

Onderhoud vanuit bedrijfskundig perspectief

Citation for published version (APA):

Geraerds, W. M. J. (1988). *Onderhoud vanuit bedrijfskundig perspectief*. Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1988

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

Take down policy

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

openaccess@tue.nl

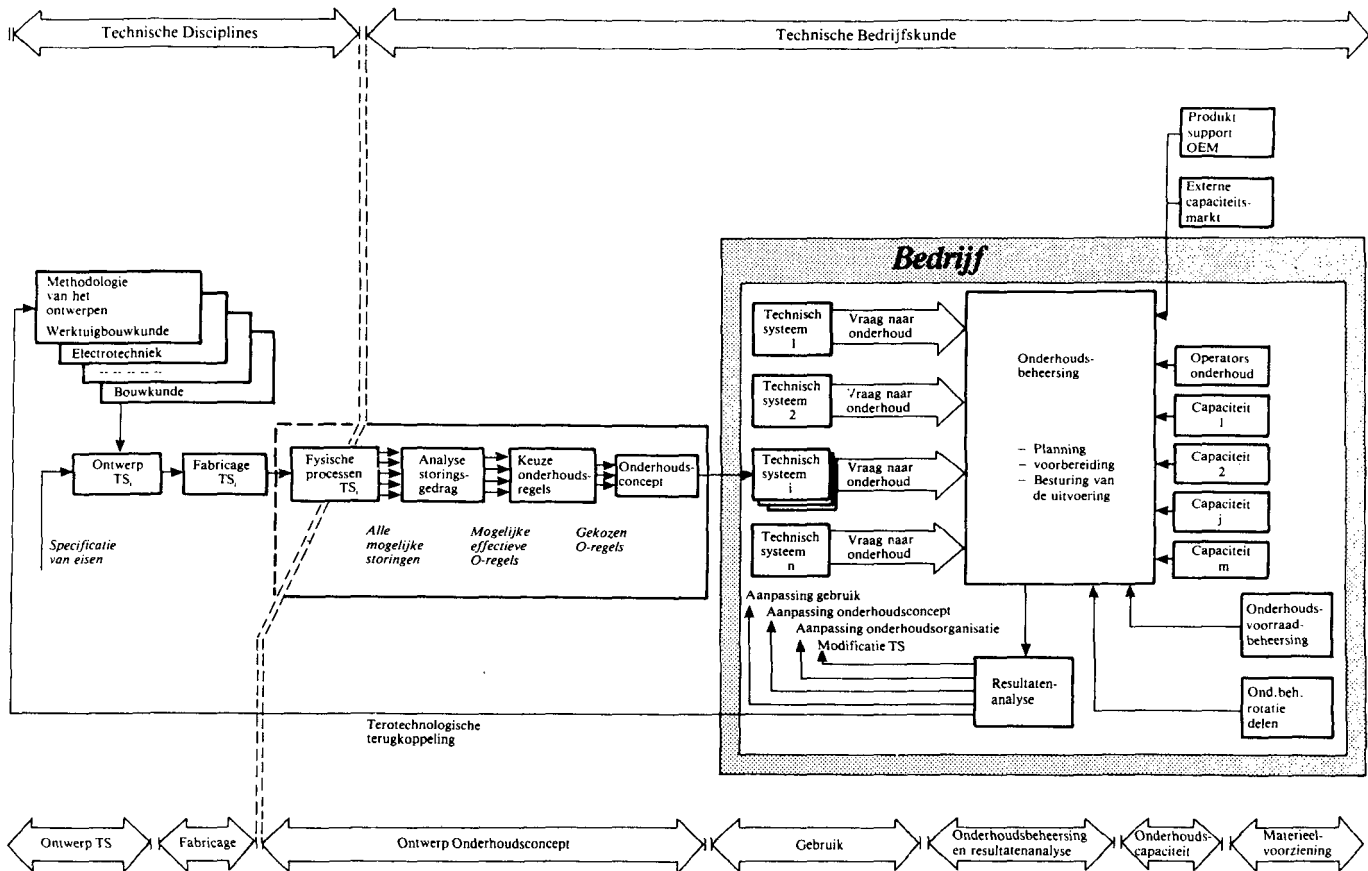
providing details and we will investigate your claim.

Diesrede

ter gelegenheid van de 32e herdenking van de dies
natalis van de Technische Universiteit Eindhoven
op vrijdag 22 april 1988

Prof. ir. W.M.J. Geraerds

Onderhoud vanuit bedrijfskundig perspectief



Figuur 1.

