Dr.-Ing. e. h. Wilhelm Hildebrand

Die Entwicklung der selbsttätigen Einkammer-Druckluftbremse bei den europäischen Vollbahnen

Ergänzungsband zu dem unter gleichem Titel 1927
im gleichen Verlag erschienenen Hauptwerk

Die Entwicklung der selbsttätigen Einkammer-Druckluftbremse bei den europäischen Vollbahnen

Von

Dr.-Ing. e. h. **Wilhelm Hildebrand**

Ergänzungsband

Mit 64 Abbildungen im Text
und 2 Buntdruck-Tafeln

Berlin
Verlag von Julius Springer
1939

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.
Copyright 1939 by Julius Springer, Berlin.
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1939

ISBN 978-3-642-50593-5 ISBN 978-3-642-50903-2 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-642-50903-2

Vorwort

Seit dem Erscheinen meines Buches „Die Entwicklung der selbsttätigen Einkammer-Druckluftbremse bei den europäischen Vollbahnen“ hat die Entwicklung der Vollbahnbremse zunächst insofern ihren Fortgang genommen, als zwei bereits in dem Buch erwähnte Bremssysteme, nämlich die Drolshammer-Bremse und die Božić-Bremse, eine endgültige Form erhalten haben, in der sie der Bremskommission des Internationalen Eisenbahnverbandes vorgeführt und von dem Verband als Güterzugbremsen zugelassen wurden. Darüber hinaus sind noch weitere Bauarten entwickelt worden, die ebenfalls schon von dem Internationalen Verband zugelassen und von Eisenbahnverwaltungen zur Einführung angenommen worden sind, wie die Hildebrand-Knorr-Bremse und die Breda-Bremse.

Neben der Entwicklung der international für Güterzüge zugelassenen Bremssysteme hat die fortschreitende Beschleunigung des Verkehrs, insbesondere durch Triebwagen und schnellfahrende Personenzüge, der Bremse Aufgaben gestellt, deren Lösung eine zusammenhängende Behandlung verlangt.

Inzwischen sind auch für die Personenzugbremsen vom Internationalen Eisenbahnverband Bedingungen festgesetzt worden, die neu einzuführende Bremsen erfüllen müssen. Einige der neueren als Güterzugbremsen zugelassene Bremssysteme haben auch für Personenzüge Bauformen, die diesen Bedingungen entsprechen.

Es erscheint deshalb an der Zeit, mein Buch durch einen die weitere Entwicklung bis heute enthaltenden Ergänzungsband fortzusetzen.

1. Oktober 1939.

Inhaltsverzeichnis

Seite

I. Die Regelung des Bremsdrucks 1
a) Mehrlösige Bremsen mit einem Dreidruckventil 1
Drolshammer-Bremse 3
Božić-Bremse 5
b) Mehrlösige Bremsen mit zwei Steuerventilen 11
Löseventil Rihosek-Leuchter 13
Verbindung zweier Steuerventile 15
Breda-Bremse 19
Hildebrand-Knorr-Bremse (erste Ausführungsform) 25

II. Die Bremsdruck-Schaulinie 29
a) Abbremsung des Ladegewichts 29
b) Erhöhung des Bremsdrucks zur Anwendung größerer Fahrgeschwindigkeiten 33
Drucksübersetzer 33
Bremsdruckregler 37

III. Bremsbeschleuniger 39
a) Einfachbeschleuniger 39
b) Koppelbeschleuniger 41

IV. Das selbsttätige Führerbremsventil 45

V. Ausführungsformen der Hildebrand-Knorr-Bremse 51
a) Die Hildebrand-Knorr-Bremse für Güterzüge Hikgbr 53
b) Die Hildebrand-Knorr-Bremse für Personenzüge Hikpbr 61
c) Die Hildebrand-Knorr-Bremse für Schnellzüge Hikssbr 67
Füllen und Lösen 69
Betriebsbremsung 69
Nachspeisung 72
Stufenweises Lösen 72
Schnellbremsung 73

Nachwort 75

Anhang 77
33 Bedingungen, denen eine Güterzugbremse zu genügen hat 78
29 Bedingungen, denen eine durchgehende Bremse für Personenzüge zu genügen hat 81
Merkmale der Güterzugbremsen 84
Schaltbildtafeln: Hildebrand-Knorr-Bremse für Güterzüge
Tafel 1: Füll- und Lösestellung / Tafel 2: Bremsstellung

I. Die Regelung des Bremsdrucks

a) Mehrlösige Bremsen mit einem Dreidruckventil

Die Kunze-Knorr-Bremse, die den Abschluß des Buches „Die Entwicklung der selbsttätigen Einkammer-Druckluftbremse bei den europäischen Vollbahnen" bildet, hat zwar bei den Fahrten über die Alpen gezeigt, daß man mit ihr lange und starke Gefälle befahren kann, und sie hat sich auch in dem großen Betrieb der Deutschen Reichsbahn, wo sie an rund 600000 Fahrzeugen angebracht ist, in bezug auf Zuverlässigkeit und Unterhaltung bewährt. Trotzdem konnten sich außer Schweden, Holland, Ungarn und der Türkei die anderen europäischen Bahnen nicht zu ihrer Einführung entschließen. Man warf der Kunze-Knorr-Bremse vor:

1. die Abbremsung der Last sei bei den Wagen mit verhältnismäßig hohem Ladegewicht ungenügend;
2. die Bremskraft könne im Bereich des Ladegewichts weder nach oben noch nach unten abgestuft werden;
3. die Bremse sei auf langen Gefällen erschöpfbar, weil der Bremszylinderdruck keinen Einfluß auf die Steuerung habe, so daß durch Undichtigkeiten im Bremszylinder entstehende Verluste nicht ersetzt würden. Auch Druckverluste in der im Betrieb schwer dicht zu haltenden Steuerkammer und im Zweikammerbremszylinder führten zur Erschöpfung;
4. das Bremsgestänge sei zu vielteilig. Auch bei Wagen ohne Lastabbremsung seien zwei Zylinder vorhanden. Bei Schwerlastwagen müßte sogar ein dritter Zylinder vorgesehen werden.

Die schweizerischen Bundesbahnen zogen es deshalb vor, Versuche mit der Drolshammer-Bremse zu machen und diese Bremse dem Internationalen Eisenbahnverband vorzuführen.

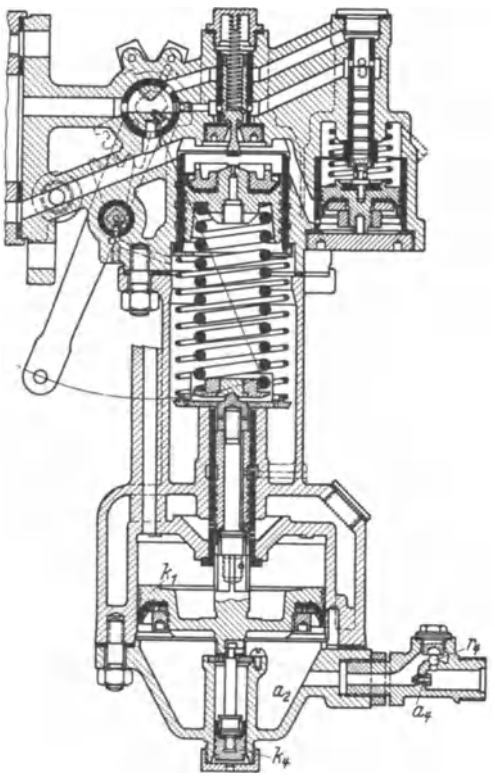


Abb. 2

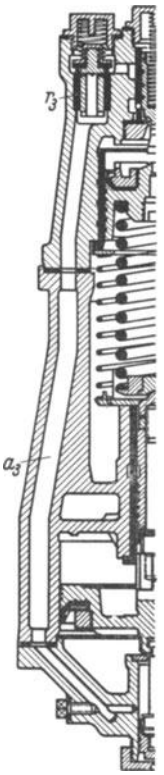


Abb. 3

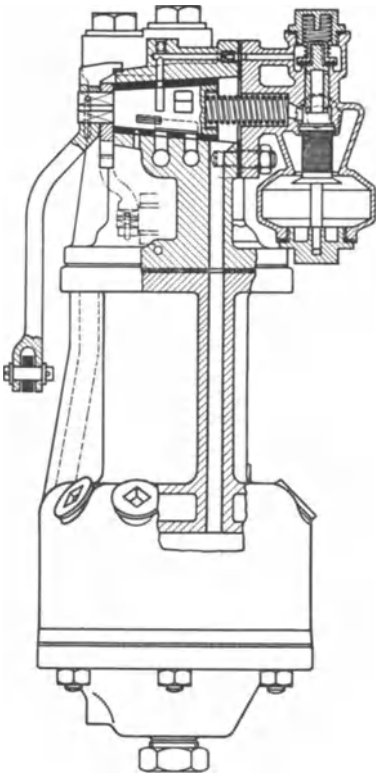


Abb. 4

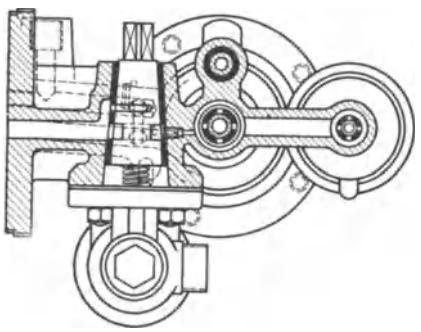


Abb. 5

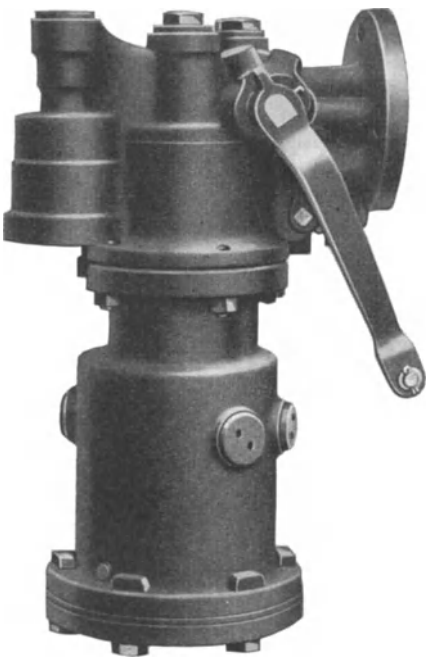


Abb. 1

Drolshammer-Steuerventil
Abb. 1 (Ansicht) Abb. 2—5 (Schnitt)

Drolshammer-Bremse

Die im August und September 1927 ausgeführten Fahrten mit dem im Hauptwerk (Seite 114) beschriebenen Drolshammer-Steuerventil gaben indes dem Bremsausschuß nicht die Möglichkeit, die Annahme der Bremse zu empfehlen, und zwar in erster Linie deshalb, weil die Lösezeiten für den praktischen Betrieb unerträglich lang waren und auch nicht durch langes Hochdruckfüllen der Bremsleitung ohne Gefahr der Überfüllung der vorderen Apparate abgekürzt werden konnten.

Die Bremseinrichtung wurde deshalb abgeändert und gelangte nach weiteren Versuchsfahrten im März 1928 zur Annahme. Die Abb. 1—5 zeigen die letzte Ausführung der Drolshammer-Bremse, wie sie von dem Internationalen Eisenbahnverband für Güterzüge zugelassen worden ist. Die Änderungen sind bei einem Vergleich mit den Abb. 179 bis 182 des Hauptwerks zu erkennen.

Unterhalb des Steuerkolbens k_1 und mit diesem verbunden ist in dem Steuerbehälterraum a_2 ein kleiner Kolben k_4 angeordnet, der in der untersten Lage einen über ein Rückschlagventil r_3 zum Luftbehälter führenden Kanal a_3 freilegt. Der Steuerbehälter ist mit dem Raum a_2 unter dem großen Steuerkolben k_1 einmal über eine stets offene Düse a_4 und außerdem über ein sich gegen diesen Kolben öffnendes Rückschlagventil r_4 verbunden.

Hält der Lokomotivführer beim Füllen in der Bremsleitung längere Zeit einen hohen Druck aufrecht, so geht der Steuerkolben in die tiefste Stellung; die dabei um ihn herum überströmende Druckluft von hoher Spannung kann infolge der Drosselung durch die enge Düse a_4 nicht zum Steuerbehälter gelangen, sondern strömt durch die Verbindung a_3—r_3 zum Hilfsluftbehälter ab. Dagegen läßt das Rückschlagventil r_4 die Druckluft des Steuerbehälters beim Bremsen ungehindert zum Raum a_2 unter dem großen Steuerkolben strömen, so daß dessen Bewegung nicht aufgehalten wird.

Durch das Hinzutreten des kleinen Kolbens k_4 wird allerdings die sehr wichtige Dichtigkeit der Steuerkammer a nicht unwesentlich gefährdet. Auch tritt zu den schon vorhandenen Reibungswiderständen beim Einleiten der Bremsung ein weiterer hinzu. Insbesondere nach längerem Stehen der Wagen und bei Kälte machen sich die Reibungswiderstände durch längere Durchschlagszeiten bemerkbar. Die Versuchsfahrten zeigten, daß die Durchschlagsgeschwindigkeit infolge der für die Annahme der Bremse notwendigen Änderungen um 30 m/sek vermindert war.

Die schweizerischen Bundesbahnen hatten schon im Jahr 1925 die Lizenz für Herstellung und Anwendung der Drolshammer-Bremse in ihrem Betrieb gekauft und schritten deshalb nach Annahme der Bremse durch den Internationalen Eisenbahnverband sofort zu ihrer Einführung. Sie ist jetzt an etwa 12500 Güterwagen der schweizerischen Bundesbahn und der schweizerischen Privatbahnen in Betrieb. Bei den Personenwagen der Schweiz ist die Drolshammer-Bremse nur in beschränktem Maße angewandt worden. Die normale Ausführung ist immer noch die Doppelbremse, bestehend aus der Einkammerbremse und der direkt wirkenden Bremse.

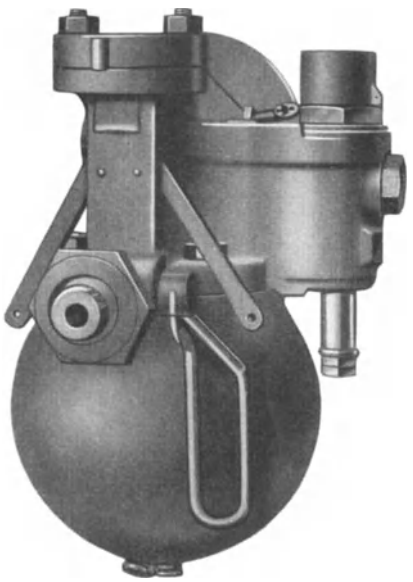


Abb. 6 Božić-Steuerventil

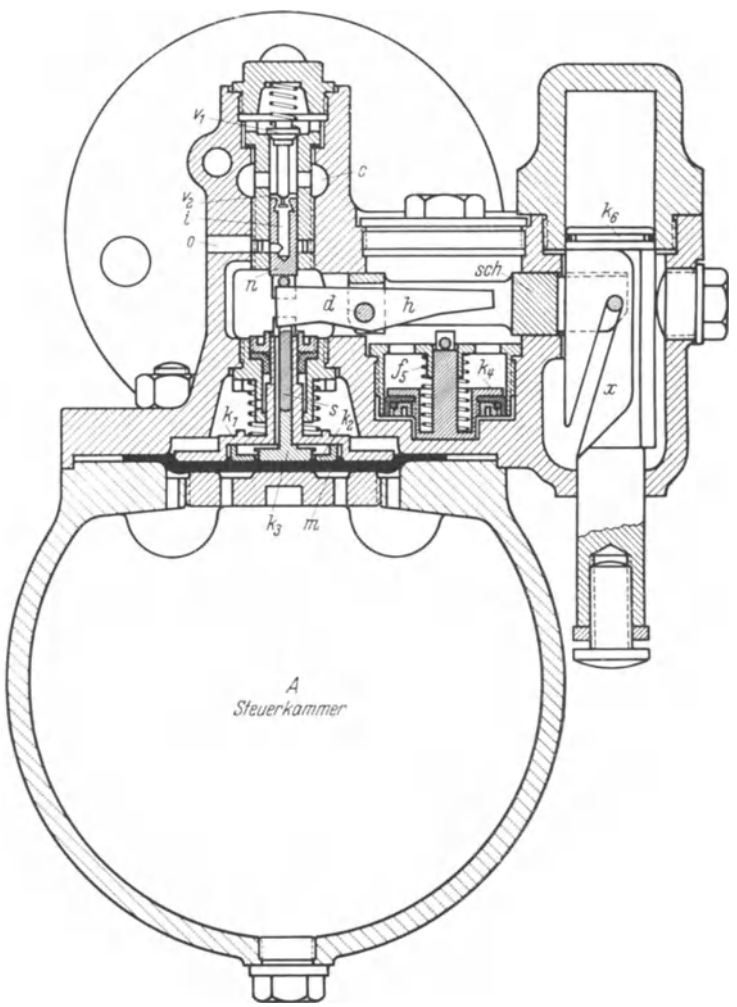


Abb. 7 Božić-Steuerventil
für Güterzüge mit selbsttätiger Einstellung der Lastabbremsung,
Lösestellung

Božić-Bremse

Die jugoslawische Staatsbahn übernahm die Vorführung der Božić-Bremse.

Die ersten Fahrten fanden im Frühjahr 1927 vor dem Internationalen Bremsausschuß statt. Sie ergaben, daß die Bremse zu geringe Durchschlagsgeschwindigkeit und zu lange Lösezeiten hatte und auch sonstige Mängel, die ihre Arbeitsweise als unzuverlässig erwiesen. Die Bremse wurde deshalb in dieser Form abgelehnt.

Die Abb. 6—14 zeigen die daraufhin geänderte Ausführung der Božić-Bremse, wie sie im Juli 1928 dem Internationalen Bremsausschuß erneut vorgeführt und von diesem angenommen wurde.

Schon die zuerst vorgeführte Form der Božić-Bremse wich insofern von der in Abb. 173 des Hauptwerks dargestellten ab, als der dem Bremszylinderdruck ausgesetzte Kolben k_4 (Abb. 7) neben dem von der Hauptluftleitung und dem Druck der Steuerkammer A beaufschlagten Kolben k_1 angeordnet war und beide durch einen doppelarmigen Hebel h in Verbindung standen. Dieser Hebel ist mit seinem Drehpunkt d im Gehäuse verschiebbar angeordnet, so daß die Angriffspunkte der Kolben k_1 und k_4 auf dem Hebel verändert werden können. Der Drehzapfen d liegt in dem beweglichen Schlitten *sch*, dessen Stellung von der senkrecht beweglichen Kulisse x geregelt wird. Die Kulisse selbst ist durch den rechten Schenkel a des Lasthebels o beeinflußt, der durch eine Konsole k am Wagen aufgehängt ist, wie in Abb. 11 dargestellt. Der linke Schenkel b des Hebels, der etwas schwerer ist als der rechte, liegt auf dem Achslager auf.

Auf den rechten Schenkel des Stellhebels h wirkt der Gegenkolben k_4, dessen untere Seite dem Bremszylinderdruck ausgesetzt ist, da dieser Raum durch den Kanal c mit dem Raum C (Abb. 8 und 9) in Verbindung steht. Auf dem linken Schenkel des Stellhebels h ruht der Zylinder n, dessen Kanal i den Bremszylinder mit der Außenluft o verbindet. Von unten wirkt auf diesen Schenkel der Kolben k_3 mit seiner Stange s. Dieser Drosselkolben k_3 und der Unterbrecherkolben k_2 befinden sich im Steuerkolben k_1, die alle durch die gemeinsame Biegehaut m bewegt werden. Die Oberseite der Kolben k_2 und k_3 ist mit der freien Luft verbunden.

Das Füllen und Entleeren des Bremszylinders geht wie bei dem alten Božić-Ventil über das Doppelsitzventil $v_1 v_2$. Das Aufladen der Bremse kann an der Abb. 8 erklärt werden, obwohl sie das Ventil in Bremsstellung zeigt. Die Stellung der Kolben und Ventile bei gelöster Bremse ist aus Abb. 7 ersichtlich.

Das Füllen des Hilfsluftbehälters auf den Regeldruck von 5 kg/cm² erfolgt von der Hauptluftleitung L aus über den Umstellhahn U, Raum l und das Rückschlagventil r_1, das durch die Federn f_2 und f_3 offen gehalten wird, solange der auf dem durch Membran m_2 gedichtete Kolben k_5 lastende Luftdruck den Hilfsbehälterdruck nicht übersteigt.

Von dem Kanal b_1 gelangt die Druckluft weiter über den durch das Doppelventil r_1 ebenfalls beherrschten Kanal b_2 in den zum Hilfsluftbehälter führenden Kanal b_3—b_3. Das Füllen der Steuerkammer A geschieht von dem Kanal b_3 aus über das Rückschlagventil r_2 und die Kanäle a_1 und a_2. Durch Kanal a_3 ist auch der Raum über dem Kolben k_5 mit der Steuerkammer A verbunden.

Das Rückschlagventil r_2 wird durch eine Feder f_4 offen gehalten, solange auf beiden Seiten gleicher Druck herrscht. Die Führung des Ventils r_2 soll mit der Spannung der Feder f_4 so abgestimmt sein, daß eine langsame Verminderung des Drucks im Raum b_3 sich mit dem Druck in der Steuerkammer A ausgleichen kann, das Ventil r_2 durch die in ihm entstehende Strömung dagegen geschlossen wird, wenn der Druckabfall im

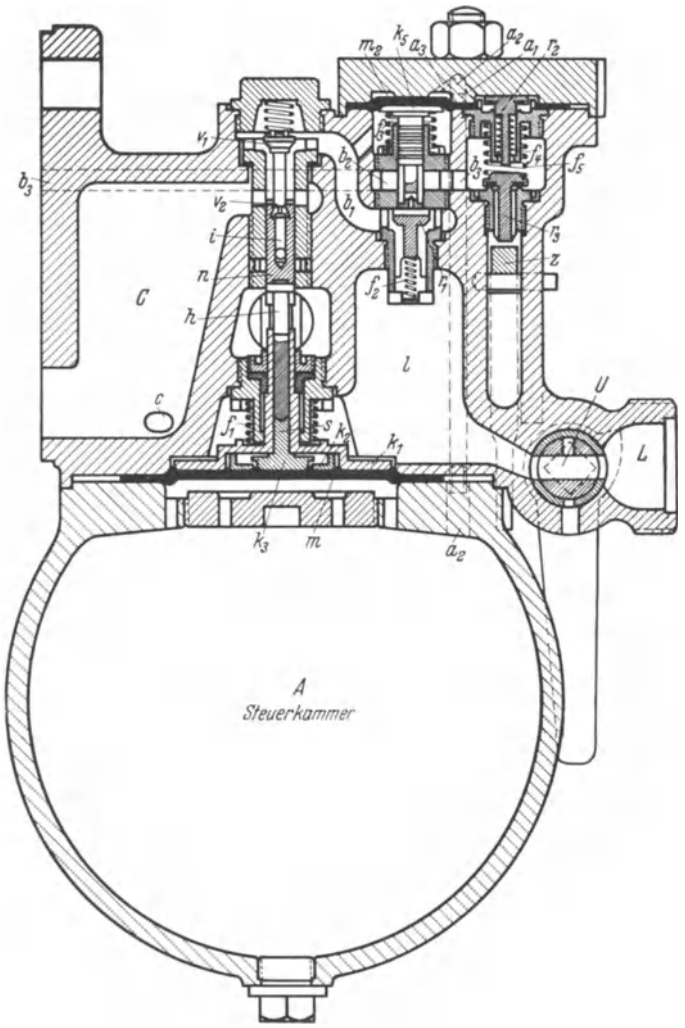


Abb. 8 Božić-Steuerventil für Güterzüge, Bremsstellung 1. Phase

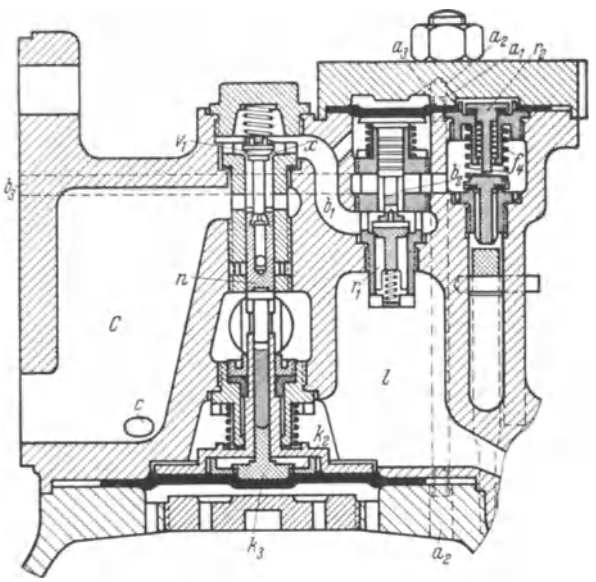


Abb. 9 Bremsstellung 2. Phase

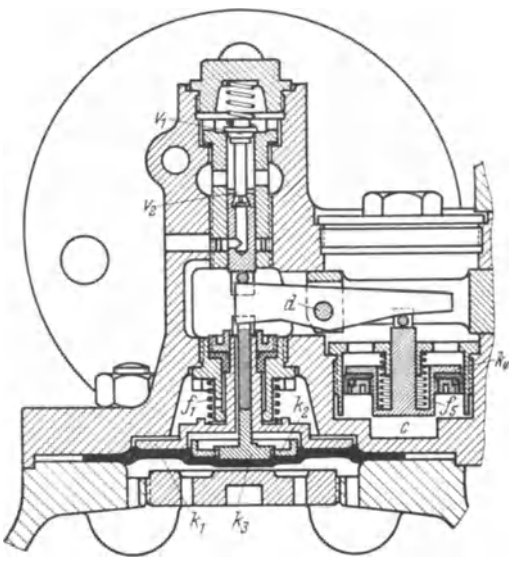


Abb. 10 Bremsstellung 3. Phase (Vollbremsung)

Abb. 8, 9, 10 Božić-Steuerventil für Güterzüge

Raum b_3 ein bestimmtes Maß übersteigt. Das durch Feder f_5 geschlossen gehaltene Ventil r_3 dient zur Entleerung des Hilfsluftbehälters und der A-Kammer, also der Bremse mit Hilfe des unter dem Ventil r_3 sichtbaren Auslösehebels z.

Die Wirkungsweise der Božić-Bremse ist bei einer Vollbremsung, d. h. beim Verringern des Leitungsdrucks von 5 auf 3,5 kg/cm², darnach die folgende:

Wenn sich in der Hauptluftleitung (Abb. 8) und folglich im Raum l eine fortdauernde schnelle Druckminderung einstellt, dann treibt die durch den Druckunterschied zwischen A und l am Steuerkolben k_1 hervorgerufene Kraft diesen nach oben. Die Übertragungsstange s hebt über den Stellhebel h den Ausströmzylinder n, welcher zuerst das Ausströmventil v_2 abschließt und dann das Einströmventil v_2 öffnet. Die Luft aus der Zwischenkammer b_1 und aus der Hauptluftleitung strömt über c in den Bremszylinder über. Die hierbei in dem Ventil r_2 entstehende Strömung überwindet die Spannung der Feder f_4, so daß sich das Ventil r_2 schließt und der Druck in der Steuerkammer A erhalten bleibt. Übersteigt dieser Druck in A den durch die Feder f_3 unterstützten Druck in Kammer b_1, so wird das Ventil r_1 durch den Kolben k_5 geschlossen. Der eigentliche Bremsvorgang entwickelt sich dann in drei verschiedenen Phasen, die in den Abb. 8—10 dargestellt sind.

1. Phase: Einschuß

Durch Überströmen der Druckluft aus der Hauptluftleitung und aus dem Hilfsluftbehälter über großen Querschnitt (Abb. 9) zum Bremszylinder wird der Kolben des Bremszylinders zunächst schnell vorgetrieben und die Bremsklötze werden zur Anlage gebracht. Der Bremszylinderdruck beginnt dann schnell anzuwachsen, bis die Kraftwirkung auf den Gegenkolben k_4 (Abb. 7) auf dem rechten Stellhebelschenkel nach dem Überwinden der schwachen Feder f_4 größer wird als die Kraftwirkung des Überdrucks gegen den Drosselkolben k_3 auf den linken Stellhebelschenkel. Alsdann kippt der Stellhebel nach links, bis der Drosselkolben k_3 auf dem Unterbrecherkolben k_2 aufliegt (Abb. 10). Dabei sinkt auch der Ausströmzylinder n und mit ihm das Doppelventil v_1, dessen Drosselquerschnitt x (Abb. 13 und 14) in die Bohrung kommt.

2. Phase: Gedrosselte Bremsdruckentwicklung

Der Luftstrom aus der Zwischenkammer b_1 kann jetzt über die Drosselung x den Bremszylinder nur langsam weiter auffüllen (Abb. 9).

3. Phase: Abschluß bei Volldruck

Sobald die Kraftwirkung des anwachsenden Bremszylinderdrucks gegen den Gegenkolben k_4 auf dem rechten Stellhebelschenkel größer geworden ist als die Kraftwirkung des Überdrucks der vom Drosselkolben k_2 und Unterbrecherkolben k_3 auf den linken Stellhebelschenkel ausgeübt wird, dann kippt der Stellhebel weiter nach links unten, wobei sich der Kolben k_2 von der Auflage am Kolben k_1 abhebt, bis das Einströmventil v_1 abschließt, ohne daß das Ausströmventil v_2 geöffnet wird; das ist bei einem Leitungsdruck von etwa 3,5 kg/cm² der Fall. Jeder weitere Bremsdruckzuwachs wird dadurch unterbrochen, auch wenn der Leitungsdruck weiter sinkt, weil er nicht auf die Kolben k_2 und k_3 wirkt (Abb. 10).

Wenn sich bei einer Betriebsbremsung oder einer stufenweisen Bremsung in der Hauptluftleitung nur eine mäßige Druckminderung einstellt, spielen sich dieselben Vorgänge ab wie im Anfang der Vollbremsung. Nur ist die Kraftwirkung am Steuerkolben k_1 je nach der Größe der Leitungsdruckminderung verschieden. Sobald die Kraftwirkung des angewachsenen Bremszylinderdrucks auf den Gegenkolben k_4 größer wird als die Kraftwirkung des Druckunterschieds am Steuerkolben k_1, kippt der Stellhebel auch wieder nach links unten, bis das Einströmventil v_1 abschließt, ohne daß das Ausströmventil v_2 geöffnet wird. Dadurch wird der Bremsdruckzuwachs unterbrochen, d. h. es wird eine Bremsstufe erreicht. Die Bremsstufen können je nach der Größe der Leitungsdruckminderung, sowohl in der ersten wie in der zweiten Phase zustande kommen.

Neue Druckminderungen in der Leitung erhöhen den Bremszylinderdruck proportional. In dem Augenblick, wo die Kraftwirkung des Bremszylinderdrucks größer wird als die Kraftwirkung des Überdrucks auf den beiden Kolben k_2 und k_3, kippt der Stell-

hebel wie vorher am Ende der Vollbremsung ganz nach links unten, so daß die beiden Kolben k_2 und k_3 vom Steuerkolben k_1 abgetrennt und nach unten getrieben werden, bis das Einströmventil v_1 endgültig abschließt; damit ist der höchstmögliche Bremsdruck erreicht.

Die Höhe des Volldrucks im Bremszylinder wie auch die der Zwischenstufen ist durch die Lage des Hebeldrehpunkts *d*, d. h. durch die Wagenbelastung geregelt. Die Wagentragfedern werden unter zunehmender Wagenbelastung mehr zusammengedrückt als unter dem Wageneigengewicht, so daß der rechte Lasthebelschenkel *a* bei vollbeladenem Wagen schließlich in seine niedrigste Lage kommt. Der Schlitten *sch* wird dabei in seine äußerste rechte Stellung gebracht (Abb. 7). Mit der Änderung der Schlittenstellung ändert sich das Hebelarmverhältnis des Hebels *h*; die Bremszylinderdrücke sind deshalb für ein und dieselbe Kraftwirkung am Steuerkolben k_1 von der Stellung des Schlittens *sch*, d. h. von der Wagenbelastung abhängig.

Um die Bremsentwicklungszeiten für den verschieden belasteten Wagen gleichhalten zu können, ist die wirksame Höhe des linken Stellhebelschenkels *h* wegen seiner konischen Form von der Wagenlast abhängig, so daß beim Niedersenken des Doppelventils sein konischer Drosselkörper *x* (Abb. 13) beim leeren Wagen mehr und beim beladenen Wagen weniger in die Bohrung eingeführt wird.

Die Bewegungen der Kulisse sollen durch das durch ihren Kolben k_6 (Abb. 7) abgeschlossene, aber wohl wenig wirksame Luftkissen gedämpft werden, so daß die kurzandauernden Schwingungen der Wagentragfedern und vor allem die Schienenstöße beim Fahren nicht auf den Schlitten *sch* übertragen werden. Bei eintretender Bremsung wird die Einstellung des Stellhebels durch die Reibung des Schlittens *sch* auf seiner Unterlage festgehalten.

Das Lösen der Bremse kann stufenweise geschehen.

Eine kleine Leitungsdruckerhöhung nach vorangegangener Bremsung verkleinert die Kraftwirkung am Steuerkolben k_1. Unter der unveränderten Wirkung des Gegenkolbens k_4 über den Stellhebel wird das Ausströmventil v_2 geöffnet. Die Bremszylinderluft strömt so lange ins Freie, bis das Gleichgewicht der an dem Stellhebel wirkenden Kräfte wiederhergestellt ist. Wenn dies geschieht, kippt das Kolbenhebelsystem zurück und schließt das Ausströmventil v_2 ab. Dadurch wird das Lösen unterbrochen. Dieses stufenweise Lösen kann durch kleine Leitungsdruckerhöhungen mehrere Male ausgeführt werden. Die Verminderung der Bremskraft ist immer proportional der Leitungsdruckerhöhung. Vollkommen kann die Bremse erst nach der Wiederherstellung des anfänglichen Betriebsdrucks gelöst werden.

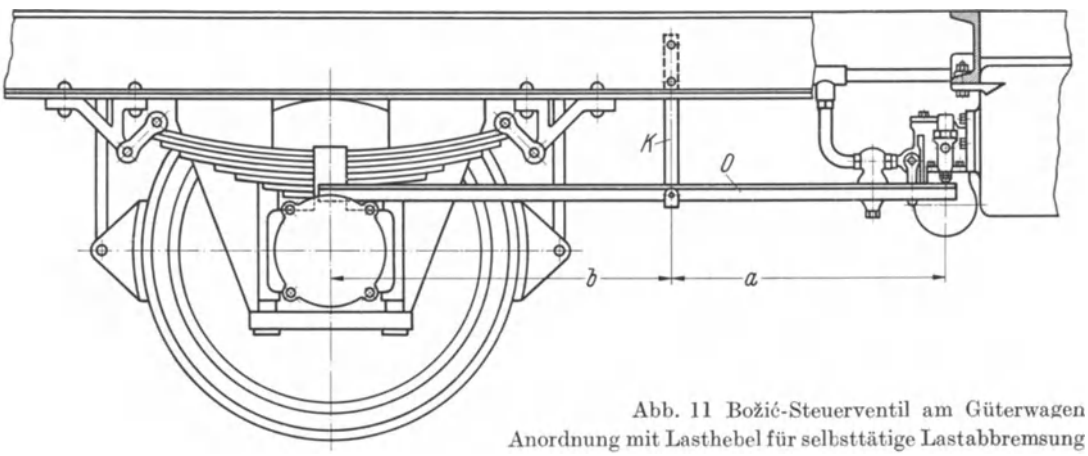


Abb. 11 Božić-Steuerventil am Güterwagen
Anordnung mit Lasthebel für selbsttätige Lastabbremsung

Schnelles Lösen. Wenn man nach einer Bremsung den Druck in der Leitung schnell auf die Höhe vor der Bremsung bringt, hört jeder Druckunterschied und damit auch die Kraftwirkung des Steuerkolbens k_1 auf. Dieser wird dann durch den Gegenkolben k_4 nach unten gedrückt, mit ihm senkt sich auch der Ausströmzylinder n. Die einzelnen Teile nehmen schließlich die Stellungen ein, die in der Abb. 7 dargestellt sind. Die Luft aus dem Bremszylinder strömt durch den Kanal i ins Freie.

Da es nötig ist, die Lösezeiten für verschiedene Belastungszustände des Wagens annähernd gleich zu halten, ist der obere Teil des Kanals i (Abb. 13), wo sich der Zapfen t des Ausströmventils v_2 befindet, mit einer nach unten konischen Ausdrehung j versehen. Die Lage des Zapfens t zu der Ausdrehung wechselt wieder mit der Belastung des Wagens. Je mehr der Wagen belastet ist, eine desto breitere Stelle des linken Stellhebelschenkels h kommt unter den Ausströmzylinder n. Da dieser dadurch höher zu stehen kommt, ist der Durchgangsquerschnitt um so größer, je mehr der Wagen beladen ist. Der kleinste Durchgang ist in jedem Fall um den Zapfen t vorhanden. Die konische Ausdrehung j ist so bemessen, daß die Lösezeiten für alle Belastungszustände des Wagens angenähert gleich sein sollen.

Wie schon oben erwähnt, wurde die Božić-Bremse zwar in der beschriebenen Form vom Internationalen Eisenbahnverband angenommen, dessen Bericht jedoch unter Bedingung 21 folgendes sagt:

„Die Bremse war bei den Ergänzungsversuchen so hergerichtet, daß das im Bericht A erwähnte Versagen verschiedener Steuerungsteile sich nur noch ausnahmsweise gezeigt hat. Indessen hält es der Untersuchungsausschuß für wünschbar, daß gewisse Organe des Steuerventils, die noch immer heikel zu sein scheinen, in ihrer Ausführung in Zukunft soweit wie möglich verbessert werden sollten."

Diese Bemängelung bezieht sich in der Hauptsache auf zwei konstruktive Einzelheiten, die die Arbeitsweise des Božić-Steuerventils unsicher machen müssen: die mehrfach unterteilte Biegehaut und die Ringspalte des Doppelsitzventils $v_1 v_2$.

Aus der Abb. 12a—d ist zu sehen, welche Mißhandlung die Biegehaut in ihren verschiedenen Stellungen aushalten muß. Die Stauchungen und Zerrungen, denen die 3 mm starke Gummihaut beim Übergang von einer zur anderen Stellung unterworfen wird, verkürzen nicht nur deren Lebensdauer, sondern üben einen erheblichen Einfluß auf die Beweglichkeit der drei ineinandergeschachtelten Kolben aus, so daß sich deren Wirkungsgrad stetig ändert.

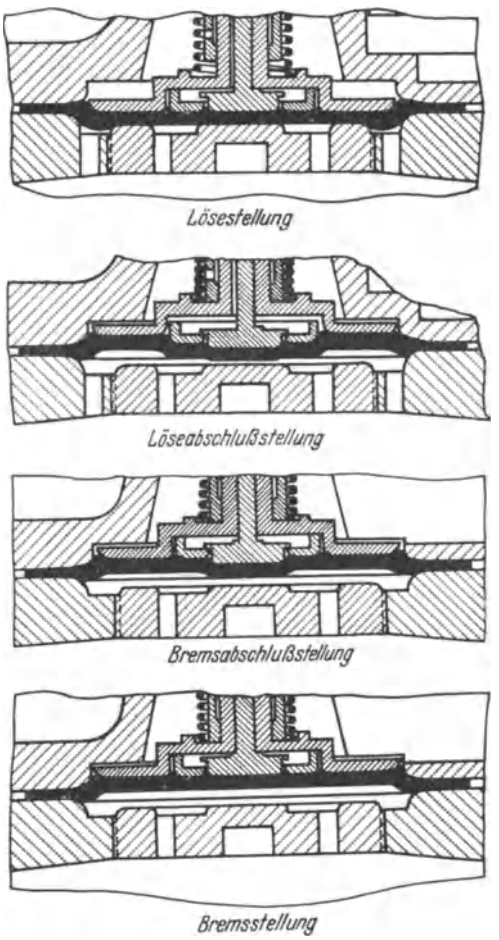


Abb. 12a—d Beanspruchung der Biegehaut des Božić-Steuerventils in verschiedenen Stellungen

Abb. 13 und 14 Božić-Steuerventil

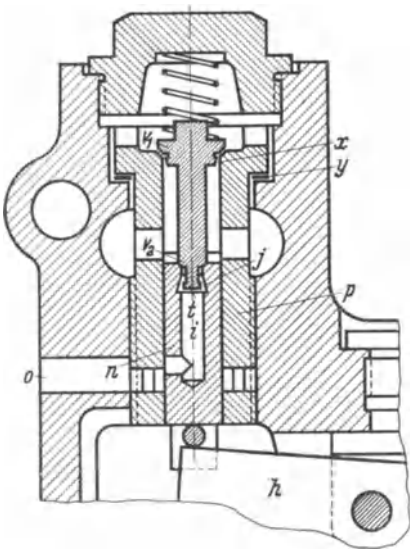


Abb. 13 Doppelsitzventil
(Bremsventil v_1 und Löseventil v_2)

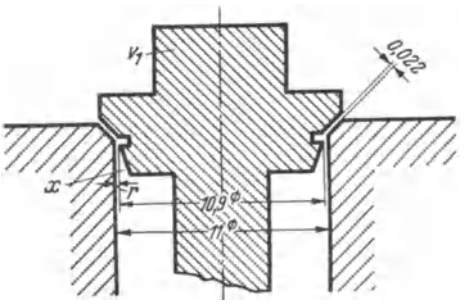


Abb. 14 Doppelsitzventil vergrößert
(Bremsventil v_1)

Man rühmt dem Božić-Ventil nach, daß es so einfach und billig sei, weil seine Einzelteile nur aus Drehkörpern bestehen und weil es keine einzuschleifenden Schieber enthält. Das Ventil ist aber in Wirklichkeit gar nicht einfach, sondern sogar vielteiliger als alle Steuerventile der vom I. E. V. angenommenen Bremsen außer der Breda-Bremse. Vor allem ist der schwerwiegende Nachteil vorhanden, daß für das Bremsen sowohl als auch für das Lösen nur je ein Ventildurchgang vorhanden ist und deshalb die Änderung des Druckanstiegs bzw. Druckabfalls im Bremszylinder nur durch entsprechende Einstellung des Ventilhubs erreicht werden kann. Welche Mißstände sich daraus ergeben, ist aus den Abb. 13 und 14 ersichtlich.

