

Energieoverdracht

Energieoverdracht Theorie

Jac van Beek
Hennie te Morsche
Jaap Steeneveld
Arie Versluis

eerste druk, 2004



Artikelcode: 27124.2

Colofon

Auteur(s): Jac van Beek, Hennie te Morsche, Jaap Steeneveld, Arie Versluis
Redactie: Studio Maan, Clazien Rodenburg
Illustraties: Verbaal - bureau voor visuele communicatie
Illustrator: Marieke Nolet, Linda van Putten
Onderwijskundige: Berlinda de Boer
Resonans: J.J. Marcusse

© 2004 Ontwikkelcentrum, Ede, Nederland
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Ontwikkelcentrum.

Voorwoord

Deze uitgave bevat de onderwijseenheid 'Energieoverdracht' van de deelkwalificatie 'Machineonderhoud en reparatie B'. Voor de onderwijseenheid is er een uitgave met opdrachten en bronnen en een uitgave met theorie.

Opdrachten

Aan het begin van elke opdracht staat het opdracht doel. Daar staat wat je aan het einde van de opdracht moet kunnen. De opdrachten bevorderen de zelfwerkzaamheid. Met de opdrachten kun je je kennis in de praktijk toetsen of bepaalde vaardigheden trainen. Als je alle opdrachten met voldoende resultaat hebt uitgevoerd, beheers je de stof.

Bronnenoverzicht

Om de opdrachten uit te voeren heb je informatie nodig. Hiervoor kun je het bijbehorende theorieboek gebruiken. Je kunt ook andere bronnen raadplegen. In het bronnenoverzicht staat waar je allemaal informatie kunt vinden over groot onderhoud. Dit kunnen boeken zijn, maar ook vakbladen, folders, video's of het internet.

Theorie

Het theorieboek bevat de theorie die je het meest nodig hebt en die niet gauw verandert. Om het bestuderen en verwerken van de tekst gemakkelijker te maken kun je aan het einde van elke paragraaf verwerkingsvragen maken.

Wij wensen je veel succes bij het werken met deze uitgave.
De auteurs

Inleiding

Hydraulische systemen kunnen grote krachten overbrengen. Daarom worden deze hydraulische systemen veel gebruikt in de landbouw. Hoofdstuk 1 beschrijft de werking van hydraulische systemen.

Een hydraulisch systeem bestaat uit verschillende onderdelen. De meest bekende zijn de pomp, de cilinders en de stuurschuiven. Daarnaast zijn er onderdelen die niet zo bekend zijn. In hoofdstuk 2 komen al deze onderdelen aan de orde.

Ook hydraulische installaties hebben onderhoud nodig. Tijdig en juist uitgevoerd onderhoud zorgt voor een goede werking en een langere levensduur van de installatie. In hoofdstuk 3 komt dit onderhoud aan bod.

Naast hydraulische installaties bestaan er ook pneumatische installaties. Hierbij wordt er geen vloeistof, maar lucht door leidingen geperst. Lucht is samendrukbaar en daardoor geschikt voor andere toepassingen dan hydrauliek. Hoofdstuk 4 gaat over pneumatiek.

De aarde oefent een aantrekkingskracht uit op ieder voorwerp. Ieder voorwerp oefent een kracht uit op zijn ondersteuning: het gewicht. En ieder voorwerp bezit massa. Over krachten, gewicht en massa, kortom: over mechanica, gaat het in hoofdstuk 5.

Elektrische energie kan omgezet worden in warmte of beweging. Over elektriciteit gaat het in hoofdstuk 6.

Elektrische installaties zorgen onder andere voor de bediening van hydraulische of pneumatische componenten en voor de verlichting van trekkers en zelfrijdende machines. In hoofdstuk 7 komen deze 12-24-voltinstallaties aan bod.

Veel machines en werktuigen worden elektronisch bediend en aangestuurd. De elektronica bedient dan elektrische, hydraulische of pneumatische installaties. En die installaties laten op hun beurt weer machineonderdelen draaien of bewegen. De werktuigcomputer speelt daarbij een belangrijke rol. Over elektronica gaat het in hoofdstuk 8.

Inhoud

Voorwoord 5

Inleiding 6

1 Hydraulische systemen 9

- 1.1 Hydraulische overbrengingen 10
- 1.2 Kracht, snelheid en vermogen 15
- 1.3 Afsluiting 18

2 Hydraulische onderdelen 19

- 2.1 Oliereservoir 19
- 2.2 Pompen 21
- 2.3 Filters 26
- 2.4 Kleppen en stuurschuiven 27
- 2.5 Leidingen en snelkoppelingen 33
- 2.6 Cilinders 35
- 2.7 Hydromotoren 38
- 2.8 Overige componenten (onderdelen) 40
- 2.9 Afsluiting 41

3 Onderhoud van hydraulische installaties 43

- 3.1 Noodzaak onderhoud 43
- 3.2 Onderhoudswerkzaamheden en storingen 45
- 3.3 Afsluiting 52

4 Pneumatiek 53

- 4.1 Persluchtvoorziening 53
- 4.2 Componenten 62
- 4.3 Schema's en symbolen 68
- 4.4 Onderhoud 77
- 4.5 Storing opzoeken 80
- 4.6 Afsluiting 82

5 Mechanica 84

- 5.1 Kracht, massa en gewicht 84
- 5.2 Evenwicht en krachten 86
- 5.3 Arbeid, vermogen en draaimoment 97
- 5.4 Trekkertest 98
- 5.5 Afsluiting 105

6 Elektriciteit 107

- 6.1 Elektrische begrippen 107
- 6.2 Toepassingen 110
- 6.3 Multimeter 111
- 6.4 Afsluiting 115

7 12-24-voltinstallaties 116

- 7.1 Accu 116
- 7.2 Verlichting 123
- 7.3 Dynamo en startmotor 135
- 7.4 Elektrische schema's trekker 138
- 7.5 Afsluiting 141

8 Elektronica 143

- 8.1 Sensoren 143
- 8.2 Boord- en werktuigcomputers 151
- 8.3 Elektronische hefregeling (EHR) 160
- 8.4 Afsluiting 166

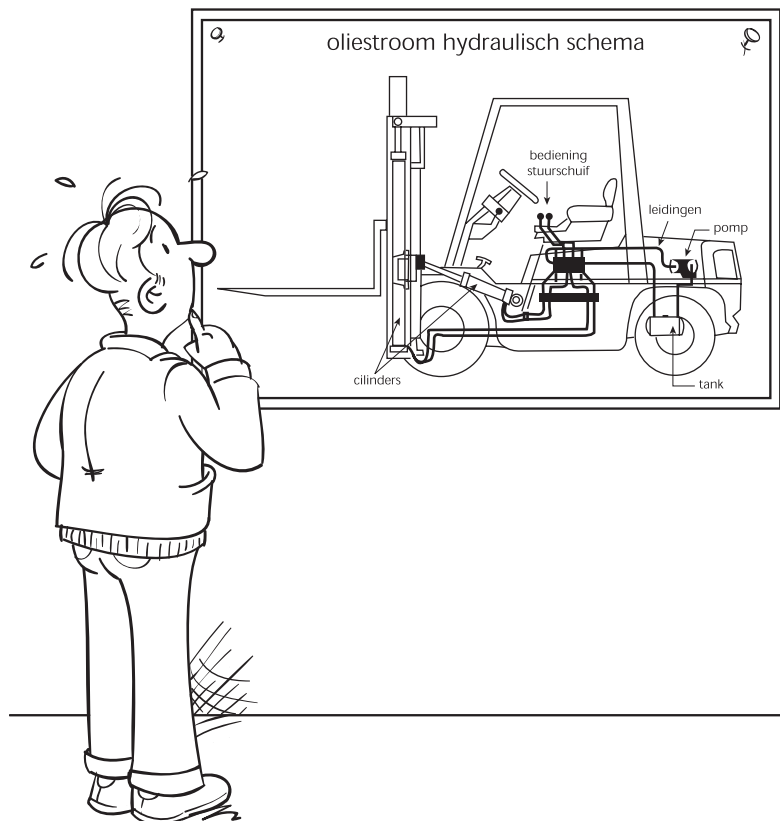
Trefwoordenlijst 167

1 Hydraulische systemen

Oriëntatie

Heb je wel eens naar een grote oogstmachine gekeken, bijvoorbeeld naar een bietenrooier of een hakselaar? Weet jij hoe alle onderdelen van die machines aangedreven worden? En hoe ze bewegen? Heel veel onderdelen worden hydraulisch aangedreven. Oliepompen brengen de olie via leidingen en stuurschuiven naar de verschillende onderdelen van de machine. Op die manier kun je allerlei zware onderdelen gemakkelijk omhoog tillen en kun je onderdelen met een gewenste snelheid laten draaien. Niet alleen bij grote oogstmachines wordt veel hydrauliek gebruikt. Ook op trekkers en andere landbouwwerktuigen worden hydraulische systemen toegepast.

Fig. 1.1
Vanaf de buitenkant kun je niet zien hoe de olie door de leidingen stroomt.



1.1 Hydraulische overbrengingen

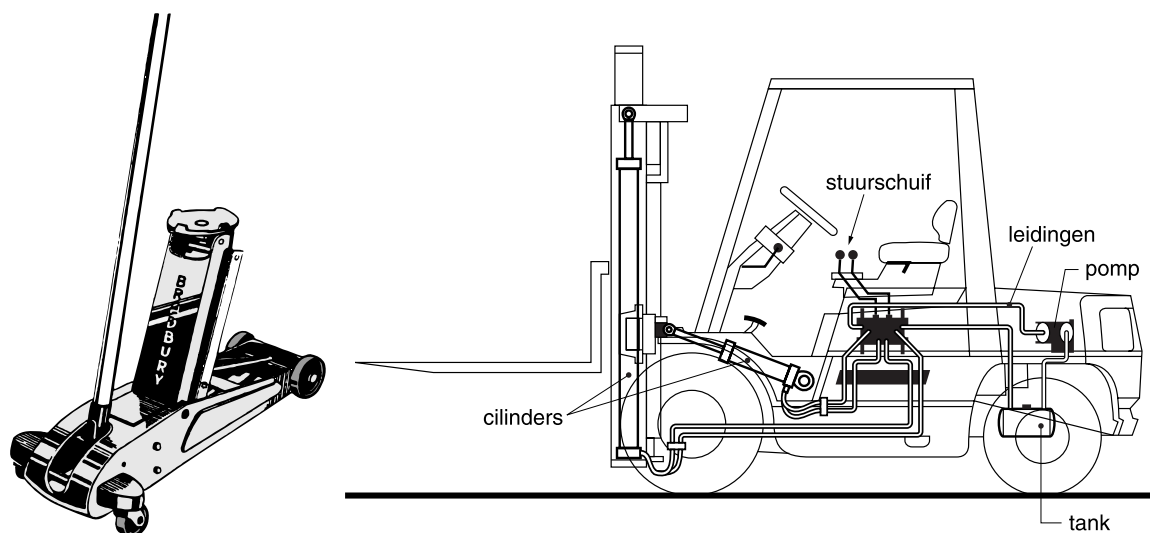
Om het vermogen van een trekker over te brengen naar de wielen of andere bewegende delen worden verschillende overbrengingen gebruikt, te weten:

- mechanische overbrengingen via assen en tandwielen;
- hydraulische overbrengingen via olie;
- elektrische overbrengingen via elektriciteit;
- pneumatische overbrengingen via lucht.

Hier komen de hydraulische overbrengingen aan de orde.

Hydraulische overbrengingen zijn niet meer weg te denken uit de landbouw. Een eenvoudige toepassing zie je bij de hydraulische handkrik. Sommige werktuigen, zoals een heftruck, werken zelfs helemaal hydraulisch.

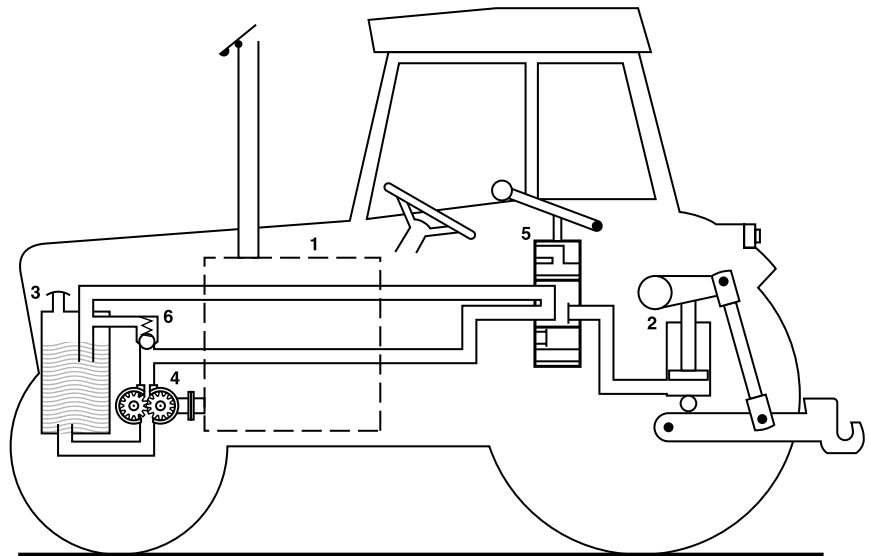
Fig. 1.2 De krik heeft een handpomp. Bij de heftruck wordt de pomp door een motor aangedreven.



Met hydraulische overbrengingen kun je grote krachten uitoefenen. Bovendien is een hydraulische overbrenging veiliger dan een mechanische overbrenging, omdat er maar weinig draaiende delen zijn. De snelheid van een hydraulisch aangedreven werktuig is traploos regelbaar. Een hydraulisch aangedreven werktuig is echter duurder in aanschaf dan een mechanisch aangedreven werktuig. Als er iets kapot gaat, zijn de reparatiekosten vaak hoger. Een hydraulisch systeem vereist goed onderhoud, waarbij het vooral van belang is het werktuig schoon te houden.

Om een trekker of werktuig goed te kunnen bedienen en onderhouden is het noodzakelijk dat je de hoofdonderdelen van een hydraulisch systeem kent en dat je inzicht hebt in de werking ervan. Op elke trekker maak je tegenwoordig gebruik van hydraulische overbrengingen. Denk maar eens aan de hef voor het optillen van werktuigen of voor het kiepen van een kipper.

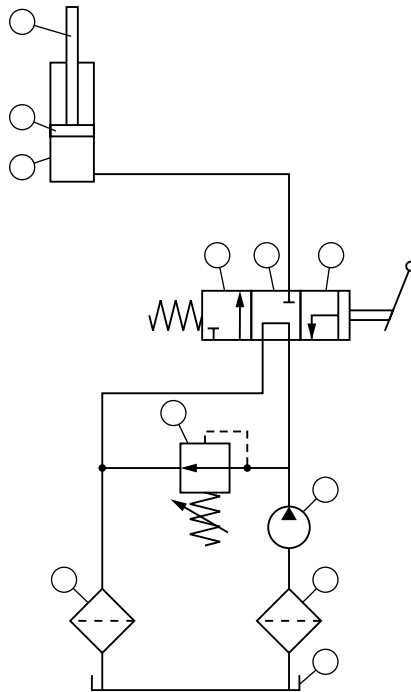
Fig. 1.3
De onderdelen van de
hydraulische installatie
bevinden zich verspreid
over de trekker.



In figuur 1.3 zie je een sterk vereenvoudigd schema van het hydraulisch systeem van een trekker. De filters zijn uit de tekening weggelaten. De dieselmotor (1) drijft de hydrauliekpomp (4) aan. Die zuigt de olie via een zuigleiding uit de tank (3) en perst deze via de persleiding door de stuurschuif (5). In de neutrale stand loopt de olie terug naar de tank via de retourleiding. Wordt de stuurschuif op heffen gezet, dan wordt de olie via de werkleiding naar de cilinder (2) geperst. Is de cilinder helemaal uit, dan kan de olie wegstromen via de veiligheidsklep (6). Vaak hoor je dan een piepend geluid. Tijdens het zakken stroomt zowel de olie van de pomp en de olie vanuit de cilinder langs de retourleiding terug naar de tank.

Om duidelijk te maken hoe een hydraulisch systeem werkt, wordt vaak gebruik gemaakt van *symbolentekeningen*. Hiermee kun je gemakkelijk de werking van het systeem begrijpen, zonder dat je hoeft te weten hoe elk onderdeel technisch gezien precies in elkaar zit. In figuur 1.4 is (bijna) hetzelfde hydraulische systeem getekend als in figuur 1.3, maar nu met symbolen.

Fig. 1.4
In een symbolentekening
kun je gemakkelijk de
werking van een systeem
begrijpen.



Je ziet dat er in figuur 1.4 veel minder lijnen staan dan in figuur 1.3. Hierdoor is de werking van het systeem overzichtelijker geworden. In figuur 1.5 staan de meest gebruikte symbolen.

f Benoem de volgende onderdelen in figuur 1.4 en vul de juiste nummers in.

cilinder = 1
tank = 2
pomp = 3
zuigerstang = 4
zuiger = 5
zuigfilter = 6
overdrukklep = 7
retourfilter = 8
neutrale stand = 9
hefstand = 10
daalstand = 11

- g Waar gaat de olie van de pomp naar toe als de cilinder in de hoogste stand staat?
h Welke onderdelen zijn extra toegevoegd aan figuur 1.4 in vergelijking met figuur 1.3?
i Waarom heeft de retourleiding tussen de stuurschuiף en de tank vaak een grotere diameter dan de andere leidingen?
j Wat is het doel van een symbolentekening?

1.2 Kracht, snelheid en vermogen

Als je een kipwagen lost, trek je aan een hendel op de trekker om de bak van de wagen omhoog te laten gaan. Die bak weegt misschien wel 15.000 kilo. De cilinder heeft dus heel veel kracht om de last op te tillen.

hydrostatica Hydraulische systemen werken volgens de wetten van de *hydrostatica*. Het grondbeginsel van de *hydrostatica* is de *Wet van Pascal*. Deze wet luidt: 'Druk die op een in rust zijnde vloeistof wordt uitgeoefend, plant zich in een gesloten vat in alle richtingen gelijkmatig voort.'

Kracht

In de praktijk houdt de Wet van Pascal onder andere het volgende in. Olie die onder druk staat, oefent een kracht uit op een zuiger. De grootte van die kracht is afhankelijk van de druk en de oppervlakte van de zuiger.

Kracht van cilinder (Newton) = werkdruk (Pascal) \times oppervlakte (m^2)

$$F = p \times A$$

F = kracht in Newton (N)

p = druk in pascal (Pa)

A = oppervlakte in m^2

1 Pa = 1 N/ m^2

1 Mpa = 10 bar

Voorbeeld

Een zuiger van een cilinder heeft een oppervlakte van $20 \text{ cm}^2 (= 0,002 \text{ m}^2)$.
De druk in het systeem kan maximaal 18 Mpa worden ($1 \text{ Mpa} = 1.000.000 \text{ Pa}$)

Hoeveel kracht (F) kan de cilinder maximaal uitoefenen als je geen rekening houdt met verliezen?

$$F = p \times A$$

$$F = 18.000.000 \text{ N/m}^2 \times 0,002 \text{ m}^2 = 36.000 \text{ Newton}$$

De cilinder kan dus een kracht uitoefenen van maximaal 36.000 Newton . Dat betekent dat deze cilinder maximaal een massa van ongeveer 3.600 kg kan optillen. Als je ervan uitgaat dat de cilinder een mechanisch rendement heeft van 90% , dan kan de cilinder 90% van $3.600 \text{ kg} = 3240 \text{ kg}$ tillen.

In dit voorbeeld is de oppervlakte van de zuiger gegeven. In de praktijk moet je die oppervlakte vaak zelf berekenen. Je meet dan de diameter (d) van de zuiger. De oppervlakte van de zuiger (cirkel) bereken je met de volgende formule:

$$\text{oppervlakte} = \frac{1}{4} B d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times \text{diameter} \times \text{diameter}$$

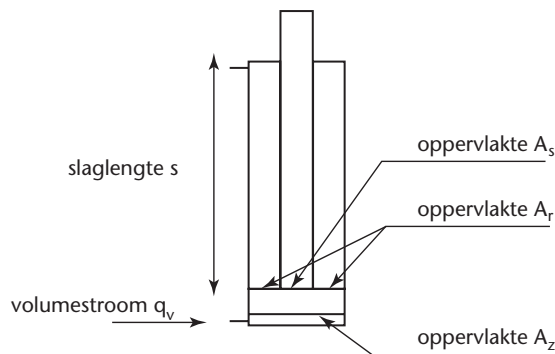
Als de diameter 10 cm is, is de oppervlakte van de zuiger dus:
 $0,25 \times 3,14 \times 10 \times 10 = 78,5 \text{ cm}^2$

Snelheid

De snelheid van een cilinder is afhankelijk van de volumestroom (= de hoeveelheid olie) die door de pomp geleverd wordt en de afmeting van de cilinder.

Fig. 1.6

Na hoeveel seconden is de zuiger boven?



Hoe lang duurt het uitgaan van de cilinder in figuur 1.6?

De volgende gegevens zijn bekend:

oppervlakte zuiger (A_z) = 20 cm^2 ;

slaglengte zuiger (s)

volumestroom (q_v) = $0,000333 \text{ m}^3$ per seconde

($333 \text{ cm}^3/\text{sec} = 0,000333 \times 60 \times 1000 = \pm 20 \text{ liter/minuut}$).

Volumestroom q_v (m^3/sec) = inhoud cilinder V (m^3) : tijd t (sec)

$$q_v = V : t$$

Daaruit volgt dat $t = V : q_v$

$V = A_z \times s$ (oppervlakte zuiger (m^2) \times slaglengte (m))

$$V = 0,002 \text{ m}^2 \times 0,5 \text{ m} = 0,001 \text{ m}^3$$

$$t = V : q_v = 0,001 : 0,000333 = 3 \text{ sec.}$$

Dit geldt voor de uitgaande slag van een enkel- of dubbelwerkende cilinder.

Om de snelheid van de ingaande slag van een dubbelwerkende cilinder te berekenen, moet je het ringoppervlak A_r aan de bovenkant van de zuiger uitrekenen, zie figuur 1.6.

Ringoppervlak $A_r =$ zuigeroppervlak $A_z -$ oppervlak zuigerstangdoorsnede A_s

Zuigeroppervlak $A_z = 20 \text{ cm}^2$

Oppervlak zuigerstangdoorsnede $A_s = 7 \text{ cm}^2$

$$\text{Ringoppervlak } A_r = 20 - 7 = 13 \text{ cm}^2$$

Bij pompen en hydromotoren wordt de volumestroom bepaald door de hoeveelheid olie die per omwenteling wordt verplaatst (het slagvolume) en het aantal omwentelingen per seconde.

volumestroom (m^3/sec) = slagvolume (m^3) \times toerental (aantal omwentelingen per seconde)

In formule:

$$q_v = V_m \times n$$

Voorbeeld

Het slagvolume van een hydromotor is 100 cm^3 (= $0,0001 \text{ m}^3$). De volumestroom is $0,0002 \text{ m}^3/\text{s}$.

Wat is het toerental van de hydromotor?

$$q_v = V_m \times n$$

$$0,0002 = 0,0001 \times n$$

$$n = 2$$

Het toerental van de hydromotor is 2 omwentelingen per seconde. Per minuut is dat $2 \times 60 = 120$ omwentelingen.

Vermogen

Het benodigde vermogen voor het aandrijven van een hydraulisch systeem wordt bepaald door de druk en de volumestroom.

vermogen (kW) = druk (Mpa) × volumestroom (l/min)/60

In formule:

$$P = p \times q_v / 60$$

In deze formule is de eenheid van q_v liter/minuut en niet m^3 /seconde, om te voorkomen dat je met heel grote of heel kleine getallen werkt. Om dezelfde reden is de eenheid van P kW en van p MPa.

Voorbeeld

Druk $p = 12$ MPa

Volumestroom $q_v = 40$ l/min

Hoeveel vermogen (P) is er nodig voor de aandrijving van dit systeem?

$$P = p \times q_v / 60$$

$$P = 12 \text{ MPa} \times 40 \text{ l/min} / 60 = 8 \text{ kW}$$

- Vragen 1.2**
- Hoe groot is de kracht (N) van een cilinder met een zuigeroppervlak van 10 cm^2 bij een druk van 10 MPa?
 - Hoeveel vermogen (kW) is er nodig om een volumestroom te leveren van 25 l/min bij een tegendruk van 10 MPa?

1.3 Afsluiting

Met hydraulische overbrengingen kun je grote krachten uitoefenen. Hydraulische overbrengingen worden daarom veel gebruikt in de landbouw. Op elke trekker maak je tegenwoordig gebruik van hydraulische overbrengingen, bijvoorbeeld voor het optillen van werktuigen of voor het kiepen van een kipper. Een heftruck werkt zelfs helemaal hydraulisch.

Een hydraulisch systeem bestaat uit vele onderdelen. Om duidelijk te maken hoe een hydraulisch systeem werkt, gebruik je vaak symbolentekeningen. Met zo'n tekening kun je gemakkelijk de werking van het systeem begrijpen, zonder dat je hoeft te weten hoe elk onderdeel technisch gezien precies in elkaar zit.

Hydraulische systemen werken volgens de wetten van de hydrostatica. Het grondbeginsel van de hydrostatica is de Wet van Pascal. Deze wet luidt: 'Druk die op een in rust zijnde vloeistof wordt uitgeoefend, plant zich in een gesloten vat in alle richtingen gelijkmatig voort.' In de praktijk houdt de Wet van Pascal onder andere het volgende in. Olie die onder druk staat, oefent een kracht uit op een zuiger. De grootte van die kracht is afhankelijk van de druk en de oppervlakte van de zuiger. De snelheid van een cilinder is afhankelijk van de volumestroom (= de hoeveelheid olie) die door de pomp geleverd wordt en de afmeting van de cilinder. Het benodigde vermogen voor het aandrijven van een hydraulisch systeem wordt bepaald door de druk en de volumestroom.

2 Hydraulische onderdelen

Oriëntatie

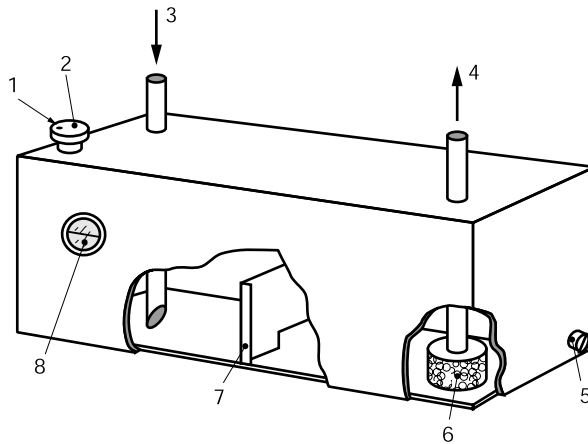
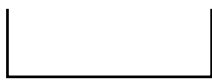
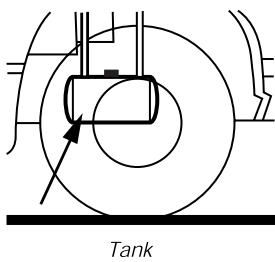
Een hydraulische overbrenging zorgt ervoor dat het vermogen van een (trekker)motor overgebracht wordt naar een cilinder of een hydromotor. In werktuigen en machines zie je zowel grote als kleine cilinders. Een cilinder is een onderdeel van een hydraulisch systeem. Andere hydraulische onderdelen zijn pompen en stuurschuiven. Zijn er ook grote en kleine pompen? Kun je een hydraulische pomp van een trekker zomaar verwisselen door een pomp van een heftruck? Is de stuurschuif op een graafmachine dezelfde als op een hakselaar?

2.1 Oliereservoir

In het oliereservoir zit de olievoorraad van het hydraulisch systeem. Bij een trekker wordt de achterbrug vaak gebruikt als reservoir. Grote oogstmachines hebben vaak een aparte hydrauliektank. Met een peilglas of peilstok controleer je het olieniveau. Via een vuldop vul je de olie bij. Omdat tijdens het gebruik van de machine het olieniveau daalt en stijgt moet lucht vrij in en uit het reservoir kunnen. Daarom zitten er in de vuldop vaak beluchtingsgaatjes. Een fijn filter in de vuldop houdt kleine stofdeeltjes tegen, terwijl een grof aanzuigfilter het grovere vuil uit de olie haalt. Soms is de aftapplug magnetisch. Deze aftapplug draai je uit het oliereservoir als je olie ververst. IJzerdeeltjes die hieraan hangen en kunnen bij het verversen van de olie worden verwijderd.

Bij sommige hydraulische installaties, onder andere bij enkele hydraulische graafmachines, wordt de tank onder druk gezet. De lucht boven de olie heeft een kleine overdruk en zorgt ervoor dat de olie naar de pomp wordt toe geduwd. Hierdoor heeft de pomp geen problemen met het aanzuigen van de olie.

Fig. 2.1 Het tussenschot zorgt ervoor dat het vuil kan bezinken.



- | | |
|------------------------|------------------|
| 1 beluchtingsgaatje | 5 aftapstop |
| 2 vuldop | 6 inlaatzeef |
| 3 terugvoerleiding | 7 tussenschot |
| 4 leiding naar de pomp | 8 oliepeilglasje |

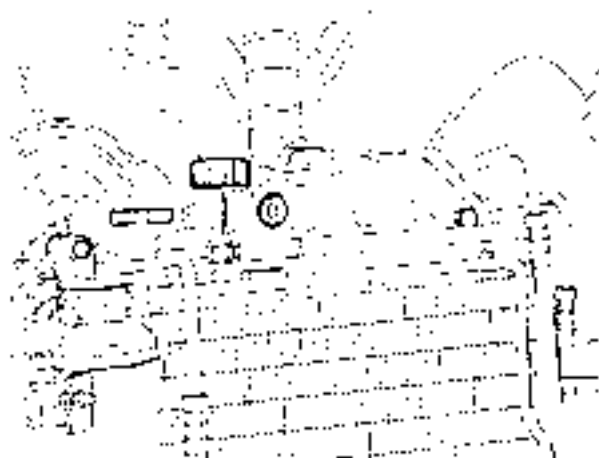
Doorsnede

Oliekoeler

De temperatuur van de olie kan stijgen bij het gebruik van een hydraulisch systeem. Daarom wordt bij grote hydraulische systemen een oliekoeler toegepast. De olie die terugkomt, gaat eerst door de oliekoeler en dan naar het reservoir. In trekkers wordt de oliekoeler vaak voor de radiator geplaatst, zodat eerst de oliekoeler wordt gekoeld en daarna pas de koelvloeistof.

Fig. 2.2

De oliekoeler zit soms voor de radiator van de trekker.



Vragen 2.1

- Waarmee en wanneer controleer je de olievoorraad van een hydraulisch systeem?
- Waarom moet er lucht in en uit het oliereservoir kunnen?

2.2 Pompen

Pompen zorgen ervoor dat de olie door het hydraulisch systeem wordt gepompt. Via de oliestroom wordt er energie overgebracht naar het aan te drijven onderdeel. Er zijn verschillende typen pompen. In de landbouw worden de volgende typen gebruikt:

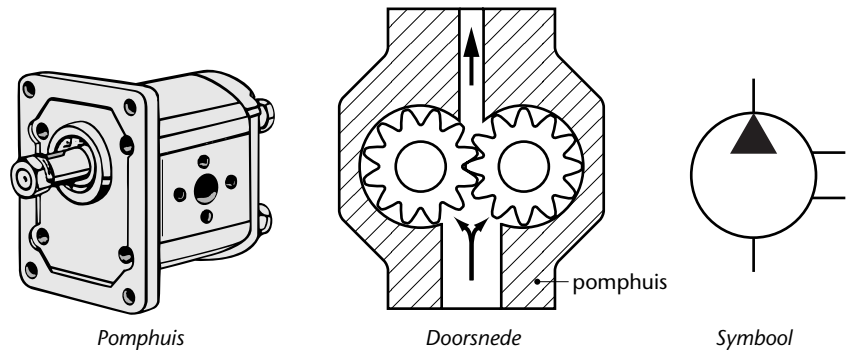
- tandwielpompen;
- plunjerpompen.

Die pompen kunnen een vaste opbrengst of een variabele opbrengst hebben. Een pomp met een vaste opbrengst verplaatst per omwenteling van de aandrijfjas een vaste hoeveelheid olie. Bij een pomp met een variabele opbrengst kun je de te verplaatsen hoeveelheid olie per omwenteling instellen.

Tandwielpompen

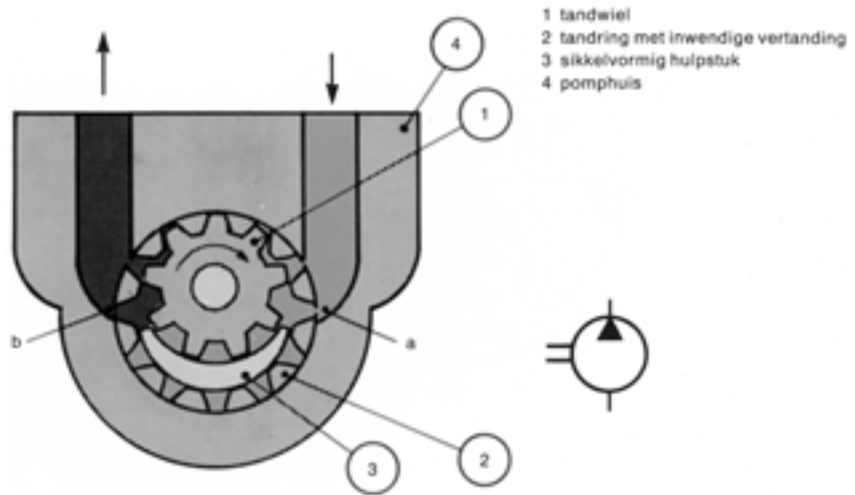
Tandwielpompen worden veel toegepast vanwege de eenvoudige constructie en de lage prijs. In het pomphuis zitten twee tandwielen, waarvan er één wordt aangedreven. Tijdens het draaien wordt de olie uit de tank aangezogen en tussen het tandwiel en het huis naar de perszijde van de pomp gevoerd. Meestal is de aansluiting op de zuigzijde groter dan die aan de perszijde. Hierdoor gaat het aanzuigen gemakkelijker.

Fig. 2.3
De olie gaat niet rechtdoor, maar via de buitenkant tussen het tandwiel en het pomphuis door.



Een variant op de tandwielpomp is de tandwielpomp met inwendige vertanding. Deze wordt veel als voedingspomp voor een hydraulisch circuit of als pomp voor de smering van motoren gebruikt. Beide tandwielen draaien in dezelfde richting. Op de plaats waar de tandwielen uit elkaar gaan, wordt er olie aangezogen. Op de plaats waar de tandwielen bij elkaar komen, wordt olie weg geperst.

Fig. 2.4
De tandring met binnenvertanding en het tandwiel met buitenvertanding draaien allebei rond.



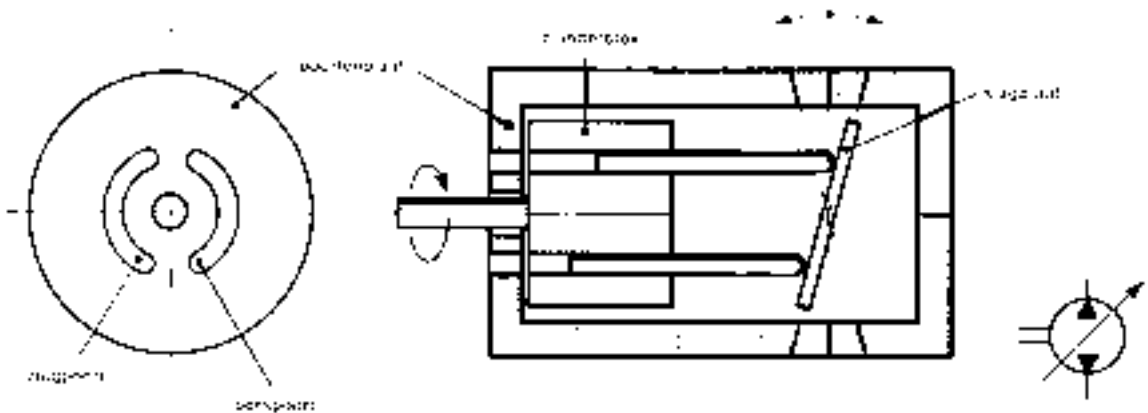
Plunjerpompen

*axiaalpompe
radiaalpompe*

Plunjerpompen worden toegepast op machines met veel hydrauliek. Deze pompen kunnen bij een hoge druk hoge opbrengsten leveren. Er zijn twee typen plunjerpompen: de *axiaalpompe* en de *radiaalpompe*.

De axiale plunjerpompe met vaste opbrengst werkt als volgt. De aandrijf-as draait de plunjers en het plunjerblok rond in het huis. De plunjers schuiven afwisselend in en uit. Hierdoor wordt er via de inlaat olie aangezogen en via de uitlaat olie weg geperst.

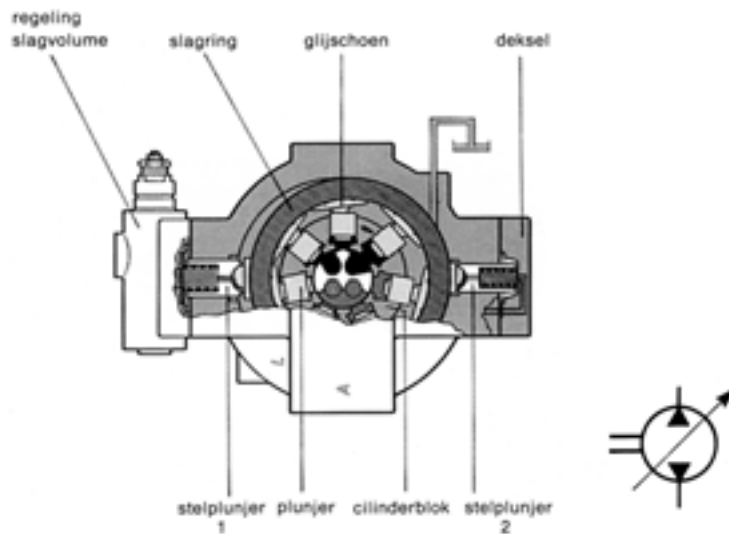
Fig. 2.5 De stand van de slagplaat bepaalt de opbrengst van de pompe.



Bij de verstelbare axiale plunjerpompe kan de pompopbrengst worden gevarieerd doordat de slagplaat, waaraan de plunjers bevestigd zijn, hydraulisch verstelbaar is. Zet je de slagplaat precies haaks op de aandrijf-as, dan is de opbrengst nul. Door de slagplaat te kantelen gaan de plunjers een slag maken en wordt er olie weg geperst. Als je de slagplaat naar de andere zijde kantelt, wordt daarmee ook de oliestroom omgekeerd. Dit type pompe wordt vaak gebruikt bij hydrostatische rijaandrijvingen. Je kunt dan de rijsnelheid traploos regelen, terwijl de dieselmotor toch een constant toerental draait.

Bij de radiale plunjerpompen staan de pomplunjers haaks op de aandrijfas. Via een regelmechanisme levert de pomp een constante druk.

Fig. 2.6
Door de excentriciteit te veranderen, verandert de slag van de plunjers.



Opbouw hydraulisch systeem

Het hydraulisch systeem van de trekker is van belang voor het aansluiten en laten werken van werktuigen. In het algemeen worden er op trekkers drie systemen toegepast, te weten: het constant-volumesysteem, het constant-druksysteem en het load-sensingsysteem.

Constant-volumesysteem

Bij het constant-volumesysteem wordt continu een bepaalde hoeveelheid olie rond gepompt. De hoeveelheid olie is afhankelijk van het toerental van de pomp. Dat betekent bijvoorbeeld dat de pomp op een trekker bij een stationair toerental van de dieselmotor minder olie levert dan bij volgas.

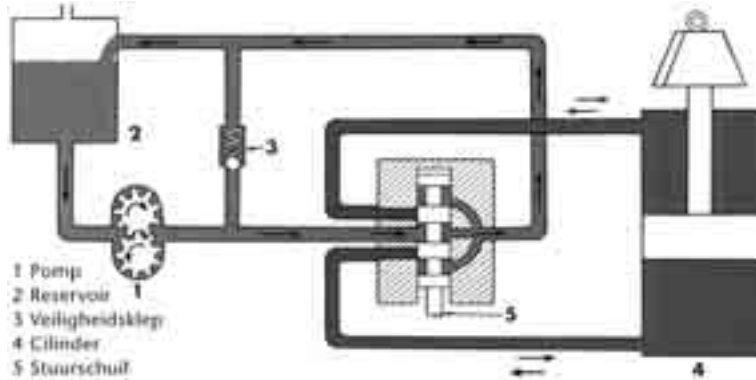
De olie wordt niet altijd gebruikt om een onderdeel op te tillen of aan te drijven. Als tijdens het werken met de trekker geen hydraulische onderdelen bediend worden, gaat de olie alleen maar vanaf de pomp naar de stuurschuif, en via de stuurschuif weer terug naar het reservoir. Dat betekent verspilling van energie, waarbij warmte vrijkomt. Omdat het systeem eenvoudig werkt en goedkoop is in aanschaf en onderhoud, wordt het toch veel toegepast.

De druk in het systeem wordt bepaald door de weerstand die de olie op zijn weg ondervindt. Bij het rondpompen wordt deze weerstand bepaald door de leidingen, kleppen, schuiven en filters waar de olie doorheen gaat. Een leiding met een kleine binnendiameter geeft meer weerstand dan een leiding met een grote binnendiameter. Bij een vervuild filter is de weerstand groter dan bij een schoon filter.

Als er een cilinder bediend wordt zal de weerstand die de olie ondervindt toenemen. De druk in de installatie loopt op. De pomp moet nu ondanks een hogere tegendruk toch dezelfde hoeveelheid olie leveren.

Fig. 2.7

In de neutrale stand kan de olie vanaf de pomp via de stuurschuif (5) bijna drukloos terug naar de tank.

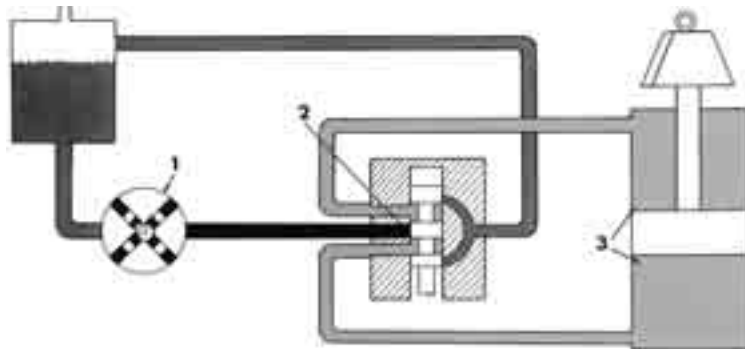


Constant-druksysteem

Vanwege de bezwaren van het constant-volumesysteem is het constant-druksysteem ontwikkeld. Het komt voornamelijk voor bij John Deere-trekkers. Bij het constant-druksysteem houdt een plunjerpomp met variabele opbrengst de olie tussen de pomp (1) en de stuurschuif (2) op een constante systeemdruk (bijvoorbeeld 190 bar). De pomp voelt de druk in de werkleiding. Als deze druk daalt, gaat de pomp weer olie leveren. Dit gebeurt als de stuurschuif (2) bediend wordt. Tijdens het bewegen van de cilinder (3) is de druk in de installatie afhankelijk van de belasting van de cilinder. Is de cilinder op het eind van z'n slag of wordt de stuurschuif weer in de neutrale stand gezet, dan neemt de druk weer toe. Indien de maximale druk bereikt is, levert de pomp geen olie meer. Wel blijft de druk in de installatie gehandhaafd.

Fig. 2.8

De olie van de pomp kan in dit systeem niet drukloos terug naar de tank.



Load-sensingsysteem

Het load-sensingsysteem (LS) is een verdere verfijning van de beide voorgaande systemen. Hierbij wordt zowel met de gevraagde volumestroom als met de gevraagde druk van de gebruiker rekening gehouden. Dit systeem wordt op trekkers vanaf 100 kW veel toegepast. Hiervoor is echter wel een extra voelerleiding nodig, de zogenaamde LS-leiding. Deze leiding meet de druk rechtstreeks bij de gebruiker, bijvoorbeeld bij de hydromotoren van het werktuig.

Met de bedieningshendel op de trekker kun je de hoeveelheid olie die naar een cilinder of hydromotor gaat, regelen. De hoeveelheid kun je ook instellen met de hoeveelheidsregeling op de stuurschuif. Dat is het knopje op de stuurschuif vlakbij de snelkoppelingen waar een haasje en een schildpad op staan.

Aansluiten hydraulisch systeem werktuig aan trekker

Het is noodzakelijk dat je weet met welk hydraulisch systeem je werkt. Sluit je een werktuig met een constant-volumesysteem aan op de trekker, dan moet de stuurschuif een open doorgang naar de retour van de trekker hebben. Is het werktuig echter uitgevoerd met een stuurschuif voor een constant-druksysteem, dan kan de olie niet weg en gaat de olie van de trekker continu door de veiligheidsklep.

Ook moet je weten hoe je de hoeveelheidsregeling op de stuurschuif van de trekker instelt als je bijvoorbeeld een elektrohydraulisch bediend stuurschuifblok van een aardappelrooier aansluit op de trekker. In de meeste gevallen zijn deze schuiven (nog) niet voorzien van load-sensing. Als de hydrauliekpomp op de trekker wel volgens het load-sensing systeem werkt, verlies je energie. Dit energieverlies van het hydraulisch systeem kun je beperken door de hoeveelheidsregeling op de stuurschuif van de trekker iets hoger af te stellen dan er maximaal door de hydrauliek van de aardappelrooier gevraagd wordt. Je doet dit als volgt.

- Stel het motortoerental van de trekker af op het toerental dat je gebruikt bij het rooien.
- Schakel een hydromotor in, bijvoorbeeld de hydromotor van de afvoerband.
- Als de snelheid van deze hydromotor apart regelbaar is, zet deze snelheid dan op maximum.
- Zet de hoeveelheidsregeling op de stuurschuif van de trekker op maximum.
- Draai deze hoeveelheidsregeling vervolgens terug totdat de afvoerband langzamer gaat draaien.
- Om de band toch het maximale toerental te laten draaien, stel je de hoeveelheidsregeling weer iets hoger in. Op deze manier zal de pomp de gewenste hoeveelheid olie leveren.
- Als tijdens het werken het toerental van de afvoerband afneemt bij het bedienen van cilinders, kun je de hoeveelheidsregeling op de stuurschuif van de trekker nog iets hoger afstellen.

Als je op deze manier de hoeveelheidsregeling op de trekkerstuurschuif instelt, voorkom je zo veel mogelijk dat de olie warm wordt.

Vragen 2.2

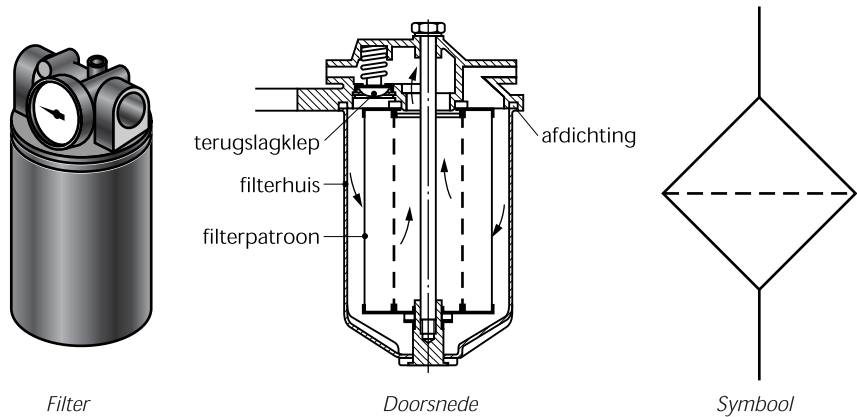
- a Wat is het verschil tussen de zuigzijde en de perszijde van een tandwielpompe?
- b Wat is het voordeel van een verstelbare pompe?
- c Wat is het verschil in werking tussen een constant-volume-systeem en een constant-druk-systeem?
- d Welke gevolgen heeft dit voor de bouw van de stuurschuif?

2.3 Filters

Filters halen verontreinigingen uit de olie.

Fig. 2.9

De olie gaat van buiten naar binnen door het filterelement.



Er bestaan verschillende filters. De filters kun je indelen naar hun plaats in het hydraulisch systeem. Je onderscheidt:

- zuigfilters;
- persfilters;
- retourfilters.

Zuigfilter

Een zuigfilter bevindt zich in het oliereservoir. Dit filter is gemaakt van zig-zag gevouwen papier. Het vuil dat groter is dan $60 - 100 \mu\text{m}$ ($1/1000 \text{ mm}$) wordt door het zuigfilter tegengehouden.

Persfilter

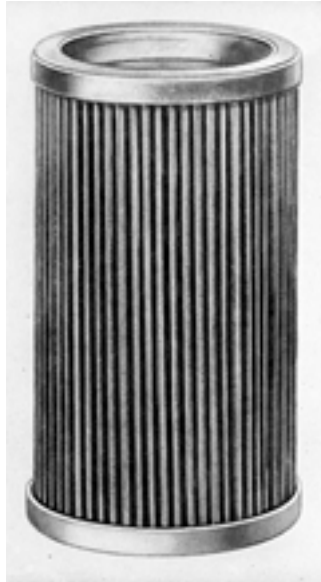
Een persfilter vind je in de persleiding als het belangrijk is dat de olie goed schoon blijft. Een persfilter filtert vuildeeltjes tot $1 \mu\text{m}$.

Retourfilter

Een filter in de retourleiding vangt de verontreinigingen op die binnenkomen via de snelkoppelingen. Vuildeeltjes die groter zijn dan $10 - 60 \mu\text{m}$ worden door dit filter opgevangen.

Na verloop van tijd worden filters vuil en neemt de doorstroomweerstand toe. De doorstroomweerstand kun je met een drukmeter of drukvoeler meten. Als je een drukvoeler gebruikt gaat er op het dashboard een lampje branden als de doorstroomweerstand te groot is. Afhankelijk van het type filter moet je dan het filter vervangen of reinigen.

Fig. 2.10
Een draadgaasfilter kun je reinigen.



full-flowfilters
bypassfilters

Filters die de volledige oliestroom filteren worden *full-flowfilters* genoemd. In sommige systemen worden *bypassfilters* gebruikt. Hierbij gaat er maar een deel van de olie door het filter. Doordat de olie rond gepompt wordt, zal op den duur alle olie een keer door het filter gaan.

Het bypassfiltersysteem wordt toegepast bij extra fijne filters (5 micron). Ze zijn te fijn om de totale hoofdstroom van de olie te verwerken.

Als er olie door een filter gaat, neemt het filterhuis de temperatuur aan van de olie. Als een bypassfilter vol met verontreinigingen zit, gaat er geen olie meer door en blijft het filter dus koud.

Vragen 2.3

- a Hoe fijn is het filter dat gebruikt wordt in de retourleiding? Met andere woorden: hoe groot zijn de vuildeeltjes die door dit filter gefilterd worden?

2.4 Kleppen en stuurschuiven

In een hydraulische installatie zitten diverse kleppen en schuiven. De belangrijkste zijn:

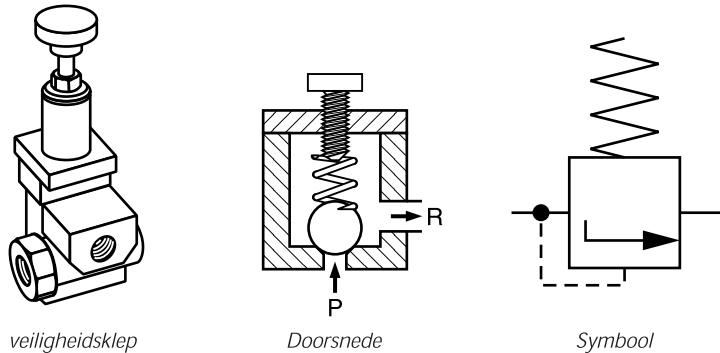
- de veiligheidsklep;
- de terugslagklep;
- smoring en stroomregelklep;
- stuurschuiven.

