

d. Trittplatten-Führerbremssventil Westinghouse A 323

Aufgabe:

Das Trittplatten-Führerbremssventil wird dort verwendet wo Wert auf eine feinfühlige, aber trotzdem rasch ansprechende Bremse gelegt wird. Der notwendige, reduzierte Pedaldruck bei einer Vollbremsung beträgt ca. 25 kg.

Arbeitsweise (Figur 32):

– Bremsen:

Durch das Niedertreten des Bremspedals (6) wird über die Reaktionsfeder (8) der Reaktionskolben (9) nach unten bewegt, so dass die Kolbenstange (10) auf dem Einlassventil (11) aufliegt und dadurch die Verbindung der Leitung (1) zum Bremszylinder mit der Aussenluft unterbrochen wird.

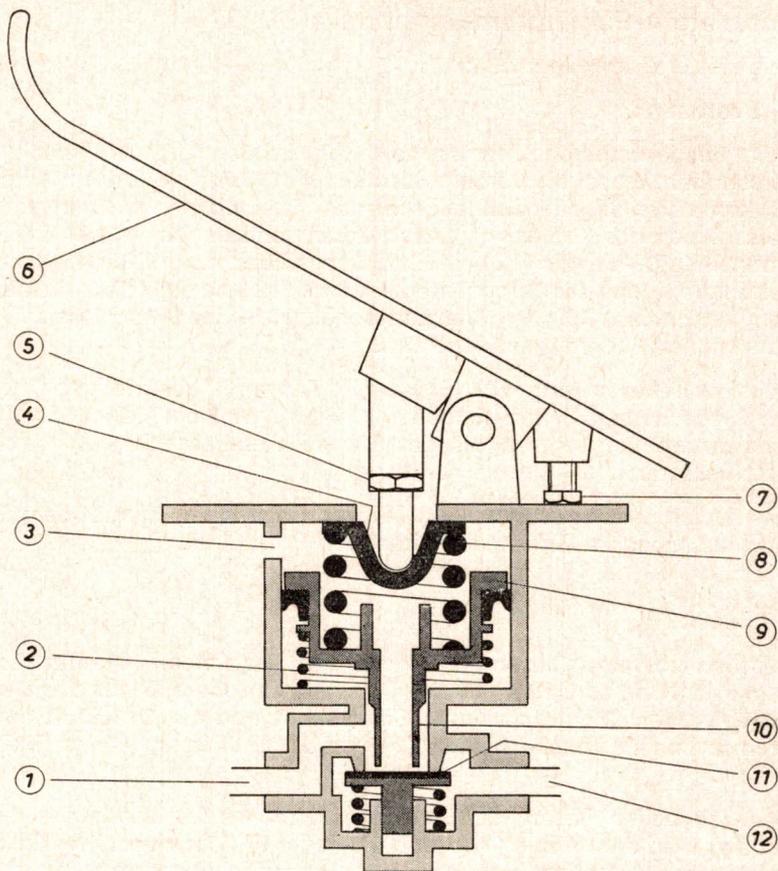
Bei weiterem Niedertreten des Pedals wird das Einlassventil (11) von seinem Sitze abgehoben, und die Druckluft strömt von der Leitung (12) über die Leitung (1) zu den Bremszylindern. Gleichzeitig wird aber auch die Unterseite des Reaktionskolbens (9) beaufschlagt, so dass sich dieser nach oben bewegt und dadurch die Reaktionsfeder (8) komprimiert. Diese auf das Pedal (6) wirkende Gegenkraft verlangt mit zunehmendem Druck in der Leitung (1) auch einen erhöhten Pedaldruck und gibt so dem Fahrer das Gefühl für die Stärke des eingeleiteten Bremsvorganges.

– Lösen:

Beim Loslassen des Bremspedals wird der Reaktionskolben (9) durch die sich unter ihm befindliche Druckluft in Verbindung mit der Rückholfeder (2) nach oben bewegt. Das Einlassventil (11) schliesst, und die hohle Kolbenstange (10) wird vom Ventilsitz abgehoben, so dass die Leitung (1) zum Bremszylinder durch deren Bohrung und die Entlüftungsschlitze entleert wird.

Einstellung der Trittplatte:

Die Neigung der Trittplatte wird normalerweise auf 20° eingestellt. Sie kann jedoch durch Verstellen von Stößel (5) und Stellschraube (7) geändert werden. Beim Nachstellen der Stellschraube (7) muss darauf geachtet werden, dass etwas freies Spiel zwischen Stößel (5) und Federteller (4) vorhanden ist, damit sich der Federteller (4) mit Sicherheit am oberen Anschlag befindet.



Figur 32 Trittplatten-Führerbremsventil Westinghouse A 323

- | | |
|---------------------------|-------------------------------------|
| 1 Leitung (Bremszylinder) | 7 Stellschraube |
| 2 Rückholfeder | 8 Reaktionsfeder |
| 3 Entlüftungsschlitz | 9 Reaktionskolben |
| 4 Federteller | 10 Kolbenstange |
| 5 Stößel | 11 Einlassventil |
| 6 Pedal (Trittplatte) | 12 Speiseleitung (von Luftbehälter) |

e. Trittplatten-Führerbremssventil Beka SD 53

Arbeitsweise (Figur 33):

– **Bremsen:**

Beim Niedertreten des Bremspedals (6) wird der Kolben (4) nach unten verschoben, wobei die vordere Stirnfläche in Kontakt mit der Manschette (3) kommt, so dass die Schnellöseöffnung geschlossen ist. Beim weiteren Verschieben des Kolbens (4) nach unten schliesst der obere Konus des Doppel-Kegel-Ventils (12) die Entlüftungsöffnung ab. Gleichzeitig öffnet der untere Konus das Doppel-Kegel-Ventil (12), so dass die Druckluft aus dem Anschluss (11) des Bremsluftbehälters in den Anschluss (1) nach den Bremszylindern gelangen kann.

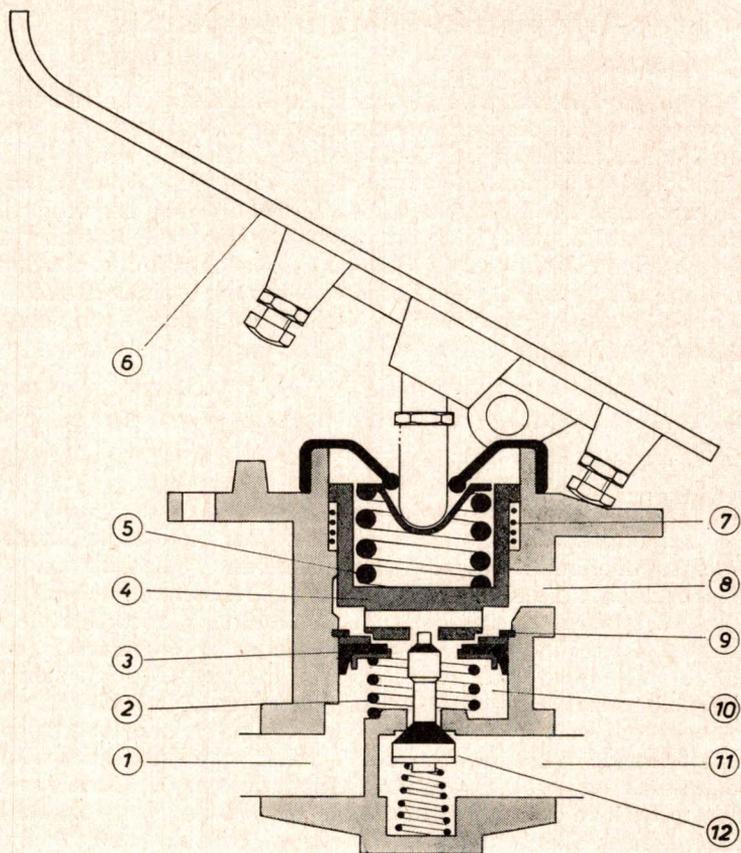
Bei einer Teilbremsung wirkt die sich im Raum (10) befindliche Druckluft auf Manschette (3) und Kolben (4). Dabei wird die Regelfeder (5) so weit zusammengepresst, bis das Doppel-Kegel-Ventil (12) beidseitig geschlossen ist.

Das Zusammenspiel von Kolben (4) und Regelfeder (5) gibt dem Fahrer ein Mass über die Grösse der wirkenden Bremskraft.

– **Lösen:**

Beim stufenweisen Lösen der Bremse geht der Kolben (4) entsprechend dem Pedalweg so weit nach oben, bis sich der obere Konus des Doppel-Kegel-Ventils (12) von seinem Sitz abhebt und die Druckluft aus den Bremszylindern über Anschluss (1) und die Entlüftung (8) ins Freie entweicht.

Beim schnellen Lösen der Bremse (plötzliches Loslassen des Bremspedals) wird der Kolben (4) durch die Feder (7) nach oben gedrückt. Die Manschette (3) stützt sich jedoch auf dem Sicherungsring (9) ab, und die Druckluft strömt direkt zwischen Manschette (3) und Kolben (4) über die Entlüftung ins Freie.



Figur 33 Trittplatten-Führerbremsventil Beka SD 53

- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 Anschluss (Bremszylinder) | 7 Kolbenfeder |
| 2 Manschettenfeder | 8 Entlüftung |
| 3 Manschette | 9 Innen-Sicherungsring |
| 4 Kolben | 10 Druckkammer |
| 5 Regelfeder | 11 Anschluss (Bremsluftbehälter) |
| 6 Bremspedal (Trittplatte) | 12 Doppelkegel-Ventil |

7. Zweikreis-Trittplatten-Führerbremventile

a. Allgemeines:

Das Zweikreis-Trittplattenventil dient zur Steuerung von reinen Druckluftbremsen, wobei die gesamte Bremsanlage in zwei voneinander getrennte Kreise aufgeteilt ist. Bedingung ist, dass die beiden Druckluftbehälter gegeneinander mit Rückschlagventilen abgesichert sind. Durch die Anwendung der Zweikreis-Trittplattenventile wird der doppelte Füllquerschnitt und zugleich eine entsprechend kürzere Füllzeit der Bremszylinder erreicht. Der eine Kreis weist gegenüber dem andern druckmässige Voreilung auf. Ausserdem ergibt die Trennung beider Kreise erhöhte Sicherheit, indem bei Ausfall eines Kreises der andere noch voll arbeitsfähig bleibt.

b. Zweikreis-Trittplatten-Führerbremventil Westinghouse A 359

Arbeitsweise (Figur 34):

– Bremsen:

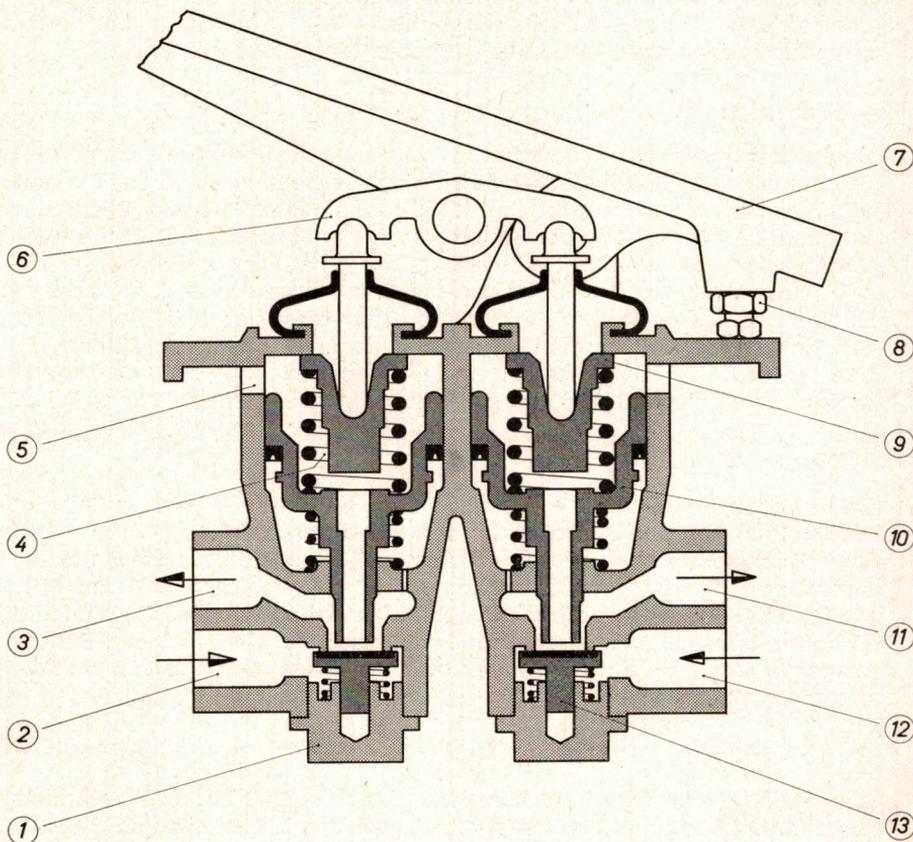
Bei Betätigung der Trittplatte (7) werden über die Ausgleichwaage (6) und die Regulierfedern (4) die Reaktionskolben (10) nach unten bewegt, so dass zunächst die unteren Enden der Kolbenstangen auf die Doppelventile (13) aufstossen und dadurch die Entlüftung abschliessen. Infolge ungleicher Hebellänge der Ausgleichwaage (6) wird beim weiteren Durchtreten der Trittplatte zunächst das Einlassventil des ersten Kreises (Hinterradbremse) geöffnet und damit gebremst. Der in den Bremszylindern des ersten Kreises und damit unter Reaktionskolben des ersten Kreises sich aufbauende Druck bewirkt über Ausgleichwaage (6) das Öffnen des Einlassventils des zweiten Kreises (Vorderradbremse). Der in den Bremszylindern des zweiten Kreises und damit auch unter Reaktionskolben des zweiten Kreises sich aufbauende Druck wirkt zusammen mit dem Druck unter Reaktionskolben des ersten Kreises über die Federn (4) als Reaktionskraft auf die Trittplatte. Sobald zwischen dieser Reaktionskraft und der Betätigungskraft auf die Trittplatte Gleichgewicht herrscht, haben die Einlassventile (13) die Abschlussstellung erreicht, wobei Ein- und Auslassventile geschlossen sind. Die druckmässige Voreilung des ersten Kreises gegen den zweiten Kreis beträgt ca. 0,2 atü. Bei Vollbremsung sitzen die Federteller (9) auf den Reaktionskolben (10) auf, so dass die Einlassventile (13) zwangsläufig offengehalten bleiben und sich somit der volle Behälterdruck auf die Bremszylinder auswirken kann.

– Lösen:

Beim Entlasten der Trittplatte heben sich die Kolbenstangen von den Einlassventilen (13) ab. Die Entlüftung der Bremszylinder erfolgt durch die hohlen Kolbenstangen und die Entlüftungsschlitze (5) ins Freie.

Regulierung:

Die Stellschraube (8) dient zur Einstellung des Spieles zwischen Ausgleichwaage und Stößel und muss normalerweise nicht verstellt werden. Man achte darauf, dass die Trittplatte frei bis zur Vollbremsstellung bewegt werden kann. Dies kann am Manometer kontrolliert werden, indem der Bremsdruck gleich hoch sein muss wie der des Druckluftbehälter s



Figur 34 Zweikreis-Trittplatten-Führerbremsventil Westinghouse A 359

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1 Verschraubung zu Primärventil | 8 Anschlag-Stellschraube |
| 2 Anschluss Druckluftbehälter Kreis 2 | 9 Federtellereinsatz |
| 3 Anschluss Bremszylinder Kreis 2 | 10 Reaktionskolben |
| 4 Bremsregulierfeder | 11 Anschluss Bremszylinder Kreis 1 |
| 5 Entlüftungsbohrung | 12 Anschluss Druckluftbehälter Kreis 1 |
| 6 Ausgleichswaage | 13 Doppelventil |
| 7 Trittplatte | |

c. Zweikreis-Trittplatten-Führerbremventil, Beka SD 62

Arbeitsweise (Figur 35):

– **Bremse gelöst:**

Vom Druckluftbehälter strömt die Luft über die Anschlüsse (3a und 3b) vor die Einlassventile (2) und unterstützt die Kraft deren Schliessfedern. Die Drücke in den Räumen (3a und 3b) entsprechen denjenigen der Luftbehälter und werden einerseits durch die Einlassventile (2) und andererseits durch die Manschetten (14) abgedichtet.

– **Bremsen:**

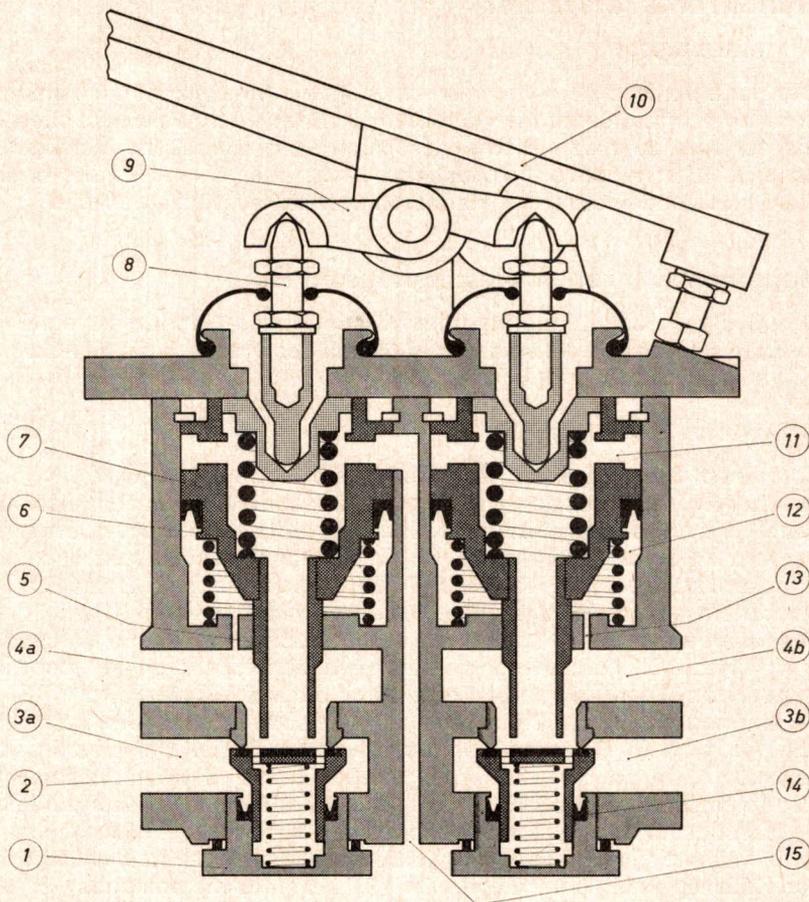
Beim Niedertreten der Trittplatte (10) wird über die Ausgleichswaage (9), Stössel (8) und Regulierfedern (6) die hohlen Reaktionskolben (7) nach unten bewegt, wobei die Hohlstössel (5) auf die Einlassventile (2) stossen und damit die Entlüftung der Radbremszylinder abschliessen. Durch weiteres Niedertreten werden die Einlassventile (2) durch die Hohlstössel (5) geöffnet, womit die Druckluft über die Anschlüsse (4a und 4b) zu den Radbremszylindern strömt. Gleichzeitig strömt diese durch die Bohrungen (13) in die Reaktionsräume (12) beaufschlagen die Reaktionskolben (7) und stellen dabei über dieselben und die Regulierfedern (6) eine Gegenkraft auf die Trittplatte (10) her, was zur Brems-Abschlussstellung führt.

– **Lösen:**

Beim Lösen der Bremse – entlasten der Trittplatte (10) – werden die Hohlkolben (7) vom Überdruck in den Reaktionskammern (12) und von ihren Rückstossfedern von den Ventilsitzen (2) abgehoben. Die Druckluft strömt von den Radbremszylindern über die Anschlüsse (4a und 4b), Hohlstössel (5) und -kolben (7), Entlüftungsbohrungen (11) und die Entlüftungskanäle (15) unten am Ventil ins Freie. Unten an den Entlüftungskanälen (15) sind Gewinde zur eventuellen Montage von Schalldämpfern angebracht.

Regulierung:

Die Stellung der Trittplatte kann mit der Anschlagschraube verändert werden. Dies bedingt aber ein erneutes, spielfreies Einstellen der Stössel (8).



Figur 35 Zweikreis-Trittplatten-Führerbremsventil, Beka SD 62

- | | | | |
|----|--|----|-----------------------------|
| 1 | Verschlusschraube zu Einlassventil | 6 | Bremsregulierfeder |
| 2 | Einlassventil (Doppelventil) | 7 | Reaktionskolben |
| 3a | Anschluss vom Behälter des Vorderachskreises | 8 | Stößel |
| 3b | Anschluss vom Behälter des Hinterachskreises | 9 | Ausgleichswaage |
| 4a | Anschluss zu den Radbremszylindern des Vorderachskreises | 10 | Trittplatte |
| 4b | Anschluss zu den Radbremszylindern des Hinterachskreises | 11 | Entlüftungsbohrungen |
| 5 | Hohlstößel des Reaktionskolbens | 12 | Reaktionsraum |
| | | 13 | Bohrung zum Reaktionsraum |
| | | 14 | Manschette zu Einlassventil |
| | | 15 | Entlüftungskanal |

8. Handbremsverstärker

a. Allgemeines:

Der Handbremsverstärker hat die Aufgabe, die Muskelkraft des Fahrers zu unterstützen und somit die Handbremse zur zweiten wirkungsvollen Betriebsbremse zu machen. Die gesetzlich vorgeschriebene Verzögerung kann bei Lastwagen ohne Verstärker nicht oder nur mit Mühe erreicht werden. Deshalb leistet der Handbremsverstärker wirksame Hilfe.

b. Handbremsverstärker Westinghouse 6 Hv

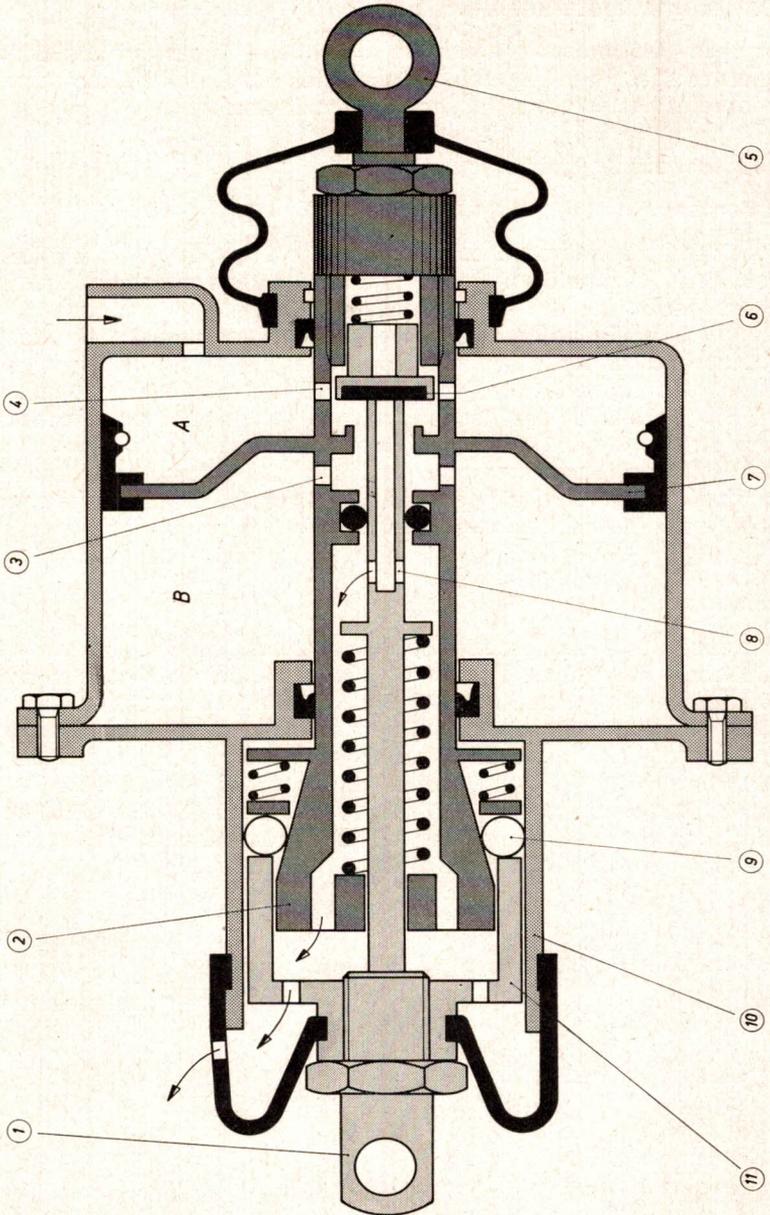
Das Gestänge bleibt innerhalb des Westinghouse-Handbremsverstärkers mechanisch verbunden, so dass bei Ausfall der Druckluft die Handbremse rein mechanisch wirksam bleibt.

Arbeitsweise (Figur 36):

Von einem besonderen Luftbehälter (siehe Figur 38) wird die Zylinderkammer A unter Druck gesetzt. Bei gelöster Handbremse ist das Abschlussventil (6) von seinem Sitz auf Kolben (7) abgehoben. Druckluft strömt durch die Bohrungen (4 und 3) in die Kammer B. Es herrscht also in den Kammern beidseitig des Kolbens (7) Druckgleichheit. Bei Betätigung der Handbremse wird die Zugstange (1) angezogen. Das Ventil (6) wird durch Federkraft auf seinen Sitz gepresst und unterbricht damit die Verbindung von A nach B. Durch weiteres Anziehen der Zugstange (1) hebt sich letztere vom Ventil (6) ab und gibt durch die Bohrungen (3) und (8) die Verbindung durch die Hohlwelle zur Atmosphäre frei. Die Kammer B entlüftet sich in Richtung der angedeuteten Pfeile. Der Überdruck in Kammer A drückt den Kolben (7) nach links und verstärkt somit die Handbremskraft. Sollte bei angezogener Handbremse durch irgendeinen Druckverlust die Verstärkerkraft nachgeben, so bewirkt die dadurch verursachte leichte Verschiebung der Kolbenstange nach rechts das Eingreifen der Rollensperre, indem die Rollen (9) auf dem Klemmkonus (2) auflaufen. Das Zahnsegment am Handbremshebel kann somit nicht überlastet werden. Zum Lösen der Handbremse ist in diesem Fall der Handbremshebel ruckartig zu bewegen. Dadurch werden über die Lösemuffe (11) die Rollen (9) aus der Klemmlage gestossen.

Legende zu Figur 36

- | | |
|--------------------------------|------------------------|
| 1 Zugstange von Handbremshebel | 8 Entlüftungsbohrungen |
| 2 Klemmkonus | 9 Klemmrollen |
| 3 Druckausgleichbohrung | 10 Führungszylinder |
| 4 Druckausgleichbohrung | 11 Lösemuffe |
| 5 Zugstange zu Bremswelle | |
| 6 Abschlussventil | A Bremsdruckkammer |
| 7 Reaktionskolben | B Entlüftungskammer |



Figur 36 Handbrensverstärker Westinghouse 6 Hv

c. Handbremsverstärker Beka SAF 57

Der Beka-Handbremsverstärker ist schwebend in das auf Zug wirkende Handbremsgestänge eingebaut. Bei Ausfall der Druckluft kann über den Handbremsverstärker mechanisch gebremst werden.

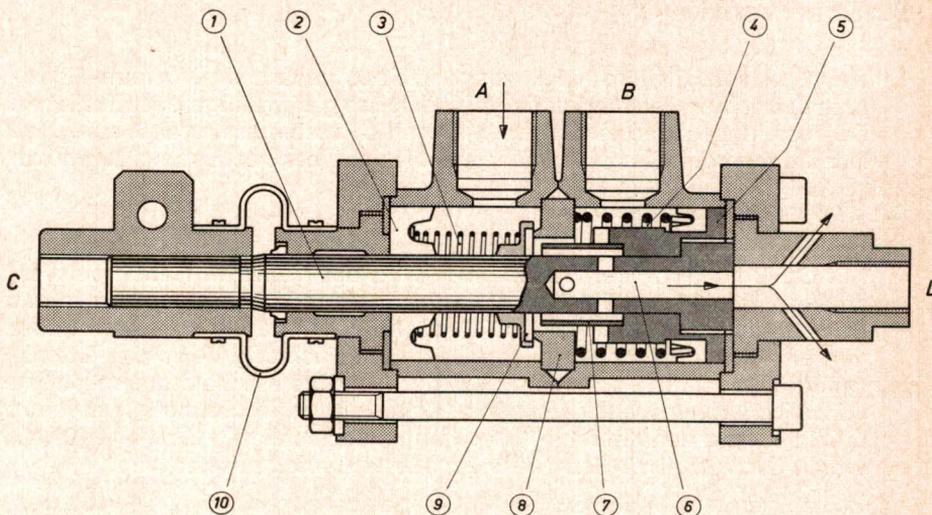
Arbeitsweise (Figur 37):

– Bremsen:

Von einem besonderen Luftbehälter (siehe Figur 40) wird die Luft bei Anschluss «A» zugeführt. Im Moment der Handbremsbetätigung wird bei «C» mechanisch an der Betätigungswelle (1) gezogen und somit die Entlüftungshülse (7) an das Doppelventil (9) herangezogen, um das Entlüftungsventil zu schliessen. Durch weiteres Ziehen der Betätigungswelle (1) wird das federbelastete Doppelventil (9) mittels der Entlüfterhülse (7) vom Sitz der Anschlagzwischenwand (8) weggestossen, wodurch die Druckluft von «A» und «B» in den Handbremszylinder strömen kann. Die Feder (3) hat die Aufgabe, einerseits das Ventil (9) zu belasten und andererseits den Dichtkolben (2) während des Verschiebens der Zugstange (1) fest auf seinem Anschlag zu halten.

– Lösen:

Beim Lösen des Handbremshebels wird die Zugstange (1) nach rechts verschoben, das Ventil (9) kommt wieder auf seinen Anschlag auf der Zwischenwand (8), wodurch «A» und «B» wieder getrennt werden. Beim weiteren Lösen der Zugstange (1) hebt sich die Entlüftungshülse (7) vom Doppelventil (9) ab, und der Arbeitsdruck kann vom Bremszylinder über «B», offene Hülse (7) und Entlüftungskanal (6) entweichen. Der Arbeitsweg der Staubmanschette (10) hängt vom Weg des Kolbens (5) ab und ist begrenzt vom Kolbenanschlag rechts bis zum Kolbenanschlag links an der Anschlagzwischenwand (8).



Figur 37 Handbremsverstärker Beka SAF 57

- 1 Betätigungswelle
 - 2 Dichtkolben
 - 3 Ventilsfeder
 - 4 Kolbenfeder
 - 5 Kolben (mechanisch gesteuert)
 - 6 Entlüftungskanal
 - 7 Entlüftungshülse
 - 8 Anschlagzwischenwand
 - 9 Ventil
 - 10 Staubmanschette
- A Anschluss von Handbremsluftbehälter
 B Anschluss zu Bremszylinder
 C mechanische Verbindung von Handbremshebe
 D mechanische Verbindung zu Bremswelle

9. Sperrventile

a. Aufgabe:

Das Sperrventil wird auf Fahrzeugen mit eingebautem Druckluft-Handbremsverstärker verwendet. Es verhindert das gleichzeitige Beaufschlagen der Fuss- und Handbremszylinder, wenn die Fussbremse bereits betätigt ist. Dadurch werden die mechanischen Teile vor einer Überlastung geschützt.

b. Sperrventil Beka SB 56-1

Arbeitsweise (Figur 38):

Mit der Betätigung der Handbremse wird das Ventil im Handbremsverstärker (Figur 40) geöffnet, und die Druckluft strömt bei Raum «B» in das Sperrventil, drückt den Kolben (1) nach oben, und die Luft strömt über den offenen Ventilsitz (2) in den Raum «C» Richtung Verstärker-Bremszylinder. Wird die Fussbremse vor der Handbremse betätigt, so strömt vom Führerbremventil ebenfalls Druckluft in Richtung Sperrventil, drückt bei «A» den Kolben (1) nach unten und schliesst das Ventil (2) ab, womit der Verstärker-Bremszylinder ausser Betrieb gesetzt wird.

Beim Sperrventil Beka SB 56-1 (Geländelastwagen 4,5 t, 4×4 Saurer/Berna) wird der Handbrems-Servozyylinder beim Lösen der Handbremse auch dann entlüftet, wenn die Fussbremse noch betätigt ist. Beim Loslassen des angezogenen Handbremshebels wird die Leitung bis zur Kammer «B» durch das Handbrems-Steuerventil entlüftet, wodurch sich das Ventil (3) öffnet und zugleich auch den Handbrems-Servozyylinder entlüftet (siehe Betriebsvorschriften des Fahrzeuges, Seite 63).

c. Sperrventil Westinghouse A 354

Arbeitsweise (Figur 39):

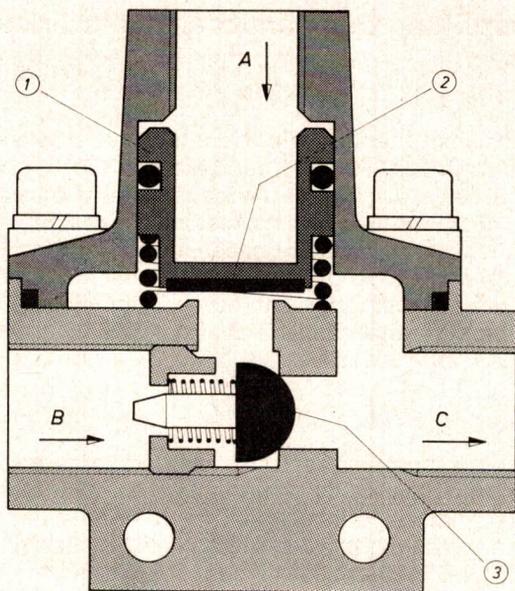
Bei gelöster Fussbremse steht der Handbremsluftbehälter (Figur 41) über das offene Ventil von «B» zu «C» mit dem Handbremsverstärker in Verbindung. Beim Betätigen der Fussbremse strömt Druckluft bei «A» auf den Reaktionskolben (2) und stösst diesen nach unten bis auf seinen Anschlag und schliesst den Durchgang von «B» zu «C», indem die Öffnungen der Führungshülse (4) geschlossen werden. Somit wird der Verstärker ausser Betrieb gesetzt. Wird bei angezogener Handbremse die Fussbremse gelöst, stösst der Druck des Handbremsluftbehälters auf Seite «B» den Reaktionskolben (2) wieder nach oben, und der Verstärker steht über das offene Ventil wieder unter Luftdruck.

Legende zu Figur 38 Beka SB 56-1

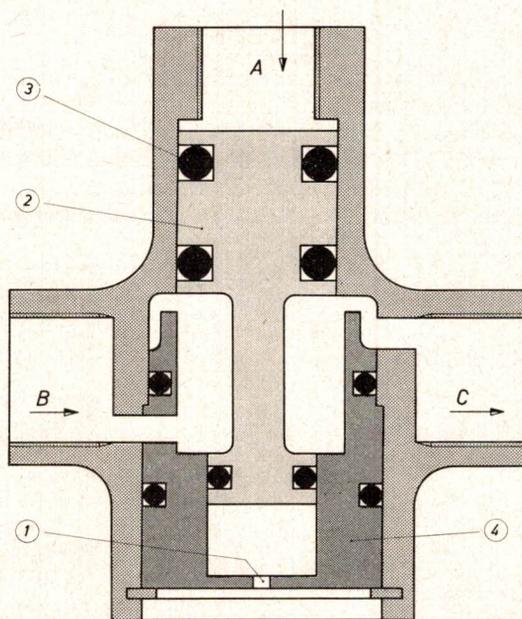
- 1 Reaktionskolben
- 2 Ventilsitz
- 3 Entlüftungsventil
- A Anschluss von Führerbremventil
- B Anschluss von Handbremsverstärker
- C Anschluss zu Bremszylinder

Figur 39 Westinghouse A 354

- 1 Bohrung für atm. Druckausgleich
- 2 Reaktionskolben
- 3 Dichtring
- 4 Führungshülse
- A Anschluss von Führerbremventil
- B Anschluss zu Handbremsluftbehälter
- C Anschluss zu Handbremsverstärker



Figur 38
Sperrventil
Beka SB 56-1



Figur 39
Sperrventil
Westinghouse A 354

10. Einbauzusammenstellung der Handbremsverstärker mit Sperrventilen

a. Allgemeines:

Die Anordnung der einzelnen Ventile wie Handbremsverstärker (6), Sperrventil (8) und Bremszylinder (10) sind bei Beka und Westinghouse unterschiedlich, obschon beide die gleiche Aufgabe zu erfüllen haben. Das SVG schreibt vor, dass der Handbremsverstärker einen separaten Luftbehälter (4) mit eigenem Manometer (5) haben muss. Das macht den Einbau eines Rückschlagventils (3) notwendig, damit der Handbremsverstärker auch dann noch funktioniert, wenn durch irgendeinen Defekt die Druckluft aus dem Hauptluftbehälter entweichen sollte. Die Ventile (2) dienen zum Ablassen des Kondenswassers.

b. Handbremsverstärkeranlage Beka

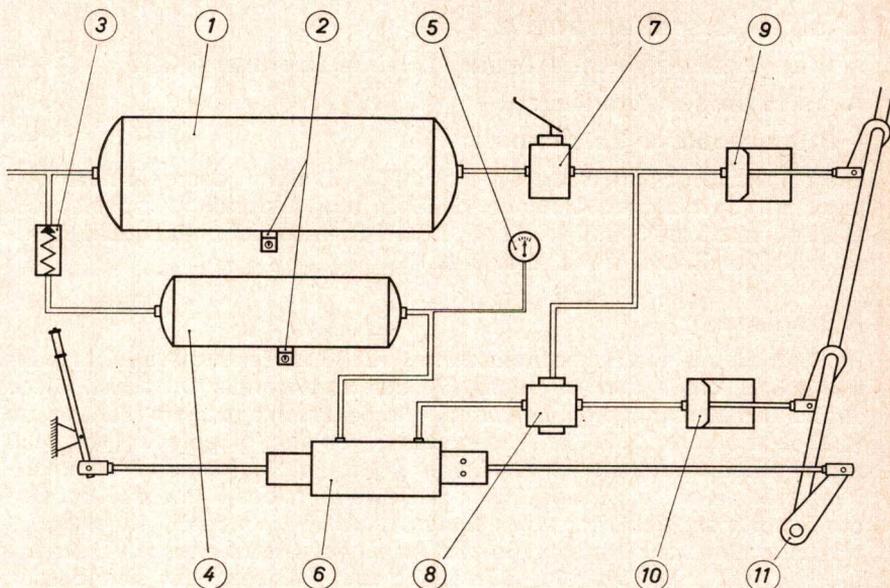
Der schwebend im Handbremsgestänge montierte Handbremsverstärker (6) bildet eine mechanische Einheit in der Anlage. Es besteht eine direkte mechanische Verbindung zum Handbremshebel (11). Arbeitsweise des Handbremsverstärkers siehe Abschnitt 8. Das Sperrventil (8) ist zwischen Handbremsverstärker (6) und Handbremszylinder (10) eingebaut (siehe Abschnitt 9).

c. Handbremsverstärkeranlage Westinghouse

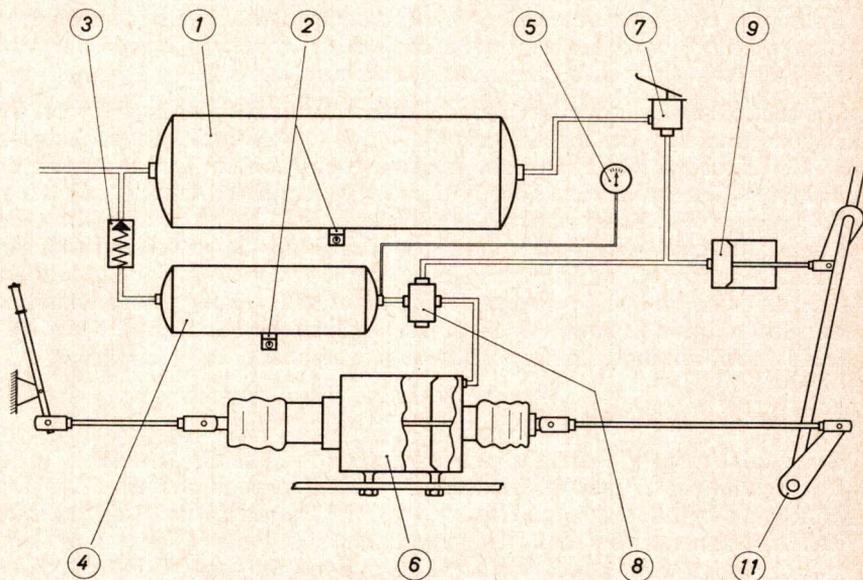
Der Handbremsverstärker (6) ist im Blockbau konstruiert, d. h. Verstärkerventil und Bremszylinder sind in einem Gehäuse untergebracht. Die Kraft des Verstärkers wirkt direkt auf die Bremswelle (11). (Arbeitsweise siehe Abschnitt 8.) Das Sperrventil (8) liegt zwischen Handbremsluftbehälter (4) und dem Verstärker (6). Die Zuleitung vom Führerbremsventil (7) dient zur Sperrung des Handbremsverstärkers. (Arbeitsweise des Sperrventils siehe Abschnitt 9.)

