

**Reimen**

**Theorie**

Autotechnicus niveau 2

MK Publishing  
Fokkerstraat 39, 3905 KV Veenendaal  
Telefoon (0318) 52 42 92  
e-mail [info@mkpublishing.nl](mailto:info@mkpublishing.nl)  
[www.mkpublishing.nl](http://www.mkpublishing.nl)



Delta Press is een merknaam van MK Publishing

Eerste druk: 2014  
© MK Publishing, Veenendaal  
ISBN 978-94-6271-110-5



Dit werk, en al zijn delen inbegrepen, is auteursrechtelijk beschermd.  
Ieder gebruik buiten de beperkte mogelijkheden die de auteurswet toelaat, is zonder de toestemming van de uitgever ontoelaatbaar, illegaal en dus strafbaar.

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, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of op enige andere manier, zonder voorgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

*All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior permission from the publisher.*

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912j° het Besluit van 20 juni 1974, St.b. 351, zoals gewijzigd bij Besluit van 23 augustus 1958, St.b. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 3051, 2130 KB Hoofddorp). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

Opmaak: RGA 2000

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Remsystemen</b>	<b>5</b>
1.1	Inleiding	5
1.2	Uitvoeringen van remsystemen	7
1.3	Principewerking van hydraulische remmen	9
1.4	Schijfremmen	11
1.5	Trommelremmen	13
1.6	Parkeerrem	14
1.7	Wrijvingsmateriaal	17
1.8	Remvloeistof	18
1.9	Onderhoud aan schijfremmen	19
1.10	Onderhoud aan trommelremmen	22
<b>2</b>	<b>Verschillende constructies en onderdelen</b>	<b>29</b>
2.1	Trommelremmen	29
2.2	Schijfrem	34
2.3	Remslangen en remleidingen	38
2.4	Wrijving	41
2.5	Kracht, massa, vertraging en versnelling	44
2.6	Remweg en verloop remproces	46
<b>3</b>	<b>Remvloeistoffen</b>	<b>49</b>
3.1	Eigenschappen van remvloeistoffen	49
3.2	Kookpunt van remvloeistoffen	51
3.3	Vapour lock	52
3.4	Remvloeistof testen	53
3.5	Remvloeistof verversen en ontluichten	53
3.6	Remvloeistofniveau-indicatie	55
3.7	Wet van Pascal	56
3.8	Hefbomen	58
3.9	Vloeistofverplaatsing	60
<b>4</b>	<b>Remsystemen</b>	<b>63</b>
4.1	Inleiding	63
4.2	Hoofdremcilinder	64
4.3	Vacuüm rembekrachtiging	71
4.4	Remdrukbe grenzing en remdrukregeling	82
4.5	Remmen afstellen	88
<b>5</b>	<b>Antiblokkeersystemen (ABS)</b>	<b>93</b>
5.1	Inleiding	93
5.2	Principe van antiblokkeersystemen	93
5.3	Opbouw van het antiblokkeersysteem	95
5.4	Werking van het hydraulisch gedeelte van het ABS-systeem	102



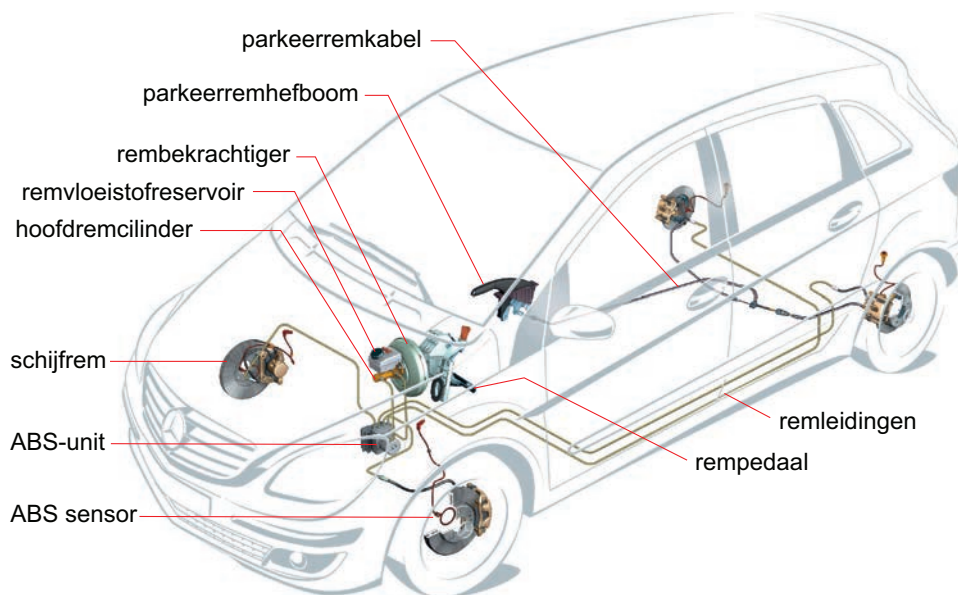


# 1 Remsystemen

## 1.1 Inleiding

Het remsysteem (afb. 1.1) is nodig om:

- de auto tot stilstand te brengen;
- te voorkomen dat een stilstaande auto wegglijdt.



Volgens de wet moet een auto voorzien zijn van:

- een bedrijfsrem
- een noodrem
- een parkeerrem.

**Afb. 1.1**  
**Remsysteem**

### **Bedrijfsrem**

De bedrijfsrem wordt gebruikt om:

- snelheid te verminderen;
- de auto tot stilstand te brengen.

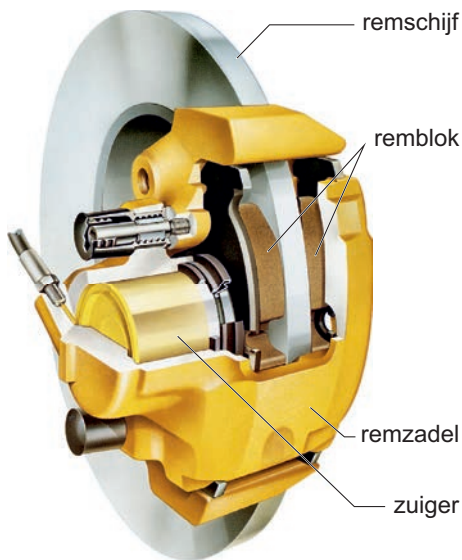
De bedrijfsrem is beter bekend als voetrem. De bedrijfsrem werkt op alle wielen.

### **Noodrem**

De noodrem is een rem die (automatisch) in werking treedt als de bedrijfsrem defect is. De remcapaciteit van de noodrem is kleiner dan die van de bedrijfsrem. Meestal werkt de noodrem maar op twee van de vier wielen. De noodrem gebruikt delen van de bedrijfsrem. De bedrijfsrem heeft dan twee remkringen. Dit heet een 'gescheiden' remcircuit. Als een van de remcircuits lek is, werkt het overblijvende circuit als noodrem.

### **Parkeerrem**

De parkeerrem moet de stilstaande auto op de plaats houden. De bestuurder kan de parkeerrem inschakelen als hij of zij het voertuig parkeert. In de praktijk heet de parkeerrem vaak 'handrem'.



**Afb. 1.2**  
**Schijfrem**

### **Bediening van de remmen**

Bij personenauto's worden de bedrijfsrem en de noodrem hydraulisch bediend. De parkeerrem wordt mechanisch (met kabels of stangen) bediend.

### **Schijfremmen en trommelremmen**

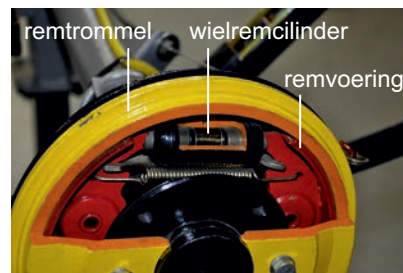
Auto's hebben aan de voorzijde schijfremmen. Aan de achterzijde heeft een auto schijfremmen of trommelremmen.

#### **Schijfrem**

Schijfremmen (afb. 1.2) hebben een schijf die tegen de wielnaaf is bevestigd. De schijf draait met het wiel mee. Aan weerszijden van de schijf zijn remblokken geplaatst. Bij het remmen worden deze tegen de remschijf gedrukt. Op de remblokken zit wrijvingsmateriaal (de remvoering). Door de wrijving tussen remvoering en remschijf wordt de auto afgeremd.

#### **Trommelrem**

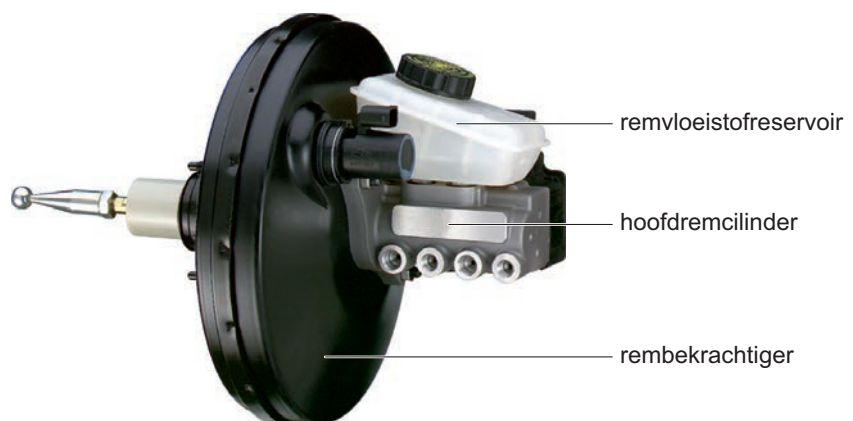
Bij trommelremmen (afb. 1.3) is op de wielnaaf een trommel gemonteerd. De trommel draait met het wiel mee. Bij het remmen wordt de remvoering tegen de binnenkant van de trommel gedrukt. De remvoeringen zijn bevestigd op de remschoenen.



**Afb. 1.3**  
**Trommelrem**

### **Rembekrachtiger**

De rembekrachtiger (afb. 1.4) zorgt ervoor dat er minder spierkracht nodig is tijdens het remmen.



**Afb. 1.4**  
**Hoofdremcilinder en rembekrachtiger**

### Antiblokkeersysteem (ABS)

Als je hard remt, of als het wegdek glad is, kunnen de wielen blokkeren. Dit moet om twee redenen worden voorkomen:

- bij blokkerende wielen is de remwerking (meestal) minder dan bij rollende wielen.
- blokkerende wielen zijn onbestuurbaar.

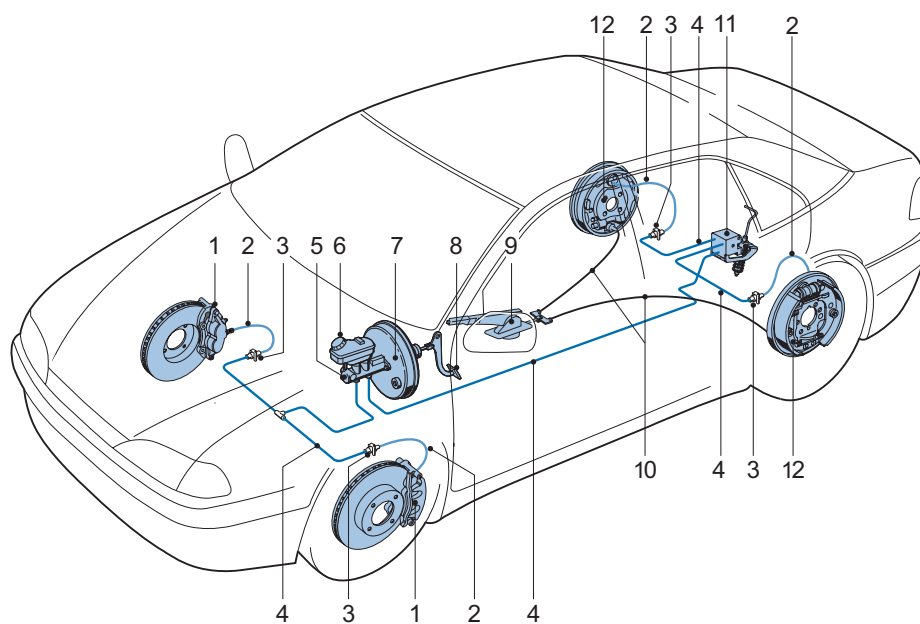
Een **antiblokkeersysteem** (ABS) voorkomt dat de wielen bij het remmen blokkeren. Het ABS zorgt ervoor dat de auto tijdens hard remmen toch bestuurbaar blijft, zodat de bestuurder veilig kan uitwijken.

## 1.2 Uitvoeringen van remsystemen

Remsystemen van auto's kunnen we als volgt indelen:

- hydraulische remmen;
- mechanische remmen;
- luchtdrukremmen.

De bedrijfsrem van een personenauto wordt hydraulisch bediend (afb. 1.5). De remblokken/remschoenen worden met behulp van remvloeistof tegen de remschijf/remtrommel gedrukt.



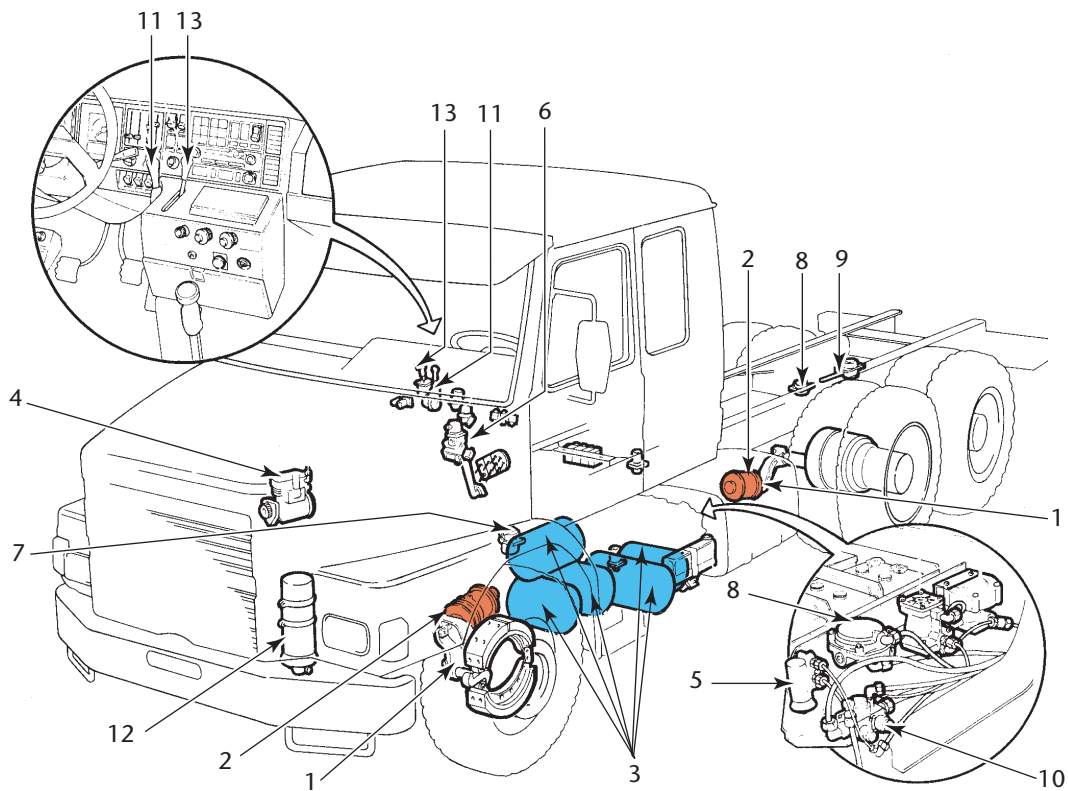
**Afb. 1.5**

**Remsysteem met schijfrem voor en trommelrem achter**

- 1 schijfrem
- 2 remslang
- 3 verbinding
- 4 remleiding
- 5 hoofdremcilinder
- 6 remvloeistofreservoir
- 7 rembekrachtiger
- 8 rempedaal
- 9 parkeerremhefboom
- 10 parkeerremkabel (handremkabel)
- 11 remkrachtverdeler
- 12 trommelrem

De parkeerrem of handrem (afb. 1.5) wordt mechanisch bediend. De krachtoverbrenging gebeurt door middel van kabels, stangen en hefboomen.

De remmen van zware bedrijfsauto's en autobussen worden bediend met behulp van luchtdruk (afb. 1.6).



**Afb. 1.6**

**Luchtdrukremstelsysteem**

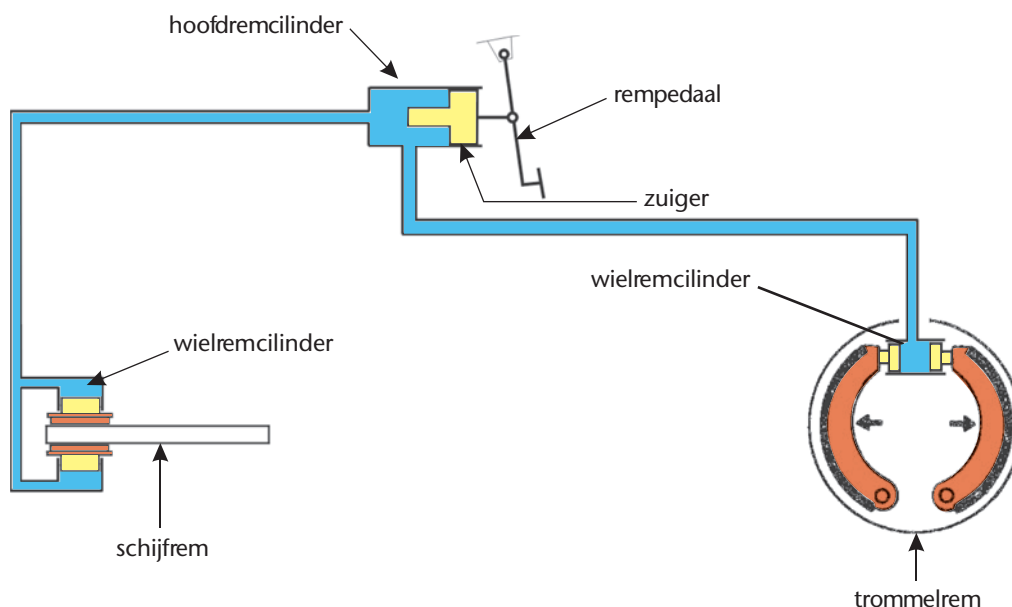
- 1 remhefboom
- 2 remcilinder
- 3 luchtketel

- 4 compressor
- 5 drukregelaar
- 6 voetremklep
- 7 snelloosklep
- 8 relaïsklep
- 9 remkrachtregelaar achteras

- 10 vierkrings beveiligingsklep
- 11 parkeerremklep
- 12 luchtdroger
- 13 handregelklep voor volgwagenrem

### 1.3 Principewerking van hydraulische remmen

In afbeelding 1.7 zie je het principeschema van een hydraulisch remsysteem. De hoofdremcilinders, leidingen/slangen en wielremcilinders zijn gevuld met remvloeistof.



#### **Krachtoverbrenging**

Een eigenschap van vloeistof is dat deze bij normale temperatuur niet samendrukbaar is. Als je het rempedaal indrukt, verplaatst de zuiger remvloeistof naar de remklauwen en/of wielremcilinders. De zuigers in de remklauwen/wielremcilinders worden hierdoor naar buiten gedrukt. Ze drukken het wrijvingsmateriaal tegen de remtrommel of remschijf aan. Hierdoor ontstaat wrijving en worden de wielen afgeremd.

Hoe harder je op het rempedaal drukt, hoe steviger de remvoeringen worden aangedrukt en hoe groter de remkracht. Als je het rempedaal loslaat, komen de remblokken of remvoeringen terug in hun oude positie. De remschijven/remtrommels kunnen dan weer vrij draaien.

#### **Gescheiden remsystemen**

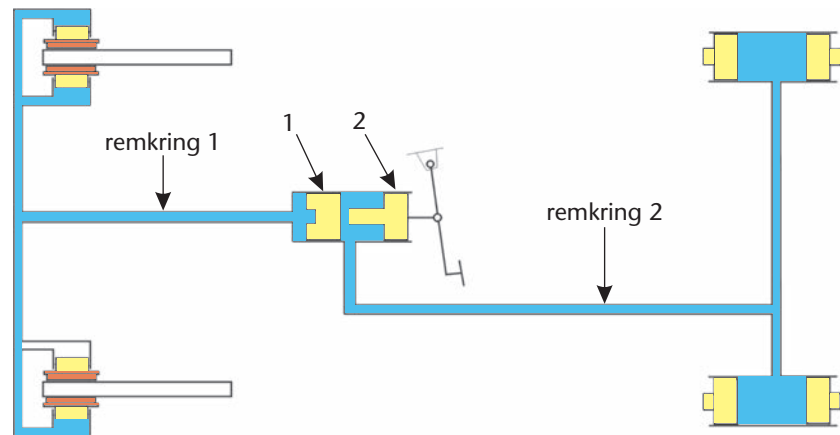
Remsystemen zijn uitgevoerd als gescheiden remsystemen. Een gescheiden remsysteem heeft minimaal twee remcircuits (ook wel remkringen genoemd). Deze kunnen onafhankelijk van elkaar werken.

Als één van de remcircuits defect of lek raakt, kan via het andere remcircuit nog worden geremd. Het remvermogen is dan natuurlijk wel minder.

**Afb. 1.7**

**Principeschema van een hydraulisch remsysteem**

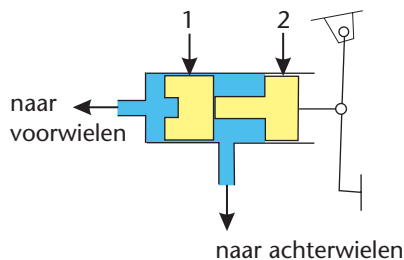
Het remsysteem (afb. 1.8) is voor en achter gescheiden. De hoofdremcilinder heeft twee zuigers. De zuigers (1) en (2) worden bij het remmen gelijktijdig verplaatst. Daardoor is de drukopbouw in beide circuits gelijk.



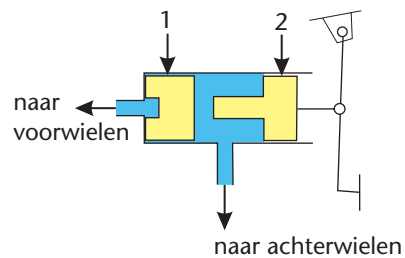
**Afb. 1.8**  
**Gescheiden remsysteem**

### **Noodrem**

Bij een lek in het circuit naar de achterwielen (afb. 1.9) komt bij remmen de aanslagstift van zuiger 2 tegen zuiger 1 aan, zuiger 1 wordt dan door de aanslagstift verplaatst, de kring naar de voorwielen werkt nu als noodrem.



**Afb. 1.9**  
**Lek in het circuit naar de achterwielen**



**Afb. 1.10**  
**Lek in het circuit naar de voorwielen**

Bij een lek in het circuit naar de voorwielen (afb. 1.10) wordt zuiger 1 tijdens het remmen maximaal naar links gedrukt. De achterwielen kunnen nu normaal remmen en werken als noodrem.

Bij het besproken remsysteem zijn de voorwielen van de achterwielen gescheiden. Er zijn andere uitvoeringen van gescheiden remsystemen mogelijk. Vaak is er een diagonale scheiding. Dit betekent:

- remcircuit 1 bedient het linker voorwiel en het rechter achterwiel.
- remcircuit 2 bedient het rechter voorwiel en het linker achterwiel.

Het voordeel van een diagonaal gescheiden remsysteem is de gelijkmatige remwerking als een remcircuit uitvalt. Dit zorgt voor een stabiel en veiliger weggedrag tijdens afremmen.



## 1.4 Schijfremmen

De meeste personenauto's zijn uitgerust met schijfremmen (afb. 1.11). Vaak worden rondom schijfremmen toegepast, of een combinatie van schijfremmen (vooras) en trommelremmen (achteras).

De remschijf is aan de wielnaaf bevestigd en draait met het wiel mee. Aan beide kanten van de remschijf zijn remblokken gemonteerd. De remblokken zijn bekleed met een materiaal met een hoge wrijvingsweerstand. Tijdens het remmen worden de remblokken tegen de remschijf gedrukt. Door de wrijving tussen remblokken en remschijf wordt het voertuig afgeremd.

Door de wrijving ontstaat warmte. Deze warmte wordt door de remschijf en de remblokken afgevoerd naar de omgeving. De remschijf is meestal gemaakt van hoogwaardig gelegeerd grijs gietijzer of gietstaal.

### ***Uitvoeringen van schijfremmen***

Schijfremmen bestaan in twee uitvoeringen:

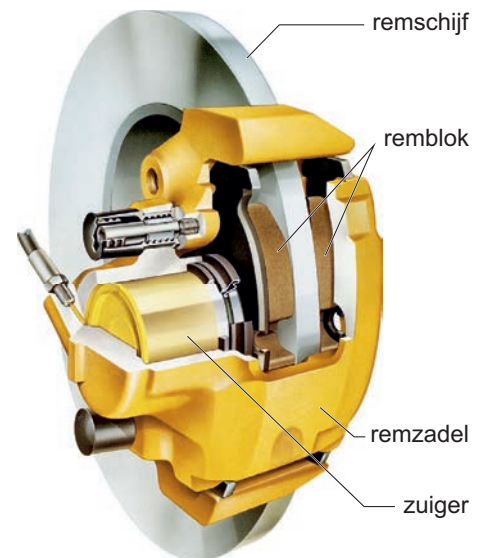
- schijfremmen met een vaste remklauw;
- schijfremmen met een zwevende remklauw.

#### *Vaste remklauw*

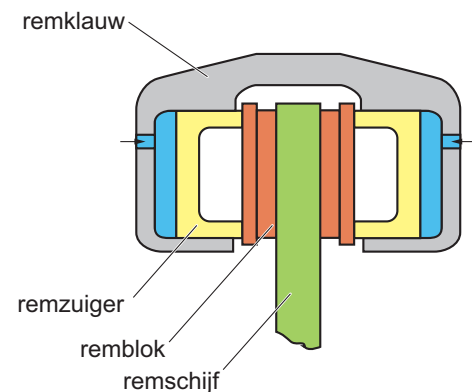
In afbeelding 1.12 zie je een schijfrem met vaste remklauw.

In de remklauw zitten twee zuigers, aan elke zijde van de remschijf één. De remblokken zitten tussen de remschijf en de zuigers. Tijdens het remmen drukt de remvloeistof de zuigers en de remblokken tegen de remschijf.

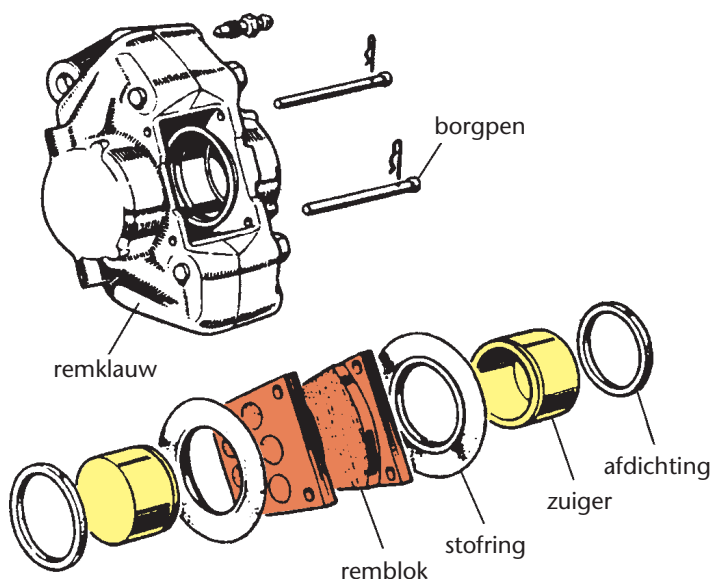
In afbeelding 1.13 zie je uit welke onderdelen een vaste remklauw opgebouwd kan zijn.



**Afb. 1.11**  
**Schijfrem**



**Afb. 1.12**  
**Schijfrem met vaste remklauw**



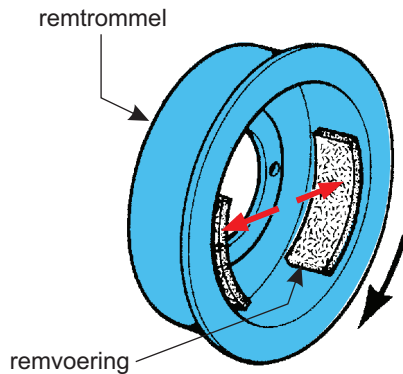
**Afb. 1.13**  
**Onderdelen van een vaste remklauw**





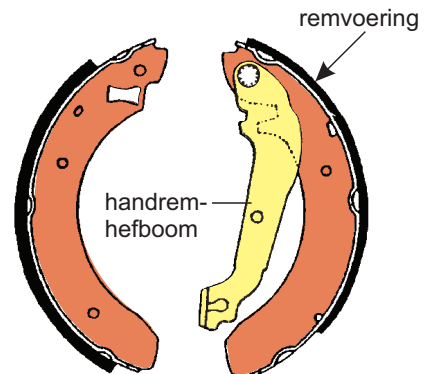
## 1.5 Trommelremmen

Een trommelremstelsel bestaat uit een remtrommel en remvoeringen (afb. 1.16). De trommel draait met het wiel mee. De remtrommel is vaak gemaakt van gietijzer. De remvoering drukt tijdens het remmen tegen de binnenkant van de trommel.



Afb. 1.16

Principe van een trommelrem



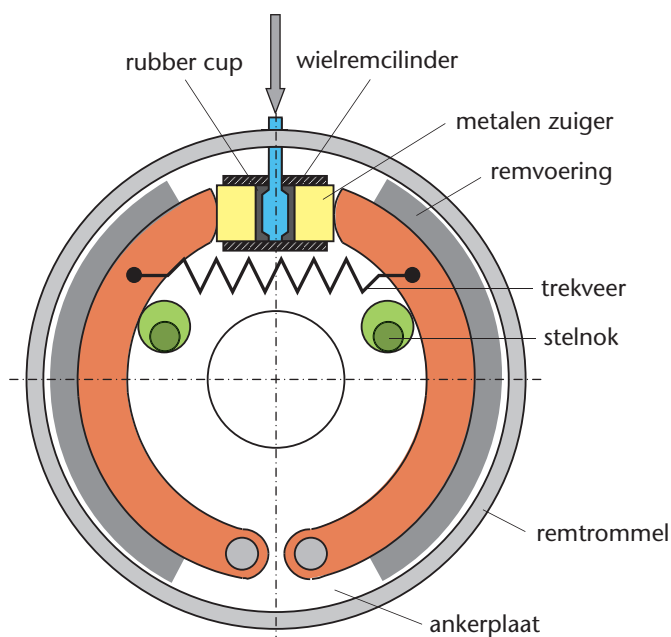
Afb. 1.17

Remschoenen

De remvoeringen hebben een hoge wrijvingsweerstand. Ze zijn op remschoenen bevestigd (afb. 1.17).

### Werking

In afbeelding 1.18 zie je een principetekening van een trommelrem. De remschoenen en wielremcilinder zijn op de remankerplaat bevestigd. Tijdens het remmen stroomt remvloeistof onder hoge druk naar de wielremcilinder. Hierdoor worden de rubberen cups en de metalen zuigers naar buiten gedrukt. De metalen zuigers drukken de remschoenen tegen de remtrommel. De trekveer zorgt ervoor dat de remvoeringen na het loslaten van het rempedaal (of de handrem) weer in de ruststand terugkeren.



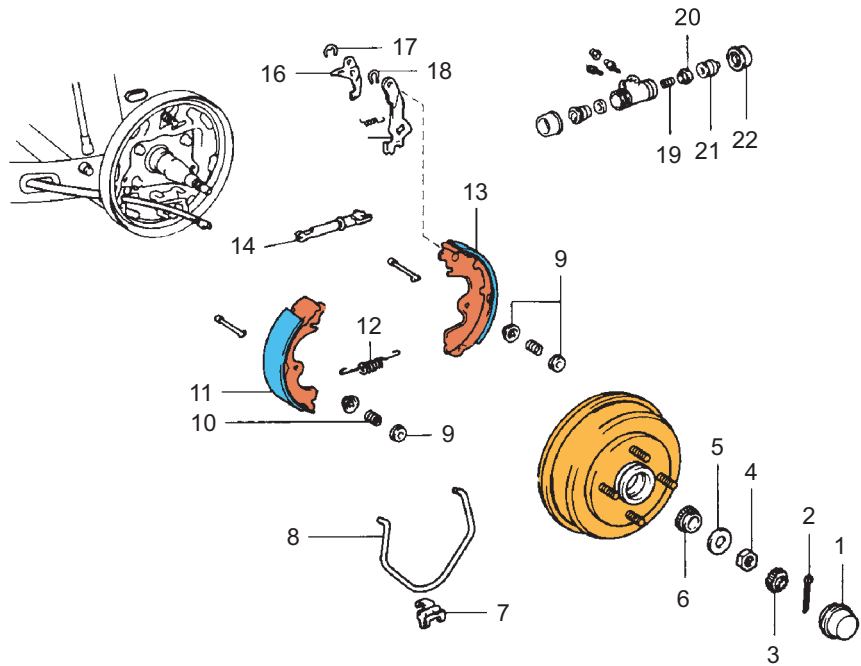
Afb. 1.18

Trommelrem

**Afb. 1.19**

**Trommelrem in onderdelen**

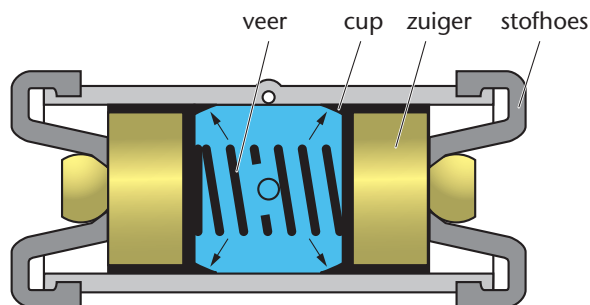
- 1 vetdop
- 2 splitpen
- 3 borgplaat
- 4 borgmoer
- 5 borgring
- 6 buitenste lager
- 7 klem
- 8 terugtrekveer
- 9 veerschotel
- 10 veer
- 11 voorste remschoen
- 12 onderste terugtrekveer
- 13 achterste remschoen
- 14 afstelmechanisme
- 15 handremhefboom
- 16 hefboom afstelmechanisme
- 17 e-ring
- 18 borgveer
- 19 veer
- 20 cup
- 21 zuiger
- 22 stofhoes



In afbeelding 1.19 zie je de onderdelen van een trommelrem.

**Wielremcilinder**

In afbeelding 1.20 zie je hoe een wielremcilinder kan zijn opgebouwd. De veer drukt de rubberen cups tegen de metalen zuigers. De cups zorgen ervoor dat er geen remvloeistof langs de zuigers kan weglekken. De stofhoezen zorgen ervoor dat er van buitenaf geen vuil of vocht in de wielremcilinder kan komen.



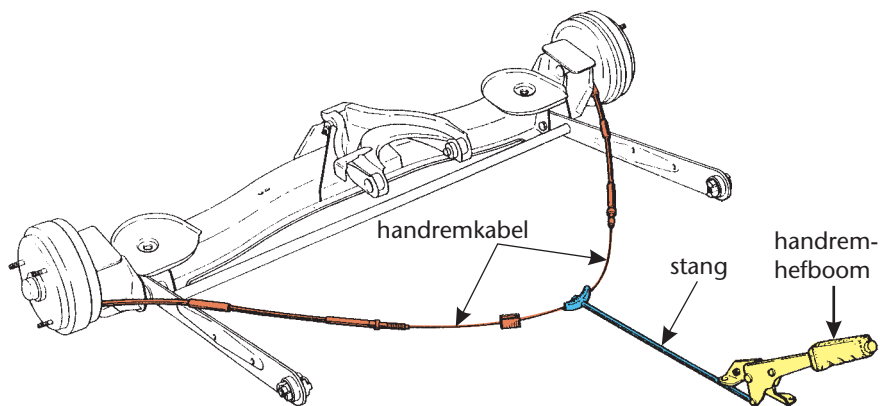
**Afb. 1.20**

**Wielremcilinder in doorsnede**

## 1.6 Parkeerrem

De parkeerrem (handrem) moet een stilstaande auto op de plaats houden. Deze rem werkt meestal op de achterwielen. De parkeerrem wordt mechanisch of elektrisch bediend.

De handrem (afb. 1.21) wordt mechanisch bediend. Dit gaat met behulp van kabels, stangen en hefboomen. Als je de handremhefboom aantrekt, worden de remvoeringen tegen de remtrommels of de remschijven gedrukt.



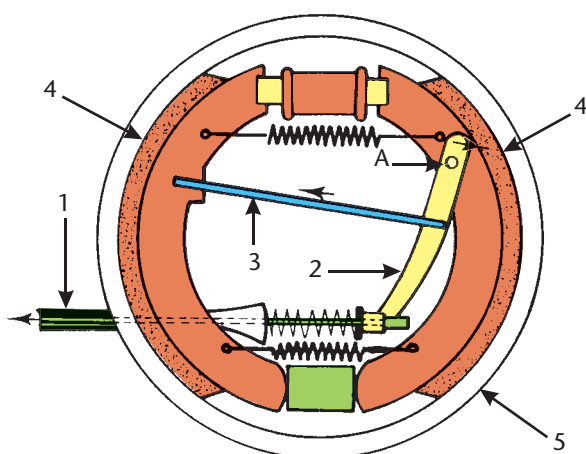
**Afb. 1.21**  
**Bediening van een parkeerrem**

### **Mechanisch bediende parkeerrem bij trommelremmen**

In afbeelding 1.22 zie je het parkeerremmechanisme van een trommelrem. Als je de handrem bedient, wordt de handremkabel (1) aangetrokken. Via de hefboomen (2 en 3) worden de remschoenen (4) tegen de remtrommel (5) gedrukt.

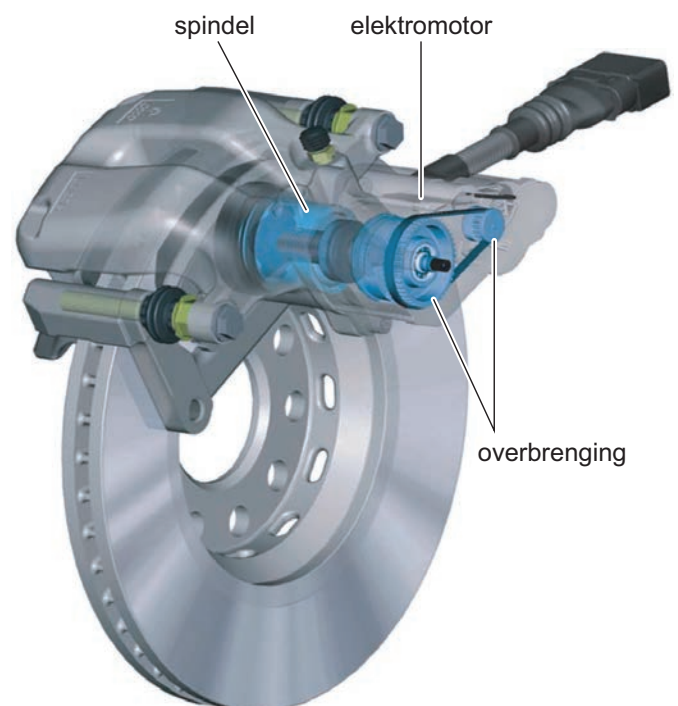
### **Elektromechanische parkeerrem**

Bij sommige auto's wordt de parkeerrem elektrisch bediend. De handremhendel is dan vervangen door een schakelaar en een elektromotor. Nadat je de schakelaar hebt bediend, wordt de elektromotor aangestuurd. Dit gaat via een regeleenheid. De elektromotor drijft via een overbrenging de spindel aan. De spindel duwt de remblokken tegen de remschijf (afb. 1.23).



**Afb. 1.22**  
**Parkeerrem bij trommelremmen**

- |                |                 |
|----------------|-----------------|
| 1 handremkabel | 4 remvoering    |
| 2 hefboom      | 5 remtrommel    |
| 3 hefboom      | A scharnierpunt |



**Afb. 1.23**  
**Elektromechanische parkeerrem**

### **Mechanisch bediende parkeerrem bij schijfremmen**

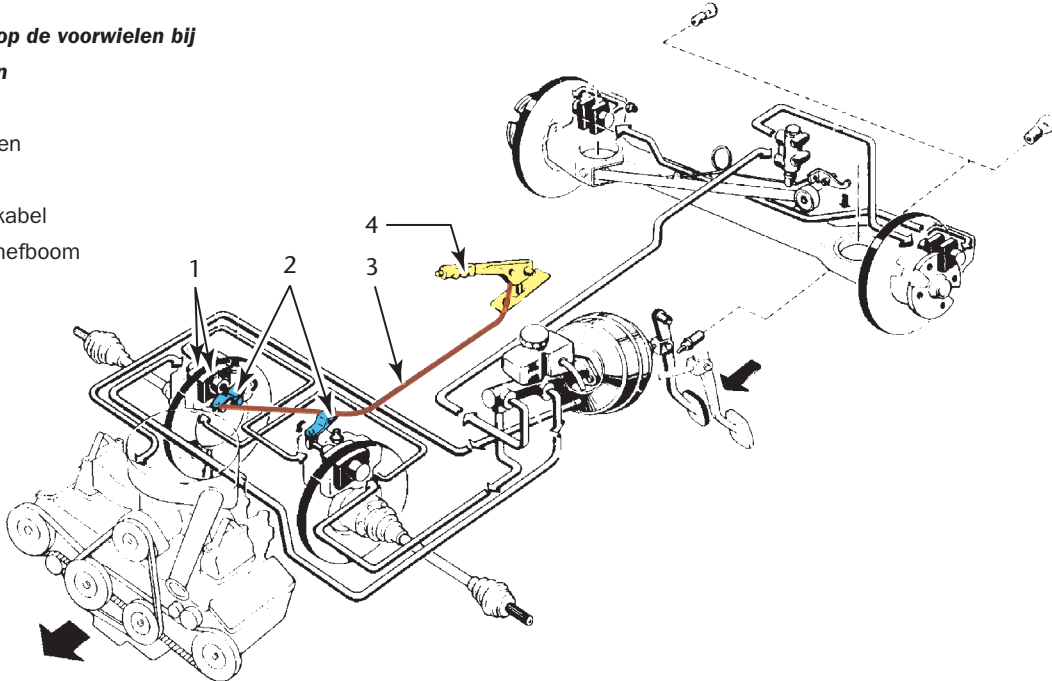
Bij auto's met schijfremmen rondom kan de parkeerrem (handrem) op twee manieren zijn uitgevoerd:

- met een aparte trommelrem die als parkeerrem dient (afb. 1.24);
- met een mechanisme dat de remblokken tegen de remschijven duwt (afb. 1.25).

