

Onderhoud in vogelvlucht

Geraerds, W.M.J.

Gepubliceerd: 01/01/1991

Document Version

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the author's 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 ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Onderhoud in vogelvlucht

AFSCHEIDSCOLLEGE

Prof.ir. W.M.J. Geraerds



Technische Universiteit Eindhoven

AFSCHEIDS- COLLEGE

Gegeven op 13 september 1991
aan de Technische Universiteit
Eindhoven

Prof.ir. W.M.J. Geraerds

Mijnheer de Rector Magnificus,
Dames en Heren,

Als onderwerp van dit laatste college heb ik gekozen voor een thema uit de technische bedrijfskunde dat vele decennia mijn interesse heeft gehad, namelijk onderhoud.

Daaraan voorafgaand zal ik enige aandacht besteden aan mijn levensloop tot op dit moment.

In 1926 in Maastricht geboren maakte ik al vroeg kennis met de techniek als zoon van een elektrotechnisch installateur met een elektromotorenreparatiebedrijf, met de werkplaatsen aan huis. Dat betrof niet alleen elektrotechniek, maar ook metaalbewerking en houtbewerking in een tijd waarin een elektrisch aangedreven boormachine een curiosum was en het lassen het klinken begon te vervangen. Op mijn 6e verjaardag kreeg ik een eikehouten werkbank met handgereedschap, dat in de loop der jaren voortdurend werd uitgebreid. Ik weet zodoende hoe je een hamer moet vasthouden, en bovendien wat je er vervolgens mee kunt doen.

Na het doorlopen van de H.B.S. werd ik in 1946 ingelijfd als gewoon dienstplichtige bij de Luchtvaarttroepen van het Wapen der Militaire Luchtvaart, nadien de Koninklijke Luchtmacht

(KLu). Na de opleiding tot reserve-officier ging ik over in beroepsdienst.

In de nagenoeg 25 jaar bij de KLu heb ik een unieke periode meegemaakt door de ontwikkelingen die plaats vonden op het gebied dat in de hedendaagse bedrijfskunde, ontleend aan de militaire organisatie, wordt aangeduid met het verzamelbegrip "logistiek".

In 1945 moest worden begonnen met de oprichting van een luchtmacht, waarbij de kennis en ervaring was beperkt tot enkelen die uitsluitend operationele vliegervaring hadden.

Gedurende een aantal jaren moest ongeveer ieder jaar een vliegbasis operationeel uit het niets verschijnen. Dat vereiste naast de nodige infrastructuur en de uit overtuiging oorlogsmaterieel van de R.A.F. ter beschikking komende middelen, ook de oprichting van enige centrale werkplaatsen, van centrale magazijnen en de totstandkoming van het logistieke bestel om het onderhoud der middelen en de voorraden te beheersen.

Het lag voor de hand hiervoor aanvankelijk volledig het R.A.F. systeem, inclusief de R.A.F. Regulations en formulieren, over te nemen.

Nadat dit geleidelijk enigszins was aangepast aan de eigen situatie, werd in het begin van de vijftiger jaren met de oprichting van de Tactische Luchtmacht Amerikaans materieel geïntroduceerd. Dit betekende de toevoeging van het logistiek bestel van

de U.S.A.F., waardoor twee zeer van elkaar afwijkende logistieke systemen naast elkaar moesten worden gehanteerd. Daarvan lerende kon daarna het voor de KLu meest geëigende worden geselecteerd tot het in de loop der zestiger jaren op het eigen bedrijf afgestemde logistieke bestel.

In dezelfde periode maakte de technologie in de luchtvaart enorme stappen. In 1945 was de periode nog niet afgesloten dat een vliegtuig bestond uit een buizenframe, met linnen overtrokken en voorzien van een zuigermotor. De belangrijkste technicus in het onderhoud was de motormonteur. Inmiddels deden metalen vliegtuigen meer en meer hun intrede, gevolgd door de invoering van de straalmotor, die in een korte tijd de zuigermotor verdrong. De eenvoudige radio werd gevolgd door een explosieve ontwikkeling van de elektronica, die bepalend werd niet alleen voor verbindingssystemen, maar ook in bewapeningssystemen en navigatie. Met de geleide wapensystemen deed een zowel operationeel als logistiek geheel nieuw middel zijn intrede.

Over die periode van enige decennia bleek telkens dat inmiddels beproefde benaderingen, in het bijzonder in het onderhoud, waren achterhaald en moesten worden herzien.

Het deel uitmaken van een dergelijke ontwikkeling vormde uiteraard een rijk leerproces, in lijn- en staffuncties op verschillende niveaus, zoals tech-

nisch officier bij een vliëgsquadron, commandant van een motortransportsquadron, lid van nationale en geallieerde staven, Chef Technische Dienst van een Centrale Werkplaats, Hoofd van de Sectie Mechanische Gronduitrusting en tenslotte Hoofd van de Stafsectie Bedrijfsvoering bij het Directoraat Materieel KLu. In die laatste functie werd de eerste computer bij de KLu ingevoerd voor de beheersing van het inmiddels tot boven de 200.000 gegroeide assortiment artikelen.