Legende für die Figuren 40 und 41

- 1 Hauptluftbehälter
- 2 Kondensablassventile
- 3 Rückschlagventil
- 4 Luftbehälter für Handbremsverstärker
- 5 Druckmanometer
- 6 Handbremsverstärker
- 7 Trittplattenventil
- 8 Sperrventil
- 9 Fussbremszylinder
- 10 Bremszylinder zu Handbremsverstärker
- 11 Handbremshebel mit Bremswelle



Figur 40 Handbremsverstärkeranlage Beka



Figur 41 Handbremsverstärkeranlage Westinghouse

11. Anhängersteuerventile

a. Anhängersteuerventil Westinghouse A 256 und A 296

Arbeitsweise (Figur 42):

– **Bremse gelöst (Zeichnung):**

Hierbei tritt Druckluft in die Speiseleitung (2) durch das geöffnete Einlassventil (3) in den zur Anhänger-Steuerleitung führenden Anschluss (4). Das separate Voreilventil wird bei gelöster Bremse nicht mit Druckluft beschickt (Voreilventil siehe Abschnitt 12).

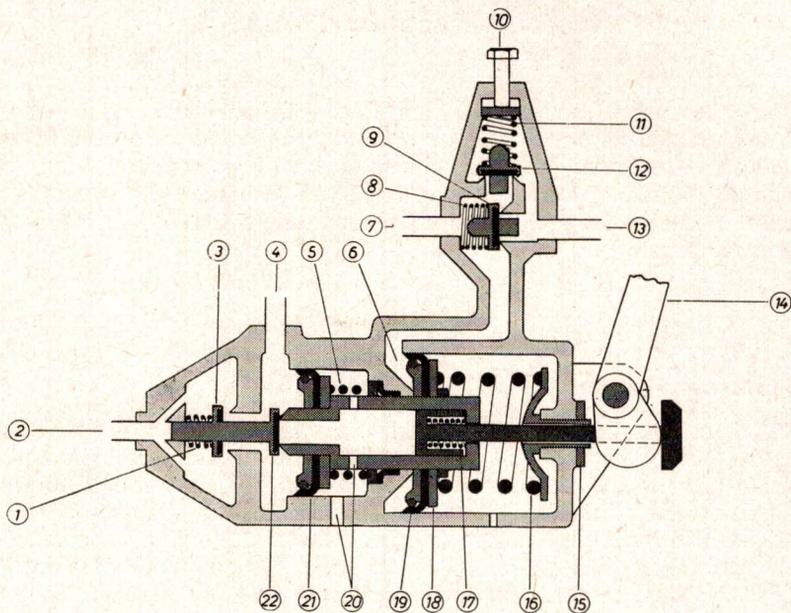
– **Bremsen**

Bei Betätigung des Führerbremssventils A 233 respektive A 295, respektive A 319, erhält der Anschluss (7) des Voreilventils Druckluft. Diese strömt unmittelbar in die Kammer (6) und beaufschlagt so die Manschette (19) des Kolbens (18). Der Kolben wird gegen die Kolbenfeder (16) nach rechts gedrückt. Durch die Ventildfeder (1) folgen die beiden zusammenhängenden Ventile (3 und 22) der Bewegung des Kolbens (18). Dadurch schliesst sich zuerst das Einlassventil (3), wodurch ein weiteres Nachströmen von Druckluft in die Anhänger-Steuerleitung (4) unterbrochen wird. Bei weiterer Bewegung des Kolbens hebt sich dessen hohle Kolbenstange von dem Auslassventil (22) ab. Die Anhänger-Steuerleitung (4) entleert sich über diese und die Entlüftung (20). Beim Betätigen der Bremse wird demzufolge der Druck in der Anhänger-Steuerleitung reduziert, und zwar um so mehr, je höher der vom Führerbremssventil A 233 zugeführte Luftdruck ansteigt.

Die Druckluft-Zylinder bzw. druckluft-hydraulische Hauptzylinder des Zugwagens sind an die Leitung (13) des Voreilventils angeschlossen. Diese Leitung erhält aber nicht in demselben Moment Druckluft wie die Kammer (6), sondern erst dann, wenn der Druck in der Kammer (6) soweit angestiegen ist, dass er das Überströmventil (12) gegen die Kraft der Feder (11) öffnen kann. Der Druck der Anhänger-Steuerleitung (4) wird deshalb schon etwas früher reduziert, als der Druck in der Zugwagenbremse ansteigt. Das Mass dieser sogenannten Voreilung lässt sich mittels der Stellschraube (10) verändern. Durch diese Anordnung wird ein Auflaufen des Anhängers auf den Zugwagen vermieden.

– **Lösen:**

Beim Lösevorgang wird erst die Kammer (6) über die Leitung (7) des Voreilventils entlüftet. Anschliessend öffnet sich auch das Ventil (9) und entlüftet damit auch die an Leitung (13) angeschlossenen Bremszylinder des Zugwagens über das Voreilventil und über das Führerbremssventil A 233 resp. A 295. Durch die Entlüftung der Kammer (6) und durch die Feder (16) wird der Kolben (18) nach links verschoben. Das Auslassventil



Figur 42 Anhängersteuerventil Westinghouse A 256

- | | |
|---|---|
| 1 Ventillfeder | 12 Überströmventil |
| 2 Lufteintritt (Hauptbehälter) | 13 Luftaustritt (Zugwagenbremse) |
| 3 Einlassventil | 14 Handbremshebel |
| 4 Luftaustritt (Anhänger-Steuerleitung) | 15 Einstellschraube für Anhänger
Behälterdruck |
| 5 Druckfeder | 16 Kolbenfeder |
| 6 Luftkammer | 17 Druckfeder |
| 7 Lufteintritt (Führerbremsventil) | 18 Steuerkolben |
| 8 Druckfeder | 19 Kolbenmanschette |
| 9 Rückströmventil | 20 Entlüftung |
| 10 Stellschraube (Beilegescheiben) | 21 Kolbenmanschette |
| 11 Druckfeder | 22 Auslassventil |

(22) schliesst zuerst und sperrt die Verbindung zwischen der Anhänger-Steuerleitung (4) und der Entlüftung (20) ab. Das Einlassventil (3) öffnet sich und die Anhänger-Steuerleitung (4) wird erneut aufgefüllt.

Bemerkungen:

Aus dem Anhänger-Steuerventil A 256 wurde die neuere Ausführung A 296 entwickelt. Die Arbeitsweise der verbesserten Ausführung entspricht völlig derjenigen des beschriebenen Ventils A 256. Die neuere Ausführung ist jedoch nicht mit Ledermanschetten ausgerüstet wie das Ventil A 256, sondern mit Gummimanschetten, und besitzt anstelle der getrennten Ein- und Auslassventile (3 und 22) ein Doppelventil.

b. Anhängersteuerventil Westinghouse A 333

Einbau:

Der Anschluss (3) ist mit dem Zugwagen-Behälter verbunden. Von der Bremsleitung, die unmittelbar vom Führerbremsventil zu den Radbremszylindern bzw. zum druckluft-hydraulischen Bremsapparat führt, wird eine Zweigleitung zum Anschluss (6) des Anhänger-Steuerventils geführt. Die zum Anhänger führende Steuerleitung wird beim Anschluss (14) angeschlossen.

Arbeitsweise (Figur 43):

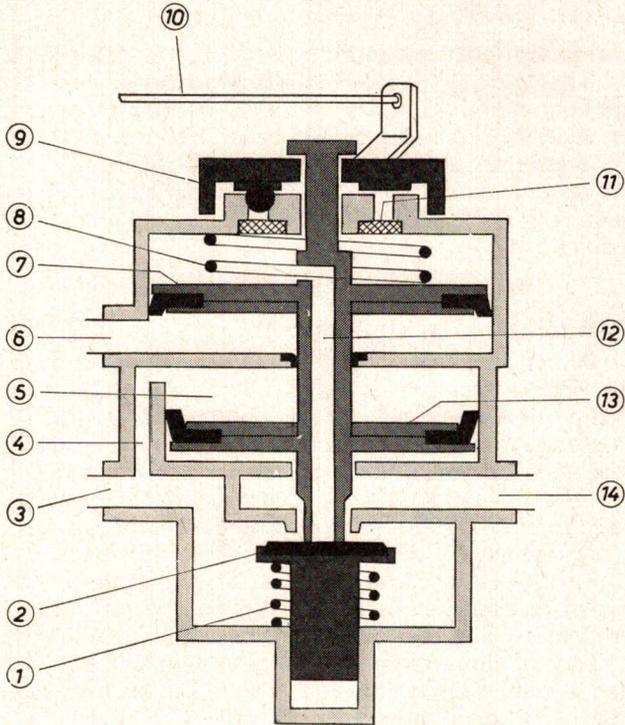
– Bremsen gelöst:

Aus Anschluss (3) tritt Druckluft in die Kammer des Ventils (2) sowie durch den Überströmkanal (4) in die Kolbenkammer (5) ein. Durch die Kolbenfeder (8) und den auf den Reaktionskolben (13) wirkenden Luftdruck werden die miteinander verbundenen Kolben (7 und 13) nach unten gedrückt. Die hohle Kolbenstange wird durch das Ventil (2) geschlossen und drückt es noch weiter nach unten in die geöffnete Stellung. Die Druckluft kann nun aus der Kammer des Ventils (2) in die zum Anhänger führende Steuerleitung (14) überströmen.

– Bremsen:

Druckluft tritt über die Zuleitung (6) in die Kammer des Steuerkolbens (7). Die beiden Kolben (7 und 13) werden nach oben gedrückt. Zunächst kommt das Ventil (2) zum Abschluss auf den im Gehäuse angebrachten Ventilsitz. Hierauf hebt sich die hohle Kolbenstange vom Ventil (2) ab und stellt so eine Verbindung zwischen der Steuerleitung (14) und den Entlüftungsfiltern (11) her. Der Druck in der Anhänger-Steuerleitung (14) wird reduziert, wodurch im Anhänger die indirekt wirkende Bremse betätigt wird.

Der Luftdruck in der Anhänger-Steuerleitung (14) wird um so stärker reduziert, je höher der Bremsdruck in der Leitung (6) ansteigt. Dies wird dadurch erreicht, dass eine Verbindung zwischen der Steuerleitung (14) und der Unterseite des Reaktionskolbens (13) besteht. Sinkt durch irgendeine Undichtheit der Druck in der Anhänger-Steuerleitung (14) abnormal ab, so entsteht oberhalb des Kolbens (13) ein höherer Druck als unter demselben, und beide Kolben (7 und 13) werden nach unten bewegt. Die Entlüftung (12) wird dabei abgesperrt und das Ventil (2) so lange geöffnet, bis der durch den Druck der Bremsleitung (6) diktierte Luftdruck der Steuerleitung wieder erreicht ist.



Figur 43 Anhängersteuer Ventil Westinghouse A 333

- 1 Ventalfeder
- 2 Ein- und Auslassventil
- 3 Lufteintritt (Hauptbehälter)
- 4 Überströmkanal
- 5 Kolbenkammer
- 6 Lufteintritt (Zugwagenbremse)
- 7 Steuerkolben
- 8 Kolbenfeder
- 9 Betätigungskappe
- 10 Handbremsgestänge
- 11 Entlüftungsfiter
- 12 Entlüftungsbohrung
- 13 Reaktionskolben
- 14 Anhängersteuerleitung

– Lösen

Die Bremsleitung (6) wird vom Zugwagenbremsventil her entlüftet, so dass die beiden Kolben (7 und 13) wieder in die Lösestellung nach unten geschoben werden, d.h. das Ventil (2) geöffnet wird. Dadurch kann Druckluft aus der Speiseleitung (3) in die Anhänger-Steuerleitung (14) strömen, wodurch die Anhängerbremse gelöst wird.

Durch die Verschiedenheit der Durchmesser der Kolben (7 und 13) wird eine natürliche Voreilung der Anhängerbremse gegenüber der Zugwagenbremse erreicht.

– Bremsen mit der Handbremse:

Damit die Anhängerbremse auch dann wirksam ist, wenn man im Zugwagen die Handbremse betätigt, ist das Anhänger-Steuerventil mit einer mechanischen Betätigung ausgerüstet. Eine an das Handbremsgestänge angeschlossene Verbindungsstange (10) ist an den Betätigungshebel des Ventils angeschlossen, welcher mit der Betätigungskappe (9) verbunden ist. Beim Betätigen der Handbremse wird die Betätigungskappe (9) gedreht. In der Betätigungskappe und dem Gehäuse des Ventils sind Taschen angeordnet. Zwischen je zwei dieser Taschen sind Kugeln eingesetzt. Wird nun die Betätigungskappe gedreht, so laufen die Kugeln auf den schrägen Flanken der Taschen auf, wodurch die Ventilklappe nach oben gedrückt wird. Die Kolbenstange wird mitgenommen, und das Ventil (2) kommt zum Abschluss auf dem Ventilsitz des Gehäuses, die Kolbenstange hebt sich weiter vom Ventil (2) ab und die Anhängerleitung (14) wird völlig entleert.

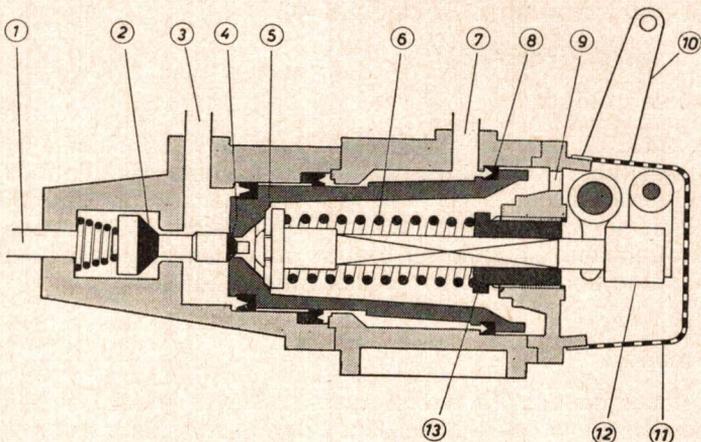
Beim Anschluss des Handbremsgestänges ist darauf zu achten, dass bei voll angezogener Handbremse auch der Kolben des Steuerventils in die oberste Stellung gehoben wird. Sofern der Hebel der Betätigungskappe (9) nicht genügend stark verdreht wird, kann der Anhänger nicht gebremst werden.

c. Anhängersteuerventil Beka SAC 50

Arbeitsweise (Figur 44):

– Bremse gelöst:

Hierbei tritt Druckluft aus der Speiseleitung (1) durch das geöffnete Einlassventil (2) in den zur Anhänger-Steuerleitung führenden Anschluss (3) ein. Bei gelöster Bremse steht demzufolge die Anhängersteuerleitung unter demselben Druck wie der Bremsluftbehälter des Zugwagens. Beim Erreichen des mit der Einstellmutter (13) eingestellten Druckes schließt das Einlassventil (2), der Bremsluftbehälter des Anhängers ist gefüllt, und der Bremsluftbehälter des Zugwagens wird bis zum eingestellten Reglerdruck weiter gespiesen.



Figur 44 Anhängersteuerventil Beka SAC 50

- | | |
|--|--------------------------------|
| 1 Speiseleitung | 8 Kolbenmanschette |
| 2 Einlassventil | 9 Entlüftungsbohrung |
| 3 Luftaustritt (Anhänger-Steuerleitung) | 10 Hebel zur Handbremse |
| 4 Auslassventil | 11 Abschlussdeckel |
| 5 Kolben | 12 Anschlag für Handbremshebel |
| 6 Kolbenfeder | 13 Einstellmutter |
| 7 Lufteintritt (Führerbremsventil über Voreilventil) | |

– Bremsen:

Beim Betätigen des Führerbremsventils SD 51 erhält die Leitung (7) über das Voreilventil Druckluft. Diese beaufschlagt die Manschette (8) des Kolbens, so dass der Kolben (5) entgegen der Kolbenfeder (6) nach rechts gedrückt wird. Dadurch wird zuerst das Einlassventil (2) geschlossen und damit ein weiteres Nachströmen von Druckluft in die Anhänger-Steuerleitung (3) unterbrochen. Gleichzeitig hebt sich der Kolben (5) vom Auslassventil (4) ab und die Anhänger-Steuerleitung (3) entleert sich über den hohlen Kolben (5) und die Entlüftungsbohrung (9). Beim Betätigen der Bremse wird demzufolge der Druck in der Anhänger-Steuerleitung reduziert, und zwar um so mehr, als der über Anschluss (7) zugeführte Luftdruck ansteigt.

– Lösen:

Beim Lösen der Bremse wird der Anschluss (7) über das Voreilventil SP 7 und das Führerbremsventil SD 51 entlüftet. Durch die Federkraft wird der Kolben wieder nach links geschoben, das Auslassventil (4) schliesst sich und sperrt die Verbindung zwischen der Anhänger-Steuerleitung (3) und der Entlüftungsbohrung (9). Das Einlassventil (2) öffnet sich, und die Anhänger-Steuerleitung (3) wird erneut gespiesen.

d. Anhängersteuerventil Beka S 36 - C

Arbeitsweise (Figur 45):

– **Bremse gelöst:**

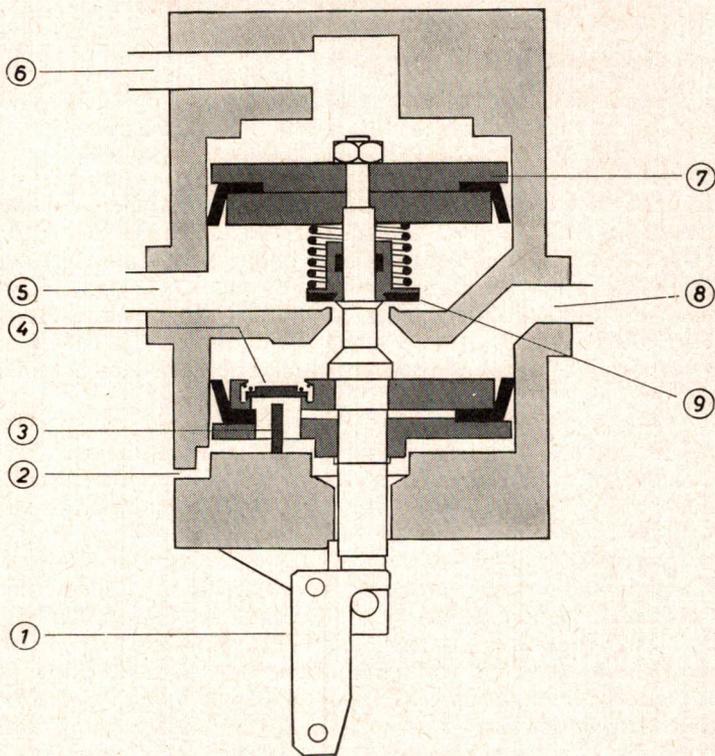
Hierbei tritt Druckluft aus der Speiseleitung (5) in das Anhänger-Steuerventil, drückt den Kolben (7) nach oben und hebt das Ventil (9) ab, so dass die Druckluft nach der Anhänger-Steuerleitung (8) gelangen kann. Die beiden miteinander verbundenen Kolben werden im statischen Gleichgewicht gehalten. Bei gelöster Bremse steht demzufolge die Anhänger-Steuerleitung unter demselben Druck wie der Luftbehälter.

– **Bremsen:**

Beim Betätigen des Führerbremsventils SD 33 erhält die Leitung (6) über das Voreilventil SP 7 Druckluft. Diese beaufschlagt den Kolben (7), so dass die Kolbengruppe nach unten bewegt wird. Dabei wird das Ventil (9) geschlossen, währenddem sich das Ventil (4) durch den Anschlag (3) öffnet. Die Anhänger-Steuerleitung (8) entleert sich nun über die Bohrung (2), und zwar so weit, bis der Druckabfall dem Wert der zugeführten Druckluft der Steuerleitung (6) entspricht und das statische Gleichgewicht wieder hergestellt ist. In diesem Moment hebt sich das Ventil (4) vom Anschlag (3) ab, und wir haben die sogenannte Bremsabschlussstellung.

– **Lösen:**

Beim Lösen der Bremse wird die Leitung (6) über das Voreilventil SP 7 und das Führerbremsventil SD 33 entlüftet. Dadurch wird der Kolben (7) durch die Druckluft aus dem Hauptbehälter nach oben geschoben, das Ventil (9) wird geöffnet, und die Anhänger-Steuerleitung wird erneut mit Druckluft gespiesen.



Figur 45 **Anhängersteuer Ventil Beka S 36-C**

- 1 Betätigungshebel (Handbremse)
- 2 Entlüftungsbohrung
- 3 Ventilanschlag
- 4 Entlüftungsventil
- 5 Anschluss (Hauptbehälter)
- 6 Anschluss (Führerbremsventil)
- 7 Steuerkolben
- 8 Anschluss (Anhänger-Steuerleitung)
- 9 Ventil

e. Anhängersteuerventil Beka S 53

Arbeitsweise (Figur 46):

Das Anhänger-Steuerventil S 53 erfüllt gleichzeitig 3 Funktionen:
Steuerventil, Voreilventil und Leitungsbruch-Sicherheitsventil.

– **Bremse gelöst:**

Hierbei tritt Druckluft aus der Speiseleitung (3) in sämtliche Räume unterhalb des Ausgleichkolbens (8) einschliesslich der Anhänger-Steuerleitung (15). Der Reaktionskolben (5), welcher dadurch im statischen Druckluftgleichgewicht liegt, wird durch die Feder (6) nach unten gedrückt, schliesst einerseits die hohle Kolbenstange (13) und öffnet andererseits das Einlassventil (14). Bei gelöster Bremse steht demzufolge die Anhänger-Steuerleitung (15) unter demselben Druck wie der Hauptbehälter.

– **Bremsen:**

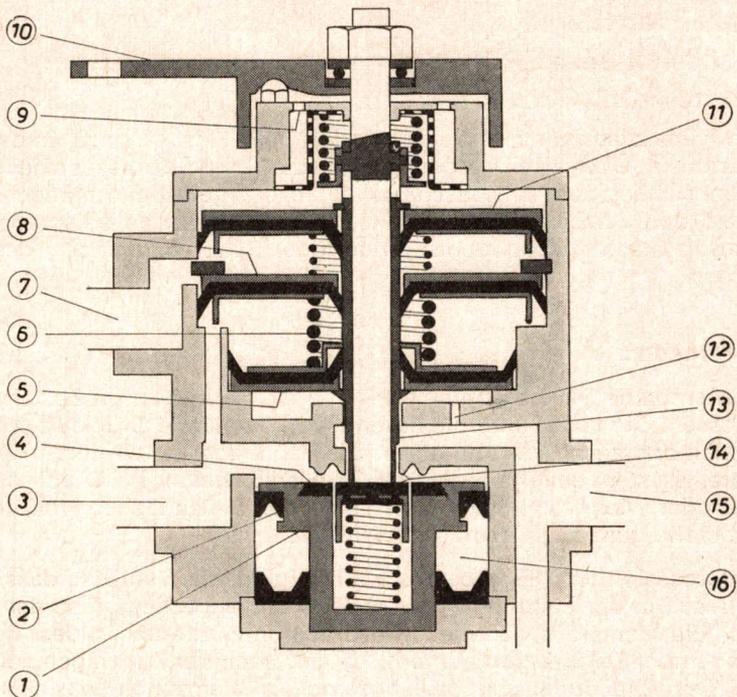
Beim Betätigen des Trittplattenventils SD 53 erhält die Leitung (7) Druckluft und drückt dadurch den Steuerkolben (11) nach oben. Die hohle Kolbenstange (13) wird vom Ventil (14) abgehoben, so dass der Einlass abgeschlossen wird und sich die Anhänger-Steuerleitung (15) und der Raum unterhalb des Reaktionskolbens (5) entlüftet. Der Raum unterhalb des Reaktionskolbens (5) wird jedoch über die Düse (12) langsamer entlüftet als die Anhänger-Steuerleitung (15). Durch dieses verzögerte Entlüften und den grösseren Steuerkolben (11) wird erreicht, dass der Druckanstieg in den Anhänger-Bremszylindern dem Druckanstieg der Zugwagenbremszylinder vorausseilt. Dies ergibt momentan bei einem Zugwagenbremszylinderdruck von ca. 3 kg/cm² einen Anhängerbremszylinderdruck von ca. 5 kg/cm². Dadurch wird eine Voreilung der Anhängerbremswirkung gegenüber dem Zugwagen erreicht.

– **Lösen:**

Beim Lösen der Bremse wird der Anschluss (7) über Trittplattenventil SD 53 entlüftet. Dadurch wird der Steuerkolben (11) entlastet und die hohle Kolbenstange (13) durch den Reaktionskolben (5) nach unten geschoben, so dass die Kolbenstange mit dem Ventil (14) zum Abschluss kommt und den Einlass wieder öffnet. Die Anhänger-Steuerleitung (15) wird erneut gespiesen.

– **Leitungsbruch-Sicherungen:**

Über die Manschette (2) gelangt Druckluft unter den Kolben (1). Bei einem Druckabfall auf 4 kg/cm² in der Speiseleitung, respektive im Hauptbehälter, geht der Kolben (1) durch die Luftreserve im Raume (16) nach oben und schliesst das Sicherungsventil (4) ab. Dadurch kann, auch wenn die Anhänger-Steuerleitung gebrochen ist, der Zugwagen immer noch gebremst werden. Hat der Hauptbehälterdruck 4,7 kg/cm² erreicht, so geht der Kolben (1) wieder nach unten, und das Sicherungsventil (4) öffnet sich.



Figur 46 Anhängersteuer Ventil Beka S 53

- | | |
|---------------------------------|---------------------------|
| 1 Kolben | 9 Entlüftung |
| 2 Manschette | 10 Handbremsgestänge |
| 3 Anschluss (Hauptbehälter) | 11 Steuerkolben |
| 4 Sicherungsventil | 12 Luftdüse |
| 5 Reaktionskolben | 13 Kolbenstange |
| 6 Feder (Ausgleichskolben) | 14 Einlassventil |
| 7 Anschluss (Führerbremsventil) | 15 Anhänger-Steuerleitung |
| 8 Ausgleichskolben | 16 Luftreserve-Raum |

12. Voreilventile

a. Voreilventil Beka SP 7

Arbeitsweise (Figur 47):

Vom Führerbremseventil tritt die Druckluft beim Anschluss (2) in das Voreilventil ein. Über zwei Ausgänge kann die Druckluft dieses wieder verlassen, nämlich über den Anschluss (1) unverzögert zum Anhängerbremsystem und verzögert über den Anschluss (7) zu den entsprechenden Bremsapparaten (Hauptbremszylinder oder Radbremszylinder) des Zugwagens.

– Bremsen:

Die Membrane (4) ist federbelastet und ist im drucklosen Zustande geschlossen. Die vom Führerbremseventil herkommende Druckluft wirkt auf die Membranfläche (3) und öffnet das Ventil aber erst, wenn im Anhängerbremsystem ein Druck von ca. 2 kg/cm^2 erreicht ist. Durch das Abheben der Membrane vergrößert sich die Druckfläche, wodurch die Membrane ganz nach oben gedrückt wird.

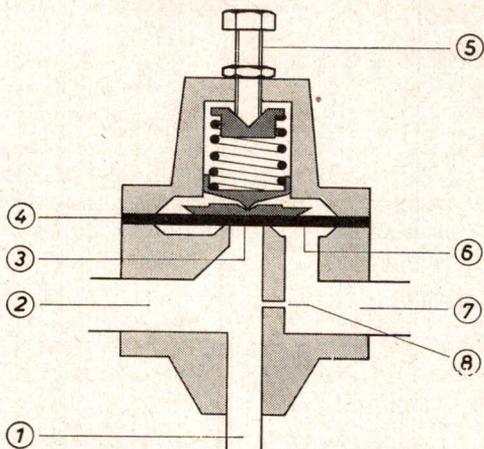
Eine Drosselöffnung (8) überbrückt das eigentliche Ventil, so dass, wenn der Druck in der Leitung (7) auf $0,2 \text{ kg/cm}^2$ angestiegen ist, das Ventil durch die Membrane geöffnet wird. Dadurch wird erreicht, dass bei lang andauernder Teilbremsung unter 2 kg/cm^2 auch der Zugwagen gebremst wird. Der Voreildruck sinkt bei langsamer Vollbremsung etwas ab.

– Lösen:

Beim Lösen der Bremse wird durch die grössere Druckfläche (6) der Membrane (4) das Ventil bis zu einem Luftdruck von ca. $0,2 \text{ kg/cm}^2$ offen gehalten. Dadurch wird eine schnelle Entlüftung des Zugwagenbremsystems erreicht.

Der Voreildruck kann durch die Einstellschraube (5) den Erfordernissen entsprechend zwischen 1 und 3 kg/cm^2 eingestellt werden.

Die vollständige Entlüftung der Leitung (7) erfolgt durch die Drosselöffnung (8).



Figur 47 Voreilventil Beka SP 7

- 1 Anschluss (Anhängerbremssystem)
- 2 Lufteintritt (Führerbremssystem)
- 3 Druckfläche (klein)
- 4 Membrane
- 5 Einstellschraube
- 6 Druckfläche (gross)
- 7 Anschluss (Zugwagenbremssystem)
- 8 Drosselöffnung

13. Umstellhahnen

a. Umstellhahn Beka RID 50

– **Aufgabe:**

Der Umstellhahn hat die Aufgabe, bei der indirekten (automatischen) Anhängerbremse das automatische Anhänger-Steuerventil, beispielsweise SAC 50, in die Anhänger-Bremsleitung einzuschalten und bei der direkten (nicht automatischen) Anhängerbremse dieses Ventil zu überbrücken.

– **Arbeitsweise** (Figur 48):

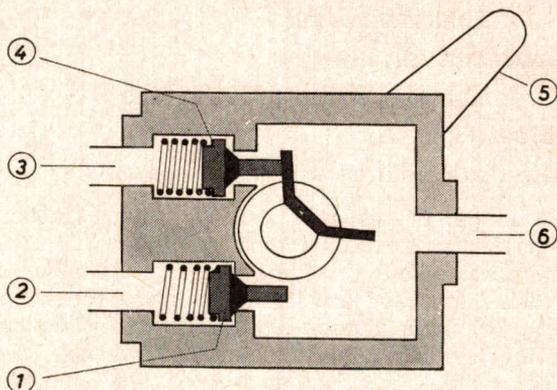
Die Leitung (2) kommt vom Anhänger-Steuerventil, die Leitung (3) vom Führerbremsventil. Die Leitung (6) führt über die Kupplung nach dem Anhänger.

Die Leitung (6) wird in Stellung «Indirekt» (Umstellhebel nach unten) über das Ventil (1) mit der Leitung (2) verbunden.

In der Stellung «Direkt» (Umstellhebel nach oben) erfolgt die Verbindung der Leitung (6) über das Ventil (4) mit der Leitung (3).

b. Umstellhahn Westinghouse A 270

Der Umstellhahn Westinghouse A 270 hat die gleiche Arbeitsweise wie der Umstellhahn Beka RID 50.



Figur 48 Umstellhahn Beka RID 50

- 1 Ventil (indirekte Bremse)
- 2 Anschluss (vom Anhängersteuerventil her)
- 3 Anschluss (vom Führerbremventil her)
- 4 Ventil (direkte Bremse)
- 5 Umstellhebel
- 6 Anschluss (Anhänger-Bremventil)

Bremsapparate des Anhängers

1. Anhängerbremsventile

a. Anhängerbremsventil Westinghouse A 258 c

Arbeitsweise (Figur 49):

– Ankuppeln des Anhängers:

Wenn das Anhänger-Bremsventil noch nicht mit Druckluft beschickt ist, werden die beiden zusammenhängenden Kolben (5) und (8) durch die Feder (3) in ihre oberste Endstellung gedrückt. Beim Ankuppeln des Anhängers an den Zugwagen erhält das Anhänger-Bremsventil durch den Anschluss (7) Druckluft. Diese füllt den Raum unterhalb des Steuerkolbens (8), öffnet die als Rückschlagventil wirkende Gummimanschette des Steuerkolbens (8) und strömt an diesem vorbei in die Füllkammer (9). Von dort gelangt die Druckluft durch den Überströmkanal (10) in den Anhänger-Luftbehälter sowie in die Speisekammer (14). Die Anhänger-Steuerleitung sowie die Räume (9, 10, 13 und 14) befinden sich demnach alle unter gleichem Druck. Das Doppelventil (2) ist durch die Feder (1) am Gehäuse angepresst. Die Radbremszylinder stehen über Leitung (4), durch die hohle Kolbenstange (11), in Verbindung mit der Entlüftung (6).

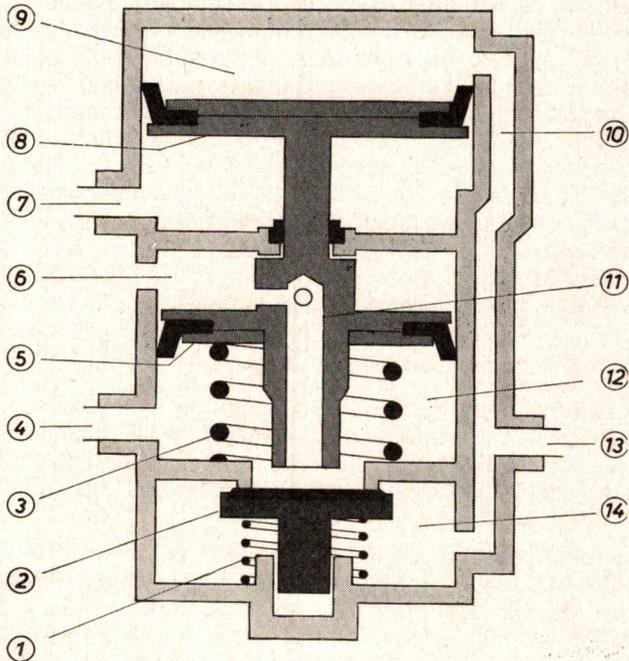
– Bremsen:

Beim Betätigen der Zugwagenbremse wird der Druck in der Anhänger-Steuerleitung (7) gesenkt. Die Unterseite des Steuerkolbens (8) wird entlastet. Da in der Füllkammer (9) immer noch derselbe Druck herrscht, wird durch die entsprechende Druckdifferenz der Steuerkolben (8) und mit ihm der Reaktionskolben (5) nach unten gedrückt. Die Kolbenstange (11) kommt zum Abschluss auf der Gummiplatte des Doppelventils (2), wodurch die Verbindung der Anhänger-Zylinder mit der Aussenluft abgeschnitten wird. Bei weiterer Drucksenkung in der Anhänger-Steuerleitung senkt sich der Kolben (8) noch weiter, drückt das Ventil (2) nach unten und öffnet so eine Verbindung zwischen der Speisekammer (14) und der Leitung (4). Die Bremszylinder erhalten dadurch Druckluft aus dem Anhänger-Luftbehälter. Derselbe Druck, welcher in den Bremszylindern wirkt, beaufschlagt auch den Reaktionskolben (5). Bei zunehmendem Bremszylinderdruck wirkt auf die beiden Kolben (5 und 8) eine zusätzliche Reaktionskraft, welche die Kolben wieder nach oben zurückschiebt. Sobald die Reaktionskraft gleich gross ist wie die Differenzkraft am Steuerkolben (8), wird die Kolbengruppe so weit nach oben geschoben, dass das Doppelventil (2) den Raum (14) wieder abschliesst. Die Entlüftung ist noch abgesperrt; der Bremszylinderdruck bleibt konstant. Erst bei einer weiteren Drucksenkung in der Anhänger-Steuerleitung

wird die Kolbengruppe wieder nach unten verschoben und lässt Druckluft in die Bremszylinder eintreten.

– Lösen:

Die Anhänger-Steuerleitung wird wieder aufgefüllt. Der Steuerkolben (8) steht wieder beidseits unter gleichem Druck, so dass die Feder (3) des Reaktionskolbens die Kolbengruppe wieder an den oberen Anschlag, die Fahrtstellung zurückbewegen kann. Die sich in den Bremszylindern befindliche Druckluft entweicht durch die hohle Kolbenstange (11) und die Entlüftung (6).



