

# Statistische kwaliteitsbeheersing voor niet-statistici. Deel 1: Hoe uw produktkwaliteit hoger, constanter en beter controleerbaar wordt

**Citation for published version (APA):**

Monhemius, L. (1992). Statistische kwaliteitsbeheersing voor niet-statistici. Deel 1: Hoe uw produktkwaliteit hoger, constanter en beter controleerbaar wordt. *PolyTechnisch tijdschrift : vakblad voor de ingenieur. Werktuigbouw*, 47(5), 52-55.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1992

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

Deel 1: Hoe uw produktkwaliteit hoger, constanter en beter controleerbaar wordt

# Statistische kwaliteitsbeheersing is niet alleen goed voor statistici

Kwaliteitskunde is als vakgebied volop in ontwikkeling. Zeker bij complexe eindprodukten zijn professionele methoden voor kwaliteitsborging en -verbetering tegenwoordig onmisbaar. Voor de gemiddelde technoloog zijn veel wiskundige begrippen en statistische procedures uit dit vakgebied echter nogal ondoorzichtig. Deze maand start PolyTechnisch tijdschrift een serie artikelen, waarin de belangrijkste technieken voor kwaliteitsbeheersing begrijpelijk worden gemaakt voor niet-statistici. In het eerste deel legt ir. Leo Monhemius uit aan welke extreme eisen moderne productieprocessen moeten kunnen voldoen. En wat de statistische basisgereedschappen zijn om dat mogelijk te maken.

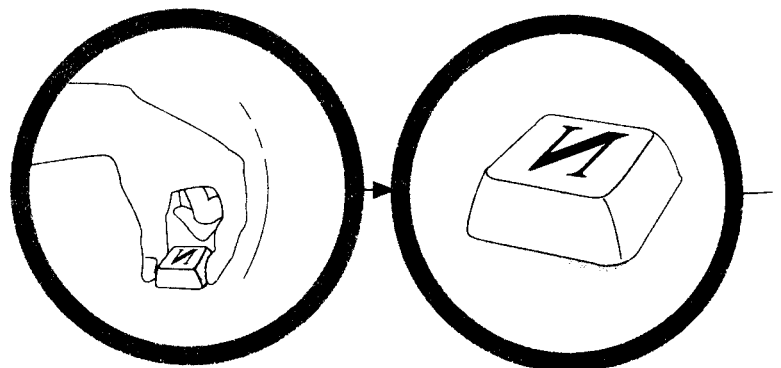
Ooit vormde kwaliteitsborging via controle en regelgeving het zwaartepunt van het vak kwaliteitskunde. Geleidelijk is het zwaartepunt verschoven naar kwaliteitsverbetering, -bewustzijn en -motivatie. Verbetering van de produktkwaliteit blijft het hoofddoel, maar de wijze van leidinggeven verschilt. Een manager kwaliteitsborging geeft leiding aan een laboratorium, en aan een groep controleurs, die als politie de bedrijfsvoering bewaken. Een manager kwaliteitsverbetering werkt samen met personen in alle afdelingen van het bedrijf, en noemt zichzelf vaak liever adviseur of coördinator. In grote bedrijven komen beide soorten managers naast elkaar voor. Kwaliteitsborging en kwaliteitsver-

betering zijn elkaars complement, en het onderscheid gaat steeds meer vervagen. Preventief werken in de ontwerpfase leidt zowel tot borging als tot verbetering. Uiteindelijk wordt kwaliteitskunde geïntegreerd in alle functies van het bedrijf: 'total quality management'.

## Arme toeleveranciers

Een toenemend kwaliteitsbewustzijn van klanten en het voortdurend complexer worden van de produkten maken de noodzaak van kwaliteitsmanagement steeds duidelijker. Om in het eindfase een redelijke kans op een goed produkt te realiseren, moeten aan het begin van de produktie extreme eisen worden gesteld aan grondstoffen en onderdelen. Neem bij voorbeeld een pro-

## Een complex produkt stelt extreme eisen



Als één op de 10 miljoen handelingen misgaat,

mislukt één op de miljoen toetsen,

De heer Monhemius heeft naast zijn werk bij het Frits Philips Institute for Quality Management (TU Eindhoven) een praktijk te Eindhoven als onafhankelijk adviseur op het gebied van kwaliteitsverbetering.

duktielijns van toetsenborden. In principe moeten deze allemaal met de hand worden getest. De fabrikant vindt echter, dat hij deze arbeidsintensieve test wel achterwege kan laten, als hij het aantal defecte exemplaren kan terugbrengen tot maximaal 0,1 procent.