Apart moet worden vermeld dat de KLu mij in de periode 1957-1961 in staat stelde onder genereuze voorwaarden aan de T.H.-Delft het diploma Werktuigbouwkundig Ingenieur te verwerven. Voor mijn specialisatie koos ik daarbij Werkplaatstechniek, Organisatorisch. Mijn afstudeeropdracht betrof de productieplanning en productiebesturing bij Rhein Stahl-Hanomag in Hannover.

In 1965 werd ik door Prof.ir. W. Monhe-mius benaderd met het verzoek deel te nemen aan de totstandkoming van de Afdeling Bedrijfskunde, waarvoor de plannen bij de T.H. Eindhoven in een vergevorderd stadium verkeerden. Aangezien contractuele verplichtingen aan de KLu een volledige overgang niet mogelijk maakte, bleek toch een bijdrage, na toestemming van de Minister van Defensie, mogelijk, zij het beperkt tot een dag in de week. Daarmee begon 25 jaar geleden mijn relatie met de T.U.E.

Zeer onverwacht, en door velen betreurd, overleed in 1971 Prof. Jaques Nabben, waarmee ik zeer nauw samenwerkte. Op zijn instigatie was reeds in de zestiger jaren het keuze-college onderhoudsbeheersing gestart.

Inmiddels had ik besloten mijn leven een wending te geven en had in goede verstandhouding de KLu verlaten om de functie van Adj. Directeur Organisatie en Automatisering te aanvaarden bij Fokker-VFW. Mijn deeltijdwerk bij de T.H.E. werd daarbij gecontinueerd.

Het voorzien in de vacature bleek moeilijk. Daarom heb ik, daarvoor benaderd en na overleg bij Fokker-VFW, besloten daarop in te gaan, waarna in 1972 benoeming volgde tot hoogleraar in de bedrijfskunde, in het bijzonder de Productieplanning en de Productiebesturing.

Aan de productiebeheersing werd aandacht besteed in de colleges en in het onderzoek. Zo promoveerden ir. J.W.M. Bertrand en ir. J.C. Wortmann op dat thema en zetten hun bijdragen voort als hoogleraar bij de faculteit.

Daarnaast werd onderhoud als bedrijfskundig thema ontwikkeld. Daaraan wil ik nu aandacht besteden, en zoals dat een ex-luchtmachtman betaamt, in vogelvlucht.

Ofschoon onderhoud ook met de industriële revolutie van betekenis werd, is vooral na de tweede wereldoorlog meer en meer aandacht aan het

onderhoud als functie besteed.

Onafhankelijk van elkaar ontstonden benaderingen met het oogmerk de doelmatigheid van het onderhoud te verbeteren. De belangrijkste daarvan zal ik kenschetsen.

De werktuigkundige benadering

Tot aan en ook gedurende de tweede wereldoorlog werd het gedrag van machines en installaties vooral bepaald door werktuigkundige processen. Elektrische componenten waren tamelijk eenvoudig en de intrede van elektronica, complexe en geïntegreerde besturingssystemen, miniaturisatie en geïntegreerde circuits zouden eerst later volgen.

De twee dominerende vormen van storing waren breuk of slijtage. Breuk was het gevolg van onvoldoende sterkte en werd daarom niet zozeer als een onderhoudsaangelegenheid gezien alswel als een ontwerpaangelegenheid. Door verbetering van het ontwerp (beter materiaal, grotere dimensies, e.d.) was storing, en daarmee de onderhoud te voorkomen. Die benadering werd bekend onder de slogan "Design out Maintenance" (DOM).

Slijtage was, naast metaalvermoeiing en erosie, een zeer algemeen optredend verschijnsel, doordat veel metalen delen die ten opzichte van elkaar bewogen aan zeer wisselende belastingen werden onderworpen, met grote versnellingen en vertragingen. Onder die omstandigheden zijn ideale smeringscondities niet mogelijk,

waardoor metalliek contact en daarmee slijtage optreedt. Overvloedig smeren was de aanbeveling, waarbij de vrees dat de smeerkosten hoog zouden uitvallen werd getemperd met de slogan "Oil is cheaper than steel". Slijtage ontwikkelt zich over een bepaalde tijd voordat er sprake is van storing. Om die te voorkomen werd gepropageerd de betrokken delen voordat storing optrad te vervangen of te reconditioneren. Daarmee deed "preventief onderhoud" als de aangewezen weg zijn intrede, in het Amerikaans nog steeds - en vrij ongelukkig - aangeduid als "scheduled maintenance".

Preventief onderhoud was volgens de heersende opvattingen onderhoud waarbij de technische toestand van een technisch systeem werd veranderd, uit te voeren volgens voorgeschreven werkinstructies na vaste intervallen in de levensduur van een systeem, ongeacht de technische toestand waarin het systeem op dat moment verkeerde. Vanwege het feit dat de intervallen vast zijn wordt ook de term periodiek onderhoud gebezigd. Ofschoon deze benadering nog steeds, algemeen geldig geacht, voorkomt heeft onderzoek inmiddels onweerlegbaar aangetoond dat alleen onder zeer bepaalde voorwaarden deze vorm van onderhoud effectief is.

