

Onderhoudsbewust ontwerpen in de werktuigbouw. Deel 1

Citation for published version (APA):

Mooren, van der, A. L., & Smith, P. (1981). Onderhoudsbewust ontwerpen in de werktuigbouw. Deel 1. *Constructeur*, 20(9), 76-84.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1981

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.

Onderhoudsbewust ontwerpen in de werktuigbouw (1)

Lezing, gehouden voor de NVDO-kring Noord-Brabant/Zee-land op 29 april 1981 te Breda

De onderhoudskosten van machines, apparaten, transportmiddelen en dergelijke bedragen, over hun levensduur genomen, vaak een veelvoud van hun vervangingswaarde en worden verregaand bepaald door hun ontwerp. Het is daarom van belang reeds in de ontwerp- c.q. aankoopfase te streven naar constructieve oplossingen die weinig en/of gemakkelijk uitvoerbare, preventieve en correctieve onderhoudsacties zullen vergen.

Met dit doel wordt een aantal samenhangende denkschema's gepresenteerd en geïllustreerd om de onderhoudseigenschappen bedrijfszekerheid, preventievrijheid en, in het bijzonder, onderhoudbaarheid van objecten te bevorderen door juiste keuze van hun constructieve kenmerken. De mogelijkheden worden mede bepaald door keuzes in het pakket van eisen en het voorontwerp. Behandeld wordt voorts de vraag hoe, mede op economische gronden:

- binnen een object zwakke plekken op te sporen en prioriteiten te stellen bij hun eliminatie
- bij het vergelijken van varianten het uit onderhoudsoogpunt aantrekkelijkste alternatief te kiezen.

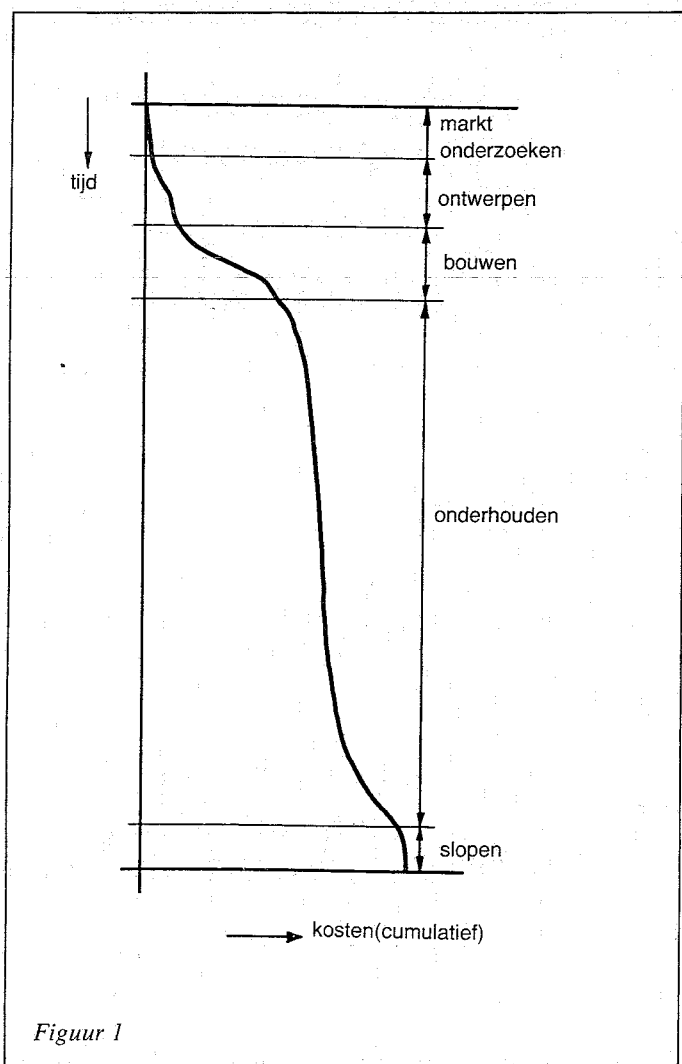
Alle technische objecten zijn onderhevig aan verval tijdens hun levensduur. Indien het verval zover is voortgeschreden dat het object faalt, dat wil zeggen zijn functie niet meer naar behoren vervult, kan men het vervangen door een nieuw exemplaar, maar meestal is het voordeliger het te repareren, bij voorbeeld door een component te vervangen. Men noemt dit *correctief* onderhoud. Vaak is het bovendien gewenst onderhoudsacties uit te voeren om falen te voorkomen of uit te stellen, bij voorbeeld door smeren; men noemt dit *preventief* onderhoud. De jaarlijkse kosten voor het uitvoeren van onderhoudsacties liggen bij werktuigkundige objecten - waar wij ons verder toe beperken - tussen 2 en 20% van hun aanschafwaarde: over hun levensduur gesommeerd vormt dit een bedrag dat van dezelfde orde van grootte is als hun aanschafwaarde (figuur 1). Onderhoudsacties worden uitgevoerd met onderhoudsmiddelen; te onderscheiden zijn:

- personele middelen: mankracht met verschillende kwaliteiten en taken
- materiële middelen: uitrusting, zoals gereedschap en hijsmateriaal, alsmede reservemateriaal, onder andere reserveonderdelen en algemene verbruiksartikelen (bouten), olie, en dergelijke
- procedures: voorschriften, bij voorbeeld ten aanzien van de veiligheid, en beslissingsregels, bij voorbeeld ten aanzien van de frequentie waarmee en de wijze waarop preventieve vervanging van componenten moet plaatsvinden (onderhoudsconcept).

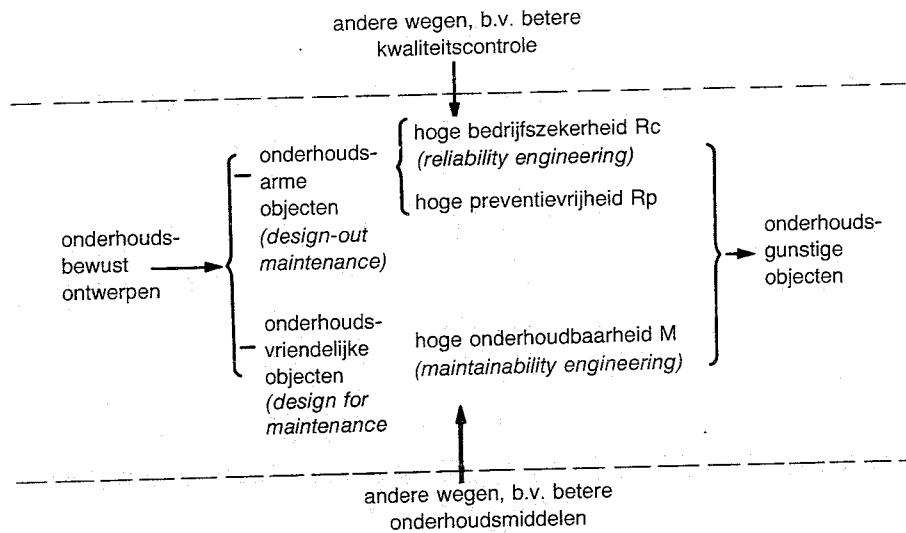
Het geheel van de onderhoudsmiddelen noemen wij het *onderhoudsysteem*; het bestaat meestal uit een aantal *niveaus* (echelons) waarbinnen de verscheidenheid en het raffinement van de onderhoudsmiddelen toeneemt (bij voorbeeld chauffeur, wegwacht, garage, dealer).

Onderhoudsbewust ontwerpen heeft ten doel tijdens het ontwerpen van een object rekening te houden met onderhoudsaspecten teneinde zijn levensduurkosten zo laag mogelijk te maken. Het resultaat, een *onderhoudsgunstig* object, kan worden verkregen door (figuur 2):

- de constructie onderhoudsarm te maken, dat wil zeggen te zorgen dat bij gebruik slechts zelden preventieve en correctieve acties nodig zijn, dus een hoge preventievrijheid R_p en bedrijfszekerheid R_c in te bouwen
- de constructie onderhoudsvriendelijk te maken, dat wil zeggen te zorgen dat de noodzakelijke onderhoudsacties onder andere gemakkelijk, veilig en snel kunnen worden uitgevoerd, dus door een hoge onderhoudbaarheid M in te bouwen.