Figur 49 Anhängerbremsventil Westinghouse A 258c

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1 Ventillfeder | 8 Steuerkolben |
| 2 Ein- und Auslassventil | 9 Füllkammer |
| 3 Feder | 10 Überströmkanal |
| 4 Anschluss (Anhänger-Radbremsszylinder) | 11 Kolbenstange |
| 5 Reaktionskolben | 12 Reaktionskammer |
| 6 Entlüftung | 13 Anschluss (Anhänger-Luftbehälter) |
| 7 Anschluss (Anhänger-Steuerleitung) | 14 Speisekammer |

b. Anhängerbremsventil Westinghouse A 320 kombiniert mit Bremskraftregler

Arbeitsweise (vgl. Figur 50 Seite 83):

– Zugwagenbremse gelöst:

Bei gelöster Bremse steht die Steuerleitung (13) unter Druck, und die Steuerkammer (8) wird mit Druckluft gefüllt. Die Gummimanschette des Steuerkolbens (10) ist so ausgebildet, dass sie nur von oben her abzudichten vermag. Der von unten aus der Steuerkammer (8) auf die Manschette des Steuerkolbens (10) wirkende Luftdruck vermag deshalb die Dichtungslippe von der Wandung des Gehäuses wegzudrücken, so dass Druckluft aus der Kammer (8) in die Füllkammer (11) überströmen kann. Durch einen Verbindungskanal strömt die Luft weiter und durch den Anschluss (5) in den im Anhänger eingebauten Hilfsluftbehälter sowie durch einen zweiten Verbindungskanal in die Füllkammer (29), welche durch das Ein- und Auslassventil (28) abgeschlossen ist. Solange die Bremse des Zugwagens gelöst ist, die Steuerleitung (13) also unter Druck steht, ist der Druck in der Steuerkammer (8) um ein wenig grösser als derjenige in der Füllkammer (11). Durch diesen Überdruck unter dem Kolben (10) sowie zusätzlich durch die Kolbenrückstossfeder (32) wird der Kolben (12) nach oben gedrückt. Durch die Entlüftung (31) wird der Bremszylinder-Anschluss (26) mit der Entlüftung (7) verbunden und der Anhänger-Radbremsszylinder entleert.

– Bremsen bei beladenem Anhänger:

Der Betätigungshebel (21) des Bremskraftreglers, welcher mit dem Anhänger-Bremsventil kombiniert ist, wird in die Stellung «Beladen» gebracht. Das Umschaltventil (15) des Bremskraftreglers steht in der gezeichneten Stellung, während das Umschaltventil (25) durch seine Ventiltfeder (24) nach oben gedrückt wird.

Beim Betätigen der Zugwagenbremse wird der Druck in der Steuerleitung (13) reduziert. Durch die Senkung des Druckes in der Steuerkammer (8) wirkt nun auf den Steuerkolben (10) eine Kraft, welche ihn nach unten bewegt. Die Kolbenstange (12) stösst das Ventil (28) auf. Dadurch entsteht eine Verbindung zwischen dem Anschluss (5) und dem Anschluss (26). Die Anhänger-Bremse wird betätigt. Der Druck wirkt auch auf den Reaktionskolben (1) und übt eine nach oben gerichtete Reaktionskraft aus, welcher der am Steuerkolben (10) wirkenden Kraft entgegen wirkt. Sobald der Bremszylinderdruck im Anhänger so gross geworden ist, dass die auf den Reaktionskolben (1) wirkende Kraft der am Steuerkolben (10) wirkenden Kraft das Gleichgewicht hält, wird die Kolbengruppe (1 und 10) nach oben gezogen, und das Ventil (28) kommt zum Abschluss mit dem Gehäuse. Ein weiteres Auffüllen der Anhänger-Radbremsszylinder aus dem Anhänger-Luftbehälter wird unterbrochen.

Je nach der in der Steuerleitung eingeleiteten Drucksenkung ist der Radbremszylinderdruck, bei welchem diese sogenannte Bremsabschlussstellung entsteht, anders. Auf diese Weise wird der Anhänger um so stärker abgebremst, je stärker die Bremse des Zugwagens betätigt wird. Bei Vollbremsung des Zugwagens wird der Druck in der Steuerleitung (13) auf Null gesenkt, und der Anhänger wird mit dem vollen Druck gebremst.

– Bremsen bei leerem Anhänger :

Zu diesem Zweck wird der Hebel (21) in die Stellung «Leer» gestellt. Ein auf der Exzenterwelle (17) angebrachter Nocken stösst das Umschaltventil (15) nach unten. Der obere Gummiteller des Umschaltventils (15) kommt zum Abschluss mit dem darunter liegenden Kolben, wodurch die Entlüftung (22) der Reaktionskammer (2) abgeschlossen wird. Gleichzeitig wird auch der unter dem Umschaltventil (15) liegende Kolben so weit nach unten geschoben, dass sich das Umschaltventil (25) öffnet. Die Verbindung zwischen Reaktionskammer (30) und Reaktionskammer (2) wird hergestellt. Die Arretierung (18), welche mittelst einer kleinen Kugel in eine Raste der Arretierscheibe (16) eingreift, hält den Umschalthebel (21) in der gewünschten Stellung «Leer» fest. Der Vorgang beim Bremsen in der Stellung «Leer» entspricht nun zunächst völlig dem Bremsvorgang in Stellung «Beladen». Der Unterschied besteht hingegen darin, dass der den Anhänger-Radbremmszylinder durch den Anschluss (26) zugeführte Luftdruck nicht nur auf den Reaktionskolben (1), sondern über das Umschaltventil (25) auch auf den Reaktionskolben (3) wirkt. Schon bei kleinem Radbremszylinderdruck wirkt somit der am Steuerkolben (10) wirksamen Kraft eine wesentlich grössere Reaktionskraft entgegen, so dass bei einem um etwa zwei Drittel kleineren Bremsdruck Gleichgewicht zwischen den Kräften und damit die Bremsabschlussstellung entsteht. Bei einer gegebenen Drucksenkung in der Steuerleitung (13) wird so der Anhänger nur rund ein Drittel so stark gebremst wie wenn der Bremskraftregler in Stellung «Beladen» steht. Dieses Verhältnis der Abbremsungen von 3:1 entspricht annähernd demjenigen Verhältnis von Gesamtgewicht und Leergewicht, welche man heute bei modernen Anhängern findet.

– Lösen :

Das Lösen der Bremse geschieht auch da durch eine Druck-Steigerung in der Steuerleitung (13); dabei ist es gleich, ob sich der Bremskraftregler in Stellung «Leer» oder «Beladen» befindet.

Diese Drucksteigerung in der Steuerleitung (13) und somit auch in der Kammer (8) bewirkt in Verbindung mit dem Luftdruck gegen den Kolben (1) (in Stellung «Beladen») oder gegen die Kolben (1 und 3) (in Stellung «Leer») eine Hubbewegung der Kolben nach oben, wodurch erst das Ventil (28) am Gehäuse zum Abschluss kommt.

Bei weiterer Hubbewegung der Kolben hebt sich die hohle Kolbenstange (31) vom Ventil (28) ab, und die Anhänger-Bremszylinder werden über Anschluss (26), hohle Kolbenstange (31) und Entlüftung (7) entleert.

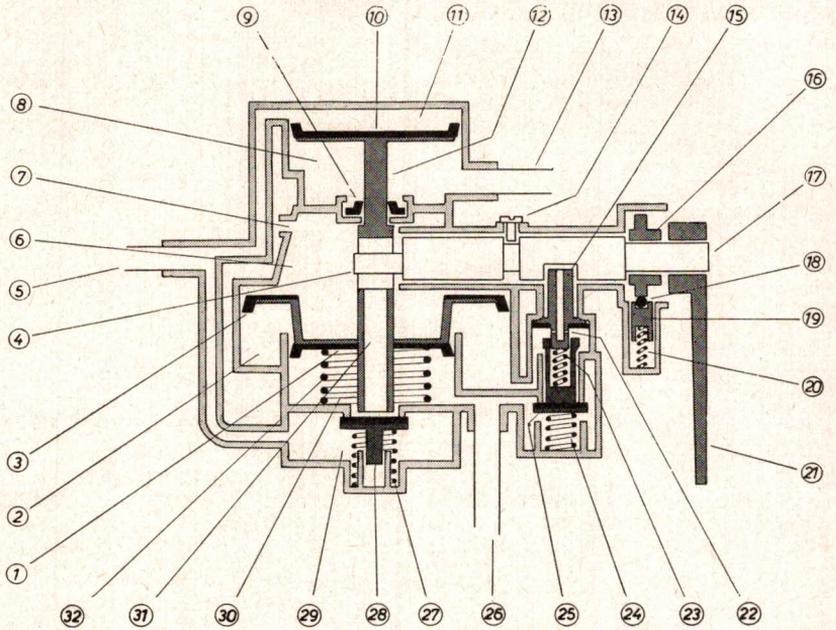
– Lösen bei abgekuppeltem Anhänger:

Sobald der Anhänger vom Zugwagen abgekuppelt wird, entleert sich die Steuerleitung (13) gänzlich, und die Anhänger-Radbremsszylinder erhalten Druckluft zugeführt. Um den Anhänger trotzdem bewegen zu können, besitzt das Anhänger-Bremsventil eine Vorrichtung, mit deren Hilfe die Anhänger-Radbremsszylinder manuell entleert werden können. Die Exzenterwelle (17) hat einen Exzenter (4), welcher in einen Ausschnitt der Kolbenstange (12) eingreift. Sobald der Hebel (21) in die Stellung «Lösen» gebracht wird, kommt der Exzenter (4) mit dem oberen Anschlag des Kolbenstangen-Ausschnittes in Berührung und schiebt die Kolbenstange mit den Kolben (1, 3 und 10) nach oben. Dadurch wird die hohle Kolbenstange (31) vom Ventil (28) abgehoben, und die Anhänger-Radbremsszylinder werden über den Anschluss (26) und die Entlüftung (31 und 7) entleert.

Die Arretierscheibe (16) und der auf das Umschaltventil (15) wirkende Nocken sind so ausgebildet, dass in der Stellung «Lösen» die Federn (20, 23 und 24) die Welle (17) und dadurch auch den Hebel (21) in die Stellung «Beladen» zurückstellen. Damit der Hebel (21) in der gewünschten Stellung «Lösen» stehen bleibt, ist der Exzenter (4) so angeordnet, dass er in der Füllkammer (11) auf den Steuerkolben (10) wirkende Luftdruck den Exzenter (4) und mit ihm die Welle (17) in der Stellung «Lösen» blockiert. Sobald nun der Anhänger wieder an einen Zugwagen mit gelöster Druckluftbremse angekuppelt wird, erhält die Steuerleitung (13) Druck, und die auf den Steuerkolben (10) wirkende Kraft wird aufgehoben. Hierdurch fällt die den Exzenter (4) blockierende Kraft weg, und die Exzenterwelle (17) mit dem Hebel (21) wird selbsttätig in die Stellung «Beladen» zurückgeschaltet.

Daraus geht hervor, dass man den Regler des Bremsventils A 320 bei abgekuppeltem Anhänger in gleicher Weise bedienen kann, wie dies beim separaten Bremskraftregler A 292 a der Fall ist.

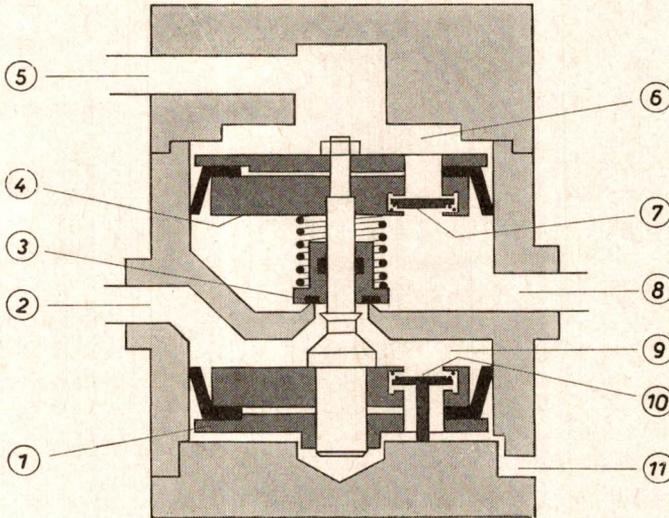
Ein Vorteil ist jedoch, dass er automatisch aus der Stellung «Lösen» in die Stellung «Beladen» zurückkehrt, sobald die Steuerleitung (13) vom Zugwagen her wieder Druckluft zugeführt erhält. Es ist auf diese Weise ausgeschlossen, dass der Bremskraftregler durch Vergesslichkeit in der Stellung «Lösen» verbleibt und mit einem Anhänger gefahren wird, welcher nicht gebremst werden kann.



Figur 50 Anhängerbremsventil Westinghouse A 320

- | | |
|--|---|
| 1 Reaktionskolben | 17 Exzenterwelle |
| 2 Reaktionskammer | 18 Arretierung |
| 3 Reaktionskolben | 19 Führungskolben |
| 4 Exzenter | 20 Arretierfeder |
| 5 Anschluss (Anhänger-Bremsluftbehälter) | 21 Umstellhebel |
| 6 Entlüftungskammer | 22 Entlüftung |
| 7 Entlüftung | 23 Ventildfeder |
| 8 Steuerkammer | 24 Ventildfeder |
| 9 Gummidichtung | 25 Umschaltventil |
| 10 Steuerkolben | 26 Anschluss (Anhänger-Radbremsszylinder) |
| 11 Füllkammer | 27 Ventildfeder |
| 12 Kolbenstange | 28 Ein- und Auslassventil |
| 13 Anschluss (Anhänger-Steuerleitung) | 29 Füllkammer |
| 14 Führungsschraube | 30 Reaktionskammer |
| 15 Umschaltventil | 31 Entlüftung |
| 16 Arretierscheibe | 32 Kolben-Rückstossfeder |

c. Anhängerbremsventil Beka S 36 - R



Figur 51 Anhängerbremsventil Beka S 36-R

- | | |
|--|--------------------------------|
| 1 Reaktionskolben | 6 Raum (Steuerkolben) |
| 2 Anschluss (Bremsapparat oder Radbremszylinder) | 7 Speiseventil |
| 3 Ventil | 8 Anschluss (Anhängerbehälter) |
| 4 Steuerkolben | 9 Raum (Reaktionskolben) |
| 5 Anschluss (Anhänger-Steuerventil) | 10 Entlüftungsventil |
| | 11 Entlüftungsschlitze |

Arbeitsweise:**– Zugwagenbremse gelöst:**

Beim Ankuppeln des Anhängers an den Zugwagen erhält das Anhängerbremsventil durch den Anschluss (5) Druckluft. Diese gelangt über die Manschette des Kolbens (4) und durch das Speiseventil (7) auch in den unteren Raum, und weil das Ventil (3) geschlossen ist, in den Anhängerbehälter. Die Anhängerbremse ist in diesem Zustand gelöst.

– Bremsen:

Beim Betätigen der Zugwagenbremse wird der Druck in der Anhängersteuerleitung (5) gesenkt. Durch den Druckabfall im Räume (6) wird der Kolben nach oben gedrückt und öffnet dadurch das Ventil (3), so dass

die Druckluft aus dem Anhängerbehälter nach der Leitung (2) zu den Haupt- oder Radbremszylindern des Anhängers gelangen kann. Durch das Überströmen der Druckluft in den Raum (9) wird auch der untere Kolben (1) mit Druckluft beaufschlagt. Die miteinander verbundenen Kolben (1 und 4) sind beim Ausgleich der Drücke im statischen Gleichgewicht, wodurch das Ventil (3) wieder geschlossen wird und die Bremsabschluss-Stellung erreicht ist.

Lösen :

Die Anhängersteuerleitung (5) wird wieder mit Druckluft gespiesen. Dadurch geht der Kolben (4) nach unten, so dass sich das Ventil (3) wieder schliesst. Der mitgehende untere Kolben öffnet das Ventil (10), und die in der Bremsleitung (2) und den angeschlossenen Bremsapparaten befindliche Druckluft kann über den Schlitz (11) entweichen. Die Anhängerbremse ist wieder gelöst.

d. Anhängerbremsventil Beka SAR 53 kombiniert mit Bremskraftregler

Arbeitsweise (vgl. Figur 52, Seite 87):

– Zugwagenbremse gelöst:

Bei gelöster Bremse steht die Steuerleitung (7) unter Druck, der Steuerkolben (6) wird nach unten gedrückt und das Ventil (5) geschlossen. Gleichzeitig gelangt auch Druckluft über die Manschette des Kolbens (6) in die Leitung (8) zum Anhängerbehälter. Solange die Bremse des Zugwagens gelöst ist, d. h. die Steuerleitung (7) unter Druck steht, ist der sich oberhalb des Steuerkolbens (6) befindende Druck etwas grösser als unterhalb, so dass der Steuerkolben, in Verbindung mit der Reibung der Manschette, unten bleibt.

– Bremsen bei beladenem Anhänger:

Der Betätigungshebel (9) des Bremskraftreglers, welcher mit dem Anhänger-Bremsventil kombiniert ist, wird in Stellung «Beladen» gebracht. Der mit dem Kolben (1) verbundene Rahmen (10) liegt nicht auf der Welle (11) des Betätigungshebels auf.

Beim Betätigen der Zugwagenbremse wird der Druck in der Steuerleitung (7) reduziert. Dadurch wird der Steuerkolben (6), über dessen Manschette vorher die Druckluft in den Anhänger-Behälter gelangte, nach oben geschoben. Das Ventil (5) öffnet sich, und die Bremsleitung (4) wird mit Druckluft gespiesen.

Der frei auf dem Reaktionskolben (1) liegende Aussenkolben (2) wird von der Welle (11) abgestützt, so dass nur der innere Reaktionskolben (1) wirkt. Gleichzeitig erlaubt die mit Nocken versehene Welle (11) dem Reaktionskolben (1) einen maximalen Weg.

Sobald der Bremszylinder-Druck im Anhänger so gross geworden ist, dass die auf den Reaktionskolben (1) wirkende Kraft der am Steuerkolben (6) wirkenden Kräften das Gleichgewicht hält, wird die Kolbengruppe (1 und 6) nach unten gedrückt, so dass das Ventil (5) wieder schliesst und wir die Bremsabschluss-Stellung erreicht haben. Je nach der in der Steuerleitung (7) eingeleiteten Drucksenkung ist der Radbremszylinderdruck, bei welchem diese sogenannte Bremsabschluss-Stellung entsteht, kein anderer. Auf diese Weise wird der Anhänger um so stärker gebremst, je stärker die Bremse des Zugwagens betätigt wird.

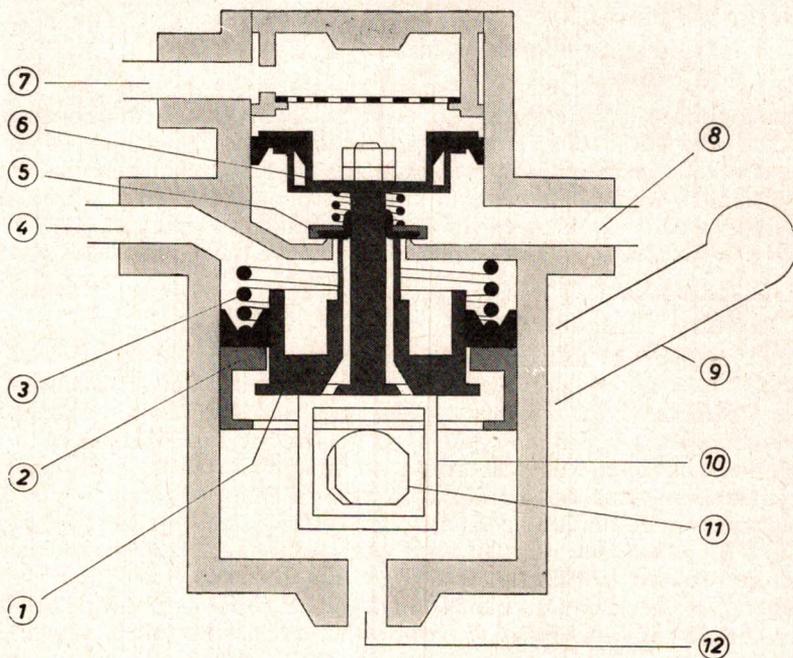
– Bremsen bei leerem Anhänger:

Zu diesem Zweck wird der Betätigungshebel (9) in die Stellung «Leer» gestellt. Der äussere Kolben (2) ist nicht mehr abgenützt, sondern liegt auf dem inneren Reaktionskolben (1) auf.

Beim Bremsen in Stellung «Leer» wirken nun beide Kolbenflächen (1 und 2) als Reaktionskolben, so dass das Ventil (5) viel rascher wieder schliesst. Es wird mit einem bis zur Hälfte reduzierten Bremsdruck gearbeitet, das heisst, das statische Gleichgewicht und dadurch die Bremsabschluss-Stellung wird viel rascher erreicht.

– Lösen:

Das Lösen der Bremse geschieht durch eine Drucksteigerung in der Steuerleitung (7), dabei ist es gleich, ob sich der Betätigungshebel (9) in der Stellung «Leer» oder «Beladen» befindet. Durch die Zunahme des Druckes auf den Steuerkolben (6) wird derselbe nach unten geschoben, schliesst das Ventil (5) und hebt auch durch die weitere Abwärtsbewegung den Reaktionskolben vom Ventil (5) ab, so dass sich die Bremsleitung (4) über den innern, hohlen Reaktionskolben (1) entleeren kann. Bei abgehängtem Anhänger hat die Steuerleitung (7) keinen Druck, und der Anhänger ist gebremst. Um die Bremsen zu lösen, wird der Betätigungshebel in die Stellung «Lösen» gestellt. Dabei wird der Reaktionskolben (1) durch die Nockenwelle (11) des Betätigungshebels nach unten gezogen, so dass sich die Bremsleitung (4) auf die genau gleiche Weise entlüften kann. Durch eine vorgespannte Feder und eine sich auf der Welle (11) befindende Spiralnute schnellt der Betätigungshebel (9) in die Stellung «Beladen» zurück, sobald die Steuerleitung (7) Druckluft erhält. Beim Abkuppeln des Anhängers geht also die Rückstellung, falls sie vom Fahrer vergessen werden sollte, automatisch vor sich.



Figur 52 Anhängerbremventil Beka SAR 53

- 1 Innerer Reaktionskolben
- 2 Äusserer Reaktionskolben
- 3 Feder
- 4 Anschluss (Radbremsszylinder)
- 5 Einlassventil
- 6 Steuerkolben
- 7 Anschluss (Anhängers-Steuerleitung)
- 8 Anschluss (Anhängerbekälter)
- 9 Betätigungshebel
- 10 Rahmen (innerer Kolben)
- 11 Nockenwelle
- 12 Entlüftungsbohrung

2. Bremskraftregler

a. Bremskraftregler Westinghouse A 292 a

Aufgabe:

Das Eigengewicht der Anhänger wird heute möglichst tief gehalten. Dadurch wird jedoch das Verhältnis der Bremswirkung zwischen leerem und beladenem Anhänger äusserst ungünstig. Durch den Einbau eines Bremskraftreglers wird die Bremskraft in der Stellung «Leer» um ca. 50% reduziert. Die Bremskraftregler werden auch mit dem Lösehahn kombiniert, um den Anhänger im abgekuppelten Zustande bewegen zu können.

Arbeitsweise (Figur 53):

– Stellung «Beladen»:

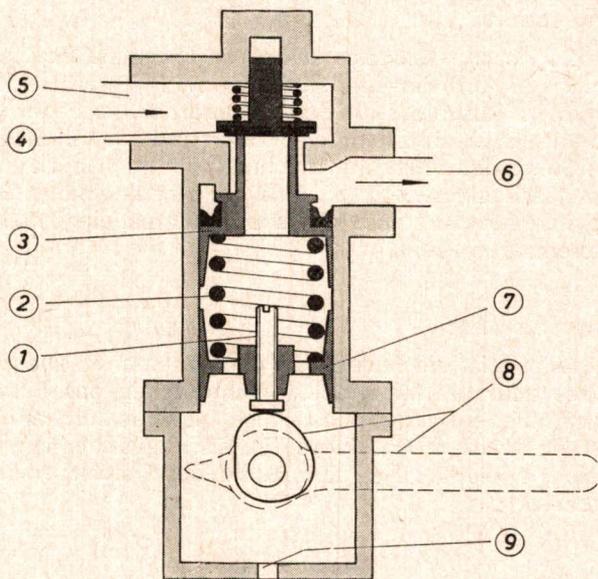
Der Umstellhebel steht waagrecht, so dass der mit ihm verbundene Reglernocken (8) den Reglerkolben (7) ganz nach oben stösst. Dadurch wird die Reglerfeder (2) maximal vorgespannt und der Reaktionskolben (3) mit der grösstmöglichen Federkraft gegen den oberen Anschlag gedrückt. Hierbei steht die hohle Kolbenstange des Reaktionskolbens so weit in die Ventilkammer des Ventils (4) vor, dass dasselbe abgehoben wird. Dadurch ist die Verbindung zwischen den Anschlüssen (5 und 6) hergestellt. Beim Bremsen kann nun Druckluft vom Anhänger-Bremsventil über Anschluss (5) am geöffneten Ventil (4) vorbei, über Anschluss (6) in die Radbremszylinder gelangen. Der den Radbremszylindern zugeführte Luftdruck wirkt auch auf den Kolben (3), vermag aber denselben nicht nach abwärts zu bewegen, da die entgegenwirkende Kraft der Feder (2) grösser ist. Die Anhänger-Radbremszylinder werden also mit unreduziertem Luftdruck beschickt.

– Stellung «Leer»:

In dieser Stellung steht der Umstellhebel senkrecht, und der Reglernocken (8) erlaubt eine tiefere Position des Reglerkolbens (7). Unter dem Einfluss der Feder (2) steht zunächst der Reaktionskolben (3) an seinem oberen Anschlag, und das Ventil (4) ist geöffnet. Beim Beginn einer Bremsung strömt zunächst Druckluft aus dem Anschluss (5) durch das Ventil (4) in den Bremszylinderanschluss (6). Da nun aber die Feder (2) weniger gespannt ist, kommt beim Erreichen eines bestimmten Radbremszylinderdruckes das Ventil (4) in Kontakt mit dem Gehäuse, wodurch ein weiteres Einströmen von Druckluft in den Anschluss (6) unterbunden wird. Der Bremskraftregler arbeitet in dieser Stellung also als Bremsdruckbegrenzer. Die Grösse des derart regulierten Druckes kann beim Einbau eines Apparates durch Verstellen des im Reglerkolben eingebauten Druckstössels (1) verändert werden.

– Stellung «Lösen»:

Der Hebel wird in die dritte markierte Position «Lösen» gestellt. Unter dem Einfluss der Feder (2) wird der Reglerkolben (7) in die tiefstmögliche Stellung geführt. Hierbei hebt sich der vom Radbremszylinderdruck nach unten gedrückte Reaktionskolben (3) mit seiner hohlen Kolbenstange vom Ventil (4) ab, so dass sich die in den Bremszylindern befindliche Druckluft über Anschluss (6), die hohle Kolbenstange des Reaktionskolbens (3) und die Entlüftungsbohrungen im Reglerkolben (7) und Bohrung (9) entleeren kann.



Figur 53 **Bremskraftregler Westinghouse A 292a**

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1 Druckstößel (verstellbar) | 6 Anschluss (Anhänger-Radbremszylinder) |
| 2 Reglerfeder | 7 Reglerkolben |
| 3 Reaktionskolben | 8 Umstellhebel mit Reglernocken |
| 4 Ein- und Auslassventil | 9 Entlüftung |
| 5 Anschluss (Anhänger-Bremsventil) | |

b. Bremskraftregler Beka RF 1

Arbeitsweise (Figur 54):

– **Stellung «Beladen»:**

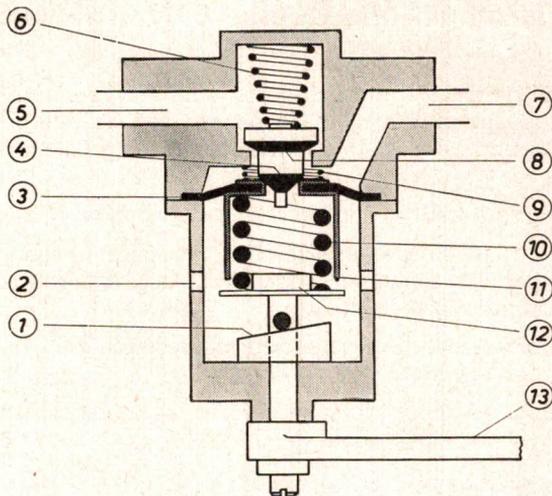
Mit dem Hebel (13) werden Feder (10) und Federteller (12) über die Auflaufkurve (1) nach oben gepresst, so dass die Membrane (3) das Auslassventil (4) abschliesst und das Einlassventil (8) öffnet. Die Druckluft kann ungehindert vom Anhängerbremsventil, Anschluss (5) nach dem Anschluss (7) und zu den Radbremszylindern gelangen.

– **Stellung «Leer»:**

Die Feder (10) ist nun teilweise entspannt und wirkt im Zusammenhang mit Membrane (3) und Ein- und Auslassventil (4/8) als Regler. Übersteigt der Luftdruck im Anschluss (7) den Gegendruck der Feder (10), so wird die Membrane (3) nach unten verschoben und das Einlassventil (8) geschlossen. Steigt der Druck im Anschluss (7) noch höher, so öffnet die Membrane das Auslassventil (4), und die Luft entweicht über die Entlüftung (2) ins Freie. Auf diese Weise wird der fest eingestellte, reduzierte Anhängerbremsdruck erreicht.

– **Stellung «Lösen»:**

In dieser Stellung ist die Feder (10) ganz entspannt. Die Membrane ist vom Auslassventil (4) abgehoben, währenddem das Einlassventil (8) durch die Ventildfeder (6) geschlossen ist. Die Druckluft kann nun aus den Radbremszylindern über Anschluss (7), Auslassventil (4) und Entlüftung (2) ins Freie entweichen. Die Feder (9) hat das Freiwerden der Membrane sicherzustellen.



Figur 54 **Bremskraftregler Beka RF 1**

- | | |
|------------------------------------|---------------------------|
| 1 Auflaufkurve | 8 Einlassventil |
| 2 Entlüftung | 9 Membrane-Rückstossfeder |
| 3 Membrane | 10 Reglerfeder |
| 4 Auslassventil | 11 Anschlag |
| 5 Anschluss (Anhängerbremssventil) | 12 Federteller |
| 6 Ventilfeeder | 13 Umstellhebel |
| 7 Anschluss (Radbremszylinder) | |

3. Drucksicherungs- und Überströmventil (Absperrventil)

a. Aufgabe:

Dieses Ventil gehört bei der schweizerischen Zweileiterbremsanlage zur Anhängerausüstung. Es wird zwischen den Kupplungsschlauch der Speiseleitung und den Anhängerluftbehälter eingebaut und hat folgende Aufgabe:

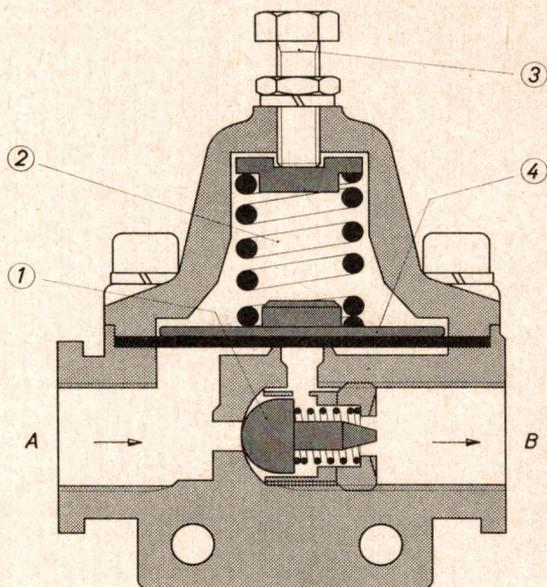
- Überströmung der Druckluft vom Zugwagen zum Anhänger.
- Ermöglichung des Druckausgleiches zwischen Anhänger- und Zugwagenluftbehälter (sicheres Lösen der Anhängerbremsen im Normalbetriebszustand mit 4–6 atü).
- Beim Abreissen der Speiseleitung den Anhängerluftbehälter gegen Luftverlust abzusichern.
- Beim Einleiter-Anhängerbremsbetrieb die Speiseleitung abzudichten.

b. Arbeitsweise (Figuren 55 und 56):

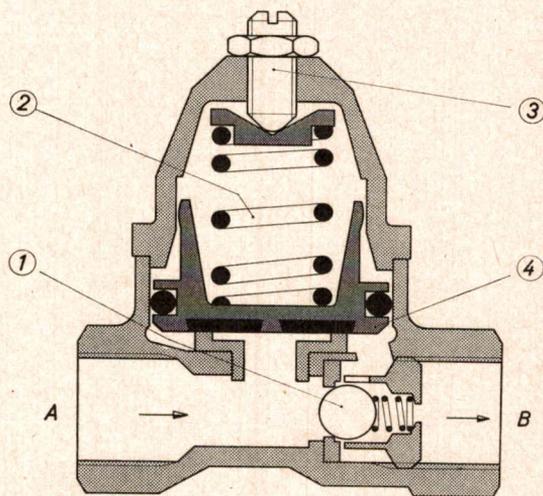
Die Luft strömt vom Motorwagen über das Rückschlagventil (1) in den Anhängerluftbehälter. Sobald der Druck im Anhängerluftbehälter zirka 4,5 atü erreicht hat, hebt sich der Kolben respektive die Membrane (4) vom Sitz ab und gibt den Durchgang frei, so dass ein Druckausgleich sowohl in der einen wie auch in der andern Richtung erfolgen kann. Bei plötzlicher Entleerung der Speiseleitung (Abkuppeln oder Zerreißen des Schlauches) schliesst der Kolben respektive die Membrane (4) sofort ab und sichert so den vorhandenen Druck im Anhängerluftbehälter.

Legende zu Figur 55 und 56

- | | |
|-------------------------|---|
| 1 Rückschlagventil | A Anschluss vom Motorwagen
(Speiseleitung) |
| 2 Regulierfeder | |
| 3 Einstellschraube | B Anschluss zum Anhängerluft-
behälter |
| 4 Kolben resp. Membrane | |



Figur 55 Drucksicherungs- und Überströmventil Beka UV 57



Figur 56 Drucksicherungs- und Überströmventil Westinghouse A 317 11



VI. Bremsanlagen für Anhängerzüge

1. Kombinierte Zugwagenbremse mit indirekter Einleiter-Anhängerbremse

Schematische Darstellung: siehe Anhang IV/2

Bei diesem System ist die Bremsanlage von Zugwagen und Anhänger mit *einer* Leitung verbunden, d.h., Steuerung und Speisung der Anhängerbremse erfolgt durch dieselbe Leitung. Die Steuerung der Anhängerbremse muss nach dem SVG durch Druckabfall in der Steuerleitung ausgelöst werden.

Die Vorteile der indirekten Einleiter-Anhängerbremse gegenüber der direkten sind:

- Beim Abreissen des Anhängers bremst dieser durch den Druckabfall in der Steuerleitung automatisch (deshalb oft auch als automatische Anhängerbremse bezeichnet!).
- Der Anhänger – vorausgesetzt, dass sein Luftbehälter geladen ist – kann auch ohne Zugwagen mehrere Male mit Druckluft gebremst werden (Manövrieren des abgehängten Anhängers).
- Der Anhänger kann auch durch die Handbremse des Zugwagens mit Druckluft gebremst werden.

Die Nachteile der indirekten Einleiter-Anhängerbremse:

- Während des Bremsvorganges – mit Fuss- oder Handbremse – wird der Anhängerluftbehälter nicht aufgeladen und kann sich deshalb bei übermässigem Bremsen entleeren.
- Wird eine Bremsanlage bei angezogener Handbremse (oder Fussbremse) aufgeladen, so bleibt der Anhängerluftbehälter leer. Im Moment des Abfahrens, d.h. wenn die Handbremse gelöst wird, gleicht sich der Druck in den beiden Luftbehältern – Zugwagen und Anhänger – aus, womit sich in beiden nur noch der halbe Druck befindet, was bei einer Bremsung unmittelbar nach dem Abfahren eine grosse Gefahr darstellt. Es ist deshalb äusserst *wichtig, nach dem Lösen der Handbremse die Manometer zu beachten.*
- Ist der Druck im Zugwagenluftbehälter niedriger als der im Luftbehälter eines anzuhängenden Anhängers, so lösen die Anhängerbremsen nicht beim Ankuppeln. Es muss deshalb der Druck im Zugwagenluftbehälter erhöht werden.
- Wird beim Anhängen eines Anhängers mit leerem Luftbehälter der Absperrhahn der Steuerleitung nicht geöffnet, kann wohl abgefahren werden, aber die Anhängerbremsen können nicht funktionieren.

An Fahrzeugen mit indirekter Einleiter-Anhängerbremse können Anhänger mit verschiedenen Bremssystemen wie folgt angekuppelt werden:

a. Anhänger mit direkter Einleiterbremse (Kanonen) :

Anhänger, der weder einen Luftbehälter noch ein Bremsventil besitzt (vgl. IV/2 des Anhanges).

- Umstellhahn (10) auf «Direkt» stellen
- Absperrhahn (12) öffnen

b. Anhänger mit indirekter Einleiterbremse :

Anhänger ausgerüstet mit Luftbehälter und Bremsventil (14) (vgl. IV/2 des Anhanges).

- Umstellhahn (10) auf «Indirekt» stellen
- Absperrhahn (12) öffnen
- Hebel des Bremskraftreglers (wenn vorhanden) am Bremsventil (14) auf richtige Stellung bringen: Leer, Halb- oder Vollast
- Aufladen der Bremsanlage bei *gelöster* Hand- und Fussbremse.

c. Anhänger mit Zweileiterbremse :

Anhänger ausgerüstet mit Luftbehälter, Bremsventil mit Bremskraftregler (17) sowie mit Drucksicherungs- und Überströmventil (12) (vgl. IV/2 Zugwagen, IV/3 Anhänger, im Anhang)

- Umstellhahn (10) auf «Indirekt» stellen
- gelbe Schlauchkupplung ankuppeln, rote Anhängerbremsleitung auf dem Anhänger entsprechend versorgen und festbinden
- Absperrhahn (12) öffnen
- Hebel des Bremskraftreglers am Bremsventil (17) auf richtige Stellung bringen: Leer, Halb- oder Vollast
- Aufladen der Bremsanlage bis zum maximalen Druck.

2. Kombinierte Zugwagenbremse mit Zweileiter-Anhängerbremse

Schematische Darstellung: siehe Anhang IV/3

Um Nachteile, insbesondere diejenigen der indirekten Einleiterbremse, auszuschliessen und den Anhängerzügen eine grössere Sicherheit zu geben, müssen nach SVG alle Anhänger mit einem Gesamtgewicht von über 5000 kg mit einer Druckluft-Betriebsbremse nach dem Zweileiter-system ausgerüstet sein.

Zum Erreichen einer grösseren Luftreserve sind diese Fahrzeuge mit einem Hochdruckluftbehälter von ca. 10 atü ausgerüstet, dessen Druck mit dem nachfolgend eingebauten Druckreduzierventil auf den Betriebsdruck reguliert wird.

Bei dieser Anlage führen zwei Leitungen zum Anhänger, wobei nach SVG die gelbe Schlauchkupplung der Steuerleitung rechts von der roten Speiseleitungskupplung angeordnet sein muss (in Fahrtrichtung betrachtet).

Die rote Speiseleitung verbindet den Luftbehälter des Zugwagens direkt mit demjenigen des Anhängers, wodurch zwischen diesen beiden der Druckausgleich im normalen Druckbereich (von 4–6 atü) sichergestellt ist. Die in Ziffer 1 dieses Kapitels angeführten Nachteile der Einleiterbremsung sind aufgehoben.

