

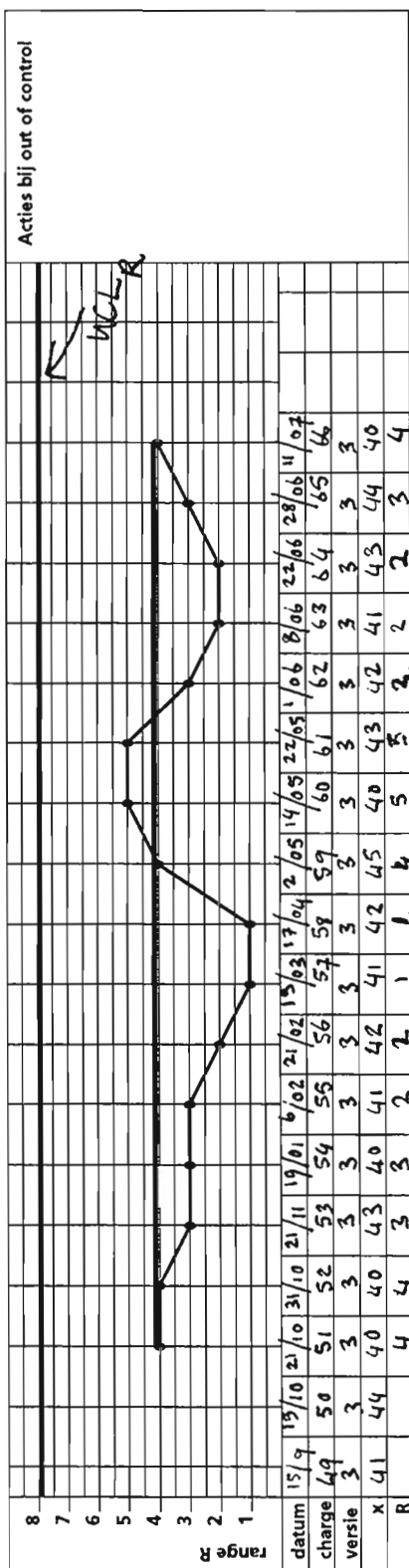
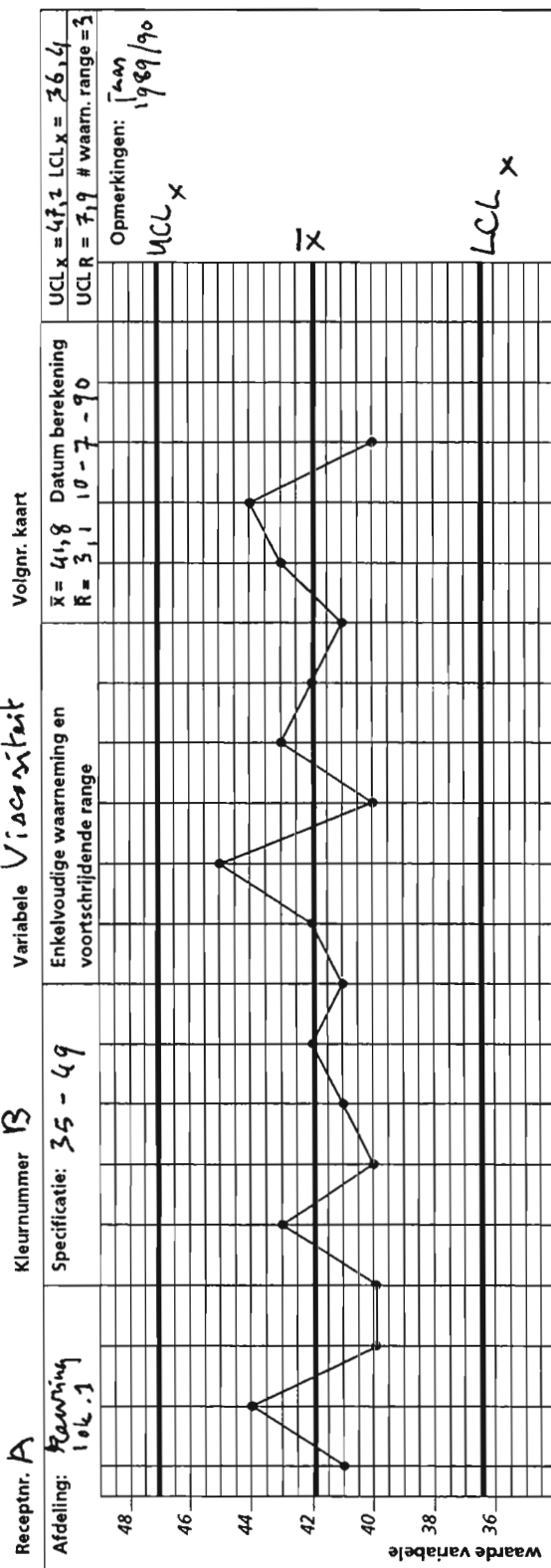
Verstorende invloeden vergroten de variatie in het productieproces. Deze grotere variatie kan tot het afkeuren van produkten leiden: het proces is niet langer beheerst en er is sprake van out-of-control. Om deze out-of-control tijdig te signaleren zodat afkeur voorkomen kan worden, wordt in de produktie gebruik gemaakt van **controlekaarten**, ook wel SPC-kaarten genoemd. Tijdens het produceren wordt het proces op de voet gevolgd door verschillende procesvariabelen te meten. De gevonden meetwaarden worden op een controlekaart geschreven en uitgezet, zie figuur 3. Op de bovenkant van de kaart wordt de gemeten waarde uitgezet. Op de onderste helft wordt de range van de drie laatste metingen uitgezet. De bovenkant is voorzien van een aantal lijnen, te weten een lijn op het niveau waarop het proces zich gemiddeld afspeelt en twee lijnen aan weerszijden van het gemiddelde op een dusdanige afstand dat er maar een heel kleine kans is dat bij een ongewijzigd proces de meting buiten deze grenzen valt.

