

**Technische Universiteit Eindhoven
Faculteit der Werktuigbouwkunde
Vakgroep Productietechnologie en Automatisering (WPA)**

**Het beveiligen van de Flexibele Assemblage
en LasCel.**

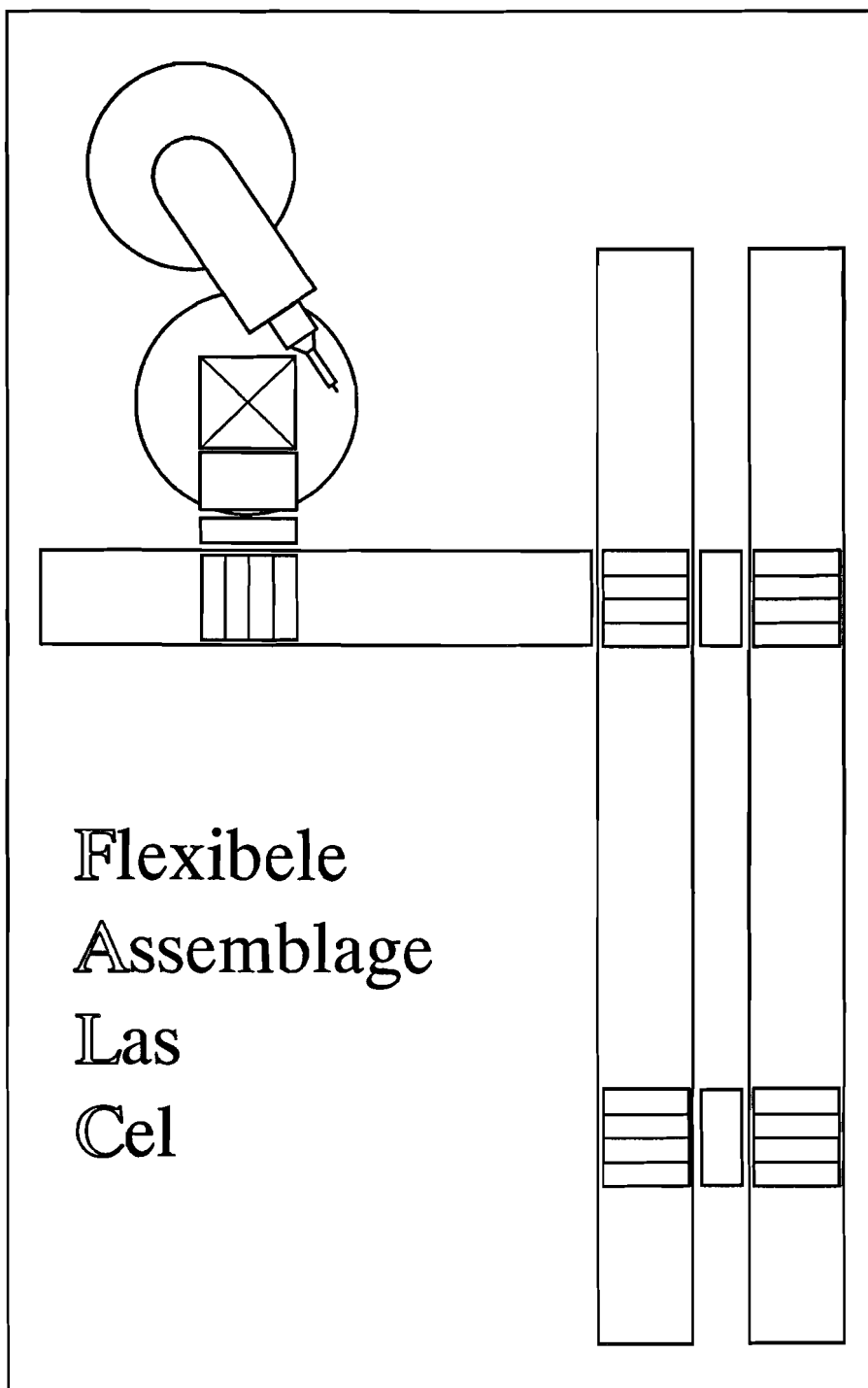
Door : G.J.B. Klop

Rapportnummer : WPA-1322

Verslag : Onderzoeksopdracht
Afstudeerhoogleraar : Prof. Ir. J.M. van Bragt
Mentor : Ir. A.T.J.M. Smals

Eindhoven, Mei 1992

HET BEVEILIGEN VAN DE FLEXIBELE ASSEMBLAGE EN LASCEL



SAMENVATTING

De Flexibele Assemblage en LasCel (FALC) is een onderzoeksproject gestart aan de TU Eindhoven in 1987. De FALC is een flexibele fabricagecel waarbinnen verschillende plaatstalen produktfamilies geassembleerd en gelast kunnen worden. De FALC bestaat uit een besturing, een robotsysteem en een transportsysteem.

De onderzoeksopdracht heeft als doel de veiligheid van de FALC te verhogen. Om dit te bereiken is eerst een storingsanalyse uitgevoerd. Daarna volgen enkele aanbevelingen, waarmee men de veiligheid zou kunnen verbeteren. Enkele van deze aanbevelingen worden specifiekier uitgewerkt, te weten:

- Verbetering van de pneumatische schakeling.
- Ontwerp van een noodstopcircuit rondom de cel.
- Ontwerp van een mechanische beveiliging voor een draagblok op de robotmanipulator.

Indien deze uitgewerkte aanbevelingen zullen worden toegepast, zal de veiligheid van de FALC zeker toenemen. Er worden echter nog een aantal andere maatregelen genoemd, welke in de toekomst zeker ook aandacht verdienen.

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	2
1. INLEIDING	5
1.1 Het FALC-project	5
1.2 De doelstelling	6
2. STORINGSANALYSE	7
2.1 Algemeen	7
2.2 Het besturingssysteem	8
2.2.1 De werking van de besturing	8
2.2.2 De verwerking van storingen door de besturing	9
2.2.3 Storingen binnen de besturing zelf	11
2.3 De FALC-installatie	14
2.3.1 Storingen binnen het VTS	15
2.3.2 Storingen binnen het robotsysteem	19
3. OVERZICHT VAN DE BELANGRIJKSTE AANBEVELINGEN	23
4. AANPASSING VAN DE PNEUMATISCHE SCHAKELING	25
4.1 Verbetering van de huidige schakeling	26
4.2 Enkele opmerkingen	26
5. ONTWERP VAN HET NOODSTOP-CIRCUIT	28
5.1 Enkele alternatieven	28
5.2 Keuze van een alternatief	29
5.3 Ontwerp van de trekkoord-schakeling	30

6. ONTWERP VAN DE MECHANISCHE BEVEILIGING	32
6.1 Een aantal concepten	32
6.2 Keuze van een concept	36
6.3 Ontwerp van de beveiliging	37
7. CONCLUSIES	40
LITERATUURLIJST	41
BIJLAGEN	
1. Opdrachtschrijving	43
2. Projectstrategie	44
3. Pneumatische componenten	49
4. Trip wire operated emergency stops	52
5. Berekeningen voor de bepaling van de beveiliging	57
A. Gegevens vooraf	57
B. Bepaling uitwendige belasting	57
C. Sterkte berekeningen	57
D. Stijfheid berekeningen	60
E. Bepaling lagers	62
F. Bepaling wrijvingsmoment lagers	63
G. Bepaling pneumatische cilinder	64
6. Standaard-onderdelen	65

1. INLEIDING

Binnen het bedrijfsleven is steeds meer behoefte aan *flexibele* produktiesystemen. Dit komt enerzijds omdat men zo goed mogelijk wil inspringen op een voortdurend veranderende vraag, en anderzijds doordat de produktie-series steeds kleiner worden. Deze series worden steeds kleiner omdat men genoodzaakt is de voorraden zo klein mogelijk te houden, om te kunnen blijven concurreren met het buitenland.

Een aantal jaren geleden ontdekte de overheid dat in Nederland een achterstand bestond op het gebied van de informatica en flexibele automatisering in vergelijking tot het buitenland. Om deze achterstand enigszins in te halen werd het Stimulerings Project Informatica-onderzoek (SPIN) in het leven geroepen.

1.1 Het FALC-project

In het kader van dit Stimulerings Project Informatica-onderzoek (SPIN) wordt sinds 1987 aan de Technische Universiteit Eindhoven onderzoek verricht naar een Flexibele Assemblage en LasCel (FALC). In totaal zijn er landelijk vier onderzoekprogramma's gestart, waarvan het FALC-project er een is.

Het onderzoekprogramma FALC is erop gericht een *flexibele* fabricagecel te realiseren die *onbemand* kan functioneren. In deze cel moeten verschillende plaatstalen produkt-families geassembleerd en gelast kunnen worden.

De produkten worden getransporteerd met behulp van draagblokken. Op deze draagblokken worden de produkten gepositioneerd en gefixeerd, zodat ze gelast kunnen worden door de robot. Nadat het draagblok is getransporteerd naar de robot, wordt deze ingeklemd op de manipulator. Deze manipulator kan roteren om twee assen, en zorgt dus voor extra vrijheidsgraden van het totale robotsysteem.

1.2 De doelstelling

Gedurende de totale onderzoeksperiode is er weinig aandacht besteedt aan de beveiliging van de FALC. Aangezien de totale lascel onbemand moet kunnen werken, zal deze beveiligd moeten worden tegen technisch ongewenste situaties. De schadelijke gevolgen zullen dan bij uitblijven van enig ingrijpen niet al te groot zijn.

Gezien het feit dat de FALC fungeert als demonstratie- en studie-object en er dus voortdurend mensen in de buurt van de cel kunnen zijn, dient er tevens aandacht besteedt te worden aan de veiligheid rondom de FALC.

Deze onderzoeksopdracht zal dus gericht zijn op het verbeteren van de *technische* en *persoonlijke* veiligheid. Hiervoor wordt er eerst een storingsanalyse uitgevoerd, waarna enkele aanbevelingen volgen. Vervolgens worden drie van deze aanbevelingen nader uitgewerkt.

Het eerste deelproject richt zich op een aanpassing van een pneumatische schakeling, waardoor bepaalde storingen niet meer kunnen optreden.

Het tweede deelproject heeft tot doel de persoonlijke veiligheid te verbeteren door het ontwerpen van een noodstop-systeem rondom de cel.

Het derde deelproject heeft te maken met het verbeteren van de technische veiligheid, en richt zich op het ontwerpen van een mechanische beveiliging op de manipulator. Deze beveiliging moet voorkomen dat een draagblok van de manipulator kan rollen op het moment dat de positioneerkracht (luchtdruk) wegvalt. Zonder deze beveiliging kan schade optreden aan produkt, draagblok of las-toorts, en eventueel aan personen in de buurt van de manipulator.

2. STORINGSANALYSE

2.1 Algemeen

Storingen die verantwoordelijk zijn voor het niet voldoende functioneren of zelfs falen van een technisch systeem, kunnen ten grondslag liggen aan een aantal verschillende oorzaken. Deze oorzaken kunnen zijn:

- ondeugdelijk ontwerp
- oneigenlijk gebruik van de installatie
- langzaam optredend functieverval (slijtage)
- omgevingsinvloeden (vuil, trillingen)
- spontaan functieverlies, stochastische fout (stroomuitval, breuk)
- menselijke fouten

Sommige van deze oorzaken zijn niet uit te schakelen, terwijl andere niet te voorzien zijn. Het doel van een storingsanalyse is het opsporen van alle te *voorziene* ongewenste situaties tijdens de productie. Vervolgens kan actie ondernomen worden door de oorzaak weg te nemen of, indien dit niet mogelijk is, maatregelen te treffen die de schadelijke gevolgen inperken.

Uiteindelijk is het de bedoeling om de veiligheid van de totale installatie te verhogen. Het kan hier gaan om het verhogen van de veiligheid voor:

- personen (persoonlijke veiligheid)
- apparatuur / installatie (technische veiligheid)
- omgeving (milieu veiligheid)

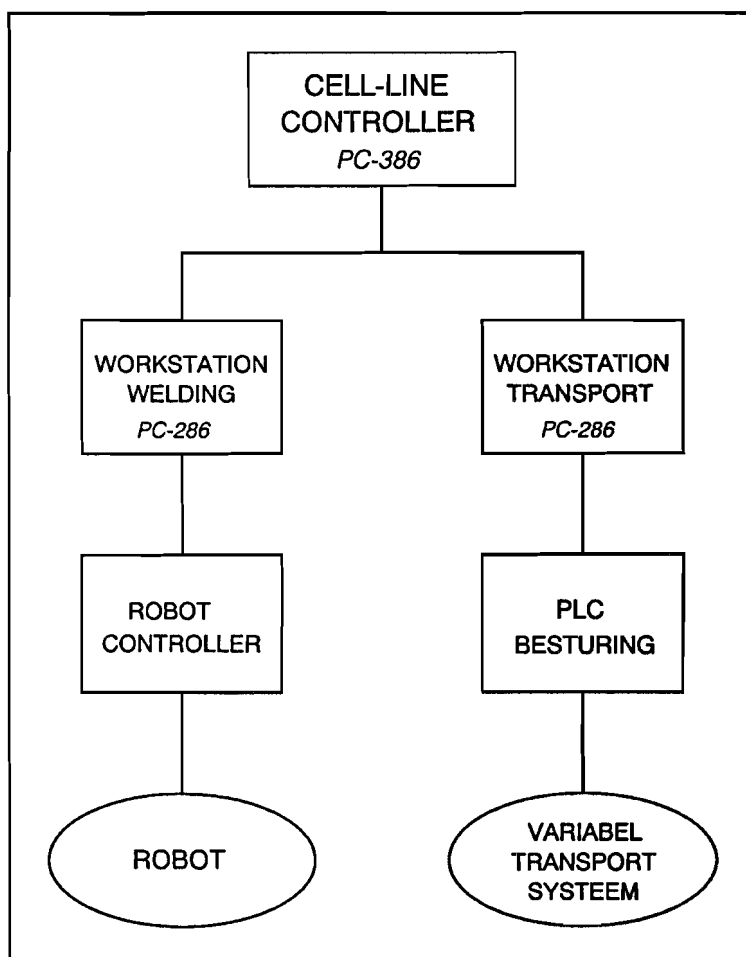
Binnen het FALC-project hebben wij alleen te maken met persoonlijke en technische veiligheid. Om de storingsanalyse gestructureerd aan te pakken wordt de FALC opgesplitst in drie deelsystemen, namelijk het *besturingsysteem*, het *robotsysteem* en het *transportsysteem*.

2.2 Het besturingssysteem

In dit hoofdstuk wordt kort uitgelegd hoe de besturing van de FALC werkt. Om vervolgens aan te geven hoe storingen, die in het robotsysteem of transportsysteem optreden, worden verwerkt. Daarna wordt ingegaan op wat er gebeurt als er storingen in de besturing zelf optreden.

2.2.1 De werking van de besturing

De besturing van de FALC is opgebouwd volgens een hiërarchische structuur (zie figuur 1). Het hoogste besturingsniveau is de *Cell-line Controller*. Deze zorgt voor een goede afstemming tussen het transport en de robot. Een besturingsniveau lager bevinden zich de *workstations Welding* en *Transport*. Deze twee workstations geven opdrachten aan het laagste besturingsniveau, resp. de *Robot Controller* en de *PLC-besturing*, om bepaalde recepten uit te voeren. De Robot Controller stuurt aan de hand van deze recepten (lasprogramma's) de robot aan. De PLC-besturing activeert afhankelijk van het



Figuur 1. De huidige besturing van de FALC.

gewenste recept (PLC-programma), bepaalde baanvakken van het *Variabel Transport Systeem (VTS)*.

2.2.2 De verwerking van storingen door de besturing

Storingen binnen het robotsysteem

Indien er een storing optreedt binnen het robotsysteem, zoals bijvoorbeeld een botsing tussen las-toorts en produkt of het uitvallen van de robot, wordt dit onmiddellijk gesignaleerd door de Robot Controller. Deze laatste zet de robot stop en zet zichzelf in de 'alarm'-toestand wat gedetecteerd wordt door het workstation Welding. Dit workstation geeft vervolgens aan de Cell-line Controller door dat er een storing is opgetreden. De Cell-line Controller reageert hierop door het transport systeem, via de andere besturingstak stop te zetten. Dit houdt in dat het workstation Transport geen nieuwe opdrachten meer stuurt naar de PLC-besturing. De PLC-besturing maakt de baanvakken af die reeds zijn geactiveerd, om daarna te stoppen. Het VTS blijft echter doordraaien.

Activering van de noodstop binnen het robotsysteem

Ook wanneer binnen het robotsysteem de noodstop wordt geactiveerd, wordt door de besturing op de bovenstaande manier gereageerd. Het feit dat de PLC-besturing eerst de reeds geactiveerde baanvakken afmaakt voordat hij stopt, kan in principe geen gevaar opleveren voor de installatie. Immers de baanvakken 'van' en 'naar' de robot kunnen nog niet geactiveerd zijn, omdat de robot nog niet het signaal 'klaar' kan hebben gegeven. Met andere woorden: ondanks dat de robot gestopt is, en eventueel de doorgang van het 'van' en 'naar' transport blokkeert, kan er toch geen gevaar optreden. Anders is het in het geval dat de noodstop van de robot gebruikt wordt met de gedachte hiermee ook het VTS geheel stil te zetten. Aangezien de transportband zelfs nadat de baanvakken zijn afgemaakt gewoon blijft doordraaien, kan er zo wel degelijk een gevaarlijke situatie ontstaan.

Storingen binnen het VTS

Wanneer er een storing optreedt binnen het VTS, zoals bijvoorbeeld het vastlopen van een draagblok, een defecte lift of uitvallen van het VTS, wordt dit *niet*

gesignaleerd door de PLC-besturing. Echter doordat de draagblokken door deze storing niet op de gewenste positie arriveren, wordt door de PLC-besturing niet het signaal 'klaar' gegeven aan het workstation Transport. Dit workstation merkt na verloop van tijd dat de tijdslimiet wordt overschreden, en geeft melding van een *Time-out*. De bovenliggende Cell-line Controller reageert hier vervolgens op door het robotsysteem via de andere besturingstak stop te zetten.

Verder zal het workstation Transport geen nieuwe opdrachten aan de PLC-besturing geven. In geval van bovenstaande storingen, met uitzondering van uitvallen van het VTS, zal de transportband gewoon door blijven draaien. Wanneer het bijvoorbeeld gaat om een vastgelopen draagblok is het beter om de transportband door de besturing stop te laten zetten. Aangezien bij een *Time-out* melding de achterliggende storing niet bekend is, is het verstandig om bij *iedere* *Time-out* melding de transportband te stoppen. Om dit te realiseren moet het voor de besturing mogelijk zijn om de noodstop of een ander stopsignaal te activeren.

Activering van de noodstop binnen het VTS

Wanneer het VTS door een persoon door middel van de noodstop wordt stopgezet, komt de transportband meteen tot stilstand. Door de besturing wordt op dezelfde manier gereageerd als bij een storing binnen het VTS. Met andere woorden: na het verstrijken van een tijdslimiet doordat het transport is gestopt, wordt melding gemaakt van een *Time-out*, waarna de robot wordt stopgezet. Dit betekent dat tussen het tijdstip waarop de noodstop van het VTS wordt geactiveerd en het moment waarop de robot tot stilstand komt, enkele seconden tot minuten kunnen verstrijken. De robot gaat dus even door waarmee hij bezig is, terwijl het transport is gestopt. In dit geval kan er in principe geen gevaar optreden, tenzij men met de noodstop van het transport ook gedacht had de robot stop te zetten.

Uit bovenstaande beschrijvingen blijkt dat het verstandig is om de noodstop van de robot en het transport hardware-matig aan elkaar te koppelen. Hierdoor wordt bij bekrachtiging van dit noodstop-circuit *direct* het *gehele* systeem stopgezet. Verder is het raadzaam om het voor de besturing mogelijk te maken in geval van

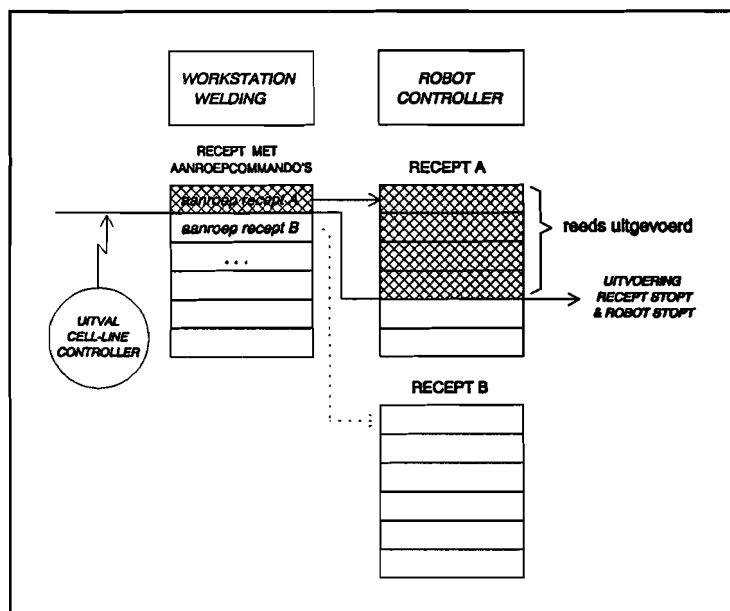
(bepaalde) foutmeldingen dit noodstop-circuit te kunnen activeren. Ook zou het mogelijk gemaakt moeten worden dat de besturing het VTS via een normaal stopsignaal kan stilzetten.