An Fahrzeuge mit Zweileiter-Anhängerbremsen können Anhänger mit verschiedenen Bremssystemen wie folgt angehängt werden:

- a. Anhänger mit direkter Einleiterbremse (Vgl. IV/3 des Anhanges):
 - Umstellhahn (11) auf «Direkt» stellen
 - Anhänger an der gelben Steuerleitungskupplung (15) ankuppeln
 - Absperrhahn (14) öffnen
- b. Anhänger mit indirekter Einleiterbremse (Vgl. IV/3 des Anhanges):
 - Umstellhahn (11) auf «Indirekt» stellen
 - Anhängerleitung an der gelben Steuerleitungskupplung (15) ankuppeln
 - Absperrhahn (14) öffnen
 - Hebel des Bremskraftreglers am Bremsventil (17) auf richtige Stellung schalten: Leer, Halb- oder Vollast
 - Aufladen der Bremsanlage bei *gelöster* Hand- und Fussbremse
- c. Anhänger mit Zweileiterbremse (Vgl. IV/3 des Anhanges):
 - Umstellhahn (11) auf «Indirekt» stellen
 - Schlauchkupplungen der Farbe entsprechend ankuppeln
 - Absperrhahn (14) öffnen
 - Hebel des Bremskraftreglers am Bremsventil (17) auf richtige Stellung schalten: Leer, Halb- oder Vollast
 - Aufladen der Bremsanlage bis zum maximalen Druck.

3. Reine Zweikreis-Druckluft-Zugwagenbremse mit Zweileiter-Anhängerbremse

Schematische Darstellung: siehe Anhang IV/4

Bei dieser Anlage arbeitet die ganze Bremsanlage des Lastzuges rein pneumatisch. Infolge des grösseren Luftverbrauches werden meistens leistungsfähigere Kompressoren und oft aus Platzgründen auch Hochdruckluftbehälter (5a) verwendet.

Die Voreilung — früheres Bremsen des Anhängers — wird bei den neueren Anhängersteuerventilen (9) in denselben rein pneumatisch geregelt, ohne besonderes Voreilventil.

Die beiden Bremskreise sind nach den Rückschlagventilen (7) absolut getrennt, wobei der eine Kreis die Vorderachse, der andere die Hinterachse und die Anhängersteuerung bedient.

Beim Ausfall, z. B. des Vorderachskreises, schliesst sich sofort das Rückschlagventil des Hinterachskreises so, dass dieser noch voll arbeitsfähig bleibt.

Aufladen der Bremsanlage:

Die vom Kompressor (1) kommende Luft gelangt über den Druckregler (2) Frostschutzapparat (3) zum Hochdruckluftbehälter (5a). Am Druckreduzierventil (6) wird dieser Hochdruck auf den Betriebsdruck von etwa 5,5 atü reduziert. Weiter strömt die Luft über die beiden Rückschlagventile (7), Luftbehälter (5b und 5c) zum Zweikreis-Trittplatten-Führerbremseventil (8). Über die erste Abzweigung nach dem Druckreduzierventil (6) gelangt die Luft über Drucksicherungs- und Überströmventil des Zugwagens (11), Leitungsluftfilter (13), Speiseleitungskupplung (16) und Drucksicherungs- und Überströmventil des Anhängers (12) zum Luftbehälter des Anhängers (5d). Über die zweite Abzweigung nach dem Drucksicherungs- und Überströmventil des Zugwagens (11) strömt die Luft zum Anhängersteuerventil (9), über Umstellhahn (10), Leitungsluftfilter (13), Absperrhahn (14), gelbe Steuerleitungskupplung (15) und Anhängerbremsventil (17) zum Luftbehälter des Anhängers (5d).

Beim Bremsvorgang strömt die Luft vom Zweikreis-Trittplatten-Führerbremseventil (8) getrennt einerseits zu den Vorderachsbremssylindern (18), andererseits zu den Hinterachsbremssylindern (19) sowie zum Anhängersteuerventil (9). Dort wird die Drucksenkung in der Steuerleitung (15) eingeleitet, die Luft strömt bei der Entlüftung des Anhängersteuerventils (9) ins Freie. Dieser Druckabfall öffnet das Einlassventil im Anhängerbremsventil (17), wodurch die Luft aus dem Luftbehälter (5d) zu den Radbremssylindern des Anhängers (20) strömt.

Beim Lösen der Bremsen strömt die Luft aus den Radbremssylindern und dem Anhängersteuerventil (9) über die Entlüftung im Zweikreis-Trittplatten-Führerbremseventil (8) ins Freie. Dabei steigt der Druck in der gelben Steuerleitung wieder an, schliesst das Einlass- und öffnet das Auslassventil im Anhängersteuerventil (17), wodurch sich die Radbremssylindern des Anhängers (20) entlüften können.

4. Kombinierte Bremsanlage Beka 850 209 mit indirekter Einleiter-Anhängerbremse (FBW)

Schematische Darstellung : siehe Anhang IV/5

– Hydraulische Anlage des Zugwagens :

Die hydraulische Anlage des Zugwagens ist mit einem einfachen Hauptbremszylinder, an welche ein Einkreissystem angeschlossen ist, ausgerüstet.

– Aufladen :

Der Kompressor fördert die Druckluft in den Hauptbehälter (D) des Zugwagens. Über das Überströmventil (H) steht der Hilfsbehälter (J) mit dem Hauptbehälter in Verbindung. Erst wenn der eingestellte Soll-Druck im Hauptbehälter erreicht ist, gibt das Überströmventil (H) den Durchlass zum Hilfsbehälter (J) frei. Sinkt der Druck im Hauptbehälter (D) plötzlich ab, so öffnet sich das Rückströmventil im Überströmventil (H) und lässt die Druckluft aus dem Hilfsbehälter (J) in den Hauptbehälter (D) zurückströmen.

Aus dem Hauptbehälter (D) wird die Druckluft dem Führerbremsventil (C) sowie dem Anhänger-Steuerventil (F) zugeführt. Das Einlassventil (C2) des Führerbremsventils ist geschlossen, während das Einlassventil (F1) des Anhänger-Steuerventils durch die auf den Kolben (F3) wirkende Feder (F4) offengehalten wird. Lediglich das Auslassventil (F2) ist geschlossen. Dadurch wird die Anhänger-Steuerverleitung mit Druckluft gespeisen, die den Anhängerbehälter (U) über die Kolbenmanschette (S1) des Anhänger-Bremsventils erreicht.

Der Druck in der ganzen Anlage steigt so lange an, bis der durch den Regler (B) eingestellte Maximaldruck erreicht ist und der Kompressor ins Freie arbeitet. Der Druck in der Anhänger-Steuerverleitung, und damit auch im Anhängerbehälter, hängt einerseits vom Druck im Hauptbehälter, andererseits von der Vorspannung der Feder (F4) des Anhänger-Steuerventils ab.

– Bremsen :

Beim Betätigen des Bremspedals wird das Einlassventil (C2) des Führerbremsventils (C) geöffnet, und die Druckluft tritt über das Voreilventil (G) in die Membrankammer des Hauptbremsapparates (M) ein. Dadurch wird die Membrane nach rechts gedrückt, und die Zugwagenbremse spricht über die hydraulische Übertragung an. Gleichzeitig wird auch der Kolben (F3) des Anhänger-Steuerventils (F) mit Druck beaufschlagt, so dass die Anhänger-Steuerverleitung entlüftet wird. Dadurch geht der Steuerkolben des Anhängerbremsventils (S) nach oben, und die Radbremszylinder (T) des Anhängers werden über den separat beschriebenen Weg mit Druckluft gespeisen.

– Lösen:

Sobald der Fahrer das Bremspedal loslässt, wird das Einlassventil (C2) des Führerbremsventils wieder geschlossen und das Auslassventil (C1) geöffnet. Dadurch wird die Bremsleitung zum Hauptbremsapparat (M) entlüftet, und die Membrane wird durch ihre Feder nach links gedrückt. Die Zugwagenbremse ist gelöst. Gleichzeitig wird auch das Anhänger-Steuerventil (F) entlüftet. Der Kolben (F3) wird durch die Feder (F4) nach links gedrückt, das Auslassventil (F2) geschlossen und das Einlassventil (F1) geöffnet. Die Druckluft gelangt nun wieder über die Anhänger-Steuerleitung zum Anhänger-Bremsventil (S), welches die Abwärtsbewegung des Steuerkolbens die Radbremszylinder (T) des Anhängers entlüftet (Funktion analog Anhängerbremsventil Beka S. 36-R, siehe Kapitel V, Ziffer 14 c, Seite 84).

5. Kombinierte Bremsanlage Westinghouse AS 486 mit indirekter Einleiter-Anhängerbremse (Saurer)

Schematische Darstellung: siehe Anhang IV/6

– Hydraulische Anlage des Zugwagens:

Die hydraulische Anlage des Zugwagens ist genau gleich wie diejenige der Anlage AS 100 (vgl. Seite 22).

– Aufladen:

Der Kompressor fördert die Druckluft in den Hauptluftbehälter (D) des Zugwagens. Über das Überströmventil (C) steht der Hilfsbehälter (E) mit dem Hauptbehälter (D) in Verbindung. Erst wenn der eingestellte Soll-druck im Hauptbehälter erreicht ist, gibt das Überströmventil (C) den Durchlass zum Hilfsbehälter (E) frei. Sinkt der Druck im Hauptbehälter plötzlich ab, so öffnet sich das Rückströmventil (C) und lässt die Druckluft aus dem Hilfsbehälter in den Hauptbehälter zurückströmen.

Aus dem Hauptluftbehälter (D) wird die Druckluft dem Führerbremsventil (F) sowie dem Anhänger-Steuerventil (H) zugeführt. Das Ventil (F 3) des Führerbremsventils ist geschlossen, während das Ventil (H 1) des Anhängersteuerventils durch die auf den Kolben (H 3) wirkende Feder (H 4) offen gehalten wird und lediglich die hohle Kolbenstange (H 2) abschliesst. Dadurch wird die Anhänger-Steuerleitung mit Druckluft gespiesen und der Anhängerbehälter (Q) über das Anhänger-Bremsventil (O) gefüllt.

Der sich im Anhängerbehälter (Q) befindliche Druck liegt etwa $0,5 \text{ kg/cm}^2$ unterhalb desjenigen im Hauptbehälter. Der Druck in der ganzen Anlage steigt so lange an, bis der durch den Regler (B) eingestellte Maximaldruck erreicht ist und der Kompressor ins Freie arbeitet. Der Druck in der Steuerleitung, und damit auch des Anhängerbehälters, hängt einerseits vom Druck im Hauptbehälter, andererseits von der Vorspannung der Feder (H 4) des Anhänger-Steuerventils ab.

– Bremsen:

Beim Betätigen des Bremspedals wird das Ventil (F 3) des Führerbremsventils geöffnet, und die Druckluft tritt über das Voreilventil (I) in die Membrankammer des Hauptbremszylinders (L) ein. Dadurch wird die Membrane nach rechts gedrückt, und die Zugwagenbremse spricht über den hydraulischen Weg an. Gleichzeitig wird auch der Kolben (H 3) des Anhänger-Steuerventils mit Druckluft beaufschlagt, so dass die Anhänger-Steuerleitung entlüftet wird. Der Kolben (O 1) des Anhänger-Bremsventils geht demzufolge nach unten, und die Radbremszylinder des Anhängers werden durch den Anhängerbehälter (Q) mit Druckluft gespiesen.

Die vom Führerbremssventil (F) zum Hauptbremszylinder (L) eingebaute Zugstange (L1) überträgt ebenfalls einen bestimmten Prozentsatz der vom Fahrer auf das Bremspedal ausgeübten Kraft auf die Achse der Membrane (L2). Die gesamte, auf die beiden Zylinder des Hauptbremszylinders (L) einwirkende Kraft setzt sich somit aus einer durch Druckluft erzeugten Hauptkraft und einer mechanisch übertragenen Hilfskraft zusammen. Fällt aus irgend einem Defekt die Druckluft aus, so kann das Fahrzeug immer noch auf mechanisch-hydraulischem Wege gebremst werden (sofern die Bremsen gut nachgestellt sind).

– **Lösen:**

Sobald der Fahrer das Bremspedal loslässt, wird das Ventil (F3) des Führerbremssventils wieder geschlossen, und die hohle Kolbenstange (F2) hebt sich vom Ventil (F3) ab. Dadurch wird die Bremsleitung (F1) zum Hauptbremszylinder (L) entlüftet, und die Membrane (L2) wird durch ihre Feder nach links gedrückt. Gleichzeitig wird auch das Anhänger-Steuerventil (H) entlüftet. Der Kolben (H3) wird durch die Feder nach links gedrückt, die hohle Kolbenstange (H2) wird abgeschlossen und das Einlassventil (H1) von seinem Sitz abgehoben. Die Druckluft gelangt nun über die Anhänger-Steuerleitung zum Anhänger-Bremssventil (O), welches die Anhängerbremse löst.

(Funktion analog Anhängerbremssventil Westinghouse A 320, siehe Kapitel V, Ziffer 14 b, Seite 80.)

6. Reine Druckluft-Bremsanlage Westinghouse AS 772.01 Zweikreis-Zweileiter-System

Schematische Darstellung: siehe Anhang IV/7

Da die Aufladung der Anlage sowie Brems- und Lösevorgang in den vorangehenden Bremsanlagen erläutert ist, werden hier nur die Besonderheiten dargelegt.

Der raschen Entwicklung im heutigen Strassenverkehr wurde bei den Fahrzeugbremsen Rechnung getragen, indem speziell der Bremsweg verkürzt und die Betriebssicherheit erhöht wurde.

Die Betriebssicherheit des Motorwagens wurde durch das Zweikreis-system, die der Anhänger und der Anhängerzüge durch das Zweileiter-system wesentlich erhöht, wie dies an anderer Stelle dargelegt ist. Bremsverkürzung bedeutet Erhöhung der mittleren Verzögerung, wobei jedoch die maximale Verzögerung, deren Grösse durch den Reibwert zwischen Fahrbahn und Reifen begrenzt ist, nicht erhöht werden kann. Erhöhung der mittleren Verzögerung kann nur durch kürzere Ansprech- und Schwellzeit erreicht werden. Bei der Druckluftbremse bedeutet dies die Vergrößerung der Durchgänge vom Luftbehälter bis zu den Bremszylindern (Zweikreis-Führerbremsventile, Schnellbremsventile), jedoch ohne Volumenvergrößerung des Leitungssystems, das ja beim Bremsen auch gefüllt werden muss.

Durch den Einbau von *Relaisventilen* (14) kann die Ansprech- und Schwellzeit verkürzt werden, indem die Bremsleitungen verkürzt oder die Luftbehälter in der Nähe des Relaisventils angebracht werden. Das Führerbremsventil beschickt z. B. nur noch die Vorderachs-Bremszylinder und steuert das Relaisventil der Hinterachse (im Schema nur auf hinterer Anhängerachse vorhanden), welches seinerseits die Luft vom Luftbehälter (mit kurzer Leitung) direkt zu den Bremszylindern strömen lässt (*Schnellbremsventil*).

Beim Lösen der Bremsen entlüften sich nur die Vorderachs-Bremszylinder und die Relais-Steuerleitung über das Führerbremsventil, die Hinterachs-Bremszylinder aber unmittelbar in ihrer Nähe über das Relaisventil (*Schnelllöseventil*).

Bei dieser Anlage ist der Luftvorrat (6a) für den Vorderachskreis durch zwei Drucksicherungsventile (4) nur beschränkt abgesichert, da er zugleich als Hauptvorrat dient und als solcher im normalen Druckbereich die gesamte Anlage inklusive Nebenbetriebe (pneumatische Motor-Staudruckbremsbetätigung, Kupplungshilfe, Scheibenwischer usw.) und Anhänger nachzuspeisen hat. Der Luftvorrat (6b) für den Hinterachskreis ist durch Rückschlagventil (5) vollständig abgesichert.

Mit der Speiseleitung (roter Kupplungskopf) wird der Luftvorrat (6a) direkt mit dem Anhängerluftbehälter (6c) verbunden, wodurch dieser Luftvorrat immer gesichert ist. Das im Anhänger eingebaute Drucksicherungs- und Überströmventil (11) gibt den Weg der Luft jederzeit vom Motorwagen zum Anhänger und im normalen Druckbereich ebenfalls in umgekehrter Richtung frei. Erst beim Absinken des Druckes im Anhängerluftbehälter unter 4,5 atü unterbricht dieses Ventil die Rückströmung. Beim schlagartigen Absinken des Leitungsdruckes beim Abkuppeln oder z. B. auch beim Zerreißen des Schlauches schliesst das Ventil jedoch sofort (Schliessdruck 6,8 atü). Der rote Kupplungskopf ist so konstruiert, dass kein Absperrhahn nötig ist und ein falsches Anschliessen unmöglich wird. Zudem sind die Kupplungsköpfe noch mit Farbe gekennzeichnet. Dem Anhängerbremsventil (12), mit dem automatisch zurückgehenden Lösehahn, ist ein Bremskraftregler (13) mit drei Stufen (Leer, Halblast, Vollast) nachgeschaltet. Arbeitsweise sinngemäss Anhängerbremsventil A 320 Westinghouse (siehe Kapitel V, Ziffer 14 b, Seite 80).

7. Reine Druckluft-Bremsanlage, Beka 850320 Zweikreis-Zweileiter-System

Schematische Darstellung: siehe Anhang IV/8

Anstelle des bei der kombinierten Anlage sich befindlichen Führerbremssventiles ist ein Zweikreis-Trittplatten-Führerbremssventil SD 62 eingebaut, durch welches die pneumatischen Radbremszylinder des Zugwagens direkt mit Druckluft gespeisen werden. Zur Erhöhung der Bremsicherheit sind zwei Bremskreise angeordnet, wovon der

1. Kreis die Vorderachse und die Anhängersteuerung und der
2. Kreis die Hinterachse des Zugwagens bremst.

– Aufladen (Schema I, Bremse gelöst)

Der Kompressor (1) fördert die Druckluft über Frostschutzapparat (2), Druckregler (3) und die Drucksicherungsventile (5) in die jedem Bremskreis zugeteilten Luftbehälter (4a und 4b) und bis zu den Einlassventilen des Zweikreis-Trittplatten-Führerbremssventiles (17). Über die vom Vorderachskreis abzweigende Anhängerspeiseleitung (13) strömt die Luft über Drucksicherungsventil (18), Leitungsluftfilter (7), Speisekupplung (13) und Drucksicherungs- und Überströmventil (12) in den Anhänger-Luftbehälter (4c). Im weiteren wird der Anhänger-Luftbehälter mit der kurz vor dem Anhängersteuerventil (16) abzweigenden Leitung über Umschalhahn (15), Leitungsluftfilter (7), Absperrhahn (8), Steuerkupplung (9) und Anhängerbremssventil (10) geladen. Die Aufladung mit dieser Leitung erfolgt aber nur, wenn Fuss- und Handbremse ganz gelöst sind. Sind die Luftbehälter mit 6 atü gefüllt, so schaltet der Druckregler (3) aus, und der Kompressor arbeitet ins Freie.

– Funktion der Drucksicherungsventile:

Tritt bei einem Bremskreis ein Druckverlust ein, so sichert das andere Drucksicherungsventil (5) dem andern Bremskreis einen minimalen Druck von etwa 4 atü (schliesst automatisch beim eingestellten Druck). Bei einem Schlauchdefekt der Speiseleitung sichert das Drucksicherungsventil (18) den Druck des Vorderachskreises am Zugwagen und das Drucksicherungs- und Überströmventil (12) denjenigen des Anhänger-Luftbehälters. Das Drucksicherungsventil (18) öffnet beim Aufladen der Anlage erst bei einem Behälterdruck von etwa 4 atü und lässt im normalen Druckbereich (zwischen 4 und 6 atü) die Luft in beiden Richtungen durchströmen, zur Ausgleicheung des Druckes in den Luftbehältern (4a und 4c).

Das im Anhänger eingebaute Drucksicherungs- und Überströmventil (12) gibt den Weg der Luft vom Zugwagen zum Anhänger jederzeit und im normalen Druckbereich auch in umgekehrter Richtung frei. Es schliesst aber automatisch, wenn in der Speiseleitung der Druck unter etwa 3 atü fällt, um dessen Bremsbereitschaft sicherzustellen. Im Falle eines Abreissens der Speiseleitung schliesst das Ventil (12) sofort ab. Das in der roten Speisekupplung (13) eingebaute Entlüftungsventil (nicht sichtbar) ermöglicht ein entlastetes Ankuppeln und gibt beim Loslassen der Kupplung automatisch die Speisung frei. In naher Zukunft wird auch der Absperrhahn (8) automatisiert sein, um hier eine Fehlerquelle menschlichen Versagens auszuschalten.

– Bremsen :

Beim Betätigen des Zweikreis-Trittplattenventiles (17) strömt die Druckluft über das Einlassventil zu den Radbremszylindern und zum Steuerkolben des Anhängersteuerventils (16). Dadurch wird der Steuerkolben nach oben gedrückt, und dies führt in Verbindung mit dem Ein- und Auslassventil und der hohlen Kolbenstange zur Entlüftung der Steuerleitung. Im Anhängerbremsventil (10) geht infolgedessen der Steuerkolben nach oben, und die Druckluft strömt zu den Radbremszylindern.

– Lösen :

Sobald der Fahrer das Trittplattenventil loslässt, schliesst das Einlassventil, und das Auslassventil öffnet, so dass die Druckluft aus den Radbremszylindern (14) entweicht und die Zugwagenbremse gelöst ist. Gleichzeitig wird auch der Steuerkolben im Anhängersteuerventil (16) entlastet, wodurch die Kolbenstange durch den ständig auf den Reaktionskolben wirkenden Behälterdruck nach unten geschoben wird und das Einlassventil öffnet. Die Anhängersteuerleitung wird erneut mit Druckluft gespeisen, wodurch die Anhängerbremse gelöst wird.

– Teilbremsung (Schema II) :

Die Apparate wie Zweikreis-Trittplatten-, Anhängersteuer- und -Bremsventil, sind auf der Basis der Druck- bzw. Kraftabhängigkeit konstruiert. Hieraus erfolgt, dass der Druck in den Steuer- und Bremsleitungen sowie in den Bremszylindern immer dem Bremspedalweg (Bremskraft) entspricht und weiter, dass *sämtliche* beteiligten Ventile bei stillgehaltenem Bremspedal automatisch schliessen und sich der Druck in den Kammern und Leitungen nicht mehr verändern kann.

Nach Darstellung II nehmen wir an, es werde bei einem Betriebsdruck von 6 atü (rot) mit einer kleinen Kraft (kleiner Pedalweg) gebremst, die einem (gelben) Bremsdruck von 2 atü entspricht. Da wir das als Umkehrventil arbeitende Anhängersteuerventil (16) – je grösser der Bremsdruck, um so kleiner der Steuerdruck in der Steuerleitung – mit 2 atü beschicken, lässt es aus der Steuerleitung mit 6 atü 2 davon ausströmen. Auf dem Bremsmanometer links steht der Zeiger also bei 4 atü. Dieser um 2 atü reduzierte (grüne) Steuerleitungsdruck bewirkt nun im Anhängerbremsventil (10) (ebenfalls Umkehrventil), dass die Anhängerbremszylinder auch mit 2 atü beschickt werden.

Wird nun die Pedalkraft etwas erhöht, dass der (gelbe) Bremsdruck auf 2,5 atü ansteigt, so wird auch der Druck in der Steuerleitung um eine weitere halbe atü reduziert (Bremsmanometer noch etwa 3,5 atü). Der Druck in den Anhängerbremszylindern steigt ebenfalls auf 2,5 atü.

Bei der Volibremung ist der Bremsdruck auf dem Maximum (Behälterdruck = 6 atü), der Steuerleitungsdruck auf dem Minimum (atmosphärischer Druck, Bremsmanometer = 0) und der Anhängerbremsdruck wieder auf dem Maximum.

G

VII. Staudruck-Motorbremsen

1. Auspuff-Staudruckbremse

Die Auspuff-Staudruckbremse dient zur Schonung der Reibbremse. Sie hilft mit, die Betriebstemperaturen von Bremstrommel und Bremsbelag möglichst niedrig zu halten. Dadurch werden Betriebssicherheit und Lebensdauer der Bremsen erhöht.

Durch Abschliessen der Auspuffleitung wird der Motor in einen Luftkompressor umgewandelt. Zu seinem Antrieb braucht es eine Leistung, die sich in einem zwei- bis dreimal grösseren Abbremsen des Fahrzeuges auswirkt, als wie wenn der Motor nur leer durchgedreht würde.

Beim Betätigen der Bremse wird gleichzeitig mit einer Vorrichtung der Füllhebel der Einspritzpumpe in die Nullstellung gebracht und damit die Treibstoff-Einspritzung abgestellt.

Da dem Motor nach dem Schliessen der Auspuffleitung nur noch reine Luft zugeführt wird, ist eine Verölung des Verbrennungsraumes sowie eine Schmierölverdünnung durch Treibstoff verunmöglich. Die Bremse ist keiner Abnützung unterworfen.

Die Wirkung der Staudruck-Bremse ist hauptsächlich von der Stärke der Auspuff-Ventilfedern abhängig.

VIII. Tetrax-Anhängerbremse (Infanterie-Gepäckanhänger)

Allgemeines:

Die Tetraxbremse ist grundsätzlich nur für Traktorenzug vorgesehen. Diese hydromechanische Innenbacken-Vierradbremse wird durch eine Feder (4) mechanisch gebremst und mittels des Bedienungshebels (A) hydraulisch gelöst und ist absolut unabhängig von der Bremsanlage des Traktors. Sie wirkt nicht nur als Betriebs- und Stellbremse, sondern auch als automatische (indirekte) Anhängerbremse, indem beim Abreißen des Anhängers und des Verbindungsschlauches der Anhänger sofort gebremst wird.

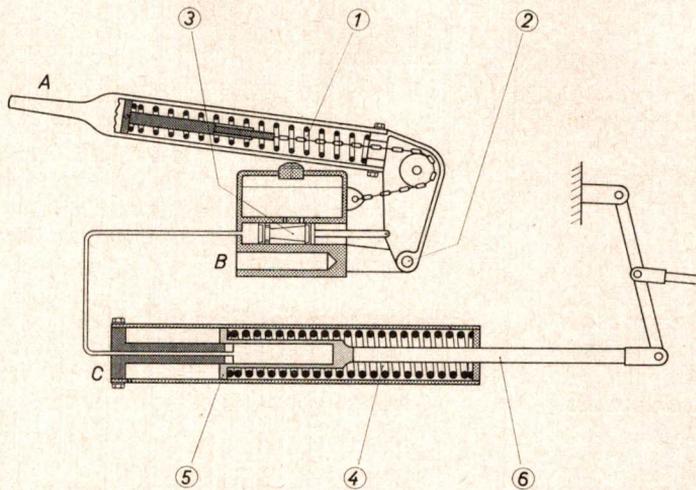
Sie besteht aus dem Bedienungshebel (A), dem hydraulischen Betätigungsapparat (B), dem unter der Anhängerbrücke montierten Bremszylinder (Federkraft) (C) und einem ca. 6 m langen Hochdruck-Ölschlauch, der die beiden letzten Aggregate miteinander verbindet.

Der hydraulische Betätigungsapparat (B) und der Bedienungshebel (A) bilden ein unzertrennliches Aggregat. Dieses ist beim parkierten Anhänger vorne an der Ladewand an einem speziellen Stecknagel versorgt, wo die Anlage als Stellbremse benützt werden kann.

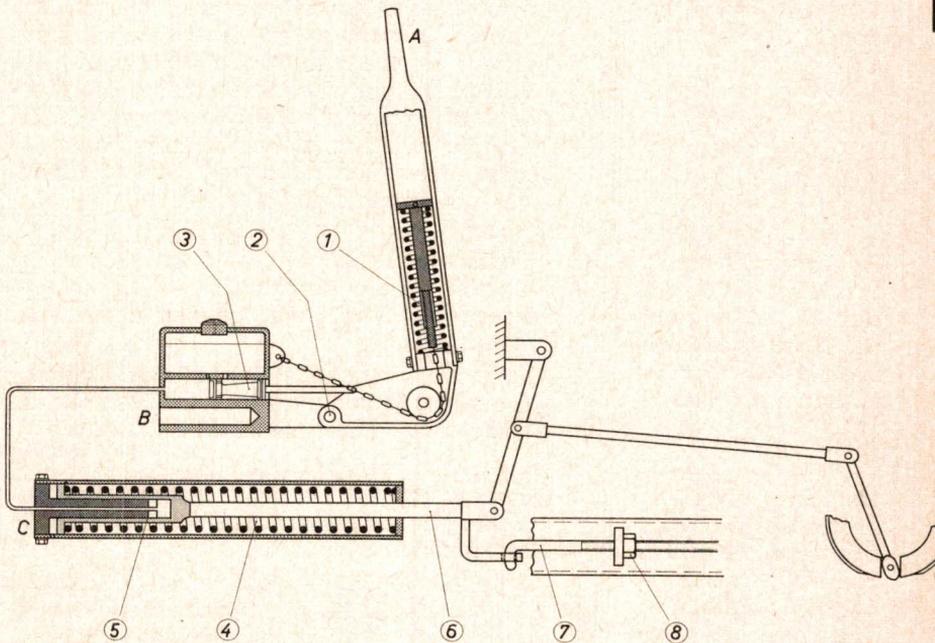
Beim Anhängen des Anhängers an den Traktor muss das Aggregat auf den rechts neben dem Traktor-Fahrsitz angebrachten Stecknagel aufgesteckt werden, wo der Bedienungshebel (A) vom Motorfahrer wie eine übliche Handbremse betätigt werden kann. So wird nun der Anhänger vom Traktor aus bremsbar. Da der Bedienungshebel (A) durch Selbsthemmung in jeder Lage verhartet, ist auch jede gewünschte Teilbremsung des Anhängers möglich.

Legende zu Figur 57 und 58

- A Bedienungshebel
- B hydraulischer Betätigungsapparat
- C Bremszylinder (Federspeicherapparat)
- 1 Feder mit verstellbarem Anschlag
- 2 Drehpunkt des Bedienungshebels
- 3 Zylinder mit Kolben (Hauptbremszylinder)
- 4 Bremsfeder
- 5 Bremszylinder
- 6 Zylinderstange mit Bremshebel
- 7 Rückzughaken
- 8 Mutter für Hakenbetätigung



Figur 57 Tetrax-Anhängerbremse Bremse gelöst, Bedienungshebel unten



Figur 58 Bremse angezogen, Bedienungshebel hochgezogen

Störungen

Ursache:

- **Die Bremse bleibt blockiert**, weil durch Undichtheit Bremsflüssigkeit verlorengeht.
- **Anhänger blockiert während der Fahrt**, weil Hochdruckschlauch zerissen.
- **Anhänger bremst zunehmend während der Fahrt**, Ölverlust am Zylinder C.
- **Bedienungshebel A steigt während der Fahrt langsam in Bremsstellung**, weil die Feder (1) zu schwach ist.
- **Bedienungshebel steht bei der entbremsten Stellung zu hoch**, weil zu viel Bremsflüssigkeit im System ist.

Behebung:

- Bremsflüssigkeit nachfüllen.
- Drucksystem mit Bremsflüssigkeit auffüllen. Dies durch Montage des Rückzughakens (7) und Spannen der Mutter (8), bei hochgezogenem Bedienungshebel. Die Bremsflüssigkeit wird nun mit Vakuum aus dem Behälter nachgesogen.
- Montage des Rückzughakens (7) und Spannen mit der Mutter (8), bis Zylinder am Anschlag rechts anliegt. Anhänger kann für den Notfall wieder gefahren werden.
- Manschette am Kolbenende des Zylinders (C) ersetzen. Zu diesem Zweck Haken (7) montieren und mit Mutter (8) spannen.
- 4 Schrauben am Zylinder vorne lösen und Kolben (Abschlussdeckel) entfernen, Manschette ersetzen und wieder montieren.
Wichtig: Bevor die 4 Schrauben gelöst werden, ist immer die Zylinderstange (6) mit dem Zughaken zu sichern. Da die Feder (4) unter einer Spannung von 500 kg steht, herrscht *grosse Unfallgefahr!*
- Bedienungshebelrohr (A) durch Lösen der 4 Schrauben entfernen, Feder (1) am Anschlag mit Dorn mehr spannen und wieder montieren.
- Kontrolle für richtige Einstellung: Kraftaufwand am Bedienungsrohr zum Bremsen ca. 15 kg, zum Entbremsen ca. 10 kg.
- Bedienungshebel kurzen Moment *ganz* zurückziehen, wobei etwas Bremsflüssigkeit in den Behälter zurückfließt.
- Grundeinstellung im entbremsten Zustand: Der Mindestabstand zwischen Bedienungsrohr und Bremsflüssigkeitsbehälter soll ca. *2 cm betragen.*

Elektrische Anlage

Inhaltsverzeichnis	Seite
I. Grundlagen	1
1. Allgemeines	1
2. Elektrotechnische Begriffe und Masseinheiten	2
3. Berechnungsformeln	3
4. Schaltung von Volt- und Ampèremeter	4
II. Batterie	7
1. Aufgabe	7
2. Arten	7
3. Aufbau der Bleibatterie	7
4. Chemische Vorgänge	9
5. Elektrische Werte	11
6. Selbstentladung	12
7. Schaltungsarten	12
8. Polaritätsbestimmung	13
9. Wartung	15
10. Vergleichstabelle (Blei-/Stahl-Batterie)	18
III. Batteriezündanlage	19
1. Aufgabe	19
2. Aufbau der Batteriezündanlage	19
3. Wirkungsweise	20
4. Zündspule	20
5. Kondensator	22
6. Unterbrecher	24
7. Zündverstellung	25
8. Einstellvorgang der Batteriezündung	28
9. Wartung der Batteriezündanlage	29
IV. Zündkerze	30
1. Anforderungen	30
2. Isolator	31
3. Elektroden	31
4. Wärmewert	33
5. Selbstreinigungs-Temperatur	35
6. Wartung der Zündkerze	35
7. Zündkerzen-Prüfung	36
V. Magnetzündapparat	37
1. Anwendung	37
2. Bauarten	37
3. Aufbau	37
4. Wirkungsweise	38

	Seite
5. Abschnapp-Kupplung	38
6. Einstellvorgang für Magnetzündapparate	38
7. Vertex-Magnetzündler	39
VI. Anlasser	43
1. Allgemeines	43
2. Schraubtrieb-Anlasser (Bendix)	44
3. Schubtrieb-Anlasser, einstufig	45
4. Schubschraubtrieb-Anlasser, einstufig	46
5. Schubanker-Anlasser, zweistufig	47
6. Schubtrieb-Anlasser, zweistufig	48
7. Scintilla-Anlasser, Typ ANT	50
8. Scintilla-Anlasser, Typen AGR und AGT	51
9. Überdrehenschutz (Rollenfreilauf)	52
10. Überlastungsschutz (Rutschkupplung)	52
11. Einbau von Anlassern	52
12. Anlasser-Betätigung	53
VII. Gleichstrom-Lichtmaschine	55
1. Allgemeines	55
2. Nebenschluss Gleichstrommaschine	56
VIII. Regelung der Lichtmaschine	59
1. Rückstromschalter	59
2. Spannungsregler	61
3. Temperaturabhängigkeit bei Spannungsreglern	64
4. Stromregelung bei Spannungsreglern	65
5. Variodenregler (Bosch)	67
6. Regulierungsarten der Regler	70
7. Anschliessen von Reglern und Lichtmaschinen	71
8. Prinzipschemata von Reglern	72
9. Messen und Einstellen von Reglern	78
10. Ladeanzeige-Vorrichtungen	84
IX. Drehstrom-Lichtmaschinen (Alternator)	89
1. Allgemeines	89
2. Aufbau und Wirkungsweise	89
3. Gleichrichtung und Schaltungen	91
4. Schutzmassnahmen bei Arbeiten an Fahrzeugen mit Alternatoranlagen	93
5. Prinzipschemata von Alternatoren	93

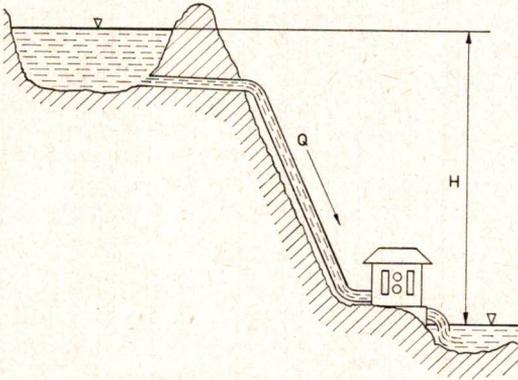
X. Funkentstörung	99
1. Allgemeines	99
2. Entstörungsarten	99
3. Entstörmittel und Wirkung	100
4. Entstörmittel bei bundeseigenen Fahrzeugen	101
XI. Beleuchtung	103
1. Allgemeines	103
2. Richtlinien zur Einstellung der Scheinwerfer	103
3. Fahrzeug-Belastungen und Einstelldistanzen	105
4. Einstellung je nach Scheinwerferart	105
5. Auswechseln von Glühlampen	107
6. Tarnscheinwerfer	107
XII. Leitungsnetz	109
1. Leitungsquerschnitte	109
2. Berechnung der Leitungsquerschnitte	109

Elektrische Anlage

I. Grundlagen

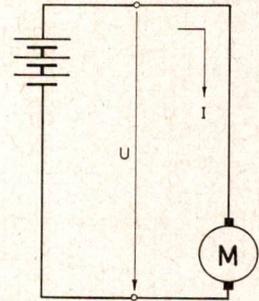
1. Allgemeines

a. Vergleich Wasser — Elektrizität



Figur 1 Wasserkraftwerk

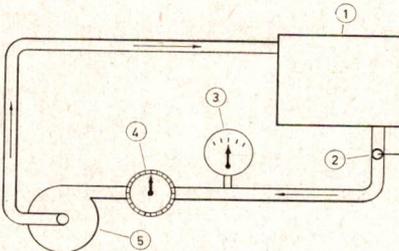
H Höhe, Gefälle
Q Wasserstrom



Figur 2

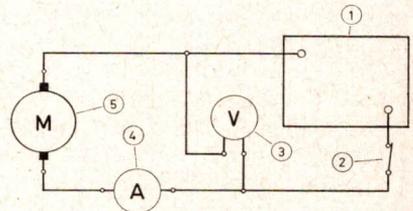
Elektrischer Verbraucher
U Spannung
I Stromstärke

b. Vergleich Wasserkreislauf — Stromkreislauf



Figur 3 Wasserkreis

1 Wasserreservoir
2 Schieber
3 Druckmesser
4 Mengemesser
5 Turbine



Figur 4 Stromkreis

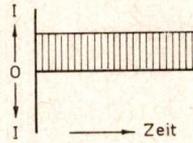
1 Batterie
2 Schalter
3 Voltmeter
4 Ampèremeter
5 Motor

H

c. Stromarten

– Gleichstrom:

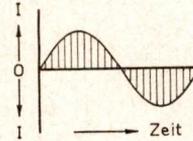
Dieser elektrische Strom fließt in der Richtung und Stärke immer gleich
Zeichen: – oder =



Figur 5

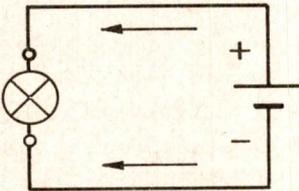
– Wechselstrom:

Bei dieser Stromart wechseln Richtung und Stromstärke dauernd. Diesen Wechsel nennt man Frequenz.
Einheit = Hertz (Hz) oder Perioden/Sekunde.
Zeichen: ~



Figur 6

d. Stromrichtung



technische Stromrichtung

Figur 7

Stromrichtung

Elektronenbewegung

2. Elektrotechnische Begriffe und Masseinheiten

a. Stromstärke (I) gemessen in Ampère (A)

Das Ampère ist die Masseinheit für die elektrische Stromstärke (Strommenge).