Figuur 3
Controlekaart,
enkelvoudige
waarneming en
voortschrijdende
range van de
viscositeit



Coatings Divisie

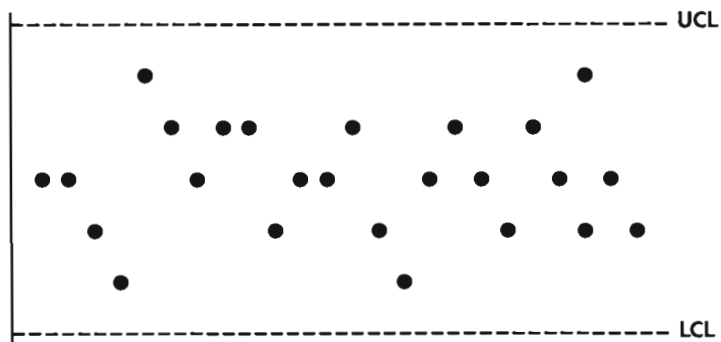
SPC KAART



Deze lijnen aan weerszijden van het gemiddelde worden de **boven- en beneden-actiegrenzen** genoemd. Analooch zijn er grenzen voor de range getekend. Valt een meting buiten de actiegrenzen dan is er een verstorende invloed en is het proces niet meer beheerst. Er is dan sprake van een out-of-control situatie. De operator moet dan actie ondernemen en nagaan wat de oorzaak van de out-of-control situatie is. Vervolgens moet de oorzaak worden weggenomen. Als er niet één meting per keer maar een aantal metingen wordt verricht, gebruiken we een ander soort controlekaart. Daarnaast zijn er ook controlekaarten om het percentage of aantal fouten te volgen. De veronderstelling bij het gebruik van controlekaarten is dat de gevolgde procesparameter **normaal**