2.2.3 Storingen binnen de besturing zelf

In deze paragraaf wordt ingegaan op wat er gebeurt in het geval dat een van de besturingscomponenten uitvalt of wanneer verbindingen worden verbroken. Storingen ten gevolge van elektrische ontlading of fouten in de software worden buiten beschouwing gelaten omdat de gevolgen hiervan niet te voorzien zijn.

Uitval Cell-line Controller

De beide workstations Welding en Transport merken dat de *Cell-line Controller* is uitgevallen. De workstations stoppen met de uitvoering van hun programma. Deze programma's bestaan uit aanroepcommando's voor recepten van resp. de Robot Controller en de PLC-besturing.



Het workstation *Welding* stopt vervolgens de *Robot Controller*, waardoor de uitvoering van het robot-recept stagneert en de *robot* direct tot stilstand komt (zie figuur 2).

Het workstation *Transport* reset de baanvakken, maar de baanvakken die reeds zijn geactiveerd worden eerst door de *PLC-besturing* afgemaakt.

Uitval workstation Welding / Transport

De *Cell-line Controller* signaleert dat het betreffende workstation is uitgevallen, en geeft een foutmelding. Er worden door de *Cell-line Controller* geen nieuwe opdrachten meer verzonden. Het andere workstation, wat *niet* is uitgevallen, wordt tezamen met bijbehorend deelproces via de normale procedure stopgezet.

Bij uitval van het workstation *Welding*, geeft de *Robot Controller* geen melding van een communicatiefout. Tevens wordt het recept waarmee de *robot* op dat moment bezig is in zijn *geheel* afgemaakt. Dit betekent dat ieder recept zelf beëindigend moet zijn. Mocht er tijdens het afmaken van dit recept een fout optreden, dan krijgt de *Cell-line Controller* hier *geen* melding meer van.

Bij uitval van het workstation *Transport* worden door de *PLC-besturing* alle baanvakken afgemaakt die reeds door dit workstation zijn geactiveerd. Indien er tijdens het afmaken van deze baanvakken een storing optreedt worden er geen Time-out meldingen gegenereerd, het workstation *Transport* is immers uitgevallen.

Uitval Robot Controller / PLC-besturing

Wanneer de *Robot Controller* uitvalt stopt automatisch de *robot*. Verder signaleert het workstation *Welding* dat de *Robot Controller* is uitgevallen. Het workstation *Welding* stopt de uitvoering van zijn programma en geeft een foutmelding aan de *Cell-line controller*. De *Cell-line Controller* geeft vervolgens een alarm-melding en zet de *PLC-besturing* volgens de normale procedure stil via het workstation *Transport*.

In het geval dat de *PLC-besturing* uitvalt gaan alle stoppers in onbekrachte toestand staan oftewel omhoog. De transportband blijft echter doordraaien. Op de *PLC-besturingskast* werken de start- en stopknoppen niet meer. De noodstop-knop blijft echter wel werkzaam. Het workstation *Transport* merkt in eerste instantie niets. Pas op het moment dat de tijdslimiet voor een terugmelding van de *PLC-besturing* wordt overschreden, zendt het workstation *Transport* een foutmelding naar de *Cell-*

line Controller. Deze laatste geeft aan het workstation *Welding* de opdracht om te stoppen, waarna de *robot direct* stopt.

Verbreking van verbindingen

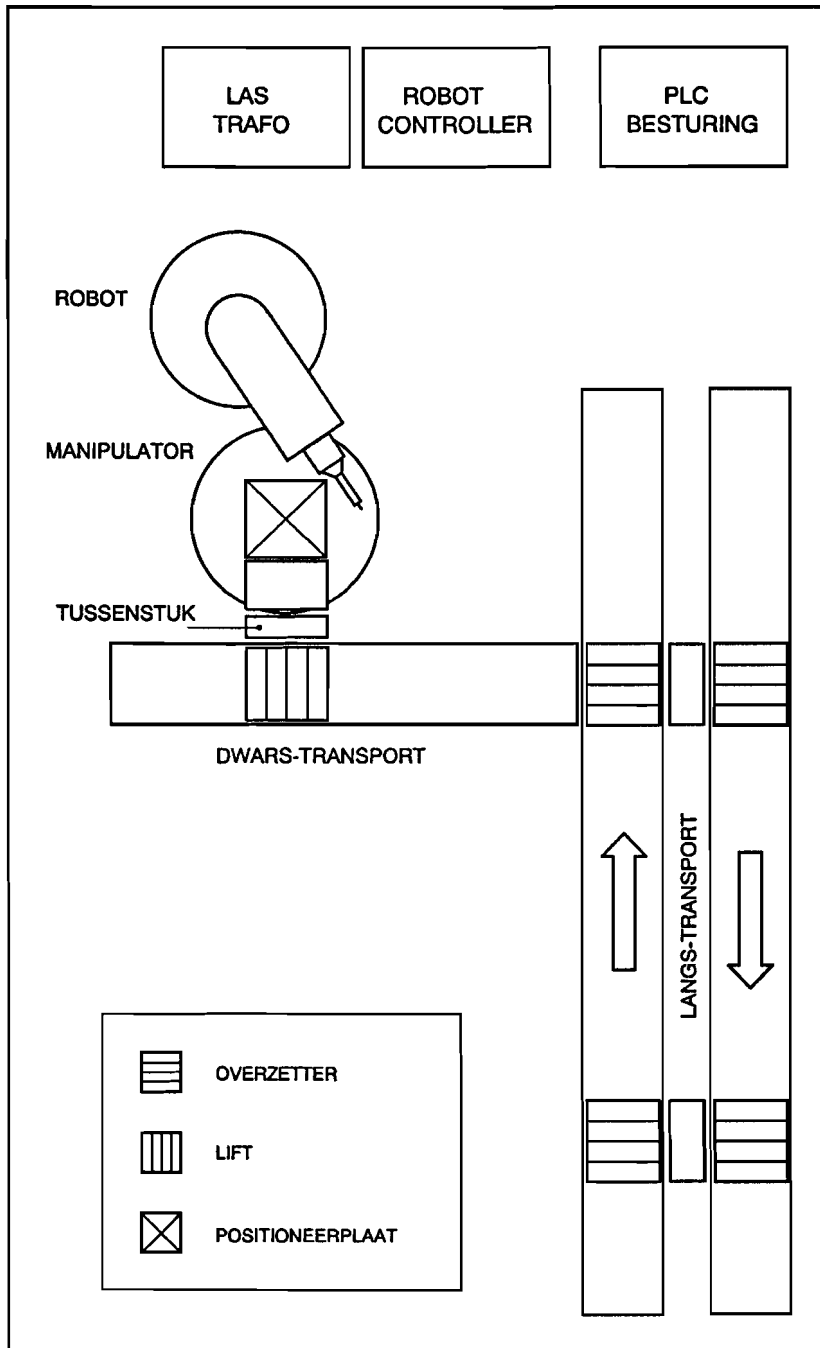
Wanneer een van de verbindingen tussen de verschillende besturingscomponenten wordt verbroken, wordt door de besturing op eenzelfde manier gereageerd. Bij verbreking van de verbinding tussen A en B is het voor A net alsof component B is uitgevallen, en andersom. Er wordt in een dergelijke situatie op dezelfde manier gereageerd als hierboven is aangegeven. Verbreking van verbindingen brengt dan ook geen specifiek andere situaties met zich mee.

Uit bovenstaande beschrijvingen blijkt dat de besturing redelijk betrouwbaar en veilig is opgezet. Aangezien het VTS pas de opdracht krijgt om een draagblok bij de robot weg te halen *nadat* deze het signaal 'klaar' heeft gegeven, kunnen er nooit echt gevaarlijke situaties optreden. Ook het feit dat de robot en de manipulator na ieder recept naar hun uitgangspositie terugkeren, zorgt ervoor dat er geen botsingen kunnen optreden tussen draagblok en lastoorts. Dit houdt wel in dat de robot pas het signaal 'klaar' mag geven op het moment dat hij naar zijn uitgangspositie is teruggekeerd.

Het feit dat de robot bij het uitvallen van het workstation *Welding* gewoon doorgaat met het afmaken van zijn recept kan geen gevaar opleveren. Immers de robot functioneert op dat moment normaal. Eventuele storingen worden door de Robot Controller gesignaleerd, waarna de robot alsnog wordt stopgezet. Echter gezien het feit dat de robot bij uitval van andere besturingscomponenten wel direct wordt stopgezet is het consequenter om ook in dit geval de robot te stoppen. Om dit te realiseren moet het mogelijk zijn bij uitval van een bepaalde besturingscomponent, dat de overige besturingscomponenten het *gekoppelde* noodstop-circuit in werking kunnen zetten. Door deze maatregel kan ook de transportband gestopt worden wanneer een besturingscomponent uitvalt.

2.3 De FALC-installatie

In de volgende twee paragrafen wordt ingegaan op storingen die kunnen optreden binnen de FALC. Een totaal overzicht van de FALC is gegeven in figuur 3. In deze figuur worden ook de benamingen aangegeven die later gebruikt worden. Voor de storingsanalyse wordt de FALC opgesplitst in het robotsysteem en het Variabel Transport Systeem (VTS).



Figuur 3. Een overzicht van de FALC met enkele benamingen.

De storingen met hun eventuele gevolgen worden in tabelvorm weergegeven. Tevens zijn in deze tabel mogelijk te nemen maatregelen gegeven om de betreffende storing en/of de gevolgen hiervan te elimineren. Daarnaast is een urgentie-cijfer tussen 1 en 3 gegeven voor de betreffende maatregel. Dit cijfer is gebaseerd op de schadelijkheid van de storing, de kans hierop en hoe eenvoudig de maatregel is te nemen. Hoe schadelijker het effect, hoe hoger de kans en hoe eenvoudiger de maatregel, des te hoger is de urgentie (*zeer urgent*=1, *urgent*=2, *niet urgent*=3). Verder is bij deze storingsanalyse onderscheid gemaakt tussen storingen van *technische* aard en storingen van *persoonlijke* aard.

2.3.1 Storingen binnen het VTS

Het VTS bestaat uit een lift, overzetters en een transportbaan. Voor de besturing van het VTS zijn in de transportbaan overal inductieve opnemers en lucht gestuurde stoppers opgenomen. Deze systemen worden in de storingsanalyse betrokken.

Storingen van technische aard			
STORING	GEVOLGEN	MAATREGELEN	URG. CIJF.
Stroomuitval	1) Overzetters zakken in. Een draagblok halverwege overzetter blijft liggen, en balanceerd tussen de twee transportbanen.	a) Het toepassen van dubbel-bekrachtigde schakelventielen. Deze ventielen zijn pulsgestuurd en behouden hun huidige stand. (Zie hoofdstuk 4)	2
	2) De lift naar de manipulator zakt in. Een draagblok halverwege richting manipulator valt naar beneden. Met als gevolg grote technische schade en persoonlijk gevaar.	Zie a). b) Een afscherming om de lift ter verhoging van de persoonlijke veiligheid.	1
<i>NB: Bij activering van de noodstop blijven reeds geactiveerde ventielen wel bekrachtigd, zodat de lift en/of overzetters van luchtdruk voorzien blijven.</i>			

STORING	GEVOLGEN	MAATREGELEN	URG. CIJF.
Uitval luchtdruk	3) Lift en overzetters functioneren niet meer. Draagblokken arriveren niet meer op de gewenste plaats. De besturing geeft een Time-out melding en stopt met uitvoering.	Geen	n.v.t
	4) Overzetters zakken in. Een draagblok halverwege overzetter blijft liggen, en balanceert tussen de twee transportbanen.	c) Het monteren van een terugslagklep in de toevoerleiding. Deze dient voor het dubbelbekerachtige ventiel (zie a)) geplaatst te worden. (Zie hoofdstuk 4)	2
	5) De lift naar de manipulator zakt in. Een draagblok halverwege richting manipulator valt naar beneden. Met als gevolg grote technische schade en persoonlijk gevaar.	Zie b) en c).	1
	6) Alle stoppers gaan in onbekerachtige toestand staan, oftewel omhoog. Draagblokken arriveren niet meer op gewenste plaats. De besturing geeft een Time-out melding en stopt.	Geen	n.v.t.
Draagblok blijft steken op overzetter of transportbaan	7) Opstopping voor andere draagblokken. Draagblokken arriveren niet meer op gewenste plaats. De besturing geeft een Time-out melding en stopt uitvoering.	d) Ervoor zorgen dat de draagblokken niet te zwaar worden. e) Voldoende onderhoud aan overzetters en transportbaan.	3
Geen goede klemming produkt op draagblok	8) Halverwege verlies produkt of onderdeel. Beschadiging van produkt, persoon of installatie.	f) Controleren aan de hand van meetopnemers of een goede klemming wordt gerealiseerd.	2

STORING	GEVOLGEN	MAATREGELEN	URG. CIJF.
Defecte stopper, gaat niet omlaag (kapotte cilinder)	9) Draagblokken arriveren op een gegeven moment niet meer op de gewenste plaats. De besturing geeft melding van een Time-out en stopt uitvoering.	Geen	n.v.t.
Defecte stopper, gaat niet omhoog (kapotte veer)	10) Draagblok <i>passeert</i> en geeft puls aan inductieve opnemer: ã Overzetter of lift begint halverwege draagblok. ã Botsing tussen dwars- en langstransport.	g) Voldoende onderhoud en inspectie van de stoppers. h) Het eventueel dubbel uitvoeren van de stoppers (kwadratische afname van de kans op deze storing).	3
Defecte inductieve opnemer	11) In het geval dat een opnemer geen signaal geeft terwijl er een draagblok is gearriveerd, stagneert de uitvoering van het betreffende baanvak (Time-out melding).	i) Het eventueel dubbel uitvoeren van de inductieve opnemers (kwadratisch effect).	3
	12) In het geval dat een inductieve opnemer op een lift of overzetter een signaal geeft terwijl er <i>geen</i> draagblok is gearriveerd bewegen lift of overzetter op het verkeerde moment. Botsingen tussen lift of overzetter met draagblok.	Zie i).	3
Vastlopen transport-ketting	13) Overbelasting van de aandrijfmotoren. Beschadiging van de transportketting.	j) Beveiliging van transport-aandrijving tegen overbelasting. <u>Opm</u> : Reeds aanwezig.	n.v.t.
Balg van overzetter lek of cilinder van lift defect	14) Draagblokken arriveren niet meer op gewenste plaats. De besturing geeft een Time-out melding en stopt uitvoering. Perslucht gaat verloren.	Geen	n.v.t.

opst
 10

STORING	GEVOLGEN	MAATREGELEN	URG. CIJF.
Defecte transport-bandjes op overzetter	15) Draagblok blijft op overzetter liggen. Time-out melding. Indien de overzetter na deze Time-out wordt ontlucht blijft het draagblok tussen de twee transportbanen balanceren.	k) De PLC-besturing moet na een Time-out melding de overzetters in de huidige stand laten staan. De transportband mag echter wel gestopt worden.	2
Defecte aandrijfrollen richting manipulator	16) Draagblok blijft op het tussenstuk liggen en arriveert niet boven de positioneerplaat. Time-out melding. Indien de lift na deze Time-out melding wordt ontlucht valt het draagblok naar beneden.	l) De PLC-besturing moet na een Time-out melding de lift in de huidige stand laten staan. De transportband mag echter wel gestopt worden.	1
Storingen van persoonlijke aard			
Persoon raakt bekneld tussen lift of overzetter.	17) Lichamelijk letsel	m) Zoveel mogelijk afschermen van de transportband waar geen handelingen nodig zijn. Met name de lift en de overzetters. n) Toezicht door derden	1
Persoon komt met kledingstuk tussen transport-band	18) Lichamelijk letsel. Stikkingsgevaar in geval van stropdas. Vastlopen van de transportband, waardoor overbelasting van de aandrijving.	Zie j) en n). o) Het plaatsen van een noodstop-circuit rondom het Variabel Transport Systeem. (Zie hoofdstuk 5)	1

Er dient opgemerkt te worden dat het een voordeel is dat we hier te maken hebben met een *krachtgesloten* overbrenging. Een krachtgesloten overbrenging betekent namelijk bescherming tegen overbelasting. Immers doordat de draagblokken door wrijving worden meegenomen, kan er bij vastlopen van het transport weinig fout gaan. Anders zou het zijn indien er sprake was geweest van een *vormgesloten* overbrenging. Bij dergelijke overbrengingen kan bij vastlopen of klemming van een draagblok grote schade optreden.

2.3.2 Storingen binnen het robotsysteem

Het robotsysteem bestaat uit een lasrobot en een manipulator. Op deze manipulator bevindt zich een positioneerplaat. Deze plaat is pneumatisch bekrachtigd en zorgt voor de positionering en fixatie van het draagblok.

Storingen van technische aard			
STORING	GEVOLGEN	MAATREGELEN	URG. CIJF.
Stroomuitval	1) Robot stopt, manipulator stopt.	a) Bij terugkeer van de spanning mogen de robot en manipulator niet uit zichzelf opstarten. b) De robot en de manipulator moeten voorzien zijn van remmen, om inzakken bij wegvallen van de energiebron te voorkomen.	1
	2) De positioneerplaat zakt door het sluiten van het elektrisch gestuurde ventiel. De klemming valt weg. De positionering van het produkt gaat verloren. De las wordt verkeerd gelegd en mogelijk botsing tussen toorts en produkt.	c) Het toepassen van dubbelbekrachtigde schakelventielen. Deze ventielen zijn pulsgestuurd en behouden hun huidige stand. (Zie hoofdstuk 4) d) Het toepassen van een mechanische beveiliging c.q. vergrendeling van draagblok of positioneerplaat. (Zie hoofdstuk 6)	1
	3) Door wegzakken van de positioneerplaat is er bij een gekantelde manipulator kans op wegrollen en neervallen van het draagblok. Hierdoor technische schade en persoonlijk gevaar.	e) Niet alleen bij het starten van een recept controleren of de positioneerplaat omhoog komt, maar ook tijdens de uitvoering controleren of hij omhoog <i>blijft</i> . Zo niet: onmiddellijk stoppen van de robot.	