Bei einem Strom von 1 A bewegen sich pro Sekunde 6,24 Trillionen Elektronen durch den Querschnitt eines Leiters.

1 A = 1000 mA

b. Spannung (U) gemessen in Volt (V)

Die Einheit für die elektrische Spannung ist das Volt. 1 Volt ist die Spannung, die erforderlich ist, um einen Strom von 1 A durch einen Widerstand von 1 Ohm zu treiben.

1 V = 1000 mV, 1 kV = 1000 V.

c. Widerstand (R) gemessen in Ohm (Ω)

Die Masseinheit für den elektrischen Widerstand ist das Ohm. 1 Ohm ist der Widerstand einer 1,063 m langen Quecksilbersäule von 1 mm² Querschnitt bei 0°C.

$$1 \text{ Kiloohm} = 1 \text{ k}\Omega = 1000 \Omega$$

$$1 \text{ Megohm} = 1 \text{ M}\Omega = 1\,000\,000 \Omega$$

d. Elektrische Leistung (P und N) gemessen in Watt (W)

Das Watt ist die Einheit der elektrischen Leistung.

1 Watt ist die Leistung bei einem Gleichstrom von

1 A und einer Spannung von 1 V.

1 W = 1000 mW, 736 W = 1 PS

1 Kilowatt = 1 kW = 1000 W = 1,36 PS

3. Berechnungsformeln

a. Ohmsches Gesetz

$$\frac{U}{R \cdot I}$$

$$R = \frac{U}{I} \text{ in } \Omega$$

$$U = R \cdot I \text{ in V}$$

$$I = \frac{U}{R} \text{ in A}$$

Figur 8 Formeln für das Ohmsche Gesetz

b. Elektrische Leistung

$$\frac{P}{U \cdot I}$$

$$P = U I \text{ in W}$$

$$U = \frac{P}{I} \text{ in V}$$

$$I = \frac{P}{U} \text{ in A}$$

Figur 9 Formeln für elektrische Leistung (Gleichstrom)

c. Wirkungsgrad Abkürzung η (Eta)

Das Verhältnis der abgegebenen zur zugeführten Leistung wird als Wirkungsgrad bezeichnet.

Der Wirkungsgrad kann als Dezimal- oder als Prozentzahl angegeben werden.

P_{ab} = abgegebene Leistung

P_{zu} = zugeführte Leistung

η = Wirkungsgrad (Eta)

$$\begin{array}{c} \triangle \\ \frac{P_{ab}}{\eta P_{zu}} \end{array}$$

$$\boxed{\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \text{ ohne D}} \quad \boxed{P_{ab} = \eta P_{zu} \text{ in PS}} \quad \boxed{P_{zu} = \frac{P_{ab}}{\eta} \text{ in PS}}$$

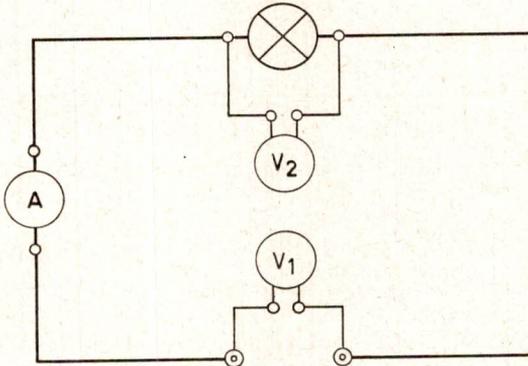
Figur 10 Formeln für Wirkungsgrad

4. Schaltung von Volt- und Ampèremeter

Ampèremeter: Zur Messung der elektrischen Stromstärke muss das Ampèremeter (Strommesser) *in* die Leitung geschaltet werden. Diese Schaltung nennt man: Hauptschluss- oder Serieschaltung. Der Eigenwiderstand der Ampèremeter ist klein.

Voltmeter: Zur Messung der elektrischen Spannung wird das Voltmeter (Spannungsmesser) *an* die Stromquelle oder Verbraucher geschaltet. Diese Schaltung nennt man: Parallel- oder Nebenschluss-Schaltung. Der Eigenwiderstand der Voltmeter ist gross.

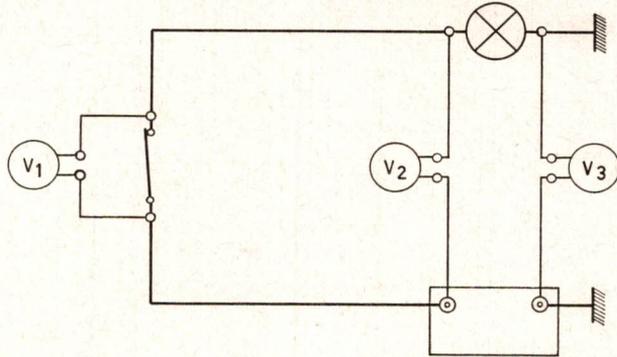
a. Messen eines Stromkreises



Figur 11 Schaltung von Volt- und Ampèremeter

Voltmeter V 1 = Klemmenspannung
 Voltmeter V 2 = Verbraucherspannung
 Ampèremeter A = Stromstärke

b. Messen von Spannungs-Verlusten



Figur 12 Voltmeter-Schaltung

Voltmeter V 1 = Spannungsverlust beim Schalter

Voltmeter V 2 = Spannungsverlust in der isolierten Leitung

Voltmeter V 3 = Spannungsverlust der Massenleitung



II. Batterie

1. Aufgabe

Die Batterie (Akkumulator) im Motorfahrzeug muss den zum Starten nötigen Strom für den Anlasser liefern (daher auch der Name Starterbatterie). Die Anlasserleistung hängt weitgehend von der Grösse und Leistung der Batterie ab.

Ausserdem muss sie bei stehendem Motor respektive noch ungenügender Leistung der Lichtmaschine die elektrische Energie für die eingeschalteten Verbraucher liefern.

2. Arten

Wir unterscheiden zwischen zwei Arten, den Blei- (Säure-) und den alkalischen (Laugen-) Batterien. Im Motorfahrzeug werden aus preislichen und technischen Gründen fast ausschliesslich Bleibatterien verwendet.

Bei beiden Batteriearten handelt es sich um Sekundärelemente, bei denen die entnommene Energie durch erneute Ladung wieder zugeführt und gespeichert werden kann.

3. Aufbau der Bleibatterie

a. Gehäuse und Abschlussdeckel:

Säurebeständiger Isolierstoff, wie Hartgummi-, Glas- oder Kunststoff-Blockkästen, mit Stegen und Schlammräumen auf dem Boden. Die Zellen- deckel aus gleichen Materialien sind mit Bitumen vergossen.

b. Verschlusszapfen:

Diese verschliessen die einzelnen Zellen flüssigkeitsdicht, jedoch nicht gasdicht.

c. Zellenverbinder:

Sie sind aus Blei und verbinden die einzelnen Elemente in Serie miteinander. Zugleich dienen sie als Überlastungsschutz bei zu hohen Strömen, z. B. Kurzschluss.

d. Platten:

Diese bestehen aus einem Hartbleigitter, in welches die aktive Bleimasse (gemahlenes Blei mit verschiedenen Zusätzen) eingestrichen ist.

Positive Platten = Bleidioxid

Negative Platten = Blei

Die einzelnen Platten werden durch die Plattenverbinder zu einem positiven und negativen Plattensatz verbunden (Parallelschaltung). Beim negativen Plattensatz ist immer eine Platte mehr, z. B. 5 positive und 6 negative Platten.

H

e. Separatoren:

Die einzelnen Platten sind durch die Separatoren elektrisch voneinander getrennt.

Diese müssen folgende Eigenschaften aufweisen: elektrisch trennend, säurebeständig, säuredurchlässig, elastisch, wärmebeständig und gute mechanische Festigkeit. Zudem müssen sie das Verschlammen der Platten verhindern. Sie können aus Hartgummi, Holz, Kunststoffen (PVC), Glas-seide, Kieselgur usw. bestehen und werden meistens kombiniert verwendet.

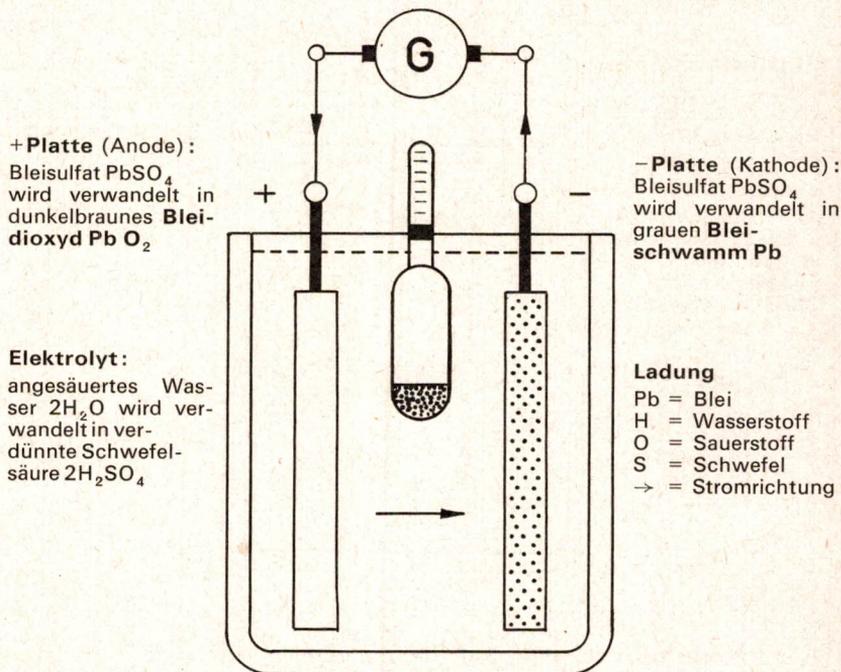
f. Elektrolyt (Batteriesäure):

Dieser besteht aus chemisch reiner Schwefelsäure und destilliertem Wasser.

Die Säuredichte wird nach spezifischem Gewicht oder Baumégraden (°Bé) gemessen.

4. Chemische Vorgänge

a. Ladung:



Figur 13 Ladung

Der Batterie wird Strom zugeführt. Das Bleisulfat der positiven Platte wird unter Bindung von Wasser zu Bleidioxid (PbO_2) umgewandelt, und Schwefelsäure wird frei. Die Säuredichte steigt. Das Bleisulfat der Minusplatte wird wieder zu Bleischwamm. Ist alles Bleisulfat umgebildet, dann entweicht am Pluspol Sauerstoff und am Minuspol Wasserstoff.

Beginn der Gasentwicklung an der negativen Platte bei etwa 2,35 Volt, an der positiven Platte bei etwa 2,5 Volt.

Vorsicht: Dieses Gasgemisch ist hochexplosives Knallgas!

b. Entladung:

+Platte (Anode):
Bleiodoxyd PbO_2
wird verwandelt in
Bleisulfat PbSO_4

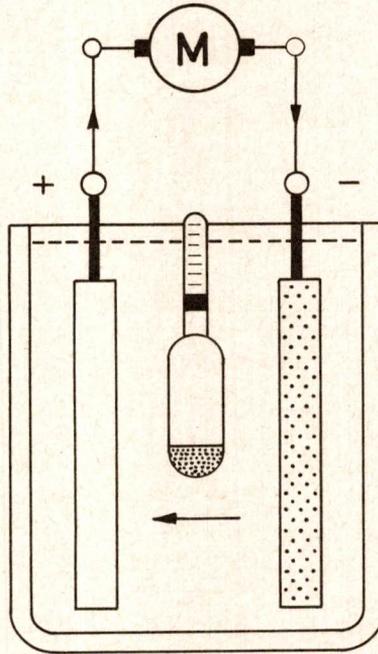
Elektrolyt:
verdünnte Schwefel-
säure $2\text{H}_2\text{SO}_4$ wird
verwandelt in ange-
säueretes Wasser
 $2\text{H}_2\text{O}$

Figur 14

Entladung

Pb = Blei
H = Wasserstoff
O = Sauerstoff
S = Schwefel
→ = Stromrichtung

-Platte (Kathode):
Bleischwamm Pb
wird verwandelt in
Bleisulfat PbSO_4



Bei Stromentnahme wird das Bleiodoxyd der Plusplatte und der Bleischwamm der Minusplatte wieder in Bleisulfat (PbSO_4) umgewandelt. Schwefelsäure wird verbraucht und Wasser gebildet. Die Säuredichte sinkt. Die Endspannung sollte bei der Entladung nicht unter 1,75 Volt sinken.

5. Elektrische Werte

a. Spannung

Die Klemmenspannung bei der Bleibatterie beträgt im Mittel 2 Volt pro Zelle. Während der Ladung steigt der innere Widerstand, was ein Ansteigen der Ladespannung auf etwa 2,6 bis 2,75 Volt zur Folge hat.

Bei Stromentnahme sinkt die Klemmenspannung bis unter 2 Volt pro Zelle. Entladespannungen unter 1,75 Volt schaden der Batterie, da das gebildete Bleisulfat (+ und --Platte) zu grosse Kristalle bildet, die nicht mehr löslich sind. Die Kapazität wird dadurch kleiner.

b. Kapazität

Das Speichervermögen einer Batterie bezeichnet man als Kapazität. Diese wird in Ampèrestunden (Ah) gemessen. Sie sind das Produkt aus Entladestrom in Ampère und Entladezeit in Stunden.

$$1 \text{ Ah} = 1 \text{ Ampère} \cdot 1 \text{ Stunde (Strom} \times \text{Zeit)}$$

Die Kapazität (Entladekapazität) ist abhängig von der chemisch umwandelbaren Stoffmenge (Platten), der Entladestromstärke, der Temperatur und der Säuredichte.

Bei grosser Stromentnahme (Anlasser) sinkt die Kapazität einer Batterie erheblich, da sich die elektrochemischen Vorgänge nur an den Plattenoberflächen vollziehen.

Die Kapazitätsangabe bezieht sich auf eine 20stündige Entladezeit bei einer Elektrolyttemperatur von 27°C.

Beispiel: Einer ganz geladenen Batterie von 84 Ah kann während 20 Stunden ein Strom von 4,2 Ampère entnommen werden, ohne dass die Spannung unter 1,75 Volt pro Zelle sinkt.

c. Wirkungsgrade

Bei Batterien unterscheidet man zwischen dem Ampèrestunden-Wirkungsgrad (Ah) = Kapazitäts-Wirkungsgrad und dem Wattstunden-Wirkungsgrad (Wh) = Leistungs-Wirkungsgrad.

Der *Ampèrestunden-Wirkungsgrad* beträgt ungefähr 90% und ist das Verhältnis

$$\text{zwischen} \quad \frac{\text{abgegebenen Ah}}{\text{aufgenommenen Ah}}$$

Der *Wattstunden-Wirkungsgrad* ist das Verhältnis zwischen

$$\frac{\text{abgegebenen Wh}}{\text{aufgenommenen Wh}}$$

Er erreicht infolge der sinkenden Spannung bei der Entladung (2,1 bis 1,75 V) nur etwa 75%.

6. Selbstentladung

Als Selbstentladung bezeichnet man das langsame Entladen einer Batterie, ohne dass ein Verbraucher angeschlossen ist.

Bei einer gut gepflegten Batterie und bei einer Temperatur von etwa +15 bis 20°C beträgt sie zwischen 0,5 bis 1% der Kapazität pro Tag.

Durch Verunreinigungen im Elektrolyt (z. B. Auffüllen von Brunnenwasser) oder bei höheren Temperaturen steigt die Selbstentladung erheblich. Durch verschmutzte, säurefeuchte Zellendeckel sowie durch Ablagerung von Oxyden kann die Entladung durch Kriechströme bedeutend höher sein.

Die Selbstentladung hat eine Sulfatierung der positiven und negativen Platten zur Folge.

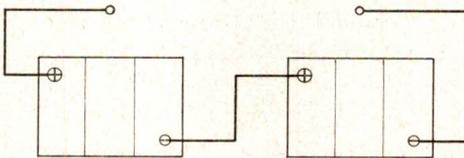
7. Schaltungsarten

Für das Zusammenschalten mehrerer Batterien wendet man die Serienschaltung (Reihenschaltung) oder die Parallelschaltung an. Beide Schaltungen können auch kombiniert (gemischte Schaltung) angewendet werden.

a. Serienschaltung

Bei dieser Schaltung werden ungleichnamige Pole (- mit +) miteinander verbunden, wodurch bei gleichbleibender Kapazität die *Spannung* um den Wert der zugeschalteten Einheit vergrößert wird.

Beispiel: 2 Batterien von je 12 V / 84 Ah werden in Serie geschaltet und ergeben: 24 V / 84 Ah.

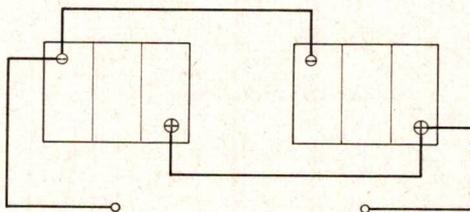


Figur 15 Serienschaltung

b. Parallelschaltung

Bei dieser Schaltung werden die gleichnamigen Pole (+ mit + sowie - mit -) miteinander verbunden. Bei gleichbleibender Spannung wird die *Kapazität* um die zugeschaltete Einheit vergrößert.

Beispiel: 2 Batterien von je 12 V / 84 Ah parallel geschaltet ergeben: 12 V / 168 Ah.



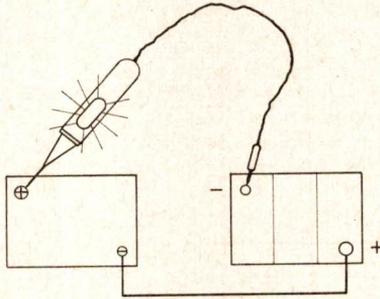
Figur 16 Parallelschaltung

Für den praktischen Betrieb sollten, wenn möglich, bei beiden Schaltungsarten nur Batterien gleicher Kapazität und gleichen Zustandes zusammen geschaltet werden.

8. Polaritätsbestimmung

Ist bei einer Batterie oder an einem Ladegerät die Polarität nicht ersichtlich oder bestehen Zweifel darüber, kann diese wie folgt ermittelt werden:

- a. *Mit einem Gleichstrom-Voltmeter mit bekannter Polarität*, durch Feststellen des Zeigerausschlages.
- b. *Mit einer Batterie gleicher Spannung und bekannter Polarität* und einer Glühlampe, welche der Gesamtspannung beider Batterien entspricht. Je ein Pol beider Batterien werden miteinander verbunden. An den beiden übrigen Polen wird die Glühlampe (Kontrollampe) angeschlossen. Sind gleichnamige Pole zusammen geschaltet, leuchtet die Glühlampe nicht auf (Parallelschaltung). Bei Verbindung ungleichnamiger Pole leuchtet sie auf. (vgl. Figur 17)



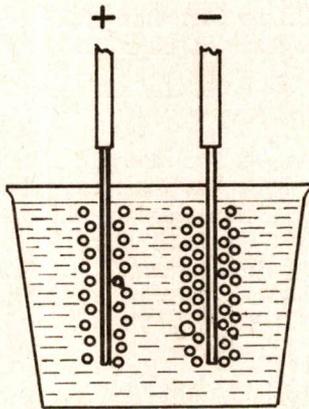
Figur 17 Polaritätsbestimmung mit Prüflampe

c. *Durch Elektrolyse* (Wasserzerlegung). Zwei mit den Polen verbundene Drähte werden mit den abisolierten Enden in ein Glas mit Wasser getaucht. Zur besseren Leitfähigkeit wird dem Wasser ein wenig Batterie-säure, Kochsalz oder ähnliches beigemischt.

Der elektrische Strom zerlegt das Wasser in seine Bestandteile. Am positiven Pol entsteht Sauerstoff- und am negativen Pol Wasserstoffgas.

Schwache Gasentwicklung = positiver Pol; Abgabe von 1 Teil Sauerstoff (O_2).

Starke Gasentwicklung = negativer Pol; Abgabe von 2 Teilen Wasserstoff ($2H_2$).



Figur 18 Polaritätsbestimmung durch Elektrolyse

d. *Weitere Mittel* zur Feststellung der Polarität sind: Polreagenspapier, Lackmuspapier, Polindikator oder eine geschnittene rohe Kartoffel.

9. Wartung

a. Reinigung und Kontrolle

- Um Kurzschlüsse beim Ein- und Ausbau der Batterie zu verhüten, muss beim Ausbau zuerst das *Massekabel* abgeschaltet werden. Beim Einbau das Massekabel zuletzt anschliessen.
- Bevor die Anschlussklemmen montiert oder demontiert werden, sind zur Verhütung von Funkenbildung alle Verbraucher auszuschalten.
- Batterie sauber und trocken halten. Feuchte, verschmutzte Zellendeckel erhöhen durch Kriechströme die Selbstentladung.
- Zur Reinigung ist die Batterie auszubauen und mit Wasser, wenn erforderlich mit Wagenbürste, abzuwaschen und zu trocknen.
- Korrodierte Anschlussklemmen nur mit Wasser reinigen. Klemmen einige Minuten in Gefäss mit Wasser tauchen (warmes Wasser beschleunigt den Lösevorgang).
- Um die Bleischutzschicht der Klemmen nicht, oder nicht noch mehr, zu beschädigen, sind keine Werkzeuge wie Schaber, Drahtbürsten und dergleichen zu verwenden.
- Nach der Montage der Anschlussklemmen sind diese mit einem Polschutzmittel, z. B. Fett oder dickem Schmieröl, leicht einzustreichen. Klemmenunterseite vor dem Aufsetzen behandeln. Auch durch Anbringen geeigneter Polschutzringe, wie eingeölte Filzringe, kann die Korrosion vermindert werden.
- Auf guten und festen Sitz der Anschlussklemmen achten.
- Achtung: Öl oder Fett darf nicht mit der Vergussmasse in Berührung kommen.
- Ladezustand der einzelnen Zellen durch Messen der Säuredichte prüfen (siehe Tabelle Seite 16).
- Liegt die Säuredichte unter 1,21 kg/l oder 24°Bé, muss die Batterie nachgeladen werden.
- Der Säurestand (Elektrolytstand) ist, je nach Fahrleistung und Aussentemperatur, alle 1 bis 4 Wochen (Wochenparkdienst) zu überprüfen. Wenn erforderlich, *nur destilliertes Wasser* bis zur Säurestand-Marke oder maximal 10 mm über Plattenoberkannte – nicht Separatoren – nachfüllen. Brunnen-, Leitungs- oder Regenwasser sind schädlich.

- Bei übermäßigem Wasser-Verbrauch muss die Ladespannung überprüft werden.
- Die Zellen dürfen nie mit einem offenen Feuer, z. B. Streichholz oder Feuerzeug, abgeleuchtet werden, da infolge Entzündung des Knallgases Explosionsgefahr besteht.
- Korrosionsrückstände an Batterieträger, Batteriekasten und Befestigungsrahmen sind, wenn erforderlich, mit Wasser und Bürste zu entfernen. Gereinigte Teile mit einer Schutzfarbe neu streichen.

<i>Spez. Gew. kg/l</i>	<i>° Bé</i>	<i>Zustand</i>	<i>Gefrierpunkt °C</i>
1,05	6,9	entladen	– 3,3
1,10	13,2		– 7,5
1,15	18,8		– 15
1,20	24	halb geladen	– 26
1,24	27,9	geladen	– 49
1,25	28,8		– 52
1,27	30,6		– 60
1,285	32		– 65
1,300	33,3	überladen	– 70

b. Aufladung

- Batterie polrichtig an das Ladegerät anschliessen. Positiver Pol des Ladegerätes an positiven Pol der Batterie und negativer Pol des Ladegerätes an positiven Pol der Batterie.
- Zellenverschlüsse herauserschrauben und lose auf Zellenöffnung legen.
- Säurestand kontrollieren – nur soviel destilliertes Wasser nachfüllen, dass die Platten gut überdeckt sind.
- Ladestrom für Normalladung einstellen. Maximum 10% der Kapazität. Werden mehrere Batterien in Serie geladen, ist der Ladestrom für die Batterie mit der kleinsten Kapazität einzustellen. Bei Parallel-Schaltung mehrerer Batterien ist der Ladestrom auf 10% der Gesamt-Kapazität einzustellen.

- Die Ladetemperatur in der Batterie darf 40°C (Handwärme) nicht übersteigen.
- Ladedauer bei ganz entladener Batterie etwa 12 Stunden. Bei Teilentladung entsprechend kürzer.
- Die Batterie ist geladen wenn:
 - a. Die Spannung pro Zelle unter Stromeinfluss gemessen 2,6 bis 2,75 Volt erreicht hat und bei weiterer Ladung nach ca. 1 Stunde nicht mehr ansteigt.
 - b. Die Säuredichte in allen Zellen den vorgeschriebenen Wert erreicht und nach einstündiger Weiterladung nicht weiter ansteigt.
 - c. Eine lebhafte Gasentwicklung an beiden Platten und in allen Zellen einsetzt.
- Nach vollendeter Ladung Batterie nicht sofort verschliessen und einbauen, sondern 1 bis 2 Stunden stehen lassen, damit sich alle Gasreste entfernen können.
- Anschliessend Säurestand prüfen und falls erforderlich, destilliertes Wasser nachfüllen.
- Zellenverschlüsse einschrauben, Batterie mit Wasser reinigen und trocknen.

c. Ausserbetriebsetzung

Stillgelegte Batterien entladen sich von selbst (vgl. Selbstentladung). Beim Entladen bildet sich Bleisulfat (PbSO_4) in feinen Kristallen. Durch die Aufladung lösen sich diese Kristalle wieder auf. Bleibt jedoch eine Batterie längere Zeit in entlademem Zustand stehen, schliessen sich diese feinen Bleisulfatkristalle zu grossen, weissen Kristallen zusammen.

Diese lassen sich schlecht oder überhaupt nicht mehr zurückverwandeln. Die nicht mehr löslichen Kristalle haben Kapazitätsverlust oder Unbrauchbarkeit der Batterie zur Folge. Sie sind auch ein Grund für das «Wachsen» der positiven Platten. Deshalb muss eine nicht benützte Batterie ungefähr alle 4 Wochen nachgeladen oder in Schwebeladung gehalten werden.

10. Vergleichstabelle

Blei-(Säure) und Stahl-(Alkali)-Batterie

	<i>Blei</i>	<i>Stahl</i>
Ruhe spannung pro Zelle	2 Volt	1,4 Volt
Mittlere Entladespannung pro Zelle	1,95 Volt	1,25 Volt
Spannung am Ende der Ladung	2,6–2,7 Volt	1,7–1,8 Volt
Spannung am Ende der Entladung	1,75 Volt	1,0 Volt
Spannungs-Abfall während der Entladung	15 %	30 %
Ampèrestunden-Wirkungsgrad	85–95 %	70 %
Wattstunden-Wirkungsgrad	70–80 %	50 %
Füllflüssigkeit (Elektrolyt)	verdünnte Schwefelsäure	alkalische Lauge (Kalilauge)
Elektrolyt-Dichte im geladenen Zustand (spezifisches Gewicht)	1,28	1,18–1,21 (ändert nicht mit dem Ladezustand)
Gefrierpunkt: geladen	–50 bis –65 °C	–25 bis –30 °C
entladen	– 5 bis –11 °C	–25 bis –30 °C
Nachfüllung mit:	destilliertes Wasser	destilliertes Wasser
Leistungsabfall bei tiefer Temperatur	stark sinkend 1%/1 °C	stark sinkend 1,5%/1 °C
Lebensdauer	2 bis 4 Jahre	10 bis 15 Jahre
Lagerfähigkeit und Wartung bei Nichtgebrauch	begrenzt alle 4 Wochen nachladen. Bei Nichtgebrauch sulfatiert die Batterie und wird unbrauchbar	beliebig lange Lagerfähigkeit. Geringe Wartung, ungefähr alle 18 Monate Lauge erneuern. Nachladung etwa alle 6–12 Monate
Empfindlich gegen:		
Überladung	ja	nein
Erschütterung	ja	nein

III. Batteriezündanlage

1. Aufgabe

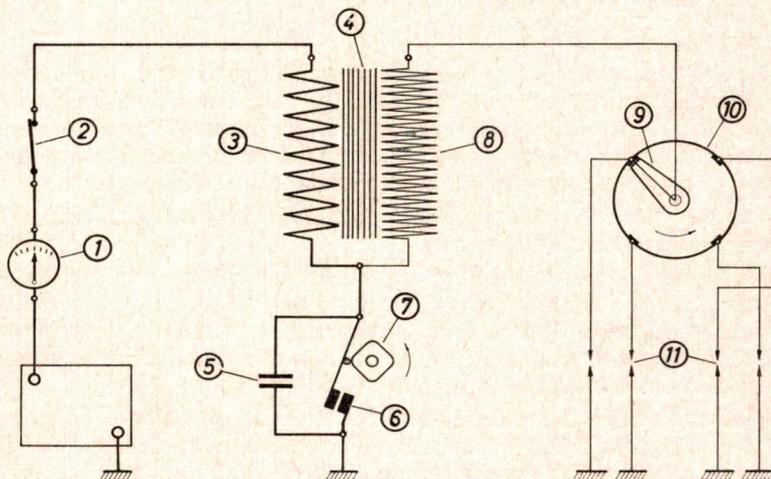
Die Zündanlage hat die Aufgabe, die Verbrennung des Benzin-Luftgemisches im Motorzylinder im richtigen Zeitpunkt durch einen elektrischen Funken an der Zündkerze einzuleiten. Die erforderliche Spannung von 7000 bis 25 000 Volt wird hauptsächlich vom Druck im Verbrennungsraum und dem Elektrodenabstand der Zündkerze bestimmt.

Beim Benzinmotor werden hauptsächlich die nachfolgenden Systeme verwendet:

- Batteriezündung mit einem oder mehreren Unterbrecher-Kontaktpaaren.
- Transistor- und Kondensator-Zündung.
- Magnetzündung, Apparate mit feststehender oder rotierender Spule. Vertex-Magnetzündler finden häufig bei Aggregatmotoren Verwendung.

2. Aufbau der Batteriezündanlage

Die Anlage besteht aus: Stromquelle, Zündschalter, Zündspule mit Primär- und Sekundärwicklung, Zündverteiler mit Unterbrecherkontakten, Kondensator, Verteilerkopf, Rotor, Zündverstellvorrichtung, den Zündkerzen und den Zündkabeln.



Figur 19 Batteriezündschema

- | | | |
|------------------|------------------------|----------------------|
| 1 Ampèremeter | 5 Kondensator | 9 Rotor |
| 2 Zündschalter | 6 Unterbrecherkontakte | 10 Zündverteilerkopf |
| 3 Primärwicklung | 7 Unterbrechernocken | 11 Zündkerzen |
| 4 Eisenkern | 8 Sekundärwicklung | |

3. Wirkungsweise

Bei eingeschalteter Zündung fließt ein Strom von der Batterie oder der Lichtmaschine durch die Primärwicklung der Zündspule, die geschlossenen Unterbrecherkontakte über die Masse zur Batterie. Der Primärstromkreis ist geschlossen.

In der Primärwicklung baut sich ein magnetisches Feld auf. Im Moment der Zündung wird der Primärstromkreis durch die Unterbrecherkontakte unterbrochen und das magnetische Feld bricht zusammen.

Durch das zusammenbrechende Magnetfeld wird in der sekundären Wicklung ein hochgespannter Strom induziert. Dieser wird über den Zündverteiler der entsprechenden Zündkerze zugeführt.

4. Zündspule

a. Aufbau

Die Zündspule ist eine sogenannte Induktionsspule und kann mit einem Transformator verglichen werden.

Sie besteht aus einem lamellierten Eisenkern (legiertes Blech), der aussenliegenden Primärwicklung (wenig Windungen dicken Drahtes) und der innenliegenden Sekundärwicklung (sehr viele Windungen sehr dünnen Drahtes), der äusseren Leitbleche und dem Gehäuse. Die Hohlräume zwischen Spule und Gehäuse sind mit Öl oder Vergussmasse ausgefüllt.

b. Wirkungsweise

Beim Schliessen der Unterbrecherkontakte fließt in der Primärwicklung ein Strom. Durch die in der Primärwicklung entstehende Gegeninduktion steigt der Primärstrom nur langsam an. Dies hat zur Folge, dass auch der primäre Magnetismus nur langsam ansteigt und in einer bestimmten Zeit nur wenige Kraftlinien die sekundäre Spule schneiden.

Die so induzierte Spannung in der sekundären Spule ist zu klein, um einen ausreichenden Zündfunken zu erzeugen.

Beim Öffnen der Unterbrecherkontakte ist die in der primären Wicklung entstehende Selbstinduktions-Spannung gleich gerichtet wie die Spannung der Batterie. Durch diese Selbstinduktion steigt die Spannung in der primären Wicklung so hoch an, dass an den öffnenden Unterbrecherkontakten ein Lichtbogen entsteht.

Der Stromfluss in der primären Wicklung wird erst unterbrochen, wenn der Lichtbogen an den Kontakten abreisst. Somit wird ein schlagartiger Zusammenbruch des magnetischen Feldes verhindert und die erzeugte Spannung in der sekundären Spule ist immer noch nicht genügend hoch. Erst durch Parallelschalten eines Kondensators zum Primärstromkreis kann ein schlagartiges Unterbrechen des Primärstromflusses erreicht und in der sekundären Wicklung eine für den Zündfunken genügende Spannung erzeugt werden.

Das Übersetzungs-Verhältnis der primären zur sekundären Spule beträgt etwa 1 : 70 bis 1 : 100.

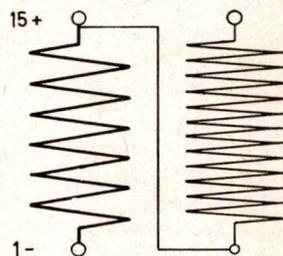
Der lamellierte Eisenkern ist aus speziell legiertem Blech hergestellt und muss dem magnetischen Flusswechsel möglichst geringen Widerstand entgegenzusetzen.

Die Füllmasse – Vergussmasse oder Öl – dient der besseren Wärmeableitung, isoliert zusätzlich und verhindert den Zutritt von Feuchtigkeit.

c. Schaltung der Zündspule

Mit wenigen Ausnahmen wird die Sparschaltung angewendet. Die sekundäre Wicklung ist mit der primären Wicklung verbunden. Ob diese Verbindung am Anfang oder am Ende der primären Wicklung liegt, ist nicht von Bedeutung. Durch diese Schaltung wird ein spezieller Masseanschluss für die sekundäre Wicklung gespart. Die Schliessung des sekundären Stromkreises erfolgt über die primäre Leitung.

Beim Anschliessen der Zündspule sind die Anschlussbezeichnungen zu beachten und entsprechend der Polarität der Anlage (Plus oder Minus an Masse) zu schalten.



Figur 20
Zündspulen-Wicklungen

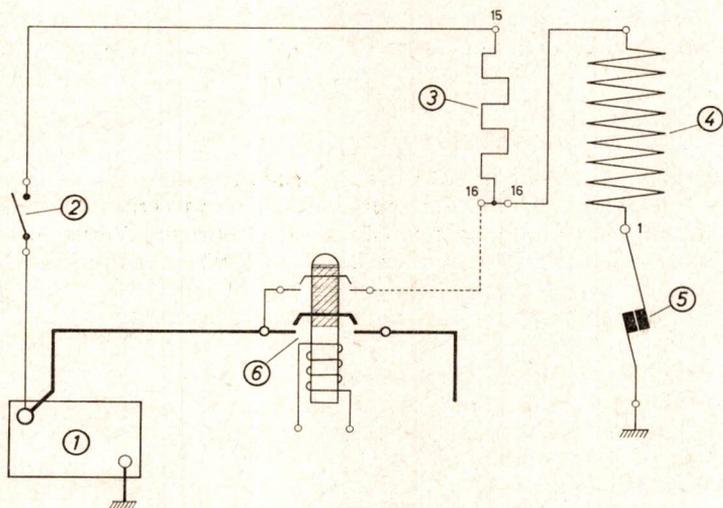
d. Zündspule mit Vorwiderstand

Um im oberen Drehzahlbereich eine bessere Zündleistung zu erreichen, werden oft Zündspulen mit einem Vorwiderstand verwendet, welcher mit der primären Wicklung in Serie geschaltet ist.

Ein Teil der angelegten primären Spannung (je nach Stromstärke) wird durch den Vorwiderstand verbraucht. Die Windungszahl der primären Wicklung kann daher kleiner gehalten werden, wodurch die Gegeninduktion (Selbstinduktion) der Spule ebenfalls geringer wird.

Bei höheren Drehzahlen wird der Primärstrom und somit auch der Spannungsverbrauch des Vorwiderstandes kleiner. Die Spannung an der Primärwicklung steigt. Damit wird ein schnelleres Ansteigen des Primärstromes und somit auch des Magnetfeldes erreicht.

Um eine bessere Leistung der Zündspule während des Anlassens (Absinken der Batteriespannung) zu erreichen, kann in der Regel der Vorwiderstand überbrückt werden. Die Überbrückung darf jedoch nur zu diesem Zwecke erfolgen, da sonst der Primärstrom zu gross wird und Spule sowie Unterbrecherkontakte verbrennen.



Figur 21 Zündspule mit Vorwiderstand

- | | | |
|----------------|------------------|-----------------------------------|
| 1 Batterie | 3 Vorwiderstand | 5 Unterbrecherkontakte |
| 2 Zündschalter | 4 Primärwicklung | 6 Anlasserrelais mit Hilfskontakt |

5. Kondensator

a. Aufgabe

Der parallel zu den Unterbrecherkontakten geschaltete Kondensator hat die Aufgabe, den Lichtbogen an den Unterbrecherkontakten zu vermindern und den Zusammenbruch des Kraftlinienfeldes zu beschleunigen.

Der Kondensator nimmt den Grossteil des Öffnungsinduktionsstromes auf seinen Belägen auf (Spannung bis zu 500 Volt). Dadurch ist es möglich, den primären Strom schlagartig zu unterbrechen und somit ein schnelles Zusammenbrechen des Kraftlinienfeldes zu erreichen. Dies bewirkt eine stärkere Induktion in der sekundären Wicklung.

Da die Spannung am Kondensator nun höher ist als diejenige an der primären Wicklung, entlädt er sich über diese (Unterbrecherkontakte offen).