Abb. 13 zeigt das Doppelventil $v_1 v_2$ in Verbindung mit dem zylindrischen Schieber n und der Führungsbuchse p bei der Stellung des Steuerventils nach Vollendung des ersten großen Ansprungs, d. h. in der 2. Phase, in der der weitere Druckanstieg im Bremszylinder nur ganz langsam erfolgen darf. Diese Stellung wird zunächst bestimmt durch die Stellung des Zapfens n, also durch die Durchbiegung der Biegehaut m mit dem Kolben k_1 nach oben und mit dem Kolben k_3 nach unten. Diese Durchbiegungen werden hervorgerufen durch die Unterschiede des Steuerkammerdrucks gegen den Leitungsdruck und durch den Druck im Bremszylinder auf den Kolben k_4, abzüglich der Spannung der Feder f_1 und f_5 (Abb. 10). Die Schmiegsamkeit der Biegehaut ist also eine ganz wesentliche Voraussetzung für die richtige Einstellung des Doppelventils $v_1 v_2$. Andererseits ist diese aber abhängig von der Stellung der Führungsbuchse p im Gehäuse, die bestimmt wird durch die Dicke der Dichtungsscheibe y und durch die Kraft, mit der diese Buchse eingeschraubt wurde.

Betrachtet man nun den in dieser Stellung des Doppelventils freigegebenen Ringspalt x an v_1 näher (Abb. 14), so erkennt man, welche Unterschiede im Bremsdruckanstieg sich bei nur ganz geringen Abweichungen des Ventilhubs ergeben müssen. Ein Ringspalt von nur 0,05 mm Breite ergibt einen Durchströmquerschnitt, der in seinem Düsenwert einer Lochdüse von etwa 1,2 mm entspricht. Eine Lochdüse von 1 mm — das ist die Bremsdüse für einen 10″ Bremszylinder — würde für denselben Düsenwert einen Ringspalt von 0,035 mm brauchen; die zusätzliche Drosselung muß deshalb durch

den konischen Sitz des Ventils erfolgen, und zwar darf dafür der Hub des Ventils nur 0,022 mm betragen.

Ähnlich sind die Verhältnisse auch bei der Einstellung des Ventils v_2 mit seinem Zapfen t beim Lösen der Bremse gegenüber der konischen Bohrung j im Zylinder n.

Die veränderlichen ringförmigen Querschnitte ergeben eine unendliche Zahl von verschiedenen Bremsdiagrammen auch bei Wagen mit gleicher Belastung und gleichem Kolbenhub. Die bei den für die Versuche trotz der gut hergerichteten Ventile festgestellten Ungleichheiten in der Wirkung der Bremse sind daraus ohne weiteres erklärlich. Im Betrieb wird die Ungleichmäßigkeit der Wirkung noch weit schärfer hervortreten, da die erforderliche genaue Einstellung der Ventile in den Eisenbahnwerkstätten kaum zu erreichen sein wird.

Die Lösezeiten der Božić-Bremse für lange Züge sind auch bei der verbesserten Ausführung noch sehr groß und dürften über der später vom Internationalen Eisenbahnverband festgesetzten Höchstgrenze liegen.

Die Božić-Bremse, deren Herstellung die Skoda-Werke übernommen haben, ist bisher nur bei der ehemaligen tschechoslowakischen Staatsbahn zur Einführung gekommen.

b) Mehrlösige Bremsen mit zwei Steuerventilen

Diese beiden vom Internationalen Eisenbahnverband angenommenen Bremsen, die Drolshammer-Bremse und die Božić-Bremse, haben zweifellos einen großen Vorteil auch vor der Kunze-Knorr-Bremse: die Unerschöpfbarkeit selbst bei längsten Gefällefahrten. Sie beruht darauf, daß der im Bremszylinder herrschende Druck das Steuerventil beeinflußt, so daß dieses stets einen der Drucksenkung in der Hauptluftleitung entsprechenden Bremszylinderdruck aufrecht erhält. Die Bremsen sind nachspeisend bei Luftverlusten im Bremszylinder. Auf der anderen Seite aber haben sie den mindestens ebenso großen Nachteil, daß sie träge sind, entweder beim Bremsen oder beim Lösen oder meistens in beiden Fällen. Bei Dreidruckbremsen ist ja die Bremse erst vollständig gelöst, wenn in der Hauptluftleitung der volle Regeldruck wieder hergestellt ist. Da nun beim Füllen der Bremsleitung das letzte Angleichen an den Regeldruck sehr schleichend vor sich geht, so ist es nötig, um ein schleppendes Lösen zu verhindern, auf das Steuerorgan, das das Lösen überwacht, eine Kraft wirken zu lassen, die es in Lösestellung bringt, auch wenn der volle Regeldruck noch nicht erreicht ist. Bei einfachen Dreidruckbremsen ist jedoch das lösende Organ und das die Bremsung einleitende das gleiche; so bewirkt diese stets vorhandene lösende Kraft, daß die Bremse auch erst anspringt, wenn der Leitungsdruck um diese lösende Kraft unter den Regeldruck gesunken ist. Die Bremsen sind also unempfindlich. Um für den Betrieb einigermaßen tragbare Verhältnisse zu erreichen, mußte man bei den bekannten gewöhnlichen Dreidrucksteuerventilen die Verhältnisse so abstimmen, daß weder das Anspringen der Bremsen noch das Lösen zu sehr verzögert wird. Diese Bremsen leiden aber wegen dieser Zugeständnisse unter schlechten Durchschlagsgeschwindigkeiten und langen Lösezeiten. Die Schwierigkeit läßt sich nur dadurch überwinden, daß man das Steuerventil, das das Ansprechen der Bremsen bewirkt, von dem trennt, das das Lösen steuert.

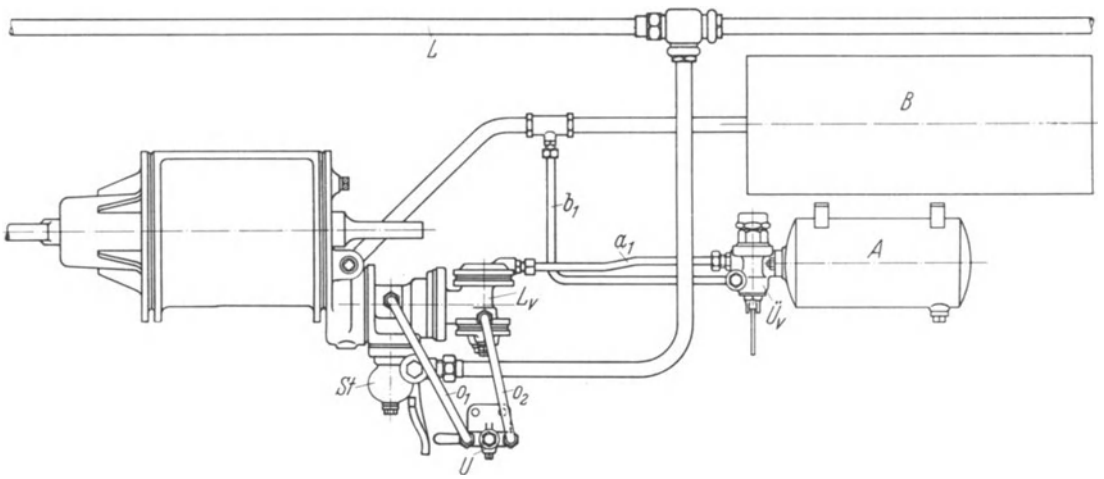


Abb. 15 Anordnung der Druckluft-Personenzugbremse Bauart Hardy

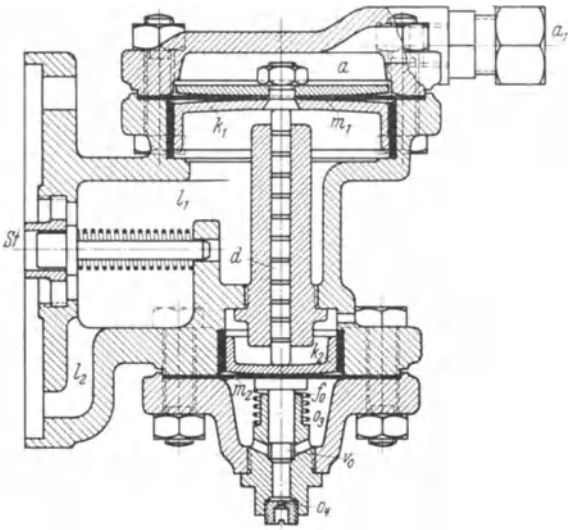


Abb. 16 Hardy-Löseventil *Lv.*
Bauart Rihosek-Leuchter

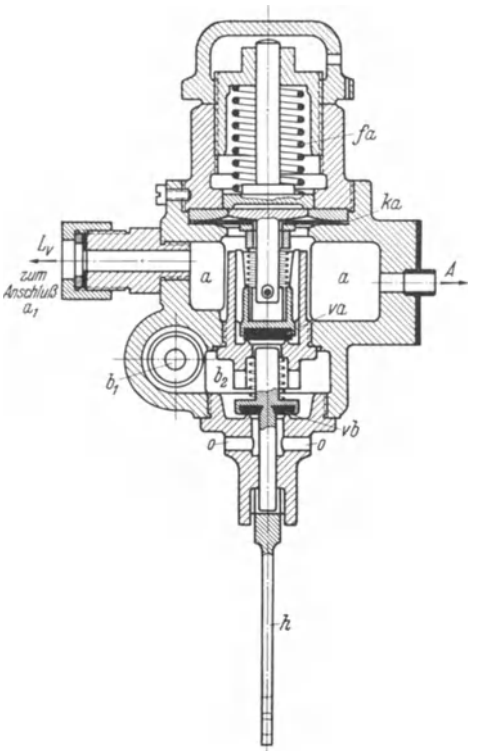


Abb. 17
Hardy-Überladungs- und Auslösventil *Üv.*
Bauart Rihosek-Leuchter

Die Verbindung eines Löseventils, das nach dem Dreidrucksystem ausgebildet ist, mit einem Zweidruck-Steuerventil der Bauart Westinghouse oder Knorr gibt keine befriedigende Lösung in dieser Richtung, da das Dreidruckventil nicht als Steuerventil beim Bremsen mitwirkt. Diese Verbindung bildet nur für den Übergang von einer einlösigen zu einer mehrlösigen Einkammerbremse ein brauchbares Hilfsmittel, sie bringt aber nicht die den neueren Bremsbauarten innewohnende Sicherheit, da die Möglichkeit des Nachspeisens bei Druckverlusten im Bremszylinder fehlt.

Löseventil Rihosek-Leuchter

Die neueste Ausführungsform der Löseventile, die Bauart Rihosek-Leuchter, wie sie von der Maschinenfabrik Hardy in Wien an einer Anzahl mit einlösiger Bremse versehener Durchgangs-Personenwagen angebracht worden sind, ist in den Abb. 15, 16 und 17 dargestellt. Das Ventil Lv (Abb. 15 und 16) ist an Stelle des Kolbenkammerdeckels am Gehäuse des normalen Steuerventils angeschraubt. In seiner inneren Kammer l_1 (Abb. 16) unter dem durch die Biegehaut m_1 abgedichteten Kolben k_1 herrscht deshalb über l_2 Leitungsdruck. In der Kammer a über dem Kolben k_1 herrscht der Druck einer Steuerkammer A. Der Raum o_3 unter den Biegehautkolben $m_2 k_2$ steht über die Leitungen o_2 und o_1 mit dem Auslaß des Steuerventils St in Verbindung (Abb. 15). Der Kolben k_2 bedient das Auslaßventil V_0 (Abb. 16), das bei vollständig gelöster Bremse durch die Feder f_0 offengehalten wird. Die Verbindung zwischen den beiden Kolben k_1 und k_2 ist durch die eingeschliffene Druckstange d hergestellt. Die Verbindung des Raumes a über dem großen Kolben k_1 mit der Steuerkammer A erfolgt durch a_1 über ein Überladungs- und Auslösventil $\ddot{U}_v$ (Abb. 15 u. 17), das auch zum Füllen der Steuerkammer A vom Hilfsluftbehälter B aus dient. Der Hilfsluftbehälter B, der in gewöhnlicher Weise durch das Steuerventil aufgeladen wird, ist über Leitung b_1 mit der unteren Kammer b_2 des Überladeventils verbunden. Die Druckluft tritt von dort über das durch eine Feder nur schwach belastete Ventil V_a nach a und der Steuerkammer A über. Die auf dem durch Membran m_a gedichteten Kolben k_a lastende Feder f_a ist so eingestellt, daß sie dem von unten auf den Kolben drückenden normalen Steuerkammerdruck das Gleichgewicht hält. Übersteigt der Steuerkammerdruck den Regeldruck, so hebt der Kolben k_a das Ventil V_a an, so daß der Überdruck nach B entweichen kann.

Zum Auslösen der Bremse wird durch Ziehen des Auslöshebels h zuerst das Ventil V_b und dann auch das Ventil V_a angehoben, so daß sich sowohl Steuerkammer A als auch Hilfsluftbehälter B ins Freie entleeren.

Im Ruhezustand, d. h. im ungebremsten Zustand, haben die Räume l_1 und a im Löseventil (Abb. 16) den gleichen Druck; das Ventil V_0 wird durch eine Feder f_0 offengehalten, so daß die Entlüftung des Bremszylinders vom Steuerventil St her über o_1 und o_2 (Abb. 15) offen ist. Bei angezogener Bremse ist der Druck in l_1 dagegen niedriger als in a; das Ventil V_0 wird deshalb auf seinen Sitz gepreßt. Erhöht der Lokomotivführer den Leitungsdruck etwas, um die Bremse stufenweise zu lösen, so geht das Hauptsteuerventil in seine Lösestellung und verbindet den Bremszylinder über o_1 und o_2 mit dem Raum o_3 im Löseventil. Übersteigt die Summe der Wirkungen des Bremszylinderdrucks auf den Kolben k_2 und des Hauptluftleitungsdrucks auf den Kolben k_1 von unten die Wirkung des Steuerkammerdrucks auf k_1 von oben, so weicht der Kolbensatz nach oben aus und erlaubt der Feder f_0, das Ventil V_0 zu öffnen. Der Bremszylinderdruck sinkt, bis das Gleichgewicht der Kolbenkräfte wieder hergestellt ist und das Ventil V_0 schließt.

Der Umstellhahn U dient dazu, im Bedarfsfall das Löseventil auszuschalten und den Auslaßkanal des Steuerventils wieder direkt mit der freien Luft zu verbinden. Solch ein zusätzliches Löseventil kommt nur für Wagen in Betracht, die schon mit einer selbsttätigen Einkammerbremse versehen sind.

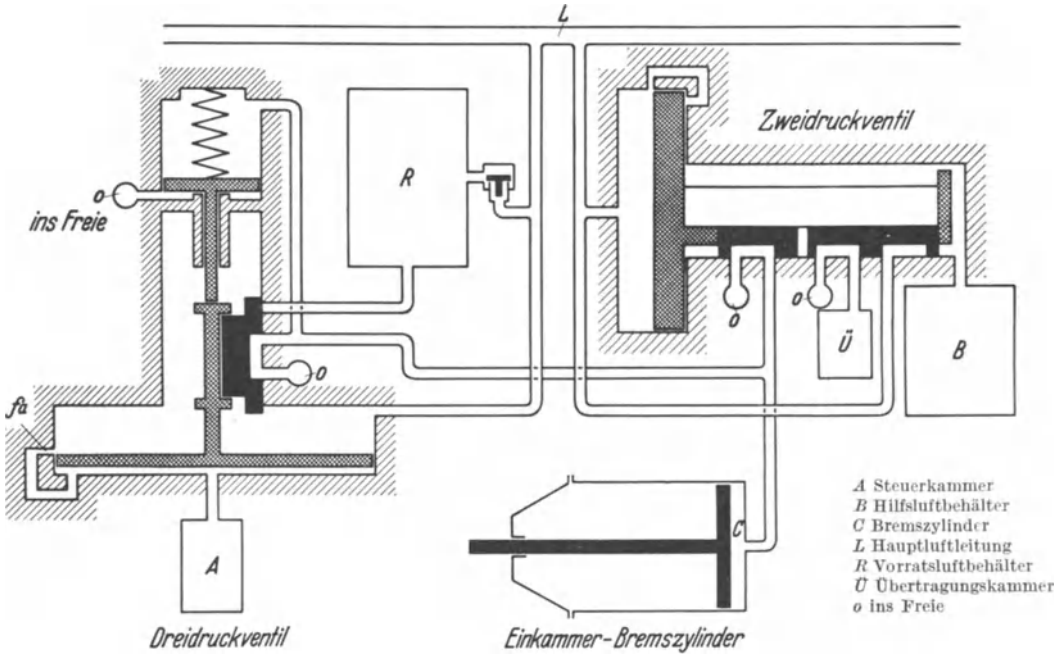


Abb. 18 Dreidruck-Zweidruck-Steuerventil
Einfache Verbindung mit gemeinsamem Bremszylinder
Lösen im Dreidruck- und Zweidruckventil getrennt, in der Schieberkammer des Dreidruckventils Hauptluftleitungsdruck *L*

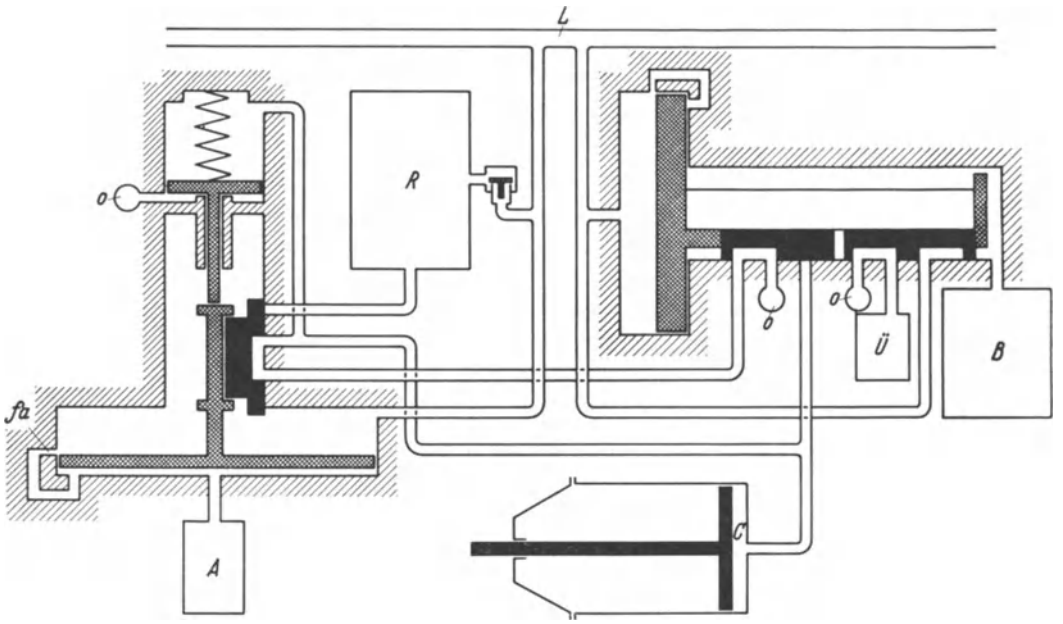


Abb. 19 Dreidruck-Zweidruck-Steuerventil
Lösen des Dreidruckventils über den Schieber des Zweidruckventils;
in der Schieberkammer des Dreidruckventils Hauptluftleitungsdruck *L*

Verbindung zweier Steuerventile

Die Automatic Straight Air Brake hat in Amerika zuerst die gleichzeitige Verwendung der beiden Steuerventilarten versucht, um auch für dieses Land an Stelle der nur einstufig lösbaren Bremse eine brauchbare mehrstufig lösbare Bremse zu schaffen. Sie hat mit dieser Zusammenstellung eines Zweidruck- und eines Dreidruckventils, die beide parallel von der durchgehenden Bremsleitung gesteuert wurden, große Propaganda gemacht und auch erreicht, daß die Frage der mehrstufig lösbaren Bremsen einer eingehenden Prüfung unterzogen wurde. Diese endete aber damit, daß man in Amerika die Frage des mehrstufigen Lösens der Bremse wieder fallen ließ und sich damit begnügte, das volle Lösen der Bremse an langen Zügen besser zu sichern. Dieser Mißerfolg ist auf zwei Gründe zurückzuführen:

1. war die von der Automatic Straight Air Brake vorgeführte Bremse zweifellos unzulänglich,
2. waren die Züge, für die die Bremse ausreichen sollte, so lang, daß mit keinem auch nur annähernd gleichen Druck an jeder Stelle der langen Bremsleitung gerechnet werden konnte.

Es werden in den Vereinigten Staaten heute Züge aus 175 vierachsigen Wagen, also mit 700 Achsen gefahren, während wir in Europa aus verkehrstechnischen und geographischen Gründen mit höchstens 200 Achsen rechnen können. In der etwa 2,5 km langen Leitung dieser amerikanischen Züge stellen sich bei einem Regeldruck 5 kg/cm² infolge von unvermeidlichen Undichtigkeiten Drücke ein, die zwischen dem vorderen und dem hinteren Ende oft um 1 kg/cm² verschieden sind. Man muß deshalb beim Lösen ständig mit starken Luftstößen arbeiten und kann nicht damit rechnen, daß kleine langsame Druckveränderungen so an das Zugende gelangen, daß die Ventile sicher umgesteuert werden. Die Abstufbarkeit des Lösens der Bremse war daher bei so außergewöhnlich langen Zügen nur erreichbar, wenn die Bremsen zu Vorführungszwecken besonders dicht gemacht wurden, nicht aber bei den Zügen, wie sie im Betrieb erhalten werden können. Außerdem ist in USA das Bedürfnis nach einer beim Lösen abstufbaren Bremse nicht so groß, weil die ebenen Strecken weitaus überwiegen und die verhältnismäßig wenigen Gebirgsstrecken viel geringere Steigungsgrade aufweisen als die Gebirgsstrecken in Europa.

Wenn man die Vorteile des Zweidruck-Steuerventils mit denen des Dreidruck-Steuerventils zusammen gewinnen und deren Nachteile vermeiden will, dann muß man zunächst dafür sorgen, daß die Durchschlagsgeschwindigkeit der Bremse durch das verdrängte Luftvolumen zweier Steuerkolben nicht gestört wird, daß sich also zunächst nur ein Steuerkolben bewegt und dieser die Verbindung der Leitung mit einer Übertragungskammer vermittelt. Da das Zweidruckventil leichter beweglich ist als das Dreidruckventil und diesem voreilen wird, wird die Übertragungskammer zweckmäßig vom Zweidruckventil gesteuert, so daß das von ihm verdrängte Luftvolumen sofort in die Übertragungskammer abströmen und den Druckabfall in der Leitung nicht verzögern kann. Da aber die Verschiedenheit der Beweglichkeit nur auf den immer unsicheren Reibungsverhältnissen beruht, so genügt es noch nicht, beide Ventile unter Verwendung eines gemeinsamen Bremszylinders ohne weiteres aneinanderzufügen, sie müssen unbedingt in irgendeiner Form voneinander abhängig gemacht werden, damit sie sich bei ihrer Wirkung nicht gegenseitig stören.

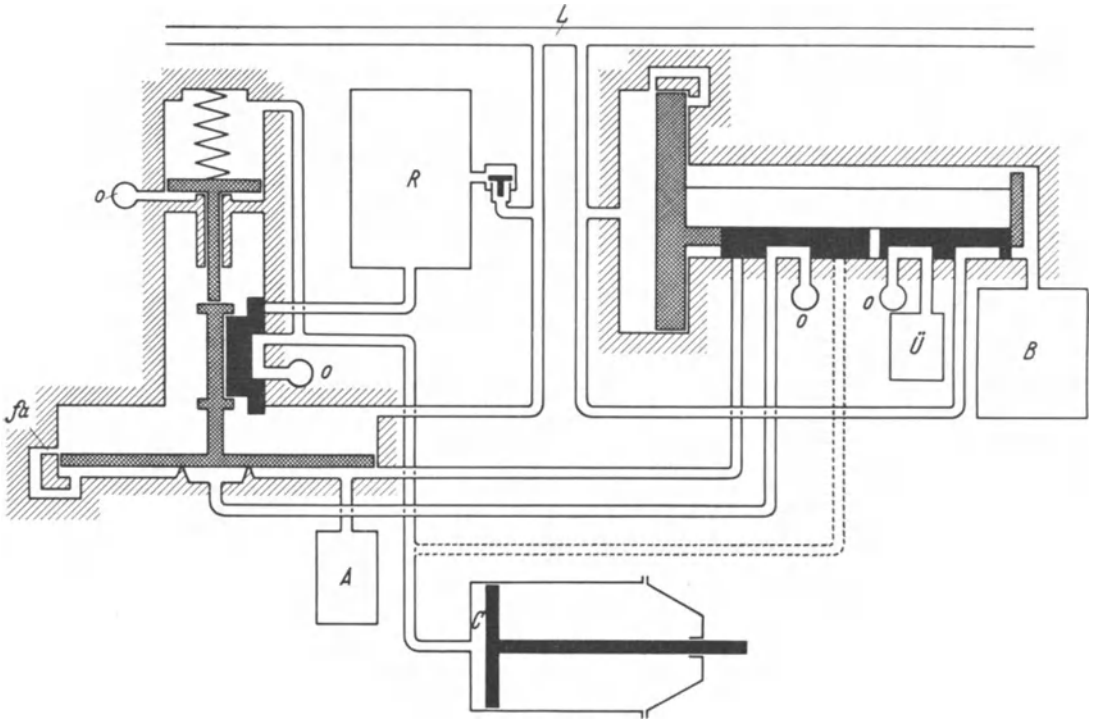


Abb. 20 Dreidruck-Zweidruck-Steuerventil
Unterteilte Kolbenfläche des Dreidruckventils;
in der Schieberkammer des Dreidruckventils Hauptluftleitungsdruck *L*

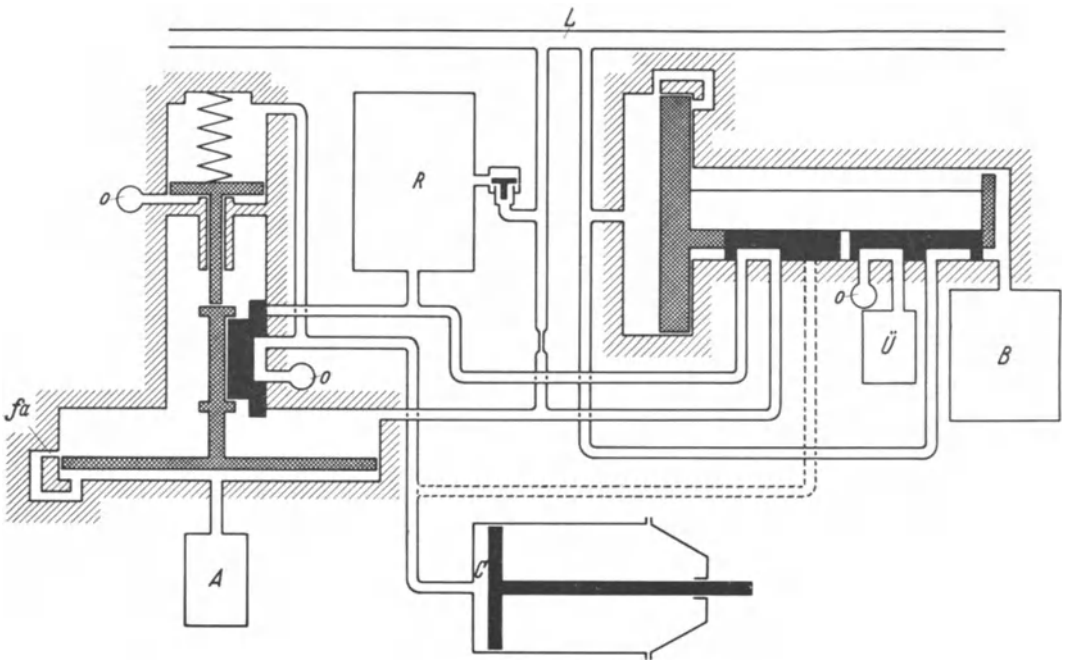


Abb. 21 Dreidruck-Zweidruck-Steuerventil;
in der Schieberkammer des Dreidruckventils Vorratsbehälterdruck *R*

Das Schema Abb. 18 zeigt eine einfache voneinander unabhängige Aneinanderfügung der beiden Ventile mit einem gemeinsamen Bremszylinder:

rechts das einstufig lösbare Zweidruckventil, das die *Ü*-Kammer überwacht, beim Füllen und Lösen die Verbindungen zwischen Hauptluftleitung *L* und Hilfsluftbehälter *B* und zwischen Bremszylinder *C* und der freien Luft *o* herstellt und beim Bremsen die Verbindung zwischen dem Hilfsluftbehälter *B* und Bremszylinder *C* vermittelt;

links das mehrstufig lösbare Dreidruckventil mit der Steuerkammer *A* und dem von der Hauptluftleitung *L* her über ein Rückschlagventil gefüllten Vorratsluftbehälter *R*; auch dieses Ventil kann dem Leitungsdruck und seinem Kolbenverhältnis entsprechend den Bremszylinder *C* vom Vorratsluftbehälter *R* aus füllen oder ins Freie entleeren.

Es ist aber ohne weiteres klar, das diese Anordnung nicht brauchbar ist, da das auf die Druckermäßigung in der Bremsleitung eher ansprechende Zweidruckventil den Bremszylinder schon mit dem Hilfsluftbehälter verbindet, während er durch das Dreidruckventil noch mit der freien Luft verbunden ist.

Das Schema Abb. 19 zeigt die Beseitigung dieses Fehlers: hier wird die Verbindung mit der freien Luft nur dann hergestellt, wenn beide Steuerventile in der Lösestellung sind. Aber auch beim Bremsen müssen sich dabei noch Unzuträglichkeiten ergeben, weil die beiden gleichzeitig arbeitenden Steuerventile den Druck im Bremszylinder nach verschiedenen Grundlagen einstellen. Beim Zweidruckventil wird die Zuströmung zum Bremszylinder unterbrochen, wenn der Druck im Hilfsluftbehälter *B* durch Abströmen in den Bremszylinder *C* unter den Leitungsdruck gesunken ist, — beim Dreidruckventil dagegen, wenn der steigende Druck auf die vom Bremszylinder belastete Fläche des kleinen Kolbens die Senkung des auf den großen Kolben wirkenden Leitungsdrucks wettmacht.

Beim Zweidruckventil ist also das Volumenverhältnis zwischen Hilfsluftbehälter und Bremszylinder, beim Dreidruckventil das Verhältnis der belasteten Kolbenflächen maßgebend. Es läßt sich natürlich einrichten, daß der höchste Zylinderdruck bei beiden Ventilen übereinstimmt, indem man die Volumen- und Flächenverhältnisse entsprechend abstimmt. Dies ist aber nur für einen bestimmten Bremskolbenhub möglich, und in den Zwischenstufen ergeben sich große Verschiedenheiten, so daß die kleinen Bremsstufen gestört werden. Besonders der Einfluß des bei Einleitung einer Bremsung aufzufüllenden, vom Kolbenhub freigemachten Zylinderraums macht sich geltend.

Zur Beseitigung dieser Nachteile ist es notwendig, die beim Bremsen auszuübende Wirkung der beiden Steuerventile so auf diese zu verteilen, daß nur eines der beiden Steuerventile, nämlich das dafür geeignete Dreidruckventil, die Regelung der Bremsstufen vornimmt. Hierzu sind zwei Mittel möglich:

1. man überläßt überhaupt nur dem Dreidruckventil die Verbindungen des Bremszylinders mit dem Vorratsluftbehälter *R* bzw. mit der freien Luft und überträgt dem Zweidruckventil die anderen Arbeitsaufgaben, insbesondere die Beschleunigung durch die *Ü*-Kammer.
2. man gibt dem Hilfsluftbehälter *B* des Zweidruckventils nur so geringes Volumen, daß die Überströmung aus ihm in den Bremszylinder die Einstellung der Stufen durch das Dreidruckventil nicht stört. Der Hilfsluftbehälter *B* hat also dann nur steuernde Wirkung.

In beiden Fällen muß dafür gesorgt werden, daß das Zweidruckventil sicher dem Dreidruckventil vorauseilt. Ohne Berücksichtigung dieses Grundgedankens[1]) kann die gemeinsame Anwendung der beiden Steuerventilarten zu keinem Erfolg führen. Zwar ist das Dreidruckventil infolge der Art seiner Kolben- und Stangendichtungen träger als das Zweidruckventil und wird diesem im allgemeinen nacheilen. Es ist indes notwendig, besondere Vorkehrungen zu treffen, um diese Nacheilung sicherzustellen. Dies kann geschehen, indem man entweder das Dreidruckventil durch zusätzliche Belastungen unempfindlicher macht, oder indem man die Wirkung der Druckänderungen in der Hauptluftleitung auf das Dreidruckventil verzögert.

Das Dreidruckventil kann man dadurch unempfindlich machen, daß die für das Zurückführen des Steuerkolbens in die Lösestellung ohnehin vorhandene Feder entsprechend verstärkt wird. Die hierdurch gewonnene Unempfindlichkeit ist für den beim Bremsen notwendigen schnellen Abschluß der Füllbohrung für A, f_a hindernd. Man kann aber auch eine Einrichtung verwenden, die unwirksam wird, sobald das vorsteuernde Zweidruckventil sich in die Bremsstellung bewegt hat. Eine solche Einrichtung kann in verschiedener Weise ausgeführt werden.

Im Schema Abb. 20 ist ein Teil der vom Steuerkammerdruck A beaufschlagten Kolbenflächen des Dreidruckventils über das Zweidruckventil mit der freien Luft verbunden, solange sich dieses in der Lösestellung befindet, der Kolbenflächenteil wird jedoch mit der Steuerkammer verbunden, sobald sich das Zweidruckventil in die Bremsstellung bewegt hat.

Im Schema Abb. 21 ist dagegen die größere Unempfindlichkeit des Dreidruckventils dadurch erreicht, daß die Schieberkammer in Lösestellung des Zweidruckventils mit dem Vorratsluftbehälter R verbunden ist, also ein großes Volumen hinter sich hat, das sich durch die engere zur Hauptluftleitung führende Verbindung nicht so schnell entleeren kann. In Bremsstellung des Zweidruckventils wird die Verbindung der Schieberkammer mit dem Vorratsluftbehälter R unterbrochen und damit das Volumen der Schieberkammer so stark vermindert, daß die Einstellung ihres Drucks auf den Hauptluftleitungsdruck sehr rasch erfolgt und damit das Dreidruckventil sofort nach Übergang des Zweidruckventil in Bremsstellung auch anspricht. Diese Ausführungsform des Grundgedankens ist in der Breda-Bremse verwirklicht, deren Aufbau von dem Ingenieur Fasoli der Italienischen Staatsbahn angegeben wurde.

---

[1]) DRP 424495.

1. Luftbremse mit einem bei Einleitung der Bremsung eine Übertragungskammer mit der Hauptleitung verbindenden Bremsbeschleuniger, dadurch gekennzeichnet, daß dieser dem Steuerventil gegenüber auf geringere Druckveränderungen in der Hauptleitung anspricht, so daß er durch beschränkten Leitungslufteinbzw. -auslaß die Bewegung des Steuerventils sicherstellt, ohne daß die Fortpflanzung der Druckveränderung in der Leitung durch das infolge der Bewegung des Steuerventils veränderte Luftvolumen der Leitung gestört wird.

2. Ausführungsform einer Luftbremse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kolben des Steuerventils mit einer den Beginn seiner Bewegung verzögernden Belastungsvorrichtung versehen ist.

3. Ausführungsform einer Luftbremse nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Wirksamkeit der den Beginn der Bewegung des Steuerkolbens verhindernden Belastungsvorrichtung bei Einleitung einer Bremsung durch die Bewegung des Bremsbeschleunigers aufgehoben wird.

Abb 22 Breda-Steuerventil

Breda-Bremse

Abb. 23 zeigt das Schema dieser Bremse, die im Jahre 1934 dem Bremsausschuß des Internationalen Eisenbahnverbandes vorgeführt und von ihm angenommen wurde. Der obere Teil des Breda-Steuerventils enthält ein durch Leitungs- und Behälterdruck gesteuertes Zweidruck-Vorsteuerventil mit Übertragungskammer $\ddot{U}$, der Mittelteil wird von dem als Dreidruckventil ausgeführten Hauptsteuerventil gebildet. Links ist das Mindestdruckventil M und das durch dieses gesteuerte Füllventil r_2 für die Steuerkammer A herausgezogen und rechts ist der Umstellhahn U dargestellt.

Der von L kommende Leitungsdruck teilt sich über einen Staubfänger der Kolbenkammer l_1 des Vorsteuerventils mit und gelangt weiter über l_2—l_3, und das bei nicht zu starken Druckunterschieden durch Feder f_1 offen gehaltene Rückschlagventil r_1 einerseits, über l_5, Düse l_6, Kanal l_u im Umstellhahn U und Kanal l_7 andererseits direkt in die Kammer l_8 des Hauptsteuerventils. Von da strömt sie über die von dem auf der Kolbenstange st des Hauptsteuerventils sitzenden Kolben k_5 gesteuerten Öffnungen x und Kanal b_1 in die Steuerkammer b_2 des Vorsteuerventils und in den mit ihr verbundenen Hilfsluftbehälter B. Von dort wird die Steuerkammer A und mit ihr der Raum unter dem Kolben k_2 gefüllt über Düse b_6, Kanal b_3, Kammer b_4, das Rückschlagventil r_2 und Kanal a_1, a_2.