**Afb. 1.24**

**Parkeerrem op de voorwielen bij schijfremmen**

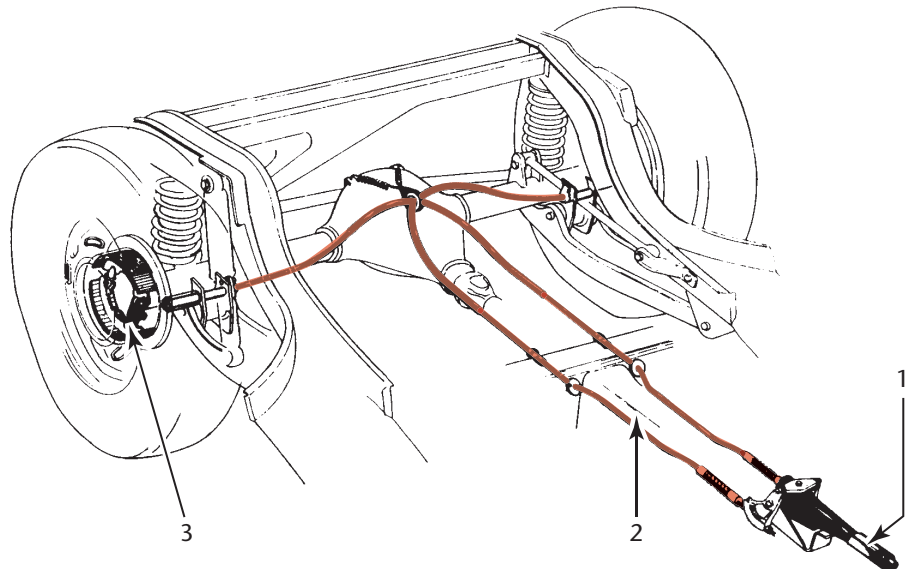
- 1 remblokken
- 2 hefboom
- 3 handremkabel
- 4 handremhefboom



**Afb. 1.25**

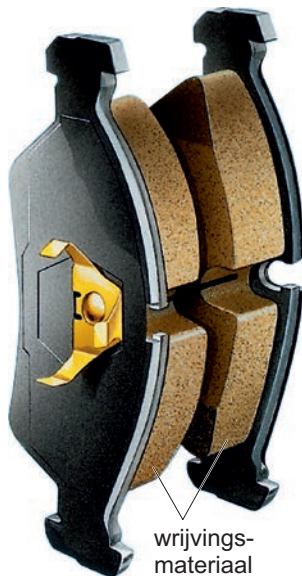
**Parkeerrem met aparte trommel remconstructie**

- 1 handremhefboom
- 2 handremkabel
- 3 trommelrem

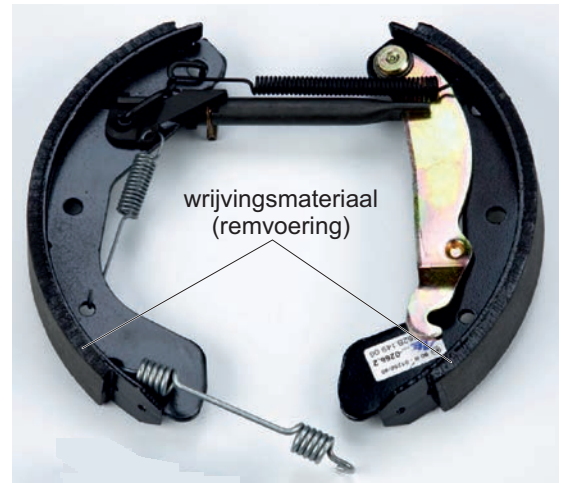


## 1.7 Wrijvingsmateriaal

Remblokken (afb. 1.26) en remsegmenten (remschoenen) (afb. 1.27) zijn bekleed met wrijvingsmateriaal.



**Afb. 1.26**  
**Remblokken**



**Afb. 1.27**  
**Remsegmenten (remschoenen)**

Het wrijvingsmateriaal (remvoering) moet stroef zijn. Belangrijke eisen die aan wrijvingsmaterialen gesteld worden:

- de wrijvingscoëfficiënt moet hoog zijn;
- het moet voldoende slijtvast zijn;
- de warmteafvoer moet voldoende zijn.

Om aan deze eisen te kunnen voldoen is remvoeringmateriaal uit verschillende stoffen samengesteld. In wrijvingsmaterialen zitten de volgende stoffen:

- hittebestendige wrijvingsmaterialen; meestal op basis van kunststof of metalen;
- keramische vezels;
- koolstofvezels;
- kunststofvezels;
- sintermaterialen;
- warmteafvoerende stoffen, bijvoorbeeld metaalsnippers van messing of aluminium;
- bindmiddelen, bijvoorbeeld kunstharsen of op basis van rubber.

## 1.8 Remvloeistof



Afb. 1.28  
Remvloeistof

Remvloeistof (afb. 1.28) brengt de kracht die op de zuigers in de hoofdremcilinder wordt uitgeoefend over op de zuigers in de remklauwen en/of wielremcilinders.

Aan remvloeistoffen worden strenge eisen gesteld. Remvloeistof moet:

- een hoog kookpunt hebben;
- dun vloeibaar zijn;
- lage hygroscopische eigenschappen hebben.

Remvloeistof is hygroscopisch, dit betekent dat het gemakkelijk water opneemt. Remvloeistof neemt water op uit de lucht. Het kan na een paar jaar bijvoorbeeld al 3 procent water bevatten. Het gevolg van water in de remvloeistof is dat het kookpunt (sterk) daalt.

Het kookpunt van nieuwe remvloeistof is minimaal 230 °C. Als er 1 procent water in zit, daalt het kookpunt al met ongeveer 25 graden. Bij 3 procent water is het kookpunt al gedaald tot ongeveer 155 °C.

Als je langdurig remt, worden de remmen en de remvloeistof erg heet. Als dan het kookpunt te laag is, gaat de remvloeistof koken. Er ontstaan dampbellen in het remsysteem. Dit heet vapour lock. Dampbellen zijn samendrukbaar. Het gevolg is dat de rembediening 'sponzig' aanvoelt. Je moet het rempedaal nu ook veel verder indrukken. De remmen zullen onvoldoende of zelfs helemaal niet meer werken.

Een ander gevolg van water in de remvloeistof is dat in het remsysteem corrosie kan optreden. Bijvoorbeeld op de zuigers van de remklauwen en de zuigers van de wielremcilinders. Hierdoor gaan de zuigers vastzitten en kan lekkage ontstaan.

Om te voorkomen dat remvloeistof te veel water bevat, moet het regelmatig worden verversd. De meeste fabrikanten geven aan dat de remvloeistof elke twee jaar verversd moet worden. Er zijn testers waarmee je het kookpunt van remvloeistof kunt meten.

### *Belangrijk!*

Wees voorzichtig met remvloeistof. Het is zeer agressief voor autolak en schadelijk voor je huid. Als je remvloeistof op de lak van een auto of op je huid morst, dan moet je dit onmiddellijk wegspoelen met veel water!

### **Coderingen**

Op de verpakking van remvloeistof staan diverse coderingen (afb. 1.29). Onder andere SAE- en DOT-coderingen. Beide hebben betrekking op het kookpunt. Zo zijn er DOT 3, DOT 4 en DOT 5.1 remvloeistoffen. Hoe hoger het getal, hoe hoger het kookpunt en de kwaliteit. In tabel 1.1 vind je meer informatie.



Afb. 1.29  
DOT- coderingen op de verpakking van  
remvloeistof

De genoemde remvloeistoffen zijn op polyglycol-ether basis. Ze mogen onderling gemengd worden. De kleur is blank tot lichtgeel. Er zijn ook remvloeistoffen DOT 5. Deze zijn op siliconen basis. De kleur is purper tot blauw.

**Tabel 1.1 Voorbeelden van aanduidingen op de verpakking van remvloeistof**

	DOT 3	DOT 4	DOT 5.1
Omschrijving	DOT 3 is een synthetische remvloeistof met de volgende eigenschappen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• een zeer laag stolpunt;</li> <li>• tast geen afdichtingen aan;</li> <li>• minimale corrosieverschijnselen.</li> </ul>	DOT 4 is een synthetische remvloeistof met de volgende eigenschappen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• een zeer laag stolpunt;</li> <li>• tast geen afdichtingen aan;</li> <li>• minimale corrosieverschijnselen.</li> </ul>	DOT 5.1 is een synthetische remvloeistof met de volgende eigenschappen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• een zeer laag stolpunt;</li> <li>• tast geen afdichtingen aan;</li> <li>• minimale corrosieverschijnselen;</li> <li>• mengbaar met andere DOT 3 en DOT 4 remvloeistoffen.</li> </ul>
Toepassing	DOT 3 is te gebruiken in alle hydraulisch bediende remsystemen voorzien van zowel trommel- als schijfremmen, waar een DOT 3 remvloeistof wordt voorgeschreven.	DOT 4 is te gebruiken in alle hydraulisch bediende remsystemen voorzien van zowel trommel- als schijfremmen, waar een remvloeistof DOT 4 wordt voorgeschreven.	DOT 5.1 is te gebruiken in alle hydraulisch bediende remsystemen voorzien van zowel trommel- als schijfremmen, die geschikt zijn voor synthetische remvloeistoffen. Deze remvloeistof is uitermate geschikt als er rekening moet worden gehouden met hoge remsysteemtemperaturen en als er zeer lage temperaturen voorkomen in combinatie met ABS/ASR-remsystemen.

#### *Belangrijk!*

Remvloeistoffen DOT 5 mag je nooit vermengen met remvloeistoffen DOT 3-, DOT 4- en DOT 5.1!

## 1.9 Onderhoud aan schijfremmen

Schijfremmen hebben onderhoud nodig. Remblokken en remschijven slijten. Door milieu-invloeden (regen, pekewater) kan gemakkelijk corrosie optreden. Hierdoor kunnen delen vast gaan zitten.

Door hard remmen of lang achter elkaar remmen (bijvoorbeeld bij rijden in de bergen) kan de temperatuur van de remschijven en de remblokken te hoog worden. Aan de oppervlakte van de remblokken kan dan een gladde, glasachtige laag ontstaan. Dit wordt ook wel verglazing genoemd. Deze laag vermindert de wrijving tussen remblok en remschijf.

Als een remschijf te warm wordt, kan deze kromtrekken. Dat merk je aan een trillend gevoel tijdens het remmen. Kromme remschijven kun je meestal niet repareren, zodat je nieuwe remschijven moet monteren.

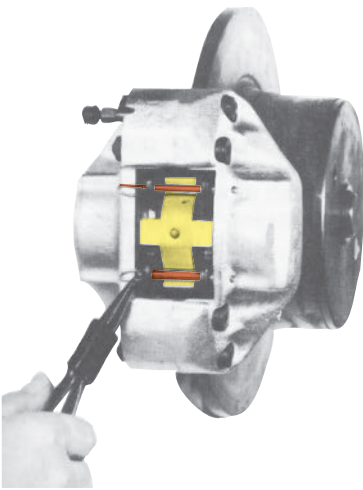
#### **Remblokken demonteren**

Bij het onderhoud kan het noodzakelijk zijn de remblokken te demonteren. Dit werk kan verschillen per merk en type auto. Raadpleeg daarom de werkplaatsdocumentatie.

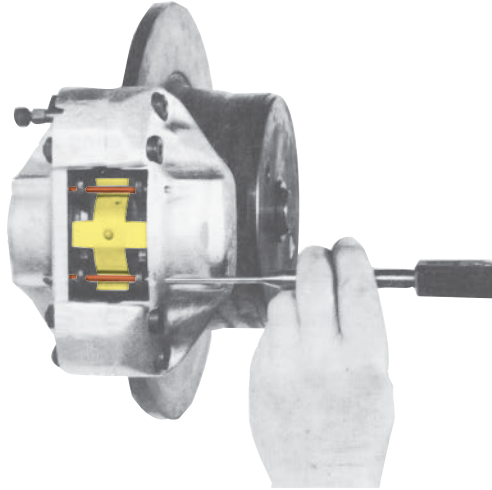


In de afbeeldingen zie je, als voorbeeld, handelingen en gereedschappen die nodig zijn voor het demonteren van de remblokken:

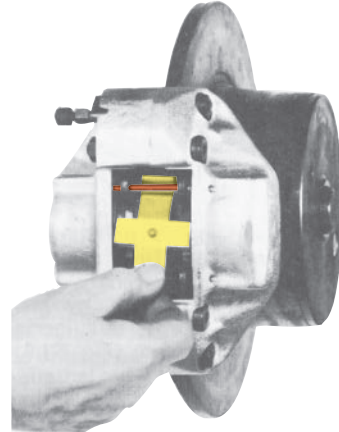
- Borgveren verwijderen (afb. 1.30);
- Spanstiften verwijderen (afb. 1.31);
- Aandrukveer verwijderen (afb. 1.32);
- Remblokken verwijderen (rembloktrekker) (afb. 1.33);
- Remzuiger(s) terugdrukken (remzuigerpers) (afb. 1.34).



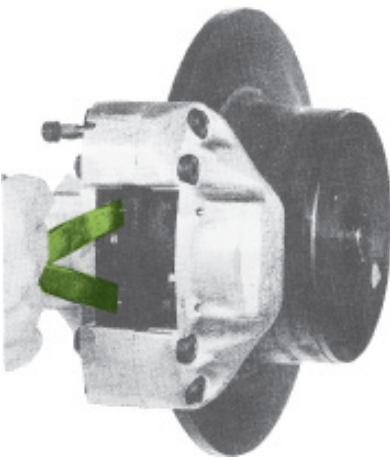
**Afb. 1.30**  
**Borgveren verwijderen**



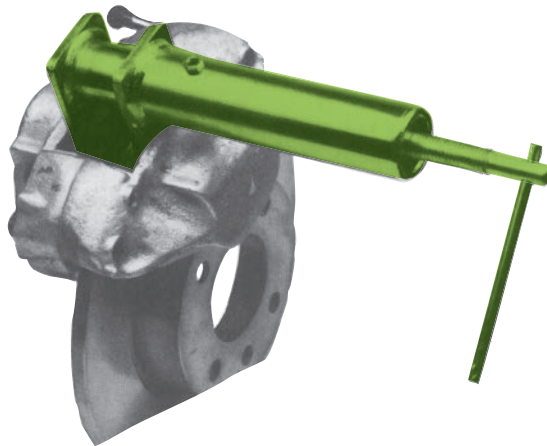
**Afb. 1.31**  
**Spanstiften verwijderen**



**Afb. 1.32**  
**Aandrukveer verwijderen**



**Afb. 1.33**  
**Remblokken verwijderen (rembloktrekker)**

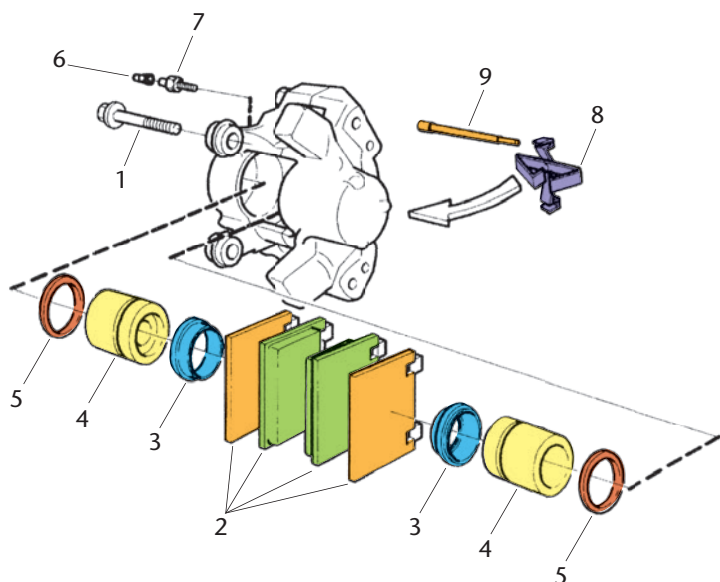


**Afb. 1.34**  
**Remzuiger(s) terugdrukken (remzuigerpers)**

**Belangrijk!**

Druk nooit op het rempedaal als de remblokken gedemonteerd zijn. Doe je dit wel dan worden de zuigers uit de remklauw geperst en kan de remvloeistof weglekken.





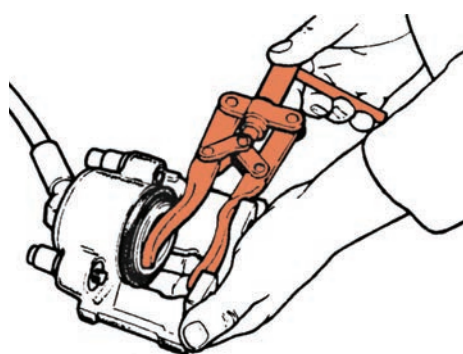
**Afb. 1.35**

**Remklauw in onderdelen**

- 1 bevestigingsbout
- 2 remblokken en anti piepplaatjes
- 3 stofhoes
- 4 zuiger
- 5 afdichtingsring
- 6 stofkapje
- 7 ontluichtingsnippel
- 8 aandrukveer
- 9 spanstift

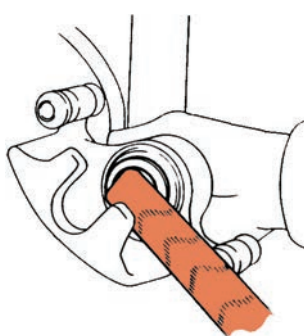
Nadat je de remblokken hebt verwijderd, moet je de onderdelen reinigen (afb. 1.35). Dit gaat als volgt:

- Maak de remblokken, aandrukveren en anti piepplaatjes schoon. Gebruik hiervoor een schraper of staalborstel. Maak alleen de delen schoon die opnieuw gebruikt worden.
- Duw de zuigers zo ver mogelijk terug in de cilinders. Gebruik hiervoor een remzuigerpers (afb. 1.36), een hamersteel (afb. 1.37) of een waterpomptang (afb. 1.38). Pas op dat tijdens het terugstellen van de remzuigers het remvloeistofreservoir niet overstroomt!
- Maak de openingen van de remklauw waarin de remblokken worden geschoven schoon. Voorkom dat de stofkappen beschadigen. Gebruik een schraper of staalborstel.
- Maak de remschijf schoon (aanslag, roestrand).
- Controleer de toestand van alle onderdelen.



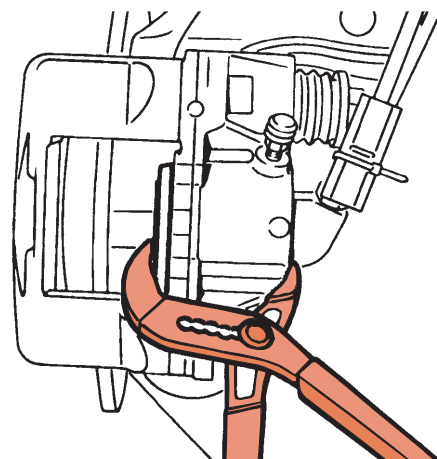
**Afb. 1.36**

**Remzuiger terugdrukken met een zuigerpers**



**Afb. 1.37**

**Remzuiger terugdrukken met een hamersteel**

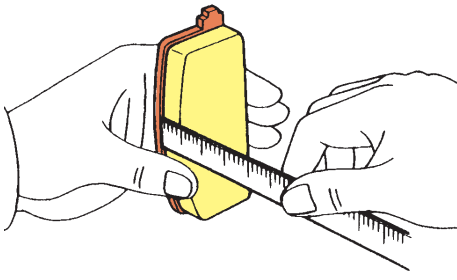


**Afb. 1.38**

**Remzuiger terugdrukken met een waterpomptang**

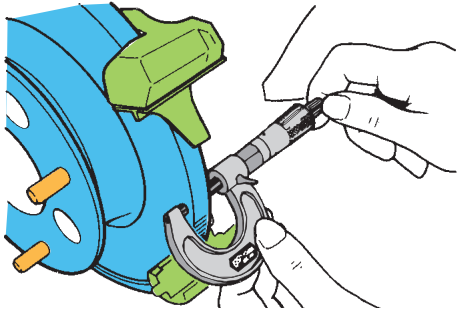
**Belangrijk!**

Bij het terugdrukken van de remzuiger stroomt de remvloeistof terug naar het reservoir. Remvloeistof is zeer agressief voor de lak. Zorg ervoor dat het reservoir niet overstroomt. Haal eventueel een kleine hoeveelheid remvloeistof uit het reservoir.



Afb. 1.39

Dikte van de remvoering meten



Afb. 1.40

Dikte van de remschijf meten

Let bij het controleren van schijfremmen op de volgende zaken:

- De dikte van de remvoeringen (afb. 1.39).
- De dikte van de remschijven (afb. 1.40).
- De toestand van de remschijven (diepe groeven, roeistranden, scheuren).
- De zuigers moeten soepel in de remcilinder kunnen bewegen.
- De stofkappen moeten heel zijn, zodat er geen water, stof en dergelijke tussen de zuiger en de remcilinder kan komen.
- Lekkage: tussen de zuiger en de cilinder mag geen remvloeistof weglekken.
- Op de ontluchnippel moet een stofkapje zitten.

Als één van de remblokken (veel) sneller slijt dan de andere, moet de beweegbaarheid van de remzuiger(s) worden gecontroleerd. Als de zuiger niet soepel beweegt, blijft het remblok aanlopen tegen de remschijf.

### Remblokken monteren

Let bij het monteren van de remblokken op de volgende zaken:

- Monteer alleen schone onderdelen.
- Monteer de onderdelen op de juiste plaats, in de juiste stand en in de juiste volgorde. Deze informatie vind je in de werkplaatsdocumentatie.
- Smeer een dun laagje hittebestendig vet op de glijvlakken van het remblok en op de kant die tegen de zuiger rust. Let op dat er geen vet op de remvoering komt.
- Bij het terugdrukken van de zuiger(s) is veel remvloeistof verplaatst naar het reservoir. Er is daardoor te weinig remvloeistof in de cilinder(s). Als je nu op het rempedaal drukt zullen de remblokken de remschijf niet raken. De remmen werken dan dus (nog) niet. Druk daarom het rempedaal enkele keren in na het monteren van de remblokken. Er wordt dan remvloeistof naar de wielremcilinders gepompt.

### Belangrijk!

Het gebruik van kopervet op de achterkant van de remblokken kan de werking van de sensoren van het ABS-remsysteem beïnvloeden. Bij auto's met ABS is het daarom verstandig om vet op keramische basis te gebruiken.

## 1.10 Onderhoud aan trommelremmen

Trommelremmen (afb. 1.41) hebben om de volgende redenen onderhoud nodig:

- Slijtage. Remvoeringen en remtrommels slijten door gebruik. Daarom moet je de dikte van de remvoering en de diameter van de trommel regelmatig controleren.
- Reinigen. Slijtagedeeltes vervuilen het remsysteem. Daarom is regelmatige reiniging van het systeem noodzakelijk.
- Oxidatie en corrosie. Onderdelen van het remsysteem kunnen als gevolg van corrosie en/of oxidatie vast gaan zitten en de remwerking negatief beïnvloeden.



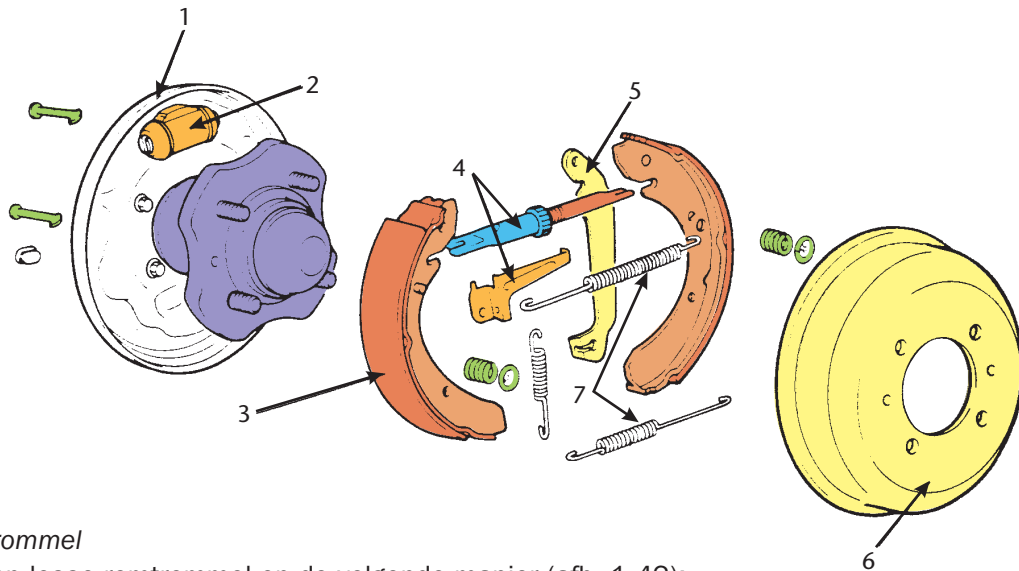
Afb. 1.41

Een trommelrem

## Remtrommels verwijderen

Er zijn twee soorten trommelremsystemen:

- met losse remtrommel;
- als één geheel met de wielnaaf.



### Losse remtrommel

Verwijder een losse remtrommel op de volgende manier (afb. 1.42):

- Verwijder, indien aanwezig, de bevestigingsbout(en).
- Stel, indien nodig, de remschoenen terug.
- Verwijder de remtrommel.

Afb. 1.42

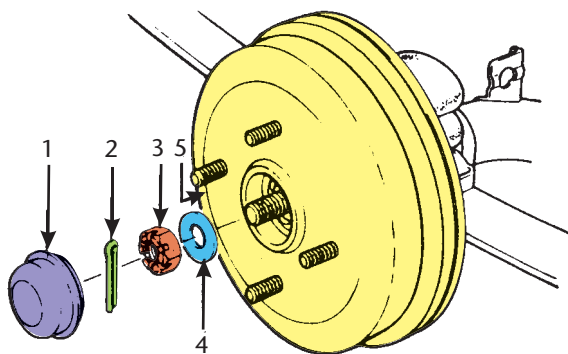
Trommelrem met losse remtrommel

### Remtrommel bevestigd aan wielnaaf

Verwijder een remtrommel die één geheel vormt met de wielnaaf als volgt (afb. 1.43):

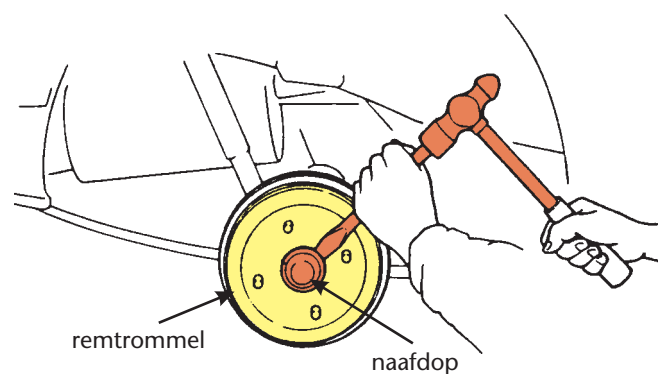
- Stel, indien nodig, de remschoenen terug.
- Verwijder de naafdop (afb. 1.44).
- Verwijder de splitpen.
- Verwijder de kroonmoer en de ring.
- Verwijder de remtrommel. Zorg er voor dat er geen vuil in de lagers komt.

- 1 remankerplaat
- 2 wielremcilinder
- 3 remschoen
- 4 stelmechanisme
- 5 bedieningshefboom handrem
- 6 remtrommel
- 7 terugtrekveer



Afb. 1.43

Remtrommel en wielnaaf als één geheel



Afb. 1.44

Naafdop lostikken

- 1 naafdop
- 2 splitpen
- 3 kroonmoer
- 4 ring
- 5 remtrommel

Bij dit systeem moet je na het monteren van de remtrommel de wiellagerspeling opnieuw afstellen. Doe dit volgens voorschrift van de fabrikant.

Er zijn uitvoeringen waarbij de remtrommel, samen met de naaf en de wiellagering, als één geheel worden verwijderd. Ga dan als volgt te werk:

- Stel, indien nodig, de remschoenen terug.
- Verwijder de bevestigingsbouten/-moeren van de naaf aan de achterkant van de ankerplaat.
- Verwijder remtrommel, naaf en wiellagering.

#### **Belangrijk!**

- Remstof. Bij het demonteren van de remtrommels komt remstof (slijtstof van de remvoeringen) vrij. Draag een mond- en neuskapje en een veiligheidsbril.
- Remschoenen terugstellen: De remschoenen moeten meestal worden teruggesteld voordat de trommel kan worden verwijderd. Raadpleeg de werkplaatsdocumentatie.
- Wees voorzichtig met slaan tegen de trommel. Sla niet met een hamer tegen de trommel. Er kunnen stukken uit de trommel breken.
- Druk niet op het rempedaal als de trommel en de remschoenen zijn gedemonteerd. De zuigers worden dan uit de wielremcilinders gedrukt en de remvloeistof kan weglekken.



**Afb. 1.45**

**Reinigen en ontvetten van remvoeringen**

#### **Remmen reinigen**

In afbeelding 1.45 wordt de rem gereinigd met een speciale vloeistof (remmenreiniger) uit een spuitbus. Deze vloeistof is bedoeld voor het reinigen en ontvetten van de remvoeringen.

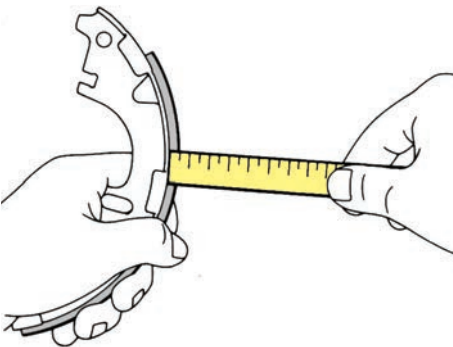
Er zijn ook natreinigers. Deze apparaten hebben een geïsoleerd drukvat met verwarmingselement, een lagedrukspuit en een opvangbak.

Het drukvat is gevuld met water en een reinigingsmiddel. Na het opwarmen van het mengsel wordt het vat onder druk gebracht met perslucht. Het apparaat is nu klaar voor het schoonspuiten van de remmen.

#### **Trommelremmen controleren**

Na het reinigen van de remmen moeten de onderdelen gecontroleerd worden. De volgende punten zijn hierbij van belang:

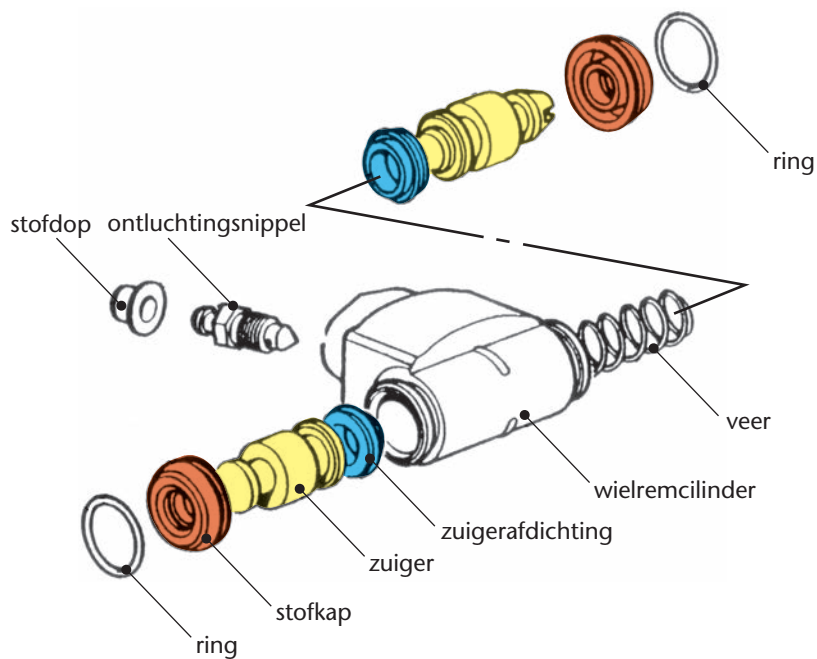
- Meet de dikte van de remvoering op de dunste plek (afb. 1.46).
- Controleer de stofkappen van de wielremcilinders op scheurtjes (afb. 1.47).
- Controleer de beweegbaarheid van de zuigers in de wielremcilinder.
- Controleer op de remzuigers op lekkage. De ruimte achter de stofkap moet droog zijn.
- Controleer de werking van het stelmechanisme.
- Controleer de positie en bevestiging van de remschoenen.
- De parkeerremhefboom (afb. 1.48) moet soepel bewegen.
- De bedieningskabel van de parkeerrem moet soepel bewegen en mag niet beschadigd zijn (geen gerafelde of gebroken draden).



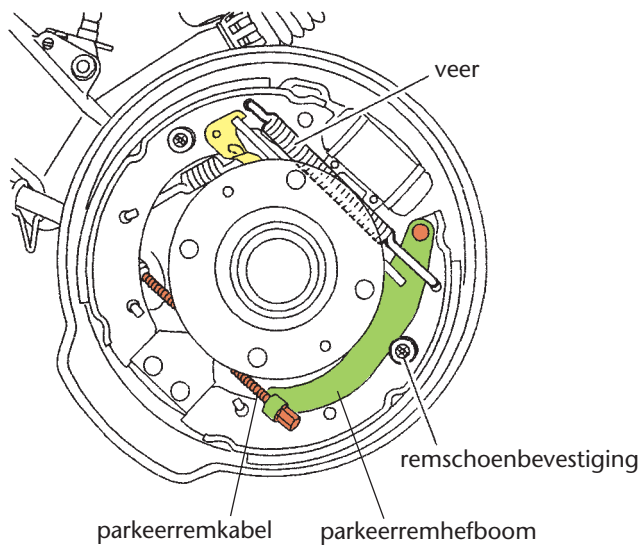
**Afb. 1.46**

**Dikte van de remvoering meten**

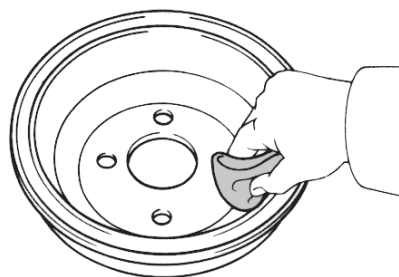
- De binnenkant van de remtrommel en de remvoeringen moeten voor montage worden geschuurd (afb. 1.49, afb. 1.50).



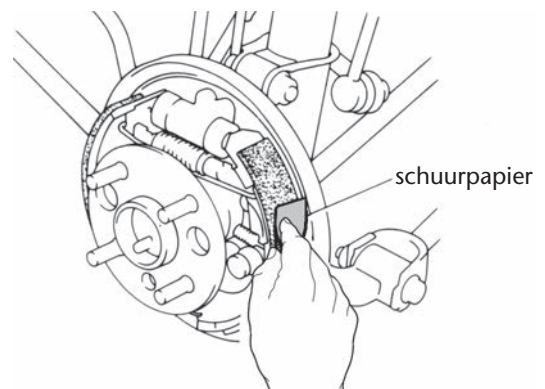
**Afb. 1.47**  
**Wielremcilinder in onderdelen**



**Afb. 1.48**  
**Bediening van de parkeerrem (handrem)**



**Afb. 1.49**  
**Remtrommel schuren**



**Afb. 1.50**  
**Remvoering schuren**



### **Parkeerrem (handrem) controleren en afstellen**

De wielen moeten vast staan als de handremhendel in de auto vier tot acht 'tikjes' is aangetrokken.

Algemene methode voor het controleren van de werking van de parkeerrem (afb. 1.51):

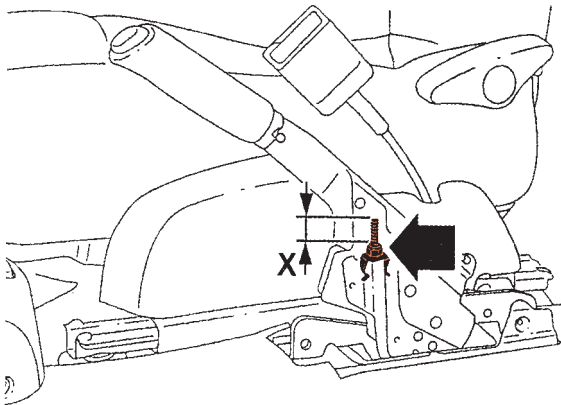
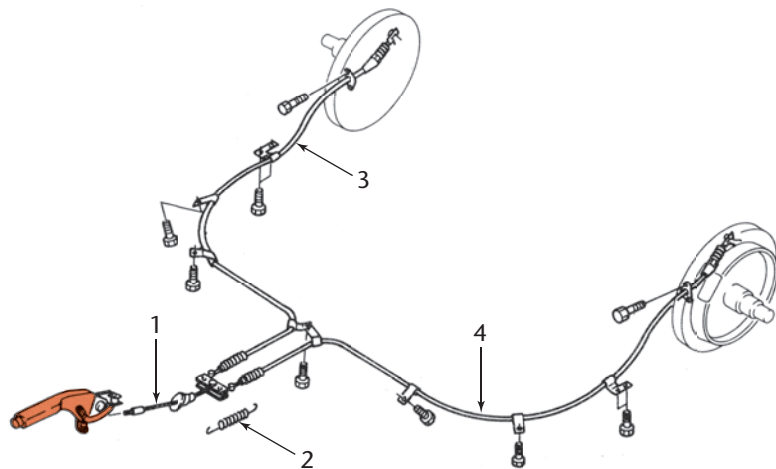
- Breng de betreffende wielen vrij van de vloer.
- Draai de wielen rond.
- Trek de handremhendel in de auto tikje voor tikje aan en kijk gelijktijdig in hoeverre de wielen worden afgeremd.
- De remwerking moet op beide wielen gelijk zijn.

In afbeelding 1.52, afbeelding 1.53 en afbeelding 1.54 zie je enkele mogelijkheden voor het afstellen van de parkeerrem.

**Afb. 1.51**

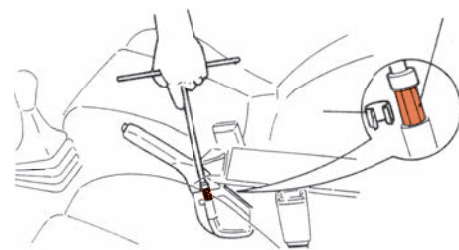
**Bediening van de parkeerrem**

- 1 voorste handremkabel
- 2 veer
- 3 handremkabel rechts
- 4 handremkabel links



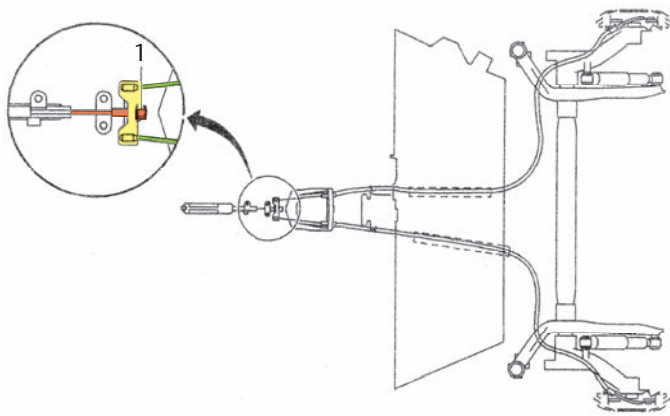
**Afb. 1.52**

**Parkeerrem afstellen door de afstand X te veranderen**



**Afb. 1.53**

**Parkeerrem afstellen met behulp van een speciale sleutel**



**Afb. 1.54**

***Parkeerrem afstellen onder de auto***

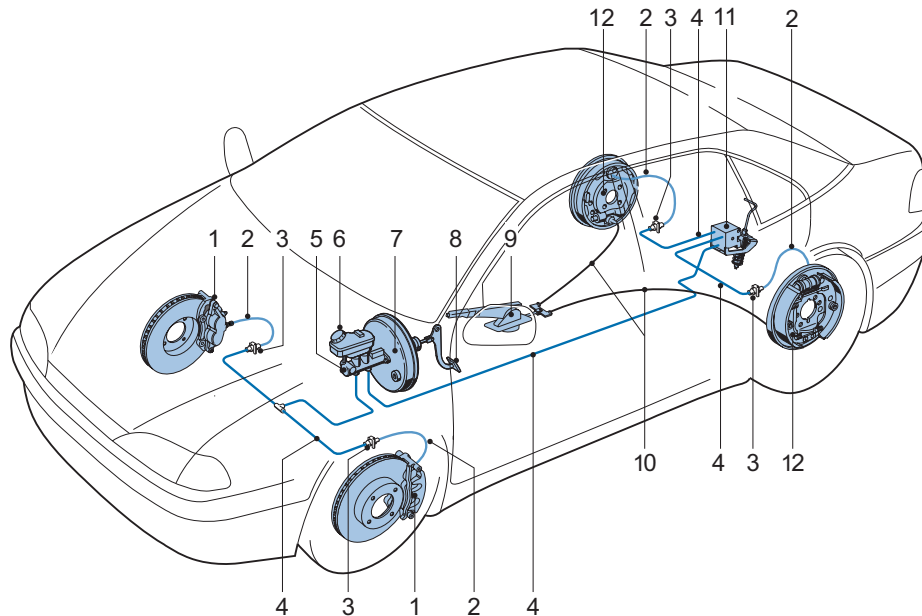




## 2 Verschillende constructies en onderdelen

### 2.1 Trommelremmen

Personenauto's zijn vaak uitgevoerd met schijfremmen op de voor- en achterwielen. Ook komen we de combinatie van schijfremmen op de voorwielen en trommelremmen op de achterwielen tegen (afb. 2.1).



**Afb. 2.1**

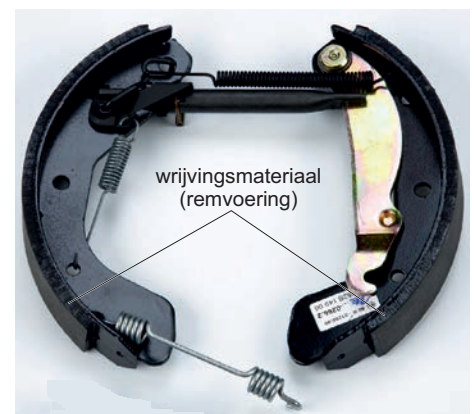
**Remsysteem met schijfrem voor en trommelrem achter**

- 1 schijfrem
- 2 remslang
- 3 verbinding
- 4 remleiding
- 5 hoofdremcilinder
- 6 remvloeistofreservoir
- 7 rembekrachtiger
- 8 rempedaal
- 9 parkeerremhefboom
- 10 parkeerremkabel (handremkabel)
- 11 remkrachtverdeler
- 12 trommelrem

Bij hydraulische remmen vindt de krachtoverbrenging plaats via vloeistof. De hoofdremcilinder – waarin de druk wordt opgebouwd – is via slangen en leidingen verbonden met de wielremcilinders. De remwerking ontstaat door wrijving, die optreedt tussen de remvoeringen en de remschijven of de remtrommels. Tijdens het remmen wordt het voertuig vertraagd.

De werking van een trommelrem (afb. 2.2) is als volgt:

- Door drukverhoging via de aansluiting met de pijl worden de cups en zuigers in de wielremcilinder naar buiten gedrukt.
- Tegen de kracht van de trekveer in beweging de remschoenen naar buiten en drukken de remvoeringen tegen de trommel.
- De optredende wrijving zet de bewegingsenergie van de auto om in warmte.
- Na het remmen trekt de veer de remschoenen terug naar de ruststand.

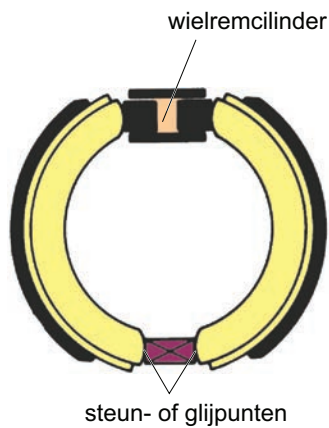


**Afb. 2.2**

**Een trommelrem**

### **Simplexrem**

Een simplexrem (afb. 2.3, afb. 2.4) heeft één dubbelwerkende wielremcilinder.



