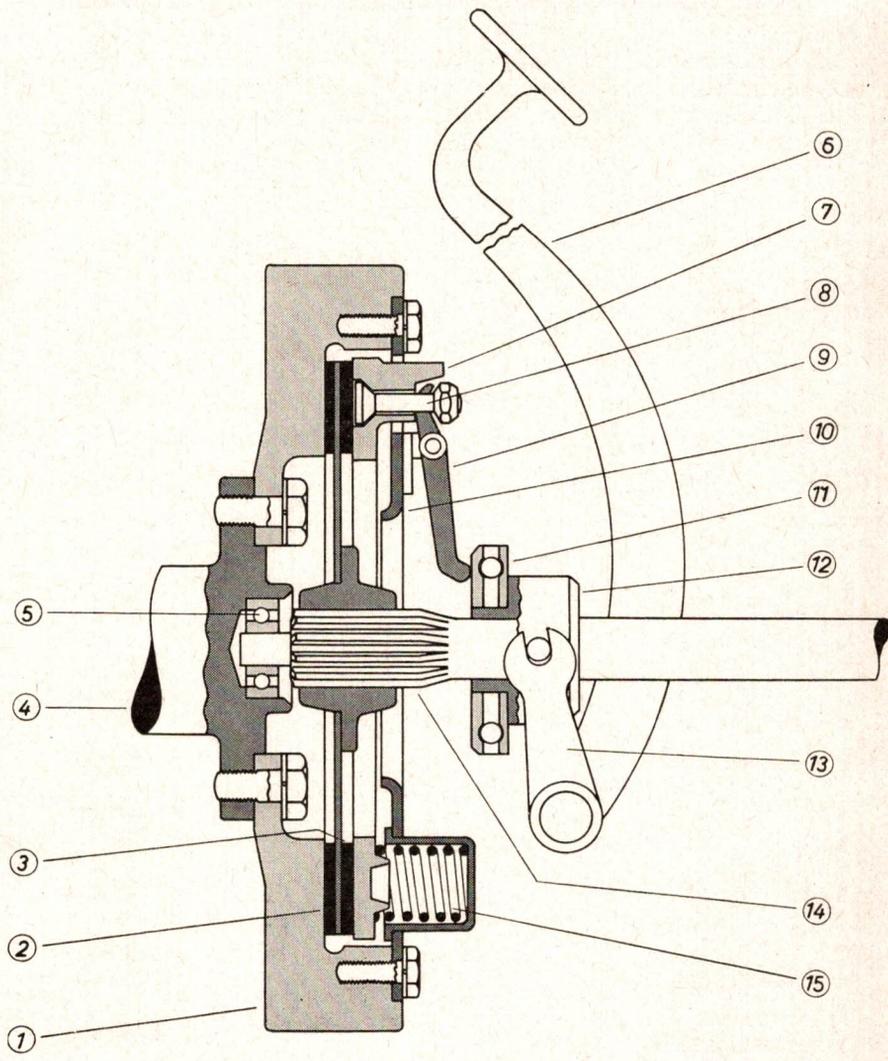


Legende zu Figur 1

- 1 Schwungrad
- 2 Kupplungsmitnehmerscheibe
- 3 Kupplungsbelag
- 4 Kurbelwelle
- 5 Führungslager
- 6 Kupplungsbetätigungspedal
- 7 Druckplatte
- 8 Ausrückbolzen
- 9 Ausrückhebel
- 10 Kupplungskorb
- 11 Drucklager
- 12 Drucklagerführung
- 13 Ausrückgabel
- 14 Kupplungs- oder Primärwelle
- 15 Druckfeder



Figur 1 Einscheiben-Trockenkupplung mit Schraubenfedern

E

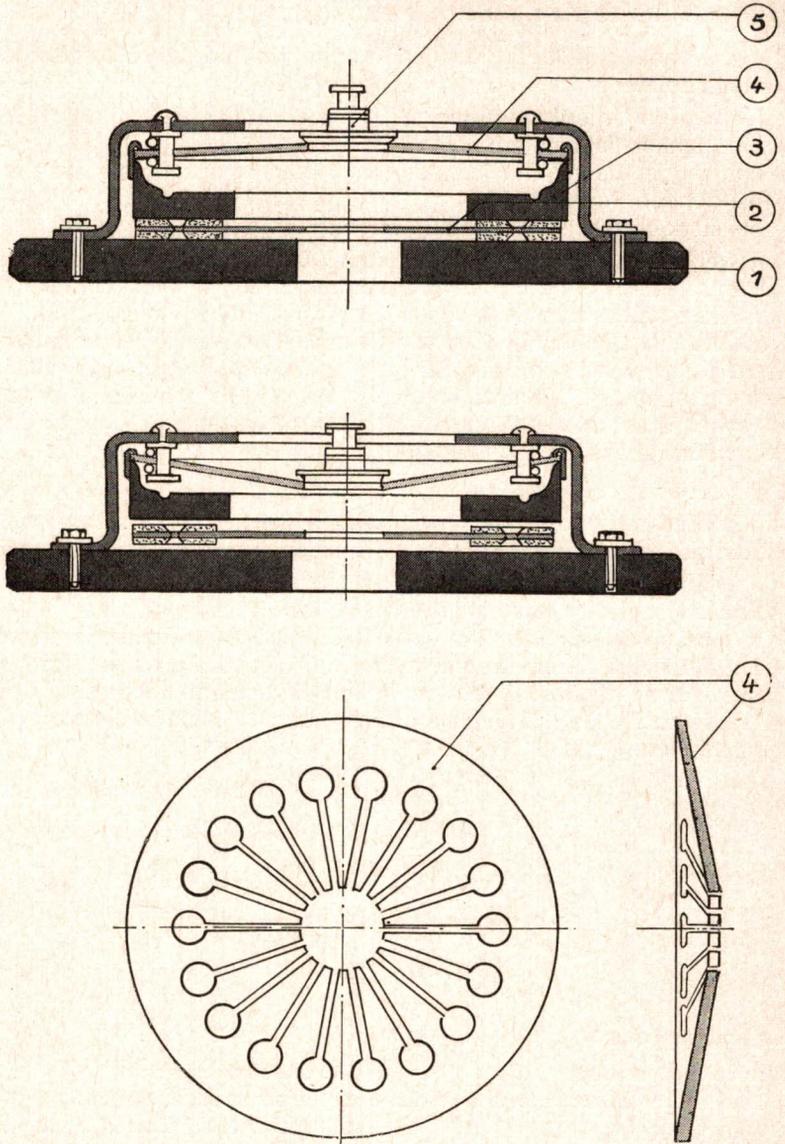
b. Mit Tellerfeder

Bei dieser Konstruktion wird anstelle der Schraubenfedern eine Tellerfeder verwendet. Diese Kupplung benötigt eine geringere, degressive Pedalkraft, ergibt ein weiches Einkuppeln und besitzt weniger Übertragungsteile.

Die Arbeitsweise ist im Prinzip gleich wie bei der Kupplung mit Schraubenfedern. Beim Auskuppeln wird das Ausrücklager (5) gegen die Finger der Tellerfeder (4) gedrückt, wodurch der Druck auf die Druckplatte aufgehoben und die Mitnehmerscheibe gelöst wird.

Legende zu Figur 2

- 1 Schwungrad
- 2 Mitnehmerscheibe
- 3 Kupplungsdruckplatte
- 4 Tellerfeder
- 5 Ausrücklager



Figur 2 Einscheiben-Trockenkupplung mit Tellerfeder

4. Hydraulische Kupplungsbetätigung

Die Anwendung der hydraulischen Kupplungsbetätigung bietet besonders Vorteile bei:

- Heck- und Unterflurmotoren
- Frontlenker-Fahrzeugen
- Fahrzeuge, die mit Rechts- oder Linkslenkung ausgerüstet werden
- hängenden Pedalen
- bei stark elastischen Motoraufhängungen

Der Geberzylinder (6) entspricht dem Aufbau nach dem Hauptbremszylinder, jedoch ohne Bodenventil, wodurch ein rasches Zurückfließen der Flüssigkeit und rasches Lösen der Ausrückhebel erreicht wird.

Der Nehmerzylinder (11) überträgt die im Geberzylinder erzeugte hydraulische Kraft wieder mechanisch auf den Kupplungshebel (12). Die Kolbenstange des Nehmerzylinders ist das verstellbare Verbindungsglied zwischen Kolben und Kupplungshebel. Als Flüssigkeit dient die übliche Bremsflüssigkeit. (Kein Mineralöl!)

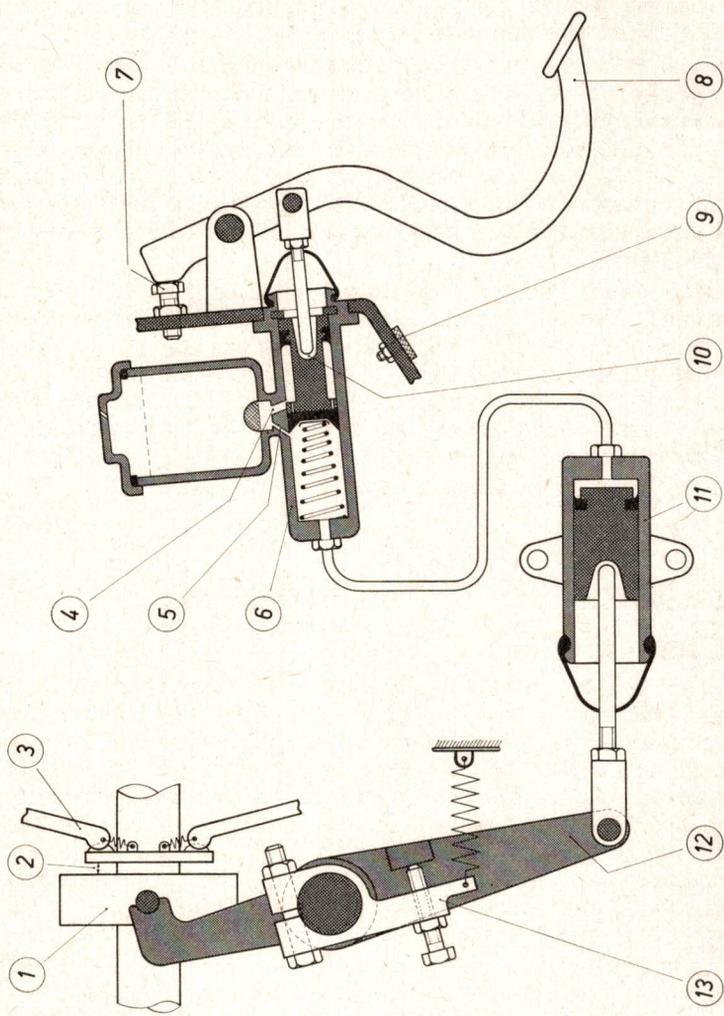
Entlüften:

Am schnellsten und sichersten mit einem Bremsentlüftungsapparat. Wo dieser nicht zur Verfügung steht, wird diese Arbeit wie folgt ausgeführt:

- Flüssigkeitsbehälter auffüllen
- Entlüfterschlauch am Entlüfterventil des Nehmerzylinders (11) anschliessen und Schlauch in ein Gefäss mit Bremsflüssigkeit leiten.
- Entlüftungsventil am Nehmerzylinder öffnen, Kupplungspedal durchtreten und festhalten. Entlüfterventil schliessen und Pedal zurücklassen.
- Wiederholen bis Flüssigkeit luftfrei austritt. Behälter immer wieder nachfüllen.

Legende zu Figur 3

- | | |
|---|--|
| 1 Kupplungsdrucklager | 7 Pedalanschlag, oberer |
| 2 Spiel zwischen Drucklager und Ausrückring | 8 Kupplungspedal, hängend |
| 3 Ausrückhebel | 9 Pedalanschlag, unterer |
| 4 Nachlaufbohrung | 10 Spiel der Kolbenstange im Kolben |
| 5 Ausgleichsbohrung | 11 Nehmerzylinder |
| 6 Geberzylinder mit Behälter | 12 Kupplungshebel |
| | 13 Nachstellhebel mit Einstellschraube |



Figur 3 Hydraulische Kupplungsbetätigung

Einstellen des Kupplungsspieles (siehe Figur 3)

(Betriebsvorschrift des betreffenden Fahrzeuges beachten)

Bei den hydraulischen Kupplungsbetätigungen werden oft auch die Pedalspiele angegeben, obwohl dieses Spiel, am Pedal gemessen, oft nicht genau festgestellt werden kann.

Weitaus sicherer ist es daher, wie es bei vielen Fahrzeug-Marken vorgeschrieben wird, das Spiel zwischen Kolbenstange des Nehmerzylinders und Kupplungshebel (12) zu messen, nachdem der Bolzen entfernt wurde. Ein Spiel (2) zwischen Kupplungsdrucklager (1) und Ausrückring von ca. 2–3mm entspricht einem Weg von ca. 3,5–5 mm am Kupplungshebel (12), gemessen in Höhe des Befestigungsbolzens für die Kolbenstange des Nehmerzylinders. Einstellung mit Einstellschraube im Nachstellhebel (13).

Wichtig ist der Pedalweg am Geberzylinder, der beidseitig durch einen Anschlag (7 und 9) begrenzt sein muss. Dies um einerseits ein zu weites Durchtreten des Pedals und damit verbundene Beschädigungen zu verhindern, andererseits um das Spiel (10) zwischen Kolbenstange und Kolben von ca. 1–2 mm sicherzustellen. Diese Anschläge müssen nur verstellt werden, wenn Geber- oder Nehmerzylinder, Kolbenstangen oder Hebel, ausgewechselt werden.

5. Flüssigkeits- oder Strömungskupplung

a. Allgemeines

Bei der Strömungskupplung besteht keine feste Verbindung zwischen antreibendem und angetriebenem Teil. Die Kraftübertragung erfolgt durch einen Flüssigkeitsstrom zwischen Pumpenrad und Turbinenrad. Je grösser die Zentrifugalkraft der Flüssigkeit, um so kleiner der Schlupf und um so kräftiger die Mitnahme. Wird die Strömungskupplung mit einem normalen Zahnradgetriebe verwendet, so muss, zum Schalten der Gänge während der Fahrt, zusätzlich eine Reibungskupplung hinzugebaut werden. Strömungskupplungen erreichen im günstigsten Falle einen Wirkungsgrad von 96 bis 98%.

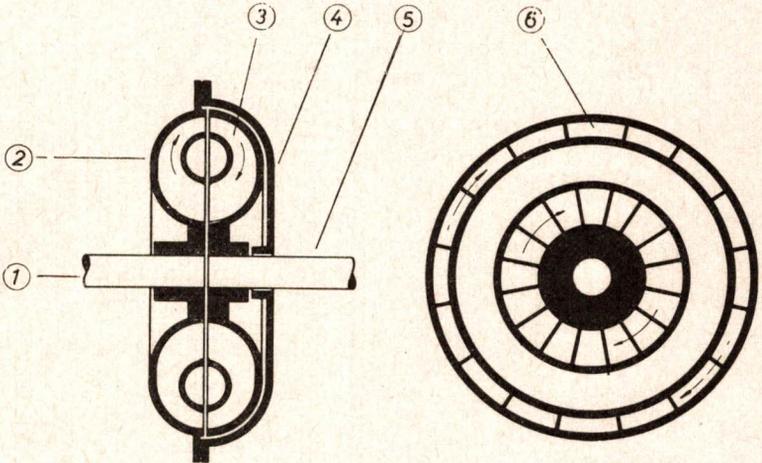
b. Aufbau

Die Strömungskupplung besteht aus zwei spiegelbildlichen Rädern, einem Pumpenrad und einem Turbinenrad sowie einem Gehäuse. Im Gegensatz zum Strömungsgetriebe tragen beide Räder radial angeordnete, *gerade* Schaufeln. Das Pumpenrad ist mit der Kurbelwelle des Motors verbunden. Auf der Abtriebsseite ist die Turbine mit dem Getriebe verbunden. Als Flüssigkeit wird ein dünnes Mineralöl verwendet.

c. Wartung

Die Strömungskupplung bedarf mit Ausnahme der periodischen Kontrolle des Flüssigkeitsstandes keiner Wartung.

Ein Ölwechsel wird normalerweise nicht vorgenommen.



Figur 4 Flüssigkeitskupplung

- 1 Kurbelwelle
- 2 Pumpenrad
- 3 Turbinenrad

- 4 Abschlussdeckel
- 5 Kupplungs- oder Primärwelle
- 6 Innenansicht von Pumpen- und Turbinenrad



II. Schaltgetriebe

1. Allgemeines

Die Aufgabe des Schaltgetriebes, als Übersetzungsvorrichtung im Motorfahrzeug, besteht in der Änderung von:

- Drehzahl
- Drehmoment
- Drehrichtung

Beim Schalten gleicht die Kupplung die Drehzahlunterschiede zwischen Motor und Getriebe aus.

Bei Strömungsgetrieben gehen die Funktionen des Kuppelns und die der Übersetzungsänderung ineinander über.

Damit die Übersetzungen geändert werden können, muss das Getriebe mit einer Schalteinrichtung versehen sein. Die Schalteinrichtungen lassen sich in drei Gruppen einteilen, nämlich in solche die:

- lastfrei schalten (durch auskuppeln)
- unter Last schalten (Umlaufgetriebe)
- unter Last ständig verändern (Strömungsgetriebe)

Die Schaltvorgänge können manuell, durch mechanische, hydraulische, pneumatische oder elektrische Mittel oder durch Kombination derselben vorgenommen werden.

E

2. Stufengetriebe

a. Schubradgetriebe

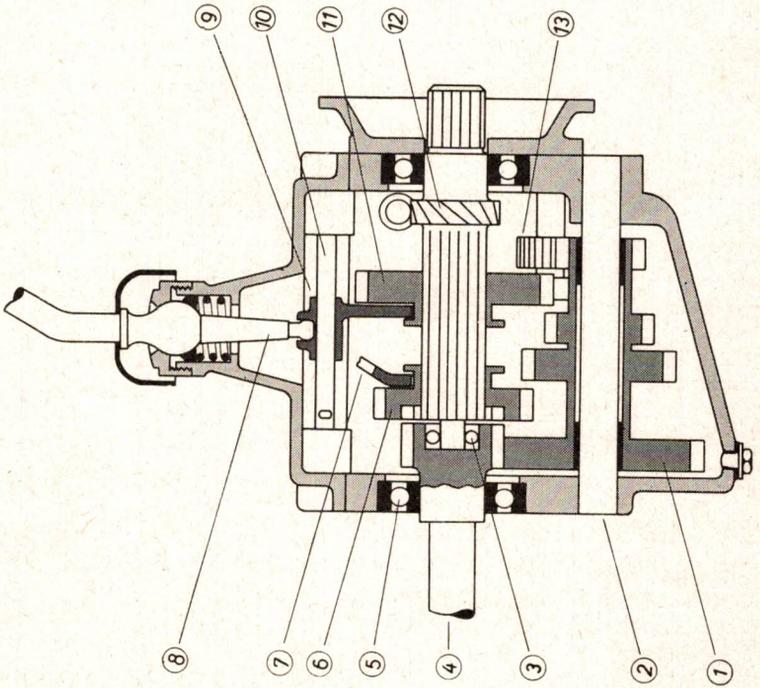
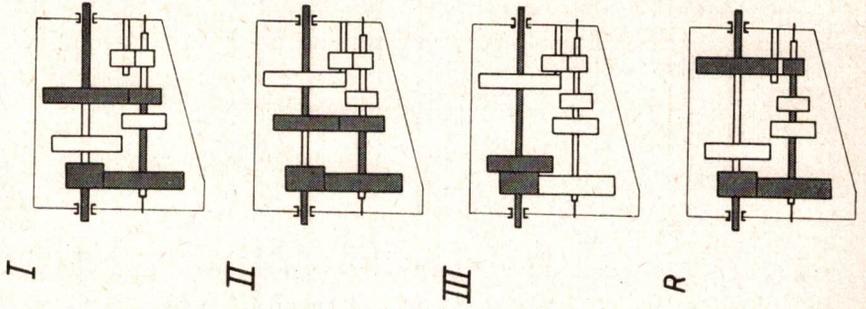
– *Wirkungsweise:*

Beim Schubradgetriebe ist die Primärwelle ständig mit dem Vorgelege in Verbindung. Die einzelnen Getriebestufen werden durch Verschieben der Zahnräder eingeschaltet.

Der Schaltvorgang wird manuell ausgeführt. Bei 3-Gang-Getrieben wird normalerweise die sogenannte H-Schaltung ohne spezielle Sicherung des Rückwärtsganges verwendet.

Legende zu Figur 5

- I 1. Gang
- II 2. Gang R Rückwärtsgang
- III 3. Gang
- 1 Vorgelegerädersatz
- 2 Vorgelegewelle
- 3 Führungslager
- 4 Kupplungs- oder Primärwelle
- 5 Lager
- 6 Schieberad 2. und 3. Gang
- 7 Schaltgabel zu 2. und 3. Gang
- 8 Schalthebel
- 9 Schaltgabel zu 1. und Rückwärtsgang
- 10 Schaltwelle
- 11 Schieberad zu 1. und Rückwärtsgang
- 12 Haupt- oder Sekundärwelle
- 13 Zwischenrad zu Rückwärtsgang



Figur 5 Schubradgetriebe

– Verriegelungsvorrichtung

Aufgaben

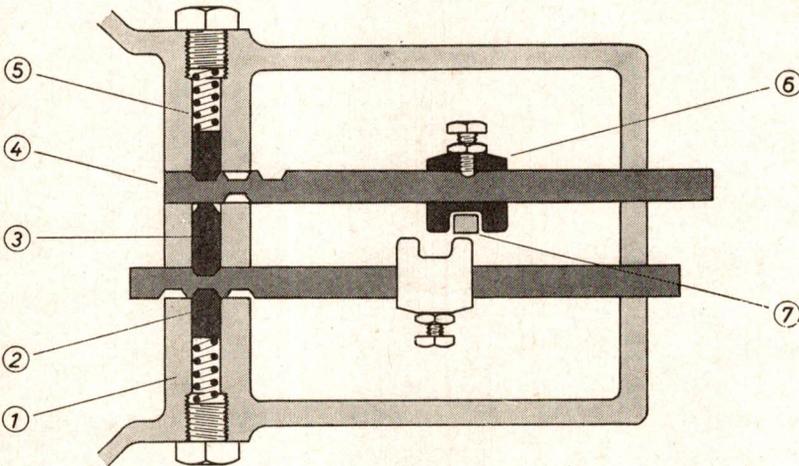
Festhalten der einzelnen Schaltwellen gegen das Verschieben aus ihren Betriebsstellungen bei Belastungswechsel, bei Erschütterungen und anderen indirekten Einflüssen.

Verriegelung, damit nicht gleichzeitig zwei Getriebegänge eingeschaltet werden können.

Ausführungsarten

– Kraftschlüssige Verriegelung:

Verriegelungs- oder Arretierbolzen werden mit einer Federkraft gehalten. Bei lahmer oder gebrochener Feder ist die Verriegelung und Arretierung nicht mehr garantiert, und das Herausgleiten eines Ganges während der Fahrt ist möglich.

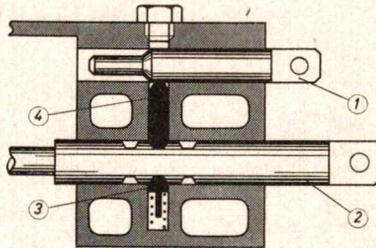


Figur 6 Kraftschlüssige Verriegelung

- 1 Getriebegehäuse
- 2 Schaltwellen-Arretierung
- 3 Verriegelungsbolzen
- 4 Schaltwelle
- 5 Feder
- 6 Schaltgabelkopf
- 7 Schalthebel

– **Formschlüssige oder positive Verriegelung:**

Hier wird die Verriegelung nicht mehr durch eine Feder, sondern durch einen eingeschobenen Bolzen oder sogenannte Verriegelungsschienen sichergestellt. Um die Verriegelung aufzuheben, muss also der Bolzen oder die Schiene aus der «Gegenform» herausgezogen werden. Dies erfolgt meistens durch die Bewegung des Kupplungspedals automatisch. Es kann also kein Gang mehr ein- oder ausgeschaltet werden, ohne dass ausgekuppelt wird.



Figur 7 **Formschlüssige Verriegelung (an Verteilergetriebe)**

- 1 Verriegelungsbolzen (wird beim Auskuppeln herausgezogen)
- 2 Schaltstange, Strassen-/Geländegang
- 3 Arretierstift für die Schaltstange
- 4 Verriegelungsstift für Strassen-/Geländegang (im eingekuppelten Zustand blockiert)

b. Schubklauengetriebe

– *Allgemeines*

Diese Getriebeart hat ständig im Eingriff laufende Zahnrädersatzte. Der Laufruhe wegen wird meistens Schrägverzahnung angewandt.

Die Zahnräder auf der Getriebehauptwelle sind frei drehend. Ihr Kraftschluss erfolgt durch Schubklauen.

– *Schubklauenschaltung*

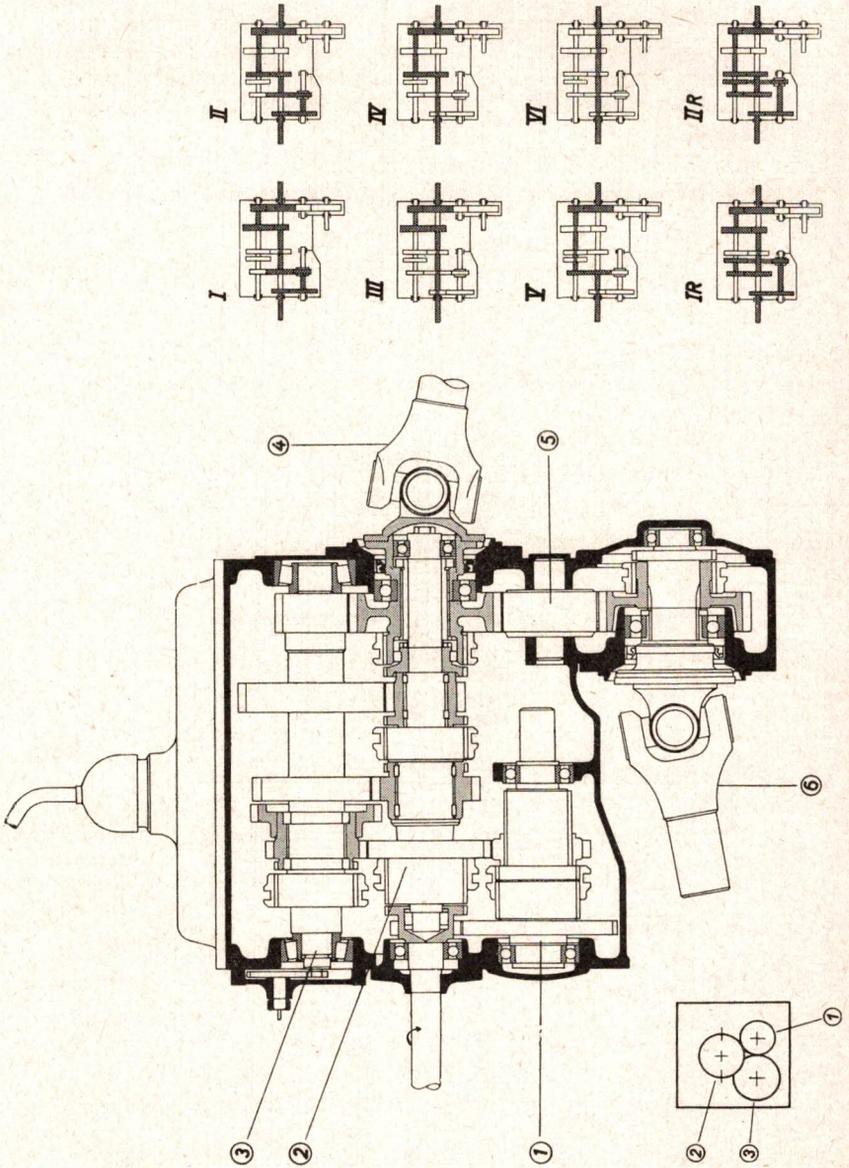
Hier erfolgt die Verbindung der Zahnräder durch das Verschieben von Muffen und Schaltklauen wie z. B. beim

– *Unimog-Getriebe*

Bei diesem Spezialgetriebe ist eine Vorstufenwelle angebracht, welche für den 1. und 2. Gang sowie für die beiden Rückwärtsgänge benützt wird. Die Vorstufenwelle wird durch die Seitwärtsbewegung des Schalthebels, zwischen zweitem und drittem Gang, ein- und ausgeschaltet. Die beiden ersten Gänge sind durch ihr Untersetzungsverhältnis von 14,95 : 1 und 8,24 : 1 Geländegänge.

Legende zu Figur 8

I 1. Gang (Gelände)	1 Vorstufenwelle
II 2. Gang (Gelände)	2 Hauptwelle
III 3. Gang	3 Vorgelegewelle
IV 4. Gang	4 Kardanwelle (Hinterradantrieb)
V 5. Gang	5 Zwischenrad (Vorderradantrieb)
VI 6. Gang	6 Kardanwelle (Vorderradantrieb)
IR 1. Rückwärtsgang	
IIR 2. Rückwärtsgang	



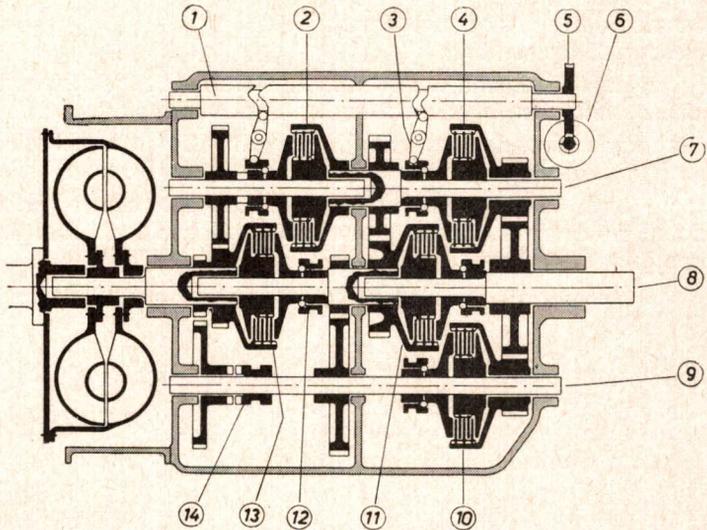
Figur 8 Schaltklauengetriebe, Unimog

c. Getriebe mit Vollastkupplungen (Lamellenkupplungen)

Die Getriebe mit Vollastkupplungen stellen die eigentliche Weiterentwicklung der Schubklauengetriebe dar. Als Unterschied erfolgt hier der Gangwechsel durch Reibungskupplungen unter voller Last.

Durch Öffnen der einen und Schliessen der nächsten Schaltkupplung kann man den Umschaltvorgang in einem Zuge, unter Last vollziehen. Das Aufbringen der oft sehr erheblichen Anpresskräfte für den Reibungschluss kann durch verschiedene Hilfsmittel wie Öldruck, Druckluft, Unterdruck, Elektromagnete oder Elektro-Antrieb erfolgen.

Beispiel: ZF-Media-Getriebe



Figur 10 ZF-Media-Getriebe

- | | |
|---|--|
| 1 Schaltwalze | 8 Hauptwelle |
| 2 Reibungskupplung (1., 3. und 5. Gang) | 9 Vorgelegewelle (ein- und ausschaltbar) |
| 3 Schaltgabel | 10 Reibungskupplung (1., 2. und R-Gang) |
| 4 Reibungskupplung (3. und 4. Gang) | 11 Reibungskupplung (6. Gang) |
| 5 Schneckenrad | 12 Schaltmuffe |
| 6 Schaltmotor | 13 Reibungskupplung (2., 4. und 6. Gang) |
| 7 Nebenwelle | 14 Schaltklaue (Handbetätigung) |

Die Zahnräder sind schräg verzahnt und ständig im Eingriff. Das Aneinanderpressen der Lamellen erfolgt durch Spannhebel, deren Lagen durch eine übergeschobene Muffe verändert werden. In eingeschaltetem Zustande sind die Kupplungen frei von äussern Kräften. Die Muffen werden durch im Gehäuse gelagerte Schaltgabeln, welche in eine mit Kurven versehene Schaltwalze eingreifen, verschoben. Dadurch wird der entsprechende Gang eingeschaltet. Die Drehung der Schaltwalze erfolgt durch einen kleinen Elektromotor.

Die Vorlegewelle ist abschaltbar. Eine mit Klauen versehene Schiebemuffe kuppelt diese Welle für den ersten, zweiten oder Rückwärtsgang.

d. Umlaufgetriebe (Planetengetriebe)

– *Allgemeines*

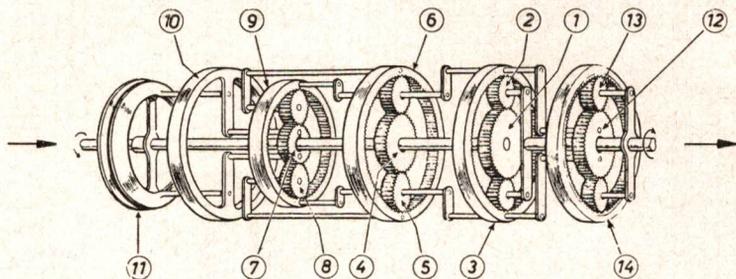
Umlaufgetriebe werden auch Planeten-Getriebe genannt. Sie bestehen aus einzelnen Sätzen, welche folgende Elemente aufweisen:

- Sonnenrad (Mitte)
- Planetenrad (eines oder mehrere)
- Aussenrad (feststellbar)

Die einzelnen Sätze sind durch Mitnehmervorrichtungen verbunden, die wiederum mit Teilen benachbarter Sätze gekuppelt sind.

Die Zahnräder sind dabei ständig im Eingriff. Die entsprechende Untersezung wird durch Abbremsen eines der drei Bauelemente erzielt.

Sonnen- und Aussenrad bestimmen das Übersetzungsverhältnis, währenddem die Planetenräder nur zur Übertragung dienen. Der Schaltvorgang erfolgt unter Last.



Figur 11 Planetengetriebe

- 1 Sonnenrad 1. Gang
- 2 Planetenräder 1. Gang
- 3 Aussenrad 1. Gang
- 4 Sonnenrad 2. Gang
- 5 Planetenräder 2. Gang
- 6 Aussenrad 2. Gang
- 7 Sonnenrad 3. Gang
- 8 Planetenräder 3. Gang
- 9 Aussenrad 3. Gang
- 10 Bremsstrommel zu Sonnenrad 3. Gang
- 11 Kupplung 4. Gang
- 12 Sonnenrad Rückwärtsgang
- 13 Planetenräder Rückwärtsgang
- 14 Aussenrad Rückwärtsgang

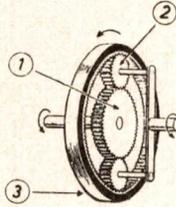
– Arbeitsweise eines Planetengetriebes

I. Gang

Figur 12

Einzelner Planetensatz, 1. Gang

- 1 Sonnenrad
- 2 Planetenrad
- 3 Aussenrad



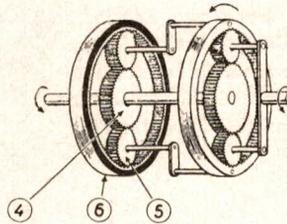
Das Aussenrad (3) wird durch das dazugehörige Bremsband festgehalten und die Drehmomentübertragung erfolgt vom Sonnenrad (1) über die Planetenräder (2) nach der Abtriebswelle.

II. Gang

Figur 13

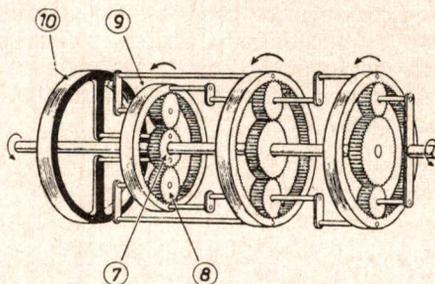
Zwei Planetensätze 1. und 2. Gang

- 4 Sonnenrad
- 5 Planetenräder
- 6 Aussenrad



Das Aussenrad (6) wird festgehalten, und es entsteht folgende Übertragung: Die beiden Sonnenräder (1 und 4) sind durch die Antriebswelle miteinander verbunden und drehen gleich schnell. Die umlaufenden Planetenräder (5) drehen aber auch das Aussenrad (3), wodurch die Umlaufgeschwindigkeit des Planetenträgers der Räder (2), gegenüber dem ersten Gang, erhöht wird. Das Untersetzungsverhältnis wird also kleiner.

III. Gang



Figur 14 Drei Planetensätze 1., 2. und 3. Gang

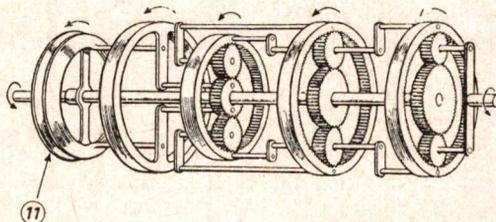
7 Sonnenrad
8 Planetenräder

9 Aussenrad
10 Bremstrommel zu Sonnenrad (7)

Es entsteht folgende Übertragung:

Die beiden Sonnenräder (1 und 4) sind wiederum gleichdrehend angetrieben. Das Sonnenrad (7) wird jedoch durch die Bremstrommel (10) festgehalten. Die drehenden Planetenräder (5) treiben nicht nur die beiden Aussenräder (3 und 9), sondern bestimmen gleichzeitig durch die Planetenräder (8) auch die Umlaufgeschwindigkeit des Aussenrades (6). Daraus entsteht die neue Umlaufgeschwindigkeit der Planetenräder (5) sowie auch des Aussenrades (3). Die Umlaufgeschwindigkeit der Planetenräder (2) vergrößert sich noch einmal, währenddem das Untersetzungsverhältnis kleiner wird.

IV. Gang



Figur 15 Drei Planetensätze mit Kupplung 1., 2., 3. und 4. Gang

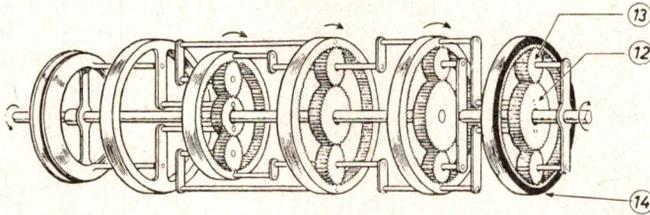
7 Sonnenrad

11 Kupplung

Durch den Zusammenschluss der Kupplung (11) wird auch das Sonnenrad (7) gleichdrehend wie die Antriebswelle. Alle drei Sonnenräder haben demzufolge auch die gleiche Drehzahl.

Infolge dem nun auch treibenden Sonnenrad (7) entstehen verschiedene Umlaufgeschwindigkeiten der gegenseitig miteinander verbundenen Gruppen des zweiten und dritten Ganges, so dass sich die Planeten und Aussenräder nicht bewegen können und das ganze als Block wirkt. Die Abtriebswelle hat demnach die gleiche Drehzahl wie die Antriebswelle, und das Untersetzungsverhältnis ist 1 : 1.

Rückwärtsgang



Figur 16 Vier Planetensätze mit Kupplung 1., 2., 3., 4. und Rückwärtsgang

- 12 Sonnenrad
- 13 Planetenräder
- 14 Aussenrad

Das Sonnenrad (1) dreht die beiden Planetenräder (2) in der der Antriebswelle entgegengesetzten Drehrichtung. Ist das Bremsband des Rückwärtsganges noch nicht angezogen, so bleibt der Planetenträger des 1. Ganges sowie auch des Rückwärtsganges, samt Antriebswelle, stehen. Das Aussenrad (3) und mit ihm auch das Sonnenrad (12) laufen nun entgegengesetzt der Antriebsdrehrichtung.