Die primäre Spule und der zu den Unterbrecherkontakten parallel geschaltete Kondensator bilden einen Schwingkreis. Die Grösse (Kapazität) des Kondensators wird durch den Primärstromkreis und die Anzahl Unterbrechungen pro Minute bestimmt.

b. Kapazität

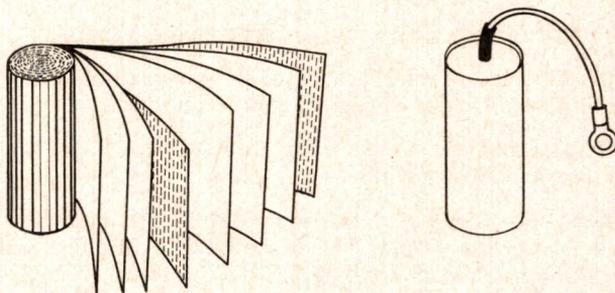
Die Kapazität des Kondensators wird in Mikrofara (μF) angegeben.

$$1 \mu\text{F} = \frac{1}{1\,000\,000} \quad \text{F} = 10^{-6}\text{F}$$

Für Batteriezündanlagen beträgt sie 0,18 bis 0,4 μF .

c. Aufbau

Der hauptsächlich verwendete Rollen Kondensator (Wickelkondensator) besteht aus zwei gegeneinander versetzten Metallfolien, die durch in Isoliermittel getränkte Papierstreifen (Dielektrikum) getrennt sind. Das Ganze wird zu einer Rolle gewickelt und in ein Metallgehäuse, welches zugleich als Masseanschluss dient, eingeschlossen.



Figur 22 Rollenkondensator

6. Unterbrecher

a. Aufgabe

Der Unterbrecher hat die Aufgabe, durch Öffnen und Schliessen den Primärstromkreis zu steuern.

b. Arbeitsweise

Der bewegliche Kontakt wird durch den Unterbrechernocken pro Umdrehung so oft vom Gegenkontakt abgehoben als Zylinder im Motor vorhanden sind.

Zum Aufbau des primären Magnetfeldes ist eine bestimmte Schliessdauer der Unterbrecherkontakte erforderlich. Sie ist abhängig von der Nockenform, dem Unterbrecher-Kontaktabstand und der Drehzahl. Die Schliessdauer beträgt z. B. bei einem 6-Zylinder-Motor bei 3000 U/min und einem Schliesswinkel von 40° nur 0,0044 Sekunden.

Als Kontaktmaterial wird hauptsächlich Wolfram verwendet. Wolfram-Kontakte haben eine hohe Schmelztemperatur (3370°C) und somit eine geringere Materialwanderung als andere Metalle. In vereinzelt Fällen werden auf der Minus-Seite Platinkontakte eingebaut. Zur besseren Kühlung werden häufig auch sogenannte Lochkontakte verwendet.

c. Kontaktabstand und Schliesswinkel (Dwell-Winkel)

Die richtige Einstellung des Unterbrecher-Kontaktabstandes ist für die einwandfreie Funktion der Zündung sehr wichtig.

Die Einstellung kann mit einer Fühlerlehre (Kontakte geöffnet) oder mit einem Schliesswinkel-Messgerät erfolgen.

Das Messen und Einstellen des richtigen Kontaktabstandes mit der *Fühlerlehre* ist nur bei einwandfreien Kontaktflächen möglich. Der Kontaktabstand beträgt je nach Anlage 0,3 bis 0,5 mm.

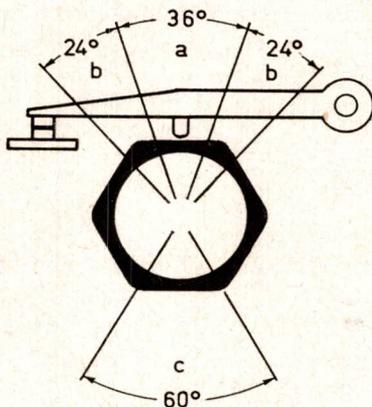
Die Messung mit einem *Schliesswinkel-Messgerät* ist genauer und hat den Vorteil, dass die Kontrolle und Einstellung bei drehendem Motor (evtl. mit Anlasser) erfolgen kann.

Die Angabe des Schliesswinkels erfolgt in Graden oder Prozenten und beträgt für:

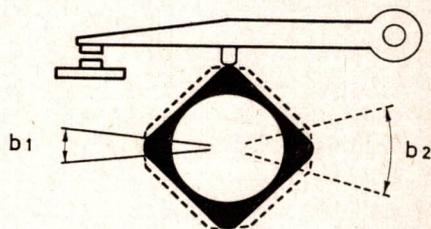
4-Zylinder-Motoren 40 bis $65^\circ = 44$ bis 72%

6-Zylinder-Motoren 33 bis $45^\circ = 55$ bis 75%

8-Zylinder-Motoren 21 bis $39^\circ = 46$ bis 88%



Figur 23
Öffnungs- und Schliesswinkel
 a Schliesswinkel
 b Öffnungswinkel
 c Zündwinkel des Zündverteilers



Figur 24
Öffnungswinkel bei gleichem Kontaktabstand
 b1 bei steilem Nockenverlauf
 b2 bei flachem Nockenverlauf

Beim Einstellen der Unterbrecher-Kontakte ist darauf zu achten, dass sich die Kontakte auf der ganzen Fläche berühren.

d. Schliessdruck

Der Kontaktschliessdruck wird in Gramm oder Unzen (1 oz = 28,35 g) angegeben und beträgt für normale Zündapparate zwischen 400 und 750 g.

Bei Einstellarbeiten an den Unterbrecher-Kontakten sind in jedem Falle die Fabrikangaben zu beachten.

7. Zündverstellung

Der Verbrennungsmotor kann nur dann seine Höchstleistung abgeben, wenn der Zündzeitpunkt richtig eingestellt ist.

Das Benzin-Luftgemisch im Verbrennungsmotor braucht nach der Entzündung eine gewisse Zeit bis zur vollständigen Verbrennung. Demzufolge muss der Zündzeitpunkt beständig den jeweiligen gegebenen Verhältnissen wie der Zusammensetzung des Gemisches, der Drehzahl (Kolbengeschwindigkeit) und Belastung des Motors sowie auch der Qualität des Treibstoffes angepasst werden. Nur wenn diese Voraussetzung gegeben ist, kann der Motor seine volle Leistung und Wirtschaftlichkeit erreichen.

Zum Verstellen des Zündzeitpunktes sind die nachstehenden Verfahren üblich:

- Selbstverstellung durch Fliehkraft-Versteller
- Selbstverstellung durch Unterdruck-Versteller
- Kombinierte Fliehkraft- und Unterdruckverstellung
- Willkürliche Verstellung von Hand

a. Fliehkraft-Versteller

Auf der mit der Antriebswelle fest verbundenen Trägerplatte sind zwei Fliehgewichte in Achsen drehbar gelagert. Als Gegenkraft dienen zwei kalibrierte Federn.

Bei Drehung der Antriebsachse werden durch die Fliehkraft die Gewichte nach aussen gespreizt. Die Bewegung der Fliehgewichte wird über einen Mitnehmer auf den Unterbrecher-Nocken übertragen. Der Nocken wird je nach Drehzahl mehr oder weniger in Drehrichtung der Antriebswelle vorverschoben. Die Unterbrecherkontakte öffnen also früher (Frühzündung). Bei abnehmender Drehzahl werden die Fliehgewichte durch die beiden Federn wieder in die Ruhelage zurückgezogen.

Die Verstelllinie des Fliehkraft-Verstellers wird durch die Fliehgewichte und die Federn bestimmt.

Die Zündverstellung ist von der Drehzahl des Motors abhängig.

b. Unterdruck-Versteller

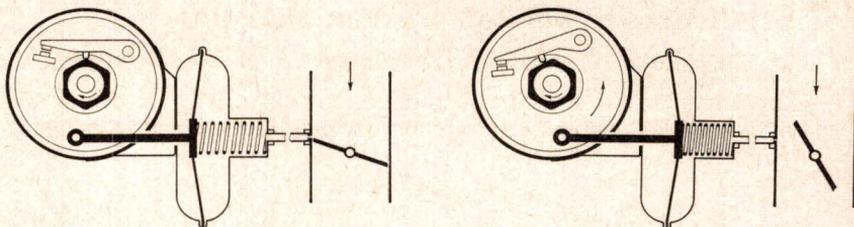
(kombinierte Anwendung)

Bei Teillastbetrieb (Drosselklappe nur zum Teil geöffnet) wird weniger Gemisch angesogen, die Füllung der Zylinder und der Verbrennungsdruck sind geringer, das Gemisch verbrennt langsamer. Die Zündung muss also früher eingeleitet werden. Dadurch erreicht man im Teillastbetrieb eine gewisse Treibstoffersparnis.

Die Unterdruck-Verstellung arbeitet unabhängig von der Fliehkraft-Verstellung.

Die Unterbrecherplatte ist im Zündverteiler drehbar gelagert und wird über eine Zugstange, welche mit der Membrane verbunden ist, betätigt. In der Unterdruckdose wirkt eine eingestellte Feder als Gegenkraft auf die Membrane. Die Membrankammer ist durch eine Leitung mit der Bohrung im Vergaser, die unmittelbar über der Drosselklappe liegt, verbunden. Durch die Anordnung der Bohrung tritt bei Leerlauf und bei Vollast kein oder nur ein geringer wirksamer Unterdruck auf. Es erfolgt keine oder nur eine geringe Verstellung.

Dagegen ist der wirksame Unterdruck im Teillastbereich gross, und die Zündung wird entsprechend auf früh verstellt.

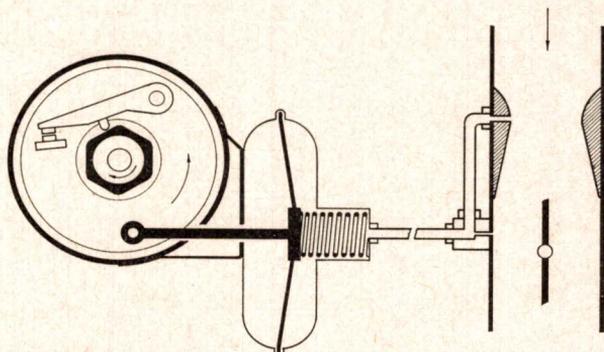


Figur 25 **Kombinierte Unterdruckverstellung**

I Ruhestellung

II Arbeitsstellung

Bei Zündverteilern, die eine reine Unterdruck-Verstellung aufweisen, wird die Zündung sowohl drehzahlabhängig wie auch lastabhängig durch Unterdruck verstellt. Der Membrane wird bei dieser Ausführung von zwei verschiedenen kalibrierten Bohrungen im Vergaser Unterdruck zugeführt. Der Unterdruck bei der Bohrung in der Venturidüse bewirkt die Vollastverstellung und diejenige bei der Drosselklappe die Verstellung im Teillastbereich.



Figur 26 **Reine Unterdruckverstellung**

Anmerkung:

Die auf die Membrane wirkende Feder darf nicht verändert werden.

c. Oktanverstellung

(Oktanselektor, Oktanwähler)

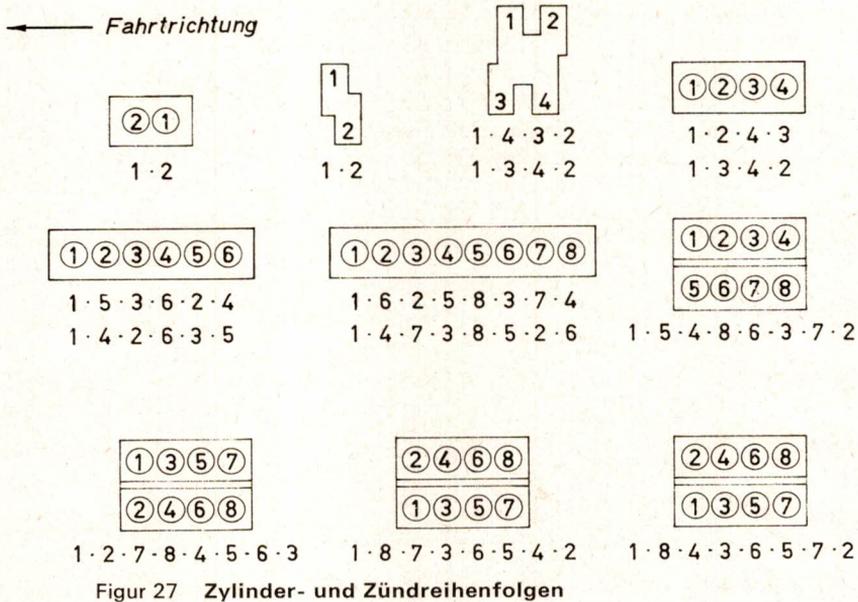
Diese Vorrichtung erlaubt die Vorzündung der jeweiligen OZ des Treibstoffes anzupassen. Sie besteht in der Regel aus einer Gradeinteilung auf dem Klemmbügel des Zündverteilers. Die Verstellung erfolgt durch Verdrehen des Zündverteilers.

Bei einer andern Ausführung ist der Oktanwähler mit der Unterdruck-Verstellung kombiniert. Durch eine randrierte Mutter wird über die Zugstange die Unterbrecherplatte verstellt.

8. Einstellvorgang bei Batteriezündanlagen

Beim Einbau des Zündverteilers empfiehlt es sich wie folgt vorzugehen:

- Zündverteiler auf allfällige Abnützungen wie z. B. Spiel der Antriebswelle, Nockenzustand, Unterbrecherkontakte und Feder, Verstellautomatik usw. kontrollieren.



- Unterbrecherkontakte nach Fabrikangabe einstellen (siehe Einstelltabelle).
- Drehrichtung des Zündverteilers durch Fliehgewichte oder Unterdruckverstellung feststellen. (Fliehgewichtverstellung mit, Unterdruckverstellung gegen den Drehsinn).
- Verteilerläufer (Rotor) in Drehrichtung so einstellen, dass seine Elektrode auf das Verteilersegment des ersten Zylinders zeigt und die Unterbrecherkontakte durch auflaufenden Nocken zu öffnen beginnen.
- Kolben des ersten Zylinders im Kompressionshub auf den Zündzeitpunkt (Schwungradmarke) stellen.
- Zündverteiler einbauen (Lage der Schmiervorrichtung kontrollieren). Primärkabel anschliessen.
- Oktanwähler auf Mittelstellung bringen.

- Zündverteiler-Gehäuse gegen die Drehrichtung drehen, bis die Unterbrecherkontakte gerade öffnen. (Kontrolllampe an Primäranschluss des Verteilers und an die Masse schalten, bei Öffnungsbeginn leuchtet die Kontrolllampe auf.)
- Zündverteiler-Gehäuse fixieren.
- Nachkontrolle des Zündzeitpunktes bei Motorleerlauf-Drehzahl mit Zündstelllampe.
- Bei Motoren, deren Schmierölpumpe durch die Zündverteilerwelle angetrieben wird, ist sofort nach Inbetriebsetzung die Öldruckanzeige zu kontrollieren.

Erfolgt die Einstellung der Unterbrecherkontakte mit einem Schliesswinkel-Messgerät, wird der Zündverteiler mit provisorischer Einstellung eingebaut. Der Schliesswinkel wird bei Anlasser-Drehzahl eingestellt und anschliessend der genaue Zündzeitpunkt bestimmt.

9. Wartung der Zündanlage

Um die Betriebssicherheit der Zündanlage zu gewährleisten, müssen periodisch nachstehende Unterhalts- und Einstellarbeiten vorgenommen werden. (Die eingesetzten Kilometer-Zahlen gelten als Richtwerte.)

a. Zündspule:

Anschlüsse auf festen Sitz kontrollieren. Spule äusserlich reinigen (Kriechströme).

b. Zündverteiler:

- Kontaktabstand alle 5000 bis 6000 km kontrollieren und einstellen. Verkleinerung des Kontaktabstandes hat Spätzündung zur Folge.
- Abgebrannte Kontakte sind zu ersetzen (Kondensator prüfen).
- Nach der Kontakteinstellung Zündzeitpunkt kontrollieren und berichtigen.
- Schmierung: Bei Zündverteiler mit Staufferbüchsen ist diese alle 6000 km eine Umdrehung nachzuziehen.

Bei Ausführungen mit Öl ist ca. alle 10000 km Öl aufzufüllen. Gleichzeitig muss auch der Ölfilz im Nockenlager (Rotor abnehmen) mit einigen Tropfen Öl benetzt werden.

Bei Unterbrecherkontakt-Wechsel Nocken mit Fettreserve versehen und Unterbrecherhebel-Lager schmieren.

- Zündverteiler-Kopf aussen und innen reinigen. Kabelanschlüsse auf festen Sitz kontrollieren.

IV. Zündkerze

1. Anforderungen

Die heutigen Verbrennungsmotoren stellen an die Zündkerze sehr hohe Anforderungen.

Eine Zündkerze muss folgende Eigenschaften aufweisen:

a. Mechanische Festigkeit:

Sie muss gegen Beschädigungen beim Ein- und Ausbau und im Betrieb gegen die hohen und wechselnden Drücke unempfindlich sein.

b. Elektrische Festigkeit:

Der Isolator muss einen sehr hohen elektrischen Widerstand aufweisen. Er muss also durchschlagsfest sein.

c. Thermische Festigkeit:

Die Zündkerze muss gegen die hohen und krassen Temperaturwechsel unempfindlich sein, eine gute und bestimmte Wärmeableit-Fähigkeit aufweisen.

d. Chemische Festigkeit:

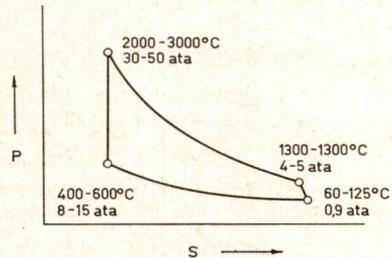
Speziell der Isolator und auch das Elektrodenmaterial muss den verschiedenen chemischen Einflüssen standhalten.

Figur 28

Druck und Temperatur-Diagramm (Bosch) eines 4-Takt Ottomotors.

Dieses Diagramm zeigt die Drücke und Temperaturen, denen die Zündkerzewechselnd ausgesetzt ist.

P Druck
S Kolbenweg



2. Isolator

Um die Betriebssicherheit der Zündkerze zu gewährleisten, muss der Isolator die in den vier obigen Punkten kurz beschriebenen Anforderungen erfüllen. Als Werkstoff werden heute die Isolatoren vorwiegend aus Aluminiumoxyd (Al_2O_3) hergestellt (keramische Isolatoren).

Die früher häufig verwendeten Isolatoren aus Porzellan, Steatiten, Glimmer, Speckstein usw. entsprechen den heutigen Anforderungen zum Teil nicht mehr.

Die Aluminium-Tonerde wird durch spezielle Behandlung von allen metallischen Bestandteilen befreit und bei einer Temperatur von etwa 1700°C gebrannt. Den so behandelten Rohstoff nennt man Sinterkorund. Da sich bei dieser hohen Temperatur ein Kristallisations-Prozess einstellt, bei welchem die Korundkristalle zusammensintern.

Die Benennung der Isolatoren ist bei den einzelnen Kerzenmarken unterschiedlich.

z. B. Piranit, Rubinit, Coralox, Silliment, Sintox Zircimic.

3. Elektroden

Die Mittelelektrode hat die Aufgabe, den hochgespannten Strom in den Verbrennungsraum hinein zu leiten.

Der Oberteil der Elektrode ist aus Konstruktions-Stahl und der angeschweisste Unterteil aus einer Nickel-Chrom-Mangan-Legierung hergestellt. In besonderen Fällen auch mit Silber, Platin oder Wolfram legiert.

Als Zusätze mit besonders ionisierender Wirkung werden zur Verbesserung der Zündfunkenbildung, Materialien wie Barium, Radium, Strontium, Polonium und Thorium verwendet.

a. Elektrodenform

Die zum Überschlag des Zündfunken benötigte Spannung wird weitgehend durch die Form der Elektrode bestimmt.

Spitze und kantige Elektroden haben einen grösseren Abbrand als abgerundete.

- | | | | |
|---|---|---|---|
|  |  | a | a. Spitze Elektroden erfordern eine geringe Spannung, |
|  |  | b | b. Kantige Elektroden eine mittlere Spannung, |
|  |  | c | c. Abgerundete Elektroden eine grosse Spannung |

Figur 29 Elektrodenformen

b. Elektrodenarten

Seiten- oder Haken-Elektroden (1)

Die freie Lage der Elektroden ergibt im Leerlauf und im Teillastbereich eine sehr gute Entzündung des Gasgemisches. Der Luftspalt zwischen den Elektroden wird von den Frischgasen gut durchspült.

Der Elektroden-Abbrand ist jedoch ziemlich gross.

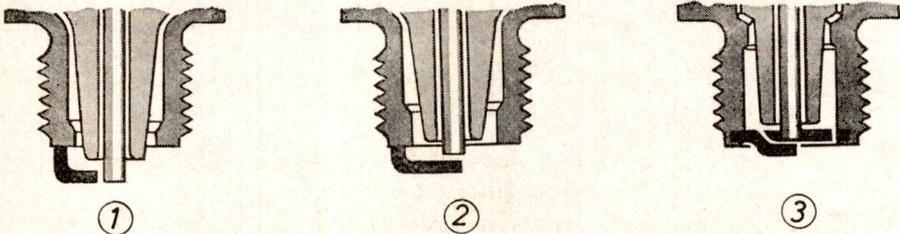
Stirnelektroden (2)

Die Mittelelektrode ist durch die überdeckende Anordnung der Seiten-elektrode gegen den Verbrennungsraum abgeschirmt und gegenüber andern Konstruktionen relativ kühler. Der Elektroden-Abbrand ist als gering zu bezeichnen. Bei dieser Zündkerze ist die Laufart des Motors im Leerlauf und Teillastbereich etwas unruhiger. Sie eignet sich speziell für höher verdichtete Motoren mit grossem Elektroden-Abstand.

Ringelektroden (3)

Diese Anordnung der Elektrode ist durch ihre gute Wärmeableitung speziell für thermisch hohe beanspruchte Motoren, z. B. 2-Takt-Motoren geeignet. (Auch sternförmige Ringelektroden.)

Der Elektroden-Abbrand ist geringer als bei allen übrigen Zündkerzen.



Figur 30 Elektrodenarten

c. Elektrodenabstand

Um eine möglichst einwandfreie Verbrennung in allen Drehzahlbereichen zu erreichen, ist es wichtig, dass der Zündkerzen-Elektrodenabstand genau eingehalten wird. Die Grösse des Abstandes wird durch die Leistung der Zündanlage und die Eigenart des Motors bestimmt und übt einen wesentlichen Einfluss auf den Lauf des Motors aus.

So kann z. B. zu kleiner Elektrodenabstand zu unrundem Motorlauf und zu schlechter Beschleunigung führen.

Durch Vergrösserung des Elektrodenabstandes ist es unter Umständen möglich, den Rundlauf und die Beschleunigung (auch Treibstoff-Einsparung) des Motors zu verbessern.

Richtwerte für Elektrodenabstände:

Batteriezündanlagen	0,6 bis 1,2 mm
Magnetzündanlagen	0,3 bis 0,6 mm

Die entsprechenden Fabrikangaben sind zu beachten.

Auch beim Einbau neuer Zündkerzen ist der Elektrodenabstand zu kontrollieren.

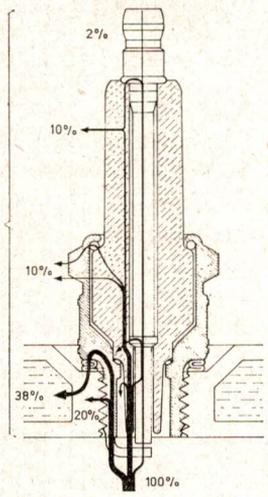
4. Wärmewert

Da die verschiedenen Verbrennungsmotoren eine sehr unterschiedliche Verdichtung, Verbrennungstemperatur, Drehzahl und Betriebsbelastung aufweisen, ist es nicht möglich, eine einheitliche Zündkerze für alle Motoren zu verwenden.

Der Betriebsbereich einer Zündkerze wird durch die Selbstreinigungs- (650°C) und die Glühzündtemperatur (850°C) begrenzt. Das Verhalten der Zündkerze unter thermischen Grenzbedingungen (60 bis 3000°C) wird als Wärmewert bezeichnet. Die Temperatur am Zündkerzen-Isolierfuss liegt zwischen 500 bis maximal 800°C. Je nach Wärmewert verfügt die Zündkerze über eine bestimmte Wärmeleitfähigkeit.

Wärmeabgabe 80%

Die restlichen 20% werden an die eintretenden Frischgase abgegeben.



Wärmeaufnahme aus dem Verbrennungsraum

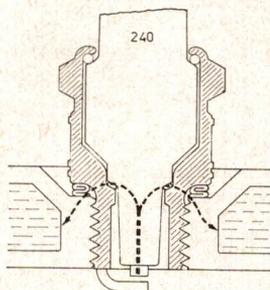
Figur 31 Wärmeleitwege

a. Kalte Zündkerze

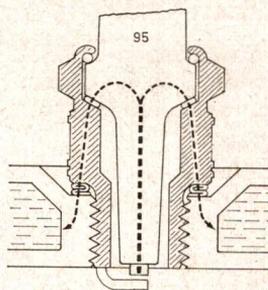
Eine Zündkerze mit hohem Wärmewert, z. B. Bosch 240, ist eine Zündkerze mit relativ geringer Wärmeaufnahme und sehr guter Wärmeableitung. Die Fläche der Wärmeaufnahme ist klein und der Weg der Wärmeableitung kurz. Eine solche wird als *kalte Zündkerze* bezeichnet und für Motoren mit hoher Verdichtung und hoher Arbeitstemperatur verwendet.

b. Warme Zündkerze

Bei einer Zündkerze mit niedrigem Wärmewert, z. B. Bosch 95, handelt es sich um eine solche mit grosser Wärmeaufnahme und geringer Wärmeableitung. Die wärmeaufnehmenden Flächen sind gross und der Ableitweg lang. Diese wird als *warme Zündkerze* bezeichnet und findet in nieder verdichteten Motoren mit niedriger Arbeitstemperatur Verwendung.



Figur 32 Kalte Zündkerze



Figur 33 Warme Zündkerze

c. Bestimmung des Wärmewertes

Der Wärmewert wird in einem Prüfmotor ermittelt und gibt das Wärmeverhalten einer Zündkerze durch einen angenäherten Vergleichswert an, z.B. Bosch 175. Die Zahl gibt an, nach welcher Zeit in Sekunden an der betreffenden Zündkerze im Prüfmotor Glühzündungen auftreten.

5. Selbstreinigungs-Temperatur

Unter dieser versteht man die Temperatur, bei welcher sich die in den Verbrennungsraum ragenden Teile der Zündkerze selbst reinigen. Sie soll 500°C nicht unterschreiten. Liegt sie unter diesem Wert, besteht die Gefahr, dass sich am Isolatorfuss Russ- und Ölkohleteile ansetzen und dem Zündstrom einen Kriechweg bieten.

6. Wartung der Zündkerze

- Alle 5000 bis 6000 km Elektrodenabstand nachstellen
- Zündkerze äusserlich reinigen, speziell Isolatoroberfläche (mit Lappen)
- Innere Reinigung mit Sandstrahl-Apparat. Diese jedoch nur, wenn unbedingt nötig, vornehmen. (Aufrauen des Isolatorfusses.) Nach jedem Sandstrahlen ist die Zündkerze mit Druckluft gründlich auszublasen.
- Kerzengewinde vor Einbau mit Drahtbürste reinigen.
- Zündkerzen sind zufolge Alterung nach 15 000 bis maximal 20 000 km zu ersetzen. Bei Zweitaktmotoren nach ca. 8000 bis 10 000 km.
- Bei Zündkerzen mit eingebautem Widerstand ist bei der Kontrolle der ohmsche Widerstand zu messen.

7. Zündkerzen-Prüfung

Steht ein Zündkerzen-Prüfgerät zur Verfügung, können die Angaben in nachstehender Tabelle (Bosch) als Richtwerte für die Brauchbarkeit der Zündkerzen genommen werden.

<i>Elektroden Abstand mm</i>	Druck, bei dem die ersten Funken der Kerze an der Messfunkenstrecke überspringen		
	<i>Kerze schlecht atü</i>	<i>Kerze noch brauchbar atü</i>	<i>Kerze gut atü</i>
0,4	8,5–10,5	10,5–12,0	12,0–14,0
0,5	6,5–10,5	8,5–10,0	10,0–12,0
0,6	5,5– 7,5	7,5– 9,0	9,0–11,0
0,7	4,5– 6,5	6,5– 8,0	8,0–10,0
0,8	4,0– 6,0	6,0– 7,5	7,5– 9,5
0,9	3,5– 5,5	5,5– 7,0	7,0– 9,0
1,0	3,0– 5,0	5,0– 6,5	6,5– 8,5
1,1	2,5– 4,5	4,5– 6,0	6,0– 8,0

V. Magnetzündapparate

1. Anwendung

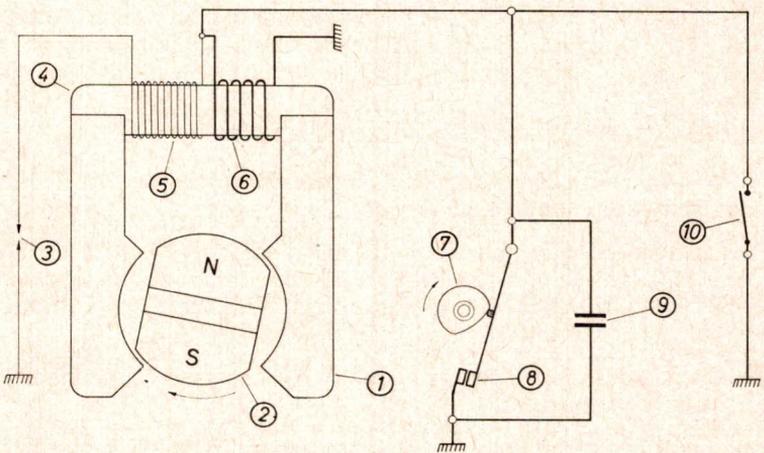
Dieser Zündapparat findet überall dort Anwendung, wo die elektrische Energie zur Zündung ohne fremde Stromquelle erzeugt werden soll, erhöhte Betriebssicherheit verlangt und bei hohen Drehzahlen eine grössere Zündleistung gefordert wird. Die Spannung des Magnetzündapparates ist abhängig von seiner Drehzahl.

2. Bauarten

- Man unterscheidet zwischen zwei Ausführungsarten:
 - Spule und Unterbrecher feststehend, Magnet rotierend,
 - Spule und Unterbrecher rotierend, Magnet feststehend.

3. Aufbau

Der Magnetzündapparat besteht aus: Dauermagnet-System (permanenter Magnet), Primär- und Sekundärwicklung, Unterbrecher, Kondensator, Verteilervorrichtung (für mehrzylindrige Motoren), dem Kurzschlusschalter und einer Zündverstellung (Hand- oder Fliehkraft-Selbstverstellung). Als Anlasshilfe kann auch ein Schnapper (Schnappkupplung) eingebaut sein.



Figur 34 Magnetzündler mit Umlaufmagnet

- | | | |
|------------------|--------------------|------------------------|
| 1 Polschuh | 4 Spulenkern | 7 Unterbrechernocken |
| 2 Rotor (Magnet) | 5 Sekundärwicklung | 8 Unterbrecherkontakte |
| 3 Zündkerze | 6 Primärwicklung | 9 Kondensator |
| | | 10 Kurzschlusschalter |

4. Wirkungsweise

Der zweipolige permanente Magnet rotiert zwischen den lamellierten Polschuhen. Dadurch entsteht im Spulenkern ein wechselnder Kraftlinienfluss. Bei geschlossenen Unterbrecherkontakten wird in der um den Spulenkern gewickelten Primärwicklung ein Niederspannungs-Wechselstrom induziert. Im Moment des magnetischen Höchstwertes (Abriss), öffnen sich die Kontakte, und das durch den Primärstrom erzeugte elektromagnetische Feld bricht zusammen. Der Vorgang in der sekundären Wicklung und die Wirkungsweise des Kondensators sind analog derjenigen der Batteriezündung. Je nach Bauart (Polzahl und Abrisse) werden pro Umdrehung des Magneten 2, 4, 6 oder 8 Zündfunken erzeugt. Durch die Verteiler-Vorrichtung wird der Zündstrom den einzelnen Zündkerzen zugeführt.

Zur Ausserbetriebsetzung werden die Unterbrecherkontakte durch den sogenannten Kurzschluss-Schalter überbrückt. Die Funktion des Unterbrechers wird aufgehoben. Die primäre Wicklung wird über die Masse kurzgeschlossen.

5. Abschnapp-Kupplung

Die Aufgabe dieser Vorrichtung besteht darin, bei niedriger Anlassdrehzahl den Rotor (Magnet oder Spule) zu beschleunigen und somit einen kräftigen Zündfunken zu erzeugen. Zudem wird der Zündzeitpunkt zur Vermeidung von Rückschlägen auf Spätzündung verschoben. Nach Anspringen des Motors wird die Abschnappkupplung selbständig ausgeschaltet.

6. Einstellvorgang für Magnetzündapparate

- Kolben des ersten Zylinders im Kompressionshub auf den Zündzeitpunkt Schwungradmarke stellen.
- Unterbrecherkontakte genau auf vorgeschriebenen Wert (in der Regel 0,3 bis 0,4 mm) einstellen. Nichteinhalten des richtigen Kontaktabstandes hat eine Veränderung des Abrissmasses und somit eine Verminderung der Zündleistung zur Folge.
- Bei Magneten mit Handverstellung ist diese auf Frühzündung zu drehen.
- Den Läufer in Drehrichtung so stellen, dass die Rotorelektrode auf das Segment für den ersten Zylinder zeigt und die Unterbrecherkontakte auf Öffnungsbeginn stehen.

Genauer lässt sich diese Kontrolle mit einem Zündzeitpunkt-Einstellgerät vornehmen (z. B. Bosch EFAW 87).

Kontrolllampen mit Batteriestrom dürfen nicht verwendet werden. (Entmagnetisieren des Dauermagneten.)

- Bei Zündmagneten mit Abschnapp-Kupplung muss der Zündmoment beim Abschnappen nach OT liegen, um ein Rückschlagen des Motors zu verhindern.
- Zündkabel in Zündreihenfolge und Kurzschlusskabel anschliessen.
Achtung: Das Kurzschlusskabel darf nie unter Spannung gesetzt werden.

7. Vertex-Magnetzünder

a. Aufbau

Der Vertex-Magnetzünder unterscheidet sich von den übrigen Magnetzündapparaten dadurch, dass er mit der gleichen Drehzahl wie die Nockenwelle läuft. Je nach Motortyp besitzt er ein 4-, 6- oder 8teiliges Polrad. Infolgedessen haben wir pro Umdrehung die genau gleiche Zündfunkenzahl wie bei der Batteriezündanlage. Der Vertex-Zündapparat kann demzufolge an Stelle eines normalen Zündverteilers eingebaut werden.

b. Einstellvorgang:

- Unterbrecherkontaktabstand einstellen (0,3–0,4 mm)
- Durch Einsetzen eines Stiftes (2 mm) in das Einstelloch Polrad und Antriebsstutzen miteinander blockieren.
- Die Markierungen von Unterbrechernocken und Ölschutzring miteinander in Übereinstimmung bringen.
- Unterbrechernocken festziehen.
- Zündapparat in Motor einbauen.
- Zündzeitpunkt (Kontaktöffnung) durch Drehen des Zündapparates im Gegendreh Sinn einstellen.

Achtung: Keine Spannung an den äusseren Anschluss des Magnetzünders anlegen!

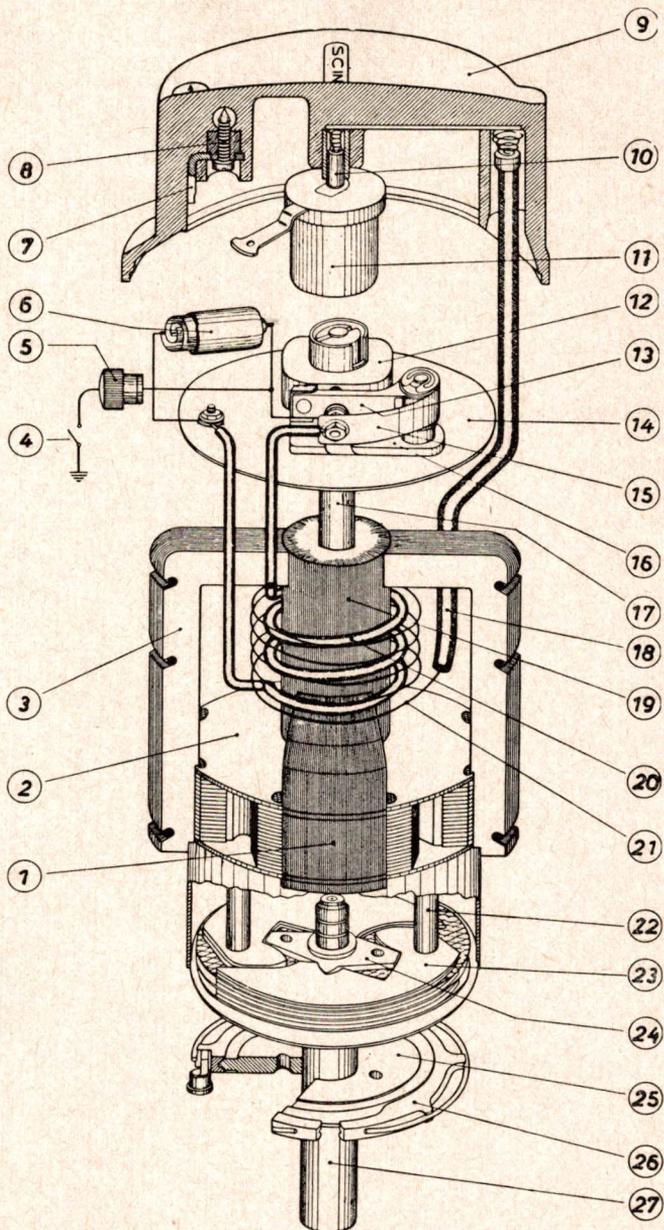
- Zündkerzen-Elektrodenabstand überprüfen (0,4–0,5 mm)

c. Wartung

- Alle 2000 Fahrkilometer schmieren (Staufferbüchse einmal ganz eindrehen).

Legende zu Figur 35

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Polschuh (kurz) | 15 Feder zu Unterbrecherhebel |
| 2 Magnet (Polrad) | 16 Kontaktträger |
| 3 Polschuh (lang) | 17 Rotorachse |
| 4 Zündschalter | 18 Hochspannungsverbindung |
| 5 Anschluss zum Abstellen des Motors | 19 Spulenkern |
| 6 Kondensator | 20 Primärwicklung |
| 7 Abnehmerkontakt | 21 Sekundärwicklung |
| 8 Zündkabelbefestigung | 22 Führungsstift für Lamellenbündel |
| 9 Stromverteilerkopf | 23 Fliehgewichte |
| 10 Zentralkohle im Verteilerkopf | 24 Auslösenocken |
| 11 Rotor | 25 Brems Scheibe |
| 12 Unterbrechernocken | 26 Bremsring |
| 13 Unterbrecherhebel | 27 Antriebswelle |
| 14 Unterbrecherplatte | |



Figur 35 Vertex-Magnetzünder

H

VI. Anlasser

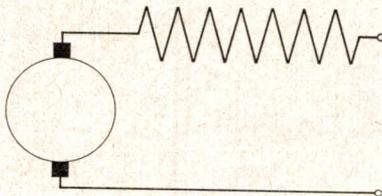
1. Allgemeines

Die beim Durchdrehen des Motors zu überwindenden Widerstände, ganz speziell bei niedriger Temperatur, sind sehr gross. Der Anlasser muss somit imstande sein, kurzfristig eine relativ hohe Leistung abzugeben.