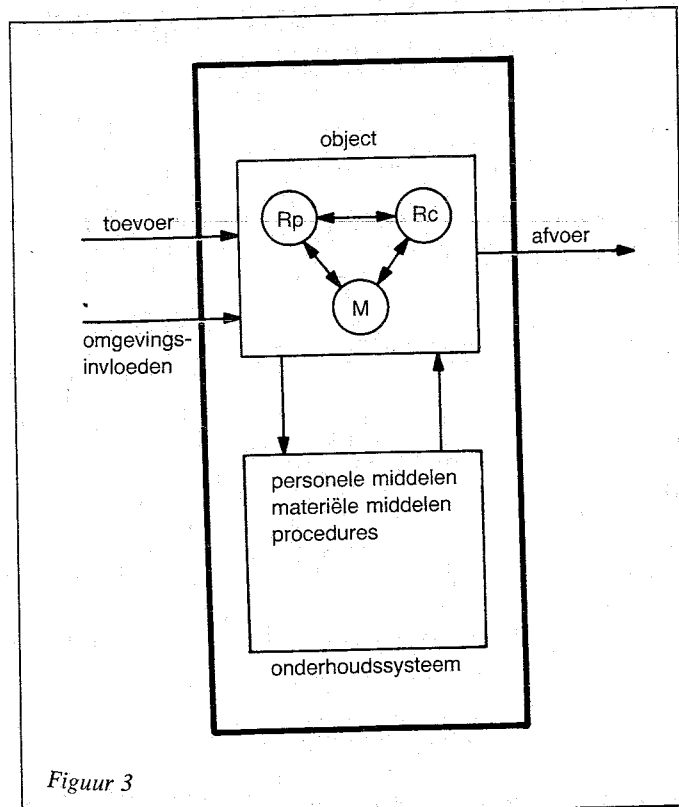


Figuur 1



Figuur 2

Rp, Rc en M kunnen worden aangeduid als de onderhoudseigenschappen van het object, maar het zijn geen zuivere, slechts van de constructie afhankelijke, produktkenmerken, want zij hangen ook af van de gebruiksomstandigheden, in het bijzonder ook van de aard en de omvang van het bijbehorende onderhoudssysteem. Dit heeft onder andere tot gevolg dat (figuur 3):



Figuur 3

- de onderhoudseigenschappen elkaar beïnvloeden; een object waarvan de smeerpunten slecht bereikbaar (lage M) zijn zal ook slecht gesmeerd worden (lage Rc)
- bij onderhoudsbewust ontwerpen het onderhoudssysteem in het ontwerp moet worden betrokken.

Doel van dit betoog is een methodische aanpak te ontwikkelen om de constructie van een object zó te kiezen dat zijn onderhoudseigenschappen gunstig uitvallen. Deze aanpak heeft niet het karakter van een stel rekenvoorschriften en evenmin van een atlas met voorkeuroplossingen; de veelvormigheid en voortdurende ontwikkeling van de werktuigbouwkunde laten dat niet toe. Daarentegen bestaan zij uit een aantal denkschema's en aanbevelingen die beogen de ontwerper op het spoor te brengen van alle mogelijkheden die in beginsel aanwezig zijn om Rp, Rc en M te bevorderen, zowel afzonderlijk als in combinatie. In hoeverre hij van deze mogelijkheden ook gebruik kan en/of wil maken, hangt in elk concreet geval van de constructieve mogelijkheden en de economische gevolgen af. Bovengenoemde aanpak heeft dus uitsluitend betrekking op constructieve materiële kenmerken van het te ontwerpen object: zijn werkwijze, bouwwijze, het aantal, de aard en de afmetingen van de componenten, enzovoort. Een andere, complementaire weg om tot onderhoudsgunstige oplossingen te komen, is het ontwerpproces gunstig te beïnvloeden, bij voorbeeld door te zorgen dat de praktijkervaring wordt verwerkt (terugkoppeling). Op dit organisatorische aspect wordt hier niet ingegaan.

In de volgende paragrafen wordt nagegaan hoe constructieve kenmerken kunnen worden beïnvloed om respectievelijk Rc, Rp en M te bevorderen. Vervolgens worden algemeen geldige aanbevelingen afgeleid om het onderhoudsgedrag in algemene zin gunstig te beïnvloeden. Het blijkt dat de mogelijkheid om de constructie zo te kiezen dat aan deze aanbevelingen wordt voldaan, sterk wordt bepaald door eerdere beslissingen ten aanzien van het pakket van eisen en het voorontwerp; vandaar dat in deel 2 van dit artikel zal worden getracht ook voor deze fasen van het ontwerpen aanbevelingen te formuleren. Het betoog is geïllustreerd met eenvoudige voorbeelden, slechts bedoeld om de gedachtengang te verduidelijken en niet als atlas van goede en slechte oplossingen.

Ontwerpen op bedrijfszekerheid

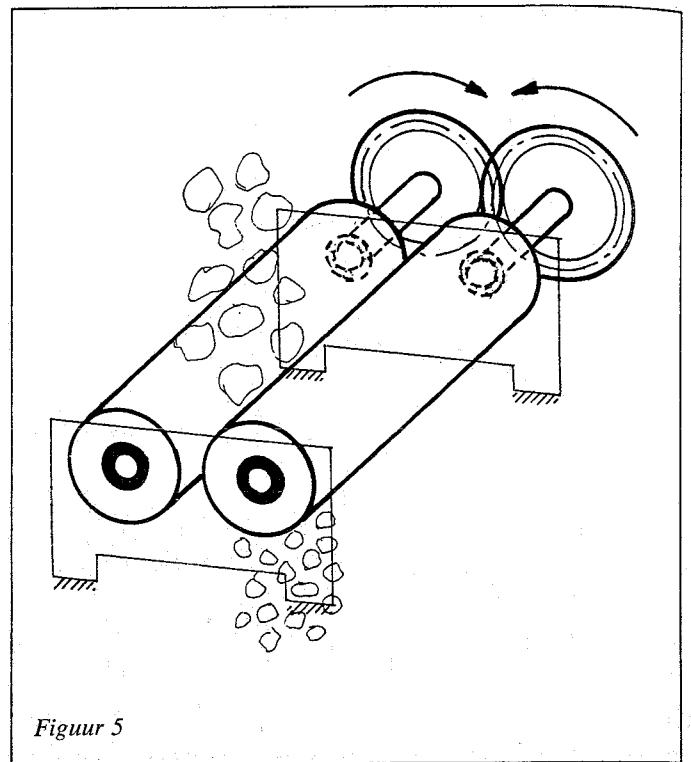
Denkschema

Indien een object faalt komt dat meestal doordat één of meer samenstellende delen, componenten, hun functie niet meer naar behoren kunnen vervullen, met andere woorden defect

Onderhoudsbewust ontwerpen in de werktuigbouw (1)