Het TUE-onderhoudsmodel

Inleiding

Het onderwerp onderhoud komt vandaag aan de orde door toeval. Op de eerste plaats doordat de faculteit der Bedrijfskunde werd gevraagd dit jaar de diesrede te verzorgen, en het faculteitsbestuur dat verzoek aan mij doorgeleidde. Op de tweede plaats omdat mijn affiniteit met het thema als vanzelfsprekend ontstond, doordat ik 25 jaar diverse logistieke lijn- en staffuncties bekleedde bij de Koninklijke Luchtmacht, een organisatie waarbinnen in de bedrijfsvoering t.a.v. het technisch aspect niet het ontwerpen van de technische systemen, maar de doelmatige instandhouding ervan domineert.

Maar ook als thema opzichzelf lijkt het me geschikt omdat vanuit bedrijfskundig perspectief de multidisciplinariteit van de bedrijfskunde wordt geïllustreerd. Ongelukkigerwijze is in Nederland één begrip bedrijfskunde gangbaar geworden, waardoor de grote verschillen verdoezeld worden tussen de business administration benadering, gevolgd in de opleiding tot bedrijfskundig doctorandus, en de industrial engineering benadering, die het uitgangspunt vormde voor de opleiding tot bedrijfskundig ingenieur.

Het is naar mijn mening dan ook nuttig, dat de term 'technische bedrijfskunde' meer en meer in zwang komt. Vanuit de optiek der technische bedrijfskunde is het mogelijk onderhoud zodanig voor te stellen dat de relaties met de conventionele technische disciplines duidelijk zijn aan te geven.

Belang

Om een inzicht te verkrijgen in het aandeel van de onderhouds-inspanningen in de nationale economie werd over het jaar 1978 een onderzoek verricht naar de onderhoudsuitgaven als deel van het nationaal inkomen [1]. Het resultaat, samengevat, leverde de volgende schatting op:

Industrie	11,8 miljard Fl.	36%
Gebouwen	13,2 miljard Fl.	40%
Vervoersmiddelen	5,9 miljard Fl.	18%
Overig	2 miljard Fl.	6%
Totaal	32,9 miljard Fl.	100%

Met een nationaal inkomen ter grootte van 256,28 miljard Fl. over dat jaar vormen de onderhoudsuitgaven 13% daarvan. Opmerkelijk is het feit dat het onderhoud van gebouwen (nagenoeg gelijk verdeeld over woningen en utiliteitsgebouwen) groter in omvang is, dan het onderhoud van het industrieel instrumentarium.

Gegeven de relatief en absoluut niet geringe omvang ligt hier duidelijk

ook voor de wetenschap een taak, een taak die uiteraard alleen kan worden vervuld door het verrichten van wetenschappelijk onderzoek met rapportage aan het internationale wetenschappelijk forum.

Definitie

Wat verstaan we onder onderhoud. Onder onderhoud verstaan we: *alle activiteiten, die ten doel hebben technische systemen in de toestand te houden of weer terug te brengen, die nodig wordt geacht voor de door hen te vervullen functie.*

De term 'technisch systeem' is gekozen om twee redenen. In de eerste plaats sluit de ook wel aangetroffen term 'produktiemiddelen' de objecten uit, die geen wel herkenbare productie bewerkstelligen, zoals gebouwen, infrastructuur, e.d. Op de tweede plaats willen we ons beperken tot systemen waarvan het gedrag wordt bepaald door de fysica, waardoor biologische systemen worden uitgesloten, ook al roept de indruk van overeenkomst op onderdelen op het eerste oog veronderstellingen over analoog gedrag op. Onderzoek daarnaar valt buiten onze optiek.

De activiteiten zijn niet nader gespecificeerd omdat zij zeer ruim zijn bedoeld. Enig onderscheid moet dan wel worden aangebracht, en wel door het onderscheiden van:

- onderhoudstechnologie
- onderhoudsbeginselen
- onderhoudsbeheersing
- onderhoud en ontwerp.

Onderhoudstechnologie is, naar analogie met de in de technische wetenschappen gebruikelijke aanduidingen als mechanische technologie en chemische technologie, een verzamelbegrip voor de diversiteit van onderhoudstechnische ingrepen. Voor een groot deel zijn die rechtstreeks ontleend aan de fabricagetechnologie, deels echter zijn ze specifiek voor het onderhoud, zoals het verwijderen van oude verflagen, corrosiebestrijding, reparatielassen, e.d.

Onderhoudstechnologie valt daarmee buiten het veld bestreken door de technische bedrijfskunde.

Onderhoudsbeginselen zijn de wetmatigheden die het verband aangeven tussen het storingsgedrag en de daaraan te verbinden onderhoudsregels.