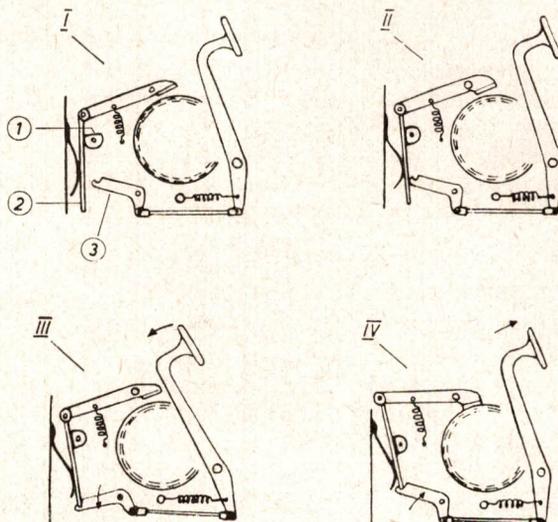
Wird nun durch das Bremsband das Aussenrad (14) festgehalten, so müssen die Planetenträger (13) mit ihrem Träger entgegen der Antriebsdrehrichtung umlaufen, wodurch auch die Abtriebswelle entgegengesetzt dreht.

– Schaltvorgang

Das Einschalten der verschiedenen Gänge geschieht folgendermassen:

- Vorwählhebel, entsprechend des gewünschten Ganges, am Wahlsegment einstellen.
- Schaltpedal ganz niederreten und loslassen.

Durch das Vorwählen wird die Schaltwelle (1) gedreht, so dass der Nocken die federbelastete Stossstange freigibt und diese an der Nase der Schaltleiste (3) anliegt. Durch das Niederreten des Schaltpedals wird die Schaltleiste (3) betätigt und die Stossstange (2) klinkt ein. Beim Loslassen wird dann das betreffende Bremsband angezogen und der neue Gang ist eingeschaltet.



Figur 17 Mechanische Schaltung des Planetengetriebes

- | | |
|--------------------------|----------------|
| I Normalstellung | 1 Schaltwelle |
| II Vorgewählt | 2 Stossstange |
| III Pedal niedergedrückt | 3 Schaltleiste |
| IV Pedal losgelassen | |

Die Betätigung kann jedoch auch pneumatisch, hydraulisch oder elektrisch erfolgen. Sie wird dann durch einen Betätigungskolben oder einen Magnetschalter vorgenommen.

– Ausführungsarten

Wilson-Getriebe

Das im Pzj G 13 verwendete Wilson-Getriebe entspricht im Aufbau und in der Arbeitsweise genau dem vorstehenden Kapitel, nur dass es 5 Vorwärtsgänge und einen Rückwärtsgang hat.

Hydramatic-Getriebe

Bauteile:

Flüssigkeitskupplung mit Pumpenrad und Turbine, Umlaufgetriebe mit 3 Planetengruppen und 2 Lamellenkupplungen.

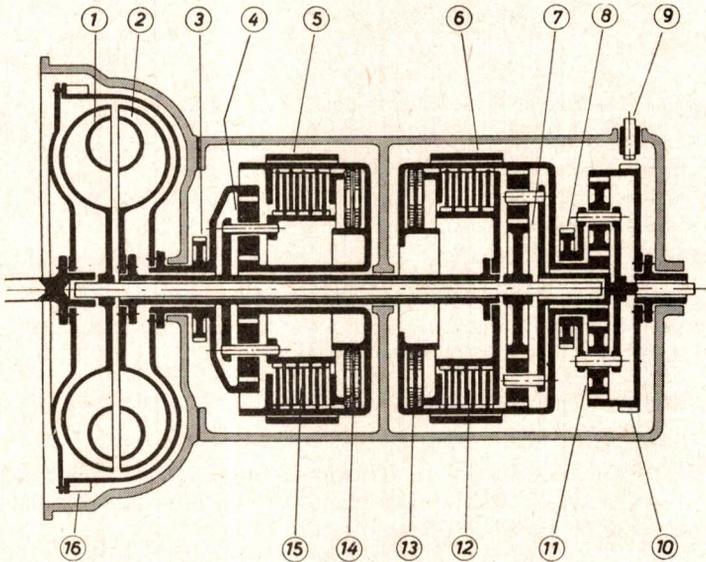
Aufbau :

Die beiden Planetengruppen der Vorwärtsgänge sind mit Bremsbändern versehen, mit denen in der ersten Gruppe das Sonnenrad und in der zweiten Gruppe das Aussenrad festgehalten werden kann. Die erste Planetengruppe ist vor die Flüssigkeitskupplung geschaltet. Im ersten, dritten und im Rückwärtsgang ist dadurch die Drehzahl der Strömungskupplung verringert und beträgt nur ca. 69% der Motordrehzahl. Im dritten und vierten Gang wird der zweite Planetensatz ausserdem zur Leistungsteilung herangezogen.

Die Schaltung erfolgt über zwei Bandbremsen und zwei Lamellenkupplungen, welche hydraulisch betätigt werden.

Vorwählstellungen :

- N = Neutral = Leerlaufstellung
 DR = Drive = Normale Fahrt (4 Gänge)
 LO = Low = Langsame Fahrt (2 Gänge)
 R = Reverse = Rückwärtsfahrt



Figur 18 Hydramatic-Getriebe

- | | |
|--------------------------|---------------------------------|
| 1 Turbinenrad | 9 Arretierstift (Rückwärtsgang) |
| 2 Pumpenrad | 10 Aussenrad (Rückwärtsgang) |
| 3 Ölpumpe (vorne) | 11 Planetensatz (Rückwärtsgang) |
| 4 Planetensatz (erster) | 12 Kupplung (hinten) |
| 5 Bandbremse (vorne) | 13 Kolben |
| 6 Bandbremse (hinten) | 14 Kolben |
| 7 Planetensatz (zweiter) | 15 Kupplung (vorne) |
| 8 Ölpumpe (hinten) | 16 Anlasserzahnkranz |

3. Stufenloses Getriebe

a. Allgemeines

Stufenlose Getriebe werden heute in grosser Zahl als hydraulische Drehmomentwandler (Strömungsgetriebe, Föttingergetriebe) gebaut. Stufenlose Getriebe mechanischer Bauart (Reibung, Hebelwerk) haben die Serienreife noch nicht erreicht.

Hydraulische Drehmomentwandler übertragen und wandeln das Drehmoment des Motors stufenlos und unter Last.

Ihr Vorteil ist der stufenlose Übergang vom stärksten Untersetzungsverhältnis des zwei- bis dreifachen Motordrehmomentes beim Anfahren, bis zum annähernd direkten Verhältnis.

Ihr Nachteil besteht in einem sehr schlechten Wirkungsgrad bei starker Drehmomentwandlung. Die starke Wirbelung des Flüssigkeitsstromes macht deshalb auch Zusatzgetriebe für besondere Fahrbedingungen, wie Anfahren an Steigungen usw., notwendig. Die Zusatzgetriebe sind meist Planetengetriebe mit zwei oder mehr Gängen. Ihre Betätigung erfolgt mechanisch, hydraulisch oder elektrisch und wird durch den Fahrer oder automatisch ausgelöst.

Die Drehmomentwandler sind so angelegt, dass sie nur beim Anfahren und niederen Drehzahlen stark wandeln (Drehzahlunterschiede Antrieb-Abtrieb). Mit zunehmender Geschwindigkeit nähern sich die beiden Drehzahlen immer stärker, und der Wandler arbeitet dann als Flüssigkeitskupplung. Die Wandelarbeit wird eigentlich nur während kurzer Fahrdauer ununterbrochen ausgeführt. Der Übergang zwischen den oberen Übersetzungsstufen der Zusatzgetriebe wird meistens durch die Bandbremsen der Planetengetriebe weich gestaltet.

b. Aufbau

Das Pumpenrad ist mit der Kurbelwelle verbunden. Das Turbinenrad ist über die Antriebswelle mit dem Zusatzgetriebe verbunden. Das Leitrad ist auf der gleichen Achse so gelagert, dass es sich über einem Freilauf gegen die Getriebewand abstützen und höchstens mit der Drehzahl des Turbinenrades, in dessen Drehrichtung, rotieren kann.

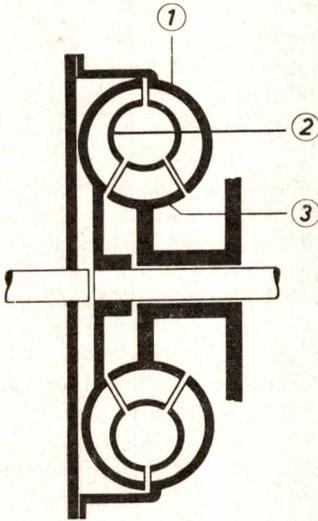
Das Leitrad bildet den Unterschied zwischen hydraulischer Kupplung und Strömungsgetriebe.

Um den Wirkungsgrad zu verbessern, können mehrere Leiträder mit verschiedenen Schaufelformen verwendet werden.

c. Arbeitsweise

Wird das Pumpenrad angetrieben, so fördert es einen Flüssigkeitsstrom in Richtung Turbinenrad. Dort prallt die Flüssigkeit auf die stillstehenden

Schaufeln des Turbinenrades auf und die Geschwindigkeit des Ölstromes wandelt sich zum Teil in Druck auf die Schaufeln, zum Teil in Restgeschwindigkeit und in Wärme um.



Figur 19

Flüssigkeitsgetriebe (Prinzip)

- 1 Pumpenrad
- 2 Turbinenrad
- 3 Leitrad (Stator)

Die Restgeschwindigkeit «verliert» sich teilweise in Wirbelung, führt andererseits den Ölstrom wieder ins Pumpenrad zurück. Mit zunehmender Drehzahl des Turbinenrades wird der Ölstrom gleichmässiger, wirbelfreier und der «Schlupf» zwischen den beiden Rädern reduziert sich. Dies ist das Prinzip der hydraulischen Kupplung.

Damit das vom Motor abgegebene Drehmoment jedoch erhöht werden kann, muss ein Organ, das Leitrad, vorhanden sein, auf das sich der Ölstrom abstützen kann. Das Leitrad bewirkt eine Umlenkung des aus dem Turbinenrad austretenden Ölstromes. Dieser Vorgang wirkt auf das Turbinenrad zurück (Drehmomentsteigerung) und führt zugleich den Ölstrom dem Pumpenrad in günstigem Winkel wieder zu.

Je kleiner der Druck auf die Turbinenschaufeln ist, das heisst, je näher die Drehzahl des Turbinenrades an diejenige des Pumpenrades herankommt, um so geringer wird auch der Druck auf die Leitrad-schaufeln in der Gegendrehrung. Das Leitrad löst sich allmählich von der Freilaufsperre und dreht in gleicher Richtung wie das Turbinenrad, bis es dessen Drehzahl beinahe erreicht.

Werden mehrere Leiträder mit verschiedenen Schaufelformen verwendet, so stützen sich zuerst alle auf das Getriebegehäuse ab, bevor sich dann eines um das andere löst.

Je kleiner die Drehzahlunterschiede zwischen getriebenem und treibendem Teil sind, um so mehr wird das hydraulische Getriebe zur hydraulischen Kupplung.

d. Ausführungsarten

Borg-Warner-Getriebe

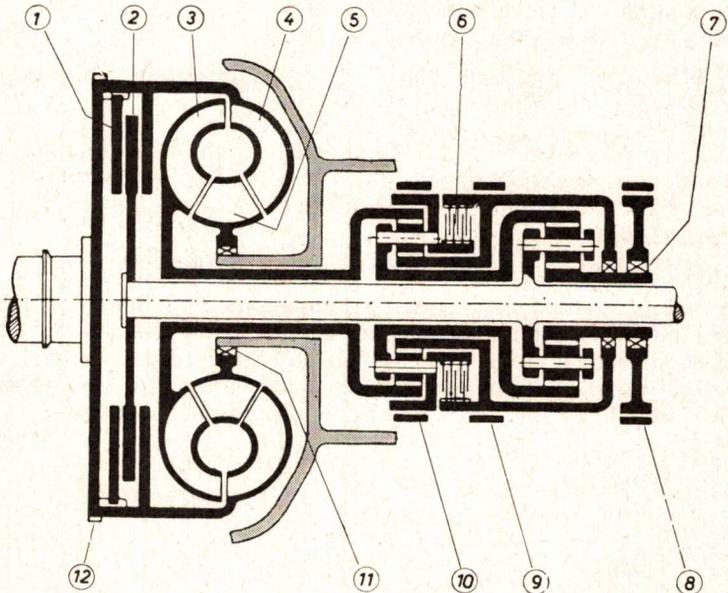
Bauteile:

Dreiteiliger Drehmomentwandler mit Pumpenrad, Turbine und Leitrad.
Mechanische Einscheibenkupplung.

Umlaufgetriebe mit zwei Planetengruppen und einer Lamellenkupplung.

Aufbau:

Der dreiteilige Drehmomentwandler hat am Pumpenrad einen mit Schaufeln versehenen Blechmantel, welcher eine kräftige Luftbewegung erzeugt. Dadurch wird das unmittelbar an der Oberfläche des Pumpenrades umlaufende Öl gekühlt.



Figur 20 **Automatisches Borg-Warner-Getriebe**

- | | |
|--|----------------------------|
| 1 Kupplungsdruckscheibe (hydraulisch betätigt) | 7 Freilauf (direkter Gang) |
| 2 Kupplungsmittnehmerscheibe | 8 Bremsband (D) |
| 3 Turbinenrad | 9 Bremsband (L) |
| 4 Pumpenrad | 10 Bremsband (R) |
| 5 Leitrad | 11 Freilauf |
| 6 Lamellenkupplung | 12 Anlasserzahnkranz |

Die Einscheibenkupplung verbindet das Pumpenrad direkt mit der Getriebeabtriebwellen und überbrückt nicht nur den Wandler, sondern auch das Planetengetriebe. Sie stellt den direkten Gang dar und wird unabhängig von den übrigen Getriebegehängen vollautomatisch gesteuert.

Das Planetengetriebe besitzt zwei untersetzte Gänge sowie den Rückwärtsgang. Die Schaltung geschieht über drei Bandbremsen und eine Lamellenkupplung. Durch zwei Freiläufe wird eine stossfreie Lastübernahme beim Geschwindigkeitswechsel erreicht. Sie sind hinter dem zweiten Planetensatz angeordnet und dienen gleichzeitig als Bergstütze. Solange Vorwärtsgänge eingeschaltet sind, kann das Fahrzeug nicht rückwärts rollen. Beim Anfahren oder beim Umstellen des Wählhebels auf N oder R wird die Sperrvorrichtung sofort aufgehoben.

Vorwählstellungen :

- P = Parking = Parkieren
- N = Neutral = Leerlaufstellung
- D = Drive = Normale Fahrt
- L = Low = Langsame Fahrt
- R = Reverse = Rückwärtsfahrt

Bei sämtlichen automatischen Getrieben entspricht der Aufbau grundsätzlich dem des beschriebenen Borg-Warner-Getriebes, mit dem Unterschied, dass die hydraulisch betätigte Einscheiben-Kupplung nicht mehr eingebaut wird.

Somit besteht jeder Getriebeautomat aus einem Flüssigkeits- und einem unter Last schaltbaren Planetengetriebe, einem Schaltkasten, der die entsprechenden Bremsbänder und Lamellen-Kupplungen steuert, aus zwei Hochdruckölpumpen, von denen eine durch die Motorwelle, die andere von der Kardanwelle angetrieben ist, einem Drehzahlregler, einer Parkierungsklinke sowie aus den Bedienungseinrichtungen.

III. Verteilergetriebe

1. Allgemeines

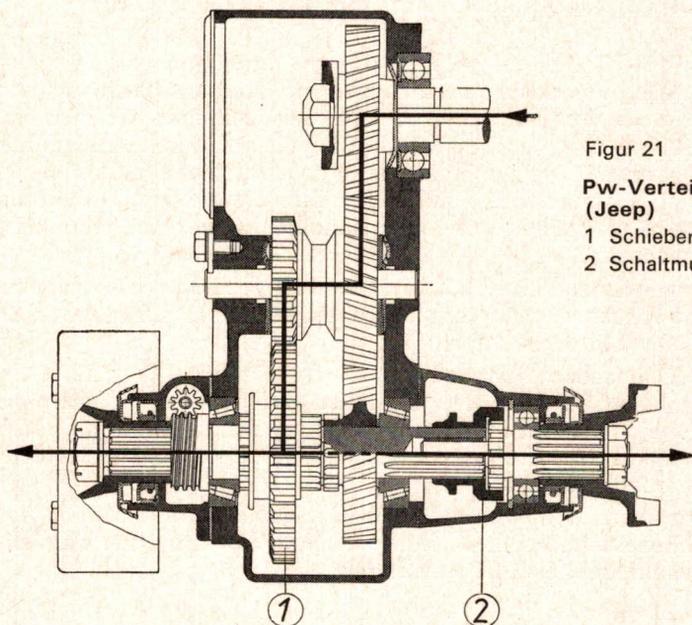
Fahrzeuge, welche sowohl für Strassen- als auch für Geländefahrt verwendbar sind, werden mit einem zusätzlichen Verteilergetriebe versehen. Es erlaubt dem Fahrer, je nach Bauart, folgende Antriebsmöglichkeiten zu wählen:

- a. Strassengang nur Hinterradantrieb
- b. Strassengang mit 4-Radantrieb
- c. Geländegang mit 4-Radantrieb

Dabei können, je nach Fahrzeugtyp, alle drei Möglichkeiten separat oder aber 4-Radantrieb und Geländegang zusammen geschaltet werden. Der Allradantrieb darf auf harter und trockener Strasse nicht eingeschaltet werden.

2. Ausführungsarten

- a. Personenwagen-Verteilergetriebe (Jeep)



Figur 21

Pw-Verteilergetriebe (Jeep)

- 1 Schieberad
- 2 Schaltmuffe

Das Zusatzgetriebe ist an das Hauptgetriebe angeflanscht, und der Antrieb erfolgt durch die Getriebehauptwelle. Er wird mittels zwei separaten Schalthebeln bedient. Der eine bedient über das Schieberad (1) den Geländegang, der andere über die Schaltmuffe (2) den Vorderradantrieb.

Bei Normalfahrt im Strassengang erfolgt der Antrieb der Hinterachse über das Schieberad (1) und die Kardanwelle. In dieser Stellung kann ebenfalls mit dem zweiten Schalthebel die Schaltmuffe (2) in Eingriff gebracht werden, wodurch auch der Vorderradantrieb eingeschaltet ist.

Bei Geländefahrt wird durch den ersten Schalthebel das Schieberad (1) auf der Antriebswelle verschoben. Durch diese zusätzliche Untersetzung erhält man die Geländegänge. Die Kraftübertragung erfolgt über das Schieberad (1) und zur Vorderachse über die eingeschaltete Muffe (2). Eine Sperrvorrichtung verhindert ein Einschalten des Geländeganges ohne 4-Radantrieb.

Das Verteilergetriebe hat ein spezielles Ölniveau.

b. Lastwagen-Verteilergetriebe ohne Längsdifferential (Saurer)

Das Verteilergetriebe ist nicht an das Hauptgetriebe angeflanscht. Der Antrieb erfolgt von der Getriebehauptwelle über eine Zwischenwelle. Es wird mittels eines separaten Schalthebels bedient, welcher folgende drei Positionen aufweist:

- a. Strassengang mit Hinterradantrieb
- b. Neutral
- c. Geländegang mit 4-Radantrieb

Das Verteilergetriebe hat neuerdings, wie übrigens auch das normale «Saurer»-Stufengetriebe, eine positive Gangverriegelung; d.h. Normalgang, Geländegang und Seilwinde können nur durch Auskuppeln geschaltet werden. Die Schaltung erfolgt über eine Synchronmuffe und kann auch während der Fahrt vorgenommen werden. Der Vorderradantrieb wird gleichzeitig mit dem Geländegang über die Klauenkupplung (8) eingeschaltet.

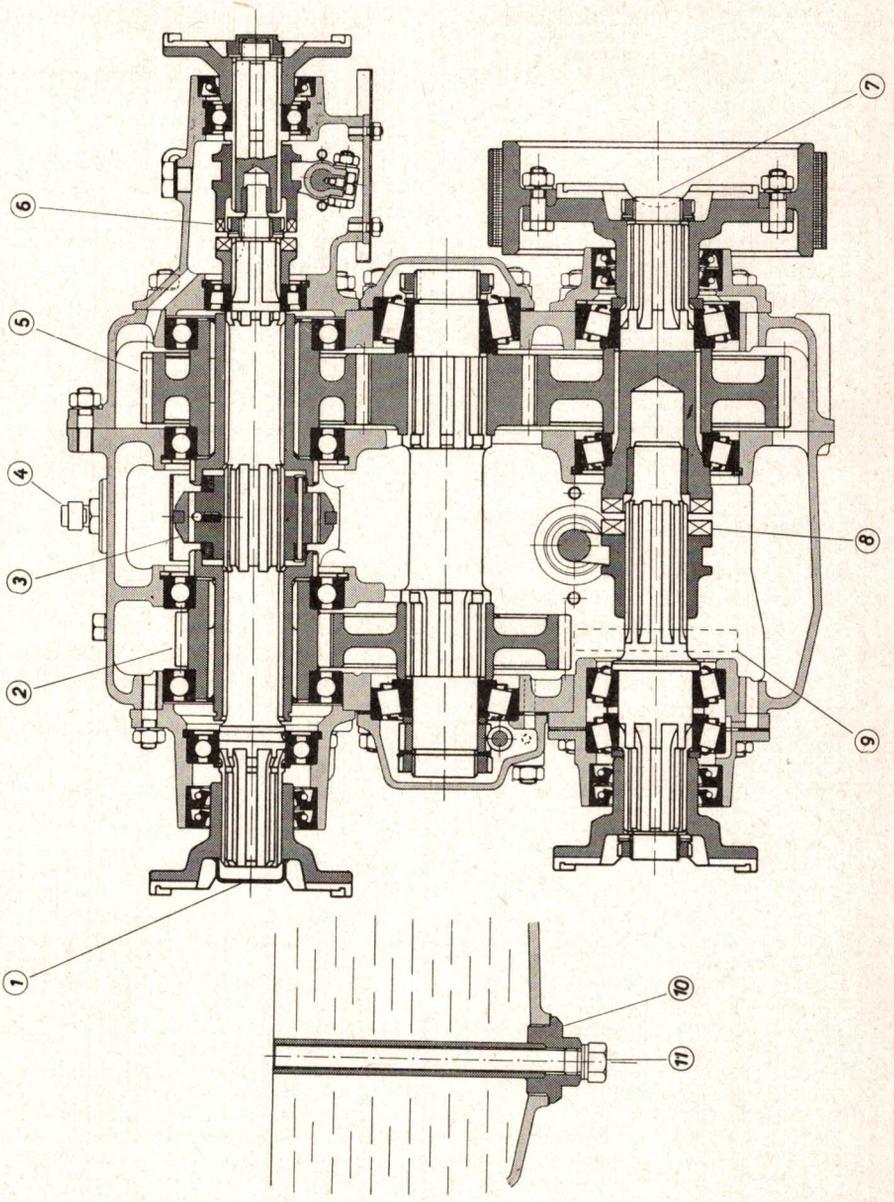
Der Seilwindenantrieb wird mittels eines separaten Hebels ebenfalls über eine Klauenkupplung eingeschaltet, jedoch nur dann, wenn Schaltmuffe (3) in Mittelstellung ist.

Bei der Ölniveauekontrolle ist der Verschlusszapfen (11) am Gehäuseunterteil herauszuschrauben. Oben ist Getriebeöl einzufüllen bis das Niveau erreicht ist und das Öl unten herausläuft. Da sich Öl im Raum über dem Verschlusszapfen ansammelt, ist eine Kontrolle nur durch Nachfüllen von Getriebeöl möglich.

Bei einer älteren Ausführung ist die Ölniveauschraube seitlich am Verteilergehäuse angebracht. Auffüllen erfolgt bis 4 cm unter dem Niveauzapfen. Getriebeöl SAE 90 verwenden.

Legende zu Figur 22

- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 Antriebswelle | 7 Antriebswelle (Hinterachse) |
| 2 Antriebsrad (Geländegang) | 8 Schaltmuffe (Vorderradantrieb) |
| 3 Schaltmuffe | 9 Ölschleuderrad |
| 4 Gehäuseentlüftung | 10 Ölablasszapfen |
| 5 Antriebsrad | 11 Ölniveauezapfen |
| 6 Schaltmuffe (Seilwinde) | |



Figur 22 Lastwagen-Verteilergetriebe ohne Längsdifferential

c. Lastwagen-Verteilergetriebe mit eingebautem Längsdifferential

Das im Verteilergetriebe zwischen Vorder- und Hinterachsabtriebswelle eingebaute, sperrbare Differential übernimmt folgende

– Aufgabe:

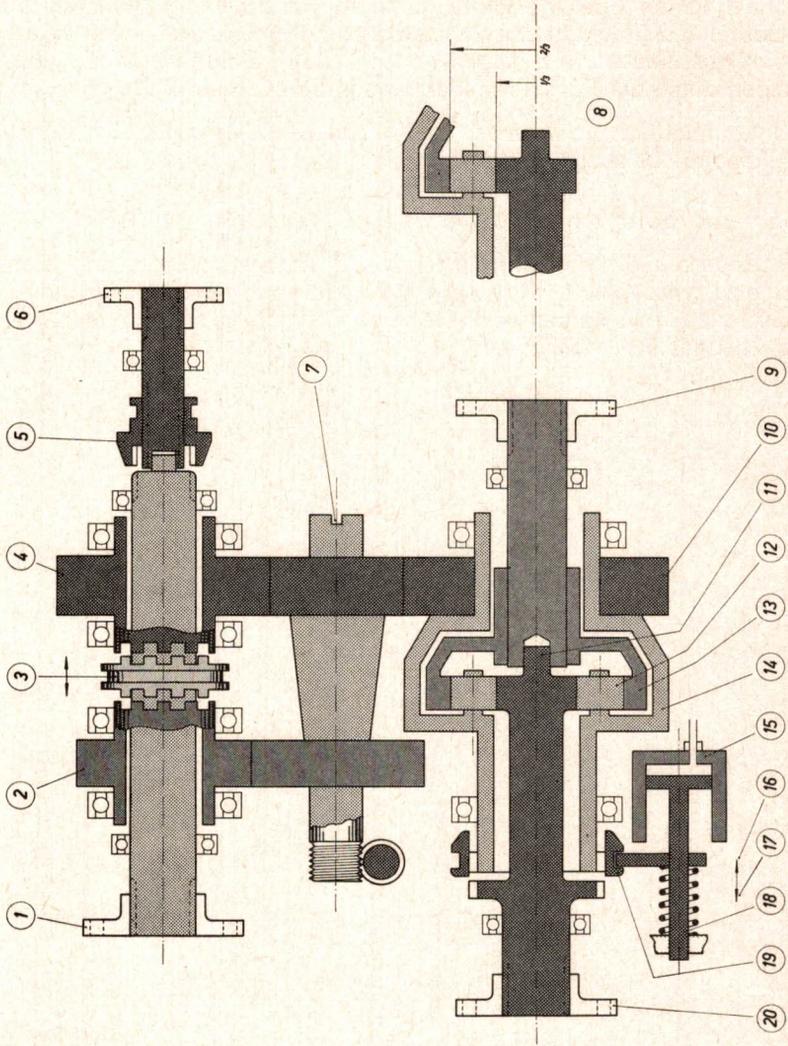
- es ist als Drehmomentverteiler so ausgelegt, dass die Antriebsmomente auf die beiden Achsen im Verhältnis ihrer Belastungsgewichte aufgeteilt und damit an allen Rädern annähernd dieselben Übertragungsverhältnisse hergestellt werden. Die Vorderachse übernimmt ca. $\frac{1}{3}$, die Hinterachse $\frac{2}{3}$ des Gesamtdrehmomentes (10).
- es erlaubt kleinere Drehzahldifferenzen zwischen Vorder- und Hinterachse.
- auch im Strassengang sind alle vier Räder angetrieben ohne irgendwelche Überbeanspruchung von Wellen und Achsen.
- zum Fahren im «Allradantrieb» wird nur dieses Differential gesperrt.

– Aufbau und Arbeitsweise:

Der Antrieb der Vorder- und Hinterachse bis zum Zahnrad (10) erfolgt auf bekannte Art. Von hier fließt die Kraft über das mit dem Zahnrad (10) verblockte Differentialgehäuse (14) bis zu den Wellen der Satellitenräder (12). Diese teilen den Kraftfluss auf zwei verschieden lange Hebelarme, wobei der kürzere die Vorderachse und der längere die Hinterachse antreibt. Im normalen «Strassengang» werden die Achsen über dieses Ausgleichsgetriebe (im Längstrieb) angetrieben. Im Extremfall könnte z. B. die Vorderachse auf Eis und Schnee durchdrehen und die Hinterachse mit guter Bodenhaftung still stehen.

Legende zu Figur 23

1 Antrieb vom Hauptgetriebe	10 Antriebsrad für Ausgleichs-Stirnräder
2 Antriebsrad Geländegang	11 Führungslager
3 Schaltmuffe in Neutralstellung	12 Ausgleichsstirnräder (Planetenräder)
4 Antriebsrad Strassengang	13 Glockenrad, Antrieb der Hinterachse
5 Schaltmuffe für Seilwindenantrieb	14 Differentialgehäuse
6 Antriebsflansch für Seilwinde	15 Druckluft-Schaltzylinder
7 Zwischenwelle für Ölpumpen- und Kilometerzähler-Antrieb	16 Schaltstellung: Differential frei
8 Kraftverteilung auf Vorder- und Hinterachse	17 Schaltstellung: Differential gesperrt
9 Antriebsflansch für Hinterachse	18 Schaltkolben
	19 Schaltmuffe zu Differentialsperre
	20 Antriebsflansch zu Vorderachse



Figur 23 Lastwagen-Verteilertriebe mit Längsdifferential, Saurer

Beim Schalten auf «Allradantrieb» wird mit der Schaltmuffe (19) die Vorderachsantriebswelle (20) mit dem Differentialgehäuse (14) fest verbunden und führt somit zur Sperrung des Ausgleichsgetriebes. Die Schaltung der Sperre erfolgt über einen Lufthahn am Armaturenbrett, wodurch die Druckluft den Schaltkolben (18) in die Stellung (17) bringt. Beim Ausschalten wird diese Druckluftleitung entlüftet und der Arbeitskolben durch die Rückstossfeder wieder in die Stellung (16) gebracht.

Bei komplettem Druckverlust der Anlage würde also der eingeschaltete «Allradantrieb» ausgeschaltet.

Achtung beim Abschleppen des Fahrzeuges auf Rolli !

Um Lagerschäden am Führungslager (11) und an den Satellitenwellen infolge zu grossen Differenzgeschwindigkeiten zu verhüten, muss vor dem Abschleppen die Kardanwelle, die zu den auf der Strasse rollenden Rädern führt, abgehängt werden.

IV. Kardanwelle

1. Allgemeines

Die Kardanwelle dient zur Kraftübertragung vom Getriebe auf die auf- und abschwingenden Hinter- oder Vorderachsen. Durch die Verwendung eines Gelenkes entsteht in der angetriebenen Kardanwelle eine ungleichförmige Bewegung, welche um so gleichmässiger wird, je grösser der Winkel zwischen den beiden Wellen ist.

Dieser Ungleichförmigkeit kann wie folgt entgegengesteuert werden:

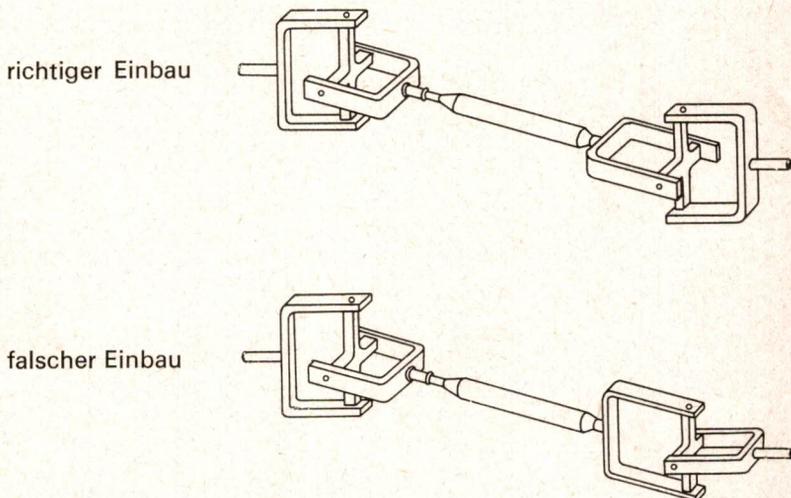
- Zwei Gelenke verwenden
- Den Motor-Getriebeblock neigen, so dass er in einer Linie mit der Kardanwelle liegt
- Homokinetische Gelenke verwenden.

Bei den Ausführungsarten werden unterschieden:

- Kardanwelle mit Schubrohr und einem Kreuzgelenk (geschlossene Bauart)
- Kardanwelle mit zwei Kreuzgelenken (offene Bauart).

2. Einbau der offenen Kardanwelle

Hier muss speziell darauf geachtet werden, dass die beiden auf der Kardanwelle sitzenden Mitnehmer in einer Ebene liegen, d.h. fluchten (Figur 24).

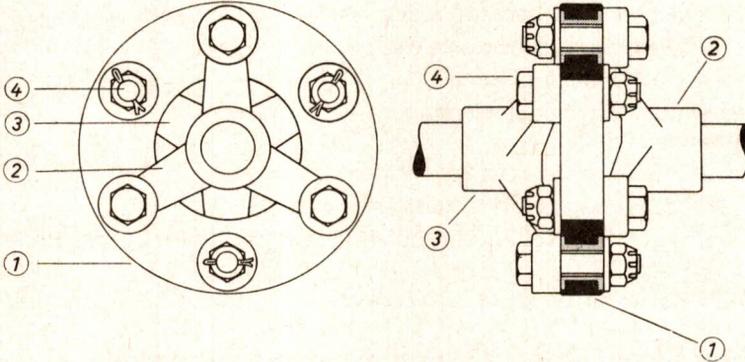


Figur 24 Einbau der Kardanwelle

3. Kardangeln

a. Hardyscheiben

Diese ölempfindlichen, flexiblen Gummigewebe benötigen keinen Unterhalt, haben aber eine kurze Lebensdauer.



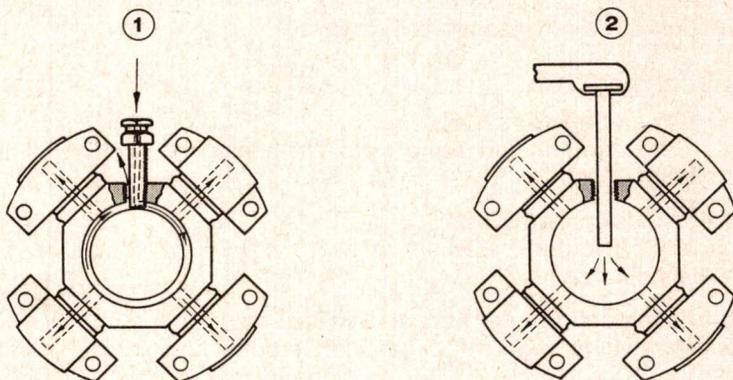
Figur 25 **Hardyscheibe**

- 1 Hardyscheibe
- 2 Abtriebsflansch

- 3 Antriebsflansch
- 4 Befestigungsschrauben

b. Kreuzgelenke

sind mit Gleitlagern oder Nadellagern ausgeführt. Sie bedürfen einer zuverlässigen Wartung und sind gut zu schmieren.



Figur 26 Schmierung der Kreuzgelenke

Schmieren der Kreuzgelenke

Bei Saurer- und Berna-Fahrzeugen mit ringförmigen Kreuzgelenken (1) ist der passende Spezialschmiernippel bis auf den Grund einzuschrauben. Dabei ist darauf zu achten, dass die angefräste Fläche parallel zur Kardanwelle steht. Es wird nur so lange Fett eingepresst, bis es bei der Kontrollfläche austritt.

Bei Fahrzeugen mit vollem Kreuzgelenk (2) wird durch das im Werkzeug befindliche Spezialschmierrohr geschmiert.

Bei beiden Kreuzgelenkarten sind die Abschlusschrauben nach erfolgter Schmierung wieder anzubringen!

V. Achsantrieb

1. Aufgabe

Der Achsantrieb hat je nach Einbauart des Motors folgende Aufgaben:

1. Abwinklung der Längsdrehrichtung um 90°
2. Reduktion des Übersetzungsverhältnisses

2. Ausführungsarten

1 Normaler Kegelradantrieb :

Hoher Schwerpunkt und hohe Kardanverschalung, jedoch einfache Herstellung

2 Hypoid-Kegelradantrieb :

Niedriger Schwerpunkt, kleiner Kardantunnel und ruhiger Lauf, aber teure Herstellung

3 Untenliegender Schneckenradantrieb :

Geräuscharm und stark. Niedriger Schwerpunkt und kleiner Kardantunnel

4 Obenliegender Schneckenradantrieb :

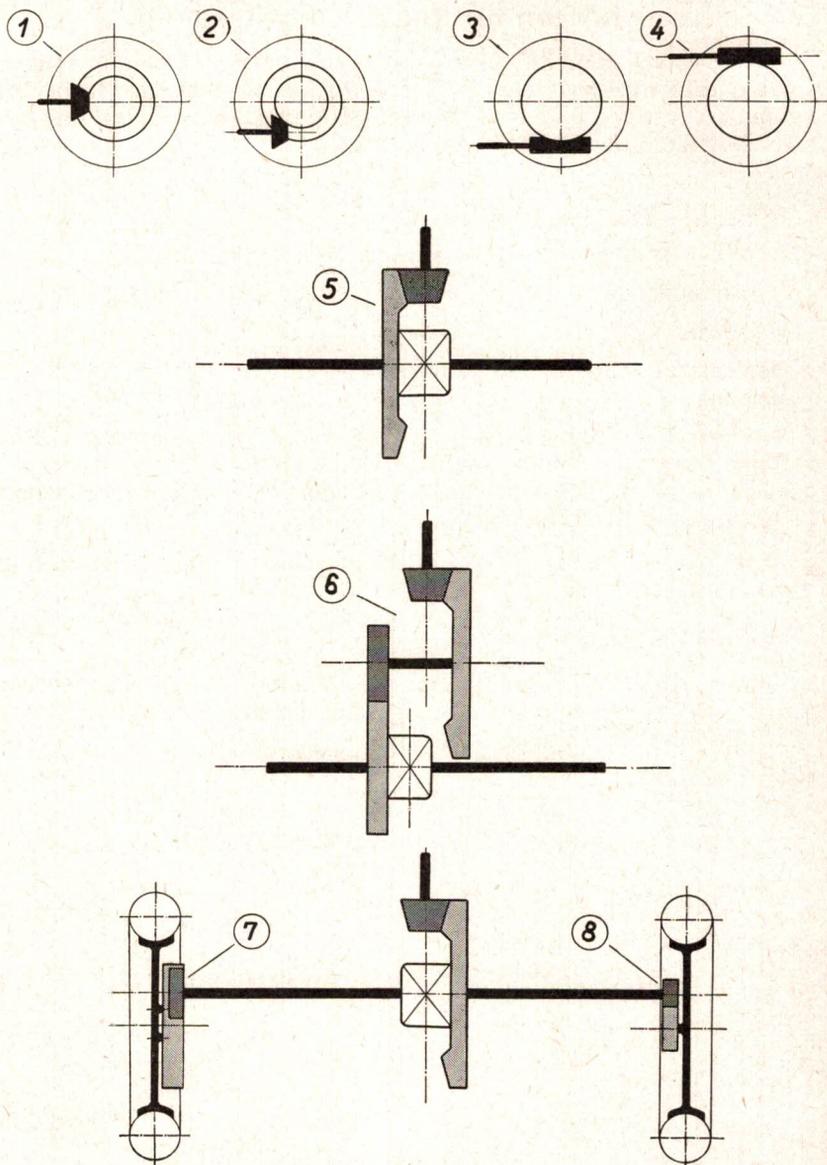
Geräuscharm und stark, eignet sich für Fahrzeuge mit grosser Bauchfreiheit, hat jedoch hohen Schwerpunkt.

b. Achsantriebe mit doppelter Rücksetzung

Reduktionsgetriebe werden vor allem bei schweren Fahrzeugen verwendet. Vorteilhaft wirkt sich die höhere Drehzahl der Kegelräder aus. Dadurch wird das zu übertragende Drehmoment kleiner und somit auch die Beanspruchung der Kegelräder geringer, währenddem die Stirnräder mit kleineren Drehzahlen grössere Drehmomente zu übertragen haben. Die Reduktionen betragen bei einfacher Rücksetzung 4 bis 7 : 1, bei doppelter Rücksetzung in der ersten Stufe 4 bis 6 : 1 und in der zweiten Stufe 2 bis 4 : 1.