Veiligheidsklep

Elke hydraulische installatie is gemaakt voor een bepaalde, maximale druk. De veiligheidsklep zorgt ervoor dat de druk nooit te hoog oploopt. Als de druk te hoog wordt, wordt de klep tegen de veerdruk omhoog geduwd en kan de olie terug naar de tank. De veiligheidsklep op een trekker 'blaast af' bij een druk van ± 180 bar. Dit mag niet te lang duren, omdat de olie dan snel te heet wordt. De olie die ontsnapt door een veiligheidsklep, die afgesteld is op 180 bar, wordt ongeveer 10°C warmer. Deze opgewarmde olie gaat terug naar het reservoir. Daar daalt de temperatuur weer wat. Deze olie zal even later opnieuw door de pomp worden aangezogen en weer

door de veiligheidsklep geperst worden. Ook dan wordt de olie weer 10 °C warmer. Op deze manier zal de temperatuur van de olie steeds verder oplopen. Dit is slecht voor de kwaliteit en de levensduur van de olie. Tevens is het verspilling van energie. De energie die de pomp aan de olie meegeeft wordt alleen maar in warmte omgezet.

Fig. 2.11
De veiligheidsklep beschermt het systeem tegen overbelasting.

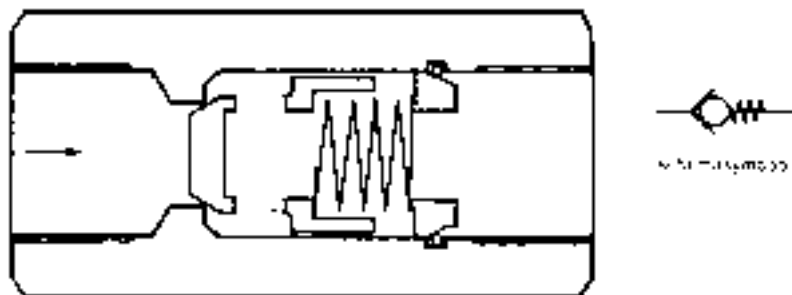


De veiligheidsklep op stuurschrijven is door de fabrikant ingesteld. Vaak is de schroefdoop die de verstelschroef afschermt, verzegeld. Verbreken van het zegel betekent 'einde garantie'.

Terugslagklep

De terugslagklep voorkomt dat de olie terugstroomt. Op die manier zal de pomp niet terugdraaien als de aandrijfbron wordt stilgezet. Ook in zuigleidingen bevinden zich vaak terugslagkleppen, zodat na het stoppen van de pomp de leiding gevuld blijft met olie. De slangbreukbeveiliging is een speciaal soort terugslagklep, die bijvoorbeeld direct aan de kipcilinder van een wagen wordt gemonteerd. Deze klep staat normaal open. Als de stuwdruk te groot wordt, bijvoorbeeld als de slang tussen de kipcilinder en de trekker barst, sluit de klep de leiding af en blijft de cilinder in zijn geheven stand staan. Hiermee wordt voorkomen dat een half geheven kipwagen bij het barsten van een slang met grote snelheid naar beneden komt. Pas als er tegendruk vanaf de trekker wordt gegeven, opent de klep zich weer. De slangbreukbeveiliging kan ook dichtslaan als een kipwagen te snel zakt. Dit merk je soms als je na het volledig kiepen de hendel meteen volledig op zakken zet.

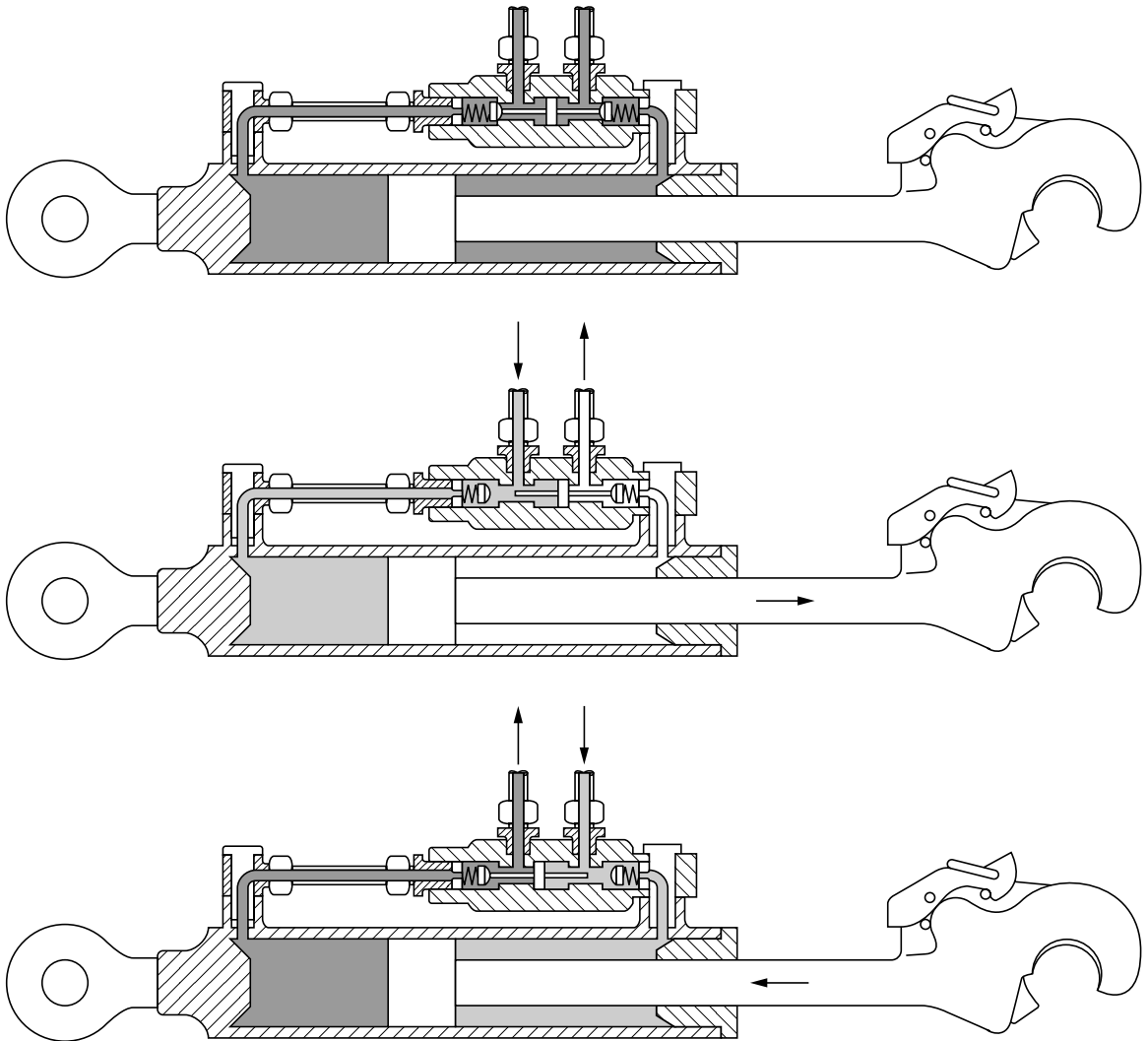
Fig. 2.12
Alleen in de richting van de pijl kan de olie door de terugslagklep.



Een dubbel gestuurde terugslagklep laat de olie wel door in de sperrichting. De hydraulische topstang is met zo'n terugslagklep uitgerust. In de neutrale stand zijn beide werkleidingen door de oliedruk op de terugslagkleppen afgesloten. Wordt er druk op de ene zijde gezet, dan zorgt deze oliedruk ervoor dat de stuurplunjer de klep

licht van de andere zijde. Hierdoor kan de olie wegstromen. Barst er een slang, dan werkt deze klep tegelijkertijd ook als slangbreukbeveiliger.

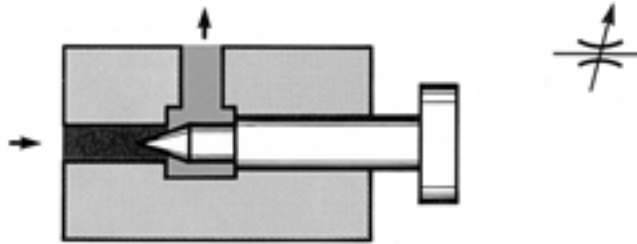
Fig. 2.13 Door de dubbel gestuurde terugslagklep kan een onbediende hydraulische topstang niet in of uit schuiven.



Smoring en stroomregelklep

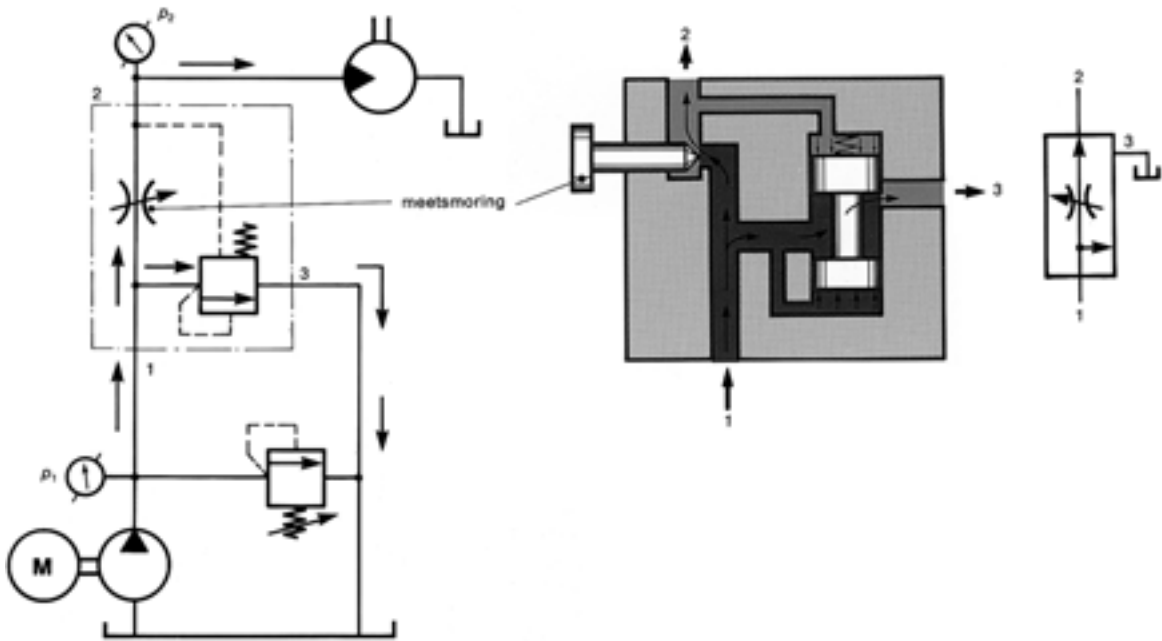
Een smoorklep wordt gebruikt om de hoeveelheid olie te regelen. Je kunt deze klep vergelijken met een waterkraan. Draai je de kraan dicht, dan komt er minder water uit. De rest van de olie wordt via de veiligheidsklep afgeblazen, terug naar de tank. Verandert de druk of verandert de belasting, dan is de snelheid dus niet constant. De smoorklep wordt toegepast als de olie maar gedurende korte tijd wordt gesmoord. Dit is het geval bij cilinders.

Fig. 2.14
De smoorklep wordt toegepast om de snelheid van cilinders te regelen.



Moet de hoeveelheid olie gedurende lange tijd worden geregeld, dan zijn stroomregelkleppen nodig. Deze regelen constant de volumestroom, onafhankelijk van de druk en de belasting. Een voorbeeld waarbij stroomregelkleppen gebruikt worden, is de hydraulische haspelaandrijving van een combine. De hoeveelheid olie die niet nodig is, loopt via de retouraansluiting terug naar de tank.

Fig. 2.15 Als je de stroomregelklep gebruikt, verandert de snelheid van de hydromotor niet, ook niet bij een wisselende belasting.



Stuurschuiwen

Stuurschuiwen zijn er om de oliestroom in de juiste richting te sturen. Afhankelijk van de toegepaste cilinder, motor of schakeling worden verschillende soorten toegepast. In een hydraulisch schema wordt de stuurschuiw aangeduid met een rechthoek. Aan de symbolen kun je zien hoe de oliestroom loopt.

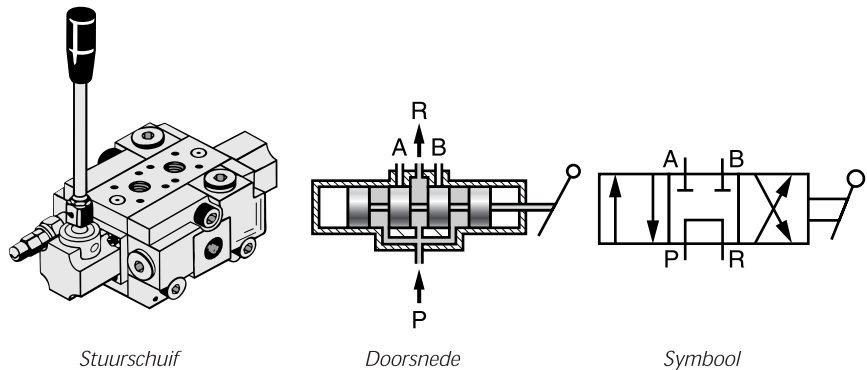
Een stuurschuiw kan in verschillende schakelstanden worden gezet. Voor elke schakelstand is er in de rechthoek een vierkant getekend, waarin met pijlen de stroomrichting van de olie staat aangegeven. De stuurschuiw wordt altijd in de onbediende of neutrale stand weergegeven. Bij de aansluitingen van de stuurschuiw in de symbolentekening staan letters, zie figuur 2.16. Deze letters staan vaak ook in

werkelijkheid op de stuurschuif. Op die manier weet je, als je een schuif vervangt, op welke plaatsen je een leiding moet vastmaken.

Verder worden schuiven aangeduid met een code. Een '4/3 schuif' is bijvoorbeeld zo'n code. Hierbij geeft het eerste cijfer het aantal aansluitingen aan, in dit geval dus vier. Het tweede cijfer geeft het aantal standen van de schuif aan. Deze schuif heeft drie standen. In figuur 2.17 zie je een voorbeeld van een 4/3 stuurschuif.

Fig. 2.16

Aan het symbool kun je zien hoe de olie stroomt.



*handbediende
stuurschuif*

De stuurschuiven worden met de hand, elektromagnetisch of hydraulisch bediend. Om de hendel van de *handbediende stuurschuif* in een bepaalde stand te kunnen laten staan, gebruik je een arrêtering. Bij trekkers wordt die arrêtering vaak toegepast voor de daalstand. Het is ook mogelijk om de hendel in de bediende stand te laten staan, totdat er een bepaalde druk bereikt is. Als de druk hoger wordt, springt de hendel terug. In de andere gevallen komt de hendel weer terug in de neutrale stand door de veren in de stuurschuif.

*elektromagnetische
bediening*

Om de hydrauliek op werktuigen te bedienen, vindt steeds meer *elektromagnetische bediening* plaats. Via magneetspoelen wordt de schuif in een andere stand gezet. Een geleidelijke overgang van de neutrale stand naar bijvoorbeeld de hefstand is bij elektromagnetische bediening niet altijd mogelijk.

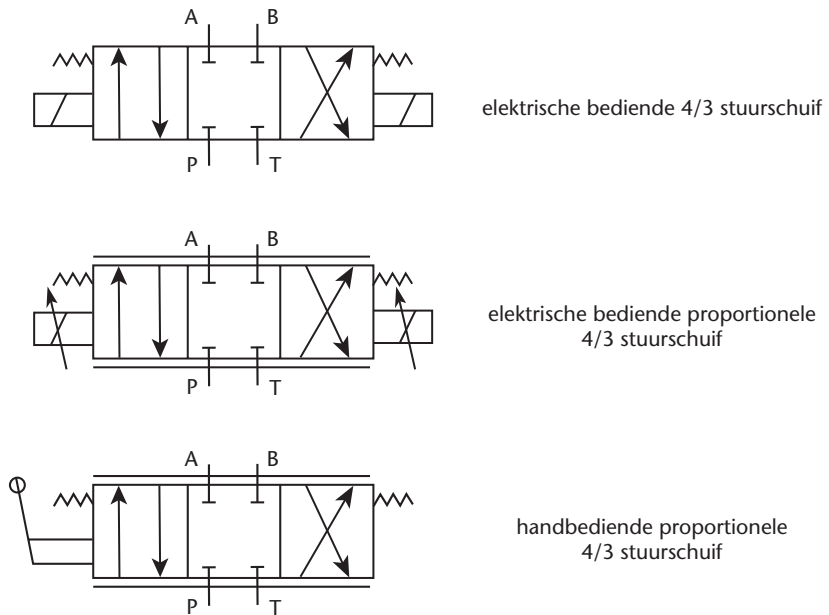
proportionele bediening

Bij moderne werktuigen wordt er daarom gebruik gemaakt van *proportionele bediening*. Hierbij is het wel mogelijk om de stand van de schuif, ook elektrisch, geleidelijk te laten verlopen van neutraal naar heffen of zakken. Hierdoor kan ook de snelheid van de bediende cilinder op afstand elektromagnetisch geregeld worden.

servoschuiven

Naast deze proportionele schuiven zijn er ook *servoschuiven*. Dit zijn extreem nauwkeurig gefabriceerde proportionele schuiven. Servoschuiven worden meestal in combinatie met een cilinder gebruikt waarbij de positie van die cilinder nauwkeurig geregeld moet worden. Op de cilinder zit een positieopnemer. Het signaal van de positieopnemer wordt vergeleken met de gewenste positie. Als dit niet overeenkomt wordt de servoschuif bediend totdat de cilinder de gewenste stand heeft bereikt.

Fig. 2.17
De twee lijnen langs de schuif geven aan dat de doorlaat van de schuif variabel is.

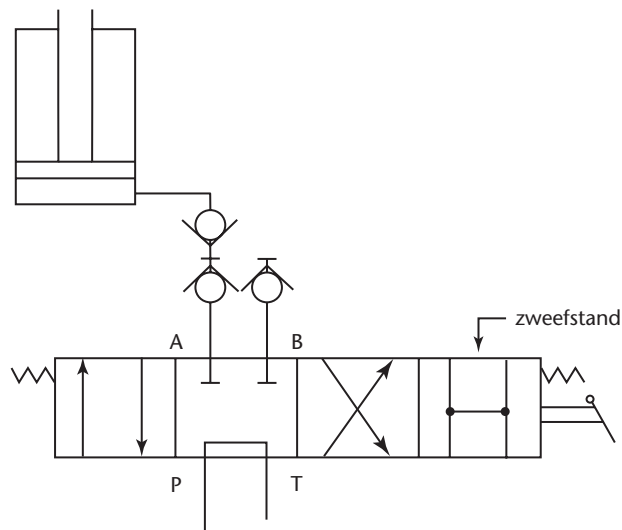


hydraulisch bediend

Stuurschouven kunnen ook *hydraulisch bediend* worden. Dit is vooral het geval bij geautomatiseerde bewegingen. Een voorbeeld hiervan is een mestinjecteur waarbij de injecteur eerst in de grond gezet wordt en pas daarna de toevoer geopend wordt.

Op de trekker komen vaak stuurschouven voor met vier standen. Deze standen zijn: heffen, neutraal, zakken en zweefstand. Als er een dubbelwerkende cilinder wordt bediend, gebruik je de standen heffen, neutraal en zakken. Is er echter een enkelwerkende cilinder aangesloten, bijvoorbeeld de cilinder van een kipwagen, dan gebruik je bij het zakken van deze cilinder de zweefstand. Hierdoor wordt de olie die eigenlijk naar de niet gebruikte snelkoppeling gaat terug gebracht naar de tank. Als bij het zakken van een enkelwerkende cilinder de gewone stand zakken wordt gebruikt, gaat de olie via de overdrukklep terug naar de tank. Dit kost energie en de olie wordt onnodig warm.

Fig. 2.18
Bij het ingaan van de enkelwerkende cilinder wordt de zweefstand gebruikt.



Vragen 2.4

- a Hoe weet je dat de veiligheidsklep werkt?
- b Op welke manieren kun je een stuurschuif bedienen?
- c Wanneer moet er een slangbreukbeveiliging gebruikt worden?
- d Wanneer pas je een gestuurde terugslagklep toe?
- e Wat is het verschil tussen een smoring en een stroomregelklep?
- f Teken een schema in symbolen met een pomp, een veiligheidsklep, een stuurschuif en een hydromotor.
- g Teken een schema in symbolen met een pomp, een veiligheidsklep, een stuurschuif en een enkelwerkende cilinder.

2.5 Leidingen en snelkoppelingen

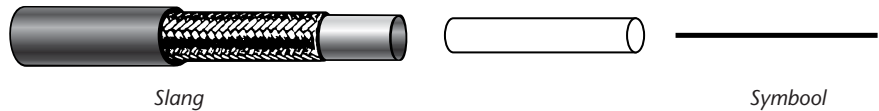
Leidingen kun je op twee manieren indelen: naar functie en naar toegepast materiaal. In figuur 2.19 zijn leidingen ingedeeld naar functie. Vaak worden letters of symbolen bij de aansluitingen gezet. De meest toegepaste letters of symbolen staan in figuur 2.19.

Fig. 2.19
Indeling van leidingen
naar functie

Soort	Functie	Letter(s) of teken	Druk
<u>Zuigleiding</u>	Zuigt de olie uit het reservoir	IN →	Onderdruk (< 0 bar)
<u>Persleiding</u>	Leidt de olie van de pomp naar de stuurschuif	P; → IN	Hoge druk (100 – 800 bar)
<u>Retourleiding</u>	Leidt de olie van de stuurschuif naar de tank	T; R; S OUT ←	Lage druk (0 – 5 bar)
<u>Werkleiding</u>	Leidt de olie van de stuurschuif naar het hydraulisch onderdeel	A; B; C	Hoge druk (100 – 800 bar)
<u>Lekolie leiding</u> - - - - -	Leidt de lekolie terug naar de tank	T R	Lage druk (0 – 1 bar)
<u>Stuurleidingen</u> - - - - -	Zet een stuurschuif in een andere stand	X; Y; Z	Matige druk (0 – 100 bar)

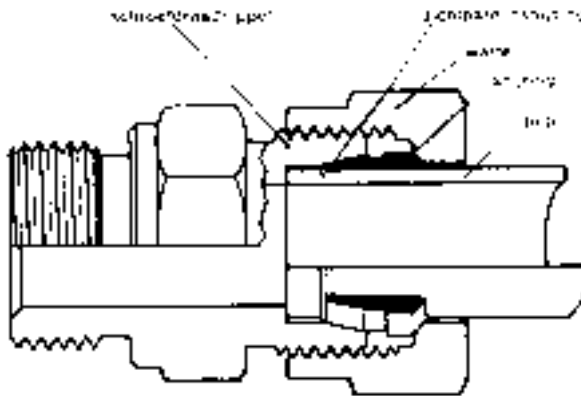
Afhankelijk van de constructie van de pomp worden stalen leidingen of slangen gebruikt. Slangen zijn flexibel en worden toegepast op die punten waar de machine of het werktuig moet kunnen bewegen. Dikwijls zijn de slangen voorzien van een wapening. Hoe zwaar de wapening is, hangt af van de druk die de slang moet kunnen verdragen. Normaal is één draadversterking voldoende, maar voor hogere drukken kunnen twee of zelfs drie draadversterkingen toegepast worden. Een slang met een grote binnendiameter moet bij een zelfde druk meer wapening hebben dan een slang met een kleine binnendiameter. Let erop dat de slangen niet gedraaid, te strak of met een scherpe bocht worden gemonteerd.

Fig. 2.20
Slang met één
draadversterking



Stalen leidingen zijn bedrijfszeker en relatief goedkoop. De montage is vrij eenvoudig. De verbindingen worden gemaakt met zogeheten snijringverbindingen, zie figuur 2.21. Bochten maak je met een buigijzer of hulpstukken. Aangezien leidingen door de warmte uitzetten, mogen twee onderdelen niet met rechte stalen leidingen worden verbonden. Er moet altijd een bocht in worden opgenomen omdat de uitzettende leiding anders geen kant op kan en barst.

Fig. 2.21
De snijring snijdt in de
leiding.



Snelkoppelingen

Snelkoppelingen worden gebruikt om de olieleidingen bij een werktuig aan en af te koppelen. In de snelkoppeling zitten klepjes, zie figuur 2.22. In afgekoppelde toestand zijn die klepjes gesloten. Als je een werktuig aankoppelt, drukken de twee klepjes elkaar van hun zitting en is de snelkoppeling geopend. Bij het afkoppelen van een snelkoppeling moet je er rekening mee houden dat de af te koppelen slang drukloos is. Als je dat niet doet, bestaat de kans dat de snelkoppeling niet vast komt te zitten als je het werktuig opnieuw aankoppelt, omdat het klepje aan de werktuigkant vanwege de tegendruk niet geopend kan worden. Als je de snelkoppeling niet vast kunt maken omdat er nog druk op de slang van het werktuig staat, zorg er dan voor dat de cilinders die nog niet helemaal ingeschoven staan, ontlast worden. Draai daarna de slang voorzichtig een beetje los. Op deze manier kan de olie langzaam weg lekken. De druk valt weg. Maak de snelkoppeling weer vast en draai ook de losgemaakte slang weer vast.

Er zijn snelkoppelingen die je wel onder druk kunt aankoppelen.

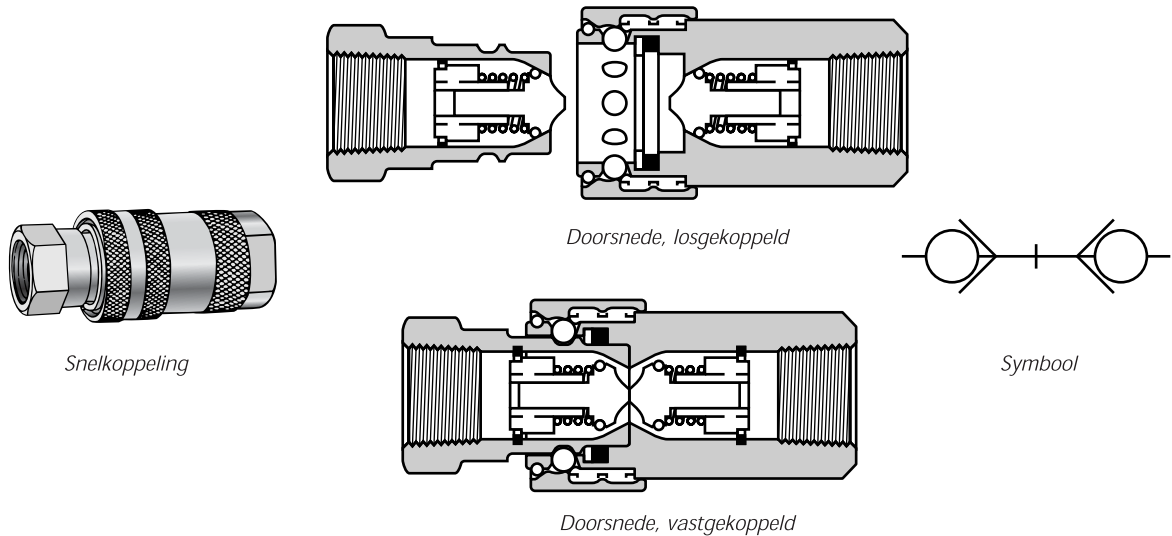
Als je een werktuig afkoppelt en je vergeet de slangen los te maken, zou je de slangen kapot kunnen trekken en een klein werktuig kunnen omtrekken als je wegrijdt met de trekker. Om dit te voorkomen laten de meeste snelkoppelingen los als er hard aan de slang getrokken wordt.

Tijdens het aan- en afkoppelen kan er wat olie lekken. De meeste trekkers hebben een systeem om deze lekolie op te vangen.

Snelkoppelingen zijn een grote bron van vuil in het systeem. Reinig ze daarom zorgvuldig voordat je ze aansluit. Plaats na het loskoppelen de afdekdoppen op de snelkoppeling om vuil tegen te houden.

Na verloop van tijd slijten de afdichtingsringen, waardoor lekkage ontstaat. Vervang deze ringen dus tijdig.

Fig. 2.22 In gekoppelde toestand drukken de klepjes elkaar open.

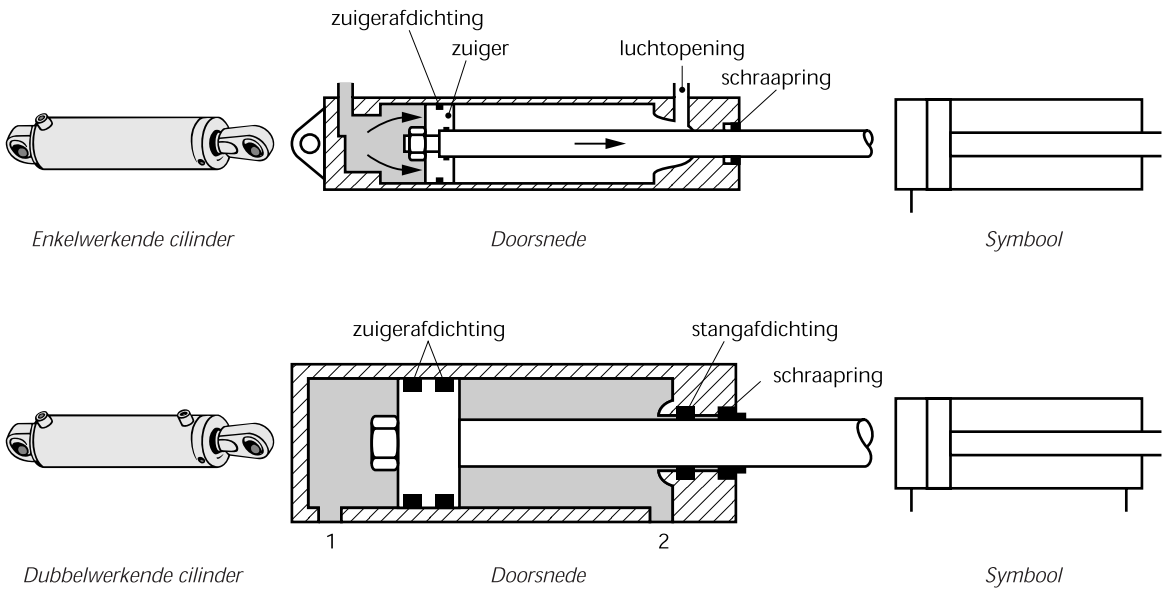


- Vragen 2.5**
- Is er op een werktuig verschil tussen de pers- en de retourleiding? Verklaar je antwoord.
 - Waarom schieten snelkoppelingen los als je er hard aan trekt?

2.6 Cilinders

Cilinders zie je op talloze werktuigen. Denk maar aan de hefinrichting van een trekker, kipwagens, kranen en voermengwagens. Met een enkelwerkende cilinder kan alleen een kracht in één richting worden uitgeoefend. De zuiger moet door het opgetilde gewicht worden teruggeduwd. Dit is het geval bij bijvoorbeeld de eenvoudige hef van een trekker. Soms wordt een veer of accumulator gebruikt om de zuiger weer terug te duwen. Dit gebeurt bij bijvoorbeeld de afsluiter van een giertank.

Fig. 2.23 Een enkelwerkende cilinder kan één kant op werken.

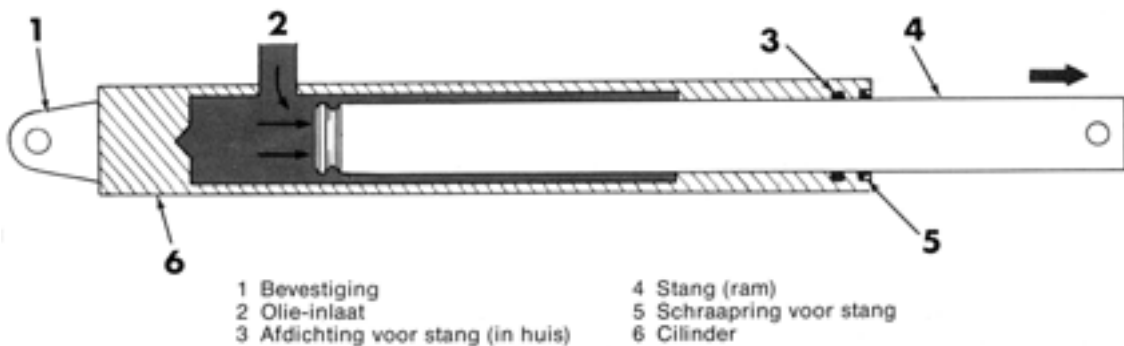


De zuigerwand en de cilinderwand zijn zeer glad afgewerkt. Deze gladheid en de afdichtingen zorgen ervoor dat er geen olie uit de cilinder kan lekken. De schraapring voorkomt dat vuil via de zuigerstang naar binnen komt. Door de zuigerafdichting of het zuigermanchet kan er geen olie langs de zuiger weglekken. Voorkom beschadigingen aan de zuigerstang, omdat anders de schraapring en de afdichtingen niet goed meer werken.

enkelwerkende cilinder

De *enkelwerkende cilinder* komt in verschillende uitvoeringen voor. Naast de cilinder met zuiger heb je de plunjercilinder. Bij deze cilinder bevindt de afdichting zich in de cilinderwand. De stang is dik, waardoor de kans op verbuiging zeer klein is. Ook is er geen luchtopening nodig.

Fig. 2.24 De plunjercilinder hoeft geen luchtopening te hebben.



telescoopcilinder

Een bijzondere uitvoering van de enkelwerkende cilinder is de *telescoopcilinder*. Deze cilinder wordt bijvoorbeeld toegepast op kippers en dumpers. Een telescoopcilinder is in trappen uitschuifbaar. Omdat het oppervlak van de cilinder groot is, kun je er grote krachten mee uitoefenen.

Fig. 2.25
 Bij vrachtwagens zit de telescoopcilinder aan de voorkant.



dubbelwerkende cilinder

Een *dubbelwerkende cilinder* wordt door de oliedruk zowel in- als uitgeschoven. De snelheid en de kracht die worden uitgeoefend zijn verschillend bij de in- en uitgaande slag. Voor de besturing van de voorwielen van de trekker wordt gebruik gemaakt van een doorlopende zuigerstang, die deze verschillen weer opheft.

Vragen 2.6

- a Wat is de functie van de volgende onderdelen van een cilinder?
 - schraapring
 - afdichtingsring
 - zuigermanchet
- b Waarom is de uitgeoefende kracht bij het in- en uitgaan van de dubbelwerkende cilinder verschillend van grootte?
- c De functies van de onderdelen van een cilinder staan in de tabel.

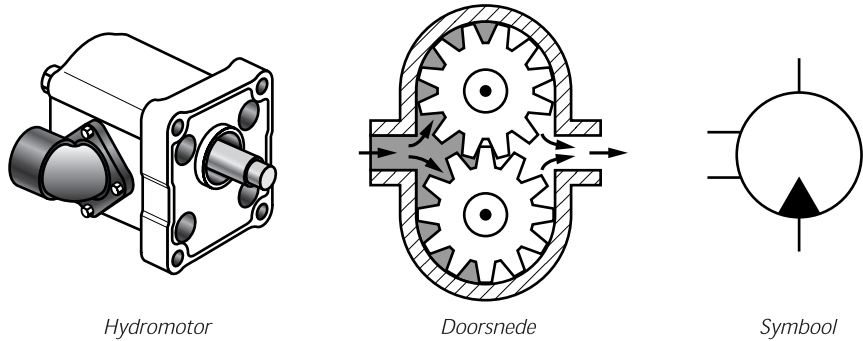
Onderdeel	Functie
Schraapring	schraapt het vuil van de zuigerstang, zodat het de cilinder niet in kan
Afdichtingsring	zorgt ervoor dat de olie niet langs de zuigerstang naar buiten lekt
Zuigermanchet	zorgt ervoor dat de olie niet van de ene kant naar de andere kant kan lekken

- d De uitgeoefende kracht bij het in- en uitgaan van de dubbelwerkende cilinder is verschillend van grootte, omdat het oppervlak aan de steelkant kleiner is dan aan de onderkant van de zuiger. De kracht aan de steelkant is daardoor ook kleiner, want: $\text{kracht} = \text{druk} \times \text{oppervlak}$. Bij gelijkblijvende druk geeft een kleiner oppervlak een kleinere kracht.

2.7 Hydromotoren

Hydromotoren zijn motoren die aangedreven worden door een oliestroom. Ze worden gebruikt om assen aan te drijven. Hydromotoren kunnen traploos in snelheid worden geregeld. Meestal gebeurt dit door de toegevoerde hoeveelheid olie te variëren.

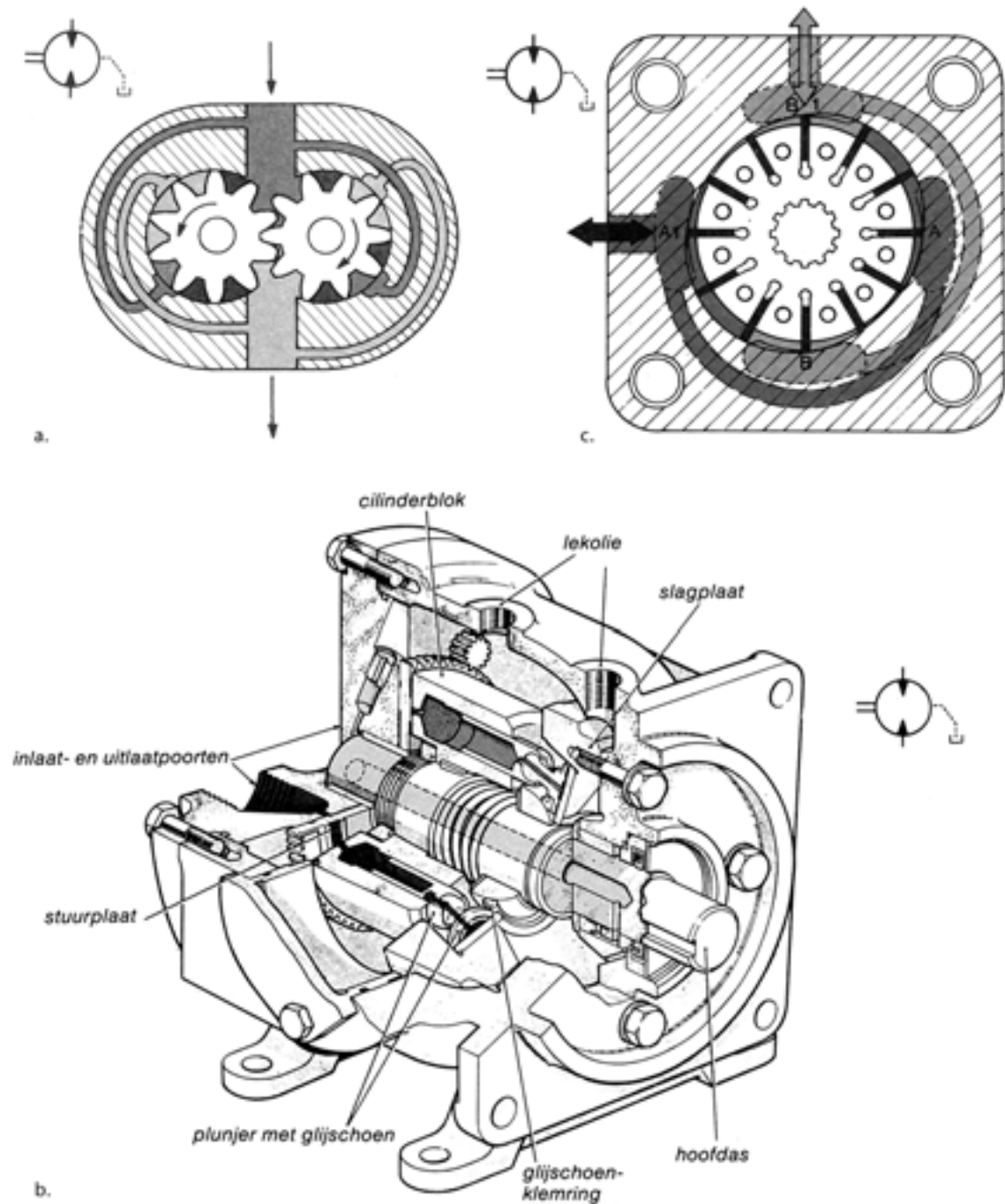
Fig. 2.26
Tandwielmotoren
draaien relatief snel.



tandwielmotor
plunjeromotor
schottenmotor

De meest toegepaste hydromotoren zijn de *tandwielmotor*, de *plunjeromotor* en de *schottenmotor*. Een tandwielmotor heeft dezelfde bouw als een tandwielpomp. De pomp en de motor zijn echter niet zonder meer verwisselbaar. De constructie van de afdichtingen verschilt.

Fig. 2.27 De meest toegepaste hydromotoren zijn de tandwielmotor (a), de plunjermotor (b) en de schottenmotor (c).



Naast de 'gewone' tandwielmotor is er een tandwielmotor met inwendige en uitwendige vertanding. Bij deze motor is per asomwenteling relatief veel olie nodig. Daardoor is deze motor geschikt voor aandrijving van assen met lage snelheden, bijvoorbeeld bij een bodemkettingaandrijving van een opraapwagen.

Voor wiel aandrijvingen wordt veel gebruik gemaakt van de plunjer motor. Bij een plunjer motor in combinatie met een verstelbare pomp is de rijsnelheid in beide richtingen variabel. De hydrostatische rijaandrijving van grote oogstmachines werkt volgens dit principe.

Fig. 2.28

Als deze plunjer motor linksom draait (vanaf de as gezien), dan is poort A de inlaat en poort B de persaansluiting van de pomp.



Vragen 2.7 a Noem drie typen hydromotoren.

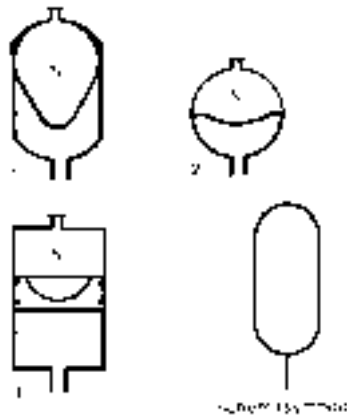
2.8 Overige componenten (onderdelen)

Naast alle leidingen, kleppen en cilinders bestaat een hydraulische overbrenging ook nog uit een accumulator en een drukkemeter.

Accumulator

Een accumulator is een metalen bol die gedeeltelijk met olie en gedeeltelijk met gas is gevuld, zie figuur 2.29. Een accumulator is in staat energie op te slaan en weer af te geven. In de meeste gevallen gebruik je de accumulator om drukpieken in het hydraulische systeem op te vangen. Ook om druk op het systeem te houden of als veerelement is de accumulator inzetbaar. In de landbouw vind je deze toepassing op combines (maaibek), opraapwagens (mesbeveiliging) en trekkers (hefinrichting). Alle typen accumulators die in de hydrauliek gebruikt worden, zijn gevuld met stikstof. De luchtge vulde accumulators kunnen namelijk explosiegevaar opleveren bij hoge drukken.

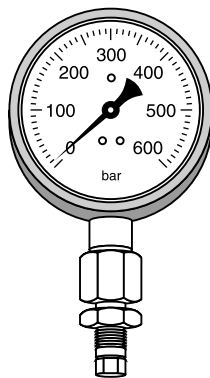
Fig. 2.29
 In de accumulator wordt de olie van de stikstof gescheiden door een rubberen membraan of een zuiger.



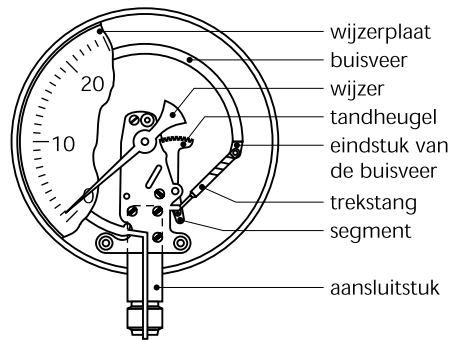
Drukmeter

De drukmeter geeft de druk in het hydraulisch systeem weer. Afhankelijk van het systeem worden er soms meerdere exemplaren geplaatst.

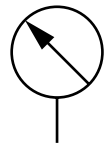
Fig. 2.30
 Glycerine in de drukmeter voorkomt dat de wijzer gaat trillen.



Manometer



Doorsnede



Symbol

- Vragen 2.8**
- Wat is het doel van een accumulator in een hydraulisch systeem?
 - Op welke machines of werktuigen komen accumulators voor?
 - Welke vloeistof zit er in een drukmeter (manometer)?
 - Wat is de functie van de vloeistof in de drukmeter?

2.9 Afsluiting

Een hydraulisch systeem bestaat uit vele onderdelen, onder andere uit:

- een oliereservoir;
- pompen;
- filters;
- kleppen en stuurscherven;
- leidingen en snelkoppelingen;
- cilinders;
- hydromotoren.

In een oliereservoir zit de olievoorraad van het hydraulisch systeem. Bij een trekker is de achterbrug vaak het reservoir. Grote oogstmachines hebben meestal een aparte hydrauliektank.

Pompen zorgen ervoor dat de olie door het hydraulisch systeem wordt gepompt. Via de oliestroom wordt er energie overgebracht naar het aan te drijven onderdeel. Er zijn verschillende typen pompen.

Filters halen verontreinigingen uit de olie. Er bestaan verschillende filters. De filters kun je indelen naar hun plaats in het hydraulisch systeem. Er zijn zuigfilters, persfilters en retourfilters.

In een hydraulische installatie zitten diverse kleppen en schuiven. De belangrijkste zijn:

- de veiligheidsklep;
- de terugslagklep;
- smoring en stroomregelklep;
- stuurschuiven.

Leidingen kun je op twee manieren indelen: naar functie en naar toegepast materiaal. Vaak worden letters of symbolen bij de aansluitingen gezet.

Cilinders zie je op talloze werktuigen. Met een enkelwerkende cilinder kan alleen een kracht in één richting worden uitgeoefend. De zuiger moet door het opgetilde gewicht worden teruggeduwd. Dit is het geval bij bijvoorbeeld de eenvoudige hef van een trekker. Soms wordt een veer of accumulator gebruikt om de zuiger weer terug te duwen. Dit gebeurt bij de afsluiter van een giertank.

Hydromotoren zijn motoren die aangedreven worden door een oliestroom. Ze worden gebruikt om assen aan te drijven. Hydromotoren kunnen traploos in snelheid worden geregeld. Meestal gebeurt dit door de toegevoerde hoeveelheid olie te variëren.

3 Onderhoud van hydraulische installaties

Oriëntatie

Dat je onderhoud moet plegen om storingen te voorkomen, heb je al vaker gehoord. Meestal gaat het dan over smering en dergelijke. Maar bij een hydraulische installatie werkt alles toch al met olie, dus wat moet je dan nog onderhouden?

3.1 Noodzaak onderhoud

Goed onderhoud betekent in de praktijk zorgen voor de aanwezigheid van voldoende schone olie van de juiste samenstelling en de juiste temperatuur in de hydraulische installatie. De vraag is hoe je dat doet. Hoe zorg je voor schone olie? Hoe komen die verontreinigingen dan in de olie?

Verontreinigingen kunnen in de hydraulische installatie terechtkomen:

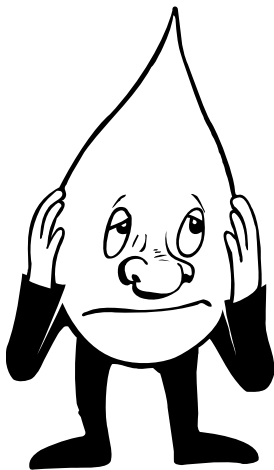
- tijdens het repareren van de installatie;
- tijdens het (bij)vullen van de reservoirs (olie verversen);
- tijdens het beluchten (bij het uitgaan van een cilinder zakt het oliepeil en komt er lucht binnen);
- tijdens het gebruik, door slijtage van de onderdelen;
- via de snelkoppelingen.

Verontreinigingen veroorzaken roestvorming, verstoppingen van de filters en beschadiging van hydraulische onderdelen. Schurende vuildeeltjes veroorzaken weer nieuwe vuildeeltjes. Door vervuiling daalt de pompopbrengst, gaan afdichtingen lekken en sluiten kleppen niet meer goed. Hierdoor zakt bijvoorbeeld een werktuig langzamer dan normaal. Je kunt voorkomen dat er zo weinig mogelijk vuil in het systeem komt door netjes te werken. Hou daarom het werktuig, de werkomgeving én de olie goed schoon!

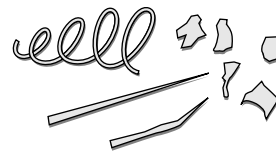
Naast het zorgen voor schone olie moet je ook zorgen voor voldoende olie. Te weinig olie kan betekenen dat er lucht in de installatie komt. Dit geeft 'verende' cilinders. Ook de pomp zal door te weinig olie beschadigen. Als je olie bijvult, zorg dan voor de juiste kwaliteit van de olie.

Fig. 3.1 De olie schoonhouden is een belangrijk onderdeel van goed onderhoud.

Vervuilende stoffen zijn:



Water en zuur



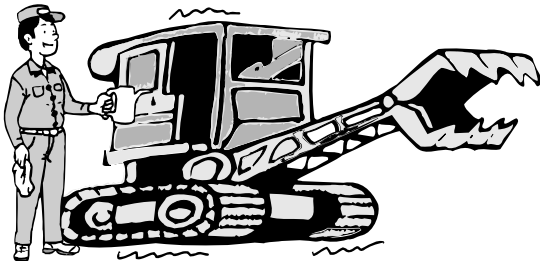
Metaaldeeltjes en splinters



Pluisjes en vezels



Stof, zand, stukjes van keerringen en verf



Vervuiling veroorzaakt:

- verstopt raken van filters;
- roestvorming
- beschadiging van hydraulische onderdelen

De gevolgen daarvan kunnen zijn:

- de pompbrendst wordt minder;
- afdichtingen gaan lekken
- kleppen sluiten niet goed af

Veiligheid

Voordat je aan het onderhoud begint, moet je aan je eigen en andermans veiligheid denken. Neem daarom de volgende regels in acht.

- Laat de hydraulisch bediende apparatuur altijd in ruststand zakken voordat je de machine of het werktuig verlaat.
- Zet de machine of het werktuig op een plaats waar geen kinderen bij kunnen komen.
- Ondersteun een werktuig met bokken als het werktuig omhoog moet blijven staan. Vertrouw nooit op de hefinrichting!
- Ondersteun een uitstaande cilinder van een kipwagen met een U-balk of hoekijzer als je onder de bak werkt.
- Werk nooit aan een hydraulisch systeem als de motor draait.
- Ontlast alle olieleidingen voordat je de olieleidingen of de filters losmaakt.
- Accumulators blijven soms op druk, ook al staat de motor uit. Ontlast de accumulators eerst.
- Olie is soms nog heet. Let daarop als je olie ververs en als je aan leidingen werkt.

- Vragen 3.1**
- a Olie speelt een belangrijke rol in een hydraulische installatie. Noem vier eisen waaraan olie moet voldoen om schade aan het systeem te voorkomen.

3.2 Onderhoudswerkzaamheden en storingen

Onderhoud en storingen hebben veel met elkaar te maken. Goed onderhoud voorkomt veel storingen. Onderhoud betekent ook het constateren van kleine storingen die grote storingen tot gevolg kunnen hebben.

Onderhoudswerkzaamheden aan hydraulische installaties bestaan uit de volgende werkzaamheden:

- olie, oliereservoirs en oliekoelers controleren;
- filters controleren, reinigen of vervangen;
- olieleidingen en snelkoppelingen controleren;
- pompen controleren;
- cilinders controleren;
- hydromotoren controleren;
- stuurschuiven, smoringen, veiligheidskleppen en stroomregelkleppen controleren.

Deze werkzaamheden komen hier aan de orde.

Olie, oliereservoirs en oliekoelers

Olie, oliereservoirs en oliekoelers controleer je dagelijks. Dit doe je als volgt.