**Afb. 2.3**

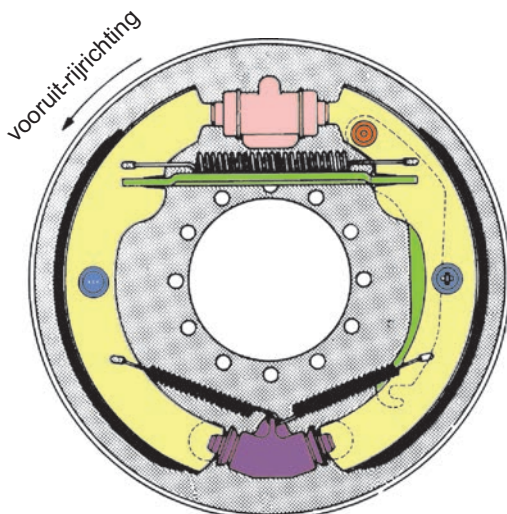
**Een simplexrem - schematisch**



**Afb. 2.4**

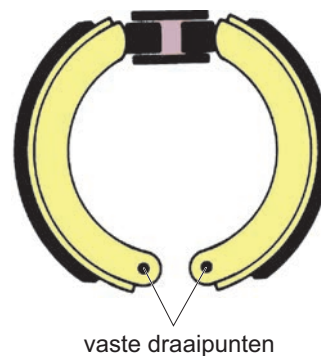
**Een simplexrem - werkelijke uitvoering**

Er zijn simplexremmen met zwevende remschoenen (afb. 2.5) en met vaste draaipunten (afb. 2.6).



**Afb. 2.5**

**Een simplexrem met zwevende remschoenen**



**Afb. 2.6**

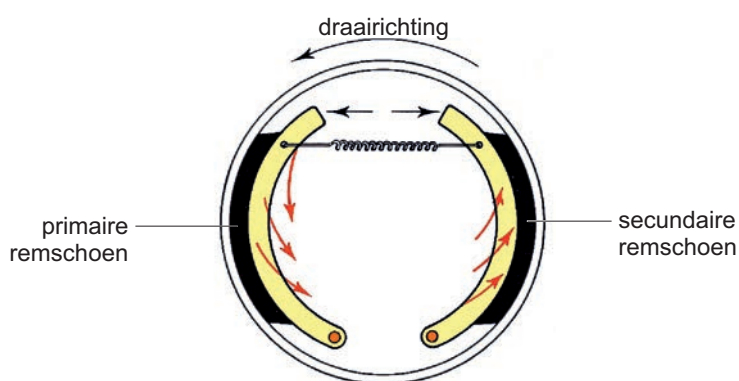
**Simplexrem met vaste draaipunten**

Een voordeel van zwevende remschoenen ten opzichte van een systeem met vaste draaipunten is dat de remschoenen zich in de trommel kunnen centreren. Hierdoor hebben de remvoeringen beter contact met de remtrommel. Ook wordt de remvoeringslijtage beter verdeeld over het gehele oppervlak.

Bij vooruitrijden is de linker remschoen (afb. 2.5 en 2.6) zelfbekrachtigend of oplopend. Zo'n remschoen wordt ook wel een primaire remschoen genoemd (afb. 2.7). In de afbeelding kun je zien wat hiermee wordt bedoeld:

- Door de wrijvingskracht tussen remvoering en trommel wil de linker remschoen worden meegenomen in de draairichting van de trommel.
- Hierdoor wordt de linker remschoen van afbeelding 2.7 met extra kracht tegen de trommel getrokken. Dit heet zelfbekrachten.

De andere remschoen van een simplexrem wordt juist van de trommel weggedrukt. Dit kun je zien bij de rechter remschoen (afb. 2.7). Deze remschoen wordt daarom lossend of secundair genoemd. Als de draairichting van het wiel omkeert, keert ook de werking om.

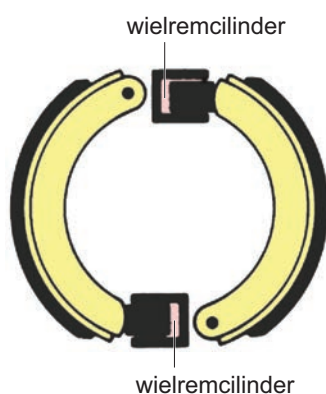


**Afb. 2.7**

**Simplex rem; één remschoen werkt zelfbekrachtigend**

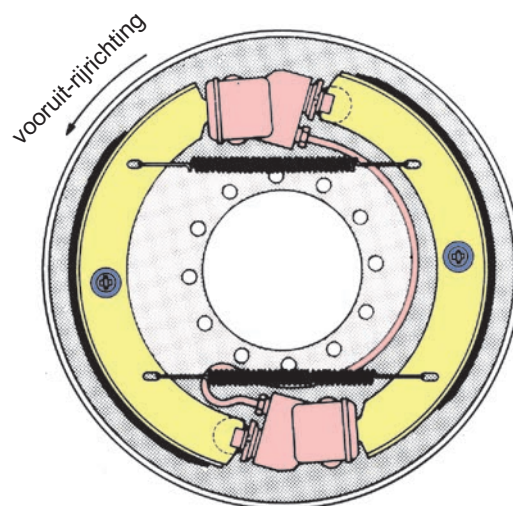
### **Duplexrem**

Bij een duplexrem (afb. 2.8 en 2.9) worden twee enkelvoudige wielremcilinders toegepast.



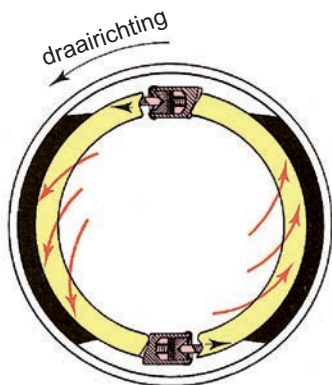
**Afb. 2.8**

**Een duplexrem - schematisch**



**Afb. 2.9**

**Een duplexrem - werkelijke uitvoering**



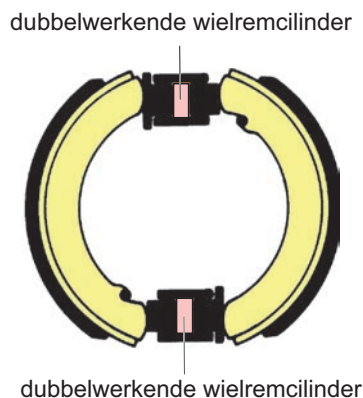
**Afb. 2.10**

**Duplexrem; bij de aangegeven draairichting werken beide remschoenen zelfbekrachtigend**

De draairichting van de remtrommel bij vooruitrijden is aangegeven met een pijl. Bij vooruitrijden zijn beide remschoenen zelfbekrachtigend (afb. 2.10), vandaar de naam 'duplex'. Als de auto achteruit rijdt, is de remwerking zeer slecht omdat beide remschoenen dan lossend zijn. Aangezien de voorwielen sterker kunnen worden afgeremd dan de achterwielen, werd dit systeem vroeger algemeen toegepast op de voorwielen.

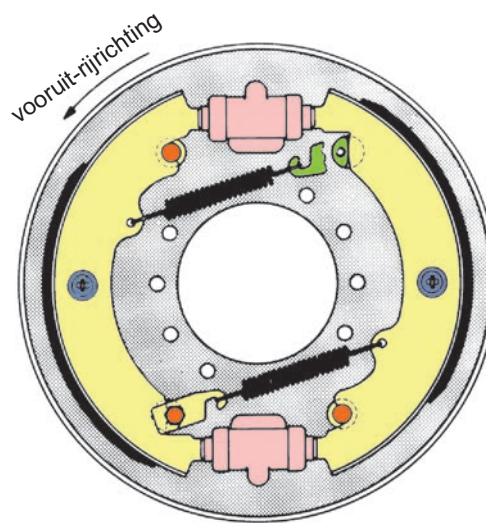
### **Duo-duplexrem**

De werking van de duo-duplexrem (afb. 2.11, afb. 2.12) komt overeen met die van de duplexrem. Doordat nu twee dubbelwerkende wielremcilinders worden gebruikt, zijn beide remschoenen zowel bij vooruitrijden als bij achteruitrijden zelfbekrachtigend.



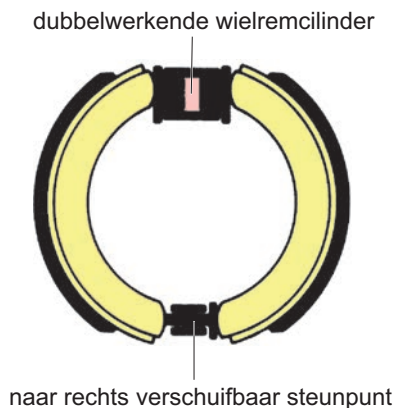
**Afb. 2.11**

**Een duo-duplexrem - schematisch**



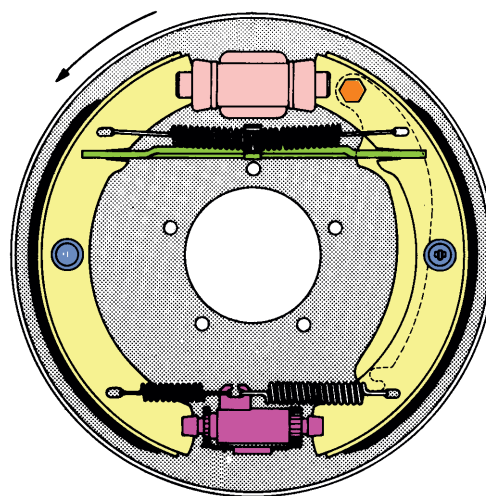
**Afb. 2.12**

**Een duo-duplexrem - werkelijke uitvoering**



**Afb. 2.13**

**Een servorem - schematisch**



**Afb. 2.14**

**Een servorem - werkelijke uitvoering**

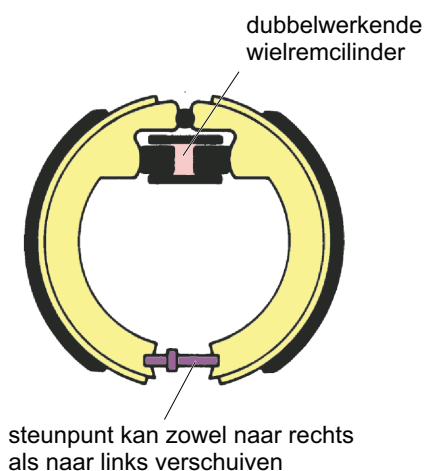


### **Servorem**

Een servorem (afb. 2.13, afb. 2.14) heeft één dubbelwerkende wielremcilinder. Aan de onderkant zit tussen de remschoenen een naar rechts verschuifbare aanslag. Deze zorgt ervoor dat het oplopend effect van de linker remschoen wordt overgebracht op de rechter remschoen. Dit zorgt voor extra bekrachtiging op de rechter remschoen. De servorem werkt bij achteruitrijden als simplexrem, omdat het onderste steunpunt niet naar links kan schuiven.

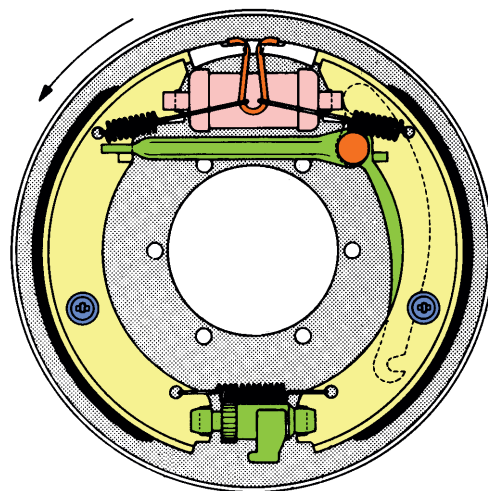
### **Duo-servorem**

Bij de duo-servorem (afb. 2.15, afb. 2.16) kan het onderste steunpunt zowel naar rechts als naar links schuiven. Hierdoor is de remwerking bij achteruitrijden gelijk aan de remwerking bij vooruitrijden (afb. 2.17).



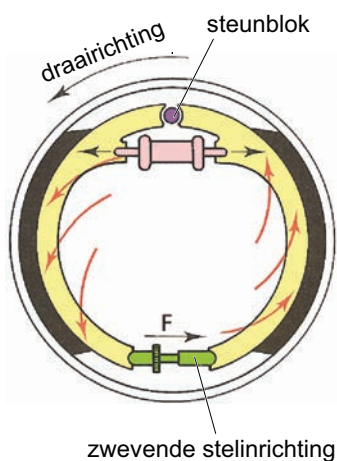
**Afb. 2.15**

**Een duo-servorem - schematisch**



**Afb. 2.16**

**Een duo-servorem - werkelijke uitvoering**



**Afb. 2.17**

**Duo-servorem, beide remschoenen werken (in beide draairichtingen) zelfbekrachtigend**

## 2.2 Schijfrem

De hoofdonderdelen van een schijfrem (afb. 2.18) zijn:

- remschijf
- remklauw
- remblok(ken).

De remschijf draait rond met het wiel, terwijl de remklauw verbonden is met de wielophanging. Bij het remmen worden de remblokken tegen de remschijf gedrukt. Door de wrijving tussen de remblokken en de remschijf wordt de bewegingsenergie van de auto omgezet in warmte.

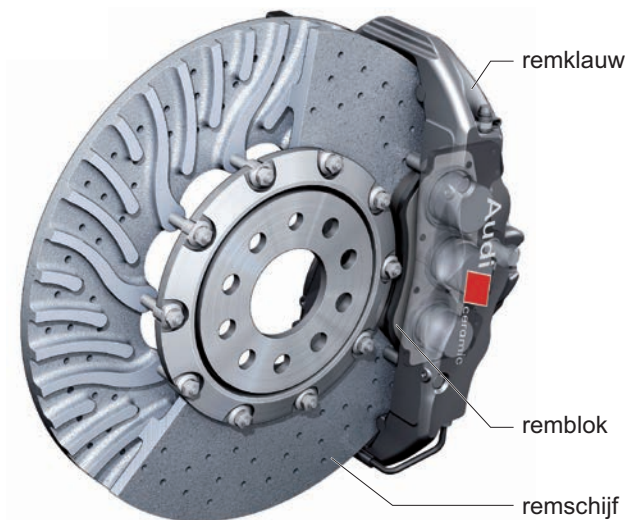
### **Remklauwen**

Remklauwen of remzadels voor schijfremmen kunnen in twee hoofdgroepen worden ingedeeld:

- vaste remklauwen
- zwevende remklauwen.

#### *Vaste remklauw*

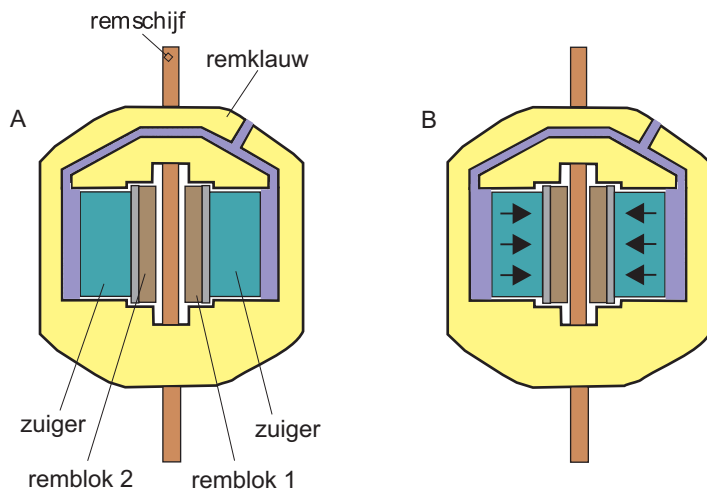
De schijfrem in afbeelding 2.19 heeft een vaste remklauw. In afbeelding 2.20 is het principe van een vaste remklauw getekend. Aan weerskanten van de remschijf zit een cilinder met zuiger. Als er geremd wordt, schuiven beide zuigers naar de remschijf. Ze drukken daarbij de remblokken tegen de remschijf.



**Afb. 2.18**  
**Een schijfrem**



**Afb. 2.19**  
**Een schijfrem met vaste remklauw**



**Afb. 2.20**  
**Principe van een schijfrem met vaste remklaus**

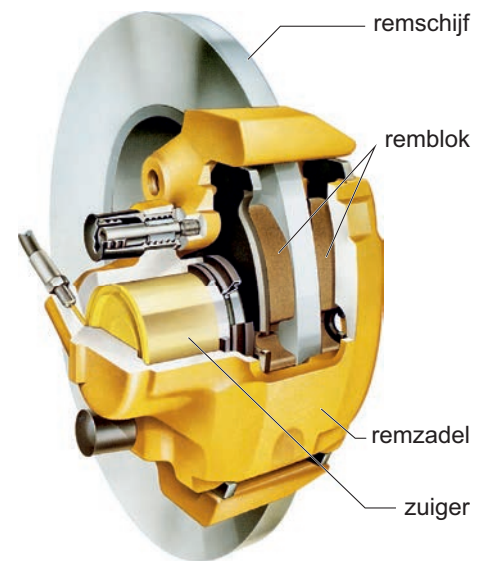
#### Zwevende remklaus

De schijfrem in afbeelding 2.21 heeft een zwevende remklaus.

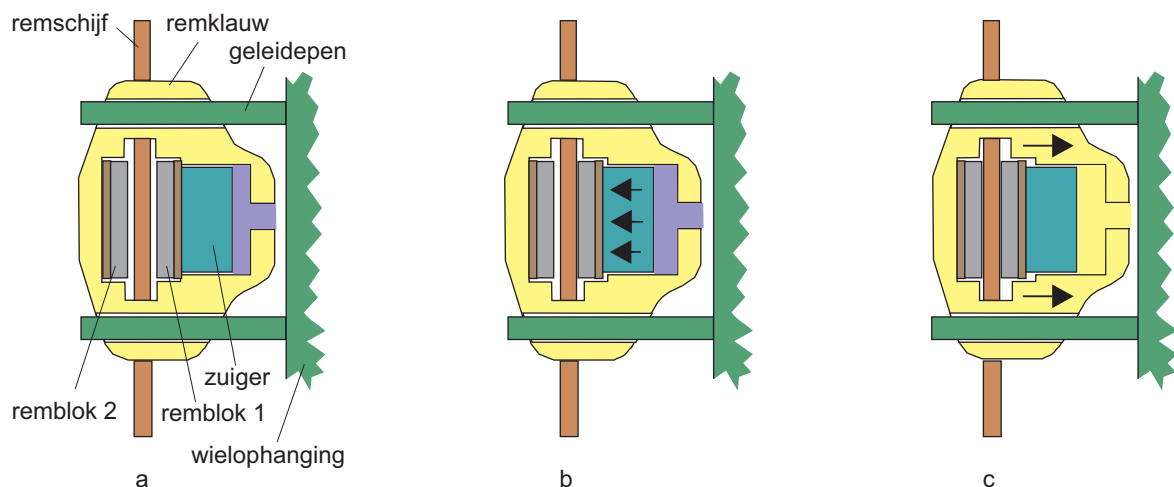
Het principe van een zwevende remklaus is weergegeven in afbeelding 2.22. Aan weerskanten van de remschijf zit een remblok, maar er wordt maar één cilinder met zuiger toegepast:

- In afbeelding 2.22a staat de rem in ruststand. Beide remblokken staan vrij van de remschijf.
- Als er geremd wordt, schuift de zuiger naar de remschijf. Het remblok dat aan de kant van de zuiger zit, wordt tegen de remschijf gedrukt (afb. 2.22b).
- Als reactie hierop verplaatst de gehele remklaus zich naar rechts, waardoor ook het andere remblok tegen de schijf wordt gedrukt (afb. 2.22c).

De remklaus is verschuifbaar met de wielophanging verbonden. Omdat de remklaus geen vaste bevestiging heeft, wordt hij zwevend genoemd.



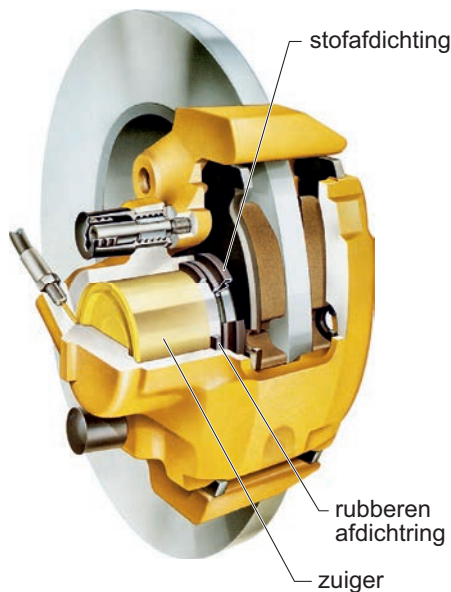
**Afb. 2.21**  
**Een schijfrem met zwevende remklaus**



**Afb. 2.22**  
**Principe van een schijfrem met zwevende remklaus**

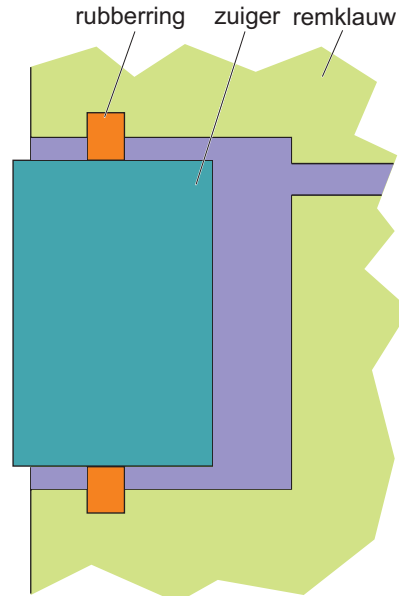
### **Lossen van de remblokken**

Als het rempedaal wordt losgelaten, moeten de remblokken weer vrijkomen van de remschijf. Dit gebeurt met behulp van een rubberen afdichtring (afb. 2.23).



**Afb. 2.23**

**Schijfrem; de rubberen afdichtring trekt de zuiger na het remmen een stukje terug**



**Afb. 2.24**

**Om de zuiger klemt een rubbering**

In elke cilinder van een remklauw zit, in een groef, een afdichtring van rubber. Deze ring klemt stevig om de zuiger.

De rubbering heeft drie functies:

- voorkomen dat remvloeistof naar buiten lekt (afdichten);
- ervoor zorgen dat de zuiger na het remmen wordt teruggetrokken (terugtrekken);
- ervoor zorgen dat de rem automatisch wordt bijgesteld (speling afstellen).

#### **Afdichten**

Door de passing van de rubbering in de groef en de klemkracht om de zuiger, wordt voorkomen dat er remvloeistof naar buiten lekt (afb. 2.24).

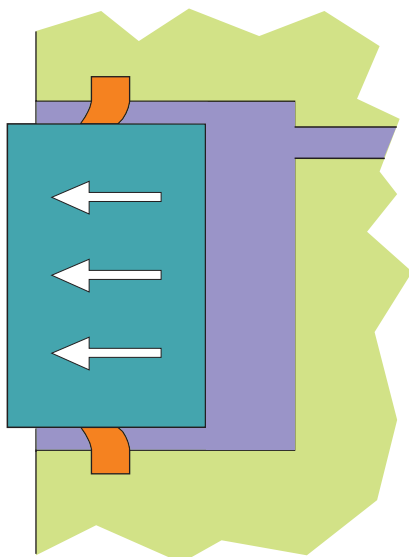
#### **Terugtrekken**

De rubbering vervormt tijdens het remmen (afb. 2.25). Doordat de ring stevig om de zuiger klemt, schuift de zuiger niet door de ring. Door de elasticiteit (= veerkracht) van de ring wordt de zuiger na het remmen teruggetrokken. De rubber ring doet hier dus dienst als 'trekveer'.

#### **Speling afstellen**

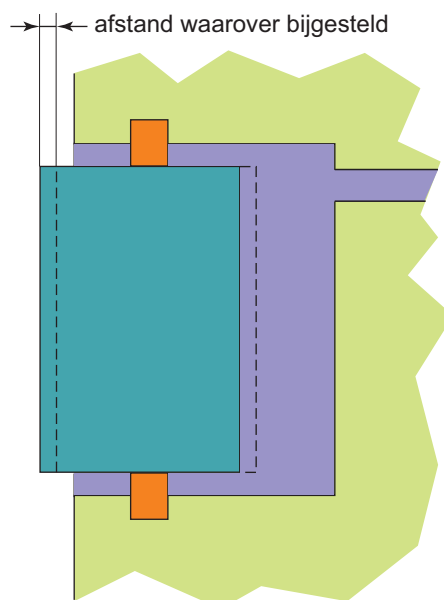
Door slijtage van de remvoering wordt de afstand waarover de zuiger verschuift groter dan de vervorming die de rubbering toelaat. In zo'n geval verschuift de zuiger iets ten opzichte van de rubbering. De zuiger blijft dan na het lossen van de rem iets verder naar buiten staan (afb. 2.26). De speling is door de rem bijgesteld.





**Afb. 2.25**

**Vervorming van de rubberring tijdens het remmen**



**Afb. 2.26**

**De zuiger is naar links verschoven**

### **Remvoeringslijtage-indicatie**

Remblokken zijn vaak uitgevoerd met slijtage-indicatoren (afb. 2.27). Als de remblokken tot een bepaalde dikte zijn afgesleten, zorgen de slijtage-indicatoren voor een signaal. Het signaal kan een waarschuwingslampje zijn dat gaat branden, of een geluidssignaal.

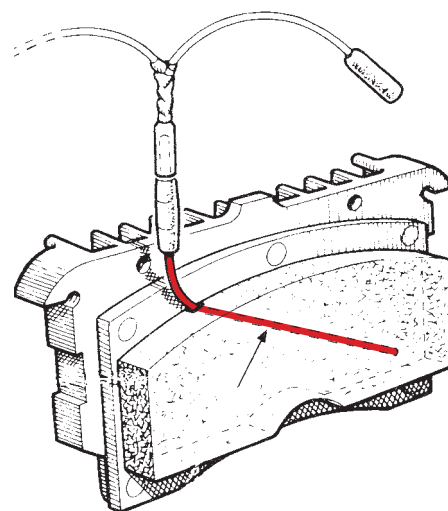


**Afb. 2.27**

**Set remblokken met slijtage-indicator**

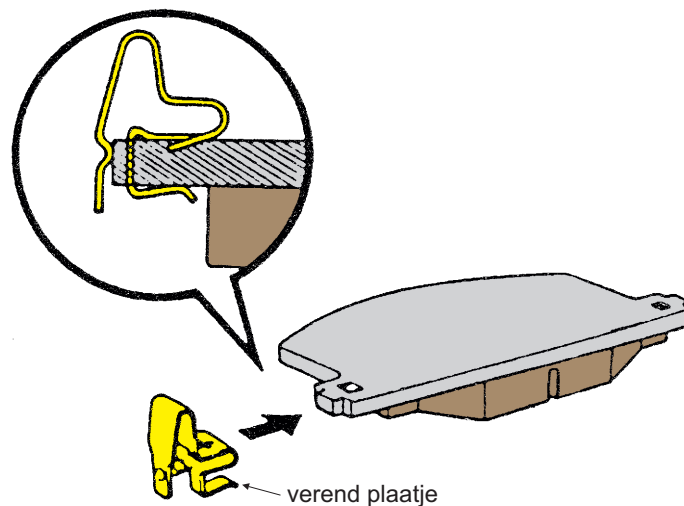
Het remblok stuurt een waarschuwingslampje aan als de remvoeringen te dun zijn geworden (afb. 2.28). Dit kan in principe op twee manieren:

- Als de remvoeringen te dun zijn, komt de draad bloot te liggen. De draad maakt daardoor, via de remschijf, contact met massa. Hierdoor gaat tijdens het remmen de waarschuwingslamp branden.
- Als de remvoeringen te dun zijn, slijt de draad door. De verbinding is nu verbroken. Via een elektronische schakeling wordt de waarschuwingslamp aangestuurd. Deze blijft daarna branden, zolang het contact is ingeschakeld.



**Afb. 2.28**

**Slijtage indicatie; aansturen waarschuwingslamp**



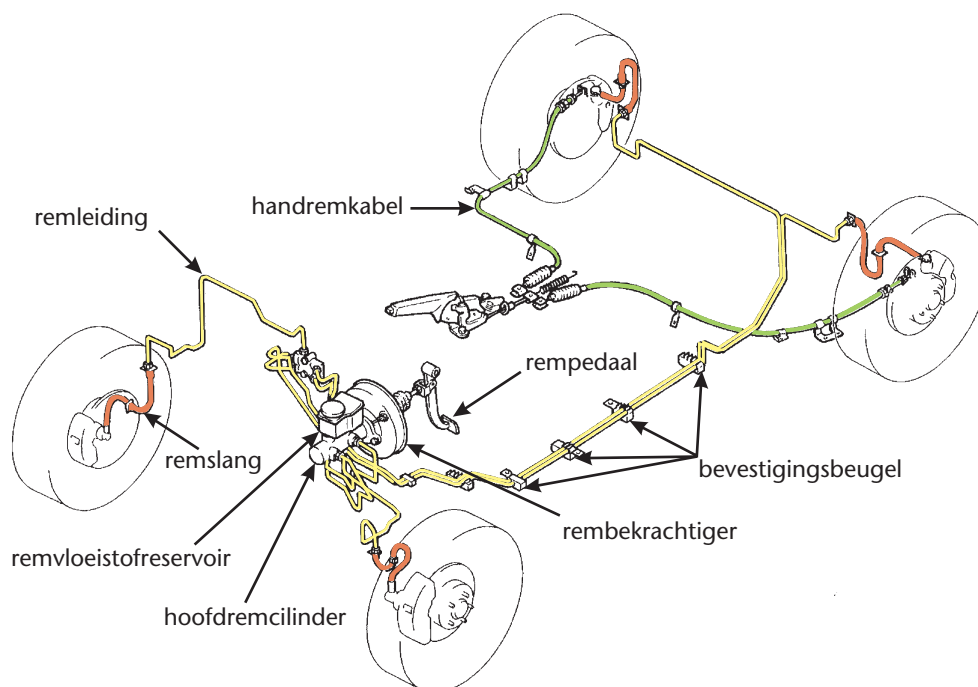
Afb. 2.29

*Slijtage indicatie; geluidssignaal*

Er is ook een systeem dat een geluidssignaal geeft (afb. 2.29). Als de remvoeringen te dun zijn geworden, raken verende plaatjes de remschijf. Er ontstaat dan tijdens het remmen een piepend geluid.

## 2.3 Remslangen en remleidingen

De remvloeistof gaat via remslangen en remleidingen van de hoofdremcilinder naar de wielremcilinders (afb. 2.30). De remleidingen en remslangen moeten bestand zijn tegen zeer hoge drukken. Bij het remmen bereiken de drukken gemakkelijk een waarde van 15.000 kPa. Bij een paniekstop kan die druk wel oplopen tot 20.000 kPa.



Afb. 2.30

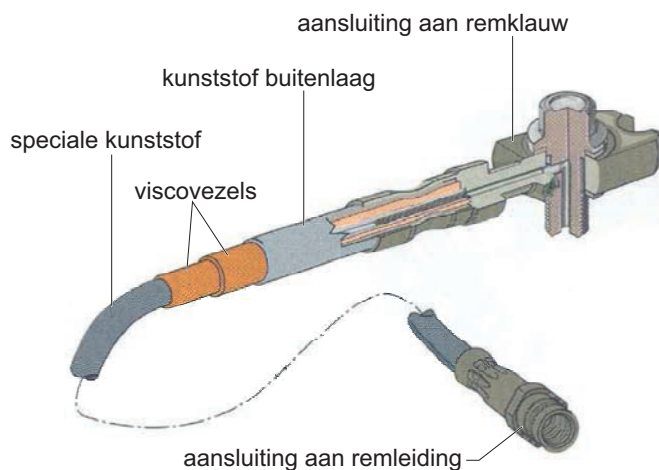
*Remleidingen en remslangen*

### Remslangen

De remslangen zitten tussen de bovenbouw en de remmen bij de wielen, of tussen de bovenbouw en een as. Remslangen verbinden

metalen remleidingen met de wielremcilinders. Deze verbinding moet flexibel zijn, omdat de wielen tijdens het veren bewegen ten opzichte van de carrosserie.

In de afbeelding zie je hoe een remslang kan zijn opgebouwd (afb. 2.31). De viscovezels zorgen voor de sterkte. De kunststof buitenlaag beschermt de remslang tegen invloeden van buitenaf. Deze buitenlaag is bestand tegen olie en benzine.

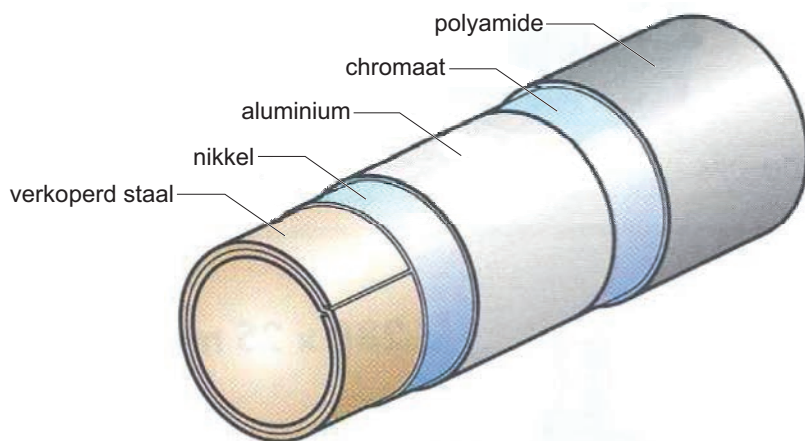


**Afb. 2.31**  
**Opbouw van een remslang**

### Remleidingen

Remleidingen zijn met wartels verbonden aan de andere onderdelen van het remsysteem. Ze zijn met beugels bevestigd aan de carrosserie. Om doorschuren van de leiding te voorkomen, is tussen de beugels en de leiding een strookje kunststof aangebracht.

Remleidingen zijn gemaakt van stalen of koperen pijp (afb. 2.32). Ze zijn dikwandig uitgevoerd om bestand te zijn tegen de hoge druk in het remsysteem. Een stalen leiding is verzinkt of verkoperd. De leiding in afbeelding 2.32 is verkoperd. Aan de buitenzijde heeft de leiding een beschermlaag van kunststof (polyamide). Tussen de kunststof buitenzijde en de remleiding zitten beschermlagen van nikkel, aluminium en chromaat.



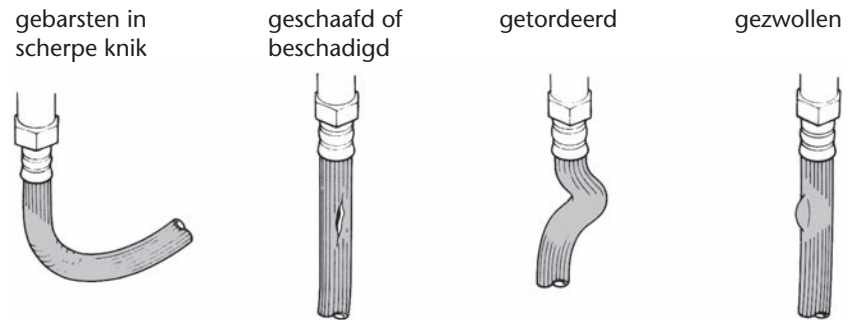
**Afb. 2.32**  
**Opbouw van een remleiding**

## Remslangen en remleidingen controleren

### Remslangen controleren

Droogte en ouderdom kunnen scheurtjes in de rubber remslangen veroorzaken. Als je de slangen voorzichtig buigt, kun je eventuele scheurtjes gemakkelijk ontdekken.

In afbeelding 2.33 zie je enkele punten waarop je moet letten bij het controleren van remslangen.



Afb. 2.33

Remslangen controleren

### Belangrijk!

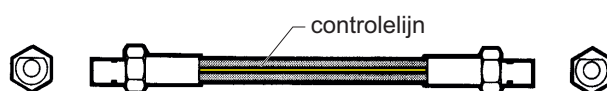
Controleer de bevestiging van de remslangen. Remslangen mogen niet langs wielen of onderdelen van wielophanging en vering schuren. Denk bijvoorbeeld aan het nemen van bochten en aan het in- en uitveren.

Om een goede controle mogelijk te maken, mogen op de flexibele leidingen geen bodembeschermingsmiddelen zitten.

### Remslangen monteren

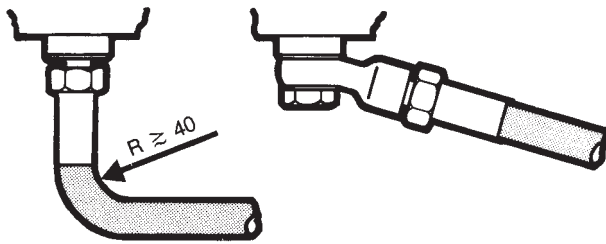
Bij de montage van een flexibele remleiding moet op de volgende zaken worden gelet:

- Remslangen mogen niet te lang en niet te kort zijn:
  - Te lange slangen kunnen knikken of in aanraking komen met andere bewegende delen. Hierdoor kunnen schuurplekken ontstaan.
  - Te korte slangen kunnen overbelast raken of kapot getrokken worden. De slang moet natuurlijk wel alle stuur- en veerbewegingen kunnen volgen.
- De remslang mag niet verdraaid worden gemonteerd. Dit kun je controleren aan de hand van een lijn die in de lengterichting over de slang loopt (afb. 2.34).
- Remslangen mogen geen scherpe bochten maken. Zo nodig wordt er gebruikgemaakt van een banjoverbinding (afb. 2.35).
- Remslangen mogen niet tegen andere delen kunnen schuren.
- Remslangen mogen niet in contact kunnen komen met vet of olie.



Afb. 2.34

Een flexibele remleiding met controlelijn



**Afb. 2.35**

*Bij een scherpe bocht wordt een banjo-verbinding gebruikt*

### **Remleidingen controleren**

Let bij het controleren van de remleidingen op de volgende zaken:

- roestvorming aan de leidingen;
- beschadiging van de leidingen;
- platgedrukte leidingen;
- toestand van de bevestigingspunten;
- lekkage.

De leidingen mogen niet dicht in de buurt van de hete uitlaat worden gemonteerd. Eventueel moet er een hitteschild worden aangebracht.

### *Lekkage*

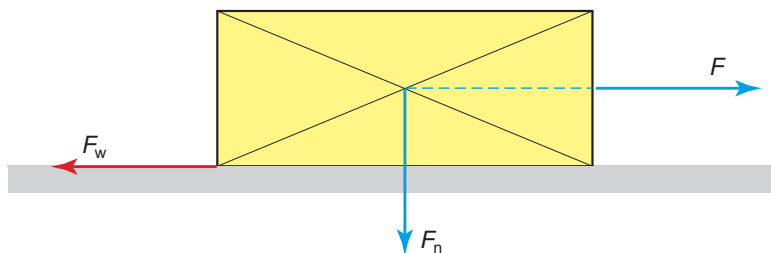
Lekkage kan op verschillende plaatsen ontstaan:

- Remleidingen kunnen doorroesten. Let op plaatsen waar de bescherm laag kan doorschuren (bevestigingspunten) en op plaatsen waar vuil achterblijft.
- Ook bij wartels (daar waar leidingen met elkaar of met andere componenten zijn verbonden) kan lekkage ontstaan.
- Verder kunnen slangen verdroogd of doorgeschuurd zijn, waardoor lekkage ontstaat.
- Ook wielremcilinders kunnen lekken. Let op lekkage bij de wielen.

## **2.4 Wrijving**

Je hebt te maken met wrijving als twee voorwerpen die elkaar raken, ten opzichte van elkaar bewegen.

In afbeelding 2.36 staat een massa op een plat vlak. Willen we deze massa verschuiven dan is daarvoor kracht nodig. Deze kracht is aangeduid met de blauwe pijl  $F$ . De rode pijl  $F_w$  stelt de wrijvingskracht voor die werkt tussen de twee vlakken.  $F_w$  is de reactiekracht van  $F$ .  $F$  is gelijk aan  $F_w$  (afb. 2.36).



**Afb. 2.36**

$$F = F_w \text{ en } F_w = F_n \times \mu$$

De grootte van de wrijvingskracht ( $F_w$ ) hangt af van twee factoren:

- De kracht  $F_n$  die door het gewicht van het blok wordt veroorzaakt. Deze werkt loodrecht op het platte vlak en wordt de normaalkracht genoemd.
- De wrijvingscoëfficiënt ( $\mu$ ).

In afbeelding 2.36 is de kracht  $F_n$  gelijk aan het gewicht van het te verplaatsen voorwerp. Dit is niet altijd het geval. Staat het voorwerp bijvoorbeeld op een helling, dan klopt dit al niet meer.

De wrijvingscoëfficiënt is de verhouding tussen:

- de wrijvingskracht  $F_w$ , en
- de normaalkracht  $F_n$ .

De grootte van de wrijvingscoëfficiënt is afhankelijk van de toestand van de twee vlakken die elkaar raken. Zo is de wrijvingscoëfficiënt tussen rubber en asfalt groter dan tussen rubber en ijs.

Als de wrijvingskracht  $F_w$  gelijk is aan 500 N, en de kracht  $F_n$  is 800 N, dan kun je de wrijvingscoëfficiënt ( $\mu$ ) berekenen met:

$$\text{wrijvingscoëfficiënt} = \frac{\text{wrijvingskracht}}{\text{normaalkracht}}$$
$$\mu = \frac{F_w}{F_n} = \frac{500 \text{ N}}{800 \text{ N}} = 0,625$$

Enkele voorbeelden van wrijvingscoëfficiënten zijn:

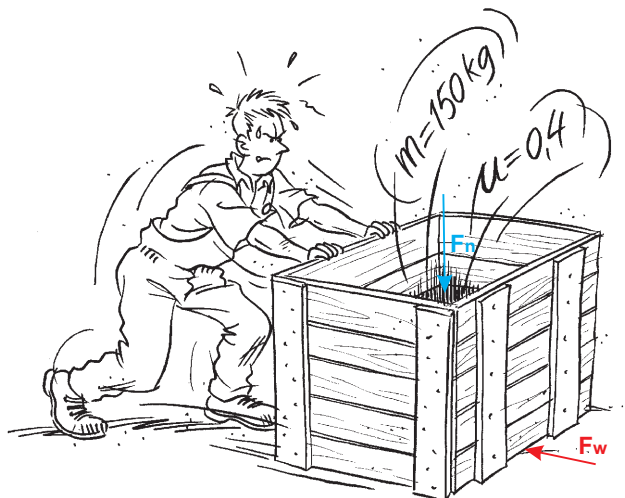
- staal op staal: 0,15;
- rubber op staal: 0,5;
- staal op brons: 0,2;
- remvoering op staal: 0,5.

Als je de wrijvingskracht ( $F_w$ ) wilt weten, ziet de formule er zo uit:

$$F_w = \mu \times F_n$$

#### Rekenvoorbeeld 1

Een kist met onderdelen (afb. 2.37) heeft een massa van 150 kg. De wrijvingscoëfficiënt tussen kist en vloer is 0,4. Bereken de kracht die je uit moet oefenen om de kist te verschuiven.