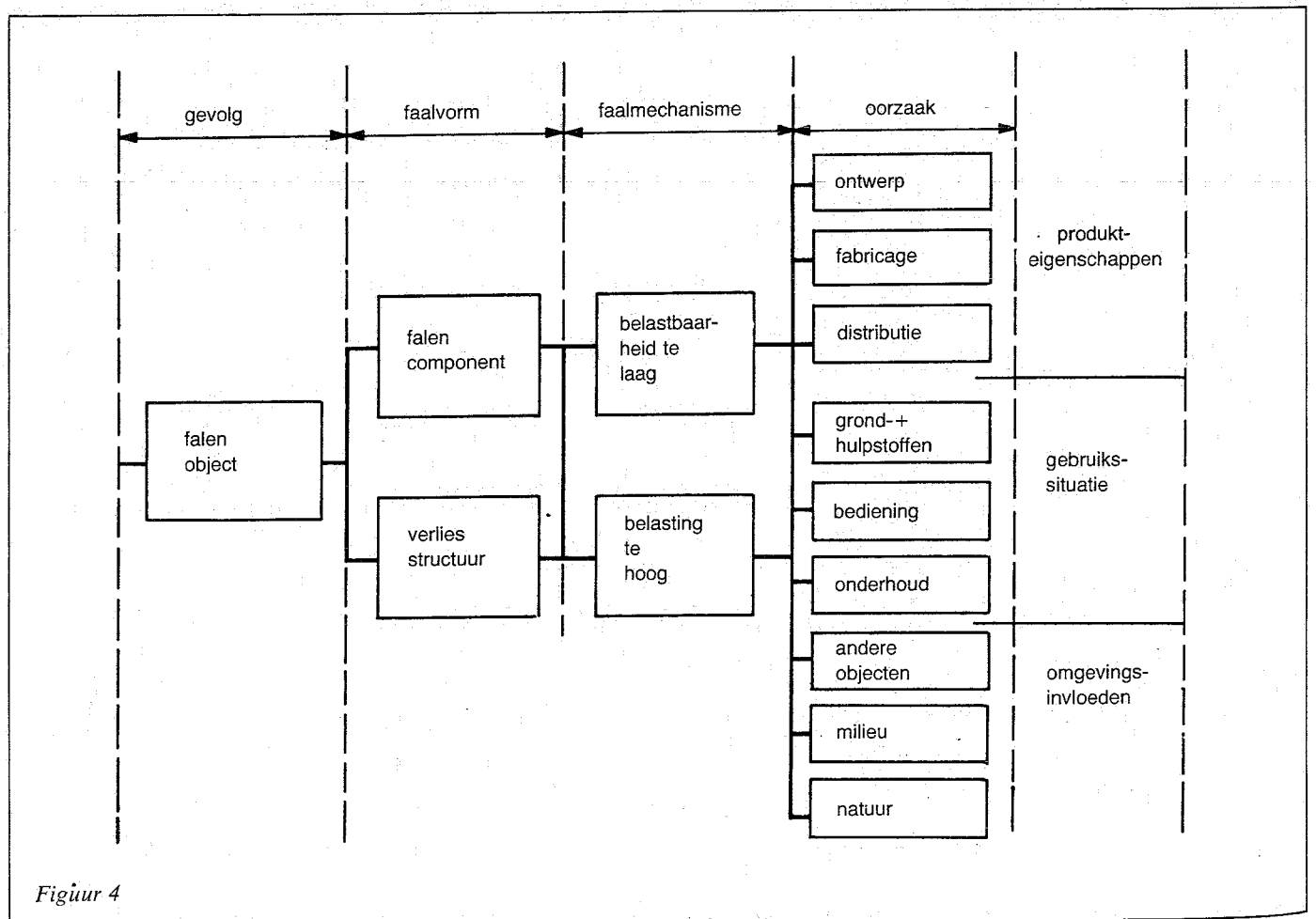
raken. De defecte staat is veelal het gevolg van een beschadiging veroorzaakt door de belasting; deze komt voort uit de gebruikssituatie en roept bij een zekere belastbaarheid van de component een faalmechanisme op (bij voorbeeld vermoeiing), dat na zekere tijd tot een bepaalde faalvorm leidt, bij voorbeeld breuk (figuur 4).

De belastingen op het object, bij voorbeeld een walsenbreker (figuur 5), vinden hun oorsprong in de eerste plaats buiten het object; zij zijn *exogeen* en ontstaan als gevolg van de wisselwerking van het object met zijn omgeving bij de vervulling van zijn eigenlijke functie, het breken van korrels. Daarnaast treden additionele belastingen op die hun oorsprong vinden binnen het object; zij zijn *endogeen*, ontstaan als gevolg van de gekozen constructieve oplossingen, bij voorbeeld door onbalans van de walsen. Zowel exogene als endogene belastingen resulteren in uitwendige belastingen die vanuit de omgeving op het object werken (bij voorbeeld de krachten op de fundatie-



Figuur 5

punten als reactie op aandrijfkoppel, respectievelijk onbalans) en in inwendige belastingen die binnen het object tussen de componenten onderling werkzaam zijn (bij voorbeeld lagerkrachten als gevolg van breekkrachten op de walsonttrek, respectievelijk onbalans).



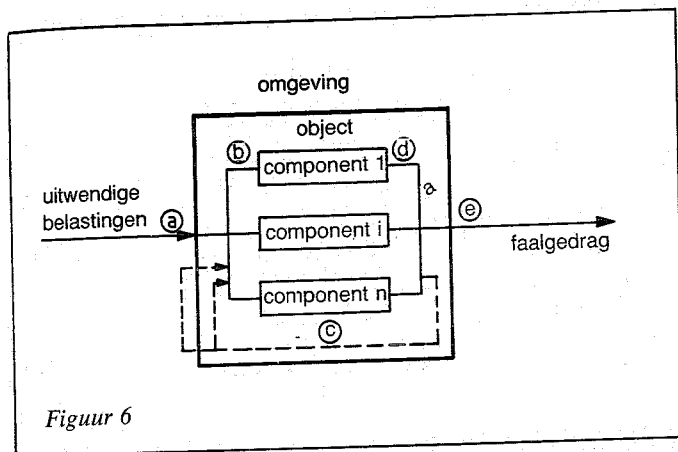
Figuur 4

De ontwerper tracht het ontijdig defect raken van componenten te voorkomen door een juiste vormgeving (vorm, materiaaleigenschappen, afmetingen en afwerking). Meestal wordt uitgegaan van een voorlopige opzet voor het aantal en de aard van de componenten en de wijze waarop zij zijn samengebouwd en worden in eerste aanleg slechts exogene belastingen beschouwd. Het schema volgens figuur 6 wordt dan als volgt doorlopen:

- de uitwendige belasting (a) op het object als geheel wordt herleid tot
- inwendige belastingen (b) op de componenten die leiden tot
- het faalgedrag van de componenten (d) wat, na samenstelling
- het faalgedrag van het object oplevert (e).

Zodra een voorlopige keuze is gemaakt ten aanzien van de vormgeving van de componenten, kunnen ook endogene belastingen (c) in rekening worden gebracht; deze leiden tot

- additionele uitwendige en inwendige belastingen.



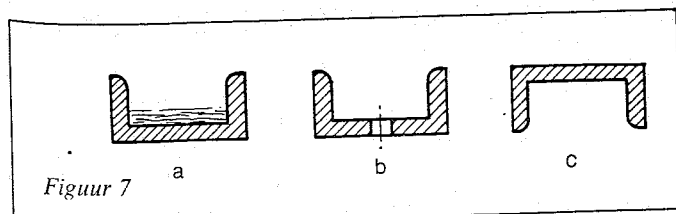
Figuur 6

Aan dit denkmodel kunnen de volgende richtlijnen ter verhoging van R_c worden ontleend:

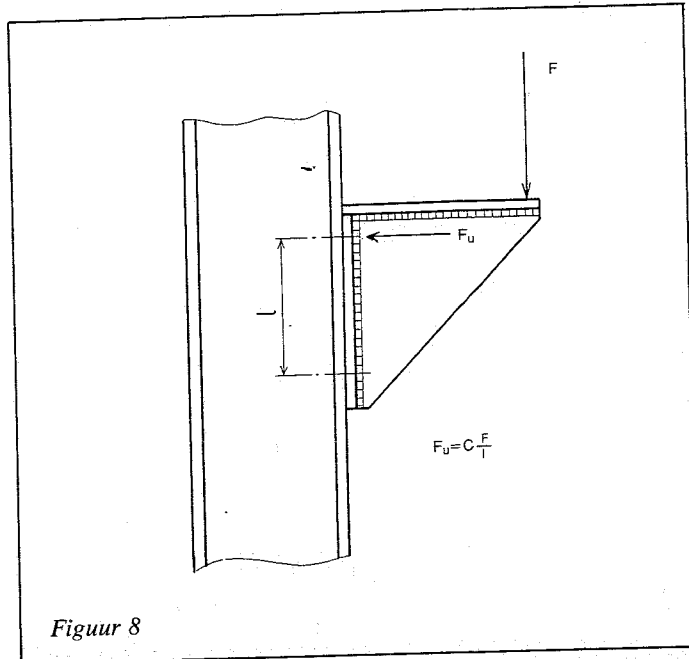
1. beperk de uitwendige belastingen op het object (transport en opslag, toevoer, bediening, omgeving)
2. beperk de inwendige belastingen op de componenten (variëaties en pieken, onderlinge verdeling)
3. beperk de endogene belastingen (ontstaan, doorwerking, volgschade)
4. verbeter het faalgedrag van een component (belastingssituatie: niveau, wijze van aangrijpen, positie; belastbaarheid; onderhoudsconcept)
5. verbeter het faalgedrag van het object (aantal componenten, redundantie).