- Controleer het olieniveau in het reservoir met een peilplug, peilstok of peilglas. Als je het olieniveau controleert moeten de cilinders zo veel mogelijk ingeschoven zijn.
- Controleer of de ontluchting werkt en of er vuil in het ontluchtingsfilter zit. Reinig het filter regelmatig.
- Als je meer olie moet bijvullen dan gebruikelijk, kijk dan of er lekkages zijn.
- Vul olie bij met de juiste oliesoort. Meng geen verschillende oliesoorten!
- Controleer het systeem op luchtbellens of schuimende olie. Als je luchtbellens of schuimende olie ziet, betekent dat een lek in het systeem.
- Is de olie melkachtig dan zit er water in het systeem. Probeer de oorzaak te achterhalen.
- Houd de temperatuur van de olie tijdens het gebruik voortdurend in de gaten via de temperatuurmeter. De ideale bedrijfstemperatuur ligt rond de 50 °C. In de praktijk komen ook hogere temperaturen voor, soms tot 80 °C. Als de temperatuur van de olie hoger is dan 50 °C veroudert de olie snel.
- Voel voorzichtig aan de leidingen als je iets niet vertrouwt.
- Let op de oliedruk via de oliedrukmeter(s).
- Blaas oliekoelers schoon met perslucht.
- Zorg dat de ventilatorbladen schoon blijven.
- Span en vervang de V-snaar van de oliekoeler op tijd.

Filters

Filters vangen vuildeeltjes op. Deze deeltjes blijven in het filter, waardoor op den duur het filter verstopt raakt. Daarom moet je het volgende doen.

- Maak vuile of verstopte filters regelmatig schoon volgens het voorschrift van de fabrikant.

- Vervang wegwerpfilters na het voorgeschreven aantal gebruiksuren.
- Smeer afdichtingsringen voor montage in met hydrauliekolie.

Olieleidingen en snelkoppelingen

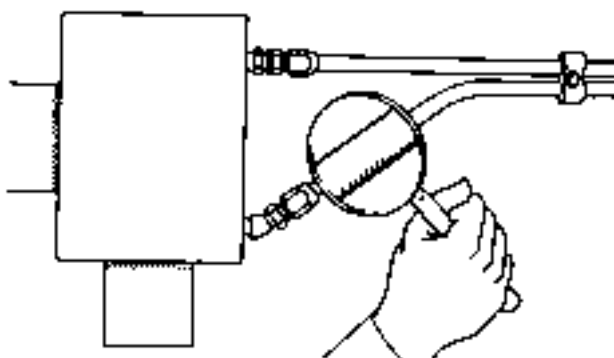
Bij leidingen en snelkoppelingen bestaat het onderhoud uit het controleren ervan. Olieleidingen en snelkoppelingen kunnen lekken. Om te voorkomen dat lekkages ontstaan moet je de olieleidingen en snelkoppelingen controleren op beschadiging of kansen op beschadiging. Bescherm leidingen tegen scherpe onderdelen of beklemming. Lekkages kun je als volgt herkennen.

- Een lekkage in een zuigleiding zal de olie in het reservoir doen borrelen en schuimen.
- Lekkage in leidingen en slangen die onder druk staan, ontdek je doordat ze gaan 'zweten' of omdat de olie er direct uitspuit.

Lekkages in olieleidingen moeten direct worden verholpen. Dat geldt ook voor lekkages in snelkoppelingen. Als je lekkages ontdekt, hou je dan aan de volgende regels.

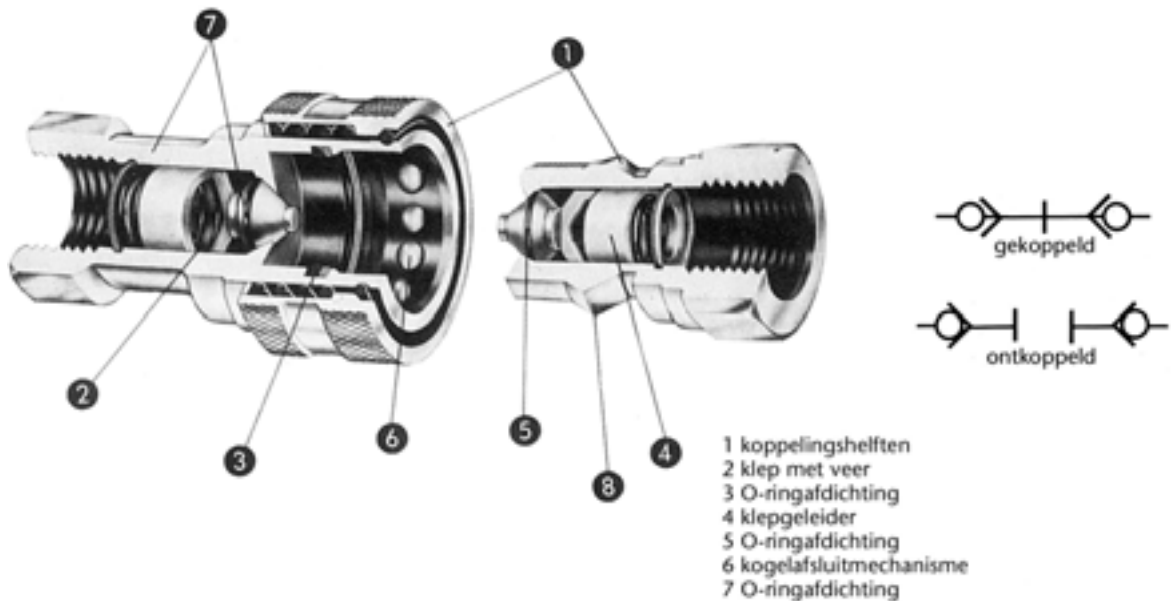
- Probeer de lekkage meteen op te sporen en te verhelpen.
- Olie staat onder hoge druk. Kom dus nooit met je handen of vingers in de buurt van een lek.
- Ga na of de slangen scheurtjes vertonen. Hoe dieper de scheurtjes zijn, hoe groter de kans op lekkage is. Als slangen schuren en regelmatig bewegen, ontstaan op den duur barsten in de slangen.
- Olie damp wijst op kleine lekkages.
- Monteer de slangen en leidingen op de juiste manier. Draai verbindingen goed aan. Doe dit met twee sleutels, zodat de leiding niet wordt getordeerd.
- Controleer verbogen of beschadigde leidingen op breuken. Als je twijfelt vervang je de leiding.

Fig. 3.2
Controleer leidingen op beschadigingen.



- Maak snelkoppelingen goed schoon met een doek.
- Bescherm snelkoppelingen na gebruik met de plastic doppen.
- Vervang bij lekkende snelkoppelingen de afdichtingsringen. Als de snelkoppeling blijft lekken nadat hij afgekoppeld is, kan de afdichtingsring (figuur 3.3) van het afsluitklepje beschadigd zijn.

Fig. 3.3 Snelkoppeling met keerringen



Pompen

Beschadigingen aan het uitwendige van pompen zorgt voor een afname van de prestaties van de pomp. De pomp levert minder olie en kan een minder hoge tegendruk overwinnen. Belangrijke oorzaken van deze beschadigingen zijn:

- verontreinigde olie;
- verkeerde olie;
- onjuist gebruik van de pomp, bijvoorbeeld bij koude olie een hoog toerental gebruiken;
- overbelasting van de pomp;
- cavitatie;
- slecht onderhoud van de hydraulische installatie.

Om storingen van de pomp te voorkomen moet je bij het onderhoud de volgende punten steeds goed in de gaten houden.

- Zorg voor schone olie.
- Gebruik de voorgeschreven oliesoort.
- Controleer of uitwendig gemonteerde pompen lekken bij de leidingaansluitingen en bij de asafdichting.
- Overbelast de pomp niet door bijvoorbeeld het toerental of de druk te verhogen. Verdubbeling van de druk verkort de levensduur met een factor acht.
- Zorg dat er door de pomp geen lucht aangezogen kan worden, want anders ontstaat cavitatie. Cavitatie ontstaat als de olieaanvoer naar de pomp niet goed is. Bij het aanzuigen van de olie ontstaan er dan luchtbelllen in de olie. Deze luchtbelllen klappen aan de perszijde door de hogere druk weer in elkaar. Dit gaat met grote krachten gepaard. Metaaldeeltjes van de pomponderdelen en het huis kunnen hierbij los geslagen worden. De pomp maakt hierbij veel lawaai en kan zwaar beschadigd worden.

-
- Controleer of de olie onder de toegestane maximumtemperatuur blijft. Te hete olie verouderd snel waardoor de pomp sneller slijt dan normaal.
 - Als de pomp onvoldoende olie krijgt, bijvoorbeeld door een verstopt filter, zal de pomp warm lopen en beschadigen.

Cilinders

Hydraulische cilinders zijn compact en betrekkelijk eenvoudig. Het onderhoud van cilinders bestaat uit het voorkomen van beschadiging van de zuigerstang. Dit houdt in:

- dat je voorkomt dat er vuil gaat vastzitten op de zuigerstang. Zet daarom cilinders zo veel mogelijk ingeschoven als je stopt met werken.
- dat cilinders niet goed bestand zijn tegen zijdelingse krachten. Daarom moeten draaipunten regelmatig worden gesmeerd. Speling, slijtage en beschadiging van de draaipunten mogen er niet zijn, omdat de zuigerstang dan zijdelings wordt belast en de keerringen kapotgaan.

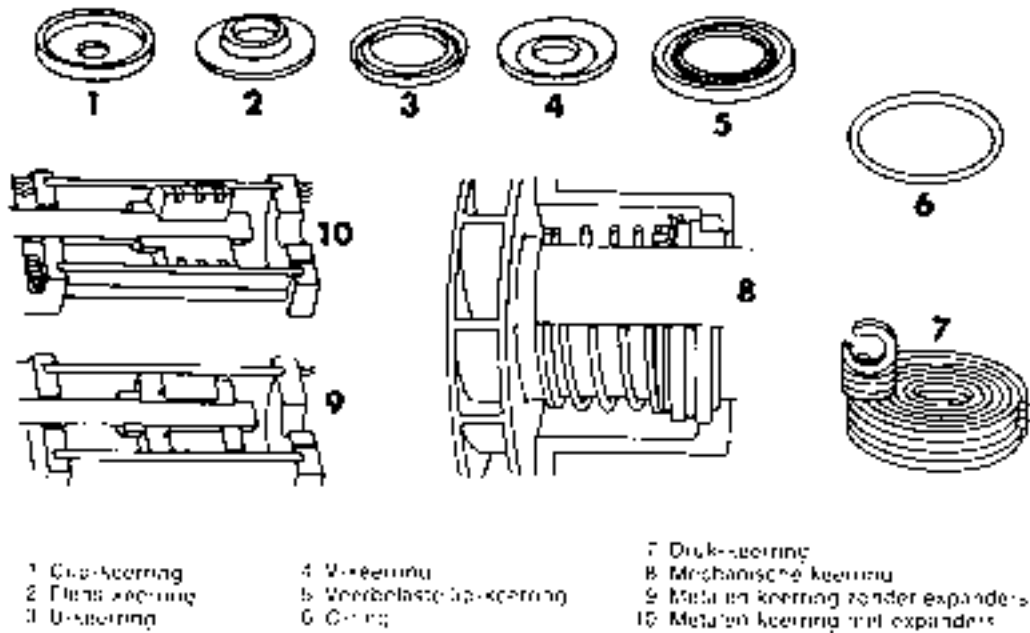
Bij cilinders komen de volgende storingen voor:

- uitwendige en inwendige lekkages;
- doorzakken van de cilinder;
- langzame werking;
- wringen van de zuigerstang;
- beschadigingen aan zuigerstang of plunjer.

Ook voor de hydraulische cilinder geldt dat zorgvuldig onderhoud de kans op storingen aanzienlijk verkleint.

- Als olie langs de zuigerstang of plunjer lekt, moet je controleren of de keerring juist gemonteerd is en of er slijtage is. Zorg ervoor dat de lip van de keerring naar de onder druk staande olie is gericht.
- Inwendige lekkage ontstaat doordat de zuigerafdichting lekt. Is dit het geval, vervang dan de zuigerafdichting.
- Als de cilinder geheel doorzakt, ligt de oorzaak vaak bij de stuurschuif.
- Langzame werking van de cilinder ontstaat doordat er lucht in de cilinder zit. Is de hele machine of het werktuig traag, dan ligt de oorzaak bij de pomp of is de olie te dik.

Fig. 3.4 Verschillende hydraulische keerringen



Hydromotoren

Belangrijke oorzaken van storingen bij hydromotoren zijn:

- te weinig olie;
- verkeerde olie;
- overbelasting;
- gebrekkig onderhoud;
- verkeerde bediening;
- mechanische gebreken;
- te veel tegendruk in de leleiding.

Het onderhoud van een hydromotor is betrekkelijk eenvoudig.

- Hou voortdurend in de gaten of de temperatuur van de hydromotor niet te hoog oploopt. Een te hoge temperatuur leidt al gauw tot ernstige schade.
- Zorg ervoor dat er voldoende olie van het juiste type in het reservoir zit en dat de oliekoeler goed werkt.
- Controleer of de afdichtingen en aansluitingen van de hydromotor lekken.
- Overbelast de motor niet, dus verander de druk en het maximumtoerental niet.
- Zorg ervoor dat de motor goed vast zit aan de constructie en goed in lijn ligt, zodat er geen wringing of onbalans optreedt.
- Zorg ervoor dat de lekolie ongehinderd via de lekolieliding terug naar de tank kan stromen.

Stuurschuiven, smoringen, veiligheidskleppen en stroomregelkleppen

Schuiven, smoringen en kleppen zijn met grote precisie gemaakt. De belangrijkste storingen ontstaan door:

- vervuilde olie;
- water in het systeem;
- foute bediening.

Om storingen te voorkomen voer je de volgende onderhoudswerkzaamheden uit.

- Ververs de olie volgens voorschrift. Vuile olie verstoort de werking, waardoor schuiven en kleppen niet goed sluiten.
- Zorg ervoor dat er geen water in de machine komt. Water veroorzaakt roest en is fataal voor de werking van hydraulische componenten.
- Gebruik de schuiven en kleppen volgens voorschrift. Een onjuiste bediening, zoals het smorend bedienen van schuiven en kleppen, veroorzaakt schade.
- Controleer ten slotte of de druk nog overeenkomt met de voorgeschreven waarde.

Storing zoeken

storingen Als je de hydraulische installatie goed en tijdig onderhoudt, kunnen *storingen* zo veel mogelijk voorkomen worden. Als er toch een storing ontstaat, is het belangrijk snel de oorzaak te achterhalen en de storing te verhelpen. Daarvoor is het nodig dat je de werking van de hydraulische installatie kent. De volgende vragen kunnen je helpen bij het opsporen van de storing.

- Is de storing belast en onbelast hetzelfde?
- Heeft het toerental van de pomp invloed?
- Hoor je de veiligheidsklep werken?
- Wordt de olie warmer dan normaal?

Als je de antwoorden op deze vragen weet, weet je waar je de storing moet zoeken. Met testapparatuur kun je dan de onderdelen die mogelijk storing veroorzaken testen. Die testapparatuur bestaat vaak uit een kast waardoor olie heen kan stromen. De testkast meet de druk, de doorstroomhoeveelheid en de temperatuur. Een smoring in de testkast maakt het mogelijk om een belasting van de hydraulische installatie te simuleren.

In figuur 3.5 is het onderhoud van hydraulische systemen nog eens samengevat.

Fig. 3.5 Een voorbeeld van een onderhoudstabel voor hydraulische installaties. Bij de puntjes in de tabel kunnen eventueel ook nog bedrijfsuren worden ingevuld.

	Dagelijks voortdurend	Na eerste bedrijfsuren	Maandelijks	Halfjaarlijks	Jaarlijks	Na monsteronderzoek
Accumulator:						
✓ Voordruk		10-50		•	•	
Tank:						
✓ Olieniveau	•					
✓ Olietemperatuur	•					
✓ Controle lekkage	•					
✓olie vervangen		50		•	•	•
✓ Oliemonster						
Filters:						
✓ Vervuilingindicator controleren	•					
✓ Filterelementen vervangen		10-50	•		•	
Pompen en motoren:						
✓ Aandrijving controleren		10-50		•	•	
✓ Aansluitingen controleren		10-50		•	•	
✓ Afdichtingen controleren		10-50		•	•	
Kleppen en stuurschouven:						
✓ Afstelling druk- en stroomregelkleppen		10-50	•		•	
✓ Werking stuurschouven en kleppen	•	10-50	•		•	
Cilinders:						
✓ Visuele controle zuigerstang			•	•		
✓ Controle vuilafstriker			•	•		
✓ Controle uitwendige lekkage			•	•		
✓ Reinigen en smoren draaipunten	•		•	•		

- Vragen 3.2**
- Wanneer kunnen er verontreinigingen in een hydraulische installatie ontstaan?
 - Noem enkele gevolgen van verontreinigingen in een hydraulische installatie.
 - Noem enkele maatregelen om tijdens het onderhoud veilig te werken.
 - Waardoor gaat de olie in een hydraulische installatie schuimen?
 - Hoe zie je dat er water of condenswater in de olie zit?
 - Waarom moet je goed op de drukmeter letten?
 - Welk onderhoud heeft een oliekoeler nodig?
 - Wat is de oorzaak van oliedamp?
 - Waarom moet je een koppeling altijd met twee sleutels aandraaien?
 - Welk onderhoud verricht je aan een snelkoppeling?
 - Wat zijn de belangrijkste oorzaken van storingen aan de pomp?
 - Wat is cavitatie?

-
- m Welke invloed hebben het toerental en de druk op de levensduur van de pomp?
 - n Waarom mag een pomp niet te warm worden?
 - o Noem enkele onderhoudspunten van een cilinder.
 - p Wat gebeurt er als de zuigerafdichting van een cilinder lekt?
 - q Hoe merk je als gebruiker dat er lucht in een cilinder zit?
 - r Waardoor ontstaan de meeste motorstoringen?
 - s Welke oorzaken kun je noemen van het slecht werken van kleppen en schuiven?
 - t Hoe vaak moet bij een hydraulische installatie de olie worden ververs?
 - u Waarom is de aftapplug magnetisch?

3.3 Afsluiting

Het goed onderhouden van een hydraulische installatie betekent in de praktijk zorgen voor de aanwezigheid van voldoende schone olie van de juiste samenstelling en de juiste temperatuur. Daarnaast moet je ook zorgen voor voldoende olie. Te weinig olie kan betekenen dat er lucht in de installatie komt. Dit geeft 'verende' cilinders. Ook de pomp zal door te weinig olie beschadigen. Als je olie bijvult, zorg dan voor de juiste kwaliteit van de olie.

Voordat je aan het onderhoud begint, moet je aan je eigen en andermans veiligheid denken.

Goed onderhoud voorkomt veel storingen. Onderhoud betekent ook het constateren van kleine storingen die grote storingen tot gevolg kunnen hebben.

Onderhoudswerkzaamheden aan hydraulische installaties bestaan uit de volgende werkzaamheden:

- olie, oliereservoirs en oliekoelers controleren;
- filters controleren, reinigen of vervangen;
- olieleidingen en snelkoppelingen controleren;
- pompen controleren;
- cilinders controleren;
- hydromotoren controleren;
- stuurschuiven, smoringen, veiligheidskleppen en stroomregelkleppen controleren.

4 Pneumatiek

Oriëntatie

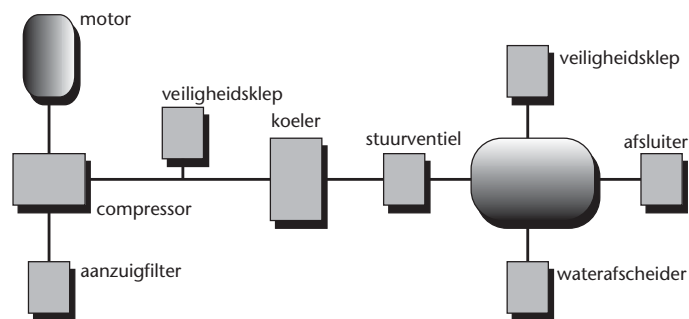
Met pneumatiek heb je te maken bij het oppompen van een fietsband. Een fietspomp is eigenlijk een eenvoudige pneumatische installatie. Je sluit de slang van de fietspomp aan op het ventiel van de band. Door het naar beneden duwen van de zuiger van de fietspomp komt de lucht in de pomp onder druk te staan. Door de druk gaat het ventiel van de band open en stroomt de lucht in de band. Als je opnieuw de zuiger van de fietspomp naar boven haalt, gebeurt het volgende:

- de druk in de pomp neemt af, waardoor het ventiel van de band sluit en de lucht niet terug kan stromen uit de band;
- de lucht boven de zuiger van de fietspomp stroomt langs de zuigerafdichting naar de onderkant van de zuiger.

Door de zuiger weer naar beneden te duwen herhaalt het proces zich.

Als je een trekkerband oppompt, gebruik je natuurlijk geen fietspomp. Maar waar komt dan de benodigde lucht vandaan?

Fig. 4.1
In dit schema zie je het verband tussen de verschillende onderdelen van een pneumatische installatie.



4.1 Persluchtvoorziening

Een voorbeeld van een eenvoudig pneumatisch systeem is de fietspomp die je gebruikt om een fietsband op te pompen. Pneumatische installaties bestaan meestal uit meer onderdelen dan een pomp en een band. Een aantal onderdelen (componenten) zorgen er samen voor dat er lucht onder een bepaalde druk geleverd kan worden. Dit noem je de persluchtvoorziening. Die componenten zijn onder andere de compressor, het filter, de olievernelaar en het reduceerventiel.

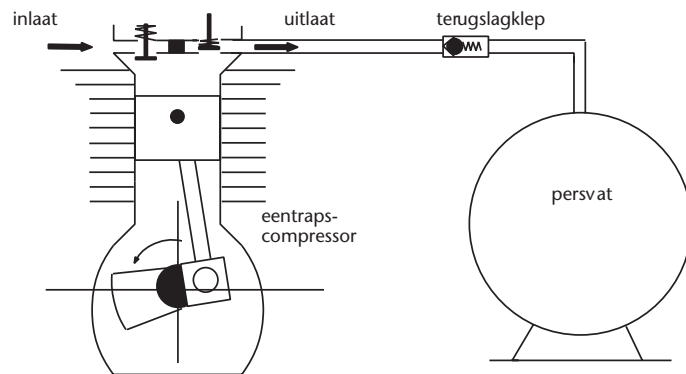
Compressoren

Een compressor perst lucht samen tot een bepaalde druk. Zo ontstaat perslucht. De perslucht is de drager van energie. In de compressor wordt de energie van een elektromotor of brandstofmotor omgezet in pneumatische energie.

De luchtopbrengst en druk verschilt per type compressor en varieert van enkele liters tot ongeveer 50 miljoen liter per minuut. De einddruk varieert van 1 – 250 bar. Pneumatische installaties werken gewoonlijk op een druk van 6 bar. De ondergrens is ongeveer 3 bar, de bovengrens zo'n 15 bar.

De samengeperste lucht kan gebruikt worden om pneumatische componenten in installaties te laten werken.

Fig. 4.2
De terugslagklep zorgt ervoor dat de lucht niet uit het vat kan terugstromen.



Compressoren die gebruikt worden voor de werkzaamheden in land- en tuinbouw hebben doorgaans een bereik van:

- 1 – 10 bar eentrapscompressor (figuur 4.2);
- 6 – 15 bar tweetrapscompressor (figuur 4.4).

Er zijn drie typen compressoren, te weten: zuigercompressoren, schroefcompressoren en schoepencompressoren.

Zuigercompressoren

In figuur 4.2 zie je hoe bij de eentrapscompressor de lucht bij de neergaande beweging van de zuiger via de inlaatklep in de cilinder gezogen wordt, en bij de opgaande beweging via de uitlaatklep weer naar buiten wordt geperst. De bouw van deze compressor lijkt op een benzinemotor.

De kleppen zijn uitgerust met veren. Hierdoor worden ze na bediening weer gesloten. Bij de inlaatslag wordt de lucht in de cilinder gezogen; als de zuiger weer omhoog gaat wordt de inlaatklep gesloten. De lucht wordt via de uitlaatklep in een drukvat gedrukt.

Bij het samenpersen van lucht zal de temperatuur stijgen. Om te voorkomen dat de compressor te warm wordt, zijn er koelribben aan de zijkant van de cilinder aangebracht.

Het drukvat bevat na een bepaalde tijd een hoeveelheid samengeperste lucht.

Vloeistoffen kun je niet samenpersen, gassen wel. In een vat van 100 liter kun je 100 liter water doen. Wanneer je het vat met lucht vult, kun je er wel 1.000 liter lucht in persen. De druk loopt op van 1 tot 10 bar; er gaat immers 10 maal zo veel lucht in als water. Je kunt ook zeggen dat als het volume 10 maal zo klein wordt, de druk 10 maal zo groot wordt. De druk (p) maal het volume (v) is bij gassen constant dus: $1000 \text{ liter} \times 1 \text{ bar} = 100 \text{ liter} \times 10 \text{ bar}$.

In figuur 4.3 kun je zien wat dit betekent voor de druk en de hoeveelheid water en lucht bij een bepaald vat.

Fig. 4.3

Relatie tussen de druk en de hoeveelheid water en lucht bij een bepaald vat.

druk in bar	hoeveelheid water in liter	hoeveelheid lucht in liter
1	100	100
10	100	1000
100	100	100 000

Wanneer je een hogere druk wilt hebben, bijvoorbeeld een druk van 10 bar, moet je gebruik maken van meerdere trappen. Dan wordt de lucht die normaal in het persvat wordt gedrukt, in de volgende compressor verder samengeperst.

Bij het comprimeren van lucht wordt de temperatuur in een eentrapscompressor tweemaal zo hoog als bij compressie in twee trappen met tussenkoeling.

Figuur 4.5 laat zien dat zonder tussenkoeling bij het comprimeren de temperatuur oploopt tot zo'n 240 °C bij een druk van 8 bar.

Temperatuurstijging van de lucht moet je voorkomen. In figuur 4.4 zie je bij een tweetrapscompressor hoe de lucht van de eerste trap via een koeler naar de tweede trap wordt geperst.

Fig. 4.4

Bij een tweetrapscompressor wordt de lucht tussen de twee trappen gekoeld.

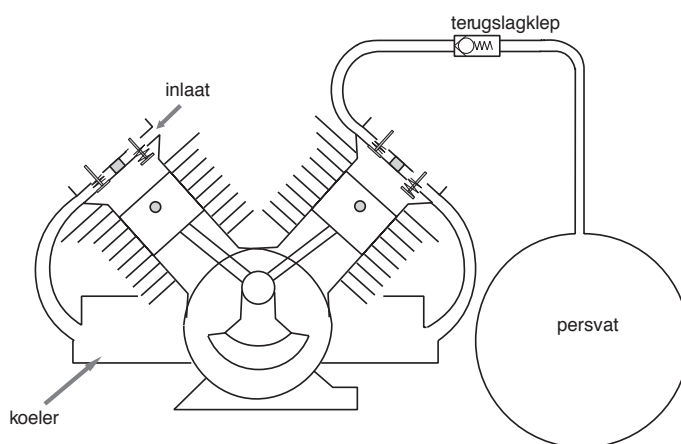
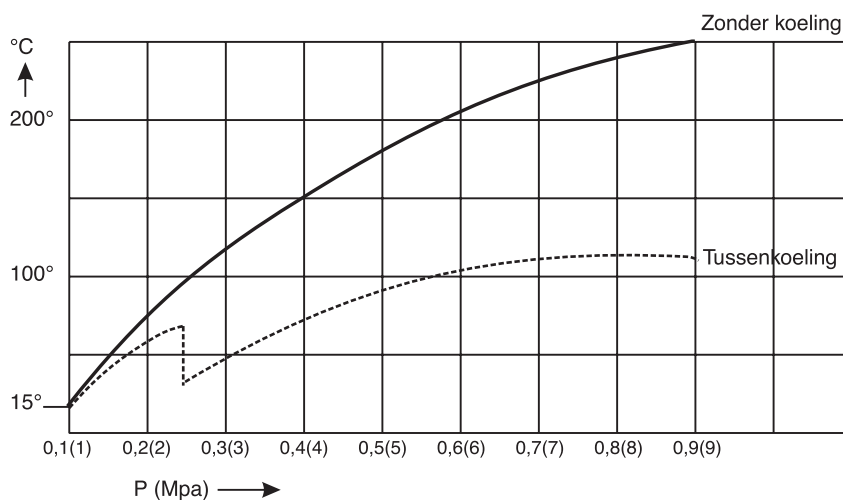


Fig. 4.5

Verloop van de compressietemperatuur met en zonder koeling

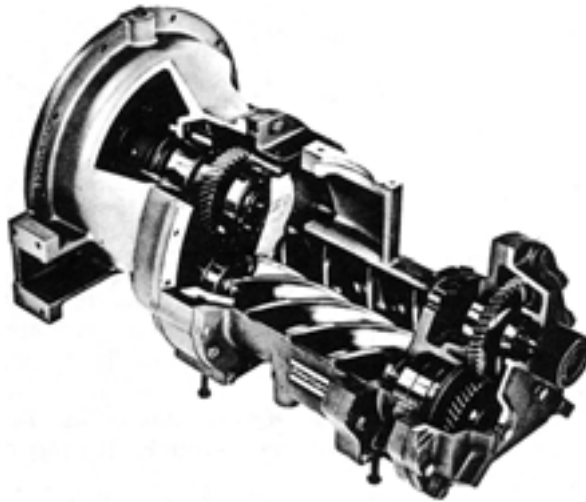
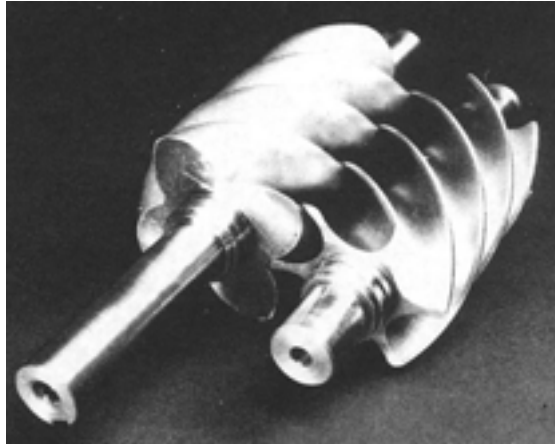


Schroefcompressoren

Een schroefcompressor is bestemd voor de productie van grote hoeveelheden perslucht bij een lage druk (denk bijvoorbeeld aan het gebruik van pneumatisch

gereedschap door een aannemer). Een voordeel van schroefcompressoren is dat er geen kleppen in zitten. Wel hebben ze een terugslagklep in de persleiding. De werking van een schroefcompressor is als volgt. Twee rotors draaien in elkaar, zoals in figuur 4.6 te zien is. De ene rotor is voorzien van vier lobben. Deze vallen precies in de groeven van de andere rotor.

Fig. 4.6
Een schroefcompressor heeft geen kleppen.



Wanneer er aan de zuigzijde een lob in een groef zit en de rotor gaat draaien, verplaatst het raakpunt zich naar de perszijde. De ruimte wordt groter. Na een volle omgang van de rotor is deze ruimte gesloten. Hierdoor wordt de lucht aangezogen. Bij de volgende omgang zal deze ruimte kleiner worden; de lucht wordt samengeperst. Dit zie je in figuur 4.7.

Fig. 4.7
Rotors, let op de draairichting!



Schoepencompressoren

In figuur 4.8 zie je een schoepencompressor. Deze compressor heeft ook alleen een terugslagklep in de persleiding. Verder zie je in figuur 4.8 welke weg de lucht moet afleggen.

De werking is als volgt. Een excentrisch geplaatste rotor in een cilinder is voorzien van schoepen en draait met een hoog toerental rond. Deze schoepen bewegen parallel aan de hartlijn van de rotor. De schoepen worden dus tegen de cilinder gedrukt.

De ruimte die ontstaat door de ronddraaiende schoepen langs de cilinderwand, wordt door de excentrisch geplaatste rotor groter en kleiner. Het groter en kleiner worden van de ruimte zorgt voor het zuigen en persen.

Wanneer er een druk van meer dan 6 bar moet worden geleverd is een tweede trap nodig. De druk kan worden opgevoerd tot ongeveer 10 bar.

De schoepen hebben een draagring op de schoeptoppen met voldoende smering. Verder bestaat er een zeer geruisarm type met olie-inspuiting (zie figuur 4.9).

Fig. 4.8

De ruimte tussen de schoepen wordt groter en kleiner bij het ronddraaien.

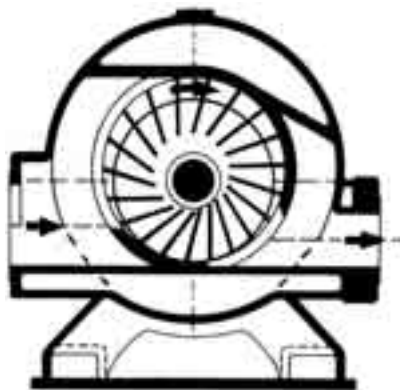
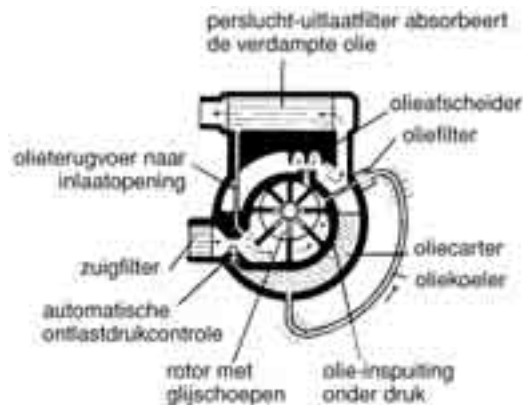


Fig. 4.9

Dit type schoepencompressor is geruisarm.



Er zijn verschillende regelingen voor het juist laten draaien van een compressor, te weten:

- de aan/uit-regeling;
- de afblaasregeling;
- de doorloopregeling;
- de continue regeling.

Aan/uit-regeling

Bij een aan/uit-regeling wordt gebruik gemaakt van een drukschakelaar. Deze drukschakelaar wordt toegepast bij kleine vermogens en een geringe luchtafname. De drukschakelaar staat op een minimum- en maximumwaarde ingesteld. Deze regeling wordt ook wel de automatische regeling genoemd. Wanneer er sprake is van enig vermogen zal de compressor onbelast aanlopen. Dit voorkomt een zware belasting van de aandrijfmotor.

Afblaasregeling

Bij het constant leveren van perslucht wordt via een overdrukklep de te veel gecomprimeerde lucht afgeblazen. De aandrijfmotor valt niet stil, maar blijft continu draaien. Daardoor is de afblaasregeling een dure regeling.

Doorloopregeling

Bij de doorloopregeling worden de zuigkleppen door een speciale klep opgehouden. Hierdoor zal de compressor onbelast meedraaien als de gewenste druk in het reservoir (drukvat) is bereikt.

Als de druk weer daalt, zal de compressor weer lucht comprimeren.

Continueregeling

De continueregeling zorgt ervoor dat de aandrijfmotor geleidelijk wordt belast. Er treedt dus geen wisselende belasting op zoals bij de doorloopregeling.

Vochtafscheiders/filters

Water in persleidingen kan leiden tot corrosie, storingen in ventielen, vastvriezen van venturi's, wegspoelen van smeerolie, verstoppingen, slechte smering en storingen in meet- en regelapparatuur. Daarom kunnen er in persleidingen vochtafscheiders/filters toegepast worden.

Er is altijd een hoeveelheid waterdamp in de lucht aanwezig. Die hoeveelheid kan sterk variëren. Wellicht weet je dit van het bewaren van landbouwproducten. Een hygrometer (vochtigheidsmeter) geeft de *relatieve luchtvochtigheid* aan. Je krijgt zo een aanwijzing van de *vochtigheidsgraad* van de buitenlucht.

*relatieve luchtvochtigheid
vochtigheidsgraad*

De definitie van relatieve vochtigheid luidt:

$$\text{relatieve vochtigheid} = \frac{\text{absolute vochtigheid}}{\text{hoeveelheid vocht bij verzadiging}}$$

Anders gezegd: de relatieve luchtvochtigheid is de verhouding tussen het werkelijk aanwezige gehalte aan waterdamp (absolute luchtvochtigheid) en het gehalte aan waterdamp bij verzadiging, in procenten.

Warme lucht kan meer water bevatten dan koudere lucht. Figuur 4.10 geeft de maximale hoeveelheid waterdamp in verzadigde lucht als functie van de temperatuur.

Fig. 4.10

Maximale hoeveelheid
waterdamp in verzadigde
lucht als functie van de
temperatuur

temperatuur in °C	-10	0	5	10	15	20	30	50	70	90
waterdamp in g/m ³	2,1	4,9	7	9,5	13	17	30	83	198	424

Onder een hoge druk kan lucht minder waterdamp bevatten dan onder lagere druk. Ga je verzadigde lucht samenpersen, dan zal de waterdamp op een gegeven moment niet meer in die lucht passen. Hierdoor zal een deel van de waterdamp zich afscheiden in de vorm van water. Je noemt dit condenseren.

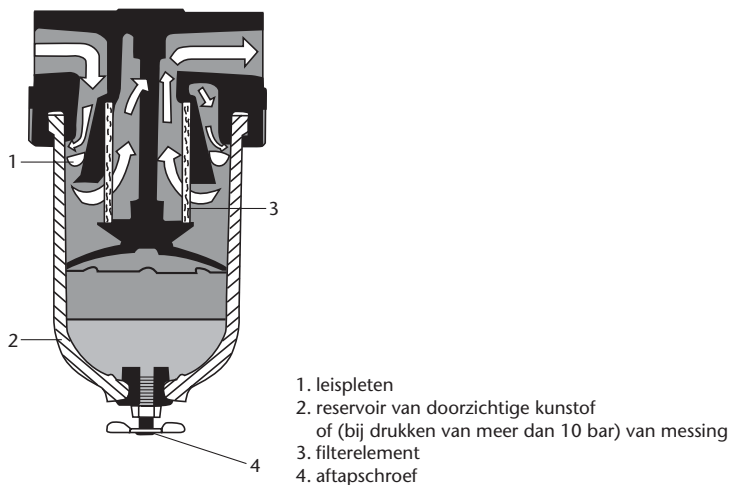
Ook bij temperatuurdaling zal zich water afscheiden. Daar waar zich water bevindt kan geen lucht zijn. Je gaat dus proberen de lucht te zuiveren van die waterdamp. Bij het comprimeren van lucht neemt de temperatuur flink toe en daardoor zal geen damp condenseren. Wanneer de lucht daarna weer afkoelt zal er weer water vrijkomen (zie figuur 4.10).

In persluchtsystemen, zoals die in werkplaatsen worden toegepast, is er na de compressor een reservoir. In dit reservoir wordt lucht onder druk opgeslagen. De lucht koelt in dit reservoir af en waterdamp zal condenseren. In het reservoir verzamelt zich op die manier water. Dit water moet tijdig afgetapt worden om te voorkomen dat de inhoud van het reservoir niet meer volledig gebruikt kan worden voor de opslag van lucht.

Een andere plaats waar zich water verzamelt is het persfilter. Ook hier is een aftapschroef aanwezig voor het afdalen van het water (zie figuur 4.11).

Fig. 4.11

Onder in het
persluchtfilter kan zich
water verzamelen.



Oliesmering en verneveling

Als je lang aan het woord bent, krijg je een droge keel. Je moet dan wat water drinken, met andere woorden je keel smeren. Alles wat in beweging is, moet gesmeerd worden. Dit geldt ook voor perslucht. Deze perslucht moet met een bepaalde regelmaat worden gesmeerd.

Een pneumatische installatie moet je op twee verschillende plaatsen smeren, namelijk bij de compressor zelf en bij het meeste luchtgereedschap.

Bij een compressor wordt gebruik gemaakt van olie voor:

- het smeren van de bewegende machineonderdelen;
- het afdichten van de cilinder en de zuiger;
- het koelen van machineonderdelen;

- het schoonhouden van het carter;
- het conserveren van de lucht.

Een goede olievoorziening voorkomt problemen.

Er zijn drie smeersystemen mogelijk bij compressoren. Afhankelijk van de plaats en de mogelijkheden wordt een van die systemen toegepast. Het gaat om de volgende smeersystemen:

- spatsmering;
- ringsmering;
- druksmering.

spatsmering
ringsmering
druksmering

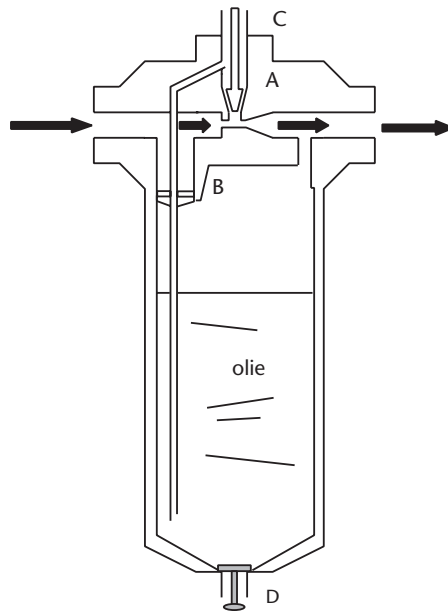
Spatsmering en *ringsmering* worden toegepast bij kleinere compressoren. Bij de grotere zuigercompressoren wordt *druksmering* toegepast. Bij druksmering wordt gebruik gemaakt van een door de krukas aangedreven oliepompe die via een zeef olie uit het carter zuigt en door een persfilter naar de lagers transporteert. Is er te veel olie aangevoerd, dan zorgt een overstortklep ervoor dat de olie weer teruggaat naar het carter.

Bij het gebruik van compressoren op vrachtwagens of trekkers wordt de compressor gesmeerd door het smeersysteem van de dieselmotor die ook het voertuig aandrijft.

Ook het meeste pneumatische handgereedschap moet worden gesmeerd. Dit geldt niet voor de verfspuit. Meestal wordt een olievernelaar in de persleiding opgenomen, liefst zo dicht mogelijk bij het gereedschap. Dit voorkomt dat er olie in de luchtleidingen komt. In figuur 4.12 zie je een doorsnede van een vernelaar.

Fig. 4.12

De venturi (vernauwing) zorgt voor een zuigende werking.



Door een venturi bij A wordt lucht geperst. Daardoor wordt door een dunne leiding olie uit het reservoir opgezogen (achter deze venturi ontstaat immers onderdruk). De olie wordt in een vernevelde toestand in de luchtstroom opgenomen. Hoeveel olie in de luchtleiding moet worden gebracht, is te regelen met een simpel kraantje (C) in de olieaanvoerleiding.

Bij D kan het eventuele bezinksel in de olie worden afgetapt. De klep bij B zal dichtgaan wanneer te veel lucht wordt afgenomen en daardoor te veel olie wordt opgezogen.

reduceerventiel

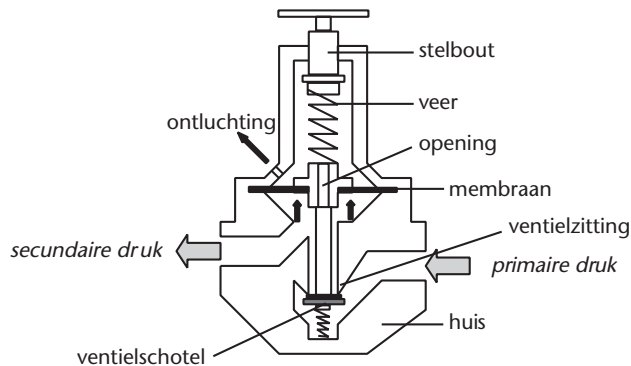
De druk die in een reservoir heerst is soms te hoog voor de gebruikers na het systeem. Met een *reduceerventiel* kun je de druk verlagen (reduceren) tot de gewenste hoogte.

Een reduceerventiel kun je voor twee doeleinden gebruiken:

- de werkdruk(primaire druk) verlagen tot een ingestelde waarde;
- de druk in de secundaire leiding constant houden, ondanks drukschommelingen in de primaire leiding.

Fig. 4.13

Een reduceerventiel wordt toegepast bij verfspuiten.



Een reduceerventiel werkt als volgt.

De doorlaat tussen de ventielzitting en de ventielschotel wordt door een membraan beïnvloed. Aan de bovenzijde van het membraan is een veer gemonteerd die op het membraan drukt. De veerdruk wordt met een stelbout geregeld.

De primaire druk wordt aan de rechterzijde in het reduceerventiel aangevoerd.

Wanneer de stelschroef wordt ingedraaid zal de veerdruk op het membraan toenemen. Omdat deze veerdruk toeneemt, zal de doorlaat tussen de ventielschotel en de ventielzitting worden vergroot.

Vanuit de primaire zijde komt de druk onder het membraan (aan de secundaire zijde). Wanneer de secundaire druk te groot wordt zal het membraan omhoog gedrukt worden, waardoor de ventielschotel weer tegen de ventielzitting wordt gedrukt. Met de stelschroef kan dan de juiste druk worden ingesteld. Als de druk aan de secundaire zijde te laag wordt, zal de veerdruk van de stelschroef ervoor zorgen dat het membraan en de doorlaat tussen de ventielschotel en de ventielzitting groter worden.

De secundaire druk wordt dus geregeld door de doorlaatverandering bij de ventielzitting. Blijkt nu dat de druk aan de secundaire zijde te groot wordt, ondanks het feit dat de doorlaat is afgesloten, dan zal het membraan verder omhoog worden gebracht, waardoor de opening in de veerschotel vrijkomt. Hierdoor zal de lucht via de ontluchting kunnen ontsnappen. De druk zal weer de ingestelde waarde verkrijgen.

Vragen 4.1

- Vloeistoffen kun je niet samenpersen, gassen wel. Stel: je hebt een persvat met een inhoud van 200 liter. Hierin wordt 1.000 liter lucht geperst. Voordat je deze 1.000 liter lucht samenperst is de druk van die 1.000 liter lucht 1 bar. Wat wordt de druk in het persvat?
- In figuur 4.5 zie je hoe de temperatuur zich verhoudt tot de druk tijdens compressie. Als de druk wordt opgevoerd tot 0,5 bar, hoe hoog is dan de temperatuur bij tussenkoeling en zonder koeling?
- Wat doet een compressor?

-
- d Hoe hoog is de druk die doorgaans in de land- en tuinbouw bij een persluchtvoorzieningssysteem wordt gehanteerd?
 - e In welke eenheid wordt de druk in de land- en tuinbouw aangegeven?
 - f Er zijn drie typen compressoren. Noem deze drie typen.
 - g Verklaar de werking van de eentrapsc compressor die schematisch getekend is in figuur 4.2.
 - h Wat is het nadeel van de kleppen die getekend zijn in figuur 4.2?
 - i Verklaar aan de hand van figuur 4.7 hoe de lucht in de ruimte na de pomp kan worden gecomprimeerd.
 - j Waarom heeft een schroefcompressor geen kleppen?
 - k Op welke bedrijven worden schroefcompressoren gebruikt?
 - l Waarom wordt bij het starten van grote compressoren de aandrijfmotor niet direct gekoppeld aan de compressor?
 - m Welke vier regelingen ken je voor het juist laten draaien van een compressor?
 - n Welke van deze vier regelingen is niet economisch? Waarom niet?
 - o Wat is een hygrometer? Wat meet je met een hygrometer?
 - p Wat bepaalt in grote mate de opname van water in de lucht?
 - q Welke storingen kunnen zich voordoen als er water in het pneumatisch systeem voorkomt?
 - r Welk nadelig resultaat heeft het samenpersen van lucht?

4.2 Componenten

Als eenmaal voldoende perslucht op de juiste druk beschikbaar is, kun je componenten volgens een bepaald schema aansluiten en gebruiken.

Componenten zijn apparaten waarmee bepaalde processen en besturingen kunnen functioneren. Een component is bijvoorbeeld ook gereedschap dat op perslucht werkt.

Aan de orde komen de volgende componenten:

- cilinders;
- ventielen.

Cilinders

Cilinders zijn er in verschillende maten en vormen. Zij worden toegepast voor het laten bewegen van onderdelen van machines en werktuigen.

Een cilinder maakt heen-en-weergaande bewegingen door de aanwezige energie in de perslucht. Die beweging noem je de slag.

Cilinders worden ook wel arbeidselementen genoemd, omdat zij in een pneumatische installatie veel arbeid verrichten.

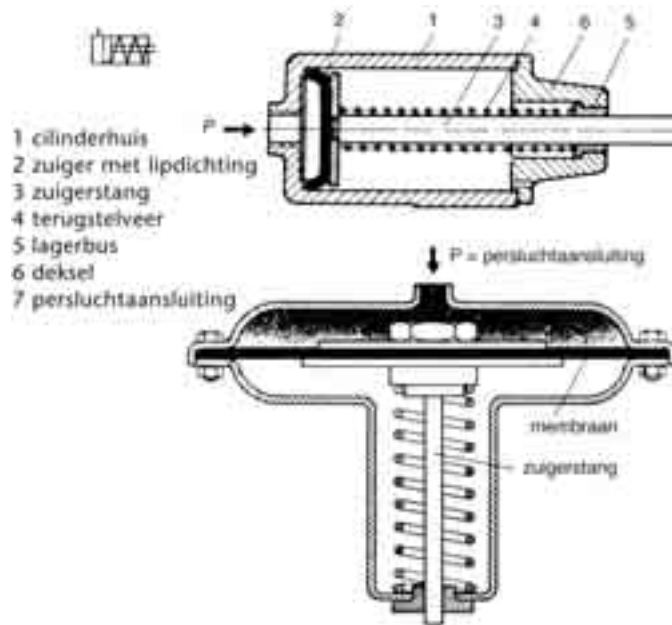
Er zijn enkelwerkende en dubbelwerkende cilinders. Wil je een cilinder bestellen of heb je technische gegevens nodig, dan kun je gebruik maken van tabellenboekjes waarin je de technische gegevens van elke cilinder kunt opzoeken.

Enkelwerkende cilinders

Enkelwerkende cilinders zijn feitelijk alleen in staat arbeid te verrichten naar één zijde, dus als bijvoorbeeld de zuigerstang uitgaat. In figuur 4.14 zijn verschillende enkelwerkende cilinders weergegeven.

Fig. 4.14

Een membraancilinder is minder gevoelig voor vuil dan een zuigercilinder.

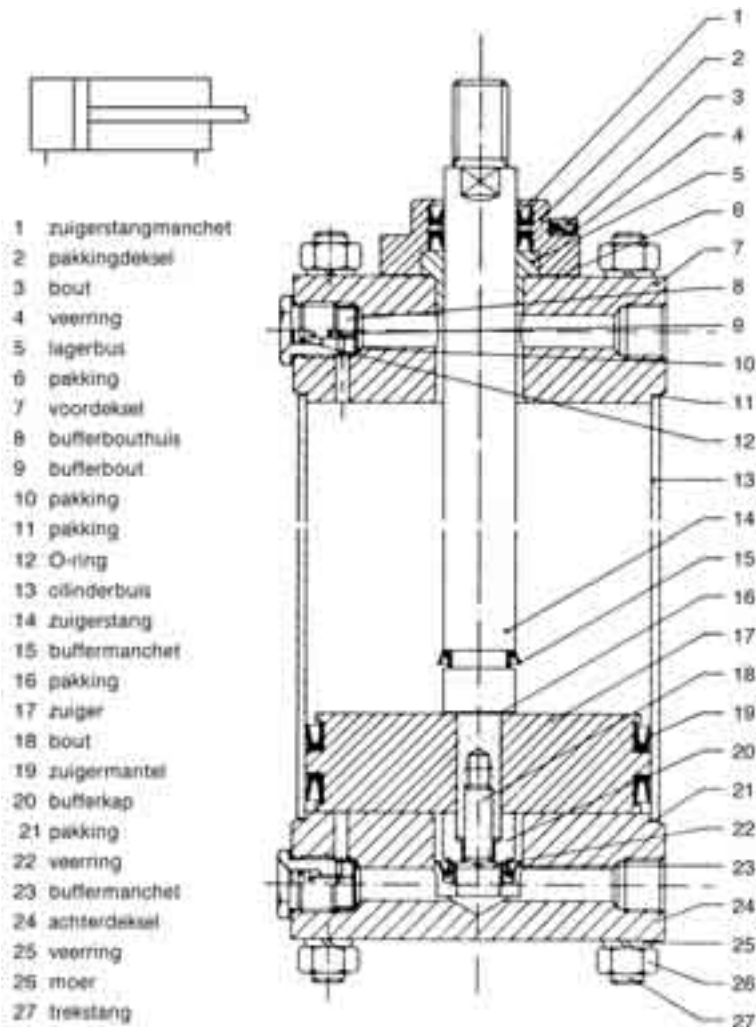


Dubbelwerkende cilinders

Dubbelwerkende cilinders kunnen naar twee richtingen arbeid verrichten. De kracht is echter niet hetzelfde, omdat de oppervlakte aan beide zijden van de zuiger niet gelijk is.