Het is een onderwerp van intensief onderzoek geweest bij onze faculteit, resulterende in een raamwerk voor het systematisch ontwerpen van het onderhoudsconcept voor een technisch systeem [2].

Onderhoudsbeheersing is eveneens een typisch onderwerp in de technische bedrijfskunde. Reeds geruime tijd geleden presenteerden we een analyse [3] waarin de geldigheid van de produktiebeheersingstheorie voor de onderhoudsbeheersing werd aangetoond. Overheersend in de onderhoudsbeheersing als wetenschappelijk subject is de produktiebeheersing, onderhoud fungeert slechts als een object.

Onderhoud en ontwerp vertonen vele relaties. Ontwerp van technische systemen echter is een taak gelegen binnen de conventionele technische disciplines, zij ligt dan ook buiten de optiek van de technische bedrijfskunde. Wel speelt een rol: de suggesties tot opname van de onderhoudswensen in de specificatie van eisen, op grond van evaluatie der ervaringen met eerder ontworpen systemen. Modificatie van een technisch systeem is dienovereenkomstig herontwerp, dus ontwerp en geen onderhoud, ook al voeren onderhoudstechnici de modificatie uit. De wel aangetroffen term 'modificatief onderhoud' is wetenschappelijk even correct als 'vierkante cirkel'.

Ontwikkeling bij de faculteit

In de tweede helft der zestiger jaren was onderhoud een onderwerp dat binnen de colleges operationele research bij de faculteit aan de orde kwam. In het begin der zeventiger jaren werd een keuzecollege gestart en sindsdien kozen velen onderhoud als afstudeeronderwerp. Na exploratief onderzoek in de zestiger jaren, werd het thema in het begin der 70-er jaren meer gestructureerd aangepakt, en vormt inmiddels een onderdeel van het voorwaardelijk gefinancierd onderzoek. In dit kader vonden twee promoties plaats, Gits [1] m.b.t. het onderhoudsconcept, en Geurts [4], die nader inging op het probleem dat op het moment van uitvoering van een betrouwbaarheidsanalyse ook rekening moet worden gehouden met exemplaren uit de onderzochte groep die op dat moment nog geen storing hebben vertoond.

In het kader van de taakverdeling tussen de twee faculteiten der technische bedrijfskunde, Eindhoven en Twente, is onderhoud bij onze faculteit ondergebracht. Van onze zijde wordt een bijdrage geleverd aan onze zusterfaculteit d.m.v. enige gastcolleges.

Ontwikkeling van het onderhoud

Oorspronkelijk werd het onderhoud uitsluitend gezien als een technologische taak. De eerste impulsen voor een meer fundamentele aanpak kwamen vanuit de operationele research in de jaren na W.O. II. Het accent lag daarbij vooral op betrouwbaarheid. Dit werd vooral bevorderd door de introductie van geavanceerde, complexe, electroni-

sche systemen vooral voor militaire toepassingen. De ernstig teleurstellende eerste produkten, als gevolg van de zeer hoge storingspercentages, leidden tot de ontwikkeling van analysetechnieken om de betrouwbaarheid van een nieuw produkt in het ontwerp stadium te kunnen voorspellen en te kunnen beoordelen. Daarmee deden de begrippen betrouwbaarheid, en ook onderhoudbaarheid en gereedheid als kwantificeerbare grootheden hun intrede, die ook voor het onderhoud een doorbraak inluiden, niet alleen omdat nu verder werd gekeken dan de wetmatigheden der technologie, maar vooral ook omdat het herkenbare eigenschappen waren die konden worden gekwantificeerd en konden worden onderzocht d.m.v. modelbouw. Echter, ook ging aandacht verloren voor het aan een storing ten grondslag liggend proces, zodat de mogelijkheden storingen te voorspellen door observatie van het fysisch gedrag van een technisch systeem weinig of niet werden benut [3]. Inmiddels heeft die benadering, bekend onder de door Gits' [1] gelanceerde aanduiding 'toestandsafhankelijk onderhoud' (TOA) meer bekendheid verkregen.

Ontwikkelingen in de onderhoudspraktijk

Een algemene bevinding is dat bekende wetenschappelijke kennis met aanzienlijke vertraging, 10 jaar wordt wel eens genoemd, tot toepassing komt. In het onderhoud wordt die vertraging bevorderd doordat onderhoudsfunctionarissen gebruikelijk worden gerekwireerd uit personen die zijn opgeleid als TS-ontwerper of in de fabricagetechnologie. Daardoor kunnen vraagtekens worden geplaatst bij de eisen die het algemeen management stelt aan het niveau van de onderhoudsmanager, en aan de mogelijkheden die het hem biedt om bij te blijven met de ontwikkelingen. Indien de ontbrekende kennis over de onderhoudsbeginselen en over onderhoudsbeheersing al doende in de praktijk moet worden geleerd zal het vereiste niveau in het gunstigste geval zijn bereikt bij pensionering, hetgeen mij een weinig laat voorkomt.