Der Hauptstrom-Motor eignet sich für diesen Zweck am besten, da er beim Einschalten sein höchstes Drehmoment entwickelt, das mit zunehmender Drehzahl kleiner wird.

Das Drehmoment des Anlassers wird durch eine Zahnradübersetzung demjenigen des Motors angepasst.

Der Wirkungsgrad liegt zwischen 40 und 50%.



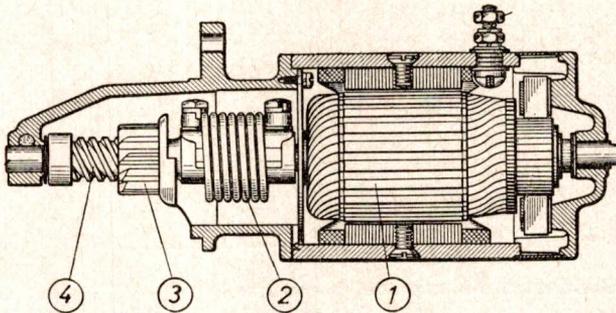
Figur 36 Gleichstrom-Hauptschlussmotor

Nach Art der Einspurung, Betätigung und Steuerung, unterscheidet man nachfolgende Anlasser-Arten:

- Schraubtrieb-Anlasser (Bendix), Figur 37
- Schubtrieb-Anlasser, einstufig, Figur 38
- Schubschraubtrieb-Anlasser, einstufig, Figur 39
- Schubanker-Anlasser, zweistufig, Figur 40
- Schubtriebanlasser zweistufig, Figur 41
- Scintilla ANT, Figur 42
- Scintilla AGR/AGT, Figur 43

2. Schraubtrieb-Anlasser (Bendix)

Dieser Anlasser hat keine Vorstufe und wird direkt eingeschaltet. Das Ritzel ist auf einer Steilgewindehülse montiert, die auf der Ankerwelle gelagert und durch eine Feder mit dieser verbunden ist. Durch die Massenträgheit des Ritzels wird dieses beim Betätigen des Anlassers auf dem Steilgewinde in den Zahnkranz geschraubt. Die Bendixfeder überträgt das Anlassmoment und dämpft den Einspurschlag. Übersteigt die Umfangsgeschwindigkeit des Zahnkranzes diejenige des Ritzels, wird dieses wieder in Ruhestellung zurückgeschraubt.



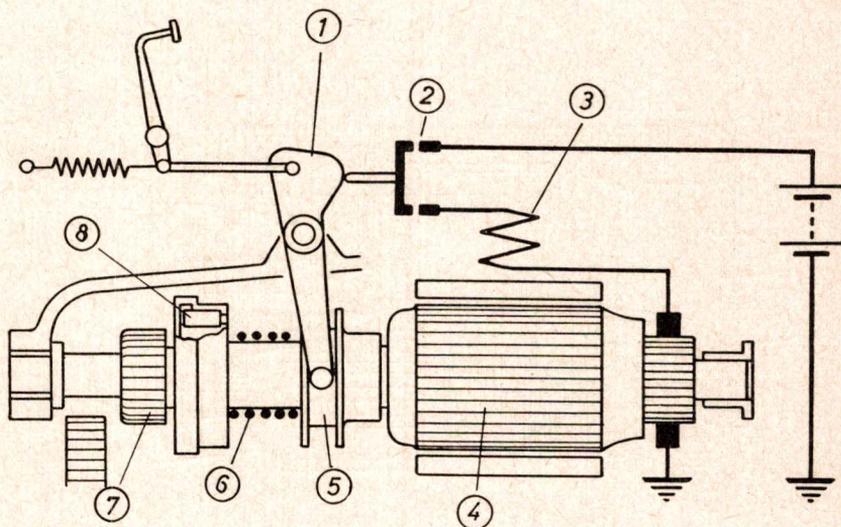
Figur 37 Schraubtrieb-Anlasser

- | | |
|---------------|---------------------|
| 1 Anker | 3 Ritzel |
| 2 Bendixfeder | 4 Steilgewindehülse |

3. Schubtrieb-Anlasser, einstufige Einschaltung

(Bosch Bauart C)

Beim Schubtrieb-Anlasser wird das Ritzel durch einen Einrück-Magnet-schalter oder rein mechanisch durch Handzug oder Fusspedal eingerückt. Das Ritzel bleibt so lange im Eingriff, als der Anlasser betätigt wird.



Figur 38 Schubtrieb-Anlasser

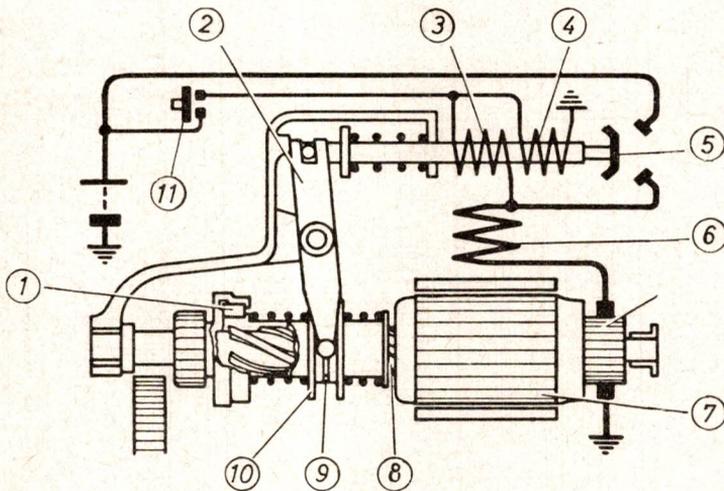
- 1 Einrückhebel
- 2 Anlasserschalter
- 3 Feldwicklung
- 4 Anker

- 5 Führungshülse
- 6 Schraubenfeder
- 7 Ritzel
- 8 Rollenfreilauf

4. Schubschraubtrieb-Anlasser, einstufige Einschaltung

(Bosch Bauart E)

Im Unterschied zum Schubtrieb-Anlasser wird das Ritzel beim Vorschieben noch durch ein Steilgewinde gedreht. Der Magnetschalter enthält eine Haltewicklung und eine Einzugswicklung. Diese wird nach Einschalten des Hauptstromes (Ritzel eingespurt), zur Herabsetzung der Belastung stromlos.



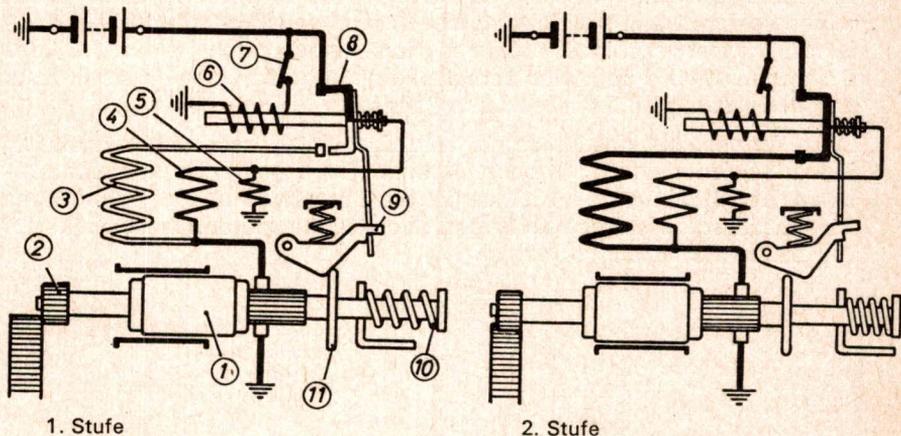
Figur 39 Schubschraubtrieb-Anlasser

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 Ritzel mit Rollenfreilauf | 7 Anker |
| 2 Einrückhebel | 8 Steilgewinde (Ankerwelle) |
| 3 Einzugswicklung | 9 Anschlagring |
| 4 Haltewicklung | 10 Führungsring |
| 5 Magnetschalter | 11 Anlasserschalter |
| 6 Feldwicklung | |

5. Schubanker-Anlasser, zweistufige Einschaltung

(Bosch: Bauart B)

Bei Betätigung des Anlasserschalters (7) wird durch das Relais (6) die Kippbrücke (8) einseitig geschlossen. Die Hilfswicklung (4) sowie die Haltewicklung (5) sind eingeschaltet. Der Anker wird in das Magnetfeld der Hilfswicklung hineingezogen und zugleich langsam in Anlasserdrehrichtung gedreht, bis das Ritzel einspurt. Durch die Verschiebung des Ankers wird der Auslösehebel (9) durch die Auslösescheibe (11) ausgeklinkt, und die Kippbrücke (8) schaltet die Hauptwicklung ein. Der Anlasser entwickelt nun sein volles Drehmoment, und das Ritzel wird voll kraftschlüssig. Bei frühzeitigem Zündimpuls (Motor noch nicht angesprungen) verhindert die Haltewicklung ein vorzeitiges Zurückziehen des Ankers in seine Ruhelage. Anker und Ritzel sind durch eine Lamellenkupplung verbunden. Diese wirkt nach dem Anspringen des Motors als Freilauf und dient zugleich als Überlastungsschutz. Nach Unterbrechung der Anlasserbetätigung wird der Anker durch eine eingebaute Feder zurückgezogen.



1. Stufe

2. Stufe

Figur 40 Schubankeranlasser

- 1 Anker
- 2 Ritzel
- 3 Hauptwicklung
- 4 Hilfswicklung
- 5 Haltewicklung
- 6 Relais

- 7 Anlasserschalter
- 8 Kippbrücke
- 9 Auslösehebel
- 10 Rückzugfeder
- 11 Auslösescheibe

6. Schubtrieb-Anlasser, zweistufige Einschaltung

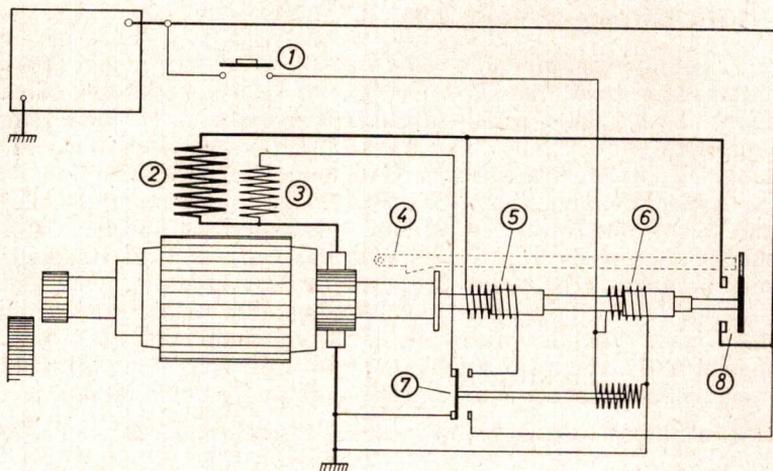
(Bosch Bauart F)

Beim Betätigen des Anlasserschalters (1) fließt ein Strom durch die Haltewicklung (6) des Einrückmagnetschalters (8) und die Wicklung des Steuermagnetschalters (7). Die Wirkung der Haltewicklung (6) ist zu gering, um die Einrückstange zu betätigen. Dagegen trennt der Steuermagnetschalter (7) die Verbindung der Bremswicklung (3) zur Masse und verbindet die mit der Hauptwicklung (2) in Serie geschaltete Einzugswicklung (5). Dadurch fließt ein Strom von der Batterie über die Einzugswicklung (5), die Hauptwicklung (2) und den Anker. Die Einzugswicklung (5) dient jetzt als Vorwiderstand, und der Anlasseranker dreht nur mit geringer Kraft. Zugleich wird das Ritzel durch den Einrückmagneten in den Zahnkranz geschoben.

Die Kontaktbrücke des Einrückmagnet-Schalters (8) wird nach einem bestimmten Weg durch eine Sperrklinke (4) festgehalten. Durch die Weiterbewegung des Schalterankers wird eine auf der Kontaktbrücke wirkende Druckfeder gespannt. Kurz vor Ende des Einspurweges wird die Sperrklinke und die Kontaktbrücke durch die Wirkung der Druckfeder schlagartig geschlossen.

Die Einzugswicklung (5) ist nun überbrückt, und der Anlasser erhält seinen vollen Strom. Die Wirkung der Haltespule (6) genügt, um die Kontaktbrücke fest geschlossen und das Ritzel eingespurt zu halten. Das volle Drehmoment wird über eine Lamellenkupplung, die zugleich als Freilauf und Überlastungsschutz dient, übertragen.

Beim Ausschalten des Anlassers wird das Ritzel durch eine eingebaute Schraubenfeder wieder in seine Ausgangslage gebracht. Zugleich verbindet der Steuermagnetschalter (7) die Bremswicklung (3) wieder mit der Masse, so dass diese als Strombremse wirkt und den Anker in kurzer Zeit bis zum Stillstand abbremst.



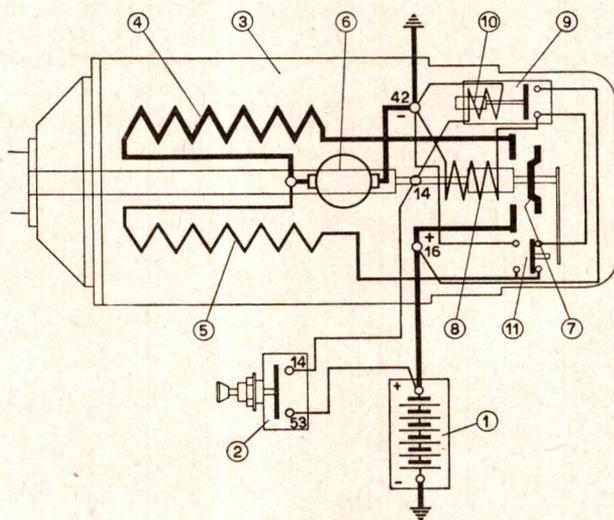
Figur 41 **Schubtrieb-Anlasser** (Bosch Bauart F)

- | | |
|------------------|--------------------------|
| 1 Anlassschalter | 5 Einzugwicklung |
| 2 Hauptwicklung | 6 Haltewicklung |
| 3 Bremswicklung | 7 Steuermagnet-Schalter |
| 4 Sperrklinke | 8 Einrückmagnet-Schalter |

7. Scintilla-Anlasser Type ANT

Bei Betätigung des Anlassdruckknopfes (2) wird das Relais (10) geschlossen. Gleichzeitig fließt ein Strom vom Relaiskontakt über den Umschalter (11) zur Nebenschlusswicklung (5) und zum Hauptstromrelais (8) (zugleich Einrückspule). Der Anker dreht entgegen der Anlassdrehrichtung. Die Schiebewelle mit dem Ritzel dreht über den Rollenfreilauf mit und verschiebt sich nach vorn. Das Ritzel spurt ein, ohne kraftschlüssig zu sein. Wenn das Ritzel zu dreiviertel eingespurt ist, schaltet der Umschalter (11) um (das Rückwärtsdrehen hört auf), und die Hauptstromschalter-Kontakte schliessen. Die Nebenschlusswicklung wird umgeschaltet, wodurch ein übermässiges Ansteigen der Anlasser-Drehzahl im Leerlauf (d.h. sobald der Motor anspringt) vermieden wird. Der Anlasser dreht jetzt mit vollem Drehmoment in Anlassdrehrichtung. Das Ritzel spurt erst wieder aus, wenn die Anlasserbetätigung unterbrochen wird.

Als Überlastungsschutz ist eine Rutschkupplung eingebaut.



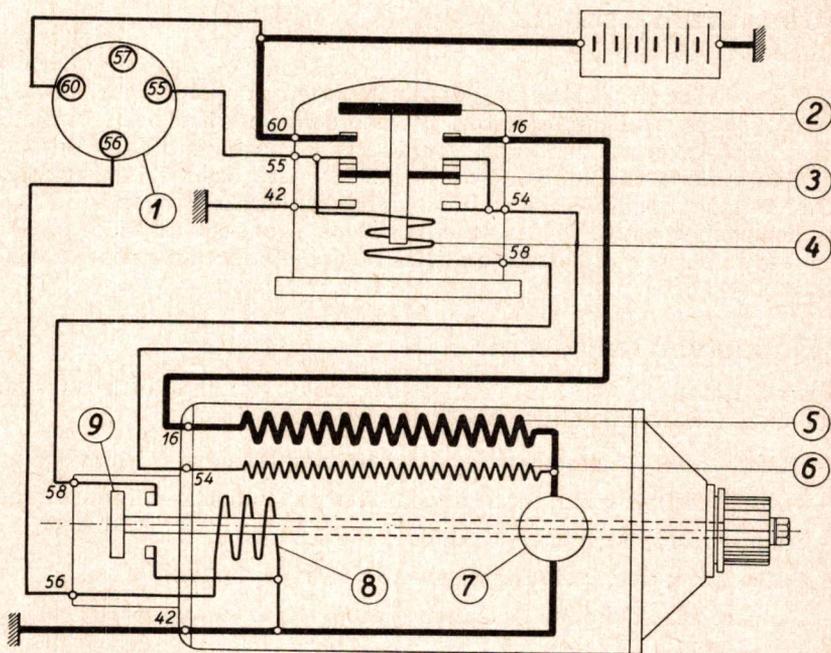
Figur 42 Scintilla-Anlasser ANT

- | | |
|------------------------|--------------------------------------|
| 1 Batterie | 7 Hauptstromschalter |
| 2 Druckknopfschalter | 8 Hauptstromrelais- und Einrückspule |
| 3 Anlasser | 9 Relais |
| 4 Hauptstromwicklung | 10 Relaispule |
| 5 Nebenschlusswicklung | 11 Umschalter |
| 6 Anker | |

8. Scintilla-Anlasser Type AGR/AGT

Die Arbeitsweise dieses Anlassers entspricht derjenigen des Types ANT. Das Relais zur Schaltung des Haupt- und Nebenschluss-Stromes ist vom Anlasser weggebaut.

In Stufe 1 dreht der Anlasser rückwärts (nicht kraftschlüssig). Bei Durchschalten auf Stufe 2 wird die Ritzelwelle (immer nach rückwärts drehend) nach vorn verschoben, der Hauptstrom eingeschaltet und die Stromrichtung im Nebenschlussfeld geändert. Auch in diesem Anlasser ist ein Rollenfreilauf und eine Rutschkupplung eingebaut.



Figur 43 Scintilla-Anlasser AGR/AGT

- | | |
|-----------------------------|------------------------|
| 1 Anlassschalter (2-stufig) | 6 Nebenschlusswicklung |
| 2 Hauptschalter (Relais) | 7 Kollektor |
| 3 Hilfsschalter | 8 Zugspule |
| 4 Relaispule | 9 Sperschalter |
| 5 Hauptwicklung | |

9. Überdrehenschutz

(Rollenfreilauf)

Bei einem Grossteil der Anlasser bleibt das Ritzel so lange im Zahnkranz eingespurt, als er betätigt wird. Bei anspringendem oder laufendem Motor kann nun der Anlasseranker in Folge des grossen Übersetzungsverhältnisses sehr hohe Drehzahlen erreichen. Durch die grossen Zentrifugalkräfte können Anker und Anlasser zerstört werden. Dieses zu verhindern ist die Aufgabe des Freilaufes.

So lange der Anlasser als Treiber wirkt, ist das Ritzel über den Freilauf mit dem Anker kraftschlüssig. Wirkt nun der Motor (Zahnkranz) als Treiber wird der Kraftschluss gelöst. Das Ritzel läuft frei, und der trägere Anker ist entkuppelt.

10. Überlastungsschutz

(Rutschkupplung)

Um den Anlasser, speziell für grössere Motoren, vor mechanischen Überlastungen zu schützen, wird das Drehmoment über eine Lamellenkupplung vom Anker auf das Ritzel übertragen. Entsprechend dem Anlasser-Typ wird die Rutschkupplung so eingestellt, dass das maximal zulässige Drehmoment noch übertragen wird, jedoch bei Rückschlägen des Motors zu schleifen beginnt. Die Lamellenkupplung wird bei verschiedenen Anlassern so ausgelegt, dass sie zugleich auch die Funktion eines Freilaufes ausübt.

11. Einbau von Anlassern

Beim Auswechseln eines Anlassers sind nachfolgende Punkte zu beachten und zu kontrollieren:

- Rundlauf des Anlasserkranzes (Abweichung maximal 0,5 mm)
- Achsialspiel zwischen Ritzel und Zahnkranz soll ca. 2–3 mm betragen
- Zahnflankenspiel je nach Modul 0,3 bis 0,8 mm
- Befestigung und Fixierung gegen Verdrehung
- Saubere Massenkontakt-Flächen (Farbe, Rostschutz)
- Festen Sitz der Kabelanschlüsse, inklusive der Batterie-Klemmen

Wird ein Anlasser mit weggebautem Relais (z. B. Scintilla) ausgewechselt, müssen beide Apparate und der Steuerschalter ersetzt oder durch einen Spezialisten geprüft werden.

Bei allen übrigen Anlagen muss in jedem Fall vor Inbetriebsetzung des neuen Anlassers, der Steuerschalter oder die Druckknopfbetätigung auf einwandfreie Funktion geprüft werden.

12. Anlasser-Betätigung

Der Anlasser soll nicht länger als 5 bis maximal 10 Sekunden eingeschaltet bleiben. Nach jedem Anlassversuch eine kurze Pause einlegen, damit sich die Batterie erholen und der Anlasser abkühlen kann. Um Ritzel und Zahnkranz vor Beschädigung zu schützen, darf der Anlasser erst dann, wenn beide Teile still stehen, wieder betätigt werden. Sobald der Motor anläuft oder die Zähne Eck auf Eck stehen, ist der Anlassschalter sofort loszulassen. Die kurze Betätigungszeit ist bedingt durch die hohe Stromaufnahme des Anlassers. Die Leistungsaufnahme beträgt im Losbrechmoment pro Nenn-PS ca. 3000 Watt (Kurzschlussstrom).

Beispiel: Die Stromaufnahme eines 6-PS/24-V-Anlassers beträgt im Losbrechmoment:

$$I = \frac{6 \cdot 3000}{24} = 750 \text{ A.}$$

H

VII. Gleichstrom-Lichtmaschine

1. Allgemeines

a. Stromerzeugung (Induktion)

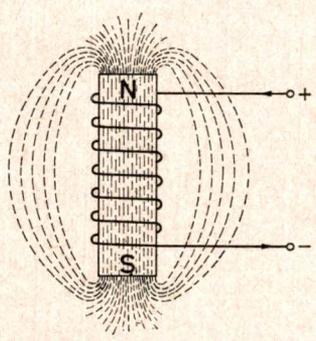
Schneiden wir mit einem Leiter ein magnetisches Feld oder mit dem Magnetfeld einen Leiter, so wird in diesem eine elektrische Spannung induziert. Besteht der Leiter aus einer geschlossenen Drahtschleife, dann fließt in derselben ein Strom. Die Grösse der induzierten Spannung ist abhängig von:

- der Geschwindigkeit des Leiters oder Magnetfeldes
- der Stärke des Magnetfeldes
- der Länge des Leiters im Magnetfeld (Windungen).

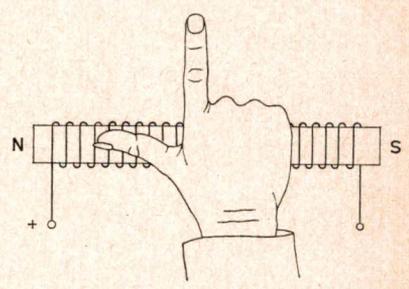
Die Richtung der induzierten Spannung hängt von der Bewegungsrichtung ab.

b. Elektromagnet

Durchfließt ein Strom einen Leiter (Spule), entsteht um diesen ein Magnetfeld. Der Eisenkern im Innern der Spule verstärkt durch seine magnetische Leitfähigkeit den Magnetismus der Spule wesentlich. Die Stärke des Magnetfeldes ist abhängig von der Grösse des Stromes und der Windungszahl (Ampère-Windungen). Die Polarität richtet sich nach der Stromrichtung und dem Windungssinn der Spule.



Figur 44 Elektromagnet



Figur 45 Rechtehand-Regel

1. Zeigefinger in Stromrichtung (+ → -)
2. Mittelfinger im Windungssinn
3. Abgespreizter Daumen = nach Norden weisend

c. Aufgabe der Lichtmaschine

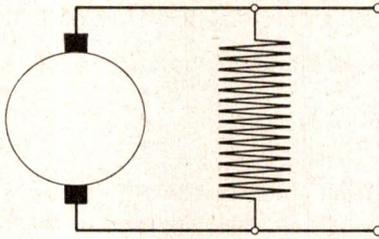
Die Lichtmaschine (Dynamo, Generator) muss bei laufendem Motor alle Stromverbraucher mit elektrischer Energie versorgen und zudem die Batterie rasch und genügend aufladen.

Arten

Im Motorfahrzeug unterscheiden wir zwei Arten von Lichtmaschinen:

- Nebenschluss-Gleichstrommaschine, selbsterregend (mit Kollektor)
- Drehstrommaschine mit Gleichrichter (ohne Kollektor).

2. Nebenschluss-Gleichstrommaschine



Figur 46 Schema Gleichstrom Nebenschluss-Lichtmaschine

a. Aufbau

Die Hauptteile dieser Maschine sind: Gehäuse (Stator) mit Polschuhen und Erregerwicklungen (Elektromagnete), Anker (Rotor) mit Wicklungen und Kollektor, Halter mit Kohlenbürsten, Lagerdeckel mit Lagern.

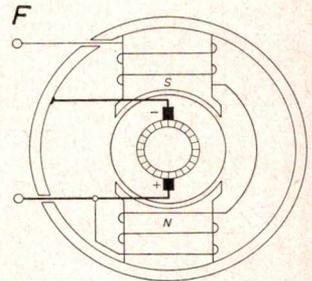
b. Wirkungsweise

Vor der ersten Inbetriebnahme der Lichtmaschine wird durch die Erregerwicklungen Fremdstrom (z.B. von Batterie) geschickt (Polen der Maschine). Durch den erzeugten Elektro-Magnetismus werden das Gehäuse und die Polschuhe magnetisiert. Nach Beendigung dieses Vorgehens verbleibt darin ein kleiner Restmagnetismus. Durch Drehen des Ankers, schneiden dessen Wicklungen das restmagnetische Feld. In den Ankerwicklungen wird eine kleine Wechselspannung induziert. Der daraus resultierende Induktionsstrom wird durch den Kollektor (Stromwender, Kommutator) und die Kohlenbürsten gleichgerichtet. In der zum Anker parallel (Nebenschluss) geschalteten Erregerwicklung fließt ein kleiner Strom und verstärkt das restmagnetische Feld. Dadurch, und auch mit zunehmender Drehzahl, steigt die Spannung in den Ankerwicklungen. Der Stromfluss in der Erregerwicklung wird erhöht und das Magnetfeld weiter verstärkt. Dieser Vorgang dauert so lange, bis der magnetische Kreis vollständig gesättigt und keine weitere Verstärkung des Magnetfeldes mehr erfolgt. Die Maschine ist voll erregt.

c. Schaltungen der Erregerwicklungen

Massenseitige Regelung:

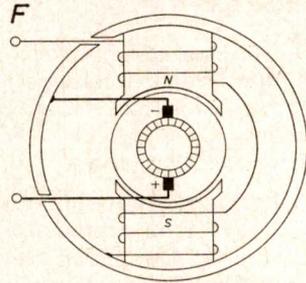
Der Anfang der Erregerwicklung ist in der Maschine an der isolierten Kohlenbürste angeschlossen. Zur Erregung muss das Ende der Wicklung (Anschluss F auf der Lichtmaschine) mit der Masse verbunden werden.



Figur 47 Massenregulierung

Plusseitige Regelung

Der Anfang der Erregerwicklung ist in der Maschine an Masse geschaltet. Zur Erregung muss das Ende der Wicklung (Anschluss F auf der Maschine) mit dem Anschluss der isolierten Kohlenbürste auf der Lichtmaschine verbunden werden.



Figur 48 Plusregulierung

VIII. Regelung der Lichtmaschine

Aufgaben der Regelung :

- Die Spannung der Lichtmaschine bei allen Drehzahlen praktisch auf dem eingestellten Wert konstant zu halten (Fahren ohne Batterie möglich).
- Ladestrom auf Batterie dem Ladezustand anpassen und ein Überladen der Batterie verhindern. Entladene Batterie hoher – geladene Batterie kleiner oder kein Ladestrom.
- Lichtmaschine vor Überlastung schützen.
- Bei ungenügender Drehzahl oder Stillstand ein Entladen der Batterie über die Lichtmaschine zu verhindern.

1. Rückstromschalter

a. Aufgabe

Der Rückstromschalter hat die Aufgabe, bei genügend hoher Spannung der Lichtmaschine diese mit der Batterie zu verbinden und wieder zu trennen, wenn die Lichtmaschinen-Spannung unter die Batteriespannung sinkt. Somit wird ein Entladen der Batterie und eine Beschädigung der Lichtmaschine durch zu hohen Rückstrom verhindert.

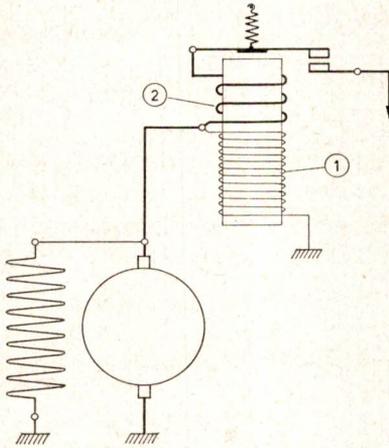
b. Aufbau

Der Rückstromschalter besteht aus einem Spulenkern mit aufgewickelten Spannungs- und Stromspulen, dem Schalteranker mit Rückzugfeder und einem im Ruhestand offenen Kontaktpaar.

c. Begriffe

Spannungsspule – Spule mit vielen Windungen aus dünnem Draht (parallel geschaltet)

Stromspule – Spule mit wenig Windungen, aus dickem Draht (in Serie geschaltet)



Figur 49 Lichtmaschine mit Rückstromschalter

1 Spannungsspule

2 Stromspule

d. Wirkungsweise

Sobald die Lichtmaschine Spannung erzeugt, wird die Spannungsspule von einem Strom durchflossen und erzeugt ein magnetisches Feld. Mit zunehmender Spannung der Lichtmaschine steigt der Strom in der Spannungsspule, und die magnetische Kraft des Spulenkerns wird verstärkt.

Beim Erreichen der Einschaltspannung (Spannung der Lichtmaschine mindestens gleich hoch wie Batteriespannung) ist die magnetische Zugkraft des Spulenkerns grösser als die Gegenkraft der Rückzugfeder. Der Schalteranker wird angezogen, und die Schalterkontakte werden geschlossen. Die Verbindung der Lichtmaschine zu Batterie und Verbraucher ist hergestellt. Der Lade- und Verbraucherstrom fliesst nun durch die auf dem gleichen Spulenkern gewickelte Stromspule und unterstützt je nach Grösse des Stromes die magnetische Wirkung der Spannungsspule. Je grösser der Strom, um so kräftiger werden die Schalterkontakte zusammengepresst.

Sinkt die Lichtmaschinen-Spannung unter die Spannung der Batterie, so fliesst ein Strom (Rückstrom) von der Batterie zur Lichtmaschine. Durch die entgegengesetzte Stromrichtung in der Stromspule wechselt auch die Polarität und wirkt so der magnetischen Kraft der Spannungsspule entgegen.

Die magnetische Kraft im Spulenkern wird geschwächt (je nach Grösse des Rückstromes), und durch die Zugkraft der Rückzugfeder wird der Schalteranker vom Spulenkern weggezogen, die Kontakte werden geöffnet. Die Grösse des Rückstromes ist von der Art des Schalters und dem Ladezustand der Batterie abhängig und liegt zwischen 0,5 bis 14 A.

2. Spannungsregler

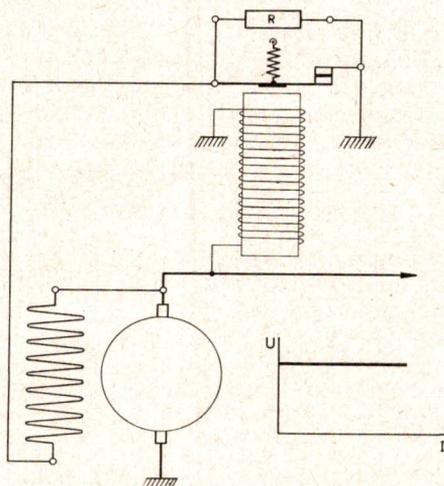
Diese Regler, gleich welcher Bauart, sollen die Spannung der Lichtmaschine den Betriebsbedingungen der Anlage anpassen und auf einen der Batteriecharakteristik entsprechenden Wert begrenzen.

Dadurch wird ein Überladen der Batterie verhindert, und zudem sind die Verbraucher, auch bei abgeschalteter Batterie, nicht durch zu hohe Spannung gefährdet.

a. Einkontaktregler (reine Spannungsregelung)

– Aufbau

Die wesentlichen Teile dieser Regler sind ein Spulenkern mit aufgewickelter Spannungsspule, dem Regleranker, einer Rückzugfeder, einem im Ruhestand geschlossenen Kontaktpaar (in der Regel Wolframkontakte) und einem parallel zu den Kontakten geschalteten Widerstand (Funkenlösch- bzw. Regelwiderstand).



Figur 50 Einkontaktregler mit Kennlinie

– Wirkungsweise

Der Regleranker wird im Ruhestand durch die Kraft der Rückzugfeder vom Spulenkern weggezogen und hält das in den Erregerstromkreis geschaltete Kontaktpaar geschlossen.

Erzeugt die Lichtmaschine eine Spannung, fliesst der Erregerstrom voll über die geschlossenen Reglerkontakte (volle Erregung). Zugleich fliesst auch ein Strom durch die Spannungsspule und erzeugt eine noch kleine magnetische Kraft. Mit zunehmender Lichtmaschinen-Spannung fliesst ein grösserer Strom durch die Spannungsspule, und die magnetische Kraft des Spulenkerns wird verstärkt.

Wird die eingestellte Spannung (in der Regel 2,4 V pro Batteriezelle) erreicht, ist die magnetische Kraft grösser als die Federkraft, und die Reglerkontakte werden geöffnet. Gleichzeitig wird der Reglerwiderstand in den Erregerstromkreis geschaltet. Dadurch wird der Erregerstrom kleiner, und die Lichtmaschinen-Spannung sinkt (geschwächte Erregung). Die magnetische Kraft des Spulenkerns wird schwächer, und die Federkraft schliesst die Reglerkontakte wieder.

Der Erregerstrom und somit die Spannung der Lichtmaschine steigen wieder an, und der Regelvorgang beginnt von neuem.

Um die Lichtmaschinen-Spannung in allen Drehzahlbereichen konstant zu halten, ist die Öffnungs- und Schliessdauer der Reglerkontakte sehr verschieden. Die Frequenz variiert zwischen ca. 50 bis 500 Mal pro Sekunde. Der parallel zu den Reglerkontakten geschaltete Widerstand (Regelwiderstand) dient zur Dämpfung des Kontaktfeuers, das durch die Öffnungsinduktion der Erregerwicklung auftritt. Damit aber der Erregerstrom auch bei hoher Drehzahl und geöffneten Kontakten klein genug wird, muss der Regelwiderstand verhältnismässig gross gewählt werden. Bei einigen Reglern dieser Bauart sind zur Schonung der Kontakte zusätzliche Vorrichtungen vorhanden, z. B. Zitterspule usw.

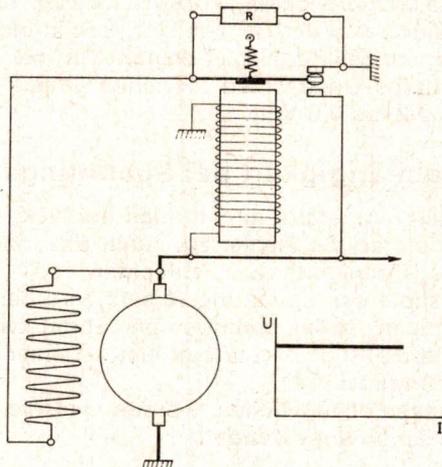
Der Ladestrom (Strom auf Batterie) wird durch die Spannungsdifferenz zwischen Batterie und Regelspannung bestimmt.

Mit dieser Regelung ist die Lichtmaschine gegen Überlastung nicht geschützt. Sie wird im Motorfahrzeug nur in Verbindung mit einer weiteren Regelvorrichtung angewendet.

b. Zweikontaktregler

– Aufbau

Der grundsätzliche Aufbau entspricht demjenigen des Einkontaktreglers mit der Ausnahme, dass er über ein zweites, im Ruhezustand offenes Kontaktpaar (in der Regel Silberkontakte) verfügt. Zudem ist der Regelwiderstand viel kleiner bemessen. Dieser entspricht ungefähr der Grösse des Erregerfeld-Widerstandes.

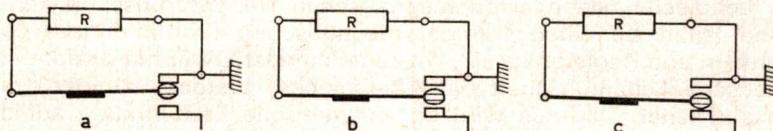


Figur 51 Zweikontaktregler mit Kennlinie

– Wirkungsweise

Die Arbeitsweise dieses Reglers kann man in drei Arbeitslagen aufteilen:

1. Regelung im untern Drehzahlbereich (Unterlage, vgl. Fig. a)
2. Regelung im mittleren Drehzahlbereich (Mittellage, vgl. Fig. b)
3. Regelung im obren Drehzahlbereich (Oberlage, vgl. Fig. c)



Figur 52 Regellagen

Der Regelvorgang in der *Unterlage* ist gleich wie beim Einkontaktregler beschrieben.

In der *Mittellage* ist der Regelwiderstand in den Erregerstromkreis geschaltet.

Bei Erhöhen der Drehzahl steigt die Spannung der Lichtmaschine weiter an. Gleichzeitig fließt auch ein grösserer Strom über die Spannungsspule, und die magnetische Kraft des Spulenkerns wird stärker. Der Regleranker wird weiter angezogen, so dass sich die Reglerkontakte in der *Oberlage* berühren.

Dadurch wird die Erregerwicklung kurzgeschlossen; sie ist somit stromlos. Die Spannung sinkt, und der Regleranker wird in die Mittel- oder Unterlage zurückgezogen, das Regelspiel beginnt von neuem.

Der Regelspannungs-Unterschied zwischen Unter- und Oberlageregelung beträgt ca. 0,2 bis 0,5 Volt.

3. Temperaturabhängigkeit bei Spannungsreglern

Mit zunehmender Temperatur nimmt auch der elektrische Widerstand in den Kupferwicklungen der Regler zu. Auch das magnetische Verhalten des Spulenkerns (Eisenkern) wird schlechter.

Die Spannungsspule des Spannungsreglers wird bei gleicher Spannung von einem kleineren Strom durchflossen. Somit wird die magnetische Kraft kleiner, und die Regelung erfolgt erst bei einer höheren Spannung. Die Regelspannung steigt an.