Fig. 4.15

Een dubbelwerkende cilinder wordt op het eind van de slag afgeremd door bufferwerking.



De snelheid van een cilinder kan op het eind van de slag erg groot worden, waardoor er grote botskrachten kunnen ontstaan. Dit kan leiden tot beschadiging van de cilinder. Om dit te voorkomen is er in de cilinder een voorziening aangebracht die ervoor zorgt dat de lucht iets voor het einde van de zuigerslag niet meer zo snel kan wegstromen. De lucht moet dan door een instelbare vernauwing wegstromen. Dit wordt de buffering van de cilinder genoemd.

Ventielen

Evenals bij een fiets- of autoband wordt ook in installaties de luchttoevoer met een ventiel geregeld.

Ventielen zijn hulpmiddelen voor het besturen van processen en installaties. Met ventielen wordt de start, de stilstand en de richting van de lucht geregeld.

Elk ventielen heeft een aantal poorten. Afhankelijk van het aantal poorten kan perslucht van en naar het ventiel gestuurd worden.

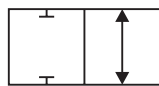
Er zijn monostabiele en bistabiele ventielen. Bij een monostabiel ventiel neemt de schuif door middel van een veer zijn oorspronkelijke plaats weer in bij het stoppen van de bediening. Er is dus maar één stand die stabiel is. Bij een bistabiel ventiel blijft na de bediening de schuif in zijn stand staan. Er zijn dus meerdere standen stabiel.

Ventielen ontleen hun naam aan het aantal aansluitingen. Je spreekt van tweeweg-, drieweg-, vierweg- of meerwegventielen als de aansluiting van persluchttoevoerleiding, verbruikers en ontluchting als weg wordt gerekend. Een tweewegventiel heeft dus twee aansluitingen, een driewegventiel drie aansluitingen et cetera. Als een ventiel meerdere ontluchtingsopeningen heeft tellen deze slechts als één stuurweg, ook bij een ventiel met meerdere uitgangen.

Tweewegventiel

Een tweewegventiel is een afsluitkraan met twee wegen: de toevoeropening en de afvoeropening. Je noemt tweewegventielen ook wel 2/2-ventielen (zie figuur 4.16). Het eerste cijfer geeft het aantal poorten of aansluitingen aan, het tweede cijfer geeft het aantal standen aan.

Fig. 4.16
Een 2/2-ventiel is open of dicht.



symbol



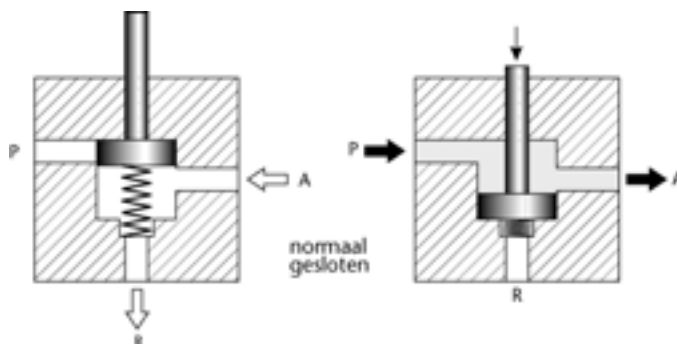
vereenvoudigde voorstelling

Tweewegventielen worden hoofdzakelijk gebruikt in installaties waarbij de aangesloten apparaten geen ontluchting nodig hebben.

Driewegventiel

Driewegventielen (3/2-ventielen) worden gebruikt voor cilinders die, nadat zij zijn uitgegaan, weer in de ruststand worden gebracht en ontlucht moeten worden (zie figuur 4.17).

Fig. 4.17
Als dit 3/2-ventiel niet wordt bediend is de poort P gesloten.



Blokkeerventiel

Als de perslucht maar in één richting mag gaan, gebruik je een blokkeerventiel. Een van de eenvoudigste uitvoeringen is het terugslagventiel. Dit ventiel zal de doorstroming in één richting volledig beletten, terwijl de doorstroming in de andere richting bijna geen weerstand zal bieden. De enige weerstand die door de persluchtdruk overwonnen moet worden is de veerdruk.

Fig. 4.18

De lucht kan alleen maar van P naar A als de kogel mechanisch van de zitting waarop hij rust gedrukt wordt.

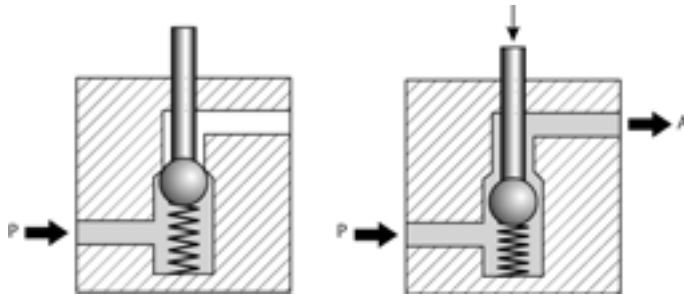
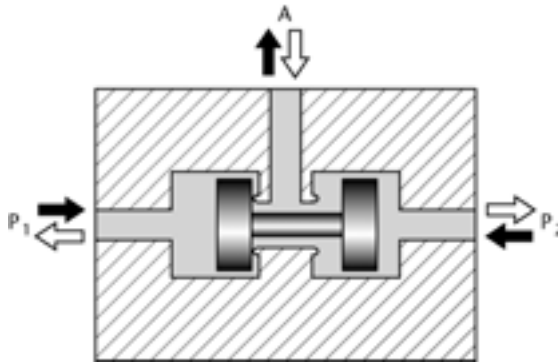


Fig. 4.19

Van zowel P1 als P2 moet druk komen om door te kunnen stromen naar A.



Tweedrukventiel

Een tweedrukventiel wordt gebruikt in besturingen waarbij met beide handen een machine of werktuig in werking moet worden gebracht. Het ventiel heeft twee ingangen die alleen perslucht doorlaten naar de uitgang als beide ingangen tegelijk druk krijgen. Je noemt dit een 'EN-ventiel'.

EN-ventiel

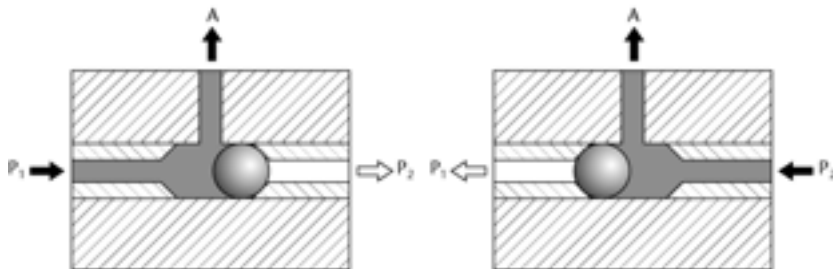
Wisselventiel

Bij een wisselventiel zijn er twee ingangen en één uitgang. Dit ventiel blokkeert steeds de ingang waarop geen druk staat. Via de andere ingang, waarop de druk staat zal dan de lucht naar de uitgang stromen. Dit ventiel dient om van twee kanten een signaal te kunnen geven. Je noemt dit een 'OF-ventiel'.

OF-ventiel

Fig. 4.20

De ingang van het wisselventiel waar geen druk op staat is afgesloten.



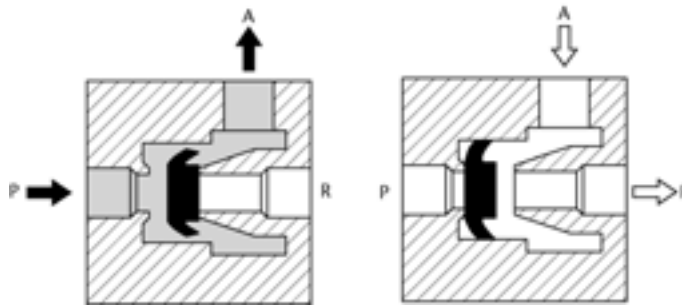
Wanneer op de linkerpoort in figuur 4.20 druk wordt gezet, zal de rechterpoort worden afgesloten en wordt de druk aan de uitgang doorgegeven. Komt de druk van rechts, dan gebeurt het tegenovergestelde.

Snelontluchtventiel

Wanneer de zuiger van een dubbelwerkende cilinder in- of uitgaat, vindt de ontluchting plaats aan de zijde in het hoofdventiel waar geen druk staat. Dit geeft

weerstand, waardoor de bewegingssnelheid van de zuiger wordt vertraagd. Om de zuigersnelheid maximaal te maken zonder daarbij de druk of het aanvoervolume te vergroten, zal de ontluchting direct na de cilinder plaats moeten vinden. Hiervoor gebruik je een snelontluchtventiel. Een snelontluchtventiel gebruik je bijvoorbeeld bij de remcilinders van een wagen. Na het remmen kan de lucht dan snel weer wegstromen.

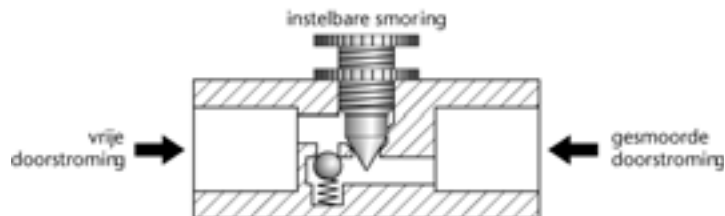
Fig. 4.21
Het snelontluchtventiel
laat een cilinder snel
ingaan.



Stroomregelventiel

Een stroomregelventiel, ook wel een snelheidsregelventiel genoemd, wordt in pneumatische besturingen gebruikt voor het smoren of regelen van de luchtsnelheid. Bij de stroomregelventielen is de smoring in één richting instelbaar. In tegenovergestelde richting is de doorstroming vrij via een terugslagklep. De doorstroming van de hoeveelheid lucht wordt geregeld (figuur 4.22). Een lagere luchtsnelheid is het gevolg.

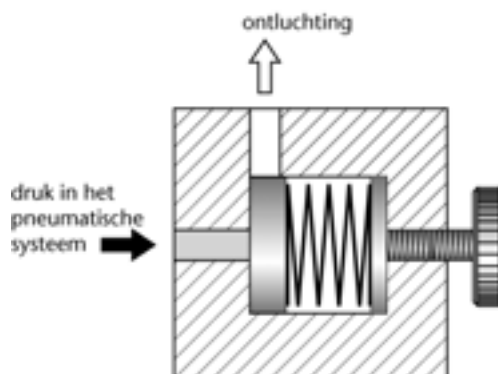
Fig. 4.22
De stroomregelklep remt
de lucht in één richting.



Drukregelventiel

Een drukregelventiel wordt gebruikt als veiligheidsklep in een pneumatische installatie. Als de druk te hoog oploopt, dan wordt de druk door dit ventiel weer tot een vooringestelde druk afgeregeld. Een dergelijk ventiel maakt deel uit van elke pneumatische installatie.

Fig. 4.23
Een drukregelventiel kan
het systeem beveiligen
tegen overdruk.



Aansluitingen aan ventielen

Er bestaan afspraken over de aanduiding van de aansluitingen.

Fig. 4.24
Aanduidingen van
aansluitingen

Aansluiting	Aanduiding op ventiel	Aanduiding op oud ventiel
persaansluiting	1	P
aan- en afvoeraansluiting	2, 4	A, B, C
ontluchting, retour	3, 5	R, S, T
stuuraansluiting	12, 14, 15	Z, X, Y

De ruststand is de stand waarbij het ventiel niet bediend wordt. Als ventielen in de ruststand staan, zijn ze normaal gesloten. Wanneer het ventiel wordt bediend, wordt de doorstroming vrijgegeven.

Vragen 4.2

- Waarvoor dient een ventiel in het algemeen?
- Geef een omschrijving van mono- en bistabiele ventielen.
- Geef aan wat bedoeld wordt met ruststand van een ventiel en verduidelijk dit met een tekening.
- Wat versta je onder een 3/2-ventiel?
- Geef een andere aanduiding voor blokkeerventiel.
- Bij welke besturing zal gebruik gemaakt worden van een tweedrukventiel?
- Hoe bereik je een maximale zuigersnelheid?
- Geef een praktijkvoorbeeld van de manier waarop je een stroomregelventiel gebruikt.
- Geef een korte omschrijving van de werking van een drukregelventiel.
- Als de benaming van de aansluitingen in letters P, A, B, R, X, Y is, hoe luidt deze dan in cijfers?
- Wat betekent: het ventiel is normaal gesloten?

4.3 Schema's en symbolen

Als je pneumatische schema's maakt, is het belangrijk dat andere mensen die schema's ook kunnen lezen. Het is dus van belang dat de schema's door iedereen op dezelfde manier getekend worden.

Schema's

Een boekenkast kun je beter in elkaar zetten aan de hand van een tekening dan met een foto.

Bij het construeren van een machine of werktuig worden tekeningen gemaakt. Op deze tekeningen worden de pneumatische componenten in een *schema* gebracht.

In zo'n schema zijn alle gegevens en bijzonderheden verwerkt. De manier waarop al die gegevens moeten worden vermeld is genormaliseerd, dat wil zeggen: moet voldoen aan nationale en internationale normen. Er zijn dus afspraken gemaakt over de functionele betekenis van een symbool.

In Nederland werk je met de NEN-norm 3348.

Bij het lezen en tekenen van schema's worden de definities gebruikt zoals in figuur 4.25.

Fig. 4.25 Definities bij het lezen en tekenen van schema's

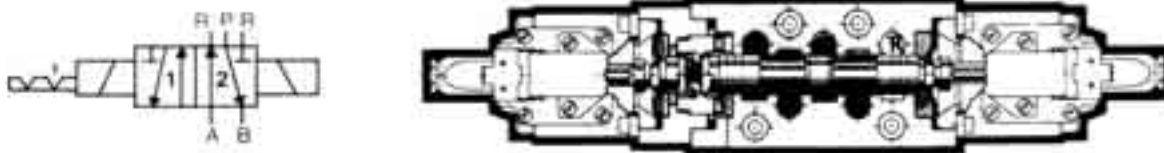
Arbeidselementen	doen het werk (cilinder, motoren e.d.)
Regelementen	besturen een gedeelte (zoals tijd en snelheid)
Bedienings- en signaalelementen	laten de cilinders en motoren werken of geven signalen aan de besturing
Luchtverzorgingselementen	reinigen de lucht van vocht en vuil
Compressoren	persen de lucht samen

Omdat het veel werk is de werkelijkheid precies op papier weer te geven, gebruik je voor de verschillende componenten symbolen. Voor een ventiel bijvoorbeeld bestaat een symbool. Dit symbool plaats je in het schema. Elk symbool zegt iets over de werking en de functie van de component.

Een schema is opgebouwd uit symbolen. Symbolen zijn bijvoorbeeld lijnen, vierkanten en cirkels. Regelventielen en kleppen worden voorgesteld door een enkel vierkant. Twee of drie vierkanten stellen een ventiel voor waarin aangegeven is waar de lucht naar toe stroomt in een bepaalde stand van het ventiel.

In figuur 4.26 is een symbool van een klep weergegeven met daarnaast de doorsnedetekening van datzelfde ventiel.

Fig. 4.26 Dit 4/3-ventiel wordt elektrisch bediend.

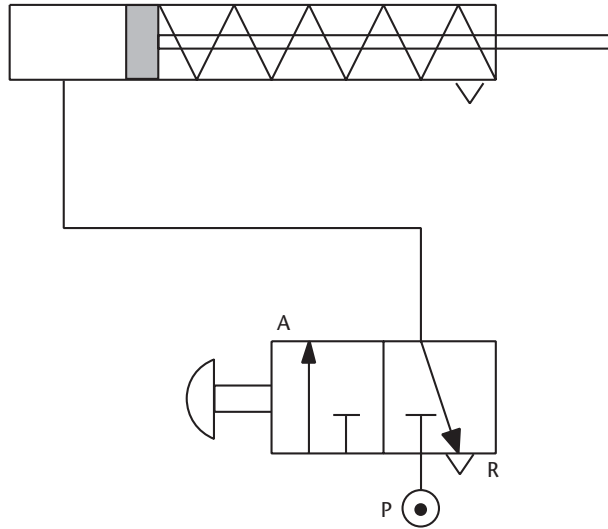


De rechterfiguur is moeilijker te begrijpen dan de linker, omdat in de linkerfiguur direct duidelijk is hoe bijvoorbeeld de luchtstroom zich verplaatst. De rechterfiguur geeft echter meer de werkelijkheid weer.

Er zijn talloze symbolen voor alle combinaties van componenten.

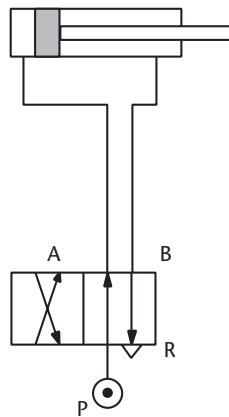
In figuur 4.27 staat een schema van een enkelwerkende cilinder die wordt bediend door een 3/2-ventiel. De perslucht die van de compressor komt, kan via het 3/2-ventiel naar de cilinder lopen. In de ruststand kan de cilinder zich ontluchten via poort R, waarop eventueel een geluidsdemper gemonteerd kan worden. De cilinder bevindt zich dan weer in de beginstand (ruststand). Dit wordt bereikt door een inwendig geplaatste veer.

Fig. 4.27
De veer duwt de lucht uit de cilinder.



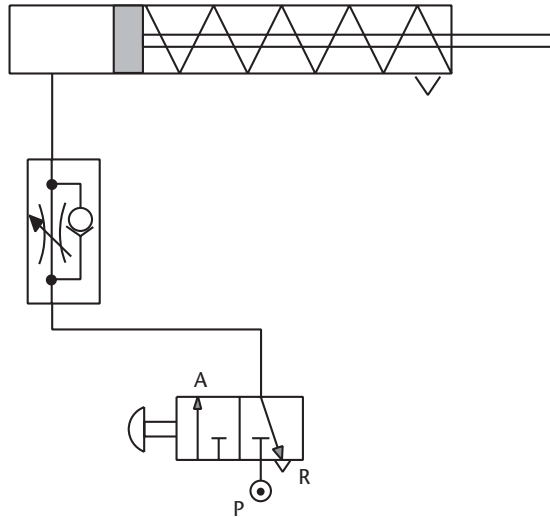
In figuur 4.28 zie je schema van een dubbelwerkende cilinder met een 4/2-ventiel. Doordat het ventiel in ruststand staat, is de pers verbonden met de aansluiting op de cilinder die ervoor zorgt dat de zuiger ingaat.

Fig. 4.28
De dubbelwerkende cilinder gaat uit zodra er druk op het systeem komt.



Om ervoor te zorgen dat de lucht niet met een te grote snelheid de cilinder in of uit stroomt, kun je gebruik maken van een stroomregel- of snelheidsregelventiel. In figuur 4.29 is te zien dat de lucht die uit de cilinder komt gesmoord wordt.

Fig. 4.29
De schuine pijl in de smoring geeft aan dat de smoring instelbaar is.



De symbolen kun je het beste tekenen met een sjabloon, een mal waarin de symbolen zijn uitgespaard. Als je geen sjabloon hebt, moet je de symbolen nauwkeurig overnemen uit de symbolenlijst.

De volgende regels gelden voor het maken van schema's.

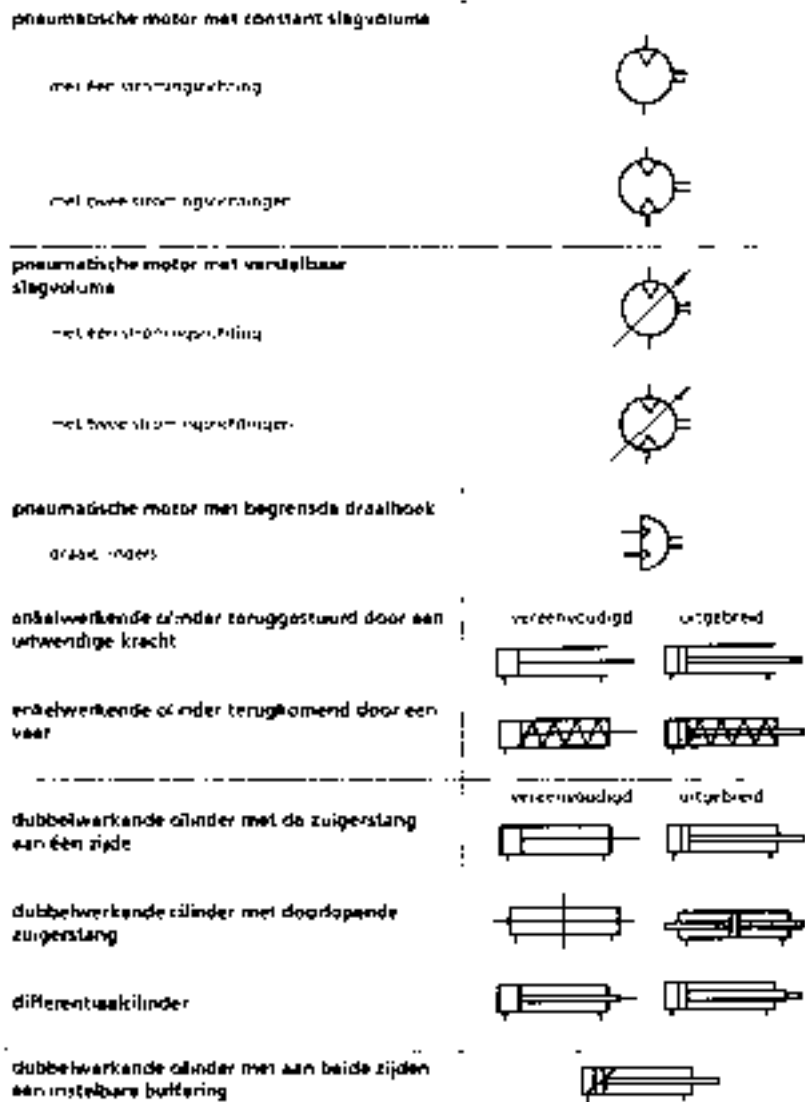
- Tekenen van beneden naar boven en van links naar rechts.
- Tekenen hoofdleidingen zo veel mogelijk recht.
- Houd bepaalde groepen zoals arbeids- en regelementen of bedienings- en luchtverzorgingselementen uit elkaar (zie figuur 4.25).
- Laat leidingen elkaar niet kruisen. Tekenen stuur- en hoofdleidingen niet zonder meer door elkaar, maar zo mogelijk naast elkaar.
- Duid aansluitingen van ventielen, kleppen, motoren en cilinders aan met cijfers, zie figuur 4.24. Ventielen kunnen bediend worden met de hand, met lucht of met elektriciteit.
- Geef bij cilinders de bestemmingsdruk aan en bij ventielen de openingsdruk. Het is van belang dat je weet wat de openingsdruk is. Het systeem zal op een bepaalde druk moeten worden beveiligd.

Symbolen

Voor elke component is een symbool. In hydraulische installaties worden nagenoeg dezelfde symbolen gebruikt als in pneumatische installaties. Enkele componenten worden echter verschillend weergegeven. Het symbool voor de compressor is anders dan dat voor de hydropomp en de luchtmotor wordt anders aangeduid dan de hydromotor.

In figuur 4.30 staan alle symbolen bij elkaar. Bij elk symbool staat een omschrijving. Als je goed kijkt zie je allerlei verschillen.

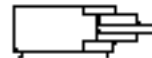
Fig. 4.30
Symbolen



enkeelwerkende telescoopcilinder

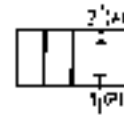


dubbelwerkende telescoopcilinder

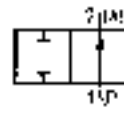


ventielen

2/2-stuufventiel, normaal gesloten



2/2-stuufventiel, normaal geopend



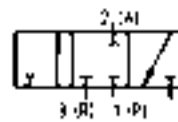
2/2-stuufventiel, normaal geopend



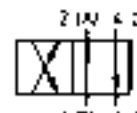
2/2-stuufventiel, normaal gesloten



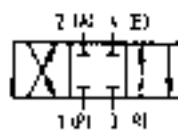
2/3-stuufventiel, gelaten middenstand



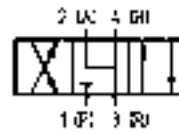
2/3-stuufventiel



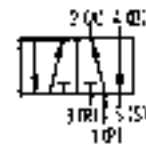
2/3-stuufventiel met gesloten middenstand



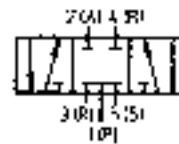
• K1 stuurventiel met open middenstand



• S2 stuurventiel



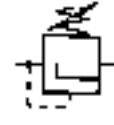
• S3 stuurventiel met gesloten middenstand



• w/igheidsventiel



• v&g&deventiel



• reductieventiel



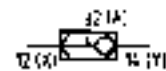
• onbelaste terugslagklep



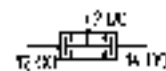
• veerbelaste terugslagklep



• w/igheidsventiel (OP-functie)



• tweedrieventiel (EN-functie)



A	bediening door spierkracht	
-	algemene bediening	
	helboombediening	
	pedaalbediening	
-	drukknopbediening	
B	mechanische bediening	
-	veerbediening	
	tasterbediening	
	rolobediening	
	knopbediening	
C	elektrische bediening	
-	bediening door een wikkeling	
-	bediening door elektromagneet met twee wikkelingen werkend in tegengestelde richtingen	
-	bediening door elektromotor	
D	bediening door drukverhoging of drukverlaging	
-	bediening door drukverhoging	
	bediening door drukverlaging	

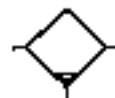
filter



waterafscheiding, met handbediening



automatische waterafschelder



filter met automatische waterafschelder



smeerapparaat



luchtdroger



koeler



smoring



instelbare smoring



instelbaar snelheidsregelventiel



drukmeter



temperatuurmeter



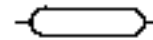
afsluiter



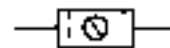
geluiddemper



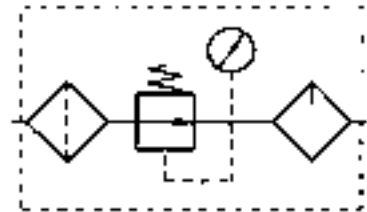
reservoir



luchtzuiveringseenheid vereenvoudigd



luchtzuiveringseenheid gedetailleerd



eentraps compressor



tweetraps compressor



Vragen 4.3

- Teken de symbolen voor de volgende componenten:
 - een dubbelwerkende cilinder;
 - een drukregelventiel;
 - een stroomregelventiel;
 - een 5/3-ventiel;
 - een luchtgestuurd 5/2-ventiel;
 - een luchtmotor;
 - een compressor.
- Geef kort de regels voor het maken van een pneumatisch schema.
- Teken een schema met een enkelwerkende cilinder en een stuurventiel. Teken de cilinder in de uitgaande slag met het daarbij behorende ventiel in de juiste stand.

4.4 Onderhoud

Net als een auto of een trekker heeft een pneumatische installatie onderhoud nodig om zijn werk naar behoren en storingsvrij te blijven doen. Goed onderhoud verlengt de levensduur van een pneumatische installatie.

In principe staat het benodigde onderhoud beschreven in het instructieboekje dat bij de installatie hoort. Hieronder staan in het kort de werkzaamheden per onderdeel.

De volgende onderdelen komen aan de orde:

- de compressor;
- het leidingnet;
- het filter;
- het drukreducerventiel;
- de olieverniveelaar.

Compressor

Het onderhoud van een compressor bestaat uit:

- regelmatig het oliepeil van de compressor controleren;
- controleren op eventuele olie- of lucht lekkage;
- de koelribben van de compressor schoonblazen, zodat de koeling optimaal is.

Leidingnet

Een lek in de leidingen kan veel geld kosten: de geproduceerde lucht stroomt zonder meer weg. In figuur 4.31 is een schatting van de verliezen gemaakt bij een kWh-prijs van € 0,13.

Fig. 4.31 Verliezen bij een lek in de leidingen

Diameter lek (mm)	Oppervlakte lek (mm ²)	Wegstromende lucht (m ³ /h)	Vereiste compressie energie (kWh)	Kosten (euro/uur)
1	0,78	2,4	0,2	0,02
3	7,00	36,0	2,0	0,22
5	19,6	97,8	8,0	1,90

Onderhoud aan het leidingnet voer je twee- tot viermaal per jaar uit. Dit doe je als volgt.

- Sluit alle verbruikspunten af en breng de installatie op bedrijfsdruk.
- Bepaal gedurende enige tijd, bijvoorbeeld een middag en een nacht, de drukdaling als functie van de tijd. Hieruit kun je de grootte van de lekken berekenen.
- Lekt er te veel lucht weg (bijvoorbeeld 5% van de compressorcapaciteit; let ook op de waarde in euro's), dan moet je het lek opsporen. Ga hierbij te werk zoals bij het opsporen van een gaslek: strijk met een kwast met zeepwater over alle koppelingen of koop een speciale spuitbus en spuit daarmee op alle koppelingen. Schroefkoppelingen en handdraaikranen zijn beruchte plaatsen voor lekken.
- Als je de lekkages hebt opgespoord, schakel de compressor dan uit en maak het systeem drukloos. Verhelp de lekkages door koppelingen aan te draaien of afdichtingen te vervangen.

Filter

Het onderhoud aan een filter bestaat uit:

- de filterelementen tijdig vervangen volgens het onderhoudsschema;
- het gecondenseerde water in het filter regelmatig verwijderen;
- de filterpot af en toe reinigen, afhankelijk van de omstandigheden.

Let op het reinigingsmiddel. Veel reinigingsmiddelen tasten afdichtingsmateriaal aan. Gewone zachte zeep en perslucht zijn ongevaarlijk. Als je een filter monteert, moet je goed letten op de doorstroomrichting van de lucht.

Afhankelijk van de zuiverheid van de aanzuiglucht en de toepassing van de perslucht verlangt het filter veel of weinig onderhoud. Het maakt verschil of je met de perslucht alleen maar je banden oppompt of dat je er stofgevoelige handgereedschappen mee aandrijft.

Drukreducerventiel

Als de perslucht van goede kwaliteit is (vocht-, stof- en olievrij) heeft het drukreducerventiel weinig onderhoud nodig. Controleer regelmatig of de membranen en afdichtingen beschadigd zijn. Als je een drukreducerventiel monteert, let er dan op dat het drukreducerventiel tussen het filter en de olieverniveelaar geplaatst is.

Olieverniveelaar

Vaak wordt er te veel olie gedoseerd in de installatie.

Stuurlicht mag maar heel matig gesmeerd worden, anders kleven de afdichtingen in de schuif. In de cilinders en motoren blijft meestal wat olie achter. Je moet dus controleren of een olieverniveelaar voldoende olie vernevelt. Dat doe je op de volgende manier.

Houd een wit stuk papier op 20 cm afstand van de ontluchtingsopening van het ventiel dat je gaat bedienen. Schakel de machine of het werktuig in en laat de cilinder minimaal 20 maal heen en weer gaan. Het papier mag slechts matig bevochtigd zijn met olie. Als er oliedruppeltjes zichtbaar zijn is er te veel smering en moet de olietoevoer worden verminderd.

Te veel olie veroorzaakt een minder soepele werking van de schuiven, zodat het lijkt alsof ze niet goed werken. Bij een langere stop treedt verkleving van de afdichtingen op. Ook wordt de omgevingslucht verontreinigd.

Dagelijks onderhoud

Hoe eenvoudig een persluchtcilinder ook is, onder ongunstige omstandigheden kan er gemakkelijk iets fout gaan. Deze omstandigheden kun je wat minder ongunstig maken door de fijne apparaten goed te beschermen. Ook deze bescherming moet dan wel regelmatig gecontroleerd worden.

- Aftappen van condenswater in reservoir en filter (bij automatische wateraftappunten deze wekelijks controleren omdat ze gemakkelijk verstopt raken door roestdeeltjes).
- Controleren van het olieniveau in compressor en olieverniveelaar.

-
- Controleren van de luchtfilters bij de componenten (die in stoffige omstandigheden werken).

Wekelijks onderhoud

Tot het wekelijks onderhoud behoren de volgende werkzaamheden:

- signaalgevers schoonmaken en testen, defecte onderdelen vervangen;
- slangen nakijken op porositeit, beschadigingen die je ziet testen op lekkage;
- kunststof slangen controleren op knikplaatsen en eventueel vervangen;
- de manometer van het drukreducerventiel testen;
- de olieverteelaar testen op het aantal druppels per minuut; zo nodig de doseerschroef opnieuw instellen.

Halfjaarlijks onderhoud

Elk half jaar voer je de volgende werkzaamheden aan een pneumatische installatie uit:

- ventielen, verbindingen en slangen nakijken op lekkage;
- het filter schoonmaken op de juiste wijze (instructieboekje);
- de zuigerstangbussen op slijtage controleren en zo nodig de lagerbus, de afdichting en de schraapring vervangen;
- de apparaten en componenten controleren op capaciteit, lekken en mechanische werking;
- de geluiddempers vervangen of schoonmaken;
- eventueel andere verrichtingen zoals voorgeschreven in het instructieboekje.

Vragen 4.4

- a Maak voor de pneumatische installatie op het (stage-)bedrijf een onderhoudskaart. Geef hierop aan welke onderdelen gecontroleerd moeten worden. Maak op de kaart kolommen met de lengte van het interval waarmee de onderdelen gecontroleerd moeten worden.
- b Vergelijk de gegevens op jouw kaart met de inhoud van deze paragraaf. Welke onderdelen wijken hiervan af? Waarom?
- c Maak een grafiek van het teruglopen van de druk als functie van de tijd bij een stilstaande compressor.
- d Maak een schatting van de kosten van de leklucht.

4.5 Storing opzoeken

Als een machine of een werktuig niet of niet goed werkt kun je iemand inschakelen om je te helpen. Je kunt ook zelf proberen de storing te lokaliseren en liefst ook te verhelpen.

Voor het opsporen van een storing kun je een stroomschema gebruiken. Het stroomschema dient als een soort stappenplan dat je volgt om de plaats van de storing te ontdekken. In figuur 4.32 staat een voorbeeld van een stroomschema. Je kunt zelf ook andere stroomschema's maken. Als je met een stroomschema de plaats van de storing hebt gelokaliseerd, kun je figuur 4.33 gebruiken om de storing op te lossen.

Fig. 4.32
De stappen in een
stroomschema

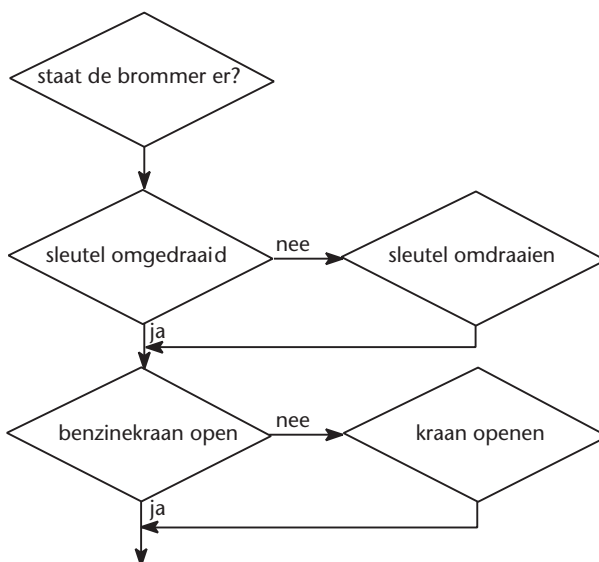


Fig. 4.33 Storing tabel

storing	mogelijke oorzaak	oplossing
filter de lucht wordt niet ontdaan van condensatievocht	filter verkeerd gemonteerd	filter vervangen en in de goede richting monteren
	waterniveau in de filterpot te hoog	vaker vocht verwijderen of automatische waterafscheider monteren
	het filter is veel te groot voor de installatie	een nieuw en beter gedimen- sioneerd element monteren
de filterpot vertoont barsten	de kunststof van de bak is niet bestand tegen de in- vloeden van de werk- omgeving	een metalen element met een glazen pot worden niet aangetast
de druk aan de secundaire zijde daalt zeer sterk	het filterpatroon is vervuild	het filterpatroon vervangen of reinigen
	het element is ondergedi- mensioneerd (te klein voor de installatie)	het element vervangen door een groter, dat het debiet wel aankan

- Vragen 4.5** a Maak een stroomschema voor het volgende probleem. De compressor slaat vaak aan, maar voor een korte periode.

4.6 Afsluiting

Een fietspomp is een voorbeeld van een pneumatische installatie. Die installatie bestaat uit een pomp en een band. De meeste pneumatische installaties bestaan uit meer onderdelen dan een pomp en een band. Een aantal onderdelen (componenten) van een pneumatische installatie zorgt er samen voor dat er lucht onder een bepaalde druk geleverd kan worden. Dit noem je de persluchtvoorziening. De componenten die de persluchtvoorziening vormen zijn onder andere de compressor, het filter, de olieverelevelaar en het reduceerventiel.

Een compressor perst lucht samen tot een bepaalde druk. Zo ontstaat perslucht. De perslucht is de drager van energie. In de compressor wordt de energie van een elektromotor of brandstofmotor omgezet in pneumatische energie. Er zijn drie typen compressoren, te weten: zuigercompressoren, schroefcompressoren en schoepencompressoren. Er zijn verschillende regelingen voor het juist laten draaien van een compressor.

Water in persleidingen kan leiden tot corrosie, storingen in ventielen, vastvriezen van venturi's, wegspoelen van smeerolie, verstoppingen, slechte smering en storingen in meet- en regelapparatuur. Vochtafscheiders/filters in persleidingen zorgen dat er geen water in de persleidingen komt.

Alles wat in beweging is, moet gesmeerd worden. Dit geldt ook voor perslucht. Deze perslucht moet met een bepaalde regelmaat worden gesmeerd. Een pneumatische installatie moet je op twee verschillende plaatsen smeren, namelijk bij de compressor zelf en bij het meeste luchtgereedschap.

Er zijn drie smeersystemen mogelijk bij compressoren. Afhankelijk van de plaats en de mogelijkheden wordt een van die systemen toegepast. Het gaat om de volgende smeersystemen: spatsmering, ringsmering en druksmering.

Als eenmaal voldoende perslucht op de juiste druk beschikbaar is, kun je componenten volgens een bepaald schema aansluiten en gebruiken. Componenten zijn apparaten waarmee bepaalde processen en besturingen kunnen functioneren. Componenten zijn bijvoorbeeld cilinders en ventielen. Cilinders worden toegepast voor het laten bewegen van onderdelen van machines en werktuigen. Met ventielen wordt de start, de stilstand en de richting van de lucht geregeld.

In een pneumatisch schema staan alle pneumatische componenten. Dit schema wordt gebruikt bij het construeren van een machine of werktuig. Voor de verschillende componenten gebruik je symbolen. Elk symbool zegt iets over de werking en de functie van de component. Er zijn afspraken gemaakt over de functionele betekenis van een symbool, zodat iedereen het schema kan lezen.

Ook een pneumatische installatie heeft onderhoud nodig. In principe staat het benodigde onderhoud beschreven in het instructieboekje dat bij de installatie hoort. De belangrijkste onderdelen waaraan onderhoud gepleegd wordt, zijn: de compressor, het leidingnet, het filter, het drukreduceerventiel en de olieverelevelaar.

Voor het opsporen van een storing kun je een stroomschema gebruiken. Het stroomschema dient als een soort stappenplan dat je volgt om de plaats van de storing te ontdekken. Als je de plaats van de storing hebt gelokaliseerd, kun je de storing oplossen.

5 Mechanica

Oriëntatie

Aan de trekker moeten frontgewichten hangen om bijvoorbeeld de vijfscarige wentelploeg te kunnen tillen. Komt de trekker aan de voorkant nog omhoog, dan hang je er gewoon een aantal frontgewichten bij! Proefondervindelijk ga je te werk om tot het gewenste resultaat te komen. Je kunt echter ook berekenen hoeveel frontgewichten je nodig hebt!

Loonwerker Siemen heeft op een trekker die hij gebruikt bij het sleepslang bemesten een grote haspel hangen in de fronthefinrichting. De trekker die hij gebruikt is niet erg zwaar en heeft brede achterbanden om insporing zo veel mogelijk tegen te gaan. Achter op de trekker bevindt zich een haspel. Siemen denkt dat de trekker in evenwicht is. Toch breekt de trekker doormidden. Siemen heeft de gewichten namelijk niet goed verdeeld en de krachten bij het koppelingshuis zijn te groot geworden. Hij had beter uit kunnen rekenen hoeveel gewicht hij nodig had om de krachten bij het koppelingshuis niet te overschrijden.

5.1 Kracht, massa en gewicht

Bij trekkerbehendigheidswedstrijden wordt wel eens een trekker op een soort wip gereden. Je moet de trekker zo ver op de wip rijden dat de wip in evenwicht komt te staan. Beide zijden van de wip zijn dan vrij van de grond. Als er een werktuig in de hefinrichting van de trekker gehangen wordt, vindt de trekker op de wip op een andere plaats zijn evenwicht. Dit komt omdat de gewichtsverdeling anders is geworden.

Hoeveel weegt die trekker eigenlijk? En is het gewicht van de trekker niet te zwaar voor de wip? Is de constructie wel sterk genoeg? Wat is de totale massa van een trekker met aanhangwagen? Of spreek je over het totale gewicht van de combinatie? Wat is eigenlijk het verschil tussen kracht, massa en gewicht?

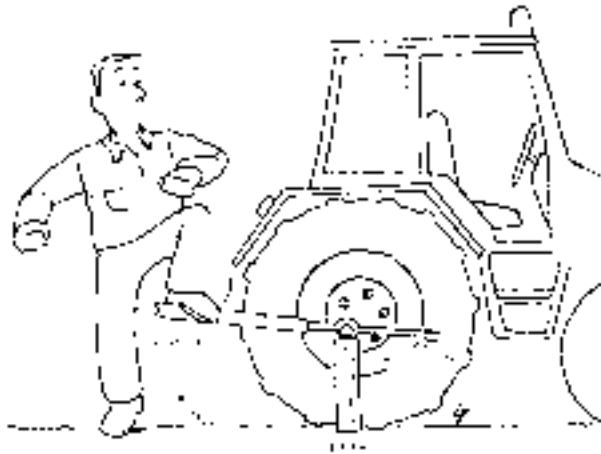
Kracht

Om de sterkste man van Europa te worden, moet je je krachten meten met anderen. Een van de oefeningen die je dan vaak moet doen is het vooruit trekken van een vrachtwagen. Je hebt een bepaalde kracht nodig om de vrachtwagen aan het rollen te krijgen. Rolt de vrachtwagen eenmaal, dan heb je minder kracht nodig en kun je 'met gemak' de eindstreep. In een tekening geef je de richting van de kracht aan met een pijl. De richting van de kracht is gelijk aan de richting waarin je trekt.

De aarde oefent een bepaalde kracht uit op ieder voorwerp. Deze kracht noem je de aantrekkingskracht van de aarde. Je kunt die kracht vergelijken met de werking van een magneet. De grootte van deze kracht is echter niet overal gelijk. Naarmate je verder van het middelpunt van de aarde af bent, wordt de aantrekkingskracht kleiner.

In figuur 5.1 kun je zien dat de uitgeoefende kracht op de kruissleutel naar de aarde toe is gericht. In de tekening wordt die kracht weergegeven met een pijl (vector) met daarbij het gewicht van het voorwerp.

Fig. 5.1
Kracht



Massa

Elk voorwerp bezit massa. Massa is de hoeveelheid stof (moleculen). Massa is iets anders dan volume en ook niet hetzelfde als gewicht. De massa van een voorwerp is onveranderlijk en onafhankelijk van de plaats op aarde waar het voorwerp zich bevindt. De massa van iets wordt uitgedrukt in kilogrammen (kg). Je kunt massa niet beschrijven. Hoe weet je dan wat de massa is van een voorwerp? Bij Parijs ligt een cilinder die van platina-irridium gemaakt is. Deze cilinder heeft een massa van 1 kilogram. Er zijn 'gewichten' gemaakt, waarvan de massa gelijk is aan de cilinder van platina-irridium of aan een deel daarvan. De massa van een voorwerp wordt bepaald met een balans. Aan de ene kant van de balans staat het voorwerp en aan de andere kant plaats je gewichten. Je zet er zo veel gewichten op dat de balans in evenwicht hangt. De totale massa van deze gewichten is dus hetzelfde als de massa van het voorwerp.

Fig. 5.2
Massa



Gewicht

Al in 1901 werd het gewicht van een voorwerp beschreven als de kracht die dit voorwerp op zijn ondersteuning uitoefent. Die kracht kan gemeten worden met een veerbalans. Dit is een weeginstrument waarin het te wegen voorwerp een veer uittrekt of indrukt. Het gewicht van een voorwerp is afhankelijk van de plaats waar het voorwerp zich bevindt. Voorwerpen en ook mensen kunnen hun gewicht verliezen. Denk maar aan de ruimtevaart, waarbij astronauten in de ruimte gewichtloos zijn en zweven. Die astronauten hebben nog steeds dezelfde massa die ze op aarde hadden, maar ze hebben geen gewicht meer. De aantrekkingskracht van de aarde is immers niet of nauwelijks meer aanwezig.

De kracht die een gewicht veroorzaakt wordt uitgedrukt in kilogramkracht (kgf) of newton. 1 newton is iets meer dan 0,1 kilogramkracht. Door de aantrekkingskracht die de aarde op het voorwerp uitoefent ontstaat een bepaald gewicht.

Voorbeeld

Een voorwerp heeft een massa van 10 kilogram. De sterkte van het zwaarteveld van het aardoppervlak bedraagt 9,8 newton per kilogram. Het voorwerp weegt op aarde dan $10 \text{ kg} \times 9,8 \text{ N/kg} = 98 \text{ N}$.

5000 km boven het aardoppervlak is de sterkte van het zwaarteveld nog maar 3 N/kg. Het voorwerp zal dan een gewicht hebben van $10 \text{ kg} \times 3 \text{ N/kg} = 30 \text{ N}$.

Massa is de hoeveelheid stof (kg). Massa is overal hetzelfde.
Gewicht is de kracht waarmee de aarde die massa aantrekt (N).

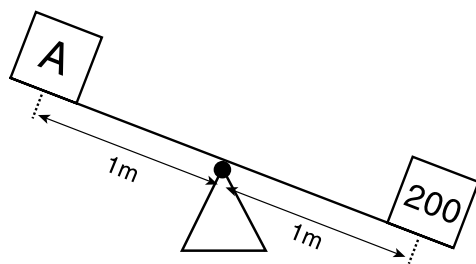
Vragen 5.1

- a Welke van de onderstaande bewering(en) is (zijn) juist?
 - 1 Een zak cement weegt 25 kg.
 - 2 Een kist met appels heeft een massa van 15 kg.
 - 3 Je gewicht op aarde is hetzelfde als je gewicht in de ruimte.
 - 4 De aantrekkingskracht op aarde is overal gelijk, of je nu in Zwitserland op een berg staat of in Nederland in de Alblasserwaard (bij Rotterdam).
- b Stel dat je op aarde een massa hebt van 60 kg. Wat is dan je massa op de maan?
- c Op aarde heb je nog steeds een massa van 60 kg. Wat is je gewicht op de maan als de aantrekkingskracht van het maanoppervlak 0,5 newton per kilogram is?

5.2 Evenwicht en krachten

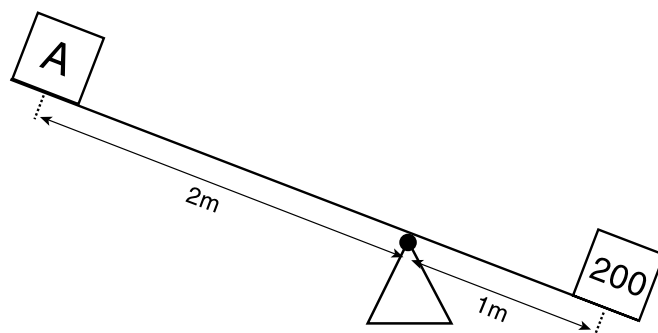
Als je een voorwerp weegt op een weegschaal, plaats je aan de ene kant het voorwerp en aan de andere kant zo veel gewichten tot alles in evenwicht, in balans, is. Links en rechts op de weegschaal heb je dan evenveel massa liggen. In figuur 5.3 is geen evenwicht. Om evenwicht te krijgen, moet je op plaats A een neerwaartse kracht van 200 N uitoefenen of er een gewicht plaatsen van 200 N.

Fig. 5.3
Er is geen evenwicht als de kracht aan beide kanten verschillend is.



Als de afstand van de driehoek (het scharnierpunt) tot A twee keer zo groot wordt, dan zal de benodigde kracht met de helft verminderen. Er is dan nog maar 100 N nodig om evenwicht te krijgen.

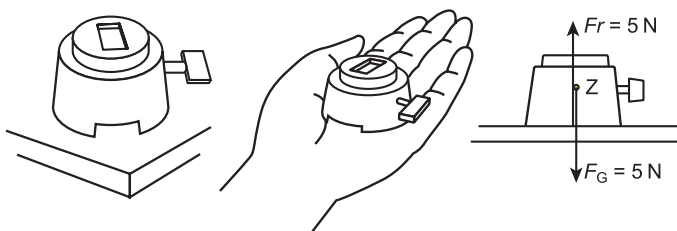
Fig. 5.4
Er is evenwicht als de kracht bij A 100 N is.



Terug naar de wip van de trekkerbehendigheidswedstrijd. Als je de trekker op de wip rijdt, moet je zoeken naar een evenwicht. Het evenwichtspunt ligt bij een trekker meestal niet in de midden, omdat het gewicht dat op de vooras rust anders is dan het gewicht op de achteras. Als de wip in evenwicht is, noem je het punt van de trekker dat recht boven het scharnierpunt van de wip staat, het zwaartepunt. Als je een ploeg in de hefinrichting van de trekker hangt en je gaat weer de wip op, dan bereikt de trekker op een heel ander punt zijn evenwicht. Het zwaartepunt is verschoven in de richting van de achterwielen. Dit kun je verklaren vanuit de natuurkunde.

In figuur 5.5 zie je links een voorwerp of tafel liggen. In de middelste tekening heb je dat zelfde voorwerp in je hand. Als het voorwerp op tafel ligt, is het voorwerp in rust. Als je het voorwerp in je hand neemt, voel je dat er nog andere krachten op dat voorwerp werken: je voelt dat het voorwerp gewicht heeft.

Fig. 5.5
Evenwicht is een toestand van rust.



Het gewicht is gelijk aan de kracht waarmee de aarde de massa aantrekt. Het gewicht van het voorwerp probeert je hand omlaag te duwen, met andere woorden: het

voorwerp oefent een actiekracht uit op je hand. Om het voorwerp in evenwicht te houden, moet je er zelf ook een kracht op laten werken. Je moet je hand met een bepaalde kracht omhoog duwen. Deze kracht is even groot als het gewicht van het voorwerp. Deze kracht is jouw reactie op het gewicht van het voorwerp. Daarom noem je deze kracht een reactiekracht. Als het voorwerp niet op je hand ligt, heb je deze kracht niet nodig.

Als er een actiekracht werkt op een voorwerp dat in rust blijft, dan werkt er op dat voorwerp ook een reactiekracht. De reactiekracht is even groot als de actiekracht. De richting van de reactiekracht is tegengesteld aan die van de actiekracht.

Als het gewicht van het voorwerp 5 newton (N) bedraagt, dan noem je dat de actiekracht. Het aangrijpingspunt van deze kracht ligt in het zwaartepunt van dat voorwerp. Het aangrijpingspunt ligt op de onderkant van het voorwerp. Dit zie je afgebeeld in de rechttertekening van figuur 5.5. De lengte van de pijlen (ook wel vectoren genoemd) geven de grootte en de richting van de kracht aan. Het uiteindelijke resultaat van de actiekrachten en reactiekrachten is bij evenwicht altijd gelijk aan nul.

Hefboomwerking en moment

Je staat bij de werktuigenloods met je trekker en de gronddumper. De gronddumper heeft een lekke band. Je plaatst de krik onder de as en gaat de wielmoeren van de gronddumper losdraaien met een kruissleutel, maar dat lukt niet. In figuur 5.1 heb je gezien dat de monteur een pijp over de sleutel heen geschoven heeft, zijn voet op die pijp zet, en op die manier de moer loskrijgt. Dat probeer jij ook. Je pakt een pijp ijzer, schuift die over de sleutel en gaat erop staan. Tot je verbazing gaat de moer niet los. Dan probeert je collega het. Nu gaat de moer wel los. Hoe kan dat? Het verschil tussen jou en je collega is het gewicht. Jij weegt 600 N (in het spraakgebruik 60 kg genoemd), terwijl je collega wel 900 N weegt. Met een gewicht van 900 N kun je blijkbaar een grotere kracht ontwikkelen dan met een gewicht van 600 N.