De stand van zaken in het Verenigd Koninkrijk werd kort geleden beschreven in een publicatie [5], gebaseerd op een onderzoek bij 138 responderende bedrijven. Enige uitkomsten zijn:

- 2 van de 3 fabrieksdirecteuren zijn ontevreden over hun onderhoudsdienst
- 71% vond de onderhoudsplanning onvoldoende
- 40% vermeldde een voortdurend tekort aan onderdelen
- 83% van de maintenance managers 'were formerly shopfloor tradesmen, indicating a bias towards technical rather than managerial skills'.

Dit is te meer opmerkelijk, omdat in Engeland in het begin van de 70-er jaren een krachtige campagne werd gevoerd gelanceerd, onder de vlag 'terotechnologie', een nieuw woord, gecreeerd met het doel aandacht voor het onderhoud te trekken [15].

In mijn bevindingen wijkt de Nederlandse situatie hier niet noemenswaardig van af. Wil de afstand tussen beschikbare kennis en daadwerkelijke toepassing niet verder toenemen dan zal het beleid op direktieniveau t.a.v. de positie van het onderhoudsmanagement drastisch moeten veranderen.

Het TUE-onderhoudsmodel [6]

Met de groei in het onderwijs en in het onderzoek groeide de behoefte over een beschrijvend model van het onderhoud als een geheel te beschikken. De zin daarvan was meervoudig. Voor studenten is het nodig om hun reeds bekende delen uit de studie in functioneel verband te kunnen brengen met elkaar. Voor het onderzoek is het nodig om telkenmale bij de keuze van onderzoeksprojecten de relatieve leemten in kennis vast te stellen. Voor de geïnteresseerde practicus tenslotte is het een instrument om in de eigen organisatie vast te stellen op welke onderdelen nog niet toegepaste kennis beschikbaar is, die voor toepassing in aanmerking kan komen.

Het model is weergegeven in de opgenomen figuur. Het beoogt inzicht in de complexe onderhoudssituatie te verlenen door die te decompeneren in deelfuncties met hun onderlinge relaties. Het model is gebaseerd op een bedrijf dat het onderhoud van de middelen, die het bezigt voor de te vervaardigen produkten of voor de te verlenen diensten, uitvoert met eigen capaciteit, ondersteund door uitbesteding. Daarbij zijn de volgende deelfuncties onderscheiden:

1. de te onderhouden technische systemen (TS'n);
2. de interne onderhoudscapaciteit;
3. de externe onderhoudscapaciteit, verkrijgbaar op de markt;
4. de externe onderhoudscapaciteit, uitsluitend verkrijgbaar bij de oorspronkelijke fabrikant;
5. de onderhoudsbeheersing van de TS'n;
6. de onderhoudsvoorraadbeheersing;
7. de onderhoudsbeheersing van rotatiedelen;
8. de resultatenanalyse;
9. de terotechnologische terugkoppeling;
10. de methodologieën van het ontwerpen van TS'n;
11. de specificatie van eisen voor een TS;
12. het ontwerpen van een TS;
13. de fabricage van een TS;
14. het ontwerpen van het onderhoudsconcept voor een TS.

(1)

De diversiteit van de in een organisatie te onderhouden objecten is weliswaar zeer groot, maar de gesloten groep van waaruit de onderhoudsvraag optreedt, is precies bekend. Daarom zijn ze aangeduid met 1, 2, ..., i, ..., n. Sommige TS'n zijn in meervoud aanwezig als groep, andere komen enkelvoudig voor. Dit onderscheid is van belang in de onderhoudsplanning en -besturing [3, 7]. In het model worden de TS'n geacht te functioneren.

(2)

De interne onderhoudscapaciteit is gewoonlijk voor het grootste gedeelte ondergebracht bij de 'onderhoudsdienst' of bij de 'technische dienst'.

Ik ga hier voorbij aan de vraag onder wie de onderhoudsmanager behoort te ressorteren. Een vraag die als ze als strijdpunt optreedt meer een emotioneel dan een rationeel probleem is.