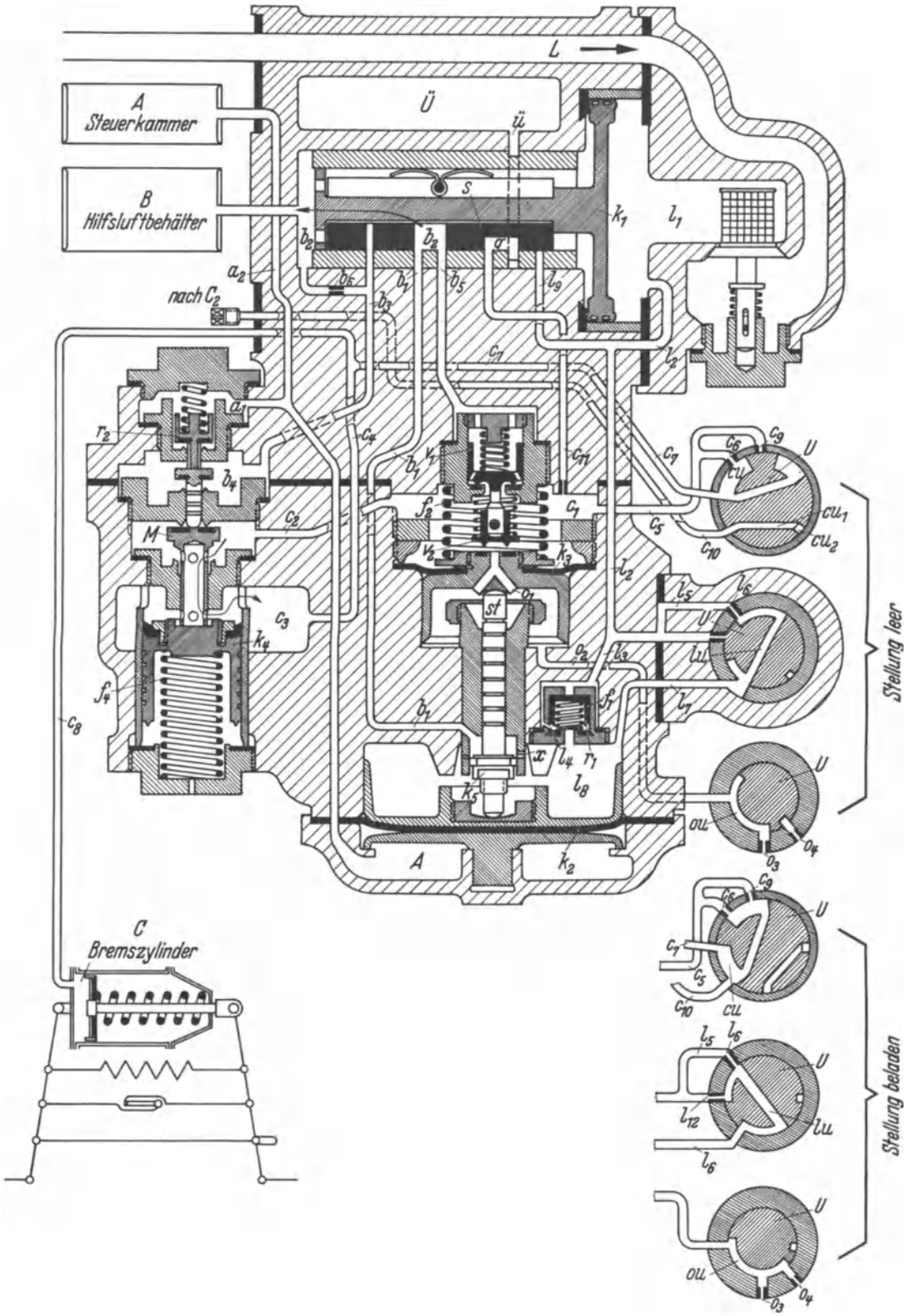


Abb. 23 Breda-Güterzug-Steuerventil (Füllstellung)

Der Bremszylinder C ist mit der freien Luft verbunden über die Kanäle c_8, c_7, Kanal c_u im Umstellhahn U, Düse c_6, Kanal c_5, Raum c_1, das geöffnete Auslaßventil v_2 und Kanäle o_1, o_2, Kanal o_u im Umstellhahn und Düse o_3.

Wird beim Bremsen der Druck in der Hauptluftleitung L ermäßigt, so teilt sich der Druckabfall sofort auch der Kolbenkammer l_1 des Vorsteuerventils mit, nicht aber der Kammer l_8 des Hauptsteuerventils, da die engen Durchgänge l_4 und l_6 den Druck des noch mit dem großen Hilfsluftbehälter B verbundenen Raumes l_8 nicht so schnell sinken lassen. Deshalb bewegt sich zunächst nur der Koben k_1 mit Schieber s nach rechts und stellt die Verbindung der Leitung L über l_9 und Schiebermuschel q und Kanal $\ddot{u}$ mit der Übertragungskammer $\ddot{U}$ her. Gleichzeitig wird aber durch den Schieber s auch die Verbindung des Hilfsluftbehälters B über b_1 und die Bohrungen x mit dem Raum l_8 unterbrochen. Der Inhalt dieses Raumes l_8 ist so klein, daß sein Druck sich nun trotz der Drosselung in l_4 und l_5 schnell mit dem Leitungsdruck ausgleicht, so daß sich dann auch der Kolben k_2 des Hauptsteuerventils in Bewegung setzt. Er überschleift die Bohrungen x und schließt zunächst das Auslaßventil v_2, öffnet dann das Einlaßventil v_1 und stellt dadurch die Verbindung vom Hilfsluftbehälter B zum Bremszylinder C her. Diese Verbindung geht einerseits von B über b_2, b_5, Ventil v_1, Raum c_1, Kanal c_2, Mindestdruckventil M, Raum c_3, über Kanal c_4 und Leitung c_8 nach C, andrerseits von B über b_2, b_5, Ventil v_1, Raum c_1, Kanal c_5, Düse c_6 und Kanal c_u im Umstellhahn U, Kanal c_7 und Leitung c_8 nach C.

Aus den bisher beschriebenen Vorgängen geht hervor, daß das als Beschleuniger dienende Vorsteuerventil das Hauptsteuerventil so überwacht, daß es erst ansprechen kann, wenn das Vorsteuerventil seine Bewegung vollführt hat.

Es dürfte keinem Zweifel unterliegen, daß die Breda-Bremse mit dieser Einrichtung den bereits erwähnten neuen Grundgedanken benützt.

Sobald der Druck im Bremszylinder C so weit gestiegen ist, daß er auf den Kolben k_4 wirkend die Spannung der Feder f_4 übersteigt, bewegt sich der Kolben k_4 nach unten und ermöglicht, daß sich das Mindestdruckventil M schließt, so daß die Druckluft des Behälters B nur noch über die enge Bohrung c_6 im Umstellhahn U zum Bremszylinder gelangen kann. Gleichzeitig schließt sich auch das Ventil r_2, das bis dahin die Verbindung zwischen dem Hilfsluftbehälter B und der Steuerkammer A aufrecht erhielt.

Wenn infolge entsprechender Drucksenkung in der Bremsleitung der Druck im Bremszylinder über das weit geöffnete Mindestdruckventil M schnell so weit steigt, daß er das Schließen der Ventile M und r_2 herbeiführt, so kann der Druck in der Steuerkammer A nicht merklich nach B abnehmen, da in die Verbindung zwischen A und B eine enge Düse b_6 eingeschaltet ist.

Wird jedoch der Leitungsdruck bei der ersten Bremsstufe nur wenig verringert, so daß der Mindestdruck nicht erreicht wird, dann wird die Verbindung zwischen der Steuerkammer A und dem Hilfsluftbehälter B nicht unterbrochen, der Druck in der Steuerkammer sinkt auf den im Hilfsluftbehälter und die Bremse löst wieder. Dies dürfte häufig eintreten, wenn nur ein Teil der Wagen mit Druckluftbremsen ausgerüstet ist, wenn also die Zahl der aus der Leitung luftabzapfenden $\ddot{U}$-Kammern im Zug gering ist. In solchen Fällen kann leicht eine Erschöpfung der Breda-Bremse eintreten.

Ist der Druck im Bremszylinder so weit gestiegen, daß er, über den Kolben k_3 auf den Kolben k_2 wirkend, die in der Hauptluftleitung und damit im Raum l_8 eingetretene Druckermäßigung aufwiegt, so geht der Kolbensatz k_2, k_3 so weit nach unten, daß sich das Ventil v_1 schließt, ohne daß das Ventil v_2 geöffnet wird. Die Arbeitsweise des Doppelventils $v_1 v_2$ entspricht in dieser Beziehung genau der des Steuerventils von Božić.

Bei weiterer stufenweiser Ermäßigung des Leitungsdrucks arbeitet nur noch der Kolbensatz $k_2 k_3$ und das Ventil v_1. Der Kolben k_1 vom Zweidruck-Vorsteuerventil dagegen bleibt in der Bremsstellung stehen. Würde der Druck im Behälter B bei einer kleinen Bremsstufe unter den Leitungsdruck sinken, so würde der Kolben k_1 in die Lösestellung umgesteuert, die Übertragungskammer mit dem Bremszylinder verbunden werden und auf dessen niedrigen Druck absinken. Eine folgende Bremsstufe würde deshalb durch erneute Abzapfung von Leitungsluft in die Übertragungskammer beeinflußt werden. Der Inhalt des Behälters B muß also so bemessen sein, daß der in ihm herrschende Druck immer etwas über dem Leitungsdruck bleibt.

Der höchste Bremsdruck wird durch Druckausgleich zwischen dem Behälter B und dem Bremszylinder über das Dreidruckventil erreicht. Das bedeutet, daß der höchste Bremsdruck bei verschiedenen Bremskolbenhüben verschieden ist. Breda gibt in seiner Beschreibung einen Druck von 4,06 kg/cm² bei kleinstem und von 3,65 kg/cm² bei größtem Kolbenhub an. Bei einem Druckabfall in der Leitung bis auf 3,7 kg/cm² steigen die Drücke in den Bremszylindern bis zu 3,65 kg/cm² gleichmäßig an. Bei weiterem Druckabfall bis auf 3,5 kg/cm² in der Hauptluftleitung steigen die Drücke in den Bremszylindern mit kleinem Hub weiter bis auf 4,05 kg/cm² an. Diese Ungleichmäßigkeit ist die Folge davon, daß das Volumenverhältnis zwischen Behälter und Bremszylinder mit den Flächenverhältnissen des Kolbensatzes $k_2 k_3$ nicht in Einklang gebracht werden kann, weil der Hilfsluftbehälter des Zweidruckventils und der Vorratsluftbehälter des Dreidruckventils ein und derselbe Behälter ist. Bei den kleinsten Bremsstufen muß sich dabei der große Luftverbrauch für den Kolbenweg störend geltend machen.

Beim Lösen der Bremse, d. h. bei der Erhöhung des Leitungsdrucks, wird der Kolben k_1 in die Lösestellung getrieben und dabei die Übertragungskammer $\ddot{U}$ mit dem Bremszylinder C über Bohrung q im Schieber und Kanal c_u verbunden. Der Kolbensatz $k_2 k_3$ geht infolge des gleichzeitigen Druckanstiegs im Raum l_8 über den Kolben k_2 nach unten und öffnet das Ventil v_2, so daß die Druckluft aus dem Bremszylinder über o_1 o_2 und die Düse o_3 ins Freie ausströmt. Bei stufenweisem Erhöhen des Leitungsdrucks wird das Auslaßventil v_2 wie beim Božić-Ventil immer wieder geschlossen, sobald die Druckerhöhung im Raum l_8 durch die Drucksenkung im Bremszylinder, also im Raum c_1, aufgewogen wird.

Beim vollständigen Lösen der Bremse unterstützt die Feder f_2 den im Raum c_1 auf den Kolben k_2 wirkenden Bremszylinderdruck derart, daß die volle Lösung der Bremse schon bei einem Leitungsdruck von 4,85 kg/cm² erreicht ist.

Die Druckluft der Übertragungskammer entweicht mit der Bremszylinderluft. Beim vollen Lösen ist dies unbedenklich. Bei stufenweisem Lösen im Gefälle dagegen, wobei der Bremszylinderdruck oft nur ½ bis 1 kg/cm² beträgt, wird die $\ddot{U}$-Kammer bei einer Lösestufe auch auf diesen Druck entleert. Sie nimmt deshalb, wie oben gesagt, bei der darauffolgenden Bremsstufe wieder Leitungsluft auf und beeinflußt dadurch die Größe dieser Stufe ungünstig.

Durch Verwendung des durch die Feder f_1 in der Schwebe gehaltenen Ventils r_1 in der Verbindung zwischen Hauptluftleitung und Raum l_8 über dem Kolben k_2 sollen lange Füllstöße ermöglicht werden, ohne daß die Steuerventile im vorderen Zugteil überladen werden[1]).

[1]) Erfinder Bozzala, DRP Nr. 613970.

Stellt sich dort bei einem Füllstoß ein erhöhter Druck in der Hauptluftleitung ein, so wird das Ventil r_1 gegen die Wirkung der Feder f_1 nach unten gedrückt und schließt den Kanal l_4. Die Druckluft kann dann nur noch über l_2, l_5, den engen Durchlaß l_6 und Kanal l_7 zum Raum l_8 und zu den damit in Verbindung stehenden Behältern B und A gelangen. Die vom Lokomotivführer in die Bremsleitung eingelassene Druckluft strömt deshalb nach dem entfernteren Zugteil weiter, so daß das Lösen der Bremse im ganzen Zug gleichmäßig eintritt.

Eine Verlängerung der üblichen Hochdruckfüllstöße ist mit dieser Maßnahme jedoch nur dann möglich, wenn der ganze Zug aus Wagen mit Breda-Bremsausrüstungen besteht; befindet sich auch nur ein Wagen mit einer Druckluftbremsausrüstung anderer Bauart im Zug, so würde er überladen. Im Betrieb wird das immer der Fall sein, vor allem bei den langen Zügen, für die allein ein längerer Füllstoß Vorteile brächte.

Beim höchsten Druck im Bremszylinder sind bei der Breda-Bremse die Hübe des Bremskolbens bei leerem und beladenem Wagen verschieden, da die höhere Bremskraft bei Lastabbremsung durch Veränderung der Übersetzung des Bremsgestänges erzielt wird. Dadurch würden sich bei Beibehaltung der gleichen Überwachungsdüsen für das Bremsen und Lösen in Stellung leer und beladen verschiedene Zeiten ergeben. Der Umstellhahn U ermöglicht die Erzielung gleicher Brems- und Lösezeiten durch Einschaltung entsprechender Düsen für Stellung leer und beladen. Für das Lösen der Bremsen tritt bei Lastabbremsung zu der Lösedüse o_3 die Öffnung o_4 hinzu. Auch die Verbindung der Hauptluftleitung L mit dem Raum l_8 über dem Hauptsteuerkolben k_2 wird durch die Öffnung l_{12} erweitert.

Falls ein besonderer Lastbremszylinder verwendet wird — ein Anschluß am Steuerventil ist vorgesehen —, so dient der Umstellhahn außer zum Umschalten der Füll- und Lösedüsen auch zum An- und Abschalten des Lastbremszylinders.

Daß mit diesen Vorkehrungen unter allen Bedingungen ein richtiger Verlauf der Bremsung erzielt werden kann, wenn der Umstellhahn in Stellung „beladen" steht, darf bezweifelt werden. Wenn das Ladegewicht im Verhältnis zum Leergewicht des Wagens — wie z. B. bei den neuzeitlichen Schwerlastwagen — sehr groß ist, wird der Bremszylinderinhalt gegenüber dem gleichbleibenden Inhalt des Hilfsluftbehälters B derart verändert, daß der Bremsvorgang unbedingt nachteilig beeinflußt wird. Beim Anbremsen nimmt der Druck im Behälter B durch die Auffüllung des wesentlich vergrößerten Bremszylinderinhalts über das Mindestdruckventil derart plötzlich und stark ab, daß er zum mindesten im hinteren Teil eines langen Zuges unter den Leitungsdruck sinkt und damit ein Umsteuern des Vorsteuerventils in Lösestellung verursacht. Der Ausgleichdruck zwischen dem Bremsbehälter oder den Bremszylindern, also der höchste Bremsdruck, liegt natürlich auch wesentlich niedriger als in der Stellung für den leeren Wagen.

Durch die Anlehnung an den Grundgedanken der Hildebrand-Knorr-Bremse (S. 18) gelang es, mit der Breda-Bremse gute Durchschlagsgeschwindigkeiten und Lösezeiten zu erzielen. Allerdings wurden diese Lösezeiten durch Anwendung eines sehr langen Füllstoßes erzielt, den man bei Wagen mit Bremsen anderer Bauart, die sich im Zug befinden, eben nicht vornehmen kann. Gewisse Gefahren birgt, wie schon gesagt, eine Überwachung der Steuerkammer durch das Mindestdruckventil in sich. Die mechanische Lastabbremsung ist umständlich, da man außer der Umschaltvorrichtung im Gestänge noch einen Umstellhahn vorsehen mußte.

Die größte Sicherheit gegen ein vorzeitiges Ansprechen des Dreidruckventils ist dann gegeben, wenn dieses nicht unmittelbar vom Leitungsdruck gesteuert wird, ihm vielmehr die Druckänderungen in der Leitung durch das Zweidruckventil vermittelt werden. Diese Anordnung ist im Schema Abb. 24 gezeigt. Die Leitung ist nur mit der Kolbenkammer des Zweidruckventils verbunden. Anstatt mit der Haupluftleitung ist die Schieberkammer des Dreidruckventils mit dem Hilfsluftbehälter des Zweidruckventils verbunden. In diesem stellt sich beim Bremsen durch Auslassen von Luft der gleiche Druck ein, wie er vom Lokomotivführer in der Leitung eingestellt wurde. Das Dreidruckventil kann daher immer erst nach dem Zweidruckventil in Tätigkeit treten. Für diese Wirkung wäre es natürlich gleichgültig, ob die Druckluft aus dem Hilfsluftbehälter des Zweidruckventils ins Freie abgelassen würde, oder in den Bremszylinder. Schon der Luftersparnis halber wird man den letztgenannten Weg wählen, also auch das Zweidruckventil unmittelbar beim Bremsen mitwirken lassen. Es ist aber zur Beschleunigung des Lösens der Bremse zweckmäßig, den Hilfsluftbehälter des Zweidruckventils klein zu wählen und dem Dreidruckventil einen besonderen großen Bremsluftbehälter beizugeben. Hierdurch wird die Wirkung des Volumenverhältnisses zwischen Hilfsluftbehälter und Bremszylinder für die Einstellung des Bremsdrucks ausgeschaltet, so daß für diesen nur das Flächenverhältnis des Dreidruckventils maßgebend ist. Außerdem wird dabei der Höchstdruck im Bremszylinder auf einfachste Weise beschränkt, da der Druck im kleinen Behälter auch bei weiterer Entlüftung der Bremsleitung nicht unter den vom Kolbensatz des Dreidruckventils festgelegten Druck sinken kann.

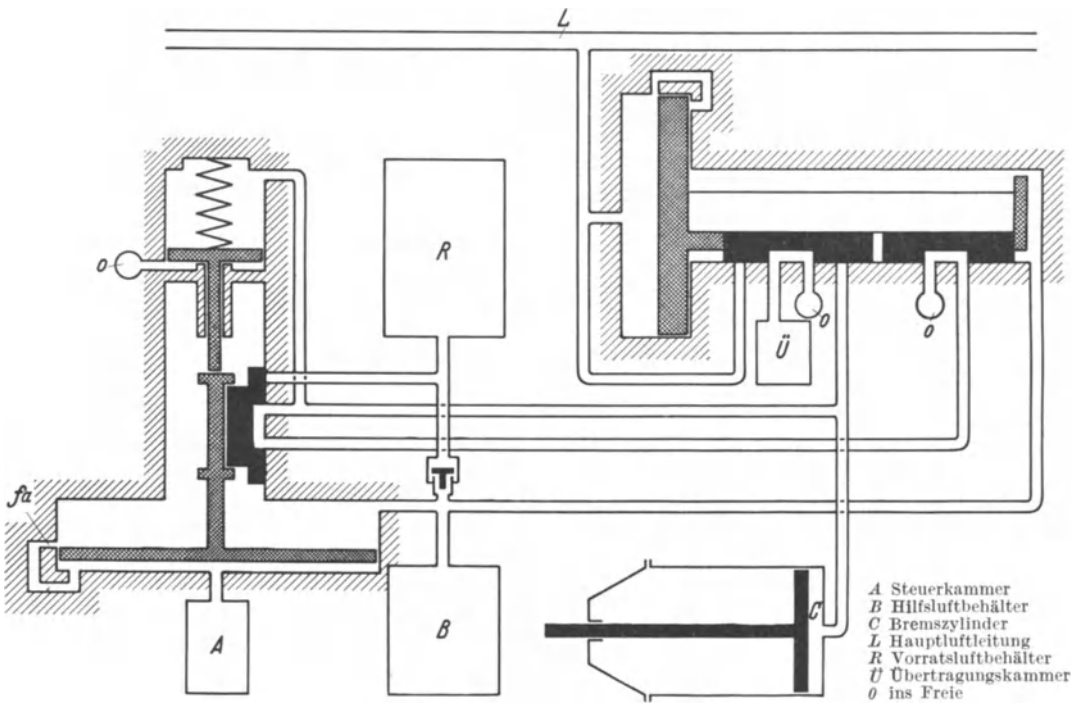


Abb. 24 Dreidruck-Zweidruck-Steuerventil
In der Schieberkammer des Dreidruck- und Zweidruckventils Hilfsbehälterdruck *B*
Auffüllen des Vorratsluftbehälters *R* über das Zweidruckventil und den Hilfsluftbehälter *B*

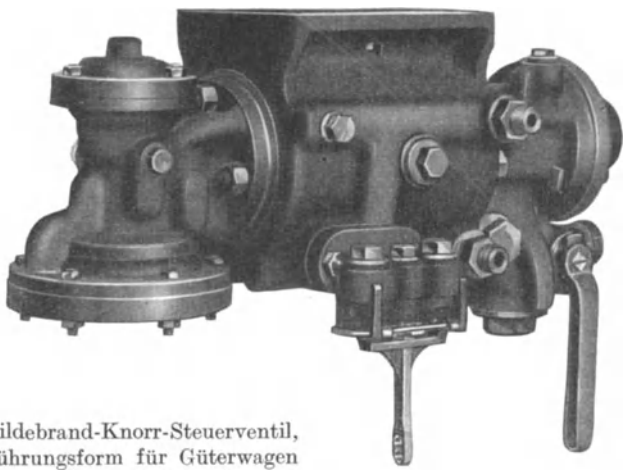


Abb. 25 Hildebrand-Knorr-Steuerventil, erste Ausführungsform für Güterwagen

Hildebrand-Knorr-Bremse

(erste Ausführungsform)

Das Schema Abb. 24 bildet die Grundlage für die Hildebrand-Knorr-Bremse.

Abb. 26 zeigt die erste Ausführung der inzwischen weiter entwickelten Hildebrand-Knorr-Bremse für Güterwagen. An dem die Steuerkammer A enthaltenden Mittelteil, dem Ventilträger, ist auf der einen Seite (rechts) das Zweidruckventil, auf der anderen Seite das Dreidruckventil angeschraubt. Der Druck der Hauptluftleitung L steht über $l_1 l_2$ nur auf der rechten Seite des Steuerkolbens k_1 des Hauptsteuerventils. Von dort strömt die Leitungsluft über die Empfindlichkeitsbohrung e_b zur anderen Kolbenseite und von dort einerseits über die Füllbohrung f_b in den Raum b und über Kanal b_2 zum Hilfsluftbehälter B, andererseits über die Bohrung f_r und das Rückschlagventil v_r und über Kanal r_1 r_2 nach dem Vorratsluftbehälter R. Die Verbindung der Leitung mit der Übertragungskammer $\ddot{U}$ wird durch einen besonderen Schieber s_2 hergestellt, der so mit dem Steuerkolben k_1 verbunden ist, daß er die Öffnung $\ddot{u}$ freilegt, bevor der Steuerkolben den Steuerschieber s_1 mitnimmt.

Im Dreidruckventil, dem Nebensteuerventil, steht der Druck des Hilfsluftbehälters B in der Kammer b_3 über dem großen Steuerkolben k_2 und über dem Verteilungsschieber s_3. In seiner tiefsten Lage legt dieser eine Öffnung f_a frei, über die Kanal a und die Steuerkammer A gefüllt wird. Bei gelöster Bremse steht demnach auf beiden Seiten des Steuerkolbens k_2 der gleiche Druck.

In der Bremsstellung steht der Raum c_5 über dem kleinen Kolben k_3 über c_4 c_3 c_2 mit dem Bremszylinder C in Verbindung. In der Lösestellung ist der Raum c_5 ins Freie entlüftet über die Schieberhöhlung des Schiebers s_3 im Nebensteuerventil, die Kammern o_1 o_2 o_3 und die Schieberhöhlung des Schiebers s_1 im Hauptsteuerventil, Kanal o_4 und Drosselöffnung o_5 im Umstellhahn.

Zwischen der durch die Stopfbüchse geführten Kolbenstange des Kolbens k_3 und der Kolbenstange des Kolbens k_2 ist bei gelöster Bremse ein Zwischenraum, so daß der Kolben k_2 im Anfang seiner Aufwärtsbewegung durch den Kolben k_3 und die ihn belastende Feder f_2 nicht behindert wird. Die Bohrung f_a wird deshalb schon bei geringster Drucksenkung in b_3 durch den Schieber s_3 abgeschlossen, so daß keine Druckluft aus der Steuerkammer A nach B zurücktreten kann.

Die besonderen Kennzeichen der Hildebrand-Knorr-Bremse sind:

1. **Große Durchschlagsgeschwindigkeit.**

   Der Schieber s_2, der die Entlüftung der Hauptluftleitung nach der Übertragungskammer überwacht, eilt der Bewegung des Hauptsteuerschiebers s_1 voraus und wird durch diesen nicht verzögert. Die auf diese Weise erzielten Durchschlagsgeschwindigkeiten betrugen 230 m/sek.

2. **Vollkommenes Lösen der Bremse schon bei einem Leitungsdruck, der um 0,2 bis 0,3 kg/cm² unter dem Regeldruck von 5 kg/cm² liegt.**

   Dies wird durch eine nur auf den Kolben k_3 des Dreidruckventils wirkende Belastungsfeder erreicht, die dem Anspringen der Bremse in keiner Weise hinderlich sein kann.

3. **Schnelles Lösen der Bremsen im ganzen Zug**

   infolge der Teilung des Hilfsluftbehälters in die Räume B und R. Die Bremse ist gelöst, wenn der nur 9 Liter enthaltende Behälter B bis auf 4,7 kg/cm² aufgefüllt ist. Die Auffüllung des Behälters R kann nach dem Abfahren während der Fahrt erfolgen.

4. **Unerschöpfbarkeit der Bremse.**

   Ein Erschöpfen ist ausgeschlossen, da der Druck im Behälter R immer auf der Höhe des Leitungsdrucks erhalten wird.

5. **Begrenzung des höchsten Bremsdrucks ohne besondere Vorkehrungen,**

   da das den Bremsdruck einstellende Dreidruckventil nicht vom Hauptluftleitungsdruck unmittelbar, sondern vom Druck des Hilfsluftbehälters B beaufschlagt ist, der sich mit C ausgleicht.

6. **Verwendung von Wälzhäuten an den Kolben, auf deren Dichtigkeit es besonders ankommt.**

   Die Wälzhaut hat sich als ein sicheres Mittel bewährt zur Dichtung von Kolben, deren Beweglichkeit und wirksame Fläche unverändert bleiben soll. Sie ist nicht zu verwechseln mit einer Biegehaut (Božić, Breda), die durch die Hubbewegung stark beansprucht und deren Wirkungsgrad durch die dadurch unvermeidbar bleibenden Verformungen verändert wird.

7. **Sicherstellung des Drucks in der Steuerkammer *A*.**

   Die Steuerkammer A ist im Ventilträger untergebracht und hat keine nach außen führende Rohrverbindung. Die Undichtheitsquellen sind dadurch auf ein Mindestmaß zurückgebracht. Die Füllöffnung wird durch einen Schieber abgeschlossen, dessen Dichtigkeit mehr gesichert ist, als die eines schwachbelasteten Ventils. Der Abschluß erfolgt zwangsläufig beim geringsten Druckabfall in der Leitung, der zu einer Bremsung führen soll.

8. Einfache Überwachung und Instandhaltung.

Dadurch, daß die beiden Steuerventile getrennt zu beiden Seiten an den Ventilträger angeschraubt sind, kann die Arbeitsweise jedes der beiden Ventile für sich geprüft werden, ohne daß sie vom andern beeinflußt wird. Das vereinfacht nicht nur die Prüfung und Abnahme bei der Herstellung, sondern besonders auch bei der Unterhaltung.

Bei der endgültigen Ausführungsform der Hildebrand-Knorr-Bremse ist auch die Verbindung des Hauptsteuerventils mit der Bremsleitung über den Ventilträger geführt (s. S. 55), so daß für Prüfung und Auswechslung des Hauptventils oder des Nebenventils keine Rohrverbindung gelöst werden muß. Auf die Hildebrand-Knorr-Bremse, die von allen neueren Güterzugbremsen am weitesten verbreitet ist, wird später noch ausführlich eingegangen.

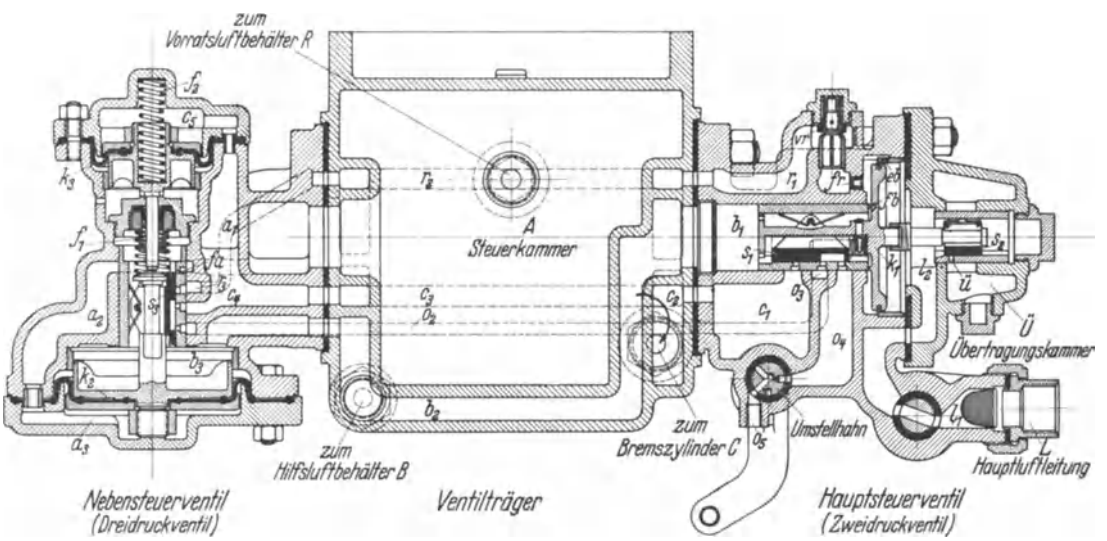


Abb. 26 Hildebrand-Knorr-Steuerventil, erste Ausführungsform, Schnitt

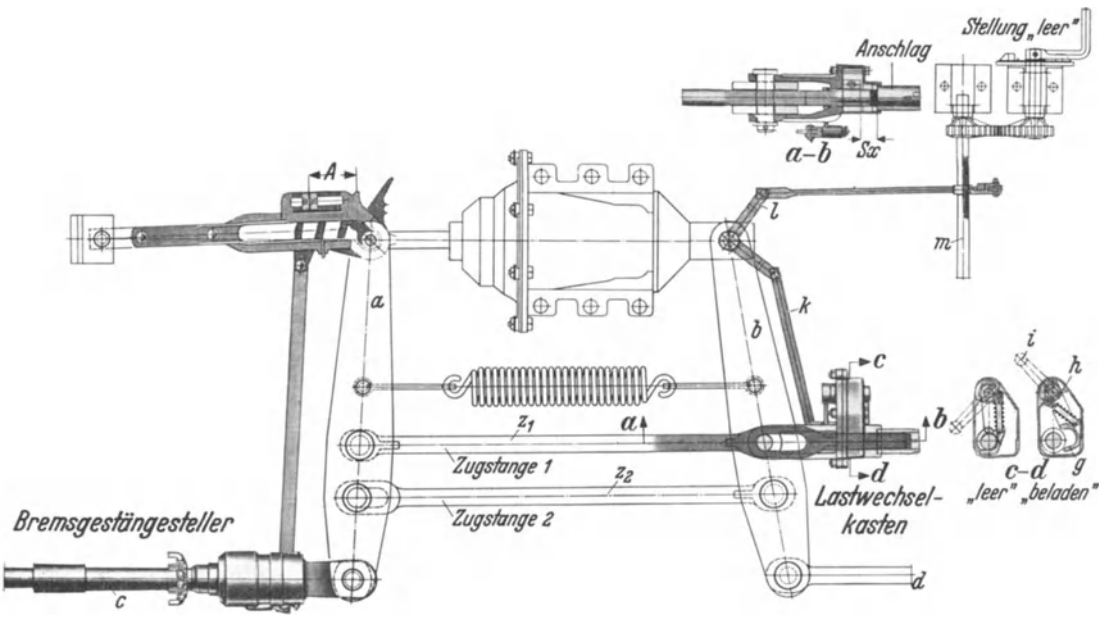
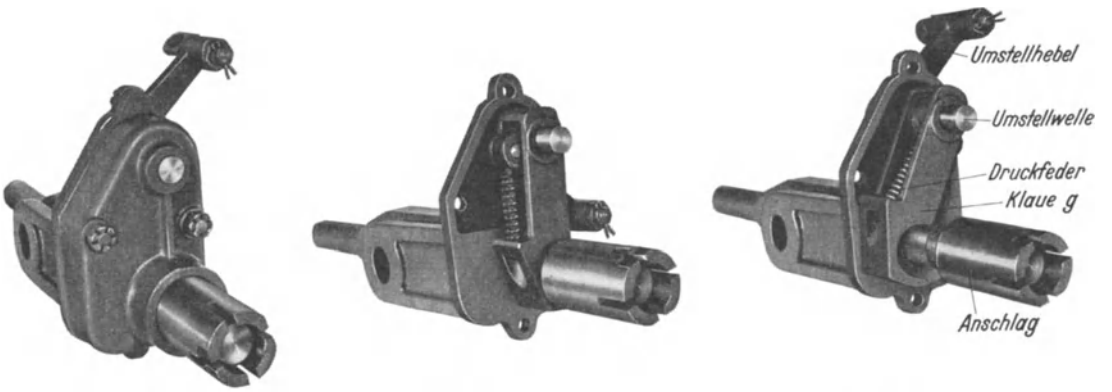


Abb. 27 SAB-Lastabbremsung



a) geschlossen

b) geöffnet, Stellung „leer", Klaue eingehakt

c) geöffnet, Stellung „beladen", Klaue ausgehakt

Abb. 28 SAB-Lastwechselkasten

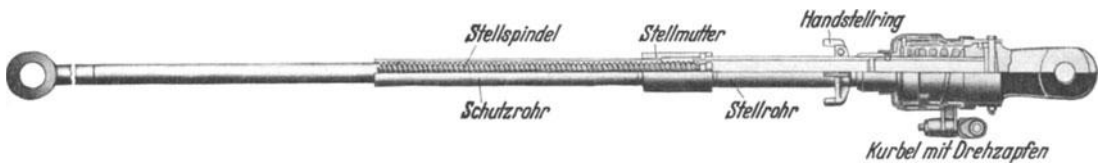


Abb. 29 SAB-Bremsgestängesteller

II. Die Bremsdruck-Schaulinie

Die Höhe des Bremsdrucks und die Art seines Anstiegs ist heute für alle Güterzugsbremsen in Europa durch die Bestimmungen des Internationalen Eisenbahnverbandes festgelegt. Diese verlangen einen ersten kurzen Druckanstieg am Bremsklotz auf höchstens 20 % des Volldrucks zum raschen Anlegen der Bremsen und einen darauffolgenden langsamen Anstieg, der in mindestens 28 Sek. den vollen Bremsdruck erreichen soll.

Auch für die Personenzugbremsen ist die Bremsdruck-Schaulinie vom Internationalen Eisenbahnverband so festgelegt, daß bei Schnellbremsungen mit Zügen aus 15 vierachsigen Wagen keine Stöße auftreten sollen.

Die neueren Einrichtungen, die den Bremsdruck beeinflussen, beziehen sich

1. auf die Abbremsung des Ladegewichts,
2. auf die Erhöhung des Bremsdrucks zur Anwendung größerer Fahrgeschwindigkeiten.

a) Abbremsung des Ladegewichts

Nach den Internationalen Vorschriften müssen jetzt in Europa alle Bremsen für Güterzüge Einrichtungen haben, die die Erhöhung der Bremskraft beim beladenen gegenüber der beim leeren Wagen möglich machen. Die Verwendung eines Lastbremszylinders, der beim beladenen Wagen zum Leerbremszylinder durch eine Umstellvorrichtung, dem sogenannten Lastwechsel, zugeschaltet wird, wird heute meist auf besonders schwere Wagen mit großen Ladegewichten beschränkt. Für alle anderen Wagen benützt man jetzt gewöhnlich eine Vorrichtung, durch die die Übersetzung im Bremsgestänge durch Umstellung von Hand geändert werden kann, den sogenannten „mechanischen Lastwechsel".

Der mechanische Lastwechsel läßt sich bei allen Bremsbauarten ohne Schwierigkeit anbringen und bedingt keinen Eingriff in den Druckluftteil der Bremse, wenn sie so gebaut ist, daß der Bremskolbenhub in Stellung für leeren Wagen dem in Stellung für beladenen Wagen annähernd gleich ist.

Bei der Breda-Bremse mit mechanischem Lastwechsel ist dies nicht der Fall. Deshalb müssen bei der Umstellung der Übersetzung im Bremsgestänge auch die die Bremsdruckschaulinie beeinflussenden Öffnungen durch einen Umstellhahn nach Abb. 23 entsprechend verändert werden.

Abb. 27 und 28 zeigen eine der am meisten eingeführten mechanischen Lastabbremsungen mit doppeltwirkendem Gestängesteller der Svenska Aktiebolaget Bromsregulator (SAB).

Das Ausgleich-Bremsgestänge *abcd* hat bei dieser Bauart zwei Verbindungsstangen z_1 und z_2 zwischen den Hebeln, und die Umstellung der Übersetzung erfolgt dadurch, daß bei leeren Wagen die Zugstange z_1, bei beladenen Wagen die Zugstange z_2 zur Wirkung gebracht wird. Zu diesem Zweck haben beide Zugstangen Langschlitze, und es befindet sich an der Zugstange z_1 eine bewegliche Klaue *g*, durch deren Einschaltung die Wirkung des Langschlitzes aufgehoben bzw. beschränkt werden kann. Bei der Leerstellung wirkt deshalb nur die Zugstange z_1, während die Zugstange z_2 keine Kraft übertragen kann. Ist die Klaue ausgeschaltet, so bewegt sich die Stange z_1 kraftlos, während sich die Stange z_2 an den Hebelbolzen anlegt und die vom Bremszylinder ausgeübte Kraft mit der großen Übersetzung auf das Gestänge überträgt. Damit nun der Hub des Bremskolbens bei beiden Übersetzungen annähernd gleich wird, ist bei eingeschalteter Klaue zwischen ihr und dem an der Zugstange z_1 vorgesehenen Mitnehmeranschlag ein entsprechendes Spiel gelassen, um das die Zugstange zunächst leer läuft. Die Zugstange z_2 vermittelt deshalb beim leeren Wagen das Anlegen der Bremsen, bis der erwähnte Spielraum durchlaufen ist. Dann geht die Kraftübertragung auf die Stange z_1 über.

Die Klaue *g* ist in einem das Ende der Stange z_1 umschließenden Kasten *h* gelagert und wird durch Hebel *i*, Zugstange *k* und den am Stützpunkt des Ausgleichhebels *b* am Bremszylinder gelagerten Winkelhebel *l* von der Umstellwelle *m* her bewegt, die von beiden Wagenseiten aus bedient werden kann.

Für die richtige Arbeitsweise der Bremse ist bei diesem mechanischen Lastwechsel die Verwendung eines doppeltwirkenden Gestängestellers unbedingt erforderlich. Er hat nicht nur selbsttätig die Vergrößerung des Kolbenhubs auszugleichen, die durch den Verschleiß der Bremsklötze, der Radreifen und des Gestänges entsteht, er muß auch zu kurzen Kolbenhub berichtigen, der sich durch Entladen des Wagens oder durch Einbau neuer Bremsklötze ergibt, da sonst die Gefahr besteht, daß auch bei leerem Wagen die Bremsung über die Zugstange z_2 erfolgt und der Wagen möglicherweise zu hoch abgebremst wird.

Der in der Abb. 29 dargestellte Gestängesteller der Svenska Aktiebolaget Bromsregulator hat sich im Betrieb gut bewährt. Er stellt zu große Spielräume allmählich nach, wie es der allmählichen Abnützung entspricht. Die Vergrößerung des zu kurzen Klotzabstandes erfolgt dagegen sofort, so daß das Spiel nach Einsetzen neuer Bremsklötze schon bei der ersten Bremsung richtiggestellt wird.

Bei dem mechanischen Lastwechsel SAB erfolgt die Einstellung wie bei der Verwendung eines Lastbremszylinders von Hand. Für den Betrieb bedeutet dies zweifellos eine Belastung, die durch einen selbsttätig sich einstellenden Lastwechsel vermieden werden könnte. Die von Božić angegebene Einrichtung, die in dieser Richtung arbeitet (s. Abb. 11), konnte sich indessen nicht bewähren, weil sie das unvermeidliche Setzen der Wagentragfedern nicht berücksichtigt und weil bei ihr infolge der dauernden Bewegung durch Schienenstöße die beweglichen Teile des Steuerventils in unzulässiger Weise abgenützt werden.