Legende zu Figur 27

- 1 Normaler Kegelradantrieb
- 2 Hypoid-Kegelradantrieb
- 3 Untenliegender Schneckenradantrieb
- 4 Obenliegender Schneckenradantrieb
- 5 Einfache Rücksetzung
- 6 Doppelte Rücksetzung mit Stirnrädern
- 7 Doppelte Rücksetzung mit innenverzahntem Ritzelantrieb
- 8 Doppelte Rücksetzung mit aussenverzahntem Ritzelantrieb



Figur 27 Achsantrieb

3. Einstellvorschriften für Kegelradantriebe

Für das Einstellen von Kegelrädern gelten die entsprechenden Fabrikvorschriften. Deren Befolgung setzt das Vorhandensein der dazugehörigen Lehren voraus. Wo diese fehlen, lässt sich jedoch eine Einstellung nach der Beurteilung der Tragbilder vornehmen.

a. Arbeitsvorgang (Klingenberg-Verzahnung)

- Zahnflanken eines Zahnrades mit Tuschiefarbe bestreichen
- Antrieb einige Male vor- und rückwärtsbewegen (Tellerrad abbremesen)
- Tragbilder, sichtbar als blanke Stellen, beobachten
- Flankenspiel prüfen, darf normalerweise 0,15–0,2 mm nicht übersteigen.

Durch Verschieben von Kegel- und Tellerrad in der angegebenen Pfeilrichtung kann ein richtiges Tragbild erreicht werden. Seine Länge soll $\frac{3}{5}$ der Zahnlänge betragen. Zu kurze Tragbilder erhöhen den Flächendruck und neigen zur Geräuschbildung.

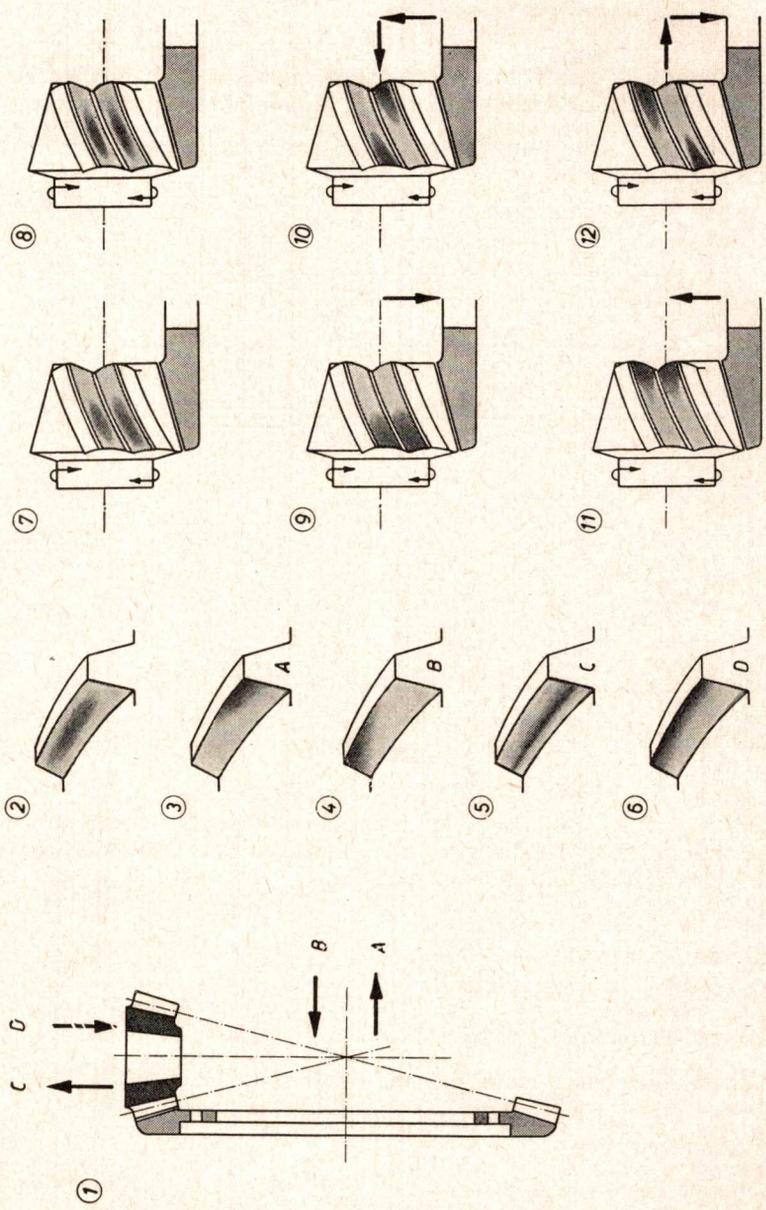
Beachte: Kegelrollenlager in Achsantrieben sind meistens unter Vorspannung montiert.

– beim Tellerrad :

- 1 Angabe der Richtungen, in welcher Tellerrad (A + B) oder Kegelrad (C + D) nach den Tragbildern 3–6 verschoben werden müssen
- 2 Gutes Tragbild (mittlere Belastung)
- 3 Schlechtes Tragbild
- 4 Schlechtes Tragbild
- 5 Schlechtes Tragbild
- 6 Schlechtes Tragbild

– beim Kegelrad :

- 7 Gutes Tragbild (unbelastet)
- 8 Gutes Tragbild (belastet)
- 9 Schlechtes Tragbild
- 10 Schlechtes Tragbild
- 11 Schlechtes Tragbild
- 12 Schlechtes Tragbild



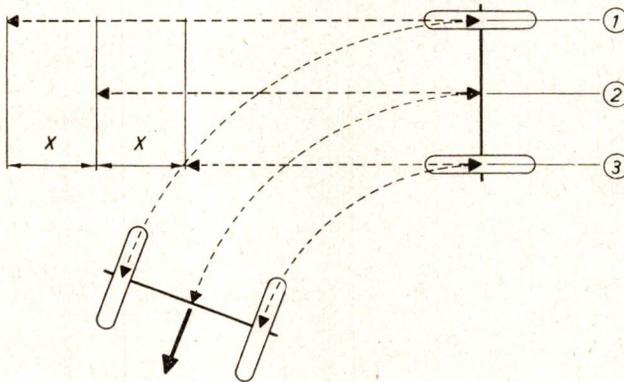
Figur 28 Tragbilder und Korrektur von Kegelradantrieben

4. Differentialgetriebe

a. Aufgabe

Das Differential- oder Ausgleichsgetriebe muss die vorhandenen Drehzahlunterschiede der Antriebsräder beim Kurvenfahren ausgleichen.

Beim Befahren einer Kurve legen Innen- und Aussenrad verschiedene Strecken zurück:



Figur 29 Radabwinklung in der Kurve

- 1 Aussenweg
- 2 Mittelweg (Fahrzeugmitte)
- 3 Innenweg

Der Innenweg (3) ist also gegenüber dem Mittelweg (2) um genau so viel kleiner, als der Aussenweg (1) grösser ist. Das Differentialgetriebe muss diese Wegunterschiede ausgleichen.

b. Ausführungsarten

- 1. Kegelrad-Differentialgetriebe
- 2. Stirnrad-Differentialgetriebe

Der Kegelradausgleich ist die übliche Bauform.

c. Arbeitsweise

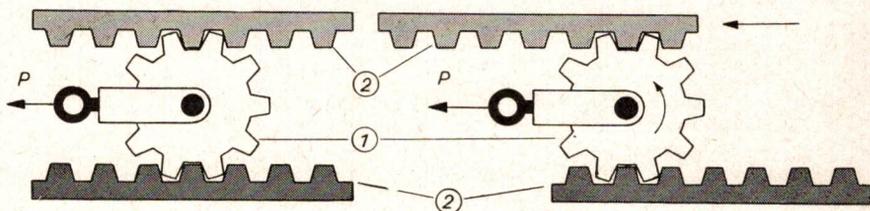
Vergleich mit Zahnstangen:

Geradeausfahrt:

Wenn die Zahnstangen (2), linkes Bild, frei beweglich sind, also keinen unterschiedlichen Widerstand finden, zieht die Kraft P das Zahnrad (1) und die beiden Zahnstangen gleichmässig vorwärts, ohne dass sich das Zahnrad (1) dreht. Das Zahnrad (1) wirkt also nur als Mitnehmer gegenüber den beiden Zahnstangen (2).

Kurvenfahrt:

Wird eine Zahnstange (2), rechtes Bild, blockiert, sie findet also Widerstand, so wird die gegenüberliegende Zahnstange (2) doppelt so viel vorwärts bewegt als das Zahnrad (1) durch die Kraft P gezogen wird. Das Zahnrad (1) wirkt nicht mehr als Mitnehmer, sondern es rollt sich an der abgebremsten Zahnstange ab und die freie Zahnstange (6) legt demzufolge noch einmal die gleiche Strecke zurück.

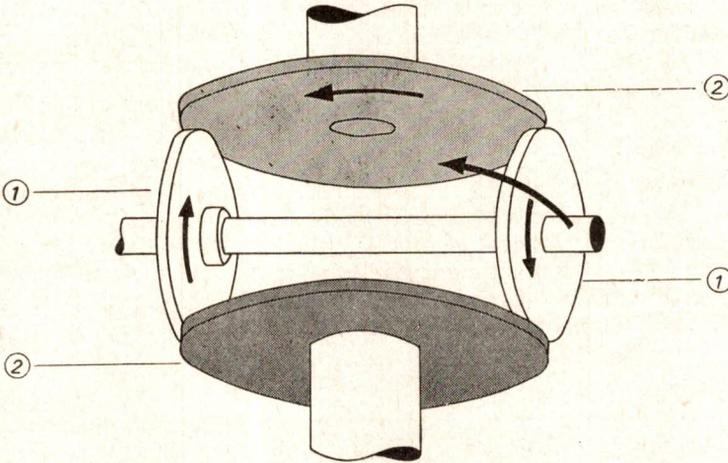


Figur 30 Vergleich des Differentialgetriebes mit Zahnstangen

- 1 Ausgleichskegelrad oder Satellitenrad
- 2 Antriebswellenskegelrad

E

Der gleiche Vorgang spielt sich beim Differentialgetriebe ab. Hier dreht das eine der Antriebswellenkegelräder bei Kurvenfahrt, entsprechend dem Mittelweg um so viel langsamer, als das andere Rad schneller dreht. Der Mittelweg entspricht den Umdrehungen des Differentialgehäuses. Bei Geradeausfahrt wirkt das Differentialgetriebe lediglich als Mitnehmer.



Figur 31 Differentialgetriebe, Prinzip

1 Ausgleichskegelrad oder Satellitenrad

2 Antriebswellenkegelrad

5. Differentialsperre

a. Aufgabe

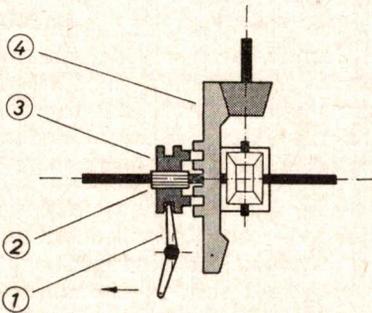
Wenn der Reibwert zwischen einem Antriebsrad und der Fahrbahn für die Haftung nicht ausreicht, so dreht es mit der doppelten Drehzahl des Differentialgehäuses, während das andere Rad still steht.

Um dies zu vermeiden, wird besonders bei Spezialfahrzeugen (Geländefahrzeuge) eine Differentialsperre verwendet. Durch diese Sperrvorrichtung wird das Differentialgetriebe blockiert, und es entsteht eine durchgehend starre Antriebsachse.

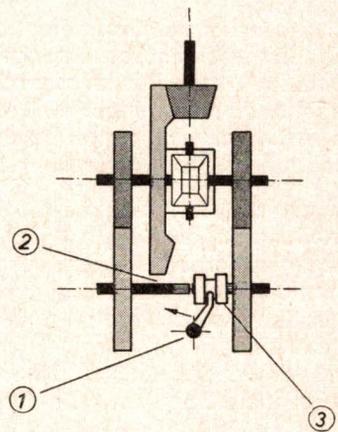
b. Ausführungsarten

- schaltbare Sperrvorrichtungen
- selbstsperrendes Differentialgetriebe
- Sperrdifferential mit Ausgleichsbremse

Die Betätigung kann mechanisch, hydraulisch, pneumatisch oder elektrisch erfolgen. Es sind vorgespannte selbstlösende Sperrvorrichtungen üblich.



Figur 32
Differentialsperre bei einfachem
Achsantrieb



Figur 33
Differentialsperre bei doppelter
Rücksetzung

- 1 Schalthebel
- 2 Antriebswelle
- 3 Schaltmuffe
- 4 Tellerrad

Die einfache Differentialsperre rückt über einen Hebel (1) die Sperrmuffe (2) auf der Keilbahn (3) in die Klauen des Tellerrades (4) ein. Das Differentialgehäuse ist blockiert, und das Ganze arbeitet als starre Achse.

Bei der Differentialsperre bei doppelter Rücksetzung stellt der Hebel (1) die Verbindung zwischen den beiden Antriebswellen her. Das Differentialgetriebe wird über die Stirnräder der Untersetzung blockiert.

c. Sperrdifferential mit Ausgleichsbremse (Differentialbremsen)

— Allgemeines

Bei den bisher üblichen ein- und ausschaltbaren Differentialsperren ist entweder der Ausgleich zwischen den Achswellen völlig frei, oder er ist absolut unmöglich. In diesem Fall ist nur eine gleichmässige Drehmomentverteilung auf die beiden Räder möglich, ungeachtet der verschiedenen Bodenhaftungen der Räder. Bei einem durchdrehenden Rad kann aber das volle Eingangsdrehmoment des Achsantriebes nicht mehr auf die Strasse übertragen werden. Es arbeitet also mit einem Drehmomentverlust.

Der Ausdruck «Sperrdifferential» ist bei den Ausgleichsgetrieben mit eigentlichen Bremsvorrichtungen im Grunde falsch, da der Drehzahlausgleich im Gegensatz zur eigentlichen Differentialsperre nicht vollständig aufgehoben beziehungsweise «gesperrt» wird. Es wäre deshalb angezeigt den Ausdruck «selbstsperrendes Differential» durch die zutreffendere Bezeichnung «Sperrdifferential mit Ausgleichsbremse» zu ersetzen.

Bei dieser Anordnung ist nämlich eine ungleichmässige Drehmomentverteilung auf die beiden Räder möglich d. h. das Rad mit der guten Bodenhaftung erhält ein grösseres Drehmoment als das mit der schlechteren, wodurch dieses letztere nicht mehr durchdreht, sondern einfach mit kleinerer Kraft angetrieben wird. Im gesamten wird somit das grössere Drehmoment auf die Strasse gebracht. Da durch jeden Verlust der Bodenhaftung (drehendes Rad) die Schleudergefahr erhöht wird, kann durch diese Differentialbremse auch die Fahrsicherheit verbessert werden.

— Aufbau und Arbeitsweise (Vgl. Figuren 30-36, Seite 53)

Bei diesen Differentialen sind immer vier Satellitenräder mit zwei vollständig getrennten, im Vierkant kreuzend ineinander greifende Satellitenräder-Wellen (13) montiert.

An den Lagerstellen (11) der Satellitenwellen (7 und 9) am Differentialgehäuse (1) sind V-förmige Aussparungen angebracht. Mit Beginn der Bremsarbeit werden die Wellen (7 und 9) parallel zum Tellerrad leicht verschoben und erhalten durch das Gleiten auf den Schrägflächen auch eine seitliche Verschiebung, axial zu den Antriebswellen.

Erreicht der Drehzahlunterschied, somit auch der Drehmomentunterschied, der Antriebsräder einen bestimmten Wert, so werden die beiden Wellen (7 und 9) auf Grund der zwischen den Zahnflanken der Satelliten- (6) und Antriebswellenräder (5 und 10) entstehenden Spreiz- oder Trennkraft auseinander gestossen. Dabei werden über die Druckringe (4) die Kupplungslamellen (2 und 3) zusammengepresst und verbinden allmählich die Antriebswellen mit dem Differentialgehäuse (1) wodurch das

stillstehende Rad wieder in Drehung gebracht wird. Die beiden Gehäusehälften des Differentials sind zusammengezeichnet und dürfen nicht verdreht montiert werden.

Die seitliche Bewegungsmöglichkeit der Satellitenwellen beträgt etwa 0,25 mm bis maximal 0,75 mm.

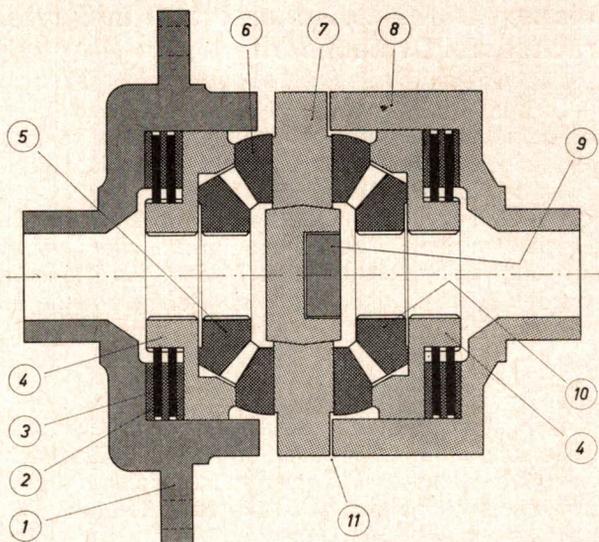
Diese Achsantriebe benötigen ein spezielles Schmieröl.

Achtung: Wenn nur ein Hinterrad aufgebockt ist, so darf bei laufendem Motor kein Gang eingeschaltet werden, da sonst die Sperrdifferential-Bremse wirkt und das auf dem Boden stehende Hinterrad den Wagen antreibt!

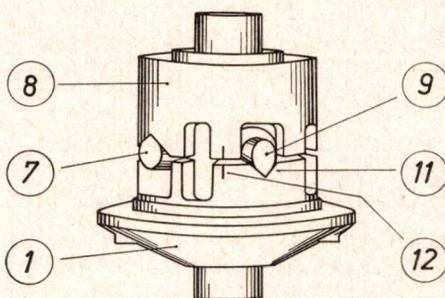
Merke: Wenn man bei aufgebockten Hinterrädern ein Rad dreht und das andere Rad dreht sich in derselben Richtung, so ist der Wagen mit Sperrdifferential-Bremse ausgerüstet!

Legende zu den Figuren 34–36

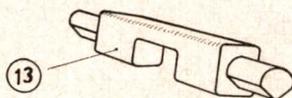
- 1 Tellerradflansch, linke Hälfte des Differentialgehäuses
- 2 Äussere Kupplungslamellen, mit Differentialgehäuse verbunden
- 3 Innere Kupplungslamellen mit Druckring, bzw. Antriebswelle verbunden
- 4 Druckringe; liegen mit Vorspannung zwischen den Satellitenrädern und den Kupplungslamellen
- 5 Antriebswellen-Kegelrad links
- 6 Ausgleichsräder oder Satellitenräder
- 7 Satellitenwelle, abgestützt auf rechter Gehäusehälfte. Kann nach links weichen wenn zwischen den Satellitenrädern und dem rechten Antriebswellen-Kegelrad (10) eine zu grosse Spreizkraft auftritt. Sie presst somit auf die linke Kupplung und hemmt das linke Rad am Durchdrehen
- 8 Rechte Hälfte des Differentialgehäuses
- 9 Satellitenwelle, abgestützt auf linker Gehäusehälfte. Kann nach rechts weichen, wenn zwischen den Satellitenrädern und dem linken Antriebswellen-Kegelrad (5) eine zu grosse Spreizkraft auftritt. Sie presst somit auf die rechte Kupplung und hemmt das rechte Rad am Durchdrehen
- 10 Antriebswellen-Kegelrad rechts
- 11 V-förmige Rampe
- 12 Montagemarken
- 13 Satellitenräder-Welle



Figur 34 Sperrdifferential mit Ausgleichsbremse, Schnitt



Figur 35 Sperrdifferential mit Ausgleichsbremse, Aussenansicht



Figur 36 Satellitenwelle

6. Ausgleichsgetriebe zwischen erster und zweiter Hinterachse bei Dreiaxsern

a. Allgemeines

Bei 6-Rad getriebenen Fahrzeugen haben die Räder keinen gemeinsamen Laufkreismittelpunkt. Die Pneu der vier Hinterräder sind deshalb in den Kurven einer sehr starken Reibung unterworfen und beanspruchen auch die Antriebswellen stark. Das Ausgleichsgetriebe soll nun diese starre Verbindung zwischen den Achsen etwas lockern und die Wellen, wie auch die Achsen, allgemein entlasten, wobei jedoch die Pneureibung nicht verhindert werden kann, da diese durch die Achsgeometrie bedingt ist.

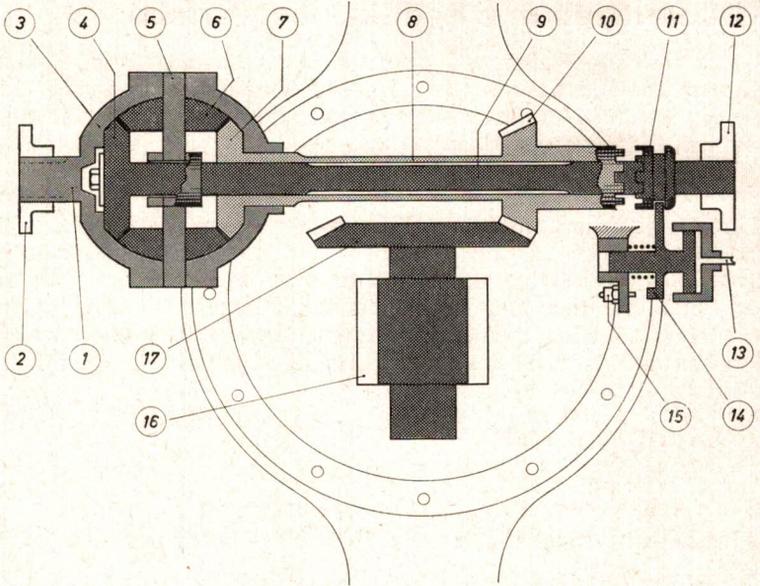
b. Aufbau und Arbeitsweise

Die Kraft vom Verteilergetriebe wird über die am Flansch (2) befestigte Kardanwelle auf die Eingangswelle (1), über das Ausgleichsgehäuse (3), auf die vier Satellitenwellen (5) gebracht, welche in der Mitte auf einem Lagerbund zusammengefasst sind. Die Satellitenräder (6) verteilen das Drehmoment einerseits über Kegelrad (7), Antriebs-Hohlwelle (8), Kegelräderpaar (10) und (16), Vorgelegestirnrad (17) und das grosse Stirnrad auf die erste Hinterachse, andererseits über Kegelrad (14), Antriebswelle (9), zum Flansch (12) und über eine kurze Verbindungswelle zur zweiten Hinterachse.

Bei Fahrt im Gelände und «Allradantrieb» wird dieses Ausgleichsgetriebe mit der Schaltmuffe (11) gesperrt. Dies erfolgt simultan mit der Sperre des Ausgleichsgetriebes im Verteilergetriebe.

Grundsätzlich werden im Bedarfsfall immer zuerst die Ausgleichsgetriebe des Längsgetriebes (im Verteilergetriebe und Achsausgleichsgetriebe) und nachher die Quer-Differentiale im Achsantrieb gesperrt.

Die Schaltung erfolgt mit einem Lufthahn am Armaturenbrett durch Druckluft (13) und Schaltkolben (14). Die positive Rückmeldung, d.h. Anzeige erst wenn die Sperre im Eingriff ist, erfolgt mittels elektrischen Schalters (15). Beim Ausschalten der Sperre wird die Druckluftleitung entlüftet und die Schaltmuffe durch die Feder ausgechaltet.



Figur 37 Ausgleichsgetriebe zwischen den beiden Hinterachsen (Beispiel: Henschel)

- | | |
|---|--|
| 1 Antriebswelle | 10 Antriebskegelrad 1. Hinterachse |
| 2 Mitnehmerflansch | 11 Schaltmuffe zum Sperren |
| 3 Ausgleichsgehäuse | 12 Mitnehmerflansch für Welle zur 2. Hinterachse |
| 4 Kegelrad zur 2. Hinterachse | 13 Druckluftanschluss von Schalthahn |
| 5 Satellitenwelle | 14 Schaltkolben |
| 6 Ausgleichskegel- oder Satellitenräder | 15 Rückmeldeschalter |
| 7 Kegelrad zur 1. Hinterachse | 16 Vorgelegestirnrad |
| 8 Antriebshohlwelle 1. Hinterachse | 17 Tellerrad der 1. Hinterachse |
| 9 Antriebswelle 2. Hinterachse | |

VI. Radantrieb mit Reduktionsgetriebe

Je nach Art der Achsaufhängung, nach gewünschter Bodenfreiheit oder Konstruktion der Kraftübertragungsteile werden verschiedene Radantriebe verwendet, z. B. Antriebswelle mit einem oder zwei Kreuzgelenken, Ritzelantrieb, Planetenantrieb usw.

1. Aufgabe

Um Kraftübertragungsteile von Lastwagen, speziell Antriebsgelenke an gelenkten Rädern, zu schonen oder um solche leichter bauen zu können, werden oft die zu übertragenden Drehmomente kleiner gehalten und dann im Radkörper mit einem Reduktionsgetriebe wieder vergrößert. Diese dienen auch dazu, vermehrte Übersetzungskombinationen und kleinere Achsantriebsgehäuse in Vorderachsen allradgetriebener Fahrzeuge zu erhalten.

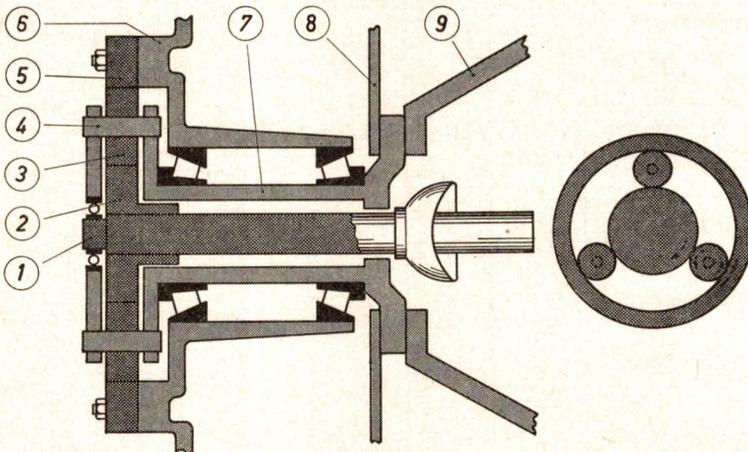
2. Ausführungsarten

a. Ritzelantrieb

Siehe Seite 43, Figur 27, Positionen 7 und 8

Anwendung: Unimog «S», Haflinger, VW-Transporter (bis 1967)

b. Stirnrad-Planetengeräte im Radkörper



Figur 38

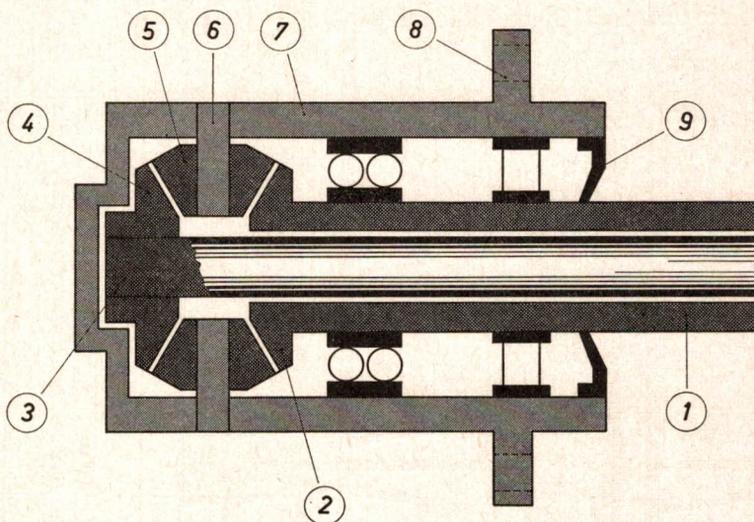
Stirnrad-Planetengeräte im Radkörper Geländelastwagen 5 t 4×4

1 Antriebswelle zu Vorderrad	4 Planetenträger	7 Tragrohr, Achsschenkel
2 Sonnenrad	5 Zahnkranz, innenverzahnt	8 Bremsankerplatte
3 Planetenräder	6 Radnabe mit Brems-trommel	9 Achsschenkelträger

Das auf der Antriebswelle (1) verkeilte Sonnenrad (2) treibt die drei Planetenräder (3) an. Da sich die Planetenräder (3) auf ihren stillstehenden Trägern (4) drehen, wird der Zahnkranz (5) im gegenläufigen Drehsinn angetrieben. Das Übersetzungsverhältnis wird durch die Zähnezahlen des Zahnkranzes (5) und diejenigen des Sonnenrades (2) bestimmt. Die Radnabe läuft ungefähr mit halber Tourenzahl der Antriebswelle und erhält so das doppelte Drehmoment. Das Stirnrad-Planetengetriebe läuft in einem Ölbad.

Anwendung: Schwere Geländelastwagen Saurer, Berna FBW. 5 t 4×4

c. Mit Nabenvorgelege



Figur 39 **Nabenvorgelege**

- 1 Tragrohr
- 2 Kegelrad, auf Tragrohr aufgekellt
- 3 Antriebswelle
- 4 Antriebskegelrad
- 5 Planetenräder

- 6 Planetenradträger
- 7 Radnabe
- 8 Befestigungsflansch für Radstern und Bremstrommel
- 9 Simmering

Wenn die vier Planetenräder (5) vom Antriebskegelrad (4) angetrieben werden und gleichzeitig auf dem feststehenden Kegelrad (2) abrollen, laufen die Planetenträger und damit auch die Radnabe (7) mit der halben Drehzahl der Antriebswelle. Dadurch wird das Drehmoment des Rades verdoppelt. Das Nabenvorgelege läuft in einem Ölbad.

Anwendung: Diverse Lastwagen (z. B. DAF, Volvo usw.)

3. Antriebsradlagerung

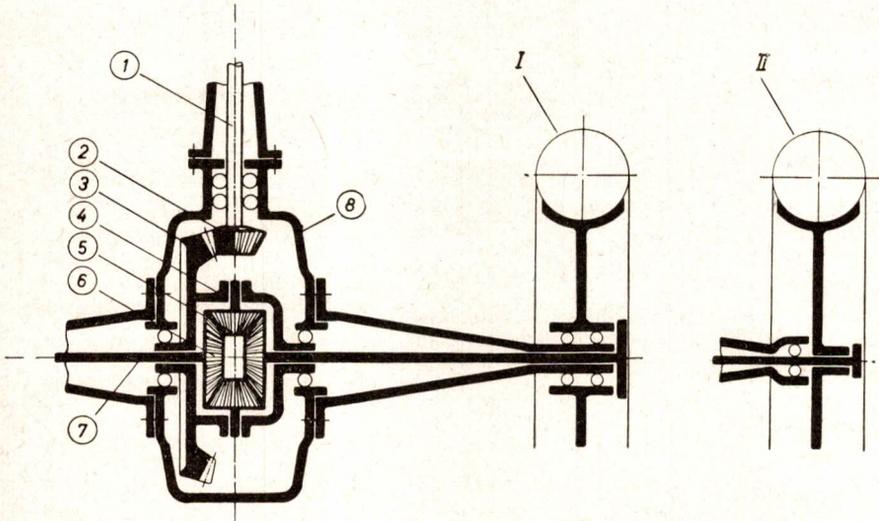
a. Ausführungsarten

I Doppelte Lagerung (schwebende Antriebswelle)

Das Antriebsrad ist voll auf dem Achsgehäuse gelagert. Die Antriebswelle überträgt nur das Drehmoment.

II Einfache Lagerung

Das Antriebsrad ist auf die Antriebswelle montiert. Sie wird durch das Drehmoment auf Verdrehung und durch die Radkräfte (Belastung, Seitenkräfte usw.) auf Biegung beansprucht.



Figur 40 Achsantrieb und Lagerungen von Antriebswellen

- | | |
|-----------------------|--|
| 1 Antrieb | 5 Ausgleichkegelrad oder Satellitenrad |
| 2 Kegelrad | 6 Antriebswellenkegelrad |
| 3 Tellerrad | 7 Antriebswelle oder Seitenwelle |
| 4 Differentialgehäuse | 8 Hinterachsgehäuse |

Fahrgestell

I. Fahrzeugrahmen	1
1. Aufgabe	1
2. Bauarten	1
3. Rahmenkontrolle	2
4. Richtarbeiten	3
II. Fahrzeugfederung	4
1. Federarten	4
2. Luftfederung	6
III. Stossdämpfer	9
IV. Aufhängung	13
1. Allgemeines	13
2. Ausführungsarten	14
3. Führungsstäbe für Aufbau und Achsen	16
V. Lenkung	18
1. Allgemeines	18
2. Lenkungsgeometrie	18
3. Vorderradstellung	20
4. Aufbau der Lenkung	23
5. Ursachen des Flatterns von Vorderrädern	23
6. Lenkgetriebe	24
a. Ausführungsarten	24
b. Einstellvorgang	28
7. Lenkhilfe-Vorrichtungen	30
VI. Räder und Bereifung	34
1. Radfelgen	34
2. Bereifung	36

Fahrgestell

I. Fahrzeugrahmen

1. Aufgabe

Die Aufgabe des Fahrzeugrahmens ist es, einerseits Nutzlast, Eigen- und Aufbaugewicht zu verteilen und auf die Unterstützungspunkte zu übertragen, andererseits die beim Fahren entstehenden Treib-, Brems- und Seitenkräfte aufzunehmen.

2. Bauarten

Wir unterscheiden grundsätzlich:

- Bauart mit wirklichen Rahmen
- Bauart mit Rahmen und mittragender Karosserie
- Selbsttragende Karosserie

Oft sind die genannten Bauarten miteinander kombiniert angewendet. Das Ziel aller Bauarten für Personewagen besteht darin, bei möglichst geringem Gewicht eine möglichst grosse Verwindungssteifigkeit zu erzielen. Bei Nutzfahrgestellen ist oft eine gewisse Verwindungsweichheit erwünscht.

a. Wirkliche Rahmen

- Leiterrahmen
mit Quer- oder Diagonal-Verstrebung. Profile offen oder geschlossen (Kastenprofile).
- Mittelträgerahmen
mit Querträgern, runder oder viereckiger Hauptrohrquerschnitt.
- X-Rahmen
Form der Längsträger macht Quertraversen überflüssig.
- Gitterrohrrahmen
Aus einzelnen, in Dreieckform zusammengeschweissten Stahlrohren aufgebaut (Renn- und Sportwagen).

b. Bauart mit Rahmen und mittragender Karosserie (Plattformrahmen)

Dieser erhält seine volle Festigkeit nur in Verbindung mit der Karosserie.

c. Selbsttragende Karosserie:

Die Karosserie ist selbst so stark ausgeführt, dass sie Motor und Achsen aufnehmen kann.

3. Rahmenkontrolle

Um einen Fahrzeugrahmen auszumessen und zu kontrollieren, benötigen wir in erster Linie einen absolut ebenen Boden (Kontrolle durch Ausgießen von Wasser).

Als Messwerkzeug und Hilfsmittel werden benötigt:

Zwei Unterstellböcke von gleicher Höhe und horizontaler Oberkante, Wasserwaage, Senklot, Messband, Federwaage, Schnüre, Kreide oder Farbstift und Schreibmaterial.

Zur richtigen und genauen Kontrolle wird der Fahrzeugrahmen mit Vorteil freigelegt. Dabei sind folgende Kontrollen auszuführen (vgl. Figur 1):

- Diagonalmasse prüfen (3).
- Längsgeometrie prüfen (4).
- Prüfen, ob linker und rechter Längsträger gleichen Abstand vom horizontalen Boden haben.
- Rahmenenden mit der Federwaage abheben. Links und rechts muss dazu gleiche Kraft notwendig sein; andernfalls ist der Rahmen verdreht.

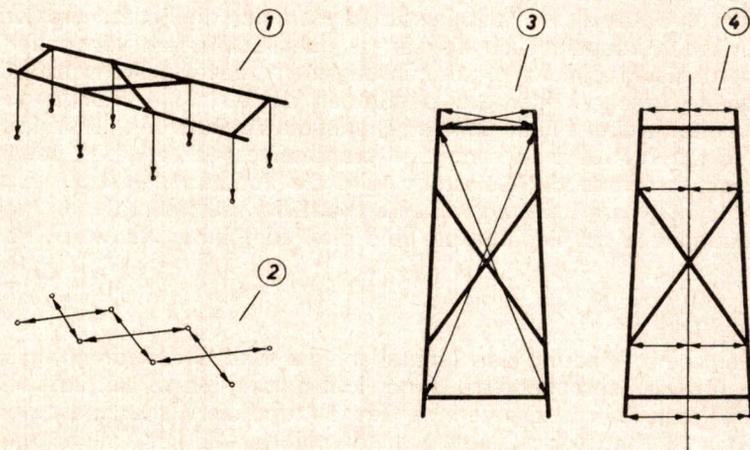
Bei zusammengebautem Fahrzeug kann die Kontrolle durch Ausloten der verschiedenen Punkte (1) auf dem Boden und nachheriges Ausmessen (2) derselben vorgenommen werden.

4. Richtarbeiten

Die Richtarbeiten sind mit geeignetem Richtwerkzeug auszuführen. Gewöhnliche Richtgabeln eignen sich nicht, da sie die Kanten der Profile zu stark beschädigen.

Schwere Stauchungen sind durch den Spezialisten zu bearbeiten. Eventuell Ersatz der deformierten Teile.

Überhitzung und zu rasche Abkühlung beim Richten sind zu vermeiden. Schweissnähte sind als einfache Stumpfnähte auszuführen. Bei offenen Profilen sind Verstärkungen mit schwalbenschwanzartigem Übergang zu verwenden. (Siehe unter Schweißen, Ziffer V, Seite 25ff.)