Afb. 2.37  
Rekenvoorbeeld 1



Gegeven:

$$m = 150 \text{ kg}$$

$$\mu = 0,4$$

Gevraagd:

$$F_w$$

Oplossing:

$$F_n = m \times g = 150 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 = 1500 \text{ N}$$

$g$  is de versnelling van de zwaartekracht. De waarde hiervan is  $9,81 \text{ m/s}^2$ . In berekeningen wordt meestal  $10 \text{ m/s}^2$  gebruikt.

$$F_w = \mu \times F_n = 0,4 \times 1500 \text{ N} = 600 \text{ N}$$

### **Wrijving bij een rem**

De remwerking van voertuigen berust op wrijving. Door de remvoering tegen een remschijf of een trommel te drukken ontstaat wrijving. De kracht waarmee de remvoeringen tegen een schijf of trommel worden gedrukt, is de normaalkracht ( $F_n$ ). De normaalkracht is het gevolg van de vloeistofdruk die tijdens het remmen wordt opgewekt.

Behalve van de normaalkracht en de wrijvingscoëfficiënt is de wrijving ook afhankelijk van het aantal wrijvingsvlakken. Bij een schijfrem heb je te maken met twee wrijvingsvlakken, aan elke kant van de schijf één (afb. 2.38).

### **Rekenvoorbeeld 2**

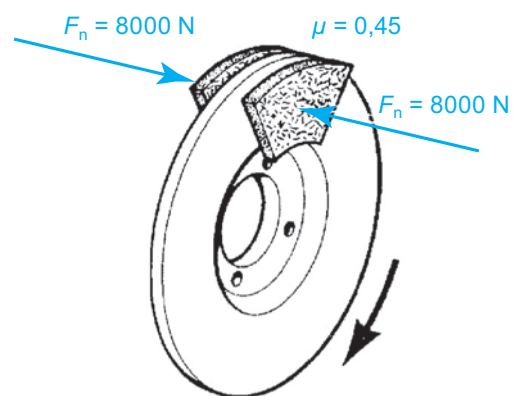
De remblokken van een schijfrem worden tijdens het remmen met een kracht van  $8000 \text{ N}$  tegen de schijf gedrukt (afb. 2.39).

De wrijvingscoëfficiënt tussen remvoeringen en remschijf is  $0,45$ . Bereken de totale wrijvingskracht tussen remvoeringen en remschijf.



**Afb. 2.38**

**Bij een schijfrem zijn er twee wrijvingsvlakken**



**Afb. 2.39**

**Rekenvoorbeeld 2**

Gegeven:

$$F_n = 8000 \text{ N}$$

$$\mu = 0,45$$

2 wrijvingsvlakken

Gevraagd:

$$F_w$$

Oplossing:

Per remblok geldt:

$$F_w = \mu \times F_n = 0,45 \times 8000 \text{ N} = 3600 \text{ N}$$

De totale wrijvingskracht is dan:

$$2 \times 3600 \text{ N} = 7200 \text{ N}$$

## 2.5 Kracht, massa, vertraging en versnelling

### Vertraging

Onder vertraging verstaan we de afname van de snelheid per seconde. Stel een auto rijdt met een snelheid van 20 m/s. Op een gegeven moment remt de bestuurder af tot de snelheid 12 m/s. De snelheid is dan afgenomen met 8 m/s. Als het remmen 4 seconden heeft geduurd, dan is de afname per seconde  $8 : 4 = 2 \text{ m/s}$ . Dit is dan de remvertraging.

Omdat:

- de eenheid voor snelheid meter per seconde (m/s) is;
- en de afname per seconde (s);
- moet de eenheid voor de remvertraging meter per seconde kwadraat ( $\text{m/s}^2$ ) zijn.

### Massa, vertraging en kracht

Als een auto wordt vertraagd (afgeremd) is daarvoor kracht nodig.

De grootte van die kracht hangt af van twee zaken (afb. 2.40):

- de massa van de auto;
- de grootte van de vertraging.

De vertragingskracht kun je berekenen door de massa te vermenigvuldigen met de grootte van de vertraging:

$$\text{Kracht} = \text{massa} \times \text{vertraging}$$

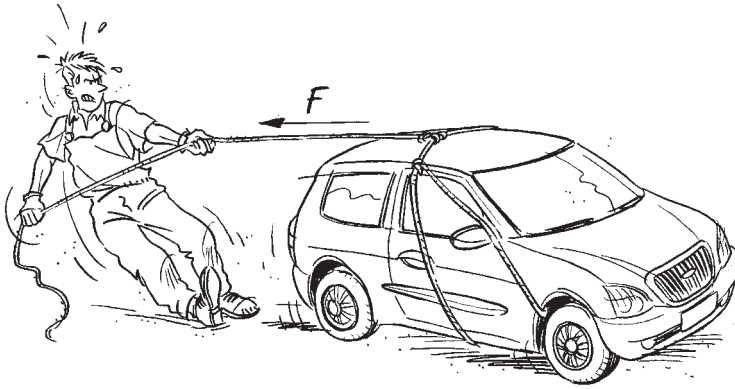
In formulevorm:

$$F = m \times a$$

De eenheid voor kracht is N.

De eenheid voor massa is kg.

De eenheid voor vertraging is  $\text{m/s}^2$ .



"HOE HARD MOET IK TREKKEN?"

Afb. 2.40

De benodigde remkracht hangt af van de massa van de auto en de remvertraging

Als  $F = m \times a$ , dan geldt ook:

$$m = \frac{F}{a}$$

en ook:

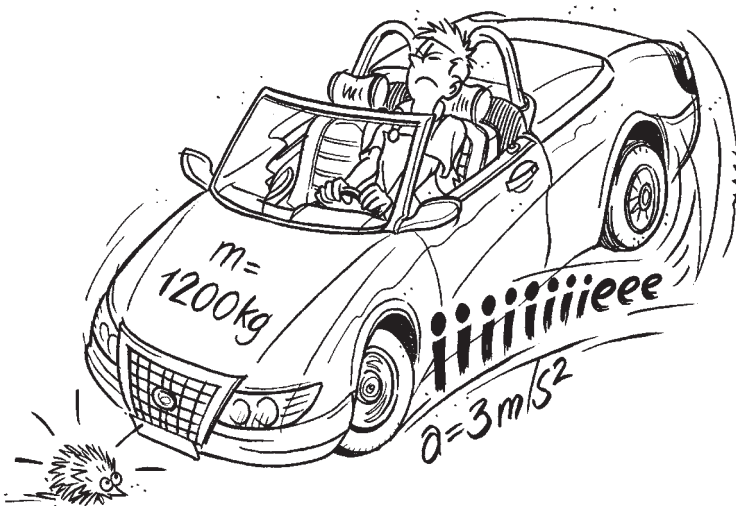
$$a = \frac{F}{m}$$

### Versnelling

Het tegenovergestelde van vertragen is versnellen. Dit betekent dat je voor het berekenen van de kracht die nodig is om een auto te versnellen dezelfde formule kunt gebruiken.

#### Rekenvoorbeeld 1

Bereken de kracht die nodig is om een auto met een massa van 1200 kg af te remmen met een vertraging van 3 m/s<sup>2</sup> (afb. 2.41).



Afb. 2.41

Rekenvoorbeeld 1

Gegeven:

$$m = 1200 \text{ kg}$$

$$a = 3 \text{ m/s}^2$$

Gevraagd:

$F$

Oplossing:

$$F = m \times a$$

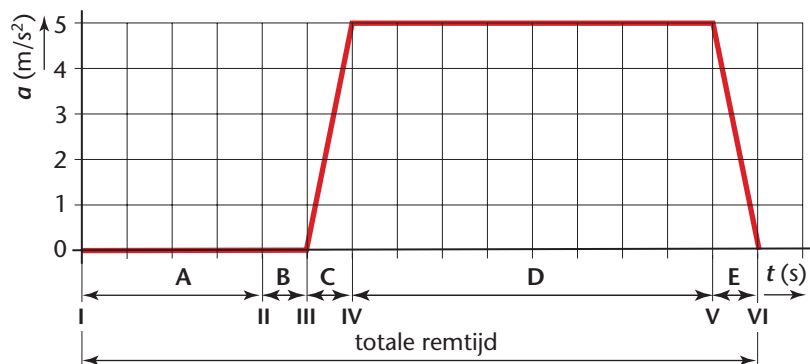
$$F = 1200 \text{ kg} \times 3 \text{ m/s}^2$$

$$F = 3600 \text{ kgm/s}^2 = 3600 \text{ N} \quad (1 \text{ N} = 1 \text{ kgm/s}^2)$$

## 2.6 Remweg en verloop remproces

De remweg is de afstand die een voertuig aflegt tijdens een remproces. Een remproces begint op het moment dat de bestuurder vaststelt dat er moet worden geremd. Het eindigt op het moment dat het voertuig tot stilstand is gekomen.

Het verloop van een remproces is grafisch in beeld gebracht in afbeelding 2.42. Op de verticale as is de remvertraging uitgezet. Op de horizontale as de remtijd.



Afb. 2.42

Verloop van een remproces

Een remproces is opgebouwd uit de volgende perioden:

- reactietijd
- aanspreektijd
- zweltijd
- remmen
- lostijd.

### Reactietijd

Een remproces begint op het moment dat de bestuurder vaststelt dat er moet worden geremd. Dit moment is in de grafiek aangegeven met I.

De bestuurder moet reageren, dit kost enige tijd. Deze tijd – reactietijd – is in de afbeelding aangegeven met de afstand A. De reactietijd eindigt bij punt II.

Gedurende de reactietijd wordt een afstand afgelegd die bij de totale remweg moet worden gerekend.

De reactietijd wordt ook wel schriktijd genoemd, maar dat is toch iets anders. We hebben met het begrip schriktijd te maken als een bestuurder wordt verrast door een gebeurtenis waardoor hij/zij schrikt. De bestuurder kan dan niet meteen juist reageren. Pas na het overwinnen van de schriktijd wordt actie ondernomen. De schriktijd is meestal behoorlijk langer dan de reactietijd. We

gaan uit van een maximale reactietijd van 0,5 seconde, terwijl de schriktijd wel kan oplopen tot 2 seconden.

#### *Aanspreektijd*

Het tijdsverloop dat met de afstand B is aangegeven, is de aanspreektijd. De aanspreektijd begint bij II en duurt tot III. Bij II heeft de bestuurder de voet op het rempedaal gezet en bij III raken de remvoeringen de trommel of de schijf.

Het tijdsverloop dat hiertussen ligt, wordt veroorzaakt door de reminstallatie zelf.

In de aanspreektijd moeten spelingen worden overwonnen, en moeten de remblokken en/of de remschoenen worden verplaatst.

De duur van de aanspreektijd hangt af van de snelheid waarmee een rempedaal wordt ingedrukt. Bij snel remmen rekenen we met ongeveer 0,1 seconde.

#### *Zweltijd*

Het verloop van de zweltijd wordt aangegeven met de afstand C en loopt van III tot IV. Het is de tijd waarin de druk in het remsysteem wordt opgebouwd tot de gewenste remvertraging is bereikt.

#### *Remmen*

Gedurende de afstand D wordt geremd met de uiteindelijk gewenste vertraging. Dit werkelijke remmen verloopt van IV tot V.

#### *Lostijd*

De lostijd verloopt over de afstand E en verloopt van V tot VI. Gedurende deze tijd wordt het rempedaal losgelaten en valt de druk weg.

#### *Totale remtijd*

De totale remtijd verloopt dus over een periode die begint bij I en eindigt bij VI. De totale remtijd is volgens het voorgaande afhankelijk van de manier waarop het rempedaal wordt bediend, de toestand van het remsysteem en de kracht die op het rempedaal wordt uitgeoefend.





# 3 Remvloeistoffen

## 3.1 Eigenschappen van remvloeistoffen

Bij hydraulische remsystemen wordt de kracht via een vloeistof overgebracht op de wielremmen. Deze vloeistof heet remvloeistof. Aan remvloeistoffen worden hoge eisen gesteld. We bespreken een aantal eigenschappen die belangrijk zijn voor remvloeistoffen.

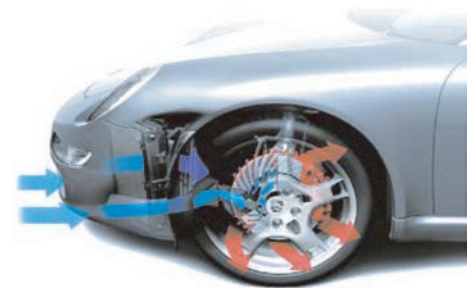
### Kookpunt

Bij het remmen wordt de bewegingsenergie van de auto omgezet in warmte (afb. 3.1). Een deel van de warmte verwarmt de remvloeistof. Als remvloeistof gaat koken, ontstaan dampbellen. Dampbellen zijn samendrukbaar, ze verhinderen daardoor de drukopbouw. Remvloeistoffen moeten daarom een hoog kookpunt hebben.

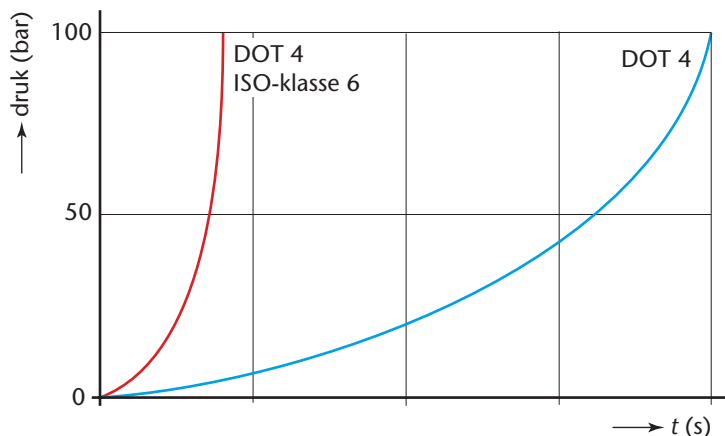
### Vloeibaarheid

Remvloeistoffen moeten dun vloeibaar zijn. Dit is erg belangrijk in antiblokkeersystemen. Hoe dunner de remvloeistof des te sneller zal het systeem op veranderingen reageren. De vloeibaarheid (viscositeit) van de remvloeistof mag niet te veel veranderen als de temperatuur van de remvloeistof verandert.

In afbeelding 3.2 zie je het verschil in drukopbouw tussen een zeer dunne remvloeistof (DOT 4 ISO klasse 6) en een iets dikkere remvloeistof (DOT 4).



**Afb. 3.1**  
**Bij het remmen wordt bewegingsenergie omgezet in warmte**



**Afb. 3.2**  
**Drukopbouw bij een zeer dunne remvloeistof (DOT 4 ISO klasse 6) en een iets dikkere remvloeistof (DOT 4)**

### Stolpunt

Remvloeistoffen moeten een laag stolpunt hebben (ze mogen niet bevriezen). Als de remvloeistof stolt (bevriest), dan kun je deze niet meer verpompen. Er wordt dan geen remdruk opgebouwd.

### Water opnemen

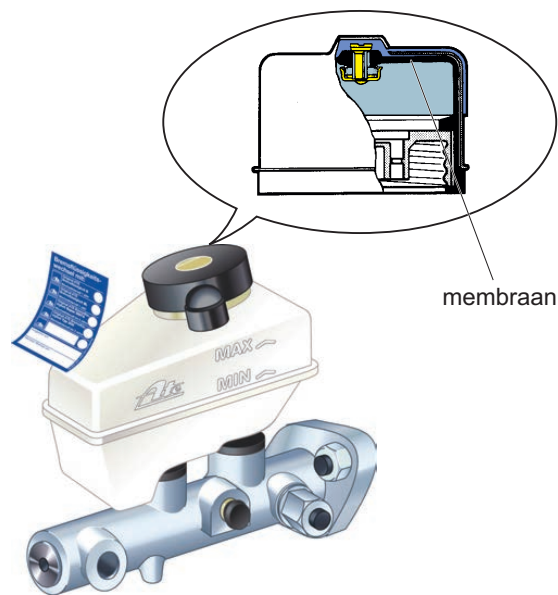
De meeste remvloeistoffen zijn hygroscopisch. Dit betekent dat ze gemakkelijk water opnemen. Zodra er water bij de remvloeistof komt, daalt het kookpunt. Dit komt doordat het kookpunt van water lager is dan het kookpunt van remvloeistof.

Het kookpunt van nieuwe remvloeistof is minimaal 230 °C. Als er 1 procent water in zit, daalt het kookpunt al met ongeveer 25 graden. Bij 3 procent water is het kookpunt al gedaald tot ongeveer 155 °C.

Het water komt vooral in de remvloeistof doordat het niveau in het reservoir tijdens het remmen iets wijzigt. Hierdoor ontstaat in het reservoir een 'pompende' werking. Via de opening in de afsluitdop wordt steeds een beetje lucht heen en weer gepompt. De buitenlucht bevat waterdamp. Dit water komt in het reservoir en dus bij de remvloeistof.

Om de toevoer van water(damp) via de dopopening te voorkomen, heeft de vuldop een membraan (afb. 3.3). De ruimte boven het membraan staat in verbinding met de buitenlucht. De ruimte onder het membraan is verbonden met de ruimte direct boven de remvloeistof.

Het membraan volgt de drukschommelingen in het reservoir. Op deze manier wordt voorkomen dat er waterdamp uit de lucht of spatwater bij de remvloeistof komt. In het midden van het membraan zie je een klepje. Dit moet voorkomen dat er overdruk in het reservoir ontstaat.



**Afb. 3.3**  
**Reservoirdop met membraan**

Er kan ook water in het remsysteem komen door diffusie. Het water dringt dan door de flexibele remslangen heen.

Water in de remvloeistof kan ook de metalen remonderdelen aantasten. Een toevoeging (dope) moet dit voorkomen.

#### *Chemische reacties*

Remvloeistoffen mogen geen ongewenste chemische reacties veroorzaken:

- ze mogen de rubberdelen (cups en slangen) niet aantasten.
- ze mogen geen corrosie veroorzaken.
- ze moeten chemisch neutraal zijn, ze moeten mengbaar zijn met andere in de handel verkrijgbare gelijkwaardige remvloeistoffen.

Remvloeistoffen moeten voldoen aan de eisen die gesteld zijn in de specificaties volgens SAE J1703 en/of ISO 4925.

### **Werken met remvloeistoffen**

Je moet voorzichtig omgaan met remvloeistoffen.

- De meeste remvloeistoffen tasten de lak van de auto aan. Dus niet op de lak knoeien. Komt er toch remvloeistof op de lak, spoel dit dan direct met veel water weg.
- Krijg je remvloeistof in je ogen, dan moet dit onmiddellijk met veel water gespoeld worden.
- Remvloeistof mag niet vermengd worden met afgewerkte olie om afgevoerd te worden. Een mengsel van afgewerkte olie en remvloeistof wordt beschouwd als chemisch afval. Het afvoeren en verwerken daarvan is duurder dan het verwerken van afgewerkte olie alleen.

## **3.2 Kookpunt van remvloeistoffen**

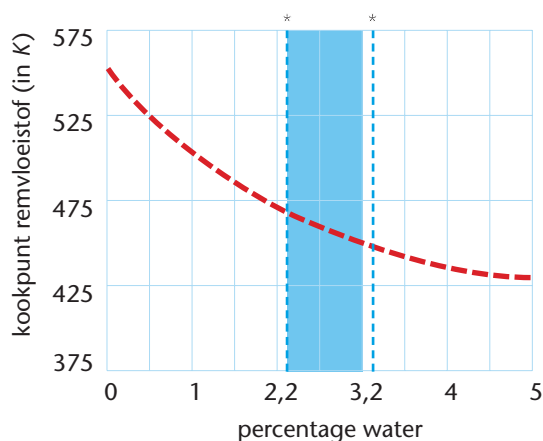
Het kookpunt van een vloeistof is de temperatuur waarbij de vloeistof gaat koken. Bij remvloeistoffen is er sprake van een droog kookpunt en een nat kookpunt.

### **Droog kookpunt**

Het droog kookpunt is het kookpunt van verse (lees: nieuwe) remvloeistof.

### **Nat kookpunt**

Het nat kookpunt is het kookpunt van remvloeistof waarin een bepaald percentage water zit (3,2%). Zodra het kookpunt lager is dan het nat kookpunt moet de remvloeistof vervast worden. In afbeelding 3.4 is te zien hoe groot de invloed van water is op het kookpunt van een remvloeistof.



**Afb. 3.4**  
**Invloed van water op het kookpunt van een remvloeistof**

In tabel 3.1 zie je een overzicht van het droog en het nat kookpunt van enkele remvloeistoffen. Het betreft hier minimale waarden.

**Tabel 3.1 Droog- en nat kookpunt van remvloeistoffen**

Soort remvloeistof	Droog kookpunt (°C)	Nat kookpunt (°C)	Viscositeit bij -40 °C
DOT 3	205	140	maximaal 1500 mm <sup>2</sup> /s
DOT 4	230	155	maximaal 1400 mm <sup>2</sup> /s
DOT 4 ISO-klasse 6	265	175	maximaal 700 mm <sup>2</sup> /s
DOT 5.1	270	185	maximaal 1400 mm <sup>2</sup> /s

Er zijn vier soorten remvloeistof. Ze worden aangeduid met DOT 3, DOT 4, DOT 5 en DOT 5.1. DOT 3, DOT 4 en DOT 5.1 zijn de traditionele remvloeistoffen op basis van polyglycol-ether.

De eigenschappen hiervan zijn de volgende.

- Hygroscopisch;
- Kleurloos (blank) tot ambergeel;
- De drie soorten mogen met elkaar gemengd worden;
- Kookpunten: zie tabel 3.1.

DOT 5 is een afwijkende remvloeistof op basis van siliconen. De eigenschappen hiervan zijn de volgende.

- Niet hygroscopisch;
- Purperrood van kleur;
- Mag niet gemengd worden met DOT 3, DOT 4 en DOT 5.1;
- Kookpunt 260 °C.

DOT 5 ten opzichte van DOT 3, DOT 4 en DOT 5.1:

- DOT 5 tast geen lakken aan. De andere soorten wel.
- DOT 5 is niet hygroscopisch. De andere soorten wel.
- DOT 5 kan in combinatie met elke soort rubber gebruikt worden. De andere soorten niet.
- DOT 5 is duurder dan de drie andere soorten.

### 3.3 Vapour lock

Het begrip vapour lock (in het Nederlands dampslot) heeft direct te maken met het kookpunt van remvloeistof.

Als de temperatuur van de remvloeistof het kookpunt bereikt, gaat de vloeistof koken. Dit kan gebeuren als langdurig achter elkaar wordt geremd. Vapour lock veroorzaakt dampbellen in het remsysteem. Dampbellen zijn samendrukbaar. Door de dampbellen verloopt de drukopbouw in het systeem trager. Het gevolg is dat de remmen onvoldoende werken of zelfs geheel kunnen weigeren.

De kans op vapour lock is het grootst als na langdurig remmen de auto wordt stilgezet of als men langzaam gaat rijden. De warmte van de onderdelen trekt dan in de remvloeistof, terwijl de druk in

het systeem laag is. In deze situatie is er geen of weinig koeling door rijwind.

Vooraf in gebieden met hellingen is de kans op vapour lock groot. Teveel remmen tijdens een afdaling kan tot gevolg hebben dat op een kritiek moment de remmen weigeren.

Vapour lock lost zich vanzelf weer op. Als de remvloeistof afkoelt, verdwijnen de dampbellen weer.

### 3.4 Remvloeistof testen

Remvloeistof is hygroscopisch. Dit betekent dat het water opneemt. Hierdoor daalt het kookpunt. Het is daarom nodig regelmatig het kookpunt van de remvloeistof te meten.

Voor het bepalen van het kookpunt bestaan twee methoden:

- door verhitting;
- door bepaling van de elektrische geleidbaarheid.

#### **Verhitting**

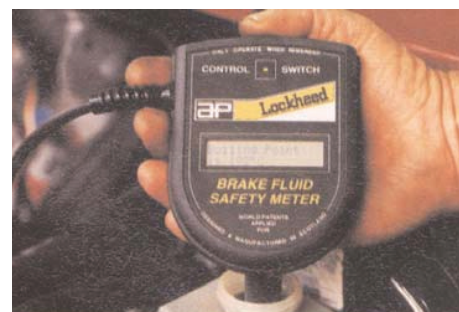
Bij deze methode wordt een monster uit het reservoir genomen. Dit monster wordt in het testapparaat aan de kook gebracht. Zodra het kookpunt is bereikt wordt de verhitting automatisch uitgeschakeld. Het apparaat geeft op dat moment het kookpunt aan.

#### **Elektrische geleidbaarheid**

Bij deze methode wordt een opnemer in het remvloeistofreservoir ondergedompeld. De opnemer is verbonden met een meter (afb. 3.5). Door de vermenging met water verandert de weerstand van het mengsel. De meter stelt de verandering vast en zet deze om in een temperatuuraanwijzing.

#### **Belangrijk!**

Voer de test niet uit direct na het bijvullen van het reservoir. De meting is dan niet juist omdat je dan het kookpunt van verse remvloeistof meet.



Afb. 3.5

Het (nat) kookpunt van remvloeistof meten

### 3.5 Remvloeistof ververset en ontluften

Als het nat kookpunt te laag is, moet de remvloeistof ververset worden. De fabrikant geeft meestal op na hoeveel kilometer of na hoeveel tijd je de remvloeistof moet vervangen. Het ververset kan op twee manieren:

- zonder speciale apparatuur;
- met speciale apparatuur.

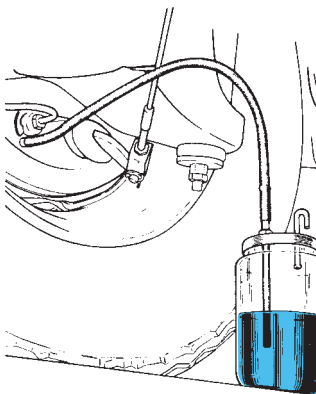
#### **Versetten zonder speciale apparatuur**

Bij deze manier van remvloeistof versetten heb je alleen maar een opvangreservoir nodig waarin je de oude remvloeistof opvangt (afb. 3.6). Het versetten gaat op de volgende manier:



Afb. 3.6

Voorbeeld van een reservoir met slang die aangesloten kan worden op een ontluftingsventiel



**Afb. 3.7**  
**Remsysteem ontluchten**

- Sluit het opvangreservoir met behulp van een transparante slang aan op een ontluchtingsventiel bij een van de wielen (afb. 3.7). Bij voorkeur het wiel dat het verst van de hoofdremcilinder is verwijderd.
- Open het ontluchtingsventiel.
- Pomp met het rempedaal. De remvloeistof wordt nu uit het systeem gepompt. Let er op dat het reservoir niet helemaal leeg raakt. Als het reservoir helemaal leeg is, komt er meer lucht in het remsysteem. Vul het reservoir dus tijdig bij met verse remvloeistof.
- Ga hiermee door tot er heldere (schone) remvloeistof door de slang stroomt.
- Sluit het ontluchtingsventiel.
- Herhaal dit bij de andere wielen.
- Vul het reservoir tot het juiste niveau.

### **Verversings- en ontluchtingsapparaat**

Er zijn apparaten die werken met luchtdruk en apparaten die aangesloten worden op het lichtnet of op een accu. Een verversings- en ontluchtingsapparaat (afb. 3.8) heeft een tank met verse remvloeistof, en een tank voor het opvangen van de oude remvloeistof.

Met behulp van slangen wordt het apparaat aangesloten op:

- de vulopening van het remvloeistofreservoir van de auto;
- een ontluchtingsventiel bij één van de wielen.

Bij het verversen wordt de remvloeistof onder druk door het remsysteem geperst. De oude remvloeistof wordt opgevangen in het daarvoor bedoelde reservoir. De remvloeistof in het reservoir van de auto wordt op peil gehouden door het apparaat.

### **Remsysteem ontluchten**

Lucht is samendrukbaar en verhindert daardoor een snelle drukopbouw bij het remmen. Daarom mag er geen lucht in een hydraulisch remsysteem zitten. Als er lucht in een remsysteem zit dan voelt het rempedaal bij het indrukken sponzig (verend) aan. Eventuele lucht moet uit het remsysteem verwijderd worden.

Het ontluchten kan op dezelfde manier en met dezelfde gereedschappen uitgevoerd worden als besproken is bij het verversen. Dus zowel zonder speciale apparatuur als met speciale apparatuur. Het verschil is dat nu niet alle remvloeistof vervangen hoeft te worden. Zodra alle lucht uit het systeem verdwenen is, kan gestopt worden. Als er geen luchtbelllen meer door de plastic slang stromen is de lucht uit het systeem verwijderd.



**Afb. 3.8**  
**Voorbeeld van een verversings- en ontluchtingsapparaat**



### 3.6 Remvloeistofniveau-indicatie

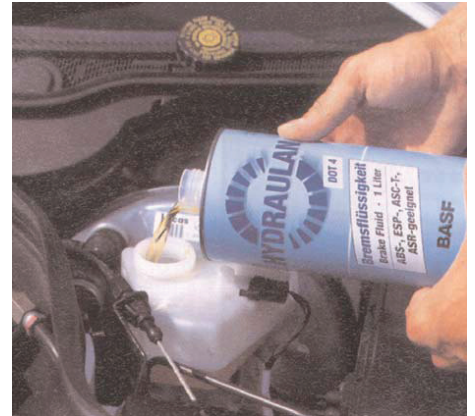
Op het transparante remvloeistofreservoir zijn het minimum en het maximum niveau aangegeven (afb. 3.9).

Als het niveau van de remvloeistof te laag is, moet je remvloeistof bijvullen (afb. 3.10).



**Afb. 3.9**

**Minimum en maximum niveau op het remvloeistofreservoir**

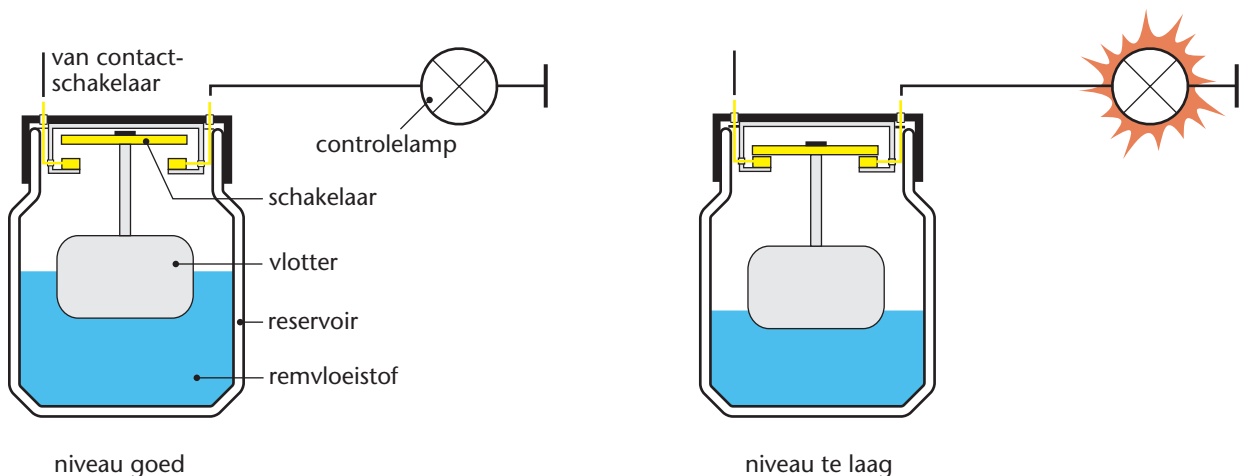


**Afb. 3.10**

**Remvloeistof bijvullen**

Vanwege de verkeersveiligheid moet het niveau van de remvloeistof constant gecontroleerd worden. Meestal wordt het niveau in de gaten gehouden door een indicatie op het instrumentenpaneel in de auto (afb. 3.11). Dit bestaat dan uit:

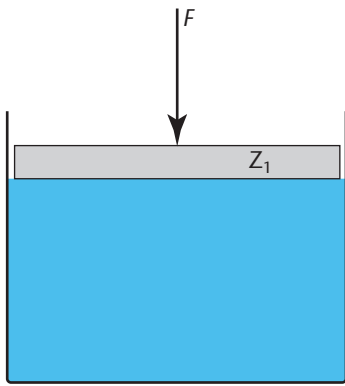
- een vlotter met schakelaar in het reservoir;
- een controlelamp op het instrumentenpaneel.



Als het niveau voldoende hoog is drukt de vlotter de schakelaar open. De controlelamp brandt dan niet. Daalt het niveau tot een bepaalde hoogte, dan zorgt de vlotter er voor dat de schakelaar sluit. De controlelamp op het instrumentenpaneel gaat nu branden als waarschuwing voor de bestuurder.

**Afb. 3.11**

**Voorbeeld van een remvloeistofniveau controlesysteem**



**Afb. 3.12**

*De grootte van  $F$  en de oppervlakte van zuiger  $Z_1$  bepalen de druk onder de zuiger*

### 3.7 Wet van Pascal

#### **Druk en kracht**

Een vat (afb. 3.12) is gevuld met vloeistof. Aan de bovenzijde is het vat afgesloten door een zuiger ( $Z_1$ ). Als op de zuiger een kracht ( $F$ ) wordt uitgeoefend, dan ontstaat onder de zuiger een druk.

Druk is de kracht op een bepaalde oppervlakte-eenheid.

Bijvoorbeeld de kracht op een vierkante centimeter of op een vierkante meter.

Als de kracht wordt opgegeven in newton (N) en de oppervlakte in vierkante meter ( $m^2$ ), wordt de druk uitgedrukt in newton per vierkante meter ( $N/m^2$ ).

De eenheid  $N/m^2$  is gelijk aan de eenheid pascal (Pa).

Als in afbeelding 3.12 de kracht 80 N is, en de oppervlakte van de zuiger is  $0,04 m^2$ , dan is de druk onder de zuiger:

$$\text{Druk} = \frac{\text{kracht}}{\text{oppervlakte}} = \frac{80 \text{ N}}{0,04 m^2} = 2000 \text{ N/m}^2 = 2000 \text{ Pa}$$

Omdat:

- het symbool voor druk de letter  $p$  is,
- het symbool voor kracht de letter  $F$  is,
- het symbool voor oppervlakte de letter  $A$  is,

luidt de formule voor het berekenen van de druk:

$$p = \frac{F}{A} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

#### **Wet van Pascal**

De wet van Pascal zegt iets over de druk die wordt uitgeoefend op een vloeistof. De wet van Pascal luidt:

De druk die wordt uitgeoefend op een vloeistof, in een gevuld en gesloten systeem plant zich in alle richtingen gelijkmatig en onveranderd voort.

Hiermee wordt het volgende bedoeld.

In afbeelding 3.13 wordt zuiger  $Z_1$  met een kracht  $F_1$  naar rechts gedrukt. Als gevolg hiervan heerst rechts van zuiger  $Z_1$  een bepaalde druk. Deze druk heerst nu overal in het getekende systeem. Dus ook bij de zuigers  $Z_2$  en  $Z_3$ . Met behulp van deze kennis kun je berekenen hoe groot de kracht is die op de zuigers  $Z_2$  en  $Z_3$  werkt.

We bekijken aan de hand van de rekenvoorbeelden 1 en 2 hoe zo'n berekening gaat.

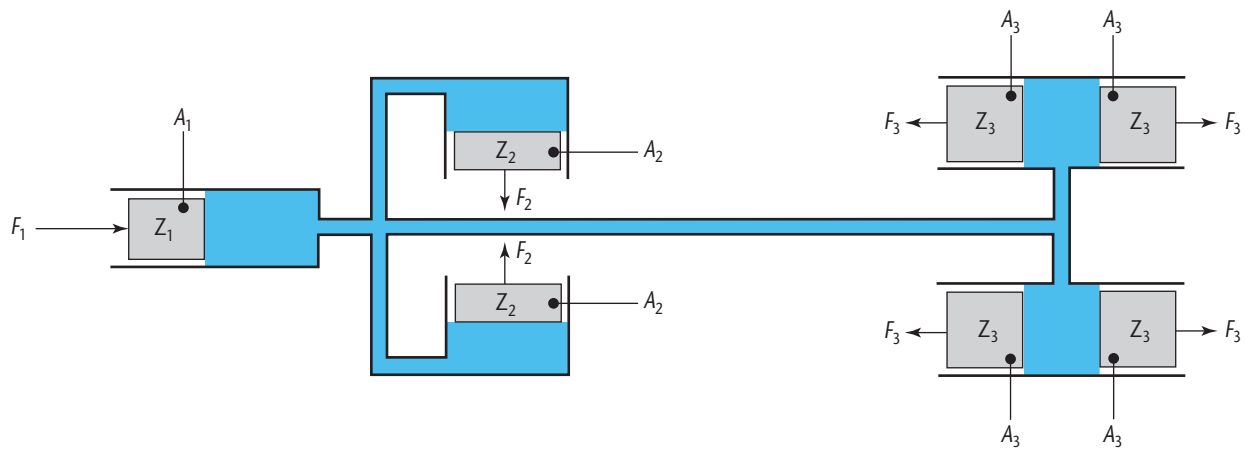
#### *Rekenvoorbeeld 1*

*Gegeven (afb. 3.14):*

$$F_1 = 1000 \text{ N}$$

Oppervlakte  $A_1$  van zuiger  $Z_1$  is  $0,0002 m^2$

Oppervlakte  $A_2$  van zuiger  $Z_2$  is  $0,0006 m^2$



Gevraagd:

- De druk in de vloeistof.
- De kracht tegen de onderzijde van zuiger  $Z_2$ .

Oplossing:

- De druk in de vloeistof kun je berekenen met:

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{1000 \text{ N}}{0,0002 \text{ m}^2} = 500 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

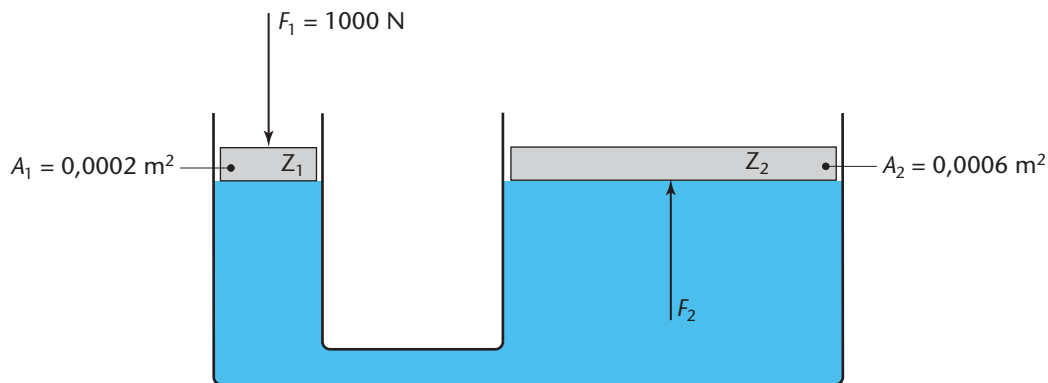
- Onder de zuiger  $Z_2$  heerst, volgens de wet van Pascal, een druk van  $500 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ .

De kracht  $F_2$  kun je nu berekenen met:

$$F_2 = p \times A_2 = 500 \times 10^4 \text{ N/m}^2 \times 0,0006 \text{ m}^2 = 3000 \text{ N}$$

**Afb. 3.13**

**Bij elke zuiger heerst dezelfde druk**

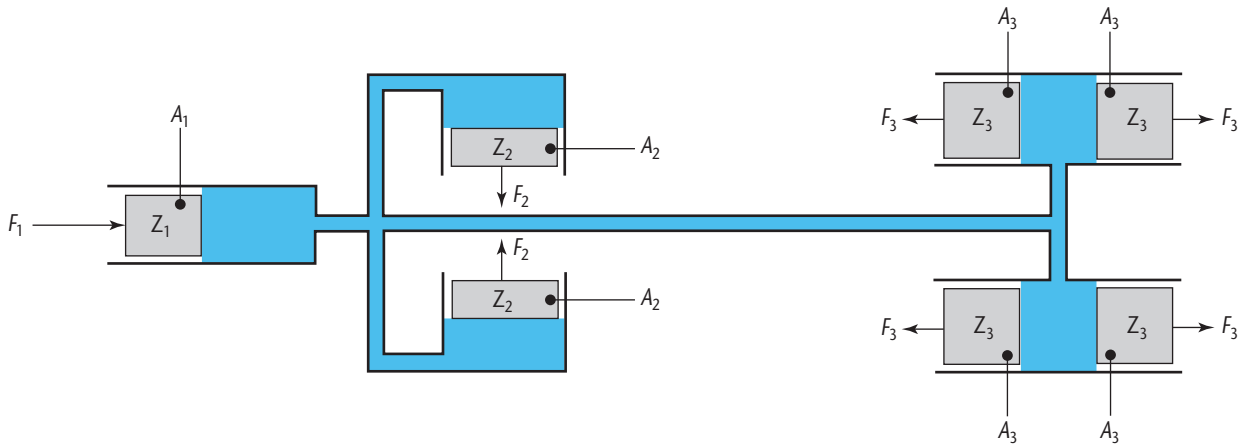


**Afb. 3.14**

**Het verband tussen kracht (F), druk (p) en oppervlakte (A)**

### Rekenvoorbeeld 2

In afbeelding 3.15 is een hydraulisch remsysteem getekend. De kracht  $F_1$  is 2500 N, de oppervlakte van de zuiger  $Z_1$  is 0,00125 m<sup>2</sup>, van de zuiger  $Z_2$  0,002 m<sup>2</sup> en van de zuiger  $Z_3$  0,001 m<sup>2</sup>. Bereken de krachten  $F_2$  en  $F_3$ .



**Afb. 3.15**  
**Hydraulisch remsysteem**

Gegeven:

$$\begin{aligned} F_1 &= 2500 \text{ N} \\ A_1 &= 0,00125 \text{ m}^2 \\ A_2 &= 0,002 \text{ m}^2 \\ A_3 &= 0,001 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Gevraagd:

- a  $F_2$
- b  $F_3$

Oplossing:

De druk in het systeem is:

$$p = \frac{F_1}{A_1} = \frac{2500 \text{ N}}{0,00125 \text{ m}^2} = 20 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 20 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{a } F_2 = p \times A_2 = 20 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \times 0,002 \text{ m}^2 = 4000 \text{ N}$$

$$\text{b } F_3 = p \times A_3 = 20 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \times 0,001 \text{ m}^2 = 2000 \text{ N}$$

Door gebruik te maken van voorvoegsels kunnen we ook zeggen:

$$p = 2000 \text{ kPa of } 2 \text{ MPa}$$

$$F_2 = 4 \text{ kN}$$

$$F_3 = 2 \text{ kN}$$

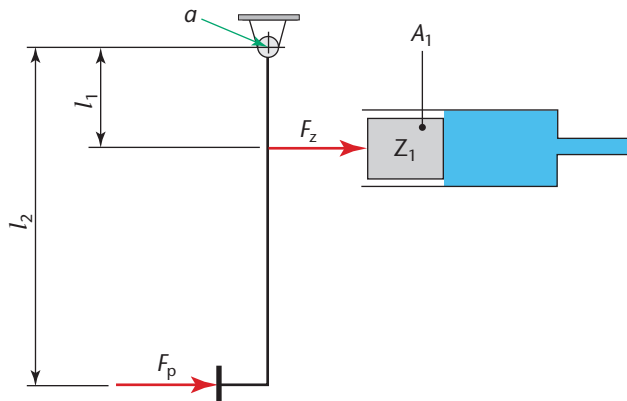
(k = kilo = 1000 en M = mega = 1000000).