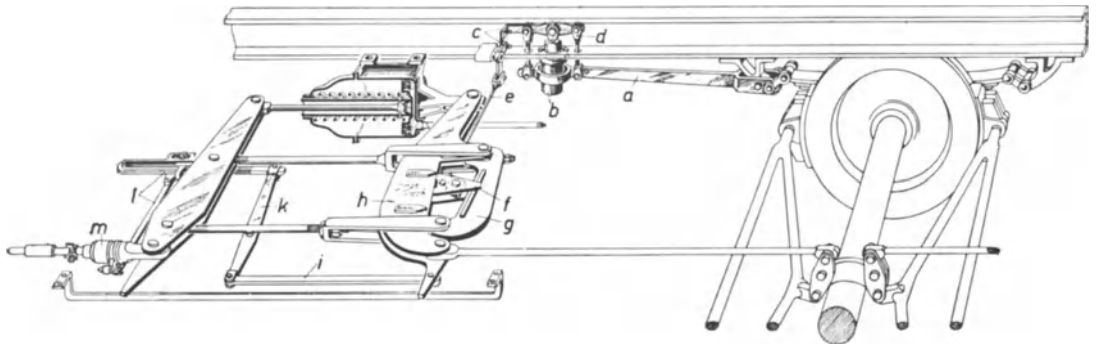


Abb. 30 Selbsttätige mechanische Lastabbremsung am zweiachsigen Güterwagen, Bauart Knorr

Bei dem selbsttätigen Lastwechsel nach Abb. 30 hat die Durchbiegung der Wagenfeder keinen Einfluß auf die Einstellung, denn die Wagenlast wirkt über einen am Federgehänge eingeschalteten langen Hebel *a* auf eine besondere Feder, die in einem gleichzeitig als Ölstoßdämpfer ausgebildeten und am Wagenuntergestell befestigten Zylinder *b* untergebracht ist. Diese Feder nimmt also nur einen kleinen Teil der Wagenlast auf und kann deshalb sehr sicher konstruiert werden; sie ist vor äußeren Einflüssen durch die Umhüllung und vor zu plötzlichen Schwankungen durch die Öldämpfung geschützt und ihre Durchbiegung bildet daher ein dauernd zuverlässiges Maß der Wagenbelastung. Durch geeignete Hebel und Gestänge *cde* wirkt diese Durchbiegung verschieden auf einen Gleitstein oder Schlitten *f*, dessen Lage zwischen den Hebeln *g* und *h* das Übersetzungsverhältnis zwischen dem Bremszylinder und dem Bremsklotzdruck bestimmt.

Bei geringer Last und infolgedessen bei kleiner Durchbiegung der Feder besteht zum Ausgleich des Kolbenhubs ein Spiel zwischen dem Schlitten *f* und dem Hebel *g*, während der Schlitten bei voller Last auch bei gelöster Bremse beiderseits an den Hebeln *h* und *g* anliegt. Dadurch wird gleicher Bremskolbenhub beim leeren und beladenen Wagen erreicht. Der Gestängesteller *iklm* sorgt für die Nachstellung der Bremse, wenn die Klötze entsprechend abgenützt sind oder erneuert werden.

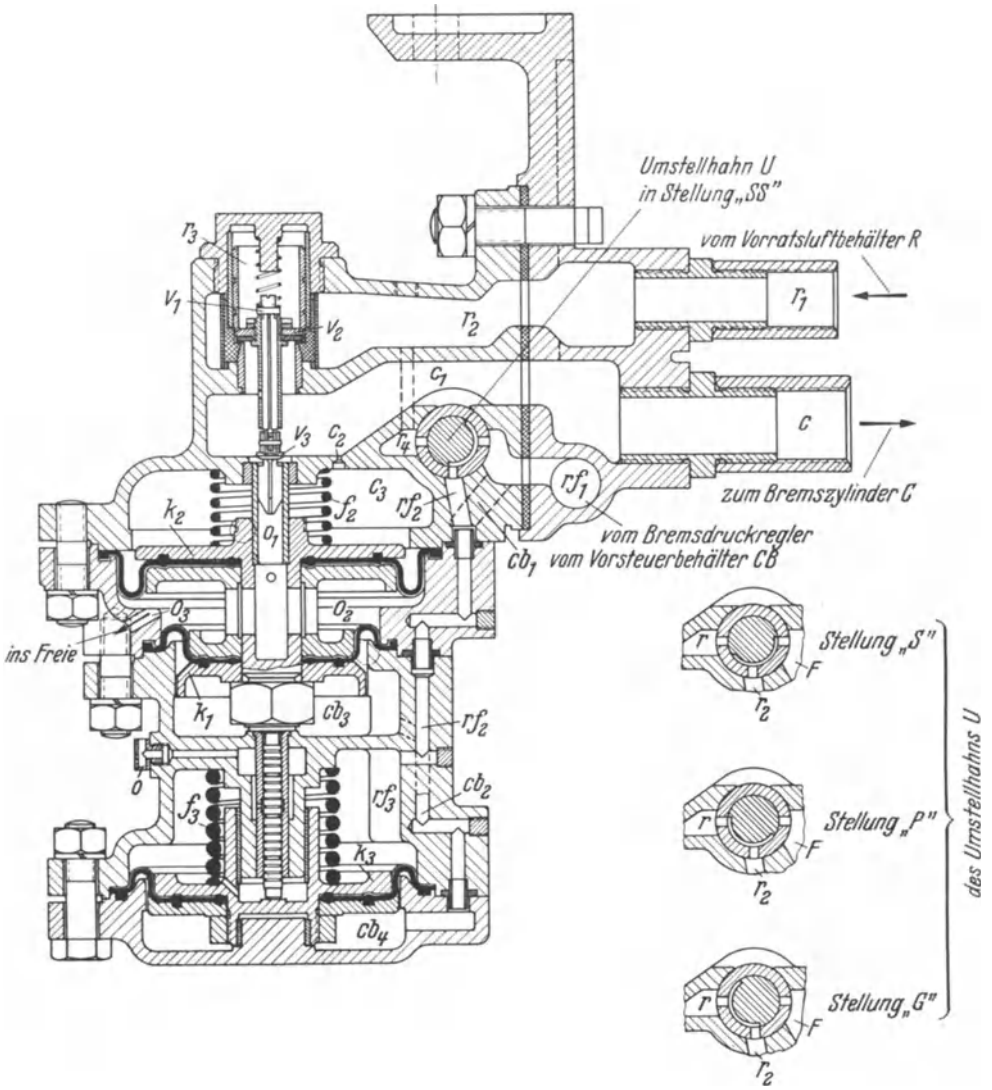


Abb. 31 Druckübersetzer mit Stellungen des Umschalthahns

Abb. 32 Druckübersetzer

b) Erhöhung des Bremsdrucks zur Anwendung größerer Fahrgeschwindigkeiten

Seit Erscheinen meines Buches: „Die Entwicklung der selbsttätigen Einkammer-Druckluftbremse bei den europäischen Vollbahnen" (Hauptwerk) ist das Bedürfnis der Anwendung größerer Fahrgeschwindigkeiten im Eisenbahnverkehr derart gewachsen, daß die damals bekannten Mittel zur Ermöglichung dieser Fahrgeschwindigkeiten, insbesondere die Bremsen, nicht mehr ausreichten.

Die beim Bremsen zu erzeugende Kraft ist, wenn man von der Anwendung von Schienenbremsen absieht, an die Haftung zwischen Rad und Schiene gebunden. Sie ist von der Geschwindigkeit unabhängig und läßt mit einiger Sicherheit auch bei nassen Schienen eine Verzögerung von 1,5 m/sek² zu. Will man diese Kraft ganz ausnützen, dann muß man mit Rücksicht auf die Abnahme der Reibung zwischen Bremsklotz und Rad bei zunehmender Geschwindigkeit den Bremsklotzdruck ganz erheblich erhöhen. Außerdem muß der höchste Bremsklotzdruck in kürzester Zeit wirksam werden.

Der Bremsklotzdruck wird heute auf 200—230 % des Wagengewichts gesteigert, und der Anstieg des Bremsdrucks muß in kürzester Zeit erfolgen, wenn man einen Zug aus einer möglichst hohen Geschwindigkeit in der Ebene zwischen Vor- und Hauptsignal, also auf der Strecke von 1000 m zum Halten bringen will. Andererseits sind die Gewichte der für die schnellfahrenden Züge in Betracht kommenden Wagen und die sich daraus ergebenden Bremszylinder so groß, daß deren Füllung über die Durchgangsquerschnitte in den Steuerventilen nicht schnell genug erfolgen kann. Wollte man die Querschnitte der Steuerventile so erweitern, daß schnelle Füllung der großen Zylinder möglich ist, so müßte man deren Abmessungen im ganzen vergrößern, und man würde damit die Dichtigkeit und Empfindlichkeit des Steuerkolbens stark beeinträchtigen. Es bleibt deshalb nichts übrig, als die Füllung des Bremszylinders einem anderen Steuerorgan mit großen Durchgangsquerschnitten zu übertragen und das empfindliche Steuerventil zur Vorsteuerung zu verwenden.

Druckübersetzer

Das neue Steuerorgan, der sogenannte Druckübersetzer, kann dann auch die Verminderung des Bremszylinderdrucks vermitteln, die erforderlich wird, wenn die Fahrgeschwindigkeit sinkt. Diese Verminderung kann in stetiger Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit stehen, sie kann aber auch mehrstufig oder auch nur einstufig geändert werden, wenn die Reibung zwischen Bremsklotz und Rad der Haftung zwischen Rad und Schiene nahe kommt. Zu diesem Zweck wird der Druckübersetzer mit einem Bremsdruckregler verbunden, der die Höhe des Bremsdrucks in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit bestimmt. Bei der Deutschen Reichsbahn ist die einfache einstufige Reglung des Bremsdrucks bisher als ausreichend befunden worden. Die Abbremsung wird oberhalb 50—55 km/h auf 200 % gehalten, unterhalb dieser Geschwindigkeit auf 80 %.

Abb. 31 und 32 zeigen einen Druckübersetzer, der die gestellten Aufgaben erfüllt. Der Druckübersetzer ist ein Relaisventil, das von dem eigentlichen Steuerventil nach den Druckänderungen in der Bremsleitung gesteuert wird. Der Weg vom Hilfsluftbehälter über das Steuerventil, der in dessen Bremsstellung freigelegt ist, führt nicht zum Bremszylinder, sondern zu einem Vorsteuerbehälter C_B, der über die Kanäle cb_1

und cb_2 mit den Steuerkammern cb_3 und cb_4 des Druckübersetzers in Verbindung steht. Die durch Wälzhäute gedichteten Kolben k_1 und k_2 übertragen den im Vorsteuerbehälter C_B herrschenden Druck auf das Doppelventil $v_2\, v_3$, das den Bremszylinder über c, c_1 entweder über $v_2\, r_2\, r_1$ mit dem Vorratsluftbehälter R oder über $o_1\, o_2\, o_3$ mit der Außenluft verbindet.

Das Ventil v_2 ist mit einem Entlastungsventil v_1 versehen, das beim Beginn der Aufwärtsbewegung das Ventil v_2 entlastet und dadurch die hemmende Wirkung des großen Ventilquerschnittes aufhebt.

Der Raum c_3 über dem Kolben k_2 steht mit dem Bremszylinder C über eine kleine Bohrung c_2 in Verbindung, deren Drossel die Wirkung des Luftstoßes auf den Kolben k_2 mildert.

Bei den Fahrgeschwindigkeiten unter 50—55 km/h bestimmt der Kolbensatz $k_1\, k_2$ den Druck im Bremszylinder. Bei diesen Fahrgeschwindigkeiten ist der Raum rf_3 über dem Kolben k_3 über die Kanäle rf_2—rf_1 und einen geschwindigkeitsabhängigen Bremsdruckregler mit dem Behälter R verbunden, der unter dem Kolben k_3 herrschende Druck also unwirksam, weil der Druck in R nie unter den höchstmöglichen Druck in C_B sinkt.

Bei einer Betriebsbremsung strömt im Vorsteuerventil Druckluft aus dem Hilfsluftbehälter in den Vorsteuerbehälter C_B über, und es stellt sich in diesem ein Druck ein, der der Druckermäßigung in der Hauptluftleitung entspricht und gewissermaßen den Bremszylinderdruck darstellt. Dieser Druck wirkt über die Kanäle cb_1—cb_2 auch in der Kammer cb_3 des Druckübersetzers auf den Kolben k_1 von unten. Der Kolben geht nach oben, schließt das Auslaßventil v_3, durch das die Kammern c_1 und c_3 mit der freien Luft in Verbindung standen, und öffnet das Ventil v_1. Hierdurch wird der Raum r_3 über dem großen Einlaßventil nach C entlüftet, so daß der Kolben k_2 seine Aufwärtsbewegung ungehindert fortsetzen kann. Durch das dabei geöffnete große Ventil v_2 strömt die Druckluft des Vorratsbehälters über c_1 und c zum Bremszylinder. Der sich dabei einstellende Druck teilt sich über die Bohrung c_2 auch dem Raum c_3 über dem Kolben k_2 mit. Ist der Druck soweit gestiegen, daß seine Wirkung auf den Kolben k_2 nach unten die Wirkung des Vorsteuerdrucks in cb_3 auf den Kolben k_1 nach oben aufhebt, dann geht der Kolbensatz nach unten und schließt die Einlaßventile $v_1\, v_2$. Durch stufenweise Verstärkung des Drucks im Vorsteuerbehälter, die durch stufenweise Ermäßigung des Hauptluftleitungdrucks erzielt wird, wird auch der Druck im Bremszylinder stufenweise erhöht. Der in diesem erreichbare Höchstdruck steht zum höchsten Vorsteuerdruck im Behälter C_B in einem Verhältnis, das durch das Größenverhältnis der beiden Kolben k_1 und k_2 gegeben ist. Dieser Höchstdruck entspricht der üblichen Abbremsung von 80 % des Wagengewichts.

Bei den Fahrgeschwindigkeiten über 50—55 km/h wird durch Vermittlung eines Bremsdruckreglers die Kammer rf_3 über dem Kolben k_3 entlüftet, und es tritt zu der Wirkung des Vorsteuerbehälterdrucks auf den Kolben k_1 noch die auf den Kolben k_3 von unten hinzu, so daß dann im Bremszylinder ein wesentlich höherer Druck erzielt wird, der von der Wahl der Kolbengröße k_3 abhängt; bei den neuesten Durchgangswagen der Reichsbahn entspricht dieser Druck einer Abbremsung von 220 % des Wagengewichts.

Zur Einstellung der mit Bremsen für die hohen Fahrgeschwindigkeiten versehenen Wagen in Züge anderer Gattungen ist der Druckübersetzer mit einem Umstellhahn versehen, durch den die hohe Abbremsung ein- bzw. ausgeschaltet werden kann. Bei Ein-

stellung für Personen- oder Güterzüge ist der Raum rf_3 ständig mit dem Behälter R verbunden. Bei Stellung für Schnellzüge dagegen ist die Belüftung des Raumes rf_3 vom Bremsdruckregler abhängig. Da in dieser Stellung der hohe Bremsdruck schon bei 50 bis 55 km/h eingestellt wird, steigt schon bei dieser Fahrgeschwindigkeit der Bremsdruck im umgekehrten Verhältnis zur Ermäßigung des Leitungsdrucks sehr steil an. Es würden sich deshalb bei den geringen Druckermäßigungen, mit denen Gefälle befahren werden, verhältnismäßig hohe Bremszylinderdrücke ergeben, die die Geschwindigkeitsreglung erschweren. Deshalb ist über dem Kolben k_3 eine starke Feder f_3 angeordnet, die die Wirkung dieses Kolbens erst in Erscheinung treten läßt, wenn in der Hauptluftleitung ein Druckabfall von etwa 0,6 kg/cm² erreicht ist.

Bei geringer Ermäßigung des Leitungsdrucks, die eine geringe Erhöhung des Druckes im Vorsteuerbehälter veranlaßt, entspricht daher die Bremsdruckschaulinie dem durch den Kolbensatz k_1, k_2 gegebenen Maßstab für 80 % ige Abbremsung. Erst bei Leitungsdruckermäßigungen von mehr als 0,5 kg/cm² geht die Bremsdruckschaulinie in die der hohen Abbremsung über. Das Schaubild Abb. 33 zeigt diesen Vorgang, durch den das Befahren der Gefälle trotz der hohen Abbremsung keinerlei Schwierigkeiten macht.

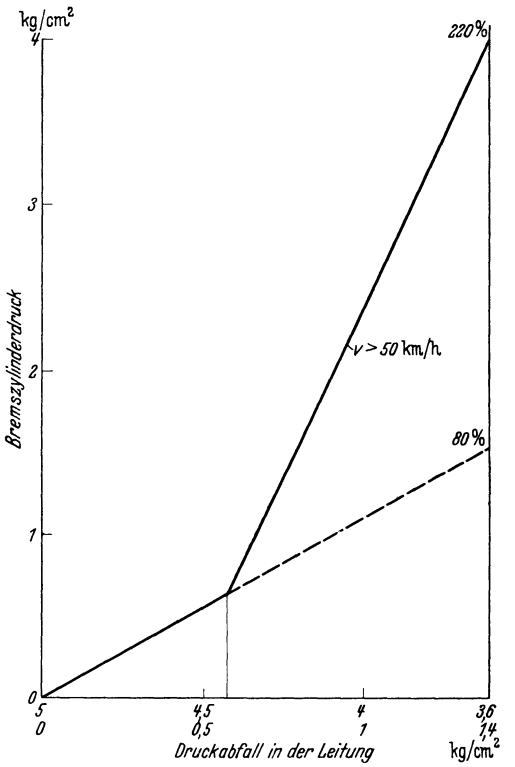


Abb. 33 Steuerung des Bremszylinderdrucks durch den Druckübersetzer in Abhängigkeit vom Druckabfall in der Hauptluftleitung

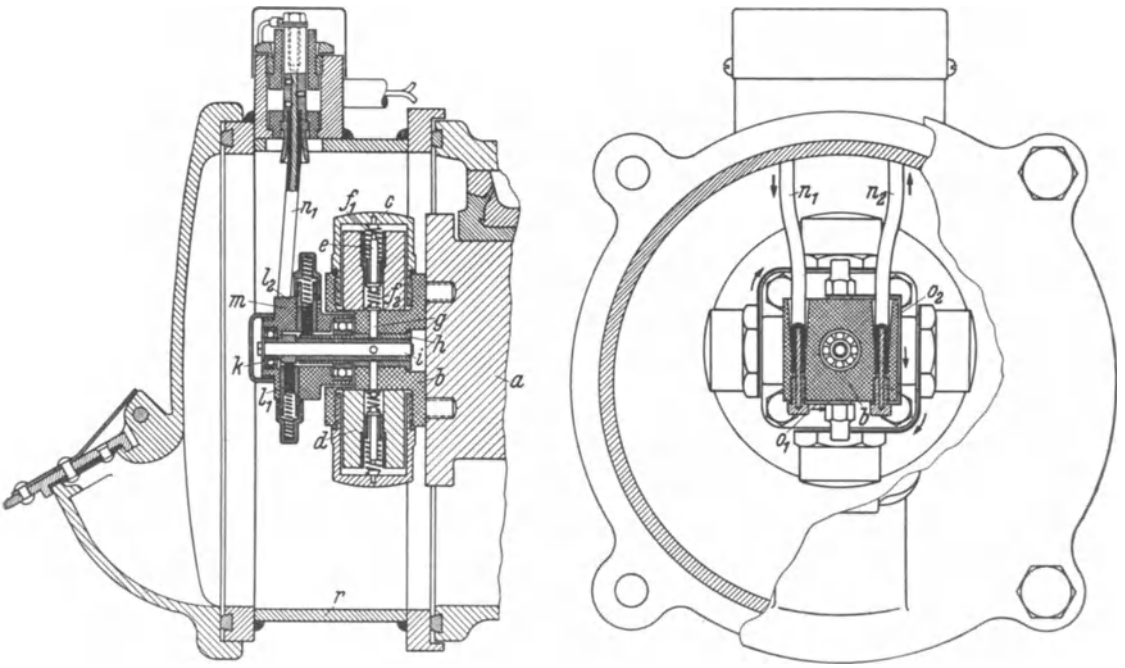


Abb. 34 Fliehkraftbremsdruckregler mit elektrischer Übertragung

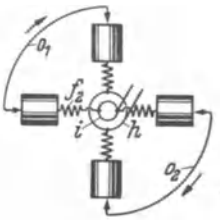


Abb. 34a

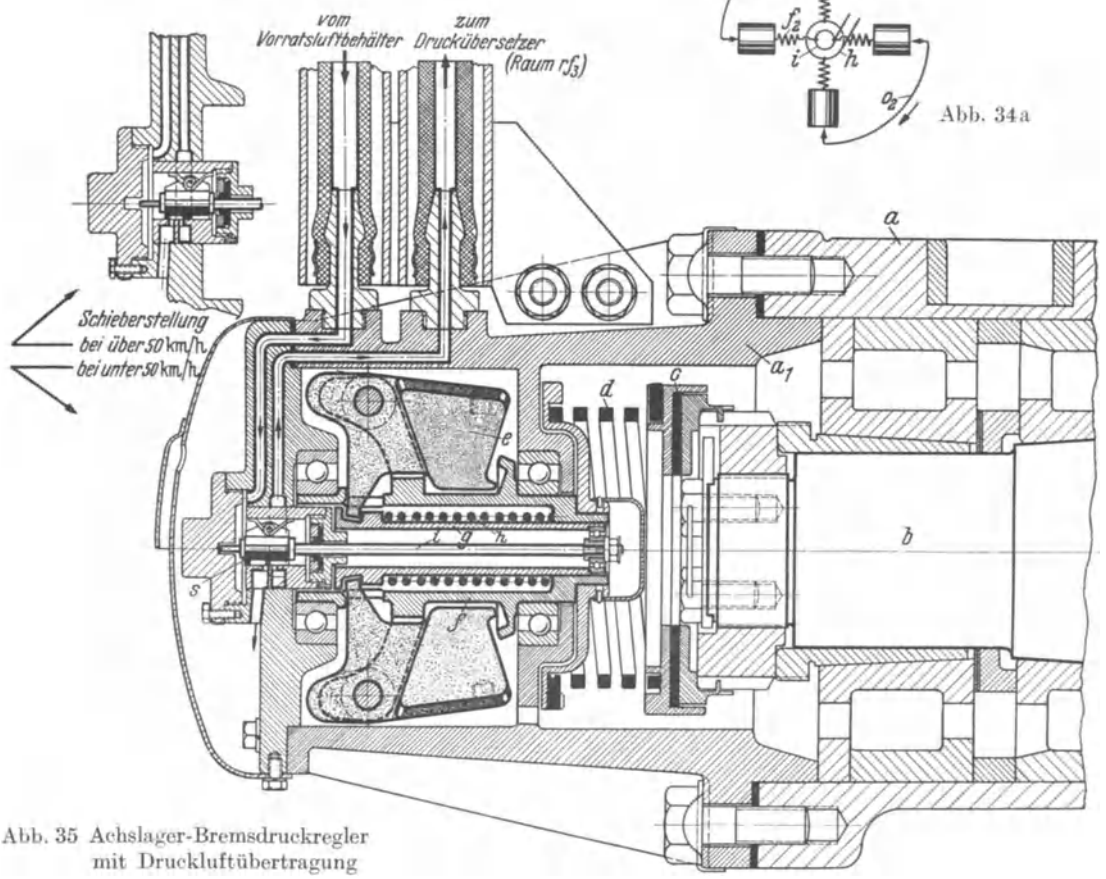


Abb. 35 Achslager-Bremsdruckregler mit Druckluftübertragung

Bremsdruckregler

Die bisher insbesondere bei den Schnellzugwagen der Deutschen Reichsbahn angewandten reibungsabhängigen Bremsdruckregler der Kunze-Knorr-Bremse (Kksbr) haben sich als unzuverlässig erwiesen, da ihre Arbeitsweise zu sehr vom Zustand des Drehgestells, der Fahrtrichtung und der veränderlichen Reibung abhängt. Solange der Bremsdruck nicht über 130 % des Wagengewichts erhöht wurde, war ein Unterschied in der Regelung des Bremsdrucks bei Abnahme der Fahrgeschwindigkeit nicht so schwerwiegend wie bei den jetzt angewandten Fahrgeschwindigkeiten und Abbremsungen. Deshalb ist man dazu übergegangen, für die Verminderung der Abbremsung bei den geringeren Fahrgeschwindigkeiten einen geschwindigkeitsabhängigen Regler zu verwenden. Das ist ein Zentrifugalregler, der von einer der Achsen unmittelbar oder mittelbar angetrieben wird und dessen Ausschlag die Beaufschlagung der den Drucküber:etzer beeinflussenden Kammer steuert. Zuerst baute man den Regler an den Wagenkasten an und leitete den Antrieb von der Achsbuchse über Kardan-Teleskopwellen oder mit biegsamen Wellen ab. Es zeigte sich aber, daß dieser Antrieb sehr empfindlich war; deshalb baute man den Regler später mit einer Achsbuchse zusammen, in der er vom Achsenende angetrieben wird. Die Übertragung der Einstellung des Reglers auf das Steuerventil kann entweder durch Batteriestrom oder durch Druckluft erfolgen.

Abb. 34 zeigt einen Fliehkraft-Bremsdruckregler mit elektrischer Übertragung. An dem Achsschenkel a ist ein Isolierkörper b befestigt, der mit den stromführenden Hauben c vier Schwunggewichtskörper d einschließt. In diesem sind die stromübertragenden Stifte e isoliert geführt. Die Schwunggewichte werden durch Federn f_1 in ihrer Ruhelage gehalten; die Federn f_2 dienen zur Stromführung zwischen den Stiften e und den Bolzen g. Zwei von diesen Bolzen haben mit der Buchse h Verbindung; die beiden anderen senkrecht dazu stehenden Bolzen führen gegen die Buchse h isoliert zu der Welle i, auf der der Strom übertragende Ring k befestigt ist. Buchse h und Welle i laufen durch Kugellager im feststehenden Isolierkörper m. Die Stromverbindung erfolgt vom Kabel n_1 über Verbindungslasche o_1, über den Schleifkontakt l_1 und den Schleifring k auf die Welle i, vom Kabel n_2 über Verbindungslasche o_2, den Schleifkörper l_2 auf die Welle h. Die Kabel $n_1 n_2$ führen isoliert durch das an der Achsbuchse befestigte Gehäuse r zu einer Batterie und dienen gleichzeitig als Verankerung des Isolierkörpers n.

Solange die Fahrgeschwindigkeit einen bestimmten Betrag nicht überschreitet, bleiben die Schwungkörper b in der gezeichneten Ruhelage. Sobald die Zentrifugalkraft dieser Körper die Spannungen der Federn f_1 überwindet, bewegen sich die Schwungkörper nach außen und stellen durch die Bolzen g, die Federn f_2, die Stifte e Verbindung mit den Hauben c her. Es entsteht dadurch die in Abb. 34a dargestellte Stromverbindung; sie wird zur Betätigung eines Ventils benützt, das den Raum $r f_3$ des Druckübersetzers entweder mit dem Vorratsluftbehälter R oder mit der freien Luft verbindet.

Abb. 35 zeigt die Bauart eines Achslager-Bremsdruckreglers mit unmittelbarer Druckluft-Übertragung. Er ist in einer Verlängerung a_1 des Achslagergehäuses a untergebracht und wird von der Achse b unter Zwischenschaltung einer Reibungskupplung c durch eine vorgespannte Kupplungsfeder d angetrieben. Die Vorspannung ist so bemessen, daß die Kupplung normale Beschleunigungen und Verzögerungen ohne Schlupf überträgt. Wird die Achse dagegen blockiert, dann rutscht die Kupplung und schützt den Regler vor Zerstörung.

Der Regler besteht aus 4 Schwunggewichten e, die in Armen der in Kugellagern laufenden Reglerachse f schwenkbar angeordnet sind. Wenn die Fahrgeschwindigkeit 50 bis 55 km/h übersteigt, schwingen die Gewichte aus und verschieben dabei die Federhülse g gegen die vorgespannte Feder h nach rechts. Die in der Federhülse angeordnete Schieberstange i ist von der Federhülse durch ein Kugellager getrennt, so daß sie nur die axialen Bewegungen der Federhülse mitmacht; sie nimmt dabei den Schieber s mit, der in der Ruhelage den Drucksübersetzer mit dem Vorratsluftbehälter R verbindet, in der rechten Endlage des Schiebers dagegen ist der Raum rf_3 des Drucksübersetzers entlüftet. Die Verbindung zu dem am Wagenkasten befestigten Drucksübersetzer und Vorratsluftbehälter erfolgt durch Schläuche, die die Bewegungen zwischen Drehgestell und Wagenkasten zulassen.

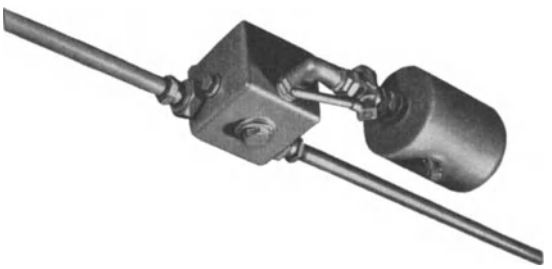


Abb. 36 Einfachbeschleuniger

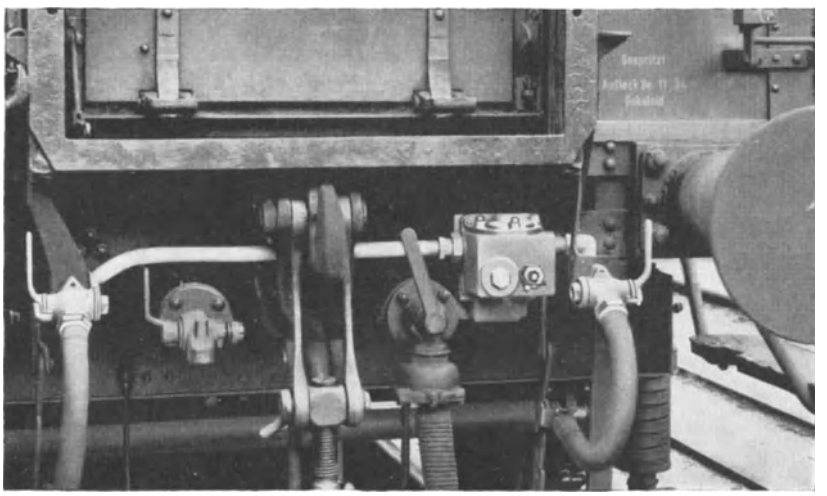


Abb. 37 Koppelbeschleuniger am Pufferträger eines D-Zugwagens

III. Bremsbeschleuniger

Durchschlagsgeschwindigkeit

Durch die Verwendung eines dem normalen Steuerventil voreilenden Ventils, das die Belüftung der Übertragungskammer steuert, ist es möglich geworden, auch bei der Güterzugbremse die Durchschlagsgeschwindigkeit wesentlich zu erhöhen. Das voreilende Ventil hat nur kleine Durchgangsquerschnitte zu steuern und sein Kolben kann deshalb ein verhältnismäßig geringes Arbeitsvolumen haben, das die in der Leitung beim Anziehen der Bremsen eingeleiteten Verdünnungs-Luftwellen wenig beeinflußt. Es lassen sich dadurch Durchschlagsgeschwindigkeiten bis zu 250 m/sek erzielen. Zur Verkürzung des Bremsdruckanstiegs und damit zur Verkürzung des Bremswegs läßt sich dieser Vorteil nicht voll ausnützen, so lange die Mischung mit anderen für den internationalen Verkehr zugelassenen Bremsen mit geringerer Durchschlagsgeschwindigkeit in einem Zuge berücksichtigt werden muß.

Bei dem bisher bei Personenzugbremsen üblichen Bremsdruckanstieg in etwa 5 Sekunden genügten die Bremsbeschleuniger, die, rein durch Druckluft in Bewegung gesetzt, dafür sorgten, daß bei Schnellbremsungen der Druckabfall in der Hauptluftleitung auch an den letzten Wagen eines 60-Achsenzuges schnell genug erfolgte, um den Zug stoßlos zum Halten zu bringen.

Neben den im Hauptwerk „Die Entwicklung der selbsttätigen Einkammer-Druckluftbremse bei den europäischen Vollbahnen“ S. 37 erwähnten Beschleunigern dieser Art ist neuerdings noch der Einfachbeschleuniger entstanden, der die Möglichkeit gibt, auch noch längere Personenzüge von 80—100 Achsen mit dem langsameren Druckanstieg (5 Sek.) stoßlos zu bremsen.

a) Einfachbeschleuniger

Man hat früher einen Vorteil darin gefunden, daß man die zur Beschleunigung der Durchschlagsgeschwindigkeit in der Hauptluftleitung abgezapfte Luftmenge dem Bremszylinder zuführte, also nutzbar machte. Das hat indes bei den neueren Bremsbauarten, die für Güter- und Personenzüge umstellbar gemacht werden mußten — soweit die Schnellbremsbeschleunigung durch das Steuerventil selbst in einer Schnellbremsstellung erfolgt —, den Mißstand gebracht, daß der bei der Personenzugstellung den Höchstbremsdruck erhöhende Leitungsdruckeinschuß bei der Güterzugstellung ausgeschaltet werden mußte, woraus sich zwei verschiedene Bremsgewichtsberechnungen ergaben.

Der Verzicht auf den nur unwesentlichen Vorteil, der Abzapfung in den Bremszylinder, gab die Möglichkeit, den Beschleuniger ganz vom Steuerventil zu trennen und ihm dabei die Eigenschaften zu geben, die vor allem erstrebenswert waren:

große Empfindlichkeit, aber dennoch große Sicherheit gegen ungewolltes Ansprechen,

großen Auslaßquerschnitt für die Leitungsluft und dadurch große Durchschlagsgeschwindigkeit.

Die bauliche Trennung vom Steuerventil erlaubt es, den Beschleuniger so weit vom Steuerventil entfernt anzubauen, daß ihm der Druckabfall, den das Steuerventil bei einer Betriebsbremsung durch das Abzapfen von Leitungsluft erzeugt, nicht mehr gefährlich wird. Außerdem setzt sich der Steuerkolben der Schnellbremsorgane nun nur in Bewegung, wenn der stärkere Druckabfall einer eingeleiteten Schnellbremsung ankommt, während es bei den Ventilen, die Betriebs- und Schnellbremsungen vermitteln, immer vorkommen konnte, daß der für eine Betriebsbremsung einmal in Bewegung gesetzte Kolben vor der Schnellbremsstellung nicht Halt machte, sondern weiterglitt. Abb. 36 zeigt das Äußere des Einfachbeschleunigers; seine Wirkungsweise ergibt sich aus Abb. 38.

Die Druckluft tritt bei l_1 von der Hauptluftleitung L kommend ein und füllt über die Düse l_2 auch die Steuerkammer a an. Bei langsamem Druckabfall in der Leitung gleicht sich der Druck in der Kammer a über die Düse l_2 aus. Da sich der Kolben k_1 bzw. dessen Wälzhaut erfahrungsgemäß weder im Bewegungswiderstand noch in der Dichtheit ändert, so kann die Größe der Düse l_2 im Verhältnis zu der Belastungsfeder f_1 und dem Querschnitt des Ventils v_1 so gewählt werden, daß ein ganz genaues Maß für die Unempfindlichkeit des Beschleunigers festzulegen ist. Bei stärkerer Druckverminderung in der Leitung, wie sie bei Schnellbremsungen eingeleitet wird, wird der Kolben k_1 nach oben getrieben und hebt das Ventil v_1 von seinem Sitz ab. Die dabei über den Stoßkolben k_2 tretende Druckluft treibt diesen nach unten und öffnet das große Auslaßventil v_2, durch das die Leitungsluft unmittelbar in die Übertragungskammer $\ddot{U}$ und den an sie angeschlossenen Behälter stürzt. Die Feder f_2 dient dazu, das Ventil v_2 nach erfolgtem Druckausgleich wieder zu schließen.

Der Raum b unter dem Stoßkolben k_2 füllt sich durch die Düse v_3 verzögert auf, so daß das Ventil v_2 längere Zeit geöffnet bleibt. Die Entlüftung der Räume über und unter dem Stoßkolben erfolgt durch die Düse v_4 in die Übertragungskammer, die sich ihrerseits durch eine (nicht gezeichnete) Düse ins Freie entleert.

Mit diesem Beschleuniger ist auf dem Versuchsstand eine Durchschlagsgeschwindigkeit von 300 m/sek erreicht worden. Am Zug wird die günstige Wirkung jedoch durch die Rohrabzweigungen stark abgeschwächt. Immerhin konnte gegenüber den bekannten Beschleunigern eine wesentliche Besserung erzielt werden.

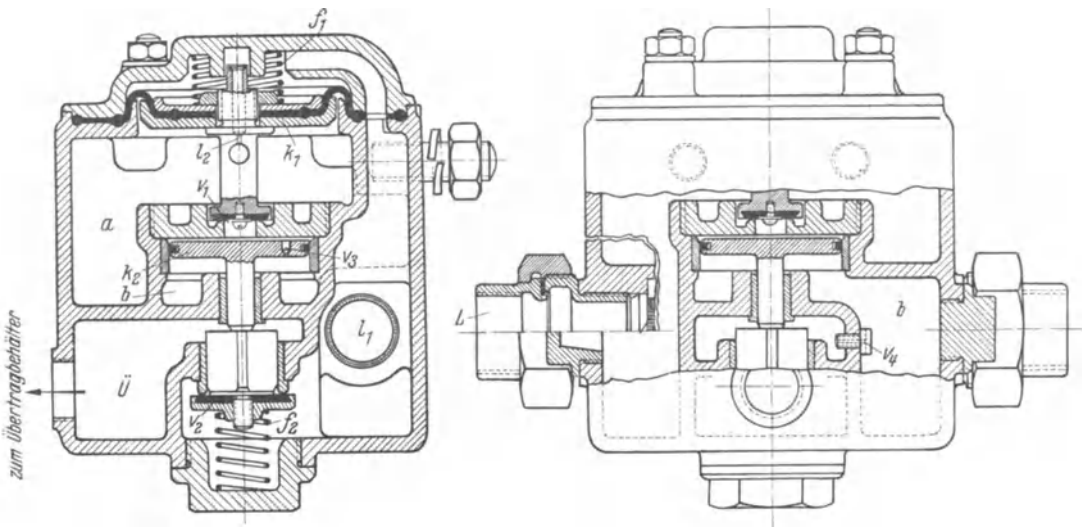


Abb. 38 Wirkungsweise des Einfachbeschleunigers

b) Koppelbeschleuniger

Für den bei den hohen Fahrgeschwindigkeiten von 150 km/h und mehr erforderlichen schnellen und hohen Druckanstieg in 2 Sekunden genügen jedoch die Einfachbeschleuniger nicht mehr, und man hätte dafür zur elektrischen Steuerung greifen müssen, wenn es nicht gelungen wäre, die Beschleunigungsfrage auf rein mechanischem Weg zu lösen durch den Koppelbeschleuniger.

Bei dieser Beschleuniger-Bauart wird die Beschleunigung im Wagen durch einen Drahtzug bewirkt, während die Übertragung zwischen den Wagen rein durch Druckluft erfolgt wie bei den Einfachbeschleunigern. Die an den Wagenenden dicht an den Schlauchkupplungen angebauten Beschleuniger bzw. deren Ventile sind miteinander derart durch einen in einem Rohr unter dem Wagenkasten gelagerten Draht verbunden, daß, sobald die von der Wagenkupplung kommende Luftwelle den am einen Kopfende angebrachten Beschleuniger zum Ansprechen bringt, sofort auch der Auslaß des am anderen Kopfende angebrachten Beschleunigers aufgerissen wird. Während die Fortpflanzung der Druckluftwelle zwischen 2 Wagen keine größere Geschwindigkeit haben kann als Schallgeschwindigkeit in Luft, ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Wagen ebenso von der „Schallgeschwindigkeit in Draht" abhängig, die ein Vielfaches der Schallgeschwindigkeit in Luft beträgt. Die sich aus beiden ergebende Durchschnittsgeschwindigkeit ist naturgemäß je nach der Länge der Wagen verschieden. Sie beträgt bei den aus 60 vierachsigen Durchgangswagen der Deutschen Reichsbahn bestehenden Zügen absolut gemessen bis zu 1400 m/sek; mißt man sie nach der üblichen Art vom Umlegen des Führerbremshebels bis zum Ansprechen des letzten Bremszylinders, so ändert sich der Wert wegen der Verlustziffer auf etwa 700 m/sek.

Abb. 39 zeigt das Schema des Koppelbeschleunigers zum leichteren Verständnis für eine Fahrtrichtung. In seinem Aufbau entspricht es dem vorher beschriebenen Einfachbeschleuniger, nur daß der Stoßkolben k_2 das Auslaßventil v_2 nicht unmittelbar aufstößt, sondern es durch Vermittlung eines von einem zu anderen Wagenende führenden Koppeldrahtes d aufzieht.

Kommt vom linken Wagenende ein starker Druckabfall in der Leitung an, so wird der Kolben k_1 durch den dabei in der Steuerkammer a verbleibenden Überdruck gegen die Feder f nach oben geschleudert und öffnet das Einlaßventil v_1, so daß die Steuerkammerluft a in den Raum b rechts vom Kolben k_2 tritt und diesen nach links bewegt.