STORING	GEVOLGEN	MAATREGELEN	URG. CNF.
Uitval luchtdruk	4) De positioneerplaat zakt. De positionering van het produkt gaat verloren. De las wordt verkeerd gelegd en mogelijk botsing tussen toorts en produkt.	Zie d) en e). f) Het monteren van een terugslagklep in de toevoerleiding. Deze dient voor het dubbelbekerachtige ventiel (zie c)) geplaatst te worden. (Zie hoofdstuk 4)	1
	5) Door wegvallen positionering is er bij een gekantelde manipulator kans op weggrollen en neervallen van het draagblok.		
Geen goede klemming produkt op draagblok	6) Verkeerde positie produkt. Hierdoor kans op een verkeerde las, beschadiging van het produkt of een botsing tussen toorts en produkt.	g) Controle of een goede klemming is opgetreden met behulp van een meetopnemer. Dit dient vlak voor het lassen te gebeuren.	2
Volgorde draagblokken verwisseld	7) Verkeerde lasrecept wordt gestart. Botsing van robot of toorts met produkt. Beschadiging van produkt, toorts en/of robot.	h) Codering van de draagblokken gekoppeld aan een herkenningsstelsel. Hierdoor weet de robot welk recept gestart moet worden.	2
Robot treedt buiten zijn normale werkgebied	8) De robot kan in gestrekte toestand tot boven het dwars-transport komen. Hierdoor kan de robotarm in botsing komen met een draagblok of de lift.	i) Zodanig afstellen van de hardware eindschakelaars dat de robot niet boven het dwars-transport kan komen.	3
Robot slaat op hol	9) Botsing met omliggende apparatuur en personen. Hierdoor technische en persoonlijke schade.	j) Voldoende noodstops binnen handbereik zodat op tijd ingrijpen mogelijk is.	1
Start van verkeerde recept door besturing	10) Verkeerde las. Botsing van robot of toorts met produkt. Beschadiging van produkt, toorts en/of robot.	Zie h).	2

STORING	GEVOLGEN	MAATREGELEN	URG. CJF.
Defect inductieve opnemer op manipulator	11) De opnemer geeft geen signaal terwijl er een draagblok is gearriveerd. De uitvoering van het baanvak 'naar robot' stagneert. (Time-out melding).	k) Het eventueel dubbel uitvoeren van de inductieve opnemer (kwadratische afname van de kans op de storing).	3
	12) De opnemer geeft een signaal terwijl er <i>geen</i> draagblok is gearriveerd. Het robotsysteem begint met de uitvoering van het recept: <ul style="list-style-type: none"> • Doordat er geen draagblok aanwezig is tilt de positioneerplaat zichzelf over de geleidingsassen. • Indien er een draagblok half onderweg is via het tussenstuk, wordt bij draaien van de manipulator de hele zaak ontwricht. 	Zie k). l) Het monteren van een aanslag zodat de positioneerplaat zichzelf niet over de geleidingsassen kan tillen.	2
Weg-schietende lasvonken of spatten	13) Inbranding kleding, brandgevaar	m) Afscherming op voldoende afstand tot de lasplaats zodat men buiten het bereik van eventuele vonken blijft. n) Geen poetsdoeken (met olie) in de buurt van lasplaats leggen.	3
Storingen van persoonlijke aard			
Persoon komt te dicht in de buurt van robot of manipulator	14) Botsing tussen robot en persoon of beknelling van persoon tussen robotarm of manipulator met als gevolg lichamelijk letsel.	o) Er kunnen een aantal maatregelen genomen worden om personen afdoende af te schermen van de robot. Zie literatuuronderzoek <i>Robotveiligheid/Praktische richtlijnen en wettelijke bepalingen WPA-1284 [Klop-1992]</i> .	1

STORING	GEVOLGEN	MAATREGELEN	URG. CIJF.
Persoon zet handmatig de robot in werking terwijl dit nog niet gewenst is.	15) Start van een verkeerd recept met als gevolg botsing tussen eventueel aanwezig draagblok en produkt. Hierdoor materiële schade.	p) Zorgen voor voldoende zicht op de robot-installatie. q) Het eventueel verplaatsen/ draaien van de besturingskast zodat men niet meer met de rug naar de robot toe staat. (ergonomisch ook gunstiger)	3
	16) Botsing of beknelling van een tweede persoon die op dat moment binnen het bereik van de robot is, met als gevolg lichamelijk letsel.	Zie o), p) en q).	1
Tijdens <i>Teach-in</i> programmeren persoon te dicht bij robot	17) Botsing tussen programmeur en robot met als gevolg lichamelijk letsel.	r) Programmeren met een gereduceerde snelheid van 15 cm/s. s) Tijdens programmeren gebruik maken van een dodemansknop met 3 standen.	2

Opmerking: In de robotarm bevinden zich opnemers, die bij botsing met een ander voorwerp een signaal afgeven aan de Robot Controller. Deze laatste stopt op dat moment *onmiddellijk* de robot waardoor erger wordt voorkomen. Er heeft zich dan echter al een bepaalde ongewenste situatie voorgedaan.

Tijdens het lassen komt er lasrook en UV-straling vrij. Bij blootstelling aan deze factoren kan schade aan de gezondheid optreden. Als bescherming tegen de UV-straling zijn reeds las-maskers aanwezig. Voor de emissie van de lasrook zijn geen maatregelen (afzuiging) getroffen. Gezien het feit dat we hier te maken hebben met een demonstratie c.q. studieobject is de intensiteit van het lassen erg laag. Daarbij komt dat er vaak *droog* gelast wordt. Hierdoor blijft de concentratie lasrook binnen veilige grenzen. Het toepassen van een afzuiging lijkt dan ook enigszins overbodig.

3. OVERZICHT VAN DE BELANGRIJKSTE AANBEVELINGEN

Hier volgt een overzicht van de belangrijkste aanbevelingen die uit de storingsanalyse naar voren zijn gekomen:

De besturing

- Het koppelen van het noodstopsysteem van het VTS met het noodstopsysteem van de robot.
- Het voor de besturing mogelijk maken dit gekoppelde noodstopsysteem te activeren. *↳ gebreed nodig!*
- Het voor de besturing mogelijk maken in geval van bepaalde foutmeldingen de transportband te stoppen.

Het Variabel Transport Systeem

- Het toepassen van een andere pneumatische schakeling voor de bekrachtiging van de lift en de overzetters.
- Het plaatsen van een noodstop-circuit rondom het VTS.
- Het zoveel mogelijk afschermen van het transport waar geen handelingen nodig zijn. Met name de lift en de overzetters.
- De PLC-besturing moet na een Time-out melding de overzetters en de lift in de huidige stand laten staan.

Het robotsysteem

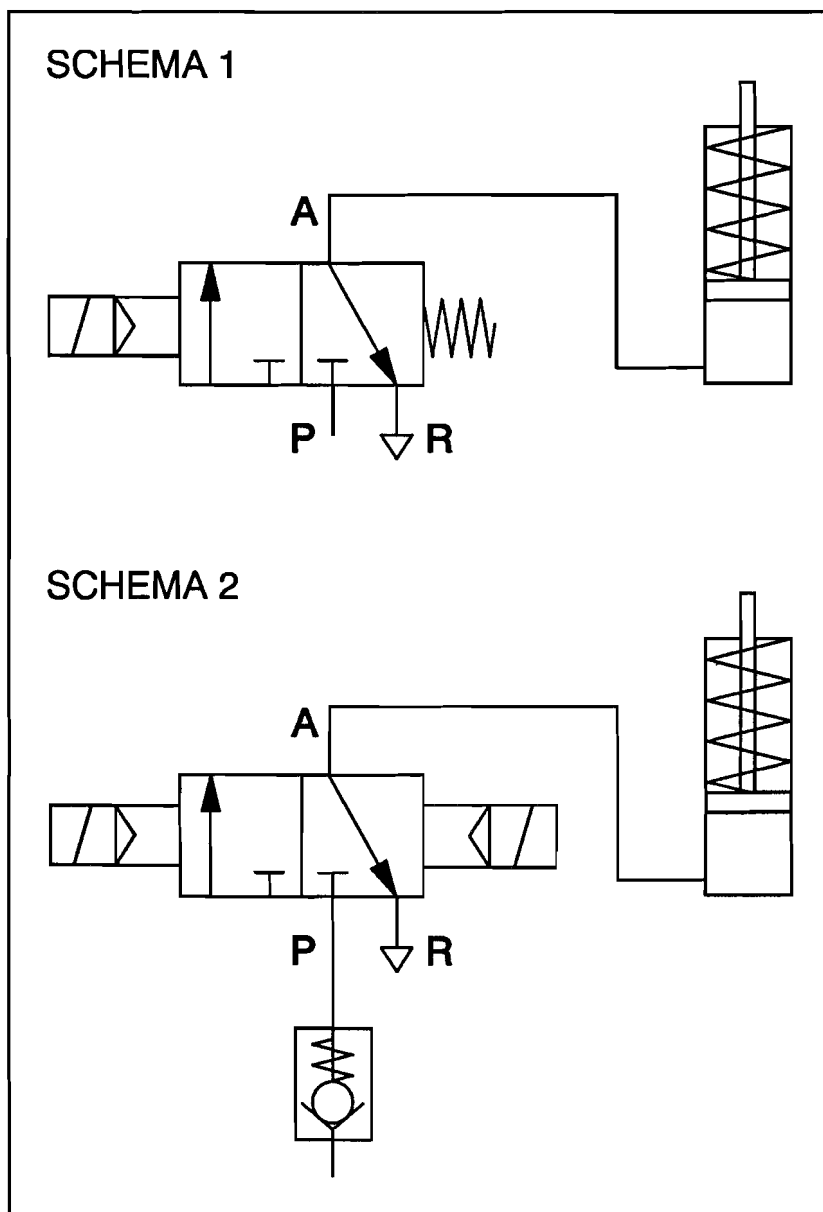
- Het toepassen van een andere pneumatische schakeling voor de bekrachtiging van de positioneerplaat.
- Het aanbrengen van een mechanische beveiliging c.q. vergrendeling van het draagblok of de positioneerplaat.
- Het zodanig afstellen van de eindstandmelders van de robot dat deze niet meer boven het dwarstransport kan komen.
- Het afschermen van de robot. Er valt hierbij te denken aan een hekwerk met optische beveiligingen bij de ingangen.

- o Het plaatsen van voldoende noodstops rondom de robot.
- o Het coderen van de draagblokken en het toepassen van een herkennings-systeem op de manipulator. Hierdoor is het voor de robot mogelijk om een bepaald draagblok te identificeren en het bijbehorende recept te starten.
- o Het *Teach-in* programmeren dient te gebeuren met een gereduceerde snelheid van 15 cm/s en met gebruikmaking van een dodemans-knop met 3 standen.

De gemarkeerde aanbevelingen worden in de nu volgende hoofdstukken nader uitgewerkt.

4. AANPASSING VAN DE PNEUMATISCHE SCHAKELING

De huidige pneumatische schakeling is zodanig dat bij wegvallen van de stroom of luchtdruk de overzetters, de lift en de positioneerplaat ontlucht worden. Dit betekent dat deze componenten inelkaar zakken bij uitval van een van deze twee energiebronnen. Hierdoor kan het gebeuren dat een draagblok van de lift of de manipulator valt, of blijft balanceren tussen de twee overzetters met als gevolg technische schade en persoonlijk gevaar.



Figuur 4. De huidige en de verbeterde pneumatische schakeling.

4.1 Verbetering van de huidige schakeling

De huidige schakeling is weergegeven in schema 1 van figuur 4. Het 3/2 ventiel is eenzijdig bekrachtigd met lucht en wordt elektrisch voorgeschakeld. Bij wegvallen van de stroom en/of de luchtdruk drukt de veer het ventiel in de *neutrale* stand en wordt de betreffende cilinder c.q balg ontluicht.

Door het ventiel te vervangen door een *dubbelbekrachtigd* 3/2 ventiel blijft de huidige stand bij uitvallen van een van de energiebronnen behouden. Immers een dergelijk ventiel is *pulsgestuurd* en heeft alleen op het moment van schakelen een signaal en dus energiebron nodig. Het enige probleem is dat bij wegvallen van de luchtdruk, ondanks dat het ventiel geopend blijft, de betreffende component toch inzakt. Dit is eenvoudig op te lossen door een terugslagklep te plaatsen in de toevoerleiding vóór het 3/2 ventiel (zie schema 2 van figuur 4). Hierdoor blijft de druk behouden bij wegvallen van de luchtdruk.

4.2 Enkele opmerkingen

- Aangezien er altijd lekverliezen zijn, zal er op den duur toch inzakken van reeds genoemde componenten optreden. Men heeft echter wel de mogelijkheid gehad om de storing te verhelpen en de betreffende draagblokken veilig te stellen.
- Indien de storing onopgemerkt blijft kan er alsnog gevaar voor het draagblok op de *manipulator* optreden. Dit maakt het noodzakelijk om voor dit draagblok een mechanische beveiliging in te bouwen (zie hoofdstuk 6). Bij de overzetters en de lift kan in dit geval alleen gevaar optreden indien naast de luchtdruk ook de stroom uitvalt. Door de stroomuitval blijft een draagblok namelijk halverwege het overzetten liggen, waarna op den duur de lift of overzetter inzakt. Gezien het feit dat de kans op het *tegelijktijd* uitvallen van beide energiebronnen erg klein is, hoeft hier geen extra beveiliging aangebracht te worden.

Zacht
met
de
werken.

Van
manipulator
Staat
aan
op

- Een nadeel van bovenstaande aanpassing is dat voor een dubbelbekrachtigd ventiel een extra signaal nodig is om het ventiel in de neutrale stand te zetten. In het geval van vier overzetters, één lift en één positioneerplaat betekent dit zes extra leidingen en zes extra poorten op de PLC-besturing. Tevens brengt deze oplossing wat extra kosten met zich mee. Een voordeel is echter dat het geheel pulsgestuurd is en dus alleen op het moment van schakelen een signaal nodig heeft. *geen noodzaak*
- De terugslagklep en een dubbelbekrachtigd 4/2 ventiel zijn te vinden in bijlage 3. *FESTO* levert geen dubbelbekrachtigde 3/2 ventielen. Van het 4/2 ventiel is eenvoudig een 3/2 ventiel te maken door één uitgang af te sluiten.

5. ONTWERP VAN HET NOODSTOP-CIRCUIT

5.1 Enkele alternatieven

Het noodstop-circuit rond het VTS moet zorgen voor een verhoging van de technische en persoonlijke veiligheid van de FALC. Hierbij spelen bereikbaarheid, betrouwbaarheid en bedieningsgemak van het noodstop-systeem een belangrijke rol.

De wetgeving zegt ten aanzien van een noodstop-inrichting het volgende: *Een werktuig, dat door een krachtwerktuig in beweging kan worden gebracht, moet zo dicht mogelijk bij de standplaats van de persoon, die het werktuig bediend, zijn voorzien van een zodanige inrichting, dat het afzonderlijk, veilig en met zekerheid kan worden stilgezet* [Aarts-1986]. Op de markt zijn tal van systemen verkrijgbaar die in grote lijnen aan deze eisen voldoen.

Er zijn dus een aantal mogelijkheden om een noodstop-circuit aan te leggen rond het VTS. Deze mogelijkheden zijn:

- I • Het plaatsen van een aantal noodstop-knoppen rondom
- II • Het toepassen van een optische beveiliging met foto elektrische cellen
- III • Het plaatsen van een trekkoord schakeling
- IV • Het toepassen van persoonlijke beveiligingsartikelen (dodemansknoppen, infra-rood afstandbediening)

Uit deze alternatieven moet nu een keuze gemaakt worden. Aan de hand van criteria wordt gekeken welke oplossing het beste voldoet in deze situatie.

5.2 Keuze van een alternatief

Om een gefundeerde keuze te maken uit de alternatieven worden een aantal

criteria toegepast. Deze criteria zijn:

- A • bedieningsgemak
- B • eenvoud
- C • betrouwbaarheid
- D • bereikbaarheid
- E • kans op oneigenlijke activering (false trip)
- F • kostprijs

Aan ieder criterium wordt een weegfactor toegekend afhankelijk van de belangrijkheid van het betreffende criterium. Hiertoe worden de verschillende criteria onderling tegen elkaar afgewogen (zie tabel 1).

Alle alternatieven krijgen nu een cijfer toegekend voor ieder criterium. Dit cijfer wordt vermenigvuldigd met de bijbehorende weegfactor. Vervolgens worden deze getallen opgeteld en de totaal-scores vergeleken (zie tabel 2).

Uit tabel 2 blijkt dat alternatief III in dit geval de beste oplossing is. De noodstop-knoppen rondom en de optische beveiliging scoren ook goed. Echter de noodstop-knoppen hebben het nadeel dat ze relatief slecht bereikbaar zijn. De optische beveiliging is erg gevoelig voor stof en vuil, en heeft daardoor een lage betrouwbaarheid en een hoge kans op oneigenlijke activering.

Er wordt dus gekozen voor een trekkoord-schakeling rondom het VTS. Deze schakeling wordt in de nu volgende paragraaf nader uitgewerkt.

	A	B	C	D	E	F	W
A	A	A	C	D	A	A	4
B	A	B	C	D	E	B	2
C	C	C	C	C	C	C	6
D	D	D	C	D	D	D	5
E	A	E	C	D	E	E	3
F	A	B	C	D	E	F	1

Tabel 1. Bepaling van de verschillende weegfactoren.

CRITERIA	W	I. NOODSTOP-KNOPPEN		II. OPTISCHE BEVEILIGING		III. TREKKOORD SCHAKELING		IV. PERS. BEVEILIGING	
		CIJFER	* W	CIJFER	* W	CIJFER	* W	CIJFER	* W
A. Bediening	4	4	16	5	20	4	16	4	16
B. Eenvoud	2	3	6	2	4	3	6	1	2
C. Betrouwbaarheid	6	5	30	3	18	4	24	4	24
D. Bereikbaarheid	5	2	10	5	25	5	25	2	10
E. False trip	3	5	15	1	3	4	12	4	12
F. Kostprijs	1	2	2	3	3	2	2	1	1
			79		73		85		65

Tabel 2. Waardering van de alternatieven. (5 = zeer goed, 4 = goed, 3 = voldoende, 2 = matig, 1 = slecht)

5.3 Ontwerp van de trekkoord-schakeling

Bij een trekkoord-schakeling wordt een kabel rond of langs het betreffende produktiesysteem geplaatst. Deze kabel loopt door een aantal kabelgeleiders en is aan het eind verbonden met een schakelaar. Wanneer een persoon aan de kabel trekt wordt deze schakelaar geactiveerd en treedt de noodstop in werking.

Er wordt gekozen voor een trekkoord-systeem van *Telemecanique*. Dit bedrijf levert trekkoord-schakelaars compleet met kunststof beklede staalkabel, kabelgeleiders en kabelspanners (zie bijlage 4). De trekkracht die nodig is om de trekkoord-schakelaar te activeren is vrij instelbaar.

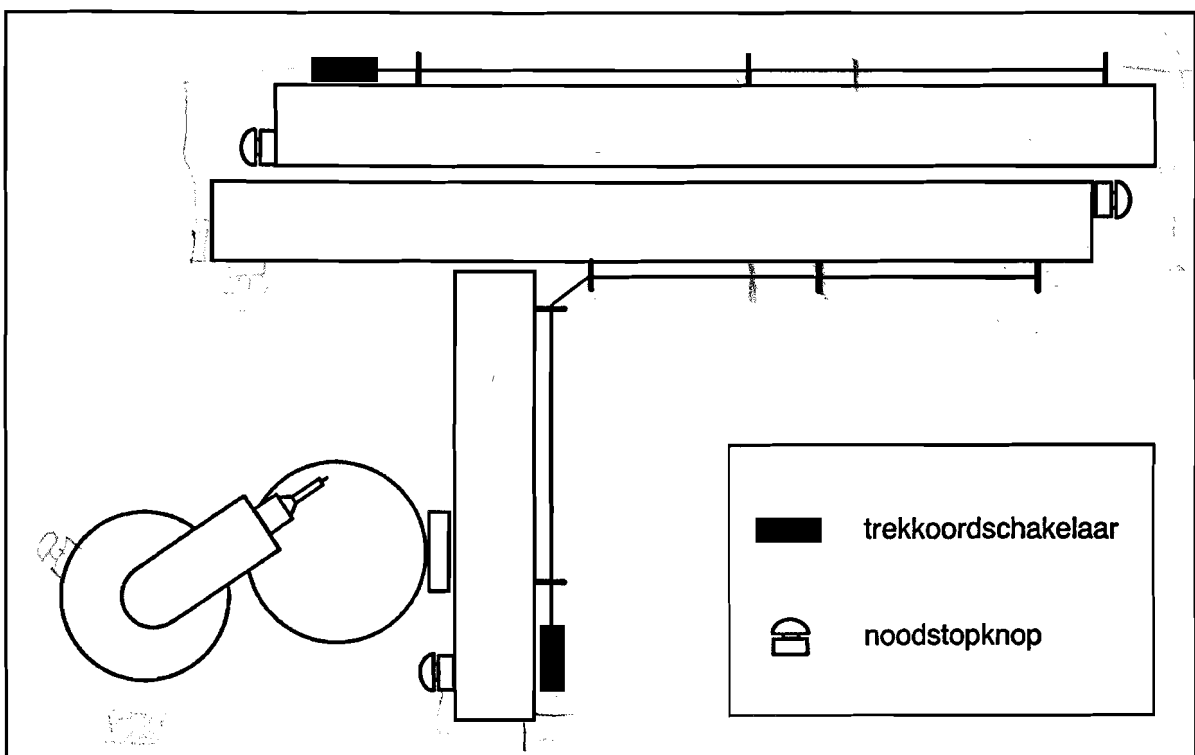
Voor de bevestiging langs het VTS van het bovenstaande trekkoord-systeem wordt nu een ontwerp gemaakt. De eisen die door de fabrikant ten aanzien van de bevestiging gesteld worden zijn:

- Voor kabels langer dan 25 meter is het noodzakelijk om een veer te bevestigen aan het andere eind van deze kabel.

- De onderlinge afstand tussen de kabelgeleiders moet liggen tussen de 2 en 5 meter.
- De eerste kabelgeleider moet geplaatst worden op een afstand van 0.10 meter van de schakelaar. Deze kabelgeleider dient tevens in lijn te staan met de bewegingsas van de ring.

Een schema voor de bevestiging van de trekkoord-schakeling is te zien in figuur 5. De trekkoord-schakelaars zijn zo geplaatst dat in de toekomst eenvoudig een uitbreiding naar rechts mogelijk is. De aangegeven noodstop-knoppen kunnen eventueel geplaatst worden om de bereikbaarheid van het noodstop-systeem en hiermee de veiligheid te vergroten.

De bevestiging van de trekkoordschakelaars en de kabelgeleiders is in detail weergegeven in bijgevoegde technische tekening 1. Tevens is hierop een overzicht met de exacte afmetingen van het VTS te vinden.