## 3.8 Hefbomen

In afbeelding 3.16 is op een eenvoudige manier een rempedaal met hoofdremcilinder getekend:

- De kracht  $F_p$  is de voetkracht op het rempedaal.
- De kracht  $F_z$  is de kracht waarmee de zuiger in de hoofdremcilinder naar rechts wordt gedrukt.

Zo'n pedaalconstructie is een hefboom. Het doel van een hefboom is de uitgeoefende kracht  $F_p$  vergroot over te brengen.



**Afb. 3.16**

**Een hefboom waarbij het drukpunt tussen het scharnierpunt en het pedaal zit**

Er vindt bij een hefboom dus een krachtvergroting plaats. Deze krachtoverbrenging is afhankelijk van de hefboomverhouding.

De hefboomverhouding in dit voorbeeld (afb. 3.16) is de verhouding tussen de afstanden  $l_1$  en  $l_2$ . Hier geldt:

$$\text{hefboomverhouding} = \frac{l_1}{l_2}$$

Je kunt in dit voorbeeld de kracht op de zuiger ( $F_z$ ) berekenen met de formule:

$$F_z = \frac{l_1}{l_2} \times F_p$$

In afbeelding 3.17 zie je nog een uitvoering van een hefboom. Het scharnierpunt ligt nu tussen de beide krachten  $F_1$  en  $F_2$ .

Ook hier geldt:

$$\text{hefboomverhouding} = \frac{l_1}{l_2}$$

In het algemeen kun je zeggen:

De hefboomverhouding wordt bepaald door de afstanden van de krachten tot het scharnierpunt.

**Rekenvoorbeeld 1 (afb. 3.18)**

Bereken de kracht  $F_2$ , als de afstand  $l_1$  gelijk is aan 0,3 m en de afstand  $l_2$  gelijk is aan 0,05 m. De kracht  $F_1$  is 750 N.

**Gegeven:**

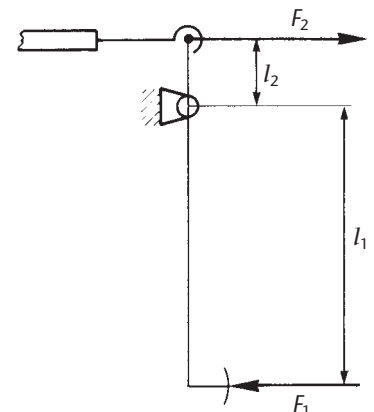
$$l_1 = 0,3 \text{ m}$$

$$l_2 = 0,05 \text{ m}$$

$$F_1 = 750 \text{ N}$$

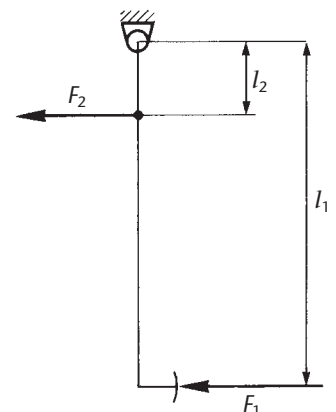
**Gevraagd:**

$$F_2$$



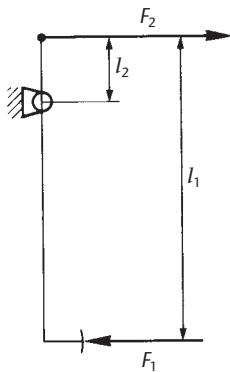
**Afb. 3.17**

**Het scharnierpunt ligt hier tussen de beide krachten  $F_1$  en  $F_2$**



**Afb. 3.18**

**Rekenvoorbeeld 1**



Afb. 3.19

$$F_1 \times (l_1 - l_2) = F_2 \times l_2$$

Oplossing:

$$F_2 = \frac{l_1}{l_2} \times F_1 = \frac{0,3 \text{ m}}{0,05 \text{ m}} \times 750 \text{ N} = 4500 \text{ N}$$

Rekenvoorbeeld 3 (afb. 3.19)

Bereken de kracht  $F_2$ , als de afstand  $l_1$  gelijk is aan 0,3 m en de afstand  $l_2$  gelijk is aan 0,05 m. De kracht  $F_1$  is 750 N.

Gegeven:

$$l_1 = 0,3 \text{ m}$$

$$l_2 = 0,05 \text{ m}$$

$$F_1 = 750 \text{ N}$$

Gevraagd:

$$F_2$$

Oplossing:

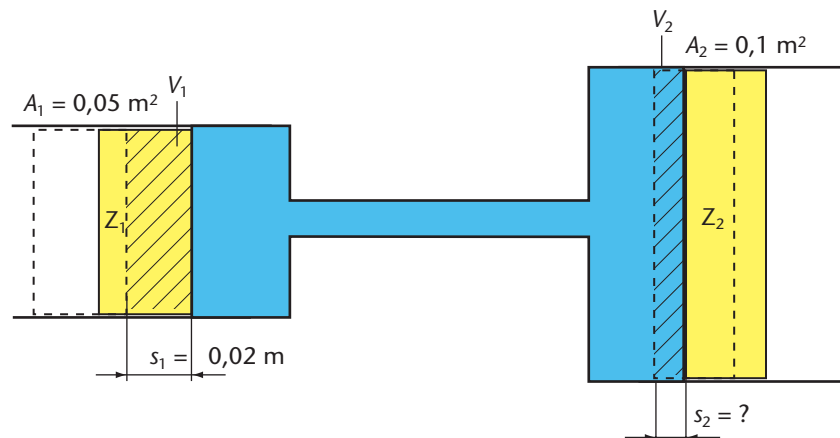
Let erop dat nu niet de juiste afstand van  $l_1$  is gegeven. De juiste afstand noemen we  $l_3$ . De afstand  $l_3$  moet je eerst berekenen.

$$l_3 = l_1 - l_2 = 0,3 \text{ m} - 0,05 \text{ m} = 0,25 \text{ m}$$

$$F_2 = \frac{l_3}{l_2} \times F_1 = \frac{0,25 \text{ m}}{0,05 \text{ m}} \times 750 \text{ N} = 3750 \text{ N}$$

### 3.9 Vloeistofverplaatsing

In afbeelding 3.20 zijn twee cilinders met elkaar verbonden. In elke cilinder zit een zuiger. Tussen de zuigers zit vloeistof.



Afb. 3.20

Vloeistofverplaatsing

Als  $Z_1$  over een bepaalde afstand wordt verplaatst, heeft dit tot gevolg dat ook  $Z_2$  wordt verplaatst:

- Beweegt  $Z_1$  naar rechts dan wordt er een bepaald volume aan vloeistof verplaatst.
- Ditzelfde volume moet dan ook bij  $Z_2$  worden verplaatst.

In de tekening zie je dat  $Z_1$  over een afstand van 0,02 m ( $s_1$ ) naar rechts is verplaatst.

De oppervlakte van  $Z_1$  is 0,05 m² ( $A_1$ ).



Het vloeistofvolume ( $V_1$ ) dat wordt verplaatst, kun je nu berekenen:

$$V_1 = s_1 \times A_1 = 0,02 \text{ m} \times 0,05 \text{ m}^2 = 0,001 \text{ m}^3.$$

$V_2$  is ook  $0,001 \text{ m}^3$ , dus:

$$s_2 = \frac{V_2}{A_2} = \frac{0,001 \text{ m}^3}{0,1 \text{ m}^2} = 0,01 \text{ m}$$

Als je de gegevens en de berekende waarden met elkaar vergelijkt, zie je dat:

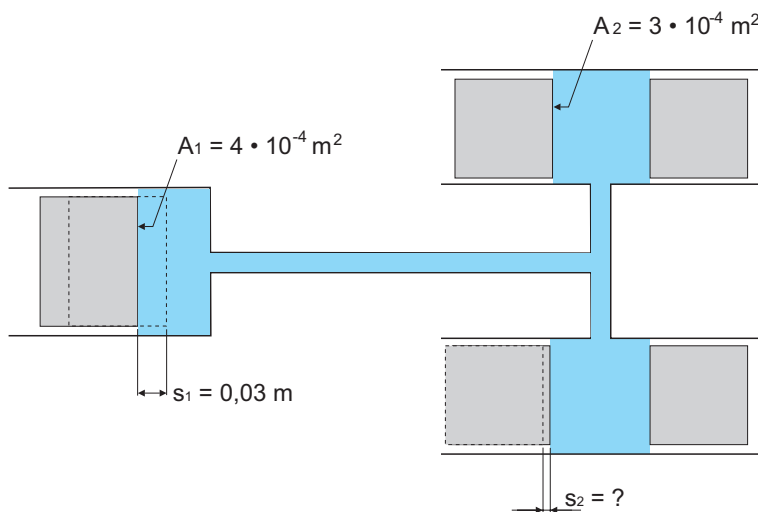
- 1  $A_2$  tweemaal zo groot is als  $A_1$ ;
- 2  $s_2$  de helft is van  $s_1$ .

Uit het voorgaande volgt dat de afgelegde weg van de zuigers omgekeerd evenredig is met de oppervlakte van de zuigers.

*Rekenvoorbeeld 1 (afb. 3.21)*

De zuiger ( $A_1$ ) in de hoofdremcilinder heeft een oppervlakte van  $4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ . De zuiger wordt over een afstand ( $s_1$ ) van  $0,03 \text{ m}$  verplaatst. Als gevolg hiervan worden in totaal vier zuigers in de wielremcilinders verplaatst. De vier zuigers worden allemaal over een gelijke afstand verplaatst. Ze hebben ook allemaal dezelfde oppervlakte ( $A_2$ ) van  $3 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ .

Bereken de afstand ( $s_2$ ) waarover één zuiger van een wielremcilinder wordt verplaatst.



**Afb. 3.21**  
**Rekenvoorbeeld 1**

**Gegeven:**

$$A_1 = 4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_2 = 3 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ (4 maal)}$$

$$s_1 = 0,03 \text{ m}$$

**Gevraagd:**

De verplaatsing van één wielremcilinderzuiger ( $s_2$ ).

**Oplossing:**

De vloeistofverplaatsing in de hoofdremcilinder is:

$$V_1 = s_1 \times A_1 = 0,03 \text{ m} \times 4 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 12 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

De vloeistofverplaatsing bij één wielremcilinderzuiger is dan:

$$V_2 = \frac{V_1}{4} = \frac{12 \times 10^{-6} \text{ m}^3}{4} = 3 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

De afstand waarover één zuiger zich verplaatst is:

$$s_2 = \frac{V_2}{A_2} = \frac{3 \times 10^{-6} \text{ m}^3}{3 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,01 \text{ m}$$

# 4 Remsystemen

## 4.1 Inleiding

Bij hydraulische remsystemen wordt gebruikgemaakt van een hoofdremcilinder. Deze wordt in principe rechtstreeks bediend door het rempedaal. Meestal wordt de bediening ondersteund door een rembekrachtiger.

Rembekrachtigers zijn voetkracht-ondersteunende apparaten. Dit wil zeggen dat er, in vergelijking met een reminstallatie zonder bekrachtiger, minder voetkracht nodig is.



Afb. 4.1  
Duikeffect???

Bij het afremmen van een voertuig neemt de voorasbelasting toe en de achterasbelasting af. Dit wordt veroorzaakt door het zogenaamde 'duikeffect' (afb. 4.1). Een gevolg hiervan kan zijn dat de achterwielen gemakkelijk blokkeren bij afremmen. Dit kan tot gevaarlijke situaties leiden. Door het toepassen van remdrukbegrenzers of remdrukregelaars kan dit worden voorkomen.

Bij auto's met een **Anti Blokkeer Systeem** (ABS) neemt het ABS de taak van de remdrukbegrenzers en remdrukregelaars over.

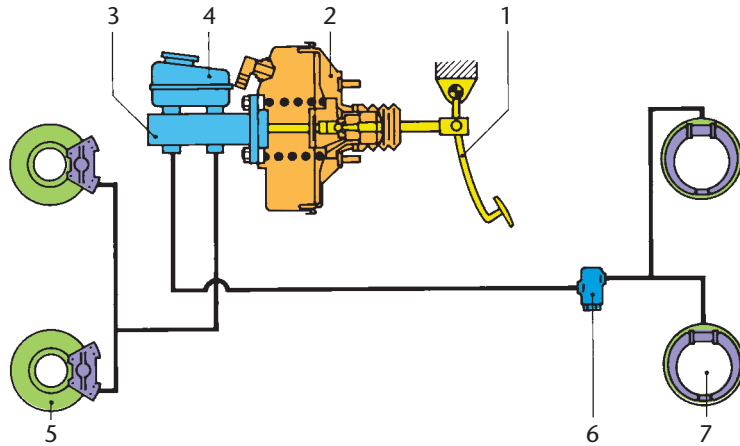
## 4.2 Hoofdremcilinder

In de hoofdremcilinder wordt de druk opgebouwd waarmee de remvoeringen tegen de remschijven of de remtrommels worden gedrukt. De hoofdremcilinder wordt in principe rechtstreeks bediend door het rempedaal (afb. 4.2).

**Afb. 4.2**

**Plaats van een hoofdremcilinder in een hydraulisch remsysteem**

- 1 rempedaal
- 2 rembekrachtiger
- 3 hoofdremcilinder
- 4 remvloeistofreservoir
- 5 schijfrem (voor)
- 6 remdrukregelaar
- 7 trommelrem (achter)



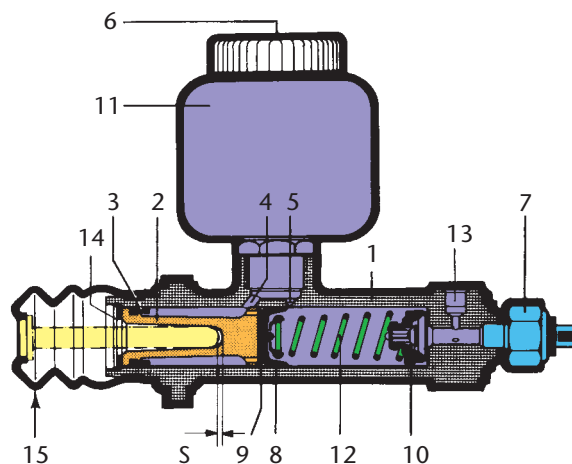
### Opbouw en werking

In afbeelding 4.3 is een hoofdremcilinder in doorsnede getekend. Dit is een hoofdremcilinder voor een éénkringsremsysteem. Dit type komen we in de praktijk niet meer tegen. Ze zijn vervangen door tandem hoofdremcilinders. We hebben dan te maken met een tweekringsremsysteem. Voor de duidelijkheid behandelen we eerst deze eenvoudige uitvoering.

**Afb. 4.3**

**Hoofdremcilinder in doorsnede**

- 1 hoofdremcilinder
- 2 metalen zuiger
- 3 secundaire cup
- 4 toevoerkanaal
- 5 compensatiekanaal
- 6 deksel van reservoir
- 7 remlichtschakelaar
- 8 primaire cup
- 9 beschermerschijfje
- 10 bodemklep
- 11 remvloeistofreservoir
- 12 drukveer
- 13 aansluiting voor remleiding
- 14 borgring (Seegerring)
- 15 hoes



In de cilinder (1) zit aan de linkerkant een metalen zuiger (2). Deze zuiger kan met het rempedaal naar rechts worden geschoven. Na het loslaten van het rempedaal zorgt een drukveer (12) ervoor dat de zuiger weer terugkeert in zijn ruststand. Op de metalen zuiger zit aan de linkerkant de secundaire cup (3). Deze cup van rubber zorgt voor afdichting van de zuiger naar buiten toe.

Rechts van de zuiger zit de primaire cup (8). Deze is eveneens van rubber. De primaire cup zorgt voor afdichting van de zuiger ten opzichte van de ruimte rechts.

Tussen de zuiger en de primaire cup zit een beschermerschijfje (9). Geheel rechts in de cilinder vinden we de bodemklep (10). Dit is een dubbelwerkende klep. Dit betekent dat de klep naar twee richtingen vloeistof kan doorlaten.

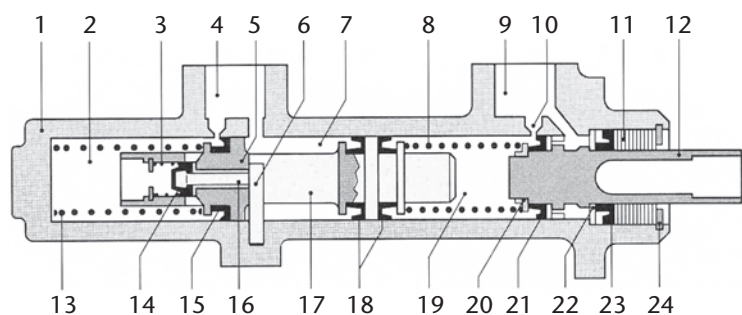
In het reservoir (11) zit een voorraad remvloeistof. De verbinding tussen het reservoir en de cilinder wordt gevormd door het toevoerkanaal (4) en het compensatiekanaal (5).

Via de aansluiting (13) wordt de in de hoofdremcilinder opgewekte vloeistofdruk overgebracht naar de leidingen en vandaar naar de wielremcilinders.

Geheel links van de zuiger zit een verende borgring (14). Deze zorgt ervoor dat de zuiger niet verder naar links kan. De rubber hoes (15) voorkomt dat er vuil van buiten af in de cilinder komt.

### **Tandem hoofdremcilinder**

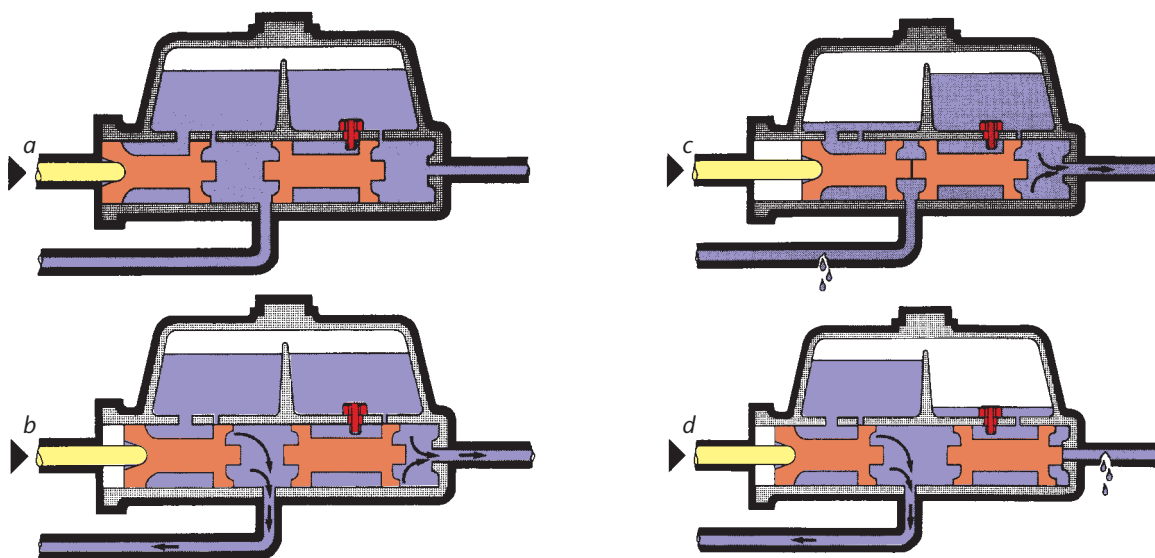
In afbeelding 4.4 zien we de algemeen toegepaste tandem hoofdremcilinder. Hierin komen in principe dezelfde onderdelen voor, alleen van elk twee stuks.



**Afb. 4.4**

**Tandem hoofdremcilinder in doorsnede**

- 1 hoofdremcilinder
- 2 drukkamer
- 3 klepveer
- 4 verbinding met reservoir
- 5 metalen zuiger
- 6 aanslag
- 7 tussenruimte
- 8 drukveer
- 9 verbinding met reservoir
- 10 compensatiekanaal
- 11 bus
- 12 metalen zuiger
- 13 drukveer
- 14 klep
- 15 primaire cup
- 16 klepstift
- 17 tussenzuiger
- 18 scheidingscup en secundaire cup
- 19 drukkamer
- 20 stootring
- 21 primaire cup
- 22 aanslagring
- 23 secundaire cup
- 24 borgring



In afbeelding 4.5 kun je zien hoe de twee zuigers in een tandem hoofdremcilinder bewegen:

- In tekening a staan beide zuigers in hun ruststand. Er wordt niet geremd.
- In tekening b wordt geremd. Beide circuits zijn in werking.
- In tekening c lekt het eerste, primaire, circuit.
- In tekening d lekt het tweede, secundaire, circuit.

**Afb. 4.5**

**Principe van de zuigerbewegingen in een tandem hoofdremcilinder**

#### Tekening c:

De zuiger van het lekkende primaire circuit schuift nu zo ver naar rechts zodat de stift tegen de stift van de tweede (secundaire) zuiger aankomt. Samen bewegen de zuigers daarna verder naar rechts. Alleen het secundaire circuit remt.

#### Tekening d:

In tekening d lekt het secundaire circuit. Nu schuift de secundaire zuiger bij remmen eerst helemaal naar rechts. Vervolgens kan de primaire zuiger een druk opbouwen.

Het rempedaal moet verder worden ingetrapt als één van de remkringen lekt.

In afbeelding 4.5 zie je ook dat het reservoir uitgevoerd is met een tussenschot. Dit is om te voorkomen dat het reservoir helemaal leegloopt als een deel van een gescheiden remsysteem leegloopt.

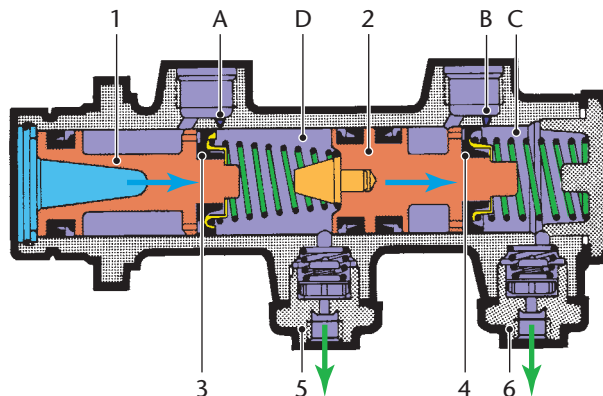
#### Werking

Bij remmen beweegt de zuiger (1) met zijn cups naar rechts (afb. 4.6). Na het afleggen van een kleine afstand wordt het compensatiekanaal (A) afgesloten door de primaire cup (3). Het compensatiekanaal vormt de verbinding tussen het reservoir en de ruimte (D).

#### Afb. 4.6

##### Tandem hoofdremlcilinder in doorsnede

- 1 zuiger
- 2 zuiger
- 3 primaire cup
- 4 primaire cup
- 5 aansluiting remkring 1
- 6 aansluiting remkring 2
- A compensatiekanaal
- B compensatiekanaal
- C ruimte remkring 2
- D ruimte remkring 1



In ruimte (D) wordt nu een overdruk opgebouwd. Deze druk zorgt voor de kracht waarmee de tweede zuiger (2) naar rechts wordt verplaatst. De primaire cup (4) van deze zuiger zal nu ook het compensatiekanaal (B) afsluiten. Het gevolg is dat nu in ruimte (C) dezelfde druk heerst als in ruimte (D). Deze druk plant zich voort naar de wielremcilinders, zodat de remmen in werking treden. De twee remcircuits (remkringen) zijn via de aansluitingen (5) en (6) verbonden met de hoofdremlcilinder.

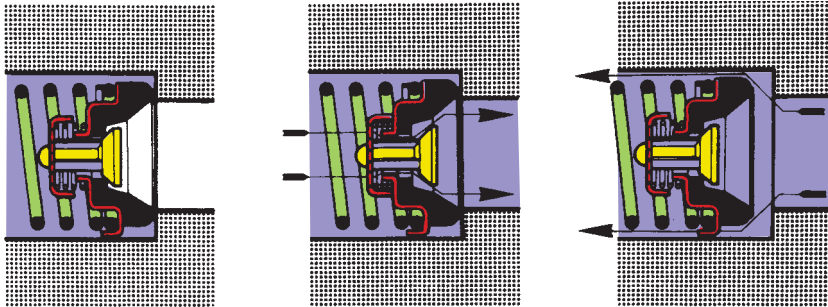
In elk van de twee aansluitstukken (5) en (6) is een bodemklep gemonteerd. Deze klep zorgt voor een zekere restdruk in het remsysteem. Hierdoor worden de rubber cups in de wielremcilinders van trommelremmen goed tegen de cilinderwand gedrukt.

Ook kan hierdoor het ontluchten gemakkelijker verlopen. De bodemklep voorkomt namelijk dat via een openstaand ontluchttingsventiel lucht wordt aangezogen.

Door de overdruk ontstaat minder gemakkelijk vapour lock (dampslot).

Een bodemklep is een dubbelwerkende klep. In afbeelding 4.7 zien we een voorbeeld.

- In de linker tekening staat de klep gesloten. Er wordt niet geremd.
- In de middelste tekening stroomt tijdens het remmen remvloeistof uit de hoofdremcilinder naar de remleidingen.
- In de rechter tekening stroomt, na het remmen, remvloeistof terug uit de leidingen naar de hoofdremcilinder.



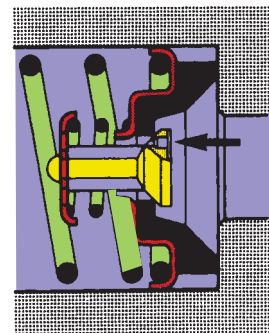
Afb. 4.7

*Voorbeeld van de werking van een bodemklep*

Bij een bepaalde resterende overdruk, de restdruk, sluit de klep na het remmen. De hoogte van de restdruk wordt bepaald door de oppervlakte van de klep en de drukkracht van de drukveer.

Bij schijfremmen wordt geen (normale) bodemklep gebruikt. Hier is restdruk niet gewenst. Dit in verband met het eventueel aanslepen van de remblokken tegen de remschijf.

In afbeelding 4.8 zien we een speciale bodemklep voor schijfremmen. De klep is doorboord. Een dergelijke klep werkt als een normale bodemklep. Het verschil is dat er geen blijvende restdruk is.



Afb. 4.8

*Een 'doorboorde' bodemklep voor toepassing bij schijfremmen*

We hebben gezien dat de metalen zuigers in de hoofdremcilinder afgesloten worden door rubber cups (afb. 4.6). Aan de ene kant zit de primaire cup, aan de andere kant de secundaire cup. Tussen deze twee cups is een met remvloeistof gevulde ruimte. Deze ruimte is met het reservoir verbonden via ruime kanalen. Deze constructie is bedoeld om problemen te voorkomen als het rempedaal na het remmen snel wordt losgelaten.

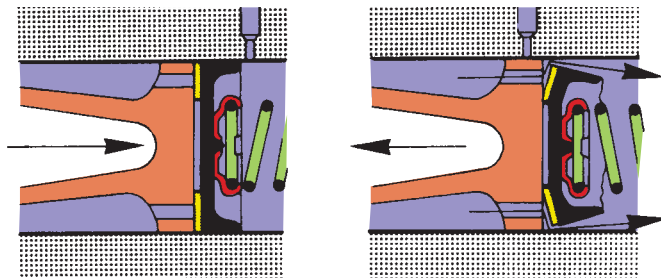
Na het remmen wordt het rempedaal meestal snel losgelaten. De zuigers keren dan terug naar hun ruststand. Door de plotselinge volumevergroting kan in de rest van het remsysteem onderdruk ontstaan. De remvloeistof kan niet snel genoeg terug stromen. Door deze onderdruk kan er lucht naar binnen worden gezogen.

Als een onderdruk en een tekort aan vloeistof dreigt te ontstaan, buigt de primaire cup naar binnen. Dit is te zien in afbeelding 4.9.



Afb. 4.9

Voorbeeld van de werking van de primaire cup en de gaatjes in de zuiger



De linker afbeelding toont de stand van de primaire cup bij het indrukken van het rempedaal. De rechter toont de stand als het rempedaal snel wordt losgelaten. In plaats van lucht kan er nu extra remvloeistof uit de ruimte tussen de twee cups toestromen. Om dit vlot te laten stromen zijn in de zuiger een aantal kleine boringen aangebracht.

Er moet worden voorkomen dat het rubber van de primaire cup beschadigd raakt door de gaatjes. Daarom is een beschermplaatje tussen primaire cup en zuiger aangebracht.

Als de zuiger in zijn uitgangspositie is teruggekomen, moet het teveel aan remvloeistof weer terug naar het reservoir. Dit gaat via de compensatiekanalen.

Een compensatiekanaal heeft altijd een zeer kleine doorsnede. Bij een grote doorsnede zou de primaire cup snel beschadigen.

Als een compensatiekanaal niet vrijkomt na het remmen of verstopt is geraakt door vervuiling, kan de extra remvloeistof niet meer terugstromen naar het reservoir. Hierdoor komen de remmen niet meer vrij. De auto blijft geremd.

Door een onjuiste afstelling kan het gebeuren dat een compensatiekanaal na het remmen niet wordt vrijgemaakt door de primaire cup. Dit kan komen omdat er geen speling is (in afb. 4.10 aangegeven met de letter S). Deze speling is nodig om er zeker van te zijn dat de zuiger volledig kan terugkomen in de ruststand.

In afbeelding 4.11 is een aantal voorbeelden van rubber cups afgebeeld, zoals ze er in werkelijkheid uit kunnen zien.

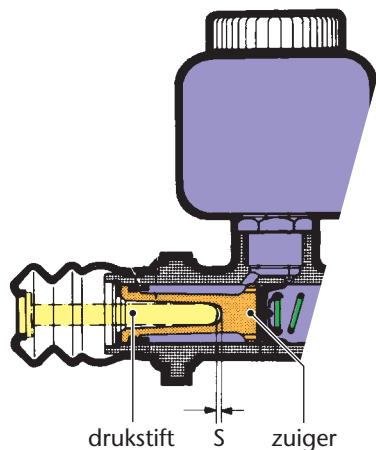
#### Hoofdremcilinder controleren

Het remmen begint bij het pedaal dat de hoofdremcilinder bedient. Een goede werking van de hoofdremcilinder is belangrijk voor het functioneren van het remsysteem. Storingen in het remsysteem kunnen worden veroorzaakt door een defecte hoofdremcilinder.

Bij het indrukken van het rempedaal kun je het volgende controleren:

- het op druk komen en blijven van het remsysteem;
- lekkage van de hoofdremcilinder;
- een verstopt compensatiegaatje;
- de vrije slag van het rempedaal.

Hierna volgen enkele storingen en hun mogelijke oorzaken.



Afb. 4.10

In ruststand moet er enige speling zijn tussen de drukstift en de zuiger in de hoofdremcilinder



Afb. 4.11

Voorbeelden van rubber cups

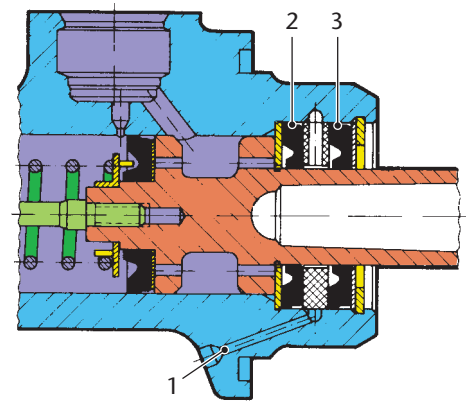
#### *De hoofdremcilinder verliest remvloeistof*

Als de secundaire cup aan de kant van de bedieningszuiger niet goed afdicht, lekt er remvloeistof weg (afb. 4.12). Soms kun je sporen van de lekkage zien doordat er leksporen aan de buitenzijde van de rembekrachtiger zitten. Dit komt dan uit de lekkageboring, die in de hoofdremcilinder is aangebracht. Als er geen lekboring is, komt de remvloeistof meestal in de (vacuüm) rembekrachtiger.

#### *Na het ontluchten komt er opnieuw lucht in het systeem*

Dit kan het gevolg zijn van een lekkende secundaire cup (afb. 4.12). De secundaire cup heeft aan de zijde van de bedieningszuiger namelijk twee functies:

- vloeistofafdichting: voorkomen dat er remvloeistof weglekt;
- vacuümafdichting: voorkomen dat er lucht in de hoofdremcilinder komt bij het loslaten van het rempedaal.



**Afb. 4.12**

**Lekboring**

1 lekboring

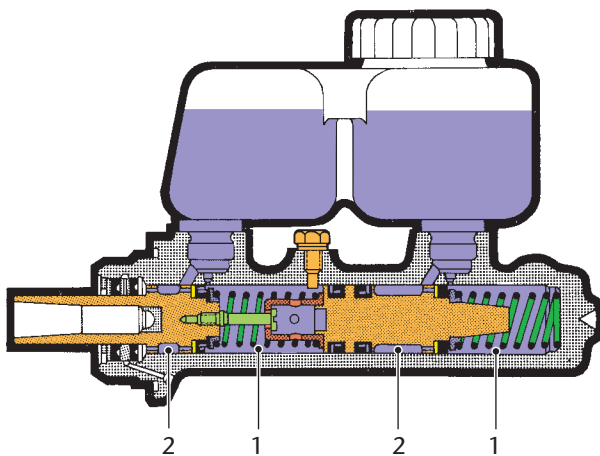
2 secundaire cup vloeistofafdichting

3 secundaire cup vacuümafdichting

#### *Het rempedaal zakt steeds dieper als deze met een constante kracht wordt bediend*

Wanneer de remvoeringen bij het remmen aanliggen tegen de remschijf of de remtrommel, mag het rempedaal niet dieper zakken. Als dit toch gebeurt, kan een lekkende primaire cup in de hoofdremcilinder de oorzaak zijn. Er stroomt remvloeistof vanuit de ruimtes (1) rechts van de primaire cup, naar de ruimtes (2) links van de primaire cup (afb. 4.13).

Een lekkende primaire cup veroorzaakt geen uitwendige lekkage.



**Afb. 4.13**

**Lekke primaire cup**

Er kunnen ook andere redenen zijn waarom het rempedaal steeds dieper wegzakt, bijvoorbeeld door uitwendige lekkage bij:

- de wielremcilinders
- ontluchtingsnippels
- remkrachtverdeler(s)/remdrukregelaars
- remleidingen en remslangen.

Een defecte bodemklep in de hoofdremcilinder kan lekkage bij de wielremcilinders van trommelremmen veroorzaken. Er is dan geen of onvoldoende restdruk, waardoor de cups in de wielremcilinders niet meer goed afdichten. Ook kan er bij een lekke bodemklep in rusttoestand lucht in het remsysteem komen.

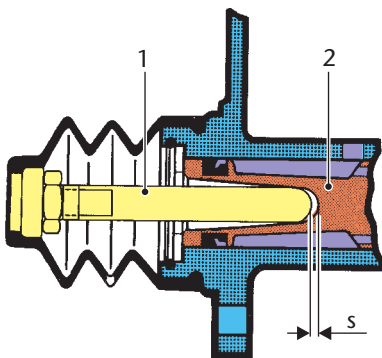
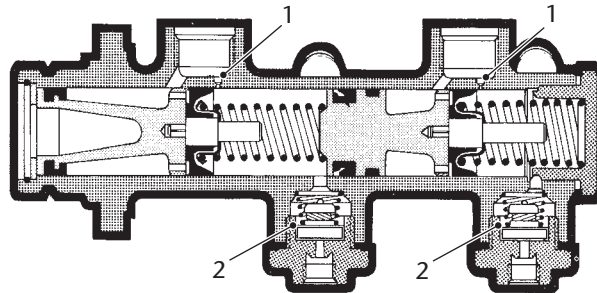
Nadat het rempedaal is losgelaten blijven de remmen aanlopen  
Dit kan het gevolg zijn van defecten aan de hoofdremlcilinder:

- Een verstopt compensatiekanaal. Na het loslaten van het rempedaal kan de remvloeistof niet naar het reservoir terugstromen (afb. 4.14).
- De bodemklep opent niet bij het loslaten van het rempedaal.

**Afb. 4.14**

**Compensatiekanaal en bodemklep**

- 1 compensatiekanaal  
2 bodemklep



**Afb. 4.15**

**Vrije slag**

- 1 drukstang  
2 bedieningszuiger  
s speling

Mogelijke oorzaken buiten de hoofdremlcilinder:

- Het rempedaal is niet goed afgesteld. De speling (s) tussen de drukstang (1) van het rempedaal en de bedieningszuiger (2) in de hoofdremlcilinder is te klein, of negatief (afb. 4.15).
- Zuigers in wielremcilinders, remklauwen, hefbomen en dergelijke bewegen niet soepel, en klemmen daardoor.
- Terugtrekveren bij trommelremmen zijn te slap of defect.
- Er zit teveel speling op de wielagers.

**Hoofdremlcilinder ontlichten**

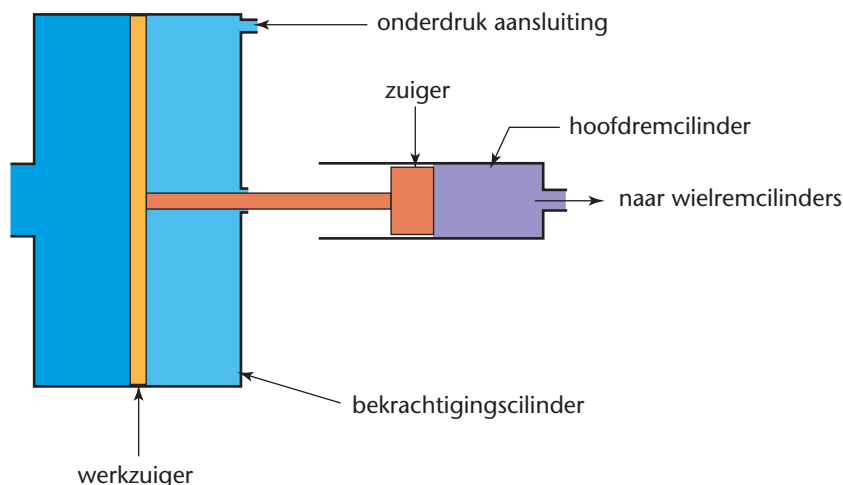
Nadat de hoofdremlcilinder is gerepareerd of vervangen, moet deze worden ontlicht. Dit gaat als volgt:

- Plaats een opvangbakje onder de hoofdremlcilinder.
- Vul het remvloeistofreservoir.
- Laat een assistent het rempedaal langzaam indrukken en ingedrukt houden.
- Sluit met de vingers de uitgangen aan de hoofdremlcilinder af, en laat het rempedaal langzaam opkomen.
- Herhaal dit drie- tot viermaal.
- Sluit de leidingen aan en ontlicht het remsysteem.

### 4.3 Vacuüm rembekrachtiging

Rembekrachtigers maken het mogelijk om met minder pedaalkracht de gewenste remkracht te verkrijgen. Ze ondersteunen de voetkracht die op het rempedaal wordt uitgeoefend.

De rembekrachtiger die het meest wordt toegepast is de vacuüm rembekrachtiger. Deze ondersteunt de pedaalkracht met behulp van een luchtdrukverschil (afb. 4.16).



**Afb. 4.16**

**Principe van een vacuüm rembekrachtiger**

Als er niet wordt geremd, heerst aan de linker- en rechterzijde van de werkzuiger een onderdruk. Tijdens het remmen wordt aan de linkerzijde van de werkzuiger buitenlucht toegelaten. Doordat de druk aan de linkerzijde nu hoger is dan die aan de rechterzijde wordt de werkzuiger naar rechts gedrukt. De kracht waarmee de werkzuiger naar rechts wordt gedrukt ondersteunt de pedaalkracht.

Het luchtdrukverschil over de werkzuiger kan maximaal ongeveer 0,8 bar bedragen. Bij ottomotoren wordt het luchtdrukverschil verkregen door het drukverschil tussen inlaatspruitstuk en de buitenlucht. Bij dieselmotoren wordt het drukverschil opgewekt door een onderdrukpomp (vacuümpomp) die door de motor wordt aangedreven. De onderdruk in het inlaatspruitstuk is bij dieselmotoren te klein om een vacuüm rembekrachtiger te laten werken.

De bekrachtiging moet worden aangepast aan de kracht die de bestuurder op het rempedaal uitoefent. Bij een deelremming is de bekrachtiging minder dan bij maximaal remmen.

### **Opbouw van een vacuüm rembekrachtiger**

In afbeelding 4.17 is een rembekrachtiger in doorsnede getekend. Hieronder een omschrijving van de onderdelen en hun functie.

#### *1 Voorste onderdrukhuis*

Hieraan is de hoofdremcilinder bevestigd. Tevens zit hierin de onderdrukaansluiting (16). Deze is via een slang verbonden met inlaatspruitstuk of onderdrukpomp. In dit huis zit ook de zuiger-terugdrukveer (7). Deze drukt de werkzuiger (3) naar zijn ruststand als niet wordt geremd. De zuiger is de scheidingswand tussen het voorste en het achterste onderdrukhuis.

#### *2 Achterste onderdrukhuis*

Met dit deel is de bekrachtiger bevestigd aan het schutbord van de auto. In dit gedeelte zitten ook de verschillende kleppen voor het regelen van de werking.

#### *3 Werkzuiger*

De werkzuiger is eigenlijk meer een rubber membraan. Dit membraan is met de buitenste rand tussen de twee onderdrukhuizen geklemd. Aan de linkerkant is het rubber membraan voorzien van een stalen steun- en versterkingsschotel.

#### *4 Luchtfilteerelement*

Het filter reinigt de buitenlucht die tijdens het remmen binnenstroomt.

#### *5 Regelhuis*

In dit huis, dat met de zuiger mee schuift, zitten de verschillende regelkleppen.

#### *6 Afdichtingsring*

Deze ring vormt de afdichting tussen het achterste huis en het regelhuis.

#### *7 Zuigerterugdrukveer*

Deze veer duwt de werkzuiger terug naar de ruststand als er niet wordt geremd.

#### *8 Geleidingshuls*

Deze huls vormt de verbinding tussen de drukstang (9) en het regelhuis (5).

#### *9 Drukstang*

De drukstang brengt de beweging van de werkzuiger (3) over op de eerste zuiger in de hoofdremcilinder.