Figur 1 Rahmenkontrolle

- 1 Ausloten der Punkte
- 2 Ausmessen der Punkte
- 3 Diagonalmasse prüfen
- 4 Längsgeometrie prüfen

II. Fahrzeugfederung

Die Radfederung des Fahrzeuges muss verschiedene Aufgaben erfüllen. Sie soll harte Fahrbahnstöße in weiche, aber rasch gedämpfte Schwingungen umwandeln. Die Federwirkung sollte bei belastetem und unbelastetem Fahrzeug möglichst gleich gross sein.

Ein Teil dieser Aufgaben wird bereits durch die Fahrzeugbereifung und durch die Sitzpolsterung übernommen.

1. Federarten (Vgl. Figur 2)

a. Blattfedern (1 und 2)

Die Blattfedern sind auf Biegung beansprucht. Bei starker Vernachlässigung des Unterhaltes (Rost, fressen) ändert sich die Federcharakteristik. Sie werden hauptsächlich als Längs- oder Querfedern verwendet und dienen meistens gleichzeitig als Führungselemente für die Achsen. Gummigefederte Laschen oder Gleitlagerungen dienen zur Aufhängung. Das Zuschalten weiterer Federpakete (2) oder die Veränderung der wirksamen Länge durch Abwälzen kann eine progressive Federwirkung bewirken, d.h. mit zunehmender Belastung wird die Federung härter. Durch die erwünschte grosse Reibung wirkt die Blattfeder selbstdämpfend. Vor dem Zusammenbau der Federpakete sind die Federblätter mit Graphitfett zu behandeln.

b. Schraubenfedern (3)

Die einzelne Windung der Schraubenfeder wird auf Verdrehung beansprucht. Die Schraubenfeder ermöglicht grosse Federarbeit auf kleinem Raum. Vorteilhaft ist das geringe Gewicht und die Wartungsunempfindlichkeit. Sie hat jedoch keine Eigendämpfung und kann nicht repariert werden. Figur 2 zeigt eine progressive Anordnung der Schraubenfeder (3).

Für die Radführung und die Aufnahme von Schubkräften sind besondere Organe notwendig.

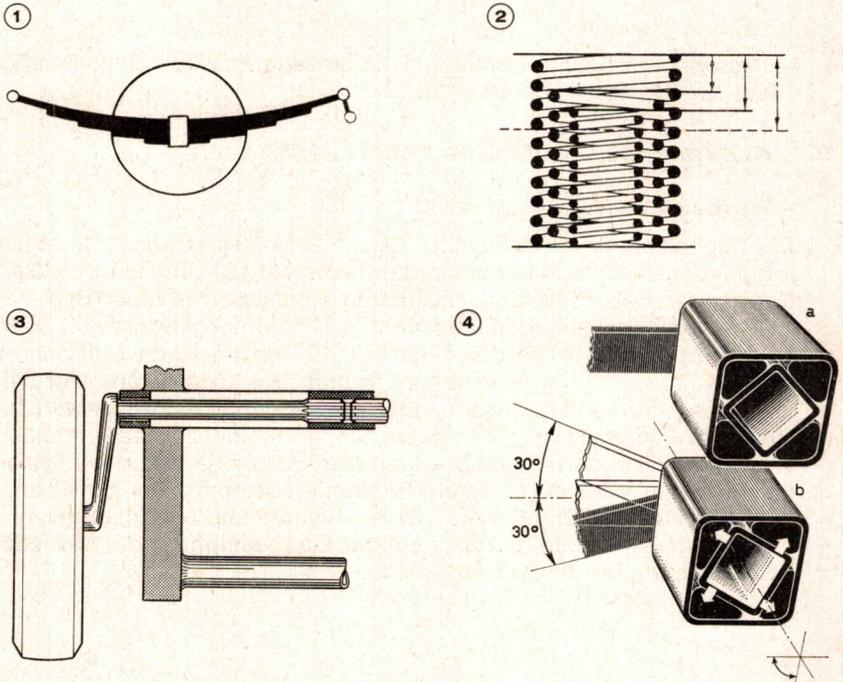
c. Drehstabfedern (4)

Die Drehstabfeder entspricht einer ausgestreckten Schraubenfeder und wirkt ebenfalls durch Verdrehung. An einem Ende fest eingespannt, wird sie durch den am andern Ende befindlichen Hebelarm, der zur Radführung dient, verdreht.

Vorteile bedeuten das geringe Gewicht, der kleine Raumbedarf und die Wartungsunempfindlichkeit. Nachteilig ist die Oberflächenempfindlichkeit des Drehstabes. Eine progressive Federwirkung kann durch einen zweiten Drehstab oder durch geeignete Anordnung der Lenker erzielt werden.

d. Gummifedern (5)

Wegen ihres geringen Federweges wird die Gummifederung selten als Fahrzeugfederung angewendet. Die normalerweise auf Scher- und Druckbeanspruchung konstruierte Gummifederung weist eine an sich günstige progressive Federcharakteristik auf. In der Nähe von Gummielementen darf nicht geschweisst werden. (Gummi ist nur bis ca. 80 °C temperaturunempfindlich!)



Figur 2 Federarten

- 1 Halbelliptik-Blattfeder
- 2 Schraubenfeder, progressive Anordnung
- 3 Drehstabfeder
- 4 Gummifeder, Neidhard-Federelement
 - a = unbelastet
 - b = belastet

2. Die Luftfederung

a. Allgemeines

Wesentliche Vorteile:

- Federcharakteristik kann durch geeignete Anordnung gewählt werden (progressiv bis degressiv)
- Konstantes Fahrzeugniveau kann mit verhältnismässig einfachen Mitteln erreicht werden
- Gleichmässige Federwege bei allen Fahrzeugbelastungen

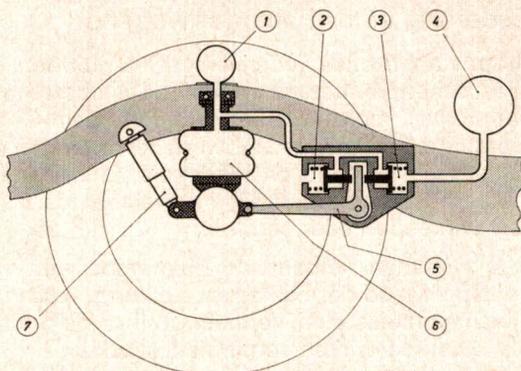
Hauptsächliche Ausführungsarten sind:

- reine Luftfederung
- hydropneumatische Federung (Radbewegung wird durch Flüssigkeit auf ein Gaskissen übertragen).

b. Lastabhängige Luftfederung eines Lastwagens

– Aufbau und Wirkungsweise:

Die nachstehende schematische Skizze (ohne Achsführung) zeigt eine luftgefederte Achse mit je einem Luftfederbalg (6) pro Radseite. Bei zunehmender Belastung und sinkendem Rahmen wird über den Ventilbetätigungshebel (5) das Einlassventil (3) geöffnet, wodurch die aus dem Druckluftbehälter (4) in den Federbalg (6) einströmende Luft den Fahrzeugaufbau wieder in Normalhöhe bringt. Das Umgekehrte tritt bei der Entlastung des Fahrzeuges ein, indem das öffnende Auslassventil (2) den Druck im Federbalg vermindert, bis die Normalhöhe wieder erreicht ist. Durch die Wahl der entsprechenden Luftfederbälge und des Zusatzluftbehälters (1) wird die Federcharakteristik bestimmt. Der Luftverbrauch wird reduziert, indem man die Luftfederventile mit Verzögerungsvorrichtungen ausrüstet. Infolge sehr geringer Eigendämpfung der Luftfeder ist der Stossdämpfer (7) unentbehrlich.



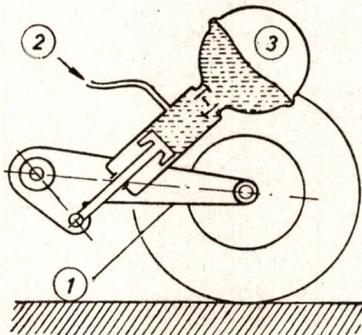
Figur 3 Lastabhängige Luftfederung

- 1 Zusatzluftbehälter
- 2 Auslassventil
- 3 Einlassventil
- 4 Druckluftbehälter
- 5 Ventilbetätigungshebel
- 6 Luftfederbalg (Faltenbalg)
- 7 Stossdämpfer

c. Hydropneumatische Federung eines Personenwagens

Die Figur 4 zeigt ein hydropneumatisches Federelement von Citroen. Die Metallkugel ist mit einer elastischen Membrane unterteilt. Die obere Hälfte ist mit Gas (als eigentliche Feder), die untere mit dünnflüssigem Öl gefüllt. Der Kurbelarm (1) überträgt die Auf- und Abwärtsbewegungen des Rades über den Kolben auf das Öl (3), welches auf der elastischen Membrane abgestützt ist und somit das Gaskissen (3) als weiche, rasch ansprechende aber progressiv wirkende Feder benützt.

Das Volumen der Ölmenge zwischen Kolben und Membrane wird vom Niveauregulierventil her, entsprechend der Fahrzeugbelastung, verändert. Die eingebauten Düsen mit federbelasteten Ventilen bremsen ein allzu-rasches Durchströmen des Öles und wirken somit als Stossdämpfer. Der Wagenaufbau kann so hoch gehoben werden, dass diese Einrichtung beim Radwechsel auch als Wagenheber gebraucht werden kann.



Figur 4 **Hydropneumatisches Federelement**

- 1 Kurbelarm
- 2 Hydrauliköl
- 3 Gas

III. Stossdämpfer

1. Allgemeines

Reibungs- und damit dämpfungsarme Federelemente, wie sie heute meistens verwendet werden, müssen mit einem Stossdämpfer (Schwingungsdämpfer) kombiniert werden. Seine Hauptaufgaben sind:

- die von den Fahrbahnstößen angeregten Federschwingungen rasch abklingen zu lassen (Fahrkomfort)
- verhindern, dass sich die Räder bei unebener Fahrbahn von dieser abheben (Fahrsicherheit)

Heute werden fast durchwegs hydraulische Teleskop-Stossdämpfer angewandt.

2. Aufbau und Wirkungsweise hydraulischer Teleskopstossdämpfer

Die Radbewegung verschiebt einen mit Kanälen und Ventilen versehenen Kolben in einem ölgefüllten Zylinder. Bei der Auf- und Abwärtsbewegung des Kolbens wird das Öl durch die kalibrierten mit Ventilen gesteuerten Kolbenkanäle, von einer Druckkammer in die andere gepresst. Der dabei auftretende Strömungswiderstand wirkt als Dämpfungskraft. Bei verschiedenen Fabrikaten können die Ventile, und damit die Dämpfungskraft, von aussen verstellt werden.

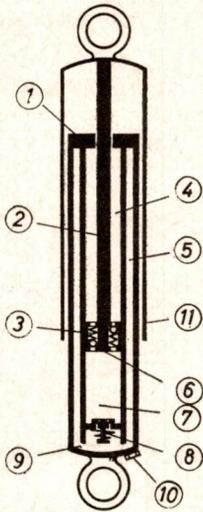
Ein besonderes Problem bildet die Kolbenstange, die beim Zusammenschieben des Dämpfers in den Raum über dem Kolben eintaucht. Das aus dem unteren Druckraum verdrängte Öl hat also, der Kolbenstange wegen, im oberen Druckraum nicht genügend Platz. Die Notwendigkeit eines Ausgleichs des Kolbenstangenvolumens führte zu zwei unterschiedlichen Dämpfer-Bauarten:

- Zweirohrdämpfer (Figur 5)

Der Ausgleich des Kolbenstangenvolumens erfolgt durch einen besonderen Vorratsraum, der durch ein doppelwirkendes Bodenventil mit dem Arbeitsraum verbunden ist. Die Wirkungsweise zeigt Figur 7, Seite 11.

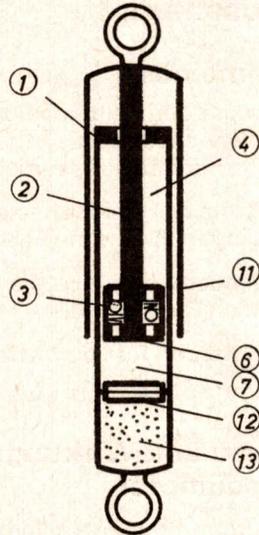
- Einrohrdämpfer (Figur 6)

Ausgleich des Kolbenstangenvolumens durch ein Gaskissen (30–70 atü) das mit einem schwimmenden Kolben vom Öl abgetrennt ist.



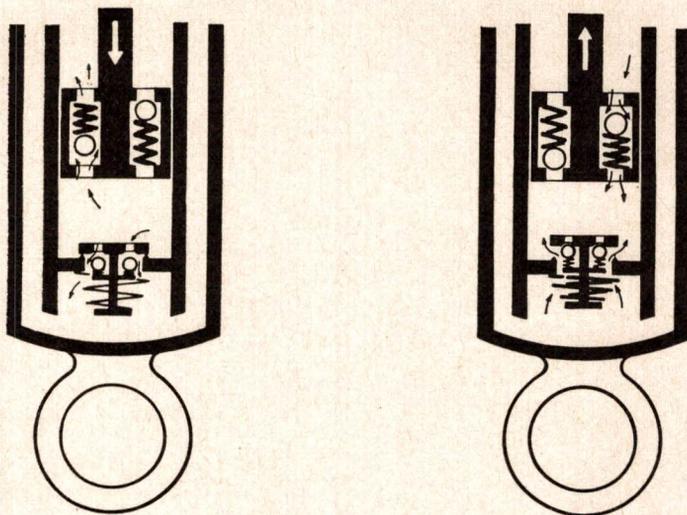
Figur 5
Zweirohr-Teleskop-Stossdämpfer

- 1 Führung und Abdichtung
- 2 Kolbenstange
- 3 Ventile
- 4 obere Druckkammer
- 5 Vorratsraum
- 6 Kolben



Figur 6
Einrohr-Teleskop-Stossdämpfer

- 7 Untere Druckkammer
- 8 Bodenventil
- 9 Durchgang zum Vorratsraum
- 10 Verschlusszapfen
- 11 Schutzrohr
- 12 schwimmender Kolben
- 13 Gasraum



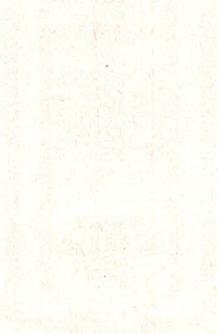
Figur 7 Wirkungsweise des Zweirohrdämpfers

A = Ölfluss beim Einfedern

B = Ölfluss beim Zurückprallen der Feder

3. Prüfung von Stossdämpfern

Die genaue Prüfung der Stossdämpfer erfolgt auf besonderen Prüfmaschinen. Zur *behelfsmässigen* Prüfung wird der *senkrecht* in einen Schraubstock eingespannte Stossdämpfer von Hand auf- und abwärts bewegt. Der Dämpfer soll sich *ruckfrei* bewegen lassen, dieser Bewegung aber einen deutlich spürbaren Widerstand entgegensetzen.



IV. Aufhängung

1. Allgemeines

Die Radaufhängung sorgt für eine *bewegliche* Verbindung der Räder mit dem Wagenkörper, wodurch eine wirksame Wagenfederung ermöglicht wird.

An allen Aufhängungs-Bauarten werden hauptsächlich folgende Anforderungen gestellt:

- geringes Gewicht, d.h. kleine ungefederte Massen (Fahrsicherheit, Fahrkomfort)
- gleichbleibende Radstellung beim Durchfedern (Reifenabnutzung, Bodenhaftung)
- günstige Lage des Momentanzentrums (Seitenneigung bei Kurvenfahrt)

Die nachstehenden Radstellungsveränderungen wirken sich besonders ungünstig aus:

- Spurveränderungen verursachen das Radieren der Reifen auf der Fahrbahn (Reifenabnutzung, kleinere Bodenhaftung)
- Sturzveränderungen führen zum Flattern der Räder (höhere Beanspruchung der Aufhängungsteile, herabgesetzte Fahrsicherheit)
- Radstandsveränderungen ergeben Beschleunigung und Verzögerung der Räder beim Durchfedern (erhöhte Reifenbeanspruchung)

Je nach Aufhängungs-Bauart ergeben sich eine oder mehrere der genannten Radstellungs-Veränderungen.

An Motorfahrzeugen unterscheiden wir zwei grundsätzliche Aufhängungs-Bauarten:

- starre Achse
- Einzelrad-Aufhängung

An modernen Fahrzeugen treffen wir die starre Achse immer seltener an. Deshalb sind nachstehend nur die wichtigsten Einzelrad-Aufhängungen kurz beschrieben.

2. Ausführungsarten

(Vgl. Figur 8)

a. Trapez-Aufhängung

Die Räder werden an meist dreieckförmigen Querlenkern geführt, wobei die oberen oder die unteren Querlenker durch eine Querblattfeder ersetzt werden können.

Verwendung meistens als Vorderradaufhängung.

Beim Durchfedern ergeben sich geringe Spur- und Sturzveränderungen.

b. Aufhängung mit Querblattfeder und Querlenker

Siehe Abschnitt a.

c. Doppel-Längslenker-Aufhängung (Doppel-Kurbelachse)

Die beiden Längslenker wirken meistens auf Drehstabfedern. Verwendung als Vorderradaufhängung (z. B. VW).

Keine Spur- und Sturz-, jedoch Radstandsveränderungen beim Einfedern.

d. Federbeine (McPherson)

Ein einfacher Querlenker wird über ein Federbein abgestützt. Dieses ist eine als Stossdämpfer ausgebildete Hülsenführung. Verwendung als Vorderradaufhängung.

Beim Einfedern nur geringe Spur- und Sturzveränderungen.

e. Eingelenk-Pendelachse

Beide Pendel sind in der Wagenmitte gelenkig mit dem am Wagenboden aufgehängten Achsantrieb verbunden.

Für gelenkte Räder ungeeignet, weil bei Einfederung grosse Spur- und Sturzveränderungen entstehen.

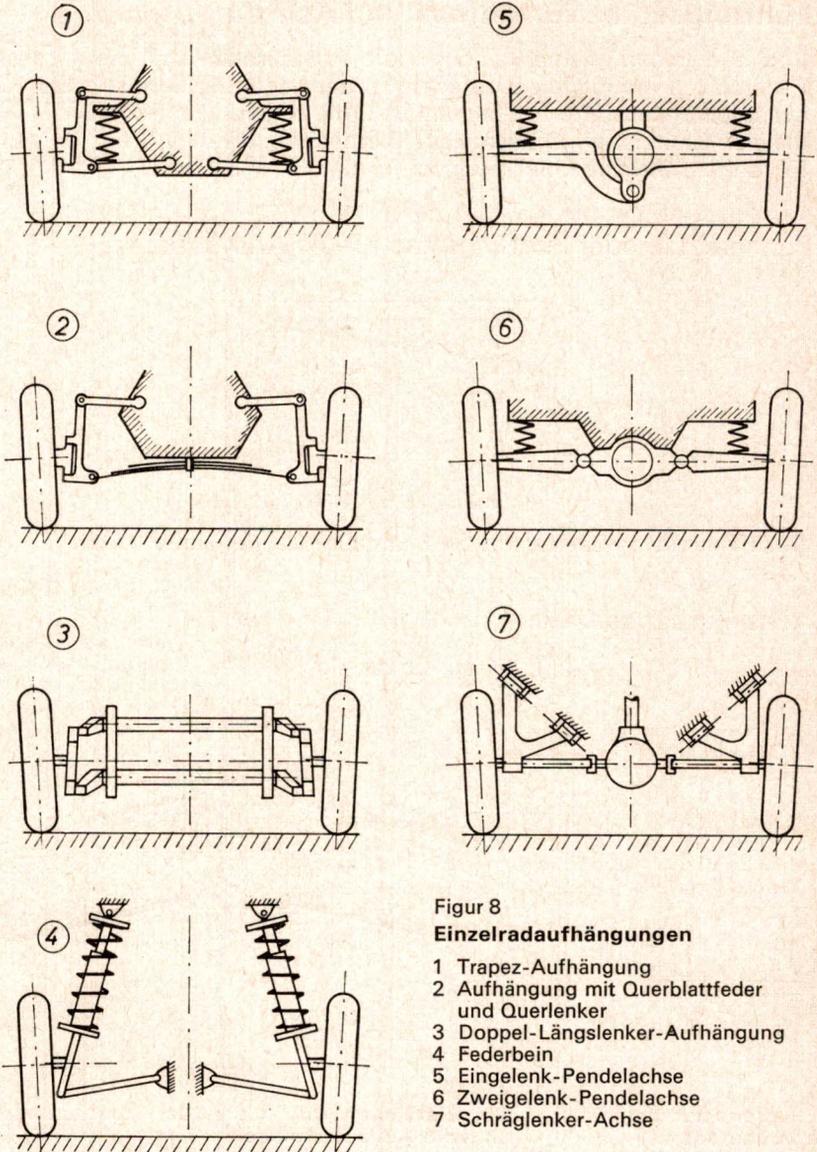
f. Zweigelenk-Pendelachse

Diese sogenannte verkürzte Pendelachse ergibt noch grössere Spur- und Sturzveränderungen. Deshalb für gelenkte Räder ungeeignet.

g. Schräglenker-Achse

Die Radführung erfolgt durch etwas schräg angelenkte Längslenker.

Bei Einfederung nur geringe Spur- und Sturzveränderungen. Deshalb sehr gute Strassenlage.



Figur 8

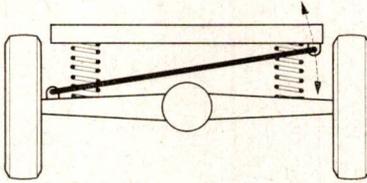
Einzelradaufhängungen

- 1 Trapez-Aufhängung
- 2 Aufhängung mit Querblattfeder und Querlenker
- 3 Doppel-Längslenker-Aufhängung
- 4 Federbein
- 5 Eingelenk-Pendelachse
- 6 Zweigelenk-Pendelachse
- 7 Schräglenker-Achse

3. Führungsstäbe für Aufbau und Achsen

Von den Federsystemen sind nur die Torsionsstab- und die mit festen Federbolzen montierten Blattfedern in der Lage, die Schub-, Zug- und eventuell Seitenkräfte zu übernehmen. Alle anderen Federsysteme, sowie die auf Gleitplatten abgestützten Blattfedern, benötigen für die Achsführung zusätzliche Einrichtungen.

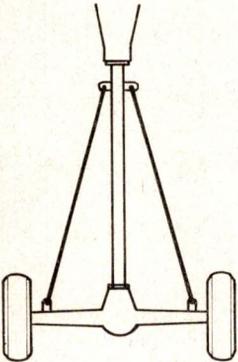
a. Panhardstab oder Führungsstab für die Antriebsachse



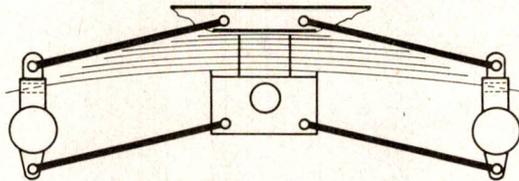
Figur 9 Panhardstab bei Hinterachsen

Der Panhardstab übernimmt die Seitenführung der Hinterachse.

b. Achs-Führungsstäbe



Figur 10
Bei Personenwagen mit
Schraubenfedern

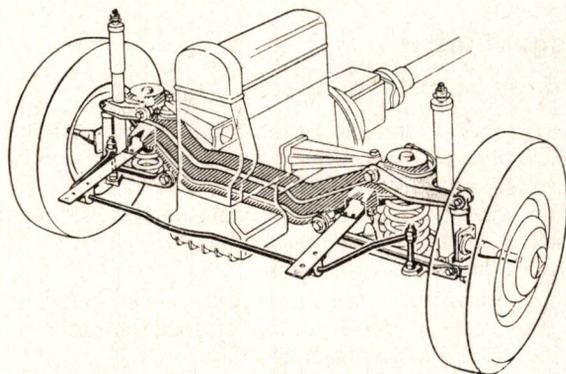


Figur 11
Bei Blattfedern mit gleitender
Abstützung an
einem 3-Achs-Lastwagen

Die Achsführungsstäbe führen die Achsen und halten sie winkelrecht zur Kardanwelle (Figur 10). Das Gleiten der Federenden (Figur 11) dient zum Erzielen einer progressiven Federungscharakteristik, da sich bei zunehmender Belastung des Fahrzeuges die Auflagepunkte nach einwärts verschieben und so die Federung härter gestalten.

c. Torsions-Stabilisator

Zur Reduktion der Kurvenneigung der Karosserie werden zusätzliche Stabilisatoren eingebaut. Diese sind, beidseitig des Fahrzeuges angebrachte, miteinander verbundene Hebelarme. Sie wirken dem einseitigen Anhub der Achse und damit der Querneigung des Fahrzeugaufbaues entgegen. Bei gleichzeitigem Anhub der Räder auf derselben Achse bleiben sie jedoch unwirksam.



Figur 12 Torsions-Stabilisator

V. Lenkung

1. Allgemeines

Bei der Fahrzeuglenkung verwenden wir ausschliesslich die *Achsschenkellenkung*, bei der jedes Vorderrad um den am Ende der Vorderachse sitzenden Achsschenkelbolzen geschwenkt werden kann. Dadurch wird gegenüber der Drehschemmellenkung auch bei eingeschlagenen Rädern eine genügend grosse Standsicherheit erreicht.

Bei Kurvenfahrt muss das kurveninnere Rad mehr eingeschlagen werden als das kurvenäussere. Dies wird durch die Stellung der Spurstangenhebel (Lenktrapez) erreicht.

2. Lenkungsgeometrie

a. Anordnung der Spurstangenhebel (Figur 13/1)

Die Spurstangenhebel und die Spurstange bilden zusammen das sogenannte *Lenktrapez*. Die Anordnung der Spurstangenhebel in ihrer Neigung zueinander kann derart getroffen werden, dass mit grosser Annäherung die Laufkreismittelpunkte (M) der Räder bei allen Lenkausschlägen zusammenfallen. Der kurveninnere Winkel (β) ist daher grösser als der kurvenäussere Winkel (α).

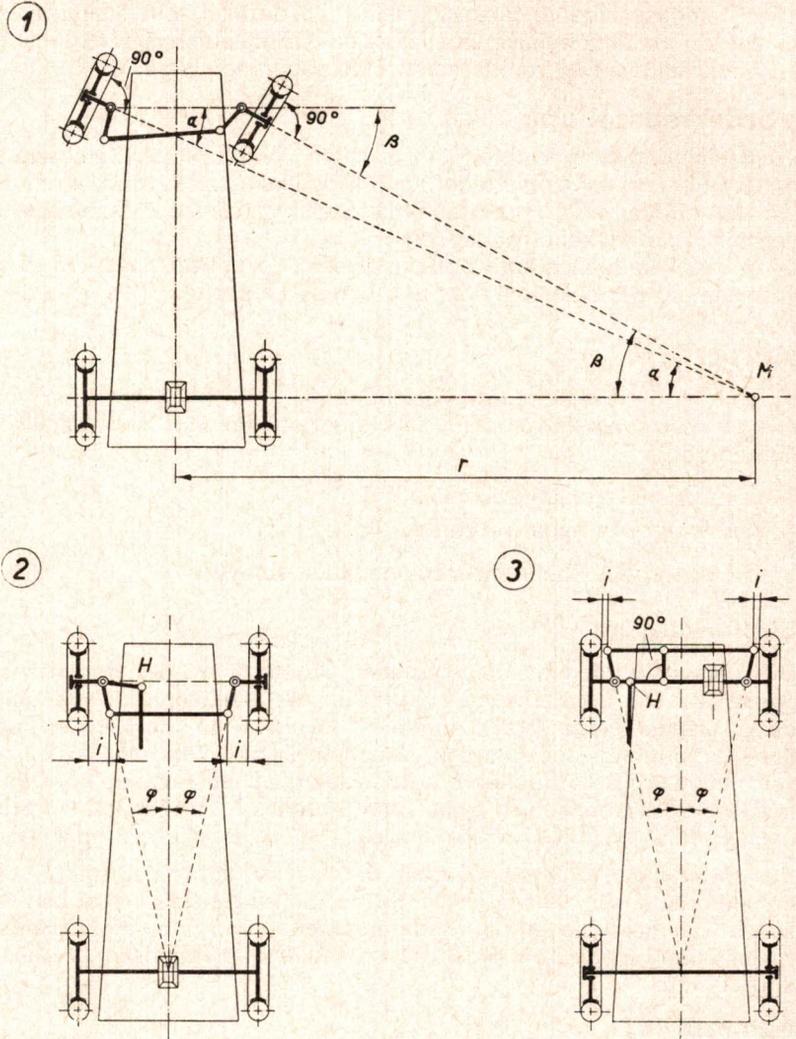
Bei normalem Radstand von zwei- bis zweieinhalbfacher Spurweite kommt der Schnittpunkt der Spurstangenhebelgeraden auf die Höhe der Hinterachse zu liegen (Konvergenzpunkt).

b. Anordnung des Lenkhebels (Figuren 13/2 und 13/3)

Die Anordnung ist richtig, wenn in der Mittelstellung des Lenkstockes der Lenkhebel (H) und der Lenkstockhebel im rechten Winkel zur Lenkschubstange stehen.

Für eine behelfsmässige Kontrolle des Lenkgestänges ist folgendermassen vorzugehen:

- 1) Vorderräder in Geradeausfahrt stellen
- 2) Die Distanzen (i) zwischen Spurstangenkopf und Radfelge müssen gleich gross sein.
- 3) Die verlängerten Mittellinien der Spurstangenhebel müssen sich auf der Fahrzeugmittellinie schneiden. (Der genaue Punkt ist vom Radstand abhängig.)



Figur 13 Lenkungsgeometrie

- 1 Radeinschlagwinkel
 2 Lenkschema bei Hinterradantrieb
 3 Lenkschema bei Vorderradantrieb

M Laufkreismittelpunkt
 H Lenkhebel
 r Laufkreisradius

α äusserer Kurvenwinkel
 β innerer Kurvenwinkel
 φ Spurstangenhebel-Winkel

F

- 4) Bei eingeschlagener Lenkung treffen sich die Achsschenkelmittellinien auf der verlängerten Hinterachsmittellinie im Laufkreismittelpunkt (M). Die Distanz (r) ist vom Radeinschlag abhängig (Figur 13/1).

3. Vorderradstellung (Figur 14)

Zur Erreichung einer leichten Lenkung, zur Schonung der Bereifung und um ein Flattern der Vorderräder nach Möglichkeit zu vermeiden, müssen die Vorderräder eine ganz bestimmte Stellung haben. Diese wird durch verschiedene Winkel umschrieben.

Die Herstellerangaben zur Kontrolle dieser Winkel beziehen sich, je nach Fabrikat, auf das belastete oder unbelastete Fahrzeug.

a. Vorspur (1)

Vorspur ist die Differenz des Abstandes von vorn (A) gegenüber hinten (B) gemessen am Felgenrand. Die Räder stehen also nicht parallel zur Fahrrichtung.

A kleiner als B = positive Vorspur (+)

A grösser als B = negative Vorspur (-)

Vorderradantriebe haben meistens negative Vorspur.

Einstellvorgang

Die Vorspur wird mit einer speziellen Spurlehre an der Radinnenseite gemessen. Die Spurlehre muss vorne in der senkrechten Verlängerung des äussersten Felgenrandes angebracht werden (so hoch, wie es Federn und Aufhängungsteile zulassen). Nachher ist das Fahrzeug vorwärts zu verschieben, bis die Spurlehre wieder den gleichen Abstand vom Boden hat. Der Massunterschied ergibt das Spurmass. Die Einstellung erfolgt nach Fabrikvorschrift (Armee-Fahrzeuge siehe Tabelle II/3 im Anhang).

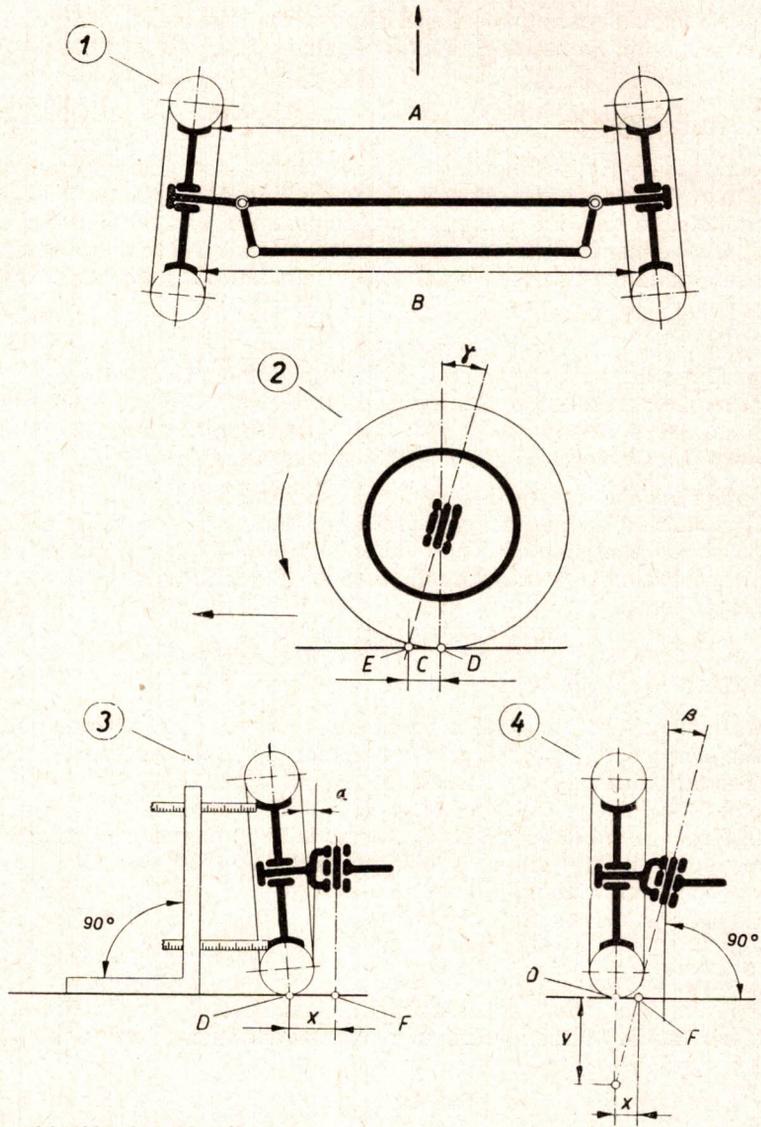
Bei zweiteiligen Spurstangen ist die Nachstellung beidseitig vorzunehmen, da sonst die Mittelstellung der Schubstange verschoben wird. Die Einstellmasse liegen bei Niederdruckreifen und Schwingachsen zwischen 0 und 3 mm, bei Hochdruckreifen und Starrachsen zwischen 2 und 10 mm.

b. Nachlauf (2)

Bei positivem Nachlauf befindet sich der Radauflagepunkt (D) hinter dem Auftreffpunkt der verlängerten Achsschenkelbolzen-Mittellinie (E). Das Rad *läuft* also dem Punkt E nach, d. h. es wird gezogen. Dadurch wird das Flattern der Räder vermieden und deren selbsttätige Rückstellung in die Geradeausstellung nach Kurvenfahrt erreicht.

Positiver Nachlauf: Punkt E *vor* Punkt D

Negativer Nachlauf: Punkt E *hinter* Punkt D



Figur 14 Vorderradstellungen

- 1 Vorspur
- 2 Nachlauf
- 3 Radsturz
- 4 Spreizung

- γ Neigungswinkel
- α Radsturzwinkel
- β Spreizungswinkel
- C Nachlaufdistanz
- X Rollkreisradius

F

Der Nachlauf liegt normalerweise im positiven Bereich von 0 bis 3°. Einige Fahrzeuge mit Frontantrieb haben negativen Nachlauf von 0 bis -2°.

c. Radsturz (3)

Bei positivem Radsturz ist das Rad oben nach aussen, bei negativem Radsturz oben nach innen geneigt. Dadurch wird das Radlagerspiel ausgeschaltet und der Rollkreisradius verkleinert. Bei Einzelradaufhängungen mit Querlenkarmen kann sich der Radsturz beim Durchfedern verändern. Er beträgt normalerweise 1 bis 4°, bei Einzelradaufhängung jedoch oft $\pm 0^\circ$.

Kontrolle

Das Fahrzeug muss auf einem absolut horizontalen Boden stehen, und die Radfelgen sollen keinen Seitenschlag aufweisen. Die Fabrikangaben beziehen sich entweder auf den Winkel (Grade oder Prozente) oder auf die direkte Messung am Felgenrand (Millimeter oder Zoll).

Die Kontrolle erfolgt am besten mit einem speziellen Prüfgerät. Ist man auf einfache Mittel angewiesen, so kann man mit einem Winkel oder Senklot und einem Masstab die Kontrolle vornehmen (3). Die Winkelangabe ist dann in Millimeter umzurechnen, bezogen auf den Radfelgendurchmesser (Felgenhorn).

d. Spreizung (4)

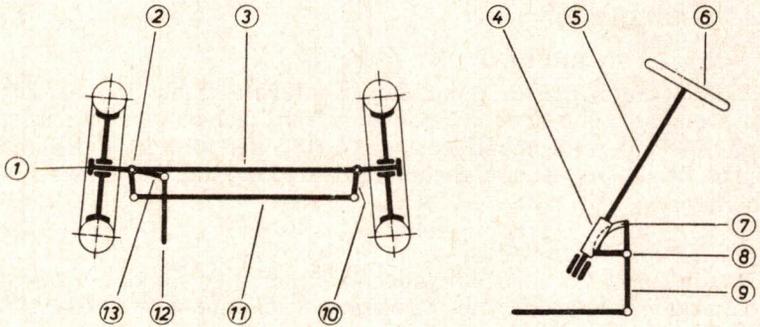
Der durch die Achsschenkelbolzenneigung mit der Senkrechten gebildete Winkel « β » wird als Spreizung bezeichnet. Der Schnittpunkt (F) der verlängerten Mittellinie soll so nahe am Berührungspunkt (D) liegen jedoch nicht Null betragen. Die Distanz « y » soll demnach möglichst klein sein. Je kleiner der Rollkreisradius (x), desto leichter das Lenken. Ist der Rollkreisradius gleich Null, so ist die Lenkung labil (Flattern). Die Spreizung liegt zwischen 5 und 8°, je nach Fahrzeugtyp.

Kontrolle

Kontrolle in eingebautem Zustand mit besonderen Prüfgeräten. Bei Starrachsen ist die Messung auch in ausgebautem Zustand möglich.

4. Aufbau der Lenkung

Die Kraftübertragung vom Lenkrad erfolgt über die Lenkspindel (5) auf den Lenkstock. Der Lenkstockhebel (9) betätigt über die Schubstange (12) den Lenkhebel (13). Der eine Spurstangenhebel (10) gibt die Lenkbewegung über die Spurstange (11) an das andere Rad weiter.