De technici zijn opgeleid binnen een der technische disciplines (electrotechniek, bouwkunde, werktuigbouw, enz.). Daardoor worden de onderhoudscapaciteitsgroepen overheersend naar technologie gegroepeerd. Soms geniet het de voorkeur een capaciteitsgroep te formeren voor een bepaald technisch systeem of voor een bepaalde categorie van technisch gelijksoortige systemen. De technici dienen dan bij voorkeur te beschikken over kennis en ervaring vanuit meer disciplines dan hun oorspronkelijke discipline, z.g. multi-skilled te zijn. Dat vereist aanvullende opleiding. Fabrikanten die product service verlenen besteden voor hun servicemonteurs veel aandacht daaraan. In de meeste organisaties is de mogelijkheid daartoe echter beperkt. Een zeker niet verwaarloosbaar deel van het onderhoud wordt toegeleverd door de produktiemedewerkers of gebruikers ('operators' onderhoud'), welke capaciteit ook een interne categorie vormt. Het verschil in capaciteitscategoríeen komt in het model tot uiting in hun aanduiding met 1 t/m m.

Het bepalen van de te onderscheiden onderhoudscapaciteitssoorten en van hun omvang is een bedrijfskundig bekende opgave, nl. de structurering van een organisatie. In de gehanteerde modellen vormen de personeelskosten gebruikelijk een beïnvloedbare variabele. Veranderingen in enige mate van betekenis op korte termijn zijn door wettelijke en maatschappelijke beperkingen echter nauwelijks mogelijk, waardoor de personeelskosten eerder als vast - op de korte termijn - moeten worden beschouwd.

Uiteraard leidt dit tot een vergroting van de neiging tot uitbesteden.

(3)

Externe onderhoudscapaciteit kan worden verkregen van buiten, van

bedrijven die over de fabricagekennis, de ervaring en het benodigde instrumentarium beschikken, als die ook kunnen worden aangewend voor onderhoudswerkzaamheden, b.v. schilderwerkzaamheden. Voor een afnemer van hun diensten kan dit interessant zijn, zowel voor die bijdragen waarin hij liever niet zelf permanent door zijn eigen organisatie meent te moeten voorzien ('specialistische uitbesteding'), alsook voor bijdragen die de eigen organisatie technisch wel aankan, maar niet altijd binnen de gewenste tijd als gevolg van pieken die nu en dan in de onderhoudsvraag optreden ('capaciteitsuitbesteding').

Los van organisatorische en bedrijfseconomische overwegingen bij de beslissingen over uitbesteden, spelen in toenemende mate ook een rol: de overdracht van de aansprakelijkheid voor de tijdige en correcte uitvoering van onderhoud aan een ander, de mogelijkheid bij een recessie uitbesteding te verminderen en uitbesteed werk deels zelf ter hand te nemen om leegloop en ontslag van eigen personeel te voorkomen, en het richten van de intern beschikbare, beperkte, intelligentie op innovatieve inspanningen die het primaire proces verbeteren en niet op de ondersteunende functies.

Het is vaak niet eenvoudig om goed controleerbaar te formuleren wat moet worden toegeleverd en om vast te stellen welke kosten daarvoor in rekening mogen worden gebracht. In toenemende mate wordt gepoogd d.m.v. standaardcontracten hieraan tegemoet te komen.

(4)

Sommige fabrikanten bieden aan onderhoud uit te voeren van door hun gefabriceerde technische systemen. Zij worden aangeduid met OEM ('Original Equipment Manufacturer'). Hij verkeert natuurlijk in een grote voordeel-positie ten opzichte van anderen, allereerst omdat hij over specifieke technologische kennis beschikt van het technisch systeem, maar ook omdat hij bepaalt in hoeverre anderen door hem zullen worden bediend ten aanzien van b.v. levering van reservedelen en technische informatie, zoals technische onderhoudsaanwijzingen, reservedelencatalogus, reparatieprocedures en afstelnormen. Kan men veelal kiezen of men van de aangeboden mogelijkheid gebruik maakt of niet, soms is er door een monopolie-positie geen keus. Het is duidelijk dat de gebruiker dan aan de OEM is overgeleverd, waarvan hij kan verwachten dat de product support, eufemistisch aangeduid als service-afdeling, als profit centre fungeert. De afnemer dient zich dit dan ook te realiseren bij de keuze van de leverancier van een nieuw systeem. Dat vereist dat die keuze niet alleen moet zijn gebaseerd op prestatie en aanschaffingsprijs, maar mede op de verwachte onderhoudskosten over de beoogde periode van gebruik.

Tussenvormen komen voor, onder andere in de vorm dat - in vrij grote mate van de OEM afhankelijke ondernemingen - als dealer optreden,

en aldus uitsluitend voor de produkten van de OEM onderhoud leveren, d.w.z. verkopen.