Je collega laat je nog een manier zien om de wielmoeren los te maken. Hij zet op de kruissleutel een nog langere pijp. Jij gaat erop staan en nu krijg je de wielmoer wel los. Blijkbaar kun je nu met 60 kg net zo'n grote kracht uitoefenen als je collega de eerste keer met 90 kg.

De laatste wielmoer draait je collega los met die langere pijp op de kruissleutel. Een grote klap en de kruissleutel breekt af! De kracht is nu zo groot geworden dat de kruissleutel afbreekt in plaats van de wielmoer losdraait. Je kunt dus niet zomaar een ring-, steek- of kruissleutel verlengen. Voor je het weet is de sleutel kapot of draai je een bout kapot.

De kracht die op de kruissleutel wordt uitgeoefend veroorzaakt een draaiende beweging. Die draaiende kracht noem je het draaimoment. Het draaimoment (draaiende kracht) wordt dus bepaald door de lengte van de pijp en het gewicht dat op de pijp wordt geplaatst of de kracht die op de pijp wordt uitgeoefend. Deze kracht wordt uitgedrukt in newtonmeter (Nm).

$$\text{kracht (N)} \times \text{arm (m)} = \text{(draai-)moment (Nm)}$$

Het principe van de momentsleutel lijkt op dat van het draaimoment.

Als je een moer op een bout moet aandraaien met een draaimoment van 30 Nm kun je dit doen met de momentsleutel. Je kunt het ook doen met een unster en een steek- of ringsleutel waarvan de lengte bekend is. Is de lengte van de sleutel 0,25 m, dan moet je trekken met een kracht van 120 N. Dit bereken je als volgt.

Kracht \times arm = draaimoment

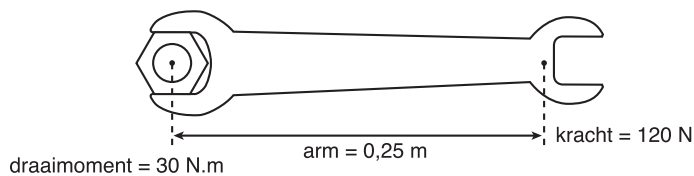
$$F \times l = M$$

$$\text{Kracht (F)} \times 0,25 \text{ m} = 30 \text{ Nm}$$

$$\text{Kracht (F)} = 30 \text{ Nm} : 0,25 \text{ m} = 120 \text{ N}$$

Zo kun je zonder momentsleutel toch nauwkeurig montagewerk verrichten.

Fig. 5.6
Een draaimoment van
30 Nm

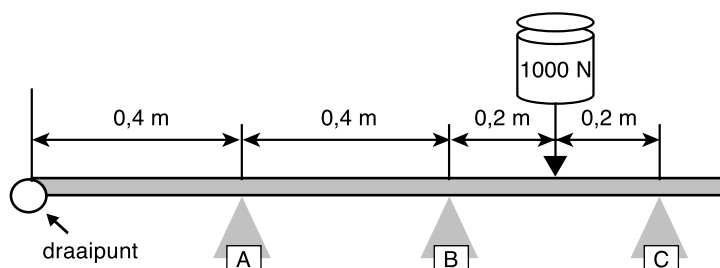


Op een (loon)bedrijf worden werktuigen gebruikt zoals hydraulische kranen, heftrucks, palletheffers en hefmasten achter een trekker. Deze werktuigen verplaatsen een bepaald gewicht. Daarbij kunnen gevaarlijke situaties optreden als het zwaartepunt zich verplaatst en het evenwicht verstoord wordt. De werktuigen kunnen dan kantelen, voor- of achteroverslaan. Bijvoorbeeld als je een zwaar voorwerp in de hefinrichting van de trekker hangt, kunnen de voorwielen van de trekker van de grond komen. Om dit te voorkomen bevestig je gewichten voor aan de trekker.

Dit kantelen, voor- of achteroverslaan komt door de hefboomwerking. Je hebt te maken met twee tegengestelde momenten met ieder een arm. Daarbij gelden de volgende principes:

- een rechtsomdraaiend moment is positief;
- een linksomdraaiend moment is negatief;
- de linksomdraaiende momenten zijn gelijk aan de rechtsomdraaiende momenten;
- de som van de momenten is altijd nul ten opzichte van het draaipunt;
- het draaipunt kun je het beste beschouwen als een stuurwiel van een auto of trekker.

Fig. 5.7
Een losdraaiende arm,
bevestigd aan een
draaipunt X



In figuur 5.7 zie je een losdraaiende arm of balk, bevestigd aan een draaipunt. Dit draaipunt mag je beschouwen als het stuurwiel. Je kunt dan bekijken of je te maken hebt met een links- of rechtsdraaiend moment. De arm of balk kan ondersteund

worden op de plaatsen A, B en C. Op de arm of balk wordt op 1 meter afstand van het draaipunt een gewicht geplaatst van 1000 N. Hoeveel kracht (F) rust er dan bij het ondersteuningspunt A, als de balk alleen bij A ondersteund wordt? Dit bereken je als volgt, waarbij je bedenkt dat het linksomdraaiend moment gelijk is aan het rechtsdraaiend moment.

$$1000 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 0,4 \text{ m} \times F_A$$

$$F_A = \frac{1000 \text{ Nm}}{0,4 \text{ m}} = 2500 \text{ N}$$

De kracht op het ondersteuningspunt A is dus 2500 N.

Als de balk alleen op het ondersteuningspunt B rust, is de kracht heel anders, namelijk:

$$1000 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 0,8 \text{ m} \times F_B$$

$$F_B = \frac{1000 \text{ Nm}}{0,8 \text{ m}} = 1250 \text{ N}$$

De kracht op het ondersteuningspunt B is dus 1250 N.

Als de balk alleen bij C ondersteund wordt, is de kracht:

$$1000 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 1,2 \text{ m} \times F_C$$

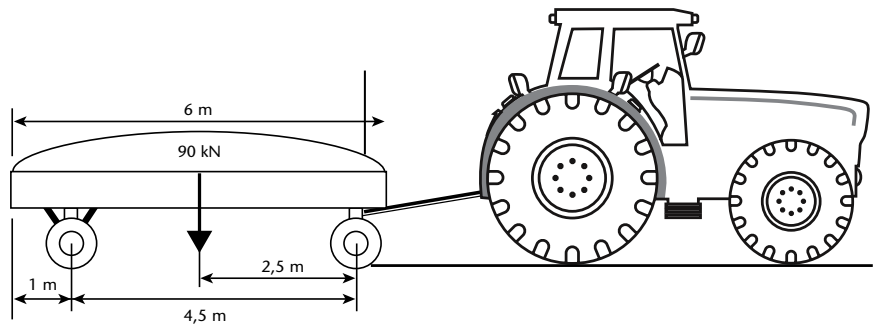
$$F_C = \frac{1000 \text{ Nm}}{1,2 \text{ m}} = 833,3 \text{ N}$$

De kracht op het ondersteuningspunt C is dus 833,3 N.

Conclusie: hoe verder de ondersteuning van het draaipunt af staat, hoe kleiner de kracht op het ondersteuningspunt wordt. Wat je wint aan kracht, verlies je aan afstand. Dit wordt in de natuurkunde de 'Gulden Regel' genoemd.

In figuur 5.8 staat een vierwielige wagen. Wat is de gewichtsverdeling daarbij? De wagen heeft twee steunpunten, namelijk de voor- en de achteras (= 2 × 2 wielen). Het gewicht wordt verdeeld over deze assen en banden. Deze assen en banden geven zo veel tegendruk, dat de wagen niet door zijn assen zakt. Die tegendruk noem je reactiekracht. Als je weet hoe groot de reactiekrachten zijn, weet je welke druk er op de grond komt (en wat een krik moet kunnen heffen).

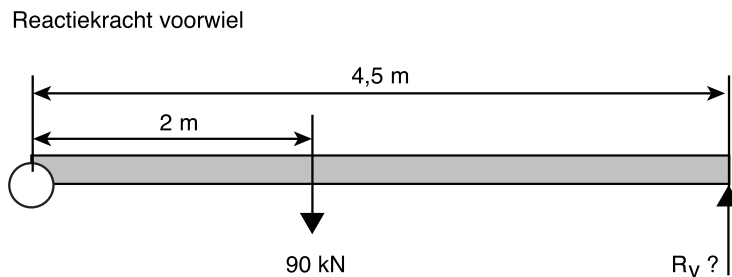
Fig. 5.8
Een trekker met een
wagen



Om de reactiekrachten te kunnen uitrekenen, beschouw je de wagen als een evenwichtsbalk met als steunpunt het wiel dat je niet uitrekent. Dit steunpunt is dan het draaipunt. De reactiekracht van het andere wiel is de onbekende. Dus als je de reactiekracht op de voorwielen wilt uitrekenen, beschouw je de achterwielen als draaipunt. De voorwielen zijn het draaipunt (steunpunt) bij de berekening voor de achterwielen. Het zwaartepunt is het aangrijpingspunt van het gewicht van de wagen of trekker. Bij een gelijk verdeelde lading, zoals de wagen in figuur 5.8, ligt het zwaartepunt in het midden.

In figuur 5.9 staat de evenwichtsbalk die je nodig hebt om de reactiekrachten van de voorwielen (R_v) te berekenen.

Fig. 5.9
De reactiekrachten van
de voorwielen



Je houdt weer rekening met het feit dat het linksomdraaiend moment gelijk is aan het rechtsomdraaiend moment. Uit figuur 5.8 bereken je de afstand van het voorwiel naar het zwaartepunt en van het achterwiel naar het zwaartepunt.

$$R_v \times 4,5 = 90 \text{ kN} \times 2 \text{ m}$$

$$R_v \times 4,5 = 180 \text{ kNm}$$

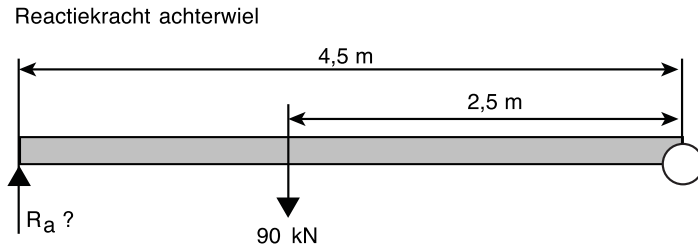
$$R_v = \frac{180 \text{ kNm}}{4,5 \text{ m}} = 40 \text{ kN}$$

40 kN is de reactiekracht van de vooras. Deze kracht wordt verdeeld over twee banden. Ieder voorwiel heeft dus een reactiekracht van 20 kN.

In figuur 5.10 staat de evenwichtsbalk die je nodig hebt om de reactiekracht van de achterwielen (R_a) te berekenen.

Fig. 5.10

De reactiekracht van de achterwielen



Ook voor het berekenen van de reactiekracht op de achterwielen geldt weer dat het linksomdraaiend moment gelijk is aan het rechtsomdraaiend moment.

$$R_a \times 4,5 \text{ m} = 90 \text{ kN} \times 2,5 \text{ m}$$

$$R_a \times 4,5 = 225 \text{ kNm}$$

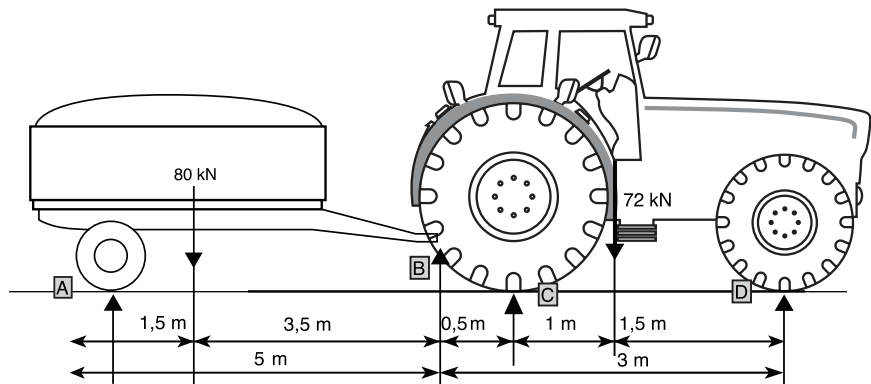
$$R_a = \frac{225 \text{ kNm}}{4,5 \text{ m}} = 50 \text{ kN}$$

Het totaal van de reactiekrachten moet gelijk zijn aan het totale gewicht dat op de grond komt, in dit geval 90 kN. Dat klopt, want $R_v + R_a = R_{\text{totaal}}$
 $40 \text{ kN} + 50 \text{ kN} = 90 \text{ kN}$.

De krachten op de wagenassen en trekkerassen van een trekker met een eenassige kipwagen zijn wat lastiger uit te rekenen. Je rekent eerst de reactiekracht van de wagen uit, namelijk de reactiekracht op de achteras (R_a) en de reactiekracht op de trekhaak (R_b). Het gewicht dat op de trekhaak rust, de oplegdruk (de reactiekracht) wordt later bij de trekker doorberekend.

Fig. 5.11

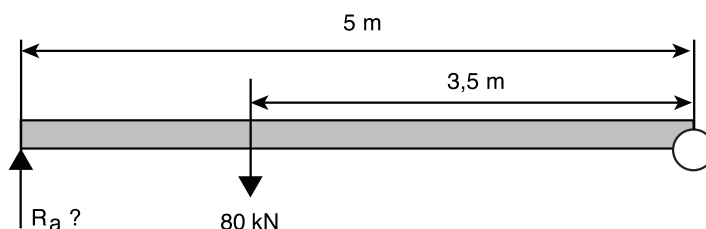
Een trekker met een eenassige kipwagen



Als je R_a uitrekent, is B (de trekhaak) het steunpunt (zie figuur 5.12).

Fig. 5.12

De reactiekracht van de wielen (achteras) van de kipwagen



Draaimoment links is gelijk aan draaimoment rechts, dus:

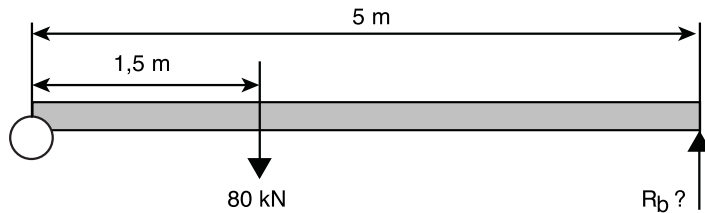
$$R_a \times 5 \text{ m} = 80 \text{ kN} \times 3,5 \text{ m}$$

$$R_a \times 5 \text{ m} = 280 \text{ kNm}$$

$$R_a = \frac{280 \text{ kNm}}{5 \text{ m}} = 56 \text{ kN}$$

Om de reactiekracht op de trekhaak (R_b) uit te rekenen, beschouw je het achterwiel van de kipwagen als steunpunt (zie figuur 5.13).

Fig. 5.13
De reactiekracht op de trekhaak van de trekker



De reactiekracht op de trekhaak bereken je als volgt:

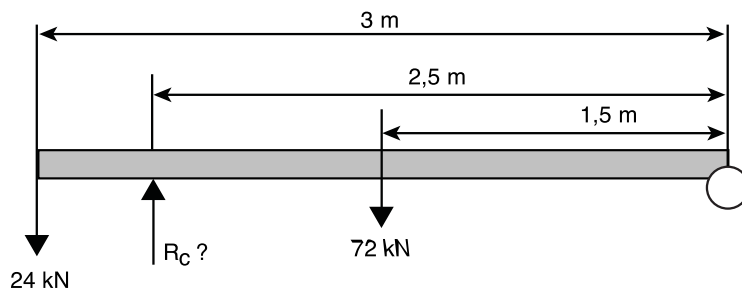
$$R_b \times 5 \text{ m} = 80 \text{ kN} \times 1,5 \text{ m}$$

$$R_b \times 5 \text{ m} = 120 \text{ kNm}$$

$$R_b = \frac{120 \text{ kNm}}{5 \text{ m}} = 24 \text{ kN}$$

De oplegdruk (de reactiekracht) van 24 kN is voor de trekker een extra gewicht op de trekhaak. Deze kracht drukt op de achterwielen, waardoor er minder reactiekracht op de voorwielen ontstaat. Als je dat weet, kun je de reactiekracht van het achterwiel (R_c) uitrekenen. Je beschouwt het voorwiel als steunpunt (zie figuur 5.14).

Fig. 5.14
De reactiekracht op het achterwiel van de trekker



Deze reactiekracht bereken je als volgt:

$$R_c \times 2,5 \text{ m} = (24 \text{ kN} \times 3 \text{ m}) + (72 \text{ kN} \times 1,5 \text{ m})$$

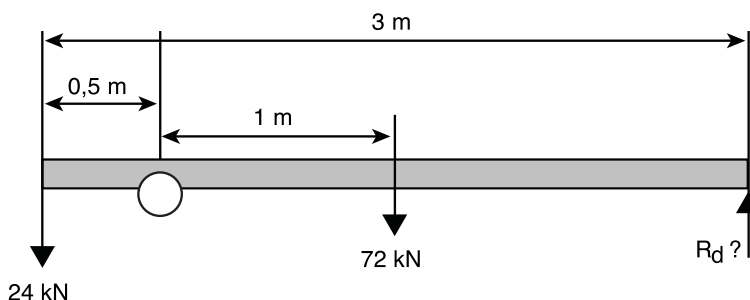
$$R_c \times 2,5 \text{ m} = 72 \text{ kNm} + 108 \text{ kNm}$$

$$R_c \times 2,5 \text{ m} = 180 \text{ kNm}$$

$$R_c = \frac{180 \text{ kNm}}{2,5 \text{ m}} = 72 \text{ kN}$$

Wil je de reactiekracht op de voorwielen (R_d) uitrekenen, dan neem je het achterwiel van de trekker als steunpunt (zie figuur 5.15).

Fig. 5.15
De reactiekracht op het voorwiel



De reactiekracht op de voorwielen bereken je als volgt:

$$(0,5 \text{ m} \times 24 \text{ kN}) + (R_d \times 2,5 \text{ m}) = 72 \text{ kN} \times 1 \text{ m}$$

$$12 \text{ kNm} + (R_d \times 2,5 \text{ m}) = 72 \text{ kNm}$$

$$R_d \times 2,5 \text{ m} = 72 \text{ kNm} - 12 \text{ kNm}$$

$$R_d \times 2,5 \text{ m} = 60 \text{ kNm}$$

$$R_d = \frac{60 \text{ kNm}}{2,5 \text{ m}} = 24 \text{ kN}$$

Om te controleren of je het goed hebt gedaan, kun je kijken of de reactiekrachten op de grond gelijk zijn aan de totale gewichten van de combinatie trekker en wagen.

$$R_a + R_c + R_d = R_{\text{totaal}}$$

$$56 \text{ kN} + 72 \text{ kN} + 24 \text{ kN} = 152 \text{ kN}$$

De wagen en trekker hebben een totaalgewicht van $80 \text{ kN} + 72 \text{ kN} = 152 \text{ kN}$. Hieruit volgt dat de berekening klopt.

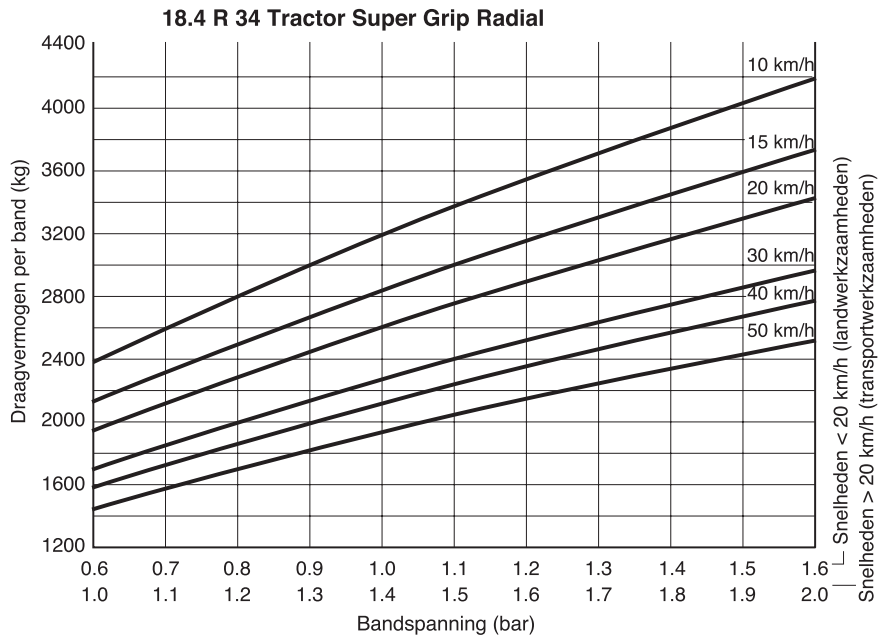
In plaats van een kar of wagen kun je aan de trekker een werktuig in de driepuntheffinrichting hangen. Aan de voorkant van de trekker hang je dan meestal frontgewichten om voor voldoende gewicht op de voorwielen te zorgen. Ook in deze situatie kun je de krachten uitrekenen die op de voor- en achterwielen van de trekker komen. De massa van het werktuig en van de frontgewichten moet je ook op de krachtenbalk weergeven.

Wat heb je eigenlijk aan het berekenen van al die krachten? Als de trekker aan de voorkant omhoog komt bevestig je toch gewoon meer frontgewichten!? Maar dat gaat zo maar niet. Te grote krachten kunnen er de oorzaak van zijn dat er bouten afbreken in het midden van de trekker ter hoogte van het koppelingshuis. Bovendien kun je als je de krachten kent, bepalen met welke spanning (of druk) een band opgepompt moet worden om dit gewicht te kunnen dragen.

Stel dat de trekker van figuur 5.11 uitgerust is met achterbanden van de maat 18.4 R 34. In de tabellen of grafieken die bij die band horen (figuur 5.16), lees je dat

deze band bij 10 km per uur en een bandenspanning van 0,6 bar belast mag worden met 24 kN. Diezelfde band moet opgepompt worden tot 1,6 bar om 24 kN te kunnen dragen bij een transportsnelheid van 40 km/uur.

Fig. 5.16
Draagvermogen van een
18.4 R 34 trekkerband



Je hebt uitgerekend dat er op de achteras een reactiekracht plaatsvindt van 72 kN. Dit is 36 kN per wiel, dus de band moet minimaal 36 kN kunnen dragen. In figuur 5.16 kun je dan aflezen dat deze last gedragen kan worden bij een bandenspanning van 1,2 bar en een rijsnelheid van 10 km/uur. Bij 40 km/uur kan dit gewicht niet gedragen worden. Een 18.4 R 34 is dus niet geschikt voor de trekker van figuur 5.11.

Kantelen en achteroverslaan

Wanneer je kort langs een sloot werkzaamheden verricht is er altijd het gevaar van kantelen. Als je bijvoorbeeld werkt met een trekker met aan de zijkant een maaikorf merk je dat het gewicht zich naar de buitenkant verplaatst als de arm met maaikorf uitgaat. Een steunwiel of steunvoet én een contragewicht aan de andere kant van de trekker zorgen ervoor dat de trekker niet kantelt. Hoe groot die contragewichten moeten zijn, kun je berekenen als je de reactiekrachten op de wielen kent.

Om de trekker bestuurbaar te houden en er mede voor te zorgen dat de trekker niet zo snel achteroverslaat, moet op de voorwielen minimaal 20% van het totale trekkergewicht rusten (de reactiekracht op de voorwielen). Dit kun je bereiken door frontgewichten te gebruiken.

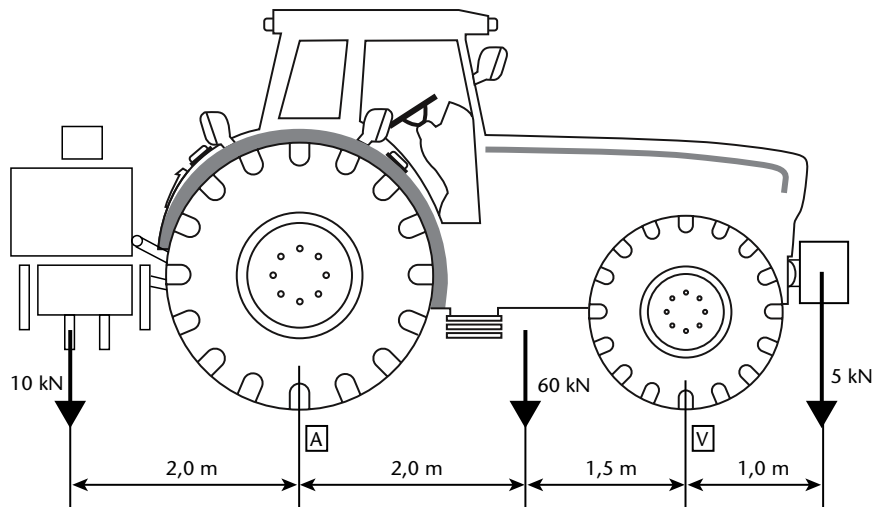
In figuur 5.17 zie je een praktijksituatie. De lading is blijven hangen in de kipwagen. Daardoor komt al het gewicht op de achteras. De kracht op het trekoog is niet meer naar beneden gericht, maar omhoog en is zo groot dat de achterkant van de trekker opgetild wordt...

Fig. 5.17 Trekker die wordt opgetild, doordat de lading is blijven hangen



- Vragen 5.2**
- Wat is het verschil tussen de massa en het gewicht van een bepaald voorwerp?
 - Wat wordt verstaan onder evenwicht?
 - Beschrijf wat de hefboomwerking is.
 - Bekijk figuur 5.18. Bereken het volgende:
 - de reactiekracht onder het achterwiel A;
 - de reactiekracht onder het voorwiel V.

Fig. 5.18
Trekker met werktuig in
de hefinrichting



- Kun je met de combinatie uit figuur 5.18 veilig op de weg rijden? Verklaar je antwoord.
- Stel dat je met de trekker en het werktuig uit figuur 5.18 op de evenwichtsbalk gaat rijden. Op welke afstand komt het achterwiel te staan ten opzichte van het draaipunt van de evenwichtsbalk in een evenwichtssituatie?

5.3 Arbeid, vermogen en draaimoment

koppel De begrippen draaimoment (ook wel *koppel* genoemd) en vermogen van een motor worden altijd in trekkertestrapporten genoemd. Koppel is de absolute kracht. Denk bij de mens aan zijn spierkracht. Een sterke kruier zal meer bakstenen op zijn kruiwagen tassen dan een kruier die minder sterk is. Dit zegt nog niets over de arbeidsprestatie (vermogen). Degene met minder spierkracht kan een hoger tempo draaien en per uur evenveel of zelfs meer stenen verplaatsen dan de kruier met veel spierkracht. Bij een (trekker)motor kun je tempo vergelijken met motortoerental. Het aantal stenen dat je per uur versjout kun je vergelijken met het vermogen. Vermogen is de prestatie die per tijdseenheid geleverd wordt. Het vermogen wordt uitgedrukt in watt of kilowatt (kW). Aan de term koppel alleen heb je niets als je het bijbehorende toerental niet kent. In figuur 5.19 worden de kruier en de motor vergeleken.

Fig. 5.19

Vergelijking tussen kruier en motor en motor

	Tempo/toerental	Vermogen (bijvoorbeeld)
Sterke kruier	laag	3000 stenen per uur
Minder sterke kruier	hoog	3000 stenen per uur
Sterke motor	laag	80 kW
Minder sterke motor	hoog	80 kW

Fig. 5.20

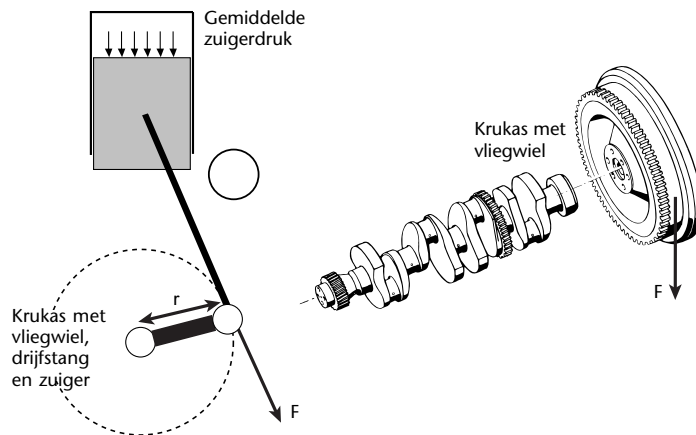
Het vermogen van beide bouwvakkers is gelijk.



Waar komt het vermogen vandaan dat een trekker levert? De verbranding van brandstof veroorzaakt een bepaalde kracht op de zuiger. Die zuiger gaat daardoor met een zekere snelheid bewegen. Het vermogen dat door deze zuiger wordt overgebracht is weer het product van kracht en snelheid ($P = F \times v$). De kracht is afhankelijk van de gemiddelde druk op de zuiger en het zuigeroppervlak. De snelheid is afhankelijk van de slaglengte en het motortoerental. In de motor wordt de rechtlijnige beweging van de zuigers door het kruk-drijfstaang mechanisme omgezet in een draaiende beweging. De kracht op de zuiger zal nu een bepaalde kracht (F) aan de omtrek van de kruk cirkel geven. De snelheid waarmee deze kracht zich verplaatst is afhankelijk van de kruk lengte (= straal = r = de helft van de slaglengte) en het toerental. Het draaimoment, of koppel, is de kracht die een as draaiende houdt. Deze kracht wordt uitgedrukt in newtonmeter. Een draaimoment is dus voor te stellen

als een as met daarop een arm van 1 m. De kracht die aan het uiteinde van de arm wordt gemeten is dan 1 newton. In figuur 5.21 zie je het krachtspel bij de motor.

Fig. 5.21
Het krachtenspel bij de motor



Motoren leveren bij verschillende toerentallen een verschillend vermogen. Elke motor heeft een eigen karakter. Net als bij de karakters verschillen van de stenenkruisers. De ene moet het van zijn spierkracht hebben, de andere van zijn tempo. Het karakter van een motor kun je aantoonbaar en zichtbaar maken door het koppel bij verschillende toerentallen te meten en de resultaten in een grafiek te zetten.

Vragen 5.3

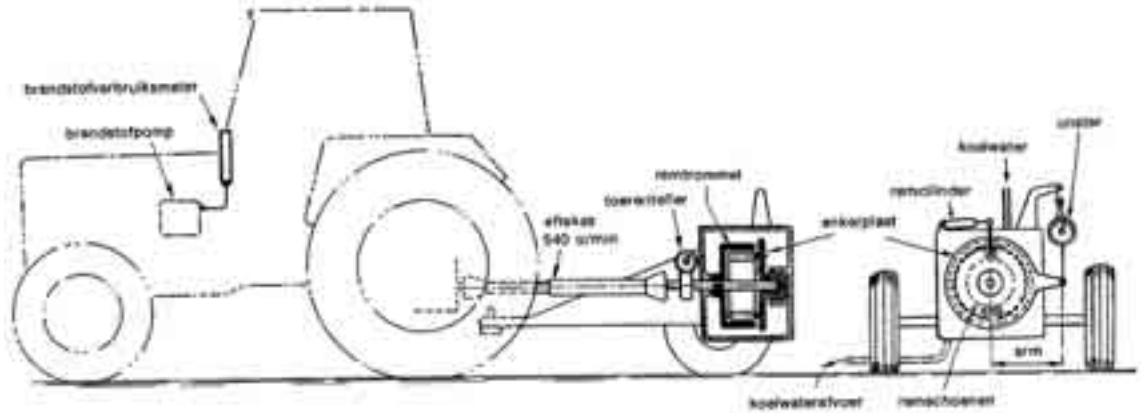
- Wat versta je onder het draaimoment?
- Noem twee voorbeelden uit de praktijk waarbij je gebruik maakt van het draaimoment.

5.4 Trekkertest

vermogensrem

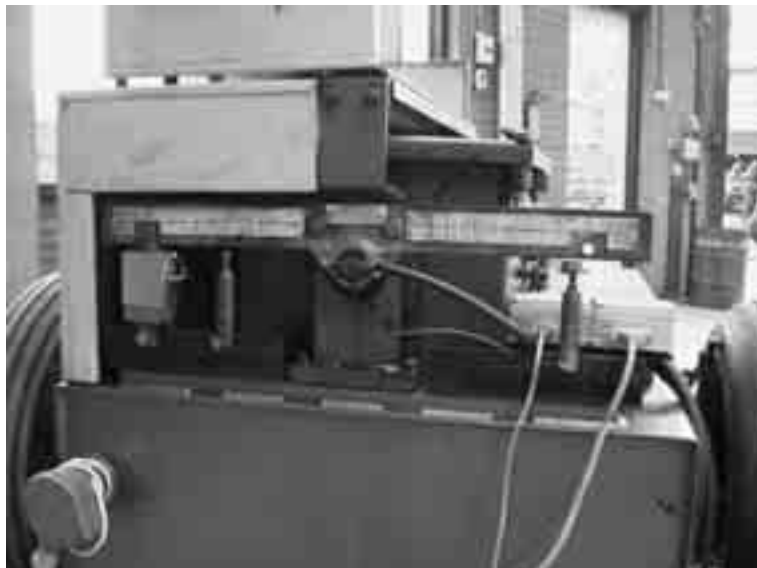
De motor van een trekker kun je 'testen'. Hierbij bepaal je het vermogen, het draaimoment en het brandstofverbruik. Dit doe je door een *vermogensrem* met een aftaktussenas aan te sluiten op de aftakas van de trekker. Deze vermogensrem wordt ook wel een waterrem genoemd. De vermogensrem meet het draaimoment (koppel) bij een steeds zwaarder wordende belasting op de aftakas. Vervolgens rekent een computer het vermogen en het percentage koppelstijging (stijgingspercentage) uit.

Fig. 5.22 Trekker voor de vermogensrem



De vermogensrem bestaat uit een as met een remtrommel. Het toerental (in omw/min) van deze as kun je aflezen op een opgebouwde toerenteller. Via een computer wordt dit weergegeven op het beeldscherm. De ankerplaat met remschoenen is draaibaar en wordt vastgehouden door een arm en een unster. Een unster is een meetinstrument waarin een veer door de ontwikkelde kracht uitgerekt wordt. De kracht die de aftakas van de trekker overbrengt op de vermogensrem is zo groot dat daar geen veer tegen bestand is. In werkelijkheid wordt dit draaimoment overgebracht via een meetarm op de meetschaal.

Fig. 5.23
Het draaimoment wordt
via een meetarm
overgebracht op de
meetschaal



Bij een vermogenstest test/meet je de volgende onderdelen:

- draaimoment;
- brandstofverbruik;
- vermogen (kracht \times toerental);
- stijgingsfactor (percentage draaimomentstijging ten opzichte van percentage toerental daling);
- specifiek brandstofverbruik (gemeten brandstofverbruik omgerekend naar 1 kWh).

Draaimoment

Je meet het draaimoment bij een steeds zwaarder wordende belasting op de aftakas. Daartoe zet je de gashendel van de trekker op volgas. Als je de aftakasrem niet aandraait, zal het toerental oplopen tot het maximaal onbelaste toerental, bijvoorbeeld 2500 omw/min. De brandstofpomp geeft dan vrijwel geen brandstof. Draai je de rem aan met een knop of handwiel, dan zal het toerental verminderen en geeft de brandstofpomp de maximale hoeveelheid dieselolie. Als dit punt bereikt is, draait de motor op het maximaal belaste toerental (ook wel nominaal toerental genoemd), bijvoorbeeld 2300 omw/min. Het draaimoment wordt gemeten en geregistreerd op de computer. Belast je de motor nog zwaarder door het aandraaien van de rem, dan zal het toerental van de motor gaan zakken. Draai de rem zo aan dat het toerental zakt in stappen van ongeveer 50 motortoeren. Na iedere stap laat je de computer het draaimoment en eventueel het brandstofverbruik opmeten. Op de computer zie je dat het draaimoment bij de waterrem of vermogenstester toeneemt. Dit is als volgt te verklaren: hoe lager het toerental, hoe langer de inlaatklep per arbeidscyclus openstaat en hoe meer tijd de inlaatlucht heeft om toe te stromen. Kortom: de cilindervulling wordt beter en daardoor wordt de verbrandingsdruk hoger. De kracht die de zuiger naar beneden drukt, wordt groter en daarmee ook het draaimoment. Die stijging van het draaimoment bij het verhogen van de belasting gaat door tot een bepaald maximum. Het maximumdraaimoment ligt uiteindelijk bij een motortoerental van bijvoorbeeld 1350 omw/min. Draai je vanaf dit toerental de rem nog verder aan, dan zal het draaimoment zakken (de inlaatklep staat dan te lang open en een gedeelte

van de lucht wordt er door de zuiger weer uitgedrukt). Bij bijvoorbeeld 1000 omw/min stop je met het meten en draai je de rem helemaal los. Zou je dit niet doen, dan kan de trekker stil vallen.

Alle metingen worden door de computer verwerkt en in een tabel gezet. De waarden uit de tabel worden verwerkt tot een grafiek. Die grafiek noem je draaimoment of *koppelkromme*. Het gebied dat zich rechts van het maximumdraaimoment (in dit geval 1350 omw/min) bevindt is het belangrijkste werkgebied van de motor, omdat de motor in dit gebied sterker wordt naarmate hij zwaarder wordt belast.

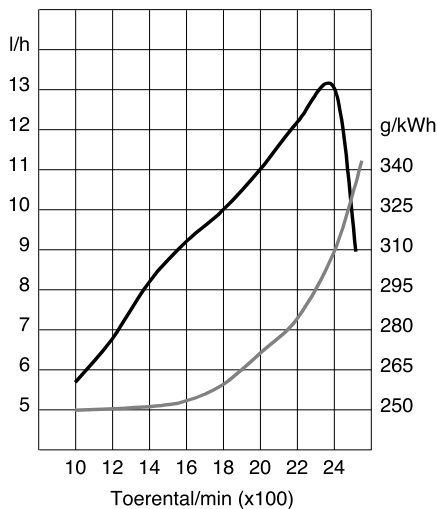
koppelkromme

Fig. 5.24
Testresultaten,
vermogen, koppel,
brandstofverbruik en
specifiek
brandstofverbruik

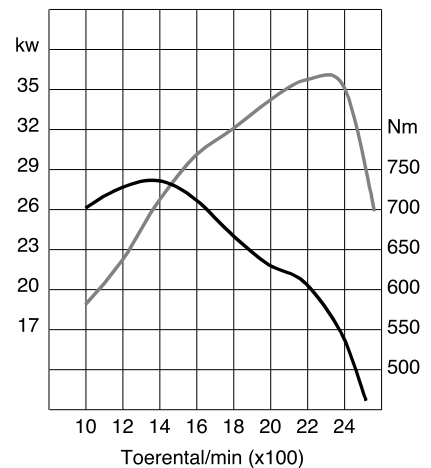
Testresultaten

Motor (rpm)	pto (rpm)	Koppel (Nm)	Vermogen (kW)	Koppelstijging (%)	Specifiek brandstofverbruik	
					l/h	gr/kWh
2508	643	96	6,5		6,4	484
2449	628	346	22,8		9	332,2
2406	617	542	35		13	311,8
2344	601	567	35,7		13	306
2309	592	575	35,6	0	12,8	301,6
2250	577	598	36,1	4	12,5	290,6
2145	550	615	35,4	7	12	284,6
2040	523	628	34,4	9,2	11,5	277
1950	500	644	33,7	12	10,7	266,5
1849	474	654	32,5	13,7	10,2	263,9
1755	450	667	31,4	16	9,7	259,2
1646	422	696	30,8	21	9,4	256,7
1556	399	714	29,8	24,2	9	253,4
1478	379	728	28,9	26,6	8,7	252,9
1365	350	734	26,9	27,7	8,1	252,9
1303	334	729	25,5	26,8	7,7	253,7
1178	302	725	22,9	26,1	6,8	249,1
1018	261	705	19,3	22,6	5,7	248,5
874	224	685	16,1	19,1	5,1	266,6

Brandstofverbruik



Vermogen / koppel



— verbruik in liters per uur
— specifiek verbruik in gr. / kWh

— vermogen in kW
— specifiek verbruik in gr. / kWh

Brandstofverbruik

Het brandstofverbruik wordt gemeten met een doorstroommeter in gr/min of cm³/min. Deze metingen doe je bij dezelfde toerentallen als waarbij het draaimoment wordt opgenomen. De gegevens worden meteen in de computer gezet. Die kan ze omrekenen naar het brandstofverbruik in liters per uur. Uiteraard kun je van deze gegevens ook een grafiek maken, de brandstofverbruikskromme (zie figuur 5.24).

Uit de gemeten waarden berekent de computer het volgende:

- vermogen (kW);
- stijgingsfactor;
- specifiek brandstofverbruik (gr/kWh).

Vermogen

Uit de gemeten waarden en/of grafieken berekent de computer het vermogen. Het vermogen van een trekkerdieselmotor wordt uitgedrukt in kilowatt (kW). Door het vermogen bij de verschillende toerentallen uit te zetten in een grafiek ontstaat de vermogenskromme. Bij een trekker meet je altijd het vermogen aan de aftakas en niet het vermogen van de motor. Het motorvermogen ligt dan ook altijd hoger dan het vermogen aan de aftakas.

Stijgingsfactor

De stijgingsfactor zegt iets over de reserve aan draaimoment of koppel van een motor. Dat wil zeggen dat de trekkermotor door blijft trekken, terwijl hij zwaarder moet trekken of belast wordt en het motortoerental zakt. De motor blijft doortrekken zo lang het toerental niet verder zakt dan bijvoorbeeld 800 omw./min.

Voor het berekenen van de stijgingsfactor van een trekkermotor heb je de draaimomentkromme (koppelkromme) nodig. Hieruit haal je de volgende gegevens (figuur 5.24):

- het nominaal toerental (2300 omw/min = 100%);
- het toerental bij maximumdraaimoment (1350 omw/min);
- het draaimoment bij nominaal toerental (575 Nm = 100%);
- het maximumdraaimoment (734 Nm).

$$\text{Stijgingsfactor} = \frac{\text{percentage draaimomentstijging}}{\text{percentage toerenvermindering}}$$

draaimomentstijging

Het percentage *draaimomentstijging* bereken je als volgt:

$$\frac{\text{toename draaimoment} \times 100}{\text{draaimoment nominaal toerental}} = \frac{159 \times 100}{575} = 27,7\%$$

Het percentage toerenvermindering bereken je op de volgende manier:

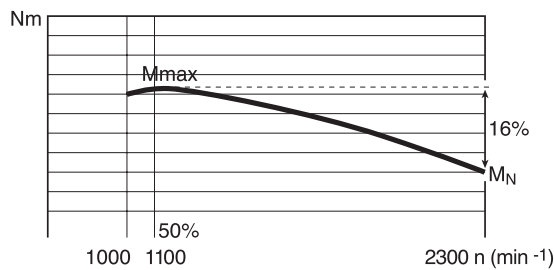
$$\frac{\text{afname aan toeren} \times 100}{\text{nominaal toerental}} = \frac{950 \times 100}{2300} = 41,3\%$$

De stijgingsfactor is dan: $\frac{27,7}{41,3} = 0,67$

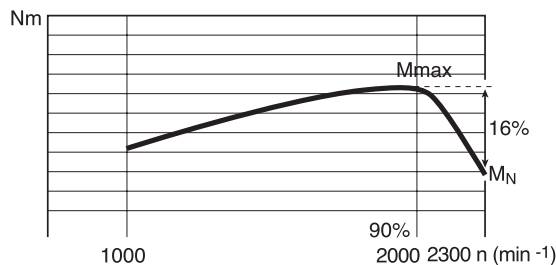
Als je een nieuwe trekker koopt, moet je niet alleen afgaan op de kleur of het merk. Je moet ook kijken wat zo'n trekker kan presteren en of hij wel geschikt is voor het werk waarvoor je hem wilt gebruiken. Dit kun je doen door de draaimomentkrommen van verschillende trekkers met elkaar te vergelijken, in combinatie met de *stijgingsfactor*. Een typische transporttrekker heeft een stijgingsfactor van 0,4 of minder. Een stijgingsfactor van meer dan 0,6 hoort bij een trekker voor zwaar aftakaswerk. Een trekker met een stijgingsfactor van 0,4 tot 0,6 is geschikt om alle werkzaamheden te doen.

In figuur 5.25 staan de draaimomentkrommen van drie verschillende trekkers A, B en C. Als je de belasting verhoogt, stijgt het draaimoment van alle drie de trekkers met 16%. Toch zijn er ook verschillen.

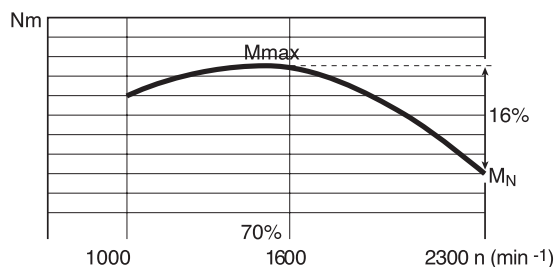
Fig. 5.25
Draaimomentkrommen
van drie verschillende
trekkers



Van trekker A is de stijgingsfactor $16 : 50 = 0,32$



Van trekker B is de stijgingsfactor $16 : 10 = 1,6$



Van trekker C is de stijgingsfactor $16 : 30 = 0,56$

Bij trekker A is het maximumdraaimoment 50% van het nominaal toerental van de motor. De stijgingsfactor is $16 : 50 = 0,32$. Rechts van het maximumdraaimoment heeft deze trekker een groot toereengebied ter beschikking om in te kunnen werken. Deze trekker is daarom uitermate geschikt voor

transportwerkzaamheden, waarbij de omstandigheden op de weg en in het verkeer zeer divers zijn en er steeds snelheidswisselingen plaatsvinden. Deze trekker is minder geschikt voor zwaar aftakaswerk met wisselende belasting, omdat het toerental van de aftakas niet constant blijft, maar sterk wisselt. Dit gaat ten koste van het geleverde werk.

Bij trekker B is de stijgingsfactor $16\% : 10\% = 1,6$. Deze trekker is geschikt voor zwaar aftakaswerk met wisselende belasting, omdat de motor het toerental binnen zeer beperkte grenzen goed vasthoudt. Deze trekker is niet geschikt voor transportwerk vanwege het schakelen. Ook een motor in een zelfrijdende machine die alleen zorgt voor het aandrijven van hydraulische componenten heeft een stijgingsfactor tussen 1 en 1,6. De motor draait immers altijd met een constant motortoerental.

Trekker C heeft een stijgingsfactor van $16\% : 30\% = 0,56$. Deze trekker is geschikt voor veel werkzaamheden. Trekker C kan veel op de weg rijden, maar ook (zwaar) aftakaswerk voor de werktuigen verrichten.

Specifiek brandstofverbruik

Gedurende de vermogenstest wordt het brandstofverbruik gemeten (zie figuur 5.24). Hieruit berekent de computer het specifiek brandstofverbruik, namelijk door het brandstofverbruik (grammen per uur) te delen door het door de trekker geleverde vermogen (kW). Deze waarden kun je in een grafiek uitzetten (figuur 5.24), waardoor je de motoren van verschillende trekkers met elkaar kunt vergelijken.

Bij veel trektermotoren ligt het specifiek brandstofverbruik bij het maximumvermogen rond 225 g/kWh. Vanwege het milieu moeten de motoren aan steeds hogere eisen voldoen en moet de uitstoot of emissie van schadelijke stoffen verminderen. Dit gaat niet altijd gepaard met een lager specifiek brandstofverbruik zoals veel fabrikanten willen. Toch zijn er al motoren die een specifiek brandstofverbruik hebben van 200 g/kWh.

Conclusies

Twee nieuwe trekkers van hetzelfde merk, type en motorvermogen kunnen toch verschillend presteren. De ene trekker trekt bijvoorbeeld de vijfscharige wentelploeg probleemloos door de grond, terwijl de andere trekker daar heel veel moeite mee heeft. Dat is de reden waarom veel nieuwe trekkers eerst voor de vermogens- of aftakasrem gezet worden voordat ze afgeleverd worden. De testresultaten geven informatie over de conditie van de motor en er komt dan bijvoorbeeld uit dat de brandstofpomp verkeerd afgesteld is of de klepspeling foutief is.

In trekkertestrapporten zie je het begrip weggrikkoppel. Een weggrikkoppel is het koppel dat ligt bij het stationair toerental. Dit koppel speelt vooral een rol bij het transport op de weg. Het weggrikkoppel kun je in een grafiek, zoals in figuur 5.24, aflezen. Naarmate de waarde van dit koppel dichterbij het maximumkoppel ligt, kan de trekker gemakkelijker een zware last van zijn plaats krijgen.

Vragen 5.4

- a Welke gegevens worden er gemeten bij de vermogenstest van de trekker?
- b Wat is het nominaal toerental van een motor?

-
- c Het draaimoment bij een afnemend motortoerental neemt toe tot een bepaalde maximale waarde. Daarna neemt het af. Hoe verklaar je dat?
 - d Wat is het verschil tussen het brandstofverbruik en het specifiek brandstofverbruik?
 - e Bij de vermogens- of trekkertest worden door de aangesloten computer drie dingen waarden berekend. Welke drie?
 - f Als je een nieuwe trekker aanschaft, kijk je naar de stijgingsfactor. Wat geeft die stijgingsfactor voor informatie?

5.5 Afsluiting

De aarde oefent een bepaalde kracht uit op ieder voorwerp. Deze kracht noem je de aantrekkingskracht van de aarde. De grootte van deze kracht is echter niet overal gelijk. Naarmate je verder van het middelpunt van de aarde af bent, wordt de aantrekkingskracht kleiner.

Elk voorwerp bezit massa. Massa is de hoeveelheid stof (moleculen). Massa is iets anders dan volume en ook niet hetzelfde als gewicht. De massa van een voorwerp is onveranderlijk en onafhankelijk van de plaats op aarde waar het voorwerp zich bevindt. De massa van een voorwerp wordt uitgedrukt in kilogrammen (kg).

Het gewicht van een voorwerp is de kracht die dit voorwerp op zijn ondersteuning uitoefent. Het gewicht van een voorwerp is afhankelijk van de plaats waar het voorwerp zich bevindt. Voorwerpen en ook mensen kunnen hun gewicht verliezen.

Elk voorwerp oefent een actiekracht uit op bijvoorbeeld je hand. Om het voorwerp in evenwicht te houden, dus als reactie op het gewicht van dat voorwerp, oefen je zelf ook een kracht uit: de reactiekracht. Als het voorwerp niet op je hand ligt, heb je deze kracht niet nodig. De reactiekracht is even groot als de actiekracht. De richting van de reactiekracht is tegengesteld aan die van de actiekracht.

Bij bijvoorbeeld een trekker op een wip die in evenwicht is, noem je het punt van de trekker dat recht boven het scharnierpunt van de wip staat, het zwaartepunt. Het zwaartepunt kan verschuiven als je bijvoorbeeld een ploeg in de hefinrichting van de trekker hangt.

De kracht die op de kruissleutel wordt uitgeoefend veroorzaakt een draaiende beweging. Die draaiende kracht noem je het draaimoment. Het draaimoment (draaiende kracht) wordt dus bepaald door de lengte van de pijp en het gewicht dat op de pijp wordt geplaatst of de kracht die op de pijp wordt uitgeoefend.

Bij de hefboomwerking heb je te maken met twee tegengestelde momenten met ieder een arm. Je oefent bijvoorbeeld een bepaalde kracht uit op een ringsleutel om een moer los te draaien. Door de lengte van de ringsleutel twee keer zo lang te maken, heb je maar de helft van kracht nodig.

De begrippen draaimoment (ook wel koppel genoemd) en vermogen van een motor worden altijd in trekkertestrapporten genoemd. Koppel is de absolute kracht. Dit zegt

niets over de arbeidsprestatie (vermogen) of het toerental. Aan de term koppel alleen heb je niets als je het bijbehorende toerental niet kent.

Om het vermogen, het draaimoment (koppel) en het brandstofverbruik van een trekkerdieselmotor te bepalen, plaats je de trekker voor een vermogens- of aftakasrem. Uit de gemeten waarden berekent de computer het volgende:

- vermogen (kW);
- stijgingsfactor;
- specifiek brandstofverbruik (g/kWh).