Figur 15 Benennung der Lenkungsteile

1 Achsschenkel	8 Segmentwelle
2 Achsschenkelbolzen	9 Lenkstockhebel
3 Achskörper	10 Spurstangenhebel
4 Lenkschnecke	11 Spurstange
5 Lenkspindel	12 Schubstange
6 Lenkrad	13 Lenkhebel
7 Lenksegment	

5. Ursachen des Flatterns der Vorderräder

- Unrichtiger Reifendruck
- Ungleichmässig abgenutzte Reifenprofile
- Statisch und dynamisch nicht ausgewuchtete Räder und Reifen
- Spiel in den Kugelgelenken oder den Federlaschen
- Defekte Stossdämpfer
- Falsch eingestellte Vorspur
- Falsch eingestellter Radsturz
- Falsch eingestellter Nachlauf
- Radlagerspiel zu gross
- Verbogene Lenkungsteile
- Lose Achsbefestigung

6. Lenkgetriebe

Das Lenkgetriebe dient der Kraftübertragung vom Lenkrad zum gelenkten Rad. Durch sein Übersetzungsverhältnis zwischen 1 : 10 und 1 : 30 erlaubt es eine Bedienung mit geringem Kraftaufwand und verhindert gleichzeitig, mehr oder weniger, die Übertragung unerwünschter Bewegungen von den gelenkten Rädern auf das Lenkrad.

a. Ausführungsarten

– Schraubenlenkung

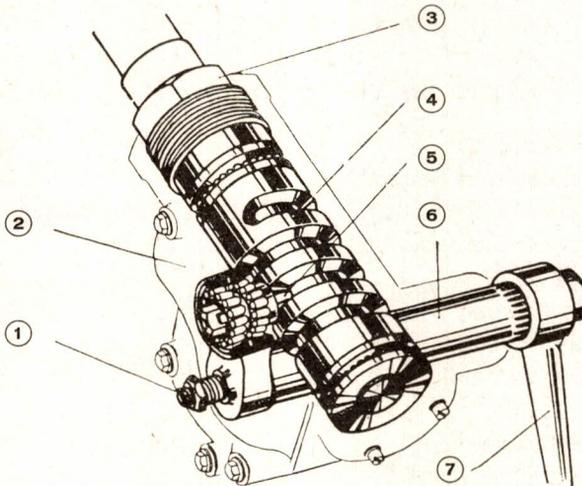
Bei der Schraubenlenkung findet die Kraftübertragung nicht auf die Flanken weniger Zähne, sondern auf die grossen Flächen der Schraubengänge statt. Die auf- und abgehende Bewegung der Mutter wird durch eine Hebelübersetzung in eine drehende Bewegung auf den Lenkstockhebel übertragen.

– Schneckenlenkung

Diese besteht aus einer ein- oder mehrgängigen Schnecke und einem Schneckenradsegment. Diese Ausführung erlaubt grosse Übersetzungsverhältnisse, hat aber eine grosse innere Reibung. (Auf Nutzfahrzeugen angewendet.)

– Schneckenfingerlenkung (Rosslenkung)

Bei der Schneckenfinger- oder Rosslenkung (Figur 16) gleitet ein meist rollengelagerter Lenkfinger im Spindelgewinde. Gegenüber der gewöhnlichen Schneckenlenkung ist hier die innere Reibung bedeutend kleiner.

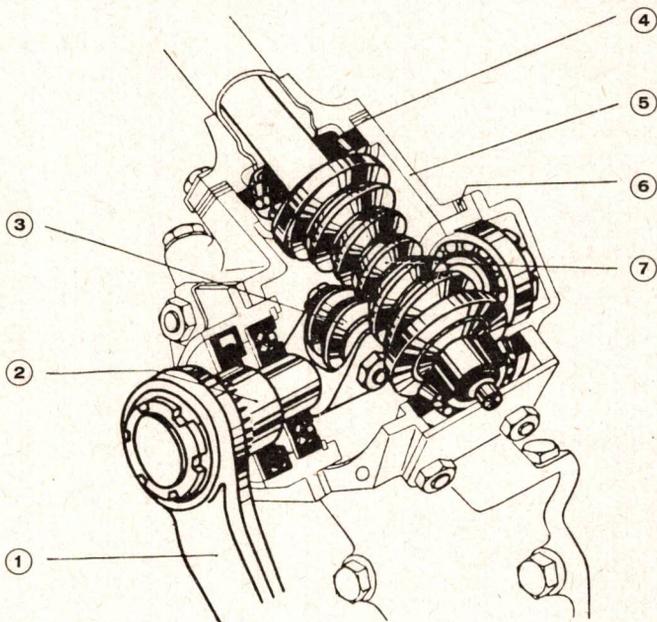


Figur 16
Schneckenfingerlenkung (Rosslenkung)

- 1 Nachstellschraube (Segmentwelle)
- 2 Lenkgehäuse
- 3 Nachstellmutter (Drucklager)
- 4 Lenkschnecke
- 5 Lenkfinger
- 6 Segmentwelle
- 7 Lenkstockhebel

– Schneckenrollenlenkung (Gemmerlenkung)

Die Gemmerlenkung ist eine Abart der Schneckenlenkung. Anstelle des Lenksegmentes tritt eine drehbare Segmentrolle. Die Schnecke (Globoid-Schnecke) ist konkav und mit nach aussen hin zunehmender Steigung ausgeführt. (Progressive Steigerung ergibt veränderliches Übersetzungsverhältnis.)

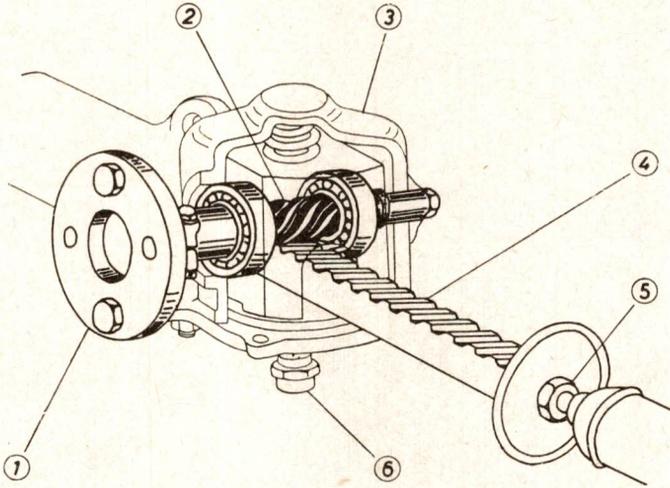


Figur 17 **Schneckenrollenlenkung** (Gemmerlenkung)

- 1 Lenkstockhebel
- 2 Segmentwelle
- 3 Segmentrolle
- 4 Einstellscheiben (Schnecke)
- 5 Lenkgehäuse
- 6 Einstellscheiben (Segmentwelle)
- 7 Schnecke

– Zahnstangenlenkung

Bei der Zahnstangenlenkung erfolgt die Übertragung durch ein Zahnrad direkt auf die Zahnstange. Da das Übersetzungsverhältnis nicht beliebig gewählt werden kann, ist diese Lenkung vorwiegend auf leichten Fahrzeugen anzutreffen.

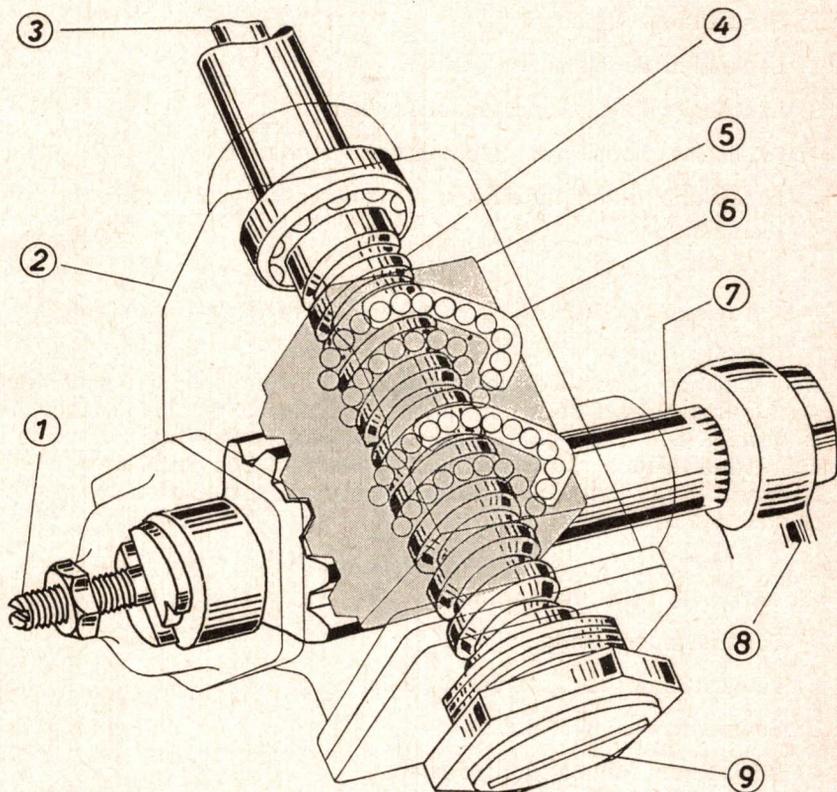


Figur 18 Zahnstangenlenkung

- 1 Kupplung zu Lenkspindel
- 2 Lenkschnecke
- 3 Lenkgehäuse
- 4 Zahnstange
- 5 Spurstangenverbindung
- 6 Einstellschraube

— Kugelkreislauflenkung

In einer Schraubenmutter befinden sich zwei geschlossene Kugelkreisläufe und in der Lenkschraube eine entsprechende Schraubennute. Der Lenkvorgang entspricht demjenigen der Schraubenlenkung. Dank den abrollenden Kugeln ist jedoch die innere Reibung äusserst gering.



Figur 19 Kugelkreislauflenkung

- 1 Nachstellschraube der Segmentwelle
- 2 Lenkgehäuse
- 3 Lenkspindel
- 4 Lenkschraube

- 5 Schraubenmutter
- 6 Kugel-Führungen
- 7 Segmentwelle
- 8 Lenkstockhebel
- 9 Nachstellschraube

b. Einstellvorgang

– Lenkgetriebe allgemein:

Bevor mit dem Nachstellen des Lenkgetriebes begonnen wird, müssen Radlagerung, Achsschenklagerung und die Übertragungsgelenke kontrolliert werden. Beim Nachstellen des Lenkgetriebes wird wie folgt vorgegangen:

- 1) Schubstange abhängen
- 2) Lenkrad in Mittelstellung drehen
- 3) Längsspiel der Lenkspindel nachstellen
- 4) Axialspiel (Eingriff) der Segmentwelle nachstellen
- 5) Einstellung durch maximalen Lenkradeinschlag kontrollieren (kein Klemmen)

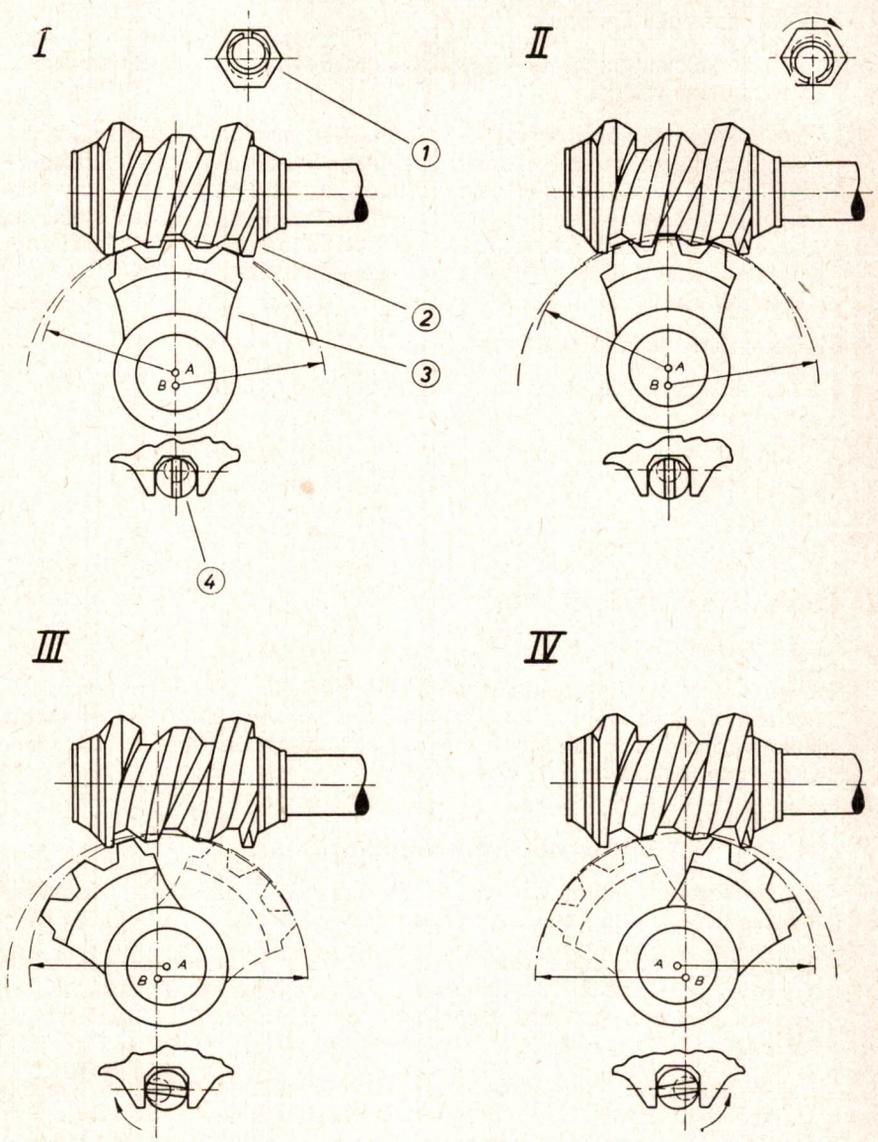
– Schneckenrollenlenkung (Gemmerlenkgetriebe):
(Figur 20)

Nachfolgende Einstellvorschrift gilt nur für Gemmerlenkungen älterer Ausführung. Neuere Bauarten werden wie unter «Lenkgetriebe allgemein» eingestellt. Die Gemmerlenkung (Schneckenrollenlenkung) kann nur in ihrer Mittelstellung spielfrei eingestellt werden. Das Spiel an den Endstellungen muss jedoch beidseitig gleich gross sein. Einstellung nur mit Ölinhalt vornehmen.

Es wird wie folgt vorgegangen :

- 1) Schubstange abhängen
- 2) Längsspiel der Lenkspindel einstellen
- 3) Segmentwellenspiel einstellen
- 4) Lenkrad auf Mittelstellung drehen
- 5) Am Lenkgetriebedeckel alle Muttern $\frac{1}{4}$ Umdrehung lösen.
- 6) Zahneingriff einstellen (II)

Durch Drehen der Exzenterhülse (1) bewirkt man ein Heben oder Senken des Segmentes (3), Punkt «A» verschiebt sich. Dreht man im Uhrzeigersinn, so nähert sich das Segment der Schnecke, das Spiel reduziert sich (kein Klemmen).



Figur 20 Einstellvorgang Gemmerlenkung

- 1 Exzenterhülse
- 2 Schnecke
- 3 Segment
- 4 Exzenter schraube

7) Zentrieren des Zahneingriffes

Mit der Exzentrerschraube (4) kann die Segmentwelle (B) seitwärts verschoben werden.

Ist bei Rechtseinschlag zu viel Spiel (III), so wird es durch Drehen der Exzentrerschraube (4) im Uhrzeigersinn reduziert. Ist bei Linkseinschlag zu viel Spiel (IV), so wird es durch Drehen der Exzenter-scheibe (4) im Gegenuhrzeigersinn reduziert. Punkt «B» muss also so zu liegen kommen, dass in beiden Endstellungen gleich viel Spiel vorhanden ist und in Mittelstellung ein spielfreies Laufen ohne Klemmen gewährleistet ist.

8) Getriebedeckelmutter anziehen

9) Einstellung kontrollieren und Schubstange montieren.

7. Lenkhilfe-Vorrichtungen

a. Allgemeines

Die seit etwa 1950 im Laufe der Jahre bei vielen Last- und Personenwagen eingebauten Lenkhilfen unterstützen die menschliche Kraft. Die Hilfskraft selbst wird auf mechanischem, pneumatischem oder weitaus am häufigsten hydraulischem Weg erzeugt.

Die Hauptvorteile der Servolenkung sind:

- trotz kleinerem Kraftaufwand des Fahrers kann das Übersetzungsverhältnis der Lenkung beliebig verkleinert werden
- trotz grösserer Belastung der gelenkten Räder (Frontlenker), breiteren Reifen mit geringem Druck, muss das Übersetzungsverhältnis nicht vergrössert werden, um die Wendigkeit der Fahrzeuge beibehalten zu können
- bei plötzlich auf die Vorderräder einwirkenden, einseitigen Kräften (platzendem Pneu, Rad über die Fahrbahn hinaus usw.) kann der Fahrer das Fahrzeug noch beherrschen
- speziell an militärisch verwendeten Schwerlastwagen im schwierigen Gelände ist das Fahrzeug trotz der normalen Lenkübersetzung, die der betreffenden Fahrgeschwindigkeit angepasst ist, noch leicht zu lenken.

Die wesentlichsten Teile einer hydraulischen Servolenkung sind :

- die Kraftquelle, eine vom Motor angetriebene Hochdruckpumpe
- das Masselement zur Bestimmung der Lenkkräfte nach Grösse und Richtung und damit verbunden die Ventilschieber zur Steuerung des Drucköles
- der Arbeitszylinder mit Kolben, auf den das Drucköl eine Kraft erzeugt, die die Lenkkraft des Fahrers unterstützt
- eine Reaktionseinrichtung, um dem Fahrer das Gefühl für die Strasse, wie bei einer manuellen Lenkung, zu erhalten.

Da die meisten der verschiedenen hydraulischen Servolenkungen, trotz verschiedenem Aufbau und Gliederung der einzelnen Apparate, nach demselben Prinzip arbeiten, wird nachfolgend nur eine Servolenkung in der Funktion beschrieben.

b. Die ZF-Hydro-Spindellenkung (Vgl. Figur V/1 im Anhang)

(Eine stark verbreitete Servolenkung, unter anderem auch auf den Henschel-Lastwagen der Armee.)

Bei dieser Blockkonstruktion sind alle Teile, wie Arbeitskolben, Steuerungseinrichtung und die mechanischen Übertragungsteile, in einem Gehäuse untergebracht, welches zugleich als Zylinder ausgebildet ist.

Das Drucköl liefert die über Keilriemen angetriebene ZF-EATON-Hochdruckpumpe mit einer Förderleistung von 12 Liter pro Minute und einem maximalen Druck von 70 atü (lässt sich bis 100 atü einstellen). Bei Betätigung der Lenkung steigt der Druck jeweils nur so hoch an, wie dies für die Aufbringung der Kolbenkraft nötig ist. Diese entspricht dem Lenkwiderstand der Räder.

Sie ist mit einer hydraulischen Lenkbegrenzung ausgerüstet. Ehe die Radanschlagteile zusammentreffen, schaltet sie die Hilfskraft ab. Es kann dann noch manuell bis zum Anschlag eingelenkt werden.

Das Mengenregulierventil (22), in der Pumpe eingebaut, bewirkt, dass die Lenkung unabhängig von der Motordrehzahl eine gleichbleibende Ölmenge erhält. Dadurch werden Pumpenbelastung und Antriebsleistung reduziert, insbesondere bei hohen Motordrehzahlen.

Wenn bei stehendem Motor ohne hydraulische Unterstützung gelenkt werden muss, so ist der Ölkreislauf zwischen Pumpe und Lenkung unterbunden.

Durch das Kurzschlussventil (18) wird dem Öl ein Weg von einem Zylinder zum andern freigegeben.

Die Leckölleitung (21) bringt das an den Hochdruckdichtungen beidseitig der Segmentwelle austretende Lecköl zum Ölrücklauf. Dadurch kann praktisch kein Lecköl nach aussen gelangen.

Lenkungsspiel nur bei laufendem Motor kontrollieren !

Funktion

1) Neutralstellung der Lenkung

Das Drucköl fliesst in der Mitte des Lenkgehäuses in den Druckraum ein, der durch die Kolbendichtungen (5) begrenzt ist. Das Öl umfließt den Kolben und gelangt durch radiale Bohrungen (8) zu den Steuernuten (7 und 9) im Innern des Kolbens (20). Die Lenkmutter (19) bildet zusammen mit dem Kolbenmittelstück (20) das hydraulische Steuerventil. Durch die Anordnung der vorgespannten Druckfedern zwischen dem Rückwirkungsring (17) und dem Federhaltering (16) wird die Lenkmutter in der neutralen Mittellage gehalten. Die Lenkmutter (19) ist nach beiden Seiten axial so weit verschiebbar (ca. 1 mm), dass eine genügend grosse Ventilüberdeckung erreicht wird. Solange das Ventil in Neutralstellung steht (Ruhestellung des Lenkrades), kann das Öl durch die Steuernuten (7 und 9) und durch verschiedene Bohrungen dem Ölbehälter zufließen. Es kann sich weder links noch rechts des Kolbens (20) ein Druck aufbauen.

2) Stellung bei Rechtsdrehung des Lenkrades: (rechtsgängiges Spindelgewinde)

Beim Drehen des Lenkrades schraubt sich die Lenkschraube (11) in die Lenkmutter (19) ein und muss nun vorerst die Vorspannkraft der Druckfedern überwinden, dabei verschiebt sich die Lenkmutter um ca. 1 mm nach rechts und verstellt das Ventil so, dass der Ölstrom nur nach links fließen kann. Auf der linken Kolbenseite baut sich der Druck auf, schiebt somit den Kolben (20) nach rechts und unterstützt die Kraft des Fahrers. Das Öl auf der rechten Kolbenseite wird verdrängt und fliesst auf dem mit Pfeilen bezeichneten Weg in den Ölbehälter zurück.

3) Stellung bei Linksdrehung des Lenkrades

Beim Drehen des Lenkrades schraubt sich die Lenkschraube (11) aus der Lenkmutter (19) heraus, stößt die Lenkmutter nach links, muss dabei die Vorspannkraft der Druckfedern wieder überwinden und verstellt das Ventil auf die gezeichnete Stellung. Nun baut sich auf der rechten Kolbenseite

ein Druck auf, stösst den Kolben (20) nach links und wirkt dabei wieder als Hilfskraft.

Um dem Fahrer das Gefühl für die Strasse wie bei einer manuellen Lenkung zu erhalten, sind solche Servolenkungen noch mit einer zusätzlichen (zur Unterstützung der Druckfedern) hydraulischen Rückwirkung ausgerüstet. Wie die Abbildung zeigt, steht der ringförmige Zylinder, in dem die Druckfedern liegen, dauernd unter dem Arbeitsdruck, wie er auf den Kolben (20) wirkt. Die Kraft, die am Lenkrad zum Verschieben der Lenkmutter (19) aufzubringen ist, hängt somit von der Vorspannkraft der Druckfedern und von der Höhe des Arbeitsdruckes ab. Da dieser wiederum von den Kräften bestimmt wird, die zum Lenken notwendig sind, spürt der Fahrer am Lenkrad einen Widerstand, der zwar stark vermindert, jedoch stets proportional zu den tatsächlichen Lenkräften ist. Von den Vorderrädern kommende starke Schläge (platzender Pneu, Abkommen von der Fahrbahn usw.) überwinden bei festgehaltenem Lenkrad den Federdruck, verstellen damit das Ventil und leiten so die hydraulische Gegenkraft von der entsprechenden Zylinderseite her ein.

VI. Räder und Bereifung

Es gibt Scheiben- und Speichenräder. Bei den Personenwagen ist normalerweise Rad und Felge ein Stück und wird allgemein als *Felge* bezeichnet.

Bei den aus Stahlguss, Temperguss oder Leichtmetallguss hergestellten Lastwagen-Speichenrädern werden in der Regel Speichen und Nabe in einem Stück gegossen und als *Radkörper* oder *Radstern* bezeichnet, der dann mit einer abnehmbaren Felge ausgerüstet wird.

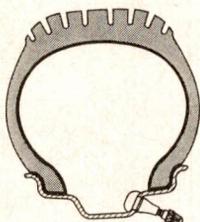
1. Radfelgen

Es gibt feste (Pw) und abnehmbare, ein- und mehrteilige, quer- und längsgeteilte Felgen mit offenem oder geschlossenem Ring.

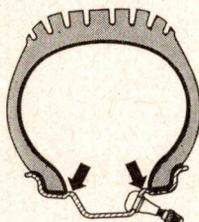
a. Ausführungsarten

Auf Grund der Profile unterscheidet man:

- **Tiefbettfelgen:** Die Bettvertiefung ist am ganzen Umfang gleichmässig.
- **Tiefbettfelge als Sicherheitsfelge** gebaut.



Figur 21 Normale Tiefbettfelge



Figur 22 Sicherheits-Tiefbettfelge

Die Erhöhung auf der Felgenschulter verhindert, dass der Reifenwulst bei extrem hoher seitlicher Beanspruchung oder grossem Luftverlust von der Schulter in das Tiefbett abgedrückt wird. Bei der Reifendemontage ist dies zu beachten, da zum Abdrücken des Reifens bedeutend grössere Kräfte erforderlich sind. Zur Montage nach Möglichkeit Montagecreme verwenden.

- **Halbtiefbettfelgen:** Das Bett ist an der dem Ventil gegenüberliegenden Seite am tiefsten.

Demontage: gegenüber dem Ventil den Pneu in das Bett eindrücken und mit der Demontage beim Ventil beginnen.

Montage: durch Einlegen des Reifens *gegenüber dem Ventil* beginnen.

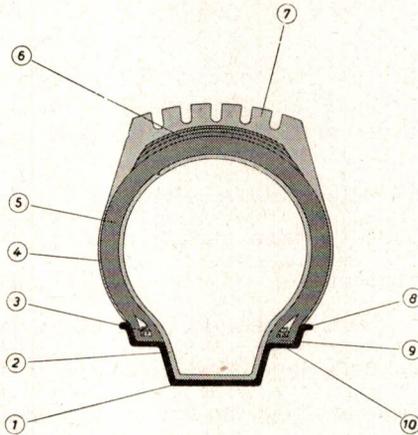
- **Steilschulter-Tiefbettfelgen:** Für schlauchlose Pneu bei Lastwagen.
- **Schrägschulterfelgen:** Bei Lastwagenfelgen vorherrschend, erleichtert die Pnuedemontage. Angewendet bei verschiedenen Felgenarten.
- **Flachbettfelgen:** Bei seitlich längsgeteilten Felgen mit offenem oder geschlossenem Ring; dreimal quergeteilte Trilex-Felgen und mittlen längsgeteilten Felgen mit abschraubbarem Ring.

b. Hinweise für Rad- und Pneuwechsel

- Beim Radwechsel auf Strassen mit Gefälle:
 - 1) Fahrzeug immer mit Keil, Handbremse *und* kleinem Gang sichern.
 - 2) Radmuttern vor dem Heben des Fahrzeuges *etwas lösen*.
 - 3) Reserverad vor dem Heben des Fahrzeuges bereitstellen.
 - 4) Bei gehobenem Fahrzeug Rad nur soweit anziehen, dass es richtig zentriert ist.
 - 5) Fertig anziehen erst, wenn Fahrzeug auf dem Boden steht, indem alle Muttern allmählich, in mehreren Umgängen der Reihe nach, rundum festgezogen werden. Beim Trilex-Rad sind die Muttern *nie übers Kreuz* anzuziehen.
 - 6) Nach der ersten Fahrt sind die Radmuttern der Reihe nach rundum nachzuziehen.
- Ausgebaute Felgen auf Beschädigungen kontrollieren. Wenn nötig entrostet und mit Schutzfarbe anstreichen.
- Radfelgen dürfen nur bei völlig entleerter Bereifung geöffnet werden.
- Bei Trilex-Rädern können festsitzende Klemmschuhe mit Hilfe des Öffnungshebels durch Ansetzen an der seitlichen Nase des Klemmschuhes abgedrückt werden.
- Klemmringe können mit Hilfe des Abziehhakens und des Radmutter-schlüssels durch Hebelwirkung beim Aufliegen auf den Felgenrand gelöst werden.
- Bei Montage sind Radmuttergewinde etwas zu ölen.
- Bei der Montage des Reifens auf die Felge ist auf die Kennlinie am Reifen zu achten. Überall gleicher Abstand vom Felgenhorn!
- Luftdruck nur im kalten Zustand messen, bei warmem Pneu ca. 0,3 atü hinzurechnen.

2. Bereifung

a. Aufbau des Reifens:



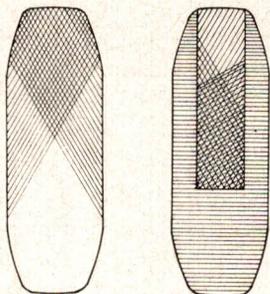
Figur 23 Aufbau des Reifens

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1 Tiefbettfelge | 6 Zwischenlage |
| 2 Luftschlauch | 7 Lauffläche (Protektor) |
| 3 Drahtseileinlage | 8 Felgenhorn |
| 4 Seitengummi | 9 Wulst |
| 5 Gewebeeinlagen (Ply) | 10 Felgenschulter |

Ply Rating oder Gewebefestigkeit (5) ist ein internationales Kennzeichen für die Belastbarkeit der Karkasse. Die Abkürzung ist PR, und die angegebene Zahl muss nicht immer mit der tatsächlichen Anzahl von Einlagen übereinstimmen, da die Norm auf Baumwoll-Kordon (Faden) basiert und Korde aus Rayon, Polyester, Nylon, Stahl usw. höhere Festigkeiten besitzen.

Die Bezeichnung **Multy-Ply** bedeutet, dass es sich bei diesem Reifen um den mit der grössten Tragkraft (in seiner Dimension) handelt. Die Anzahl der Gewebeeinlagen spielt dabei keine Rolle.

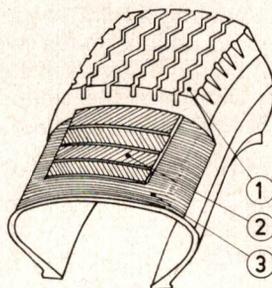
Heavy-Duty (HD) ist die Bezeichnung für einen Reifen mit verstärkten Leinwandschichten. Ein Reifen eines Personenwagens besitzt 2–6 Ply, ein Lastwagenreifen 6–18 Ply.



Figur 24

Diagonal- oder Normalreifen

Kordlagen aufgebaut unter bestimmten Winkeln und diagonal gekreuzt.



Figur 25

Radial- oder Gürtelreifen

Stahl oder Textilkordlagen (3) sind quer von Wulst zu Wulst, also radial angeordnet. Zwischen Karkasse und Lauffläche (1) liegt ein praktisch undehnbarer Gürtel (2) aus mehreren Kordlagen (Stahl oder Textil).

b. Reifen-Querschnitte:

Neben dem Reifen-Aufbau hat der Querschnitt den grössten Einfluss auf die Reifeneigenschaften. Auf Grund der verschiedenen Höhe/Breite-Verhältnisse werden bei den Personewagen 4 und bei den Lastwagen 3 Reifengruppen unterschieden.

Personenwagen-Reifen:

– **Ballon-Reifen:** Höhe/Breite ca. 1 : 1

Die älteste heute noch teilweise verwendete Gruppe. Die Bezeichnung der Reifenbreite hat immer zwei Dezimalen und ist von $\frac{1}{4}$ Zoll zu $\frac{1}{4}$ Zoll abgestuft wie .00 .25 .50 .75, z. B. 6.50–15.

– **Super-Ballon-Reifen:** Höhe/Breite ca. 0,95 : 1

Verbesserte Fahreigenschaften durch breitere Reifen und Felgen. Die Bezeichnung der Reifenbreite ist ebenfalls mit zwei Dezimalen aber in $\frac{1}{10}$ Zoll abgestuft, ohne die Zahlen der Ballon-Reifen zu verwenden wie .10 .20 .40 .60 .70 .80 .90, z. B. 6.40–15.

– **Niederquerschnitt-Reifen:** (Low-Section) Höhe/Breite ca. 0,88 : 1

Eine weitere Reifenbreite erhöht speziell die Seitenführungskräfte bei Schräglauf in der Kurve.

Die Bezeichnung erfolgt wieder mit den gleichen Dezimalen wie bei den auslaufenden Ballon-Reifen (werden nicht mehr fabriziert). Wo betreffende Bezeichnung eine Verwechslung mit dem Ballon-Reifen möglich wäre, wird der Dimensionsbezeichnung der Buchstabe «L» beigegeben, z. B. 6.00–15 L. Zu dieser Gruppe gehören auch die

– **Millimeter- und Gürtel-Reifen:** Höhe/Breite ca. 0,83–0,88 : 1
Ursprünglich wurde hier die Reifenbreite und der Felgendurchmesser in Millimeter angegeben, z. B. 165 × 380. Heute wird der Felgen-Durchmesser meistens in Zoll angegeben, z. B. 165–15.

– **Super-Niederquerschnitts-Reifen:** Höhe/Breite ca. 0,72–0,75 : 1
Durch nochmalige Verbreiterung nochmals gesteigerter Fahrkomfort! Die Bezeichnung wird entweder nur noch mit einer Dezimale, z. B. 6.2–12, oder mit zwei Dezimalen, wobei aber die letzte Zahl immer eine 5 ist, z. B. 6.15; 7.25; .35 .45 .55 .65 .75 .85 und .95 angegeben.

Lastwagen-Reifen:

– **Hochdruckreifen:** Höhe/Breite ca. 1 : 1

Diese ältere Reifengruppe wird wegen des kleineren Luftvolumens und kleinerer Tragkraft immer mehr durch neue ersetzt.

Bezeichnung z. B. 32-6 oder 40-8, wobei die erstere Zahl den Aussen-durchmesser und die zweite die Reifenbreite je in Zoll angibt.

– **Ballon-Reifen:**

Breitere Reifen, grösseres Luftvolumen mit höherer Tragkraft und geringerem Druck. Bezeichnung wie bei den Ballon-Reifen von Personenwagen z. B. 9.00–20 oder 11.00–24.

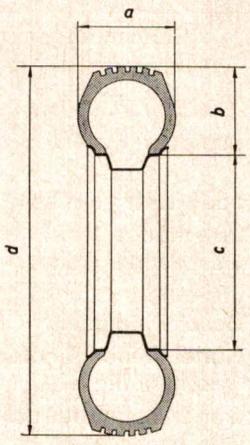
– **Breit- oder Duplex-Reifen** (schlauchlos):

Diese sehr breite und grossvolumige Reifen-Gruppe wird immer mehr auf Lastwagen montiert und verdrängt ebenso auch die Zwillingräder auf den Hinterachsen. Die Vorteile bestehen im kleineren Rollwiderstand, in der kleineren Anzahl Teile, den günstigeren Federeigenschaften, der besseren Traktion, der Reduktion des toten Achsgewichtes (bis zu 150 kg) und der dadurch etwas höheren Nutzlast usw. Für die Demontage und Montage dieser Pneu mit der Breit-Felge werden Spezial-Pneuheber, Klammern, Pneu-Montangepaste und ein Unterstellbock benötigt (Merkblatt der Pneu-Firma).

Bei der genormten Dimensions-Bezeichnung, z. B. 10–16,5, bedeutet die erste Zahl die Pneubreite in Zoll, die zweite den Felgendurchmesser in Zoll, wobei es aber nur halbe Zollbezeichnungen gibt, z. B. 16,5; 17,5; 19,5; 22,5.

c. Reifen-Bezeichnungen:

Die angegebenen Masse gelten für den aufgepumpten, unbelasteten Zustand und sind nicht genau.



Figur 26 Reifenmasse
 a = Reifenbreite
 b = Reifenhöhe
 c = Nenndurchmesser der Radfelge
 d = Reifendurchmesser

Reifenmasse

<i>Reifenbreite</i> a in:	<i>Felgendurchmesser</i> in:	<i>Beispiele der</i> <i>Bezeichnung</i>	<i>Reifen-Gruppe</i>
Zoll	Zoll	5.25-15	alte Ballon- und neue Niederquerschnitts-Reifen
Zoll	Zoll	6.00-15 L	Niederquerschnitts-Reifen im Überschneidungsfall
Zoll	Zoll	5.60-15	Super-Ballon
Zoll	Zoll	5.60-15 Tubl	Super-Ballon, schlauchlos
mm	mm	165x400	Millimeter-Reifen
mm	Zoll	155-15	speziell Radial-Reifen
cm	mm	17-400	seltener Bezeichnung
Zoll	Zoll	6.2-12	} Super-Niederquerschnitts-Reifen
Zoll	Zoll	6.15/155-13	
Zoll	Zoll	12.00-20	Ballon für Lastwagen
Zoll	Zoll	14-17,5	Breit- oder Duplex-Reifen
Zoll	Zoll	40-8	Hochdruck-Reifen für Lastwagen (immer seltener verwendet)
mm	mm	260-85	Spezial-Reifen für Industriefahrzeuge

<i>Kurzzeichen zwischen der Dimensions-Bezeichnung</i>	<i>Reifen wird verwendet für</i>	Bemerkungen
–	Normale Diagonal-Reifen	Standard-Reifen
R	Radial-Reifen	oder Gürtel-Reifen
S	Speed-Reifen (Sport)	für erhöhte Geschwindigkeit
H	High-Speed-Reifen	für hohe Geschwindigkeit
SR	Speed-Radial-Reifen	Gürtel-Reifen für erhöhte Geschwindigkeit
HR	High-Speed-Radial	Gürtel-Reifen für hohe Geschwindigkeit
VR	Very-High-Speed-Radial	Gürtel-Reifen für sehr hohe Geschwindigkeiten
<i>Kennzeichen nach der Dimensions-Bezeichnung</i>	<i>Reifen wird verwendet für</i>	Bemerkungen
AM (Ackermaschinen)	Landmaschinen	Arbeitsmaschinen, -geräte
AS (Ackerschlepper)	Landwirtschafts-traktoren	Traktor-Hinterrad, Einachs-Traktoren, Motormäher usw.
AS Front	Traktoren-Vorderräder	
AW (Ackerwagen)	Landwirtschaftliche Fuhrwerke	max. Geschwindigkeit 20 km/h
EM	Erdbewegungsmaschinen	Bagger, Bulldozer usw.
MS	Matsch, Schnee	Winterreifen
M + SE (Spikes)	Matsch, Schnee und Eis	Winterreifen
Tub oder tbl	Tubless	Schlauchlose Reifen
PR, p.r. ply	Ply-Rating	Anzahl der Gewebeschichten
Nylon Ny	Nylon-Kordon	Kordfäden aus Nylon
L	Low-Section	Niederquerschnittsreifen

Bezeichnungs-Beispiele:

<i>Bezeichnung</i>	<i>Reifen-Typ und Höchstgeschwindigkeit in km/h</i>
5.00-15	Standard-Reifen bis 150
5.60-14 tbs	Super-Ballon, schlauchlos bis 150
6.40 S 13	Super-Ballon-Reifen bis 175
6.40 H 15	Super-Ballon-Reifen über 175
155 SR 15	Niederquerschnitts-Reifen, Gürtel bis 180
165 HR 15	Niederquerschnitts-Reifen, Gürtel bis 210
205 VR 15	Niederquerschnitts-Reifen, Gürtel über 210
6.9 S 13	Super-Niederquerschnitts-Reifen bis 175
7.35 H 14	Super-Niederquerschnitts-Reifen über 175
8.25 R 16	Ballon-Reifen, Gürtel für Lastwagen
5.50-16 AS Front	Ballon-Reifen, Traktor-Vorderrad
13-24 AS	Traktor Hinterrad mit 24"-Felge

d. Höchstgeschwindigkeiten für allgemeine Personenwagen-Reifen in km/h.

<i>Reifentyp</i>	<i>Höchstgeschwindigkeiten in km/h</i>		
	10"-Felge	12"-Felge	ab 13"-Felge
Standard-Reifen	120	135	150
M&S- u. M&SE-Reifen	100	115	130
S-Reifen	150	160	175
H-Reifen	—	—	über 175
R-Reifen	130	145	160
R-M&S- und M&SE-Reifen	110	125	140
SR-Reifen	150	160	180
SR-M&S- und M&SE-Reifen	130	140	160
HR-Reifen	—	—	210
VR-Reifen			über 210

F

e. Reifendruck

Bei vorwiegenden Fahrten auf Autobahnen soll der Luftdruck um 0,2 atü (bei HR-Reifen um 0,6 atü) erhöht werden.