(5)

De onderhoudsbeheersing richt zich op het voldoen aan de vraag naar onderhoud door het toewijzen van capaciteit op zodanige wijze dat de resultaten ervan vallen binnen gestelde normen. Onder beheersing verstaan we, naar analogie van de inzichten ontleend aan de produktiebeheersingstheorie [3]:

- planning van de uit te voeren activiteiten;
- voorbereiding ervan; en
- besturing van de daadwerkelijke uitvoering.

In de produktiebeheersingstheorie onderscheiden wij vijf elementaire produktiesituaties, bepaald door de frequentie waarmee een produkt wordt gefabriceerd en door het aantal orders gelijktijdig onderhanden, en wel:

- de jobshop, ook wel met machinefabriek aangeduid;
- projecten, waarbij de activiteiten een netwerkstructuur vertonen;
- seriegewijze produktie;
- massaproductie t.b.v. assemblage;
- bulkproduktie (procesindustrie).

In de onderhoudsbeheersing overheerst de jobshop situatie, netwerkplanning speelt een rol vooral bij grote onderhoudsbeurten, de seriegewijze produktie komt hoofdzakelijk voor in gespecialiseerde centrale werkplaatsen. De produktiebeheersingstheorie levert hierbij een belangrijke basisbijdrage. In het onderhoud vergen de voor produktiesituaties ontwikkelde modellen nadere aanvulling, vooral door de veel grotere onzekerheden in de te verrichten werkzaamheden en in de per bewerking benodigde hoeveelheid capaciteit.

Meerdere andere binnen de produktiebeheersing ontwikkelde methoden komen voor het onderhoud in aanmerking.

Vanuit de arbeidskunde zijn methoden voor karweitijdschatting in het onderhoud, zoals U.M.S. (Universal Maintenance Standards) ontwikkeld.

Voor de voorspelling van de verwachte vraag en andere grootheden t.b.v. de planning kan gebruik worden gemaakt van voorspellingstechnieken toegepast op cijfers uit het verleden (tijdreeksanalyse), bij voorkennis over de toekomst kunnen deterministische modellen worden gebouwd.

(6)

Een apart te onderscheiden functie is de beheersing van de voorraad artikelen benodigd voor het onderhoud. Dat zijn grotendeels verbruiksartikelen, dat wil zeggen niet-repareerbare artikelen, die bij defect op

afkeur door een exemplaar uit voorraad moeten worden vervangen. De conventionele voorraadbeheersingstheorie levert de modellen voor het geval dat het artikelen met een hoge tot redelijk hoge vraag betreft. In het onderhoud vormen zij echter maar een zeer klein deel van het benodigde artikelenassortiment, zodat ook andere modellen nodig zijn voor de artikelen met een lage en met een zeer lage vraag [8]. Daarnaast vraagt de artikelcodering en de artikelinformatie aandacht, omdat de informatie van de individuele fabrikanten uitsluitend op hun eigen producten is gericht.

(7)

Sommige onderdelen, meestal samenstellingen, kunnen na een bepaalde periode van gebruik, of na een defect, door onderhoud weer geschikt worden gemaakt voor gebruik. Vervanging van een dergelijke component van een technisch systeem kan bij directe beschikbaarheid van een vervangende component geschieden zonder dat het technisch systeem behoeft te wachten op het onderhoud van de uitgebouwde component. Dergelijke componenten ontleen hun aanduiding 'rotatiedelen' aan het doorlopen van de kringloop: gebruik - onderhoud - in voorraad. Ofschoon de verstrekking van een gebruiksgereed rotatiedeel administratief een voorraadbeheersingsactie is, vergt het rotatieproces primair onderhoudsbeheersing, met de daarbij geldende wetmatigheden [3, 7].

(8)

Om een beheersingssysteem op deugdelijke werking te kunnen bewaken, en bij te sturen wanneer dat gewenst blijkt, dienen de resultaten ervan te worden gevolgd, en bij overschrijding van de te stellen normen te worden geanalyseerd t.a.v. de wenselijkheid veranderingen aan te brengen. Dat kan periodiek, na een bepaalde gebruiksduur of tijd, maar ook incidenteel geschieden en het kan diverse aspecten betreffen zoals tijd, kosten, storingsgraad, enz. Naar aanleiding van de bevindingen kan dat leiden tot ingrepen door modificatie van het technisch systeem, door aanpassing van de onderhoudsorganisatie, waaronder middelen en skills, door aanpassing van het onderhoudsconcept, of door aanpassing van het gebruik van het technisch systeem.