Operations Research

Operations research ontstond tijdens de tweede wereldoorlog doordat, in het bijzonder bij de Engelse strijdkrachten, werd gezocht naar oplos-

singen voor vraagstukken, waarop de gebruikelijke expert, deskundig binnen het betrokken probleemgebied, geen oplossing had. Nieuw in de aanpak was het invoeren van de hulp van een aantal wetenschappers, uit verschillende disciplines, die gewend waren problemen fundamenteel aan te pakken. Die aanpak kenmerkte zich door het richten van het onderzoek op de analyse van het proces dat bepalend was voor het bereiken van het gewenste doel. Om de processen voor elkaar begrijpelijk en eenduidig te beschrijven werd de wiskunde het geboezigde gereedschap, met het belangrijke voordeel dat alternatieven theoretisch konden worden onderzocht. Na de tweede wereldoorlog werden de inmiddels, ook in de Verenigde Staten, opgerichte OR-groepen opgeheven, en daarmee de multidisciplinaire groep die zich op in de praktijk opgetreden vraagstukken in "operations" richtte. Mathematici echter zetten het werk voort.

Operations research richtte zich nu, zij het veelal beter te benoemen als mathematische research, ook op problemen in bedrijven.

Daarbij kregen functies als productie-beheersing en voorraadbeheersing aandacht en evenzo het onderhoud. Dit betrof in het bijzonder het onderzoek naar het statistisch gedrag van storingen om te bepalen welk onderhoud in relatie tot een storing gewenst is. Het werd aangeduid met "maintenance strategy", "maintenance policy" en ook wel met het Germanisme "onderhoudspolitiek".

Een belangrijke bijdrage van de operations research aan het onderhoud is de introductie van het waarschijnlijkheidsbegrip, daarmee de mogelijkheid tot kansrekening openend bij de analyse van het storingsgedrag. Met die introductie werd een aantal meetbare grootheden ingevoerd, zoals betrouwbaarheid, en daaraan verbonden de storingskansdichtheid, onderhoudbaarheid en gereedheid. Van belang daarbij is dat deze grootheden t.a.v. hun betekenis in het onderhoud zeer wel herkenbaar zijn in de praktijk door onderhoudsfunctiearissen.

Door de preoccupatie met het vinden van zogenaamde "optimale" oplossingen werd al snel een model uit de voorraadbeheersing zonder meer overgeplant naar het onderhoud. Het model, wel bekend als het rubber stempel van de operations research, verstrekt eenduidig de waarde van de zogeheten stuurvariabele, waardoor het optimum zal worden bereikt, dat is het minimum van inspanning plus resultaat; b.v. de optimale bestelgrootte van voorraadartikelen door het afwegen van kosten van een bestelling tegen de kosten van het in voorraad houden. Toegepast op het onderhoud wordt het model gepresenteerd met de intentie het optimale percentage preventief onderhoud te bepalen door afweging van de preventieve onderhoudsinspanning tegen de reductie in correctief onderhoud of tegen de hogere gereedheid. Het is echter niet mogelijk te voldoen aan de essentiële

voorwaarde om dit rekenmodel toe te passen, te weten het bepalen van de mathematische uitdrukking waarmee de betrokken curven worden beschreven. Zelfs wanneer dit mogelijk zou zijn en de optimale, gewenste, waarde zou worden gevonden, is het volstrekt onduidelijk wat men vervolgens zou moeten doen b.v. bij een afwijking van 5%. Het enige dat het model kan illustreren is dat men "niet teveel" en "niet te weinig" preventief onderhoud moet uitvoeren; maar daarmee komt men operationeel, hetgeen het model suggereert, geen stap verder.

Een tweede, eveneens nog regelmatig gecopieerd in publicaties verschijnende, figuur is de zogenaamde "badkuipcurve". Hierbij wordt verondersteld dat, nagenoeg, ieder technisch systeem gedurende zijn levensduur een beginperiode met een dalende storingsgraad vertoont, gevolgd door een ruime periode met een constante storingsgraad en afgesloten met een periode met een stijgende storingsgraad. Ook hier geldt dat het model niet meer dan schetsmatig een gedachte weergeeft, maar dat het niet als rekenmodel toepasbaar is, of kan worden ontwikkeld. Reeds geruime tijd geleden uitgevoerd onderzoek wijst bovendien erop dat het veronderstelde gedrag zich zelden of niet voordoet. Wellicht wordt gevoelsmatig de organisatorische inspanning of het kostenniveau bij invoering, na invoering, en bij afvoer van een technisch systeem verward met zijn storingsgraad.

De analyse van het gedrag van technische systemen in de operations research is uitsluitend gebaseerd op de grootte van de storingsvrije perioden. Dientengevolge is nauwelijks of geen aandacht besteed aan de technische, fysische, analyse van de processen die tot storingen leiden¹. Aan die mogelijkheid werd aandacht besteed in het kader van het bij de Faculteit Technische Bedrijfskunde TUE uitgevoerde onderzoek; het werd aangeduid met "toestandsafhankelijk onderhoud"^{2,3}.