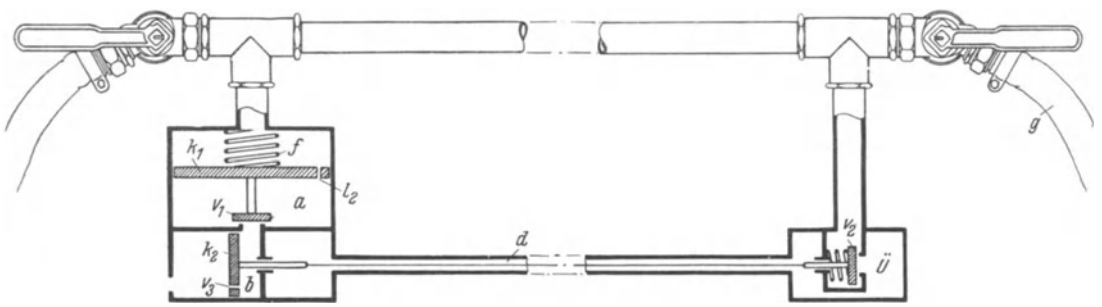


Abb. 39 Wirkungsweise des Koppelbeschleunigers für eine Fahrtrichtung

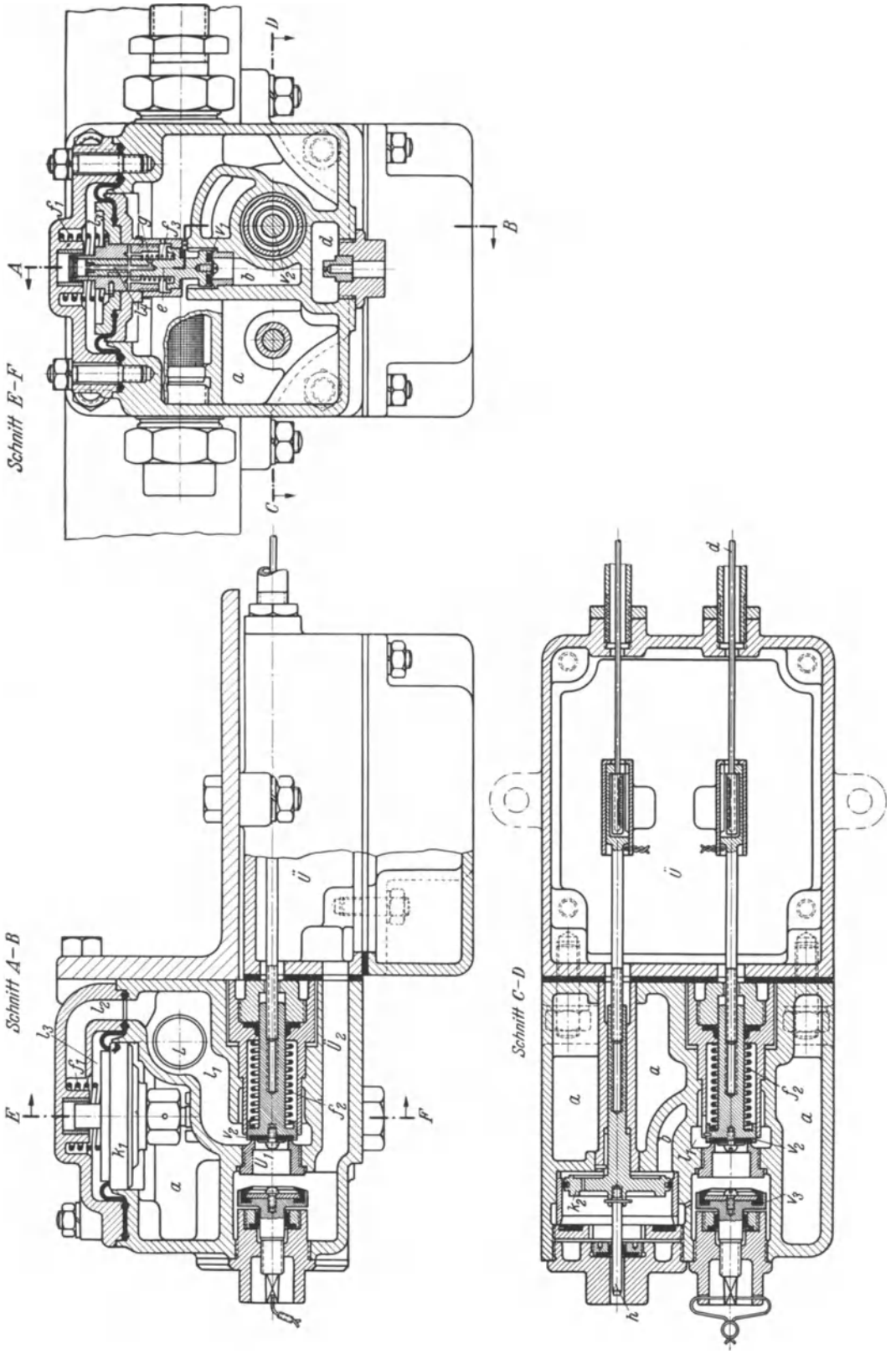


Abb. 40 Schnitt des Koppelbeschleunigers

Dabei wird durch den unter dem Wagen zum anderen Wagenende führenden Koppeldraht d das dort befindliche Ventil v_2 aufgerissen und verbindet die Leitung mit der Übertragungskammer $\ddot{U}$, so daß beinahe gleichzeitig auch an dem rechten Wagenende ein starker Druckabfall in der Leitung eintritt, der sich über die Bremskupplung g auf den Anfang des nächsten Wagens überträgt, lange bevor die Ursprungswelle ankommt.

Für das Arbeiten in beiden Richtungen ist die Einrichtung im Wagen verdoppelt, indem die Ventile v_1 und v_2 an beiden Wagenenden in einem Gehäuse zusammengebaut, die Koppeldrähte dagegen getrennt durch 2 Rohre geführt sind.

Abb. 37 zeigt die wirkliche Ausführung des Koppelbeschleunigers an einem Wagenende. Der Koppelbeschleuniger ist vor dem Pufferträger des Wagens befestigt und in die Verbindungsleitung zwischen den beiden Kupplungsenden bzw. Kupplungshähnen eingeschaltet, so daß der Luftweg von der Kupplung so kurz wie möglich gehalten ist, sei es, daß die linke oder die rechte Bremskupplung verwandt wird.

Die Wirkungsweise des Koppelbeschleunigers wird anhand der Abb. 40 beschrieben: Die Hauptluftleitung L ist über l_1 l_2 mit dem Raum l_3 über dem Steuerkolben k_1 verbunden (Schnitt A—B). Dieser ist durch eine Wälzhaut abgedichtet und wird durch die Feder f_1 in seiner untersten Lage gehalten. Die Leitungsluft tritt von l_3 über den engen Kanal l_4 und die Bohrung g in die Steuerkammer a über, so daß in dieser Leitungsdruck herrscht (Schnitt E—F). Wird bei einer Betriebsbremsung der Leitungsdruck nur langsam ermäßigt, so gleicht sich der Druck der Steuerkammer a über die engen Kanäle l_4 mit der Leitung aus, und der Kolben k_1 bleibt in Ruhe. Wird dagegen der Druck in der Leitung für eine Schnellbremsung plötzlich stark ermäßigt, so bildet sich in a ein Überdruck, der den Kolben k_1 gegen den Druck der Feder f_1 hebt und das Ventil v_1 öffnet. Infolgedessen strömt Druckluft aus der Steuerkammer a nach b auf die rechte Seite des Kolbens k_2. Dieser Kolben k_2 (Schnitt C—D) wird nach links geschoben und öffnet durch den zum anderen Ende führenden Drahtzug das dort in dem entsprechenden Beschleuniger befindliche Ventil v_2, welches die Leitung L über l_1, $\ddot{u}_1$, $\ddot{u}_2$ mit der unter dem Pufferträger angeordneten, aber mit dem Beschleuniger fest verschraubten Übertragungskammer $\ddot{U}$ verbindet. Sobald sich der Druck in der Übertragungskammer ausgeglichen hat, schließt sich das Ventil v_2 wieder unter Wirkung der Feder f_2 und der Kolben k_2 wird gleichzeitig in seine Anfangsstellung zurückgezogen, nachdem der Druck auf seinen beiden Seiten sich durch die in ihm angebrachte Bohrung ausgeglichen hat. Die Entleerung der Übertragungskammer erfolgt durch eine in dem Kanal $\ddot{u}_2$ angebrachte Düse d (Schnitt E—F).

Das Ventil v_3 bietet die Möglichkeit, den Koppelbeschleuniger außer Betrieb zu setzen; das Ventil wird zu diesem Zweck auf den Sitz des Ventils v_2 niedergeschraubt.

Im Steuerkolben k_1 befindet sich noch der Rundschieber e (Schnitt E—F), der die Verlängerung der Kolbenstange mit dem Ventil v_1 bildet. Die Feder f_3 hält Kolben und Kolbenstange in der gestreckten Stellung. Beim Füllvorgang schiebt der Überdruck von L diese Teile gegen die Feder f_3 ineinander und schaltet zwei von den zur Steuerkammer a führenden drei Bohrungen aus, so daß die Füllung der kleinen Steuerkammer durch die Düse g verzögert erfolgt. Die Steuerkammer ist so vor Überladungen bei langen Füllstößen geschützt.

Ein am Ziehkolben k_2 befestigter Stift h (Schnitt C—D) läßt die Bewegung und die Stellung des Kolbens k_2 erkennen; bei gerissenem Koppeldraht würde der Stift dauernd aus dem Gehäuse herausragen. Die Übertragungskammer ist gleichzeitig Koppelkasten, also der Raum, in dem die Koppeldrähte mit dem Ventil verbunden werden.

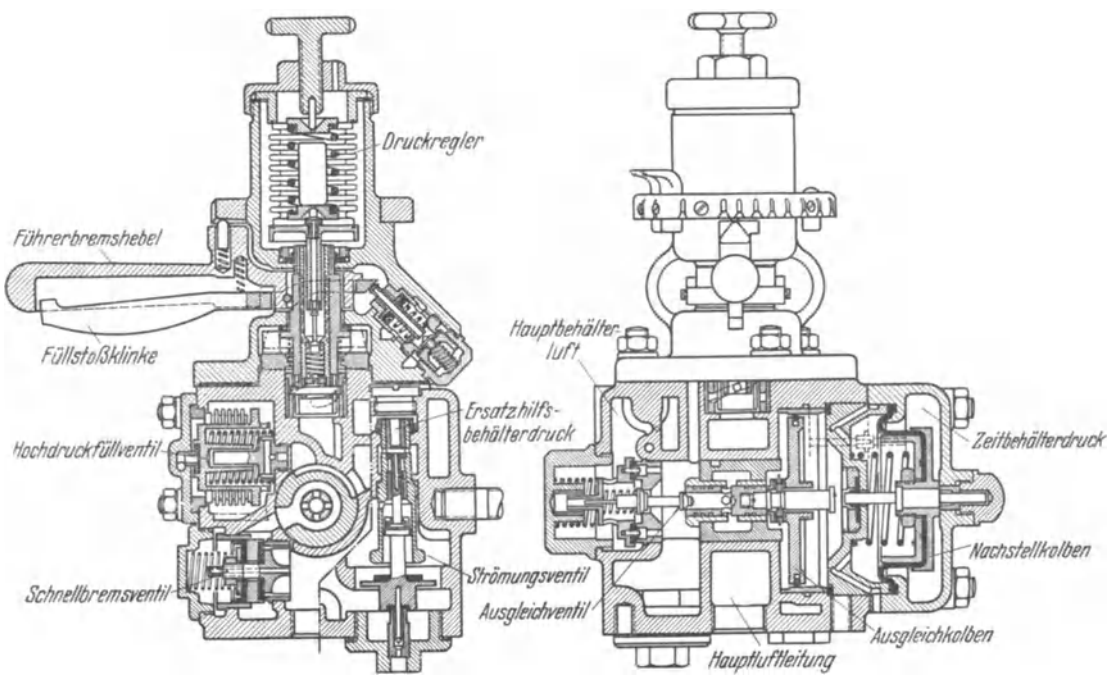


Abb. 41 Selbsttätiges Führerbremsventil, Bauart Knorr, Schnitt

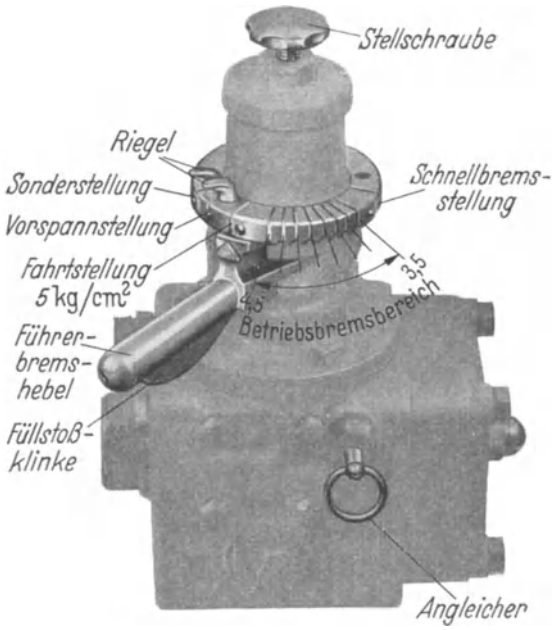


Abb. 42 Selbsttätiges Führerbremsventil, Bauart Knorr, Ansicht mit Hebelstellungen

IV. Das selbsttätige Führerbremsventil

Bei den Prüfungen der neuen Bremsbauarten für Güterzüge durch den Internationalen Eisenbahnverband wurden nur die beiden Standard-Führerbremsventile von Westinghouse und Knorr angewandt, die keinerlei Nachspeisungen besitzen. Das Führerbremsventil von Drolshammer ist überhaupt nirgends, das von Božić nur in der ehemaligen Tschechoslowakei zur Einführung gekommen. Das Božić-Führerventil zeigte sich insbesondere deshalb als wenig empfehlenswert, weil es in der Fahrtstellung einen zu großen Querschnitt für den Übertritt der Druckluft in die Bremsleitung hat und deshalb Bremsungen aus dem Zuge unter Umständen unmöglich macht.

Es ist aber zweifellos, daß die alten Standard-Führerbremsventile den neuen Forderungen an den Zugbetrieb nicht mehr gerecht werden können. Einmal verlangen die neuen nachspeisenden und dadurch unerschöpfbaren Bremsen ein Nachspeisen des Führerbremsventils, weil der Lokomotivführer ohne dieses ständig mit dem Bremshebel zwischen Abschluß- und Fahrtstellung hin- und herarbeiten muß, wenn er die Vorteile der neuen Bremse ausnützen will. Außerdem muß der Führer nach jeder Bremsung darauf achten, daß er den Führerbremshebel nicht zu lange in Füllstellung stehen läßt und damit die Bremsen am Zuganfang überlädt. Benützt er andererseits die Füllstellung zu kurz, so wird dadurch die Lösezeit verlängert, insbesondere bei den mehrlösigen Bremsen, die erst gelöst sind, wenn der Druck in der Bremsleitung wieder auf den Regeldruck gebracht worden ist. Die Zeitdauer, in der der Bremshebel in Füllstellung zu belassen ist, ist aber ganz verschieden je nach der Zuglänge und der Stärke der vorher benützten Bremswirkung, der Höhe des Hauptluftbehälterdrucks und der Zahl der Bremswagen. Die sich daraus ergebenden Unterschiede in der Bedienung des Bremsventils belasten den Führer im starken Maße, und es war notwendig, dagegen Abhilfe zu schaffen. Sie ist gefunden in dem selbsttätigen Führerbremsventil Bauart Knorr. Die Abbildungen 41 und 42 zeigen dieses neue Führerbremsventil.

Der Lösevorgang aller Druckluftbremsen besteht, wenn das Lösen in kürzester Zeit erfolgen soll, aus dem Füllstoß, d. h. der Hochdruckfüllzeit, während der die Bremsleitung unmittelbar aus dem Hauptluftbehälter mit dem darin herrschenden hohen Druck gespeist wird, und aus der dieser Füllzeit sich anschließenden Niederdruckfüllzeit, in der die Hauptluftleitung über einen Druckregler mit verringertem Druck vollständig aufgeladen wird, bis der Druck in ihr und in den an sie angeschlossenen Bremsausrüstungen den Regeldruck erreicht hat. Der Übergang zwischen Hochdruck- und Niederdruck-Füllzeit darf nicht schroff erfolgen, da sonst die Bremsen am vorderen Zugteil wieder anspringen und die Möglichkeiten, die Bremsleitung in kürzester Zeit aufzufüllen, nicht ganz ausgenützt werden. Ein geschickter Lokomotivführer schließt die unmittelbare Verbindung zwischen dem Hauptluftbehälter und der Bremsleitung nur ganz allmählich ab, so daß eine Zeitlang noch ein über den Druckreglerdruck erhöhter Luftdruck im Anfang der Bremsleitung zur Wirkung kommt, ohne daß die Steuerventile am Zuganfang überladen werden.

Beim selbsttätigen Führerbremsventil Bauart Knorr kann die Hochdruckfüllzeit in der Fahrtstellung und im gesamten Betriebsbremsbereich mit Hilfe einer am Führerbremshebel angebrachten Füllstoßklinke eingeleitet werden. Die Dauer der Hochdruckfüllzeit richtet sich selbsttätig nach der Länge des Zuges, nach der Höhe des Hauptluftleitungsdrucks, den der Lokomotivführer mit dem Führerbremshebel einstellt, und berücksichtigt die Höhe des Hauptluftbehälterdrucks und die Zusammensetzung des Zuges. Die Hochdruckfüllzeit wird im Augenblick der Überladegefahr des ersten Wagens selbsttätig abgebrochen und ist damit so lang wie theoretisch überhaupt möglich.

Der Abbruch der Hochdruckfüllzeit erfolgt durch das selbsttätige Schließen eines „Hochdruckfüllventils", wenn der Druck in einem Ersatzhilfsbehälter die Höhe des mit dem Führerhebel eingestellten Drucks erreicht hat. Da dieser Behälter auf Grund seiner Größe und seiner Füllöffnung denselben Druckverlauf wie der erste Hilfsluftbehälter des Zuges hat, kann man auch jede einzelne Lösestufe mit der denkbar längsten Hochdruckfüllzeit einleiten.

Bei mittleren und kleinen Zuglängen würde trotz dieser Überwachung der Hochdruckfüllzeit durch den Ersatzhilfsbehälter noch eine Überladegefahr bestehen, weil sich die gesamte Hauptluftleitung schnell bis an das Ende mit Luft von Hauptbehälterdruck auffüllt, die noch in die Hilfsluftbehälter abfließt, wenn die Hochdruckfüllzeit durch den Anstieg des Drucks im Ersatzhilfsbehälter bereits beendet worden ist. Diese Gefahr wird durch ein „Strömungsventil" beseitigt, das die Hochdruckfüllzeit abbricht, sobald die Strömung in der Hauptluftleitung auf einen gewissen Betrag gesunken ist. Der Schaltpunkt ist so gelegt, daß der in der Hauptluftleitung verbleibende Überschuß die Hilfsluftbehälter gerade noch auf den gewünschten Druck auffüllt.

Somit wird die Gefahr des Überladens bei langen Zügen durch den Einfluß des Ersatzhilfsbehälters, bei mittleren und kurzen Zügen durch den des Strömungsventils beseitigt. Der Verlauf der Hochdruckfüllzeit richtet sich dadurch selbsttätig nach der Zuglänge.

Nach der Hochdruckfüllzeit beginnt die Niederdruckfüllzeit. Sie ist wegen ihrer längeren Dauer für das Kürzen des Füllvorgangs noch wesentlicher als die kurze Hochdruckfüllzeit. In der Niederdruckfüllzeit werden zwei Mittel zum Beschleunigen des Füllens angewandt.

1. Der positiv strömungsabhängige Druckregler

Die bekannten Druckregler haben eine negative Strömungscharakteristik, d. h. der Speisedruck des Druckreglers liegt um so weiter unter dem durch die Druckreglerfeder eingestellten Wert, je stärker die Strömung in ihm ist. Der Druckregler des selbsttätigen Führerbremsventils ist dagegen positiv strömungsabhängig. Sein Speisedruck liegt um so höher über dem durch die Druckreglerfeder festgelegten Druck, je stärker die Strömung ist, er nähert sich diesem Druck mit dem Abflauen der Strömung stetig und vollständig.

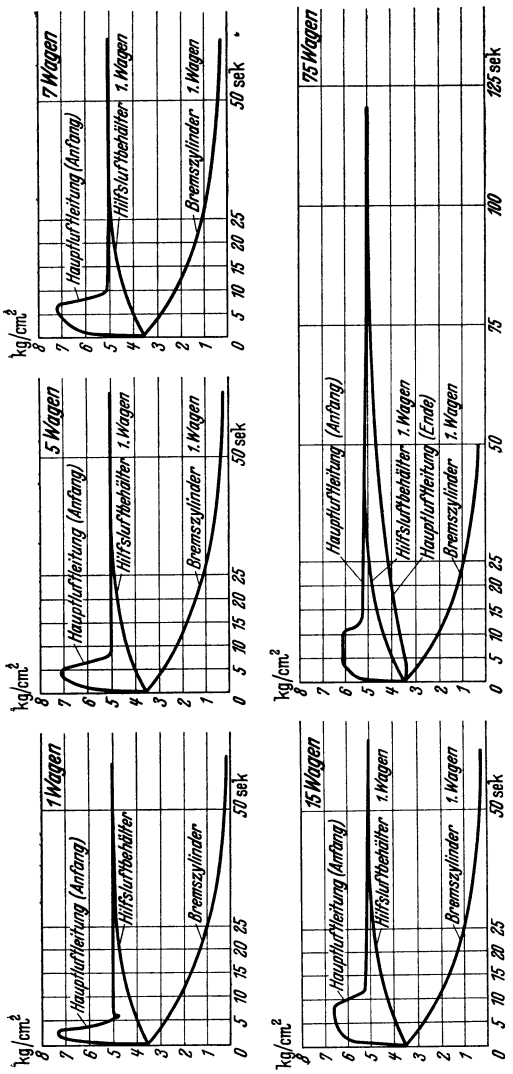
2. Der Querschnittwechsel

Der Querschnitt, durch den die Leitung in der Fahrtstellung gefüllt wird, muß an sich verhältnismäßig klein sein, damit die Notbremsung vom Zuge aus nicht durch zu starkes Nachspeisen des Führerbremsventils behindert wird. Beim selbsttätigen Führerbremsventil erfolgt die Füllung während der Niederdruckfüllzeit über ein vom Druckregler gesteuertes „Ausgleichventil" zunächst durch einen größeren Querschnitt, als es mit Rücksicht auf eine Notbremsung vom Zuge aus zulässig wäre. Dieser „Großquerschnitt" verkleinert sich jedoch nach einer von der Zuglänge abhängigen Zeit selbsttätig auf einen „Kleinquerschnitt", sobald die Bremsen weit genug gelöst sind; eine Notbremsung vom Zuge aus dringt dabei noch sicherer bis zur Lokomotive vor, weil der Kleinquerschnitt unter diesen Umständen noch verringert werden konnte.

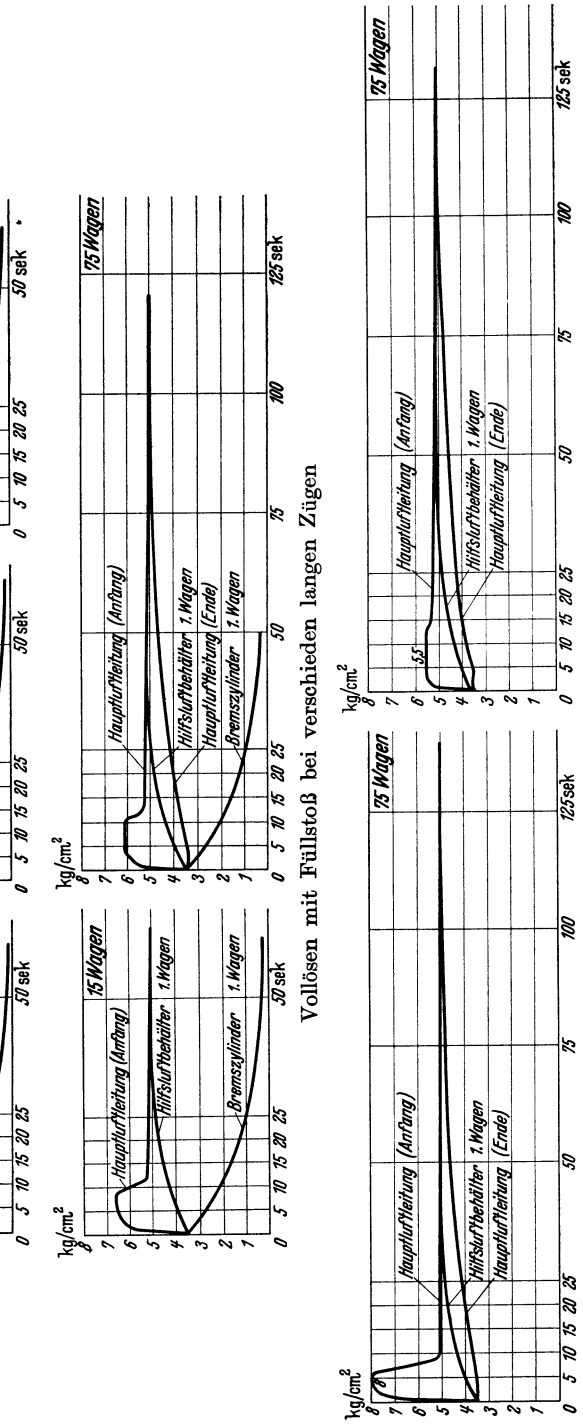
Die Vorgänge der Niederdruckfüllzeit werden ebenfalls mit Hilfe der Strömung der Hauptluftleitung gesteuert. Dazu wird der Druck eines „Zeitbehälters" benützt, der sich während der von der Zuglänge, dem Hauptluftbehälterdruck und der Größe der Lösestufe abhängigen Hochdruckfüllzeit durch eine Düse füllt und sich im Anschluß daran langsam entlüftet. Damit steht der im Zeitbehälter entstandene Druck bzw. die Zeit seines Abfallens in einem direkten Verhältnis zu den genannten Einflüssen.

Durch den Druck des Zeitbehälters wird mit Hilfe eines auf das Ausgleichventil wirkenden Nachstellkolbens sowohl der Grad der positiven Strömungsabhängigkeit des Ventils als auch die Veränderung der Füllquerschnitte während der Niederdruckfüllzeit bestimmt.

Die Belüft- und Entlüftzeiten des Zeitbehälters sind durch Düsen so festgelegt, daß der Zeitbehälter etwa entlüftet ist, wenn der letzte Hilfsbehälter des beliebig langen Zuges den am Führerhebel eingestellten Druck erreicht hat.



Vollösen mit Füllstoß bei verschieden langen Zügen



Vollösen mit Füllstoß bei verschiedenen Hauptluftbehälterdrücken

8 Lösestufen Stufenlösen mit Füllstößen 3 Lösestufen

Abb. 43 Druckschaulinien des selbsttätigen Führerbremsventils

Abb. 43 zeigt in einer Schaulinienreihe den Hauptluftleitungsdruck am Anfang der Bremsleitung der verschiedenen Zuglängen, wenn der Lokomotivführer nach einer Vollbremsung den Bremshebel in die Fahrtstellung gelegt und dabei die Füllstoßklinke kurz betätigt hat. Beim 150-Achsenzug ist gleichzeitig der Druckverlauf in den Bremszylindern und Hilfsluftbehältern des ersten und des letzten Wagens eingezeichnet. Die Bremszylinder lösen in dem Maße aus, in dem sich ihre Hilfsluftbehälter auffüllen, wobei der letzte Wagen später einsetzt und langsamer löst. Die Darstellung zeigt, wie die Hochdruckfüllzeit zu Ende geht, wenn sich der Füllungsgrad des ersten Hilfsluftbehälters dem Regeldruck von 5 kg/cm² nähert und daher die Gefahr des Überladens besteht. Es ist weiter zu sehen, wie der Leitungsdruck in der anschließenden Niederdruckfüllzeit nicht wie früher zunächst unter den Regeldruck von 5 kg/cm² sinkt und dann wieder auf 5 kg/cm² steigt, sondern etwas über diesem Wert bleibt und so abzusinken beginnt, daß er in dem Augenblick 5 kg/cm² erreicht, in dem die letzte Bremse gelöst ist (positive Strömungsabhängigkeit).

Mit kürzer werdendem Zug werden die Füllstöße kürzer und gleichzeitig wird der Grad der Überhöhung des Leitungsdrucks während der Niederdruckfüllzeit geringer. Ein weiteres Schaulinienpaar zeigt die Abhängigkeit der Füllstoßdauer vom Hauptluftbehälterdruck: der Füllstoß wird länger, wenn der Hauptbehälterdruck niedrig ist.

Erhöht man den Hauptluftleitungsdruck nicht gleich bis auf den Regeldruck, sondern in einzelnen Stufen unter jedesmaligem Drücken der Füllstoßklinke, so werden die einzelnen Hochdruckfüllzeiten und Niederdruckfüllzeiten bei jeder Zuglänge um so kürzer, je kleiner die Lösestufe war, wie es die dritte Schaulinienreihe für verschiedene Lösestufen zeigt.

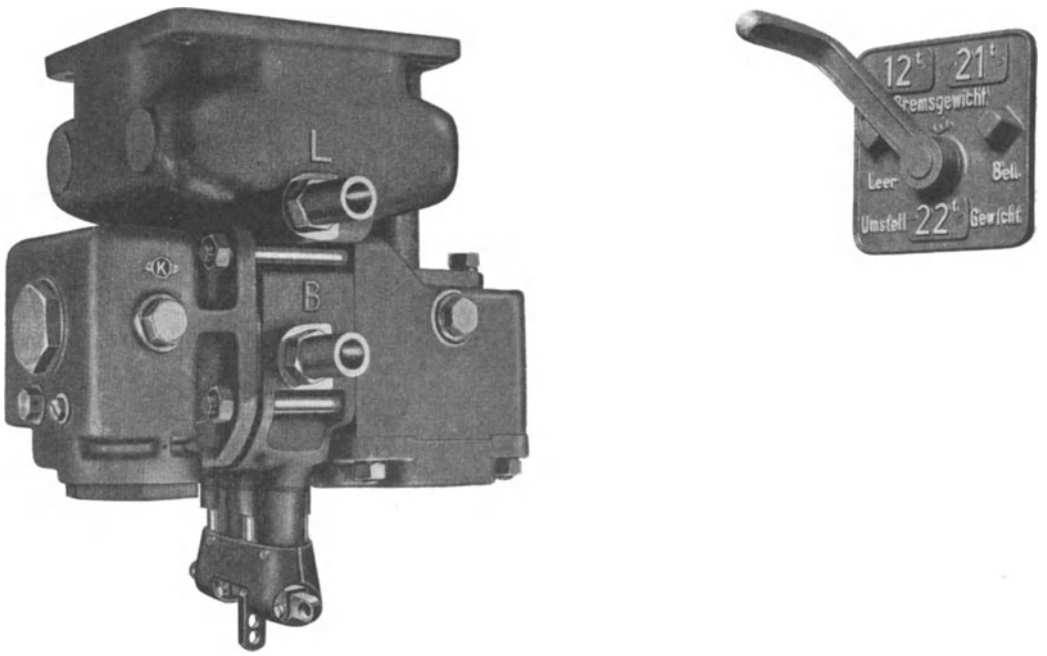


Abb. 44 Steuerventil Hik*gl* und Schildlager

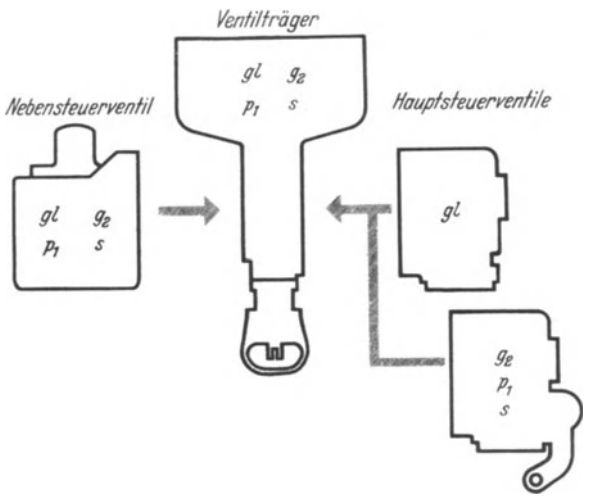


Abb. 45 Zusammenstellmöglichkeit des dreiteiligen Hildebrand-Knorr-Steuerventils für verschiedene Bremsbauarten

gl = Güterzug mit mechanischer Lastabbremsung,
g_2 = Güterzug mit Druckluft-Lastabbremsung,
p_1 = Personenzug,
s = Schnellzug.

V. Ausführungsformen der Hildebrand-Knorr-Bremse

Für die richtige Bemessung der Empfindlichkeit oder Unempfindlichkeit einer Druckluftbremse kann nur der praktische Betrieb ausschlaggebend sein. Einesteils ermöglicht eine große Empfindlichkeit des Steuerventils große Durchschlagsgeschwindigkeiten, anderenteils aber verursacht sie ungewolltes Ansprechen der Bremsen, wenn durch nicht ganz vorsichtige Handhabung des Führerbremsventils stärkere Druckschwankungen in der Bremsleitung auftreten. Da letztere Möglichkeit den ruhigen Ablauf des Betriebs stört, ist es besser, zu Lasten der Durchschlagsgeschwindigkeit Zugeständnisse zu machen, zumal wenn diese noch größer bleibt, als es für ein stoßloses Bremsen langer Züge erforderlich ist.

Deshalb wurde bei der endgültigen Ausführung der Hildebrand-Knorr-Bremse darauf verzichtet, die Verbindung zwischen der Hauptluftleitung und der Übertragungskammer durch den ursprünglich verwendeten voreilenden Schieber zu steuern. Die Verbindung wurde vielmehr in den Hauptschieber gelegt, dessen Bewegung zwar träger, aber auch unempfindlicher ist gegen kleine Schwankungen im Leitungsdruck. Die Durchschlagsgeschwindigkeit der Hildebrand-Knorr-Bremse beträgt nach dieser Änderung immer noch über 200 m/sek, ist also viel größer als die der bis dahin zugelassenen und in praktischen Betrieb gekommenen Güterzug-Druckluftbremsen.

Weitere Vereinfachungen gegenüber der in Abb. 25 gezeigten Form des Steuerventils wurden vorgenommen, nachdem sich die beweglichen Einzelteile in mehrjährigem Betrieb als zuverlässig erwiesen hatten. Sie hatten in erster Linie Ersparnis an Raum und Gewicht zum Ziel, in zweiter Linie eine weitgehende Vereinheitlichung der für Güterzüge, Personenzüge und Schnellzüge zur Verwendung gelangenden Steuerventile.

Die Steuerventile der Hildebrand-Knorr-Bremse, für welchen Verwendungszweck sie auch dienen mögen, bestehen aus 3 Teilen, nämlich aus dem Hauptsteuerventil, dem Nebensteuerventil und dem Ventilträger. Durch diese Teilung ist die Prüfung der verschiedenen Arbeitsaufgaben des Steuerventils sehr erleichtert.

Das Hauptsteuerventil (Zweidruckventil) enthält die von dem Leitungsdruck unmittelbar beeinflußte Steuerung, die beim Anbremsen die Leitung mit einer in ihm eingeschlossenen Übertragungskammer verbindet und über ein Mindestdruckventil den ersten Ansprung der Bremse sicherstellt. Im Hauptsteuerventil sind ferner die verschiedenen auswechselbaren Düsen enthalten, die den verschiedenen Bremszylindergrößen entsprechen. Es enthält außerdem den Umstellhahn, durch den die Bremse für Verwendung in verschiedenen Zugarten eingestellt werden kann.

Das Nebensteuerventil (Dreidruckventil) stellt beim Bremsen wie beim Lösen den dem Leitungsdruck entsprechenden Bremszylinderdruck ein und erhält ihn aufrecht.

Der Ventilträger, mit dem das ganze Steuerventil am Wagen befestigt wird, enthält, gegen Undichtigkeiten geschützt, die Steuerkammer für das Dreidruckventil und die Lösevorrichtung. Alle nach außen führenden Rohrleitungen sind an ihm angeschlossen. Zur Lösevorrichtung gehören die unter dem Ventilträger angeordneten und durch einen gemeinsamen Hebel mit Drahtzug zu bedienenden Löseventile, durch die die Räume A B R und C entlüftet werden können.

Das Nebensteuerventil und der Ventilträger sind für alle Hik-Steuerventilbauarten vollständig gleich. Nur das Hauptsteuerventil richtet sich in seiner Einrichtung nach dem jeweiligen Verwendungszweck, wie aus Abb. 45 zu entnehmen.

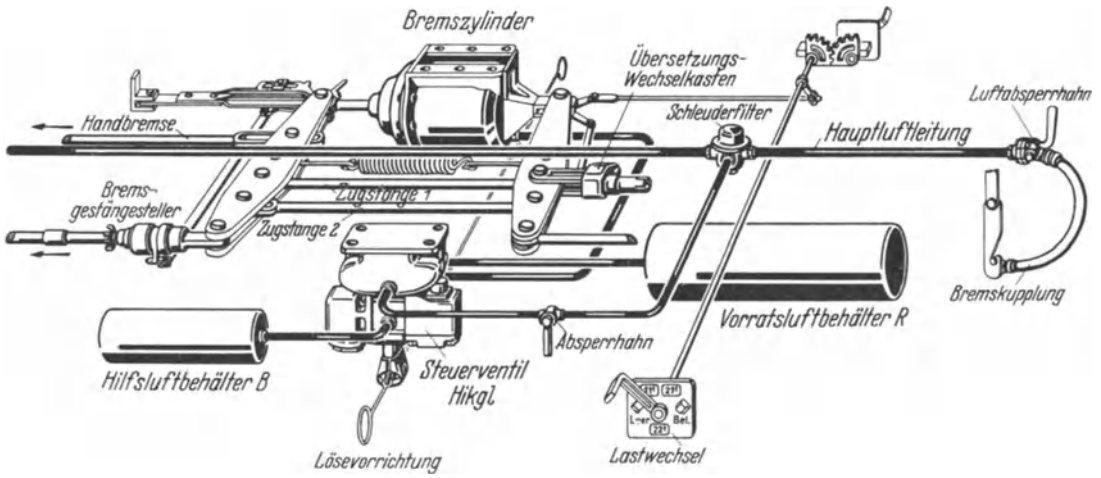


Abb. 46
Grundsätzliche Anordnung der Hildebrand-Knorr-Bremse für Güterzüge mit mechanischer Lastabbremsung

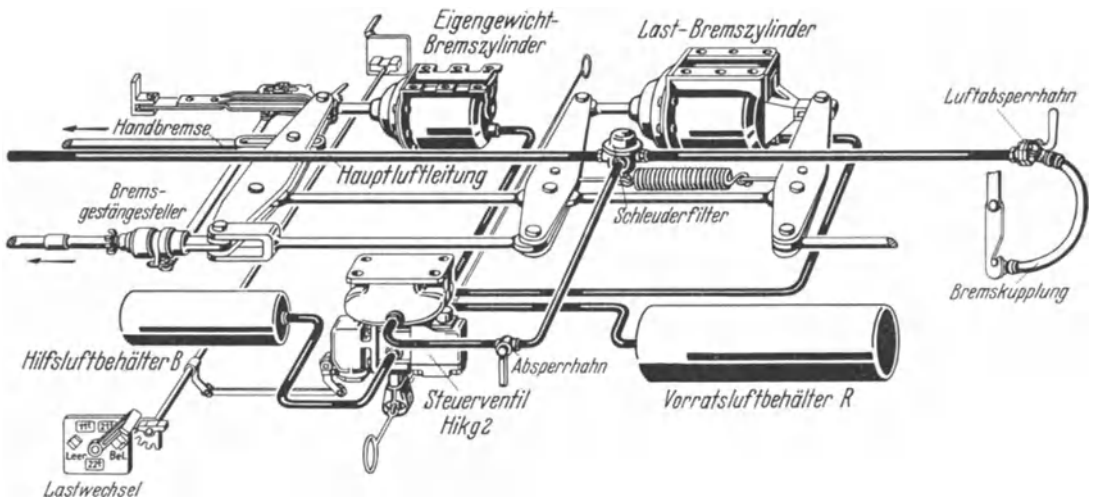


Abb. 47
Grundsätzliche Anordnung der Hildebrand-Knorr-Bremse für Güterzüge mit Druckluft-Lastabbremsung

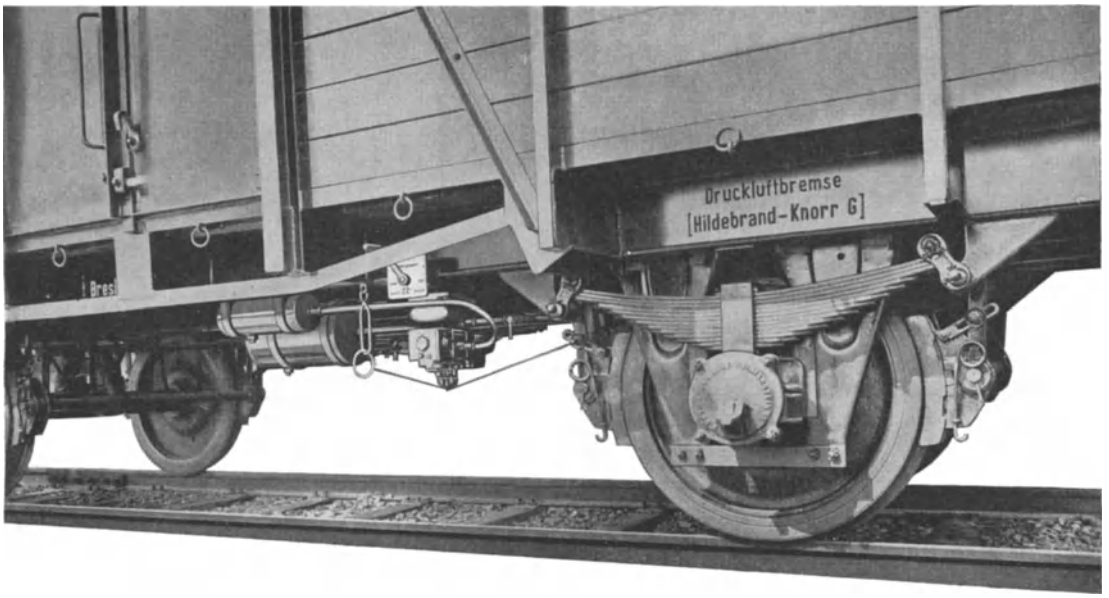


Abb. 48
Anordnung der Hildebrand-Knorr-Bremse am Güterwagen mit Steuerventil Hikg*l* und mechanischer Lastabbremsung

a) Die Hildebrand-Knorr-Bremse für Güterzüge Hikgbr

Die erste Ausführungsform der Hildebrand-Knorr-Bremse bildete wie bei der Kunze-Knorr-Bremse die Güterzugbremse. Für die Abbremsung des Ladegewichts, die jetzt von jeder neuen Güterzugbremse verlangt wird, wurde zunächst ein zweiter Bremszylinder vorgesehen. Dieser ist auch noch für besonders große Ladegewichte beibehalten worden. Für die kleineren Ladegewichte wird die mechanische Lastabbremsung verwendet.