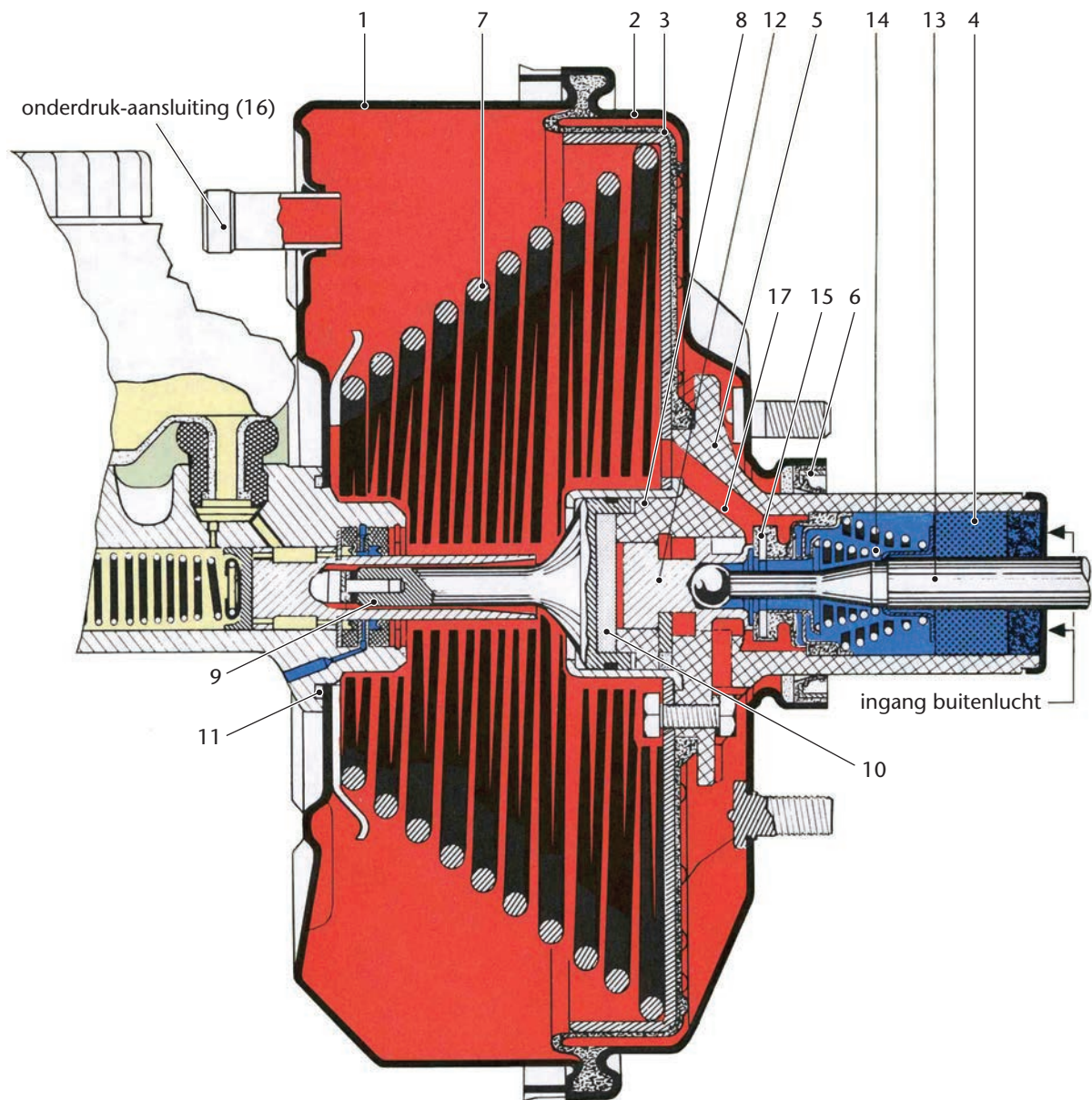
#### *10 Reactieschijf*

De reactieschijf brengt de reactie van de klepzuiger (12) over op de drukstang (9).

#### *11 Afdichtingsring*

Deze ring vormt de afdichting tussen de bekrachtiger en de hoofdremcilinder.





**Afb. 4.17**

**Een rembekrachtiger in doorsnede**

- 1 voorste onderdrukhuis
- 2 achterste onderdrukhuis
- 3 werkzuiger
- 4 luchtfilterelement

- 5 regelhuis
- 6 afdichtingsring
- 7 zuigterugdrukveer
- 8 geleidingshuls
- 9 drukstang
- 10 reactieschijf
- 11 afdichtingsring

- 12 klepzuiger
- 13 zuigerstang
- 14 drukveren
- 15 schijfklep
- 16 aansluiting onderdrukslang
- 17 onderdrukkanaal

**12 Klepzuiger**

De klepzuiger is een combinatie van een klep en een zuiger. De klepzuiger brengt de beweging van de zuigerstang (13) via de reactieschijf (10) over naar drukstang (9). Aan de rechterzijde verzorgt de klepzuiger in samenwerking met schijfklep (15) de toevoer van buitenlucht naar het rechter onderdrukhuis.

**13 Zuigerstang**

De zuigerstang vormt de verbinding tussen het rempedaal en de klepzuiger (12).

#### *14 Drukveren*

Drukveren drukken de schijfklep (15) naar links.

#### *15 Schijfklep*

De schijfklep regelt de doorlaat tussen het linker en het rechter onderdrukhuis.

#### *16 Aansluiting onderdrukslang*

Hierop wordt de onderdrukslang die vanaf het inlaatspruitstuk of de vacuümpomp komt aangesloten.

#### *17 Onderdrukkanaal*

Dit kanaal verbindt het linker en rechter onderdrukhuis met elkaar als de bekrachtiger in zijn ruststand staat.

### **Werking van de vacuüm bekrachtiger**

#### *Ruststand*

Afbeelding 4.18 toont de stand van de onderdelen als niet wordt geremd. In ruststand worden de zuigerstang (13) en de klepzuiger (12) door de drukveer (14) in de meest rechtse stand gehouden. De toevoer van buitenlucht naar het rechter onderdrukhuis is in deze stand afgesloten.

Via de onderdrukaansluiting (16) heerst in de linker ruimte onderdruk. Het onderdrukkanaal (17) tussen de linker en rechter ruimte is geopend. Hierdoor heerst ook in de rechter ruimte onderdruk. Aan beide zijden van de werkzuiger (3) heerst dus dezelfde onderdruk. De werkzuiger wordt door drukveer (7) in de rechter eindstand gehouden.

De conclusie is: als er niet wordt geremd, heerst aan beide kanten van de werkzuiger dezelfde onderdruk.

#### *Deelremming*

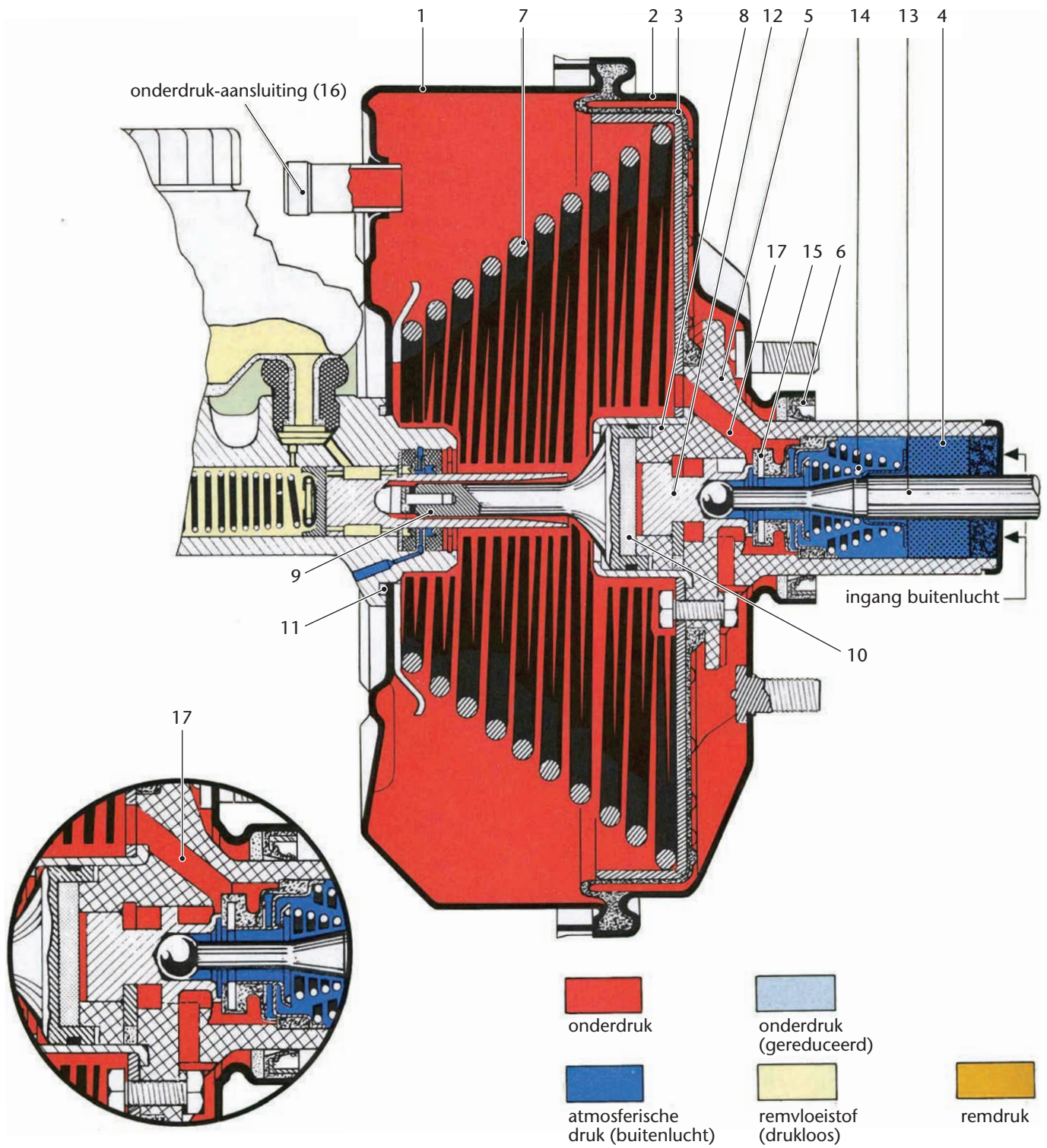
Afbeelding 4.19 toont de stand van de onderdelen bij een deelremming. Bij een deelremming wordt niet maximaal geremd. Daarom is in deze situatie de bekrachtiging ook niet maximaal.

Als er wordt geremd, stroomt buitenlucht de rechter ruimte in. Hierdoor ontstaat drukverschil links en rechts van de werkzuiger, met als gevolg krachtverschil. Als het krachtverschil groter is dan de kracht van de zuigerterugdrukveer (7), dan beweegt de werkzuiger naar links. Eén en ander gaat als volgt in zijn werk.

Bij bediening van het rempedaal bewegen de zuigerstang (13) en de klepzuiger (12) naar links. Dit tegen de kracht van de veer (14) in. De verschuiving duurt totdat de schijfklep (15) op de zitting van het regelhuis (5) komt. De doorlaat tussen de ruimten links en rechts van de werkzuiger is nu afgesloten.

Vervolgens wordt de klepzuiger (12) nog iets verder naar links gedrukt. De klepzuiger (12) komt nu vrij van de schijfklep (15). Tussen de schijfklep (15) en de klepzuiger (12) door, kan



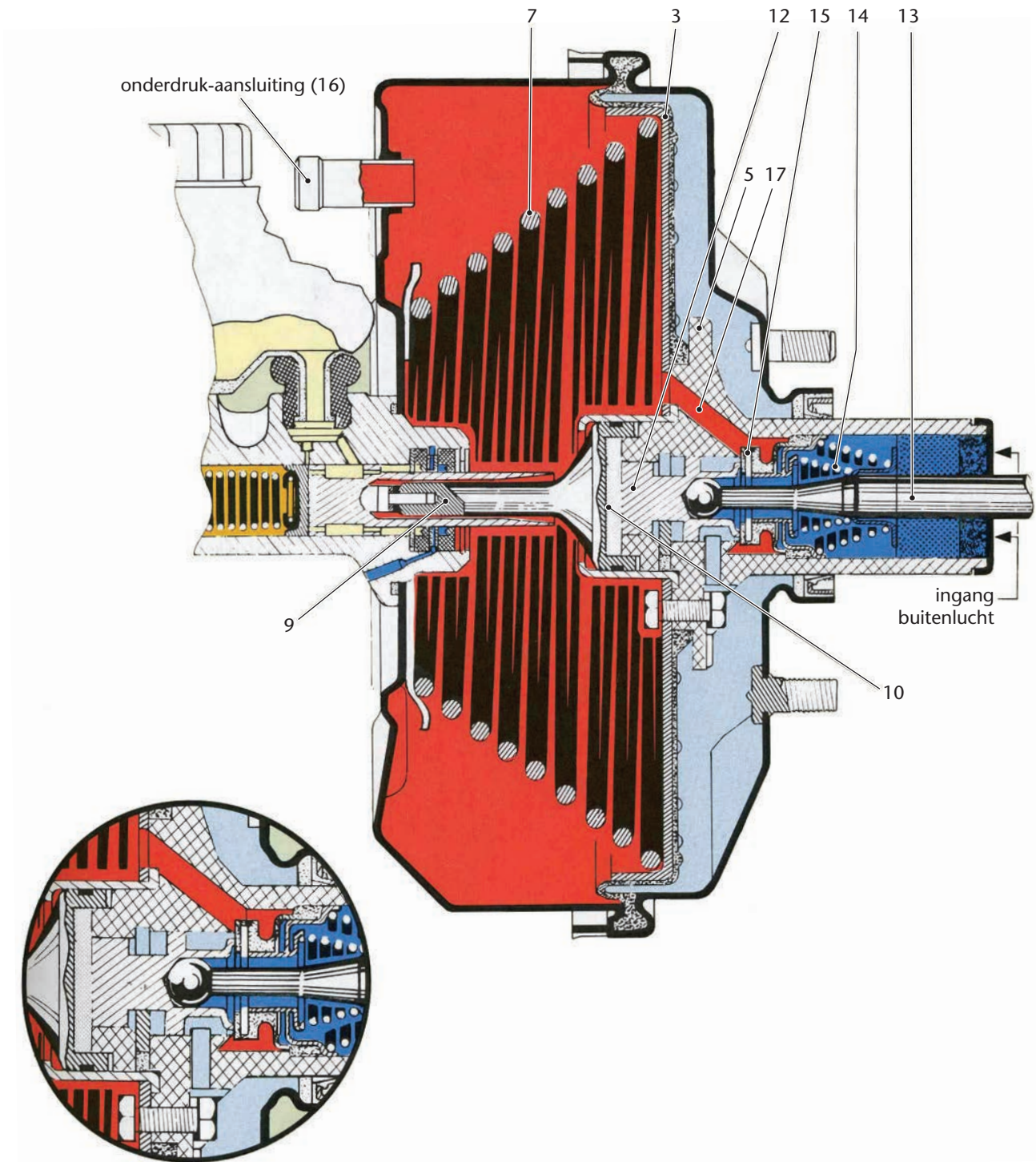


**Afb. 4.18**

**De rembekrachtiger in ruststand**

buitenlucht naar de ruimte rechts van de werkzuiger stromen. Deze stand is in de tekening niet weergegeven.

Zodra de druk rechts van de werkzuiger stijgt, beweegt de werkzuiger naar links. De werkzuiger helpt mee de zuigers in de hoofdremcilinder te verplaatsen.



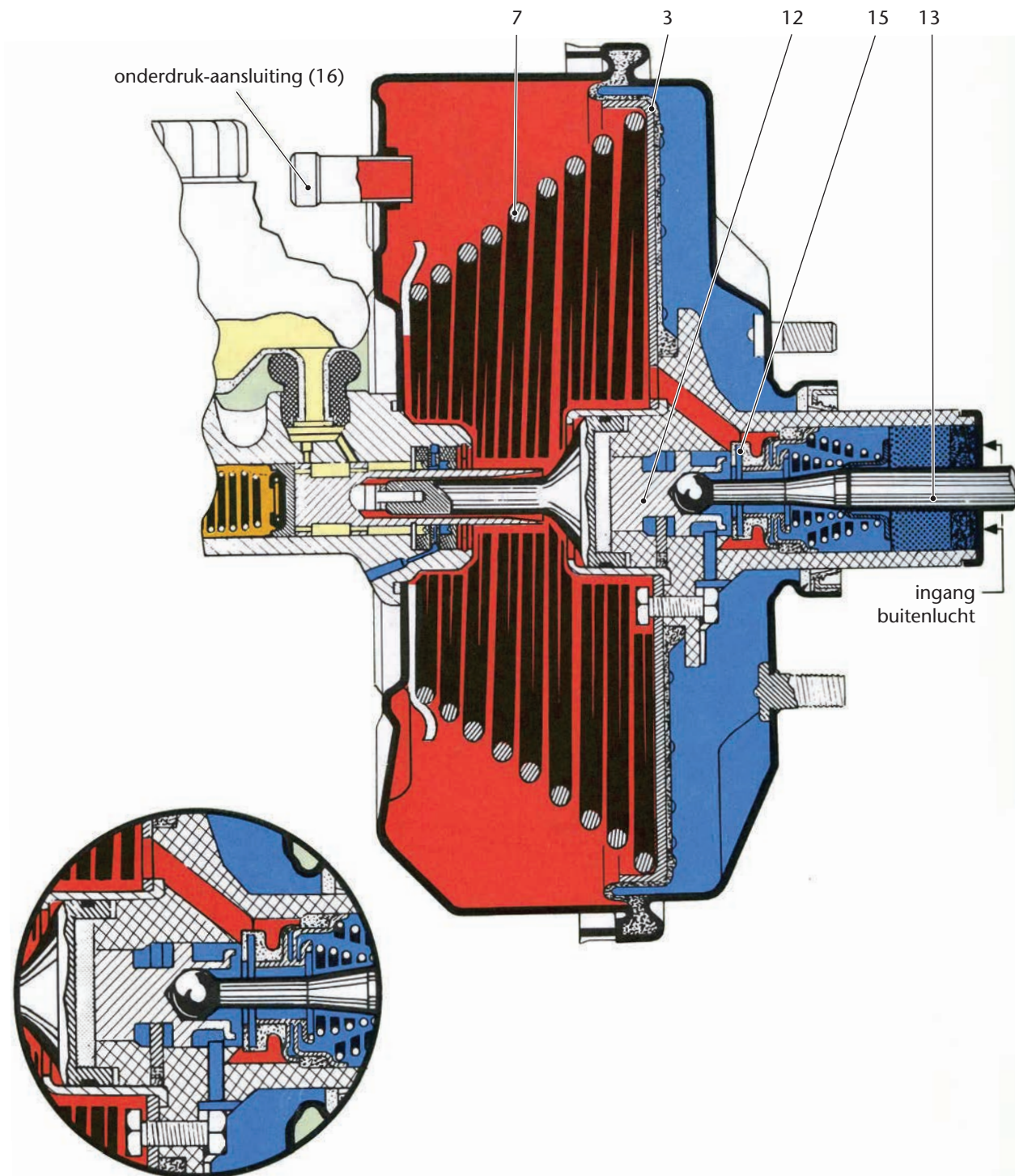
**Afb. 4.19**  
**De bekrachtiger bij een deelremming**

Door het naar links schuiven van de werkzuiger en het regelhuis (5), sluit de klepzuiger weer af op de schijfklep. Op dat moment is zowel de verbinding met de buitenlucht als met het onderdrukkanaal (17) afgesloten.



De bekrachtiger is bij deze deelremming in een stabiele toestand gekomen. Pas als de kracht op het rempedaal wordt verhoogd, zal meer buitenlucht toestromen. De bekrachtiging neemt dan toe.

Na het loslaten van het rempedaal keert de bekrachtiger terug in de ruststand van afbeelding 4.18.



#### Maximale bekrachtiging

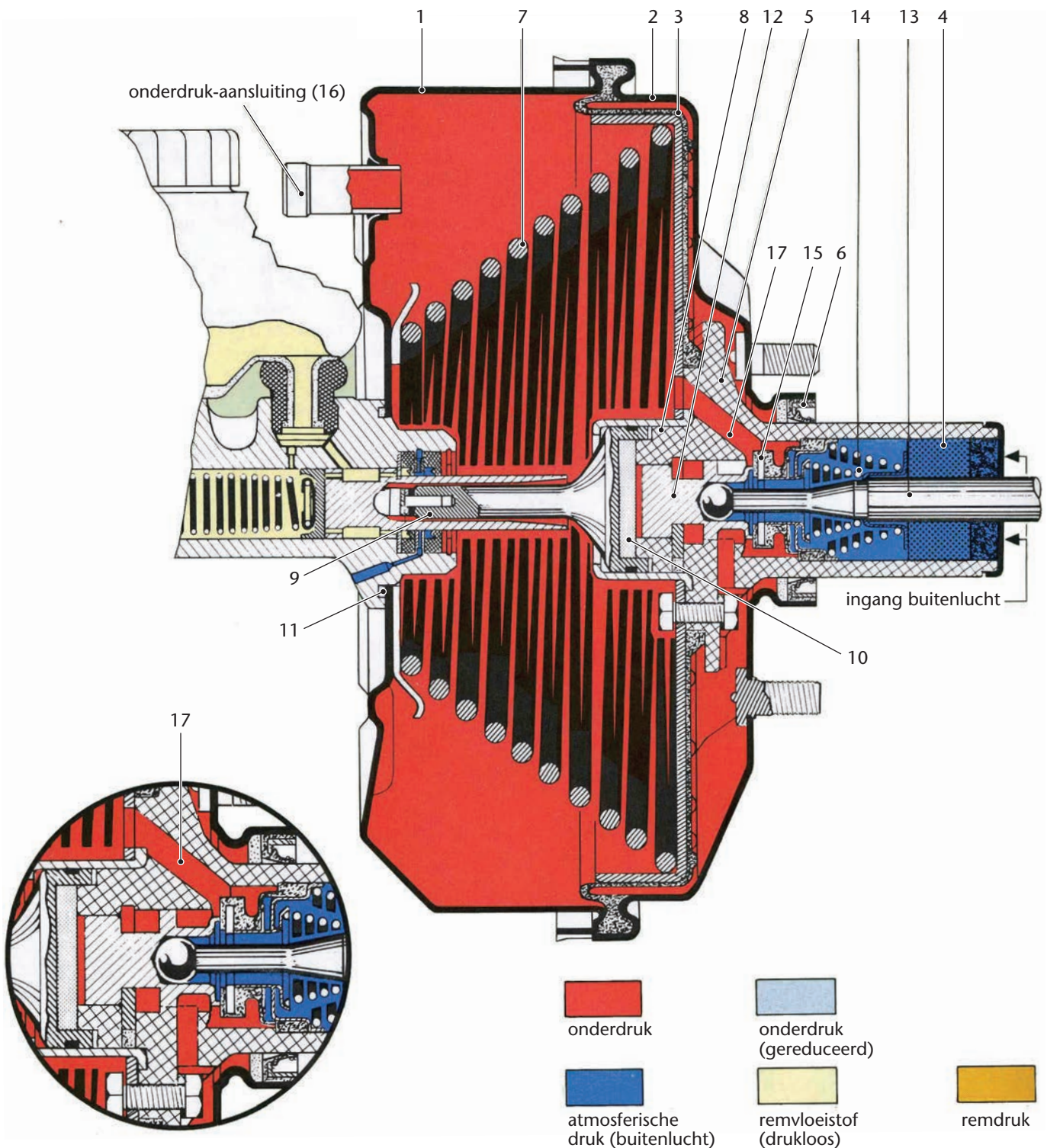
Afbeelding 4.20 toont de stand van de onderdelen bij maximale bekrachtiging. In deze situatie blijft de verbinding tussen de ruimte rechts van het membraan en de buitenlucht open. In de afbeelding kun je zien dat de klepzuiger (12) niet meer op de schijfklep (15)

**Afb. 4.20**

**Rembekrachtiger bij maximale bekrachtiging**

komt. Dit heeft tot gevolg dat er een maximaal drukverschil heerst links en rechts van de werkzuiger. De bekrachtiging is nu ook maximaal.

Als de kracht op het rempedaal na het bereiken van de maximale bekrachtiging nog verder wordt verhoogd, stijgt de druk in het remsysteem nog wel. De bekrachtiging neemt echter niet meer toe. Na het loslaten van het rempedaal keert het geheel weer terug in de ruststand van afbeelding 4.21.



Afb. 4.21

De rembekrachtiger in ruststand

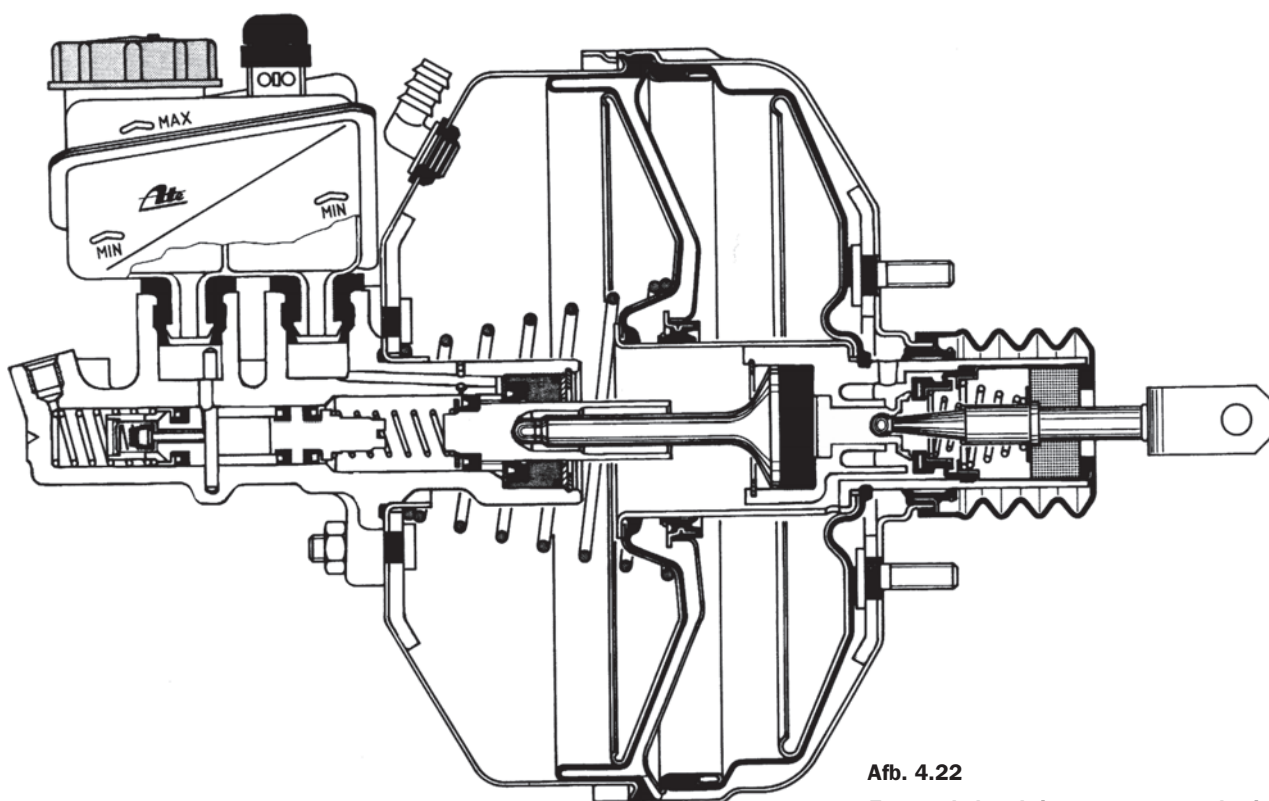


*Remmen terwijl er geen onderdruk meer is*

Als de onderdruk om de een of andere reden wegvalt, moet er nog geremd kunnen worden. Dit gaat als volgt (afb. 4.21):

De zuigerstang (14) drukt via de klepzuiger (12), de reactieschijf (10) en de drukstang (9) direct tegen de zuigers van de hoofdremcilinder. Er is nu duidelijk meer voetkracht nodig dan met bekrachtiging. Ook het naar links verplaatsen van de werkzuiger en het indrukken van de zuigerterugdrukveer (7) kost extra voetkracht.

In afbeelding 4.22 is nog een zelfde soort rembekrachtiger weergegeven. Deze heeft een dubbele werkzuiger. Dit wordt wel een tandem constructie genoemd. Hierdoor wordt een grote ondersteuningskracht mogelijk, zonder dat de diameter van het apparaat te groot wordt.

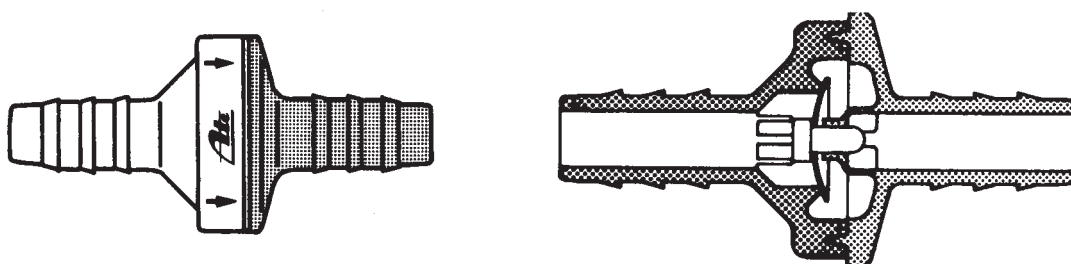


### **Terugslagklep**

Tussen inlaatspruitstuk en rembekrachtiger zit een terugslagklep. Deze moet altijd aanwezig zijn. De terugslagklep (afb. 4.23) zorgt ervoor dat, na het afzetten van de motor, onderdruk in de bekrachtiger aanwezig blijft. Hierdoor kan na het stoppen van de motor nog een aantal keren met bekrachtiging worden geremd.

**Afb. 4.23**

**Een terugslagklep in buitenaanzicht en in doorsnede**



### Storingen aan vacuüm rembekrachtigers

Het gevolg van een defecte rembekrachtiger is dat je harder op het rempedaal moet drukken om de gewenste remkracht te verkrijgen. Sommige defecten hebben zelfs invloed op het gedrag van de motor. In tabel 4.1 zie je een overzicht van defecten en de mogelijke gevolgen. Zie ook afbeelding 4.24.

Tabel 4.1 Storingen aan rembekrachtigers

Defect	Gevolg	Opmerking
Vacuümslang lek	<ul style="list-style-type: none"><li>Er is een grotere pedaalkracht nodig om de gewenste remkracht te bereiken.</li><li>De motor zuigt 'valse' lucht aan.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Er is geen (of een te lage) onderdruk in de rembekrachtiger. De motor draait onregelmatig.</li></ul>
Vacuümpomp defect (dieselmotor)	<ul style="list-style-type: none"><li>Er is een grotere pedaalkracht nodig om de gewenste remkracht te bereiken.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Er is geen (of een te lage) onderdruk in de rembekrachtiger.</li></ul>
Membraan van vacuüm rembekrachtiger lek	<ul style="list-style-type: none"><li>Er is een grotere pedaalkracht nodig om de gewenste remkracht te bereiken.</li><li>Als er geremd wordt, zuigt de motor 'valse' lucht aan.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>De toestromende buitenlucht gaat via het lek naar de motorinlaat. Als bij een stationair draaiende motor het rempedaal wordt ingetrapt, veroorzaakt de valse lucht een verandering in toerental.</li></ul>
Afdichting tussen schotelventiel en ventielzuiger defect	<ul style="list-style-type: none"><li>Als er niet geremd wordt, zuigt de motor 'valse' lucht aan.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>De buitenlucht gaat via het vacuümkanaal naar de motorinlaat. Dit heeft geen invloed op de bekrachtiging.</li></ul>
Afdichting tussen schotelventiel en vacuümkanaal defect	<ul style="list-style-type: none"><li>Er is een grotere pedaalkracht nodig om de gewenste remkracht te bereiken.</li><li>Als er geremd wordt, zuigt de motor 'valse' lucht aan.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>De buitenlucht gaat via het vacuümkanaal naar de motorinlaat. Het drukverschil tussen linker- en rechterzijde van de werkzuiger is kleiner dan gewenst.</li><li>Als bij een stationair draaiende motor het rempedaal wordt ingetrapt, veroorzaakt de valse lucht een verandering in toerental.</li></ul>

### Vacuüm rembekrachtiger controleren

Vacuüm rembekrachtigers kun je op de volgende manier controleren op werking en lekkage.

#### Onderdruk

- Zet de motor stop.
- Druk bij een niet draaiende motor het rempedaal een aantal keren in. De onderdruk verdwijnt nu uit de rembekrachtiger.
- Druk het rempedaal in en start de motor. Het rempedaal moet nu iets zakken.
- *Verklaring:* Als de motor loopt, en het rempedaal is ingedrukt, ontstaat er aan één zijde van de werkzuiger een onderdruk. Deze onderdruk ondersteunt de pedaalkracht, zodat het rempedaal iets zakt.

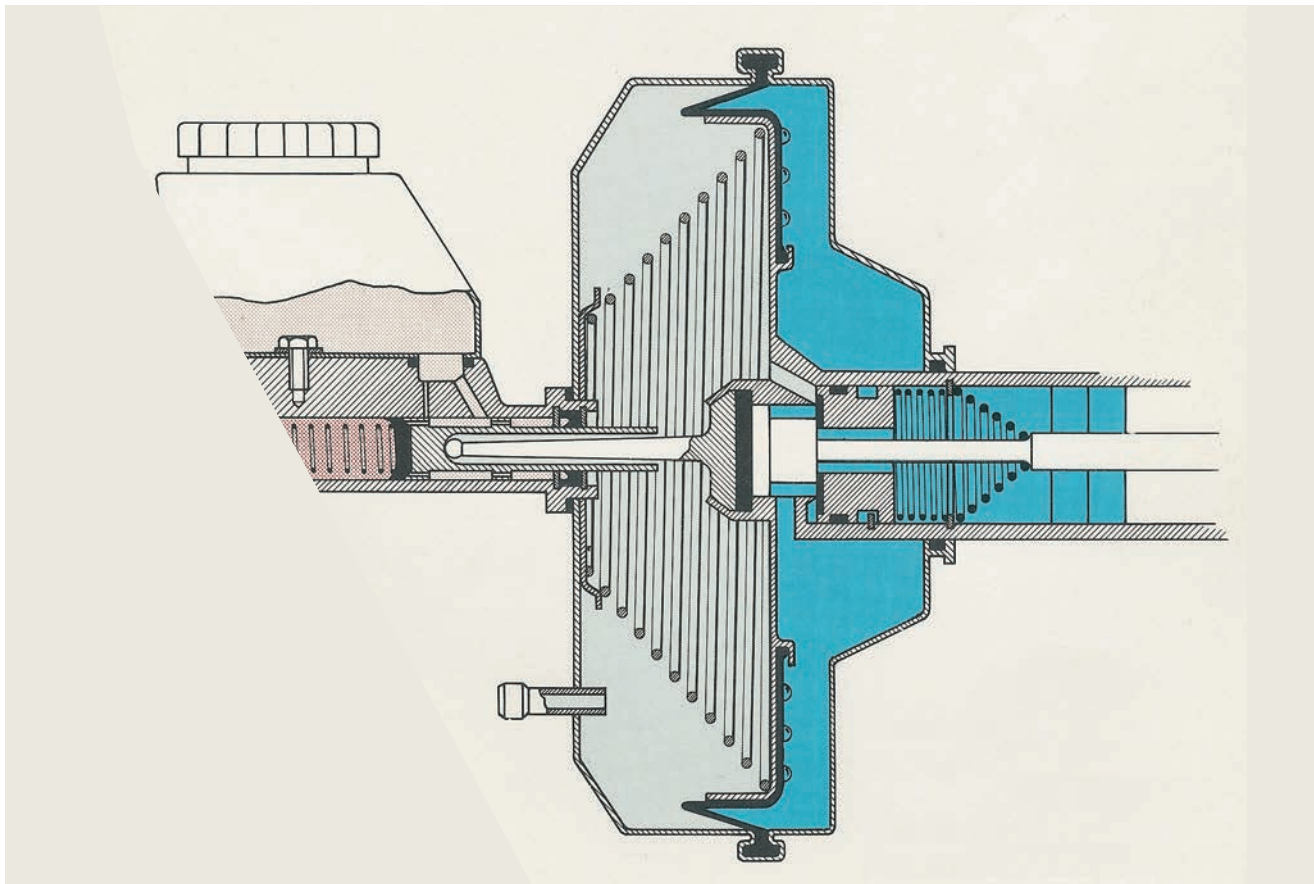
#### Lekkage

- Laat de motor eventjes draaien, zet daarna de motor stop.
- Wacht circa 2 minuten, trap op het rempedaal en start de motor. Het rempedaal mag nu niet zakken.
- *Verklaring:* Doordat er nog onderdruk in de rembekrachtiger aanwezig is, mag het rempedaal niet zakken.

### Testapparatuur voor vacuüm rembekrachtigers

Vacuüm rembekrachtigers kunnen in principe zonder testapparatuur op werking en lekkage worden gecontroleerd. Dit geeft soms

onvoldoende zekerheid over de aard van het defect. In zulke situaties kun je met een vacuümpomp en/of een vacuümmeter het systeem op lekkage controleren.



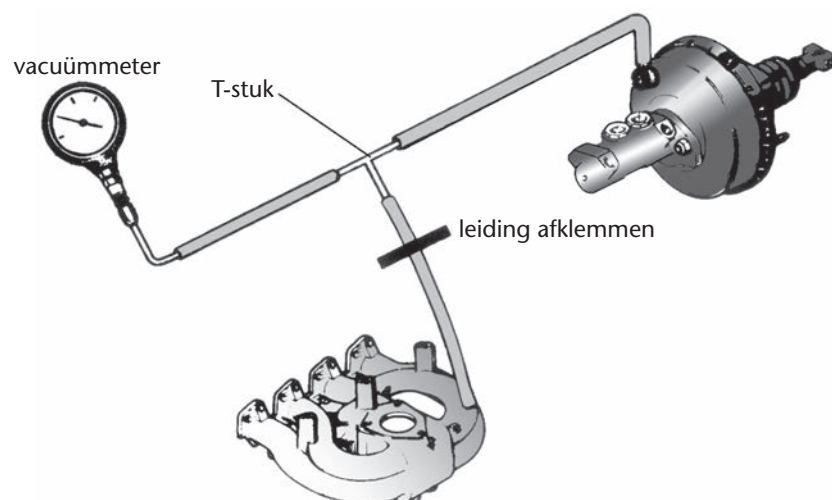
#### *Vacuümmeter*

Sluit de vacuümmeter aan op de vacuümleiding van de rembekrachtiger (afb. 4.25).

- Start de motor. Er ontstaat nu onderdruk in de rembekrachtiger.
- Klem, als de onderdruk hoog genoeg is, de leiding naar het inlaatspruitstuk af.
- Zet daarna de motor stop. De onderdruk moet nu nog een bepaalde tijd gehandhaafd blijven (werkplaatsdocumentatie).

**Afb. 4.24**

*Rembekrachtiger tijdens een remming*



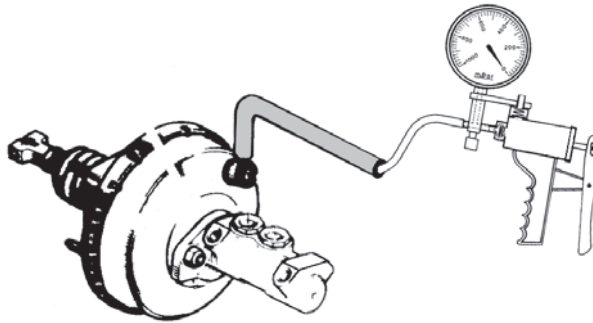
**Afb. 4.25**

*Afdichting rembekrachtiger controleren met een vacuümmeter*



### *Vacuümpomp*

Als je met een vacuümpomp in het systeem een onderdruk van 60-70 kPa aanbrengt (afb. 4.26), dan moet deze onderdruk een bepaalde tijd gehandhaafd blijven. Als er lekkage is, zal de onderdruk te snel teruglopen.



**Afb. 4.26**

**Afdichting rembekrachtiger controleren met een vacuümpomp**

### **Vacuüm rembekrachtiger vervangen**

Een defect vacuüm rembekrachtiger kan niet gerepareerd worden, en moet daarom worden vervangen. Vervang dan ook meteen het terugslagklepje in de vacuümleiding. Deze veroorzaakt vaak het defect.

Als het terugslagklepje lek is, kunnen er brandstof- en oliedampen in de rembekrachtiger komen. Deze dampen tasten het membraan en de afdichtingen aan, waardoor lekkage kan ontstaan.

Let op de juiste montagerichting van het terugslagklepje. Een pijl op het huis van het terugslagklepje geeft de stromingsrichting van de lucht aan.

Let ook op de juiste ligging van de vacuümslang. De vacuümslang moet aan de zijde van de rembekrachtiger hoger liggen dan aan de zijde van het inlaatspruitstuk. Hiermee voorkom je dat (brandstof) dampen die in de vacuümleiding condenseren bij stilstaande motor naar de rembekrachtiger stromen.

## **4.4 Remdrukbe grenzing en remdrukregeling**

De maximaal mogelijke remkracht tussen band en wegdek is afhankelijk van:

- de wielbelasting
- de wrijvingscoëfficiënt tussen band en wegdek.

Als tijdens het remmen de wielbelasting achter laag wordt, zullen de wielen blokkeren.

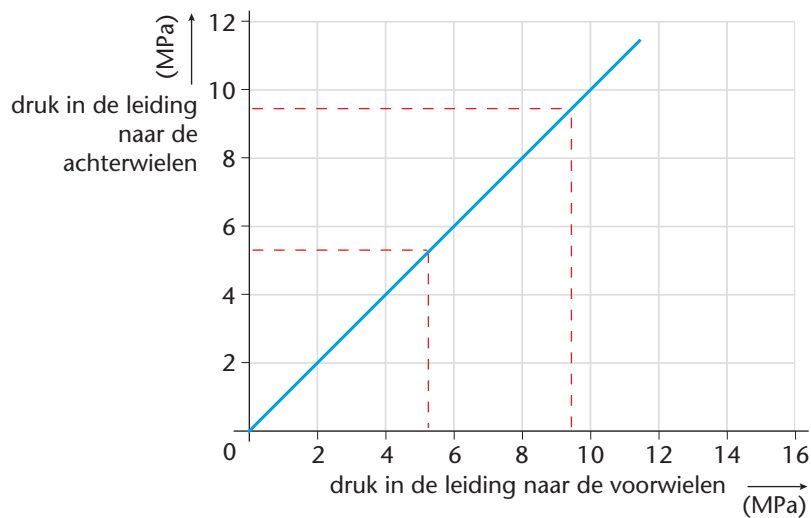
Als de rem een remkracht opwekt die groter is dan de remkracht die de band op het wegdek kan overbrengen, blokkeert het wiel.

Tijdens het afremmen wordt een deel van het voertuiggewicht verplaatst van de achteras naar de vooras. Hoe groter de vertraging, hoe groter de gewichtsverplaatsing. Hierdoor treedt het duiken op.

### De remdrukverdeling in grafieken

In de grafiek van afbeelding 4.27 is het drukverloop weergegeven als geen enkele begrenzing of regeling wordt toegepast:

- op de x-as het drukverloop naar de voorwielen;
- op de y-as het drukverloop naar de achterwielen.

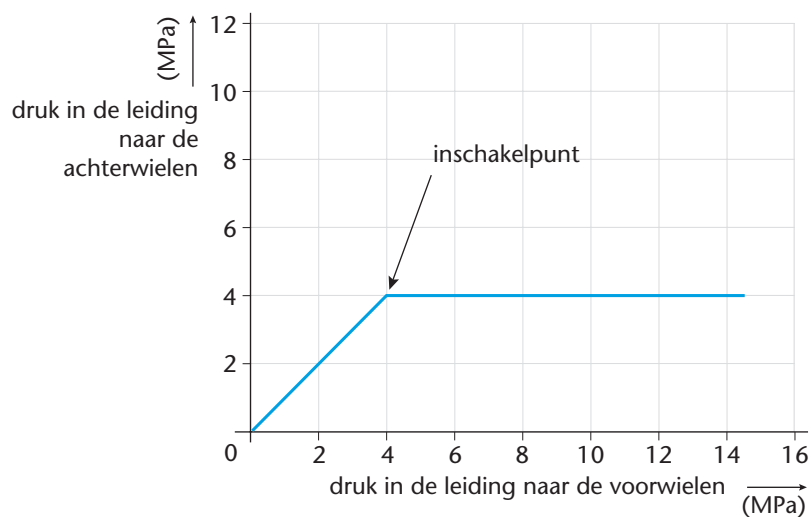


Afb. 4.27

*Remdrukverhouding zonder begrenzing of regeling*

Je ziet dat de drukken gelijk oplopen bij het toenemen van de kracht op het rempedaal. Als in de leiding naar de voorwielen de druk 5 MPa is, is de druk naar de achterwielen ook 5 MPa. De stippellijnen geven dit aan.