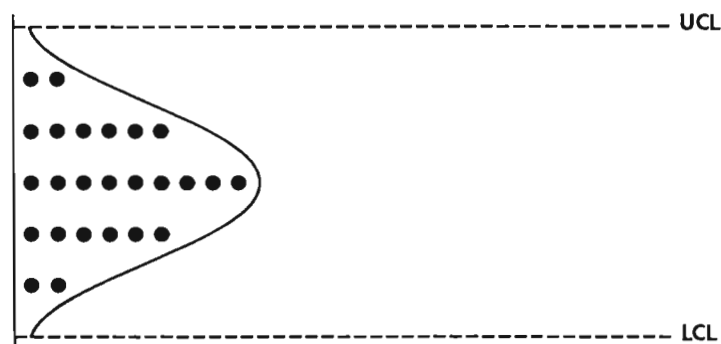
verdeeld is. Figuur 4 illustreert hoe de verdeling eruitziet als alle waarnemingen op een hoop worden geveegd.

Behalve bij een waarde buiten de actiegrenzen zijn er ook andere situaties denkbaar waarbij van out-of-control sprake is. Figuur 5 laat een aantal situaties zien. Om de verschillende situaties aan te geven wordt het gebied tussen de actiegrenzen in zones van gelijke breedte verdeeld. De in figuur 5 getoonde out-of-control situaties worden ook wel de **zoneregels** genoemd. Opeenvolgende waarnemingen zijn met elkaar verbonden. Zo laat de grafiek twee voorbeelden van out-of-control situaties zien. Als er niets aan het proces veranderd is, is het voorkomen van zo'n situatie even onwaarschijnlijk als een waarde buiten de actiegrenzen.



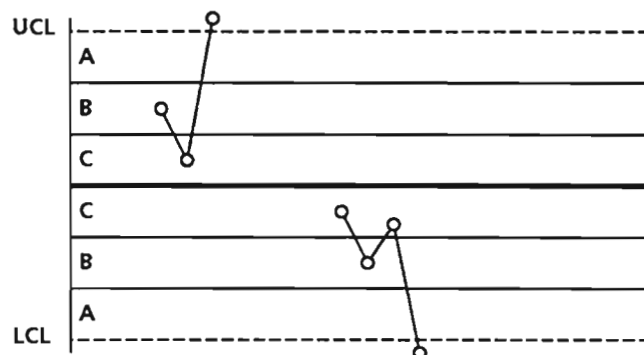
Figuur 4
Controlekaart en de verdeling, verkregen door de waarnemingen naar links te schuiven

UCL = Upper Critical Limit
LCL = Lower Critical Limit

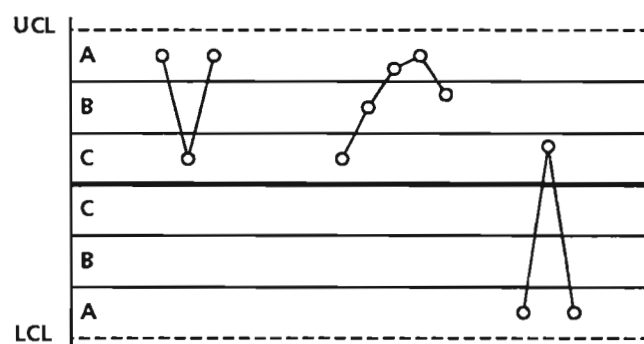


Het proces noemt men 'out-of-control' als:

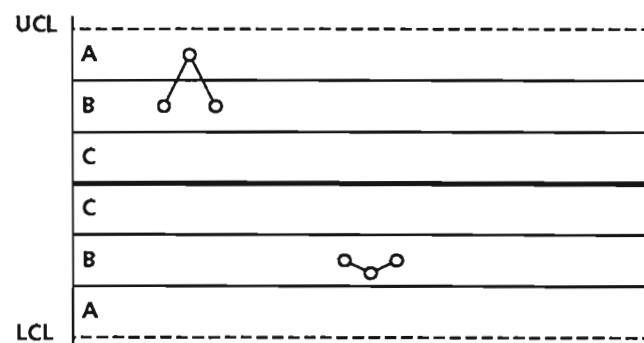
1 Eén punt buiten de controlegrens valt



2 Twee van drie opeenvolgende punten in dezelfde Zone A vallen

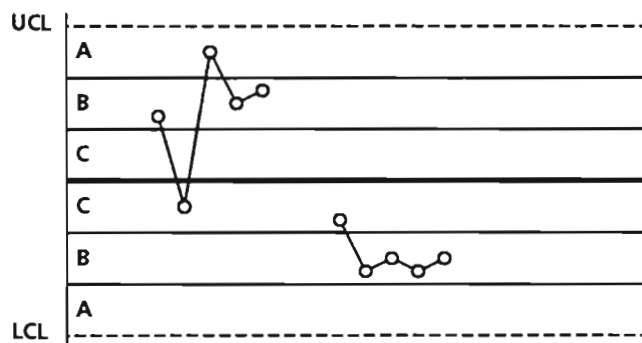


3 Drie opeenvolgende punten in dezelfde Zone B of twee in B en één in de aangrenzende Zone A vallen

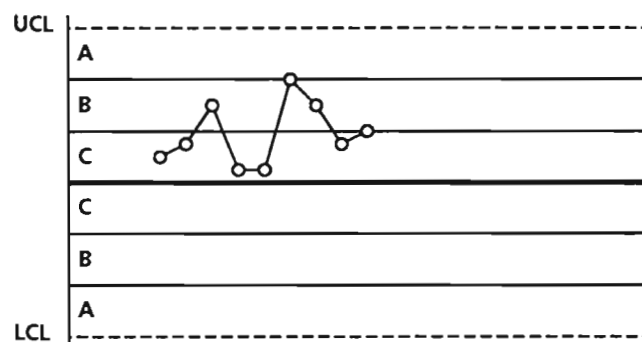


Figuur 5
Bron: P. Hunt,
Statistical Process
Control for batch
processing

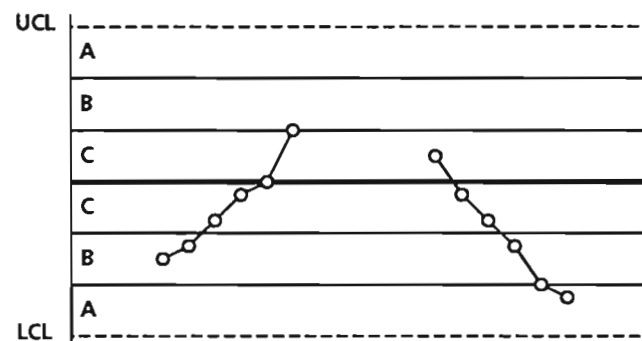
- 4 Vier van de vijf opeenvolgende punten in Zone B of in de aangrenzende Zone A vallen



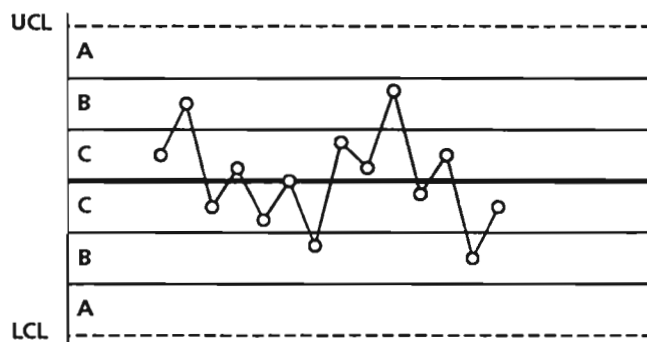
- 5 Negen opeenvolgende punten aan dezelfde kant van de middellijn vallen