Abb. 46 und 47 zeigen die Anordnungen der Hildebrand-Knorr-Güterzugbremse in den beiden genannten Ausführungen: Abb. 46 mit Umstellung der Übersetzung im Bremsgestänge, Abb. 47 mit Lastbremszylinder.

Bei der Ausführung mit Druckluft-Lastabbremsung ist der Lastbremszylinder so an das Steuerventil angeschlossen, daß er mit einem im Steuerventil angeordneten Umstellhahn dem Eigengewichts-Bremszylinder gleichgeschaltet werden kann. Der Lastbremszylinder wirkt dann durch einen zusätzlichen Bremshebel auf das Ausgleich-Bremsgestänge.

Bei der Ausführung mit mechanischer Lastabbremsung wird nur ein Bremszylinder entsprechender Größe verwendet. Der sich bei der Umstellung ergebende Hubunterschied des Bremskolbens wird, wie es auf Seite 29 beschrieben ist, durch das freie Spiel am Mitnehmeranschlag im Lastwechselkasten ausgeglichen.

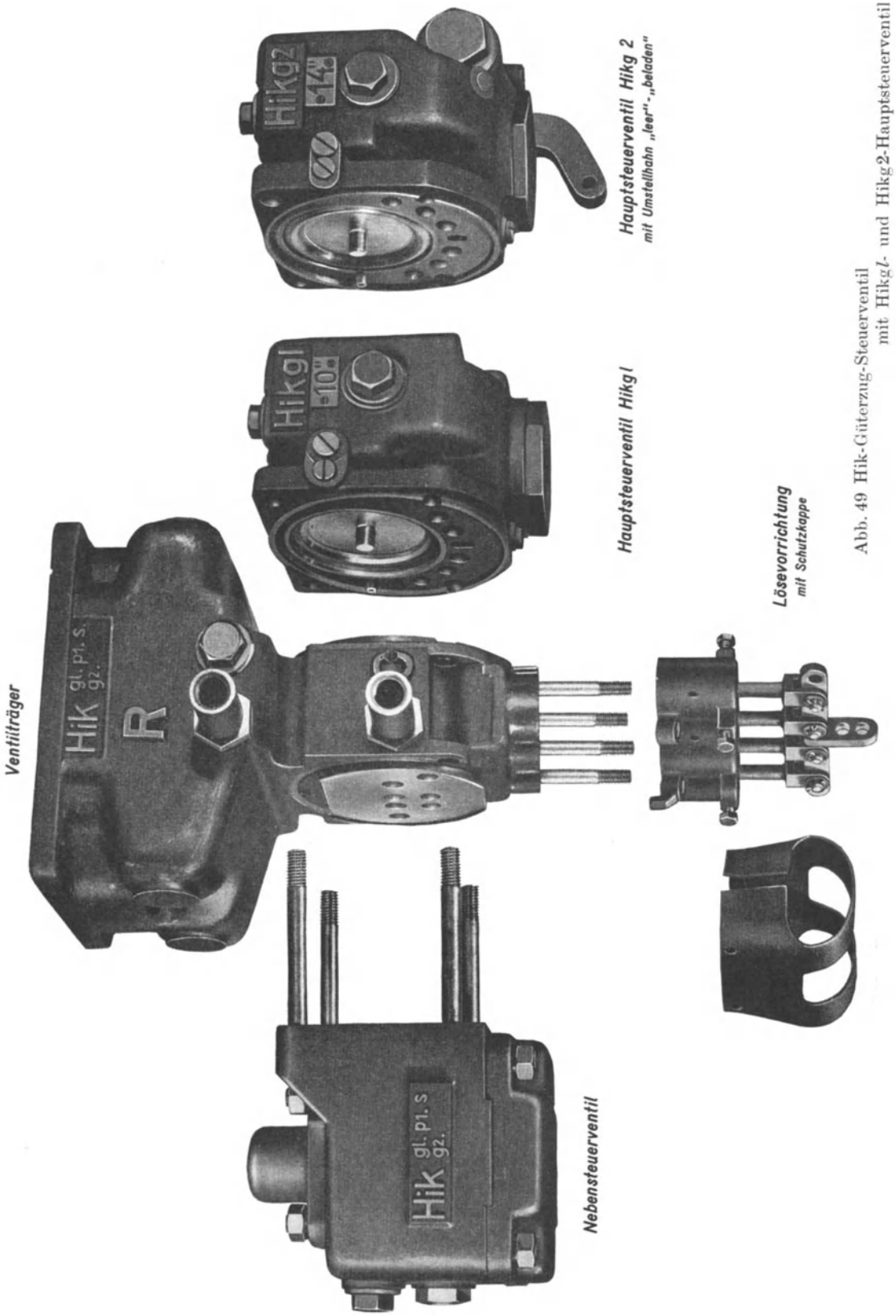


Abb. 49 Hik-Güterzug-Steuerventil mit Hikg*l*- und Hikg2-Hauptsteuerventil

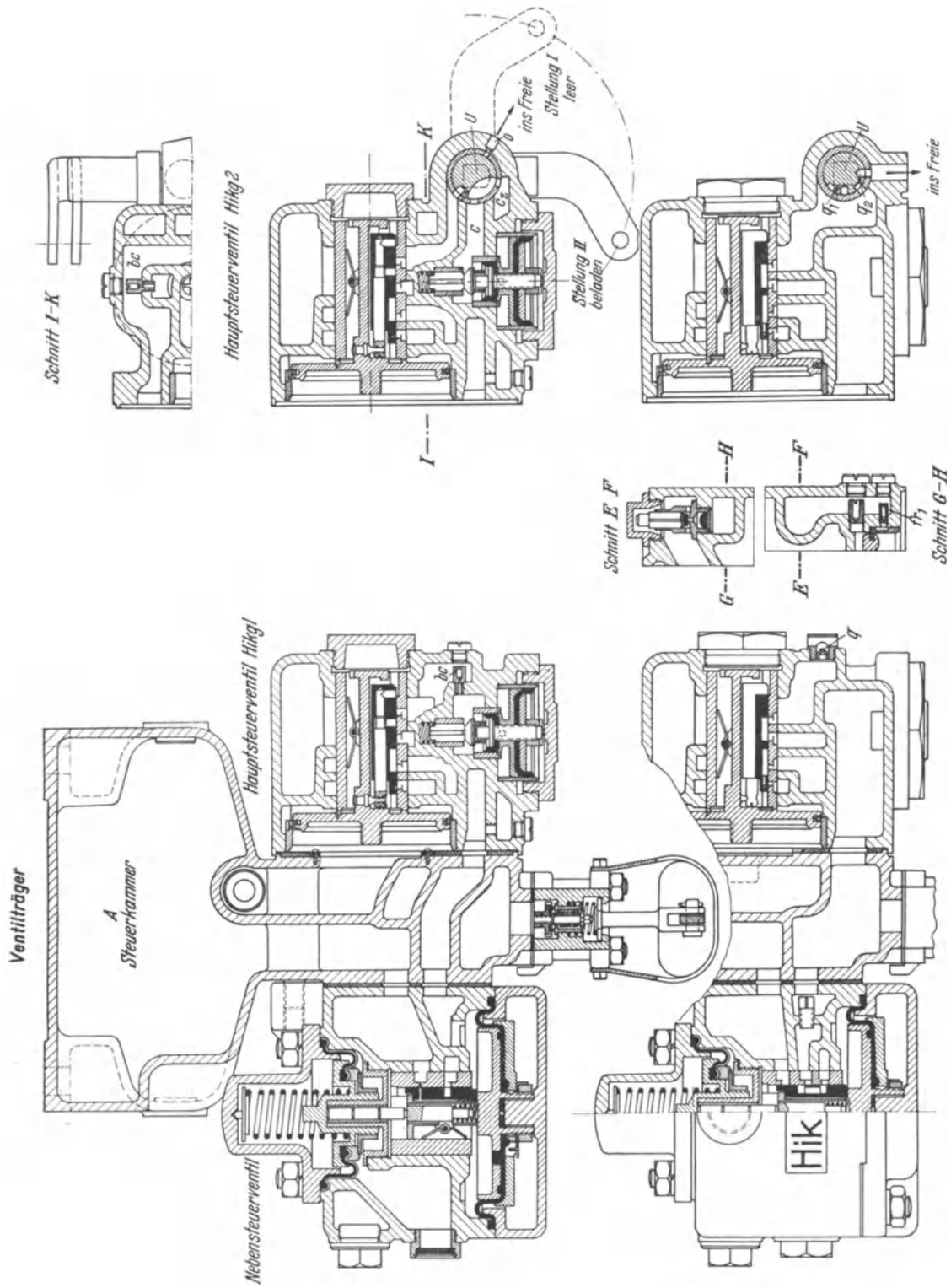


Abb. 50 Hik-Güterzug-Steuerventil mit Hikg1- und Hikg2-Hauptsteuerventil (Schnitt)

Für die Güterzüge ergeben sich demnach zwei Ventilformen: Hikg *l* und Hikg 2, die sich im Hauptsteuerventil durch verhältnismäßig kleine Unterschiede kennzeichnen.

Aus Abb. 49 und 50 sind diese Unterschiede zu ersehen. In Abb. 50 zeigt das linke Bild das Steuerventil für mechanische Lastabbremsung, in dem also keinerlei Vorrichtung für eine Lastumstellung enthalten ist. Das Hauptsteuerventil rechts für Verwendung eines besonderen Lastbremszylinders enthält den Umstellhahn U, der den Lastbremszylinder über einen am Ventilträger vorgesehenen Anschluß und einen durch ihn und das Hauptsteuerventil führenden Kanal c_z entweder mit dem Eigengewichtsbremszylinder oder mit der freien Luft verbindet.

Die farbigen Schaltbilder am Anhang (Tafel 1 und 2) zeigen die Arbeitsweise der Hildebrand-Knorr-Bremse mit Steuerventil Hikg *l* für Güterzüge in der einfachen Form für mechanische Lastabbremsung, Tafel 1 für die Füll- und Lösestellung, Tafel 2 für die Bremsstellung. Für den folgenden Text werden die Tafeln zweckmäßig nach rechts herausgeschlagen.

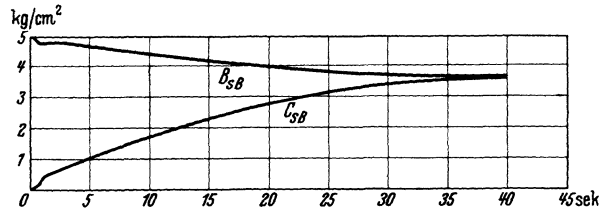
Bei L ist die durchgehende Hauptluftleitung mit dem Steuerventil verbunden. Die Leitungsluft gelangt über Kanal l_1 zur Steuerkammer l_2 und von dort über die den Kolben k_1 umführende Empfindlichkeitsbohrung eb in den Raum hinter dem Steuerkolben k_1 und von da über die Bohrung fb nach b_1. Der Raum b_1 steht über Kanal b_2 mit dem 9 Liter haltenden Hilfsluftbehälter B in Verbindung und weiter über Kanal b_3 mit dem Raum b_4 über dem großen Kolben k_2 des Nebensteuerventils. Von dort gelangt sie weiter über die im Schieber s_2 des Nebensteuerventils vorgesehene Füllbohrung fa, fa_1 über Kanal a in die Steuerkammer A. Diese steht über Kanal a_2 mit dem Raum a_3 unter dem großen Kolben k_2 in Verbindung. Der Vorratsluftbehälter R wird einerseits über die in Lösestellung des Kolbens k_1 im Hauptsteuerventil freigelegte Füllbohrung fr_1 und andererseits vom Raum hinter dem Kolben k_1 her über die Bohrung fr, das Rückschlagventil v_r und die Kanäle r_1, r_2 gefüllt. Der Bremzsylinder C steht über Kanal c_3, Muschel n im Schieber s_2 des Nebensteuerventils, Kanal o_1, Muschel d im Hauptsteuerventil, Kanal o_2 und die Düse o_3 mit der freien Luft in Verbindung. Auf dem selben Weg ist der Raum c_7 über dem kleinen Kolben k_3 des Nebensteuerventils über Kanal c_6 entlüftet. Die Übertragungskammer $\ddot{U}$ ist mit dem Bremszylinder verbunden über $\ddot{u}$, Muschel e im Schieber s_1 und Kanal c_1 und weiter über c wie der Bremszylinder entlüftet.

Wird beim Bremsen aus der Hauptluftleitung L Druckluft abgelassen (Tafel 2: Bremsstellung), so teilt sich die Druckverminderung sofort dem Raum l_2 auf der linken Seite des Kolbens k_1 des Hauptsteuerventils mit, und da die Druckluft aus der Kammer b_1 über die Empfindlichkeitsbohrung eb nicht schnell genug folgen kann, bildet sich in b_1 ein Überdruck, der den Kolben k_1 nach links in die Bremsstellung verschiebt. Hierbei wird sowohl die Empfindlichkeitsbohrung eb als auch die Füllbohrung fr_1 für den Vorratsluftbehälter R abgeschlossen. Beim Vorgehen des Kolbens k_1 wurde zunächst das Abstufungsventil v_a im Schieber s_1 von seinem Sitz abgehoben. Im weiteren Verlauf der Bewegung wird der Vorratsluftbehälter R über Kanal r_2, r_1, die Höhlung g im Schieber s_1 mit dem zum Mindestdruckventil M führenden Kanal c_1 verbunden. Die Druckluft des Vorratsluftbehälters R gelangt infolgedessen durch großen Querschnitt über Kanal c_3 in den Bremszylinder C und bewirkt ein schnelles Anlegen der Bremse. Sobald im Bremszylinder und ebenso über Kanal c_4 im Raum c_5 unter dem Kolben k_4 des Mindestdruckventils etwa ein Druck von 0,6 kg/cm² erreicht ist, hebt sich der Kolben k_4 und schließt das Mindestdruckventil. Inzwischen war auch eine Verbindung des Raumes b_1 über Kanal $h_1 h_2 c_2$ und der Düse bc mit dem zum Bremszylinder führenden Kanal c_3 hergestellt. Hat das Mindestdruckventil geschlossen, dann erfolgt die Überströmung zum Bremszylinder nur

noch durch die Düse bc also wesentlich langsamer. Sobald der Druck in der Kammer b_1 unter den Leitungsdruck gefallen ist, wird der Kolben k_1 so weit nach rechts verschoben, daß das Abstufungsventil v_a die Verbindung h_1, h_2 unterbricht, so daß die Abströmung von Druckluft aus dem Hilfsluftbehälter B unterbrochen wird (Bremsabschlußstellung). Die Druckverminderung im Raum b_1 macht sich über Kanal b_2, b_3 auch im Raum b_4 über dem großen Kolben k_2 des Nebensteuerventils geltend und bewirkt eine Verschiebung dieses Kolbens nach oben. Dieser verschließt zunächst durch Schieber s_2 die Verbindung fa, fa_1 mit der Steuerkammer A, so daß der Druck in dieser Steuerkammer aufrecht erhalten bleibt. Der ersten Bewegung des Steuerkolbens k_2 steht nur ein sehr geringer Widerstand entgegen, da in der Lösestellung des Kolbens zwischen diesem und dem durch die Feder f_1 belasteten Kolben k_3 ein Spiel vorgesehen ist, so daß der Kolben k_2 zunächst nur die geringe Spannung der Feder f_2 zu überwinden hat. Der Kolben k_2 bzw. der Schieber s_2 verbindet dann im weiteren Verlauf den Vorratsluftbehälter R über Kanal r_2, r_4 und die Schieberhöhlung n_1 im Nebensteuerventil mit dem Kanal c_2, so daß Druckluft des Vorratsbehälters in den Kanal c_2 und weiter über die Bohrung b_c in den Bremszylinder strömt. Der im Bremszylinder sich einstellende Druck teilt sich über den Kanal c_6 auch dem Raum c_7 über dem kleinen Kolben k_3 des Nebensteuerventils mit, und sobald der Druck in diesem Raum so weit angestiegen ist, daß er in bezug auf die Kolbenfläche k_3 den Druckunterschied zwischen den Räumen a_3 und b_4, bezogen auf den Kolben k_2, überwiegt, wird der Kolbensatz k_2, k_3 und der Schieber s_2 so weit nach unten verschoben, daß die Verbindung zwischen den Kanälen r_4 und c_2 aufgehoben wird (Bremsabschlußstellung).

Bei weiterem stufenweisen Ermäßigen des Leitungsdrucks wiederholt sich das Spiel sowohl im Hauptsteuerventil als im Nebensteuerventil, bis der höchste Bremsdruck von 3,6 kg/cm² im Bremszylinder erreicht ist. Dieser Druck ist durch das Verhältnis der Flächen der Kolben k_2 und k_3 festgelegt. Ein weiteres Ansteigen des Bremsdrucks bei weiterem Ablassen von Leitungsluft ist unmöglich, da der Druck im Behälter B nicht unter den durch die Bemessung der Kolbenflächen von k_2 und k_3 festgelegten fallen kann.

Wird zum stufenweisen Lösen der Bremse (Tafel 1) der Druck in der Leitung L um einen Betrag erhöht, so geht der Kolben k_1 im Hauptsteuerventil in seine äußerste rechte Stellung und verbindet dabei den Raum l_2 über die Empfindlichkeitsbohrung eb mit dem Raum b_1 bzw. mit dem Hilfsluftbehälter B. Dabei wird gleichzeitig auch der Druck in dem Raum b_4 über dem großen Kolben k_2 des Nebensteuerventils erhöht, so daß der Kolbensatz k_2, k_3 ebenfalls nach unten gedrückt wird, ohne daß indes die zur Steuerkammer A führende Bohrung fa, fa_1 aufgedeckt wurde (Lösestellung). Es wird dabei der Bremszylinder C über den Kanal c_3, Höhlung n im Schieber s_2 und über Kanal o_1, Höhlung d im Schieber s_1, Kanal o_2 und Düse o_3 mit der freien Luft verbunden. Die Druckerhöhung in den mit dem Hilfsluftbehälter B verbundenen Räumen wird beendet, sobald sich der Druck zwischen den Räumen l_2 und b_1 ausgeglichen hat. Gleichzeitig mit dem Druck im Bremszylinder senkt sich auch der Druck im Raum c_7 über dem Kolben k_3 des Nebensteuerventils. Erreicht diese Druckverminderung, bezogen auf den Kolben k_3, die Druckerhöhung im Raum b_4 auf den Kolben k_2, so geht der Kolbensatz k_2, k_3 so weit nach oben, bis die Verbindung zwischen den Kanälen c_3 und o_1 unterbrochen wird (Löseabschlußstellung). Bei wiederholten Lösestufen bleibt der Vorgang der selbe, indem der Kolben k_1 des Hauptsteuerventils in Lösestellung stehen bleibt. Bei einer dazwischen erfolgenden Bremsstufe geht der Kolben k_1 des Hauptsteuerventils zunächst in Bremsstellung, um bei einer darauf folgenden Lösestufe wieder in Lösestellung zurückzukehren. In dieser Lösestellung ist die Leitung immer wieder über die Bohrung fr_1 und das Rückschlagventil v_r mit dem Vorratsluftbehälter R verbunden. Dieser wird also immer auf den Leitungsdruck nachgefüllt.

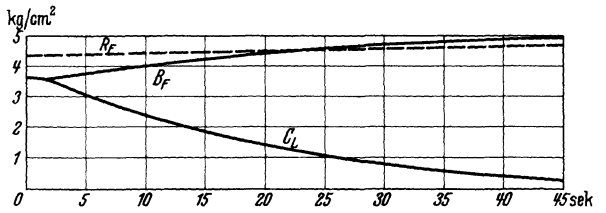


Voll-Bremsen

Kolbenhub 100 mm

B_{sB} Druckverlauf im Hilfsluftbehälter B während einer Vollbremsung

C_{sB} Druckverlauf im Bremszylinder C



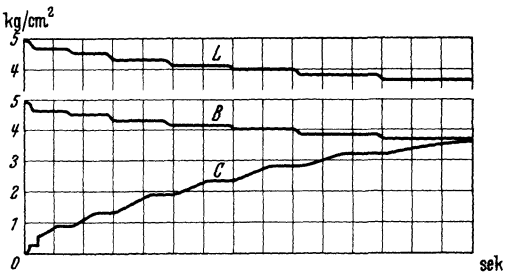
Voll-Lösen

Kolbenhub 100 mm

R Druckverlauf im Vorratsluftbehälter R während des Füllens

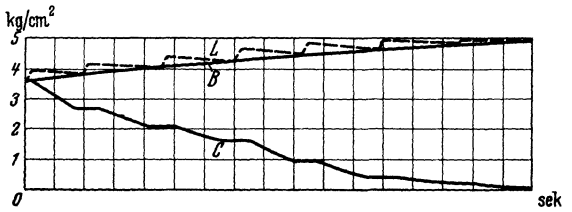
B Druckverlauf im Hilfsluftbehälter B

C Druckverlauf im Bremszylinder C während des Lösens



Stufen-Bremsen

Kolbenhub 100 mm



Stufen-Lösen

Kolbenhub 100 mm

Abb. 51 Druckschaulinien der Hikg-Bremse mit Steuerventil Hikg*l* und Hikg 2

Wenn bei länger anhaltendem Bremsen im Gefälle durch Undichtigkeiten des Bremszylinders usw. der Druck in diesem und damit auch im Raum c_7 über dem kleinen Kolben k_3 sinkt, dann geht der Kolbensatz k_2, k_3 in Bremsstellung nach oben (Tafel 2), so daß der Druck im Bremszylinder wieder auf den Betrag erhöht wird, der durch den Druck im Hilfsluftbehälter B bestimmt ist. Sinkt dabei der Druck im Vorratsluftbehälter R unter den Druck im Hilfsluftbehälter B, so strömt aus B Luft in den Vorratsluftbehälter R nach über die Bohrung *fr* und Rückschlagventil v_r. Sinkt dabei der Druck in B und b_1 unter den Leitungsdruck, so geht der Kolben k_1 des Hauptsteuerventils in Lösestellung (Tafel 1), in der sowohl der Hilfsluftbehälter B als der Vorratsluftbehälter R von der Hauptluftleitung her nachgespeist werden.

Bei vollständigem Lösen der Bremse bleiben die Kolben beider Steuerventile in ihrer Lösestellung stehen, und die Geschwindigkeit des Druckabfalls im Bremszylinder ist lediglich bestimmt durch die Größe der Auslaßdüse o_3. Die Feder f_1 über dem kleinen Kolben k_3 des Nebensteuerventils ist dabei so bemessen, daß schon bei einer Erhöhung des Leitungsdrucks auf 4,8 kg/cm² der Kolbensatz des Nebensteuerventils nicht mehr in eine Löseabschlußstellung zurückgeht, so daß die Bremse schon bei 4,8 kg/cm² vollständig gelöst ist.

Die der Hildebrand-Knorr-Bremse eigene kurze Lösezeit aus Vollbremsungen ist nicht nur auf diese Feder zurückzuführen, sondern in erster Linie darauf, daß beim Lösen zunächst nur der 9 Liter fassende Hilfsluftbehälter B aufzufüllen ist.

Wie schon erwähnt, faßt der Behälter B für alle Zylindergrößen 9 Liter. Auch der Behälter R könnte für alle Verhältnisse gleich sein, wenn man ihn für den größten Zylinder bemessen würde. Da dies unvorteilhaft wäre, wird sein Inhalt zum Bremszylinderinhalt in eine bestimmte Beziehung gebracht.

Abb. 51 zeigt die mit der Bremse bei den verschiedenen Betätigungen aufgenommenen Druckschaulinien.

Das Hikg*l*-Steuerventil wird für Bremszylinder verschiedener Größen jeweils hergerichtet durch Einsetzen von Düsen mit verschiedenem Durchgang in die entsprechenden Kanäle des Hauptsteuerventils, das außen durch ein Schild (z. B. 10″ Abb. 49) gekennzeichnet wird. Die Stellen für das Einsetzen der Düsen bc für den Druckanstieg im Bremszylinder, q für das Lösen und fr_1 für das Füllen des Vorratsluftbehälters sind durch Gewindestopfen von außen zugänglich (Abb. 50).

Abb. 44 und 52 zeigen die beiden Hik-Güterzug-Steuerventile.

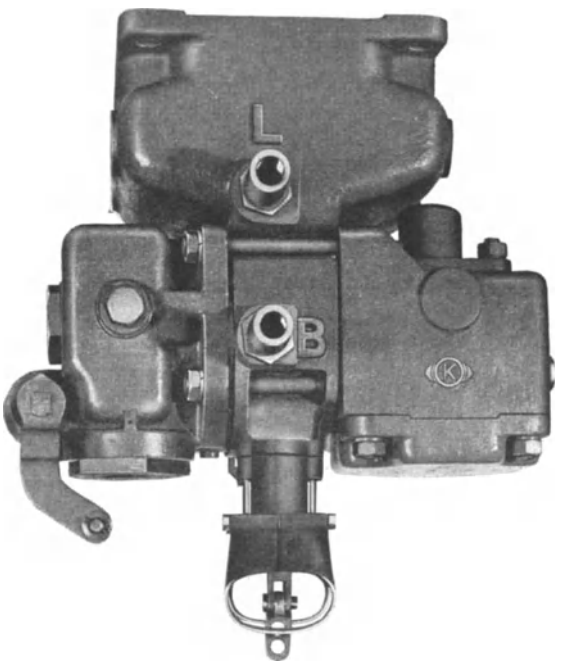


Abb. 52 Steuerventil Hikg2

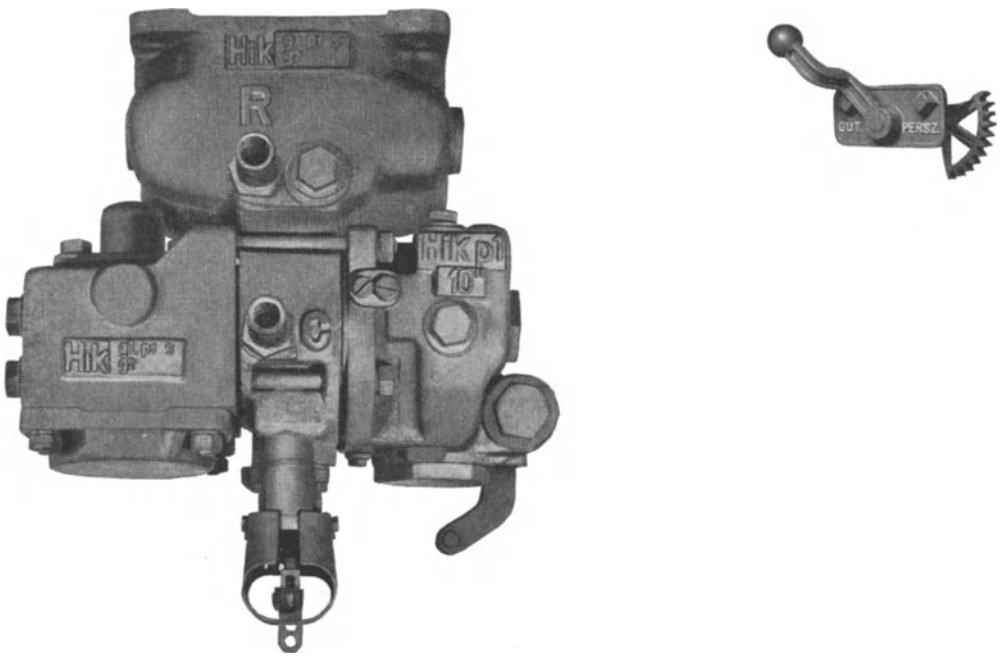


Abb. 53 Steuerventil Hikp 1 und Schildlager

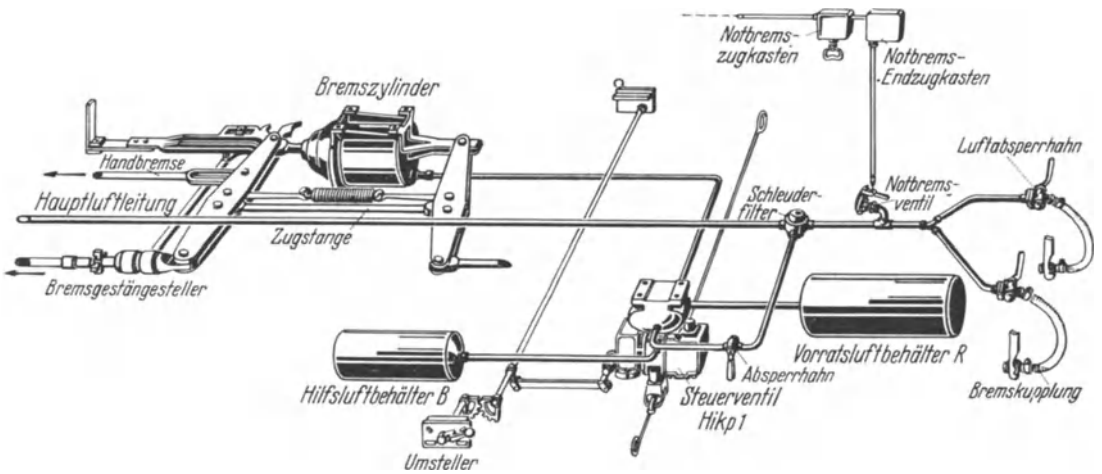


Abb. 54 Grundsätzliche Anordnung der Hildebrand-Knorr-Bremse für Personenzüge Hikpbr

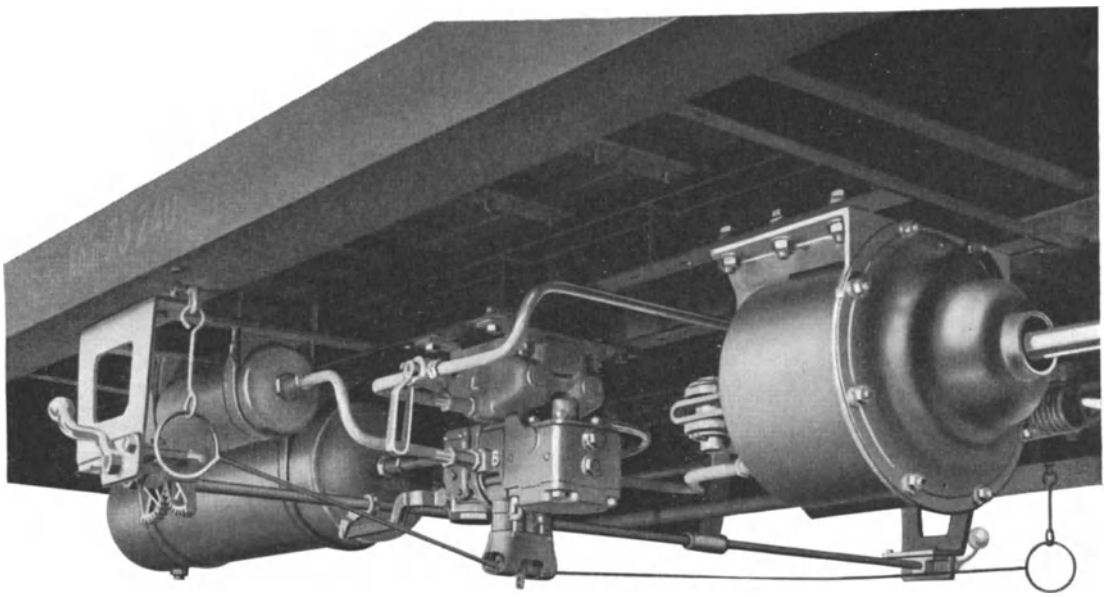


Abb. 55
Anordnung der Hildebrand-Knorr-Bremse mit Steuerventil Hikp1 am Personenzugwagen (Hikpbr)

b) Die Hildebrand-Knorr-Bremse für Personenzüge Hikpbr

Für die erste Form der Personenzugbremse, die in ziemlich großer Zahl bei der Reichsbahn zur Einführung kam, war der Gedanke maßgebend, daß sie den bis dahin gebräuchlichen Schnellbremsen von Westinghouse und Knorr weitgehend angepaßt sein müsse. Deshalb wurde wie bei diesen mit dem Steuerventil ein Schnellbremsorgan verbunden, das — nur bei Schnellbremsungen in Bewegung gesetzt — Leitungsluft in den Bremszylinder abführte, wodurch die Schnellwirkung bis zum letzten Wagen des Zuges durchschlagen und gleichzeitig ein erhöhter Bremsdruck erzielt werden sollte. Diese Bauart bedingt einen Steuerschieber mit 2 Bremsstellungen, von denen die Schnellbremsstellung nur dann zur Wirkung kommen darf, wenn der zeitliche Leitungsdruckabfall eine bestimmte Grenze überschreitet. Da hierbei die Reibungsverhältnisse des verhältnismäßig großen Steuerschiebers eine ausschlaggebende Rolle spielen, diese aber durch den Unterhaltungszustand, Schmierung und Temperatur stark beeinflußt sind, waren ungewollte Schnellbremsungen („Schläger") nicht ganz zu vermeiden und belasteten den Betrieb. Außerdem sieht man es heute nicht als einen Vorteil, sondern als einen Nachteil an, wenn der höchste Bremsdruck nicht auch bei Betriebsbremsungen und nicht gleichmäßig im ganzen Zug erreicht wird. Bei den Güterwagen, die jetzt vielfach Steuerventile erhalten, die auf Personenzugbetrieb umstellbar sind, damit sie in schnellfahrende Güterzüge eingestellt werden können, macht sich der Unterschied in der Abbremsung in der Stellung für Güterzug durch Abschaltung der Schnellbremswirkung sogar nachteilig geltend. Das neue Steuerventil für Personenzüge Hikp1 hat deshalb kein mit ihm zusammengebautes Schnellbremsorgan. Wird für besondere Verhältnisse ein schnelleres Absinken des Leitungsdrucks bis zum Zugende erforderlich, so wird der Einfach-Beschleuniger, wie er auf Seite 39 beschrieben ist, angebaut.

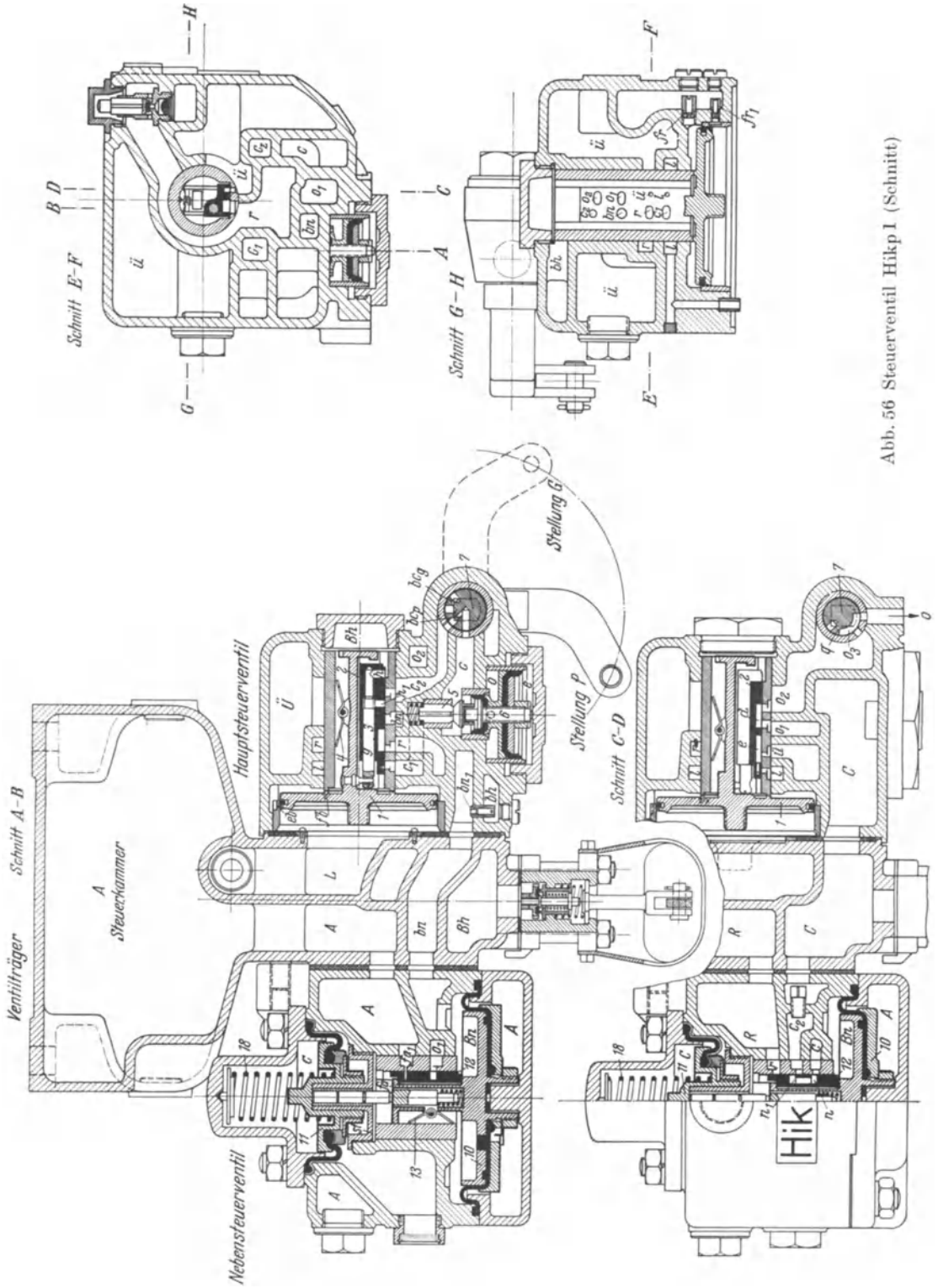


Abb. 56 Steuerventil Hikp1 (Schnitt)

Abb. 55 zeigt die jetzige Hik-Personenzugbremse ohne Beschleuniger unter dem Wagenboden, Abb. 54 zeigt ihre grundsätzliche Anordnung, in Abb. 53 ist das Personenzug-Steuerventil Hikp1 allein dargestellt.

Dieses Steuerventil für Personenwagen Hikp1 schließt sich in seiner Bauart eng an das Steuerventil für Güterwagen an. Wie schon ausgeführt, ist der Ventilträger und das Nebensteuerventil mit den Teilen der Güterzugbremse vollkommen gleich. Das Hauptsteuerventil (Abb. 56) ähnelt äußerlich dem Hauptsteuerventil der Güterzugbremse mit Lastabbremsung durch einen Lastbremszylinder, nur daß der Umstellhahn nicht zum Einstellen der Lastabbremsung, sondern zur Umstellung für Personen- und Güterzug dient. Hierfür sind im Hahnküken verschiedene Durchtrittsöffnungen, einerseits für die Verbindung vom Hilfsluftbehälter B zum Bremszylinder bc_g bzw. bc_p und andererseits für den Austritt ins Freie (q) angeordnet. Außerdem ist der Raum Bh hinter dem Steuerkolben im Hauptsteuerventil vom Raum Bn über dem großen Kolben im Nebensteuerventil vom Hilfsluftbehälter B derart durch eine Düse bn_1 getrennt, daß sich der Druckabfall im Nebensteuerventil etwas schneller bemerkbar macht und dieses zu schnellerem Anspringen bringt, um den Bremsdruckanstieg zu beschleunigen.