De grafiek van afbeelding 4.28 laat zien hoe de drukken zich verhouden als een remdrukbegrenzer wordt toegepast. Deze remdrukbegrenzer is dan in de leiding naar de achterwielen gemonteerd.

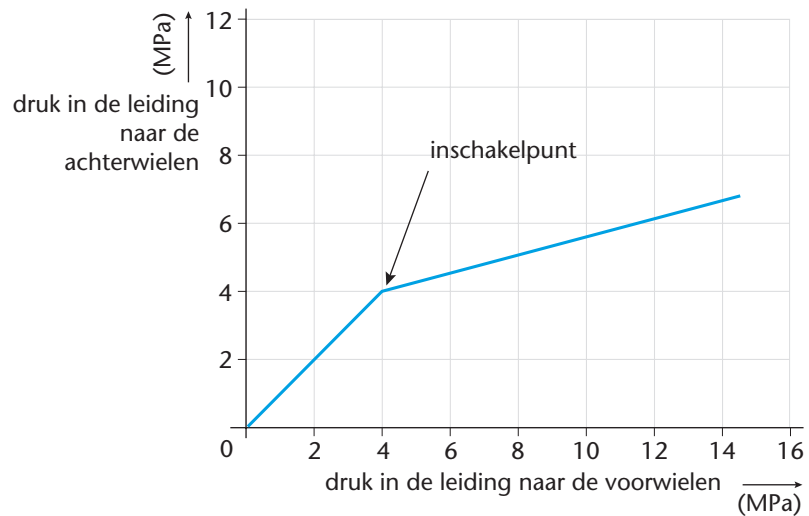


Afb. 4.28

*Remdrukverhouding bij toepassing van een remdrukbegrenzer*

Een remdrukbegrenzer staat drukopbouw naar de achterremmen toe tot een maximale waarde. In dit geval tot 4 MPa. Bij een druk van 4 MPa sluit de begrenzer de leiding af. Dit wordt het inschakelpunt van de begrenzer genoemd. Als de kracht op het rempedaal wordt vergroot, stijgt alleen de druk in de leiding naar de voorwielen.

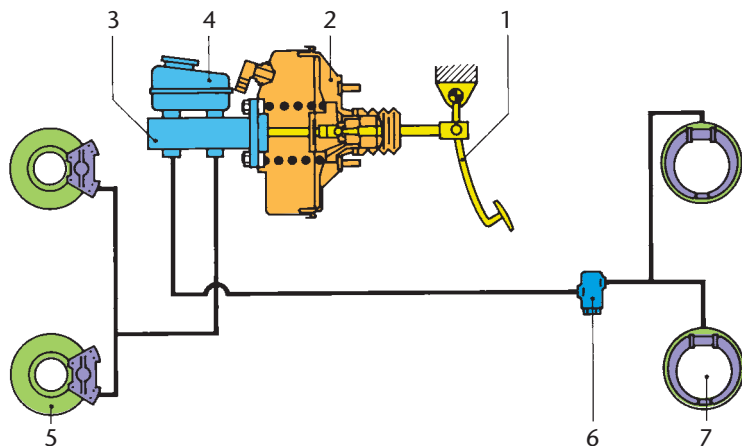
Wordt een remdrukregelaar toegepast dan krijgen we een drukverdeling zoals in afbeelding 4.29 is weergegeven. Na het bereiken van het inschakelpunt blijft de druk naar de achterwielen oplopen, echter minder dan de druk naar de voorwielen. Het voordeel is dat alle wielen zo gelijkmatig mogelijk meedoen aan de afremming.



**Afb. 4.29**  
**Remdrukverhouding bij toepassing van een remdrukregelaar**

**Afb. 4.30**  
**Een remdrukbegrenzer/-regelaar in de remleiding naar de achterwielen**

- 1 rempedaal
- 2 bekrachtiger
- 3 hoofdremcilinder
- 4 reservoir
- 5 schijfremmen vóór
- 6 remdrukbegrenzer/-regelaar
- 7 trommelremmen achter



Afbeelding 4.30 laat zien hoe een remdrukbegrenzer/-regelaar opgenomen is in de remleiding naar de achterwielen.

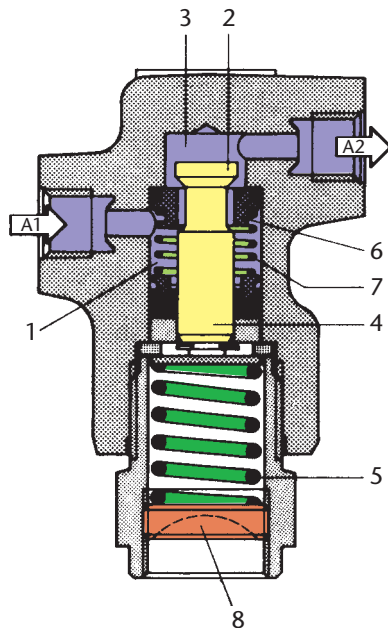
### Remdrukbegrenzer

In afbeelding 4.31 is een remdrukbegrenzer in doorsnede getekend. Aansluiting A1 is verbonden met de hoofdremcilinder. Aansluiting A2 gaat naar de achterwielremmen.

Als er wordt geremd plant de remdruk zich voort vanaf A1, via ringkamer 1, de geopende klep (2) en kamer 3 naar A2. Zodra de druk hoger wordt dan de vooraf ingestelde waarde gaat de zuiger (4) naar beneden. Dit tegen de druk van de veer (5) in. De klep (2) sluit dan en de ringkamer (1) wordt gescheiden van de kamer (3). De druk naar de achterwielremmen kan nu niet meer hoger oplopen.

Na het loslaten van het rempedaal wordt de druk in de ringkamer (1) lager dan in kamer 3. Als reactie hierop schuift de klepzitting (6) tegen de druk van de veer (7) in iets naar beneden. De klep (2)

gaat hierdoor open en de druk in de leiding naar de achterwielen kan wegvallen. Met de instelplug (8) kan de begrenzingsdruk worden ingesteld.



**Afb. 4.31**

**Remdrukbegrenzer in doorsnede**

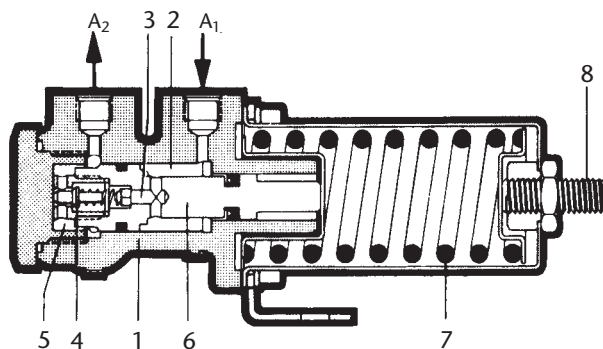
A1 aansluiting met hoofdremcilinder

A2 aansluiting met achterwielremmen

- 1 ringkamer
- 2 klep
- 3 kamer
- 4 zuiger
- 5 drukveer
- 6 klepzitting
- 7 drukveer
- 8 instelplug

**Remdrukregelaar**

In de doorsnede-tekening van afbeelding 4.32 zie je hoe een remdrukregelaar is opgebouwd. De hoofdremcilinder is aangesloten op A1. De leiding naar de achterwielen op A2. Tijdens het remmen plant de remdruk zich vanaf A1 voort naar A2. Dit gaat via de ringkamer (2), de boring (3), de klep (4) en de kamer (5).



**Afb. 4.32**

**Remdrukregelaar in doorsnede**

A1 aansluiting met hoofdremcilinder

A2 aansluiting met achterwielremmen

- 1 huis
- 2 ringkamer
- 3 boring
- 4 klep
- 5 kamer
- 6 regelzuiger
- 7 drukveer
- 8 instelbout

Als de afgeregelde druk is bereikt, schuift de regelzuiger (6) tegen de druk van de veer (7) in, naar rechts. De veerbelaste klep (4) kan nu sluiten. Hiermee is de druk naar de achterwielen begrensd.

Wordt de kracht op het rempedaal vergroot, dan stijgt de druk in de ringkamer (2). Hierdoor schuift de regelzuiger (6) weer naar links. De klep (4) gaat weer open, met als gevolg een drukstijging in de leiding naar de achterwielen. De druk naar de achterwielen wordt op deze manier steeds geregeld, afhankelijk van de druk naar de voorwielen.

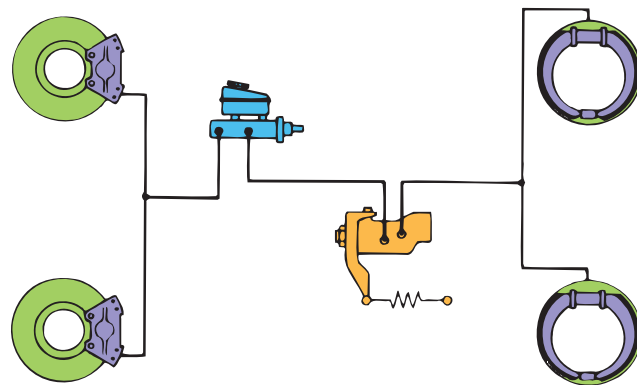
Als het rempedaal wordt losgelaten, daalt de druk in de kamer (2) en schuift de regelzuiger (6) naar rechts. Via de klep (4) kan de

druk in de leiding naar de achterremmen nu wegvallen. De klep (4) blijft open staan, zolang de druk links hoger is dan rechts. Met de instelbout (8) kan de afgeregelde druk worden aangepast.

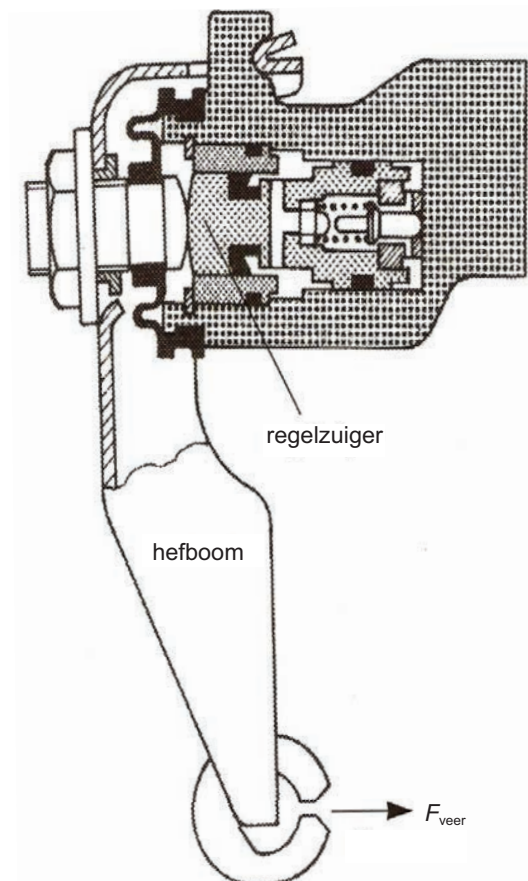
### **Lastafhankelijke remdrukregelaar**

In het voorgaande hebben we gezien dat de afgeregelde druk handmatig kan worden ingesteld. De veerkracht op de regelzuiger wordt dan verhoogd of verlaagd. Vaak wordt, via een hefboom, de veerkracht beïnvloed door de veranderende afstand tussen de bovenbouw en de wielophanging. De regeling wordt daardoor aangepast aan de belading van het voertuig. We spreken dan van een lastafhankelijke regeling.

In afbeelding 4.33 zien we hiervan een schematische voorstelling. In afbeelding 4.34 is een lastafhankelijke remdrukregelaar in



**Afb. 4.33**  
*Een lastafhankelijke regeling*

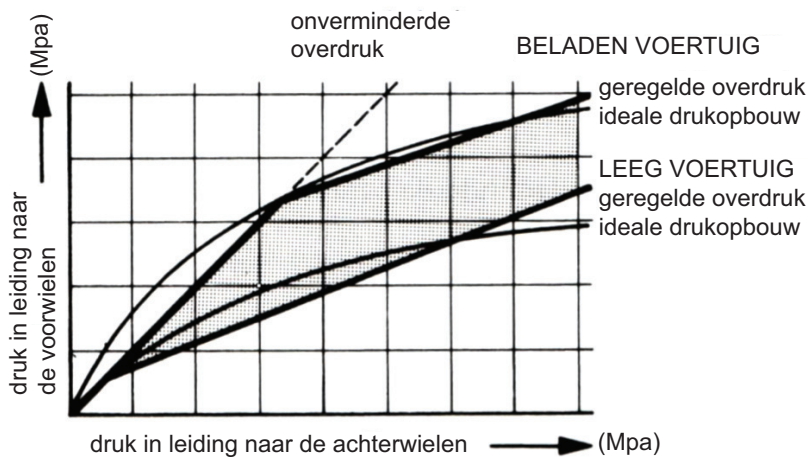


**Afb. 4.34**  
*Doorsnede van de lastafhankelijke remdrukregelaar*

doorsnede getekend. Aan de regelaar is een hefboom met trekveer aangebracht. De regelaar zit aan de bovenbouw gemonteerd.

De veer wordt aan een onderdeel van de wielophanging bevestigd. Bij verandering van de afstand tussen de carrosserie en de achteras wordt de veer meer of minder uitgetrokken. Hierdoor verandert de voorspanning van de veer. Op deze manier is het inschakelpunt van de remdrukregelaar afhankelijk geworden van de belading van de auto.

Een lastafhankelijke remdrukregelaar reageert niet alleen op de belading van de auto maar ook op de dynamische aslastverplaatsing. Daardoor wordt een maximale afremming bereikt, terwijl het gevaar van blokkerende achterwielen wordt beperkt.



Afb. 4.35

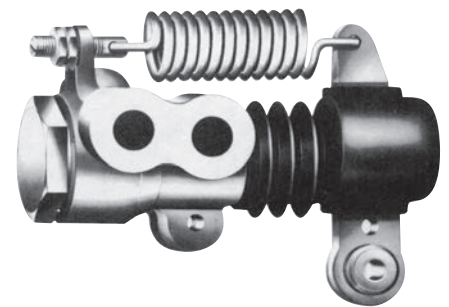
Grafiek van de lastafhankelijke remdrukregelaar

De grafiek (afb. 4.35) geeft een overzicht van de ideale drukstijgingen belast en onbelast. Het inschakelpunt wordt nu aangepast aan de asbelasting.

#### Onderhoud aan remdrukbegrenzers en remdrukregelaars

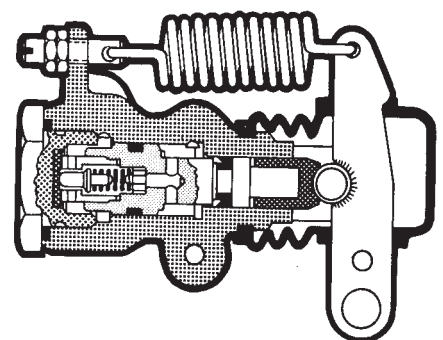
Let bij het onderhoud aan remdrukbegrenzers en remdrukregelaars (afb. 4.36 en afb. 4.37) op de volgende zaken:

- de bevestiging van het huis;
- de beweegbaarheid en afstelling van het hefboomstelsel;
- de bevestiging van de veer;
- de beweegbaarheid van de regelzuiger:
  - Controleer de beweegbaarheid met behulp van een collega. Als deze enkele malen krachtig op het rempedaal trapt, moet je duidelijk kunnen zien zijn dat de hefboom beweegt.
- lekkage:
  - Remdrukregelaars zijn meestal voorzien van een lekboring. Druppelvorming aan de lekboring duidt op inwendige lekkage. Licht 'zweten' is toelaatbaar.



Afb. 4.36

Remdrukregelaar



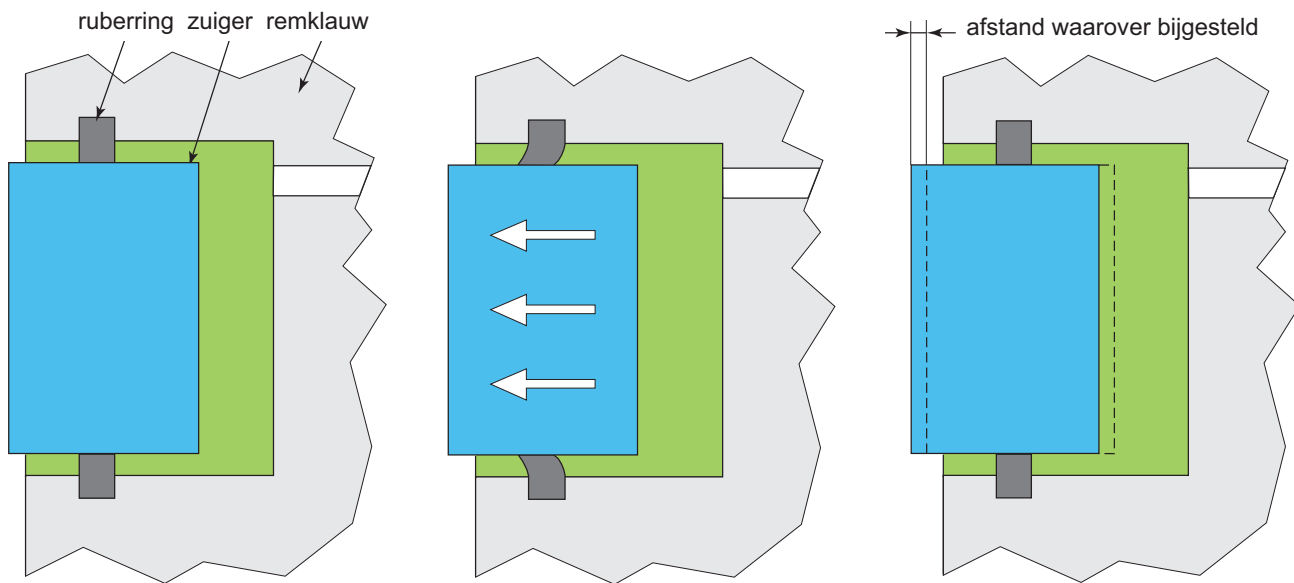
Afb. 4.37

Doorsnede van een remdrukregelaar

## 4.5 Remmen afstellen

Bij het remmen wordt de remvoering tegen de remschijf of de remtrommel gedrukt. Hierdoor slijt de voering. De remvoeringen moeten hierdoor een steeds grotere afstand afleggen. Dit kun je merken aan het rempedaal. Die moet steeds verder worden ingedrukt. Dit heeft dan weer tot gevolg dat de remmen later in werking treden dan gewenst. Remmen moeten daarom tijdig worden gesteld.

Bij schijfremmen gebeurt het afstellen altijd automatisch. Een rubberring zorgt hiervoor. In afbeelding 4.38 is dit principe weergegeven.



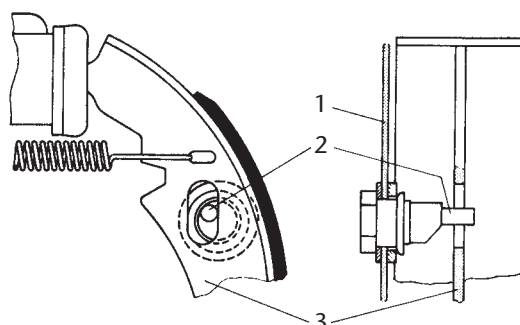
**Afb. 4.38**  
**Principe van het automatisch afstellen van schijfremmen**

Bij trommelremmen zijn er verschillende constructies voor het afstellen van de voetrem. De afstelling kan handmatig of automatisch. Handmatig afstellen komt niet veel meer voor.

### **Handmatige afstelrichtingen**

#### *Afstellen met stelexcentriek op de ankerplaat*

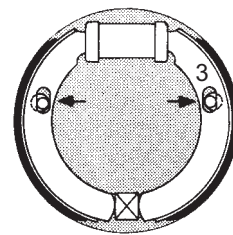
In afbeelding 4.39 is deze constructie getekend. Op de ankerplaat (1) is, zwaar draaiend, een stelbout (2) aangebracht. Op de stelbout zit een excentrisch geplaatste stift.



**Afb. 4.39**  
**Stelrichting met excentrisch geplaatste stift**



De stift valt in een sleufvormige opening in de remschoen (3). Door met behulp van een sleutel de zeskantige kop aan de buitenkant van de ankerplaat te verdraaien, kan de remschoen worden afgesteld. Afbeelding 4.40 geeft hiervan een toepassing.

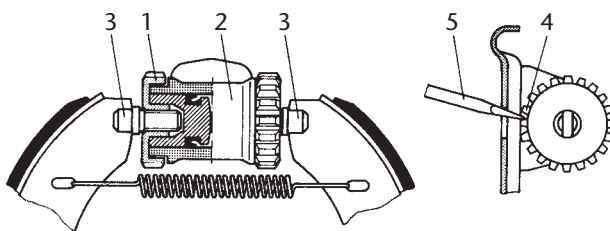


**Afb. 4.40**

**Toepassing van een stelinrichting met excentrisch geplaatste stift**

#### *Afstellen met stelmoer bij de wielremcilinder*

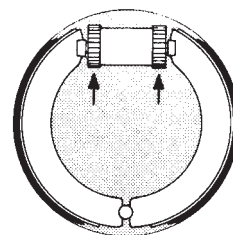
In afbeelding 4.41 zien we van deze mogelijkheid een voorbeeld. De wielremcilinder (2) heeft op elk uiteinde een afstelmoer (1). In elke afstelmoer zit een stelbout (3) met gleuf. In de gleuf past de remschoen. Via een opening in de ankerplaat kan, met behulp van bijvoorbeeld een schroevendraaier (5), de gekartelde stelmoer (4) worden verdraaid. De stelbout beweegt dan naar buiten of naar binnen.



**Afb. 4.41**

**Stelinrichting met stelmoeren (1) op de wielremcilinder**

Afbeelding 4.42 geeft hiervan een toepassing. Een voordeel van deze stelmethode is dat de rubber cups steeds op hetzelfde gedeelte van de cilinders bewegen. De kans op lekkage is hierdoor minder groot.

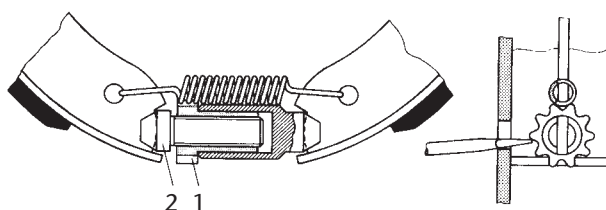


**Afb. 4.42**

**Toepassing van een stelinrichting met stelmoeren op de wielremcilinder**

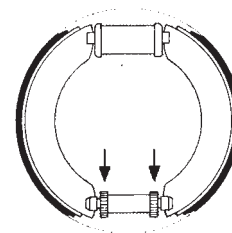
#### *Afstellen bij het remschoensteunpunt*

Het afstellen met deze constructie wordt in afbeelding 4.43 voorgesteld. Een stelbout (2) zit met schroefdraad in een stelbus (1). De stelbus is voorzien van kartels en kan via een opening in de ankerplaat verdraaid worden. Een toepassing zien we in afbeelding 4.44.



**Afb. 4.43**

**Steunpunt met stelinrichting**



**Afb. 4.44**

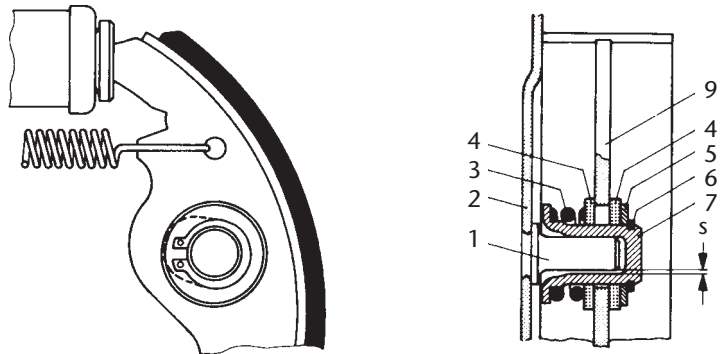
**Toepassing van een stelinrichting op het steunpunt**

#### **Automatische afstelinrichtingen**

Het principe van deze afstelinrichtingen is dat als de speling tussen de voering en de trommel een bepaalde waarde overschrijdt, de speling automatisch verkleint.

#### Afstelling met frictieschijf constructie

Dit is een zogenaamde traploze afstelmethode. In afbeelding 4.45 zien we de tekeningen hiervan.



Afb. 4.45

Automatische stelinrichting met  
frictieschijven (traploos)

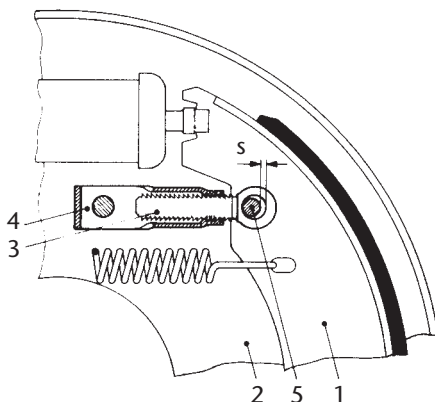
In de remschoen (9) zien we een betrekkelijk groot gat. In dit gat zit een bus (7) met een kleinere buitendiameter dan de diameter van het gat. De bus kan slechts met moeite in het gat schuiven. Dit komt omdat hij met behulp van twee frictieschijven (4), een drukveer (3) en een borgring (6) zit opgesloten.

Op de ankerplaat (2) zien we een pen (1). Deze past met speling (S) in de bus. Na verloop van tijd wordt de speling tussen de remvoering en de remtrommel groter dan de speling S. Op dat moment zal de remschoen iets tussen de twee frictieschijven verschuiven. Hierdoor komt de remschoen na het remmen minder ver terug en is het afstellen voltooid.

De speling S is bepalend voor de speling tussen remvoering en remtrommel.

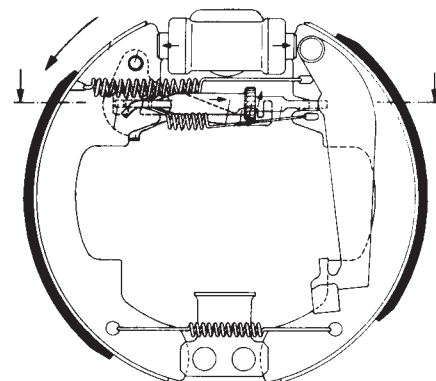
#### Afstelling met getrapte stelinrichting

In afbeelding 4.46 zien we hiervan een uitvoering. Op een pen (3) zit een soort 'zaagtandvorm'. De pen zit in een enigszins verende stelbus (4). Hierin zit dezelfde zaagtandvorm. Aan de pen (3) zit een oog dat met speling (S) om de pen (5) past. Deze pen (5) zit vast aan de remschoen (1). De stelbus (4) zit vast aan de ankerplaat (2). Na een bepaalde slijtage wordt de speling tussen remvoering en



Afb. 4.46

Automatische stelinrichting met zaagtandschroefdraad (getrapt)

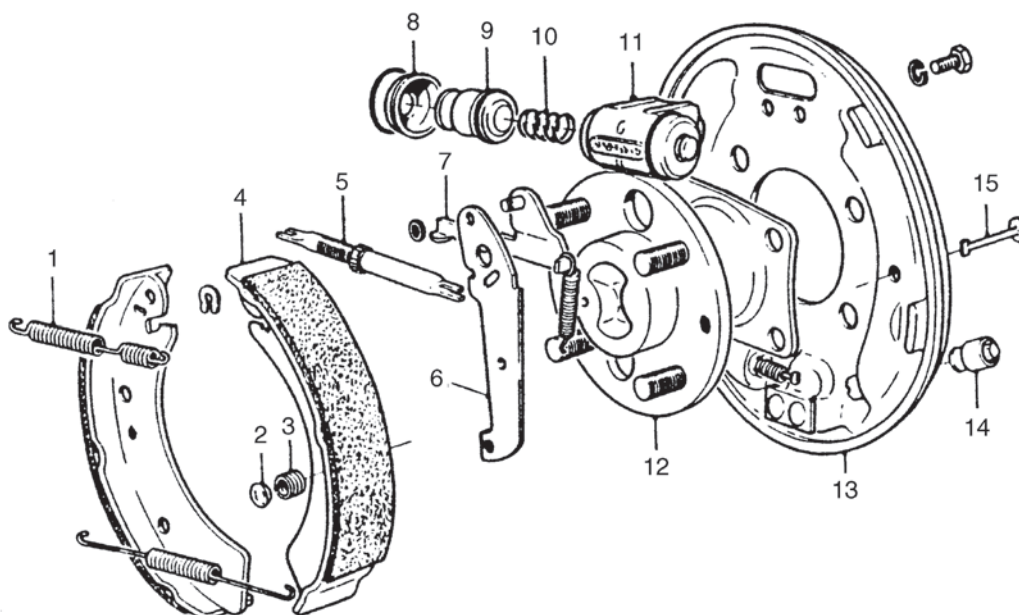


Afb. 4.47

Automatische stelinrichting met bediening via het handrem-  
mechanisme (getrapt)

en remtrommel groter dan de speling S toelaat. De stelinrichting verspringt dan een 'tand' op de pen (3) en de rem is bijgesteld. Ook hier is de speling S bepalend voor de speling tussen remvoering en remtrommel.

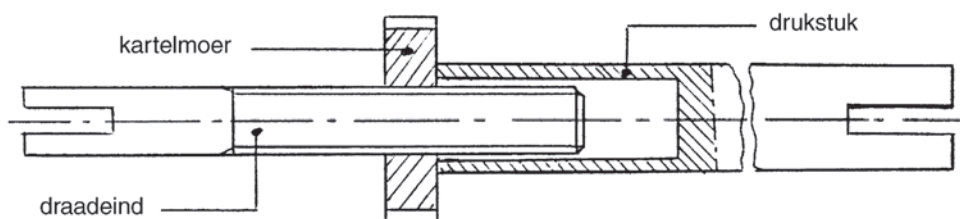
Afbeelding 4.47 laat een constructie zien waarbij de afstelling plaats vindt via het handremmechanisme. Zodra de handrem wordt bediend, en de speling tussen remschoen en remtrommel is groter dan toegestaan, wordt via een hefboommechanisme een tandrondsel verdraaid. Deze afstelling werkt dus alleen als de handrem regelmatig wordt gebruikt.



Afbeelding 4.48 toont een dergelijk systeem in onderdelen. Bij gebruik van de handrem wordt hefboom 6 aangetrokken. Via hefboom 7 wordt vervolgens een kartelmoer op drukstang 5 verdraaid. Afbeelding 4.49 geeft een indruk van de constructie van deze drukstang.

**Afb. 4.48**

**Automatische afstelling via het handremmechanisme in onderdelen**

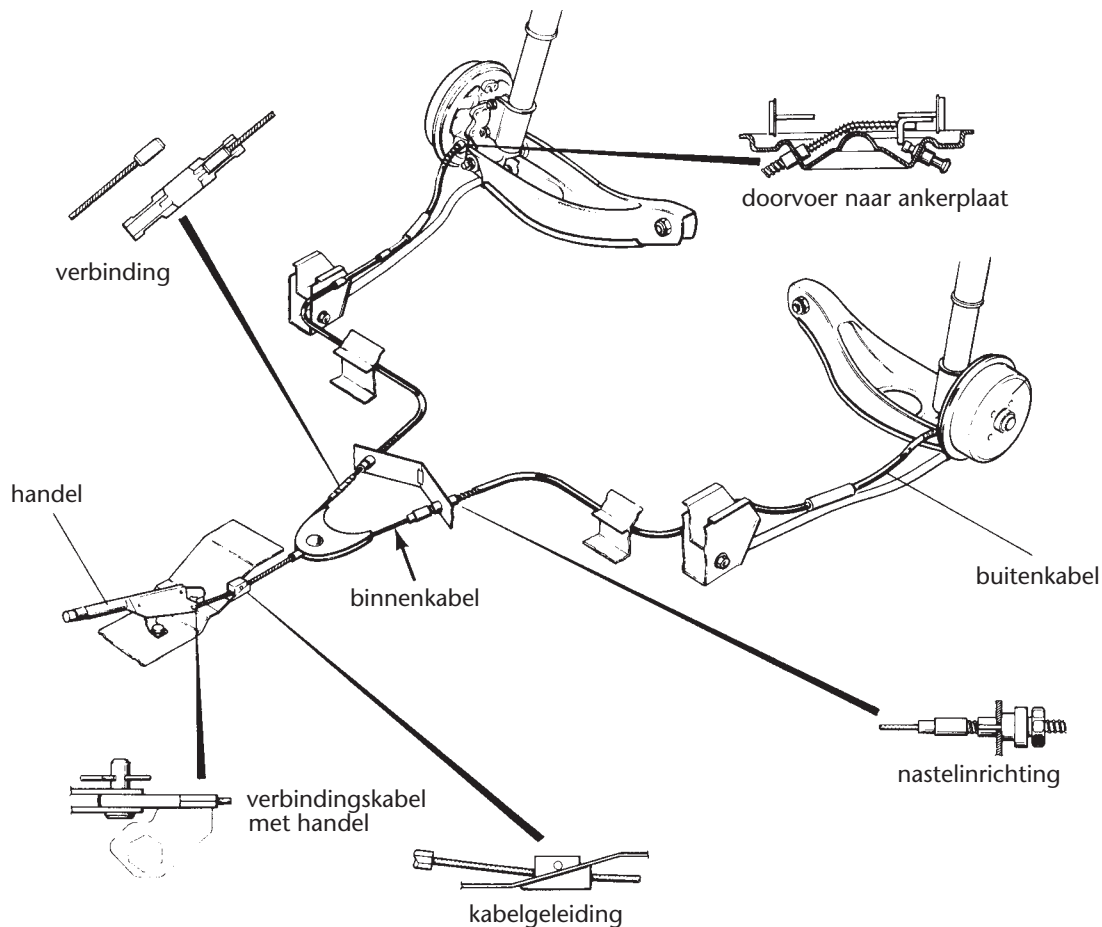


**Afb. 4.49**

**Door het verdraaien van de kartelmoer wordt de drukstang langer of korter**

### **Afstelling van de handrem (parkeerrem)**

De handrem is een mechanisch werkend systeem. Meestal wordt gebruikgemaakt van een staalkabel. Afbeelding 4.50 geeft hiervan een voorbeeld.



**Afb. 4.50**

**Voorbeeld van een handremconstructie**

Het afstellen van zo'n constructie vindt plaats door het verlengen of verkorten van de werkzame lengte van de buitenkabel. De fabrikant geeft de juiste afstelling op. Dit is dan in de vorm van het aantal tandjes dat de remhefboom opgetrokken moet worden om de rem vast te zetten. Let er op dat na het verstellen altijd gecontroleerd moet worden of de wielremmen vrij lopen. Als we te maken hebben met handmatige afstelling van de voetrem dan moet eerst de voetrem worden afgesteld. Daarna moet de handrem gecontroleerd en/of afgesteld worden.

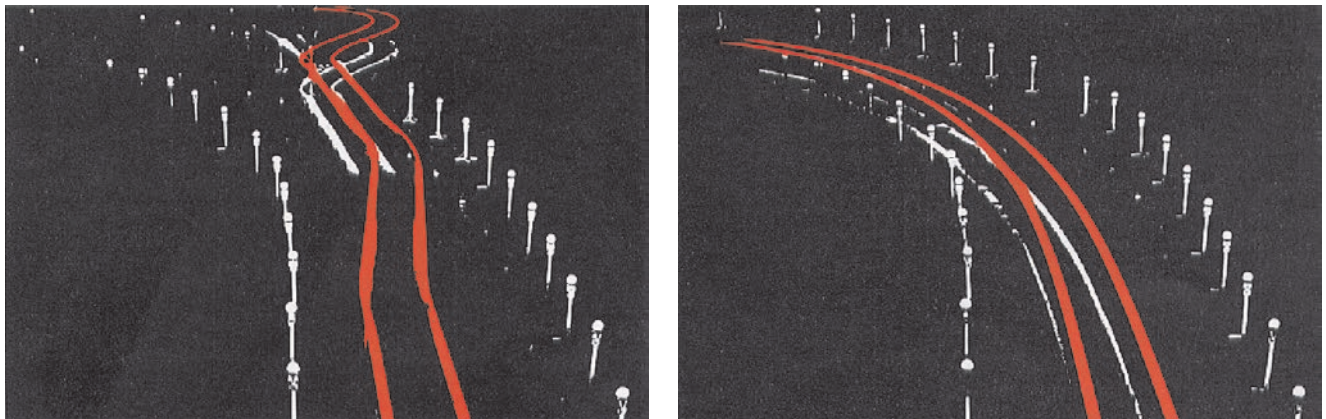
### **Volgorde van afstellen**

Vóór je met het afstellen van trommelremmen begint, moet de invloed van de handrem worden uitgeschakeld. Dit kan door de afstelconstructie van de handrem los te nemen of deze over een flinke afstand terug te stellen. Hierdoor wordt voorkomen dat de handrem de remschoenen verder naar buiten trekt dan de stelrichting van de voetrem. Het goed afstellen van de trommelrem is dan niet meer mogelijk. Stel als laatste de handrem opnieuw af. Houd hierbij rekening met de fabrieksvoorschriften.

# 5 Antiblokkeersystemen (ABS)

## 5.1 Inleiding

Bij bepaalde situaties in het verkeer kunnen wielen tijdens het remmen blokkeren. Vooral bij een nat of glad wegdek is de kans groot op wielblokkering. Bij wielblokkering is een auto niet meer bestuurbaar. De auto kan in een slip raken en van de weg glijden. Afbeelding 5.1 geeft hiervan een indruk.



In de linker afbeelding wordt geremd zonder antiblokkeersysteem (ABS).

We zien door de sporen op het wegdek dat de wielen blokkeren. De auto glijdt van de rijbaan.

In de rechter afbeelding wordt geremd met ABS. De wielen blokkeren niet en de auto blijft bestuurbaar. Het ABS herkent op tijd de neiging tot blokkeren van één of meer wielen.

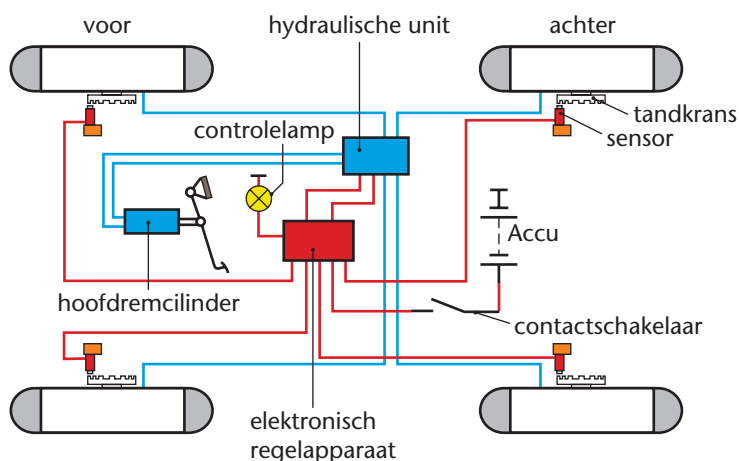
Het zorgt er voor dat de wielen tijdens het remmen blijven draaien. Het ABS heeft hierdoor een gunstige invloed op de verkeersveiligheid.

**Afb. 5.1**

**Remmen zonder ABS (links) en remmen met ABS (rechts)**

## 5.2 Principe van antiblokkeersystemen

Afbeelding 5.2 toont een prinsipschema van een ABS. Vanaf de hoofdremcilinder gaan de remleidingen naar de hydraulische unit.



**Afb. 5.2**

**Principeschema van een ABS**

De hydraulische unit past de druk in het remsysteem aan als dit nodig is om blokkeren te voorkomen. Vanaf de hydraulische unit gaan remleidingen naar de wielremmen.

Bij elk wiel is een sensor geplaatst. Elke sensor meet het toerental van het betreffende wiel. De sensoren geven dit door aan het elektronisch regelapparaat (ABS-computer). De ABS-computer kan nu bepalen of een wiel neiging tot blokkeren heeft.

Zodra vastgesteld wordt dat een wiel wil gaan blokkeren, stuurt de ABS-computer een elektrisch signaal naar de hydraulische unit. De hydraulische unit houdt de remdruk dan constant of verlaagt deze. Hiermee wordt blokkeren van het betreffende wiel voorkomen. Als het blokkeergevaar over is wordt de remdruk, zo nodig, weer verhoogd.

De ABS-controlelamp is op het instrumentenpaneel gemonteerd. Deze gaat bij een lopende motor branden als er een fout in het ABS optreedt.

Het is van belang voor de goede werking van het ABS dat er goede banden onder de auto zijn gemonteerd. De banden hebben:

- de juiste maat
- hetzelfde merk
- voldoende profiel
- de juiste spanning.

Als aan het bovenstaande niet wordt voldaan, zal het ABS niet optimaal werken. Ook wanneer het ABS is voorzien van uitbreidingen - zoals ASR, EDS of ESP - spelen de banden een belangrijke rol.

ASR = **A**ntislip**r**egeling

EDS = Elektronische differentieelblokkering (**E**lektronische **D**ifferentia**s**perre)

ESP = **E**lektronisch **s**tabiliteits**p**rogramma

Dit houdt in dat we alles op een auto kunnen monteren, mits de basisvoorziening goed is. Natuurlijk kan men, als het wegdek glad is, ook niet harder rijden dan de combinatie van wegdek en voertuig toelaat.

De hechting band - wegdek is bepalend voor de snelheid waarmee gereden kan worden. Let wel: het ABS met zijn toevoegingen is geen wondermiddel.

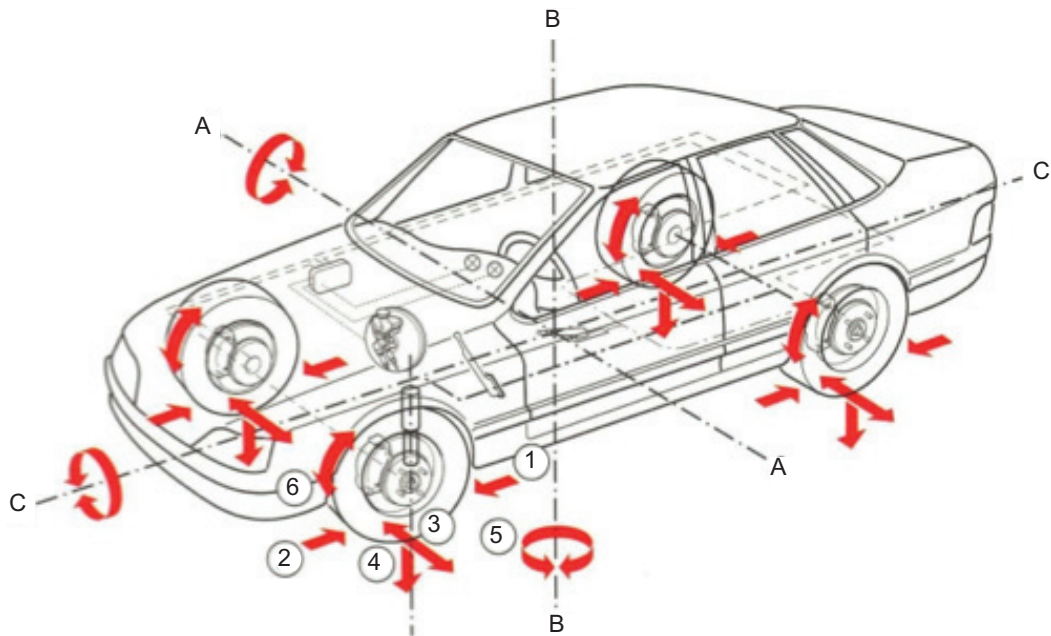
### **Krachten op een rijdende auto**

Op een rijdende auto werken een aantal krachten (afb. 5.3) waar rekening mee gehouden moet worden. Deze krachten zijn:

- 1 aandrijfkrachten
- 2 remkrachten
- 3 dwarskrachten
- 4 slipkrachten
- 5 het draaimoment
- 6 traagheidsmomenten.