De toetsen worden los ingekocht bij een toeleverancier. De toetsenbordfabrikant stelt dat losse defecte toetsen in niet meer dan tien procent van de gevallen de oorzaak mogen zijn van een defect eindprodukt. Dat wil dus zeggen dat bij 0,01 procent van de toetsenborden een toets defect mag zijn. In elk toetsenbord gaan honderd toetsen, dus de fabrikant stelt als eis, dat niet meer dan 0,0001 procent van de toetsen defect is; één op de miljoen toetsen ofwel één ppm.

Arme toetsenfabrikant. Hij heeft een proces met tien bewerkingen voor de vervaardiging van een toets uit het basismateriaal. Zijn eerste reactie is, dat per processtap dus minder dan één op tien miljoen fouten mag optreden. Bij een productieniveau van één toets per seconde, en een achturige werkdag komt dat neer op maximaal één storing in zeventig weken per processtap! (Aan de andere kant van dit verhaal staat de koper van een pc. Als tien procent van alle storingen aan het toetsenbord ligt, zit de klant nog altijd in tien maal 0,1 procent, dat is één procent van de gevallen met

een computer die niet werkt!) Vervalt de toeleverancier in de klassieke aanpak van voortdurend testen en zonnodig repareren van niet werkende produkten, dan leidt dit onherroepelijk tot veel hogere kosten en dus tot een slechtere concurrentiepositie. Direct een zeer hoog kwaliteitsniveau realiseren, is het enige antwoord. Het bereiken van zo'n hoog niveau is vaak niet meer 'aan te voelen', en dat maakt toepassing van statistische hulpmiddelen noodzakelijk. Statistiek levert een taal en presentatie om de kwaliteit te kwantificeren.

#### Keuren van partijen

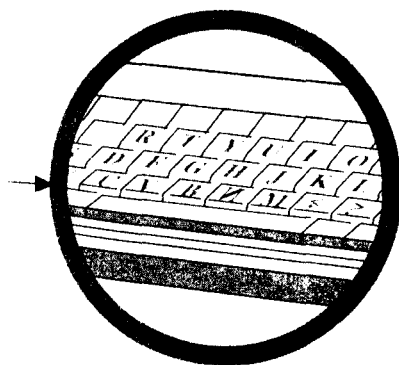
De meest bekende toepassing van statistische methoden bij kwaliteitsbeheersing is de steekproef. Door een aantal metingen te doen en de uitkomsten statistisch te verwerken kan men een uitspraak doen over de kwaliteit van een partij of batch met een bepaalde betrouwbaarheid, waarbij inspanning en kosten minimaal kunnen blijven.

Steekproefsgewijs controleren van partijen kan vier uitkomsten opleveren, waarvan er twee foutief zijn. De ene, 'producers risk' is loos alarm of onnodige afkeuring. De andere is onterechte goedkeuring of 'consumers risk'.

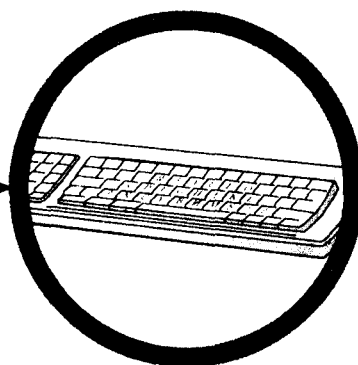
Van twee parameters hangt de kans op foutieve uitkomsten af: de grootte van de steekproef en de eisen, die men hanteert. Door aan de

steekproef strengere eisen te stellen dan aan de werkelijke partij, neemt de kans op niet gesignaleerde afkeuring af, maar dat gaat wel ten koste van een hogere kans op loos alarm. Als de eisen aan een partij streng zijn, moet ook de nauwkeurigheid van de keuring groot zijn. Deze hangt samen met de wortel van de steekproefomvang, en dat leidt in de praktijk vaak tot onuitvoerbaar grote steekproeven. Als we bij voorbeeld de inhoud van literpakken melk controleren, met als eis dat minder dan één procent van de pakken te weinig inhoud heeft, kost dat honderden pakken per partij. Anders formuleren van de eisen kan helpen. Als we de inhoud niet als attribuut maar als variabele meten (zie kader over statistiek), dus kwantitatief meten hoeveel melk in het pak zit, kunnen we met een beperkt aantal metingen de gemiddelde inhoud en de spreiding schatten. Met behulp van de normale verdeling is dan te schatten in hoeveel procent van de gevallen de inhoud onder het minimum zit bij een bepaald gemiddelde. Zo is af te leiden hoe de vulmachine moet worden afgesteld om 99 procent van de pakken vol genoeg te krijgen. We kunnen ook het attribuut vervangen door een ander attribuut. Wanneer de spreiding van het melkpakkenvulproces eenmaal bekend is, kunnen we berekenen wat de verhouding zal zijn tussen het