6 Elektriciteit

Oriëntatie

Om met je brommer of je auto te kunnen rijden heb je elektriciteit nodig. Ook voor verlichting en je computer is veel elektriciteit nodig. Ook als je de mobiele telefoon aan de oplader zet gebruik je elektriciteit. Het elektriciteitsnet moet dag in dag uit voldoende capaciteit hebben om aan alle inwoners en bedrijven stroom te leveren.

6.1 Elektrische begrippen

Elektrische stroom zorgt ervoor dat je een lamp kunt laten branden, een motor kunt starten of met een computer kunt werken. Je kunt elektriciteit vergelijken met water. Om water te laten stromen moet er een verschil in niveau zijn. Een niveauverschil noem je in de elektriciteit een spanningsverschil. Door het spanningsverschil gaat de stroom van de pluspool (+) naar de minpool (-). De pluspool wordt met draden, zekeringen en verbruikers verbonden aan de minpool. Alle componenten samen noem je een stroomkring.

In de stroomkring zal de stroom niet altijd even gemakkelijk door de draden en verbruikers kunnen stromen. Dit hangt af van de weerstand en de spanning.

De elektrische begrippen die aan de orde komen, zijn:

- elektrische stroomkring;
- spanning;
- stroom;
- weerstand.

Elektrische stroomkring

Een elektrische stroomkring bestaat uit een spanningsbron, een elektrisch apparaat of verbruiker en twee aparte stroomdraden. In het apparaat of de verbruiker wordt elektrische energie omgezet in een andere energiesoort (bijvoorbeeld warmte en beweging).

Een spanningsbron levert een elektrische spanning. Het symbool voor elektrische spanning is U ; de eenheid voor spanning is volt (V).

Op elke elektrische verbruiker staat voor welke spanning hij gemaakt is. Alleen in een gesloten stroomkring is er een elektrische stroom. De elektrische stroom gaat dan van de plus (+) van de spanningsbron door de stroomdraad naar het apparaat of verbruiker en dan door de stroomdraad naar de min (-) van de spanningsbron.

In figuur 6.1 staan de elektrische grootheden en de bijbehorende symbolen en eenheden.

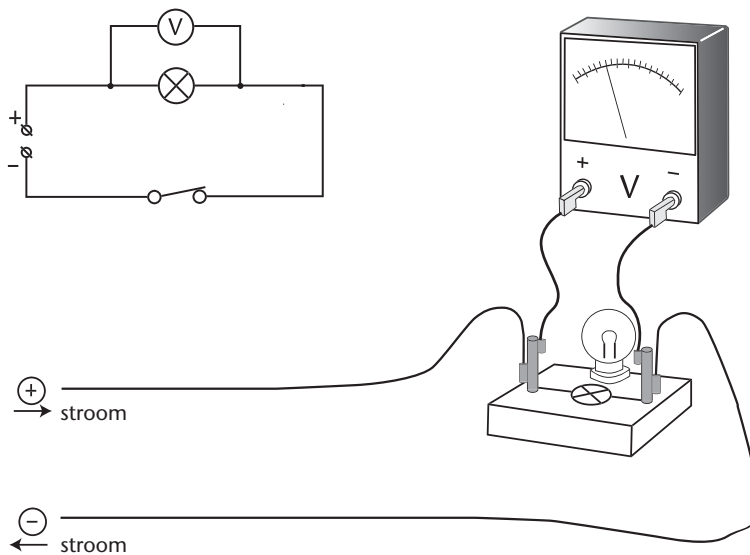
Fig. 6.1
Elektrische grootheden,
symbolen en eenheden

Grootheden	Symbolen	Eenheden
Spanning	U	volt (V)
Stroom	I	ampère (A)
Weerstand	R	ohm (Ω)
Vermogen	P	watt (W) of kilowatt (kW)
Energie	E	kilowattuur (kWh)
Tijd	t	seconde (s) of uur (h)

Spanning

Elke verbruiker heeft een bepaalde spanning. De spanning van een verbruiker meet je met een voltmeter. De voltmeter moet je parallel aan een verbruiker aansluiten. Dat houdt in dat je de voltmeter bijvoorbeeld aansluit op twee verschillende contactpunten van de verbruiker.

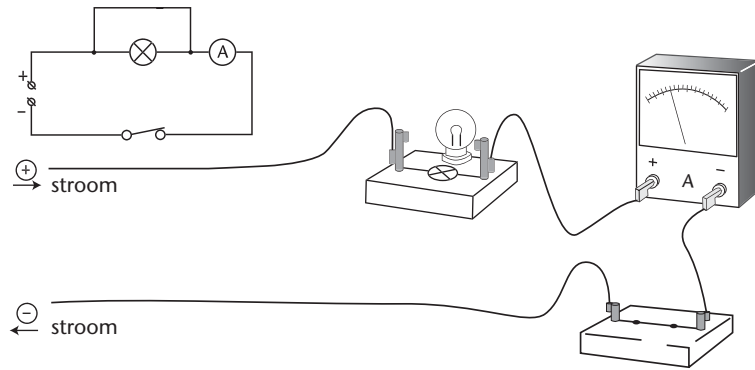
Fig. 6.2
Het aansluiten van een
voltmeter in een
stroomkring



Stroom

Met stroom kun je een lamp laten branden. Het symbool voor elektrische stroom is I. De eenheid voor stroom is ampère (A). De stroom door een verbruiker meet je met een ampèremeter. Die ampèremeter moet je in serie aansluiten, dus in dezelfde stroomkring als de verbruiker.

Fig. 6.3
 Het aansluiten van de ampèremeter in een stroomkring



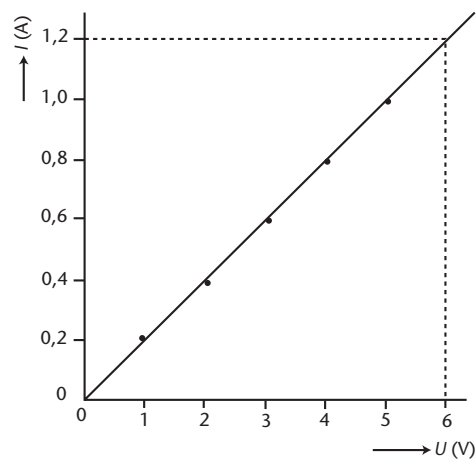
Weerstand

Elke verbruiker heeft een weerstand. Het symbool voor weerstand is R . De eenheid voor weerstand is ohm (Ω). Hoe groter de weerstand in een stroomkring is, hoe kleiner de stroom is. Hoe groter de spanning over een weerstand is, hoe groter de stroom door die weerstand is. Voor de weerstand van een draad geldt: hoe langer en dunner de draad is, hoe groter zijn weerstand is. Het meten van de weerstand van een verbruiker doe je met een ohmmeter.

Verband tussen spanning, stroom en weerstand: de Wet van Ohm

De spanning U over een draad en de stroom I door die draad houden verband met elkaar. Als je de spanning U over een verbruiker deelt door de stroom I die door de verbruiker gaat, krijg je de weerstand R van de verbruiker. Dus $R = U : I$ of $U = I \times R$. Dit is de Wet van Ohm. De weerstand is ook afhankelijk van de temperatuur van de verbruiker. Als de temperatuur van de verbruiker niet verandert, is zijn weerstand altijd hetzelfde.

Fig. 6.4
 De spanning U over een apparaat gedeeld door de stroom I door het apparaat heet de weerstand R van het apparaat.



Vermogen

Het vermogen van een verbruiker staat op de verbruiker aangegeven in watt. Vermogen is de hoeveelheid energie die de verbruiker per seconde opneemt. Het symbool voor vermogen is P .

Vermogen = spanning \times stroom, dus $P = U \times I$.

Energie

Energie is het vermogen van de verbruiker gedurende de werktijd. De hoeveelheid energie die een verbruiker opneemt, kun je berekenen met $E = P \times t$.

- Vragen 6.1**
- Wat is het verschil tussen energie en vermogen?
 - Welk metaal wordt meestal in draden gebruikt om de stroom te geleiden?
 - Mag je de ampèremeter aansluiten in dezelfde stroomkring als de verbruiker?
 - Mag je de voltmeter aansluiten op de twee contactpunten van de verbruiker?

6.2 Toepassingen

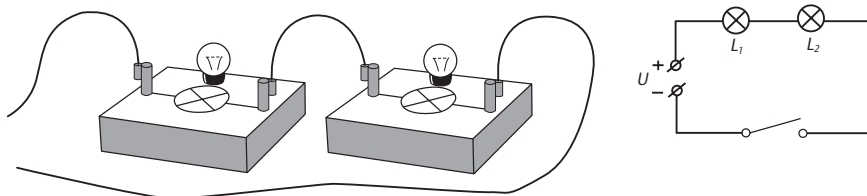
In alle stroomkringen zijn een of meer verbruikers. Er zijn twee manieren om de verbruikers te schakelen, namelijk in serie of parallel. Een zekering beveiligd de stroomkring tegen overbelasting.

Serieschakeling

Als je alle verbruikers achter elkaar schakelt, spreek je over een serieschakeling. Bij een serieschakeling is er maar één stroomkring. Op elke plaats in de stroomkring is de stroom I gelijk. Een kerstboomverlichting is een voorbeeld van een serieschakeling. Als je één lampje uit draait, is de stroomkring onderbroken en gaan alle lampjes uit.

De stroom kun je meten met een ampèremeter. De ampèremeter staat in serie met de andere verbruikers in de stroomkring. Door de voltmeter aan te sluiten op de twee verschillende aansluitpunten van de verbruiker meet je de spanning. Bij serieschakelingen is de totale spanning over de verbruikers gelijk aan de som van alle spanningen over de aparte verbruikers.

Fig. 6.5
Twee lampjes in serie
geschakeld en
bijbehorend schema



Parallelschakeling

Als je alle verbruikers naast elkaar schakelt, heb je een parallelschakeling. Elke verbruiker heeft zijn eigen stroomkring. Elke stroomkring heeft een eigen stroomsterkte. Als je de stroom wilt meten, zet je de ampèremeter in serie met de andere verbruikers in de stroomkring.

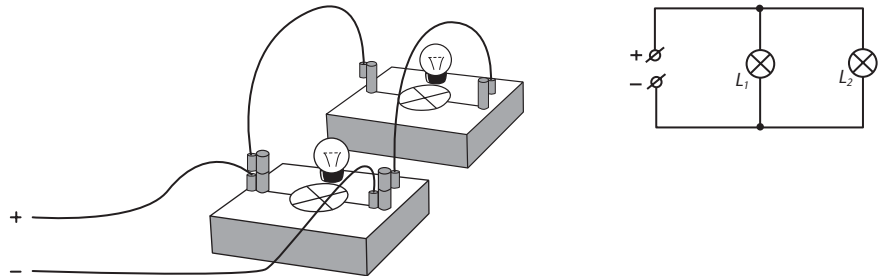
Door de stroomsterkten van de afzonderlijke stroomkringen op te tellen krijg je de stroomsterkte van de hele parallelschakeling.

Elke verbruiker in een parallelschakeling werkt op dezelfde spanning. Door de voltmeter aan te sluiten op de twee verschillende aansluitpunten van de verbruiker

meet je de spanning. In gebouwen zijn alle verbruikers parallel geschakeld. Alle verbruikers werken op een spanning van 230 V. Als je één lamp los draait, blijven alle andere lampen branden.

Bij trekkers en werktuigen is het metalen frame een onderdeel van de verschillende stroomkringen. Het frame noem je dan de massa.

Fig. 6.6
Twee lampjes parallel
geschakeld en
bijbehorend schema



Zekeringen

Hoe meer verbruikers er op een stroomkring worden aangesloten, hoe meer stroom er door de draden van de stroomkring gaat. Hierdoor neemt de weerstand in de stroomkring toe en loopt de temperatuur in de draden op. Dit kan brand veroorzaken. Een zekering beveiligd de verbruiker tegen een te hoge stroomsterkte. De stroomsterkte kan nooit hoger worden dan op de zekering staat aangegeven. Als de stroomsterkte in een stroomkring te groot wordt, smelt de smeltdraad van de zekering. De hele stroomkring is dan uitgeschakeld.

Een te grote stroomsterkte kan ontstaan door:

- kortsluiting: als twee stroomdraden van een verbruiker direct contact met elkaar maken;
- overbelasting: als er in een groep te veel verbruikers ingeschakeld zijn.

Vragen 6.2

- Is de stroomsterkte bij het eerste lampje van de kerstboomverlichting gelijk aan die van het laatste lampje?
- Zijn de lampen in een auto in serie of parallel geschakeld? Verklaar je antwoord.
- Wanneer ontstaat kortsluiting?

6.3 Multimeter

Er bestaan verschillende meetinstrumenten om elektriciteit aan verbruikers te meten, te weten:

- een spanningzoeker (6-24 V; 100-250/500 V; 6-380 V);
- een ohmmeter;
- een voltmeter;
- een ampèremeter.

Wanneer de ohmmeter, de voltmeter en de ampèremeter in één meter gebouwd zijn, spreek je over een multimeter.

spanningzoeker

Een *spanningzoeker* is een eenvoudig meetinstrument dat je voor spanningen van 6 tot 24 V of andere spanningen gebruikt. De spanningzoeker heeft twee meetkabels met daartussen een houder met een lampje. De meetkabels sluit je aan op de stroomdraad en de massa. Als het lampje gaat branden, staat er spanning op de stroomdraad. De hoogte van de spanning wordt niet aangegeven.

Met een multimeter kun je onder andere de spanning, de weerstand, de stroom, de capaciteit en de frequenties meten. Ook kun je meten of de dioden nog werken, met andere woorden of ze de stroom in één richting doorlaten en niet in twee.

Fig. 6.7

Multimeter

Bron: Facom Tools group

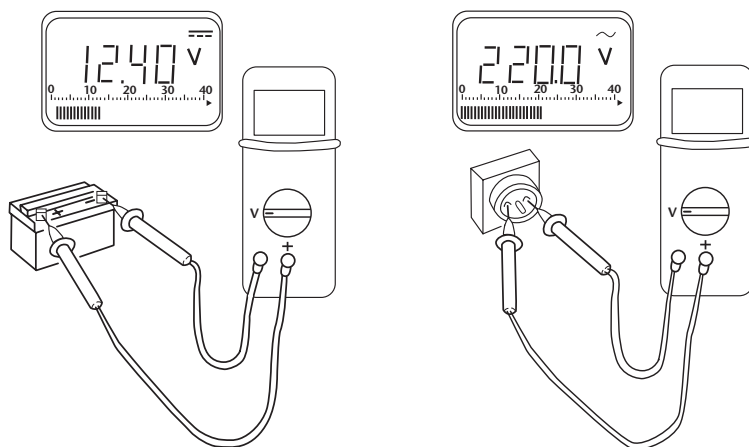


Een multimeter wordt het meest gebruikt voor het doormeten van spanningen, stroom, weerstanden en dioden. Deze vier toepassingen komen hier aan de orde. Om de draden op de multimeter aan te sluiten doe je de stekker van de zwarte draad in het gat waar COM bij staat. De rode draad doe je in het met rood aangegeven gat waar + bij staat. Voor het meten van een hoge stroom moet je de rode strekker in het gat doen waar 10 A bij staat.

Metten van gelijk- of wisselspanningen

Voor het meten van gelijk- of wisselspanningen in een stroomkring zet je de schakelaar op de functie voltmeter V. Je bevestigt de meetpennen parallel over de verbruiker. Vervolgens kies je voor wisselspanning of gelijkspanning en drukt de toets in die daarbij hoort. De multimeter kiest automatisch de goede meeteenheid. Je kunt ook beginnen in het grootste meetbereik. Dit moet je zelf instellen. De multimeter meet de spanning die je kunt aflezen.

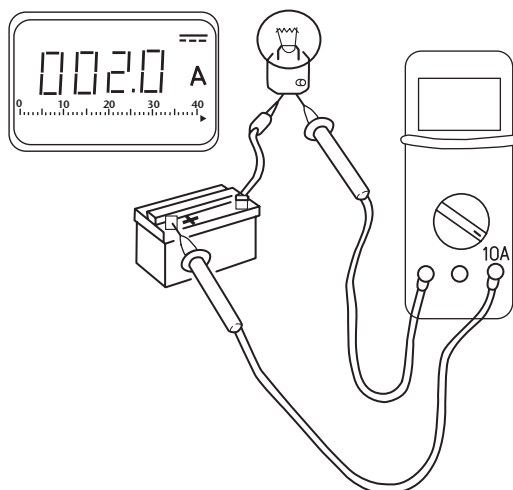
Fig. 6.8
Het meten van
gelijkspanning (links) en
wisselspanning (rechts)



Metten van gelijk- of wisselstroom

Voor het meten van gelijk- of wisselstroomsterkten in een stroomkring maak je de stroomkring aan één kant los. Je bevestigt de zwarte testpen in serie met de te meten stroomkring. Zet de schakelaar op de functie ampèremeter 10 A. Sluit het rode snoer aan op de 10 A-klem. Sluit vervolgens de rode testpen aan, zodat de stroomkring rond is. Zet de stroomkring onder spanning en lees de gemeten waarde af. Wanneer de waarde te gering is, sluit je de rode testpen aan op de plusklem en zet je de schakelaar op mA.

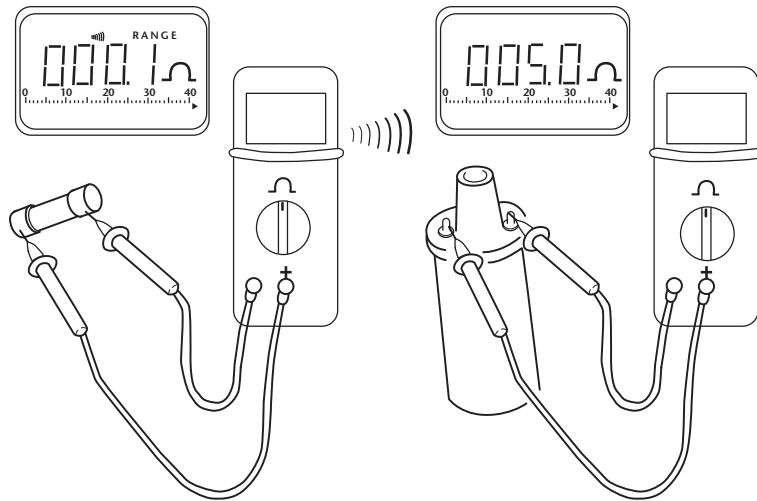
Fig. 6.9
Het meten van gelijk- of
wisselstroomsterkten



Metten van weerstanden

Weerstanden in een stroomkring meet je door de schakelaar op de functie ohm meten te zetten. Sluit de meetkabels aan en lees de gemeten waarde af. De meeteenheid wordt in veel gevallen automatisch gekozen. Is dat niet het geval, begin dan met de hoogste waarde.

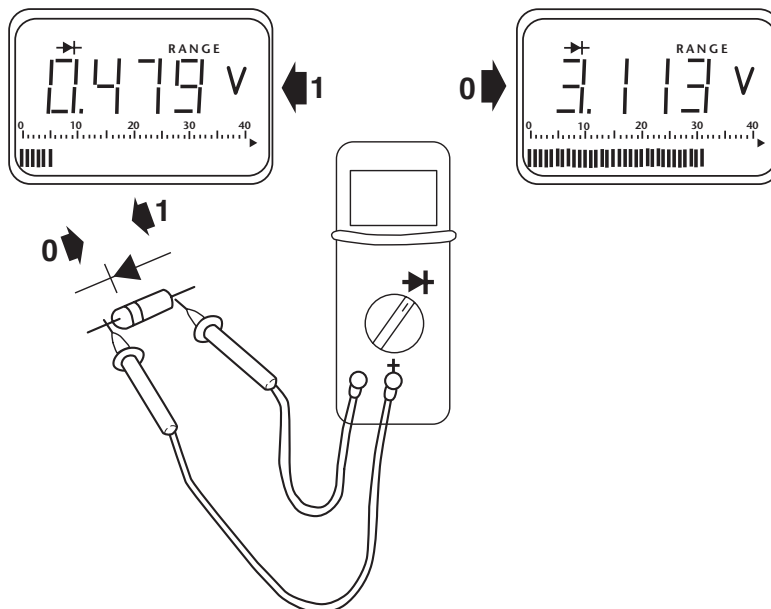
Fig. 6.10
Het meten van
weerstanden



Metten van dioden

diode Om dioden te meten (dus om te kijken of de *diode* goed werkt) zet je de schakelaar op de functie diode. Houd de testpennen op de klemmen van het te testen onderdeel. In de niet-doorlatende richting geeft het scherm de verbindingswaarde in volt aan. In de doorlatende richting geeft het scherm de spanning van de batterijen aan. Indien nodig, kan de waarde in het geheugen opgenomen worden door de knop HOLD in te drukken.

Fig. 6.11
Het meten van dioden



- Vragen 6.3**
- Een multimeter kun je gebruiken als volt-, ohm- en weerstandmeter. Welke mogelijkheden heeft de multimeter nog meer?
 - Als je de stroom in een stroomkring gaat meten, is het dan belangrijk om ongeveer de hoogte van de stroomsterkte te weten? Waarom of waarom niet?

6.4 Afsluiting

Elektrische stroom zorgt ervoor dat je een lamp kunt laten branden, een motor kunt starten of met een computer kunt werken. Een elektrische stroomkring bestaat uit een spanningsbron, een elektrisch apparaat of verbruiker en twee aparte stroomdraden. In het apparaat of de verbruiker wordt elektrische energie omgezet in een andere energiesoort (bijvoorbeeld warmte en beweging). Een spanningsbron levert een elektrische spanning. Alleen in een gesloten stroomkring is er een elektrische stroom. De elektrische stroom gaat dan van de plus (+) van de spanningsbron door de stroomdraad naar het apparaat of verbruiker en dan door de stroomdraad naar de min (-) van de spanningsbron.

Elke verbruiker heeft een bepaalde spanning, een bepaalde stroom en een bepaalde weerstand. Hoe groter de weerstand is, hoe kleiner de stroom is. De hoeveelheid energie die de verbruiker per seconde opneemt, is het vermogen. Het vermogen van de verbruiker gedurende de werktijd noemt je de energie.

In alle stroomkringen zijn een of meer verbruikers. Er zijn twee manieren om de verbruikers te schakelen, te weten in serie en parallel. Een zekering beveiligd de stroomkring tegen overbelasting.

Er bestaan verschillende meetinstrumenten om elektriciteit aan verbruikers te meten. Met een spanningzoeker kun je spanningen van 6-24 V, 100-250/500 V en 6-380 V meten. Een ohmmeter meet de weerstand van een verbruiker. Een voltmeter meet de spanning over een verbruiker en een ampèremeter meet de stroom door een verbruiker. Wanneer de ohmmeter, de voltmeter en de ampèremeter in één meter gebouwd zijn spreekt je over een multimeter. Met een multimeter kun je behalve de spanning, de weerstand en de stroomsterkte ook de dioden, de capaciteit en de frequenties meten.

7 12-24-voltinstallaties

Oriëntatie

Het gebeurt wel eens dat een trekker niet wil starten. Dat is voor je gevoel altijd op een moment dat het heel slecht uitkomt en je geen tijd hebt om de storing op te sporen en te verhelpen. Wat je dan kunt doen, is de trekker slepen om de motor draaiend te krijgen. Je kunt ook de motor starten door een zware schroevendraaier te plaatsen tussen de startkabel en de dikke kabel die de startmotor in gaat. Maar deze manier van starten is erg gevaarlijk en je kunt de startmotor vernielen. De startproblemen zijn op een heel andere manier eenvoudig op te lossen!

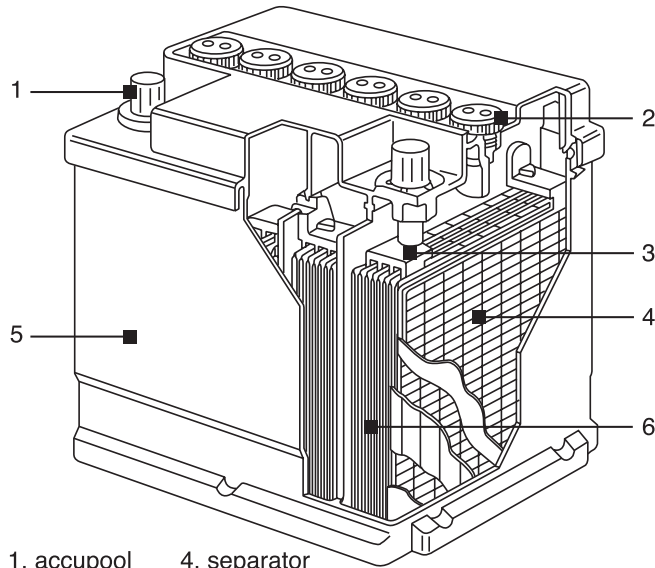
7.1 Accu

batterij Een accu, ook wel een *batterij* genoemd, is de opslag van elektrische energie. Deze energie gebruik je bij het starten van de motor, voor de verlichting enzovoort. Een accu kan niet eindeloos stroom leveren. Na verloop van tijd is een accu leeg. Om dit te voorkomen is er op de motor een dynamo geplaatst. Deze dynamo zorgt ervoor dat de accu tijdens het werk wordt opgeladen. Ook voorziet de dynamo de verbruikers van stroom. Als de verbruikers meer stroom vragen dan de dynamo kan leveren springt de accu bij. Zet je de motor stil en vergeet je de verlichting uit te doen, dan wordt de stroom uit de accu getrokken. Als dit lang duurt, kan de accu geen stroom meer leveren voor de startmotor en kun je de trekker niet meer starten.

Bouw

Een accu bestaat uit een bak die is gemaakt van hardrubber of plastic. Onder in de bak zitten ribbels die als steun dienen voor de accuplatten. De accu is verdeeld in cellen. Een 12-voltaccu heeft zes cellen. In elke cel zit een groep plusplaten (loodoxideplaten) en een groep minplaten (loodplaten). De plusplaten zijn met een poolbrug aan elkaar verbonden. Ook de minplaten zijn met elkaar verbonden door een poolbrug. Tussen de platen scheiden separatoren de platen van elkaar om kortsluiting in de accu te voorkomen. De cellen zijn met elkaar doorverbonden door een cellenverbinding. De pluspool is steeds verbonden met de minpool van de volgende cel. De cellen zijn dus in serie geschakeld. In elke cel zit een vloeistof: accuzuur. Accuzuur bestaat uit water en zwavelzuur.

Fig. 7.1
Doorsnede van een accu

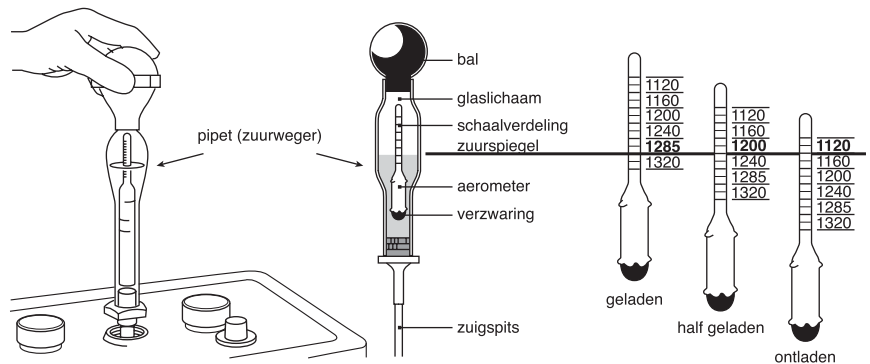


- 1. accupool
- 2. vuldop
- 3. poolbrug
- 4. separator
- 5. accubak
- 6. accuplatten

Werking

Zodra je de motor start wordt er stroom gevraagd van de accu. In de accu vindt er dan een chemische reactie plaats tussen de accuplatten en het accuzuur. Daardoor komt er stroom vrij. Als je stroom vraagt van de accu verdwijnt een deel van het zwavelzuur uit het accuzuur. Zodra de motor draait wordt de accu weer opgeladen door de dynamo. Het verdwenen zwavelzuur komt dan weer terug in het accuzuur. De soortelijke massa van het accuzuur is 1,28 als de accu helemaal geladen is. Is de accu helemaal ontladen, dan is de soortelijke massa van het accuzuur 1,14. Door de soortelijke massa van het accuzuur te meten, kun je de ladingstoestand van de accu bepalen.

Fig. 7.2
Door de soortelijke massa van het accuzuur te meten, weet je wat de ladingstoestand van de accu is.



Capaciteit

Hoeveel stroom een accu kan leveren, met andere woorden wat de capaciteit is, hangt vooral af van de grootte van de accuplatten en het aantal platen per cel. Je kunt de grootte van de verschillende accu's daarom niet zomaar met elkaar vergelijken. Voor die vergelijking moet je de capaciteit weten.

De capaciteit van een accu is de hoeveelheid stroom die de accu kan leveren gedurende een bepaalde tijd. De capaciteit van de accu wordt aangegeven door:

- de C20-nominale capaciteit;
- de koudstartstroom;
- de reservecapaciteit.

C20-nominale capaciteit

De C20-nominale capaciteit geeft de ontladstroom gedurende 20 uur aan. De temperatuur van het accu zuur moet dan wel 25 °C zijn. Hierbij mag de spanning van een 12-voltaccu niet minder zijn dan 10,5 volt.

$$C20 = \text{ontladstroom} \times 20 \text{ uur}$$

Voorbeeld

Een accu met een capaciteit van 40 Ah kan gedurende 20 uur een stroom leveren van 2 A. Voorwaarde is wel dat de accu geheel geladen is en dat de temperatuur van het accu zuur 25 °C is. De stroomsterkte kun je als volgt berekenen.

$$C20 = I \times 20$$

$$C20 = 40 \text{ Ah}$$

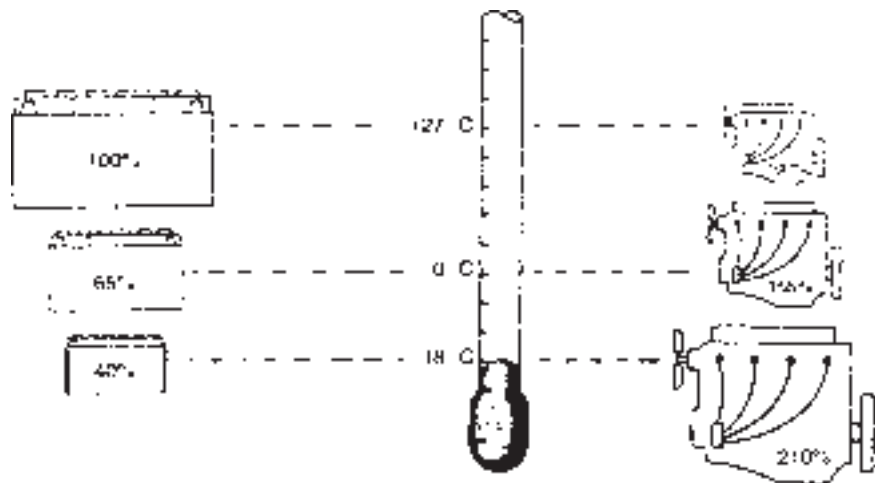
$$40 \text{ Ah} = I \times 20 \text{ h}$$

$$I = 40 \text{ Ah} : 20 \text{ h}$$

$$I = 2 \text{ A}$$

Fig. 7.3

Benodigd en aanwezig startvermogen bij verschillende temperaturen



Koudstartstroom

Als de temperatuur daalt wordt de accu steeds zwaarder belast. Dit komt doordat:

- de accu dan steeds minder vermogen levert;
- de motor dan steeds meer startvermogen vraagt.

Bij -15 °C is het startvermogen van een accu nog maar 40% van het startvermogen bij 25 °C.

De koudstartstroom is de maximale stroom die de accu nog kan geven bij -18 °C, gedurende 10 seconden, waarbij de spanning niet minder mag worden dan 9,5 V.

Als op een accu staat: 12 V 40 Ah 210 A, dan wil dat zeggen dat:

- de spanning 12 V is;
- de capaciteit bij 20 uur ontlading 40 Ah is;
- de koudstartstroom bij -18 °C 210 A is.

Reservecapaciteit

De reservecapaciteit van een accu wordt bepaald door het aantal minuten dat een volledig geladen accu een stroom van 25 A kan leveren bij 25 °C. Hierbij mag de spanning niet minder worden dan 10,5 V.

Als de reservecapaciteit van een accu bijvoorbeeld 95 is, dan kun je op deze accu als hij volledig geladen is gedurende 95 minuten (bij 25 °C) een verbruiker laten werken die 25 A stroom vraagt. De spanning mag niet minder worden dan 10,5 V.

Schakelen van accu's

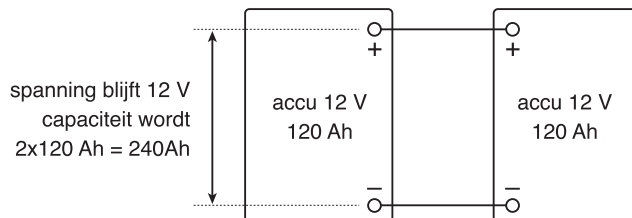
Als een trekker niet wil starten, omdat de accu op de trekker onvoldoende vermogen heeft, kun je er een tweede accu op aansluiten. Dan is er genoeg vermogen om de trekker wel te starten. In dit geval moet je de accu's parallel schakelen.

Schakel je twee accu's van ieder 12 V en 75 Ah parallel, dan blijft de spanning van de 'nieuwe' accu 12 V. De capaciteit verdubbelt en wordt $2 \times 75 \text{ Ah} = 150 \text{ Ah}$.

Je schakelt de accu's parallel door de beide pluspolen met elkaar te verbinden en ook de beide minpolen.

Fig. 7.4

Als je twee accu's parallel schakelt, blijft de spanning gelijk en verdubbelt de capaciteit.

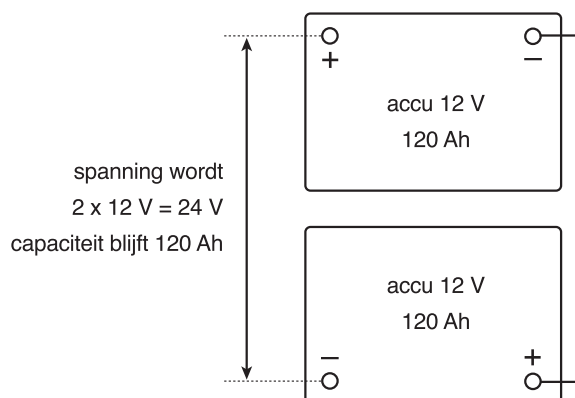


Er zijn ook landbouwmotorvoertuigen die een 24-voltinstallatie hebben. De meest gebruikte accu's zijn 12 V. Als je twee accu's van ieder 12 V en 75 Ah in serie schakelt, is de spanning van de 'nieuwe' batterij 24 V. De capaciteit blijft 75 Ah.

Je schakelt twee accu's in serie door de pluspool van de ene accu te verbinden met de minpool van de andere accu.

Fig. 7.5

Als je twee accu's in serie schakelt, verdubbelt de spanning en blijft de capaciteit gelijk.



Soorten

Er bestaan verschillende soorten accu's. De volgende accu's komen het meeste voor:

- conventionele accu's;
- onderhoudsarme accu's;
- onderhoudsvrije accu's.

Conventionele accu

Bij een conventionele accu is antimonium verwerkt in de loodlegering van de plus- en minplaten. Deze accu ontladst sneller dan een onderhoudsarme of onderhoudsvrije accu.

Door de zelfontlading verdampt er water uit de accu. Je moet daarom regelmatig gedestilleerd water bijvullen. Daartoe is een conventionele accu voorzien van vuldoppen.

Onderhoudsarme accu

In een onderhoudsarme accu is minder dan 2% antimonium verwerkt. Daardoor is het waterverbruik erg gering. Tijdens het gehele leven van deze accu hoef je maar twee of drie keer gedestilleerd water bij te vullen. Deze accu heeft dus ook vuldoppen.

Onderhoudsvrije accu

In een onderhoudsvrije accu is het antimonium vervangen door calcium. De verdamping van het water is zo gering dat je nooit gedestilleerd water hoeft bij te vullen. De zelfontlading is zeer gering. Een onderhoudsvrije accu heeft geen vuldoppen.

Laden

Is de dynamo de accu niet voldoende oplaadt of de trekker heeft lange tijd stilgestaan en de accu is geheel of gedeeltelijk ontladen, dan moet je de accu opladen.

Je kunt een accu alleen laden met gelijkstroom en de juiste spanning. Je kunt een accu dus niet zomaar aan het lichtnet zetten, want dat is wisselstroom met een veel te hoge spanning.

Acculaders zetten de wisselstroom om in gelijkstroom en leveren daarbij de juiste spanning.

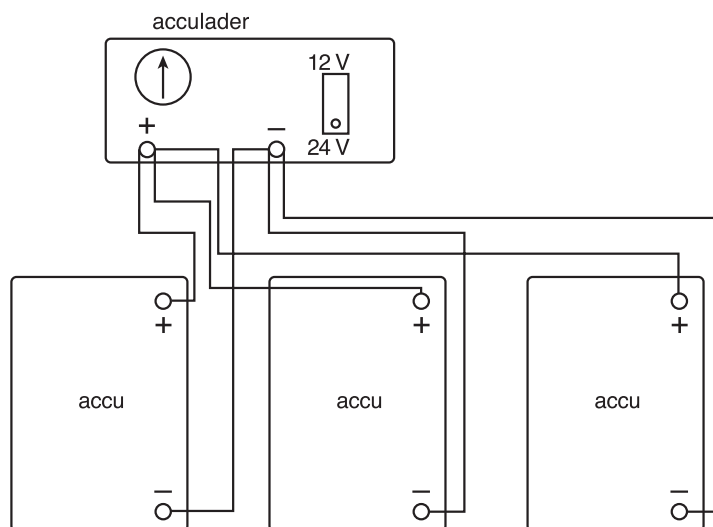
Er zijn langzaam- en snelladers. Langzaamladers werken met een laadstroom die maximaal 1/20 van de capaciteit van de accu is. Snelladers hebben veelal een laadstroom die 80% van de capaciteit van de accu is. Snelladers mag je alleen gebruiken voor leeggestarte accu's die nog in een goede conditie verkeren. Je mag snelladers nooit gebruiken voor half geladen accu's, langzaam ontladen accu's en oude accu's. Snelladers kun je eventueel wel gebruiken als starthulp.

acculader Als je een accu aan de *acculader* zet, ga je als volgt te werk.

- Haal de stekker van de lader uit het stopcontact.
- Zet de plusklem van de lader op de pluspool van de accu.
- Zet de minklem van de lader op de minpool van de accu.
- Draai de eventueel aanwezige doppen op de cellen van de accu los.
- Kies de juiste laadstroom die past bij het vermogen van de accu.
- Kies de juiste spanning.

- Doe de stekker van de lader in het stopcontact.
- Controleer of de lader ook werkelijk laadt.

Fig. 7.6
Je kunt meerdere accu's tegelijk aan de lader zetten.



De meeste acculaders beperken automatisch de laadstroom naarmate de accuspanning stijgt. Daarmee wordt het risico van een te grote verhitting uitgesloten. Naarmate de accu voller wordt, zal een steeds groter deel van de toegevoegde energie omgezet worden in gasontwikkeling. Dit wordt ook wel het koken van de accu genoemd. Er ontstaat dan waterstofgas boven de cellen. Dit waterstofgas is zeer explosief; een klein vonkje is al voldoende om de accu te laten exploderen. Daarom moet je de volgende richtlijnen in acht nemen.

- Geen vuur, niet roken en geen vonken van een haakse slijpmachine in de nabijheid van een accu die geladen wordt, of net geladen is.
- Laad de accu in een goed geventileerde ruimte.
- De klemmen van de acculader koppel je van de accu los, nadat de netspanning op de lader is uitgeschakeld. Zo trek je geen vonken als je de acculader afkoppelt.
- Draai voor het laden de vuldoppen van de accu los of verwijder ze.

Onderhoud

Wil je dat een accu lang meegaat, dan moet je hem goed onderhouden. Om het onderhoud goed uit te voeren, haal je de accu eerst van de trekker. Dit doe je als volgt.

- Maak eerst de klem om de minpool los. Mocht je bij het loshalen van de klem met de sleutel een verbinding maken tussen de minpool en de massa, dan kan er geen kortsluiting ontstaan. Maak je toch eerst de plusklem los en je komt tijdens het sleutelen met de sleutel tegen de massa, dan ontstaat er een flinke kortsluiting. Dit kan zeer gevaarlijke situaties opleveren.
- Maak de klem om de pluspool los.
- Gebruik een accupolentrekker om de klem van de pool te trekken. Sla nooit op de accupolen.
- Maak de bevestiging van de accu los en haal de accu van de trekker.

Het onderhoud aan een accu bestaat uit de volgende punten.

- Controleer de bak op lekkage, vervorming en breuk.

- Controleer het peil van het accuzuur.
- Maak de accu goed droog en schoon. Zo voorkom je lekstromen en oxidatie bij de polen.
- Geoxideerde polen en klemmen maak je schoon met lauw sodawater. Dat heeft een reinigende werking en neutraliseert het accuzuur. Je kunt ook ammoniakwater gebruiken.
- Maak de plaats waar de accu heeft gestaan zo nodig schoon.
- Controleer de kabels op slijtage en isolatie om kortsluiting en storing te voorkomen.
- Met een zuurweger kun je de ladingstoestand van een accu controleren. Je meet dan de soortelijke massa van het accuzuur. De soortelijke massa van het accuzuur is 1,28 als de accu geladen is. Is de accu ontladen, dan is de soortelijke massa van het accuzuur 1,14.
Als je de soortelijke massa meet, moet je er goed op letten dat de drijver van de zuurweger zich helemaal vrij kan bewegen. Zorg ervoor dat je geen accuzuur op je kleren krijgt, want accuzuur tast de kleding aan.
- Is de ladingstoestand laag, zet dan de accu aan de lader. Moet je regelmatig gedestilleerd water bijvullen, dan wijst dat op overlading. Hierdoor wordt de levensduur van de accu verkort.

Nadat je het nodige onderhoud hebt uitgevoerd kun je de accu weer op de trekker plaatsen. Dit doe je als volgt.

- Zet de accu vast. Draai de bevestiging niet te vast. Doe je dat wel, dan beschadig je de bak.
- Als je de accu geplaatst hebt, monteer dan eerst de plusklem en als laatste de minklem.
- Zet de klemmen goed vast. Losse klemmen werken als weerstand met als gevolg dat de klemmen heet worden en de motor moeilijk start.
- Smeer de polen in met zuurvrije vaseline, zodat ze minder snel oxideren.

Als de accu gebruikt wordt, zijn de volgende punten van belang.

- Controleer regelmatig het peil van het accuzuur.
- Blijf niet rijden met een trekker waarvan de motor slecht start. De accu wordt daardoor te veel belast.
- Start een accu nooit heel snel leeg en laad hem nooit heel snel op, want dan trekken de platen krom. Het gevolg is kortsluiting in de accu.
- Bewaar een accu die niet in gebruik is in een goed geladen toestand.

Als een accu lang niet wordt gebruikt, is hij na verloop van tijd geheel ontladen. De actieve massa op de plusplaten en de minplaten is veranderd in loodsulfaat (PbSO_4). Staat de accu langer dan drie maanden in geheel ontladen toestand, dan worden de loodsulfaatkristallen op de platen hard. De accu kan dan niet meer opgeladen worden, omdat het sulfaat tijdens het laden niet meer loslaat. Een accu die langer dan een half jaar geheel ontladen is, kun je niet meer gebruiken. Een accu gaat het langst mee als hij dagelijks wordt gebruikt. Heb je een accu lange tijd niet nodig, dan kun je hem actief houden door de accu minimaal elke dertig dagen op te laden.

De temperatuur waarbij een accu bevriest, is afhankelijk van de soortelijke massa van het accuzuur. Is de accu ontladen dan kan hij al bij $-15\text{ }^\circ\text{C}$ bevriezen.

Testen

Wil je weten of een accu voldoende capaciteit heeft, dan kun je hem testen. Dat houdt in dat je gaat bepalen hoe hoog de spanning is tijdens het starten van de motor. Hierbij moet je uitgaan van een geladen accu. Als de accu voldoende capaciteit heeft, zal de spanning van de accu tijdens het starten niet meer dan 2,4 V dalen. Daalt de spanning meer dan 2,4 V dan is de capaciteit van de accu onvoldoende.

De test voer je als volgt uit:

- Zorg dat de brandstofpomp tijdens het starten geen brandstof kan leveren. Anders slaat de motor zo snel aan dat je geen kans krijgt om de spanning goed af te lezen.
- Sluit een voltmeter aan op de plus- en minpool van de accu.
- Start de trekker en houd de startschakelaar 20 seconden vast. Lees de spanning af op de voltmeter.

Als blijkt dat de accu onvoldoende capaciteit heeft, heb je een nieuwe accu nodig. Om die te bestellen heb je de volgende gegevens nodig:

- de inbouwmaten;
- het schakelschema;
- de pooluitvoering;
- de capaciteit in Ah;
- de vereiste koudestartstroom;
- de wijze van bevestiging (met een beugel of klem aan de bodem of over de bovenkant van de accu).

Vragen 7.1

- a Van welk materiaal zijn de platen in een accu gemaakt?
- b De C20-nominale capaciteit van een accu is 120 Ah. Hoeveel stroom levert deze accu dan?
- c Een accu moet aan de lader gezet worden. Hoe doe je dat?
- d Welke gegevens heb je nodig als je een nieuwe accu bestelt?

7.2 Verlichting

Ieder landbouwvoertuig moet voorzien zijn van een goed werkende verlichting. Deze verlichting dient om op het veld goed te kunnen zien en om op de weg gezien te worden. Juist voor landbouwvoertuigen is dit van belang, omdat de rijsnelheid laag is, de omvang groot is en er vaak uitstekende delen aanwezig zijn.

In de praktijk is de verlichting niet altijd in orde. Dat komt omdat landbouwvoertuigen vaak onder moeilijke omstandigheden wordt gebruikt (grond, water, mest et cetera). Kabels kunnen ergens langs schuren of bekneld raken tussen het achterwiel en de dissel bij het nemen van bochten. Draden komen vaak bloot te liggen. Of de bevestiging van de kabel wordt losgetrokken. Daardoor ontstaat vaak kortsluiting. De verbindingkabel tussen de trekker en het werktuig wordt ook regelmatig kapot getrokken. Verlichting heeft dus onderhoud nodig. Om goed onderhoud uit te kunnen voeren moet je het een en ander weten van de verlichting.

De verlichting is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- lampen;
- schakelaars;

-
- zekeringen;
 - bedrading.

Lampen

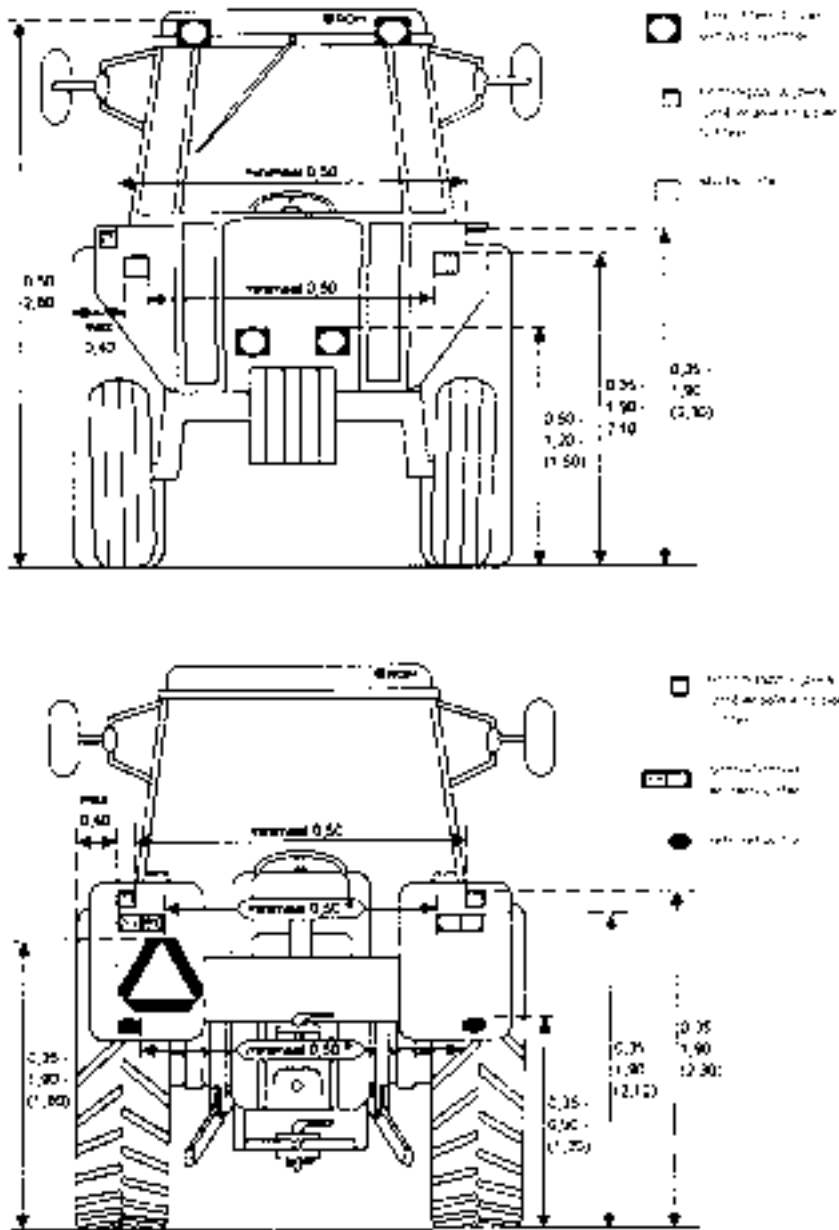
Er zijn verschillende soorten lampen. De meest gebruikte lampen zijn gloeilampen en halogeenlampen. De meeste koplampen zijn halogeenlampen. De achterlichten en richtingaanwijzers zijn altijd gloeilampen.

Bijna altijd worden de lampen bevestigd met een bajonetsluiting. Lampvoeten met schroefdraad worden niet meer gebruikt, omdat ze los kunnen trillen.

Het glas van een halogeenlamp mag je niet met de blote hand aanraken. Vetvlekken op het glas verdampen als de lamp brandt en slaan neer op de reflector. Het gevolg daarvan is dat er minder licht weerkaatst wordt. Door de verhitting maken vetvlekken het glas van de lamp zelf onherstelbaar dof met als gevolg een lagere lichtopbrengst.

De plaats en de hoogte van de lichten moeten aan bepaalde voorschriften voldoen. In figuur 7.7 is de plaats van de lichten van een trekker aangegeven. Ook zie je welke lichten een trekker mag en moet hebben.

Fig. 7.7 De plaats van verlichting en reflectoren op een trekker



() Maximum als het in verband met de constructie onmogelijk is aan de voorgeschreven maatvoering te voldoen.
 * Eventueel 0,40 als voertuigbreedte kleiner is dan 1,40 m
 Alle maten in meters.

Werken in het donker stelt bijzondere eisen aan de mens. Het waarnemingsvermogen is veel minder dan overdag. Door de verhoogde inspanning raak je veel sneller vermoeid. Daardoor is de kans op gevaarlijke situaties veel groter. De huidige werklampen zijn allemaal halogeenlampen. Deze lampen geven eigenlijk te weinig licht om lang in het donker te kunnen werken. Met een xenonlamp kun je dat wel. In de huidige werklampen wordt een gloeidraad als lichtbron gebruikt; bij de xenonlamp is de lichtbron een vlamboog. Daarom is de xenonlamp veel ongevoeliger voor trillingen dan de halogeenlamp, waardoor de levensduur van een xenonlamp zeker vijf keer zo lang is.

De xenonlamp is gevuld met xenongas en metaalzuren. Om de xenonlamp te kunnen ontsteken heb je een spanning nodig van 20.000 V. Met voorschakelektronica kun je van 12 V gelijkstroom 20.000 V wisselstroom maken. Door de hoge temperatuur van de vlamboog (5000 °C) geeft de xenonlamp zeer helder licht, dat te vergelijken is met daglicht. Werken bij dit licht is dus veel minder vermoeiend dan werken bij halogeenlampen.