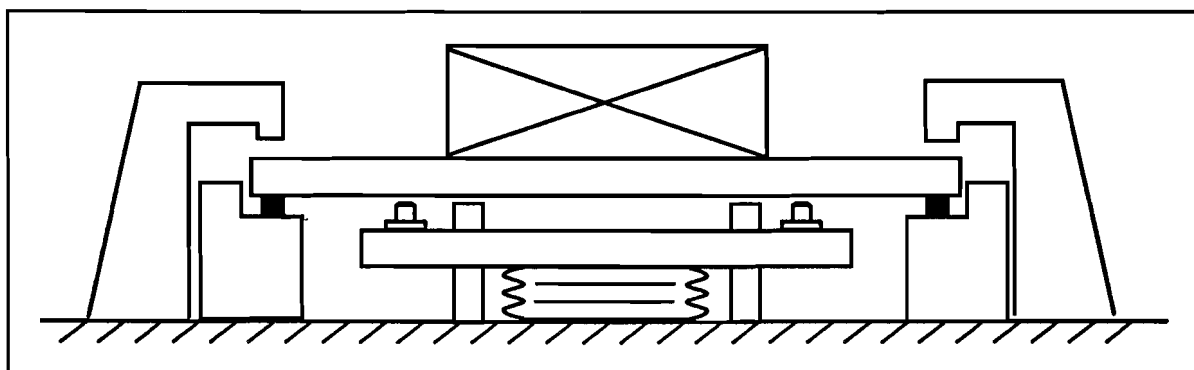


Figuur 5. Schema voor de bevestiging van het noodstop-systeem.

6. ONTWERP VAN DE MECHANISCHE BEVEILIGING

6.1 Een aantal concepten

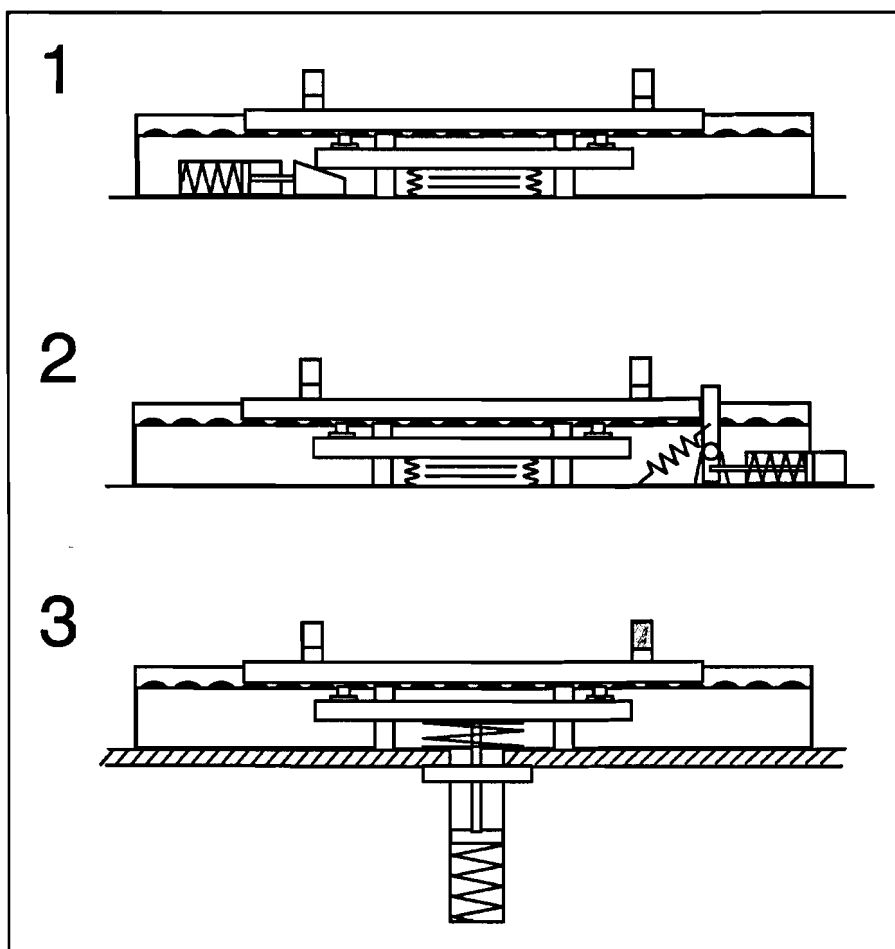
Een draagblok dat zich op de manipulator bevindt, wordt gefixeerd door de onderliggende positioneerplaat (zie figuur 6). Deze positioneerplaat wordt omhoog gebracht door een balg zodra een draagblok op de manipulator is gearriveerd. Wanneer in het geval van een gekantelde manipulator de luchtdruk wegvalt bestaat de kans dat het draagblok uit de manipulator rolt. Dit kan grote technische schade en persoonlijk gevaar tot gevolg hebben. Er moet dus een beveiliging ingebouwd worden waardoor deze situatie niet meer kan optreden.



Figuur 6. De positioneerinrichting met draagblok.

Er zijn een drietal principes waarmee het draagblok op de manipulator beveiligd kan worden (zie figuur 7), namelijk:

- 1 • Zorgen dat de positioneerplaat niet kan zakken na wegvallen van de luchtdruk. Met andere woorden: vergrendeling van de positionering.
- 2 • Zorgen dat het draagblok niet kan wegrollen zodra de positioneerplaat gezakt is door middel van een veiligheidspal.
- 3 • Omkeren van de bekrachtigde beweging. De plaat staat altijd omhoog door een veerkracht, en dient voor de neergaande beweging bekrachtigd te worden door een pneumatische cilinder.



Figuur 7. Drie principes voor de bevestiging van het draagblok op de manipulator.

Principe 2 heeft het grote nadeel dat niet voorkomen wordt dat de positioneerplaat wegzakt. Hierdoor gaat de positionering geheel verloren en ontstaat er een grote speling tussen het draagblok en de bovenliggende aanslagen (zie figuur 6). Het gevolg hiervan is dat de las verkeerd wordt gelegd, en tevens bestaat de kans op een botsing tussen produkt en toorts. Het produkt gaat dus in dit geval verloren.

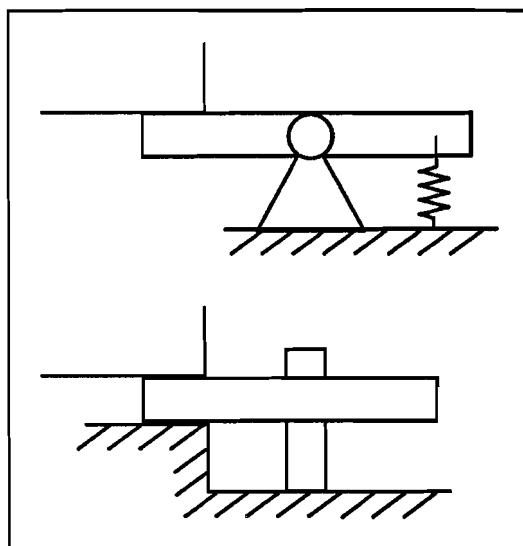
Principe 3 is in wezen de beste oplossing omdat de positionering te allen tijde gewaarborgd blijft. Echter de manipulator biedt niet voldoende ruimte om dit principe toe te kunnen passen. Tevens dient voor dit principe de huidige constructie geheel omgebouwd te worden.

Principe 1 heeft het voordeel dat de positionering nagenoeg gehandhaaft blijft. Hierdoor kan de robot gewoon doorgaan met lassen zonder het produkt of de

lastoorts te beschadigen. Tevens kan dit principe redelijk eenvoudig in de huidige constructie worden ingebouwd.

Er wordt dus gekozen voor principe 1; het vergrendelen van de positioneerplaat. Dit vergrendelen kan gebeuren op basis van kracht- of vormsluiting (zie figuur 8).

Krachtsluiting heeft het voordeel dat de positionering geheel behouden blijft omdat er geen speling wordt doorlopen. Echter de veerkracht, die nodig is om het draagblok en de positioneerplaat in geval van luchtdruk-uitval omhoog te houden, is erg groot. Tevens dient een krachtbron voortdurend de beveiliging naar beneden te houden zodra een draagblok arriveert of vertrekt. Stel dat in deze situatie de krachtbron wegvalt, dan treedt er een botsing op tussen positioneer-pennen en het bewegende draagblok. De veerkracht is namelijk groot genoeg om de positioneerplaat op te tillen. De beveiliging zelf brengt dus een risico met zich mee.



Figuur 8. Kracht- of vormsluiting.

Vormsluiting heeft het nadeel dat er altijd enige speling aanwezig is. Deze speling kan echter zodanig klein gemaakt worden dat de positionering voldoende behouden blijft. Het voordeel van vormsluiting is dat de krachtbron alleen op het moment van zakken de beveiliging onder de positioneerplaat uit moet bewegen. Daarna mag de beveiliging weer losgelaten worden. Hierdoor zal bij het opnieuw omhoog komen van de tafel de beveiliging meteen onder de plaat worden bewogen door de aanwezige veerkracht. Gezien het bovenstaande wordt gekozen voor *vormsluiting*.

Er worden nu een aantal concepten uitgedacht die gebaseerd zijn op beveiligingsprincipe 1 en vormsluiting, en die tevens voldoen aan de volgende eisen:

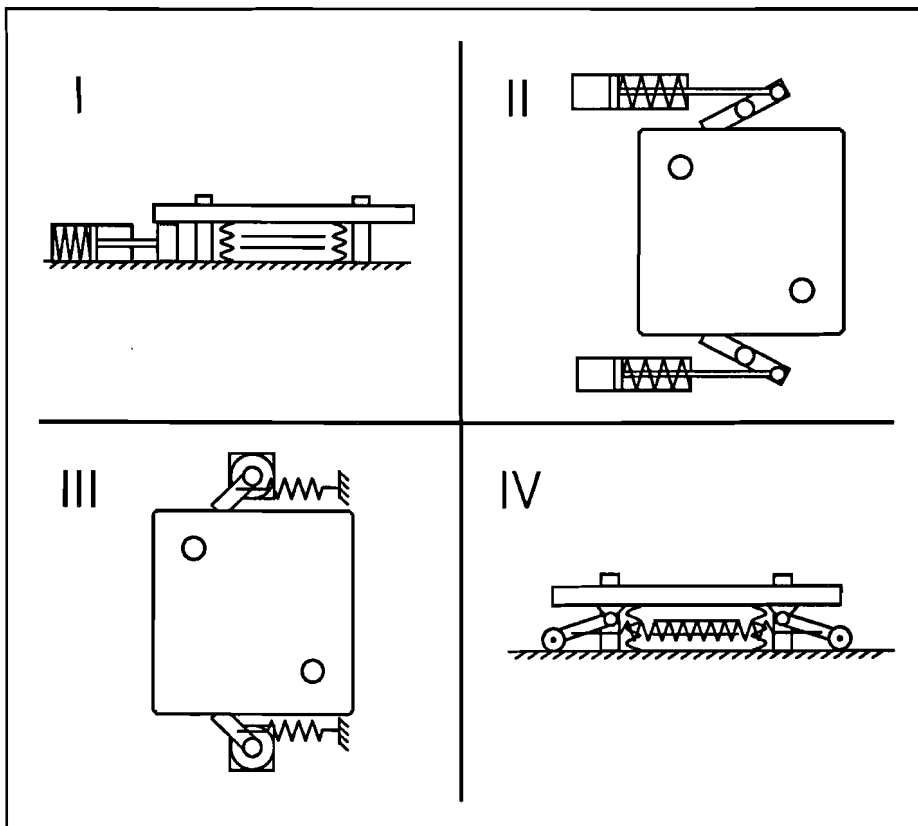
- De beveiliging moet het volledig zakken van de positioneerplaat tegengaan.
- De beveiliging moet in werking treden zodra de positioneerplaat omhoog

komt, zonder afhankelijk te zijn van een energiebron.

- De beveiliging moet te allen tijde aanwezig blijven en dient met een apart signaal te worden opgeheven.
- De beveiliging mag de bewegingsvrijheid van de huidige constructie niet verstoren.

Op grond van deze eisen zijn de volgende concepten bedacht. Deze concepten zijn schematisch weergegeven in figuur 9:

- I • Translerende pen aan de achterzijde, bekrachtigd door een lineaire cilinder.
- II • Draaiende pallen aan weerszijden, bekrachtigd door lineaire cilinders.
- III • Draaiende pallen aan weerszijden, bekrachtigd door draai-cilinders met aparte veren.
- IV • Scharnierende poten aan de onderzijde.



Figuur 9. Een aantal concepten voor de beveiliging van het draagblok op de manipulator.

Concept IV valt bij voorbaat af vanwege te weinig inbouw-ruimte aan de onderzijde van de positioneerplaat. Uit de concepten die overblijven wordt aan de hand van een wensenpakket een geschikte keuze gemaakt.

6.2 Keuze van een concept

Voor de mechanische beveiliging is het volgende wensenpakket op te stellen. Deze wensen worden tevens gebruikt als selectie-criteria om een keuze te maken.

- A • behoud van de huidige constructie
- B • hoge betrouwbaarheid
- C • behoud van de positionering
- D • zo eenvoudig mogelijk
- E • lage kostprijs

Deze wensen c.q. criteria worden onderling vergeleken om zo de weegfactoren te bepalen (zie tabel 3).

Vervolgens worden de drie concepten aan de hand van deze criteria en weegfactoren met elkaar vergeleken in tabel 4.

De scores van de verschillende concepten blijken onderling zo weinig te verschillen, dat de concepten nader worden bekeken.

Wanneer we kijken naar concept I zien we dat deze laag scoort voor

wat betreft het behoud van de positionering. Bij dit concept bestaat de kans dat de zakking aan de voorzijde van de positioneerplaat te groot is om de robot door te laten gaan met lassen.

Concept III is relatief een dure oplossing vanwege de prijs van een draaicilinder.

	A	B	C	D	E	W
A	A	B	A	A	A	4
B	B	B	B	B	B	5
C	A	B	C	C	C	3
D	A	B	C	D	D	2
E	A	B	C	D	E	1

Tabel 3. Bepaling van de verschillende weegfactoren.

Daarbij komt dat het niet zeker is of de lagers in de draaicilinder voldoende draagvermogen bezitten om de belasting, bij zakking van de tafel, aan te kunnen. Concept II springt nergens echt in negatieve zin uit, zodat voor dit laatste concept wordt gekozen.

CRITERIA	W	CONCEPT I cilinder achter		CONCEPT II cilinders l/r		CONCEPT III draaicilinders l/r	
		CIJFER	* W	CIJFER	* W	CIJFER	* W
A. Behoud constr	4	5	20	4	16	5	20
B. Betrouwbaarheid	5	4	20	5	25	5	25
C. Behoud posit.	3	2	6	4	12	4	12
D. Eenvoud	2	5	10	3	6	3	6
E. Kostprijs	1	4	4	3	3	1	1
			60		62		64

Tabel 4. Waardering van de concepten. (5 = zeer goed, 4 = goed, 3 = voldoende, 2 = matig, 1 = slecht)

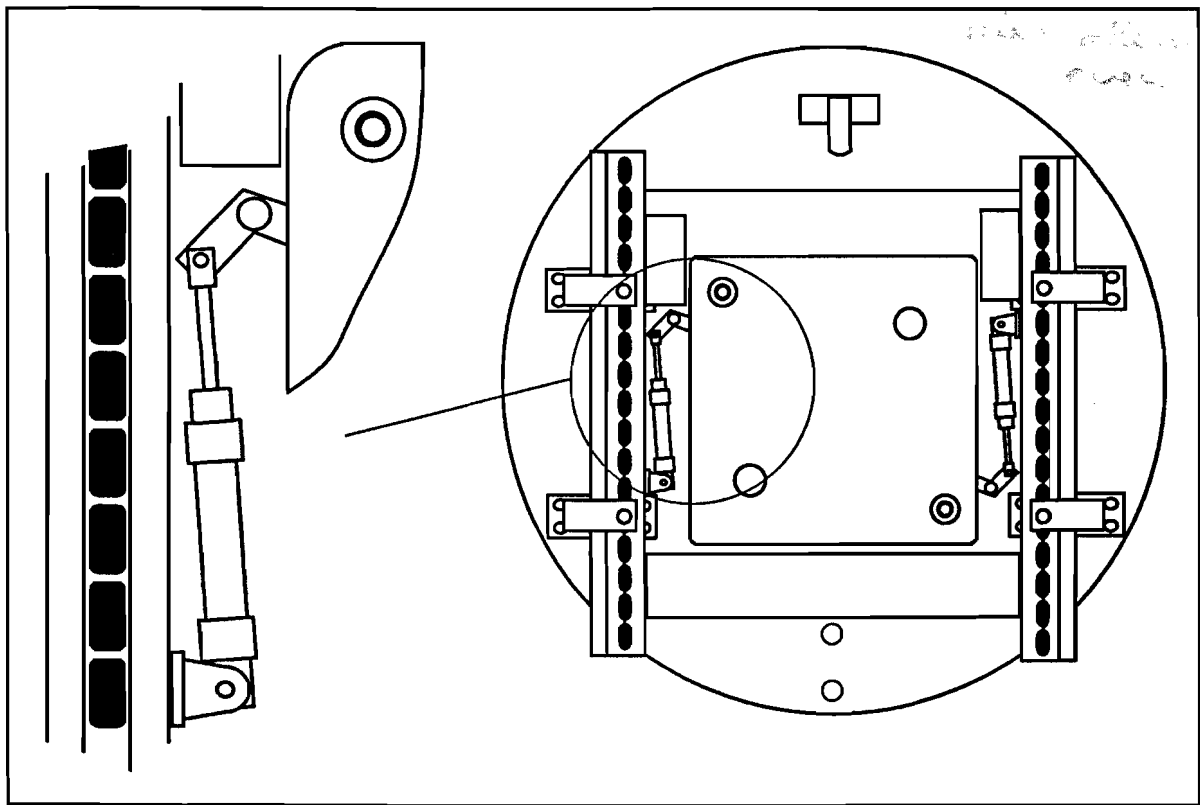
6.3 Ontwerp van de beveiliging

Concept II wordt nu nader uitgewerkt om zo te komen tot een technisch ontwerp. Er wordt meer in detail gekeken waaraan de beveiliging moet voldoen.

De grootste beperking wordt opgelegd aan de afmetingen van de beveiliging. De ruimte aan weerszijden van de positioneerplaat, waar het beveiligings-mechanisme ingebouwd moet worden, is namelijk gering. Het geheel moet passen in een ruimte van 230 x 70 x 75 mm. Verder is de ruimte onder de positioneerplaat in de laagste stand 32 mm en de dikte van de plaat is 12 mm. De veiligheidspal moet dus op een hoogte zitten tussen de 32 en 44 mm, zodat deze door de veerkracht tegen de zijkant van de *onbekrachtigde* positioneerplaat komt. De totale slag van de positioneerplaat is 16 mm. De bovenkant van de veiligheidspal mag dus niet boven de 32+16=48 mm uitkomen, maar moet hier liefst zo dicht mogelijk onder zitten.

Aan de hand van bovenstaande eisen die gesteld worden aan de dimensies van het beveiligingsmechanisme is een technisch ontwerp gemaakt. Bij dit ontwerp is er naar gestreefd om zoveel mogelijk gebruik te maken van standaard-onderdelen en het geheel modulair te construeren.

Om de positionering zo goed mogelijk te handhaven moet de speling tussen pal en plaat zo klein mogelijk zijn. Hiertoe is een stelschroef op de pal aangebracht waarmee deze speling ingesteld kan worden. Hierdoor kan men de speling verkleinen tot ± 0.2 mm. Bij een zakking van 0.1 mm door elastische vervorming van het beveiligingsmechanisme en een maximale maatafwijking in de dikte van het draagblok van 0.4 mm, betekent dit dat de positioneerplaat in totaal maximaal 0.7 mm kan zakken bij uitval van de luchtdruk. Het lassen hoeft hierdoor niet te worden onderbroken omdat deze afwijking binnen toelaatbare grenzen is. Verder worden de beveiligingspallen zo dicht mogelijk in de buurt van de positioneerpennen geplaatst, zodat daar de geringste afwijking optreedt. Zie hiervoor figuur 10, waarin tevens te zien is waar de beveiliging in de huidige constructie wordt ingebouwd.



Figuur 10. Bovenaanzicht van de positioneerinrichting met mechanische beveiliging.

Voor een detail-tekening van het beveiligingsmechanisme wordt verwezen naar bijgevoegde technische tekening 2. Sterkte- en stijfheidsberekeningen zijn te vinden in bijlage 5. Hierin worden tevens de lagers en de pneumatische cilinder bepaald. De catalogus-gegevens van deze laatste standaardonderdelen zijn te vinden in bijlage 6.

7. CONCLUSIES

Uit het voorgaande kan geconcludeerd worden dat indien de uitgewerkte aanbevelingen worden toegepast, de veiligheid van de FALC zeker zal toenemen. Er blijven echter nog een aantal andere aanbevelingen over, die zeker ook aandacht verdienen. Wel moet men zich realiseren dat beveiligingen zelf ook gevaren met zich mee kunnen brengen. Te denken valt aan een installatie die zeer grondig beveiligd is, maar waarbij het risico bestaat dat men niet meer waakzaam is en onoplettend wordt.

Na het geheel in beschouwing te hebben genomen kan gesteld worden dat de FALC redelijk veilig en betrouwbaar in elkaar zit. Echter uit het oogpunt van persoonlijke veiligheid verdient het sterk de aanbeveling om het robotsysteem af te schermen.