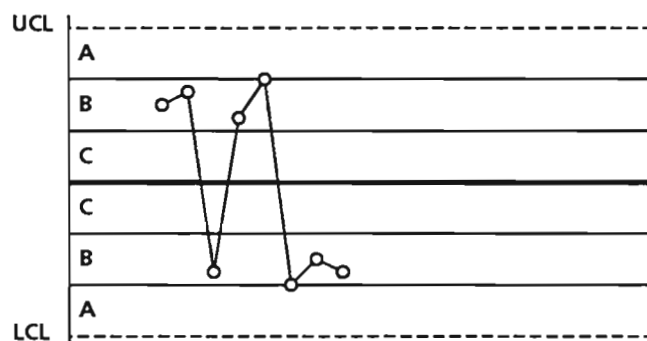
- 6 Zes opeenvolgende punten op een stijgende dan wel dalende kromme liggen



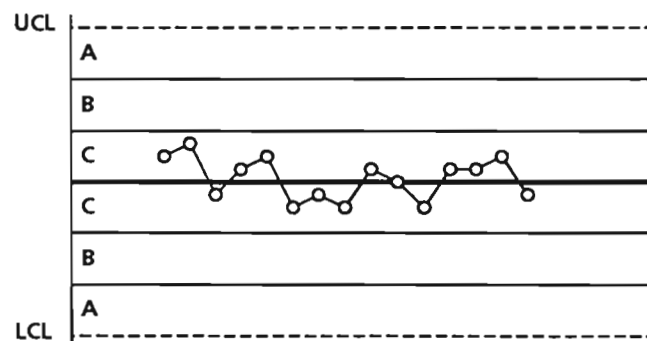
7 Veertien opeenvolgende punten alterneren (op en neer)



8 Acht opeenvolgende punten aan beide zijden van de middellijn vallen, doch geen enkele in Zone C



9 Op X & R kaarten of p-kaarten vijftien opeenvolgende punten in Zone C vallen



De implementatie van SPC

Allereerst wordt een projectgroep samengesteld met projectleden die veel kennis hebben van het proces. Voor een project in de malerij, de afdeling waar het halffabrikaat wordt gemaakt, bestond de projectgroep uit de chef van de malerij, een medewerker van de afdeling procestechniek, één van het laboratorium en de projectleider, een statisticus. De projectgroep heeft de volgende stappen doorlopen:

- er is een stroomschema van het productieproces in de malerij opgesteld
- aan het proces gestelde eisen en wensen zijn geformuleerd
- de gegevens van procesvariabelen zijn verzameld en geanalyseerd
- de bottle-necks in het proces zijn bij deze analyse boven komen drijven
- op basis van de analyse van de procesvariabelen en de bottle-necks is een selectie gemaakt welke variabelen met controlekaarten gevolgd moeten worden
- er is een keuze gemaakt voor de soort controlekaart die gebruikt gaat worden
- de controlegrenzen zijn berekend
- de out-of-control situaties zijn gedefinieerd
- het actieprogramma voor out-of-control situaties is opgesteld
- een implementatieplan voor de SPC is gemaakt
- het plan is ter goedkeuring aan de opdrachtgever aangeboden
- de operators zijn opgeleid
- na de implementatie wordt het geheel overgedragen aan de malerij

Het proces op de voet gevolgd

Op dit moment wordt in de fabriek

een aantal procesvariabelen gevolgd. In de malerij worden temperatuur, druk, doorvoersnelheid en het verbruikte elektrische vermogen geregistreerd. Alleen van de laatste worden de waarden op een controlekaart weergegeven. De afdeling die het eindprodukt maakt, de tankvloer, volgt op deze kaart produktvariabelen zoals viscositeit, weerstand en dichtheid. Bij de grondstofkeuringen worden de controlekaarten van een aantal kritische produkten bijgehouden.