De blijvende bijdrage van de operations research ligt in het bijzonder in de introductie van waarschijnlijkheid in de storingsanalyse en van het begrip betrouwbaarheid.

De Amerikaanse benadering

Na de tweede wereldoorlog bleken de logistieke kosten van het gebruik van wapensystemen met hun toenemende complexiteit zo hoog te worden, dat het in het budget gebruikelijk resterende aandeel voor de aanschaf van nieuwe wapensystemen in de knel kwam. Dit leidde tot het inzicht dat bij de keuze van een nieuw wapensysteem, type en aantal, niet alleen de aanschaffingsprijs, maar ook de erop volgende gebruikskosten in beschouwing moesten worden genomen. Die benadering is bekend onder de benaming: "Life Cycle Costing" (LCC).

Bij de toepassing van LCC worden bij het keuzeprocess alle onderscheiden mogelijkheden geëvalueerd m.b.t. de

kosten over het traject van aanschaf tot en met afvoer. LCC wordt in het bijzonder toegepast in het militair-industriële complex. In de industrie kreeg het weinig aandacht. De benadering is ontwikkeld tot een praktisch toe te passen methode, waarin voor iedere stap gedetailleerd is aangegeven hoe de kostenberekening moet plaatsvinden. Zij is beschreven in diverse publicaties van o.a. Blanchard⁴.

In verband met een bepaalde onzekerheid vooraf over de prestaties, zoals de betrouwbaarheid, van nieuwe systemen, worden door het Amerikaanse Ministerie van Defensie garanties te dien aanzien geëist, gepaard gaande met demonstratie ervan bij aflevering.

De Britse benadering: Terotechnology⁵

In 1968 werd door het toenmalige Ministerie van Technologie een werkgroep ingesteld met het doel het ministerie te adviseren over de maatregelen die moesten worden genomen om het onderhoud in Engeland te verbeteren. In 1970 verscheen hun rapport met een reeks van aanbevelingen. Om aandacht te trekken werd i.p.v. onderhoud de term "terotechnology" gebezigd. Na uitvoerige discussie werd terotechnology gedefinieerd als:

Een combinatie van management, financiële, technische en andere technieken, toegepast op de fysieke hulpmiddelen in het streven

naar economische levensduurkosten.

Daaraan werd toegevoegd:

De uitoefening heeft betrekking op de specificatie en het ontwerpen voor de betrouwbaarheid en onderhoudbaarheid van fabrieken, machines, uitrusting, gebouwen en constructies, alsmede op hun installatie, inbedrijfname, onderhoud, modificatie en vervanging, en met terugkoppeling van informatie over ontwerp, prestaties en kosten.

De definitie van terotechnologie geeft wel aan wat men beoogt te bereiken, maar niet wat de daadwerkelijk toe te passen technieken en methoden zijn. De reikwijdte van terotechnologie is bovendien enorm groot; ze omvat niet alleen onderhoud, maar ook ontwerp, en investerings- en vervangingsbeslissingen. Het ter verspreiding van de boodschap opgerichte National Terotechnology Centre wist aanvankelijk veel aandacht te vestigen op het belang van terotechnologie. Het ontbrak echter aan programma's en kennis benodigd om de daadwerkelijke toepassing van terotechnologie duidelijk te maken. Een cursus aan de Universiteit van Manchester trok enkele jaren enige aandacht, hoofdzakelijk van deelnemers uit ontwikkelingslanden. Met de verhoging van de inschrijvingskosten voor buitenlandse studenten verdween hun interesse en kwam de cursus ten einde.

Terotechnologie heeft aldus gefungeerd als een aandachtstrekker, in het bijzonder ook voor de samenhang tussen onderhoud en ontwerp. Het kreeg echter geen vervolg.

De Japanse benadering, T.P.M.

Tot 1950 domineerde in Japan, evenals vrijwel overal elders, "breakdown maintenance", d.w.z. dat onderhoud eerst werd uitgevoerd nadat een storing was opgetreden. In 1950 werd een begin gemaakt met de invoering van preventief onderhoud, ontleend aan de Verenigde Staten. Preventive Maintenance, PM, was daar identiek met wat men nog steeds noemt "scheduled maintenance". Dat houdt in dat men na een bepaalde vaste periode van gebruik of tijd een onderhoudsbeurt uitvoert ongeacht de technische toestand van het technisch systeem. Verondersteld werd dat daardoor de storingen werden vermindert, en daarmee de onderhoudskosten, en dat de gereedheid er door toenam, en daarmee de prestatie.

Nadat de tekortkomingen van die vorm van preventief onderhoud naar voren kwamen werd een bredere aanpak nagestreefd, die in 1960 onder de benaming "Productive Maintenance" in 1970 zich nog verder uitbreidde onder de thans gangbare benaming "Total Productive Maintenance". De aandacht voor onderhoud werd door de jaren heen gestimuleerd door de Japanese Management Association (JMA), daarna door het daartoe opgerichte Japan Institute of Plant Engineers (JIPE) en thans door het

Japanese Institute of Plant Maintenance (JIPM). Door de jaren heen was Seiichi Nakajima de drijvende kracht.