Beperk de uitwendige belasting op het object

Hierbij valt te denken aan het elimineren, verlagen of verdelen (naar plaats en/of tijd) van exogene belastingen op het object die worden opgeroepen door de toevoer, door de wijze van bedienen en onderhouden, alsmede door de omgevingsinvloeden. Er dient zowel aan normaal als aan abnormale situaties te worden gedacht. Voorbeeld: voorkomen dat water blijft staan in profielen van constructiewerk (figuur 7a) door de profielen te perforeren (b) of met de open zijde naar beneden te keren (c).



Figuur 7



Figuur 8

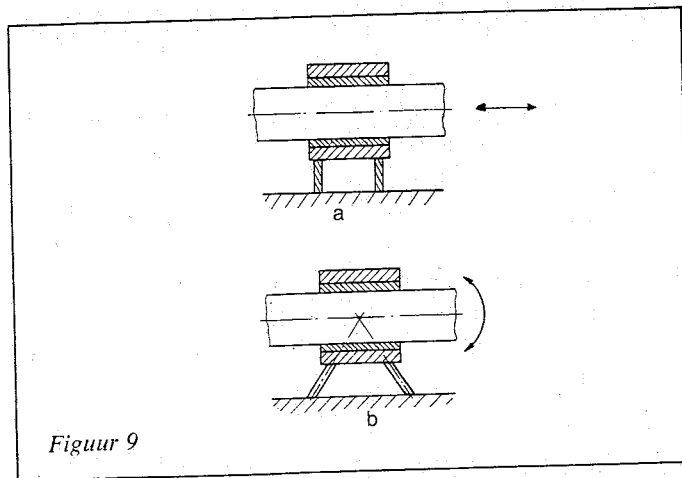
Beperk de inwendige belastingen op de componenten

Als tweede stap kan men trachten de inwendige belastingen binnen het object te beperken of te verdelen (naar plaats en/of tijd). Hiertoe kan onder andere worden overwogen normale belastingvariëaties en/of incidentele belastingspieken te beperken of te elimineren. Voorbeeld: een slipkoppeling om asbreuk te voorkomen. Een volgende mogelijkheid om de belasting op een component te verlagen ligt in een gunstiger onderlinge verdeling tussen componenten die gelijke of verschillende deelfuncties vervullen. Voorbeeld: vergroten van de afstand l tussen boutrijen van een console (figuur 8) verlaagt de boutkrachten.

Beperk de endogene belastingen

Additionele uitwendige en inwendige belastingen ontstaan als gevolg van endogene belastingen door het gedrag van de componenten. Daarbij valt niet alleen te denken aan normaal gedrag (bij voorbeeld uitzetten), maar ook aan tijdelijk of blijvend abnormaal gedrag van componenten die bij voorbeeld kunnen resoneren, warmte afgeven, lekken en dergelijke. Overwogen kan worden het ontstaan van endogene belastingen te beperken (bij voorbeeld door zelfinstellende componenten), hun doorwerking te beperken (bij voorbeeld met trillingsdempers) en volgschade te beperken (bij voorbeeld met afschermingen).

Voorbeeld: de constructies van een lagerhuis volgens figuur 9a en b laten respectievelijk verplaatsing in langsrichting en hoekverdraaiing van de as toe.



Figuur 9

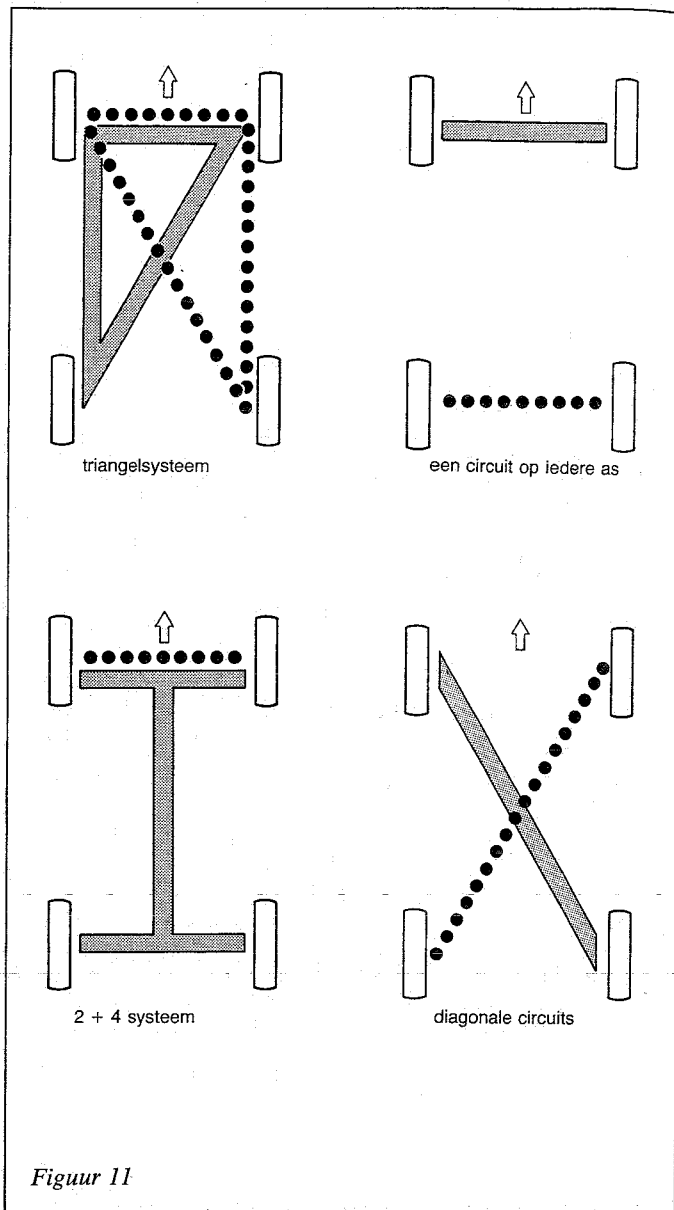
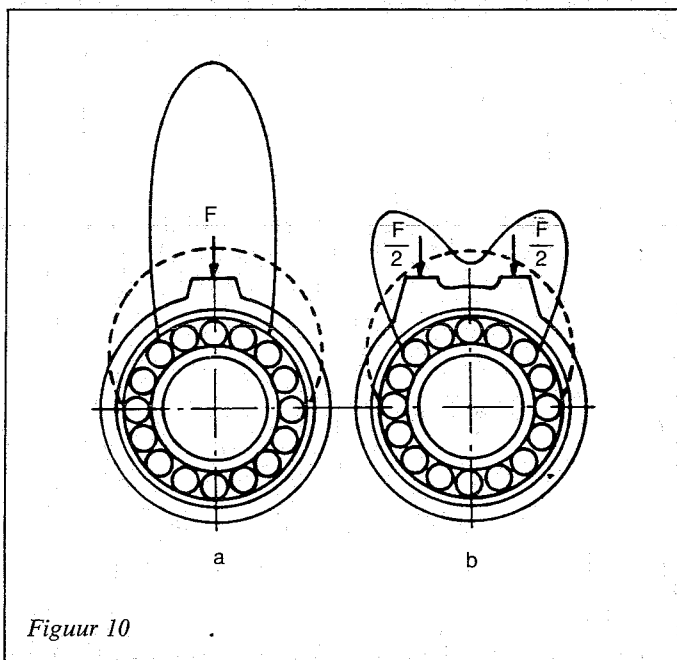
Onderhoudsbewust ontwerpen in de werktuigbouw (1)

Evenals in de elektrotechniek bestaat tot op zekere hoogte de mogelijkheid om de bedrijfszekerheid van het object te verhogen door redundantie (overtaligheid) in te bouwen, dat wil zeggen extra componenten die parallel zijn geschakeld aan eventueel falende componenten, daar al dan niet identiek aan zijn en die hun functie zo nodig kunnen overnemen. Voorbeeld: een dubbel remsysteem (figuur 11).