Daarnaast worden verschillende eigenschappen van halffabrikaten en eindprodukten op controlekaarten gevolgd. Het volgen van eindprodukten wordt bij een volledig beheerst proces overbodig. Het streven is om steeds verder stroomopwaarts het proces volledig te beheersen, zodat er een steeds grotere garantie is dat het proces in één keer goed verloopt. Het invoeren van Statistische Procesbeheersing kost geld, niet alleen als gevolg van de tijd die nodig is voor het meten en het invullen van de kaart; soms is ook een investering vereist voor het installeren van meetapparatuur. De goedkeuring van het management is gemakkelijker te verkrijgen indien, naast de kosten, ook wordt aangegeven wat de verwachte baten zijn.

Door Statistische Procesbeheersing te implementeren is een aantal zaken verbeterd als gevolg van de maatregelen die genomen zijn. Eén van deze maatregelen was, dat voortaan alle halffabrikaten gehomogeniseerd aan de tankvloer moesten worden geleverd. Dit leidde tot significante reductie in de variatie van de viscositeit van het eindprodukt en in het aantal kleurmaakstappen. Ook andere eigenschappen van eindprodukten tonen een reductie van variatie na invoer-

ring van SPC. Een duidelijk neveneffect is, dat operators, nu ze meer meten en meer verantwoordelijkheid hebben, nauwkeuriger zijn gaan werken. Ook dit effect draagt bij tot vermindering in variatie. Belangrijke klanten die ons regelmatig bezoeken om te beoordelen of we verantwoord en nauwkeurig genoeg werken, hebben de SPC activiteiten positief beoordeeld. Zo kregen we van de firma Ford de Q-1 Award. Ford geeft hiermee aan dat aan ons de voorkeur wordt gegeven voor het leveren van autolakken.

PRIMA

PRIMA staat voor PROcess IMprovement AUTOMOTIVE. De SPC activiteiten speelden zich in het productieproces af en brachten daar een aantal verbeteringen, maar het management wilde meer verbeteringen. Daarom is het project PRIMA gestart, waarbij het gehele proces van formuleren van de klantenwens in termen van een nieuw produkt, het ontwikkelen van de receptuur en het productieproces, produceren, tappen en distributie onder de loep werd genomen. Het gehele proces is hiertoe gesplitst in deelprocessen. Ook het verzamelen van informatie en het doorgeven in gestructureerde vorm is een deelproces. Voor de beoordeling van ieder deelproces werd een groep samengesteld, bestaande uit een uitvoerende van het betreffende deelproces en zijn interne klanten. Als we alle activiteiten in een organisatie bekijken, zijn er veel interne leverancier- en klantrelaties. De eisen en wensen van een externe klant zijn doorgaans goed bekend, de eisen en wensen van een interne klant veel minder. Dit is een bron van problemen en kan verbeterd worden. De eisen van de interne

klanten worden afgeleid uit die van de externe klant.

Van alle deelprocessen zijn stroomschema's gemaakt. Vervolgens is m.b.v. deze schema's in de groepen bepaald waar welke fouten kunnen worden gemaakt, wat de oorzaak daarvan is en wat de gevolgen zijn. De firma Ford heeft een methode ontwikkeld om deze eventuele fouten te beoordelen en te bepalen welke fouten het ernstigst zijn. Deze methode heet **Failure Mode and Effect Analysis** (FMEA). Voor de beoordeling moeten drie getallen tussen 1 en 10 worden geschat. Het eerste getal is de kans, dat de fout optreedt; het tweede de ernst van de gevolgen van de fout, en het derde de kans dat de fout niet ontdekt wordt en bij de interne of externe klant terechtkomt. Het produkt van de drie getallen is het **Risk Priority Number** (RPN). Het RPN is het gemiddelde risico dat je op de lange duur loopt. Als de gevolgen niet met een getal tussen 1 en 10 worden geschat maar als financieel risico in guldens, dan is het gemiddelde financiële risico te berekenen. In de groepen is veel discussie geweest over de hoogte van de getallen. Het bleek dat leverancier en interne klant een geheel verschillende belevingswereld hadden met betrekking tot de fouten.