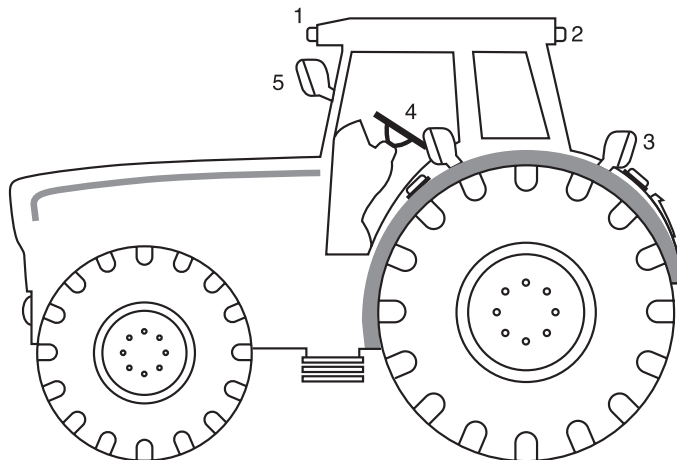
xenonlamp Een *xenonlamp* heeft de volgende voordelen ten opzichte van een halogeenlamp.

- Een xenonlamp heeft 2,5 keer meer lichtopbrengst dan een halogeenlamp.
- Een xenonlamp geeft zeer helder licht, vergelijkbaar met daglicht.
- Het stroomverbruik van een xenonlamp is 35% lager.
- De lichtbundel is zeer constant.
- De levensduur is vijf keer langer.
- Het verlichte oppervlak is veel groter.

Het nadeel van een xenonlamp is de prijs.

Om goed zicht te hebben, zijn behalve de lichtopbrengst ook de hoek waaronder de werklamp gemonteerd is en de plaats van de werklampen belangrijk. Op de volgende plaatsen kun je een werklamp monteren. Die plaatsen zie je in figuur 7.8.

Fig. 7.8
Plaatsen van
werklampen op de
trekker



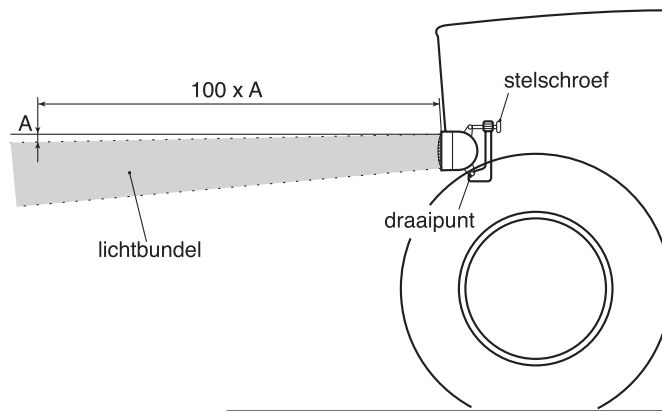
Plaatsen van werklampen op de trekker:

- 1 Vooraan hoog op of in het cabinedak. Deze lampen schijnen ver vooruit als ze 5-10 graden neerwaarts zijn gericht. Wil je de bodem nog meer verlichten, dan moet je deze lampen 10-25 graden neerwaarts richten.
- 2 Achterlampen hoog op of in het cabinedak. Als je deze lamp 20-35 graden neerwaarts richt, wordt een groot veld achter de trekker verlicht.
- 3 Achter op het spatbord. Een werklamp op deze plaats moet je 30-45 graden neerwaarts richten voor een goed zicht.
- 4 Vooraan op het spatbord of tegen de zijkant van het cabinedak. Deze lamp moet je zo richten dat je een goede verlichting krijgt rondom de trekker.
- 5 Aan weerszijden op de spiegelsteun. Als je deze lampen 30-50 graden neerwaarts richt kun je de sporen goed volgen.

Stel de koplampen goed af om te voorkomen dat je een tegenligger verblindt. Dit doe je als volgt:

- Plaats de trekker ongeveer 3 m van een heldere rechte muur.
- Zet het dimlicht aan.
- De hartafstand van de lichtvlekken op de muur moet gelijk zijn aan de hartafstand van de koplampen op de trekker.
- De lichtbundel moet 1 centimeter per meter naar de wand toe dalen. Dit kun je bijstellen met de afstelboutjes bij de rand van de reflector als het inbouwlampen zijn. Oudere koplampen kun je in zijn geheel voorover of zijdelings verstellen.

Fig. 7.9
Het afstellen van de koplampen



Schakelaars

Met een schakelaar zet je de stroomverbruikers aan en uit. Bij kleine verbruikers zoals een kleine lamp of een radio gaat de stroom via de schakelaar naar de verbruiker. Als je grotere verbruikers zoals koplampen en werklampen aan- of uitschakelt met een schakelaar gaat de stroom niet rechtstreeks van de schakelaar naar de verbruiker. Een schakelaar heeft te veel weerstand voor grote verbruikers, waardoor energie verloren gaat en er kans is op doorbranden. Daarom gaat de stroom via een relais. Dat relais wordt op zijn beurt in werking gezet door een schakelaar. Via de schakelaar gaat een klein stroompje naar het relais om het ingeschakeld te houden. Het is belangrijk dat de aansluitpunten bij de schakelaar en het relais goed schoon zijn. Vuile aansluitpunten geven weerstand met als gevolg stroomverlies en minder of geen licht.

Zekeringen

Door kortsluiting of overbelasting ontstaat veel warmte. Om een stroomkring en stroomverbruikers te beschermen tegen oververhitting plaats je een zekering of smeltveiligheid in de stroomtoevoerdraad.

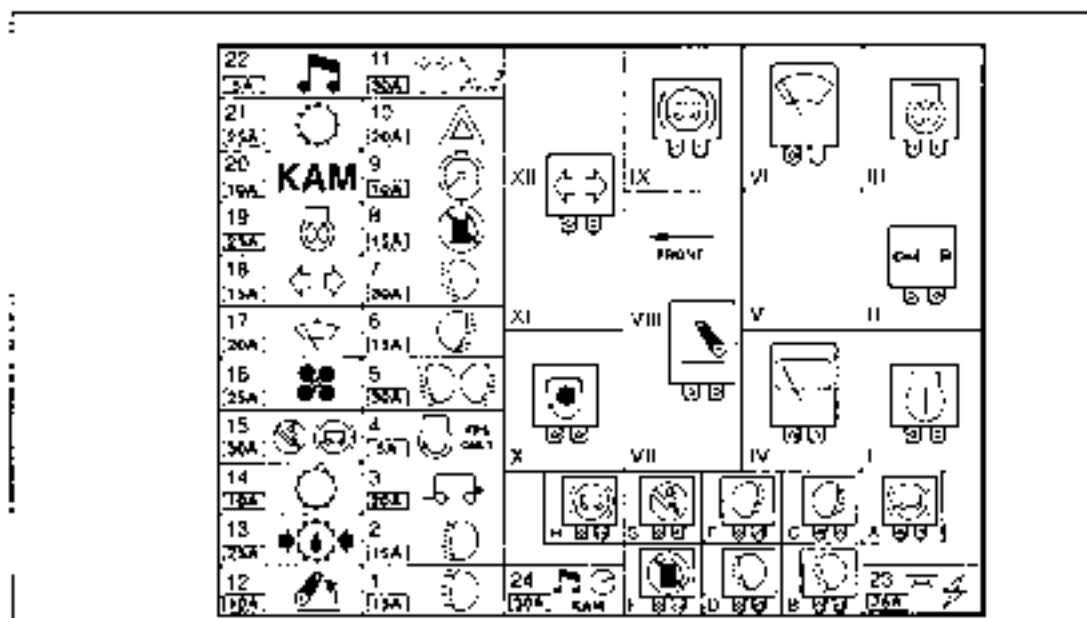
De zekeringen zitten vaak allemaal bij elkaar gebouwd in een doos. Op het deksel van die doos is precies aangegeven bij welke groep een bepaalde zekering hoort en hoe zwaar die zekering moet zijn. Valt het licht uit, dan kun je in de zekeringendoos kijken of de zekering van de betreffende groep kapot is.

Vervang een doorgesmolten zekering altijd door een zekering van dezelfde waarde. Daarnaast moet je rekening houden met de inschakelstroom. De inschakelstroom is de stroomsterkte op het moment van inschakelen. Die stroomsterkte is hoger dan de stroom tijdens het gebruik (de nominale stroom). Om de inschakelstroom te berekenen moet je de nominale stroom vermenigvuldigen met 1,2.

Stel dat de nominale stroom 3 A is. De zekering moet dan minimaal $1,2 \times 3 = 3,6$ A zijn. Je kunt dan een zekering van 5 A nemen.

Of een zekering wel of niet is doorgesmolten kun je controleren met een ohmmeter. Haal de zekering uit de doos. Stel de ohmmeter in op het kleinste meetbereik en meet de weerstand. De zekering is goed als je 0 W of een zeer kleine weerstand meet. Is de weerstand heel groot, dan is de zekering doorgesmolten.

Fig. 7.10 Kast met zekeringen en schakelrelais



Relais	Functie
A	Leeg (Aanbrengen: Duitland, alleen met cabriol)
B	Relais werktemp - voor (10A/10)
C	Relais werktemp - achter (10A/10)
D	Relais werktemp - voor onder
E	Relais werktemp - achter onder
F	Brugverbinding of brandstofsleutelblok
G	Relais remactief
H	Relais aanhangertrommel
I	Omstapelrelais
J	Hydraulische waspomprelais

Relais	Functie
III	Thermostaatrelais
IV	Voorste informatiebord + stop
V	Leeg
VI	Aanrijfsite stop - thermisch relais
VII	} Bedieningsmodule voorste NMS
VIII	
IX	Relais aanhangertrommel
X	Leeg
XI	} 30 - module of N450 - module 3 schakelingen
XII	

OPMERKING: het signaalbord bevindt zich apart achter de MPD

Nr	Amp	Circuit
1	15	Grootlicht
2	15	Dimlicht
3	10	Zichtrechts
4	10	Zichtlinks
5	30	Werktemp voor (gratontag)
6	15	Werktemp achter (spoorband)
7	30	Werktemp voor en achter (cabriolet)
8	15	Rembremsleiding pomp water in brandstof
9	10	Water's externe schakelaar relais
10	20	Hoofdschakelaar
11	30	Overstroombeveiliging van stroom 2x15A/10A 30A
12	10	FDC
13	25	DRSloc PTO 4x4D werktemp
14	10	Thermisch openrelais
15	30	FWD-module (omkering stroompompe voorste haak aanhangertrommel, wasserol)

Nr	Amp	Circuit
16	20	Verlichting aanhangertrommel
17	20	Wasserolpompe voorste wasser achterste wasser temperatuurmelding onderlamp
18	10	Richtingsaanwijzers
19	25	Thermostaat
20	5	Permanente gevoelsomleiding voor transmissie en EDC-programmeren, EML en radio-afwijking voor diagnoseconnectors
21	25	Transmissie bedieningsmodule opening schakelaar signaalring (afhankelijk van de versie)
22	5	Radio
23	25	Accessoiresleutelblok (afhankelijk van de versie)
24	5	Werktemp schakelaar
25	20	voeding lampen (relais IG)
26	5	Werktemp - voor & Achter (cabriolet)

OPMERKING: relais 15 en 25 zijn te gebruiken in een aparte houder, bevestigd aan de zijkant van de kast

Bedrading

Bedrading voor bijvoorbeeld de verlichting van een trekker of de verlichting voor een aanhangwagen moet voldoen aan de volgende voorwaarden.

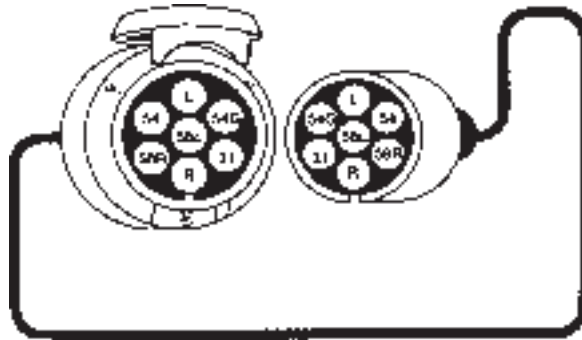
- De draad moet voldoende dik zijn, minimaal 1,5 mm²; een dunnere draad heeft te veel weerstand en is veel te slap.
- Zitten er veel werkklampen op het landbouwvoertuig, dan gaat de stroom meestal door kabels. In de kabel zitten meerdere draden. Voor een goede stroomtoevoer moeten de draden in de kabel 2,5 mm² dik zijn en gezekeerd zijn met zekeringen van 16 A.
- De isolatie mag niet beschadigd zijn en moet vrij liggen van scherpe delen.

Als je bij storing of onderhoud de draden controleert, neem er dan de tijd voor. Losse of gecorrodeerde verbindingen geven veel weerstand. Dit geeft vaak aanleiding tot storingen.

De aansluitingen voor de verlichting van elke aanhanger moeten passen op elk trekkend voertuig, zodat je niet steeds de bedradingen van stekker of stekkerdoos aan moet passen. Daarom zijn de stekkers en stekkerdozen genormaliseerd.

Fig. 7.11

Stekkers en stekkerdozen zijn genormaliseerd: elke zevenpolige stekker past in een zevenpolige stekkerdoos.



In figuur 7.12 kun je vinden waar welke draad op aangesloten moet worden bij een zevenpolig en een dertienpolig systeem.

Fig. 7.12 Aansluitschema voor een zevenpolig en een dertienpolig systeem

	Zevenpolig systeem				Dertienpolig systeem	
	EEG		Helle/Bosch		Systeem West	
	Code	Draadkleur	Code	Draadkleur	Code	Draadkleur
Richting links	1	geel	L	blauw	1	geel
Mistachterlicht (van schakelaar)	2	blauw	54 G	wit	2	blauw
Massa voor de posities 1 t/m 8	3	wit	31	zwart	3	wit
Richting rechts	4	groen	R	groen	4	groen
Achterlicht rechts	5	bruin	58 R	rood	5	bruin
Remlichten	6	rood	54	geel	6	rood
Achterlicht links	7	zwart	58 L	bruin	7	zwart
Achteruitrijlicht					8	oranje
Voeding 12 V continu			+ 30		9	groen
Voeding achter continu			+ 15		10	rood
Massa voor positie 9					11	
Vrije positie					12	
Massa voor positie 10					13	wit
Mistachterlicht naar lampen					14 of 2a	grijs

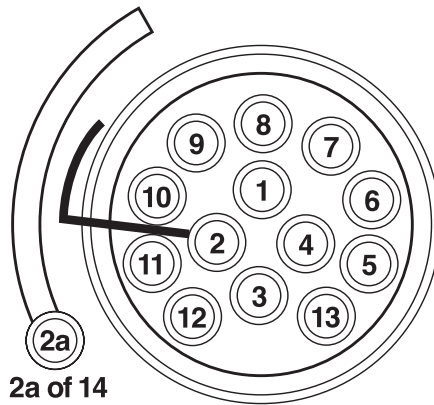
De verlichting monteert je als volgt op een aanhanger.

- Neem een kabel met zeven draden van minimaal 1,5 mm².
- Gebruik bij het bevestigen van de draden in de stekker draadeindhulzen om te voorkomen dat de draadjes kapot draaien.
- Verwijder niet meer isolatie dan nodig is om kortsluiting te voorkomen.
- Zorg ervoor dat je de trekontlasting goed hebt bevestigd. Doe je dat niet, dan wordt de kabel vrij snel uit de stekker getrokken.
- De aansluitcodes staan op de stekkerdoos en de stekker. Zorg ervoor dat je steeds dezelfde kleur op de juiste code aansluit. De codes zijn genormaliseerd, maar de kleuren niet. Zoek eerst de dikste draad op en gebruik die als massaverbinding.
- Indien mogelijk sluit dan de achterlichten en de breedtelichten gescheiden aan. Mocht er iets kapot gaan, dan blijft misschien een van de twee nog branden.

In de praktijk blijkt dat je steeds meer aansluitingen nodig hebt, omdat er aan de trekker vaak allerlei elektrische apparaten gekoppeld worden. Met een zevenpolig systeem is het moeilijk om de componenten gescheiden van elkaar aan te sluiten. Met een dertienpolig systeem kan dit wel.

De plaats van de aansluitpunten in de stekker en de doos is bij beide systemen hetzelfde. De zevenpolige stekker past daarom ook op de dertienpolige doos van hetzelfde systeem. Met een verloopstekker en een doos past de stekker ook op een doos van een ander systeem.

Fig. 7.13
Voorbeeld van een
dertienpolige stekkerdoos



Onderhoud

Als gebruiker van landbouwvoertuigen moet je ervoor zorgen dat de verlichting altijd in orde is. Dit doe je door de volgende punten uit te voeren.

- Vervang een lamp die kapot is door hetzelfde type lamp van dezelfde zwaarte. Als je de lamp vervangt, kijk dan ook of de fitting goed schoon is. Een schone fitting zorgt voor een goede stroomverbinding.
- Gecorrodeerde aansluitpolen en bussen in de stekkerdoos en de stekker zijn snel schoon te krijgen door een losse pool in de boormachine te doen. Druk deze pool in de bus en laat de boormachine even draaien. Het roest en ander vuil is dan snel verdwenen. Wil je de polen schoonmaken, dan moet je een bus in de boormachine doen.
- Als er lampen zijn die flauw branden, maak dan van deze lampen de massaverbinding goed schoon. In de meeste gevallen branden ze daarna weer op volle sterkte.
- Zorg dat de kabels goed geïsoleerd blijven en niet tegen scherpe metaaldelen komen.
- Voorkom dat de kabels in olie en vet liggen. Olie en vet tasten de isolatie aan.
- Controleer regelmatig of er aanslag op de aansluitingen zit. Vergeet daarbij de massaverbindingen niet. Aanslag veroorzaakt slecht contact.
- Voer nooit tijdelijke reparaties uit. Deze deugen meestal niet en het is dubbel werk. Voer reparaties altijd goed en degelijk uit.

Storing zoeken

Wanneer een verbruiker niet werkt, moet je proberen de storing te vinden. Dit lijkt een moeilijke klus, maar als je dat systematisch doet, is het minder moeilijk dan het lijkt. Wel is het zo dat de elektrische systemen op nieuwe trekkers veel ingewikkelder zijn dan bij de oudere series.

Fig. 7.14
De knoeier en de goede
storingzoeker



Bij het zoeken van de storing kun je het beste het schema in figuur 7.15 volgen.

Fig. 7.15 Dit schema kun je gebruiken bij het opsporen van storingen.

<p>1 Schakel de niet-werkende verbruiker in en meet de spanning bij de aansluitpunten van de verbruiker.</p> <p>Drie mogelijkheden: a geen spanning b een lage spanning c de juiste spanning</p>	<p>a Geen spanning, ga naar punt 2.</p> <p>b Een te lage spanning, ga naar punt 2.</p> <p>c De juiste spanning: controleer de massaverbinding. Dit kun je doen door een ohmmeter te plaatsen tussen de massaverbinding van de verbruiker en de massa-aansluiting van de accu. De weerstand oneindig groot, dan is er geen verbinding met de massa. Oorzaak: een gebroken draad of ergens geen contact. Is de massaverbinding in orde, dan is de verbruiker kapot.</p>
<p>2 Meet de spanning van de accu.</p>	<p>a Geeft de accu geen spanning, laad hem dan op of vervang hem door een goede. Doet de verbruiker het niet, ga naar punt 2b.</p> <p>b De accu levert wel spanning; de verbruiker doet het niet, ga naar punt 3.</p>
<p>3 Ga naar het aansluitpunt van de verbruiker en van hieruit terug naar de zekering.</p>	<p>a De zekering is in orde, ga naar punt 6.</p> <p>b De zekering is gesmolten, ga naar punt 4.</p>
<p>4 Voordat je een nieuwe zekering plaatst moet je het deel van de zekering tot en met de verbruiker controleren op kortsluiting of kabelbreuk.</p>	<p>Weerstand is nul, de kabelverbinding is in orde, maar je weet niet of de kabel ook sluiting maakt. Plaats de ohmmeter tussen het einde van het snoer en de massa. Is de weerstand nul, dan maakt de kabel in dit deel kortsluiting. Spoor de sluiting op. Is de weerstand zeer groot, dan is de kabel in orde, ga naar punt 5.</p>
<p>5 Meet de weerstand over de verbruiker.</p>	<p>Plaats de ohmmeter tussen het aansluitpunt van de verbruiker en de massa. Is de weerstand gelijk aan de gegevens van de verbruiker, dan mag je ervan uitgaan dat de verbruiker in orde is. Is de weerstand nul, dan is er kortsluiting in de verbruiker. Vervang de verbruiker. Is de weerstand zeer groot, dan is er inwendig een verbinding verbroken. Repareer de verbruiker (of laat dit doen).</p>
<p>6 Meet de weerstand over de aansluitpunten van de zekering en de zekering zelf.</p>	<p>Is de gemeten weerstand zeer groot, dan zijn de contacten voor of na de weerstand niet in orde. Maak de contacten schoon en meet dan weer. Is de weerstand zeer gering en doet de verbruiker het nog niet, ga dan naar punt 7.</p>
<p>7 Meet of je spanning hebt voor de schakelaar.</p>	<p>Zo ja, schakel de schakelaar dan in en meet of je spanning hebt na de schakelaar. Als er spanning is, dan zal de verbruiker het doen. Meet je geen spanning na de schakelaar, dan is er iets met de schakelaar. Ga naar punt 8. Meet je geen spanning voor de schakelaar, ga dan naar punt 9.</p>
<p>8 Meet de weerstand van de schakelaar inclusief de aansluitpunten.</p>	<p>Is de weerstand zeer groot, dan is de schakelaar of een van de aansluitpunten kapot of schakelaar en aansluitpunt maken geen contact. Vervang de schakelaar en maak zo nodig de contacten schoon.</p>
<p>9 Ga verder terug naar de stroombron totdat je het volgende onderdeel in het elektrische circuit tegenkomt. Dit kan bijvoorbeeld de ampèremeter zijn. Meet of je wel of geen spanning hebt voor de ampèremeter.</p>	<p>Is de weerstand nul, dan zijn de schakelaar en de aansluitpunten in orde. Ga naar punt 9. Meet je spanning, schakel de schakelaar dan in en meet of je spanning hebt na de schakelaar. Als er spanning is, dan zal de verbruiker het doen.</p> <p>Meet je geen spanning, ga dan verder terug naar de stroombron totdat je het volgende onderdeel in het elektrische circuit tegenkomt.</p>
<p>10 Je gaat steeds verder terug richting accu om de spanning en de weerstand te meten. Als je dit grondig en systematisch doet, zul je de plaats en de aard van de storing zeker vinden.</p>	

Vragen 7.2

- a Waarom mag je een halogeenlamp niet met de blote hand vastpakken?
- b Waarom gaat de stroom bij grote stroomverbruikers via een relais?
- c Hoe kun je controleren of een zekering is doorgebrand als je het niet zeker weet?
- d Hoe kun je gecorrodeerde polen en bussen in de stekker en stekkerdozen snel en gemakkelijk reinigen?
- e Wat zijn de voordelen van de xenonwerklamp?

7.3 Dynamo en startmotor

Als je de motor van een motorvoertuig start wordt de motor aangedreven door een startmotor. De startmotor is een elektromotor die tijdens het starten veel stroom vraagt.

Die stroom wordt tijdens het starten geleverd door de accu.

Zodra de motor begint te draaien zorgt de dynamo ervoor dat de accu weer wordt opgeladen, zodat de accu weer voldoende stroom heeft voor de volgende start van de motor.

De startmotor vraagt stroom en de dynamo levert stroom. Daarom behoren de startmotor en de dynamo tot de elektrische installatie van een motorvoertuig.

Dynamo

De accu wordt tijdens het draaien van de motor opgeladen door de dynamo. Een regelaar zorgt ervoor dat de accu wordt geladen met de juiste spanning en dat het laden stopt zodra de accu vol is.

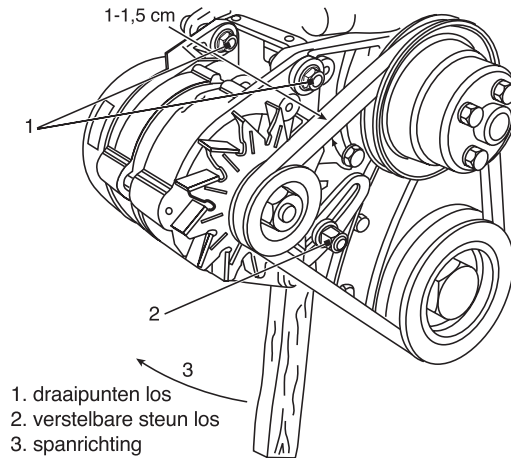
De dynamo moet voldoende vermogen hebben om alle verbruikers van stroom te kunnen voorzien en de accu voldoende op te laden.

Als de dynamo voldoende spanning levert, gaat het controlelampje op het dashboard uit.

Gaat het controlelampje zwak branden, dan is de laadspanning te laag. Dit kan veroorzaakt worden door de volgende punten.

- De verbruikers vragen meer stroom dan de dynamo kan leveren. Oplossing: minder verbruikers in werking zetten of een dynamo plaatsen met meer vermogen.
- De V-snaar is te slap gespannen. Als de waterpomp ook door deze V-snaar wordt aangedreven, is mogelijk ook de koeling onvoldoende. Een te slap gespannen V-snaar slijt snel door het slippen. Oplossing: V-snaar spannen. Raadpleeg hiervoor het instructieboek, want een te strak gespannen V-snaar geeft extra belasting op de lagers van de dynamo en de waterpomp.

Fig. 7.16
 Het spannen van de V-snaar



Bij veel (nieuwe) trekkers worden de dynamo, de waterpomp et cetera aangedreven door een riem. Deze riem wordt gespannen door een rol die onder spanning staat van een veer. De riem kan meer vermogen overbrengen dan de V-snaar.

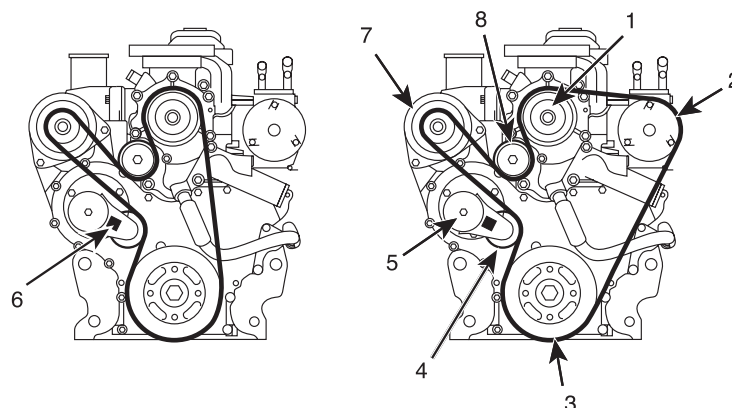
De riemaandrijving vraagt net als de V-snaaraandrijving regelmatig onderhoud. Je moet voorkomen dat de aandrijving gaat slippen. Door een slippende aandrijving slijt de riem of de V-snaar extra. En onderdelen zoals de dynamo, de waterpomp en de airco werken minder goed.

Te veel slip wordt in de meeste gevallen veroorzaakt door:

- een versleten riem; in dit geval moet je de riem vervangen door een nieuwe;
- olie op de riem; in dit geval moet je de riem demonteren, de poelies goed reinigen en de riem vervangen door een nieuwe.

Voor de controle, de demontage en de montage moet je de instructie uit het werkplaatshandboek volgen.

Fig. 7.17
 De aangedreven componenten met de spanrol, links een drijfriem zonder airco, rechts een drijfriem met airco



- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| 1. waterpomppoelie | 5. bout van riemspanner |
| 2. poelie aircocompressor | 6. uitsparing voor de sleutel |
| 3. krukspoelie | 7. dynamo |
| 4. poeliespanner | 8. tussenspoelie |

Als het bovenstaande in orde is en de trekker nog steeds moeilijk start doordat de accu niet voldoende stroom levert, is er iets anders aan de hand. Om deze storing te vinden moet je het volgende doen.

- Controleer de ladingstoestand van de accu. Is de ladingstoestand goed, maar de accu is al een jaar of vijf oud, dan is de accu versleten. Dan moet je een nieuwe accu plaatsen.
- Is de accu onvoldoende geladen, controleer dan de aansluitpunten op de accu en de dynamo op corrosie en maak ze eventueel schoon. Helpt dit niet, laat dan de accu doormeten door een vakman.

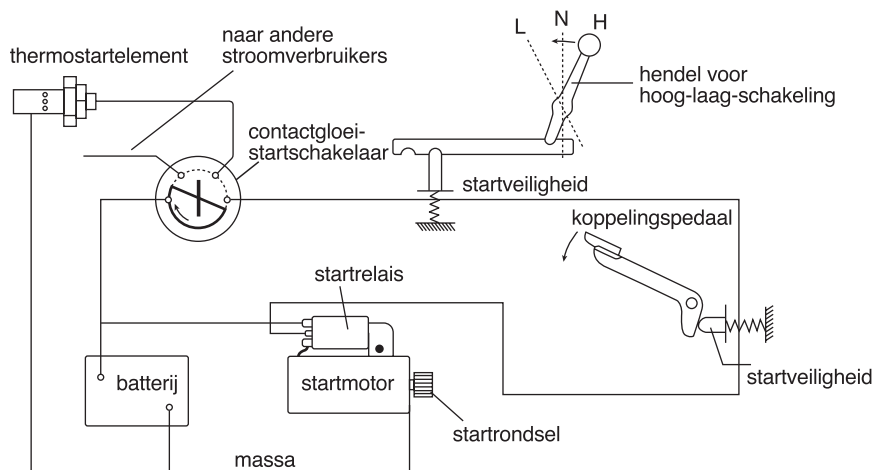
Startmotor

De motor wordt op gang gebracht met een startmotor. Een startmotor op een mengselmotor draait de krukas tijdens het starten rond met een toerental van ongeveer 60 omw./min. Bij een dieselmotor is dit toerental meestal iets hoger (± 100 omw./min.).

Als de startmotor van een trekker niet werkt, moet je de storing oplossen. Opslepen is geen oplossing, want trekkers met een half- of volautomatische versnellingsbak mag je niet opslepen.

Bij het oplossen van de storing is het handig dat je het aansluitschema van de betreffende onderdelen bij de hand hebt. In figuur 7.18 zie je een aansluitschema van het startcircuit.

Fig. 7.18
Aansluitschema
startstroomkring met
startbeveiliging



Je kunt eerst de volgende punten controleren.

- Hoor je een klik of ratelt de startmotor?
- Hoor je helemaal niets?

Klik of ratel

De startmotor geeft een klik en ratelt wat. Dat kan worden veroorzaakt doordat de startmotor onvoldoende stroom krijgt. Je kunt dan het volgende doen.

- Controleer of de accu voldoende is opgeladen. Is de accu onvoldoende geladen, zet hem dan aan de lader of pak een goed geladen accu en sluit die aan. Is er niets veranderd, ga dan verder met het volgende punt.
- Maak de accuklemmen en de bevestiging van de dikke kabel bij de startmotor los. Maak de accupolen, de klemmen, de bevestiging bij de startmotor en het

einde van de startkabel goed schoon. Maak ook de massaverbinding van de massakabel van de accu en de startmotor goed schoon. Maak dan alles weer vast. Zet eerst de aansluitingen op de startmotor (niet te vast aandraaien, want de kop van de magneetschakelaar is van bakeliet en breekt snel af). Zet dan de accuklemmen vast. Heeft dit ook niet geholpen, dan is er iets aan de hand met de startmotor zelf.

Geen geluid

Als je helemaal niets hoort, doe je het volgende.

- Controleer of je de startbeveiligingen zoals het intrappen van de koppeling en het in de vrijstand zetten van de versnelling juist hebt uitgevoerd. In figuur 7.18 zie je een startstroomschema met startbeveiliging.
- Controleer of de accu voldoende is geladen. Zo niet, laad hem dan eerst op.
- Maak de accuklemmen los, maak ze goed schoon en zet ze weer vast op de accu.
- Doet de startmotor nog niets, controleer dan of de aansluitingen op de startmotor schoon zijn en goed vast zitten.
- Doet de startmotor het dan nog steeds niet, controleer dan of er spanning komt op de aansluiting die de startmotor in werking moet zetten. Krijg je geen spanning, kijk dan of de betreffende zekering kapot is. Is dat niet het geval, kijk dan of de startbeveiliging wel goed werkt. Is dit ook in orde, laat dan een monteur naar de startmotor kijken.

Vragen 7.3

- a Tijdens het werk gaat het controlelampje van de dynamo zwak branden. Wat kan hiervan de oorzaak zijn?
- b Hoeveel toeren behoort de krukas van de motor te maken tijdens het starten?
- c Als een trekker niet wil starten, mag je de trekker dan opslepen? Zo nee, waarom niet?

7.4 Elektrische schema's trekker

elektrisch circuit

Het *elektrisch circuit* van moderne trekkers is veel uitgebreider dan dat van oudere trekkers.

Bij oude trekkers kan dit hele schema op één pagina. Bij de moderne trekkers kan dat al lang niet meer. Het totale elektrische bedradingschema beslaat meerdere pagina's die je kunt vinden in het werkplaatshandboek.

De meeste werkplaatshandboeken werken als volgt.

- Er is een inhoudsopgave waarin staat waar je de elektrische schema's kunt vinden. Het deel van het bedradingschema dat op één pagina staat wordt circuit genoemd.
- Er is een tweede inhoudsopgave die aangeeft waar je de componenten kunt vinden. Via deze inhoudsopgave kom je meestal het snelst bij het juiste elektrische schema.

In figuur 7.19 zie je een deel van een elektrisch schema, een circuit.

Om dit schema te kunnen lezen en begrijpen moet je het volgende weten.

- Elk bedradingschema is tussen vier horizontale lijnen getekend: drie lijnen aan de bovenzijde en twee aan de onderzijde. De bovenste twee lijnen zijn twee draden waar spanning op staat (+ 30A en + 30B). Als het contact aan staat, staat er ook spanning op de derde lijn (de dunne lijn). Onder aan het schema staat een dikke zwarte lijn, dat is de massa. Onder de massa staat een lijn met de nummers 0 t/m 380. De componenten in het schema kun je vinden door het nummer op deze lijn op te zoeken. Heb je het lijnummer gevonden en je gaat omhoog in het schema, dan kom je de component vanzelf tegen. Deze lijnreferentie geeft dus aan waar de draden en de componenten zijn te vinden.
- Onder het schema vind je een tabel (zie figuur 7.20) of een tekst waarin staat:
 - van welk type trekker het schema is;
 - om welke componenten het gaat; in dit geval: starten, opladen, thermostart en inspuitspomp;
 - om welk deel van de lijnreferentie het gaat, dus de plaats waar de componenten zijn te vinden, in dit geval van 0 tot 380;
 - de symbolen van de componenten met daarachter de naam van de componenten.
- De tabel met de draadkleurcodes (figuur 7.21) en het schema heb je nodig bij het opsporen van storingen in de bedrading. Hiermee kun je precies nagaan waar draden vandaan komen en waar ze heen gaan.

Fig. 7.20 Tabel met codes en de beschrijving behorend bij het bedradingschema van de startstroomkring, laadstroomkring, thermostart en inspuitspomp

Starten, opladen, thermostart, inspuitspomp			
Lijnen 0 – 380			
STARTEN		THERMOSTART EN BRANDSTOFSYSTEEM	
FL1	Smeltdraad	F8	Afschakelende elektromotor (veiligheid)
FL2	Smeltdraad	F19	Zekering
G1	Accu	KII	Thermostartrelais
K1	Contactrelais	KF	Brandstofafsluitrelais
K2	Startrelais	R1	Thermostartspoel
M1	Startmotor met solenoïde	Y1	Brandstofafsluitsolenoïde
S1	Contactschakelaar	Y2	Elektrische opvoerpomp
OPLADEN		MF1	Maxi-zekering 1, 50 A
G2	Alternator	MF2	Maxi-zekering 2, 60 A

Fig. 7.21

Tabel met kleurcodes en de beschrijving behorend bij het bedradingsschema van de startstroomkring, laadstroomkring, thermostart en inspuitspomp

Draadkleurcodes							
B	Zwart	R	Rood	LG	Lichtgroen	K	Roze
N	Bruin	O	Oranje	U	Blauw	W	Wit
TN	Lichtbruin	Y	Geel	TQ	Turkoois		
S	Leigrijs	G	Groen	L	Paars		

Met de inhoudsopgave in figuur 7.22 kun je er snel achterkomen in welk schema een component staat. De inhoudsopgave bestaat uit drie kolommen:

- kolom 1: de symbolen van de componenten op alfabetische volgorde;
- kolom 2: de plaats waar je de componenten kunt vinden;
- kolom 3: de omschrijving van de symbolen.

Fig. 7.22

Deel van een Inhoudsopgave elektrische schema's

Symbol	Plaats	Omschrijving
Maxi-zekering (MF)		
MF 1	40	50 A ontsteking en zekeringen 9, 15, 16, 17 en 18
MF 2	280	60 A zekeringen 10, 11, 19 en 20
MF 3	5070	30 A voeding lichtschakelaar
Schakelaars (S)		
S 1	310	Contactschakelaar
S 2	410	Kruipreductieschakelaar
S 3	640	Versnellingshendel

Voorbeeld

S1 is een contactschakelaar. Deze schakelaar staat aangegeven op tekening, locatie 310. Zoek het schema op met de lijnreferentie van 0 tot 380 bij plaats 310. Als je nu naar boven gaat in het schema kom je vanzelf bij S1.

Vragen 7.4

- Als je figuur 7.19 goed bekijkt dan zie je onder de afbeeldingen twee zwarte lijnen: een dikke lijn en een dunne daaronder. Wat is de betekenis van deze twee lijnen?
- Wat is de kleur van de draad die gaat van het startrelais naar de contactstartschakelaar?

7.5 Afsluiting

De 12-24-voltinstallatie, ook wel elektrische installatie genoemd, zorgt voor de stroomvoorziening van de verlichting, voor het starten van de motor, het opladen van de accu en bij veel trekkers ook voor de bediening van de hefinrichting en andere hydraulisch bediende componenten. Onderdelen van de elektrische installatie zijn onder andere: de accu, de verlichting, de dynamo en de startmotor.

Een accu is de opslag van elektrische energie. Deze energie gebruik je bij het starten van de motor, voor de verlichting enzovoort. Een dynamo zorgt dat de accu tijdens het werk wordt opgeladen. Ook voorziet de dynamo de verbruikers (bijvoorbeeld de verlichting) van stroom. Als de verbruikers meer stroom vragen dan de dynamo kan

leveren springt de accu bij. De capaciteit van een accu, dat wil zeggen de hoeveelheid stroom die de accu kan leveren gedurende een bepaalde tijd, verschilt per accu. Er zijn verschillende accu's. Om lang mee te kunnen, heeft een accu onderhoud nodig.

Als je de motor van een motorvoertuig start wordt de motor aangedreven door een startmotor. De startmotor is een elektromotor die tijdens het starten veel stroom vraagt.

Die stroom wordt tijdens het starten geleverd door de accu. De startmotor vraagt stroom en de dynamo levert stroom.

Verlichting is een verbruiker van elektrische energie. De verlichting is opgebouwd uit lampen, schakelaars, zekeringen en bedrading. In de praktijk is de verlichting van landbouwvoertuigen niet altijd in orde. Dit komt onder andere doordat landbouwvoertuigen vaak onder moeilijke omstandigheden wordt gebruikt (grond, water, mest et cetera). Verlichting heeft daarom onderhoud nodig. Mocht de verlichting toch niet werken, dan moet je de storing opsporen en (laten) repareren.

In een bedradingsschema vind je de componenten die tot een elektrisch systeem behoren. Ook staat erin hoe de bedrading moet worden aangesloten. Het deel van het bedradingschema dat op één pagina staat wordt circuit genoemd. Het totale elektrische bedradingschema kun je vinden in het werkplaatshandboek.

8 Elektronica

Oriëntatie

Elektronica is een belangrijk hulpmiddel in het leven van alledag. Wie heeft er nou geen computer en geen mobiele telefoon? Ook auto's en trekkers hebben een of meer computers die helpen bij het controleren en aansturen van allerlei processen. De elektronische onderdelen die daar in zitten, zijn vaak klein. Je kunt ze zelf niet repareren als ze kapot zijn. De verbindingen tussen de verschillende elektronische componenten vormen meestal de bron van storingen. En die kun je wel zelf repareren.

8.1 Sensoren

Veel machines en werktuigen worden elektrisch of elektronisch bediend en aangestuurd. Die aansturing kan automatisch plaatsvinden. Bij die aansturing horen bepaalde instellingen. Om te weten welke instellingen dat zijn, kun je de spanning meten met een sensor.

Een sensor is een instrument dat natuurkundige verschijnselen als druk, temperatuur, licht, vochtigheid en metaal meet. De sensor zet die natuurkundige verschijnselen om in een spanning. De spanning die de sensor afgeeft, de gemeten waarde, wordt doorgegeven aan een centrale verwerkingseenheid. Dit is een kleine computer, ook wel cve genoemd. In de centrale verwerkingseenheid is de gewenste waarde ingebracht. De gemeten waarde wordt vergeleken met de gewenste waarde door het vergelijken van de spanningen.

De centrale verwerkingseenheid kan de spanning omzetten naar computergetallen, waardoor je op een monitor de metingen af kunt lezen. Als de installatie in de aansturing elektromotoren, een relais en kleppen heeft, kan de centrale verwerkingseenheid de aansturing bijregelen. De elektromotoren, het relais, de kleppen, de drukregelaar en de pomp in de installatie noem je actoren. Actoren regelen de aansturing totdat de gemeten waarde hetzelfde is als de gewenste waarde.

Er zijn verschillende sensoren, te weten:

- reedcontacten;
- inductieve benaderingssensoren;
- optische sensoren;
- elektronische druksensoren;
- akoestische sensoren;
- radarsensoren.

Deze sensoren komen hieronder aan de orde.

Reedcontact (pulsmeting)

Een reedcontact is een tweeadelige sensor. Hij bestaat uit een kleine glazen behuizing met twee bi-metaaltjes erin. Als er een magneet in de buurt van de sensor komt

worden de bi-metaaltjes aangetrokken. Ze maken contact en via één ader krijg je een signaal. De andere ader is de massa.

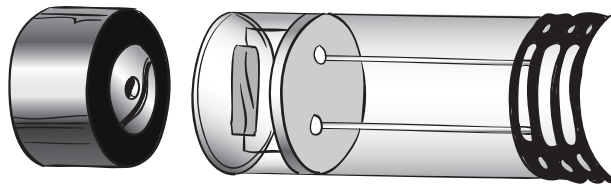
Gebruik

Een reedcontact wordt veel gebruikt als positiesensor voor werktuigen en als wielsensor. Hij kan alleen gebruikt worden voor relatief lage toerentallen.

Storingen

Een reedcontact is een mechanische sensor. Elke keer als er een magneet langskomt schakelen de bi-metaaltjes om. Een reedcontact slijt daarom. De meeste storingen ontstaan door het te vast aandraaien van de moeren. De sensor werkt dan niet meer goed. Dat geeft afwijkingen in de metingen. Een sensor kan ook helemaal niet meer werken. Dan moet je hem vervangen.

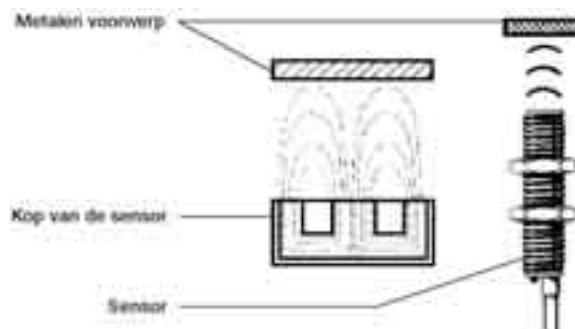
Fig. 8.1
Werking van een reedcontact



Inductieve benaderingssensor (pulsmeting)

Een inductieve benaderingssensor is een sensor die reageert op geleidende voorwerpen zoals metalen. De sensor maakt een magnetisch veld. Als daar een voorwerp doorheen gaat, verandert het magnetisch veld en geeft de sensor een signaal. De meeste inductieve benaderingssensoren hebben drie draden. Met deze sensoren kun je toerentallen van een as meten zonder dat je er magneten op hoeft te monteren.

Fig. 8.2
Inductieve benaderingssensor



Gebruik

Een inductieve benaderingssensor kun je gebruiken om pulsen te meten op plaatsen waar je geen magneten kunt of wilt gebruiken. Verder wordt deze sensor gebruikt om pulsen te meten bij hoge toerentallen. Hierbij kun je geen reedcontact gebruiken. Dit is bijvoorbeeld het geval bij een doorstroommeter met metalen schoepen. De sensor is een onderdeel van de doorstroommeter. Het aantal omwentelingen geeft aan hoeveel de doorstroming is. Een omwenteling van de doorstroommeter wordt uitgedrukt in cm^3 .

Storingen

Bij een inductieve benaderingssensor, die voor een doorstroommeter wordt gebruikt of om het aantal omwentelingen van een as vast te stellen, mag de sensor nooit tegen de as aanlopen. Gebeurt dat wel, dan beschadigt de sensor en krijg je onjuiste meetgegevens. De doorstroommeter zal lagere hoeveelheden aangeven dan oorspronkelijk het geval was. Als de sensor zelf kapot is, kun je hem niet maken.

Doormeten

Een storing kan ook in de monitor of in de kabels of stekkers zitten. Om dat te ontdekken, kun je een inductieve benaderingssensor doormeten met een multimeter en een voedingsbron. Sluit de draden voor de plus en de massa aan op de voedingsbron. Zet de multimeter op D.C. (bereik 20 volt). Maak de plus van de multimeter vast aan de plus van de sensor. De massa van de multimeter sluit je aan op de signaaldraad van de sensor. Als je een metalen voorwerp dichtbij de sensor houdt moet je een andere spanning meten met de multimeter. Deze sensor reageert op metalen voorwerpen door een puls af te geven.

Fig. 8.3
Het doormeten van een inductieve benaderingssensor



Optische sensor (optogever)

Een optische sensor of optogever is een elektrisch oog dat via infraroodstralen voorwerpen kan zien. Aan de andere kant van de optische sensor worden deze stralen door spiegels weerkaatst. De optische sensor vangt deze stralen weer op. Als er bijvoorbeeld een zaadje door de optogever valt wordt het terugkaatsen van de infraroodstralen even verbroken. De sensor geeft dan een puls.

Als je een optische sensor gebruikt, is het belangrijk dat hij schoon is. Anders worden de infraroodstralen niet weerkaatst.

Achter de sensor zit een klein kastje in de kabel: de versterker. De versterker versterkt het signaal van de sensor zodat de monitor/computer dit beter kan ontvangen.

Gebruik

Optogeveren worden gebruikt bij bijvoorbeeld maïszaamachines (zaaicontrolle) en aardappelsorteermachines (vullen van bunkers).

Storingen

De meest voorkomende storingen bij optische sensoren zijn:

- de sensor geeft geen pulsen meer, er valt geen zaad;
- de sensor geeft aan dat de bunker vol is, maar dat is niet het geval.

Oorzaken van die storingen kunnen zijn:

- de spiegel of de sensor is vervuild;
- de spiegel is gebroken of beschadigd door bijvoorbeeld gevallen gereedschap.

Elektronische druksensor

Een elektronische druksensor is een sensor die een gemeten druk omzet in een elektronisch signaal. Dit signaal heeft de vorm van een spanning. Hoe hoger de druk is die gemeten wordt, hoe hoger de spanning is die doorgelaten wordt. In tegenstelling tot de andere sensoren zendt deze sensor geen digitale signalen uit, maar een analoge spanning, die varieert. Er zijn twee verschillende sensoren, één voor 0-15 en één voor 0-30 bar.

Fig. 8.4
Druksensor



Gebruik

De sensoren worden in de landbouw gebruikt op bijvoorbeeld ketels van de eigen watervoorziening. Als de druk (en dus de spanning) hoog genoeg is, slaat de waterpomp af. Verder vind je elektronische druksensoren ook op spuitmachines waar je de druk moet meten om de computer de hoeveelheid spuitvloeistof bij te laten regelen.

Storingen

Bij een elektronische druksensor zijn weinig storingen.

Akoestische sensor

Op sommige maaidorsers registreren verliessensoren hoeveel zaad er verloren gaat tijdens het dorsen. Dit zijn akoestische sensoren. Ze bestaan uit een plaat of een buis. Als er graankorrels verloren gaan over bijvoorbeeld de schudders, dan vallen de graankorrels naar beneden. Enkele korrels vallen met een tik op de plaat van de sensor. Onder de plaat zit een soort microfoon, die bij elke tik een puls geeft. De sensor kun je aanpassen aan wat jij een aanvaardbaar verlies vindt. Dat aanpassen noem je kalibreren.

Gebruik

Akoestische sensoren worden gebruikt in maaidorsers, om het verlies van graan te meten. Ook worden ze gebruikt als klopsensor in maïshakselaars om het tegenmes van de hakselkooi af te stellen.

Storingen

De meeste storingen worden veroorzaakt door een slechte verbinding van de stekker in de verliessensor. Er vallen dan meer graankorrels op de grond dan de sensor aangeeft.

Radarsensor

Een radarsensor werkt volgens het dopplereffect. Dat houdt in dat voorwerpen die naar je toekomen een hogere geluidstoon afgeven dan wanneer ze van je vandaan gaan. Denk maar aan een naderende auto. Deze verschillende toonhoogten ontstaan doordat de geluidsgolven verschillende frequenties hebben.

De radarsensor zendt een frequentie uit. Het frequentiebereik ligt tussen 24 en 24,250 GHz.

1 GHz = 1.000.000.000 Hz; 1 Hz = 1 trilling per seconde. De bedrijfsfrequentie, dus de frequentie waarbinnen de radarsensor werkt, is 24,125 GHz. De hoeveelheid energie die de radarsensor gebruikt, het vermogen, is 0,5 watt. De voedingsspanning ligt tussen 10,5 en 16,0 volt. Dat is de spanning waarop de radarsensor moet worden aangesloten. Deze waarden gelden voor een bepaalde radarsensor.

Gebruik

Met een radarsensor kun je bijvoorbeeld snelheid meten. Dit doe je door de wielsensor te vervangen door een radarsensor. Een radarsensor geeft geen afwijking bij wielslip, een wielsensor wel. Wel zal de radarsensor bij lange wuivende gewassen valse impulsen ontvangen. Dit kun je verminderen door de radarsensor in het wielspoor te richten.

Om te meten met de radarsensor monteer je de radarsensor schuin naar achteren. De radarsensor zendt dan een frequentie naar de grond. Wanneer de trekker stilstaat, wordt de frequentie onveranderd via de grond teruggestuurd naar de radarsensor. Als de trekker rijdt, wordt de teruggestuurde frequentie hoger of lager. Dit hangt af van de richting waarin de trekker rijdt, voor- of achteruit. De grootte van de frequentieverandering moet zodanig worden afgesteld dat die overeenkomt met de rijnsnelheid. In de trekker zijn tabellen waarop de snelheid staat aangegeven.

De hoek en de hoogte ten opzichte van de grond zijn erg belangrijk. De radarsensor mag niet te veel bevuild wordt met modder.

Sensoren in meters

Sensoren komen voor in de volgende meters:

- turbineraddoorstroommeter;
- magnetisch-inductieve doorstroommeter.

Bij het gebruik van een veldspuit of een zodenbemester is het belangrijk dat je weet hoeveel spuitvloeistof of hoeveel mest er aangewend wordt. Als je een

doorstroommeter in de vloeistofstroom opneemt, kun je op de monitor van de trekker die hoeveelheid aflezen.

Turbineraddoorstroommeter

Bij een turbineraddoorstroommeter staat het schoepenrad in de stroomrichting. Het schoepenrad is eigenlijk een ventilator die je in een vloeistofstroom zet. Aan enkele of aan alle schoepen is een magneet gemonteerd. Meestal is de magneet in de schoep gegoten. Naast het schoepenrad zit een inductieve benaderingssensor.

Door de vloeistofstroom zal het schoepenrad gaan draaien. De magneten komen langs de sensor en de sensor geeft een signaal af aan de computer. De computer zet het signaal om in een hoeveelheid vloeistof die door de buis stroomt.

Een turbineraddoorstroommeter wordt gebruikt voor bijvoorbeeld veldspuiten.

De meeste storingen worden veroorzaakt door vuil in de doorstroommeter. Hierdoor worden onjuiste gegevens doorgegeven. Er zal minder vloeistof door heen gaan dan oorspronkelijk het geval was.