Verbeter het faalgedrag van een component

Falen van een component kan – indien de grootte en de aard van de belasting zijn gegeven – worden beperkt door zijn belastingssituatie te verbeteren, door zijn belastbaarheid te verhogen (bij voorbeeld door sterkere materialen) en door een ander onderhoudsconcept (bij voorbeeld vervangen op basis van gemeten conditie). Bij het verbeteren van de belastingssituatie valt te denken aan beïnvloeden van het belastingniveau (bij voorbeeld door voorspannen), aan het veranderen van de wijze van aangrijpen van de belasting op de component (bij voorbeeld het vervangen van de puntlast door een verdeelde belasting) en aan het plaatsen van de component in een gunstige positie (bij voorbeeld verticaal in plaats van horizontaal).

Voorbeeld: verdeling van de belasting op het lagerhuis over twee punten in plaats van één laat bij eenzelfde wentellager hogere belasting toe, zonder bekorting van de te verwachten levensduur (figuur 10).



Figuur 11

Ontwerpen op preventievrijheid

Denkschema

Vele objecten hebben aandacht nodig in de vorm van preventieve acties om goed te kunnen (blijven) functioneren. Dergelijke acties kunnen bestaan uit het inspecteren en controleren, bijvullen, aftappen en dergelijke; smeren; nastellen; vervangen; schoonmaken; conserveren (schilderen enzovoort).

Uiteraard is het onbevredigend als een object een voldoende bedrijfszekerheid moet ontleen aan frequente preventieve acties, die bovendien een potentiële bron van falen voor het object vormen (sleutelfouten). Men moet daarentegen trachten constructieve oplossingen te vinden die een hoge bedrijfszekerheid R_c paren aan een hoge preventievrijheid R_p . Dit doel kan worden nagestreefd door de acties te beperken en wel door het aantal componenten te verminderen, andersoortige

componenten te kiezen, dan wel de resterende acties te automatiseren, bij voorbeeld met een automatische smeerinstantie.

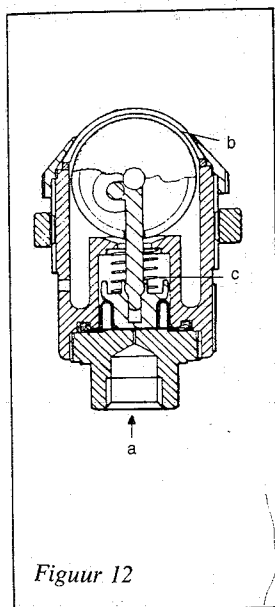
Aan deze overweging kunnen de volgende richtlijnen ter verhoging van R_p worden ontleend:

1. beperk de behoefte aan inspecteren en controleren
2. beperk de behoefte aan bijvullen en aftappen
3. beperk de behoefte aan smeren
4. beperk de behoefte aan nastellen
5. beperk de behoefte aan vervangen en repareren
6. beperk de behoefte aan reinigen
7. beperk de behoefte aan conserveren.

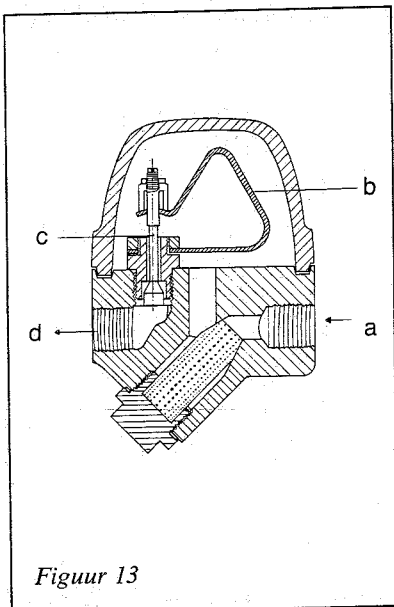
Beperk de behoefte aan inspecteren en controleren

Inspectie heeft ten doel de toestand vast te stellen waarin een component verkeert, bij voorbeeld of nog voldoende proces- en hulpstoffen aanwezig zijn, zoals water, olie, koel- en smeermiddelen; of slijtage, corrosie en andere vormen van schade zijn voortgeschreden, en of vervuiling, aangroeiing en dergelijke zijn opgetreden.

Controle heeft ten doel de goede werking vast te stellen, bij voorbeeld of een component draait en zo ja, in welke zin, of redundante componenten hebben gefaald en dergelijke. Voorbeeld: alarm bij onvoldoende druk (figuur 12); indien de vloeistofdruk bij a daalt, draait het rode segment van bol b voor, afhankelijk van de voorspanning van veer c.



Figuur 12



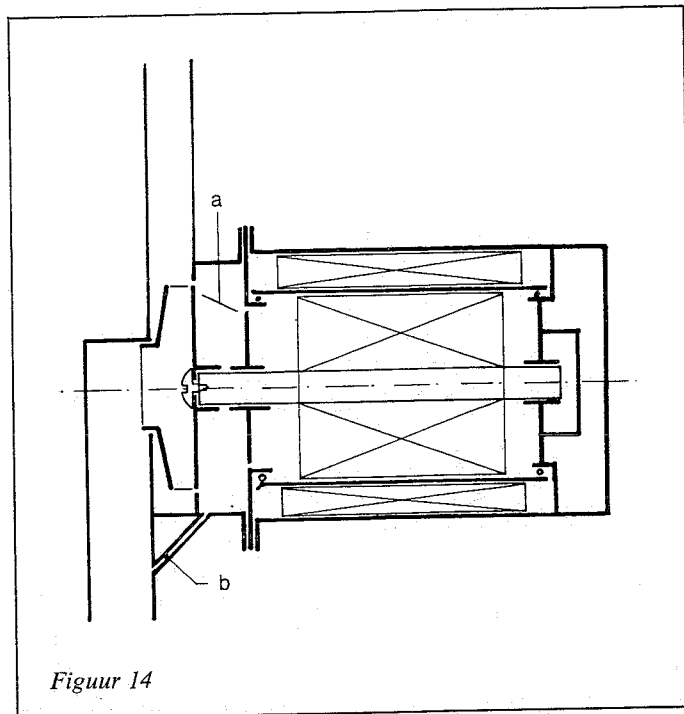
Figuur 13

Beperk de behoefte aan bijvullen en aftappen

Bijvullen en aftappen zijn terugkerende werkzaamheden met het doel de juiste hoeveelheid en samenstelling van proces- en hulpstoffen te herstellen. Denk bij voorbeeld aan bijvullen van smeerolie en koelvloeistof, het op peil brengen van de alkali-circuits enzovoort. Voorbeeld: automatische condenspot (figuur 13); indien condensaat in plaats van stoom bij a intreedt, koelt bimetaal b af, kromt zich en opent klep c, waardoor de vloeistof via uitlaat d wordt afgevoerd.