Tot slot enkele algemene opmerkingen die uit deze onderzoeksopdracht naar voren zijn gekomen:

- In zijn algemeenheid geldt dat in geval van storing het verstandig is om de situatie net vóór de storing zoveel mogelijk te *bevriezen*. Dit houdt voor de FALC in dat de lift en de overzetters in hun huidige positie blijven staan, en dat de transportband wordt stilgezet.
- Het verdient aanbeveling om zoveel mogelijk gebruik te maken van *puls*-besturing c.q. bekrachtiging, omdat dit het systeem minder afhankelijk maakt van de betreffende energiebron. Hierdoor is er bij wegvallen van de energiebron minder kans op een storing.
- Het dubbel uitvoeren van een component zorgt voor een *kwadratische* afname van de kans op de storing die optreedt zodra deze component faalt, indien deze component *onafhankelijk* van een tweede component *dezelfde* taak kan uitvoeren.

LITERATUURLIJST

- [Aarts-1986] Aarts, A.C.M. en Riet Paap, K.W. van
Veiligheidswet 1934; Nederlandse staatswetten.
Zwolle, W.E.J. Tjeenk Willink, 15^e druk, 1986.
Veiligh. besluit voor Fabr. en Werkpl., art. 114, blz. 163-164.
- [Arbeidsinspectie-1981] *Storingsanalyse. Waarom? Wanneer? Hoe?*
Den Haag: Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie
van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, 2^e druk, 1981.
Voorlichtingsblad 2 (V 2).
- [Arbeidsinspectie-1984] *Instrumentele beveiligings- en gevaardetectiesystemen in de
procesindustrie: Enkele principes en grondslagen*
Den Haag: Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie
van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, 1984.
Voorlichtingsblad 6 (V 6).
- [Arbeidsinspectie-1984] *Procesveiligheidsanalyse: Aanzet tot het opsporen van inherente
procesgevaaren.*
Den Haag: Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie
van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, 1984.
Voorlichtingsblad 7 (V 7).
- [Braak-1985] Braak, Ir. L.
Continue 1-dimensionale systemen.
Eindhoven, TUE, diktaat nr. 4412, 1985.
- [Bragt-1989] Bragt, Prof. Ir. J.M. van
Projectstrategie.
Eindhoven, TUE, diktaat nr. 4679, oktober 1989.

- [Claesen-1991] Claesen, E.T.
Positioneren en fixeren van de draagblokken binnen de FALC.
Eindhoven, TUE, WPA-rapport nr. 1071, mei 1991.
- [Klop-1992] Klop, G.J.B.
Robotveiligheid: Praktische richtlijnen en wettelijke bepalingen.
Eindhoven, TUE, WPA-rapport nr. 1284, maart 1992.
- [NEN-1986] Nederlands Normalisatie-instituut.
Normen voor de werktuigbouwkunde: NEN-bundel 1.
Delft, Kalfjeslaan 2, Postbus 5059, NEN, 6^e druk, juni 1986.
- [NEN-1989] Nederlands Normalisatie-instituut.
Bevestigingsartikelen: Gegevens uit normen.
Delft, Kalfjeslaan 2, Postbus 5059, NEN, 1989.
- [PBNA-1984] *Polytechnisch zakboekje.*
Arnhem, Koninklijke PBNA B.V., 41^e druk, augustus 1984.
- [SKF-1985] *Leerboek wentellagers.*
Veenendaal, SKF Nederland B.V., 7^e herziene druk, juni 1985.
- [SKF-1990] *Hoofdcatalogus.*
Veenendaal, SKF Nederland B.V., 1990.
- [WOP-1986] *Ontwerpkunde Methodiek en Werktuigonderdelen, Deel III:
Geleidingen, assen, as-naaf-verbindingen.*
Eindhoven, TUE, vakgroep WOP, diktaat nr. 4526, 1986.
- [WOP-1986] *Ontwerpkunde Methodiek en Werktuigonderdelen, Deel IV:
Formules, tabellen, grafieken en normen.*
Eindhoven, TUE, vakgroep WOP, diktaat nr. 4527, 1986.

1. OPDRACHTOMSCHRIJVING

Technische Universiteit Eindhoven
 Faculteit der Werktuigbouwkunde
 Vakgroep Produktietechnologie en Automatisering

Betreft : Onderzoeksopdracht
Afstudeerhoogleraar : Prof. Ir. J.M. van Bragt
Mentor : Ir. A.T.J.M. Smals
Student : G.J.B. Klop id.nr. 244186
Startdatum : 15 december 1991

Inleiding

Sinds 1987 is aan de Technische Universiteit Eindhoven onderzoek verricht naar een Flexibele Assemblage- en LasCel (FALC). Dit onderzoek is destijds gestart in het kader van het Stimulerings Project Informatica-onderzoek (SPIN). In totaal zijn er landelijk vier onderzoekprogramma's gestart, waarvan het FALC-project er een is.

Het onderzoekprogramma FALC is erop gericht een flexibele fabricagecel te realiseren die onbemand kan functioneren. In deze cel moeten verschillende plaatstalen produkt-families geassembleerd en gelast kunnen worden.

Gedurende de totale onderzoeksperiode is er weinig tot geen aandacht besteedt aan veiligheid c.q. beveiliging in en rondom de FALC. Aangezien de totale lascel onbemand moet kunnen werken, zal deze beveiligd moeten worden tegen eventuele ongewenste situaties. De schadelijke gevolgen zullen dan bij uitblijven van enig ingrijpen niet al te groot zijn.

Opdrachtoomschrijving

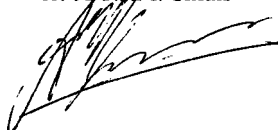
Het komen tot een beveiligingsplan ter verbetering van de veiligheid in en rondom de FALC. Het gaat hierbij om beveiligingen ten aanzien van zowel eventueel optredende calamiteiten als ook menselijk letsel. Hierbij kunnen de wettelijke bepalingen ten aanzien van veiligheid een rol spelen.

De opdracht moet tenminste de volgende deelprojecten bevatten:

- Een analyse van mogelijk optredende schadelijke situaties, waarbij oorzaak en gevolg duidelijk dienen te worden aangegeven.
- Het komen tot enkele aanbevelingen ter verbetering van de veiligheid in en rondom de cel.
- Het ontwerpen van een noodstop-circuit rondom de cel.
- Het ontwerpen van een beveiligingspal voor het draagblok op de manipulator.

De resultaten zullen worden gepresenteerd in de vorm van een verslag met eventuele tekeningen. De totale onderzoeksopdracht dient te worden afgerond in de daarvoor beschikbaar gestelde tijd.

Ir. A.T.J.M. Smals



Kopie: Prof.Ir. J.M. van Bragt

2. PROJECTSTRATEGIE

Oriëntatiefase (O)

Oriëntatie (O,o)

Hier worden de volgende steek-vragen gesteld:

Controle

- Wat is de doelstelling van deze opdracht?
- Wat is het beoogde resultaat?
- Welke problemen moeten eigenlijk worden opgelost?
- Wat zijn de mogelijke oorzaken van dit probleem?

Systeemgrenzen

- Wat zijn de systeemgrenzen?
- Wat zijn de randvoorwaarden?

Relaties

- Wat zijn de relaties met andere projecten?

Criteria

- Wat zijn de eisen c.q. wensen voor de uitvoering van deze opdracht?
 - De opdracht betreffende
 - Het resultaat betreffende

Gegevens

- Is de kwaliteit van de verkregen gegevens goed?
- Zijn er gegevens die op voorhand ontbreken?

Planning (O,p)

Er wordt nu een planning gemaakt om de antwoorden op de bovenstaande vragen te vinden:

- Praten met studenten die aan het FALC-project hebben gewerkt.
- Praten met de stage-begeleider Ir. A.T.J.M. Smals.
- Zoeken naar literatuur over veiligheid bij lassen en het gebruik van robots.
- Zoeken naar FALC-rapporten die ingaan op het beveiligen van de FALC.
- Bekijken van de FALC in het lab.

Uitvoering (O,u)

Het doorlopen van de planning en vervolgens het beantwoorden van de vragen uit de oriëntatie-fase:

Controle

- De doelstelling:
Het verhogen van de veiligheid van de FALC.
- Het beoogde resultaat:
Een pakket van aanbevelingen plus enkele ontwerpen voor technische aanpassingen ter verbetering van de veiligheid van de FALC.
- De problemen die moeten worden opgelost:
Het ontbreken van een noodstop-circuit rondom de FALC.
Het ontbreken van een mechanische beveiliging voor het draagblok op de manipulator in het geval dat de positionering wegvalt.
Het ontbreken van algehele veiligheid.
- De mogelijke oorzaken voor deze problemen:
Het ontbreken van bepaalde beveiligingen is altijd aanwezig wanneer een project is opgezet en uitgevoerd, zodat geen directe oorzaak is aan te wijzen.

Systeemgrenzen

- De systeemgrenzen:
De opdracht beperkt zich tot de totale FALC zoals hij nu is uitgevoerd, en als zodanig in het lab aanwezig is. Er wordt dus geen rekening gehouden met andere lopende projecten.
- De randvoorwaarden:
Veiligheid bij lassen en het gebruik van industriële robots is gebonden aan wettelijke aanbevelingen en/of bepalingen.
Verdere randvoorwaarden zijn de afmetingen van de FALC.

Relaties

- Relaties met andere projecten:
Student E.T. Claesen heeft tijdens zijn onderzoeksopdracht een eerste aanzet gegeven voor een ontwerp van een veiligheidspal (WPA rapport-nummer 1071 (1991)).

Criteria

- Eisen c.q. wensen ten aanzien van de uitvoering:
De opdracht betreffende:
De opdracht dient te worden uitgevoerd zoals aangegeven in de opdrachtschrijving. Verder dient de opdracht aangepakt te worden met de projectstrategie en moet worden afgerond binnen 450 uur.
Het resultaat betreffende:
Het uiteindelijke resultaat moet tenminste bestaan uit een ontwerp voor een noodstop-circuit rondom de FALC plus een ontwerp van een mechanische beveiliging voor het draagblok op de manipulator.

Gegevens

- De kwaliteit van de verkregen gegevens:
De kwaliteit van de gegevens is goed, en zijn eenvoudig te controleren.

- Gegevens die op voorhand ontbreken:
Voor zover nu is te zien zijn er geen gegevens die op voorhand ontbreken.

Planfase (P)

Gedurende planfase wordt de oorspronkelijke opdracht opgedeeld in een aantal kleinere deelprojecten.

Oriëntatie (P.o)

Hier wordt gekeken welke mogelijkheden er zijn om de oorspronkelijke opdracht op te delen in een aantal deelprojecten. Er zijn grofweg twee verschillende mogelijkheden:

- 1) De opdracht verdelen in een analyse-gedeelte en een ontwerp-gedeelte. Hierbij is het ontwerp-gedeelte weer verder te verdelen in twee onderdelen, namelijk het ontwerp van de noodstop rondom en het ontwerp van de mechanische beveiliging. Hierbij wordt dus voorafgaand aan het ontwerp-gedeelte één totale analyse uitgevoerd.
- 2) De opdracht verdelen in een algemeen analyse-gedeelte en een ontwerp-gedeelte, welke verdeeld is in bovengenoemde onderdelen, waarbij per onderdeel apart een specifieke analyse (vooronderzoek) wordt uitgevoerd. Hierbij bestaat een ontwerp-onderdeel dus uit een analyse- en een ontwerp-gedeelte, die als een geheel worden uitgevoerd.

PS: Het verder opdelen van de twee ontwerp-onderdelen in kleinere deelontwerpen is overbodig.

Planning (P.p)

Nu wordt een keuze gemaakt uit de mogelijkheden, welke wordt afgerond met een risico-analyse:

Er wordt gekozen voor de tweede manier van opdelen. Deze werkwijze is de meest logische, omdat de twee ontwerp-onderdelen zodanig verschillend zijn dat voor ieder een apart vooronderzoek nodig is. Er kan dus niet worden uitgegaan van één vooronderzoek die voor beide onderdelen van toepassing is.

Risico-analyse:

Oorzaken van buitenaf die het project kunnen frustreren moeten gezocht worden in:

- Oorzaken van persoonlijke aard
- Vertragingen bij aanvraag van informatie

- Het afwezig zijn van bepaalde literatuur in de bibliotheek door uitleen

Uitvoering (P,u)

De globale opdeling van de oorspronkelijke opdracht wordt nader gespecificeerd en afgerond met een faalkans-analyse. De volgende specificatie is gemaakt:

Analyse-gedeelte

- Bestuderen literatuur over storingsanalyse
- Storingsanalyse van de FALC
- Formulering van aanbevelingen

Ontwerp-gedeelte

Noodstop

- Vooronderzoek voor het ontwerp van de noodstop
- Ontwerp van de noodstop

Mechanische beveiliging

- Vooronderzoek voor de mechanische beveiliging
- Ontwerp van de mechanische beveiliging

Faalkans-analyse:

Het falen van een van de afzonderlijke deelprojecten in het **analyse-gedeelte** heeft als gevolg dat de daarop volgende deelprojecten vertraging oplopen of minder goed worden uitgevoerd.

Het falen van een van de vooronderzoeken in het **ontwerp-gedeelte** heeft als gevolg dat het daarbij horende ontwerp nauwelijks kan worden gemaakt. De twee afzonderlijke ontwerp-onderdelen kunnen echter los van elkaar worden uitgevoerd.

Verder heeft het falen van het **analyse-gedeelte** nagenoeg geen invloed op het **ontwerp-gedeelte**.

Uitvoeringsfase (U)

Oriëntatie (U,o)

Er wordt gekeken welke capaciteit er beschikbaar is voor de uitvoering van de totale opdracht:

Voor de totale opdracht staat 450 uur. Dit komt overeen met 12,5 weken van 36 uur. In dit tijdsbestek dient de gehele opdracht te worden afgerond, inclusief verslaglegging.

Naast deze opdracht dient een literatuuronderzoek gedaan te worden, waarvoor 100 uur staat oftewel \pm 3 weken. Omdat mijn literatuuronderzoek aansluit bij bovenstaande opdracht, wordt deze opgenomen in de planning.

Hiermee komt de totale beschikbare tijd voor de opdracht inclusief literatuuronderzoek op 15,5 weken.

Planning (U,p)

Hier wordt de beschikbare tijd over de verschillende deelprojecten verdeeld, en een definitieve tijdsplanning wordt opgesteld:

Oriëntatie & Planning	2,5 weken
Uitvoering literatuuronderzoek	3 weken
Uitvoering opdracht	8 weken

Analyse-gedeelte		
- Bestuderen literatuur over storingsanalyse	1	week
- Storingsanalyse van de FALC	1	week
- Formulering van aanbevelingen (evt. wettelijke)	1	week
Ontwerp-gedeelte		
Noodstop		
- Vooronderzoek voor het ontwerp van de noodstop	1	week
- Ontwerp van de noodstop	1,5	week
Mechanische beveiliging		
- Vooronderzoek voor de mechanische beveiliging	1	week
- Ontwerp van de mechanische beveiliging	1,5	week

Verslaglegging	2 weken
TOTAAL	<u>15,5 weken</u>

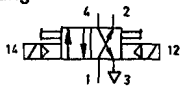
3. PNEUMATISCHE COMPONENTEN

Elektrisch betätigte Ventile
4/2-Wegeventile indirekt betätigt, G 1/8

FESTO
PNEUMATIC

Magnet-Impulsventil
mit Handhilfsbetätigung

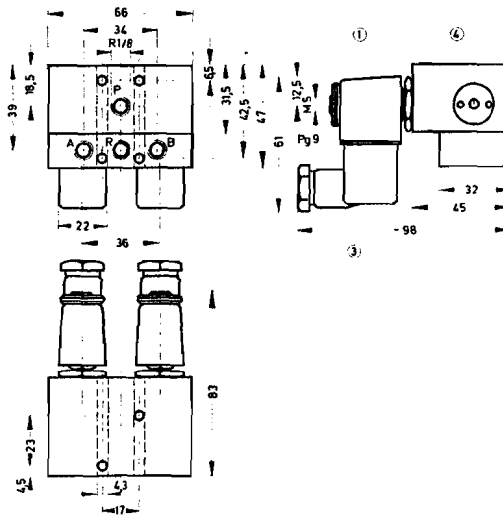
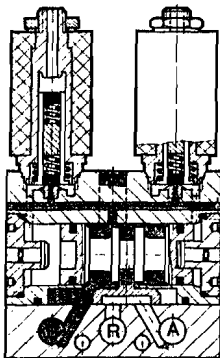
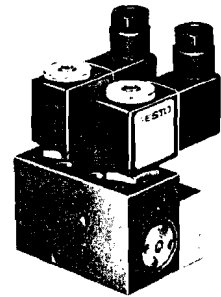
Typ JMF-4-1/8



Das Ventil wird durch wechselseitiges Zuschalten der Spannung an die Magnet-
spulen umgesteuert und behält die Schaltstellung auch nach Wegnahme
des Signals bis zum Gegensignal bei.

Die Ventile können durch Blindschließen der Lei-
tung A oder B als 3/2-Wegeventile eingesetzt wer-
den.
Blindstopfen G 1/8 Bestellbezeichnung 3568 B-1/8

Batterieblock siehe Blatt 2.928.



Zulässiges Anzugsdrehmoment der Befestigungsmutter
für Magnetspulen = 150 Ncm (15 kpccm)

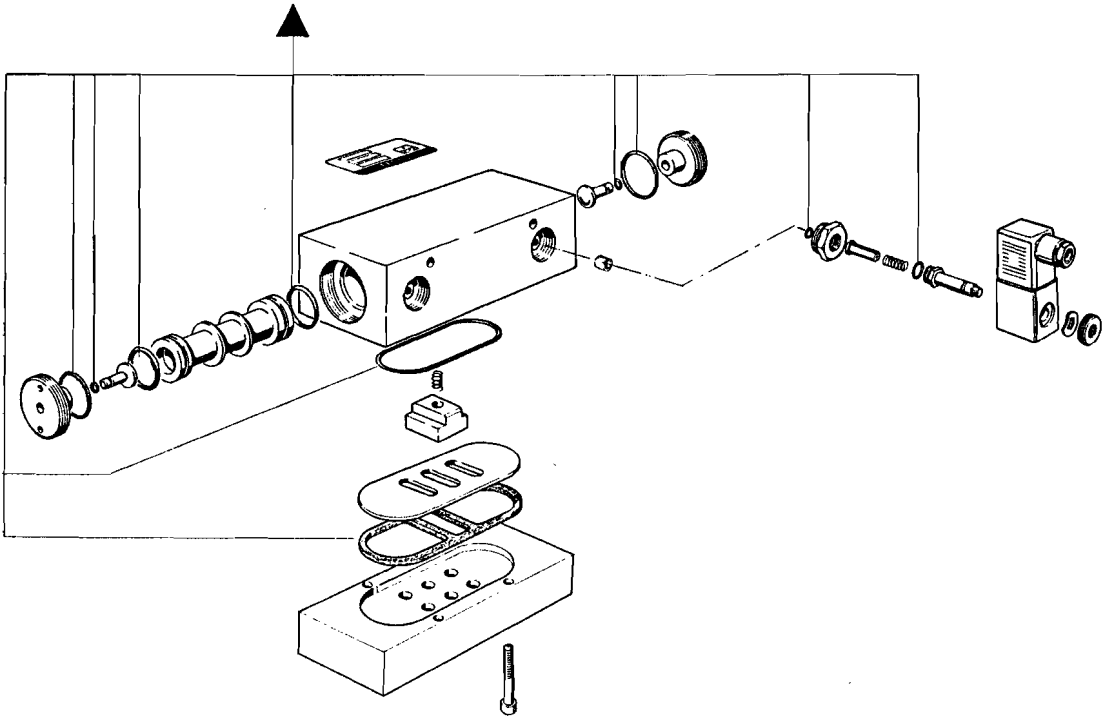
- ① Magnetspule drehbar
- ② Stecker läßt sich um 180° umsetzen
- ③ Handhilfsbetätigung
- 1 (P) = Druckluftanschluß
- 4, 2 (A, B) = Arbeits- bzw. Ausgangsleitungen
- 3 (R) = Entlüftung

Bestellbezeichnung	Teile-Nr./Typ	4556 JMF-4-1/8 + Spannungsangabe
Medium		gefilterte, geölte oder gefilterte, nicht geölte Druckluft
Bauart		Flachschieberventil
Befestigungsart		Durchgangsbohrungen im Gehäuse
Anschluß		G 1/8
Nennweite		4 mm
Normalnenndurchfluß (1 → 4)		330 l/min
Druckbereich		2 bis 8 bar
Schaltzeit bei 6 bar		18 ms
Umgebungstemperatur		-5 bis +40° C
Mediumstemperatur		-10 bis +60° C
Werkstoffe		Gehäuse: Al, hart eloxiert; Dichtungen: Perbunan
Gewicht		0,510 kg
Gleichspannung	Normalspannungen	12, 24 V
Wechselspannung	Sonderspannungen	12 bis 220 V
	Normalspannungen	24, 42, 110, 220 V/50 Hz bzw. 50 und 60 Hz
Leistungsaufnahme	Sonderspannungen	8 bis 240 V/50 oder 60 Hz
	Gleichspannung	4,5 W
Einschaltdauer ED	Wechselspannung	Halten: 6 VA, Anzug: 7,5 VA
		100%
Schutzart		IP 65 (DIN 40050)

Magnetspulen,
explosiongeschützte
Magnetspulen 2.592

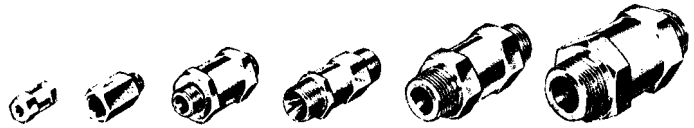
Verschleißteilsatz

für Typ	JMF-4-1/6
Bestellbezeichnung	104 195



Rückschlagventil

Typ H-...