TPM wordt gedefinieerd door de beschrijving van zijn 5 doeleinden:

1. Maximalisering van de effectiviteit van de bedrijfsuitrusting.
2. De ontwikkeling van een systeem van "productive maintenance" voor de gehele levensduur van de bedrijfsmiddelen.
3. Het betrekken van alle bedrijfsafdelingen die te maken hebben met de planning, het ontwerp, het gebruik of het onderhoud bij de invoering van Total Productive Maintenance.
4. Het actief betrekken van alle bedrijfsmedewerkers, van de topleiding tot de werknemers op de werkvloer.
5. Het stimuleren van Total Productive Maintenance door motivatiemanagement, en wel in het bijzonder door middel van autonome kleine groepen.

In de ontwikkeling van TPM is duidelijk te herkennen dat men zich grondig, en bij voortduring, heeft georiënteerd op wat elders gebeurde, waarbij men de goede elementen selecteerde en in TPM opnam. Zo was het benadrukken van de levensduur kenmerkend in de Amerikaanse LCC benadering en in het Britse terotechnologisch model. In dit laatste krijgt tevens het ontwerp bijzondere nadruk. Verbetering van een technisch systeem in TPM wordt ook als onderhoud gezien (ook al is modificatie feitelijk geen onderhoud, maar

ontwerp). In Japan wordt modificatie zelfs aangeduid met de term correctief onderhoud.

Het meest typerende in de Japanse aanpak is de enorme toewijding die wordt verkregen van alle medewerkers, zoals dat al eerder bleken was in de kwaliteitsbeheersing en in de productiebeheersing. De mogelijkheden tot verbetering in de bedrijfsvoering, niet alleen in het onderhoud, vormen onderwerp van bespreking in de "circles", die daartoe regelmatig vergaderen. Aanbevelingen gaan niet in de ideeënbus, maar worden doorgeleid naar de manager, eventueel de directie, die beslist.

Opvallend in de Japanse aanpak is de niet aflatende aandacht voor verbeteringen ("kaizen"), i.p.v. de in het Westen gebruikelijke probleemoplossingen als eenmalige acties. Vandaar de in Japan gebruikelijke utopisch klinkende doelstellingen zoals "zero defects", "just-in-time", "zero stock", en dergelijke.

Tevens valt op dat geen melding wordt gemaakt van kwantitatieve modellen of algorithmen. De toepassing vond vooral plaats in de auto-industrie met Toyota als voortrekker; nu vindt uitbreiding naar andere industriële sectoren plaats.

TPM is onlangs uitvoerig beschreven door Nakajima^{6, 7}.

Het TUE-onderhoudsmodel

Nagenoeg vanaf de start van de faculteit Technische Bedrijfskunde medio zestiger jaren is onderhoud opgenomen in het onderwijsprogramma, waarbij velen in afstudeerprojecten een bijdrage leverden aan het onderzoek, dat na een verkennende fase in de zeventiger jaren een vast onderdeel in het onderzoeksprogramma werd en ook in de eerste voorwaardelijke financiering werd opgenomen. Zowel om bedrijfskundige deekennis in een totaal verband met elkaar te brengen, alsook om jaarlijks de stand van zaken te kunnen vaststellen bij het bepalen van de onderzoeksprioriteiten, werd een het onderhoud in zijn totaal omvattend model ontwikkeld, waarin de onderhoudsfunctie wordt beschreven door middel van de te onderscheiden subfuncties in samenhang^{8,9}.

Het model is descriptief en niet prescriptief, omdat de diversiteit in situaties in de werkelijkheid vereist dat onderscheid wordt gemaakt in die kenmerken van een situatie, die bepalend zijn voor het onderscheid dat moet worden gemaakt in de toe te passen methoden in de beheersing der deelfuncties.

Het TUE-onderzoek

In een eerdere analyse¹ werd door mij als belangrijkste bevindingen het volgende geconcludeerd:

In de gebruikelijke onderhoudstheorie ontbreekt aandacht voor de toe-

passing van toestandsafhankelijk onderhoud en voor de plaats die het inneemt in de bepaling van het onderhoud dat uitgevoerd dient te worden. De bestaande theorie was fragmentarisch.

2. De planning en besturing in het onderhoud corresponderen met de planning en besturing als toegepast in de productiebeheersing (N.B. niet te verwarren met de fabricagebeheersing). Toepassing zonder meer was echter niet mogelijk omdat het onderhoudsproces een aantal kenmerken heeft die het productieproces niet in die mate kent, in het bijzonder de aan het onderhoud inherente onzekerheid.
3. De voorraadbeheersingstheorie, die hoofdzakelijk is gebaseerd op statistische modellen, voorziet voor slechts een kleine en bovendien enigszins triviale categorie onderdelen in de beheersing van onderhoudsvoorraden. Substantiële aanvulling van de bestaande kennis is vereist en vergt nader onderzoek.