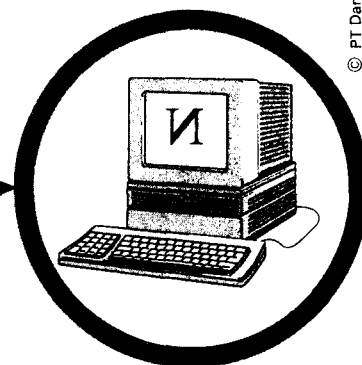
## aan het productieproces...



zodat in één op de 10 000 sets toetsen een fout zit.



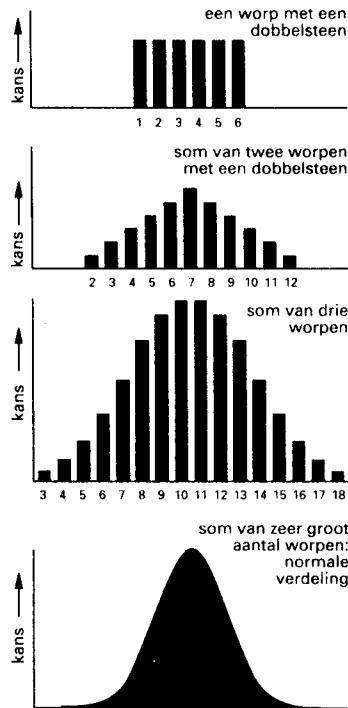
Mede daardoor deugt één op de 1000 toetsenborden niet,



en doet één op de 100 computers het niet... de uwe?

## ... statistiek biedt uitkomst

## Statistiek voor kwaliteitsbeheersers



Produktiefouten komen voort uit het feit dat geen twee handelingen ooit hetzelfde zijn. Gelijke machines zijn nooit gelijk, en gelijk opgeleide medewerkers doen nooit hetzelfde. Kortom: alles varieert. Het resultaat van een bewerking is altijd het resultaat van de gelijktijdige inwerking van allerlei bronnen van variatie. Als van een groot aantal onafhankelijke oorzaken sprake is, vertoont de variatie een zo geheten normale verdeling. De losse oorzaken hoeven zelf geen normale verdeling te vertonen. Een voorbeeld is de kansverdeling van een dobbelsteen (figuur 1). Door uit te gaan van de normale verde-

**1. Bij één worp met een dobbelsteen liggen de kansen gelijk. Hoe vaker men werpt, hoe meer men de normale verdeling benadert.**

ling is het effect van alle onbegrepen factoren statistisch te voorspellen.

Veel parameters zijn tijdsafhankelijk. De buitentemperatuur in december kan normaal verdeeld zijn met een gemiddelde van 4 °C en een spreiding van 4 °C. Toch zal de temperatuur binnen een uur weinig veranderen: hij vertoont een gedempt gedrag. Dit verschijnsel (figuur 2) is te omschrijven met de term autocovariantie.