Aus dem Schaltbild Abb. 57 ist die Wirkungsweise des Steuerventils für Personenzüge zu ersehen.

Das Füllen der Bremse erfolgt in genau derselben Weise wie beim Güterzugventil.

Wird beim Bremsen aus der Hauptluftleitung L Luft abgelassen, so wird ebenso zunächst der Kolben k_1 nach links in die Bremsstellung verschoben. Dabei wird zuerst das Abstufungsventil v_a abgehoben und dann unter Mitnahme des Schiebers s_1 der Raum b_4 im Nebensteuerventil über Kanal b_3, Kanal h_1 und h im Schieber s_1 mit dem zum Bremszylinder führenden Kanal c_3 verbunden, während die Füllung des Bremszylinders über das Mindestdruckventil M aus dem Vorratsbehälter R in der selben Weise erfolgt wie beim Güterzug-Steuerventil.

Da der Raum b_4 nicht unmittelbar mit dem Hilfsluftbehälter B verbunden, sondern von diesem durch die Düse bn_1 zwischen b_2 und b_3 getrennt ist, so vermindert sich der Druck zunächst plötzlich im kleinen Raum b_4 und bewirkt, daß der Kolben k_2 energisch nach oben in Bremsstellung geht und damit den Behälter R über r_2, r_4, Muschel n_1 im Schieber s_2, Kanal c_2 und Kanal c_3 mit dem Bremszylinder verbindet. Darnach nimmt auch der Druck im Hilfsluftbehälter B und im Schieberraum b_1 des Hauptsteuerventils über Kanal b_2, h_1 und Kanal b_3 ab, so daß bei abgestuftem Bremsen der Kolben k_1 wie beim Güterzug-Steuerventil in die Bremsabschlußstellung geführt wird.

Der Umstellhahn U ermöglicht, die Personenzug-Bremse Hikp1 auch in Güterzügen zu verwenden. Zu diesem Zweck ist die Bohrung b_c, die den Anstieg des Bremsdrucks nach Abschluß des Mindestdruckventils M beeinflußt, in den Umstellhahn gelegt und mit zwei verschieden großen Durchgangsquerschnitten versehen. Bei Stellung „Personenzug“ ist der Durchgang bc_p so groß, daß der höchste Bremsdruck im Bremzsylinder in 6 Sekunden erzielt wird; bei Stellung „Güterzug“ wird die Zeit des Bremsdruckanstiegs durch die entsprechend kleinere Düse bc_g auf 35 Sekunden verlängert. Auch für das Lösen der Bremse sind im Umstellhahn zwei verschieden große Durchgänge o_3 angeordnet, durch die das Lösen bei Stellung „Personenzug“ in 16 Sekunden, bei Stellung „Güterzug“ dagegen in dem dafür vorgeschriebenen Zeitraum von 45 Sekunden erfolgt.

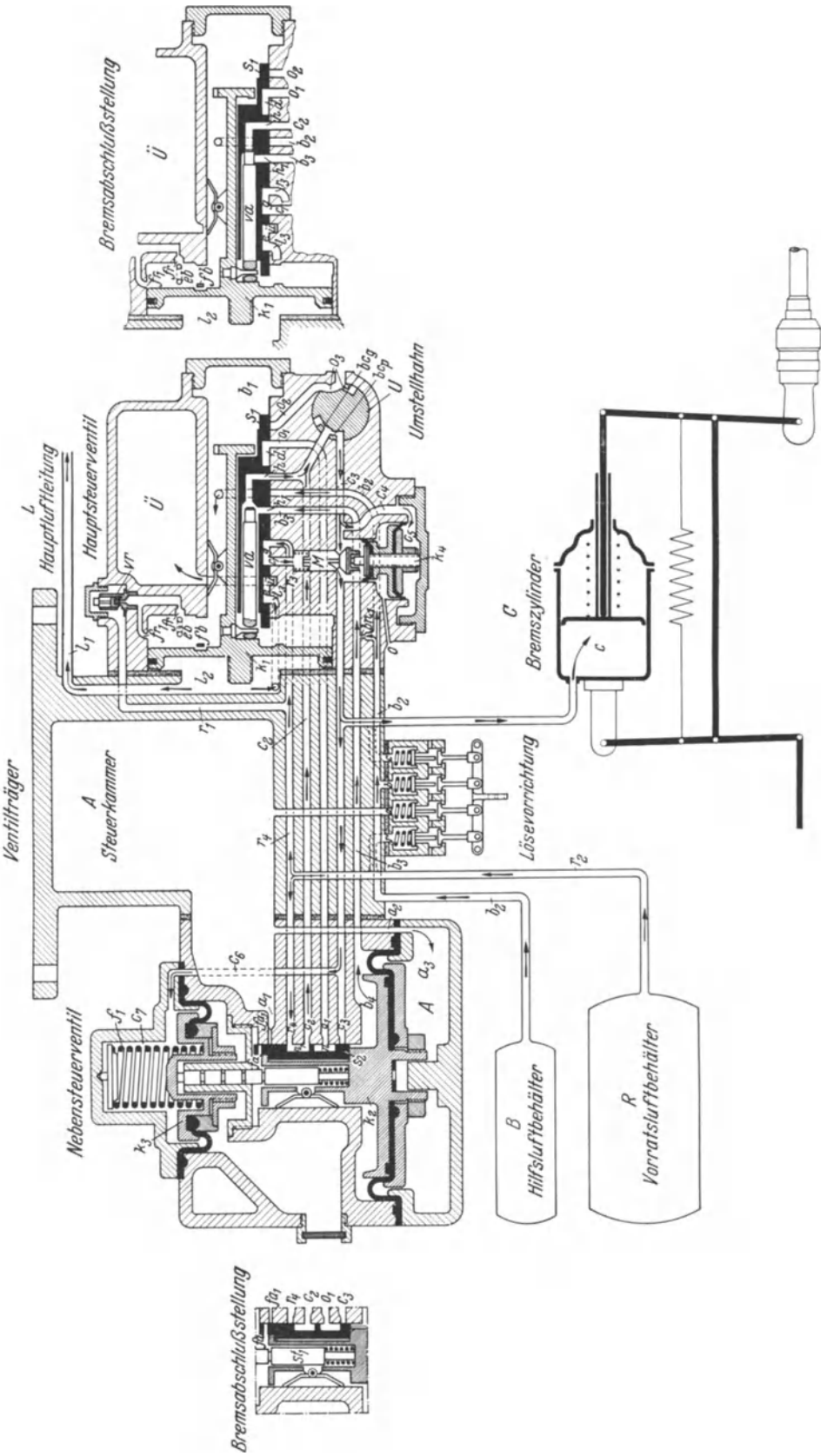
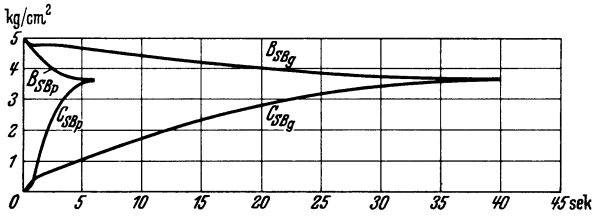


Abb. 57 Schaltbild des Steuerventils Hikp 1 (Bremsstellung)

Abb. 58 zeigt die in den beiden Stellungen aufgenommenen Druckschaulinien.

Bei Verwendung eines Einfachbeschleunigers nach Abb. 36 in Verbindung mit der oben beschriebenen Personenzugbremse kann der Druckanstieg im Bremszylinder, wenn erwünscht, dadurch beschleunigt werden, daß man die Leitungsluft nicht in die Übertragungskammer, sondern in den Bremszylinder leitet. Eine Erhöhung des Enddrucks findet dadurch nicht statt.

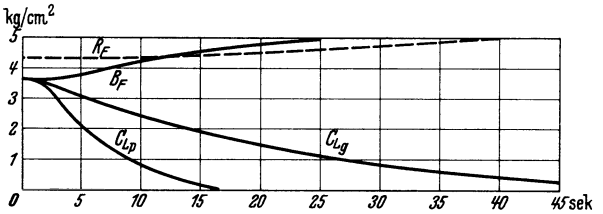


Voll-Bremsen

Kolbenhub 100 mm

B_{SB_p} Druckverlauf im Hilfsluftbehälter B
C_{SB_p} Druckverlauf im Bremszylinder C
während einer Schnellbremsung in Stellung „Pers Z"

B_{SB_g} Druckverlauf im Hilfsluftbehälter B
C_{SB_g} Druckverlauf im Bremszylinder C
während einer Schnellbremsung in Stellung „Güt Z"



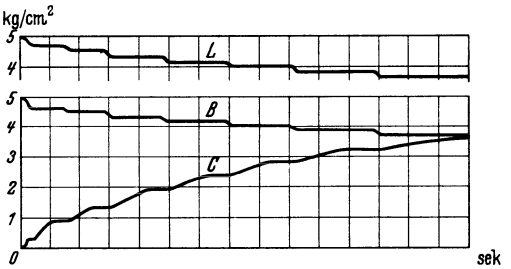
Voll-Lösen

Kolbenhub 100 mm

R_F Druckverlauf im Vorratsluftbehälter R
B_F Druckverlauf im Hilfsluftbehälter B
während des Füllens

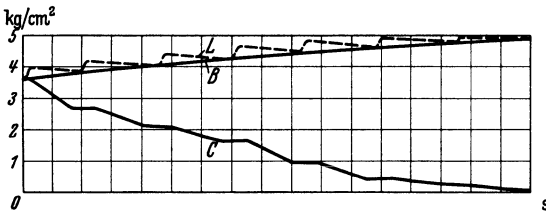
C_{L_p} Druckverlauf im Bremszylinder C während des Lösens in Stellung „Pers Z"

C_{L_g} Druckverlauf im Bremszylinder C während des Lösens in Stellung „Güt Z"



Stufen-Bremsen

Kolbenhub 100 mm



Stufen-Lösen

Kolbenhub 100 mm

Abb. 58 Druckschaulinien der Hik-Personenzugbremse mit Steuerventil Hikp1

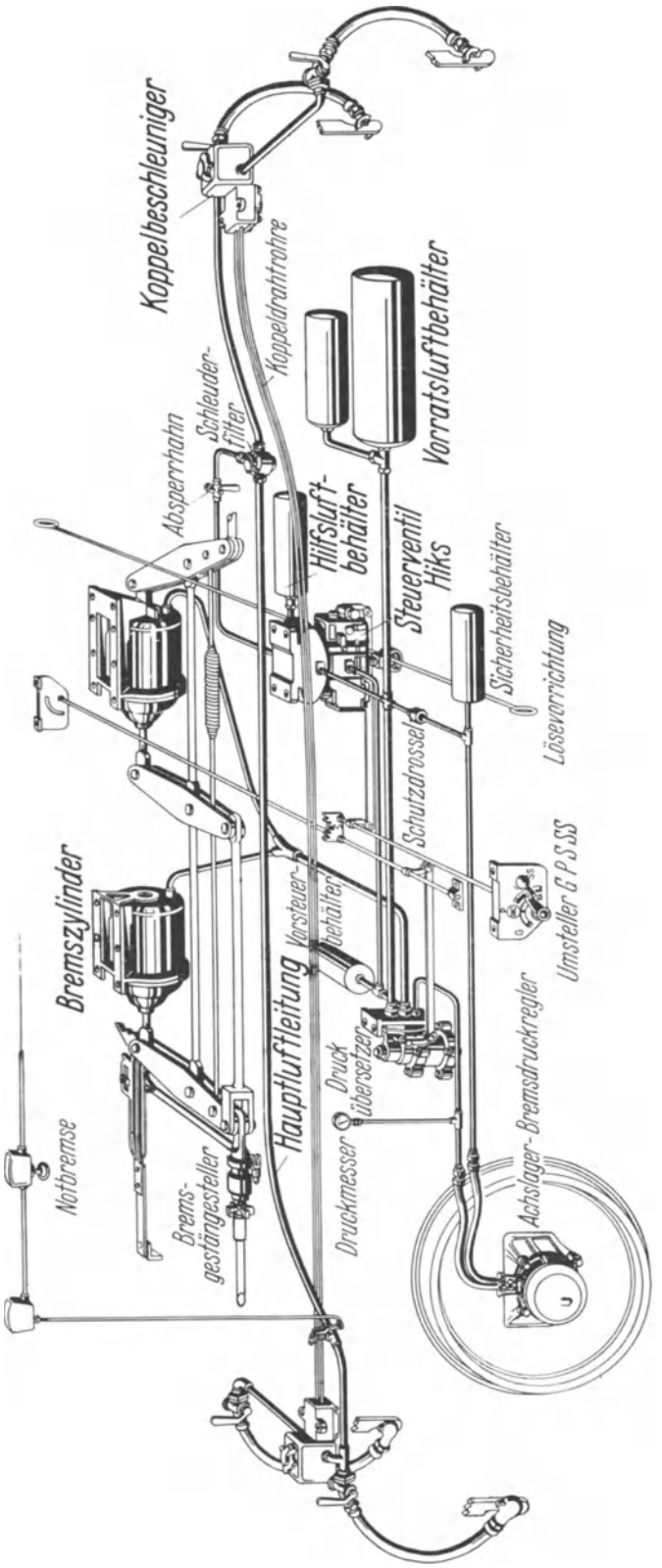


Abb. 59 Grundsätzliche Anordnung der Hildebrand-Knorr-Bremse Hikssbr für Schnellzüge mit Koppelbeschleuniger, mit Druckübersetzer und mit geschwindigkeitsabhängigem Achslager-Bremsdruckregler umstellbar auf G = Güterzug, P = Personenzug, S = Schnellzug, SS = Schnellstzug

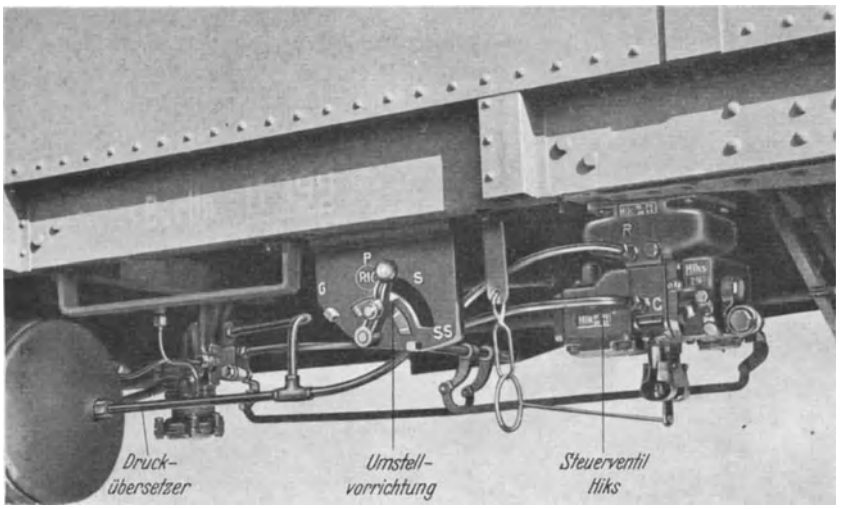


Abb. 60 Anordnung der Hildebrand-Knorr-Bremse Hikss mit Steuerventil Hiks am Schnellzugwagen

c) Die Hildebrand-Knorr-Bremse für Schnellzüge Hikssbr

Die Steigerung der Fahrgeschwindigkeit im Eisenbahnverkehr hängt in erster Linie von der Wirksamkeit der Bremsen ab. Die Sicherheit verlangt, daß ein Zug vor einem auf Halt stehenden Signal so zum Halten gebracht werden kann, daß der Bremsweg bei der größten zugelassenen Fahrgeschwindigkeit nicht größer ist als die Entfernung zwischen Vorsignal und Hauptsignal.

Die bisher bei den Schnellzügen angewandten Bremsen erlaubten die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit über 130 km/h hinaus nicht, selbst bei Vergrößerung des Vorsignalabstandes auf 1000 m. Zur Abkürzung des Bremsweges mußte die Abbremsung der Wagen deshalb auf 130 % erhöht werden. Um aber noch höhere Fahrgeschwindigkeiten, die von den neuen Lokomotiven ohne weiteres geleistet werden, ausnützen zu können, ist es notwendig, die Abbremsung noch wesentlich weiter zu steigern. Abbremsungen von über 200 % werden schon angewendet. Dazu muß man, wie schon früher erwähnt, dafür sorgen, daß diese erhöhte Bremskraft viel schneller zur Wirkung kommt, weil der Zug in der Zeit von etwa 6 Sekunden, in der bisher der Bremsdruck auf seinen Höchstwert anstieg, bei 150 km/h Geschwindigkeit schon eine Strecke von 250 m zurücklegt. Eine Verkürzung des Bremsdruckanstiegs ist wiederum nicht möglich, wenn nicht die Durchschlagsgeschwindigkeit sehr erhöht wird, da sonst die schnell ansteigende Bremswirkung am letzten Wagen eines 60-Achsen-Zuges zu spät kommt und starke Stöße unvermeidlich sind.

Die Hildebrand-Knorr-Bremse für schnellfahrende Züge (Hikssbr) ermöglicht die Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit auf 150 km/h durch Erhöhung der Abbremsung auf 220 % des Wagengewichts unter Verwendung des Drucksübersetzers, der die Zeit für die Entwicklung des Druckanstiegs im Bremszylinder auf 2 Sekunden abkürzt, und durch Anwendung des Koppelbeschleunigers zur Erhöhung der Durchschlagsgeschwindigkeit in der Hauptluftleitung. Außerdem ist ein geschwindigkeitsabhängiger Bremsdruckregler vorgesehen, der die hohe Abbremsung von 220 % bei sinkender Geschwindigkeit zur Vermeidung des Gleitens der Räder auf eine geringere von etwa 80 % herabsetzt.

Abb. 60 zeigt die Hikss-Bremse am Schnellzugwagen. Abb. 59 zeigt die grundsätzliche Anordnung dieser Bremse unter Verwendung von 2 auf das selbe Bremsgestänge arbeitenden gleichgeschalteten Bremszylindern zur Abbremsung eines großen Wagengewichts unter Verwendung eines geschwindigkeitsabhängigen Achslager-Bremsdruckreglers, der durch Druckluftübertragung auf den Drucksübersetzer wirkt. An Stelle der beiden Bremszylinder kann natürlich auch ein einziger entsprechend größerer Bremszylinder Verwendung finden.

Die Verbindung des Achslager-Bremsdruckreglers mit dem Drucksübersetzer einerseits und dem Vorratsluftbehälter andererseits erfolgt mit Rücksicht auf die Bewegung des Drehgestells über 2 Schläuche.

Die Koppelbeschleuniger sind an beiden Enden des Wagens unmittelbar an die Hauptluftleitung L angeschlossen und untereinander durch Koppeldrähte enthaltende Rohre verbunden.

Die Wirkungsweise der Hikss-Bremse ist aus den beiden Schaltbildern (Abb. 62 und 63) ersichtlich.

Die Bauart des Schnellzug-Steuerventils Hiks entspricht vollständig der des Personenzug-Steuerventils Hikp 1 (siehe Abb. 56), nur hat der Umstellhahn U_1 außer den beiden Stellungen „P“ (Personenzug) und „G“ (Güterzug) noch zwei weitere Stellungen: „S“ (Schnellzug) und „SS“ (für schnellste Züge). Das Steuerventil Hiks steuert über den Vorsteuerbehälter C_B den Drucksübersetzer D, der die Aufgabe hat, den Druck im Bremszylinder über große Querschnitte schnell so einzustellen, wie er dem Leitungsdruck und der Geschwindigkeit entspricht. Der Drucksübersetzer steht also unter zwei verschiedenen Einflüssen, unter dem des Steuerventils über den Vorsteuerbehälter C_B und unter dem Einfluß des Achslager-Bremsdruckreglers Z.

Der Vorsteuerbehälter C_B ist über c_3 am Bremszylinderanschluß des Steuerventils Hiks angeschlossen. Der Druck in C_B wirkt über cb_1, cb_2, cb_3 und cb_4 auf die Kolben k_5 und k_6 im Drucksübersetzer, der Bremszylinderdruck über c_8, c_9 auf den Kolben k_7. Dieser hält den Kolben k_6 und k_5 das Gleichgewicht. Der Kolben k_5 steht andererseits unter dem Einfluß des Achslager-Bremsdruckreglers Z, der von einer Wagenachse angetrieben wird (Abb. 61). Bei großer Geschwindigkeit verbindet der Achslager-Bremsdruckregler die obere Seite von k_5 mit der freien Luft, bei niederer Geschwindigkeit mit dem Vorratsluftbehälter R. Der Kolben k_5 ist außerdem durch den Druck einer Feder f_2 belastet.

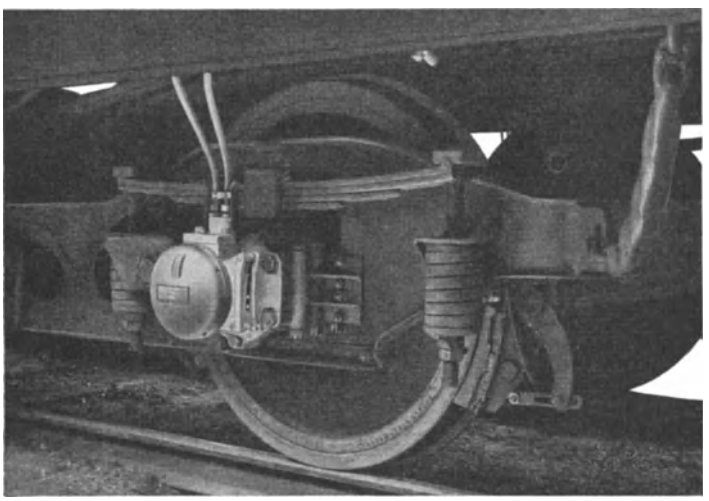


Abb. 61 Achslager-Bremsdruckregler

Füllen und Lösen (Abb. 62)

Druckluft gelangt von der Hauptluftleitung L durch den Absperrhahn H zum Kolben k_1 im Hauptsteuerventil, treibt Kolben und Schieber s_1 nach rechts, strömt weiter durch die Empfindlichkeitsbohrung eb über b_1 und b_2 in den Hilfsluftbehälter B und über bn_1, b_3 auf die Oberseite b_4 des Kolbens k_2 im Nebensteuerventil und weiter durch fa im Schieber s_2 und a_1 zur Steuerkammer A. Ferner strömt Druckluft von L über fr_1, fr und das Rückschlagventil v_r zum Vorratsluftbehälter R. Die Behälter werden so auf den Regeldruck von 5 kg/cm² aufgeladen. Der Vorsteuerbehälter C_B wird in Lösestellung über c_3, Nut n im Schieber s_2, o_1, Nut d im Schieber s_1, o_2, o_3 im Umstellhahn U_1 und o entlüftet. Der Bremszylinder C ist über das Ventil v_1 im Drucksübersetzer D nach o_4 entlüftet, da die Feder f_1 den Kolben k_7 unten und das Ventil v_1 geöffnet hält. Die Übertragungskammer $\ddot{U}$ im Steuerventil ist über $\ddot{u}$, Nut e im Schieber s_1 und c_1 mit dem Vorsteuerbehälter C_B und weiter mit der freien Luft verbunden.

In den Koppelbeschleunigern sind die Steuerkammern von der Hauptluftleitung L geladen, die Übertragungskammern im Koppelkasten sind entlüftet (siehe S. 41).

Betriebsbremsung (Abb. 63)

Bei einer Betriebsbremsung wird die Luft verhältnismäßig langsam aus der Hauptluftleitung durch das Führerbremsventil ausgelassen. Die Koppelbeschleuniger bleiben in Füll- und Lösestellung.

Im Hauptsteuerventil wird durch den Überdruck in b_1 der Kolben k_1 nach links bewegt, überschleift die Empfindlichkeitsbohrung eb, stößt dann an den Schieber s_1 an und nimmt diesen in Bremsstellung mit. In dieser Stellung wird durch den Schieber s_1 eine Verbindung von der Hauptluftleitung über l_3, Nut e und Kanal $\ddot{u}$ zur Übertragungskammer $\ddot{U}$ hergestellt. Luft strömt dann von L nach $\ddot{U}$, wodurch die Betriebsbremsung im Zug schnell fortgepflanzt wird. Weiter strömt Druckluft vom Vorratsluftbehälter R zum Vorsteuerbehälter C_B über r_2, r_3, Muschel g im Schieber s_1, Kanal c_1, Mindestdruckventil M und c_3. Ist ein Druck von ungefähr 0,9 kg/cm² in C_B erreicht, dann schließt das Mindestdruckventil M. Ferner strömt Druckluft vom Hilfsluftbehälter B zum Vorsteuerbehälter C_B über b_2, bn_1, b_3, h_1, das Abstufungsventil v_a, Kanal c_2, den Umstellhahn U_1 und c_3. Von dort gelangt der Druck unter die Kolben k_5 und k_6 im Drucksübersetzer. Bei Geschwindigkeiten über 50—55 km/h ist die Oberseite des Kolbens k_5 über den Achslager-Bremsdruckregler mit der freien Luft verbunden. Bei dieser Geschwindigkeit werden die Schwunggewichte W gegen die Spannung von Federn nach außen geschleudert; dadurch wird unter Vermittlung eines Gestänges die Muffe nach rechts gezogen, der Schieber s_3 verbindet die Oberseite rf_3 des Kolbens k_5 im Drucksübersetzer über rf_2, Umstellhahn U_2, rf_1 und Höhlung im Schieber s_3 mit der freien Luft, so daß der Druck in C_B auf den vollen Querschnitt der beiden Kolben k_5 und k_6 wirksam ist. Dieser treibt zuerst den Kolbensatz k_6, k_7 nach oben und, wenn die Spannung der Feder f_2 überwunden ist, auch den Kolben k_5. Dadurch wird das Ventil v_1 geschlossen und v_2 geöffnet. Druckluft gelangt dann vom Vorratsluftbehälter R über r_5, r_6, v_2, c_9, c_8 zum Bremszylinder C. Ist im Hauptsteuerventil durch Abströmung der Luft von B nach C_B der Druck in b_1 etwas unter den Leitungsdruck gesunken, so geht der Kolben k_1 zurück und schließt das Abstufungsventil v_a (Bremsabschlußstellung). Der Druck in C_B steigt dann nicht weiter, also auch nicht die Kraft auf die Kolben k_5 und k_6. Sobald im Drucksübersetzer der auf der Oberseite des Kolbens k_7 wirksame Druck in C so groß geworden ist, daß die Kraft der Kolben k_5 und k_6 überwunden wird, geht der Kolbensatz nach unten und schließt das Ventil v_2. Damit ist eine Bremsstufe abgeschlossen.

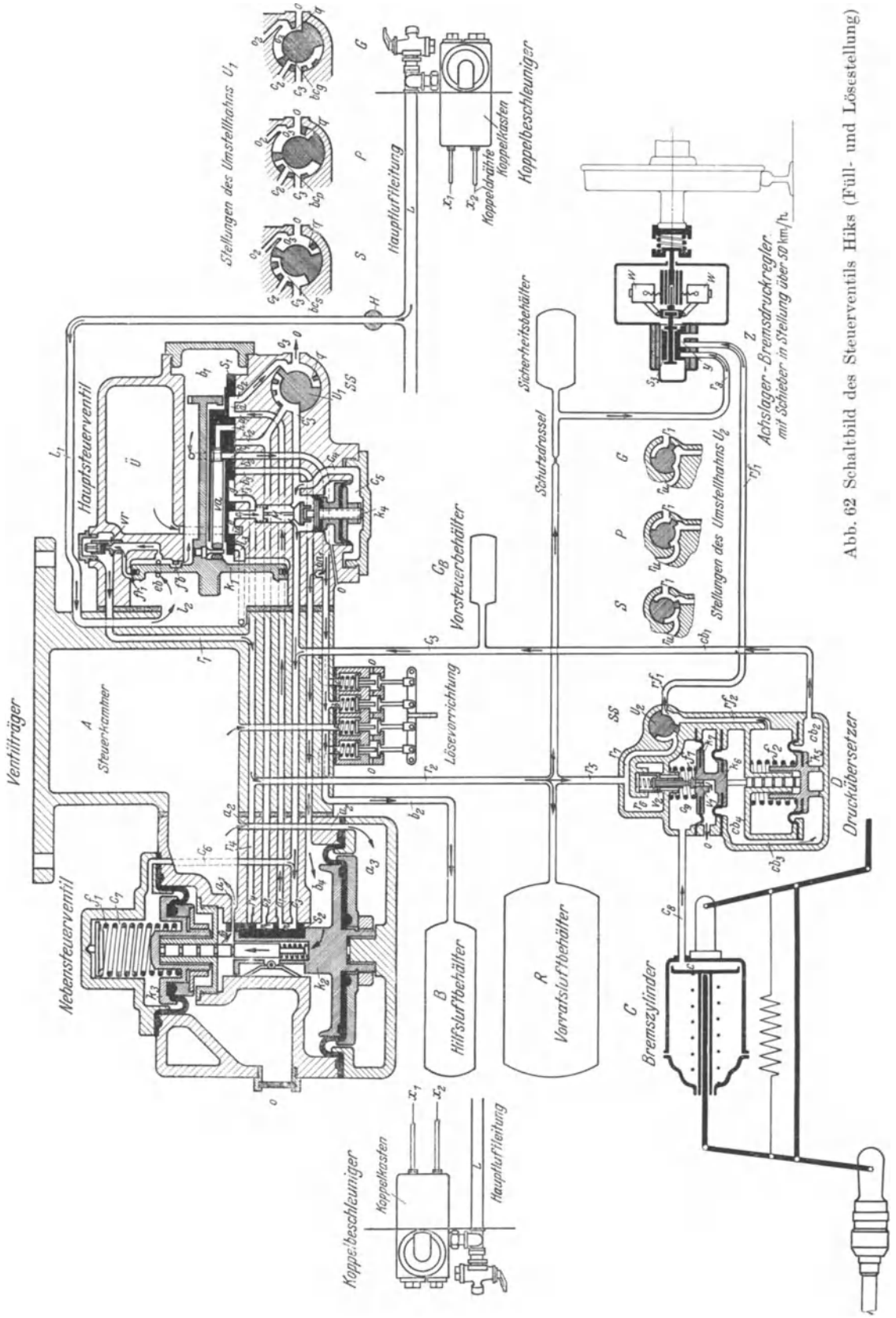


Abb. 62 Schaltbild des Steuerventils Hiks (Füll- und Lösestellung)

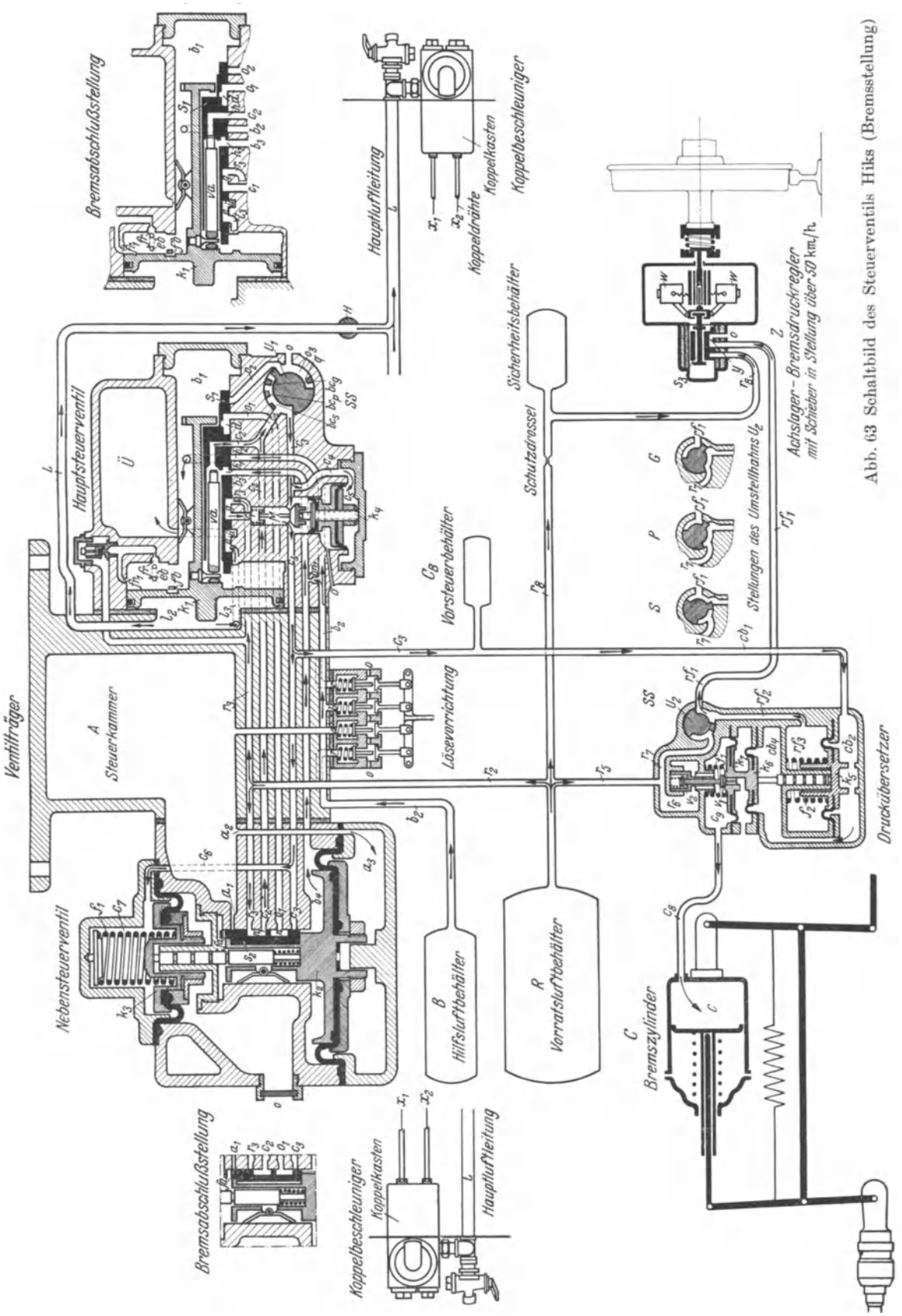


Abb. 63 Schaltbild des Steuerventils Hiks (Bremsstellung)

Bei einer Vollbremsung wird der Leitungsdruck auf einen Druck erniedrigt, der unter 3,6 kg/cm² liegt, dann gleicht sich über das Abstufungsventil v_a der Druck von B mit dem von C_B aus; der Ausgleichdruck beträgt kraft des Kolbenverhältnisses $k_2 : k_3$ 3,6 kg/cm². Der Drucksübersetzer stellt den Druck in C entsprechend diesem Druck und dem Kolbenverhältnis der Kolben k_5, k_6 und k_7 ein. Einem Druck von 3,6 kg/cm² in C_B entspricht auf Grund des Verhältnisses der Kolbenflächen k_5 und k_6 zu der des Kolbens k_7 ein Höchstdruck von 4 kg/cm² in den Bremszylindern C (Stellung SS und S des Umstellhahns U_2).

Im Nebensteuerventil schiebt sich beim Bremsen durch das Absinken des Drucks in b_4 unter dem Einfluß des Drucks in a_3 der Kolben k_2 mit Schieber s_2 nach oben und schließt die Verbindung zwischen A und b_4 über a_1 und fa. Beim Anschlag an den Kolben k_3 bleibt der Kolben k_2 stehen, da der Druckanstieg in C_B auf den Kolben k_3 so schnell erfolgt, daß er, noch bevor sich der Kolbensatz k_2, k_3 weiter nach oben verschieben kann, dem Druckabfall von B am Kolben k_2 das Gleichgewicht hält.

Nachspeisung

Sinkt durch Undichtigkeiten in den Bremszylindern der Druck in C und dadurch auch auf dem Kolben k_7 im Drucksübersetzer, so bekommt der Druck von C_B auf k_6 und k_5 die Oberhand und drückt den Kolbensatz nach oben, öffnet das Ventil v_2, so daß aus R Druckluft nach C strömt, bis das Gleichgewicht am Kolbensatz k_5, k_6, k_7 wiederhergestellt ist. Dann schließt sich das Ventil v_2 wieder. Sinkt der Druck im Vorsteuerbehälter C_B oder in B, so erfolgt die Nachspeisung wie bei der Personenzugbremse. Auch die Nachfüllung des Vorratsluftbehälters R erfolgt wie beim Steuerventil Hikp 1 während der Bremsungen.

Stufenweises Lösen (Abb. 62)

Wird durch Einlassen von Luft vermittels des Führerbremsventils der Druck in der Hauptluftleitung über den im Hilfsluftbehälter B erhöht, so geht der Kolben k_1 im Hauptsteuerventil unter dem Einfluß des Druckunterschieds nach rechts in Lösestellung. Durch Überströmen von Druckluft aus der Hauptluftleitung über eb und fb wird der Druck über b_1, b_2 in B und über b_3 in b_4 erhöht. Dadurch wird der Kolben k_2 mit Schieber s_2 nach unten gedrückt, und es strömt aus C_B Druckluft über n im Nebenventilschieber s_2, o_1, Nut d im Schieber s_1 und o_2 ins Freie. Ist der Druck in C_B und damit auf dem Kolben k_3 des Nebensteuerventils so weit gesunken, daß der Druckunterschied auf dem Kolben k_2 nach oben das Übergewicht bekommt, so bewegt sich der Kolbensatz k_2, k_3 mit Schieber s_2 nach oben und unterbricht die Ausströmung aus C_B über n. Durch den Druckabfall in C_B hat im Drucksübersetzer der Druck von C auf k_7 das Übergewicht bekommen und schiebt den Kolbensatz nach unten, so daß das Ventil v_1 geöffnet wird und Luft aus C über v_1 ins Freie strömt, bis das Gleichgewicht am Kolbensatz k_5, k_6, k_7 wiederhergestellt ist. Dann schließt sich v_1 wieder.

Die $\ddot{U}$-Kammer im Hauptsteuerventil wird beim stufenweisen Lösen nicht entleert, da die Entlüftung von $\ddot{U}$ durch das Mindestdruckventil M überwacht wird, das vom Druck in c_5 geschlossen gehalten wird, bis dieser Druck auf einen bestimmten kleinen Betrag gesunken ist. Dadurch wird verhindert, daß die Übertragungskammer bei jeder Bremsung nach einer Lösestufe wieder Luft aus der Hauptluftleitung abzapft und so eine unerwünscht große Bremsstufe zustande kommt.

Schnellbremsung (Abb. 63)

Bei einer Schnellbremsung wird am Anfang des Zuges die Luft möglichst schnell durch große Querschnitte des Führerbremsventils abgelassen. Kommt die dadurch entstandene Luftwelle am Koppelbeschleuniger des einen Wagenendes an, so wird dieser in Tätigkeit gesetzt, gleichzeitig über den Koppeldraht x_1 oder x_2 der Auslaß des Beschleunigers am anderen Wagenende in seine $\ddot{U}$-Kammer geöffnet, so daß eine neue starke Luftwelle entsteht, die sich über die Bremskupplung zum nächsten Wagen fortpflanzt.

Die Vorgänge im Steuerventil und im Drucksübersetzer sind im übrigen die gleichen wie bei Betriebsbremsungen. Durch den schnellen Druckabfall in der Hauptluftleitung und die großen Querschnitte im Umstellhahn U_1 und im Drucksübersetzer steigt der Druck in den Bremszylindern in der kurzen Zeit von 2 Sekunden auf den Volldruck von 4 kg/cm² an (Stellung *SS*). Sinkt im Verlauf der Bremsung die Geschwindigkeit des Zuges unter 50 km/h, so werden im Achslager-Bremsdruckregler die Schwunggewichte W durch die Federn nach innen gezogen, da die Fliehkraft nicht mehr ausreicht, um die Spannung der Federn zu überwinden. Durch das Reglergestänge wird die Reglermuffe nach links geschoben, der Schieber s_3 verbindet über die Muschel y die Kanäle r_8 und rf_1. Druckluft aus R strömt über r_8, rf_2, Umstellhahn U_2 nach der Oberseite rf_3 des Kolbens k_5 und treibt ihn nach unten. Der Kolben k_7 hat infolgedessen nur noch die Kraft des Kolbens k_6 zu überwinden, drückt ihn nach unten und öffnet das Entlüftungsventil v_1 so lange, bis am Kolbensatz k_6, k_7 das Gleichgewicht wiederhergestellt ist. Der verbleibende Bremsdruck erzeugt bei Volldruck von 3,6 kg/cm² in C_B einen Klotzdruck, der etwa 80 % des Wagengewichts beträgt.

Wie bereits bei der Beschreibung des Drucksübersetzers (Seite 35) gesagt wurde, steigt der Bremsdruck bei höheren Geschwindigkeiten nicht linear bis zum Höchstdruck, sondern er steigt bis zu einem Druck von 4,4 kg/cm² in der Hauptluftleitung genau so langsam an wie bei kleineren Geschwindigkeiten. Dadurch wird die sanfte Regelbarkeit der Bremse bei kleinen Bremsstufen erreicht. Erzielt wird diese Eigenschaft durch die Feder f_2 auf dem Kolben k_5 im Drucksübersetzer, die den Kolben k_5 erst dann wirksam werden läßt, wenn ein bestimmter Druck in C_B erreicht ist.