Bij de beperkte onderzoekscapaciteit die ter beschikking stond moesten keuzen worden gemaakt. Prioriteit werd gegeven aan het onderzoek naar de wijze waarop systematisch kon worden bepaald wanneer welk onderhoud aan een technisch systeem moet worden uitgevoerd. Dit berustte op de overweging dat het voor de hand ligt eerst de aandacht te

richten op de wenselijkheid van uit te voeren acties, in plaats van eerst op de ideale beheersing van activiteiten waarvan een aanmerkelijk deel overbodig is of ontbreekt. Op dit onderdeel werden tientallen onderzoeken door afstudeerders in een diversiteit van bedrijven aan een diversiteit van objecten uitgevoerd. De resultaten werden in een raamwerk gevat in het promotie-onderzoek van Gits⁹. Enige mathematische aspecten werden vervolgens door Geurts onderzocht¹⁰. Inmiddels is die kennis omgezet in een vorm waarin wordt beschreven op welke wijze het systematisch ontwerpen van het onderhoudsconcept voor een technisch systeem uit te voeren in de praktijk. Reeds enige honderden namen deel in een daarover door medewerkers van de onderzoeksgroep verzorgde 3-daagse cursus, georganiseerd door het Studiecentrum voor Bedrijf en Overheid.

De planning en besturing werden op onderdelen onderzocht, maar vragen nog aanzienlijk meer inspanning om geordend te kunnen worden in een raamwerk waarin de instrumentele mogelijkheden zijn ondergebracht. Hierbij kunnen vooraf apart te onderzoeken sectoren worden geïndiceerd, te weten:

1. Groepen van kleine, relatief goedkope objecten.

De hierbij toe te passen methode is in beginsel bekend onder benamingen als "group replacement" en "block replacement".

2. Algemene centrale onderhoudswerkplaatsen.

Deze situatie is in de productiebeheersing bekend als job shop, waarbij de orders een netwerkstructuur hebben. De hierbij optredende problemen, als gevolg van de dynamische interrelaties van netwerken, zijn typerend en houden niet te vermijden onzekerheden in bij de planning en in de besturing.

3. Specialistische centrale onderhoudswerkplaatsen.

De planning en besturing voor het onderhoud van componenten is hier, vergeleken met de andere onderhoudssituaties, relatief eenvoudiger doordat de beperking in het assortiment gepaard gaat met een relatief hoge herhalingsgraad.

Voor de lange termijnplanning van het onderhoud van groepen gelijksoortige complexe objecten werd reeds eerder een model ontwikkeld en toegepast^{1,11}.

4. Grote onderhoudsbeurten.

Grote onderhoudsbeurten kenmerken zich door hun zeer groot aantal activiteiten, die in een kort tijdsbestek moeten worden uitgevoerd en waarin het belang van een korte doorlooptijd domineert. De bestaande netwerkplanningmethoden ontwikkeld voor productie schieten op een aantal vitale onderdelen tekort. Onderzoek in het onderhoud is enige tijd geleden gestart; een publicatie over de eerste bevindingen is in voorbereiding.

5. Onderhoud op de werkvloer.

Het onderhoud op de werkvloer

draagt de typische kenmerken van de job shop. De beheersing door middel van prioriteitsregels bekend uit de produktiebeheersing biedt weinig soelaas door de onzekerheid over de afloop van de individuele orders. Het ligt voor de hand hiervoor periodenplanning¹² toe te passen. Nader onderzoek is daarvoor nodig.

Ondanks de zeer grote voortdurende stroom van standaardprogramma's voor de onderhoudsbeheersing, universeel geldend gepresenteerd, is hun bruikbaarheid teleurstellend. De gebruikelijke evaluatiemethoden zijn gebrekkig¹³. Voor een juist oordeel is materie-kennis, dat wil zeggen kennis van onderhoudsbeheersing, en niet informaticakennis, een eerste voorwaarde. Hoe de informatiebehoefte in een concrete situatie systematisch vast te stellen op basis van materie-kennis is een onderwerp van lopend promotie-onderzoek van ir. H.H. Martin.

De voorraadbeheersing in het onderhoud vereist het onderscheiden van het assortiment in ieder op een eigen, verschillende manier te beheersen categorieën^{1, 14}. In het kader van afstudeeronderzoek ontwierp Niëns een methode voor de toewijzing van een artikel aan zijn beheersingscategorie¹⁵.

Het kernprobleem in de beheersing ligt bij de artikelen met een lage tot zeer lage vraag^{1, 14}.

Trends in het onderhoud

We beschikken thans over ruime kennis over de beginselen van het onderhoud en over onderhoudsplanning en -besturing. Verdieping betreft in het bijzonder de informatieverwerking ter ondersteuning van de beslissingsprocessen.

Verbeteringen in het onderhoud zullen voor een groot deel zijn gebaseerd op betere ontwerpen. Dit wordt mede bevorderd door de nieuwe eisen die flexibele produktiesystemen bij de just-in-time benadering aan het onderhoud stellen.