(9)

Sommige bevindingen t.a.v. het technisch systeem kunnen modificaties vereisen waarvan toepassing op een reeds in gebruik zijnd technisch systeem economisch niet verantwoord is. De nieuwe inzichten leveren dan wel een bijdrage, door 'terotechnologische terugkoppeling' aan de methodologie van het ontwerpen, eigen aan de betrokken technische discipline, te benutten bij toekomstige ontwerpen.

Met uitzondering van enige bijzondere gevallen (o.a. luchtvaart en dealerorganisaties) is de daadwerkelijke informatiestroom naar de fabrikant gebrekkig. Verbetering vereist primair interesse, en initiatief, van de fabrikant.

(10)

De methodologie van het ontwerpen van technische systemen valt binnen het terrein der conventionele technische disciplines en buiten het terrein der technische bedrijfskunde.

(11)

De specificatie van eisen voor een te ontwerpen technisch systeem kan zijn vastgesteld door diegene die opdracht tot ontwerp, fabricage en levering verstrekt. In die specificatie van eisen kunnen, naast de directe eisen t.a.v. de door het technisch systeem te verrichten functie, ook eisen worden opgenomen t.a.v. het onderhoud. Dat kan mede insluiten de te leveren product support, technische documentatie, enz. Indien het produkten betreft die op de markt worden aangeboden, uit welk assortiment de afnemer of ontwerper kiest, is de specificatie van eisen bepaald door de fabrikant. De mate waarin daarbij ook het onderhoud aandacht kreeg is afhankelijk van het beleid van de fabrikant en het vertoont dan ook grote verschillen.

(12)

Het ontwerpen van een technisch systeem is, strikt technologisch, een aangelegenheid van de conventionele technische disciplines en valt daarmee technisch buiten het terrein der technische bedrijfskunde. Ten aanzien van de mens als component in de in de praktijk optredende mens-machine combinatie echter is de ergonomie onmisbaar. Bij vele ernstige calamiteiten blijkt het vertrouwen in de technologie overschat en bleek het ergonomisch aspect verwaarloosd. Een schrijnend voorbeeld is Harrisburg, waarin het aantal ergonomische tekortkomingen onbegrijpelijk hoog bleek te liggen [9]. Onderzoek van diverse andere calamiteiten bevestigen dit beeld.

(13)

De fabricage van een technisch systeem is een aangelegenheid van de betrokken conventionele technische disciplines. De kwaliteit van het produkt heeft uiteraard invloed op het optreden van storingen.

(14)

Tenslotte het methodisch ontwerpen van het onderhoudsconcept voor een technisch systeem, dat is het geordend stelsel regels dat aangeeft wanneer welk onderhoud dient te worden uitgevoerd. Gits [2] presenteerde daarvoor het raamwerk, dat al in meerdere gevallen met

succes werd toegepast. Van belang is het door hem aangebrachte onderscheid in drie elementaire onderhoudsregels, nl. storingsafhankelijk, gebruiks(duur)afhankelijk en toestandsafhankelijk onderhoud. Storingsafhankelijk onderhoud (SAO) is onderhoud dat wordt uitgevoerd nadat een storing is opgetreden. Er bestaat geen behoefte of geen mogelijkheid de storingsconsequenties te vermijden.

Gebruiksafhankelijk onderhoud (GAO) is onderhoud dat wordt uitgevoerd nadat een bepaalde gebruiksperiode is verstreken, ongeacht de feitelijke toestand op het moment van uitvoering. In het Engels is het bekend als 'scheduled maintenance' (U.S.) of 'planned maintenance' (UK). Voor wie de betekenis van 'scheduled' en 'planned' in de productiebeheersing kent een zeer ongelukkige woordkeuze. Toestandsafhankelijk onderhoud (TAO) is onderhoud dat allereerst bestaat uit de meting van een eigenschap die storingsvoorspellende potentie heeft. Na de vergelijking van het meetresultaat met een norm wordt besloten of uitvoering van onderhoud zal volgen of achterwege kan blijven.

Traditioneel werd preventief onderhoud gepropageerd op grond van de onjuiste veronderstellingen, dat onderhoud voordat een storing is opgetreden in ieder geval nut oplevert en dat meer preventief onderhoud, ongelimiteerd, tot minder storingen leidt [3, 10, 11].

In dit kader zij ook opgemerkt dat de telkenmale aangehaalde badkuipcurve voor het verloop van de storingsgraad niet algemeen optreedt maar slechts bij uitzondering [11, 12] en dat zij bovendien geen basis voor onderhoudsbeslissingen kan vormen. Toch blijft zij opduiken.