Alle M&S-Reifen sollen grundsätzlich mit einem um 0,2 atü erhöhten Luftdruck gefahren werden. Dafür entfällt die Erhöhung bei Autobahnfahrten.

Wird der Luftdruck unmittelbar nach längerer Fahrt am warmen Reifen gemessen, gilt der Normalluftdruck (laut Tabelle) mit einem Zuschlag von 0,3 atü.

f. Besondere Hinweise für Motorfahrzeuge

Bei *Reifen mit Spikes* sind starke Beschleunigungen und Vollbremsungen auf Gefahrenfälle zu beschränken. Spikes-Reifen sollen immer auf allen vier Rädern montiert werden. Es wird empfohlen, neue Spikes-Reifen etwa 300 km mit mässiger Geschwindigkeit einzufahren und die Laufrichtung der Reifen bei Ummontage immer beizubehalten. Eine Markierung der Laufrichtung am Reifen ist zweckmässig.

Gürtel-Reifen sollen nach Möglichkeit an allen vier Rädern montiert werden. Wenn nur zwei Radial-Reifen zur Verfügung stehen, sollen diese unbeachtet der Triebräder auf die Hinterachse montiert werden.

Bei einem *Rundschulterpneu* ist die Profilierung seitwärts stark heruntergezogen und verbessert die Haftung beim Kurvenfahren.

Die Alterung des Gummis tritt auch bei den Reifen ein. Einerseits durch die Ermüdung des Materials, andererseits durch die zahlreichen Wechselbelastungen sowie durch Wärme und Oxydation (chemischer Angriff durch Luftsauerstoff).

Intensive Sonnenbestrahlung macht den Gummi brüchig und sollte möglichst vermieden werden.

Bremsen

Inhaltsverzeichnis	Seite
I. Allgemeines	1
1. Gesetzliche Vorschriften	1
2. Verzögerung	1
3. Bremsarten	2
4. Betätigung der Reibungsbremse	3
5. Bremsorgane der Reibungsbremse	3
6. Reibpaarung	5
7. Generelle Voraussetzungen für eine gute Bremswirkung bei Reibungsbremsen	5
II. Mechanisch betätigte Bremsen	7
1. Voraussetzungen für einwandfreie Betätigung	7
2. Bremseinstellung	7
3. Anordnung der Bremsbacken	8
III. Hydraulisch betätigte Bremsen	9
1. Trommelbremsen	9
a. Voraussetzung für einwandfreie Betätigung	9
b. Bremseinstellung	9
c. Anordnung der Bremsbacken	10
d. Hauptbremszylinder	11
e. Radbremszylinder	14
2. Scheibenbremsen	15
a. Allgemeines	15
b. Aufbau und Arbeitsweise	15
c. Unterhaltsarbeiten	16
IV. Kombinierte Bremsanlagen ohne Anhängerbremsen	18
1. Hydraulische Betätigung mit Unterdruckhilfe	18
Hydrovac-Unterdruckbremse	18
a. Aufbau	18
b. Verwendung	18
c. Arbeitsweise	18
d. Kontrolle der Bremsanlage	19
2. Hydraulische Betätigung mit Drucklufthilfe	22
Kombinierte Bremsanlage Beka 850.220 und Westinghouse AS 100	22
a. Hydraulische Anlage	22
b. Aufladen	22
c. Bremsen	24
V. Mit Druckluft betätigte Bremsen	26
Allgemeines	26

	Seite
Bremsapparate des Zugwagens	26
1. Druckregler	26
a. Druckregler Westinghouse A 225	26
b. Druckregler Westinghouse A 293 a	28
c. Druckregler Beka RP 50	30
d. Druckregler Beka RP 64	32
2. Frostschutzapparate	34
a. Aufgabe	34
b. Frostschutzapparat Beka AG 54	34
c. Frostschutzapparat Westinghouse A 339.03 B (alte Ausführung)	34
d. Frostschutzapparat Westinghouse A 339.05 (neue Ausführung)	34
e. Nachfüllen von Frostschutz	34
3. Druckreduzierventile	36
a. Aufgabe	36
b. Druckreduzierventil Beka SRS 27-2	36
c. Druckreduzierventil Westinghouse A 316	36
d. Regulierung der Druckreduzierventile	36
4. Drucksicherungsventile	38
a. Aufgabe	38
b. Arbeitsweise	38
5. Überströmventile	40
a. Aufgabe	40
b. Arbeitsweise	40
6. Führerbremssventile	42
a. Führerbremssventil Westinghouse A 319	42
b. Führerbremssventile Westinghouse A 233 und Beka SD 51	44
c. Führerbremssventil Westinghouse A 131	46
d. Trittplatten-Führerbremssventil Westinghouse A 323	48
e. Trittplatten-Führerbremssventil Beka SD 53	50
7. Zweikreis-Trittplatten-Führerbremssventile	52
a. Allgemeines	52
b. Zweikreis-Trittplatten-Führerbremssventil Westinghouse A 359	52
c. Zweikreis-Trittplatten-Führerbremssventil Beka SD 62	54
8. Handbremsverstärker	56
a. Allgemeines	56
b. Handbremsverstärker Westinghouse 6 Hv	56
c. Handbremsverstärker Beka SAF 57	58
9. Sperrventile	60
a. Aufgabe	60
b. Sperrventil Beka SB 56-1	60
c. Sperrventil Westinghouse A 354	60

	Seite
10. Einbauzusammenstellung der Handbremsverstärker mit Sperrventilen	62
a. Allgemeines	62
b. Handbremsverstärkeranlage Beka	62
c. Handbremsverstärkeranlage Westinghouse	62
11. Anhängersteuerventile	64
a. Anhängersteuerventile Westinghouse A 256 und A 296	64
b. Anhängersteuerventil Westinghouse A 333	66
c. Anhängersteuerventil Beka SAC 50	68
d. Anhängersteuerventil Beka S 36-C	70
e. Anhängersteuerventil Beka S 53	72
12. Voreilventile	74
a. Voreilventil Beka SP 7	74
13. Umstellhahn	76
a. Umstellhahn Beka RID 50	76
b. Westinghouse A 270	76
Bremsapparate des Anhängers	78
1. Anhängerbremsventile	78
a. Anhängerbremsventil Westinghouse A 258 c	78
b. Anhängerbremsventil Westinghouse A 320 kombiniert mit Bremskraftregler	80
c. Anhängerbremsventil Beka S 36-R	84
d. Anhängerbremsventil Beka SAR 53 mit Bremskraftregler	85
2. Bremskraftregler	88
a. Bremskraftregler Westinghouse A 292 a	88
b. Bremskraftregler Beka RF 1	90
3. Drucksicherungs- und Überströmventil	92
a. Aufgabe	92
b. Arbeitsweise	92
VI. Bremsanlagen für Anhängerzüge	95
1. Kombinierte Zugwagenbremse mit indirekter Einleiter-Anhängerbremse	95
2. Kombinierte Zugwagenbremse mit Zweileiter-Anhängerbremse	97
3. Reine Zweikreis-Druckluft-Zugwagenbremse mit Zweileiter-Anhängerbremse	98
4. Kombinierte Bremsanlage Beka 850.209 mit indirekter Einleiter-Anhängerbremse (FBW)	99
5. Kombinierte Bremsanlage Westinghouse AS 486 mit indirekter Einleiter-Anhängerbremse (Saurer)	101
6. Reine Druckluft-Bremsanlage Westinghouse AS 772.01 Zweikreis-Zweileiter-System	103
7. Reine Druckluft-Bremsanlage Beka 850.320, Zweikreis-Zweileiter-System	105
VII. Staudruck-Motorbremsen	109
VIII. Tetrax-Anhängerbremse (Infanterie-Gepäckanhänger)	110

Bremsen

I. Allgemeines

1. Gesetzliche Vorschriften

Die Motorfahrzeugbremse ist gesetzlichen Vorschriften (SVG) unterworfen. Die Motorwagen müssen ausgerüstet sein mit je einer:

- Betriebsbremse (Fussbremse), die abstufbar auf alle Räder wirken muss.
- Hilfsbremse (Handbremse), die abstufbar auf mindestens zwei Räder einer Achse wirken muss.
- Stellbremse (Handbremse), die ein Wegrollen des vollbeladenen Fahrzeuges in Steigung und Gefällen bis 15% verhindern muss und mechanisch genügend gesichert ist («dass sie sich nicht zufällig lösen kann»). Die Stellbremse kann mit der Hilfs- oder Betriebsbremse kombiniert sein.

Zusätzlich für Traktoren und Sattelschlepper mit einem Gesamtgewicht von über 3500 kg und schweren Motorwagen mit mehr als 8000 kg eine:

- Dauerbremse, eine Bremse ohne Abnutzung, z. B.:
 - Staudruck-Motorbremsen
 - Hydraulische Wirbelbremsen
 - Elektrische Widerstandsbremsen

Die Wirkung der Bremsen ist durch Verzögerungswerte vorgeschrieben, siehe Tabelle im Anhang.

2. Verzögerung

Die Verzögerung wird angegeben in m/sek^2 oder in %, wobei eine Verzögerung von 100% einer solchen von $9,81 \text{ m}/\text{sek}^2$ entspricht (Erdbeschleunigung). Normalerweise wird die Verzögerung mit einem Bremsprüfer oder Verzögerungsmesser gemessen. Ohne denselben kann sie ungefähr auch nach folgender Formel festgestellt werden:

$$\text{Mittlere Verzögerung in } \text{m}/\text{sek}^2 = \frac{\text{Geschwindigkeit in } \text{m}/\text{sek}}{\text{Bremszeit in sek}}$$

Ein Beispiel:

Geschwindigkeit des Fahrzeuges =

$$36 \text{ km}/\text{Std} = \frac{36 \cdot 1000 \text{ m}}{3600 \text{ sek}} = \frac{36000 \text{ m}}{3600 \text{ sek}} = 10 \text{ m}/\text{sek}$$

Bremszeit mit Stoppuhr gemessen (ohne Reaktionszeit!) = 2 Sekunden

$$\text{Mittlere Verzögerung} = \frac{10 \text{ m}/\text{sek}}{2 \text{ sek}} = 5 \text{ m}/\text{sek}^2$$

Was heisst Verzögerung $5,0 \text{ m/sek}^2$?

Allgemein: Verzögerung (oder auch Beschleunigung) heisst Geschwindigkeitsabnahme (-zunahme) pro Zeiteinheit. Eine Verzögerung von $5,0 \text{ m/sek}^2$ (sprich: 5 Meter pro Sekunde im Quadrat) heisst, das Fahrzeug vermindert seine Geschwindigkeit in jeder Sekunde um 5 m.

<i>Geschwindigkeit</i>	<i>Abnahme der Geschwindigkeit pro Sekunde</i>
Zu Beginn der Bremsung 72 km/h = 20 m/sek	
nach 1 Sekunde Bremsung 54 km/h = 15 m/sek	5 m/sek
nach 2 Sekunden Bremsung 36 km/h = 10 m/sek	5 m/sek
nach 3 Sekunden Bremsung 18 km/h = 5 m/sek	5 m/sek
nach 4 Sekunden Bremsung 0 km/h = 0 m/sek	5 m/sek

Die Geschwindigkeitsabnahme beträgt also in jeder Sekunde 5 m/sek, und die Verzögerung beträgt somit 5 m/sek^2 .

3. Bremsarten

Bei den Motorfahrzeugbremsen werden folgende Bremsarten unterschieden:

a. Reibungsbremsen:

Hauptbremse der Fahrzeuge, ausgeführt als Trommel- oder Scheibenbremsen.

b. Dauerbremsen:

Bremsen, die ohne Abnutzung arbeiten und die Reibungsbremsen schonen. Diese können ausgeführt sein als:

- Staudruck-Motorbremsen (starker Lärm!). Die Betätigung kann erfolgen durch:
 - die Auspuffbremsklappe,
 - die Verstellung der Nockenwelle.
- Elektrische Wirbelstrombremse (teuer, voluminös, aber kein Lärm. Eingebaut zwischen Kardanwelle oder hinter Achsantrieb). Sie wird betätigt durch einen kleinen, abstufbaren Handschalter, der die Stromstärke zur Erregung der Elektromagnete und somit die Bremswirkung dosiert.
- Wasserwirbelbremse (teuer, einige Wasserleitungen zum Motoren-Kühler, kein Lärm. Eingebaut zwischen der Kardanwelle). Sie wird mit einem regulierbaren Schieber betätigt, der die in die Bremse einströmende Wassermenge und damit die Bremswirkung regelt.

4. Betätigung der Reibungsbremse

Die Reibungsbremse kann durch folgende Systeme betätigt werden:

- a. Mechanisch
(Gestänge, Kabelzug), besonders für Motorräder
- b. Hydraulisch
besonders für leichte Motorfahrzeuge
- c. Pneumatisch
(Druckluft, Unterdruck, auch in Kombination mit mechanischer und hydraulischer Übertragung), besonders für schwere Motorfahrzeuge.
- d. Elektromagnetisch

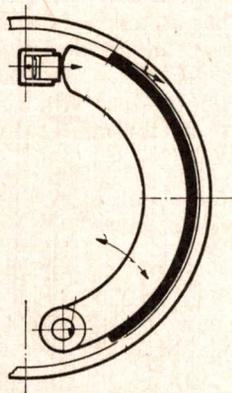
5. Bremsorgane der Reibungsbremse

Das eigentliche Bremsorgan kann ausgebildet werden als

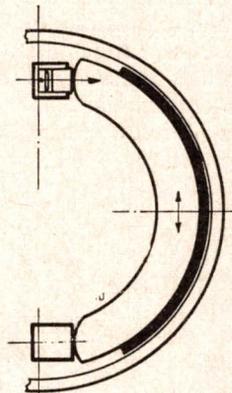
- a. Bremsbacke oder Bremsband auf Trommeln
 - b. Bremssegment oder zylindrische Belagscheiben auf Brems scheiben.
- Durch spezielle Anordnung der Bremsbacken kann beim Bremsvorgang eine verstärkende Bremswirkung erzielt werden.

Bei den Bremsbacken unterscheidet man grundsätzlich:

- *Feste Backen*, der Drehpunkt oder der Ankerbolzen ist fest, sie können sich dadurch nur in einer Richtung bewegen (Figur 1).
- *Schwimmende Backen* können sich in zwei Richtungen bewegen, da sie an beweglichen Laschen abgestützt sind (Gliederbacken) oder auf dem Abstützpunkt gleiten können (Figur 2). Sie werden auch als selbstzentrierende Backen bezeichnet, bei denen die ganze Bremsbelagfläche zum Tragen kommt (Vollbremse) und daher bessere Bremswirkung erreichen.



Figur 1
Backe mit festem Drehpunkt



Figur 2
Gleitende, selbstzentrierende Backe

Bei den Zweibackensbremsen werden grundsätzlich drei Anordnungen unterschieden:

– Simplex-Bremse

Jede Bremsbacke ist für sich abgestützt (fest oder gleitend). Sie haben eine gemeinsame Betätigung (hydraulisch oder mechanisch). Dies ergibt *eine* auflaufende (primäre) und eine ablaufende (sekundäre) Backe.

Da die auflaufende oder Primärbacke infolge ihrer selbstverstärkenden Bremswirkung grösseren Verschleiss aufweist als die ablaufende, wird dem ungleichen Verschleiss wie folgt begegnet:

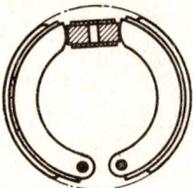
- ungleiche Bremsfläche der einzelnen Backen (Primär = grössere)
- in der Qualität verschiedene Bremsbeläge. Da der Unterschied von Auge nicht festgestellt werden kann, sollte man aus diesem Grunde Primär- und Sekundärbacken nicht verwechseln.
- mit Stufen-Radbremsszylinder, wobei der kleinere Kolbendurchmesser auf die Primärbacke wirken muss.

– Duplex-Bremse

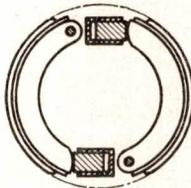
Beide Bremsbacken haben je einen Radbremszylinder und sind so abgestützt, dass bei Vorwärtsfahrt beide auflaufend sind. Es ergeben sich also *zwei*, die Selbstverstärkung ausnützende Primärbacken, was die Bremswirkung wesentlich steigert. Da beim Rückwärtsfahren beide ablaufend sind und somit eine schlechte Bremswirkung resultiert, werden üblicherweise nur die Vorderachsen mit Duplex- und Hinterachsen mit Simplex-Bremsen ausgerüstet.

– Servo-Bremsen

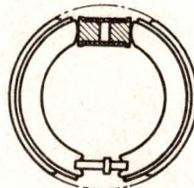
Die für beide Bremsbacken gemeinsame Betätigung (hydraulisch oder mechanisch) ist zugleich die Backenabstützung. Die andern Backenenden sind schwimmend miteinander verbunden, d. h. die auflaufende ist auf der ablaufenden Backe abgestützt. Dadurch wird die ablaufende Backe mit einer wesentlich grösseren Kraft angepresst. Weil diese Servokraft in Vorwärts- und Rückwärtsfahrt (also in zwei Richtungen) wirkt, spricht man von Duo-Servobremsen. Auch hier sollten die Bremsbacken nicht verwechselt werden!



Figur 3
Simplex-Bremse mit
zwei Ankerbolzen



Figur 4
Duplex-Bremse mit
fester Backenabstützung



Figur 5
Duo-Servobremse mit
gleitenden Backen

6. Reibpaarung

Die Bremswirkung wird dadurch erzielt, dass zwei geeignete Werkstoffe aufeinander reiben. Es sind dies heute meist die Bremstrommel (Stahlguss, oft in Leichtmetalltrommel eingegossen, Alfin-Prozess) und der Reib- oder Bremsbelag.

Die Zusammensetzung des für einen bestimmten Zweck am besten geeigneten Bremsbelages kann nur durch lange Versuche festgelegt werden. Bremsbeläge sind heute als Werkstoffe mit vorausbestimmten Eigenschaften anzusehen. Sie enthalten zahlreiche Materialien (Fabrikationsgeheimnisse).

Man unterscheidet:

- gewobene Beläge (langfaseriger Asbest)
- formgepresste Beläge (gegossen!)
- gesinterte Beläge (Metallpulver)

Anforderungen an den Bremsbelag

- Möglichst geringe Veränderung der Bremswirkung bei steigender Belagtemperatur
- Unempfindlichkeit gegenüber Feuchtigkeit und Schmutz
- Hohe Lebensdauer
- Geringe Einwirkung auf den Bremstrommel-Werkstoff
- Gute Bremswirkung bei normalem Anpressdruck und üblicher Übersetzung zwischen Bremspedal und Bremsbacken.

7. Generelle Voraussetzungen für eine gute Bremswirkung bei Reibungsbremsen

- Einwandfreie Radführung, richtiges Radlagerspiel
- Die Lenkungsgeometrie muss nach Fabrikvorschrift eingestellt sein
- Spiel der Radaufhängung und -federung (Feder- und Zentralbolzen usw.) nach Vorschrift.
- Die Stossdämpfer müssen in Ordnung sein.
- Richtig montierte Bereifung, beidseitig gleich gutes Profil, Pneudruck nach Fabrikvorschrift
- Ausgewuchtete und rund laufende Bremstrommeln, Wandstärke nicht unter Fabrikvorschrift.
- Die Bremsflächen müssen plan und zylindrisch sein.

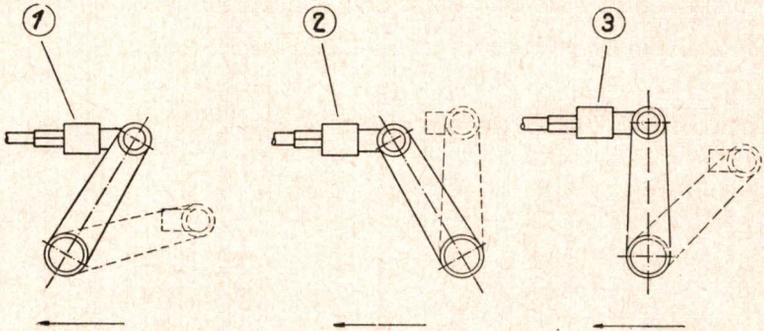
G

- Bremsstrommelfläche und Bremsbelag dürfen nicht verölt sein (Abdichtung kontrollieren)
- Bremsbelags-Art nach Fabrikvorschrift verwenden.
- Die Bremsbacken dürfen nicht deformiert und müssen einwandfrei geführt sein.
- Guter Zustand und richtige Montage der Rückzugfedern.

II. Mechanisch betätigte Bremsen

1. Voraussetzungen für einwandfreie Betätigung

- Spiel von Bremsnocken, Bremshebel und Gestänge nach Vorschrift, kein Klemmen
- Die Kabelzüge müssen einwandfrei sein und leicht in ihren Schutzhüllen laufen.
- Richtige Stellung der Bremshebel.



Figur 6 Bremshebelstellungen: 1 und 2 falsche Stellungen, 3 richtige Stellung

2. Bremseinstellung

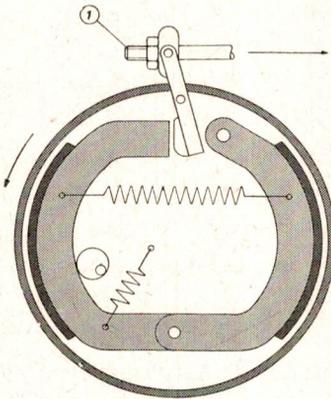
a. Grundeinstellung

- Bremsgestänge oder Kabel am nachstellbaren Ende aushängen
- Bremsbacken kontrollieren und richtig montieren. Primär- und Sekundärbacken nicht verwechseln (zeichnen).
- Bremsbacken mit Exzenter und Einstellschrauben nach der Bremsstrommel zentrieren (Drehrichtung beachten).
- Radlagerfett nachfüllen.
- Bremstrommeln montieren.
- Die Bremswelle muss an ihrem Anschlag anliegen.
- Bremsgestänge oder Kabel einhängen und einstellen (kein toter Weg).
- Kontrolle, ob die Räder frei drehen.
- Bremskontrolle auf der Strasse und Feineinstellung.
- Akustische Nachkontrolle, ob die Räder frei drehen.

b. Nachstellung

- Bremsstrommel vorne rechts, bei Vorderradantrieb hinten rechts demonstrieren und Bremsbelag kontrollieren.
- Bremsbacken nachstellen, normalerweise nur an Exzenter und Einstellschraube.
- Kontrolle auf gleichmässige Bremswirkung bei allen Rädern.
- Kontrolle, ob die Räder frei drehen
- Bremskontrolle auf der Strasse und Feineinstellung.
- Akustische Nachkontrolle, ob die Räder frei drehen.

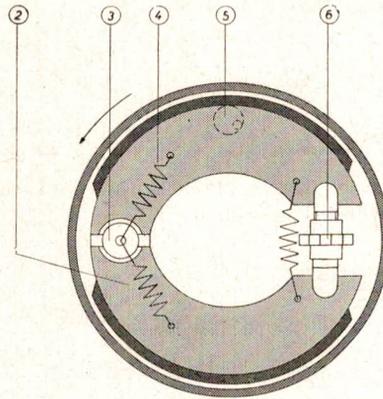
3. Anordnung der Bremsbacken



Figur 7

Servobremse nur für die Vorwärtsfahrt

1 Nachstellschraube



Figur 8

Duo-Servo-Bremse

- 2 Rückzugfeder Primärbacke, schwächer
- 3 Bremsnocken und Abstützung
- 4 Rückzugfeder Sekundärbacke, stärker
- 5 Exzenter zur Zentrierung der Backen
- 6 Nachstellrad

III. Hydraulisch betätigte Bremsen

1. Trommelbremsen

a. Voraussetzungen für einwandfreie Betätigung

- Gleichstarke Rückzugfedern
- Das ganze Hydrauliksystem muss absolut dicht und entlüftet sein
- Saubere Bremskolben
- Bremschläuche ohne Blähungen oder andere Beschädigungen
- Nur Original-Ersatzteile verwenden
- Armee- oder Marken-Bremsflüssigkeit verwenden
- Eigenschaften der Bremsflüssigkeit siehe Abschnitt Betriebsmittel.

b. Bremseinstellung

Grundeinstellung und grundsätzliche Kontrollen:

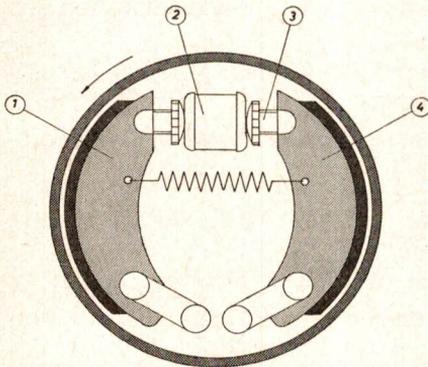
- Die Radbremszylinder müssen sauber und leicht laufend sein
- Die Radbremszylindermanschetten dürfen keine Rillen aufweisen und müssen richtig montiert sein
- Bremsbacken kontrollieren, richtig montieren. Primär- und Sekundärbacken nicht verwechseln (kennzeichnen)
- Bremsbacken mit Exzenter und Einstellschraube nach der Bremstrommel zentrieren (Drehrichtung beachten)
- Radlagerfett nachfüllen
- Bremstrommel montieren
- Armee- oder Markenbremsflüssigkeit nachfüllen (nicht mischen)
- Spiel zwischen Kolbenstange und Hauptbremszylinderkolben kontrollieren
- Das Entlüftungsloch der Staubkappe am Hauptbremszylinder muss nach unten gerichtet sein
- Bremsen entlüften. Bremsflüssigkeitsstand während dem Entlüften kontrollieren
- Ganzes Bremssystem auf Dichtheit kontrollieren
- Bremskontrolle auf der Strasse und Feineinstellung
- Akustische Kontrolle, ob die Räder frei drehen.

Nachstellung:

- Bremstrommel vorne rechts, bei Vorderradantrieb hinten rechts demonstrieren und Bremsbelag kontrollieren
- Bremsbacken nachstellen, normalerweise nur an Exzenter und Einstellschraube
- Kontrolle, ob die Räder frei drehen
- Armee- oder Marken-Bremsflüssigkeit auffüllen
- Spiel zwischen Kolbenstange und Hauptbremszylinderkolben kontrollieren
- Bremskontrolle auf der Strasse und Feineinstellung
- Akustische Nachkontrolle, ob die Räder frei drehen.

c. Anordnung der Bremsbacken

In der Regel Zweibackenbremsen, für Lastwagen oft auch mehrere Backen



Figur 9

Simplex-Gliederbacken-Bremse

- 1 Primärbacke
- 2 Radbremszylinder
- 3 Einstellmutter
- 4 Sekundärbacke

Simplex-Bremse, mit den Bremsbacken auf Laschen montiert, zur erhöhten Selbstverstärkung der Bremswirkung und zur Selbstzentrierung. Die Laschen sind an beiden Enden drehbar gelagert.

Bei Gliederbackenbremsen werden die Backen bis zum Anliegen an der Trommel nachgestellt. Nachher unter leichtem Klopfen an die Brems-trommel gleichmässig gelöst bis die Trommel frei dreht.

d. Hauptbremszylinder

Arbeitsweise (Figur 10, Seite 13)

– Bremsen

Durch den Bremspedaldruck wirkt der Hauptbremszylinderkolben (15) entgegen dem Druck der Kolbenfeder (13). Die Ausgleichsbohrung (6) wird durch die Primärmanschette (5) sofort geschlossen und die Bremsflüssigkeit im Zylinder wird durch das Auslassventil (10) des Bodenventils in die Bremsleitungen und Radbremszylinder gefördert. Die Radbremszylinderkolben betätigen die Bremsbacken.

– Lösen

Bremspedal und Kolbenstange (1) werden normalerweise durch eine Feder zurückgezogen. Kolben (15) mit der Primärmanschette (5) wird durch die Kolbenfeder (13) an die Anslagscheibe (2) zurückgedrückt. Die Trägheit der Bremsflüssigkeit und der Gegendruck der Kolbenfeder (13) auf das Rücklaufventil (9) bewirken, dass die Bremsflüssigkeit langsamer zurückfließt, als der Kolben (15) zurückweicht. Der dadurch entstandene Unterdruck im Zylinder und der atmosphärische Luftdruck über dem Flüssigkeitsspiegel bewirken, dass die Bremsflüssigkeit durch die Zuflussöffnung (4), die Kolbenbohrungen (14) und die nun abgehobene Primärmanschette (5) in den Zylinderraum gedrückt wird. Die bis zum Druckausgleich mit der Kolbenfeder (13) rücklaufende Bremsflüssigkeit wird durch die Ausgleichsbohrung (6) in dem Bremsbehälter zurückgepresst. Das federbelastete Rücklaufventil (9) bezweckt das Aufrechterhalten eines konstanten leichten Druckes von ca. $0,5 \text{ kg/cm}^2$ zwischen Haupt- und Radbremszylinder. Dadurch wird ein hermetisches Abdichten der Radbremszylindermanschetten und ein sofortiges Ansprechen der Bremsen erreicht.

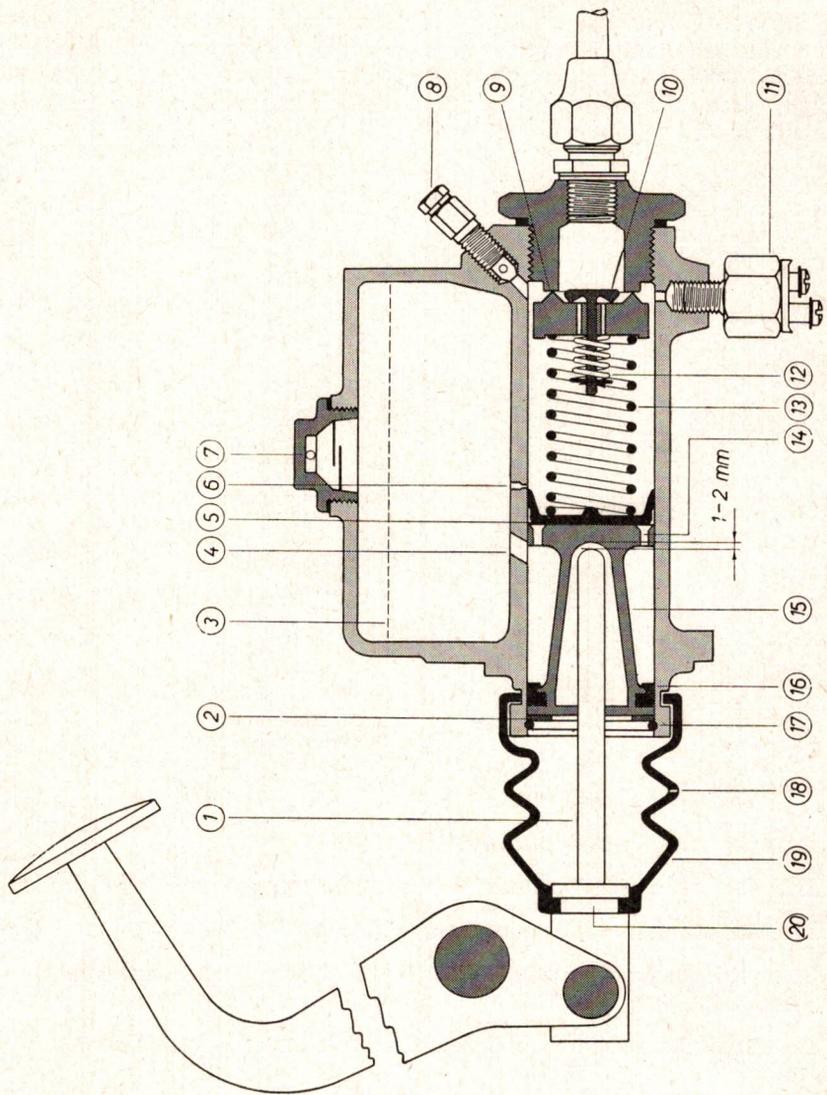
Unterhalts- und Reparaturvorschriften

- Nur Originalersatzteile verwenden
- Zylinder und Kolben müssen einwandfreie Laufflächen haben
- Die Manschetten dürfen nicht beschädigt sein
- Die Bohrung (6) muss frei sein (nicht zu grosse Manschette)
- Das Doppelbodenventil muss dicht sein
- Die kalibrierte Kolbenfeder darf nicht verspannt sein

- Sicherungsring (17) richtig einsetzen
- Spiel zwischen Kolbenstange (1) und Kolben (15) = 1–2 mm
- Bremsflüssigkeitsbehälter-Entlüftung (7) muss frei von Schmutz und Bremsflüssigkeit sein
- Bremsflüssigkeitsbehälter auf maximal $\frac{4}{5}$ Inhalt auffüllen
- Mit Bremsflüssigkeit in Berührung kommende Teile nur mit Alkohol oder Bremsflüssigkeit reinigen.

Legende zu Figur 10

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| 1 Kolbenstange | 11 Stopschalter |
| 2 Anschlagsscheibe | 12 Auslassventilfeder |
| 3 Bremsflüssigkeits-Niveau | 13 Kolbenfeder |
| 4 Zuflussöffnung | 14 Kolbenbohrung |
| 5 Primärmanschette | 15 Kolben (Metall) |
| 6 Ausgleichsbohrung | 16 Sekundärmanschette |
| 7 Behälter-Entlüftung | 17 Sicherungsring |
| 8 Entlüftungsschraube | 18 Entlüftungsloch |
| 9 Rücklaufventil | 19 Staubkappe |
| 10 Auslassventil | 20 Einstellmutter |

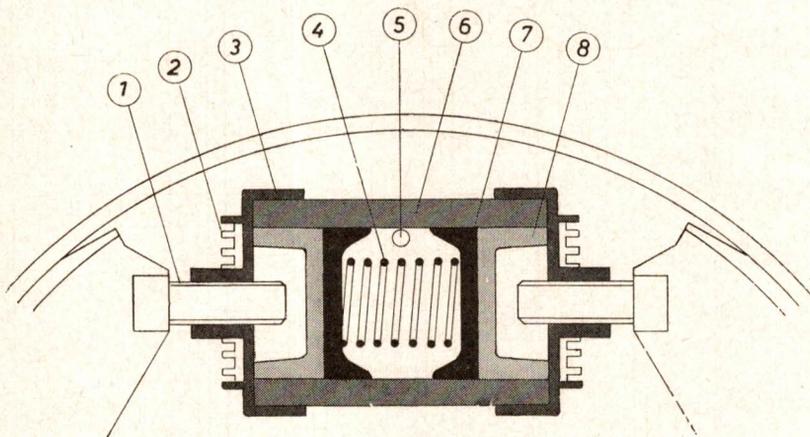


Figur 10 Hauptbremszylinder

e. Radbremszylinder

Arbeitsweise (Figur 11)

An Stelle der Bremsnocken treten die Radbremszylinderkolben (8), welche durch den erhöhten Flüssigkeitsdruck beim Bremsvorgang auseinandergedrückt werden und somit die Bremsbacken betätigen. Beim Druckabfall werden die Bremsbacken durch ihre Rückzugfeder wieder zusammengezogen.



Figur 11 Radbremszylinder

- | | |
|--------------------|------------------------------|
| 1 Einstellschraube | 5 Eintrittsbohrung |
| 2 Einstellrad | 6 Radbremszylinder |
| 3 Staubkappe | 7 Radbremszylindermanschette |
| 4 Kolbenfeder | 8 Kolben |

Einstell- und Reparaturvorschriften

- Zylinder und Kolben müssen glatte und saubere Laufflächen haben
- Die Manschetten dürfen nicht beschädigt sein
- Beim Reinigen der Einzelteile nur Alkohol oder Bremsflüssigkeit verwenden
- Ein Verkanten der Einstellräder (2) beim Nachstellen vermeiden.

2. Scheibenbremsen

a. Allgemeines

Die rasche Verbreitung der Scheibenbremse, speziell bei schnellen Fahrzeugen, ist der beste Beweis ihrer Vorteile gegenüber der Trommelbremse. Die Aufgabe jeder Reibungsbremse besteht bekanntlich darin, die im fahrenden Fahrzeug enthaltene kinetische Energie (Bewegungsenergie) während des Abbremsens in Wärme umzuwandeln. Damit die Temperaturen der Brems- und Betätigungsorgane sowie die der Bremsbeläge nicht zu hoch werden, benötigt jede Reibungsbremse eine gute Kühlung durch den Fahrtwind. Die Vorteile der Scheibenbremse liegen vor allem in der guten Kühlung sowie in den nachstehenden Tatsachen:

- Die Deformationen unter dem Einfluss der grossen mechanischen Beanspruchungen sind wesentlich kleiner als bei den Trommelbremsen, weil Brems scheiben und Bremskörper grössere Steifigkeit besitzen.
- Die Richtung der Wärmeausdehnungen liegt günstiger zur Bewegungsrichtung der Bremskolben, so dass das Spiel zwischen den Bremsbelägen und der Brems scheibe durch die Dehnung der Brems scheibe eher geringer wird.
- Das bekannte «Bremsfading» (überhitzte, schmierende Bremsbeläge) tritt bei der Scheibenbremse kaum auf.
- Sie besitzt eine automatische Bremsnachstellung.
- Äusserst einfaches Ersetzen der Bremsbeläge.

b. Aufbau und Arbeitsweise (Figur 12, Seite 17)

Sie besteht im wesentlichen aus:

- der Brems scheibe = beweglicher Teil
- dem Bremskörper = stillstehender Teil, der am ruhenden Fahrzeugteil befestigt ist
- der hydraulischen Betätigungsanlage.

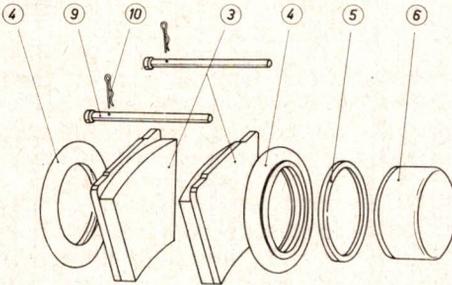
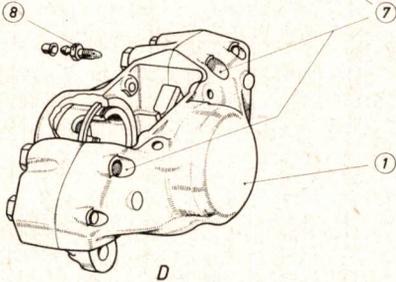
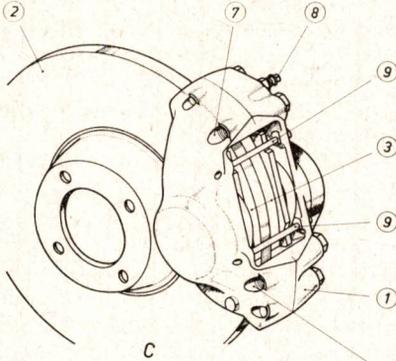
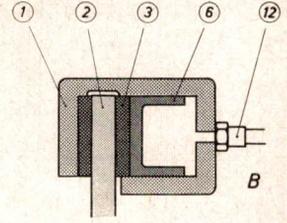
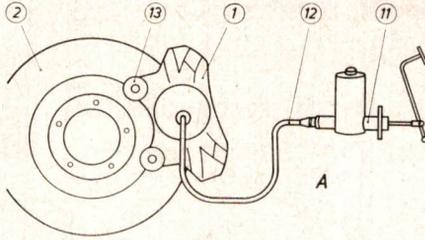
Beim Betätigen des Bremspedals wird vom Hauptbremszylinderkolben, über die Bremsleitung (12), Bremsflüssigkeit in die Radbremszylinder gepresst und somit die Radbremskolben (6) gegen die Brems scheibe (2) gedrückt. Durch eine Verbindungsleitung wird beidseitig derselbe Druck auf die Radkolben gegeben, so dass die Belägeinsätze die drehende Scheibe in die «Zange» nehmen.