In grote lijnen kunnen de volgende trends worden gesignaleerd¹⁶:

1. De betrouwbaarheid van componenten zal nog aanzienlijk toenemen. Statistische analyse van storingsintervallen wordt daardoor minder en minder effectief.
2. Periodiek, gebruiksduurafhankelijk onderhoud zal drastisch afnemen, terwijl toestandsafhankelijk onderhoud zal gaan domineren.
3. Toestandsmeting en -vergelijking zal in sterk toenemende mate door middel van "process control" automatisch worden uitgevoerd.
4. Met de automatisering van toestandsafhankelijk onderhoud, zal, in plaats van meting in-situ, meting en voorlopige analyse plaatsvinden door centralisatie van het meet-

resultaat (telemonitoring en tele-diagnose).

5. De druk op korte stilstandstijden bij storing zal leiden tot meer toepassing van modulaire constructies, waarbij eenvoudige "go - no go" testen voor functionele componenten gepaard gaan met snelle en eenvoudige vervanging. Reparatie van defecte componenten zal, waar economisch interessant, vooral in gespecialiseerde bedrijven plaatsvinden.
6. Zowel als gevolg van de verlaging van de storingsgraad, als door de eis snel te reageren op een storing, zal het vast geplande periodiek onderhoud een minderheid in de werklust worden, waardoor de onderhoudsplanning en -besturing meer zal gaan lijken op de wijze waarop snel reagerend op de individuele vraag de inzet van taxi's wordt beheerst.
7. Met de toenemende concentratie van de aandacht op de kern van de ondernemingstaak zal onderhoud meer en meer worden uitbesteed, terwijl tegelijkertijd de onderhoudstoelevering zich als bedrijfstak met "co-maker" relaties zal gaan ontwikkelen.
8. Vooral in situaties waarin calamiteiten kunnen optreden, o.a. als gevolg van grote energievolumes, chemische en nucleaire processen, zal de storingsanalyse ter pre-

ventie van storingen zich van het onderzoek van bijna-ongevallen gaan bedienen als een normaal gebezigd instrument. De vakgroep Technologie en Arbeid van de faculteit verricht op dit onderdeel baanbrekend onderzoek.

Kennisverspreiding

In de afgelopen decennia is, vooral ook in Nederland, aandacht besteed aan de verspreiding van kennis. Op de eerste plaats door de Nederlandse Vereniging voor Doelmatig Onderhoud, waarvan ik tot 1986 zestien jaar voorzitter mocht zijn. In vele congressen, in enige tientallen rapporten en in talloze cursussen werd kennis overgedragen op basis van de ervaring en kennis van zeer vele NVDO-leden, door hen belangeloos ter beschikking gesteld. Daarmee werd de NVDO, van een gesubsidieerde vereniging, financieel onafhankelijk, gericht op het belang van de onderhoudsfunctionaris in de praktijk. In dit verband verdient, naast de secretaris Henk Arnold, Ed Lamberti vermelding, gezien zijn grote verdiensten als voorzitter van de Stuurgroep Onroerend Goed, de meest actieve en produktieve groep in de NVDO.

In 1970 werd op ons initiatief de European Federation of National Maintenance Societies (EFNMS) opgericht. Daardoor vindt sinds 1972 jaarlijks een internationaal congres plaats waarbij onderhoudsfunctionarissen uit diverse landen van elkaars vorderingen kunnen kennis nemen.

Gedragen door de vakgroep Kwantitatieve Aspecten van Beheersings-Systemen (KBS) werd in 1987 door Samsom het losbladige handboek "Onderhoudsmanagement" uitgegeven, waarmee een groot aantal abonnees wordt bereikt. Daarin wordt een uitvoerige terminologie gepresenteerd, die in de loop der jaren tot stand kwam.

Tot slot

Met het beëindigen van mijn beroepsactiviteiten zal ik het onderhoudsterrein niet volledig verlaten.

Naast enige adviesverlening, zal het redacteurschap voor de sector onderhoud in het tijdschrift "International Journal of Production Economics" worden voortgezet.

Om de schaarse wetenschappelijke onderzoekers op onderhoudsgebied gericht met elkaar in contact te brengen is in 1986 de International Foundation for Research in Maintenance opgericht, gedragen door medewerkers van onze faculteit. Daaraan is een zeer ruim voorzien documentatiecentrum verbonden, dat aan IFRIM participanten, waaronder onze studenten, ter beschikking staat. De stichtingsvorm, niet belemmerd door ambtelijke bureaucratie, blijkt effectief werken zeer wel mogelijk te maken en behoeft geen beroep op universitaire of andere fondsen te doen. De functie van voorzitter, waarbij internationaal erkend het zwaartepunt van IFRIM bij de faculteit ligt, zal op verzoek der partici-

panten worden gecontinueerd. Naast gebruik van het documentatiecentrum, kunnen studenten die op het thema onderhoud afstuderen ook een beroep doen op IFRIM bij het vinden van een buitenlandse stage met deskundige begeleiding en op een tegemoetkoming in de reis- en verblijfskosten als die onvoldoende worden vergoed als gevolg van nationale regels.

Derhalve niet zonder meer "vaarwel", maar "tot ziens".

Ik beëindig mijn beroeps carrière onder het terugzien met genoegen, op 25 jaar Koninklijke Luchtmacht met de boeiende ervaringen in de praktijk, op 25 jaar T.U.E. met de voortdurende uitdaging tot analyse.