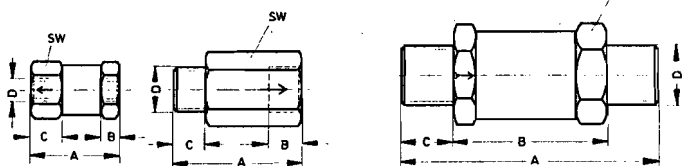


Mit Rückschlagventilen wird der Durchfluß in einer Richtung vollständig gesperrt. In entgegengesetzter Richtung strömt die Luft ungedrosselt durch.

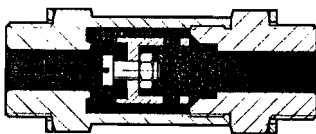
Typ H-M 5

H-1/8 a/i

H-1/4 -B
H-3/8 -B
H-1/2 -B
H-3/4 -B



Beispiel: Typ H-1/2-B



Typ	A	B	C	D	SW
H-M 5	20	4	7	M 5	11
H-1/8 a/i	28,5	7,5	6,5	G 1/8	14
H-1/4 -B	50	32	9	G 1/4	22
H-3/8 -B	54	32	11	G 3/8	22
H-1/2 -B	70	44	13	G 1/2	27
H-3/4 -B	77	50	13,5	G 3/4	36

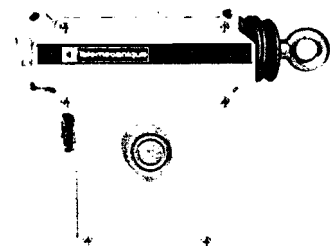
Pfeil = Durchflußrichtung

Bestellbezeichnung	3671	3324	11689	11690	11691	11692
Teile-Nr./Typ	H-M 5	H-1/8 a/i	H-1/4 -B	H-3/8 -B	H-1/2 -B	H-3/4 -B
Medium	gefilterte, geölte oder gefilterte, nicht geölte Druckluft					
Bauart	Rückschlagventil					
Befestigungsart	Leitungseinbau (Einschraubgewinde)					
Anschluß	M 5	G 1/8	G 1/4	G 3/8	G 1/2	G 3/4
Nennweite	2,2 mm	4 mm	6 mm	8 mm	13 mm	16 mm
Normalnenndurchfluß	115 l/min	280 l/min	1020 l/min	2300 l/min	5800 l/min	6650 l/min
Druckbereich	0,4 bis 8 bar		0,4 bis 12 bar			
Temperaturbereich	-10 bis +60° C					
Werkstoffe	Gehäuse: Ms; Dichtungen: Perbunan					
Gewicht	0,015 kg	0,025 kg	0,070 kg	0,075 kg	0,150 kg	0,425 kg

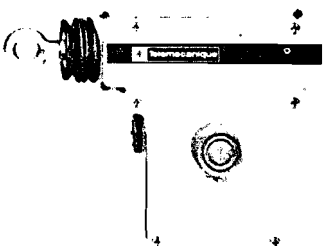
Complete units
Mounting kit

Emergency stop

Application	Contact block	Degree of protection	Reference	Weight Kg
Trip wire zone protection ≤ 50 m mounts on right hand side of device (cable not supplied)				
Latching contacts; reset by booted push-button	1 (N/C + N/O) slow break	IP 667	XY2-CE1A250	1,450
Latching contacts; reset by Ø 30 key operated push-button (key no. 421 *)	1 (N/C + N/O) slow break	IP 657	XY2-CE1A450	1,470
Latching contacts; reset by booted push-button and indicator light 220V (130V bulb supplied)	2 (N/C + N/O) slow break	IP 657	XY2-CE1A297	1,470
Trip wire zone protection ≤ 50 m mounts on left hand side of device (cable not supplied)				
Latching contacts; reset by booted push-button	1 (N/C + N/O) slow break	IP 667	XY2-CE2A250	1,450
Latching contacts; reset by Ø 30 key operated push-button (key no. 421 *)	1 (N/C + N/O) slow break	IP 657	XY2-CE2A450	1,470
Latching contact; reset by booted push-button and indicator light 220V (130V bulb supplied)	2 (N/C + N/O) slow break	IP 657	XY2-CE2A297	1,470



XY2-CE1A250



XY2-CE2A250

* Ø 30 key operated push-button.
Key required to operate, key withdrawable in unoperated position.

Mounting kit

Zone protection

By 10m cable	XY2-CZ910	0,390
By 25m cable	XY2-CZ925	0,800
By 50m cable	XY2-CZ950	1,550

Each kit includes:

- 1 cable support : XY2-CZ601
- 4 clamps : XY2-CZ523
- 1 turnbuckle : XY2-CZ401
- 1 Ø 3,2 galvanised cable : XY2-CZ30.
- 1 spring : XY2-CZ702 for the XY2-CZ950)

Note: The complementary items (cable, turnbuckle, attachments etc...) can be ordered separately. See page 8.
For cables longer than 25 m, a spring must be used at the other end of the cable.
Ref. : XY2-CZ702

Other combinations

Work out your own reference number by using the grid opposite.

Other versions

- XY2-CA / CC trip wire operated emergency stop.
- Trip wire operated emergency stop for protected zones ≤ 100 m XY2-CB.
- Consult our local agent or representative

Installation

Adjustment modes

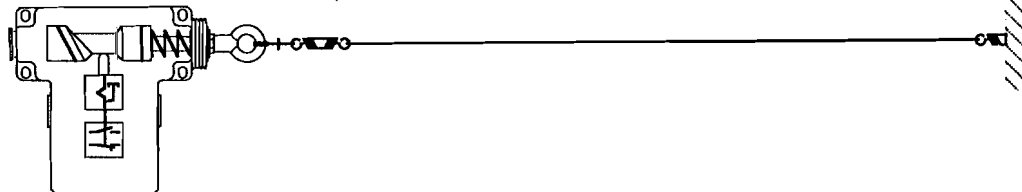
Adjustment

values

Adjustment modes

Cable traction force

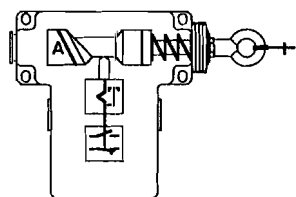
either directly when fixing the wire
or across a tension device or turnbuckle positioned on the wire



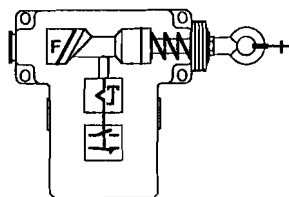
Operating rod

Once the device has been installed, this is activated by the cam rotating on itself. Each stable position of the cam is marked by letters from A to F.

Examples :



Position A



Position F

Note : The devices are always delivered in position A.

The minimum travel between tripping, by operating and by breaking the wire, is obtained in this position.

Adjustment values

Cable characteristics

length : 10 m
diameter : 3,2 mm

Temperature variation

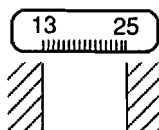
< 25 °C. (while operational)

Position of cam	Cable traction force	Average, min. and max. operating rod and tripping values	
		Between 2 m. centres	Between 5 m. centres
A	Min. Tf: 13 daN	Rod: 93 mm; F1: 6 daN	Rod: 135 mm; F1: 5,5 daN
	Max. Tf: 15 daN	Rod: 81 mm; F1: 5,8 daN	Rod: 126 mm; F1: 4,9 daN
B	Min. Tf: 13 daN	Rod: 105 mm; F1: 8,5 daN	Rod: 170 mm; F1: 6,8 daN
	Max. Tf: 17 daN	Rod: 92 mm; F1: 7,8 daN	Rod: 163 mm; F1: 5,9 daN
C	Min. Tf: 13 daN	Rod: 115 mm; F1: 9,2 daN	Rod: 175 mm; F1: 7,2 daN
	Max. Tf: 19 daN	Rod: 108 mm; F1: 8,5 daN	Rod: 169 mm; F1: 6,8 daN
D	Min. Tf: 13 daN	Rod: 125 mm; F1: 10 daN	Rod: 192 mm; F1: 7,5 daN
	Max. Tf: 21 daN	Rod: 115 mm; F1: 9,1 daN	Rod: 181 mm; F1: 6,9 daN
E	Min. Tf: 13 daN	Rod: 135 mm; F1: 11,2 daN	Rod: 202 mm; F1: 8,2 daN
	Max. Tf: 23 daN	Rod: 126 mm; F1: 10,7 daN	Rod: 193 mm; F1: 7,5 daN
F	Min. Tf: 13 daN	Rod: 145 mm; F1: 12 daN	Rod: 210 mm; F1: 9,2 daN
	Max. Tf: 25 daN	Rod: 136 mm; F1: 11,3 daN	Rod: 202 mm; F1: 8,4 daN

Operating instructions

Operating instructions

Force of cable traction



Indicator displays

The indicators define the maximum adjustment zone.
The device will not function outside these zones.

Adjustment limits for effective operating.

Adjustment examples:

In a normal position, adjustments cannot be made other than when the actuator is in contact with the cylindrical part of the cam; that is there must be a play, "j", between the actuator and the conical parts of the cam.

Cable supports

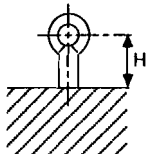
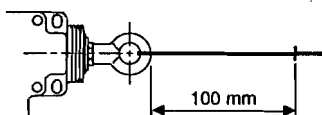
It is desirable to space supports along the entire length of the cable at 2 to 5 m intervals.
 The first support being at 0,10 m from the ring, it must be placed within the moving part's axis.

Note:

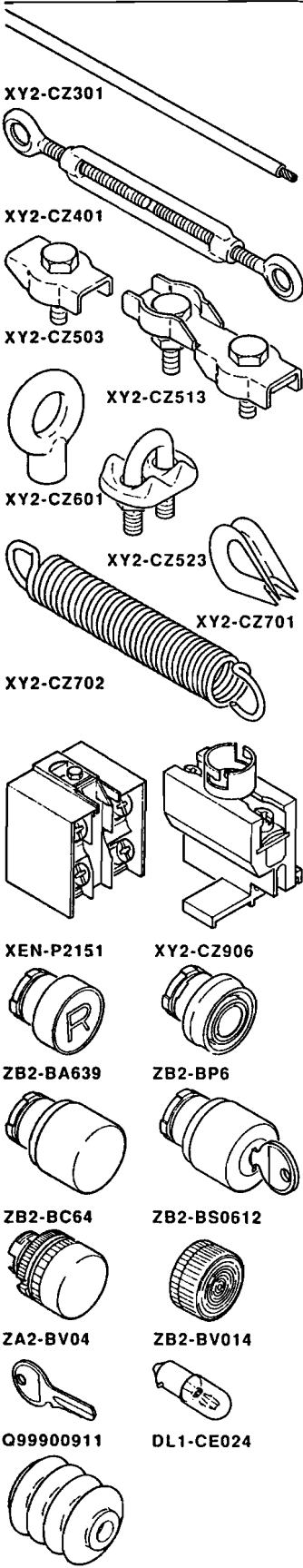
Use supports with 20 mm maximum height H with respect to the product's fixing plan.

Cable characteristics

It is recommended that the cable should be 3,2 mm in diameter;
 but any rustproof steel cable, less than 7mm in diameter with maximum elongation no longer than 0,7 mm/m can be used, without affecting the efficient functioning of the product.



Accessories
Spare parts



Accessories

Description			Sold in lots of	Reference	Weight Kg
Galvanised cable red sheathing	Ø 2,2	length 10,5 m	1	XY2-CZ201	0.130
	Ø 3,2	length 10,5 m	1	XY2-CZ301	0.280
		length 25,5 m	1	XY2-CZ302	0.690
		length 50,5 m	1	XY2-CZ305	1.360
Turnbuckle		M 6 x 60	1	XY2-CZ401	0.060
Cable grip	Single	Ø 2 - 2,5	10	XY2-CZ502	0.007
		Ø 3 - 3,5	10	XY2-CZ503	0.007
	Double	Ø 2 - 2,5	10	XY2-CZ512	0.008
		Ø 3 - 3,5	10	XY2-CZ513	0.016
	Clamp	Ø 2	10	XY2-CZ522	0.050
		Ø 3	10	XY2-CZ523	0.050
Cable support	Fixed	M8 hole 9 mm deep	10	XY2-CZ601	0.030
	Sprocket		1	XY2-CZ602	0.130
Wire end protective guard		Ø 3	10	XY2-CZ701	0.002
End spring			1	XY2-CZ702	0.080

Spare parts

Contact block	Slow break	N/C + N/O	1	XEN-P2151	0.020
		N/C + N/C	1	XEN-P2141	0.020
	Snap action	C/O	1	XES-P2051	0.020
Push operated reset button blue	Flush	with marking	1	ZB2-BA639	0.030
		Booted	1	ZB2-BP6	0.025
	Mushroom head Ø 30		1	ZB2-BC64	0.045
		Can be locked with key no. 421	1	ZB2-BS0612	0.090
Key		Ronis n° 421	1	Q99900911	0.006
Pilot light body	Direct	bulb not supplied	1	XY2-CZ906	0.013
	With resistance	130V bulb supplied	1	XY2-CZ907	0.018
Pilot light head			1	ZA2-BV04	0.015
Red boot			1	ZB2-BV014	0.005
BA9s incandescent bulb	Ø max 11 mm length 28 mm	24 V	1	DL1-CE024	0.002
		48 V	1	DL1-CE048	0.002
		130 V	1	DL1-CE130	0.002
Dust and damp protecting bellows		polychloroprene	1	XY2-CZ901	0.017
		silicone	1	XY2-CZ903	0.017

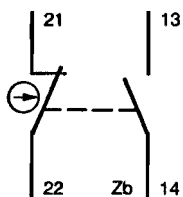
emergency and normal stops

Connections

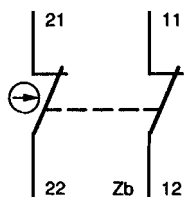
Overall dimensions

Connections

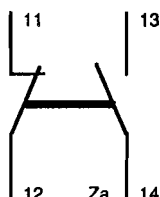
Contact blocks



XEN-P2151 (N/C + N/O)



XEN-P2141 (N/C + N/C)

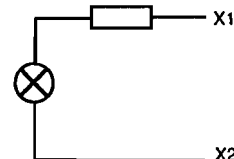


XES-P2051 (C/O)

Indicator lights

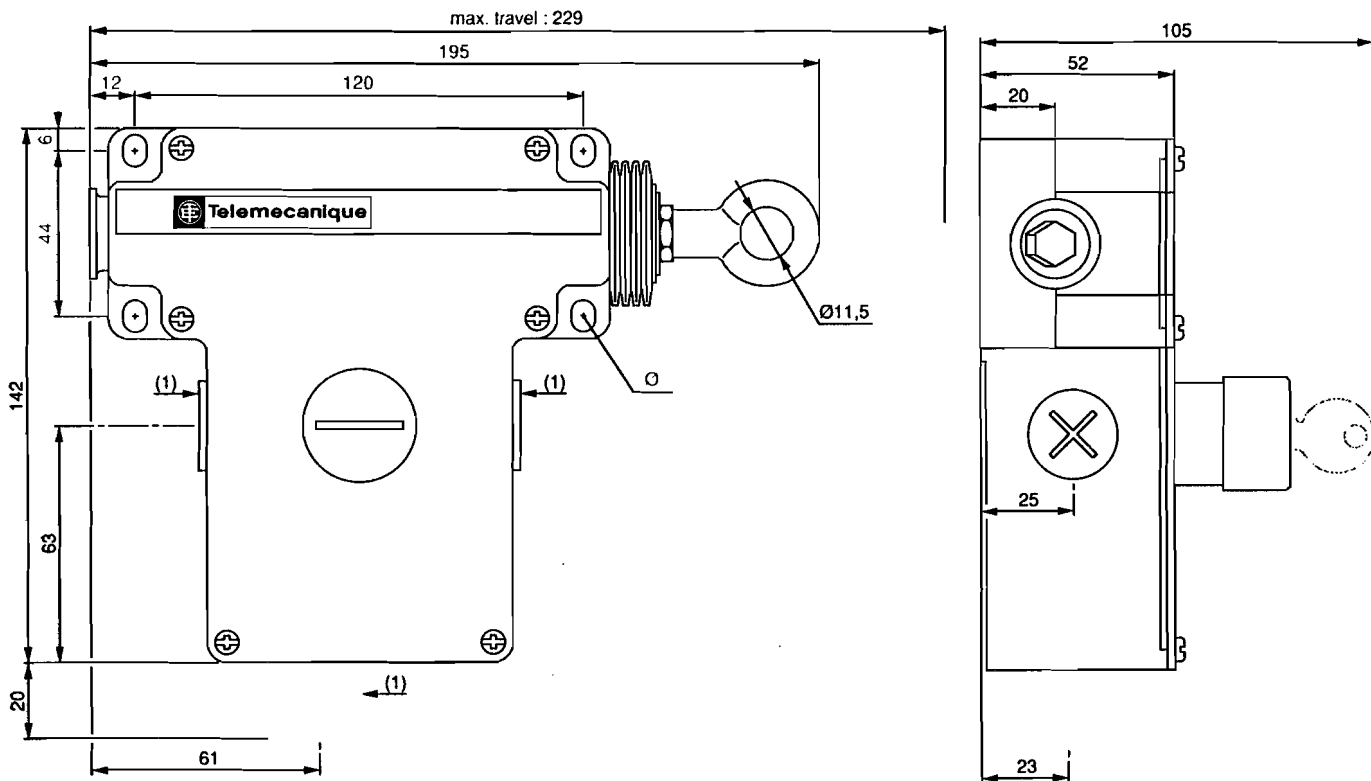


Direct



With resistance

Overall dimensions



1) 3 untapped holes for CM 12 (cable gland not supplied)

O: 4 elongated holes 6,2 x 8,5

5. BEREKENINGEN VOOR DE BEPALING VAN DE BEVEILIGING

A. Gegevens vooraf

Maximale massa van draagblok inclusief kleminrichting	: 100 kg
Maximale massa van produkt	: 20 kg
Afmetingen van positioneerplaat	: 400 x 400 x 12 mm
Dichtheid van staal	: $7.8 * 10^3$ kg/m ³
Elasticiteitsmodulus staal	: $20 * 10^{10}$ N/m ²
Rp _{0.2} of Re-waarde van Fe 360	: 240 N/mm ²

B. Bepaling van de uitwendige belasting

De massa van de positioneerplaat is gelijk aan:

$$l*b*h*\rho = 400*400*12*10^{-9}*7.8*10^3 = 15.0 \text{ [kg]}$$

Bij uitval van de luchtdruk komt de massa van de positioneerplaat, het produkt en het draagblok met kleminrichting op de beveiliging te staan. In totaal is dit 100+20+15 = 135 kg oftewel 1350 N. Indien we voor de terugvering van de balg een kracht van 50 N in acht nemen, komt de totale belasting neer op 1400 N. Per veiligheidspal betekent dit dus een kracht van **700 N**.

C. Sterkte berekeningen

In figuur 11 is een model te zien van de as met veiligheidspal. De hierin aangegeven grootheden zijn: $l_1 = 26$ mm, $l_2 = 26$ mm, $l_3 = 32$ mm, $F = 700$ N.