Um dieses Verhalten abzugleichen, werden verschiedene Arten als Temperatur-Kompensation angewendet.

a. Bimetall-Reglerfedern:

Mit zunehmender Temperatur vermindert sich die Kraft der Feder, und um den Regleranker anzuziehen, genügt eine kleinere magnetische Kraft.

b. Abgleichwiderstände:

Der in Serie mit der Spannungsspule geschaltete Abgleichwiderstand hat die Eigenschaft, dass mit steigender Temperatur sein Widerstandswert kleiner wird. Dadurch wird die Widerstandserhöhung der Kupferwicklung ausgeglichen.

c. Temperatur-Abgleichbleche:

Diese Leitbleche bilden einen magnetischen Nebenschluss. In kaltem Zustand leiten sie einen Teil der magnetischen Kraftlinien zwischen Spulenkern und Regleranker ab. Mit zunehmender Erwärmung (durch die magnetische Leiteigenschaft der Ableitbleche) werden weniger Kraftlinien abgeleitet. Dadurch wird die magnetische Kraftwirkung auf den Regleranker grösser und die kleinere Wirkung der Spannungsspule abgeglichen.

4. Stromregelung bei Spannungsreglern

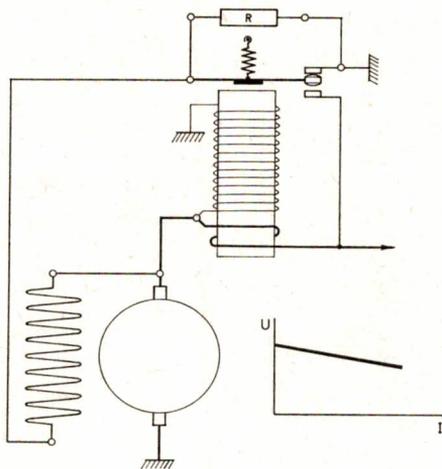
Durch die reine Spannungsregelung ist die Lichtmaschine nicht gegen Überlastung geschützt.

Bei entladener Batterie und eingeschalteten Verbrauchern würde der Spannungsunterschied zwischen Lichtmaschine und Batterie zu gross, so dass die Lichtmaschine durch einen zu hohen Strom überhitzt würde. Um dies zu verhindern, muss der von der Lichtmaschine erzeugte Strom begrenzt werden. Für diese Begrenzung werden hauptsächlich die nachfolgenden Arten angewendet.

a. Zweikontaktregler mit geneigter Kennlinie

– Aufbau

Der prinzipielle Aufbau entspricht dem des Zweikontaktreglers. Auf dem Spulenkern des Spannungsreglers ist nebst der Spannungsspule noch eine Stromspule im gleichen Windungssinn aufgewickelt.



Figur 53 Zweikontaktregler nachgiebig reguliert, mit Kennlinie

– Wirkungsweise

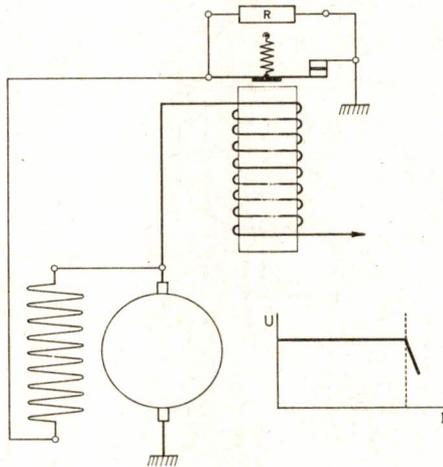
Die über der Spannungsspule gewickelte Stromspule wird vom Lichtmaschinenstrom in gleicher Richtung wie die Spannungsspule durchflossen. Je nach Grösse des Stromes erfolgt eine entsprechende magnetische Unterstützung des Spannungsspulen-Magnetismus. Dies hat zur Folge, dass mit zunehmender Belastung der Lichtmaschine die Spannung herabgesetzt wird (die Spannung gibt nach).

Die Verwendung von Batterien mit grösserer Kapazität als vom Fahrzeug-Hersteller vorgesehen, kann zu einer Überlastung der Lichtmaschine führen.

b. Stromregler mit Knickkennlinie

– Aufbau

Dieses Reglerelement entspricht im Aufbau dem Einkontakt-Spannungsregler. An Stelle der Spannungsspule ist eine Stromspule auf den Spulenkern gewickelt.



Figur 54 **Stromregler (Knickregler) mit Kennlinie**

– Wirkungsweise

Die Stromspule des Reglers wird vom Lichtmaschinen-Strom durchflossen. Wird der für die Lichtmaschine zulässige Höchststrom erreicht, werden, wie beim Spannungsregler, die im Ruhezustand geschlossenen Kontakte getrennt.

Der Regelwiderstand ist nun in Serie in den Erregerstromkreis geschaltet. Dies hat zur Folge, dass der Erregermagnetismus geschwächt wird und die Spannung der Lichtmaschine steil absinkt (knickartig), wodurch eine Überlastung der Lichtmaschine sicher verhindert wird.

5. Variodenregler (Bosch)

Bei dieser Bauart dient eine Halbleiter-Diode (Variode) in Verbindung mit einer Steuerspule zur Stromregelung.

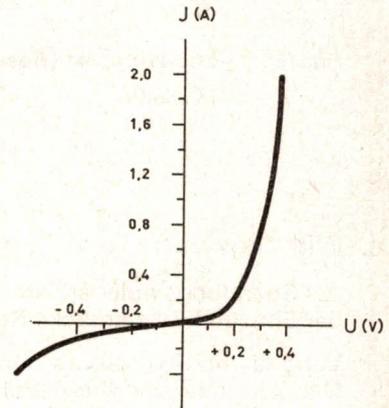
a. Aufbau

Dieser Regler ist im Aufbau ähnlich dem Zweikontakt-Spannungsregler. Auf dem Spulenkern ist zu der Spannungsspule eine im gleichen Windungssinn gewickelte Steuerspule angebracht. Eine Halbleiter-Diode (Variode) ist mit der Steuerwicklung in Serie und beide parallel zu einem Steuerwiderstand geschaltet. Dieser ist bei 12-Volt-Anlagen im Regler eingebaut, und beim 6-Volt-Regler dient das schwarze, auf die Charakteristik der Variode abgestimmte Zuleitungskabel (Regler – D+) zugleich als Steuerwiderstand.

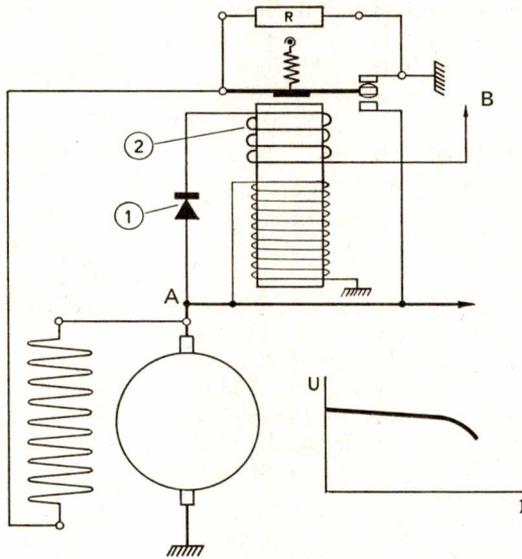
b. Variode

Dieses Halbleiterelement hat die Eigenschaft, dass es beim Anlegen einer geringen Spannung in Durchlassrichtung nur einen sehr kleinen Strom durchlässt. Erst von einer bestimmten Spannung an – ca. 0,2 V – steigt der Strom steil an.

Die Temperaturabhängigkeit der Variode ergibt zudem eine zusätzliche Regelung.



Figur 55 Varioden-Kennlinie



Figur 56 Variodenregler (Bosch) mit Kennlinie

1 Variode

2 Steuerspule

c. Wirkungsweise

Als Spannungsregler arbeitet auch dieser Regler grundsätzlich gleich wie der Ein- und Zweikontakt-Regler.

Variode und Steuerspule sind bei Punkt A und B (siehe auch Fig. 65) der Hauptstromleitung (bei 6-Volt zugleich Steuerwiderstand) angeschlossen. Bei kleiner Lichtmaschinen-Belastung ist der Spannungsunterschied zwischen den genannten Punkten sehr gering. Demzufolge lässt die Variode nur einen sehr kleinen Strom durch. Die magnetische Wirkung der Steuerspule und somit die Unterstützung der Spannungsspule sind sehr schwach (leichte Neigung der Kennlinie). Wird nun der Spannungsunterschied zwischen Punkt A und B zufolge grösserer Belastung der Lichtmaschine grösser als die Sperrspannung der Variode (ca. 0,2–0,3 V), so steigt der Strom in der Steuerspule entsprechend der Variodenkennlinie steil an. Die starke magnetische Wirkung der Steuerspule bewirkt ein rasches Absinken der Lichtmaschinen-Spannung. Die Lichtmaschine wird dadurch ähnlich wie beim Knickregler vor Überlastung geschützt.

d. Einbauvorschriften

Bei der 6-Volt-Ausführung darf das auf die Variode abgestimmte, schwarze Anschlusskabel (auf D+) nicht verkürzt oder verlängert werden.

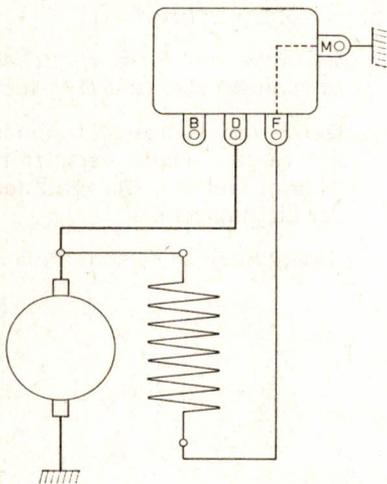
Durch die Temperatur-Abhängigkeit des Variodenreglers bedingt, darf der Regler weder versetzt noch durch irgendwelche Apparate abgeschirmt werden. Bei erhöhter Umgebungstemperatur sinkt die Leistung der Lichtmaschine.

Regler nicht an falsche Polarität anschliessen.

6. Regulierungs-Arten der Regler

a. Masse-Regulierung

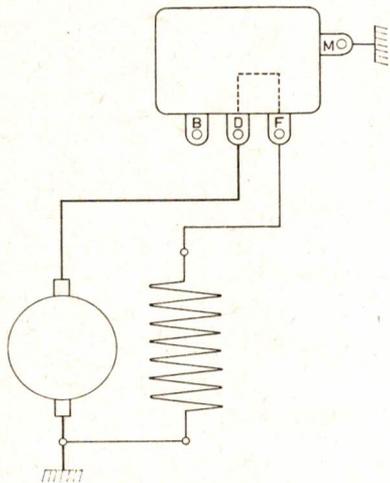
Bei dieser Schaltung ist die Erregerwicklung in der Lichtmaschine an der isolierten Kohlenbürste angeschlossen. Der Erregerstromkreis schliesst sich über den Regler an die Masse.



Figur 57 Masse-Regulierung

b. Plus-Regulierung

Hier ist die Erregerwicklung in der Lichtmaschine an die Masse angeschlossen. Der Erregerstromkreis wird über den Regler auf die isolierte Kohlenbürste geschlossen.



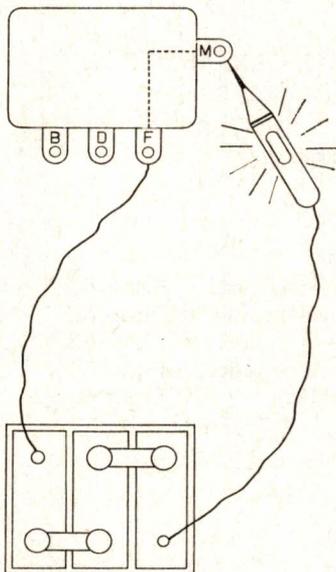
Figur 58 Plus-Regulierung

Die Bezeichnung Plus- oder Masse-Regulierung bezieht sich nur auf die Schaltung der betreffenden Apparate und nicht auf die Polarität der Anlage. Bei beiden Schaltungsarten kann Plus oder Minus an Masse liegen. Die Einhaltung der Polarität muss nur bei Reglern mit ungleichem Kontaktmaterial beachtet werden.

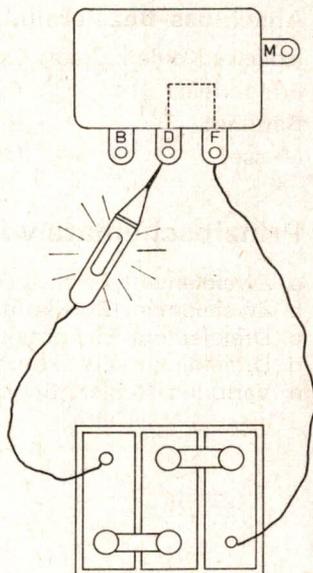
c. Feststellen der Regulierungs-Art

Die nachstehenden Schemata zeigen eine der Möglichkeiten, z.B. mit einer Batterie und einer Prüflampe (vorteilhaft 6 Volt), die Regulierungsart direkt zu ermitteln.

Mit der Prüflampenspitze werden nacheinander die Anschlussklemmen D und Masse berührt. Die Kontrolllampe wird einmal schwach und einmal hell aufleuchten. Das hellere Aufleuchten zeigt die Regulierungsart an.



Figur 59 Masse-Regulierung



Figur 60 Plus-Regulierung

7. Anschliessen von Reglern und Lichtmaschinen

Beim Einbau und Anschliessen sind folgende Punkte zu beachten:

- Daten von Lichtmaschine und Regler (Volt, Ampère, Watt) auf Übereinstimmung kontrollieren.
- Regulierungsart der beiden Apparate (Plus- oder Masse-Regulierung) auf Übereinstimmung prüfen.
- Polarität des Reglers (Plus oder Minus der Anlage an Masse) feststellen. (Nur bei Reglern mit ungleichem Kontaktmaterial nötig.)

H

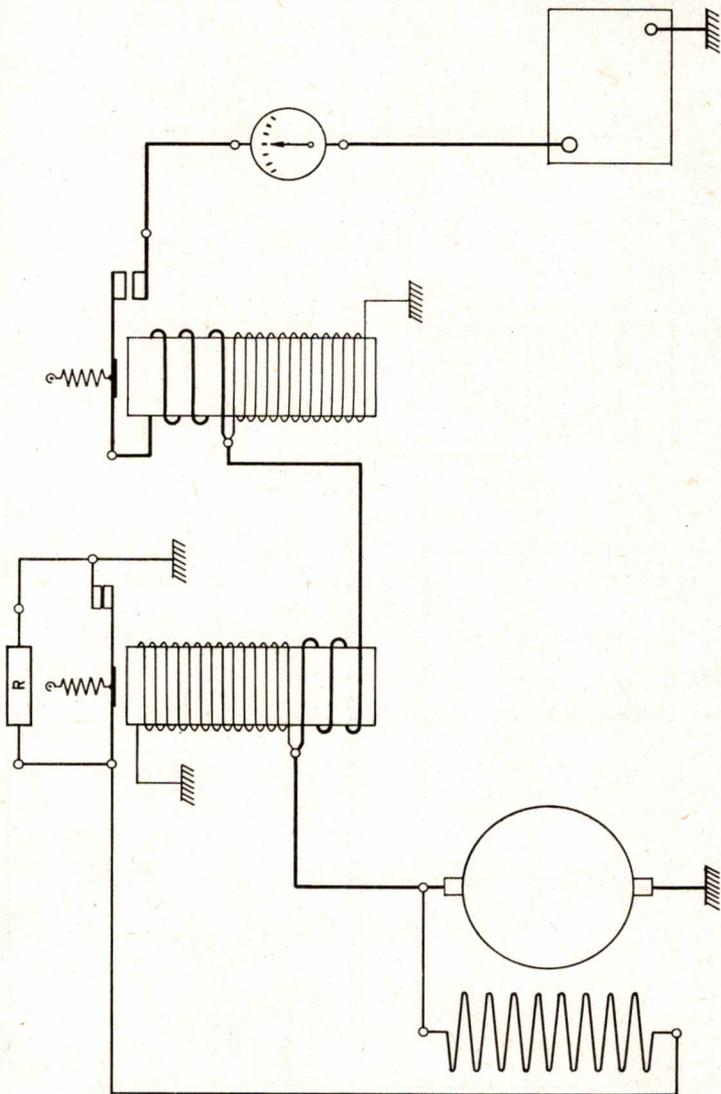
- Anschlüsse an Lichtmaschine und Regler auf guten Kontakt kontrollieren.
- Masseverbindungen zwischen Lichtmaschine-Motor-Fahrgestell und Regler prüfen.
- Lichtmaschine polarisieren (Batteriestrom auf isolierte Bürste geben und Lichtmaschine kurz als Motor laufen lassen) und Drehrichtung kontrollieren (als Lichtmaschine und Motor gleiche Drehrichtung).
- Keilriemen auf richtigen Sitz und Spannung prüfen.

Anschluss-Bezeichnungen

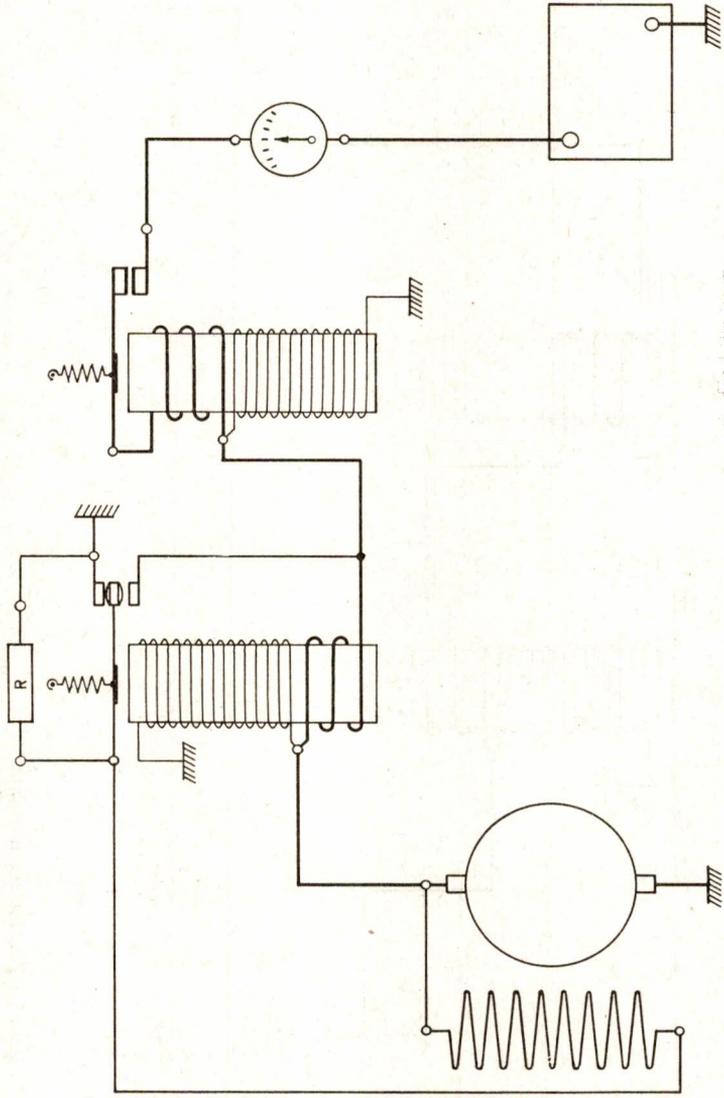
Isolierte Kohlenbürste: D, D+/61, (D-/61), GEN, ARM, DYN
Erregerfeld: F, DF, FIELD, FLD, EXC, 67
Batterie: B+/51 (B-/51), A, BAT, 30
Masse: D (D+), M, G, GROUND, E, 31

8. Prinzipschemata von Reglern

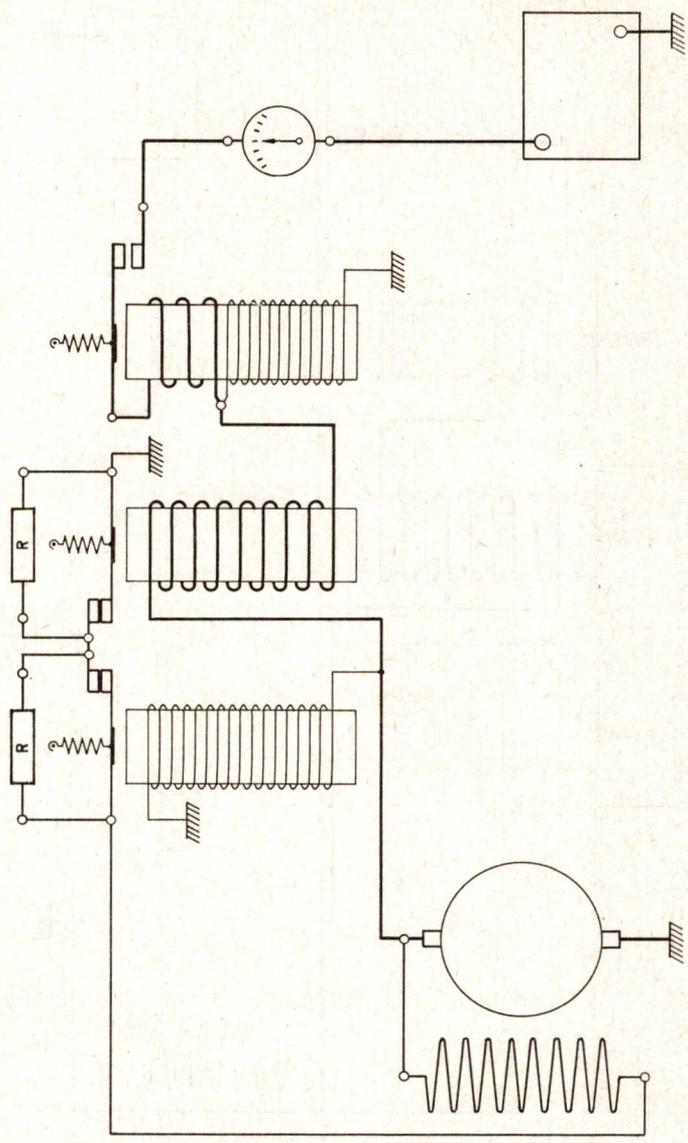
- | | | |
|---|---|----------|
| a | Zweielement-Einkontakt-Regler, masse-reguliert | Figur 61 |
| b | Zweielement-Zweikontakt-Regler, masse-reguliert | Figur 62 |
| c | Dreielement-Einkontakt-Regler, masse-reguliert | Figur 63 |
| d | Dreielement-Zweikontakt-Regler, masse-reguliert | Figur 64 |
| e | Varioden-Regler (Bosch), masse-reguliert | Figur 65 |



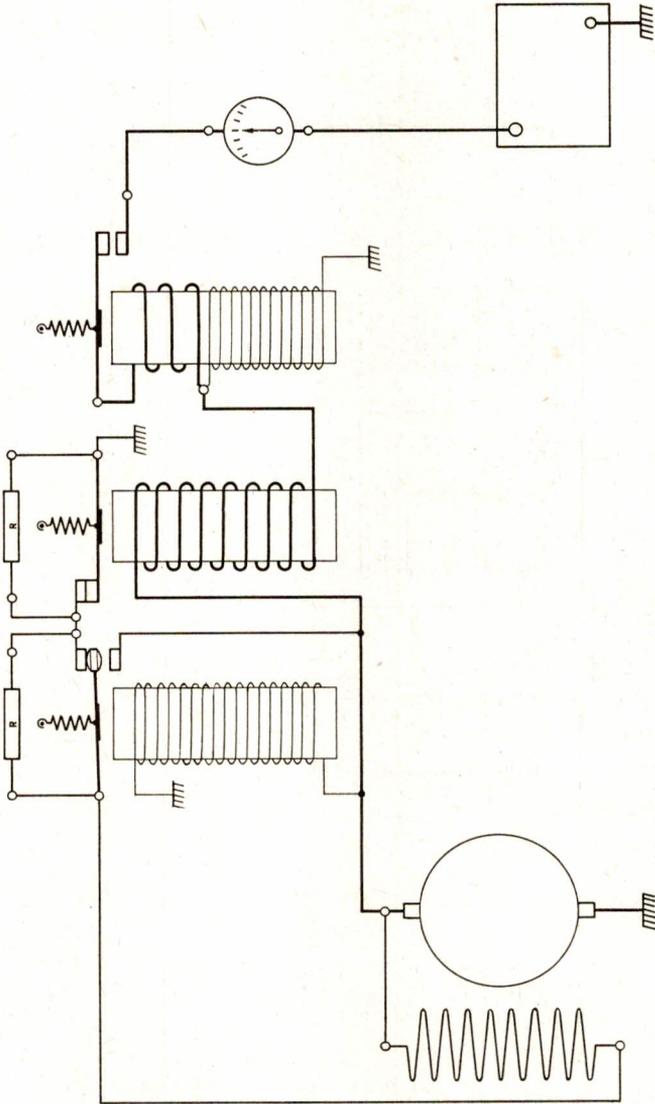
Figur 61 Zweielement-Regler
Einkontaktregler mit geneigter Kennlinie, massereguliert



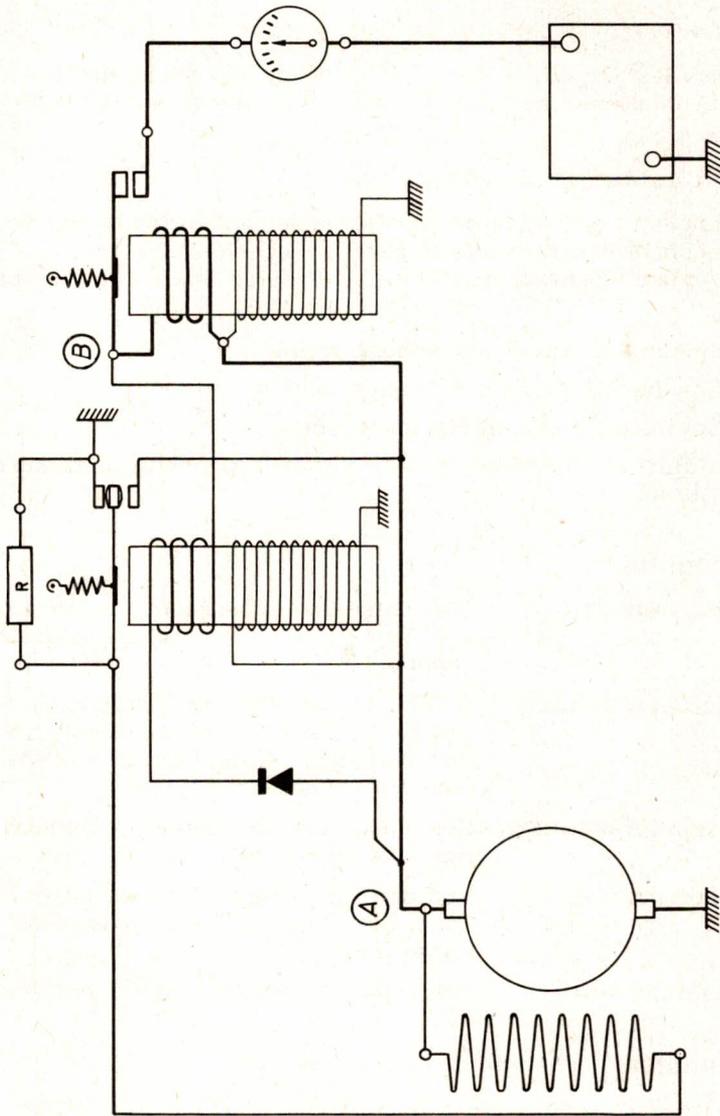
Figur 62 **Zweielement-Regler**
Zweikontaktregler mit geneigter Kennlinie, massereguliert



Figur 63 Dreielement-Regler
Einkontaktregler mit Stromregler, massereguliert



Figur 64 Dreielement-Regler
Zweikontaktregler mit Stromregler, massereguliert



Figur 65 Variator-Regler (Bosch)
massereguliert

9. Messen und Einstellen von Reglern

a. Allgemeines

Vor jeder Messung oder Einstellung ist die Lichtmaschine und der Regler durch Laufenlassen auf eine Betriebstemperatur von ca. 40–50°C zu bringen.

Regler sollen nie kalt eingestellt werden.

Die Einstellung an Schalter- und Reglerelementen beschränkt sich für Motormechaniker auf das Verändern der Federvorspannung der Schaltanker. Andere Einstellarbeiten dürfen nur durch Spezialisten ausgeführt werden.

Eine Erhöhung der Federvorspannung ergibt:

- Am Spannungsregler höhere Regelspannung
- Am Stromregler höheren Maximalstrom
- Beim Rückstromschalter höhere Einschaltspannung und kleineren Rückstrom.

b. Messbegriffe

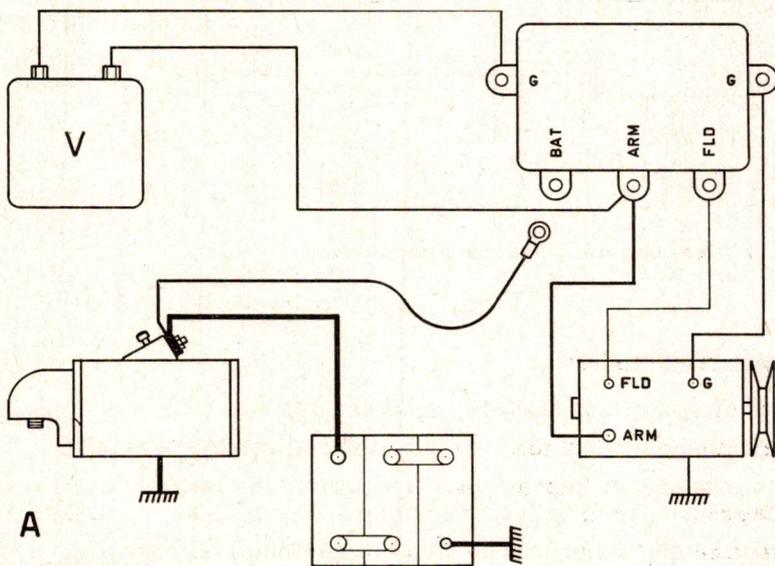
- **Leerspannung:** Spannung der unbelasteten Lichtmaschine. Alle Verbraucher und Batterie abgeschaltet (am Regler).
- **Einschaltspannung:** Spannung, bei der die Rückstromschalter-Kontakte schliessen und die Verbindung der Lichtmaschine mit der Batterie und den Verbrauchern herstellen.
- **Ausschaltspannung:** Spannung, bei der die Rückstromschalter-Kontakte öffnen.
- **Rückstrom:** Von der Batterie zur Lichtmaschine fließender Strom, bis die Rückstromschalter-Kontakte öffnen.
- **Maximalstrom:** Zulässiger Höchststrom der Lichtmaschine.

c. Spannungsregler (wichtigste Kontrolle)

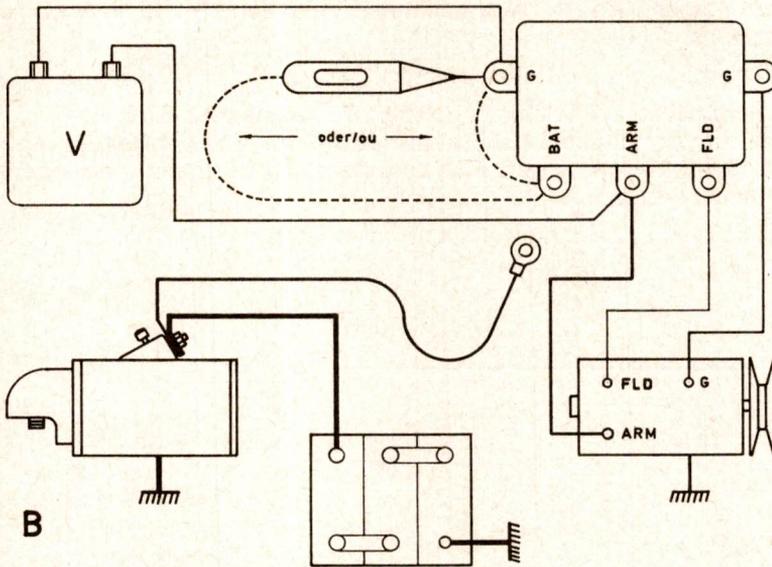
Leerspannung messen (vgl. Figur 66):

- Kabel von Klemme BAT (Zuleitung zur Batterie und Verbraucher) des Reglers abschalten.

- Voltmeter an Klemme ARM (isolierte Kohlenbürste) und an Masse des Reglers anschließen.
- Lichtmaschine auf erhöhte Drehzahl bringen.
- Leerspannung auf Voltmeter ablesen. Fehlen genaue Einstellwerte, soll die Leerspannung nicht höher als ca. 20–25% über der Nennspannung (6, 12 und 24 V) liegen. Die Leerspannung bestimmt die Höhe des Batterieladestromes.
- Leerspannung bei aufgesetztem Reglerdeckel nachprüfen.



Figur 66 Leerspannung messen



Figur 67 Ein- und Ausschaltspannung messen

d. Rückstromschalter

Einschaltspannung messen (vgl. Figur 67):

- Schaltung des Voltmeters wie bei Messung der Leerspannung.
- Kontrolllampe an Klemme BAT und Masse des Reglers anschliessen. (Diese leuchtet im Schliessmoment der Kontakte auf.)
- Drehzahl der Lichtmaschine langsam steigern, und beim Aufleuchten der Kontrolllampe Einschaltspannung ablesen (ca. 5–15% höher als Nennspannung).

Anstelle der Kontrolllampe kann die Klemme BAT mit der Masse des Reglers direkt verbunden werden. Die Einschaltspannung im Moment ablesen, wenn der Zeiger des Voltmeters den Höchstwert erreicht hat.

Ausschaltspannung messen:

- Schaltung des Voltmeters und der Kontrolllampe wie bei Messung der Einschaltspannung.
- Drehzahl der Lichtmaschine erhöhen, bis die Schalterkontakte schliessen und die Kontrolllampe aufleuchtet.

- Drehzahl langsam senken bis Kontrolllampe verlöscht.
- Ausschaltspannung im Öffnungsmoment der Kontakte ablesen (ca. 10–25% unter Nennspannung).

Rückstrom messen (vgl. Figur 68):

- Abgeschaltetes Kabel von Klemme BAT des Reglers über ein Ampèremeter (möglichst mit versetztem Nullpunkt) wieder an diese Klemme anschliessen.
- Drehzahl der Lichtmaschine erhöhen, dann langsam senken und im Öffnungsmoment der Kontakte den Rückstrom auf Ampèremeter ablesen. Rückstrom je nach Anlage ca. 0,5–9 A.

e. Stromregler

Messen des Maximal-Stromes (vgl. Figur 69):

- Schaltung des Ampèremeters wie bei Messungen des Rückstromes.
- Lichtmaschine belasten und auf hohe Drehzahl bringen.

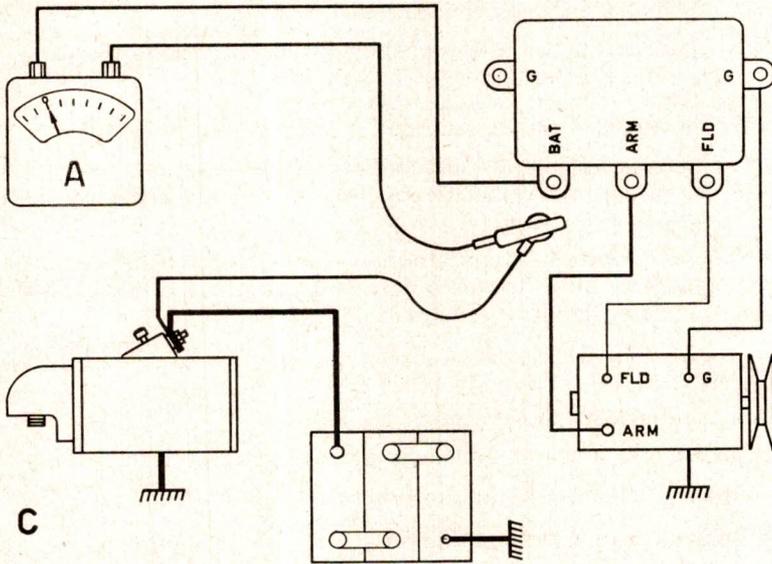
Die Belastung kann erfolgen durch:

- Zuschalten eines Belastungswiderstandes bei abgeschalteter Batterie;
 - oder – kurzzeitiges Überbrücken oder kurzes Blockieren (von Hand) der Spannungsregler-Kontakte bei zugeschalteter Batterie;
 - oder – kurzfristiges Laden auf kleine Batteriespannung, z. B. bei 6-V-Batterie auf ein Element (2 V) oder drei Elemente (6 V) bei 12-V-Batterie.
- Angezeigten Höchststrom auf Ampèremeter ablesen. Dieser darf den für die Lichtmaschine angegebenen Höchstwert nicht übersteigen.

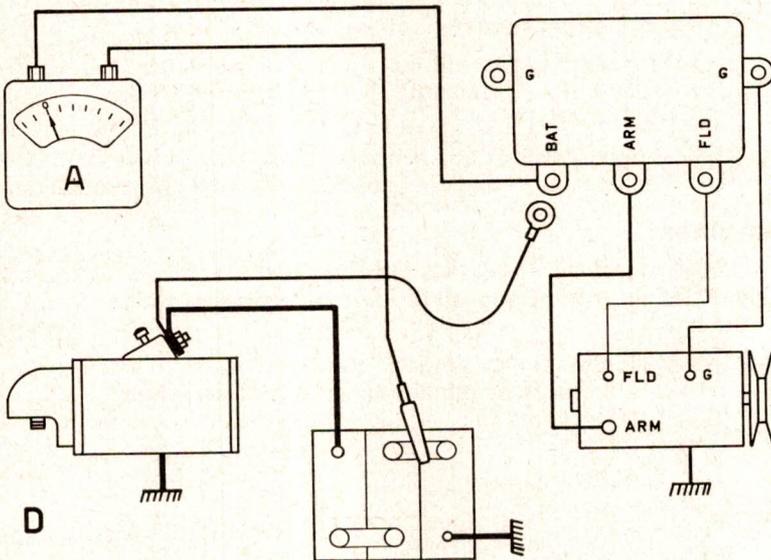
Zu beachten:

Sind Einstellungen an Regler- oder Schalterelementen vorgenommen worden, muss der Motor abgestellt und die Messung nochmals wiederholt werden.

Die in den Messanleitungen aufgeführten prozentualen Werte sind nur Richtwerte für den Fall, dass genaue Einstellangaben fehlen.



Figur 68 Rückstrom messen



Figur 69 Maximal-Strom messen

f. Messen des Ladestromes auf Batterie

- Motor anlassen und Drehzahl leicht über Leerlauf erhöhen.
- Ampèremeter zwischen ein Batteriekabel (+ oder –) und Batteriepolzapfen anschliessen.
- Lichtmaschinen-Drehzahl erhöhen (mindestens auf Nenndrehzahl) und alle Verbraucher einschalten.
- Ladestrom auf Ampèremeter ablesen.