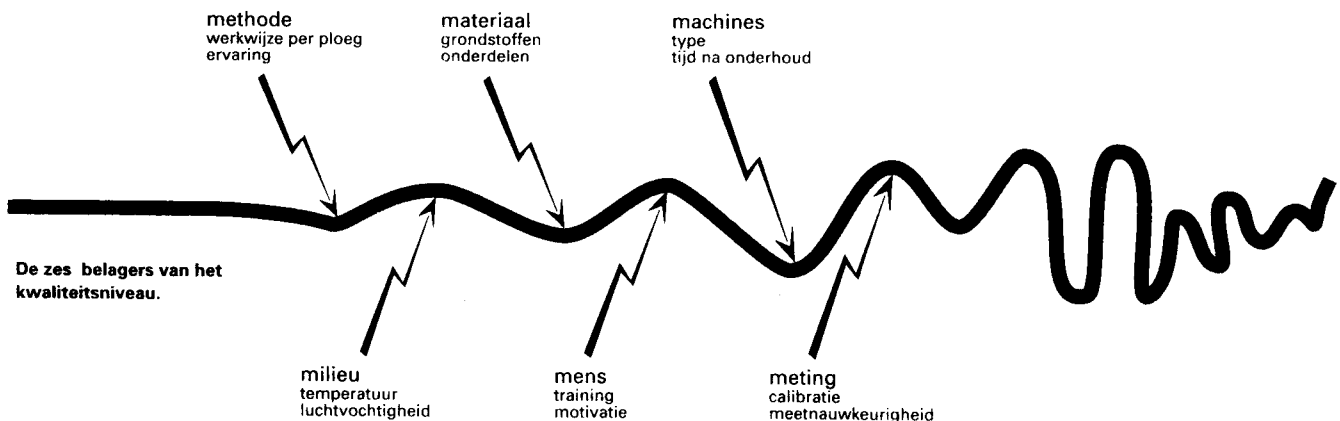
Een grootheid is niet altijd te beschrijven met een variabele. Soms is de uitkomst van het type 'goed of fout'. Soms ook wordt hij om praktische redenen gemeten als 'ja of nee' variabele, terwijl het in werkelijkheid een continue variabele is (bij voorbeeld overschrijding van een bepaald niveau). Dit soort grootheden heten attributen. Vaak gaat het hierbij om steekproeven. Voorbeelden zijn het aantal zonnige dagen in de zomer of het

aantal pakken waar minder dan één liter in zit, en het aantal pakken met minder dan bijvoorbeeld 1,001 liter. Stel dat dat één op tien blijkt te zijn. Eisen dat niet meer dan tien procent van de pakken minder dan 1,001 liter bevat, komt dan op het zelfde neer als de oorspronkelijke eis dat maximaal één procent onder 1,000 liter zit. Alleen brengt de afstelling van de niveaumeter op de hogere waarde de steekproefgrootte terug naar een acceptabel niveau.

*Steekproef en procesbeheersing*  
Steekproeven kunnen niet alleen dienen om afzonderlijke partijen af te keuren, maar ook als hulpmiddel voor de procesbeheersing. Voor de keuze van de steekproefgrootte is in dit geval gedetailleerde proceskennis nodig. Zo wordt vaak het eerste en het laatste product uit een partij gemeten, om een beeld te krijgen van aanloopverschijnselen en storingen tijdens de bewerking. Ook de spreiding in de resultaten is

van belang. Deze geeft informatie over zaken als slijtage of verloop van de procesinstelling. Hoe men de resultaten kan weergeven in een 'regelkaart' komt in een volgende aflevering aan de orde.

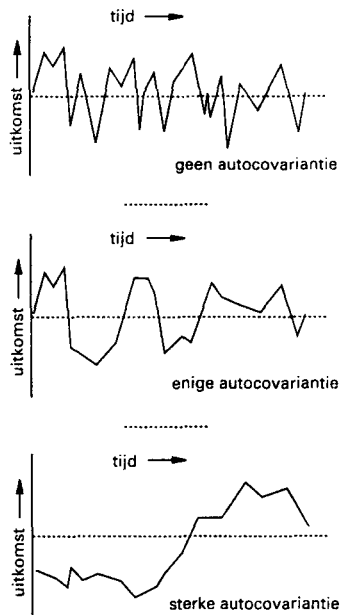
*Steekproef en proceskarakterisatie*  
Steekproeven zijn eveneens te gebruiken om een proces te karakteriseren. Informatie over het proces wordt in dit geval gebruikt voor het nemen van technologische beslis-



aantal snelheidsovertreders bij een controle van duizend auto's. Het aantal defecten in een grote steekproef, waarin de afzonderlijke resultaten een onafhankelijke faalkans vertonen, wordt beschreven door een Poisson-verdeling.

Evenals bij variabelen geldt ook voor attributen, dat het resultaat het gevolg is van een groot aantal parameters. Wanneer veel onafhankelijke storingsbronnen werkzaam zijn, die zèlf niet een Poisson-kansverdeling vertonen, kan toch het eindresultaat goed worden beschreven met een Poisson-verdeling.