In figuur 12 is de belastingsituatie van de as en de veiligheidspal aangegeven. Het buigende moment M is gelijk aan:

$$M = F*l_1 = 700*26 = 18200 \text{ [Nmm]}$$

De reactiekrachten in de punten B en C volgen uit de evenwichtsvergelijkingen:

$$F_B = \frac{M}{l_2 + l_3} \quad (1)$$

$$F_C = -F_B \quad (2)$$

Voor de as kan nu de momenten en dwarskrachten lijn getekend worden (zie figuur 13). Het maximaal buigend moment M_b is gelijk aan:

$$M_b = M_{\max} - M_{\min} = M = 18200 \text{ [Nmm]}$$

$$D = F_B = \frac{M}{l_2 + l_3} = 313.8 \text{ [N]}$$

De benodigde as-diameter wordt nu bepaald uit de formules voor een *statisch* belaste as:

$$d_{as} \geq \sqrt[3]{\frac{M_b}{0.1 \cdot \sigma_b}} \quad (3)$$

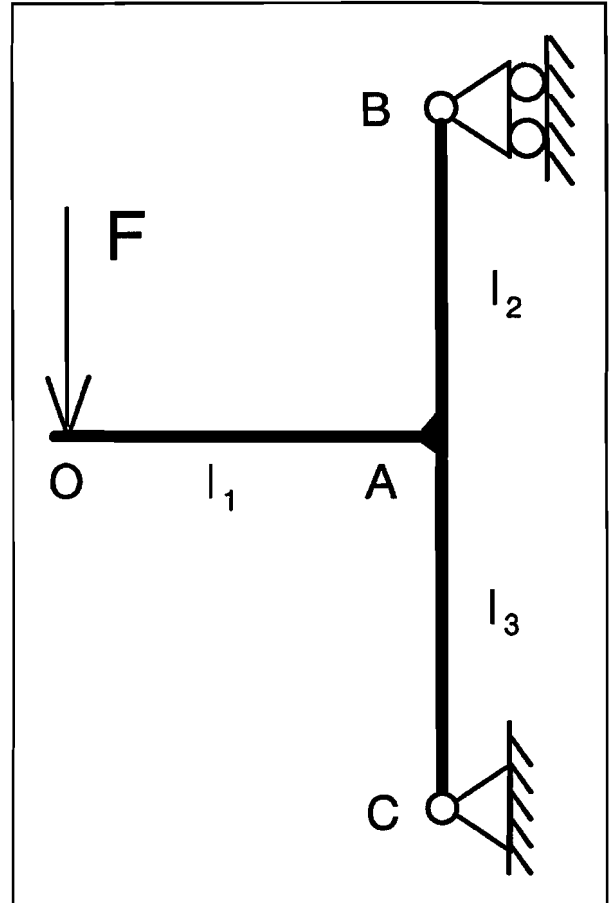
$$\sigma_b = \frac{R_{p,0.2}}{v_0} \quad (4)$$

Omdat de belasting relatief goed bekend is wordt voor de veiligheidsfactor v_0 een waarde 1.5 gekozen. Als materiaal wordt gekozen voor standaard-staal Fe 360. Invullen van de formules levert:

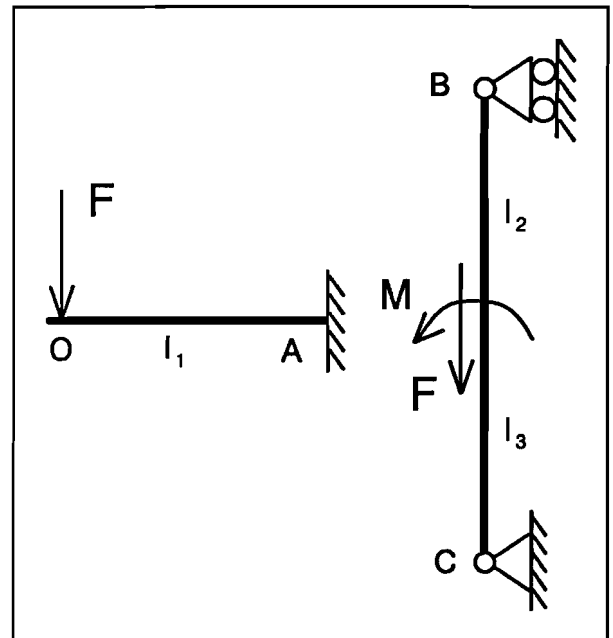
$$d_{as} \geq \sqrt[3]{\frac{18200}{0.1 \cdot 160}} = 10.4 \text{ [mm]}$$

$$\sigma_b = \frac{240}{1.5} = 160 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

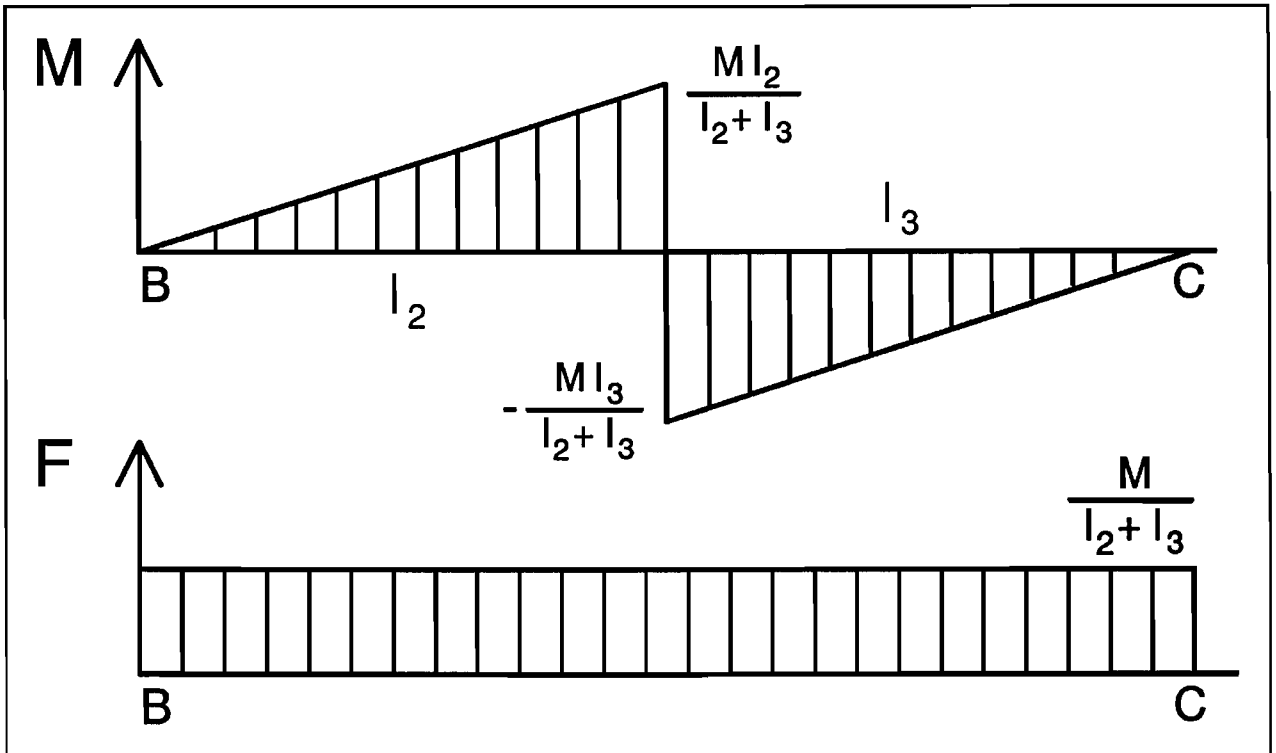
De minimale diameter van de as wordt naar boven afgerond op **12 mm**, omdat dit een gestandaardiseerde maat is voor binnendiameters van lagers.



Figuur 11. Model van het veiligheidsmechanisme.



Figuur 12. Belastingssituatie.



Figuur 13. De momenten en dwarskrachten lijn van de as.

Omdat het onderste gedeelte AC van de as belast wordt door een axiale kracht F_a , wordt de volgende controle uitgevoerd:

$$\frac{F_a}{A} + \frac{M_b}{W_b} \leq \bar{\sigma}_b \quad (5)$$

$$W_b = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad (6)$$

De axiale kracht $F_a = F = 700$ N. De diameter $d = 12$ mm, waardoor A gelijk is aan 113.1 mm^2 en W_b gelijk is aan 169.6 mm^3 . Invullen van formule 5 levert:

$$\frac{700}{113.1} + \frac{18200}{169.6} = 113.5 < 160 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

De diameter van de as is dus voldoende groot om de belasting aan te kunnen.

Er wordt nu gekeken of de veiligheidspal voldoende sterk is om de belasting aan te kunnen. Ook hier wordt als materiaal Fe 360 gekozen, zodat de maximaal toelaatbare spanning weer gelijk is aan 160 N/mm^2 . De veiligheidspal heeft de volgende afmetingen: breedte $b = 20$ mm en hoogte $h = 6$ mm. Deze maten worden opgelegd door de

geometrie van enkele andere onderdelen. Voor de spanning in de pal moet gelden:

$$\sigma = \frac{M_b}{W_b} \leq \overline{\sigma}_b = 160 \quad [N/mm^2]$$

$$W_b = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad [mm^3]$$

Invullen levert:

$$\sigma = 151.7 < \overline{\sigma}_b = 160 \quad [N/mm^2]$$

De pal en het materiaal zijn dus sterk genoeg om de belasting aan te kunnen (de maximale schuifspanning in de dwarsdoorsnede is verwaarloosbaar = 8.8 N/mm²).

D. Stijfheid berekeningen

Om de zakking van het punt O, ter plaatse van de kracht F, te bepalen wordt hetzelfde model gebruikt als bij de sterkte berekeningen (zie figuur 11). De totale zakking in het punt O bestaat uit de volgende componenten:

- I • een bijdrage door buiging van de veiligheidspal
- II • een bijdrage door hoekverdraaiing van de as in het punt A
- III • een bijdrage door lengteverandering van het asgedeelte AC

In formulevorm weergegeven:

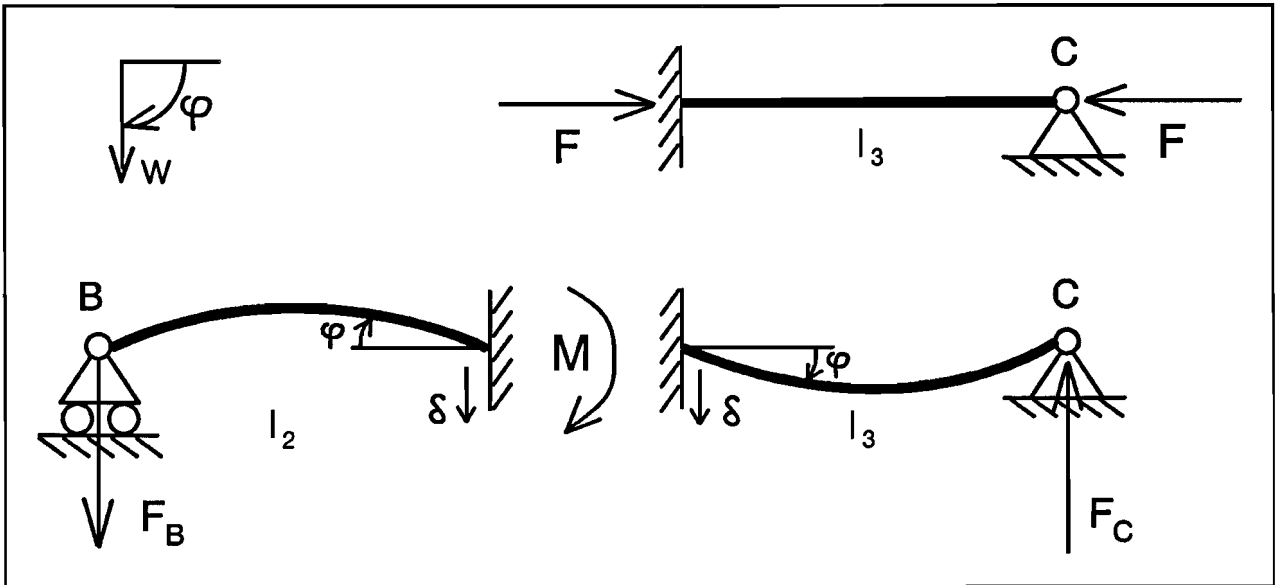
$$w_0 = w_I + w_{II} + w_{III} = w_I + \varphi_A \cdot l_1 + \Delta l_3 \quad (7)$$

Bijdrage I wordt bepaald uit het feit dat het punt A als een inklemming is te beschouwen voor de balk OA. Voor een dergelijke belastingsituatie (inklemming met dwarskracht F) geldt de volgende formule om w_I te bepalen:

$$w_I = \frac{Fl_1^3}{3EI_{pal}} = 0.057 \quad [mm]$$

$$I_{pal} = \frac{bh^3}{12} = 360 \quad [mm^4]$$

Bijdrage II wordt bepaald door de hoekverdraaiing van de as in het punt A te bepalen. Zie hiervoor figuur 14, waarin wordt aangegeven hoe deze hoekverdraaiing bepaald kan worden.



Figuur 14. Bepaling van de hoekverdraaiing ter plaatse van het moment M en de lengteverandering van AC ten gevolge van F.

Het volgende stelsel vergelijkingen kan opgesteld worden:

$$w_B = \frac{F_B l_2^3}{3EI_{as}} - \varphi_A * l_2 + \delta_A = 0 \quad (8)$$

$$w_C = -\frac{F_C l_3^3}{3EI_{as}} + \varphi_A * l_3 + \delta_A = 0 \quad (9)$$

$$F_B = F_C = \frac{M}{l_2 + l_3} = \frac{F * l_1}{l_2 + l_3} \quad (10)$$

Wanneer dit stelsel wordt uitgewerkt volgt hieruit formule (11):

$$\varphi_A = \frac{F l_1 (l_2^3 + l_3^3)}{3EI_{as} (l_2 + l_3)^2} \quad (11)$$

$$I_{as} = \frac{\pi d^4}{64} = 1017.9 \quad [mm^4]$$

Invullen van formule (11) levert de volgende waarden voor de hoekverdraaiing en w_{II} :

$$\varphi_A = 4.46 * 10^4 \quad [rad] \rightarrow w_{II} = \varphi_A * l_1 = 0.012 \quad [mm]$$

Bijdrage III wordt bepaald door de lengteverandering van het lijnstuk AC met lengte l_3 . Deze lengteverandering wordt veroorzaakt door de axiale belasting $F_a = F = 700$ N. Er geldt:

$$\Delta l_3 = \frac{Fl_3}{EA} \quad (12)$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = 113.1 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Invullen van formule (12) levert:

$$\Delta l_3 = w_{III} = 0.001 \text{ [mm]}$$

De **totale zakking** w_0 van het punt O kan nu bepaald worden uit formule (7):

$$w_0 = w_I + w_{II} + w_{III} = 0.057 + 0.012 + 0.001 = 0.070 \text{ [mm]}$$

De zakking door elastische vervorming van het veiligheidsmechanisme is dus acceptabel en een factor 8 kleiner dan de zakking die veroorzaakt wordt door speling.

E. Bepaling lagers

De lagers in de punten B en C worden bij zakken van de positioneerplaat *statisch* belast. Lager B wordt schuifbaar gemonteerd, terwijl lager C vast wordt opgesloten. Hierdoor wordt lager B zuiver radiaal belast en lager C zowel radiaal als axiaal. In eerste instantie wordt gekeken of er groefkogellagers toegepast kunnen worden. Voor groefkogellagers geldt dat de equivalente statische lagerbelasting gelijk is aan:

$$P_0 = 0.6 * F_r + 0.5 * F_a \quad (13)$$

Eerst wordt het zwaarder belaste **lager C** bepaald. Voor de grootte van de belasting geldt: $F_r = F_c = 313.8$ N en $F_a = F = 700$ N. Invullen van (13) levert: $P_0 = 538.3$ N. Het statisch draaggetal C_0 van het lager moet groter zijn dan P_0 . Echter voor axiaal belaste lagers met relatief kleine afmetingen geldt dat:

$$C_0 \geq 4 * F_a \quad (14)$$

Dit betekent dat $C_0 \geq 4 * 700 = 2800$ N. Er wordt gekozen voor groefkogellager **6201 RS** van SKF met rubberafdichting. Het lager heeft een statisch draaggetal $C_0 = 3100$ N en een binnendiameter $d = 12$ mm (zie bijlage 6). Voor P_0 geldt nu: $P_0 = 0.17 * C_0$. Er is voor een afgedicht lager gekozen vanwege de onderhoudsvriendelijkheid.

Lager B wordt alleen belast door een zuiver radiale kracht $F_r = F_B = 313.8$ N. Met andere woorden $P_0 = F_r = 313.8$ N. Er wordt nu gekozen voor eenzelfde verhouding $P_0/C_0 = 0.17$ zodat de lagers relatief gezien gelijk belast worden. Voor het statisch draaggetal C_0 geldt dus: $C_0 = 5.88 * F_r = 1845.9$ N. Het groefkogellager, met een binnendiameter van 12 mm, wat hier het dichtste bij zit is lager **6001 RS** met een statisch draaggetal $C_0 = 2240$ N (zie bijlage 6). Ook dit lager is voorzien van een rubberafdichting.

F. Bepaling wrijvingsmoment lagers

Het tegenwerkende wrijvingsmoment van een wentellager in stilstand is groter als het wrijvingsmoment tijdens rotatie. Om het maximale wrijvingsmoment te bepalen, dient er gerekend te worden met het zogenaamde *losbreekmoment*. Dit is gedefinieerd als: Het wrijvingsmoment dat moet worden overwonnen alvorens het lager zich vanuit stilstand in beweging zet. Het losbreekmoment M_{los} is gelijk aan tweemaal het lastafhankelijke wrijvingsmoment M_{last} , waarvoor geldt:

$$M_{last} = f_1 P_1^a d_m^b \quad (15)$$

$$f_1 = 0.0006 (P_0/C_0)^{0.55} \quad (16)$$

$$P_1 = 3 * F_a - 0.1 * F_r \quad ; \quad P_1 < F_r \Rightarrow P_1 = F_r \quad (17)$$

$$d_m = \frac{1}{2} (d + D) \quad (18)$$

voor groefkogellagers: $a = 1$; $b = 1$

$$M_{los} = 2 * M_{last} \quad (19)$$

Verder moet er nog een extra wrijvingmoment in acht genomen worden veroorzaakt door de afdichting. Voor dit wrijvingsmoment M_{afd} geldt:

$$M_{afd} = \left(\frac{d+D}{f_3}\right)^2 + f_4 \quad (20)$$

voor groefkogellagers: $f_3 = 20$; $f_4 = 10$

Het totale wrijvingsmoment M_{tot} is dus gelijk aan:

$$M_{tot} = M_{los,B} + M_{afd,B} + M_{los,C} + M_{afd,C} \quad (21)$$

Het lastafhankelijke wrijvingsmoment M_{last} blijkt voor beide lagers nagenoeg nul te zijn. We bekijken hier namelijk het moment wat nodig is om de *onbelaste* veiligheidspal onder de positioneerplaat te bewegen, om daarna de benodigde veerkracht te bepalen. In dit geval komt dus alleen het *eigengewicht* van as en pal op de lagers te staan. Hierdoor is het lastafhankelijke wrijvingsmoment verwaarloosbaar. Het losbreekmoment $M_{los} = 2 \cdot M_{last}$ kan hierdoor buiten beschouwing worden gelaten.

Het wrijvingsmoment veroorzaakt door de *afdichting* wordt nu bepaald door de betreffende waardes (lager B: $d = 12$ mm, $D = 28$ mm; lager C: $d = 12$ mm, $D = 32$ mm) in te vullen in formule (20):

$$M_{afd,B} = 14.0 \quad [Nmm] ; M_{afd,C} = 14.8 \quad [Nmm]$$

$$M_{tot} = 14.0 + 14.8 = 28.8 \quad [Nmm]$$

Het totale wrijvingsmoment veroorzaakt door beide afdichtingen kan nu gebruikt worden om de benodigde sterkte van de cilinderveer te bepalen.

G. Bepaling pneumatische cilinder

De benodigde sterkte van de cilinderveer kan bepaald worden door het totale wrijvingsmoment, veroorzaakt door de lagers, te delen door de lengte van de minimale arm. Deze lengte $R_{min} = 25$ mm:

$$F_{veer} \geq \frac{M_{tot}}{R_{min}} = \frac{28.8}{25} = 1.2 \quad [N]$$

Uit de geometrie blijkt dat de benodigde slag van de cilinder gelijk moet zijn aan **40** mm. Er wordt gekozen voor cilinder **11654 ESN-16-40-P** van FESTO met een diameter van 16 mm. De minimale veerkracht van de terugstelveer is gelijk aan 10 N, en dus ruim voldoende om het wrijvingsmoment te overwinnen.

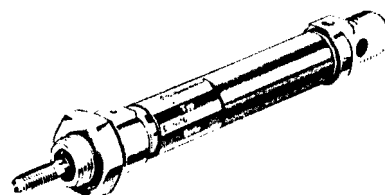
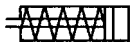
6. STANDAARD-ONDERDELEN

Einfachwirkende Zylinder
nach ISO 6432 und CETOP RP 52 P, Kolben- ϕ 8 bis 25 mm

FESTO
PNEUMATIC

Einfachwirkender Zylinder
mit Rückstellfeder und elastischen
Dämpfungsringen in den Endlagen

Typ ESN-...-P



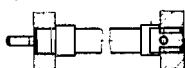
Diese Combi-Zylinderbaureihe entspricht
ISO 6432 und CETOP RP 52 P.
Lager- und Abschlußdeckel sind mit dem
Zylinderrohr durch Rollieren druckdicht
verbunden.