Beperk de behoefte aan smeren

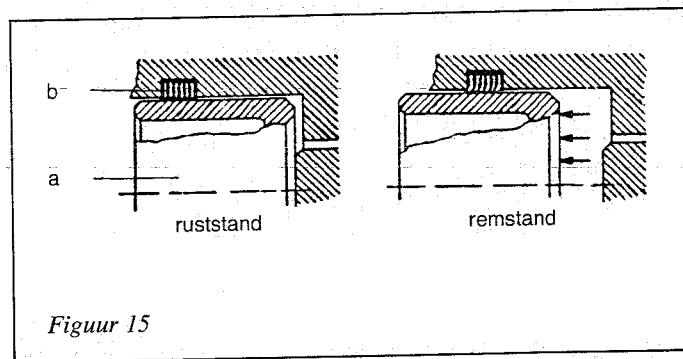
Smeren (met olie of vet) heeft primair ten doel slijtage te beperken van oppervlakken die langs elkaar bewegen, maar kan ook bescherming bieden tegen aantasting door agressieve stoffen (corrosie), binnendringen van vuil enzovoort. Voorbeeld: procesvloeistof als smeermiddel gebruiken, onder andere in C.V.-pomp (figuur 14); vloeistof stroomt vanaf de perszijde via de kanalen a naar de rotor en door de laggers en via kanaal b terug naar de zuigzijde.



Figuur 14

Beperk de behoefte aan nastellen

Onder nastellen valt hier te verstaan: terugkerende werkzaamheden met het doel de goede materiële structuur te herstellen die verloren dreigt te gaan als gevolg van slijtage, rek en dergelijke. Voorbeeld: zelfnastellende schijfremmen (figuur 15); ter compensatie van slijtage van de remvoering glijdt zuiger a bij opkomende remdruk langs verende afdichting b; bij wegvallende remdruk trekt de verende afdichting de zuiger terug.



Figuur 15

Beperk de behoefte aan preventief vervangen en repareren

Vele werktuigkundige componenten functioneren slechts naar behoren gedurende een beperkte, maar vooraf vrij goed bekende bedrijfsduur, omdat zij slijten, vervuilen, enzovoort; denk aan afdichtingen, elektrische contacten, filters en dergelijke. Het kan gewenst zijn zulke componenten preventief te vervangen of te repareren, dus vóór zij falen. Om deze acties te beperken kan men overwegen:

- de belastingen te verminderen, dus de oorzaak te onderdrukken
- de belastbaarheid van de componenten te vergroten
- de redundante componenten toe te passen, dus de gevolgen te neutraliseren.

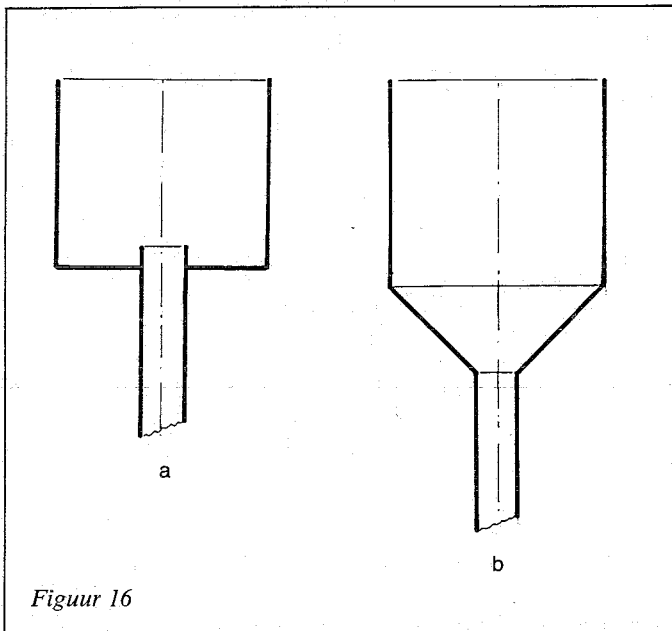
Beperk de behoefte aan reinigen

Reinigen (of schoonmaken) als preventieve actie heeft ten doel vuil, dat op den duur het functioneren van het object onmogelijk maakt door beschadiging (corrosie!), verstopping enzovoort

Onderhoudsbewust ontwerpen in de werktuigbouw (1)

van componenten, tijdig te verwijderen. Reinigen kan worden beperkt door:

- periodiek verwijderen van afzettingen, gecontroleerd verzameld door een component die tot taak heeft verontreinigingen uit de toevoer en/of de omgeving op te vangen; voorbeeld: zelfreinigend filter
- voorkomen dat vuil zich op ongecontroleerde wijze als aangroeiingen, bezinkingen en dergelijke in of op componenten afzet en op den duur het functioneren van het object onmogelijk maakt; voorbeeld: vermijden van dode hoeken, onder andere in vat (figuur 16).



Figuur 16

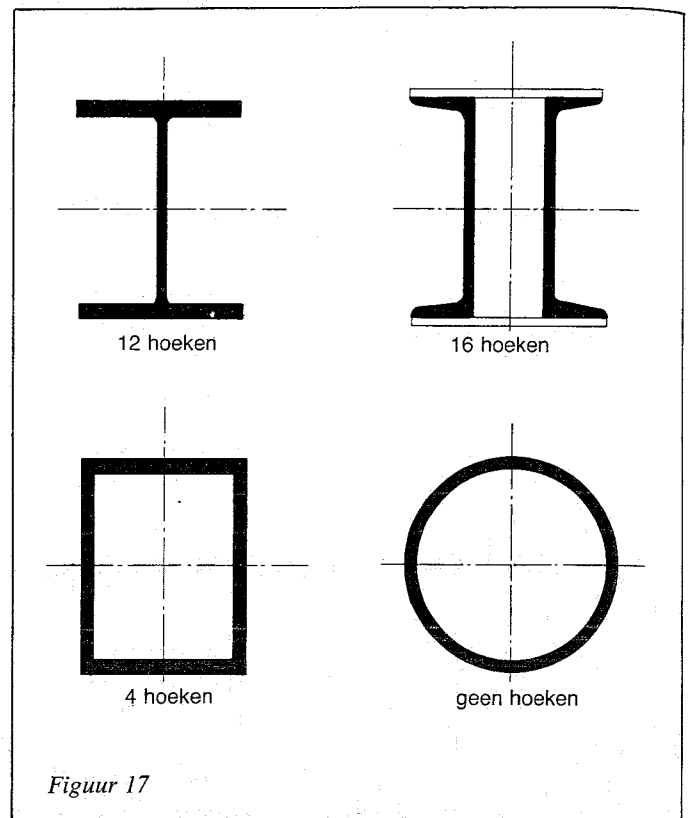
Beperk de behoefte aan conserveren

Onder conserveren valt te verstaan: het doordrenken met of aan de oppervlakte voorzien van een beschermend middel om aantasting tegen te gaan. Dit kan bij voorbeeld gebeuren door impregneren, schilderen of invetten. Men moet tegengaan dat de vormgeving leidt tot dunne plekken in beschermende lagen. Voorbeeld: vermijd scherpe hoeken bij verfwerk (figuur 17).

Ontwerpen op onderhoudbaarheid

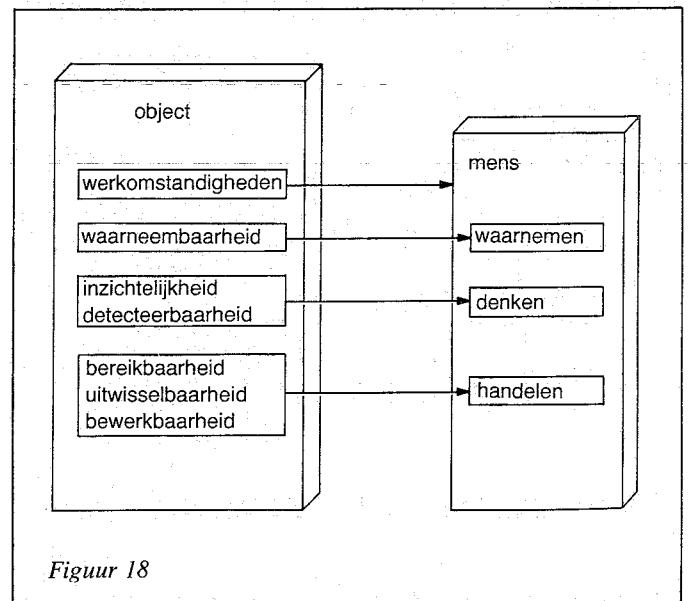
Denkschema

De onderhoudbaarheid van een object kan worden verhoogd door bij het ontwerpen de constructie beter af te stemmen op de middelen die op de verschillende onderhoudsniveaus aanwezig zijn. Het ligt voor de hand daarbij een belangrijke plaats toe te kennen aan de afstemming op de personele middelen en deze te baseren op een ergonomische benadering, door uit te



Figuur 17

gaan van de primaire functies die een rol spelen bij werkzaamheden van de mens. Naast de noodzakelijke fysiologische levensverrichtingen, zoals ademen, warmte afgeven enzovoort, zijn dat waarnemen, denken en handelen, zie figuur 18.