Wanneer het rempedaal met grote kracht wordt ingedrukt, heeft het ABS tot taak de druk van de remvloeistof automatisch te moduleren, zodat de wielen niet blokkeren. Hiermee wordt voorkomen dat het voertuig gaat slippen. Het voertuig blijft bestuurbaar en tegelijkertijd wordt de grip van de banden op het wegdek optimaal benut voor het remmen.



**Afb. 5.3**

*Overzicht van de krachten en momenten die op auto werken*

### 5.3 Opbouw van het antiblokkeersysteem

Een ABS-systeem van een personenauto bestaat meestal uit:

- een vacuümbekrachtigde tweekrings-hoofdremscilinder, kruislings gescheiden;
- vier wielsensoren;
- een hydraulisch kleppenblok;
- een hydraulische elektrische pomp;
- de ABS-computer.

ABS-systemen worden vaak uitgebreid met een ASR-, EDS- of ESP-regeling.

ASR (antislipregeling) voorkomt een overmaat aan wielslip tijdens de versnelling van de aangedreven wielen, bijvoorbeeld op ijs of grind.

EDS (elektronische differentiëlblokking) maakt maximaal wegtrekken op een wegdek met ongelijke wrijvingscoëfficiënten mogelijk.

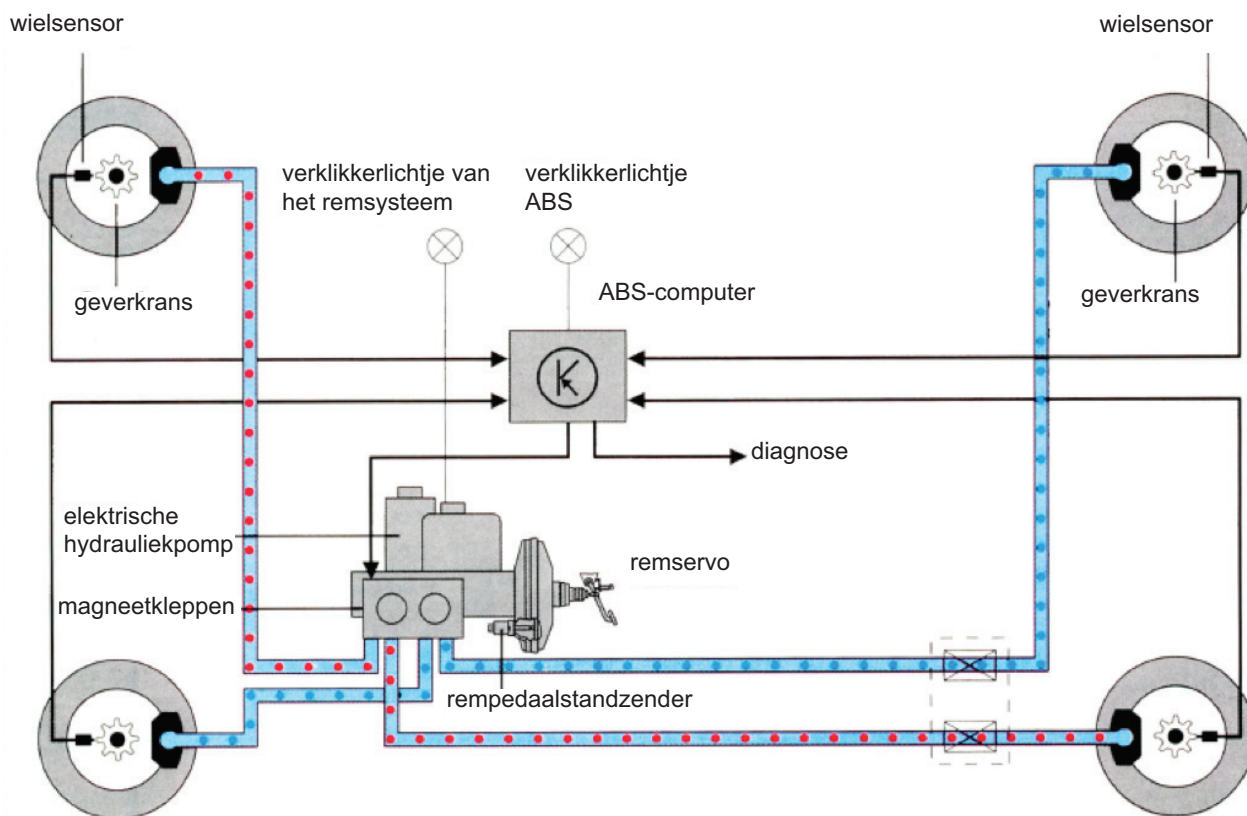
ESP (elektronisch stabiliteitsprogramma) hiermee wordt door middel van ingrijpen via het remsysteem en/of motorvermogen voorkomen dat de auto uitbreekt in de bocht.



In afbeelding 5.4 zien we de schematische opstelling van een 4-kanaals ABS-systeem. Van elk wiel kan de remdruk apart worden geregeld. Hiervoor zijn twee magneetkleppen per wiel aangebracht. Tijdens een ABS-remcyclus kan één klep de verbinding tussen de hoofdremcilinder en het betreffende wiel verbreken waardoor de remdruk niet verder kan oplopen.

Een tweede klep maakt het mogelijk dat de remdruk wordt verlaagd doordat met behulp van een retourpomp remvloeistof naar de hoofdremcilinder wordt teruggepompt.

De remcircuits (afb. 5.4) zijn diagonaal gescheiden.



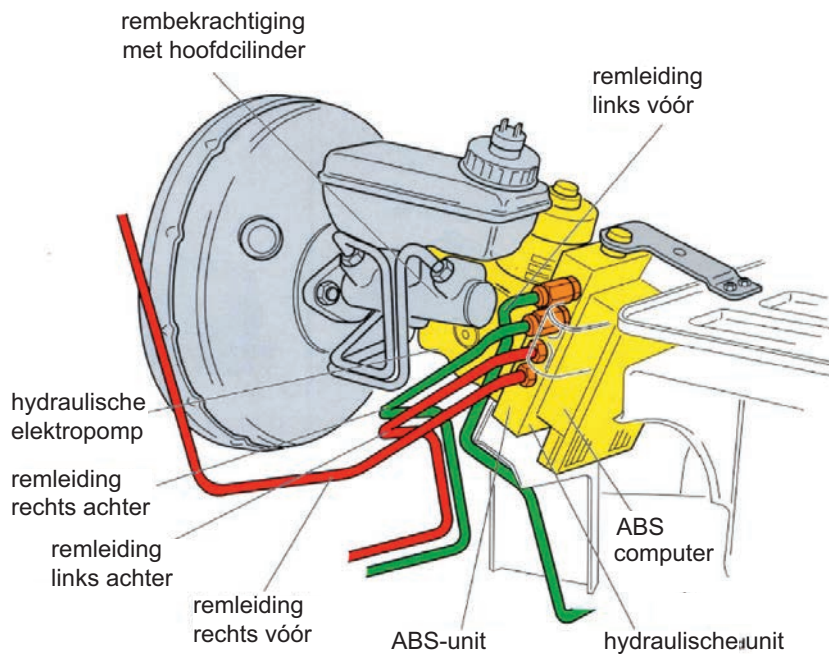
**Afb. 5.4**  
**Schematische opstelling van een 4-kanaals**  
**ABS-systeem met  $4 \times 2 = 8$  hydraulische**  
**kleppen**

Uit de informatie van de wielsensoren bepaalt de ABS-computer of het systeem in werking moet treden. De sensoren geven de wielsnelheid van elk individueel wiel door. De computer berekent hieruit de wielvertraging c.q. versnelling en kan vervolgens besluiten om al dan niet in te grijpen op de remdruk van het betreffende wiel.

In afbeelding 5.5 zien we de opstelling van de hoofdremcilinder en de ABS-unit. In de ABS-unit bevinden zich de retourpomp en de kleppen die elektromagnetisch door de ABS-computer worden aangestuurd.

In het systeem van afbeelding 5.4 zijn twee controlelampjes afgebeeld:

- een controlelampje van het remsysteem;
- een controlelampje van het ABS-systeem.



**Afb. 5.5**

**Opstelling van de bekrachtigde hoofdremcilinder, de ABS-unit en de ABS-computer**

Het controlelampje van het remsysteem gaat aan bij het inschakelen van het contact. Nadat het systeem een zelfcontrole heeft uitgevoerd gaat het weer uit.

Verder gaat het lampje aan bij:

- aangetrokken handrem;
- te laag vloeistof niveau.

Het lampje licht op bij het uitvallen van het ABS-systeem.

In geval van storing wordt de herkende storing in het storingsgeheugen van de ABS-computer opgeslagen. Met behulp van een serieel uitleesapparaat dat aangesloten wordt op de 16-polige diagnoseconnector kunnen de storingscodes worden opgeroepen.

### **De wielsensoren**

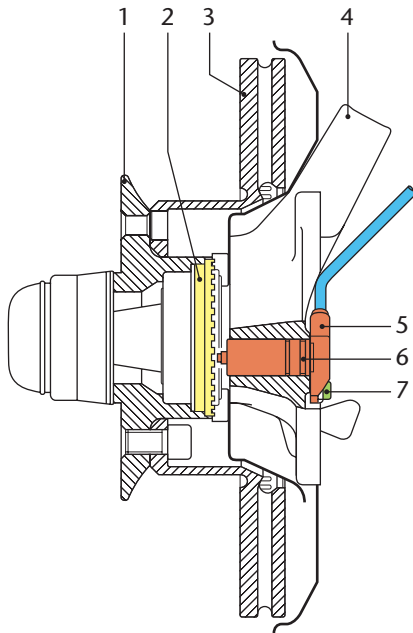
ABS-sensoren komen in verschillende uitvoeringen voor. De twee meest voorkomende typen zijn:

- Inductieve sensor. Deze heeft geen voedingsspanning nodig. Het wordt daarom een passieve sensor genoemd.
- Magneto-resistieve sensor. Deze heeft wel een voedingsspanning nodig en wordt daarom een actieve sensor genoemd.

### **Inductieve sensor**

Een inductieve sensor bestaat uit een wielsensor en een rotor (tandkrans). In afbeelding 5.6 zien we hoe deze componenten ondergebracht kunnen zijn bij een wiel. De rotor draait samen met het wiel rond. De sensor is verbonden met de wieldraagarm.

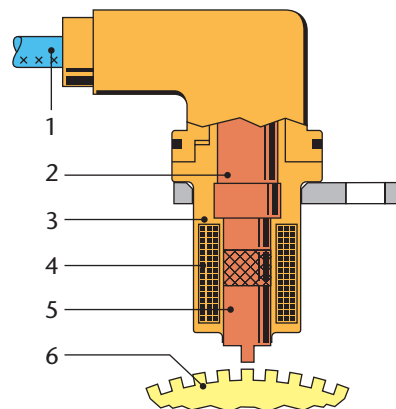
De rotor is uitgevoerd als een getande ring (afb. 5.7). Hier zien we ook dat de sensor onder andere bestaat uit een permanente magneet en een spoel.



**Afb. 5.6**

**Voorbeeld van de plaatsing van een inductieve sensor**

- 1 wielnaaf
- 2 rotor (tandkrans)
- 3 remschijf
- 4 wieldraagarm
- 5 elektrische aansluiting
- 6 sensor
- 7 bevestigingsbout van de sensor



**Afb. 5.7**

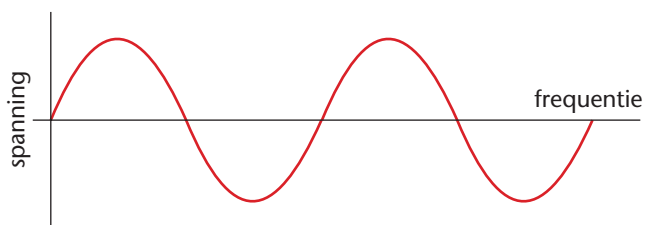
**Doorsnede van een inductieve sensor met rotor**

- 1 elektrische aansluiting
- 2 permanente magneet
- 3 huis
- 4 spoel
- 5 poolstift
- 6 rotor (tandkrans)

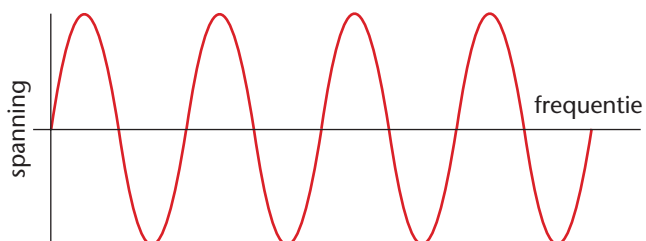
Als de auto rijdt, draait de rotor langs de wielsensor. Afwisselend passeren dan een tand en een tandholte de poolstift van de sensor. Het gevolg is dat het magnetisch veld van de permanente magneet steeds verandert. De spoel bevindt zich in dat steeds veranderend magnetisch veld. Hierdoor wordt in de spoel een wisselspanning opgewekt (afb. 5.8).

De hoogte en de frequentie van de in de spoel opgewekte wisselspanning zijn afhankelijk van het toerental van het wiel. Beide stijgen met het oplopen van het wieltoerental. De opgewekte signalen worden naar de ABS-computer gestuurd. Hier wordt de frequentie omgerekend naar het toerental van het wiel.

Een nadeel is dat bij een zeer lage snelheid, bijvoorbeeld 5 km/u, het spanningssignaal te laag kan zijn. Het ABS werkt dan niet meer.



**laag toerental**  
spanning en frequentie laag



**hoog toerental**  
spanning en frequentie hoog

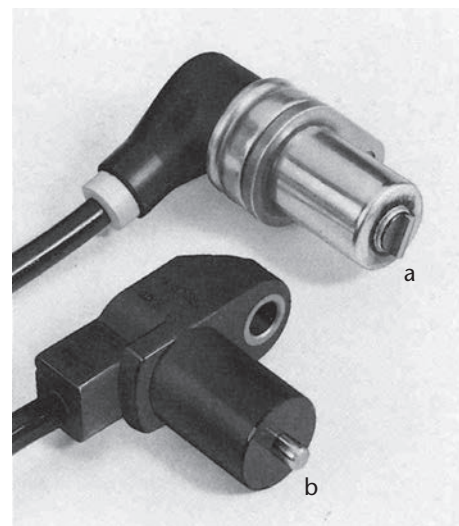
**Afb. 5.8**

*Hoogte van spanning en frequentie wijzigen met het veranderen van het wieltoerental*

Omdat vanuit het wieltoerental de versnelling c.q. de vertraging moet worden berekend is het noodzakelijk dat het impulstandwiel uit vele tandjes of magneetjes bestaat, 40 tot 80 tanden is niet ongebruikelijk.

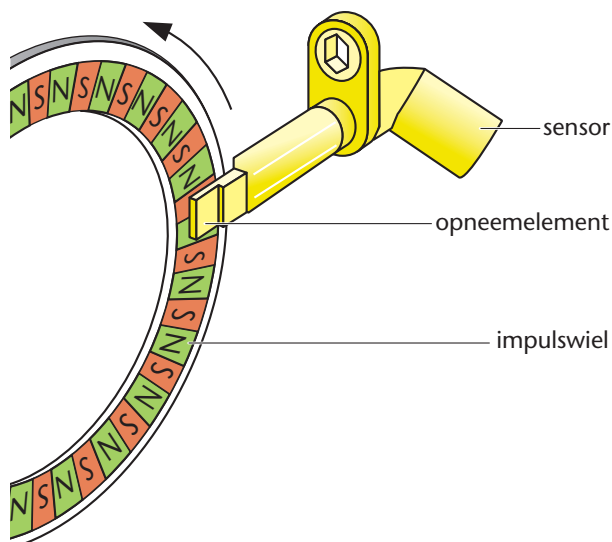
ABS-wielsensoren zijn door de invloed van vocht en vuil de meest kwetsbare onderdelen van het ABS.

Afbeelding 5.9 toont twee verschillende sensoren. Het verschil zit in de vorm van de poolstift. Sensor a heeft een platte poolstift, sensor b een ronde.



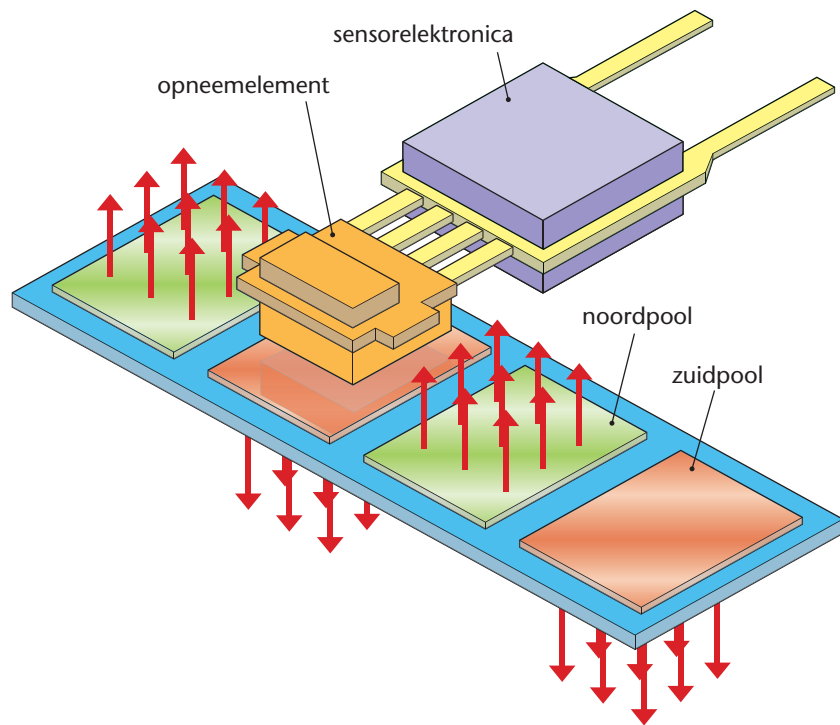
**Afb. 5.9**

*Uitvoeringen van toerentalsensors*



**Afb. 5.10**

*Magneto-resistieve sensor en rotor (impulswiel)*



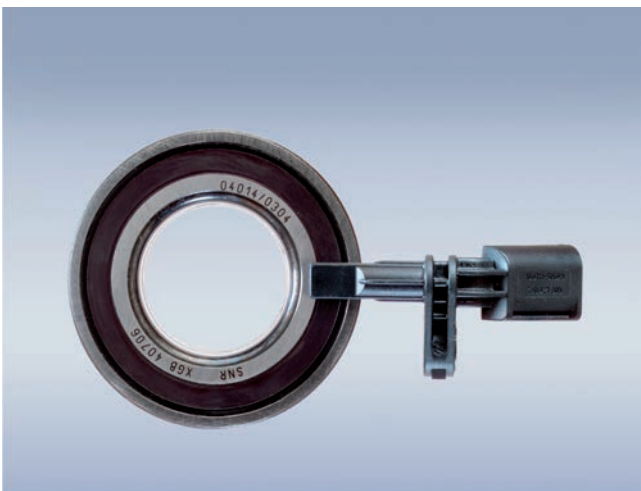
**Afb. 5.11**

*Vereenvoudigde weergave van de opbouw van een magneto-resistieve sensor*

Als het wiel en de rotor draaien, lopen de magnetische plaatjes langs het opneemelement van de sensor (afb. 5.11).

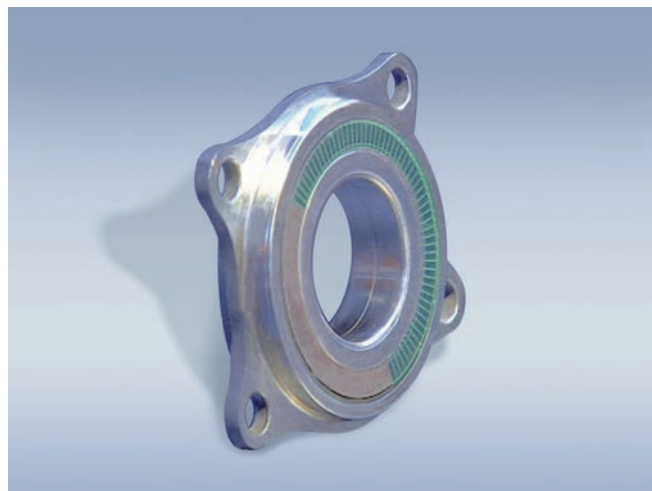
Het opneemelement is magneto-resistief. Dit betekent dat de weerstand van het element wordt beïnvloed door een magnetisch veld. De magnetische plaatjes op de rotor zorgen, bij een draaiend wiel, afwisselend voor een grotere en een kleinere weerstand van het opneemelement.

De sensor-elektronica stuurt een stroom door het opneemelement. Afhankelijk van de momentele weerstand van het element is deze stroom klein (bijvoorbeeld 7 mA) of groot (bijvoorbeeld 14 mA). Deze stroom wordt vervolgens bewerkt en naar de ABS-computer gestuurd.



**Afb. 5.12**

*Magneto-resistieve sensor met rotor*



**Afb. 5.13**

*Rotor met magnetische plaatjes*

Afbeelding 5.12 geeft nog een indruk van de werkelijke uitvoering van een magneto-resistieve sensor met rotor. Op de rotor van afbeelding 5.13 zijn de magnetische plaatjes zichtbaar. De rotor maakt vaak deel uit van het wielager.

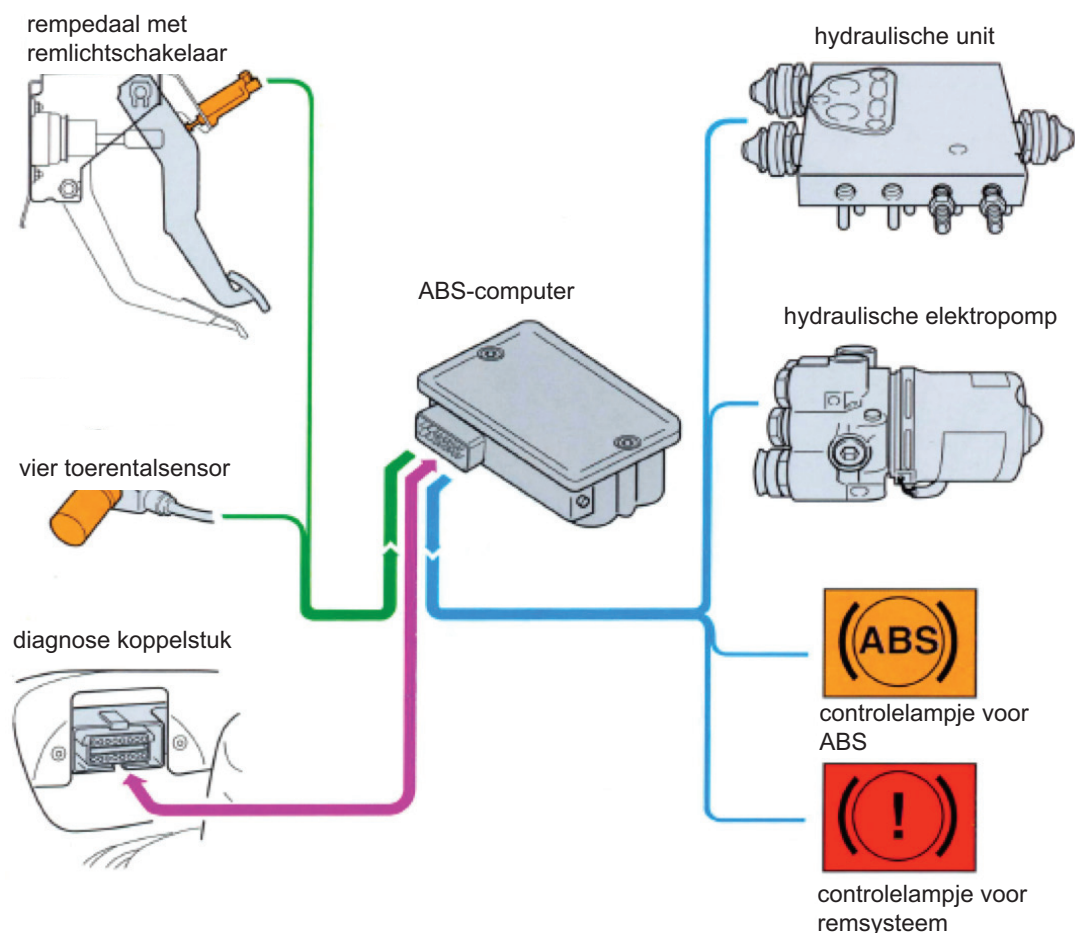
Voordelen van een magneto-resistieve sensor ten opzichte van een inductieve sensor zijn:

- de snelheid kan vanaf 0 km/u worden gemeten;
- minder inbouwruimte nodig;
- minder kans op storing;
- herkenning van de draairichting mogelijk.

### Systeemoverzicht

In afbeelding 5.14 zien we het systeemoverzicht van een compleet ABS-systeem. De ABS-computer, de hydraulische unit (kleppenblok) en de hydraulische (retour)pomp vormen meestal een geheel (afb. 5.15). In het systeemoverzicht zijn ze ter verduidelijking afzonderlijk afgebeeld.

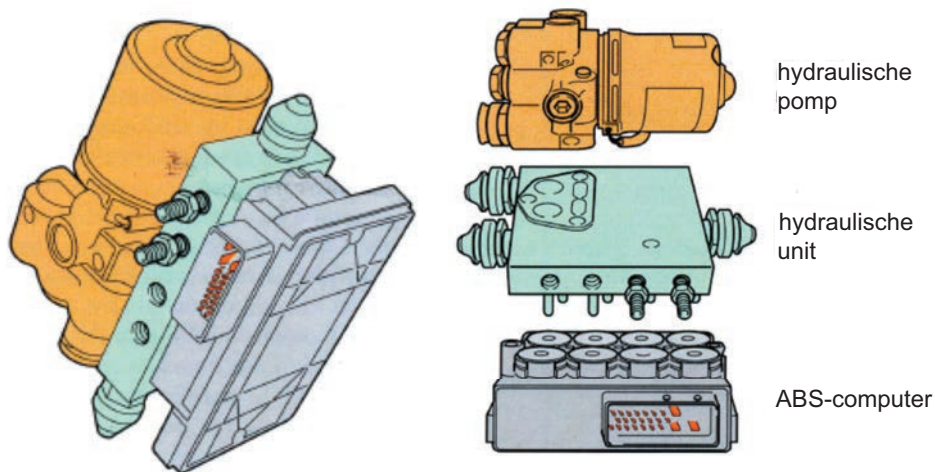
De remlichtschakelaar informeert de ABS-computer over het begin van de remcyclus.



Afb. 5.14

Systeemoverzicht van een compleet ABS-systeem





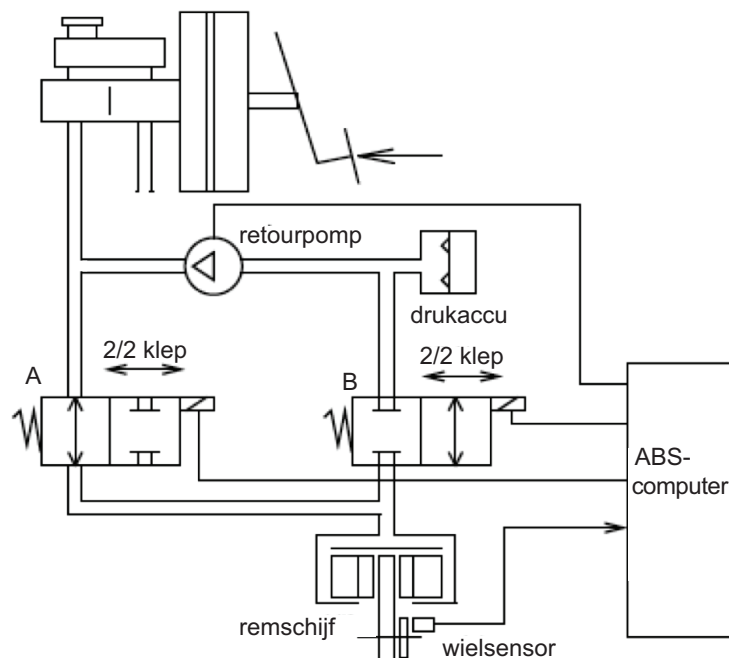
Afb. 5.15

De ABS-computer vormt één geheel met de hydraulische unit (kleppenblok) en de hydraulische (retour)pomp

## 5.4 Werking van het hydraulisch gedeelte van het ABS-systeem

In afbeelding 5.16 zien we het hydraulisch gedeelte met de regelkleppen van het ABS-systeem. Voor de eenvoud is de werking van één wiel getekend.

De hoofdremcilinder is voorzien van een bekrachtiger en zorgt voor de opbouw van de druk wanneer de bestuurder op het rempedaal trapt. De twee aansluitingen van de hoofdremcilinder wijzen op het gescheiden remsysteem.



Afb. 5.16

Stand van de 2/2-kleppen onder rijomstandigheden 'niet remmen' en 'stabiel remmen'. In een ABS-cyclus is dit de situatie 'druk opbouwen'.

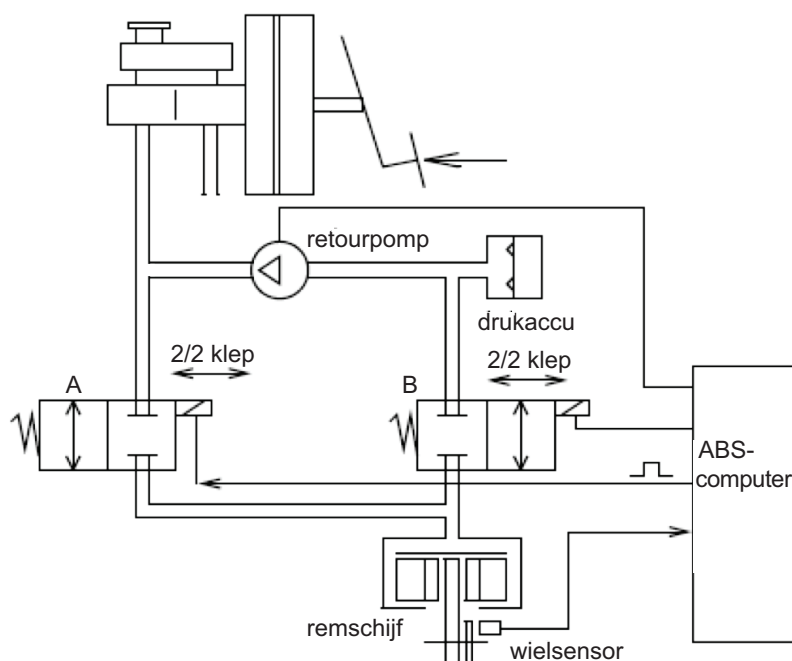


Het hydraulische gedeelte bestaat uit een retourpomp en twee 2/2-kleppen. Verder is er een drukaccu nodig om de remdruk tijdens de ABS-remcyclus te kunnen doseren.

Een 2/2-klep wil zeggen dat de klep twee aansluitingen en twee standen bezit. Klep A staat in de doorlaatstand getekend en klep B in de blokkeerstand. De kleppen kunnen naar links en naar rechts schuiven met behulp van een magneetspoel die door de ABS-computer wordt bekrachtigd.

Onder normale omstandigheden en wanneer er niet te hard geremd wordt, zal de klepstand niet door de computer worden beïnvloed en zal de remdruk via klep A kunnen worden opgebouwd. Klep B voorkomt dat er vloeistof terugstroomt naar de hoofdremlcilinder (afb. 5.16).

Wanneer tijdens een remsituatie (klepstanden volgens afb. 5.16) de computer een te grote wielvertraging registreert, kan in eerste instantie een verhoging van de remdruk worden voorkomen door klep A te bekrachtigen waardoor de verbinding met de hoofdremlcilinder wordt verbroken, zie afbeelding 5.17.

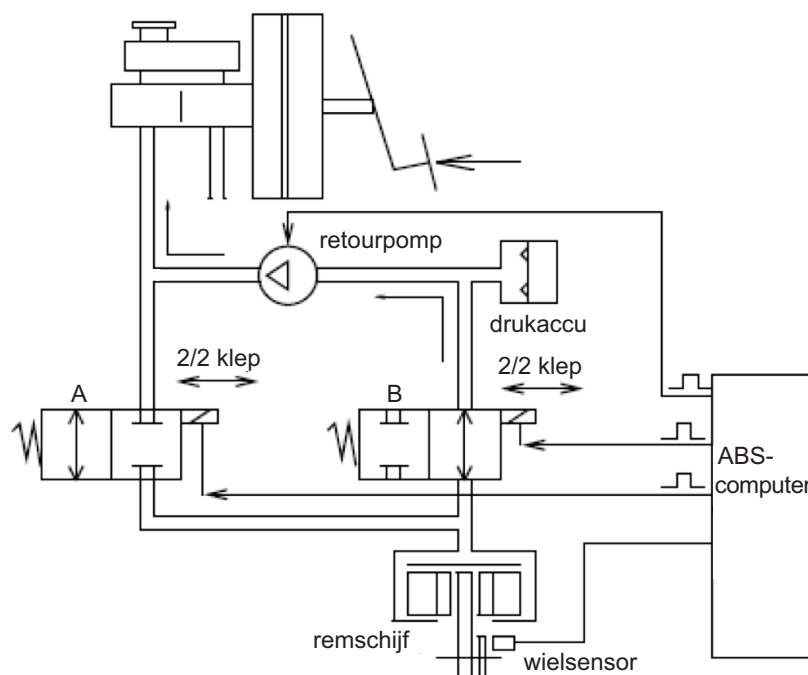


**Afb. 5.17**

**Bij een te grote wielvertraging kan in eerste instantie een remdrukverhoging worden voorkomen. Situatie: ABS actief, druk vasthouden.**

Zou vervolgens de wielvertraging onvoldoende afnemen dan is de remkracht van het systeem nog steeds te groot. De computer schakelt dan ook de tweede klep in. In deze situatie zijn beide kleppen bekrachtigd. Klep A blokkeert de toevoer en klep B opent de retour.

Met het bekrachtigen van klep B wordt ook de retourpomp ingeschakeld (afb. 5.18).



**Afb. 5.18**

**Wanneer de wielvertraging nog te groot blijft dan kan de remdruk worden verminderd door de retourklep (B) te activeren en de retourpomp in te schakelen. Situatie: ABS actief, druk verminderen.**

De retourpomp pompt vloeistof terug tegen de druk van de hoofdremcilinder in. De bestuurder voelt dat het rempedaal wordt teruggeduwd. Om een gelijkmatige drukvermindering te krijgen is er een drukaccu gemonteerd (het expansievat-effect).

Tijdens de werking van het ABS is er sprake van remdrukregeling omdat drukopbouw, druk gelijk houden en druk verminderen elkaar afwisselen waardoor de remkracht onder alle condities zo optimaal mogelijk blijft.

### **ABS-regelcyclus**

In afbeelding 5.19 zien we een kort gedeelte van een ABS-regelcyclus. In de bovenste grafieklijnen bij A zien we de voertuig-snelheid, de referentiesnelheid en de wielsnelheid afgebeeld.

Gedurende fase 1 wordt er geremd in het stabiele gebied. De remdruk in grafiek E neemt lineair toe omdat de bestuurder de kracht op het rempedaal vergroot.

In fase 2 heeft de wielsnelheid de referentiesnelheid overschreden. Uit de snelheidsafname kan de computer de wielvertraging berekenen. De wielvertraging wordt voorgesteld door grafieklijn B.

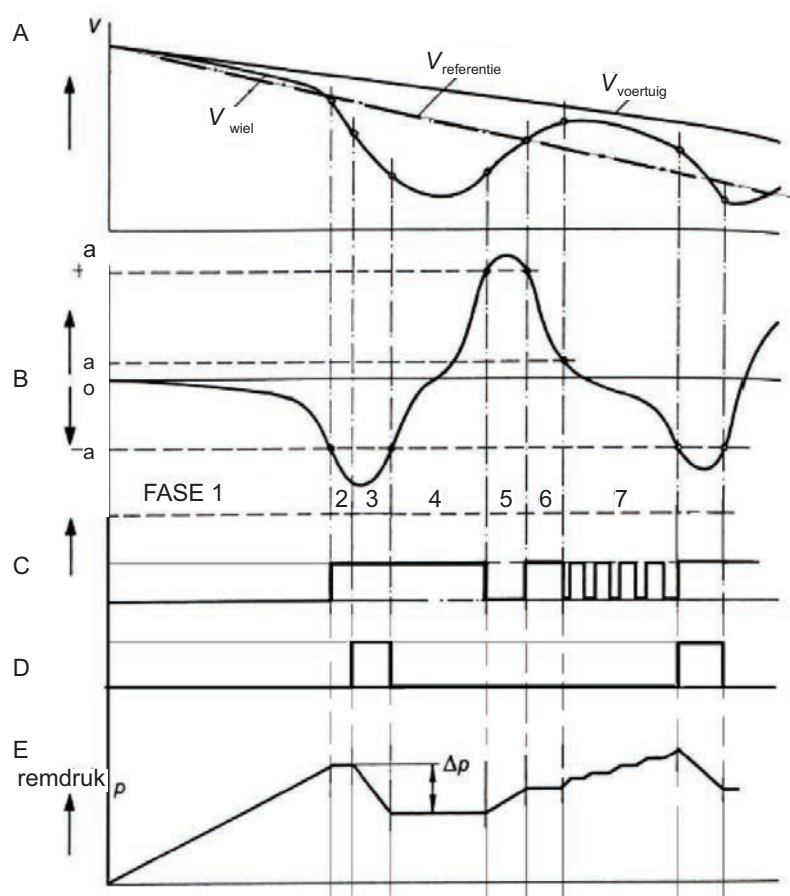
In het begin van fase 2 constateert de computer aan de hand van de te grote wielvertraging dat het remkoppel te groot is geworden. De remdruk wordt nu gestabiliseerd. Dit wordt weergegeven in grafieklijn C. De drukvasthoudklep wordt bekrachtigd. Het gevolg is dat in fase 2 de remdruk gelijk blijft, zie grafieklijn E. Desondanks neemt de wielvertraging nog toe (grafieklijn B) en de wielsnelheid nog steeds af (grafieklijn A).

Begin fase 3 besluit de computer om de remdruk te verminderen door de retourpomp in te schakelen, zie grafieklijn D. De wielvertra-

ging wordt nu minder, de retourpomp wordt gestopt en de remdruk wordt met de verminderde druk vastgehouden (einde fase 3).

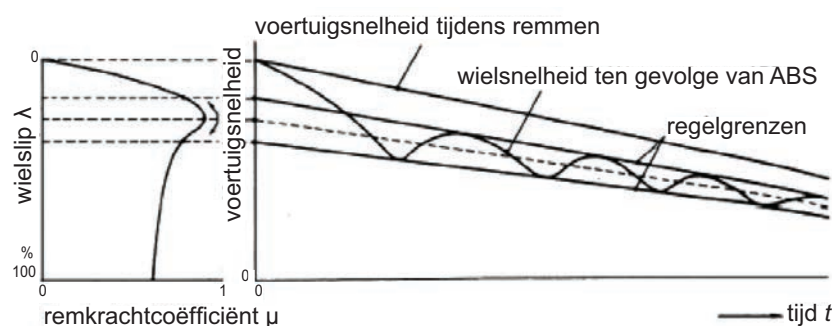
Het wiel gaat nu in fase 4 vanuit vertragen naar versnellen (grafieklijn B) waardoor de wielsnelheid toeneemt en in de richting van de referentielijn beweegt (grafiek A). Voordat de referentielijn bereikt wordt (fase 5), wordt de remdruk weer verhoogd door de drukvasthoudklep vrij te geven (grafieklijn C). Hierdoor zal de wielversnelling weer verminderen (fase 6) waarna de druk stapsgewijs weer mag oplopen (fase 7), hetgeen weer voor een wielvertraging zorgt. Hierna kan het proces worden herhaald.

Op deze wijze zorgt de ABS-regeling ervoor dat de wielsnelheidslijn om de referentielijn blijft oscilleren. In afbeelding 5.20 zien we dat de oscillatie zich beweegt rondom de maximale wrijvingscoëfficiënt.



**Afb. 5.19**  
**ABS-regelcyclus**

- A voertuigsnelheid, referentiesnelheid en wielsnelheid
- B wielvertraging
- C drukvasthoudklep
- D retourpomp
- E remdruk



**Afb. 5.20**  
**Het verloop van de wielsnelheid ten opzichte van de wielslip**

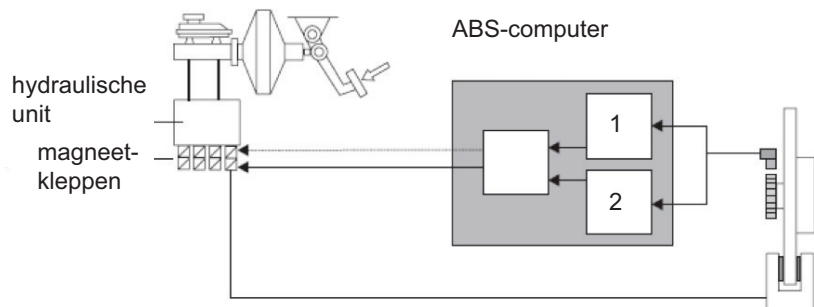
### Elektronische remkrachtverdeling

Een ABS-systeem is relatief eenvoudig uit te breiden met elektronische remkrachtverdeling (ERV) door de software van de ABS-computer aan te passen. De ERV maakt gebruik van de componenten van het ABS (afb. 5.21). Remdrukverdelingssystemen zoals bijvoorbeeld een remdrukbegrenzer komen dan te vervallen. ERV wordt bij personenwagens momenteel standaard toegepast.

**Afb. 5.21**

**Het ABS en de elektronische remkrachtverdeling werken onafhankelijk van elkaar.**

- 1 regeling ABS
- 2 regeling ERV



De ERV regelt de remkracht van de achteras met behulp van de ABS-componenten. Ze houdt rekening met wisselende asbelastingen en veranderende wegdekcondities. ERV is actief bij licht remmen en werkt alleen in het stabiele gebied (afb. 5.22).

**Afb. 5.22**

**Het ABS-systeem regelt in het 20% slipgebied, terwijl het ERV-systeem in het gehele of in een gedeelte van het stabiele gebied regelt**