Sonderausführungen:

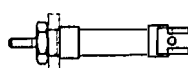


Einbau Grundzylinder ohne Befestigungselemente

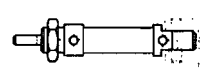
Gewindebefestigung
vorn hinten



Befestigung mit
Sechskantmutter



Schwenkbefestigung
hinten

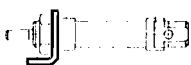


Zusatzbauteile (Blatt 1.310, 1.320):

- Gabelkopf Typ SG
- Gelenkkopf Typ SGS
- Flexokupplung Typ FK

Einbauvarianten und zusätzliche Befestigungselemente

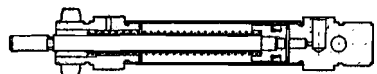
Fußbefestigung (Kurzhub)
Typ HBN-...-1



Fußbefestigung
Typ HBN-...-2



Flanschbefestigung vorn
Typ FBN



Schwenkbefestigung
Typ WBN-...



Lagerbock
Typ LBN

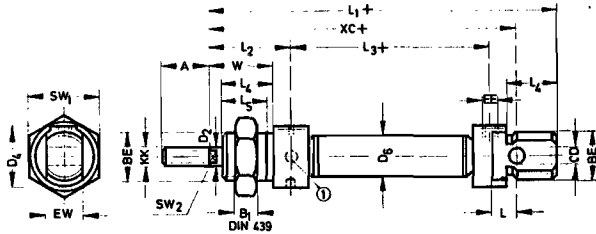


Bestellbezeichnung (siehe Rückseite)				Teile-Nr. + ESN + Kolben- ϕ + Hublänge + Endlagendämpfung <i>Bestellbeispiel: Kolben-ϕ 12 mm, Hublänge 50 mm = 5094 ESN-12-50-P</i>						
Medium				gefilterte, geölte oder gefilterte, nicht geölte Druckluft						
Bauart				Kolbenzylinder						
max. zulässiger Betriebsdruck				10 bar						
Temperaturbereich				-20 bis + 80°C						
Werkstoffe				Lager- und Abschlußdeckel: Al, eloxiert; Zylinderrohr: X 5 Cr Ni 18 9; Kolbenstange: X 20 Cr 13, Gewinde gerollt; Dichtungen: Perbunan						
Gewichte				siehe Rückseite						
Kolben- ϕ mm	Standard- Hub- längen mm	Hublänge min. - max. mm	Mindest- schubkraft bei 6 bar N (\approx kp)	Federrückzugskraft min. - max.* in N (1 N \approx 0,1 kp)						Anschluß
				Hub 10		Hub 25		Hub 50		
8	10, 25, 50	1 bis 50	20 (2)	4,1	4,3	3,8	4,3	3,2	4,3	M 5
10	10, 25, 50		35 (3,5)	5,7	6	5,1	6	4,2	6	M 5
12	10, 25, 50		50 (5)	6,4	6,8	5,8	6,8	4,9	6,8	M 5
16	10, 25, 50		90 (9)	13,2	14,1	11,9	14,1	9,8	14,1	M 5
20	10, 25, 50		148 (14,8)	18,2	19,5	16,5	19,5	13,5	19,5	G 1/8
25	10, 25, 50		250 (25)	25	24	21,2	24	17,8	24	G 1/8

* theoretische Werte

Änderungen vorbehalten

Typ ESN-...-P



+ = zuzüglich Hublänge

⊙ Bohrungen für Hakenschlüssel zum Kontern

Kolben- ø mm	A	B ₁	BE	CD	D ₂ ø	D ₄ ø	D ₆ ø	EE	EW	KK	L	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	SW ₁	SW ₂	W	XC
8	12	6	M 12 x 1,25	4	4	15	9,3	M 5	8	M 4	6	74	22	34	12	10	19	-	16	64
10	12	6	M 12 x 1,25	4	4	15	11,3	M 5	8	M 4	6	74	22	34	12	10	19	-	16	64
12	16	8	M 16 x 1,5	6	6	20	13,3	M 5	12	M 6	9	89	28	38	17	15	24	5	22	75
16	16	8	M 16 x 1,5	6	6	20	17,3	M 5	12	M 6	9	95	28	44	17	15	24	5	22	82
20	20	11	M 22 x 1,5	8	8	27	21,3	G 1/8	16	M 8	12	112	32	52	20	18	32	7	24	95
25	22	11	M 22 x 1,5	8	10	27	26,5	G 1/8	16	M 10 x 1,25	12	119,5	36	53,5	22	20	32	9	28	104

Grundzylinder					Befestigungselemente							
Bestellbezeichnung					Gewicht		Bestellbezeichnung		Gewicht	Werkstoff		
Teile-Nr.	Typ	ø	Hub	Typ	ø	Hub	kg	Teile-Nr.	Typ	ø	kg	
5086	ESN - 8 - 10 - P			ESN - 8 - 10 - P-S 3			0,042	5123	HBN - 8/10-1		0,020	Stahl, verzinkt
5087	ESN - 8 - 25 - P			ESN - 8 - 25 - P-S 3			0,045	5124	HBN - 8/10-2		0,055	
5088	ESN - 8 - 50 - P			ESN - 8 - 50 - P-S 3			0,050	5129	FBN - 8/10		0,012	
11651	ESN - 8 - ... - P			ESN - 8 - ... - P-S 3				6057	LBN - 8/10		0,020	
								8608	WBN - 8/10		0,020	
5089	ESN - 10 - 10 - P			ESN - 10 - 10 - P-S 3			0,045					
5090	ESN - 10 - 25 - P			ESN - 10 - 25 - P-S 3			0,050					
5091	ESN - 10 - 50 - P			ESN - 10 - 50 - P-S 3			0,055					
11652	ESN - 10 - ... - P			ESN - 10 - ... - P-S 3								
5092	ESN - 12 - 10 - P			ESN - 12 - 10 - P-S 3			0,085	5125	HBN - 12/16-1		0,040	Stahl, verzinkt
5093	ESN - 12 - 25 - P			ESN - 12 - 25 - P-S 3			0,090	5126	HBN - 12/16-2		0,105	
5094	ESN - 12 - 50 - P			ESN - 12 - 50 - P-S 3			0,100	5130	FBN - 12/16		0,025	
11653	ESN - 12 - ... - P			ESN - 12 - ... - P-S 3				6058	LBN - 12/16		0,040	
								8609	WBN - 12/16		0,050	
5095	ESN - 16 - 10 - P			ESN - 16 - 10 - P-S 3			0,100					
5096	ESN - 16 - 25 - P			ESN - 16 - 25 - P-S 3			0,107					
5097	ESN - 16 - 50 - P			ESN - 16 - 50 - P-S 3			0,120					
11654	ESN - 16 - ... - P			ESN - 16 - ... - P-S 3								
5098	ESN - 20 - 10 - P			ESN - 20 - 10 - P-S 3			0,205	5127	HBN - 20/25-1		0,090	Stahl, verzinkt
5099	ESN - 20 - 25 - P			ESN - 20 - 25 - P-S 3			0,215	5128	HBN - 20/25-2		0,220	
5100	ESN - 20 - 50 - P			ESN - 20 - 50 - P-S 3			0,235	5131	FBN - 20/25		0,045	
11655	ESN - 20 - ... - P			ESN - 20 - ... - P-S 3				6059	LBN - 20/25		0,080	
								8610	WBN - 20/25		0,070	
5101	ESN - 25 - 10 - P			ESN - 25 - 10 - P-S 3			0,270					
5102	ESN - 25 - 25 - P			ESN - 25 - 25 - P-S 3			0,285					
5103	ESN - 25 - 50 - P			ESN - 25 - 50 - P-S 3			0,310					
11656	ESN - 25 - ... - P			ESN - 25 - ... - P-S 3								

3/12 (10.85)

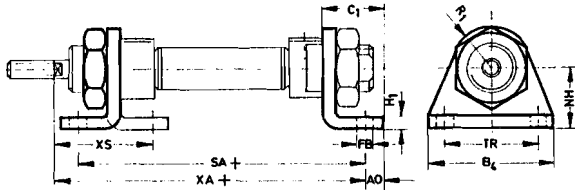
Änderungen vorbehalten

Befestigungselemente für Zylinder-Baureihe ESN-...-P

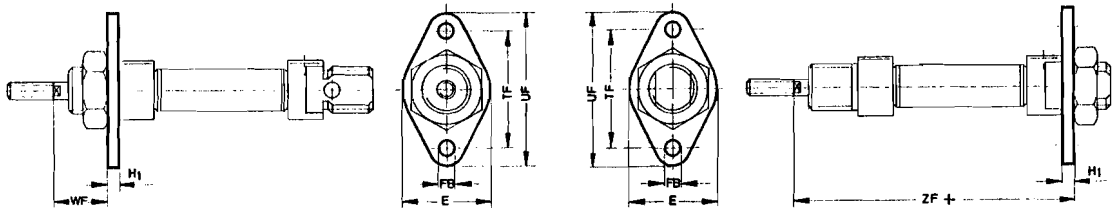
Zusätzliche Befestigungselemente (bei Bestellung Kolben- ϕ angeben)

Fußbefestigung Typ HBN-...-1 (1 Fuß)

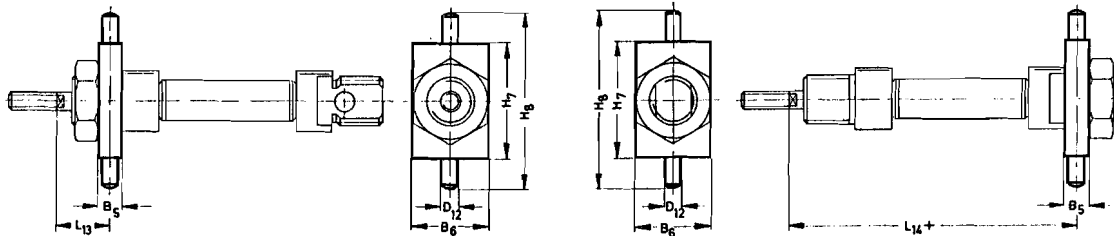
HBN-...-2 (2 Füße und Befestigungsmutter)



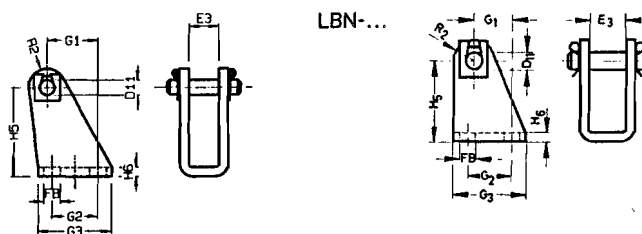
Flanschbefestigung Typ FBN-... (1 Flansch)



Schwenkbefestigung Typ WBN-... (1 Schwenkflansch)



Lagerbock mit Achsbolzen
Typ LBN-8/10



+ = zuzüglich Hublänge

Kolben- ϕ mm	AO	B ₄	B ₅	B ₆	C ₁	D ₁₁	D ₁₂ m 6 ϕ	E	E ₃	FB	G ₁	G ₂	G ₃	H ₁	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	L ₁₃	L ₁₄	NH	R ₁
8	5	35	6	20	16	4	4	25	8,1	4,5	13,8	12,5	20	3	24	2,5	26	38	13	65	16	10
10	5	35	6	20	16	4	4	25	8,1	4,5	13,8	12,5	20	3	24	2,5	26	38	13	65	16	10
12	6	42	8	25	20	6	6	30	12,1	5,5	13	15	25	4	27	3	38	58	18	76	20	13
16	6	42	8	25	20	6	6	30	12,1	5,5	13	15	25	4	27	3	38	58	18	82	20	13
20	8	54	8	30	25	8	6	40	16,1	6,6	16	20	32	5	30	4	46	66	20	96	25	20
25	8	54	8	30	25	8	6	40	16,1	6,6	16	20	32	5	30	4	46	66	24	101,5	25	20
Kolben- ϕ mm	R ₂	SA	TF	TR	UF	WF	XA	XS	ZF													
8	5	68	30	25	40	13	73	24	65													
10	5	68	30	25	40	13	73	24	65													
12	7	78	40	32	53	18	86	32	76													
16	7	84	40	32	53	18	92	32	82													
20	10	102	50	40	66	19	109	36	97													
25	10	103,5	50	40	66	23	114,5	40	102,5													

Gabelkopf

für schwenkbare Zylinderbefestigung mit Sechskantmutter nach DIN 439 und Achsbolzen.

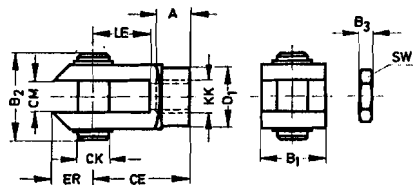
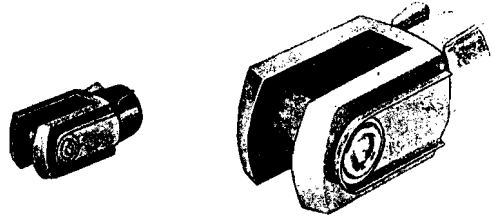
Typ SG-...

Korrosions- und säurebeständige Ausführung

Typ SG-...-S9

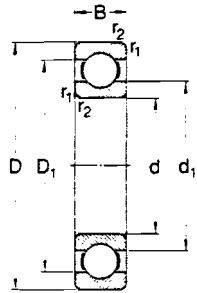
Die Gabelköpfe werden am vorderen Kolbenstangenende befestigt und lassen eine Schwenkbefestigung des Zylinders in einer Ebene zu.

Typ SG-M 4 bis SG-M 16 x 1,5 sind nach DIN 71752.

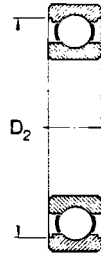


Bestellbezeichnung		für Kolbenstangen-gewinde KK	Werkstoffe	Gewicht kg	Abmessungen										
Teile-Nr.	Typ				A	B ₁	B ₂	B ₃	CE	CK	CM	D ₁	ER	LE	SW
6532	SG-M 4	M 4	Stahl, verzinkt	0,010	8	8	11	2,2	16	4	4	8	5	8	7
3110	SG-M 6	M 6		0,020	12	12	16	3,2	24	6	6	10	7	12	10
3111	SG-M 8	M 8		0,050	16	16	21,5	4	32	8	8	14	10	16	13
2674	SG-M 10	M 10		0,100	20	20	26	5	40	10	10	18	12	20	17
6144	SG-M 10 x 1,25	M 10 x 1,25		0,100	20	20	26	5	40	10	10	18	12	20	17
2675	SG-M 12	M 12		0,160	24	24	31	6	48	12	12	20	14	24	19
6145	SG-M 12 x 1,25	M 12 x 1,25		0,165	24	24	31	6	48	12	12	20	14	24	19
2676	SG-M 16	M 16		0,355	32	32	39	8	64	16	16	26	19	32	24
6146	SG-M 16 x 1,5	M 16 x 1,5		0,335	32	32	39	8	64	16	16	26	19	32	24
2677	SG-M 20	M 20		0,770	24	40	53	10	60	20	20	-	24	36	30
6147	SG-M 20 x 1,5	M 20 x 1,5		0,720	40	40	53	10	80	20	20	34	25	40	30
2678	SG-M 24	M 24		1,440	32	50	65	12	72	24	24	-	26	40	36
14987	SG-M 27 x 2-B	M 27 x 2		1,475	56	55	74	13,5	110	30	30	48	38	54	41
9581	SG-M 36 x 2	M 36 x 2		4,080	56	70	90,5	18	144	35	35	60	44	72	55
9582	SG-M 42 x 2	M 42 x 2	6,940	65	85	109,5	21	168	40	40	70	64	84	65	
9583	SG-M 48 x 2	M 48 x 2	10,010	75	90	120	24	192	50	50	80	73	96	75	
Korrosions- und säurebeständige Ausführung															
13567	SG-M 6-S 9	M 6	Stahl	0,025	12	12	22,4	3,2	24	6	6	10	7	12	10
13568	SG-M 8-S 9	M 8		X 12	0,055	16	16	28	4	32	8	8	14	10	16
13569	SG-M10x1,25-S9	M 10 x 1,25	CrNiS	0,110	20	20	36	5	40	10	10	18	12	20	17
13570	SG-M12x1,25-S9	M 12 x 1,25		188	0,180	24	24	44	6	48	12	12	20	14	24
13571	SG-M16x1,5-S9	M 16 x 1,5	188	0,395	32	32	53	8	64	16	16	26	19	32	24
13572	SG-M20x1,5-S9	M 20 x 1,5		0,800	40	40	65	10	80	20	20	34	25	40	30

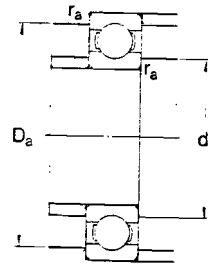
Groefkogellagers
d 3-15 mm



zonder indraaiingen
in de buitenring



met indraaiingen
in de buitenring



Hoofdafmetingen			Draaggetallen dyn.		Toelaatbare toerentallen		Massa	Aanduiding
d	D	B	C	C ₀	Smering vet	olie		
mm			N		min ⁻¹		kg	-
3	10	4	488	170	40 000	48 000	0,0015	623
4	9	2,5	540	183	45 000	53 000	0,00070	618/4
	13		884	315	38 000	45 000	0,0031	624
	16		1 110	440	34 000	40 000	0,0054	634
5	11	3	637	232	40 000	48 000	0,0012	618/5
	16	5	1 110	440	34 000	40 000	0,0050	625
	19	6	1 720	720	32 000	38 000	0,0090	635
6	13	3,5	884	325	38 000	45 000	0,0020	618/6
	19		1 720	720	32 000	38 000	0,0084	626
7	14	3,5	956	360	38 000	45 000	0,0022	618/7
	19		1 720	720	34 000	40 000	0,0075	607
	22		3 250	1 340	30 000	36 000	0,013	627
8	16	4	1 330	530	36 000	43 000	0,0030	618/8
	22		3 250	1 340	32 000	38 000	0,012	608
9	17	4	1 430	585	34 000	40 000	0,0034	618/9
	24		3 710	1 530	30 000	36 000	0,014	609
	26		4 620	1 960	26 000	32 000	0,020	629
10	19	5	1 480	630	32 000	38 000	0,0055	618/10
	26		4 620	1 960	28 000	34 000	0,019	6000
	28		4 620	1 960	28 000	34 000	0,022	16100
	30		5 070	2 240	24 000	30 000	0,032	6200
	35		8 060	3 750	20 000	26 000	0,053	6300
12	21	5	1 430	695	30 000	36 000	0,0063	618/11
	28		5 070	2 240	26 000	32 000	0,022	6001
	30		5 070	2 240	24 000	30 000	0,023	16101
	32		6 890	3 100	22 000	28 000	0,037	6201
	37		9 750	4 650	19 000	24 000	0,060	6301
15	24	5	1 560	815	26 000	32 000	0,0074	618/12
	32		5 590	2 500	22 000	28 000	0,025	16002
	32		5 590	2 500	22 000	28 000	0,030	6002
	35		7 800	3 550	19 000	24 000	0,045	6202
	42		11 400	5 400	17 000	20 000	0,082	6302

Afmetingen				Inbouwmaten			
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2}	d _a	D _a	r _a
mm	≈	≈	≈	min	min	max	max
3	5,2	7,5	8,2	0,15	4,2	8,8	0,1
4	5,2	7,5	-	0,15	5,2	7,8	0,1
	6,7	10,3	11,2	0,2	5,6	11,4	0,2
	8,4	12	13,3	0,3	6	14	0,3
5	6,8	9,2	-	0,15	6,2	9,8	0,1
	8,4	12	13,3	0,3	7	14	0,3
	10,7	15,3	16,5	0,3	7	17	0,3
6	7,9	11,1	-	0,15	7,2	11,8	0,1
	10,7	15,3	16,5	0,3	8	17	0,3
7	8,9	12,1	-	0,15	8,2	12,8	0,1
	10,7	15,3	16,5	0,3	9	17	0,3
	11,8	17,6	19	0,3	9	20	0,3
8	10,1	13,9	-	0,2	9,6	14,4	0,2
	11,8	17,6	19	0,3	10	20	0,3
9	11,1	14,9	-	0,2	10,6	15,4	0,2
	14,2	19,8	21,2	0,3	11	22	0,3
	14,4	21,4	22,6	0,3	11	24	0,3
10	12,6	16,4	-	0,3	12	17	0,3
	14,4	21,4	22,6	0,3	12	24	0,3
	14,7	22,3	-	0,3	12	26	0,3
	16,7	23,2	24,8	0,6	14	26	0,6
	17,7	26,8	28,7	0,6	14	31	0,6
12	15	18,2	-	0,3	14	19	0,3
	16,7	23,4	24,8	0,3	14	26	0,3
	17,7	25,3	-	0,3	14	28	0,3
	18,2	25,9	27,4	0,6	16	28	0,6
	19,5	29,7	31,5	1	17	32	1
15	17,9	21,1	-	0,3	17	22	0,3
	20,2	27	-	0,3	17	30	0,3
	20,2	27	28,2	0,3	17	30	0,3
	21,5	29,2	30,4	0,6	19	31	0,6
	23,7	33,9	36,3	1	20	37	1