Ik dank U voor Uw aandacht.

Literatuur

1. Geraerds, W.M.J., "Towards a theory of maintenance", p. 297-329 in: R. Bureau ed., *"The Organization of Logistic Support Systems"*. The English University Press Ltd., London, 1972, 593 pp.
2. Geraerds, W.M.J., "Toestandsafhankelijk onderhoud. Principe, technieken, beperkingen". *PT/Werktuigbouw* 37 (1982), nr. 5, pp. 38-41.
3. Gits, C.W., "On the maintenance concept for a technical system. A framework for design". Dissertatie TUE, Eindhoven, 1984, 122 pp.
4. Blanchard, B.J., "Design and maintenance to Life Cycle Cost". M/A Press, Portland, 1978, 255 pp.
5. Geraerds, W.M.J., "Het terotechnologisch model". In: "Onderhoudsmanagement. Handboek voor technische en onderhoudsdiensten", Samsom, Alphen aan den Rijn, 1987, pp. B3020, 1-22.
6. Nakajima, S., "Introduction to TPM". Productivity Press, Cambridge MA, 1988, 129 pp.
7. Nakajima, S., "TPM Development Program". Productivity Press, Cambridge MA, 1989, 403 pp.
8. Geraerds, W.M.J., "Het TUE-onderhoudsmodel". In: "Onderhoudsmanagement. Handboek voor technische en onderhoudsdiensten", Samsom, Alphen aan den Rijn, 1987, pp. B3010, 1-11.
9. Geraerds, W.M.J., "The EUT Maintenance Model". In: H.E. Bradley, "Operational Research '90", IFORS Conference, Athene 25 - 29 Juni 1990, Pergamon Press, New York, 1991, pp. 629-638.
10. Geurts, J.H.J., "On the selection of elementary maintenance rules". Dissertatie TUE, Eindhoven, 1986, 115 pp.
11. Geraerds, W.M.J., "LTP-Beheersingssysteem voor motorisch aangedreven grondtrusting". *Mededelingen Operationele Research*, 6 (1967), pp. 175-196 en 245-272.
12. Martin, H.H., "Evaluation methods of standard software". 21 pp. in: Congress Proceedings "Maintenance Management", I.I.R., Toronto, June 28-29, 1989.
13. Geraerds, W.M.J., "Productiebeheersing en bedrijfskunde. Naar samenhang". Intreerede THE, Eindhoven, 1973, 20 pp.
14. Geraerds, W.M.J., "Typische aspecten van de voorraadbeheersing in het onderhoud". pp. 1-19 in NVDO Congresverslag "Voorraadbeheer bij de Technische Dienst", Eindhoven, 1982.
15. Niëns, R.M.J., "De systematische indeling van reservedelen in voorraadbeheersingscategorïën". *Afstudeerrapport THE*, Eindhoven, 1983, 48 pp.
16. Geraerds, W.M.J., "Maintenance - Development, State of the Art, Future". 14 pp. in: Congress Proceedings "La Maintenance Industrielle", I.I.R., Parijs, 5 - 6 December 1990.



Prof. ir. W.M.J. Geraerds werd geboren op 14 april 1926 te Maastricht. Na het doorlopen van de H.B.S. was hij van 1946 tot 1971 werkzaam bij de Koninklijke Luchtmacht in een diversiteit van logistieke functies. In die periode studeerde hij aan de T.H. Delft werktuigbouwkunde en behaalde het ingenieursdiploma, met lof, in 1961.

Op 13 april 1971 werd hij benoemd tot Officier in de orde van Oranje Nassau, met de Zwaarden.

Van 1971 tot 1972 was hij adj. directeur Organisatie en Automatisering bij Fokker VFW.

Met ingang van 1966 was Prof Geraerds part-time medewerker bij de afdeling der Bedrijfskunde. In 1972 werd hij daar benoemd tot hoogleraar in de Bedrijfskunde, in het bijzonder de productieplanning en de productiebesturing, en is gepensioneerd op 1 mei 1991. In die periode was hij 3 jaar dekaan van de faculteit.

Van 1970 tot 1986 was hij voorzitter van de NVDO (Ned. Ver. van Doelmatig Onderhoud), en Council member van de op zijn initiatief opgerichte EFNMS (European Federation of National Maintenance Societies). Sinds de oprichting in 1986 is hij President van de International Foundation for Research in Maintenance.

Van 1973 tot 1975 was hij buitengewoon hoogleraar Toegepaste Informatica aan de Katholieke Hogeschool Tilburg. In 1971 werd hij benoemd tot Honorary Fellow van het Indian Institute of Plant Engineers. Sinds 1980 is hij honorary visiting professor of Technology aan de University of Manchester. In 1986 werd hem het erelidmaatschap van de NVDO verleend.

Van zijn hand verschenen talloze publicaties in nationale en internationale tijdschriften en n.a.v. congressen en seminars.

Vormgeving en druk:
Reproductie en Fotografie van de CTD
Technische Universiteit Eindhoven

Informatie:
Academische en Protocollaire Zaken
Telefoon (040-47)2250