**2. Autocovariantie: over lange tijd volgen de uitkomsten de normale verdeling, maar over kortere tijd duidelijk niet.**



singen: moet de productielijn worden omgebouwd of niet? Dit wil zeggen dat de nadruk ligt op de betrouwbaarheid van de afzonderlijke gegevens. Een enkel foutief ingevoerd gegeven maakt de rest waardeloos omdat achteraf niet meer is na te gaan of het een meetfout, dan wel een defect product betreft. Afhankelijk van de periode waarover de informatie wordt verlangd, en van het produktieniveau, zal de steekproefgrootte worden vastgesteld. Als relatief veel partijen van de productielijn komen, hoeft wellicht niet elke partij te worden gemeten. De wettigheid tot betrouwbaarheid kan ertoe leiden de meting door hoger gekwalificeerd personeel te laten uitvoeren.

In de praktijk is de keuze van de steekproef vaak een compromis tussen verschillende eisen. Zo is bij partijkeuring het aantal monsters per proef het grootst, waarbij ze willekeurig worden gekozen. Bij procescontrole worden minder monsters genomen, maar de keuze is systematisch. Bij proceskarakterisatie zijn weinig waarnemingen

nodig, maar ze moeten wel zeer betrouwbaar zijn.

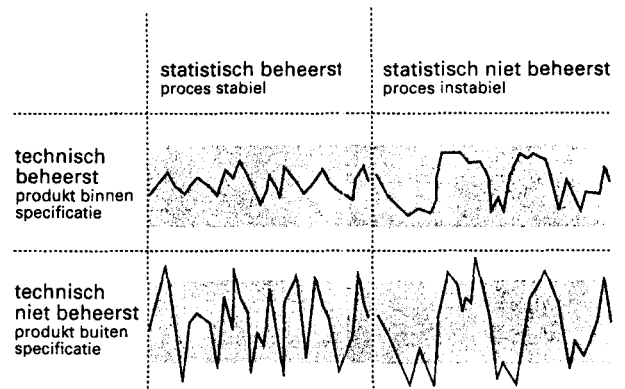
Voordat een steekproefgrootte wordt vastgesteld, is het altijd raadzaam een uitgebreidere analyse te doen. Deze bestaat vaak uit een kleine steekproef om een indruk te krijgen van de spreiding en de spreidingsbronnen, gevolgd door een uitgebreide steekproef met een groter aantal waarnemingen. Op basis van de resultaten wordt de steekproefgrootte vastgesteld. Dit voorkomt kennismaking met de vele valkuilen, zoals systematische fouten, autocovariantie, meetfouten en uitschieters. Let wel: een te grote steekproef valt direct op, een te kleine steekproef is achteraf moeilijk te herkennen.

**Het ideaal**

Bij het beoordelen van beheersbaarheid van een proces moeten we onderscheid maken tussen technische en statistische beheersing (figuur 3). Bij een statistisch beheerst proces wordt de kwaliteitsspreiding in de tijd beschreven door een vaste kansverdeling. De producten kunnen daarbij met een zekere regel-

maat buiten de specificaties vallen, maar het proces gedraagt zich stabiel en het aantal uitvallers is constant. Bij een alleen technisch beheerst proces ligt dat anders. De produktkwaliteit blijft hier altijd binnen de specificaties, maar hoe ver ze er binnen ligt is onvoorspelbaar. Met andere woorden: het proces gedraagt zich instabiel, maar de afwijking is acceptabel.

In het ideale geval gaan technische en statistische beheersing samen, maar in de praktijk vaak niet. Dat leidt al snel tot problemen op de werkvloer. Denk bij voorbeeld aan de discussie, die op vrijdagmiddag



**3. Technische en statistische procesbeheersing.**

rond een uur of drie kan ontstaan bij een statistisch onbeheerst proces. Een machine is verlopen, maar produceert nog juist binnen specificatie, terwijl een klant wacht op levering. Op zo'n moment moet worden gekozen voor dóórdraaien (wat de betrokken medewerkers frustrereert in hun streven naar kwaliteit), óf voor bijstellen van de machine (waardoor de klant tot maandagochtend moet wachten).

Omgekeerd leidt een technisch onbeheerst proces tot motivatieproblemen: het proces is stabiel, maar de medewerkers kunnen niet voorkomen dat sommige batches worden afgekeurd.

Als een proces zowel technisch als statistisch onbeheerst is, wordt het vanzelfsprekend hoog tijd voor programma's ter verbetering van de kwaliteit. Een aantal mogelijkheden komt in een volgend nummer aan de orde.