In de hantering van kwantitatieve modellen worden gemakkelijk en veel voorkomend vergissingen gemaakt, o.a. door onrealistische aannamen, impliciet en expliciet, en door onjuiste modelbouw. Ascher en Feingold [13] geven daarop uitvoerig commentaar.

Het onderhoudsconcept en de gebruiksintensiteit leveren een voorspelling op van de verwachte vraag naar onderhoud, hetgeen de basis is voor de onderhoudsbeheersing.

Slotopmerkingen

Ter bevordering van de kennis naar de praktijk dragen drie medewerkers van de faculteit, waarvan een emeritus, bij als redacteur aan het onlangs door NIVE en SAMSOM gestarte Onderhoudsmanagement handboek [14].

Wetenschappelijk onderzoek, met enige continuïteit, in het onderhoud komt, ook wereldwijd slechts sporadisch voor. Om die sporadische onderzoekers met elkaar in contact te brengen zijn onze thans

beschikbare bureaucratische procedures niet toereikend, los van de daaraan verbonden papierlawines. Om voor de organisatie van die contacten toch een instrument te verkrijgen is door een viertal leden van de faculteit in september 1986 een stichting gevormd, IFRIM (International Foundation for Research in Maintenance), die o.a. jaarlijks een workshop met de deelnemende onderzoekers van elders organiseert. De eerste workshop vindt over enige maanden plaats bij de TUE.

Tevens is inmiddels het IFRIM-documentation centre ingericht, waarin meerdere honderden boeken, rapporten en artikelen zijn opgenomen. Dit staat ook ter beschikking van studenten en stafleden van de faculteit.

Verwacht wordt dat hiermee ook in de toekomst continuïteit zal optreden in de aandacht die de faculteit besteedt aan het thema onderhoud.

Literatuur

1. B.A.I.M. de Blij. 'De kosten van onderhoud in Nederland'. Intern rapport, Afdeling der Bedrijfskunde, Technische Hogeschool Eindhoven, 1979, 45 p.
2. C.W. Gits. 'On the maintenance concept for a technical system. A framework for design'. Proefschrift TUE, 19 oktober 1984, 115 p.
3. W.M.J. Geraerds. '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 p.
4. J.H.J. Geurts. 'On the selection of elementary maintenance rules, with special reference to the estimation of the survival function from censored data'. Proefschrift TUE, 20 juni 1986, 115 p.
5. Chris Wyles. 'Managers must stop ignoring the problems'. Works Management, December 1985, p. 24-28.
6. W.M.J. Geraerds. 'Het TUE-onderhoudsmodel'. Handboek Onderhoudsmanagement, Samsom, Alphen aan den Rijn, mei 1987, p. B3010/1-11.
7. W.M.J. Geraerds. 'LTP-beheersingssysteem voor mechanische grondtrusting bij de Koninklijke Luchtmacht'. Voordracht voor de Sectie Operationele Research van de Vereniging voor Statistiek, Utrecht, 10 mei 1967, 53 p.
8. W.M.J. Geraerds. 'Typische aspecten van de voorraadbeheersing in het onderhoud'. Bedrijfsvoering, 32 (1983), nr. 2, p. 56-61.
9. J.L. Seminara and S.O. Parsons. 'Human factors engineering and powerplant maintenance'. Maintenance Management International, Vol. 6 (1985), No. 1, p. 33-71.
10. Hussey, P.A. and Thomas, S.G., 'Are scheduled overhauls necessary?'. SAE - National Aeronautic and Space Engineering and Manufacturing Meeting, Los Angeles, October 5-9, 1964, 8 p.
11. N.N.. 'On condition' continued'. U.S. Working paper. 7th FAUSST MEETING, March 3-8, 1969, p. 1-16.
12. W.M.J. Geraerds. 'Fundamental Reconsideration of Conventional Fragmentary Maintenance Mythes'. Proceedings of the Asian Maintenance Management Conference, I.I.R., Singapore, April 16-18, 1986, p. 1-17.
13. H. Ascher en H. Feingold. 'Repairable Systems Reliability. Modelling, inference, misconceptions and their causes'. Marcel Dekker, Inc., New York, 1984, 223 p.
14. C. v.d. Eenden, et al., 'Onderhoudsmanagement. Handboek voor

technische- en onderhoudsdiensten'. Samsom, Alphen aan den Rijn, losbladig, 1e uitgave mei 1987.

15. W.M.J. Geraerds. 'Het terotechnologisch model'. Handboek Onderhoudsmanagement, Samsom, Alphen aan den Rijn, januari 1977, p. B3020/1-22.