Voor de deelprocessen met de hoogste RPN's zijn actieplannen gemaakt om de oorzaken van de fouten weg te nemen. Waar dat niet mogelijk was, is nagegaan of de effecten van de fouten te verminderen zijn. In sommige gevallen zijn controlekaarten ingevoerd als signaleringsinstrument.

De belangrijkste resultaten

Door het project is men zich veel

meer bewust geworden van de relatie tussen leverancier en interne klant. Hierdoor worden producten en informatie beter afgestemd op de behoeften van de interne klant. Door het hele proces door te lichten is zichtbaar geworden waar extra kosten en financiële risico's ontstaan die te vermijden zijn. Door de resultaten van de RPN's te vertalen in geld, kan het management gemakkelijker besluiten welke verbeteringsacties uitgevoerd moeten worden. Hiervoor moet een vergelijking worden gemaakt tussen de kosten om de verbetering door te voeren en de vermindering van het financiële risico. De statisticus is daarbij behulpzaam.

In februari 1992 is door het management aangegeven welke acties dit jaar ondernomen moeten worden. De acties hebben in hoofdzaak betrekking op de afdelingen verkoop, ontwikkelingslaboratorium, keuringslaboratorium en productie. Uit het project blijkt, dat het beleid voorheen vooral was afgestemd op zo laag mogelijke kosten, zonder rekening te houden met de financiële risico's. In een aantal gevallen is het moeilijk om zonder gebruik van statistiek zicht te krijgen op de verhouding tussen kosten en financiële risico's. Bij het keuren van een grondstof door middel van een visuele vergelijking met een monster bestaat bijvoorbeeld grote kans dat de grondstof ten onrechte wordt goedgekeurd. Als deze vervolgens in een produkt wordt verwerkt en er een hele charge produkt wordt afgekeurd, dan is dat een kostbare zaak. Als de grondstof nu door drie personen in plaats van één wordt beoordeeld en alleen geaccepteerd wordt als alle drie hem goedkeuren, is de kans op een verkeerde beslissing sterk gereduceerd. De keuringskosten gaan hierdoor omhoog, maar

het financiële risico is enorm teruggedrongen. Ook hier geldt: drie weten meer dan één. Als de kans dat een afwijkend produkt toch wordt goedgekeurd gelijk is aan 0.01, dan is de kans dat drie mensen onafhankelijk van elkaar dezelfde verkeerde beoordeling maken gelijk aan $0.01 \cdot 0.01 \cdot 0.01$. Er zullen dus veel minder fouten gemaakt worden zodat het gemiddeld risico ook sterk zal dalen. Eind 1992 worden de resultaten van de uitgevoerde acties beoordeeld en worden nieuwe acties uit de PRIMA resultaten geselecteerd om uitgevoerd te worden.

Tot beluit

Wiskunde, en vooral statistiek, is een vak met ontelbaar veel toepassingsmogelijkheden. Binnen een bedrijf zal men niet altijd onderkennen dat een statisticus binnen de gehele organisatie nuttig werk kan verrichten. De statisticus moet dan zo creatief zijn dat zijn boodschap door het management wordt verstaan. Dit lukt het best als de boodschap in de taal van de manager, het geld, is vertaald en niet in statistische terminologieën is verwoord. De statisticus verleent ondersteuning in de productie, maar ook bij het ontwikkelen van producten en processen. Op management-niveau kan ondersteuning worden gegeven door beleidsbeslissingen kwantitatief te onderbouwen. Behalve de besproken toepassingsgebieden zijn er nog vele andere, zoals bijvoorbeeld de geneeskunde, biologie, farmacologie en marktonderzoek. Op dit moment, nu efficiency en kwaliteit bij veel bedrijven vooropstaan, zal de vraag naar wiskundige en statistische ondersteuning nog toenemen. Kortom, met wiskunde en statistiek kun je alle kanten op.