Beim Loslassen des Bremspedals wird das reine Scheibenbremssystem drucklos. Dadurch heben sich die Bremsbeläge nur wenig von der Brems-scheibe ab, womit diese wieder frei drehen kann. Der vollkommene Druckabbau wird durch das im Hauptbremszylinder eingebaute Spezial-Bodenventil erreicht, das mit einer kleinen Drosselbohrung versehen ist, welches einerseits den Druckabbau und andererseits bei entsprechend schneller Pedalbetätigung das Nachpumpen von Bremsflüssigkeit ermöglicht. (Diese Hauptbremszylinder sind normalerweise bezeichnet.)

Beim Einbau einer gemischten Bauweise wird die Scheibenbremse auf die Vorder- und die Trommelbremse auf die Hinterachse montiert. Um dabei in den Leitungen des Trommelbremssystems den Restdruck von ca. 0,5–1 atü sicherzustellen wird bei der entsprechenden Abzweigung ein Vordruckventil eingebaut.

c. Unterhaltsarbeiten:

- Die Bremsflüssigkeit muss in regelmässigen Abständen kontrolliert werden.
- Die Bremsleitungen, Schläuche und Verbindungsrohre müssen oft kontrolliert werden. Der hydraulische Druck einer Scheibenbremse kann ein mehrfaches desjenigen der Trommelbremse sein. Löten oder schweissen einer Bremsleitung ist niemals zulässig.
- Die Kontrolle der Bremsbeläge ist regelmässig durchzuführen. Bei einer Reststärke des Bremsbelages von ca. 2 mm (ohne Stahlgrundplatte) muss der Belag ersetzt werden.
- Ersatz der Bremsbelagsätze nach Fabrikvorschrift.
- Der grösstzulässige Seitenschlag der Bremsscheibe ist 0,2 mm. Vor der Messung zuerst Radlagerspiel in Ordnung bringen.
- Bei Oberflächenbeschädigungen der Bremsscheibe kann diese nachgeschliffen werden, jedoch im Maximum 0,5 mm pro Seite (siehe Fabrikvorschrift).
- Die Beläge der Handbremszange sind zu erneuern wenn sie weniger als 5 mm stark sind. Einbau und Einstellung nach Fabrikvorschrift.
- Für die Reinigung der Bremsteile ist Bremsflüssigkeit oder Alkohol zu verwenden.
- Beim Schmieren des Fahrzeuges darauf achten, dass kein Fett auf die Bremsscheibe und in den Bremskörper gelangt. Beim Absprühen des Fahrzeugunterteils sind Scheibenbremsen abzudecken.



Figur 12

Aufbau der Scheibenbremse

- A Hauptbremszylinder mit Scheibenbremse
 B Arbeitsprinzip der Scheibenbremse
 C Einbau-Zusammenstellung
 D Einzelteile
 1 Bremskörper (Bremszange)
 2 Bremsscheibe auf Nabe
 3 Bremsbelag-Einsätze
 4 Dichtring
 5 Zwischenring
 6 Radbremskolben
 7 Bremsleitungsanschlüsse
 8 Entlüftungsschraube
 9 Bremsbelaghaltebolzen
 10 Sicherungen zu Haltebolzen
 11 Hauptbremszylinder
 12 Bremsleitung
 13 Befestigungsauge

IV. Kombinierte Bremsanlagen ohne Anhängerbremsen

1. Hydraulische Betätigung mit Unterdruckhilfe

Hydrovac-Unterdruckbremse GMC Lastwagen (Figur 13)

a. Aufbau

Der Hydrovac-Apparat besteht aus Unterdruckzylinder, Hilfszylinder, Steuergehäuse und den dazugehörigen Leitungen. Er kann als ganzes Aggregat ausgewechselt werden.

b. Verwendung

Auf Lastwagen mit Benzinmotoren.

c. Arbeitsweise

– Ruhestellung

Bei gelöstem Bremspedal hat die hydraulische Anlage nur den Flüssigkeitsdruck, der durch die Rückstossfeder (16) und das Bodenventil im Hauptbremszylinder (1) bestimmt wird. Das Steuerventil ist somit geöffnet und das Sperrventil (19) geschlossen. Dies hat zur Folge, dass in der ganzen Unterdruckanlage, d. h. in den Kammern (6 und 11) und im oberen Teil des Steuergehäuses (17) bis zum Sperrventil (19) immer der höchstmögliche vom Motor erzeugte Unterdruck herrscht, der durch das Rückschlagventil (18) erhalten bleibt. Infolge Druckausgleich in allen vier Kammern vermag nun die Rückstossfeder (9) den Doppelkolben (10) auf seinen Anschlag (13) zu stossen und die Kolbenstange ist vom Hilfskolben (3) gelöst.

– Bremsen

Durch den Pedaldruck wird die Bremsflüssigkeit in den Hilfszylinder (2) befördert und drückt auf den Hilfskolben (3) und den Steuerkolben (4). Der Hilfskolben (3) gibt die erhaltene Kraft unverändert weiter auf die Radbremszylinder. Beim Versagen der Unterdruckanlage funktioniert diese Bremse genau gleich wie jede normale hydraulische Bremse.

Der Steuerkolben (4) schliesst vorerst das Steuerventil (15), so dass die Kammern (6) hermetisch von den Kammern (11) getrennt sind. Fast gleichzeitig wird auch das Sperrventil (19) geöffnet und bewirkt das Einströmen der atmosphärischen Aussenluft in die Kammern (11).

Durch den Unterdruck in den Kammern (6) einerseits und den atmosphärischen Druck in den Kammern (11) andererseits, wird nun der Doppelkolben nach links gestossen. Die über die Kolbenstange auf den Hilfskolben übertragene Kraft von ca. 300 kg unterstützt somit die Kraft des Fahrers ganz erheblich.

– Bremsabschlussstellung

Da die einströmende Luft auch auf die Steuermembrane (14) mit dem geschlossenen Steuerventil (15) wirkt, wird dieses zurückgestossen, bis auch das Sperrventil wieder schliesst. Es kommt zu einem Kräfteausgleich zwischen Membrane und Steuerkolben. In dieser Stellung sind also beide Ventile geschlossen, mit andern Worten: die einströmende Luftmenge richtet sich proportional nach dem Steuerkolbenweg respektiv nach dem Pedaldruck, den der Fahrer gibt. Bei dieser Stellung, in der beide Ventile geschlossen sind, bleiben somit die Druckverhältnisse in den Kammern (6 und 11) unverändert, bis entweder das Pedal gelöst oder noch stärker gedrückt wird.

– Lösen

Durch das Lösen des Bremspedals wird der hydraulische Teil entlastet. Die Rückstossfeder (16) stösst den Steuerkolben (4) zurück und öffnet gleichzeitig das Steuerventil (15). Da das Sperrventil in diesem Zeitpunkt schon geschlossen ist, gleicht sich der Druck in den Kammern (6 und 11) aus, und die Rückstossfeder (9) vermag nun den Doppelkolben wieder auf den Anschlag (13) zu drücken. Der Unterdruck wird in allen vier Kammern durch den laufenden Motor sofort wieder erhöht. Die Bremsanlage ist wiederum für eine nächste Bremsung bereit.

d. Kontrolle der Bremsanlage:

Wie bei einer normalen hydraulischen Bremsanlage, dazu noch die Kontrolle der Unterdruckanlage:

– Bei laufendem Motor

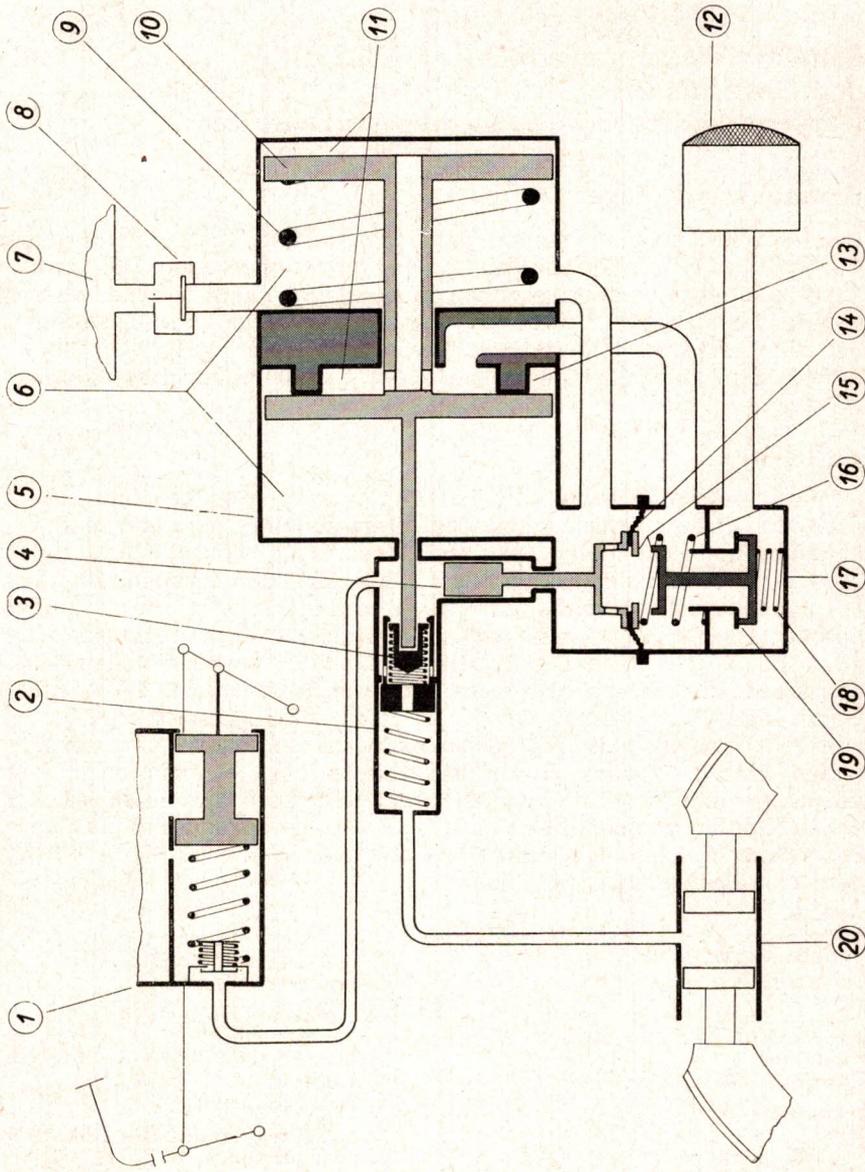
- 1) Motor während ca. 10 Sekunden im Leerlauf drehen lassen.
- 2) Das Pedal ungefähr mit gleicher Kraft wie bei einer Voll-Bremsung (Stop) hinunterdrücken. Man merke sich dabei die Stellung des Pedals (Distanz vom Fussboden) und die erforderliche Kraft.
- 3) Fuss vom Pedal entfernen und Zündung ausschalten.

– Bei stillstehendem Motor

- 4) Bremspedal etwa fünfmal bis zur Stellung wie bei laufendem Motor betätigen.
- 5) Ist die erforderliche Fusskraft bei der fünften Bremsung merkbar grösser (bei gleichem Abstand des Pedals) als bei laufendem Motor, so arbeitet das Unterdruck-System einwandfrei. Ist jedoch die erforderliche Fusskraft nicht grösser, so ist das Unterdruck-System zu kontrollieren und eventuell der ganze Hydrovac-Apparat auszuwechseln. (Der erforderliche Fussdruck soll bei jeder Bremsung, bei stillstehendem Motor, etwas zunehmen.)

Legende zu Figur 13

- 1 Hauptbremszylinder (hydraulisch)
- 2 Hilfszylinder (hydraulisch)
- 3 Hilfskolben mit Durchströmventil
- 4 Steuerkolben
- 5 Unterdruck-Zylinder
- 6 Kammern (Unterdruck)
- 7 Ansaugleitung (Motor)
- 8 Rückschlagventil
- 9 Rückstossfeder
- 10 Doppelkolben
- 11 Kammern (Druck)
- 12 Luftfilter (im Chassisrahmenmontiert)
- 13 Anschlag (Doppelkolben)
- 14 Steuermembrane
- 15 Steuerventil
- 16 Rückstossfeder
- 17 Steuerventil-Gehäuse
- 18 Rückstossfeder
- 19 Sperrventil
- 20 Radbremszylinder



Figur 13 Hydrovac-Unterdruckbremse

2. Hydraulische Betätigung mit Drucklufthilfe

(Figuren 14 und 15)

Kombinierte Bremsanlage Beka 850 220
und Westinghouse AS 100

(Funktion der einzelnen Apparate siehe Abschnitt V/2)

a. Hydraulische Anlage :

Die durch Druckluft im Hauptbremszylinder wirkende Kraft wird über eine Bremswaage (F1) auf zwei Hauptbremszylinder übertragen. Die Bremsflüssigkeit gelangt über zwei voneinander unabhängige Leitungskreise zu den Radbremszylindern. Durch eine kreuzweise Verbindung der Leitungen mit den Radbremszylindern erreicht man auch beim Versagen eines Leitungssystems, bei gut eingestellter Bremse, eine genügend grosse Bremswirkung.

b. Aufladen :

Der Kompressor (A) wird vom Fahrzeugmotor angetrieben und besitzt entweder eine mit diesem verbundene Druckschmierung oder eine unabhängige Tauchschmierung. Der Kompressor saugt Frischluft durch das Luftfilter (A3) und durch das Einlassventil (A2) in den Zylinderraum (A1) an. Während des Kompressionshubes wird die Luft verdichtet und über das Auslassventil (A4) in einen Kondenswasser- und Ölabscheideraum (B resp. C4) gefördert. Die im Ölabscheideraum angesammelten Kondensate müssen, wenn dies nicht automatisch geschieht, durch einen Hahn abgelassen werden. Die gereinigte Druckluft passiert ein Sicherheitsventil, welches als federbelastetes Ventil dafür sorgt, dass bei Defekten des Druckreglers der Luftdruck die zulässige Höchstgrenze nicht überschreitet. Nach dem Sicherheitsventil folgt der Druckregler, welcher die Druckluft durch das Rückschlagventil und die Leitung in den Bremsluftbehälter (D) strömen lässt. Das Führerbremsventil (E) ist direkt mit dem Bremsluftbehälter (D) verbunden.

Legende zu Figur 14

A Kompressor

- 1 Zylinderraum
- 2 Einlassventil
- 3 Luftfilter
- 4 Auslassventil

C Druckregler

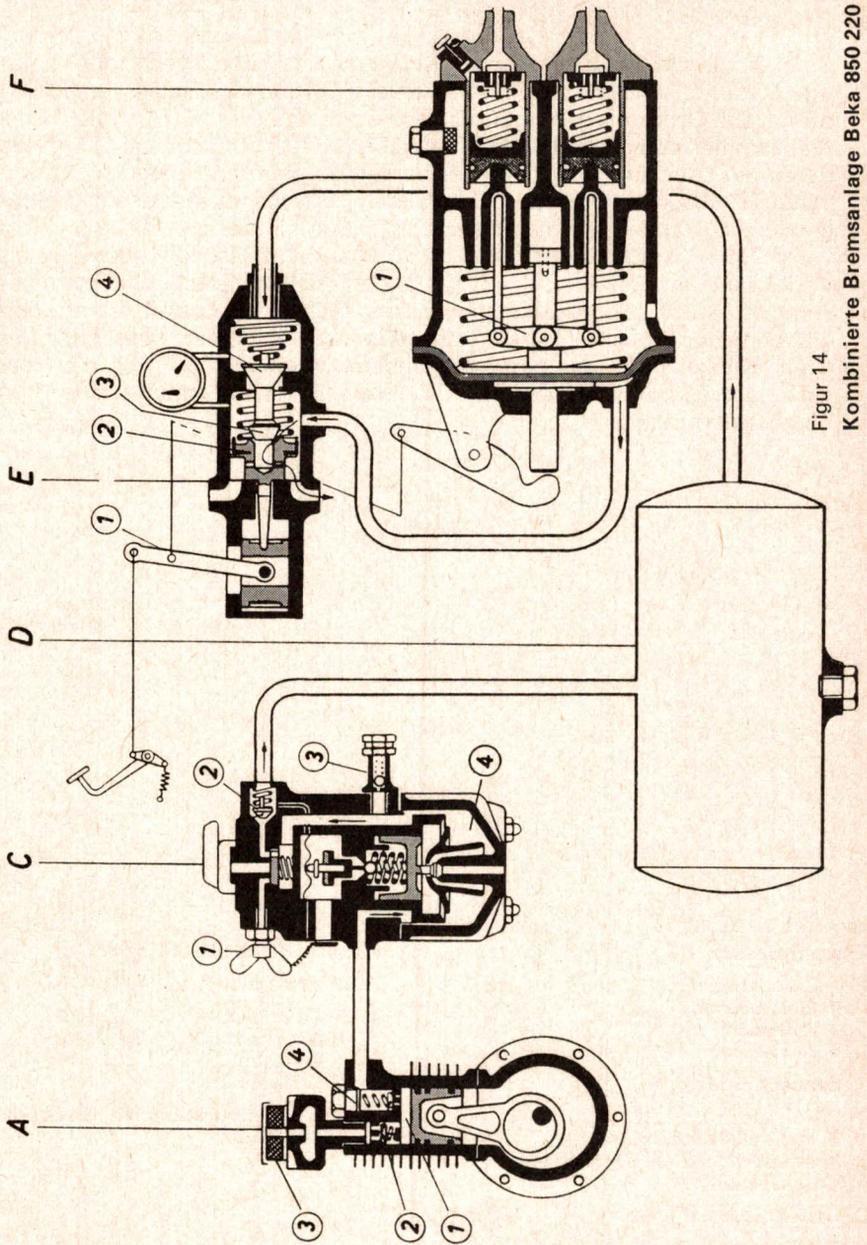
- 1 Pneuüllanschluss
- 2 Rückschlagventil
- 3 Sicherheitsventil
- 4 Ölabscheideraum

D Bremsluftbehälter

- #### E Führerbremsventil
- 1 Zwischenhebel
 - 2 Reaktionskolben
 - 3 Auslassventil
 - 4 Einlassventil

F Druckluft-hydraulischer Hauptbremszylinder

- 1 Waaghebel



Figur 14

Kombinierte Bremsanlage Beka 850 220

c. **Bremsen:**

Beim Betätigen des Bremspedals wird auch das Führerbremssventil betätigt. Dadurch schliesst das Auslassventil (E3) und das Einlassventil (E4) öffnet. Die Druckluft gelangt über das Führerbremssventil (E) in die Membrankammer des Hauptbremszylinders. Der Reaktionskolben (E2) wird durch die Druckluft und die Feder nach links gedrückt, und das Einlassventil (E4) schliesst wieder. Der Kolben (E2) bleibt in diesem Gleichgewichtszustande bis entweder mehr gebremst oder die Bremse gelöst wird. Die am Kolben wirkende Kraft ist über den Zwischenhebel (E1) als Widerstand am Bremspedal spürbar. Jede Pedalkraft entspricht einem bestimmten Luftdruck, also auch einer entsprechenden Reaktionskraft, und gibt dem Fahrer das Gefühl wie stark er bremst. Die kleinste Bewegung des Bremspedals öffnet das eine oder andere Ventil (E3, E4), so dass der Gleichgewichtszustand des Reaktionskolbens (E2) immer wieder neu hergestellt wird.

Legende zu Figur 15**A Kompressor**

- 1 Zylinderraum
- 2 Einlassventil
- 3 Luftfilter
- 4 Auslassventil

B Ölabscheider

- 1 Schikane
- 2 Pneufüllanschluss
- 3 Ablasshahn, zugleich Sicherheitsventil

C Druckregler

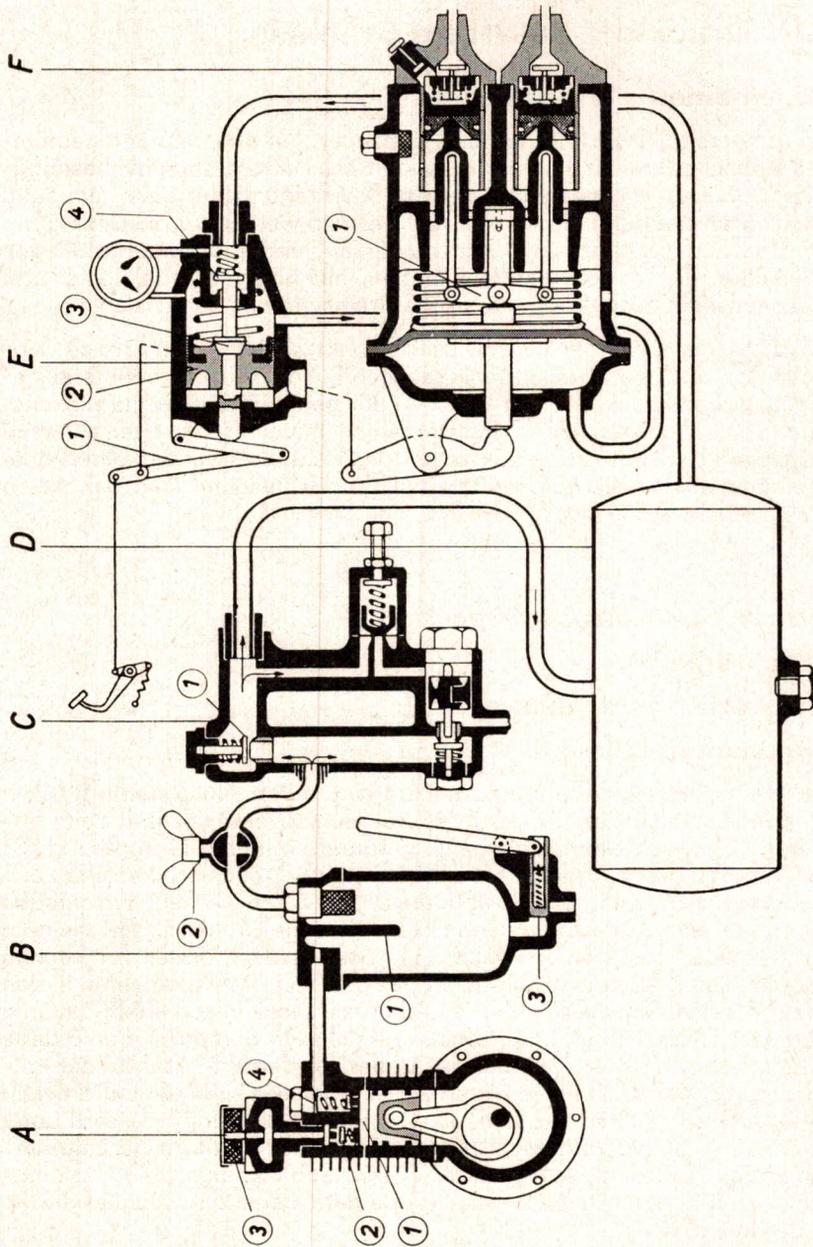
- 1 Rückschlagventil

D Bremsluftbehälter**E Führerbremssventil**

- 1 Zwischenhebel
- 2 Reaktionskolben
- 3 Auslassventil
- 4 Einlassventil

F Druckluft-hydraulischer Hauptbremszylinder

- 1 Waaghebel



Figur 15 Kombinierte Bremsanlage Westinghouse AS 100

V. Mit Druckluft betätigte Bremsen

Allgemeines

Bei schweren Nutzfahrzeugen und Lastzügen mit durchlaufend gebremsten Anhängern reicht die Fussbremskraft des Fahrers, auch bei bestmöglichem Übersetzungsverhältnis der Kraftübertragung, für eine genügend grosse Bremswirkung nicht mehr aus. Deshalb werden für die Betätigung der Bremsen pneumatische Kraftverstärker- und Übertragungsanlagen verwendet, die es dem Fahrer erlauben, mit normaler oder reduzierter Fussbremskraft eine genügend grosse Bremswirkung zu erzielen.

Bei schweren Lastwagen mit Dieselmotoren (ohne Unterdruck im Ansaugrohr) sind nur Druckluftanlagen gebräuchlich. Der bedeutend geringere Arbeitsdruck von nur ca. 5–6 atü gegenüber dem Flüssigkeitsdruck von ca. 100 atü in den Schläuchen bei hydraulischen Bremsen wird ausgeglichen durch grössere Flächen der Radbremszylinderkolben oder -membranen. Unfälle durch platzende Bremsschläuche sind bei diesen Drücken praktisch ausgeschlossen.

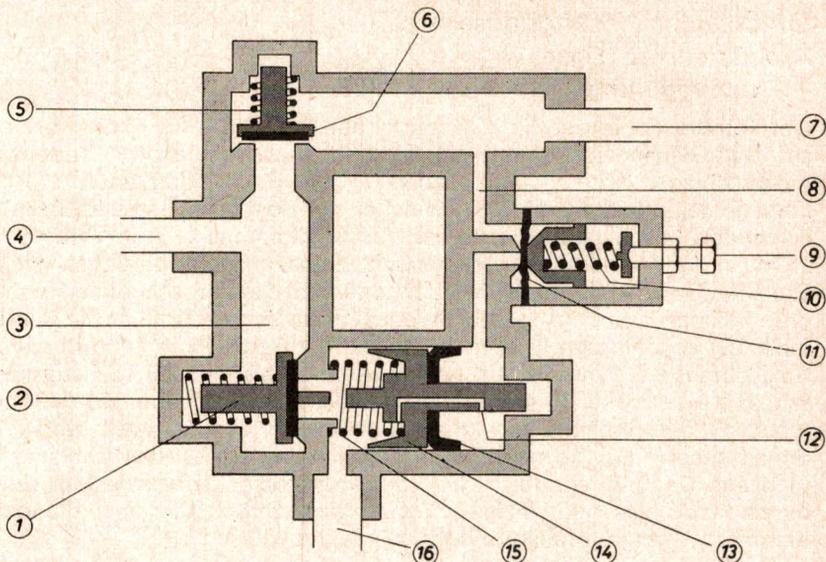
Bremsapparate des Zugwagens

1. Druckregler

a. Druckregler Westinghouse A 225

– **Arbeitsweise** (Figur 16):

Die vom Kompressor erzeugte Druckluft wird durch den Lufteintritt (4) in die Kondensatkammer (3), über das Rückschlagventil (6) und den Luftaustritt (7) in den Bremsluftbehälter gefördert. In der Zuführbohrung (8) und vor dem geschlossenen Membranventil (11) herrscht derselbe Luftdruck wie im Behälter. Sobald im Behälter der durch die Regulierschraube (9) eingestellte höchstdruck erreicht ist, hebt die Druckluft, welche über den Kanal (8) das Membranventil (11) beaufschlagt, dieses von seinem Sitze ab. Die Druckluft strömt durch das geöffnete Membranventil in den Raum vor dem Schaltkolben (14) und drückt diesen nach links. Dadurch wird das Auslassventil (1) geöffnet, und die vom Kompressor geförderte Luft tritt von Kammer (3) über das geöffnete Ventil (1) durch die Entlüftung (16) direkt ins Freie. Durch dieses Abblasen sinkt der Luftdruck in der Kondensatkammer (3) stark ab, das Rückschlagventil (6) wird unter dem Einfluss seiner Ventildfeder (5) und des Behälterdruckes geschlossen. Durch den Druckentlastungskanal (12) im Schaltkolben (14) kann hingegen eine kleine Menge Druckluft aus dem Behälter in die Entlüftung (16) entweichen.



Figur 16 Druckregler Westinghouse A 225

- | | |
|---|----------------------------|
| 1 Auslassventil | 8 Zuführbohrung |
| 2 Ventilsfeder | 9 Druckregulierschraube |
| 3 Kondensatammer | 10 Druckfeder |
| 4 Lufteintritt vom Kompressor | 11 Membranventil |
| 5 Ventilsfeder | 12 Druckentlastungsbohrung |
| 6 Rückschlagventil | 13 Manschette |
| 7 Luftaustritt in den Bremsluftbehälter | 14 Schaltkolben |
| | 15 Druckfeder |
| | 16 Entlüftung. |

Der Druck im Bremsluft-Behälter nimmt auch ohne Bremsbetätigung allmählich ab. Sobald nun der Luftdruck vor der Membrane (11) so tief gesunken ist, dass die Druckfeder (10) das Membranventil wieder schliesst, wird die weitere Zufuhr von Druckluft in den Raum vor dem Schaltkolben (14) wieder gesperrt. Durch den Entlastungskanal (12) sinkt der Druck vor dem Schaltkolben (14) weiter ab, der Kolben wird durch die Druckfeder (15) wieder nach rechts in seine Ausgangsstellung zurückgeführt. Hierdurch wird das Auslassventil (1) ebenfalls geschlossen, und der Kompressor fördert erneut in den Bremsluftbehälter. Die Differenz zwischen Höchstdruck im Behälter, bei welchem sich das Membranventil (11) öffnet, und dem Behälterdruck, bei welchem das Membranventil wieder geschlossen wird, beträgt ca. $0,5 \text{ kg/cm}^2$.

b. Druckregler Westinghouse A 293 a

Arbeitsweise: (Figur 17)

– **Druckregelung**:

Der Kompressor fördert Druckluft über den Anschluss (3) in die Kondensat- und Ölabscheidekammer (2), wo sich die verschiedenen Kondensate niederschlagen können. Über Kanal (7) und Rückschlagventil (11) gelangt Druckluft in Kanal (13), welcher mit dem zum Bremsluftbehälter führenden Anschluss (16) und der Membrankammer (15) in Verbindung steht. In der Membrankammer herrscht demnach derselbe Druck wie im Behälter. Solange der Behälterdruck unterhalb des vorgesehenen Höchstdruckes liegt, bleibt das Membranventil (5) unter dem Einfluss der Reglerfeder (9) geschlossen. Die Vorspannung der Reglerfeder kann durch die Stellschraube (10) verändert werden. Beim Erreichen des Höchstdruckes wird die Membrane (6) angehoben und das Membranventil (5) geöffnet, wodurch der Schaltkolben (4) mit Druckluft beaufschlagt wird. Der Schaltkolben (4) wird nach unten gedrückt und stößt das Abblasventil (19) auf. Dadurch entweicht die vom Kompressor geförderte Luft direkt durch das Abblasventil ins Freie. Gleichzeitig werden aber auch die in der Kammer (2) angesammelten Kondensate abgeblasen.

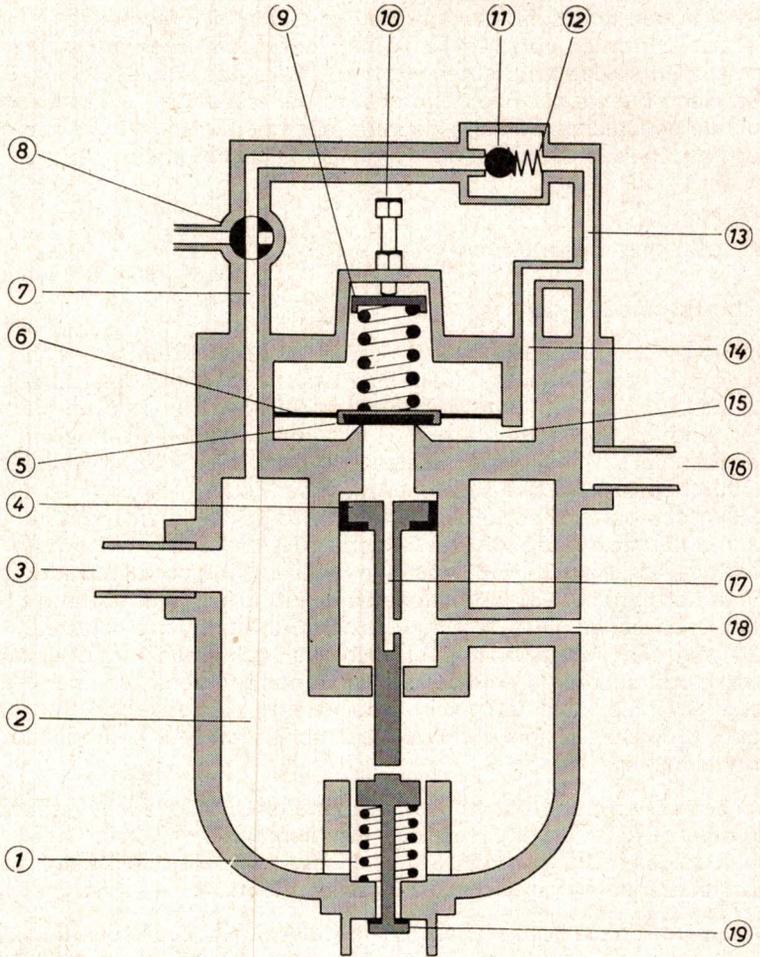
Durch Bremsungen senkt sich der Druck im Behälter. Auch wenn keine Luft zum Bremsen verbraucht wird, sinkt der Behälterdruck langsam ab, da sich in der Kolbenstange des Schaltkolbens eine Entlüftungsbohrung (17) mit einer kalibrierten Düse befindet, durch welche die Druckluft entweichen kann. Sobald der Behälterdruck um ca. $0,5 \text{ kg/cm}^2$ abgesunken ist, vermag die Reglerfeder (9) das Membranventil (5) zu schliessen, woraufhin der Schaltkolben (4) unter dem Einfluss der Druckfeder (1) wieder in seine oberste Stellung zurückkehrt. Das Abblasventil (19) schliesst sich und der Kompressor fördert erneut Druckluft über das Rückschlagventil in den Behälter.

– **Sicherheitsventil**:

Neben der vorstehend beschriebenen Funktion erfüllt das Abblasventil (19) auch die Aufgabe eines Sicherheitsventils. Sollte durch irgendeinen Defekt am Druckregler oder am Rückschlagventil der Luftdruck in der Kammer (2) auf etwa $10\text{--}11 \text{ kg/cm}^2$ ansteigen, so öffnet sich das Abblasventil selbsttätig und lässt die vom Kompressor geförderte Luft ins Freie ausströmen.

– **Pneufüllen**:

Hierzu ist ein besonderer Anschluss vorgesehen. Bei laufendem Motor wird der auf der Vorderseite des Druckreglers angebrachte Umstellhahn (8) bedient, so dass der Hebel horizontal steht. Die Verbindung zwischen Kompressor und Rückschlagventil, beziehungsweise Bremsluftbehälter ist unterbrochen. Der Kompressor fördert über die Ölabscheidekammer



Figur 17 Druckregler Westinghouse A 293a

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1 Druckfeder | 11 Rückschlagventil |
| 2 Kondensatabscheidekammer | 12 Rückschlagventilfeder |
| 3 Lufteintritt vom Kompressor | 13 Luftkanal |
| 4 Schaltkolben | 14 Luftkanal |
| 5 Membranventil | 15 Membrankammer |
| 6 Membrane | 16 Luftaustritt in den Bremsluftbehälter |
| 7 Überströmkanal | 17 Entlüftungsbohrung mit Düse |
| 8 Umstellhahn | 18 Entlüftungskanal |
| 9 Reglerfeder | 19 Abblas- und Sicherheitsventil |
| 10 Druckregulierschraube | |

direkt in den angeschlossenen Pneufüll-Schlauch. Hierbei kann ein maximaler Luftdruck von $10-11 \text{ kg/cm}^2$ erreicht werden, da sich erst bei diesem Druck das als Sicherheitsventil arbeitende Abblasventil (19) öffnet. Nach beendigter Pneufüllung wird der Hebel des Umstellhahns (8) auf die senkrechte Stellung gedreht, der Pneufüllschlauch entfernt und der Anschluss-Stutzen mit der Flügelkappe geschlossen.

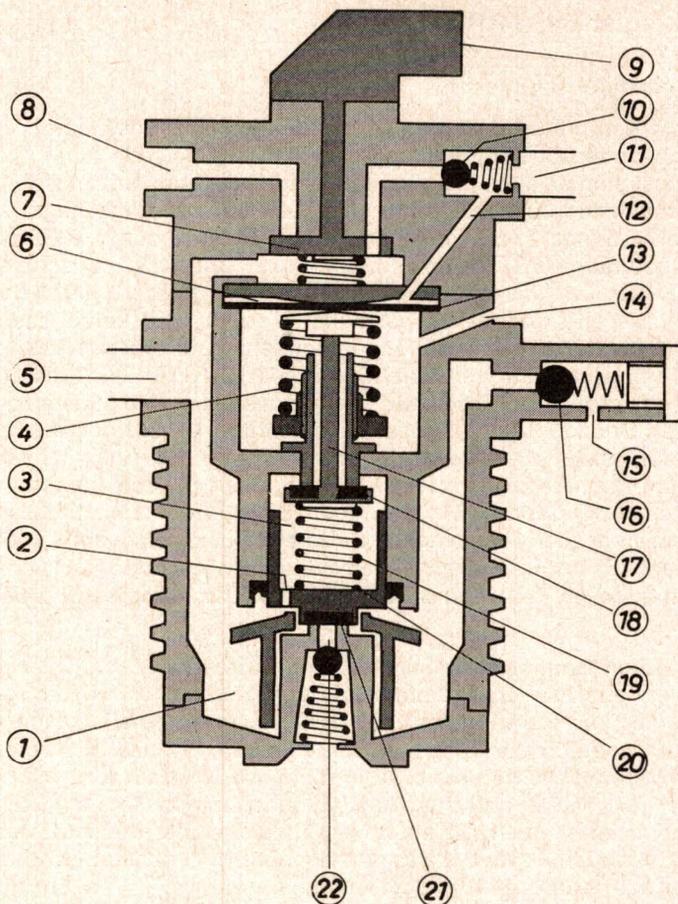
c. Druckregler Beka RP 50

Arbeitsweise (Figur 18):

Die vom Kompressor erzeugte Druckluft wird durch den Lufteintritt (5) in die Kondensatkammer (1), über das Rückschlagventil (10) und den Luftaustritt (11), in den Bremsluftbehälter befördert. In der Zuführbohrung (12) und über der Membrane (13) wie auch über der Kalibrierung (2) in der Kammer (3) herrscht derselbe Luftdruck wie im Bremsluftbehälter. Dadurch wird infolge zusätzlicher Kraft der Feder (19) das Auslassventil (18) geschlossen. Bei zunehmendem Luftdruck wird die Membrane (13) nach unten gestossen und bei Erreichen des eingestellten Höchstdruckes wird das Auslassventil (18) über den Stößel (17) geöffnet. Dadurch kann die in der Kammer (3) befindliche Druckluft über die Entlüftung (14) ins Freie entweichen. Dies bewirkt, dass der nur noch federbelastete Kolben (20) mit dem Abblasventil (21) nach oben gestossen wird und somit die Luft in der Kammer (1) mit den vorhandenen Kondensaten über die Bohrung (22) ins Freie entweicht. Gleichzeitig schliesst das Rückschlagventil (10), so dass die vorhandene Druckluft im Bremsluftbehälter nicht entweichen kann.

Bei einer Druckverminderung im Luftbehälter und der damit verbundenen Kammer (6) von $0,5 \text{ kg/cm}^2$, wird die Membrane (13) nach oben gebogen und das Auslassventil (18) geschlossen, so dass der Behälter auf dem beschriebenen Wege wieder nachgeladen wird.

Durch Umschalten des Hebels (9) wird der Schieber (7) betätigt, so dass die Druckluft nicht mehr nach dem Bremsluftbehälter, sondern zum Pneufüllanschluss (8) geleitet wird. Wird der Hebel aus Versehen auf die Pneufüllstellung gestellt, ohne dass die Abschlussmutter entfernt wird, so öffnet bei einem Druck von ca. 8 kg/cm^2 das eingestellte Sicherheitsventil (16).