Figuur 18

Aan dit denkschema kunnen de volgende richtlijnen ontleend worden om onderhoudbaarheid M te verhogen:

1. verbeter de afstemming op de onderhoudsmiddelen (personele en materiële middelen, procedures)
2. verbeter de werkomstandigheden (veiligheid, gemak)
3. verbeter de waarneembaarheid (zichtbaarheid)
4. verbeter de inzichtelijkheid (identificeerbaarheid, eenvoud, eenduidigheid)
5. verbeter de detecteerbaarheid van defecten (signaleringen, meetpunten, ingebouwde testapparatuur)

6. verbeter de bereikbaarheid (uitwendig, inwendig)
7. verbeter de uitwisselbaarheid (losneembaarheid, (de)monteerbaarheid, hanteerbaarheid, instelbaarheid)
8. verbeter de bewerkbaarheid (reinigbaarheid, repareerbaarheid).

Verbeter de afstemming op de onderhoudsmiddelen

Elk onderhoudsniveau wordt gekenmerkt door zijn eigen personele en materiële middelen en typische procedures. Wat de personele middelen betreft valt in het bijzonder te denken aan het niveau van vakmanschap van de onderhouder; zijn kennis, kunde en ervaring moeten toereikend zijn voor de door hem uit te voeren onderhoudsacties. Dit stelt in het bijzonder eisen aan de constructie voor werkzaamheden die op de lagere niveaus moeten worden uitgevoerd; bedieningsmensen bijvoorbeeld beschikken doorgaans slechts over een verstelbare sleutel en een schroevendraaier.

Wat de materiële middelen betreft kunnen worden onderscheiden:

- bijzondere middelen die slechts voor het object in kwestie zijn bestemd en tot het ontwerp moeten worden gerekend, bij voorbeeld speciale sleutels
- algemene middelen, die ook bij andere objecten worden gebruikt en bij het ontwerp als randvoorwaarde fungeren, bij voorbeeld smeerolie.

Ten aanzien van de bijzondere middelen kan worden gesteld dat deze voortdurend speciale zorg vragen en dat hun bestaansrecht terdege moet worden overwogen. De categorie van algemene middelen behoort zo min mogelijk soorten te bevatten en uitsluitend de meest gangbare; dit vereist normalisatie van de componenten, ook ten aanzien van goed- en afkeurmarkeringen.

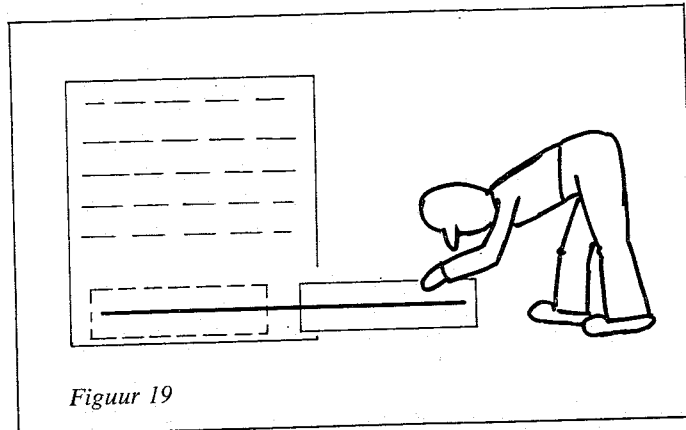
Tot de procedures die een rol kunnen spelen bij het ontwerp zijn onder andere te rekenen: veiligheidsvoorschriften, tijdslijmieten en het onderhoudsconcept. Tot de veiligheidsvoorschriften kunnen niet alleen gerekend worden voorschriften die de wetgever geeft met betrekking tot de persoonlijke veiligheid, bij voorbeeld de arbeidsinspectie, maar ook interne bedrijfsvoorschriften, bij voorbeeld ten aanzien van brandpreventie en het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen. Het kan gewenst zijn tijdslijmieten te stellen aan bepaalde onderhoudsacties, bij voorbeeld om deze tijdens bedrijfsonderbrekingen ('s nachts, fabrieksvakanties enzovoort) te kunnen uitvoeren.

Het onderhoudsconcept kan bij voorbeeld streven naar preventieve onderhoudsacties op basis van gemeten conditie; dit vergt toepassing van componenten die niet abrupt falen en waarvan de staat goed kan worden vastgesteld.

Verbeter de werkomstandigheden

Vóór alles is het van belang dat de onderhoudsman zijn taak veilig kan verrichten. Denk in dit verband aan schadelijke omstandigheden (hitte, straling, gassen enzovoort), aan onveilige standplaatsen (bij voorbeeld op ladders) en dergelijke. Uit onderhoudsoogpunt kan in het bijzonder gevaarlose controle van in bedrijf zijnde objecten belangrijk zijn: vele indicaties verdwijnen bij stilstand.

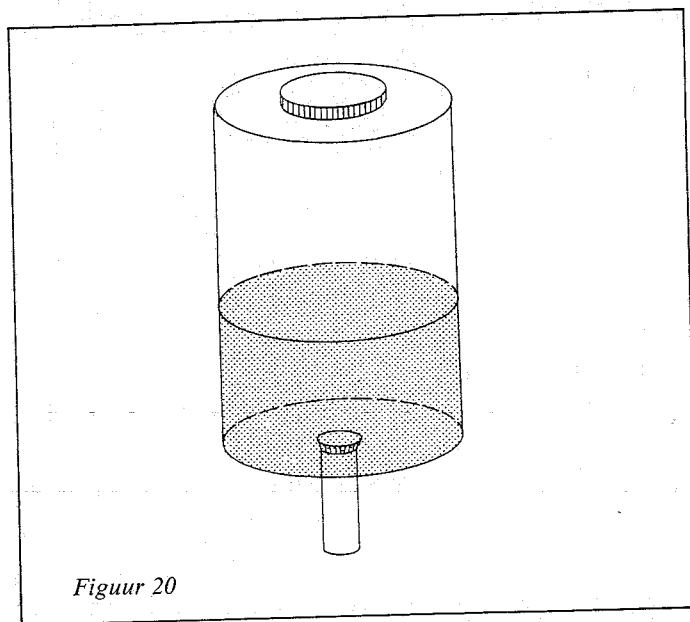
Om zijn taak naar behoren te verrichten moet de onderhouder ook voldoende gemotiveerd zijn. Onaangename werkomstandigheden moeten zoveel mogelijk worden voorkomen, denk dus aan voldoende licht, lucht en ruimte; vermijd bezwaarlijke houdingen: gebukt, gehurkt, liggend enzovoorts. Daarentegen komt gemak bij de uitvoering van onderhoudsacties hun kwaliteit ten goede. Voorbeeld: moeilijk bereikbare component op slede monteren, bij voorbeeld tonerbak in kopieerapparaat (figuur 19).