Magnetisch-inductieve doorstroommeter

De meeste doorstroommeters kunnen nauwkeurig meten, maar kunnen absoluut niet tegen agressieve (vloei)stoffen en drijfmest. Vooral drijfmest vervuilt de doorstroommeter direct, waardoor de meters verstopt raken. Een magnetisch-inductieve doorstroommeter kan wel tegen (zeer) agressieve (vloei)stoffen. Deze meter werkt als een buis waaraan tegenover elkaar twee spoelen zitten. Die spoelen staan exact tegenover elkaar. Ze wekken een magnetisch veld op. Haaks op het magnetisch veld van deze spoelen staan twee elektroden. Door de stroming van de vloeistof wordt er een spanning tussen de elektroden opgewekt. Hoe meer vloeistof, hoe hoger de spanning. De elektronica zet de spanning om in een standaardsignaal voor de computer. Dit standaardsignaal wordt dan omgerekend naar een hoeveelheid liters per minuut. Een doorstroommeter meet dus de hoeveelheid vloeistof die door een buis of leiding gaat.

Bij een magnetisch-inductieve doorstroommeter zijn er geen obstakels in de buis of leiding zoals bij andere doorstroommeters. Hierdoor kun je deze doorstroommeter gebruiken voor drijfmest en agressieve vloeistoffen.

Magnetisch-inductieve doorstroommeters zijn duur.








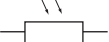
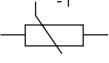
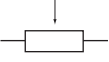


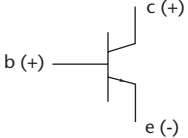
Algemene richtlijnen voor storingzoeken

storing Als er tijdens het werken een *storing* ontstaat, wil je die storing zo snel mogelijk verhelpen. Probeer na te gaan welke gegevens door de computer niet of onjuist weergegeven worden. Probeer hieruit te concluderen waar de storing zich bevindt (programma, voeding, sensor of actor). Raadpleeg het instructieboek. Wat je kunt doen als je weet waar de storing zit, staat in figuur 8.5.

Fig. 8.5
 Meest voorkomende
 storingen en oplossingen

Storing	Oplossing
Voeding	voedingsspanning controleren zekeringen spanningsverlies over schakelaars of in de bedrading
Programmagegevens	programma controleren als de computer na het opnieuw opstarten iedere keer alle programmeergevens kwijt is, zal de batterij in de computer zelf kapot zijn: batterij (laten) vervangen
Sensoren	controleer stekkerverbindingen controleer bedrading (ohmmeter)
Wielsensoren	controleer de afstand tussen de sensor en de magneten controleer (bij Hall-sensor) of alle magneten met de zuidpool naar de sensor gericht zijn controleer, indien aanwezig, of het ledlampje brandt bij het passeren van de magneet indien mogelijk sensor doormeten
Flowsensoren	controleer of het 'molentje' in de flowmeter goed ronddraait controleer de flowmeter-sensor door deze uit te wisselen met een nieuwe
Actoren	controleer de voeding van de actor controleer de bedrading controleer of de actor mechanisch vast zit
Computer	wanneer de storing in de computer zelf zit, kun je zelf niets meer doen; in dit geval zal de computer opgestuurd moeten worden naar de fabrikant

Fig. 8.6 Symbolen

Naam	Omschrijving	Toepassing o.a	Symbol
Lamp	gloeidraad in glazen bol	verlichting signalering	
Schakelaar	door knop worden contacten verbonden	sluiten en onderbreken van een circuit	
Idem	door knop worden contacten verbonden knop springt automatisch terug	pulsgever	
Zekering	houder met aangepaste geleider	beveiligen van een circuit	
Kabel	leiding met meerdere aders	transport van elektriciteit	
Relais	schakelcontacten bediend door spoel	automatische schakelingen	
Weerstand	cilindrisch lichaam van keramisch materiaal waar een weerstandslaag omheen zit de gekleurde ringen geven de waarde aan	stroombegrenzing (beveiliging) stroom-of spanningdeling	
Lichtgevoelige weerstand	lichtsterkte die op de weerstand valt bepaalt de waarde vervangen door fototransistor	soms toegepast in automatisch schakelende buitenlampen	
Temperatuurgevoelige weerstand (N.T.C.)	omgevingstemperatuur bepaalt de waarde van de weerstand temp. hoog > weerstand laag	opnemers temperatuur voor bijvoorbeeld meters en productvoelers	
Potentiometer	weerstand met verstelbare middenaftakking zodat twee in serie geschakelde weerstanden ontstaan	regelbare weerstand regelbare spanningsdeler	
Condensator	is in staat om energie op te slaan capaciteit wordt aangegeven in mF	ontstoring van elektrische installaties cos.fi verbetering vertragen van pulsen	
Diode	te vergelijken met terugslagklep laat naar de ene kant stroom door en spert naar de andere kant	gelijkrichten van spanningen opvangen van piekspanningen (uitloopdiode) stromen in één richting blokkeren	
Transistor N.P.N.	elektrisch bediend relais als gevolg van de basisstroom (b-e) gaat er een collectorstroom (c-e) lopen basisstroom heeft een bepaalde verhouding t.o.v. collectorstroom (hfe)	in schakelingen als schakelaar stroom en spanningsversterking	

- Vragen 8.1**
- Met welke twee waarden werkt de centrale verwerkingseenheid?
 - Wat moet er gebeuren als deze waarden niet gelijk zijn?
 - Waarom is voor het meten van de rijsnelheid een radarsensor nauwkeuriger dan een wielsensor?

8.2 Boord- en werktuigcomputers

Trekkers en werktuigen worden steeds groter en complexer. De landbouwer wil zo economisch mogelijk werken. Ook wil hij dat zijn land nauwkeurig bewerkt wordt: een constante ploegdiepte en exacte hoeveelheden gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen. Omdat er tijdens het werken met werktuigen en machines meerdere bewerkingen tegelijk plaatsvinden, is het voor de bestuurder van die werktuigen en machines vaak niet mogelijk om alles constant te controleren. Er is dus een kans dat er fouten gemaakt worden.

Elektronica kan een groot aantal functies van de bestuurder overnemen. Prestatiemonitoren helpen de bestuurder bij het controleren en het bewaken van de trekker en de werkzaamheden en voorzien de bestuurder van actuele informatie. De prestatie-monitor meet alleen maar en laat de gemeten waarden aan de chauffeur zien via een display of lampjes. Boordcomputers onthouden gegevens, rangschikken en nemen beslissingen op basis van berekeningen.

Fig. 8.7
Bij deze monitor met toetsenbord is er voor iedere functie een bedieningsknop.



Werking

centrale verwerkingseenheid

De *centrale verwerkingseenheid* (cve) is het brein van de boordcomputer. Alle meetwaarden die tijdens het werken afgegeven worden door de sensoren komen hier bijeen. De meetwaarden worden vergeleken met de waarden die de bestuurder heeft ingevoerd en de door de fabrikant ingevoerde waarden. Wanneer de meetwaarden overeenkomen met de ingevoerde waarden gebeurt er niets. Wanneer er een verschil optreedt, wordt een signaal afgegeven door de boordcomputer. Dit signaal kan de bestuurder waarschuwen. Ook kan de boordcomputer direct een correctie uitvoeren door bijvoorbeeld de opening van de toevoerschuij van de kunstmeststrooier bij te regelen. Ook kan de drukregelaar van de spuitmachine geregeld worden door een

uitgaand signaal van de cve. Het regelen vindt plaats in stappen; na iedere stap wordt gemeten of de gewenste situatie al bereikt is. De grootte van deze regelstappen kun je via een regelconstante instellen.

Je kunt de meetgegevens aflezen op een klein scherm, ook wel display genoemd. Door verschillende toetsen te bedienen kun je alle gewenste waarden opvragen.

Een boordcomputer heeft veel mogelijkheden en toepassingen. De nauwkeurigheid is sterk afhankelijk van de meetwaarden die sensoren meten.

Een wielsensor geeft elektrische pulsen door naar de boordcomputer. De boordcomputer weet wat die pulsen betekenen en berekent de rijsnelheid.

Door een storing kan het gebeuren dat de boordcomputer niet weet wat de pulsen van de sensor betekenen. Dan moet er bijvoorbeeld exact 100 meter gereden worden terwijl de boordcomputer de pulsen telt. Dit wordt ijken genoemd. Na dit ijken weet de computer weer hoe hij het aantal pulsen moet omrekenen naar afgelegde weg of rijsnelheid.

Fig. 8.8

De magneten op het wiel komen langs de sensor.



Op een trekker zitten meerdere sensoren. Sensoren voor de rijsnelheid, het aftakstoerental, het motortoerental, de wieluitslag en de hefarmpositie. Ook grondradars en brandstofdoorstroom-meters zijn in feite sensoren.

Op werktuigen vind je sensoren die de vloeistofstroom meten, de positie van de toevoerschuif of het gewicht van de kunstmest bepalen.

Gegevens

Een boordcomputer kan veel gegevens verwerken en weergeven. Gegevens die afhankelijk van het type boordcomputer weergegeven worden zijn:

- de afgelegde weg;
- de bewerkte oppervlakte;
- de bewerkte oppervlakte per uur;
- de gewerkte tijd;
- de rijsnelheid;
- het aantal verspoten liters per hectare;
- het aantal gestrooide kilogrammen per hectare;

- de zaai- of plantafstand in de rij;
- het brandstofverbruik;
- de wielslip.

Afgelegde weg

De boordcomputer geeft aan wat de afgelegde weg is die je sinds het op nul zetten van 'de afgelegde weg' hebt gereden. De afgelegde weg kun je gebruiken bij het meten van transportafstanden, het meten van percelen en het uitzetten van piketten.

Bewerkte oppervlakte

De bewerkte oppervlakte geeft in hectaren aan hoeveel op het perceel al bewerkt is. Ook kun je soms aflezen hoeveel hectaren er in een jaar al met de machine bewerkt zijn. Bij de bewerkte oppervlakte dient ook de werkbreedte bekend te zijn. Dit gegeven moet je zelf invoeren in de boordcomputer.

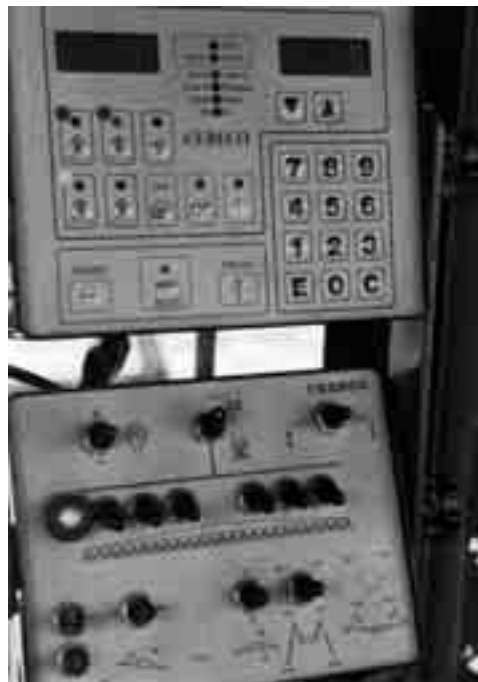
De bewerkte oppervlakte kan gebruikt worden voor het uitrekenen van de gebruikte hoeveelheid zaaizaad, kunstmest of gewasbeschermingsmiddel.

Bewerkte oppervlakte per uur

De bewerkte oppervlakte per uur geeft aan hoeveel hectare er per uur bewerkt wordt als je met dezelfde rijsnelheid blijft werken. Als je de bewerkte oppervlakte per uur weet dan kun je een inschatting maken hoe laat je met de werkzaamheden op dat perceel klaar bent.

Fig. 8.9

Bij deze computer kunnen er per dop aparte gegevens worden ingebracht.



Gewerkte tijd

De gewerkte tijd in uren en minuten wordt door een tijd klok gemeten. Aan het eind van de werkdag kun je aflezen hoe lang je gewerkt hebt, maar ook hoe lang de trekker en het werktuig gewerkt hebben.

Rijsnelheid

De rijsnelheid wordt aangegeven in kilometers per uur. Iedere bewerking op het land heeft een optimale werksnelheid voor het leveren van kwaliteitswerk. Deze kan op het scherm eenvoudig worden afgelezen.

Verspoten liters per hectare

Bij spuitmachines kun je de liters per hectare aflezen. Je kunt dan controleren of dit overeenkomt met de hoeveelheid die je wilde spuiten. Een volumestroommeter naar de spuitbomen meet de hoeveelheid die je spuit.

Fig. 8.10

De flowsensor meet de volumestroom.



Verstrooide kilogrammen per hectare

Bij de kunstmeststrooier wil je weten hoeveel kg/ha je strooit. Bij de strooiers met een weeginstallatie wordt telkens gewogen en vergeleken hoeveel er de vorige meting aanwezig was. Hieruit wordt de gestrooide hoeveelheid berekend.

Bij strooiers zonder weeginstallatie wordt de gestrooide hoeveelheid berekend aan de hand van de grootte van de uitstroomopening en een afdraaiproof.

Zaai- of plantafstand in de rij

De zaai- of plantafstand in de rij is de afstand tussen twee zaden in dezelfde rij. Tijdens het zaaien of planten meet een sensor regelmatig of er zaden of poot aardappelen vallen. Doordat de afgelegde weg ook gemeten wordt kan de afstand in de rij berekend worden.

Brandstofverbruik

Het brandstofverbruik kan zowel in liters per uur als in liters per hectare aangegeven worden. Bij liters per uur wordt het verbruik gekoppeld aan de tijdsduur. Bij liters per hectare wordt het verbruik gekoppeld aan de bewerkte oppervlakte. Het aflezen van het brandstofverbruik is nodig om een efficiënte versnelling te kunnen kiezen.

Wielslip

Een grondradar meet de werkelijke rijsnelheid. Een sensor op een tandwiel van de versnellingsbak meet de wielnelheid. De wielslip wordt berekend door de werkelijk gemeten rijsnelheid met de radar te delen door de wielnelheid.

Wanneer de wielslip gekoppeld kan worden aan de elektronische hefregeling dan kan bij te veel wielslip het werktuig automatisch geheven worden. Dit kun je bijvoorbeeld gebruiken bij het ploegen.

Systemen voor de verwerking en uitwisseling van gegevens

Door de elektronische gegevens op te slaan, te verwerken en uit te wisselen ontstaan steeds meer mogelijkheden. Dit verwerken en uitwisselen is onder andere mogelijk door:

- het gebruik van de chipkaart;
- het gebruik van het Can-Bussysteem;
- het kopakker-omkeersysteem;
- DGPS.

Chipkaart

Er zijn systemen die gegevens tussen de personal computer en de boordcomputer uitgewisseld worden door een chipkaart. De chipkaart heeft het formaat van een pinpas en werkt zonder elektromagneten. De kaarten zijn niet gevoelig voor stof, vocht en magnetisme.

De gegevens over de werkzaamheden kun je direct invoeren in de pc. Deze gegevens zijn dan digitaal beschikbaar voor een teeltregistratieprogramma of een factureringsprogramma. Hiermee kunnen de werkbriefjes bij een loonwerker vervallen.

CAN-Bussysteem

Tot nu toe was er voor iedere boordcomputersysteem een aparte kast (terminal) in de trekkercabine nodig waarop gegevens konden worden afgelezen en geprogrammeerd. Sinds 2001 kiezen de grote fabrikanten van trekkers en werktuigen voor een wereldwijde standaardtaal op dit gebied: de ISO CAN-Bus 11783. Via dit CAN-Bus systeem kunnen een groot aantal elektronica onderdelen van verschillend fabrikaat met elkaar communiceren. CAN-Bus staat voor Control Area Network; Bus wil zeggen iedereen kan met de bus mee, dus voor iedereen toegankelijk. Het systeem is te herkennen aan een negenpolige stekker (zie figuur 8.11). De bovenste vier aansluitpunten zijn voor de stroomvoorziening op het werktuig. Het onderste deel bevat twee aansluitpunten voor het eigenlijke CAN-Bus systeem. Verder is er een digitale CAN-Bus massa en spanning en een aan/uit voor het CAN-Bus systeem.

Fig. 8.11
 Via de CAN-Busaansluiting kun je met deze adapter en een pc storingen bij een machine opsporen.

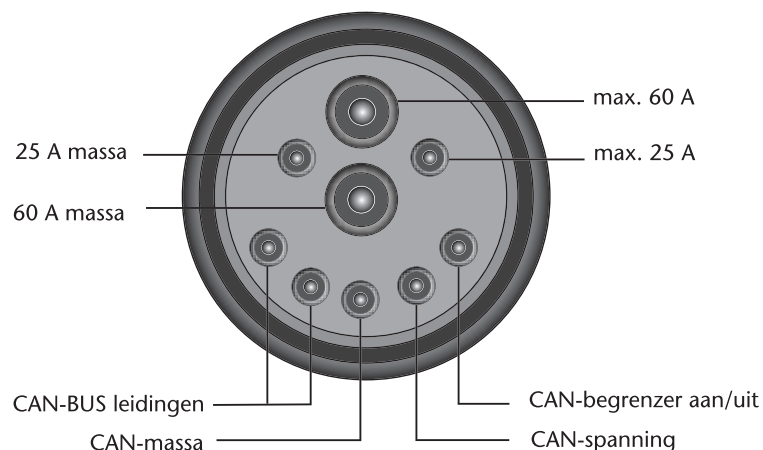


De in de trekkercabine geplaatste terminal heeft een beeldscherm en een aantal draaiknoppen. De werktuig ecu's (elektro-control-units) kunnen de terminal in de trekkercabine gebruiken om informatie af te beelden en functies aan de knoppen op het scherm toe te wijzen waarmee het werktuig bediend kan worden. Naast het regelen van de spuitmachine en de kunstmeststrooier kunnen ook handelingen die elkaar telkens opvolgen via dit systeem worden geregeld. Bij een rooimachine kunnen op die manier door één druk op de knop de rooischaren worden opgetild en even later de rooimat worden gestopt.

Enkele ploegfabrikanten leveren al een systeem waarbij via de standaard terminal al de afstellingen op de ploeg kunnen worden geregeld.

De hierboven beschreven mogelijkheden van het CAN-Bus systeem worden nog niet op grote schaal toegepast. Maar in de toekomst zal het gebruik zeker toenemen.

Fig. 8.12
 Het bovenste deel van deze stekkerdoos zorgt voor de stroomvoorziening van actoren.



Door de elektronica van de verschillende onderdelen van de machine te integreren zoals bijvoorbeeld de motor, de transmissie en de hydrauliek is aanzienlijke besparing op brandstof mogelijk. Ook kunnen bij wisselende belastingen de rijsnelheid en het motortoerental constant gehouden worden.

Een andere mogelijkheid van het systeem is de afstandsdiagnose. Via GSM (Global System for Mobile Communication) kunnen storingen worden opgespoord. Zodra

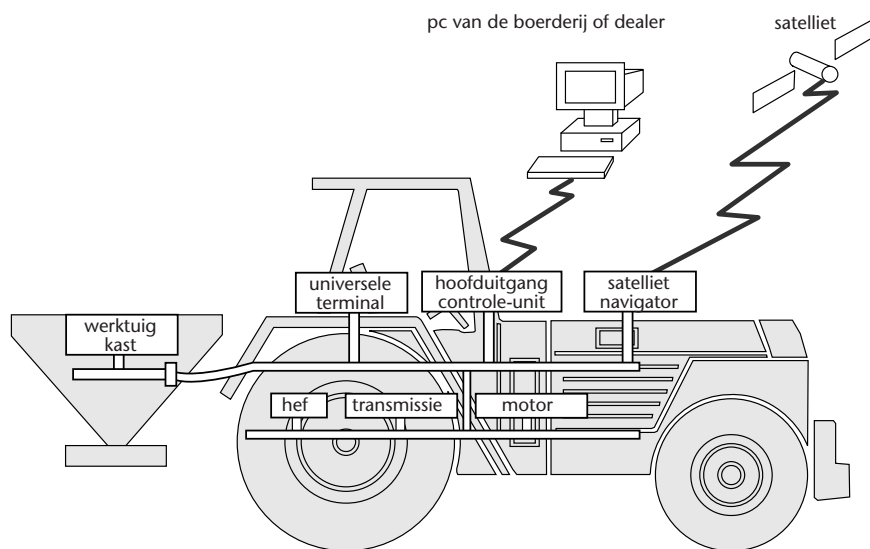
zich een probleem voordoet belt de computer op de trekker zelf de loonwerker en deelt hem mee wat er aan de trekker scheelt.

Zoals je ziet zijn er veel mogelijkheden om het werken te optimaliseren. De kosten zijn vaak de reden dat nog niet tot aanschaf wordt overgegaan.

Via de CAN-Busaansluiting kan een pc aangesloten worden om zo de foutcodes uit te lezen en storingen op te sporen.

Fig. 8.13

Door een standaardcomputertaal ISO CAN-Bus is de weg open voor één trekkerterminal voor alle merken werktuigen.



Kopakkeromkeersysteem

Tijdens het werken op het land moet je aan het einde van de werkgang op de kopakker omkeren. Tijdens het omkeren moet je een aantal telkens terugkerende handelingen uitvoeren. Een aantal trekkers heeft een kopakkeromkeersysteem waarbij verschillende taken of stappen die je op de kopakker moet uitvoeren in een geheugen vastgelegd worden. Door een druk op de knop worden de taken in volgorde afgewerkt. Deze taken zijn bijvoorbeeld:

- heffen en dalen van de hefinrichting;
- schakelen naar een lagere of hogere versnelling;
- regelen motortoerental;
- in- of uitschakelen aftakas;
- bediening externe hydraulische ventielen;
- differentieelslot in- en uitschakelen.

De mogelijkheden verschillen per merk. Maar ruim 25 verschillende handelingen kunnen in een geheugen worden vastgelegd. Het geeft de mogelijkheid om je meer op het draaien en sturen te concentreren dan op de bijkomende handelingen.

DGPS

Het Differential Global Positioning Sytem bepaalt continu de plaats van de trekker of het werktuig op de aarde. Het maakt gebruik van een aantal satellieten die boven de aarde zweven. De GPS-ontvanger moet er minstens vier zien. Samen met een signaal van een vast station op de aarde (Differential Correction) verkrijgt het DGPS-systeem een nauwkeurigheid van enkele centimeters. Het is daardoor mogelijk om de door bemonstering verkregen bodemomstandigheden in kaart te brengen en deze te koppelen met de opbrengstgegevens per plaats op het perceel. Deze

opbrengstgegevens worden bijvoorbeeld tijdens het maaidorsen bepaald en gekoppeld met de plaats op het perceel.

Het inspelen op plaatselijke verschillen binnen het perceel is daardoor mogelijk geworden. Doseringen bij het spuiten, kunstmeststrooien en zaaien kunnen hierop worden aangepast.

Een andere toepassing van DGPS is het parallel trackingsysteem. Het maakt het voor de chauffeur mogelijk om in parallelle werkgangen over het perceel te rijden. De nauwkeurigheid is 5 cm. De chauffeur rijdt de eerste werkgang en geeft het begin en einde aan. Tevens geeft hij de werkbreedte aan. Via een lichtbalk met LED's ziet de chauffeur of hij op de juiste koers rijdt.

De grootste nauwkeurigheid (1 à 2 cm) kan gehaald worden door gebruik te maken van een basisstation in de onmiddellijke nabijheid van het werk.

Door deze toepassing is het niet meer nodig om met piketten de plaats van de werkgang aan te geven. Tevens is het mogelijk om een rijpadensysteem voor het zaaien en verzorgen van het gewas toe te passen. Na de vollevelds hoofdgrondbewerking kan er bij het zaaien weer gebruik gemaakt worden van dezelfde rijpaden als het jaar ervoor. Het DGPS-systeem heeft de plaats van de rijpaden onthouden. Het voordeel van dit systeem is dat de grond op de plaats waar het gewas groeit minder verdicht is. De opbrengst blijkt daardoor hoger te zijn.

Storingen

Een storing in het boordcomputersysteem kan op de volgende plekken plaatsvinden:

- de voedingsspanning;
- een sensor;
- een actor (elektromotoren, magneetspoelen et cetera);
- de verbindingsdraden;
- de computer zelf.

Voedingsspanning

De belangrijkste storingsbron is de voedingsspanning. Als de voedingsspanning te laag is, kan de computer niet goed functioneren. Daarom moet je bij een storing eerst de voedingsspanning van de boordcomputer doormeten. Tijdens dit meten moeten de elektrisch bediende onderdelen zoals hydrauliekschuiven of kranen ook bediend worden, omdat deze veel stroom vragen en dus de oorzaak van een spanningsdaling kunnen zijn. Veel systemen vallen uit wanneer de spanning te laag wordt.

Spanningsverlies kan ook te wijten zijn aan een slechte bedrading of slechte contacten in bijvoorbeeld schakelaars en stekkerverbindingen. Door oxidatie neemt de weerstand bij schakelaars en stekkers toe waardoor de spanning lager wordt met een niet goed werkende computer als gevolg.

Sensoren

Als de sensoren kapot zijn, krijgt de boordcomputer geen of geen goed signaal van de sensor binnen en kan hier dus niet op reageren. Om bijvoorbeeld een wielsensor te controleren moet het wiel waarop de sensor gemonteerd zit vrij kunnen draaien. Dit gaat het gemakkelijkst door de as op te krikken. Als er een led (klein rood lampje) op de sensor zit, gaat het branden zodra de bout of de magneet op het ronddraaiende wiel de sensor passeert. Zo niet dan kan de ruimte tussen de sensor en de passerende bout te groot zijn. Ook vuil kan de werking van de sensor nadelig beïnvloeden. Als er geen led (Light Emitted diode) op de sensor aanwezig is, zijn er nog twee andere

manieren om te testen. Dit kan met een multimeter of met de boordcomputer zelf: als de boordcomputer op 'meten van de afgelegde weg' staat en er aan het wiel gedraaid wordt, behoort de afstand die gereden wordt op het display van de computer op te lopen. Bij enkele computers knippert er een lampje als de sensor een signaal doorgeeft.

Een flowsensor van een spuitmachine of een brandstofsysteem kan gecontroleerd worden door de slang-aansluitingen van de sensor te demonteren. Stel de computer in op het meten van het brandstofverbruik of liters per uur. Door vervolgens door de sensor te blazen moet het display een verandering van het brandstofverbruik of liters per minuut aangeven. De lagertjes in een flowsensor van bijvoorbeeld een spuitmachine kunnen vast zitten en daardoor wil het schoepenwiel in de sensor niet draaien.

Actoren

Ook de actoren kunnen niet goed functioneren. Actoren regelen de bewerking, bijvoorbeeld de hefinrichting optillen of het verder openen of sluiten van een kraan of toevoerschuij. Hier moet ook weer de voeding gecontroleerd worden.

Verbindingsdraden

Verbindingsdraden zijn alle draden die tussen de verschillende onderdelen in een elektronisch systeem zitten. Als de onderdelen losgekoppeld worden van de draden dan kun je met een ohmmeter de verbindingsdraden doormeten om te zien of er geen kabelbreuk is. Doordat deze verbindingsdraden vaak pas na aankoop van de trekker aangebracht worden, liggen ze niet zo mooi beschermd in kabelbomen zoals andere bedrading. Hierdoor is de kans op beschadiging groter dan bij de bedrading van bijvoorbeeld de verlichting.

Computer

Als de onderdelen die hierboven zijn genoemd goed functioneren en er is toch nog een storing, dan kan de computer zelf defect zijn. Het controleren van de computer is specialistenwerk. Maar toch kun je zelf wel wat doen. Wanneer de computer de programmagegevens is kwijtgeraakt, moet je de gegevens opnieuw invoeren. Wanneer de computer na het opnieuw opstarten, telkens alle programmagegevens kwijt is, zal de batterij in de computer vervangen moeten worden. Gebruik de gebruikershandleiding bij het vervangen van de batterij.

Vragen 8.2

- a Wat is de functie van de centrale verwerkingseenheid (cve) bij een boordcomputer?
- b Wat wordt bedoeld met het ijken van een sensor?
- c Noem acht gegevens die een boordcomputer kan weergeven.
- d Wat is het voordeel van het gebruik van een chipkaart bij de werktuigcomputers?
- e Noem twee toepassingen van het CAN-Bussysteem.
- f Noem twee toepassingen van het DGPS-systeem.
- g Noem drie veel voorkomende storingen van boordcomputers.

8.3 Elektronische hefregeling (EHR)

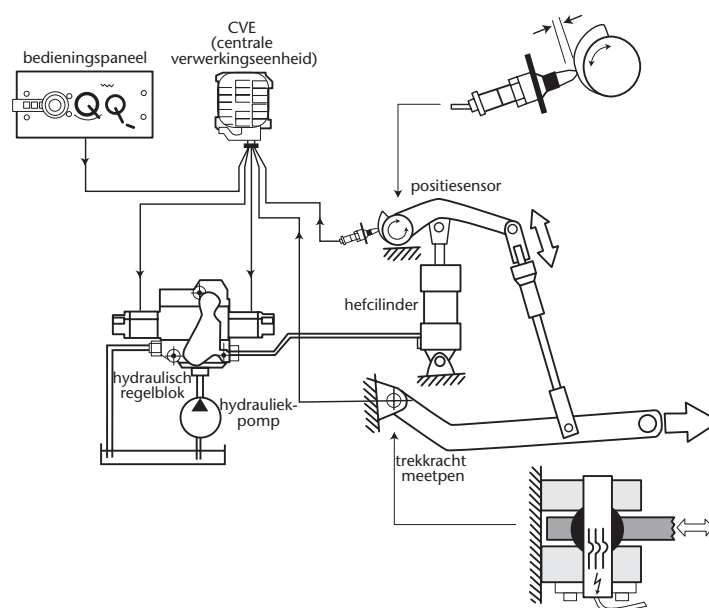
De hefinrichting van een trekker is een belangrijk onderdeel, omdat veel werktuigen daaraan bevestigd worden. Een gemakkelijke en nauwkeurige bediening is dan ook een vereiste.

Bij veel trekkers wordt het hydraulische hefsysteem van de hefinrichting elektronisch geregeld: *EHR* (elektronische hefregeling).

De elektronische hefregeling heeft de volgende voordelen.

- De hef kan snel en nauwkeurig bediend worden.
- Er is geen mechanische verbinding tussen de achterbrug van de trekker en de cabine.
- Elektronische componenten vergen nagenoeg geen onderhoud.
- Elektronische componenten zijn weinig onderhevig aan slijtage.

Fig. 8.14
Bij de EHR zijn de mechanische verbindingen vervangen door elektronica.



Bouw en werking

Een elektronische hefregeling bestaat uit een mechanisch gedeelte met de hef- en trekstangen; een hydraulisch gedeelte met hefcilinders en hydraulische regelblok en een elektronisch gedeelte met sensoren en centrale verwerkingseenheid (cve). Hier komt alleen het elektronische gedeelte aan de orde.

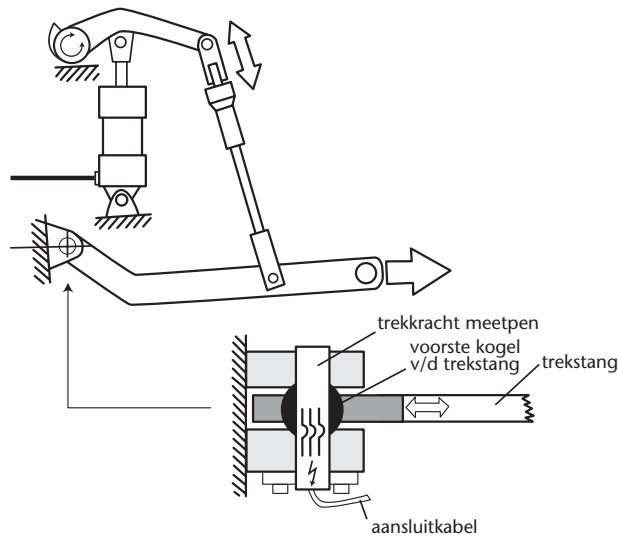
Een elektronisch geregelde hefinrichting heeft drie sensoren. Twee daarvan meten de trekkracht. Deze twee sensoren zitten in dikke pennen, de zogenaamde trekkrachtmeetpennen. Daarnaast is er nog een derde sensor, te weten de positiesensor. Deze sensor meet de stand van de hefarmen.

Deze sensoren leveren tezamen de signalen aan de cve. Deze stuurt het hydraulische gedeelte aan. Het hydraulische gedeelte brengt de hefinrichting in de gewenste positie.

Trekkraftsensoren

De trekkraftmeetpennen (figuur 8.15) verbinden de trekstangen van de hefinrichting met de trekker. De trekkraftmeetpennen zijn hol. Binnenin bevindt zich elektronica. De belasting van de trekkraftmeetpen kan door deze elektronica gemeten worden. Wanneer er een grondbewerkingswerktuig door de grond getrokken wordt, bijvoorbeeld een ploeg of een cultivator, trekt deze aan de trekstangen en belast zo de trekkraftmeetpennen. De belasting van de trekkraftmeetpennen wordt met een elektrisch signaal doorgegeven aan de cve.

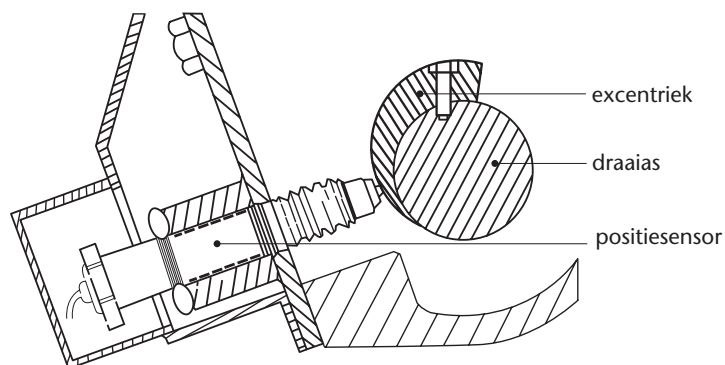
Fig. 8.15
De trekkraftmeetpen
bevat elektronica.



Positiesensor

De positiesensor (zie figuur 8.16) meet de positie van de hefarmen. Om de positie van de hefarmen te meten is de sensor door een excentriek verbonden met de hef. Naarmate de hef hoger staat wordt de sensor verder ingedrukt en geeft hij meer spanning naar de cve.

Fig. 8.16
Door het draaien van de
hefas wordt de
positiesensor meer of
minder ver ingedrukt.



Centrale verwerkingseenheid

Met het bedieningspaneel kan de bestuurder de elektronische hefinrichting bedienen. Door de draaiknoppen en de schakelaars te bedienen worden er stroompjes doorgegeven naar de cve. De cve stuurt dan op zijn beurt weer de elektrohydraulische stuurschuiven aan.

Fig. 8.17
De werkschakelaar van de elektronische hefinrichting, links onder op de foto, is gemakkelijk te bedienen.



Instellingen

Een elektronische hefregeling heeft over het algemeen de volgende instelmogelijkheden:

- keuze tussen positieregeling en trekkkrachtregeling;
- werkhogte/werkdiepte;
- begrenzing hefhogte;
- werkschakelaar;
- daalsnelheid;
- reactiesnelheid;
- slipcontrol;
- externe bediening;
- dansonderdrukking.

Positieregeling-trekkkrachtregeling

Bij het instellen van de hefinrichting op een bepaalde hoogte wordt onderscheid gemaakt tussen werktuigen die boven of op de grond werken en werktuigen die in de grond werken.

Voor werktuigen op of boven de grond, zoals een gedragen kunstmeststrooier of een zaaimachine, wordt de keuzeknop op positieregeling (symbool van een kunstmeststrooier) ingesteld. Voor werktuigen die in de grond werken zoals een ploeg, wordt de keuzeknop op trekkkrachtregeling (symbool van een ploeg) ingesteld. Het is ook mogelijk om de knop op een mengvorm van deze twee regelingen te zetten. Deze zogenaamde mengregeling gebruik je als je een lichte grondbewerking uitvoert zoals eggen of cultivateren, waarbij er niet zo veel gecorrigeerd hoeft te worden.

Werkhoogte/werkdiepte

Nadat de keuze tussen positieregeling en trekkkrachtregeling is gemaakt kun je met de knop werkhogte/werkdiepte de gewenste hoogte of diepte instellen. Bij de instelling 'positieregeling' kun je met de knop *werkhogte* een vaste hoogte van bijvoorbeeld de kunstmeststrooier instellen.

werkdiepte Bij de instelling 'trekkkrachtregeling' is de *werkdiepte* afhankelijk van de trekkkracht die nodig is om de ploeg door de grond te trekken.

De knop werkhoogte/werkdiepte heeft vaak een schaalverdeling van 1-10. Hiermee kun je de werkhoogte direct goed instellen als je weet op welke stand de knop moet staan.

Bij sommige trekkers stel je de werkhoogte/werkdiepte niet in met een knop, maar met een hendel. Ook kan de hoogte van de hefinrichting op een display in procenten van de maximale hoogte weergegeven worden.

Hefhoogte

Met de hefhoogtebegrenzing kan de maximale hefhoogte worden ingesteld. De maximale hefhoogte stel je zo in dat door het heffen van een werktuig geen schade wordt veroorzaakt aan bijvoorbeeld de achterraut, de spatborden of de kruiskoppelingen van de tussenas.

Werkschakelaar

Tijdens het werk, bijvoorbeeld bij het ploegen moet aan het eind van de werkgang de ploeg worden opgetild. Dit doe je met een werkschakelaar. De werkschakelaar heft de ploeg op tot de maximaal ingestelde hefhoogte. Deze werkschakelaar heeft de standen heffen, neutraal en zakken. Bij sommige trekkers heeft de werkschakelaar alleen de standen heffen en zakken. Vaak zijn er twee led's (lichtgevende diodes) op het bedieningspaneel die aangeven of de hefinrichting op heffen of zakken staat.

Wanneer je de trekker start is de hefinrichting soms geblokkeerd. De cve moet dan eerst geactiveerd worden. Dit doe je door de werkschakelaar eerst even een keer te bedienen. Deze ingebouwde veiligheid voorkomt dat de hef meteen omhoog gaat wanneer de trekker gestart wordt en de werkschakelaar op heffen staat.

Fig. 8.18

Op het bedieningspaneel zie je de instelmogelijkheden van de hefinrichting.



Daalsnelheid

De daalsnelheid is traploos instelbaar met een draaiknop. Bij sommige werktuigen, zoals cultivators, is het handig als ze snel zakken en op werkdiepte komen. Maar bij werktuigen als schudders en cirkelharken of een ploeg is het beter wanneer de hef wat langzamer zakt, omdat ze anders met een noodgang op de grond ploffen.

De daalsnelheid werkt in combinatie met de werkschakelaar. Wanneer de hef geheven wordt gaat dat volgens een vaste snelheid en wanneer de hef daalt gaat dat met de ingestelde daalsnelheid.

De draaiknop van de daalsnelheid heeft nog een tweede functie. Dit is de transportbeveiliging. Wanneer de draaiknop in de uiterste stand staat, meestal bij het symbool van een hangslot, zal de hef helemaal niet meer zakken. Zo kan de hefinrichting bij het per ongeluk aanstoten van de werkschakelaar niet zakken tijdens het transport.

Reactiegevoeligheid

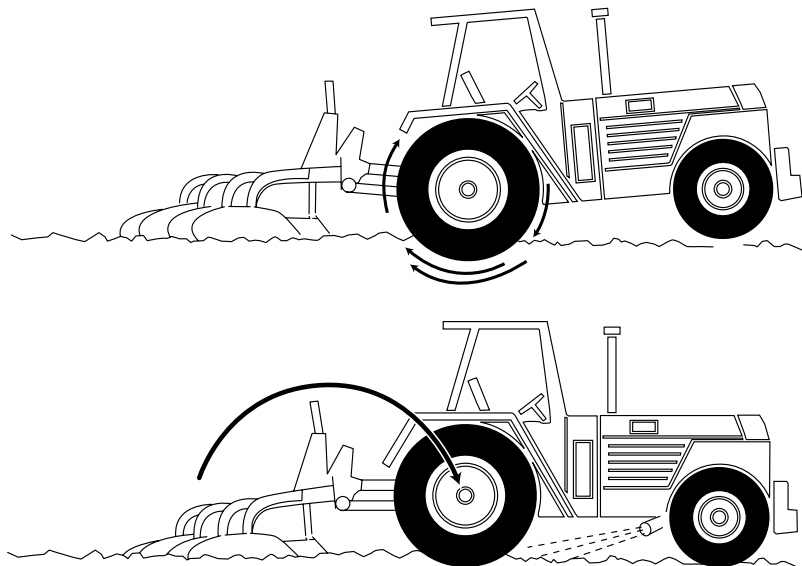
Met de reactiegevoeligheid kun je instellen hoe actief de hef op signalen van de trekkrachtmeetpennen moet reageren. Bij een hoge reactiegevoeligheid zal de hef het werktuig veel bijregelen. Bij een lage reactiegevoeligheid zal de hef het werktuig weinig bijregelen.

Aan de led's van heffen en dalen is de reactiesnelheid af te lezen. Wanneer de led's snel achter elkaar knipperen wordt er veel bijgeregeld en wanneer de led's langzaam knipperen wordt er weinig bijgeregeld.

Slipcontrol

Als een trekker voorzien is van een grondradar en een sensor op de wielaandrijving, dan kan het percentage wielslip gemeten worden. De cve kan deze gemeten wielslip vergelijken met een ingestelde maximale slipwaarde. Bij te veel wielslip gaat er een signaal naar het hefsysteem en wordt het werktuig wat opgetild. De maximale slipwaarde is een vaste of instelbare waarde.

Fig. 8.19
Bij te veel wielslip wordt de ploeg geheven.



Externe bediening

Bij het aankoppelen van het werktuig kan de hef bediend worden als je achter de trekker staat. De knoppen voor externe bediening zitten achter de trekker op de spatborden.

Uit veiligheidsoverwegingen moet je nooit tussen de trekker en het werktuig gaan staan tijdens het bedienen van de knoppen op de spatborden.

Ook moet erop gelet worden dat de vooraf ingestelde waarden zoals de maximale hefhoogte, niet overschreden kunnen worden. Wanneer na het aankoppelen de hef in de cabine weer bediend wordt, moet eerst het systeem weer geactiveerd worden door de werkschakelaar op heffen en vervolgens op zakken te zetten.

Dansonderdrukking

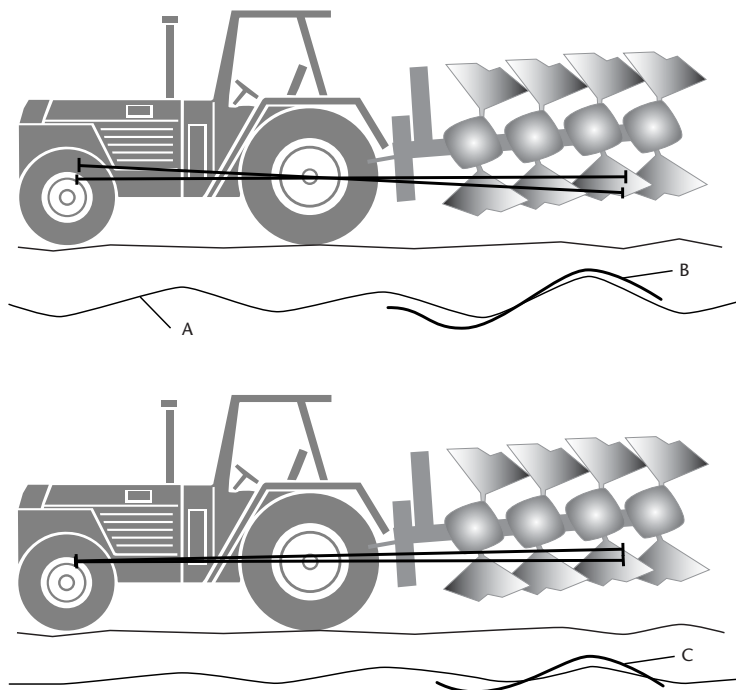
Landbouwtrekkers kunnen steeds hogere transportsnelheden ontwikkelen en de aangebouwde werktuigen worden steeds groter en zwaarder. Vooral trekkers met een meerscharige wentelploeg gaan op een hobbelige weg deinen. Hierdoor komen er enorme krachten op het werktuig, de hefinrichting en de vooras. De constructie van trekker en werktuig wordt daarbij behoorlijk op de proef gesteld met als mogelijk gevolg slijtage en breuk. Ook het rijcomfort is niet optimaal. Om dit te voorkomen moet de snelheid verlaagd worden om de combinatie rustig te houden. Bij trekkers met een elektronische hefregeling (EHR) bestaat de mogelijkheid dit deinen tegen te gaan.

De krachtmeetpennen meten de door het werktuig uitgeoefende kracht. De hefcilinders laten de hef op het juiste moment zakken om de kracht op te vangen. Je kunt dit vergelijken met het vangen van een ei. Daarbij houd je je hand niet stijf tijdens het vangen maar probeer je mee te bewegen in de richting van het ei. Het schokdempingssysteem treedt automatisch in werking wanneer de hefinrichting in transportstand staat en de rijnsnelheid meer dan 8 km per uur is.

Als bij het deinen het werktuig naar beneden gaat, neemt de kracht op de meetpennen in de trekstangen toe. Dit wordt gemeten en de regelschuif zal via de cve geactiveerd worden. De cve laat de hefstangen zakken over maximaal 4% vanaf de middelste positie. Bij de teruggaande beweging van het werktuig ontstaat een sterke verlaging van de kracht op de krachtmeetpennen in de trekstangen. Daardoor wordt de regelschuif opnieuw aangestuurd. De hef gaat weer omhoog tot de oorspronkelijk ingestelde waarde. De percentages hebben betrekking op de totale hefhoogte.

De actieve schokdemping zorgt ervoor dat de beweging van het werktuig wordt gesmoord en heeft daarmee indirect effect op de trekker. De krachten op de voor- en achteras hebben minder grote pieken, waardoor de kans op breuk en slijtage wordt verminderd.

Fig. 8.20
Dansonderdrukking geeft meer veiligheid en voorkomt breuk en slijtage.



Naast de actieve schokdemping wordt soms ook een passieve schokdemping toegepast. Hiervoor staat de drukleiding naar de hefcilinders in verbinding met een stikstof-accumulator. Bij een bepaalde snelheid of door een druk op de knop wordt de stikstofaccumulator verbonden met de drukleiding en kunnen de hefcilinders enigszins 'veren'. Dit relatief eenvoudige systeem is ook uiterst effectief voor het dempen van piekbelastingen in het stangenstelsel van de hefinrichting, die tijdens transport ontstaan.

Om nog meer comfort en een nog betere stabiliteit te hebben zijn bij enkele trekkers de voorassen geveerd. Sommige van deze systemen kun je elektronisch in- en uitschakelen. Normaal staat het veersysteem ingeschakeld. Indien gewenst kun je het uitschakelen. Bij snelheden van bijvoorbeeld meer dan 12 km/uur wordt bij sommige trekkers het systeem automatisch ingeschakeld. Je kunt het dan niet meer handmatig uitschakelen.

Vragen 8.3

- a Noem drie voordelen van een elektronische hefinrichting.
- b Uit welke onderdelen bestaat het elektronische deel van de hefinrichting?
- c Beschrijf de werking van de trekkrachtmeetpenen.
- d Noem zes instelmogelijkheden van de elektronische hefregeling.
- e Welke voordelen biedt het dansonderdrukkingssysteem?

8.4 Afsluiting

Veel machines en werktuigen worden elektrisch of elektronisch bediend en aangestuurd. Die aansturing kan automatisch plaatsvinden. Hierbij horen bepaalde instellingen. Om te weten welke dat zijn, kun je de spanning meten met een sensor. Een sensor is een instrument dat natuurkundige verschijnselen als druk, temperatuur, licht, vochtigheid en metaal meet. De sensor zet die natuurkundige verschijnselen om in een spanning. Er zijn verschillende sensoren.

Bij veel trekkers wordt het hydraulische hefsysteem van de hefinrichting elektronisch geregeld: EHR (elektronische hefregeling).

Tijdens het werken met werktuigen en machines vinden er meerdere bewerkingen tegelijk plaats. De bestuurder van die werktuigen en machines kan onmogelijk constant alles controleren. Elektronica kan een groot aantal functies van de bestuurder overnemen. Prestatiemonitoren helpen de bestuurder bij het controleren en het bewaken van de trekker en de werkzaamheden en voorzien de bestuurder van actuele informatie. Boordcomputers onthouden gegevens, rangschikken en nemen beslissingen op basis van berekeningen. Door de elektronische gegevens op te slaan, te verwerken en uit te wisselen ontstaan steeds meer mogelijkheden.

Trefwoordenlijst

A

accu 116
acculader 120
accumulator 40
akoestische sensor 146
arbeid 97
axiaalpompe 22

B

batterij 116
bedrading 130
blokkeerventiel 65
boord- en werktuigcomputers 151
brandstofverbruik 102
bypassfilters 27

C

C20-nominale capaciteit 118
CAN-Bussyteem 155
capaciteit 117
centrale verwerkingseenheid 151
chipkaart 155
cilinders 35, 48, 62
componenten 62
compressor 53, 78
constant-druksysteem 24
constant-volumesysteem 23

D

daalsnelheid 163
dansonderdrukking 165
DGPS 157
diode 114
draaimoment 97, 100
draaimomentstijging 102
driewegventiel 65
drukmeter 41
drukreducerventiel 79
drukregelventiel 67
druksmering 60
dubbelwerkende cilinder 37, 63
dynamo 135

E

EHR 160
elektronische druksensor 146

elektrisch circuit 138
elektrische stroomkring 107
elektromagnetische bediening 31
elektronische hefregeling 160
energie 110
enkelwerkende cilinder 36, 62
EN-ventiel 66
evenwicht 86
externe bediening 164

F

filter 26, 45, 58, 79
full-flowfilters 27

G

gewicht 86

H

handbediende stuurschuif 31
hefboomwerking 88
hefhoogte 163
hydraulisch bediend 32
hydraulische overbrengingen 10
hydromotoren 38, 49
hydrostatica 15

I

inductieve benaderingssensor 144

K

kopakkeromkeersysteem 157
koppel 97
koppelkromme 101
koudestartstroom 118
kracht 15, 84, 86

L

lampen 124
leidingen 33
leidingnet 78
load-sensingsysteem 24

M

magnetisch-inductieve
doorstroommeter 148
massa 85

moment 88
multimeter 111

O
OF-ventiel 66
olie 45
oliekoeler 20, 45
olieleidingen 46
oliereservoir 19, 45
oliesmering 59
olievernevelaar 79
optische sensor 145

P
parallelschakeling 110
persfilter 26
persluchtvoorziening 53
plunjeromotor 38
plunjerpompen 22
pompen 21, 47
positieregeling-trekkraftregeling 162
positiesensor 161
proportionele bediening 31

R
radarsensor 147
radiaalpompe 22
reactiegevoeligheid 164
reduceerventiel 61
reedcontact 143
relatieve luchtvochtigheid 58
reservecapaciteit 119
retourfilter 26
ringsmering 60

S
schakelaars 127
schema 68
schoepencompressoren 57
schottenmotor 38
schroefcompressoren 55
sensoren 143
serieschakeling 110
servoschuiven 31
slipcontrol 164
smoring 29, 50
snelheid 16
snelkoppelingen 33, 34, 46
snelontluchtventiel 66
spanning 108
spanningzoeker 112
spatsmering 60
specifiek brandstofverbruik 104
startmotor 137
stijgingsfactor 102, 103
storing 45, 50, 80, 132, 148
stroom 108
stroomregelklep 29, 50
stroomregelventiel 67
stuurschuiven 30, 50
symbolen 71
symbolentekeningen 11

T
tandwielmotor 38
tandwielpompen 21
telescoopcilinder 36
terugslagklep 28
trekkertest 98
trekkrachtsensoren 161
turbineraddoorstroommeter 148
tweedrukventiel 66
tweewegventiel 65

V
veiligheid 44
veiligheidsklep 27, 50
ventielen 64
verlichting 123
vermogen 17, 97, 102, 109
vermogensrem 98
verneveling 59
vochtafscidders 58
vochtigheidsgraad 58

W
weerstand 109
werkdiepte 162
werkhoogte 162
werkschakelaar 163
Wet van Ohm 109
Wet van Pascal 15
wisselventiel 66

X
xenonlamp 126

Z
zekeringen 111, 127
zuigercompressoren 54
zuigfilter 26