Figur 18 Druckregler Beka RP 50

- | | |
|--------------------------------|------------------------|
| 1 Kondensatkammer | 12 Zuführbohrung |
| 2 Kalibrierung | 13 Membrane (Metall) |
| 3 Luftkammer (Steuerkammer) | 14 Entlüftung |
| 4 Reglerfeder, einstellbar | 15 Luftaustritt |
| 5 Lufteintritt | 16 Sicherheitsventil |
| 6 Membranenkammer | 17 Druckstößel |
| 7 Drehschieber | 18 Auslassventil |
| 8 Pneufüllanschluss | 19 Steuerkolben-Feder |
| 9 Umstellhebel | 20 Steuerkolben |
| 10 Rückschlagventil | 21 Abblasventil |
| 11 Bremsluftbehälter-Anschluss | 22 Luftaustrittbohrung |

d. Druckregler Beka RP 64

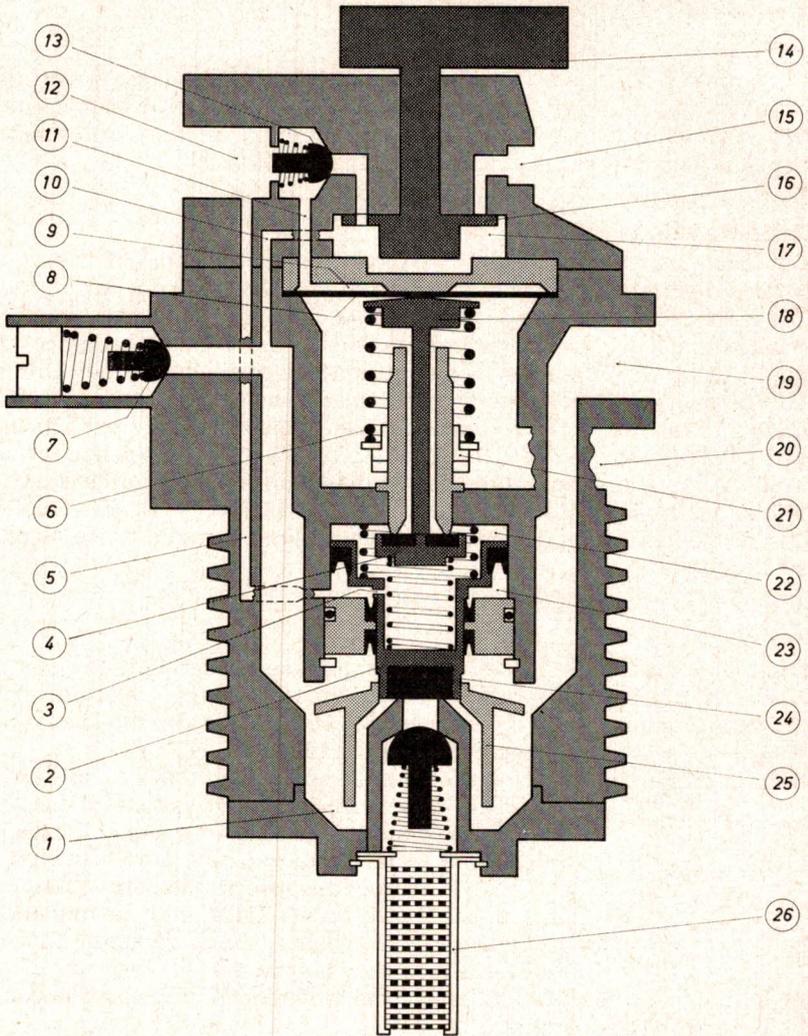
Arbeitsweise (Figur 19):

Die vom Kompressor erzeugte Druckluft wird durch den Lufteintritt (19) in den Kondensat-Abscheideraum (1), über Speisebohrung (10), Verbindungskammer (17), Rückschlagventil (13) und Anschluss (12) dem Luftbehälter zugeführt. Ebenfalls strömt die Luft vom Anschluss (12) über den Verbindungskanal (5) in den Raum (23) und durch die Düse (3) in den Steuerraum (22). In den Räumen (22) und (23) herrscht also derselbe Druck wie im Luftbehälter. Durch die grössere Druckfläche der Kolbenoberseite und den zusätzlichen Federn wird somit das Abblasventil (24) geschlossen. Bei zunehmendem Luftbehälterdruck, der über die Bohrung (11) auch auf die Membrane (8) wirkt, wird dieselbe nach unten gestossen. Bei Erreichen des eingestellten Maximaldruckes wird über den Druckstössel (18) das Auslassventil (4) geöffnet und der Druck des Raumes (22) entweicht über die Entlüftung (20) ins Freie. Der Druck im Raume (23) stösst den Steuerkolben (2) sofort nach oben und öffnet das Abblasventil (24), womit die Druckluft mit den angesammelten Kondensaten über das schwach belastete Rückschlagventil und Schalldämpfer (26) ins Freie strömt. Gleichzeitig schliesst das Rückschlagventil (13) und sichert den Bremsluftbehälter ab. Der Kompressor arbeitet jetzt ins Freie.

Wenn durch Bremsungen der Druck im Luftbehälter und über die Bohrung (11) auch in der Membrankammer (9) um ca. $0,5 \text{ kg/cm}^2$ gesunken ist, vermag die Regulierfeder (6) die Membrane wieder nach oben zu stossen, wodurch die Feder im Steuerkolben (2) das Auslassventil (4) auch wieder schliessen kann. Über die Düse (3) baut sich der Druck im Raume (22) wieder auf. Bei Druckgleichheit in den Räumen (22 und 23) wird der Steuerkolben (2) unter der Wirkung seiner Rückstossfeder nach unten gestossen, womit er das Abblasventil (24) schliesst und der Kompressor den Luftbehälter wieder aufladet.

Figur 19 **Druckregler Beka RP 64**

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Kondensat-Abscheidekammer | 13 Rückschlagventil |
| 2 Steuerkolben | 14 Umstellhebel (zum Pneu pumpen) |
| 3 Düse (0,4 mm) | 15 Pneufüllanschluss |
| 4 Auslassventil | 16 Drehschieber |
| 5 Verbindungskanal vom Behälter- | 17 Verbindungskammer |
| anschluss zur Steuerkammer | 18 Druckstössel |
| 6 Regulierfeder | 19 Lufteintritt von Kompressor |
| 7 Sicherheitsventil | 20 Entlüftung |
| 8 Metall-Membrane | 21 Druck-Reguliermutter |
| 9 Membrankammer | 22 Steuerraum |
| 10 Speisebohrung | 23 Raum, vom Luftbehälter gespiesen |
| 11 Bohrung zur Membrankammer | 24 Abblasventil |
| 12 Bremsluftbehälteranschluss | 25 Luft-Umleitglocke |
| | 26 Schalldämpfer |



2. Frostschutzapparate

a. Aufgabe:

Der Frostschutzapparat hat die Aufgabe, durch Zerstäubung von Frostschutzmitteln den Gefrierpunkt des zwangsläufig in der Anlage auftretenden Kondensates herabzusetzen und somit Funktionsstörungen der Druckluftanlage infolge Eisbildung auszuschalten.

b. Beka AG 54

Arbeitsweise (Figur 20):

Bei jeder Bremsung wird eine gewisse Menge Frostschutzmittel *automatisch* in die Bremsanlage eingespritzt, wo sich dieses mit der Luft vermischt. Die Luft vom Kompressor tritt bei «A» ein, und der durch das Rückschlagventil (5) bewirkte Überdruck strömt durch das Düsenrohr (2) in das Frostschutzgefäß. Im Moment einer Bremsung fällt der Druck im Luftbehälter sowie vor dem Rückschlagventil im Kanal «A» zusammen. Der momentane Überdruck im Frostschutzgefäß bewirkt nun ein Hochsteigen von etwas Frostschutz durch das Steigrohr «3» oder «4» (je nach Niveau) in die vorbeiströmende Luft, welche diesen in fein zerstäubter Form den Ventilen und Luftkesseln zuführt. Das Rückschlagventil (5) verhindert das Entleeren des Hochdruckkessels beim Entfernen der Nachfüllschraube (1).

c. Westinghouse A 339 03 B (alte Ausführung)

Arbeitsweise (Figur 21):

Dieser Apparat hat drei Betriebsstellungen, die je nach Lufttemperatur am Handgriff (2) durch Drehen von 90° eingestellt werden müssen.

Unterste Stellung (a): Apparat ist ausgeschaltet, der Docht ist ausserhalb des Strömungskanals «A».

Mittlere Stellung (b): Einstellen bei Temperaturen um 0°. Der Docht ist um die halbe Kanalhöhe dem Luftstrom ausgesetzt und die Bremsanlage erhält nur wenig Frostschutz.

Oberste Stellung (c): Bei sehr kalter Witterung. Der Docht ist nun dem vollen Luftstrom ausgesetzt und liefert mehr Frostschutz. Bei grosser Kälte und bevorstehender Parkierung im Freien *bei laufendem Motor ca. 20 Vollbremsungen machen.*

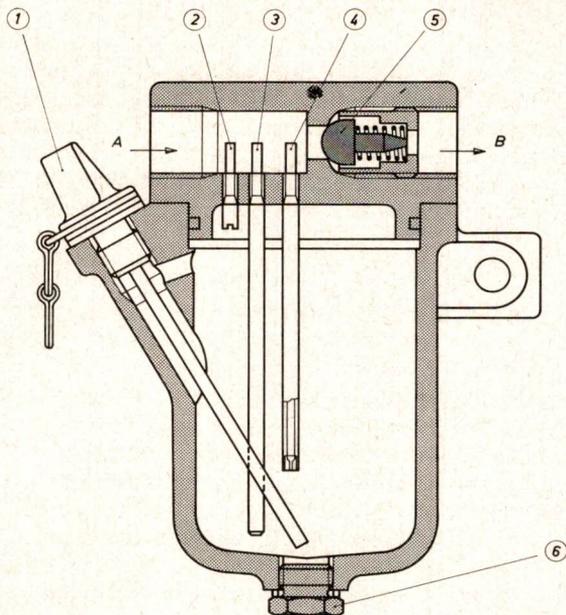
Es ist dabei zu beachten, dass nur bei ladendem Kompressor Luft durch den Frostschutzapparat strömt.

d. Westinghouse A 339 05 (neue Ausführung)

Dieser Frostschutzapparat arbeitet automatisch.

e. Nachfüllen von Frostschutz:

Beim Lösen der Einfüllschraube schliesst automatisch ein Ventil, das die Verbindung zwischen Luftkessel und Frostschutzgefäß unterbricht. Diese Einrichtung ersetzt das Rückschlagventil der andern Frostschutzapparate.

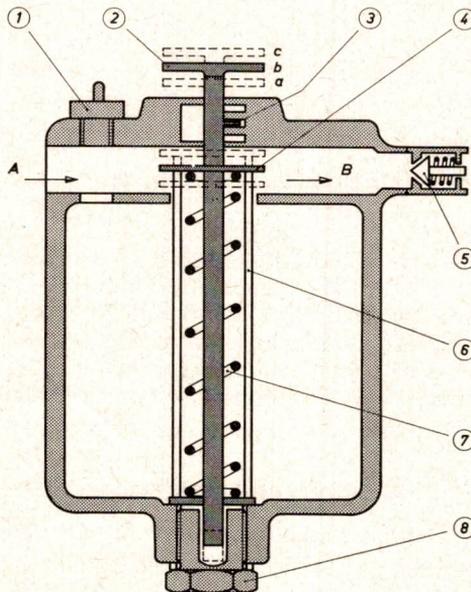


Figur 20

**Frostschutzapparat
Beka AG 54**

- 1 Nachfüllschraube
- 2 Düsenrohr
- 3 langes Steigrohr
- 4 kurzes Steigrohr
- 5 Rückschlagventil
- 6 Ablassschraube

A Anschluss vom Kompressor
B Anschluss zum Hochdruckkessel



Figur 21

**Frostschutzapparat
Westinghouse A 339 03 B**

- 1 Nachfüllschraube
- 2 Verstellhandgriff
- 3 Arretierstift mit 3 Stufen
- 4 Docht in Mittelstellung
- 5 Rückschlagventil
- 6 Docht (Textil)
- 7 Feder
- 8 Ablassschraube

A Anschluss vom Kompressor
B Anschluss zum Hochdruckkessel
a Ausschaltstellung
b Mittelstellung
c oberste Stellung

3. Druckreduzierventile

a. Aufgabe:

Bei Lastwagen mit Hoch- und Niederdruckkessel wird das Druckreduzierventil zwischen diese geschaltet, um den hohen Druck von z. B. 10 atü zu reduzieren. Es findet speziell da Verwendung, wo beim Bremsen grosse Luftmengen nötig sind, wie z. B. bei Anhängerzügen, damit eine rasche Nachladung aus dem Hochdruckkessel zu dem Betriebskessel gewährleistet ist.

b. Druckreduzierventil Beka SRS 27-2 (Bild: Ventil geschlossen)

Arbeitsweise (Figur 22):

Ist der Betriebsdruck in der Niederdruckanlage gesunken, so ist auch der Druck bei Anschluss «B» und über Bohrung (4) im Hohlkolben (7) auf gleiche Höhe abgesunken. Die Feder (8) drückt nun den Hohlkolben (7) nach oben und hebt auch den Auflagering (5) von der Manschette (6) ab, so dass die Luft vom Anschluss «A» (Hochdruck) zum Anschluss «B» (Niederdruck) strömen kann. Ist der eingestellte Niederdruck erreicht, wird der Hohlkolben (7) mit dem Auflagering (5) entgegen der Feder (8) nach unten gestossen, wodurch das Ventil geschlossen und ein weiteres Durchströmen der Luft verhindert.

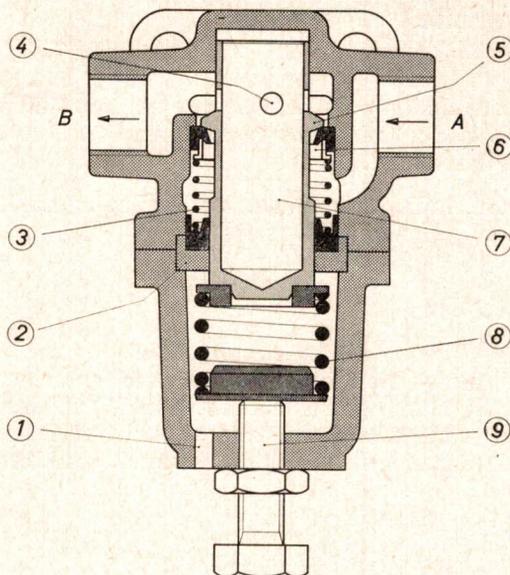
c. Druckreduzierventil Westinghouse A 316 (Bild: Ventil geöffnet)

Arbeitsweise (Figur 23):

Die dem Druckreduzierventil bei «A» zugeführte Luft strömt, solange der eingestellte Druck noch nicht erreicht ist, frei in die Kammer «B» (Niederdruck) und zugleich durch die Düse (3) auf die Membrane (6). Diese senkt sich durch den in Kammer «B» steigenden Druck nach unten, gegen die Regulierfeder (7). Das Ventil (5) folgt nach und schliesst Kammer «B» gegen Kammer «A» ab. Ist der Druck in Kammer «B» höher als der eingestellte Druck, so senkt sich die Membrane (6) mit der Kolbenstange weiter, welche sich vom Ventil (5) löst und die Entlüftung der Kammer «B» öffnet über die Kolbenhohlstange (2) und Entlüftungsbohrung (1). Die Luft strömt somit aus der Kammer «B» ins Freie bis der eingestellte Druck erreicht ist.

d. Regulierung der Druckreduzierventile Beka und Westinghouse

Mittels Regulierschraube (9/8) kann durch Veränderung der Vorspannung von Feder (8/7) der gewünschte Niederdruck eingestellt werden. Anziehen der Schraube = Druckerhöhung.

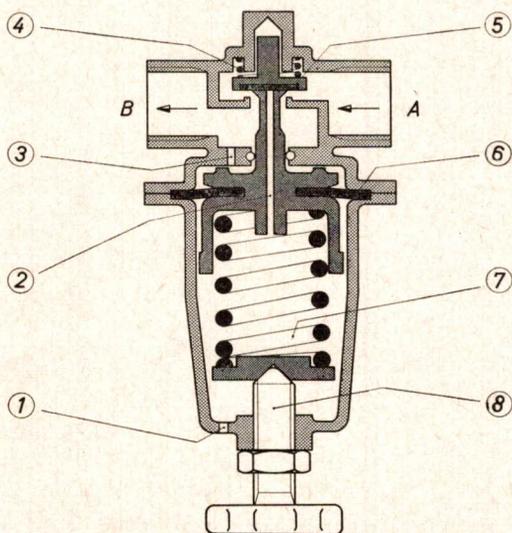


Figur 22

**Druckreduzierventil
Beka SRS 27-2**

- 1 Entlüftung
- 2 untere Kolbenmanschette
- 3 Manschettenfeder
- 4 Kolbenbohrung
- 5 Auflagering zu Ventil
- 6 Manschette zu Ventil
- 7 Hohlkolben
- 8 Regulierfeder
- 9 Regulierschraube

A Anschluss Hochdruck
B Anschluss Niederdruck



Figur 23

**Druckreduzierventil
Westinghouse A 316**

- 1 Entlüftung
- 2 Kolbenstange mit
Entlüftung
- 3 Düsenkanal
- 4 Ventillfeder
- 5 Ventil
- 6 Membrane
- 7 Regulierfeder
- 8 Regulierschraube

A Anschluss Hochdruck
B Anschluss Niederdruck

4. Drucksicherungsventile

a. Aufgabe:

Das Drucksicherungsventil sichert dem Zugwagen eine Bremsluftreserve beim Platzen oder Abreißen der Anhängerspeiseleitung. Es wird oft auch als Rohrbruchsicherung bezeichnet.

Der gesicherte Kesseldruck im Zugwagen kann am Ventil eingestellt werden und beträgt ca. 3,5 atü (Fabrikeinstellung).

b. Arbeitsweise (Figuren 24 und 25):

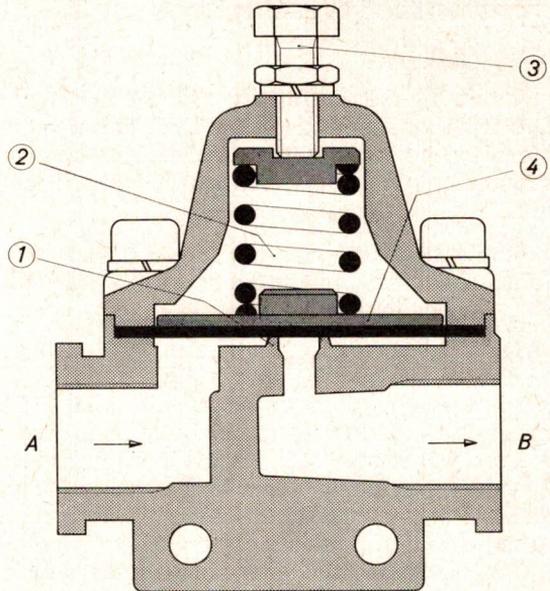
Steigt der Eingangsdruck bei «A» auf den Öffnungsdruck von ca. 3,7 atü, hebt sich der Kolben respektive die Membrane (4) vom Ventileinsatz ab und gibt den Durchgang in Richtung «B» frei. Das Ventil (1) schliesst erst wieder, wenn der Eingangsdruck bei «A» und somit auch auf Kolben respektive Membrane (4) auf den eingestellten Schliessdruck gesunken ist.

Legende zu den Figuren 24 und 25

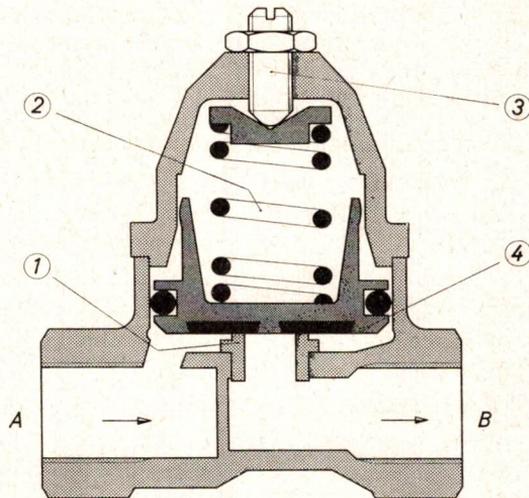
- 1 Ventilsitz
- 2 Ventilsfeder
- 3 Einstellschraube
- 4 Membrane bzw. Kolben

A Eingang vom Zugwagenkessel

B Zur Abzweigung Anhängerspeiseleitung und Anhängersteuerventil



Figur 24 Drucksicherungsventil Beka AV 53-2



Figur 25 Drucksicherungsventil Westinghouse A 317 09

5. Überströmventile (Westinghouse A 302 und Beka UV 3)

a. Aufgabe:

Überströmventile mit Rückströmung gelangen dort zur Anwendung, wo mehrere Druckluftbehälter angeordnet sind, beispielsweise ein Hauptluftbehälter für die Bremsanlage, ein zweiter Luftbehälter für die Speisung von Hilfsapparaten wie pneumatische Türöffner, Scheibenwischer und dergleichen.

Überströmventile bewirken das rasche Auffüllen eines Druckbehälters (rasche Fahrbereitschaft), bevor die anderen Behälter aufgefüllt werden.

b. Arbeitsweise (beide Typen) (Figuren 26 und 27):

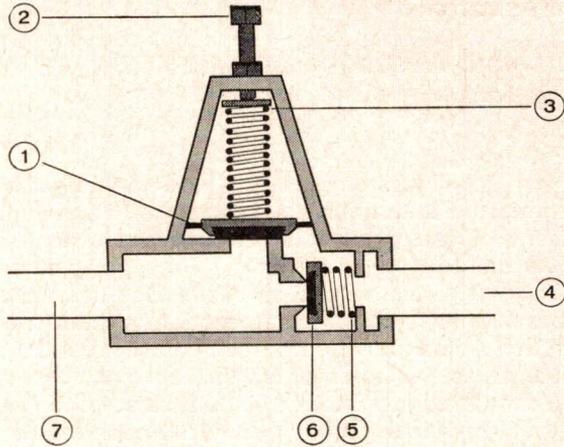
Das Überströmventil wird so zwischen die beiden Behälter eingebaut, dass die Leitung (4) mit dem Hauptbehälter, die Leitung (7) mit dem Hilfsbehälter in Verbindung steht. Sind beide Behälter leer, so sind auch beide Ventile (1 und 6) geschlossen. Der Kompressor füllt also vorerst nur den Haupt-Luftbehälter, welcher rasch seinen minimalen Betriebsdruck von ca. 3–4 kg/cm² erreicht. Sobald dies der Fall ist, öffnet sich das Membranventil (1) und der Hilfsluftbehälter wird ebenfalls aufgefüllt. Der Druck, bei welchem das Überströmen einsetzt, kann durch Veränderung der Vorspannung der Feder (3) mit Hilfe der Stellschraube (2) eingestellt werden.

Tritt in der Bremslage ein so grosser Luftbedarf auf, dass der Druck im Hauptluftbehälter unter denjenigen des Hilfsluftbehälters absinkt, so öffnet sich das Rückströmventil (6) und lässt Druckluft aus dem Hilfsluftbehälter in den Hauptluftbehälter zurückströmen. Bei grossem Luftbedarf steht somit immer der gesamte Druckluft-Vorrat beider Bremsluftbehälter zur Verfügung.

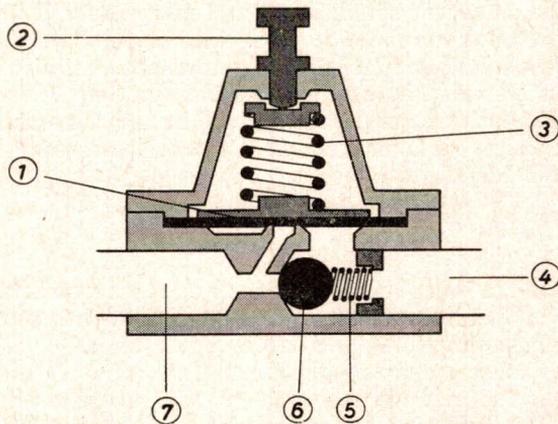
Beide Überströmventile arbeiten nach dem gleichen Prinzip.

Legende zu den Figuren 26 und 27

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| 1 Membranventil | 5 Druckfeder |
| 2 Einstellschraube | 6 Rückströmventil |
| 3 Druckfeder | 7 Zuleitung, Hilfsluftbehälter |
| 4 Druckleitung, Hauptluftbehälter | |



Figur 26 **Überströmventil Westinghouse A 302**



Figur 27 **Überströmventil Beka UV 3**

6. Führerbremssventile

a. Führerbremssventil Westinghouse A 319

Arbeitsweise (Figur 28):

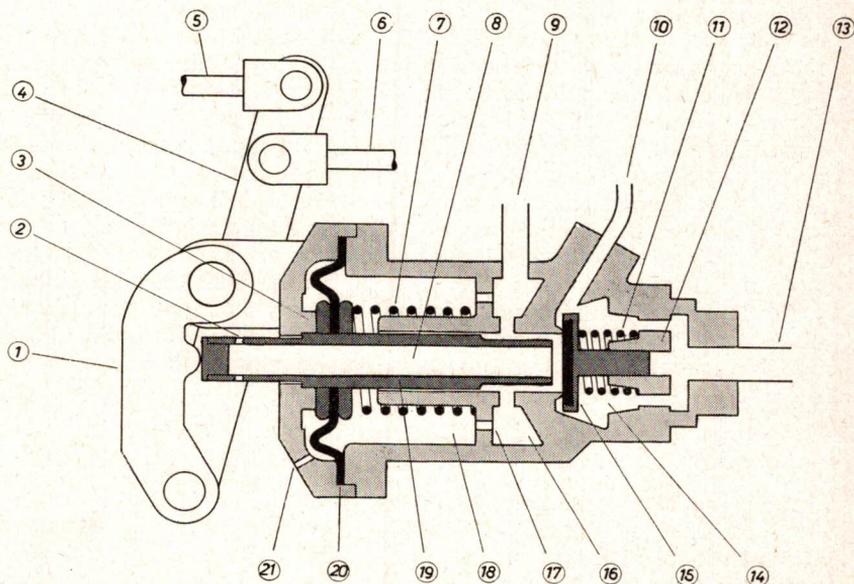
– Bremsen :

Beim Betätigen des Fussbrems-Pedals wird die Zugstange (5) nach links gezogen, desgleichen auch die Zugstange (6), welche zum druckluft-hydraulischen Bremsapparat oder zum mechanischen Bremsgestänge weiterführt. Da die Zugstange (6) dieser Bewegung einen bestimmten Widerstand entgegengesetzt, wird diese beim Betätigen des Fussbrems-Pedals nur beschränkt nach links mitgezogen, so dass sich der Gabelhebel (4) um den Anlenkpunkt der Zugstange (6) dreht. Das untere Gelenk des Gabelhebels (4) bewegt sich deshalb nach rechts. Der Betätigungsnocken des Betätigungshebels (1) drückt auf den Anschlagpilz der Kolbenstange (19), welche dadurch ebenfalls nach rechts bewegt wird. Dadurch wird zuerst die Bohrung (8) in der Kolbenstange (19) geschlossen, dann das Ein- und Auslassventil (15) von seinem Sitz abgehoben. Aus der Leitung (13) kann nun Druckluft durch die Ventilkammer (14) am geöffneten Ventil (15) vorbei, in die zum Bremsapparat bzw. den Radbremszylindern führende Leitung (9) einströmen. Der Bremsdruck, welcher der Leitung (9) zugeführt wird, tritt durch die Bohrung (17) auch in die Reaktionskammer (18) über und beaufschlagt die Reaktionsmembrane (20). Durch das Ansteigen des Bremsdruckes in der Reaktionskammer (18) wird eine Kraft auf die Membrane ausgeübt, welche der Betätigungskraft des Fahrers entgegenwirkt. Entspricht die Kraft des auf die Membrane wirkenden Druckes derjenigen vom Betätigungshebel (1) ausgeübten Kraft, so wird die Kolbenstange (19) so weit nach links geschoben, bis beide Ventile schliessen. Ein weiteres Nachfüllen von Druckluft aus dem Behälter in die Leitung (9) wird dadurch unterbrochen. Der Bremsdruck in der Leitung (9) bleibt so konstant. Auf diese Weise wird erreicht, dass stets eine Proportionalität zwischen dem Bremsdruck in der Leitung (9) und der vom Fahrer ausgeübten Fusskraft besteht. Der Fahrer kann deshalb durch Verändern der auf das Pedal ausgeübten Kraft auch den Bremsdruck ständig variieren.

– Lösen :

Wenn keine Kraft mehr auf die Kolbenstange (19) ausgeübt wird, werden Membrane (20) und Kolbenstange (19) unter dem Einfluss der Druckluft in der Reaktionskammer (18) und der Membranfeder (7) völlig nach links gegen den Gehäuse-Anschlag gedrückt. Das Ventil (15) schliesst das Gehäuse ab und öffnet die Bohrung (8) der Kolbenstange (19). Die Bremsleitung (9) kann sich nun durch den Entlüftungskanal (8) und die Entlüftungsbohrungen (2) entleeren und die Bremse wird gelöst.

Das Führerbremsventil A 319 funktioniert prinzipiell gleich wie die Ventile A 233 und A 295. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die Reaktion des Bremsdruckes nicht über eine Kolbenmanschette, sondern über eine Membrane der Kraft des Fahrers entgegenwirkt.



Figur 28 Führerbremsventil Westinghouse A 319

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1 Betätigungshebel | 11 Ventulfeder |
| 2 Entlüftung | 12 Ventulführung |
| 3 Anschlag | 13 Anschluss Druckluftbehälter |
| 4 Gabelhebel | 14 Ventilkammer |
| 5 Zugstange Fussbremspedal | 15 Ein- und Auslassventil |
| 6 Zugstange druckluft-hydr. Hauptbremszylinder (Bremsapparat) | 16 Bremsdruckkammer |
| 7 Membranfeder | 17 Bohrung |
| 8 Entlüftungskanal | 18 Reaktionskammer |
| 9 Bremsleitung | 19 Kolbenstange |
| 10 Anschluss Manometer Behälterdruck | 20 Reaktionsmembrane |
| | 21 Entlüftung |

b. Führerbremssventil Westinghouse A 233 und Beka SD 51

Arbeitsweise (Figuren 29 und 30):

– **Bremse gelöst:**

Bei gelöster Bremse wird keine Kraft auf den Bremsventil-Hebel (1) ausgeübt. Der Kolben (2) wird von der Kolbenfeder (4) nach links gedrückt. Das Auslassventil (12) ist geöffnet, das Einlassventil (11), ein Stück mit dem Auslassventil (12), geschlossen. Aus der Speiseleitung (9) ist die Füllkammer (10) mit Druckluft ausgefüllt. Das an Leitung (7) angeschlossene Manometer zeigt den im Hauptbehälter herrschenden Luftdruck an.

– **Bremsen:**

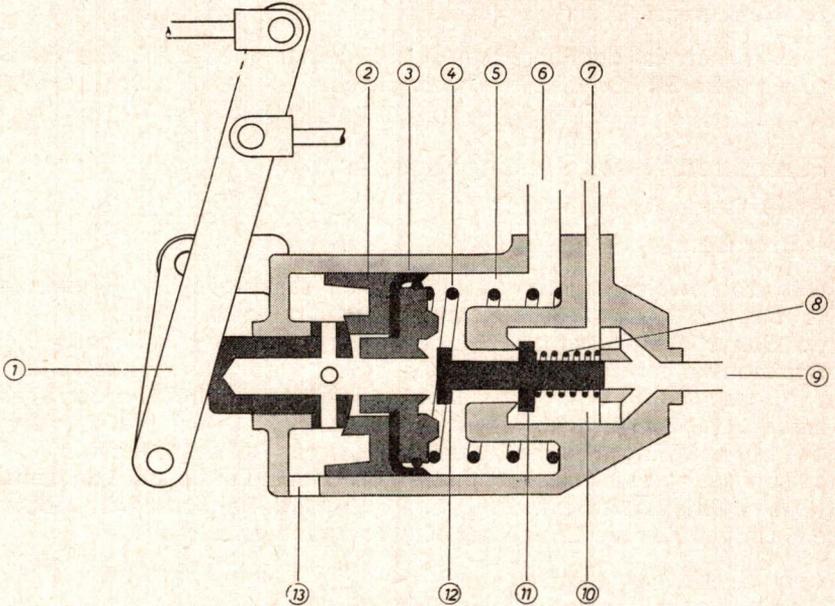
Über Bremspedal und Bremsgestänge wird auf den Bremshebel (1) eine Kraft ausgeübt, durch welche der Kolben (2) gegen die Kraft der Kolbenfeder (4) nach rechts verschoben wird. Hierbei kommt der Kolben (2) zuerst in Kontakt mit dem Auslassventil (12), wodurch die Verbindung der Luftkammer (5) mit der Entlüftung (13) abgesperrt wird. Bei weiterem Ansteigen der auf den Hebel (1) wirkenden Kraft wird der Kolben (2) weiter nach rechts verschoben und öffnet das Einlassventil (11). Dadurch kann Druckluft aus der Füllkammer (10) in die Luftkammer (5) und damit auch in die Leitung (6) zur Zugwagenbremse eintreten und versucht den Kolben (2) nach links zu verschieben. Die so erzeugte Reaktionskraft wirkt der vom Führer aufgebrauchten Betätigungskraft entgegen. Je höher der Luftdruck in der Kammer (5) ansteigt, um so stärker muss das Bremspedal niedergedrückt werden. Der Fahrer weiss deshalb wie stark er bremst.

– **Lösen:**

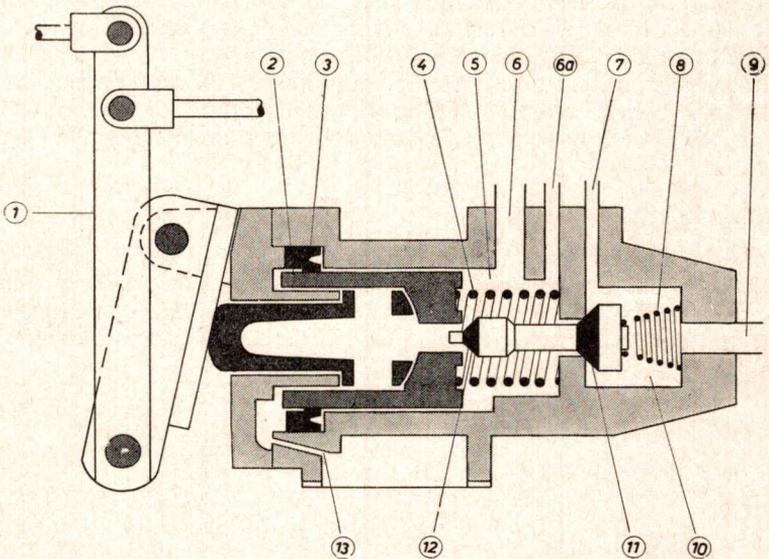
Sobald das Bremspedal entlastet ist, wird der Kolben (2) unter dem Einfluss des Druckes und der Kolbenfeder (4) wieder nach links verschoben. Hierbei schliesst sich zuerst das Einlassventil (11), so dass keine weitere Druckluft aus der Füllkammer (10) in die Kammer (5) überströmen kann. Der Kolben hebt sich auch vom Auslassventil (12) ab, so dass die in der Luftkammer (5) und in der Leitung (6) befindliche Druckluft durch die hohle Kolbenstange (2) und die Entlüftung (13) entweichen kann.

Legende zu Figur 29 und 30

1 Bremsventilhebel	7 Manometeranschluss Luftbehälter
2 Reaktionskolben	8 Ventildfeder
3 Manschette	9 Speiseleitung, Anschluss Behälter
4 Kolbenfeder	10 Füllkammer
5 Luftkammer	11 Einlassventil
6 Leitung zu Zugwagenbremse	12 Auslassventil
6a Manometeranschluss Bremsdruck	13 Entlüftung



Figur 29 Führerbremsventil Westinghouse A 233



Figur 30 Führerbremsventil Beka SD 51

Bemerkung:

Die Arbeitsweise der Führerbremssventile Westinghouse A 295 und A 319 sowie Beka SD 33.02 ist im Prinzip gleich.

c. Führerbremssventil Westinghouse A 131

Arbeitsweise (Figur 31):

– Bremsen:

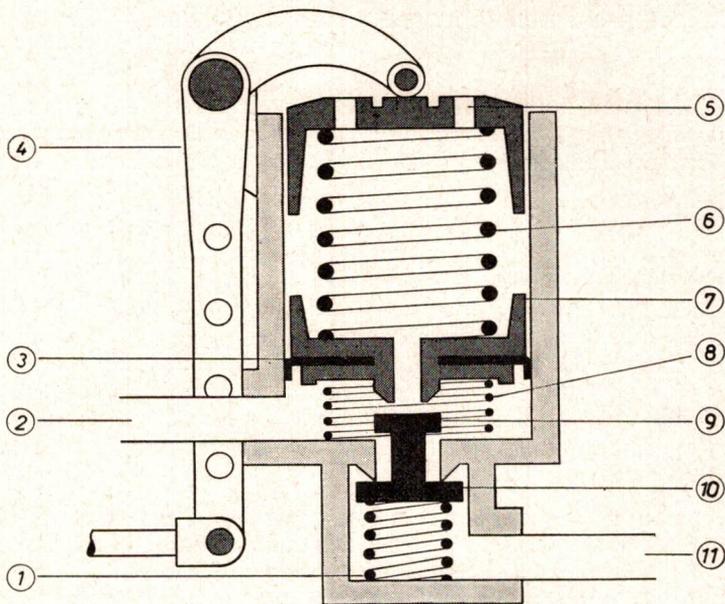
Die Arbeitsweise ist grundsätzlich gleich derjenigen der Führerbremssventile A 233 bzw. A 295. Durch die Betätigung des Bremspedals wird der Bremshebel (4) so gedreht, dass über Kolben (5) und Feder (6) der Reaktionskolben (7) nach unten gedrückt wird. Das Auslassventil (9) wird geschlossen und das Einlassventil (10) geöffnet. Von der Speisleitung (11) tritt Druckluft über die Leitung (2) zu den Radbremszylindern. Gleichzeitig wird die Manschette (3) des Reaktionskolbens (7) beaufschlagt, so dass auch hier mit zunehmendem Luftdruck in der Leitung (2) eine erhöhte Bremspedalkraft verlangt wird. Der Fahrer hat wiederum das Gefühl über die Grösse der eingeleiteten Bremsung.

– Lösen:

Bei Freigabe des Bremspedals und damit des Bremshebels (4) wird der Reaktionskolben (7) durch die Rückholfeder (8) und durch den Luftdruck unter dem Reaktionskolben (7) nach oben geführt. Das Einlassventil (10) schliesst und das Auslassventil (9) öffnet. Die zu den Radbremszylindern führende Leitung (2) wird durch die Bohrung in der Mitte des Reaktionskolbens (7) und diejenigen des Kolbens (5) entleert.

Bemerkung:

Die Arbeitsweise des neueren Führerbremssventils A 294 entspricht im Prinzip derjenigen des Ventils A 131, nur dass anstelle zweier zusammenhängender Ein- und Auslassventile (9 und 10) ein einziges Doppelventil tritt und der Kolben (5) wegfällt, wobei der Betätigungshebel direkt auf die Feder (6) drückt.



Figur 31 Führerbremsventil Westinghouse A 131

- | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Ventilfeder | 6 Druckfeder |
| 2 Luftaustritt (Zugwagenbremse) | 7 Reaktionskolben |
| 3 Kolbenmanschette | 8 Rückholfeder |
| 4 Bremshebel | 9 Auslassventil |
| 5 Kolben | 10 Einlassventil |
| | 11 Lufteintritt (Bremsluftbehälter) |