Figuur 19

Verbeter de waarneembaarheid van componenten

Uitvoering van preventieve en correctieve acties vereist in de eerste plaats waarneembaarheid van componenten. Het zichtbaar zijn van een component met het blote oog of met hulpmiddelen vergt een vrij blikveld, luiken en kijkgaten, vensters en/of lichtpunten en dergelijke. Voorbeeld: doorzichtig vloeistofreservoir, onder andere voor remolie (figuur 20).



Figuur 20

Verbeter de inzichtelijkheid van de constructie

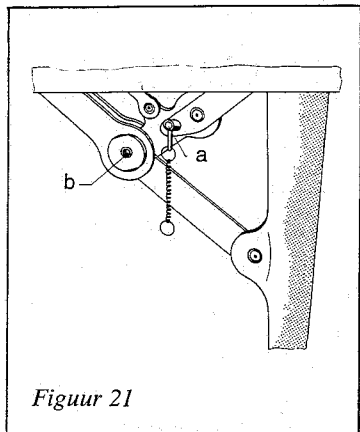
Goed waarneembare componenten zijn een noodzakelijke, maar niet voldoende voorwaarde om een constructie te kunnen doorgronden; daarbij speelt ook de inzichtelijkheid een rol, te bevorderen door identificeerbaarheid, eenvoud en eenduidigheid.

Om een component te identificeren zal men in eerste aanleg afgaan op vorm, grootte enzovoorts; hulpmiddelen als opschriften en merktekens kunnen echter nuttig of zelfs noodzakelijk zijn. Eenvoud kan worden nagestreefd door het object op te bouwen uit een gering aantal componenten, logisch gerangschikt in een duidelijke samenhang. Met eenduidigheid wordt onder andere bedoeld dat de materiële structuur van het object niet toelaat dat een component op een verkeerde plaats of in een verkeerde positie wordt gemonteerd. Voorbeeld: borgpen voor landingsgestel die in gat a moet worden gestoken, mag niet in holle bout b passen waar hij geen effect heeft (figuur 21).

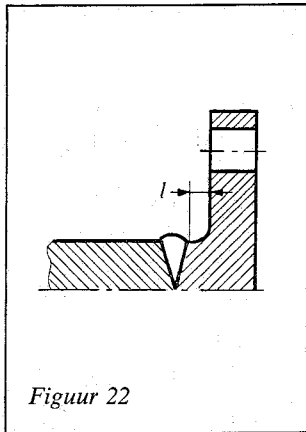
Verbeter de detecteerbaarheid van defecten

Goed waarneembare componenten in een inzichtelijke structuur zijn noodzakelijke, maar niet voldoende voorwaarden om

Onderhoudsbewust ontwerpen in de werktuigbouw (1)



Figuur 21

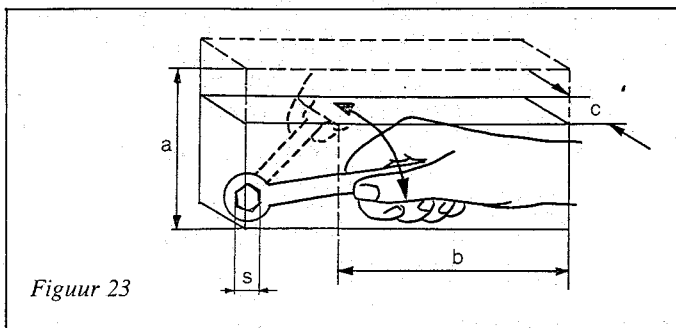


Figuur 22

defecte componenten te kunnen detecteren en beschadigingen te kunnen lokaliseren. Soms kan men schade direct met het blote oog aan de buitenzijde vaststellen, bij voorbeeld bij breuk of aanloopkleuren. Voorzover dat niet het geval is, bij voorbeeld bij inwendige beschadigingen, valt te denken aan hulpmiddelen om de staat van de component vast te stellen (bij voorbeeld met apparatuur voor ultrasoon onderzoek) of zijn werking, zoals signaleringen, aansluitpunten voor meetapparatuur, ingebouwde testapparatuur. Denk ook aan een handleiding voor het opsporen van defecten. Voorbeeld: voldoende afstand l om de las van een flens te kunnen onderzoeken met apparatuur voor niet-destructief onderzoek (figuur 22).

Verbeter de bereikbaarheid van componenten

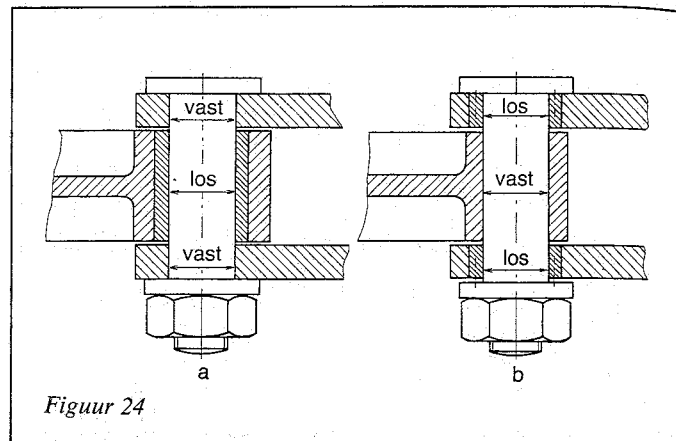
Na identificatie dient men de te behandelen component uitwendig en zondig inwendig te kunnen bereiken. Inwendige bereikbaarheid kan men ook met toegankelijkheid aanduiden. Bereikbaarheid en toegankelijkheid kunnen betrekking hebben op de hand of op de hele mens en op kleine en grote stukken gereedschap, instrumenten of andere uitrusting. In het bijzonder moet worden getracht te vermijden dat goed functionerende componenten moeten worden gedemonteerd, met de kans op sleutelfouten. Voorbeeld: voldoende ruimte voor moersleutel (figuur 23).



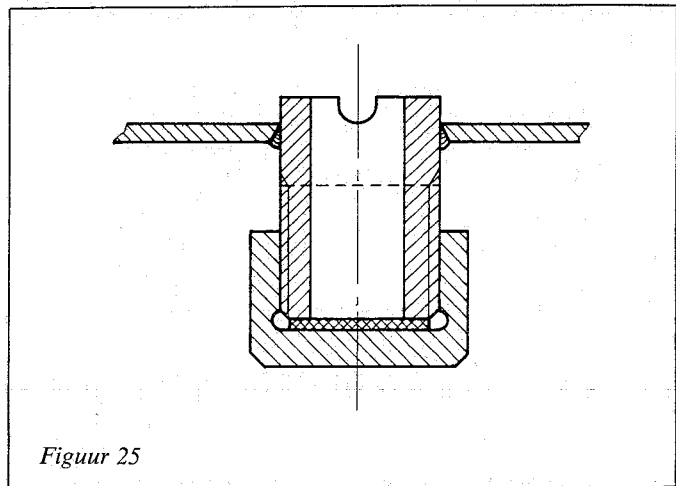
Figuur 23

Verbeter de uitwisselbaarheid van componenten

Denk hierbij aan factoren als losneembaarheid (bij voorbeeld door snelkoppelingen), (de)monteerbaarheid, inclusief de mogelijkheid tot uit- en inbouwen (bij voorbeeld van wentellegers), hanteerbaarheid (gewicht, afmetingen) en instelbaarheid, inclusief de mogelijkheid tot positioneren (pasranden en dergelijke). Voorbeeld: slijtbussen in scharnier aan buitenzijde (b) plaats in plaats van binnenin (a) opdat verwisseling kan plaatsvinden zonder het mechanisme te demonteren (figuur 24).



Figuur 24



Figuur 25

Verbeter de mogelijkheden om componenten te bewerken

Hierbij valt in het bijzonder te denken aan reinigbaarheid (bij voorbeeld spoelmogelijkheden) en repareerbaarheid van componenten (speciale staalsoorten bij voorbeeld zijn vaak slecht lasbaar en/of vergen aansluitend een warmtebehandeling). Voorbeeld: opzuiveren van draad, bij voorbeeld van aftapstop, vergt voldoende 'vlees' (figuur 25).

(slot volgt)