Die Umstellhähne U_1 im Steuerventil und U_2 im Drucksübersetzer machen es möglich, die Hikss-Bremse in ihrer Wirkung an die bisher üblichen Personenzug- und Güterzugbremsen anzugleichen, so daß Wagen mit der Hikss-Bremse ohne weiteres in Zügen mit Bremsen älterer Bauart und auch in Güterzügen laufen können. Durch Drosselung der Querschnitte vom Steuerventil zum Vorsteuerbehälter C_B und von dort zur freien Luft in Stellung *S*, *P*, *G* wird der für diese Wagenarten notwendige Druckanstieg im Bremszylinder erzielt; in Stellung *S* ist der Druckanstieg im Bremszylinder so gedrosselt, daß entsprechend der KKS-Bremse eine Abbremsung von 125 % in 5 Sekunden erreicht wird. In Stellung *P* steigt die Abbremsung in 5 Sekunden stets nur auf etwa 80 % und in Stellung *G* nach schnellem Anstieg auf den Mindestwert von 0,6 kg/cm² in 35 Sekunden ebenfalls stets nur auf etwa 80 %, weil der Umstellhahn des Drucksübersetzers in den Stellungen *G* und *P* den Kolben k_5 dauernd mit R in Verbindung hält und damit nur die niedrige Abbremsung zuläßt.

In Abb. 64 sind die Druckschaulinien der Bremszylinder bei Schnellbremsungen und stufenweisen Bremsungen in den verschiedenen Stellungen des Umstellhahns gezeigt.

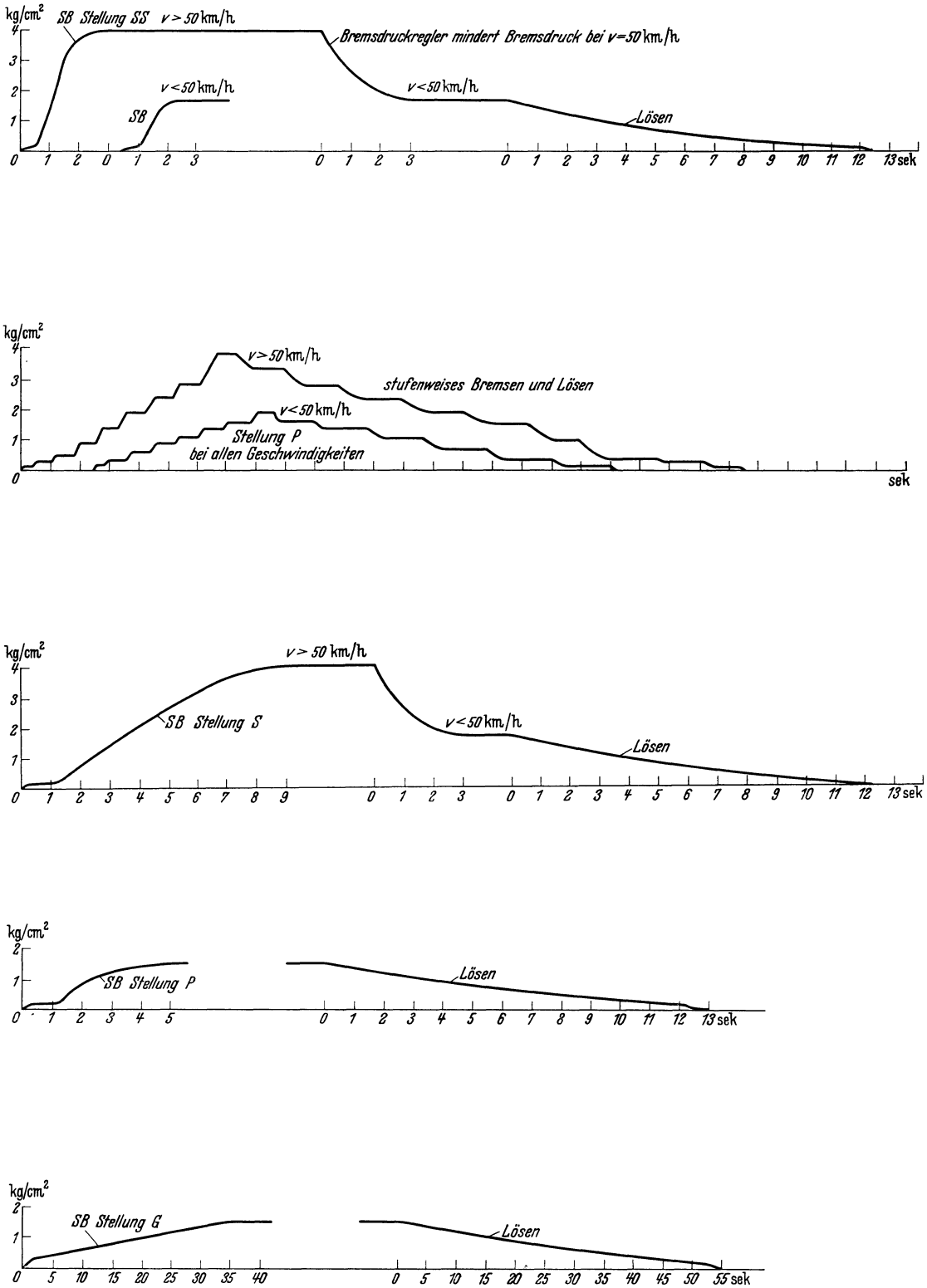


Abb. 64 Druckschaulinien der Hikss-Bremse für schnellste Züge mit Steuerventil Hiks

Nachwort

Die großen Fortschritte, welche die Hildebrand-Knorr-Bremse gegenüber der Kunze Knorr-Bremse bringt, haben nicht nur die Deutsche Reichsbahn veranlaßt, bei neuen Wagen und insbesondere bei neu zu entwerfenden Wagen nur noch die Hildebrand-Knorr-Bremse vorzusehen, sondern auch eine Reihe ausländischer Bahnen, die bisher noch keine durchgehende Güterzugbremse hatten, haben sich zur Einführung der Hildebrand-Knorr-Bremse entschlossen, so die Norwegische, die Dänische, die Rumänische und die Bulgarische Staatsbahn und außerhalb Europas die Persische Staatsbahn. In Schweden ist diese Bremse wenigstens für schnellfahrende Güterzüge — neben der im übrigen dort fortbestehenden Kunze Knorr-Bremse — vorgesehen. Die Italienische Staatsbahn hat die Breda-Bremse eingeführt, die auf demselben Grundgedanken beruht wie die Hildebrand-Knorr-Bremse. In den genannten Ländern besteht hiernach ein in den Grundzügen übereinstimmendes Bremssystem, das den Gedanken einer mehrlösigen nachspeisenden Bremse zur Anwendung bringt.

Während so das Grundprinzip dieser in einem großen Teil Europas zur Anwendung gelangenden neueren Druckluftbremsen auf lange Zeit hinaus feststehen dürfte, so wird die Entwicklung nicht haltmachen, sondern den immer größer werdenden Ansprüchen, insbesondere in bezug auf die Fahrgeschwindigkeit, Rechnung tragen müssen. In dieser Richtung wurden von den Mitarbeitern des Verfassers Dr. Friedrich Hildebrand und Dr. Ernst Möller schon sehr beachtenswerte Fortschritte gemacht. Die oben behandelten Koppelbeschleuniger, Druckübersetzer, Bremsdruckregler und das selbsttätige Führerbremsventil sind Ergebnisse, die in der Richtung der Vergrößerung der Fahrgeschwindigkeit und der Sicherheit des Betriebes liegen, und die bei den Bremssachverständigen größte Anerkennung gefunden haben.

Ich glaube feststellen zu können, daß das nach dem Erscheinen meines Hauptwerkes auf diesem Gebiete Neugeschaffene nicht nur den augenblicklichen Bedürfnissen gerecht geworden ist, sondern bei der ausschlaggebenden Bedeutung der Bremse für die Steigerung der Fahrleistungen den Grund für die Lösung mancher zukünftigen Aufgaben gelegt hat.

Bei der Drucklegung dieses Ergänzungsbandes blicke ich auf eine 40jährige Tätigkeit für die Entwicklung der Eisenbahn-Druckluftbremse zurück.

Berlin, den 1. Oktober 1939

Wilhelm Hildebrand

Anhang

33 Bedingungen des Internationalen Eisenbahnverbandes,
denen eine durchgehende Güterzugbremse zu genügen hat
Blatt Nr. B 1, Ausgabe vom 1. Juni 1933, Fassung vom 1. Januar 1935

29 Bedingungen des Internationalen Eisenbahnverbandes,
denen eine durchgehende Bremse für Personenzüge zu genügen hat.
Blatt Nr. B 14, Ausgabe vom 1. Januar 1937, Fassung vom 1. Januar 1939

Merkmale der im internationalen Verkehr zugelassenen Güterzugbremsen
Zusammenstellung des Internationalen Eisenbahnverbandes,
Blatt Nr. B 7

Aufschlagtafeln: Schaltbilder der Hildebrand-Knorr-Bremse für Güterzüge
mit Steuerventil Hikg*l* und mit mechanischer Lastabbremsung
Tafel 1: Füll- und Lösestellung
Tafel 2: Bremsstellung

33 Bedingungen,

denen eine durchgehende Güterzugbremse zu genügen hat, aufgestellt vom Internationalen Eisenbahnverband.

Blatt Nr. B 1, Ausgabe vom 1. Juni 1933, Fassung vom 1. Juni 1935

1. Die Verwendung von Druckluft muß genügen, um die Bremsen in Tätigkeit zu setzen.

2. Die Bremse muß so beschaffen sein, daß ein Teil der Güterwagen mit der vollen Bremsausrüstung (Bremswagen) eingerichtet werden kann, während die übrigen Güterwagen nur die durchgehende Leitung (Leitungswagen) erhalten.

Die Bremswagen müssen mit einer Einrichtung versehen werden können, die es gestattet, beladene Wagen mit größerer Kraft (Lastabbremsung) zu bremsen, als leere Wagen (Eigengewichtsabbremsung).

3. Die Bremse muß so beschaffen sein, daß an den Leitungswagen keine andere Ausrüstung erforderlich ist, als die durchgehende Hauptleitung, insbesondere keine Übertragungsventile.

4. An den mit vollständiger Bremsausrüstung versehenen Güterwagen (Bremswagen) muß es möglich sein, diese Ausrüstung von der Leitung abzuschalten, um die Verwendung solcher Wagen als Leitungswagen zu ermöglichen.

5. Der normale Betriebsdruck beträgt 5 kg/cm² (at). Die Bremse soll auch einwandfrei arbeiten bei einem Betriebsdruck, der bis zu 0,5 at höher oder niedriger ist als der normale.

Auch bei einem geringeren Betriebsdruck als 4,5 at, und zwar bis zu 2 at herab, muß die Bremse noch in Tätigkeit gesetzt werden können.

6. Die Bremse soll in Bereitschaft stehen und gelöst sein, wenn der normale Betriebsdruck im ganzen Zuge hergestellt ist.

Das Bremsen soll durch einen Druckabfall in der Leitung erzielt werden und das Lösen durch eine Steigerung des Druckes.

7. Die Durchschlagsgeschwindigkeit der Bremse soll bei Schnellbremsungen aus normalem Betriebsdruck für Züge aller Art und Zusammensetzung bis zu 200 Achsen mindestens 100 m/sek betragen.

Die Durchschlagsgeschwindigkeit wird bestimmt aus der Zeit, die vergeht vom Zeitpunkt an, wo der Hebel des Führerventils in die Schnellbremsstellung gelegt wird, bis zu dem Zeitpunkt, wo die Druckluft in den Bremszylinder des letzten Wagens eintritt. Dabei ist die Länge der durchgehenden Hauptleitung zu rechnen vom Führerventil bis zum Zugschluß ohne Berücksichtigung der Leitungsabzweigungen.

8. Mit der Bremse müssen sowohl Schnellbremsungen durch schnellen und ziemlich bedeutenden Auslaß der Leitungsluft, als auch abgestufte Betriebsbremsungen bis zur Vollbremsung und nicht abgestufte Vollbremsungen durch langsamen Auslaß der Leitungsluft ausgeführt werden können.

9. Betriebsbremsungen müssen sich bei Zügen bis zu 200 Achsen bis zum Zugschluß fortpflanzen, sobald der Hauptleitungsdruck um höchstens 0,5 at ermäßigt wird, gleichgültig, wie die Bremswagen und Leitungswagen im Zuge verteilt sind.

10. Um eine Vollbremsung aus normalem Betriebsdruck zu erzielen, muß der Leitungsdruck um mindestens 1 at und höchstens um 1,5 at bei Eigengewichtsabbremsung oder 1,7 at bei Lastabbremsung vermindert werden.

11. Bei Einleitung einer Bremsung (Schnell- oder Betriebsbremsung) muß schnell ein Bremszylinderdruck erzeugt werden, der genügt, um die Klötze zum Anlegen an die Radreifen zu bringen. Der dadurch erzeugte Klotzdruck[1]) darf 20% des im Verlauf dieser Bremsung erreichbaren höchsten Bremsklotzdruckes nicht übersteigen.

Sodann soll der Druck allmählich bis zu seinem Höchstwert ansteigen, derart, daß bei Vollbremsung 95% des höchsten Klotzdruckes erreicht werden beim kleinsten Kolbenhube nach frühestens 28 Sekunden und beim größten Kolbenhube nach spätestens 60 Sekunden, gerechnet vom Beginn des Druckanstiegs im Bremszylinder.

12. An Wagen, die verschieden hoch abgebremst werden können, je nachdem sie leer oder beladen sind, soll der Bremsklotzdruck bei Lastabbremsung während des ganzen Zeitabschnittes der Vollbremsung annähernd proportional bleiben dem bei Eigengewichtsabbremsung erreichten. Die Zeiten bis zur Erreichung des höchsten Bremsdruckes sollen in beiden Fällen annähernd gleich sein.

13. Wenn nur das Eigengewicht abgebremst wird, soll der bei größtem Kolbenhube und einem normalen Betriebsdruck von 5 at erreichbare Bremsklotzdruck[1]) wenigstens 50% des Eigengewichts betragen.

Er soll 85% des Eigengewichts bei kleinstem Kolbenhube nicht übersteigen.

14. Wenn man die Last abbremst, soll der bei größtem Kolbenhube und bei einem normalen Betriebsdrucke von 5 at erreichbare Bremsklotzdruck wenigstens gleich 0,5 $(t + c)$ sein, wobei t das Eigengewicht des Wagens und c die kleinste Last ist, von der ab die Lastabbremsung angewendet werden darf.

Der bei kleinstem Kolbenhube erreichbare Bremsklotzdruck darf den Wert 0,85 $(t + c)$ nicht übersteigen.

15. Der größte zulässige Hub des für die Eigengewichtsabbremsung bestimmten Bremskolbens in mm, geteilt durch das Übersetzungsverhältnis des Bremsgestänges von der Kolbenstange bis zu den Bremsklötzen, soll bei Wagen, deren Bremsgestänge keine selbsttätige Bremsklotz-Nachstellvorrichtung besitzt, mindestens 20 betragen.

16. Bei vollständigem und ununterbrochenem Lösen der Bremse eines einzelnen Wagens nach einer Vollbremsung muß der Bremsklotzdruck allmählich sinken, derart, daß die Bremsklötze gelöst sind (gerechnet

[1]) Der „Bremsklotzdruck" ist der wirksame Druck der Bremsklötze auf die Räder, gemessen im Stillstand.

vom Beginn des Druckabfalls im Bremszylinder) frühestens nach a sek bei kleinstem Kolbenhube und spätestens nach b sek bei größtem Kolbenhube, und zwar sowohl bei Eigengewichtsabbremsung als auch bei Lastabbremsung des Wagens.

Wenn die Bremse keine Umstellvorrichtung für Fahrten in der Ebene und im Gefälle besitzt, sollen die oben angegebenen Grenzen $a = 45$ und $b = 110$ sek betragen.

Wenn die Bremse besondere Umstellvorrichtungen für Fahrten in der Ebene und im Gefälle besitzt, so sollen betragen:

für Fahrten in der Ebene $a = 25$ und $b = 60$ sek
für Fahrten im Gefälle $a = 45$ und $b = 110$ sek

17. Die Zeit für das Auffüllen der Bremseinrichtung eines Wagens soll so bemessen sein, daß das Füllen der Hilfsluftbehälter und das Lösen der Bremse auch am Ende langer Züge nicht beeinträchtigt wird und daß in der Leitung keine großen und plötzlichen Druckschwankungen entstehen, die ein unbeabsichtigtes Bremsen benachbarter Wagen hervorrufen könnten.

18. Die Bremse muß zwei Ausführungsformen gestatten: Die erste Ausführungsform soll allein ihrer Verwendung in Güterzügen entsprechen; die zweite Ausführungsform entspricht zwei Arten der Betriebsweise, die eine ihrer Verwendung in den Güterzügen, die andere ihrer Verwendung in den schnellfahrenden Zügen (Eilgüterzüge oder Personenzüge).

Für die zweite Ausführungsform wird lediglich die Eigengewichtsabbremsung der Güterwagen gefordert.

19. Die Handhabung der Bremse muß einfach sein. Etwaige Umstellvorrichtungen an den Wagen müssen leicht erkennbar sein und von beiden Wagenseiten aus leicht bedient werden können.

Das Umstellen von „leer" auf „beladen" soll, wenn es von Hand erfolgt, durch Drehen einer zu den Radachsen parallelen Welle um ungefähr 90^0 erfolgen. Der zum Drehen dieser Welle dienende Hebel soll auf jeder Wagenseite in der Stellung „leer" nach links oben und in der Stellung „beladen" nach rechts oben zeigen.

Die Umstellvorrichtung für „Ebene" und „Gefälle" soll an beiden Wagenseiten durch Zurückdrücken („Ebene") oder Vorziehen („Gefälle") eines Griffs parallel zu den Radachsen bewirkt werden. In der Stellung „Gefälle" soll eine rote Scheibe sichtbar sein und in der Stellung „Ebene" eine gelbe Scheibe.

20. Die lichte Weite der Hauptleitung soll zwischen 25 und 30 mm liegen. Das Maß von 25 mm wird empfohlen. Starke Krümmungen in den Hauptleitungen sind zu vermeiden.

Die Länge der Zweigleitungen, welche die Hauptleitung mit dem Steuerventil und dem Notbremshahn verbinden, soll möglichst eingeschränkt werden. Die lichte Weite der Abzweigleitungen darf nicht größer sein als die der Hauptleitung.

Der Durchgangsquerschnitt der Absperrhähne soll nicht kleiner sein, als der, welcher einer Leitung von 25 mm lichter Weite entspricht.

Die lichte Weite der Kupplungsschläuche soll zwischen 25 und 30 mm liegen.

Die Kupplungsköpfe müssen in den für das Kuppeln in Frage kommenden Teilen den auf Anlage J^1 der technischen Vorschriften zum RIC bezeichneten entsprechen. Im übrigen sollen die Kupplungsköpfe so gestaltet sein, daß sie dem Luftdurchgang möglichst wenig Widerstand bieten.

Die Länge der Schlauchkupplung soll der auf Anlage J^3 der technischen Vorschriften zum RIC entsprechen.

Die Lage der Enden der Hauptleitung in bezug auf die Kopfschwelle und die Anschlußgewinde der Schlauchkupplungen soll den Bestimmungen des IEV entsprechen[1]).

21. Die Bremse soll so beschaffen sein, daß die Gefahr von Beschädigung oder mangelhafter Wirkung — insbesondere die Gefahr des Nichtbremsens, ungenügenden und unbeabsichtigten Lösens — möglichst eingeschränkt wird.

22. Bei Wagen mit der durchgehenden Bremse und mit Handbremse muß jede Bremse unabhängig von der anderen betätigt werden können.

Handbremswagen (vom Wagen aus bedienbar) sollen mit einer Notbremsvorrichtung ausgerüstet werden.

23. Für die Beförderung der Züge soll man Lokomotiven und Tender verwenden können, die sowohl mit der selbsttätigen Bremse ausgerüstet sind, als auch mit der direkten Bremse, und zwar unter folgenden Bedingungen:

a) Man kann nach Wunsch die automatische Bremse der Lokomotive und des Tenders gleichzeitig mit den Bremsen des Zuges betätigen oder sie ausschalten.

b) Die selbsttätige Bremse wird mit einem der zur Zeit auf europäischen Bahnen gebräuchlichen Führerbremsventile (nach Art des Westinghouseventils für Personenzugbremse) betätigt.

c) Die Bremszylinder der Lokomotive und des Tenders können mittels eines Hahnes oder Ventils durch den Lokomotivführer entleert werden.

d) Die Bremszylinder enthalten keine Überströmnuten.

e) Arbeitet die selbsttätige Bremse allein, so geht das Füllen der Bremszylinder der Lokomotive und des Tenders langsam vor sich, sobald das Füllen beginnt, und zwar in der Weise, daß bei einer Vollbremsung der Höchstdruck wenigstens nach 60 Sekunden erreicht wird von dem Augenblick ab, wo das Führerbremsventil in Bremsstellung umgelegt worden ist; das Entleeren der Bremszylinder wird gleichsam verlangsamt derart, daß nach einer Vollbremsung die Bremse frühestens nach 50 Sekunden gelöst ist, von dem Augenblick ab, wo die Entleerung der Zylinder begonnen hat.

---

[1]) Vgl. Blatt Nr. 49 und 137.

24. Die Bremse soll so beschaffen sein, daß man mit ihr voll beladene Züge von mindestens 1500 t Gewicht und etwa 100 Achsen Stärke, teilweise beladene Züge von mindestens 1200 t Gewicht und etwa 150 Achsen Stärke und Leerzüge bis 150 Achsen in der Ebene und in langen und starken Gefällen befördern kann. Auch soll es möglich sein, Leerzüge von 200 Achsen in der Ebene zu befördern. Alle diese Züge sollen hauptsächlich aus zweiachsigen Wagen gebildet sein.

25. Es muß möglich sein, die Brems- und Leitungswagen sowie auch die beladenen und leeren Wagen entsprechend den im Betrieb vorkommenden Zugzusammensetzungen möglichst ungleichmäßig im Zuge zu verteilen, insbesondere an irgend einer Stelle des Zuges Gruppen von Leitungswagen einzuschalten, die bei Zügen mit niedrigen Bremsprozenten bis zu 15 Wagen betragen sollen.

26. Bei Schnellbremsungen auf ebenen und geraden Strecken soll bei Geschwindigkeiten zwischen 30 und 60 km/Std der Bremsweg unter der Annahme, daß die Lokomotive und der Tender nur mit der selbsttätigen Bremse[1]) gleichzeitig mit dem Zuge abgebremst werden, unter Vorbehalt einer Toleranz von 3% des errechneten Bremsweges mindestens aber von 10 m, die durch folgende Formel gegebene Länge L nicht übersteigen.

$$L = \frac{4{,}25\ V^2}{40\ a \times \frac{13{,}6 + 40\ a}{0{,}6 + 40\ a} \times \frac{V}{V + 30} + 0{,}0006\ V^2 + 3{,}6}$$

wobei

L den Grenzwert für den Bremsweg in Metern,

V die Geschwindigkeit bei Beginn der Bremsung in km in der Stunde,

a die Abbremsung des Zuges einschließlich Lokomotive und Tender, d. h. das Verhältnis vom abgebremsten Gesamtgewicht zum gesamten Zuggewicht darstellt.

Bei Wagen, die nach dem Eigengewicht abgebremst werden, ist das abgebremste Gewicht gleich dem Eigengewicht t.

Bei den nach der Last abgebremsten Wagen beträgt das gebremste Gewicht: das Eigengewicht t vermehrt um die Last c, von welcher ab die Lastabbremsung verwendet werden kann.

Bei den Lokomotiven und Tendern ist das abgebremste Gewicht gleich dem größten Bremsklotzdruck[2]).

27. Die Bremse soll unter allen Verhältnissen ohne gefährliche Stöße und Zerrungen für Personal, Ladung und Fahrzeuge wirken. Dabei ist vorausgesetzt, daß die Entfernung der Pufferscheiben im Höchstfalle nicht mehr als 10 cm und im Durchschnitt des ganzen Zuges 3,5 cm beträgt. Die Bremsungen sollen auch dann ruhig verlaufen, wenn sämtliche Wagen eines vollbeladenen Zuges von 1500 t und etwa 100 Achsen und eines teilweise beladenen oder leeren Zuges bis zu 150 Achsen Stärke gebremst werden oder wenn 75% der Achsen eines 200 Achsen starken Leerzuges gebremst werden.

28. Es dürfen auch dann schädliche Wirkungen für den Zug nicht entstehen, wenn einer kräftigen Betriebsbremsung eine Schnellbremsung folgt.

29. Die Bremse muß ohne schädliche Stöße und Zerrungen auch während der Fahrt gelöst werden können.

30. Der Vorrat an Bremskraft darf sich auch bei Fahrten auf langen und starken Gefällen nicht erschöpfen.

31. Die Bremse muß derart beschaffen sein, daß die längsten und stärksten auf Hauptbahnen vorkommenden Gefälle mit voller Sicherheit und möglichst geringen Schwankungen der vorgeschriebenen Geschwindigkeit befahren werden können.

32. Die Bremsprobe soll in einfacher Weise vorgenommen werden können und dem Führer die Gewißheit verschaffen, daß die Bremsleitung des ganzen Zuges verbunden und wirksam ist.

33. Die im internationalen Verkehr neu zuzulassenden Güterzugbremsen müssen mit bereits zugelassenen Güterzugbremsen einwandfrei zusammenarbeiten.

Die Verwaltungen, die die Zulassung einer Bauart einer durchgehenden Bremse für Güterzüge im zwischenstaatlichen Verkehr wünschen, müssen sie vorher zur Prüfung dem Bremsunterausschuß vorlegen, der sich davon überzeugen wird (vgl. Blatt Nr. B 3), daß die 33 festgelegten Bedingungen erfüllt sind.

Der Internationale Eisenbahnverband hat die Konferenz für die Technische Einheit im Eisenbahnwesen durch Vermittlung der schweizerischen Regierung ersucht, zu beschließen, daß die vom IEV aufgestellten 33 Bedingungen ohne weiteres das Berner Übereinkommen von 1909 ersetzen.

Alle Staaten, die dem Übereinkommen für die Technische Einheit im Eisenbahnwesen angehörten, haben sich zu diesem Vorschlag zustimmend ausgesprochen. (Rundschreiben des Generalsekretariats vom 20. April 1932, Nr. 800).

---

[1]) Vgl. Bedingung 23.

[2]) Der „Bremsklotzdruck" ist der wirksame Druck der Bremsklötze auf die Räder, gemessen im Stillstand.

29 Bedingungen,

denen eine durchgehende Bremse für Personenzüge zu genügen hat[1]), aufgestellt vom Internationalen Eisenbahnverband

Blatt B 14, Ausgabe vom 1. Januar 1937, Fassung vom 1. Januar 1939

1. Die Verwendung von Druckluft muß genügen, um die Bremse in Tätigkeit zu setzen.

Immerhin ist es nicht untersagt, eine andere Kraftquelle als die Druckluft für die Steuerung der Bremse zu verwenden (z. B. die Elektrizität), vorausgesetzt, daß die Bremse auch allein mit Hilfe der Druckluft betätigt werden kann ohne Betätigung einer Umstellvorrichtung am Wagen und daß sie dann allen nachstehenden Bedingungen genügt.

2. Der Regelbetriebsdruck beträgt 5 kg/cm²; jedoch soll die Bremse auch noch einwandfrei arbeiten bei einem Betriebsdruck, der bis zu 1 kg/cm² höher oder niedriger ist als der Regeldruck.

Die Bremse muß auch noch in Tätigkeit gesetzt werden können, wenn der Betriebsdruck unter 4 km/cm² fällt, und zwar bis zu 2 kg/cm² herab.

3. Die Bremse soll in Bereitschaft stehen und gelöst sein, wenn der Regelbetriebsdruck im ganzen Zuge hergestellt ist.

Das Bremsen soll durch einen Druckabfall in der Hauptluftleitung erzielt werden und das Lösen durch eine Steigerung des Druckes. Es ist zulässig, daß die Bremse schon vollkommen gelöst ist, bevor in der Hauptluftleitung der Regeldruck erreicht ist.

4. Mit der Bremse müssen sowohl Schnellbremsungen durch schnellen und ziemlich bedeutenden Auslaß der Leitungsluft als auch abgestufte Betriebsbremsungen bis zur Vollbremsung und nicht abgestufte Vollbremsungen durch langsamen Auslaß der Leitungsluft ausgeführt werden können.

5. Um eine Vollbremsung aus dem Regelbetriebsdruck zu erzielen, muß der Druck in der Hauptluftleitung mindestens um 1 kg/cm² und höchstens um 1,5 kg/cm² bei Eigengewichtsabbremsung und höchstens um 1,7 kg/cm² bei Lastabbremsung vermindert werden, gleichgültig wie groß der Kolbenhub ist.

Für Bremsen mit selbsttätigem Gestängesteller soll die Vollbremsung bei dem vom Regler eingestellten Kolbenhub durch eine Druckermäßigung erreicht werden, die zwischen 1,3 und 1,6 kg/cm² liegt.

6. Die Bremse muß so beschaffen sein, daß die Wagen mit einer Einrichtung versehen werden können, die es gestattet, beladene Wagen stärker abzubremsen (ein oder mehrere Lastabbremsungen) als leere Wagen (Eigengewichtsabbremsung).

Wagen, deren Ladung mindestens gleich dem Eigengewicht ist, müssen eine solche Einrichtung haben.

7. Die Bremseinrichtung der Wagen muß durch Umstellen eines einzigen Griffes so von der Hauptleitung abgeschaltet werden können, daß die Bremse nach Entleerung der Druckluftträume unwirksam ist und der Wagen als Leitungswagen benutzt werden kann. Es wird zugelassen, daß an den Drehgestellwagen ein Umstellgriff je Drehgestell vorhanden sein kann.

8. Bei Wagen mit durchgehender Bremse und mit Handbremse muß jede Bremse unabhängig von der anderen betätigt werden können.

9. Notbremsgriffe zum Betätigen der durchgehenden Bremse müssen in allen Fahrzeugen angebracht sein, die in der Regel für den Aufenthalt von Reisenden oder Bediensteten bestimmt sind.

10. Der größte zulässige Hub des für die Eigengewichtsabbremsung bestimmten Bremskolbens in mm, geteilt durch das Übersetzungsverhältnis des Bremsgestänges von der Kolbenstange bis zu den Bremsklötzen, soll bei Wagen, deren Bremsgestänge keine selbsttätige Bremsklotz-Nachstellvorrichtung besitzt, mindestens 20 betragen.

11. Bei Einleitung einer Schnellbremsung am Einzelfahrzeug soll der Bremszylinderdruck bis zu seinem Höchstwert stetig ansteigen, und zwar bei jeder Art der Abbremsung (Eigengewicht oder Last).

Bei einer Schnellbremsung aus dem Regelbetriebsdruck soll bei einem mittleren oder bei einem durch einen selbsttätigen Bremsgestängesteller eingestellten Hub des Bremszylinderkolbens die Zeit vom Beginn des Druckanstieges im Bremszylinder bis zur Erreichung von 95% des höchsten Klotzdruckes zwischen den nachfolgenden Grenzen liegen:

a) bei den Drehgestellwagen für Personen- und Gepäckbeförderung . . . . . 3—5 Sek.
b) bei allen übrigen Wagen . . . . . 4—8 Sek.

Für Wagen mit Lastabbremsung beziehen sich die angegebenen Zeiten auf die Abbremsung, die die kürzesten Zeiten ergibt (im allgemeinen die Eigengewichtsabbremsung), während für die anderen Abbremsungsarten die oberen Grenzen um nicht mehr als 20% überschritten werden dürfen.

---

[1]) Frühere Überschriften der Frage: Verwendung und Betrieb der durchgehenden Personenzugbremse. — a) Untersuchung der Bedingungen, denen eine durchgehende Personenzugbremse im internationalen Verkehr genügen muß. — b) . . . c) . . . d) . . .

Untersuchung der Bremsfragen. I) . . . . II) Zulassung der Personenzugbremsen im internationalen Verkehr; III) Bremsleistung (Personen- und Güterzüge). Verschiedene Fragen; IV) . . . VI) . . .

12. Beim vollständigen Lösen der Bremse eines Einzelwagens soll der Druck im Bremszylinder stetig fallen.

Nach einer Schnellbremsung aus dem Regelbetriebsdruck soll die Lösezeit des Bremszylinders, ausgedrückt durch die Zeit, die vergeht vom Augenblick, wo die Luft aus dem Zylinder zu entweichen beginnt, bis zu dem, wo der Druck 0,4 kg/cm² erreicht, zwischen 10 und 20 Sek. liegen, und zwar für einen beliebigen Kolbenhub sowie für Eigengewichts- oder Lastabbremsung.

13. Die Zeit für das Auffüllen der Bremseinrichtung eines Wagens soll so bemessen sein, daß das Füllen der Hilfsluftbehälter und das Lösen der Bremse auch am Ende langer Züge nicht beeinträchtigt wird und daß in der Leitung keine großen plötzlichen Druckschwankungen entstehen, die ein unbeabsichtigtes Bremsen benachbarter Wagen hervorrufen könnten.

14. Bei Eigengewichtsabbremsung soll das Bremsgewicht[1]) mindestens das 0,95-fache des Eigengewichts des Wagens betragen, gleichgültig wie groß der Hub des Bremszylinderkolbens ist.

15. Bei Lastabbremsung soll das Bremsgewicht[1]) mindestens betragen 0,95 $(t + c)$, gleichgültig wie groß der Hub des Bremszylinderkolbens ist, wobei

t das Eigengewicht des Wagens und

c die kleinste Last ist, von der ab die in Frage kommende Lastabbremsung angewendet werden darf.

Wenn Wagen die Lastabbremsung haben, muß wenigstens eine Lastabbremsungsstellung vorhanden sein, bei der $c \gg \frac{M}{4}$ ist, wobei M das Ladegewicht des Wagens ist, welches für dessen Einstellung in Züge gilt, die mit der Personenzugbremse gebremst werden (siehe Blatt B 15).

16. Um Stöße und Zerrungen zu vermeiden, die auftreten könnten, wenn Wagen mit sehr verschieden hoher Abbremsung gemischt gefahren werden, sollen alle Wagen, deren Bremsgewicht einen Wert R übersteigt, eine Umstellvorrichtung haben, die erlaubt:

a) entweder dieses Bremsgewicht auf einen Wert zwischen R und dem kleinsten in Bedingung 14 und 15 vorgeschriebenen Bremsgewicht herabzusetzen, je nachdem, ob es sich um Eigengewichts- oder Lastabbremsung handelt;

b) oder den Bremsvorgang so zu ändern, daß in den in der Bedingung 11 festgelegten Zeiten der Bremsklotzdruck einen Wert erreicht, der zwischen den Höchstdrücken liegt, die die unter a) festgesetzten Grenzwerte des Bremsgewichts ergeben, und daß der weitere Anstieg des Bremszylinderdruckes so verzögert wird, daß Stöße und Zerrungen vermieden werden.

Der Wert R beträgt das 1,2-fache des Eigengewichts bei Eigengewichtsabbremsung und 1,2 $(t + c)$ bei Lastabbremsung.

17. Nach einer Vollbremsung aus dem Regeldruck soll in der Hauptluftleitung irgendeines Wagens während 10 Sek. ein so schnell wie möglich zustande gekommener Druck von 6 kg/cm² aufrechterhalten werden können, ohne daß eine Überladung eintritt, die das spätere Arbeiten der Bremse stört.

18. Die Bremse soll wie folgt beschaffen sein:

a) am Einzelwagen:

1. soll sie spätestens nach 6 Sek. anspringen, wenn der Druck in der Hauptluftleitung infolge einer Undichtheit in 6 Sek. um 0,6 kg/cm² sinkt,

2. darf sie nicht anspringen, wenn eine Undichtheit den Leitungsdruck in 1 min um 0,3 kg/cm² senkt;

b) am ganzen Zuge:

muß es möglich sein, eine Überladung der Bremse durch langsame Senkung des Leitungsdruckes zu beseitigen, ohne daß eine Bremse anspringt.

Der Hauptleitungsdruck soll in längstens 10 Min. von 6 auf 5 kg/cm² vermindert werden können, ohne daß eine Bremse anspringt.

19. Die Durchschlagsgeschwindigkeit der Bremse soll bei Schnellbremsungen aus dem Regeldruck für Züge beliebiger Zusammensetzung bis zu 80 Achsen mindestens 150 m/sek betragen.

Diese Geschwindigkeit wird errechnet aus der Länge der Hauptluftleitung des Zuges — ohne Berücksichtigung der Abzweigleitungen — vom Führerbremsventil bis zum Absperrhahn des letzten Wagens, geteilt durch die Zeit vom Umlegen des Griffes des Führerbremsventils in die Bremsstellung bis zum Eintreten von Druckluft in den Bremszylinder des letzten Wagens (Durchschlagszeit).

20. Beim Lösen eines ganzen Zuges nach einer Vollbremsung soll die Zeit von der Einleitung des Lösens bis zur Erreichung eines Druckes von 0,4 kg/cm² im Bremszylinder des letzten Wagens ohne bleibende Überladungen der Bremsräume nicht größer sein als:

35 Sek. für einen Zug aus 15 vierachsigen Wagen und
für einen Zug aus 30 zweiachsigen Wagen

beim mittleren oder bei dem durch den Bremsgestängesteller eingestellten Kolbenhub des letzten Wagens.

---

[1]) Bestimmt nach den Vorschriften des Blattes 156.

21. Die Bremse muß richtig arbeiten, wenn an irgendeiner Stelle im Zuge eine Gruppe von 2 Leitungswagen vorhanden ist.

Betriebsbremsungen müssen sich bei Zügen bis zu 80 Achsen — bestehend aus zweiachsigen Wagen — bis zum Zugschluß fortpflanzen, sobald der Hauptleitungsdruck um höchstens 0,5 kg/cm² ermäßigt wird, gleichgültig wie die Bremswagen und die Leitungswagen im Zuge verteilt sind.

22. Die Bremse soll unter allen Verhältnissen ohne gefährliche Stöße und Zerrungen für das Personal, die Ladung und die Fahrzeuge wirken. Dabei ist vorausgesetzt, das die Fahrzeuge so gekuppelt sind, daß die Federn jedes Puffers auf etwa 1—2 t angespannt sind.

Insbesondere soll das Bremsen und Lösen ruhig verlaufen bei einem Zuge aus 40 zweiachsigen Fahrzeugen, selbst wenn der Zug eine Gruppe von 6 Leitungswagen enthält.

23. Es dürfen auch dann keine schädlichen Wirkungen für den Zug auftreten, wenn einer kräftigen Betriebsbremsung eine Schnellbremsung folgt.

24. Die mehrlösigen Bremsen[1]) müssen unerschöpfbar sein, d. h. durch eine im Stand an einem beliebigen Zug ausgeführte Schnellbremsung und nach beliebiger Handhabung des Führerbremsventils (jedoch ohne längere Zeit die Abschlußstellung zu benutzen) soll immer ein Gesamtdruck in den Bremszylindern des ganzen Zuges von mindestens 85% des Gesamtdruckes, den man an demselben Zuge durch eine Vollbremsung aus dem Regeldruck erhält, erreicht werden können.

Es muß möglich sein, mit ihnen die längsten und stärksten Gefälle, die auf den Hauptstrecken der Eisenbahnen vorkommen, mit voller Sicherheit und mit möglichst geringen Abweichungen von der vorgeschriebenen Geschwindigkeit talwärts zu befahren.

25. Verwaltungen, die mehrlösige Bremsen verwenden, können für Talfahrten von anderen Verwaltungen eine Vorrichtung verlangen, die deren Bremsen beim Lösen abstufbar machen, wenn sie es nicht sind.

Lediglich die Verwaltungen, die bereits vor dem 1. Januar 1937 für Talfahrten die nicht selbsttätige Bremse benutzten, können von anderen Verwaltungen die nicht selbsttätige Bremse neben der selbsttätigen verlangen.

Diese Bestimmungen beziehen sich nur auf Personen-, Post- und Gepäckwagen.

26. Die Bremse muß mit einem der zur Zeit bei den europäischen Eisenbahnen gebräuchlichen Führerbremsventile (nach Art des Westinghouse-Ventils) betätigt werden können.

27. Die Bremsprobe soll in einfacher Weise vorgenommen werden können und dem Führer die Gewißheit verschaffen, daß die Bremsleitung des ganzen Zuges verbunden und wirksam ist.

28. Die Bremse muß allen Vorschriften des IEV betreffend die Ausführung der verschiedenen Ausrüstungsteile und deren Anbau an die Wagen entsprechen. (Z. B. die Anordnung der Leitungsanschlüsse, Form und Lage der Umstellvorrichtungen usw.).

29. Neue Personenzugbremsen müssen mit bereits vorhandenen Personenzug-Druckluftbremsen einwandfrei zusammenarbeiten.

[1]) Eine mehrlösige Bremse ist eine Bremse, die stufenweise gelöst werden kann.

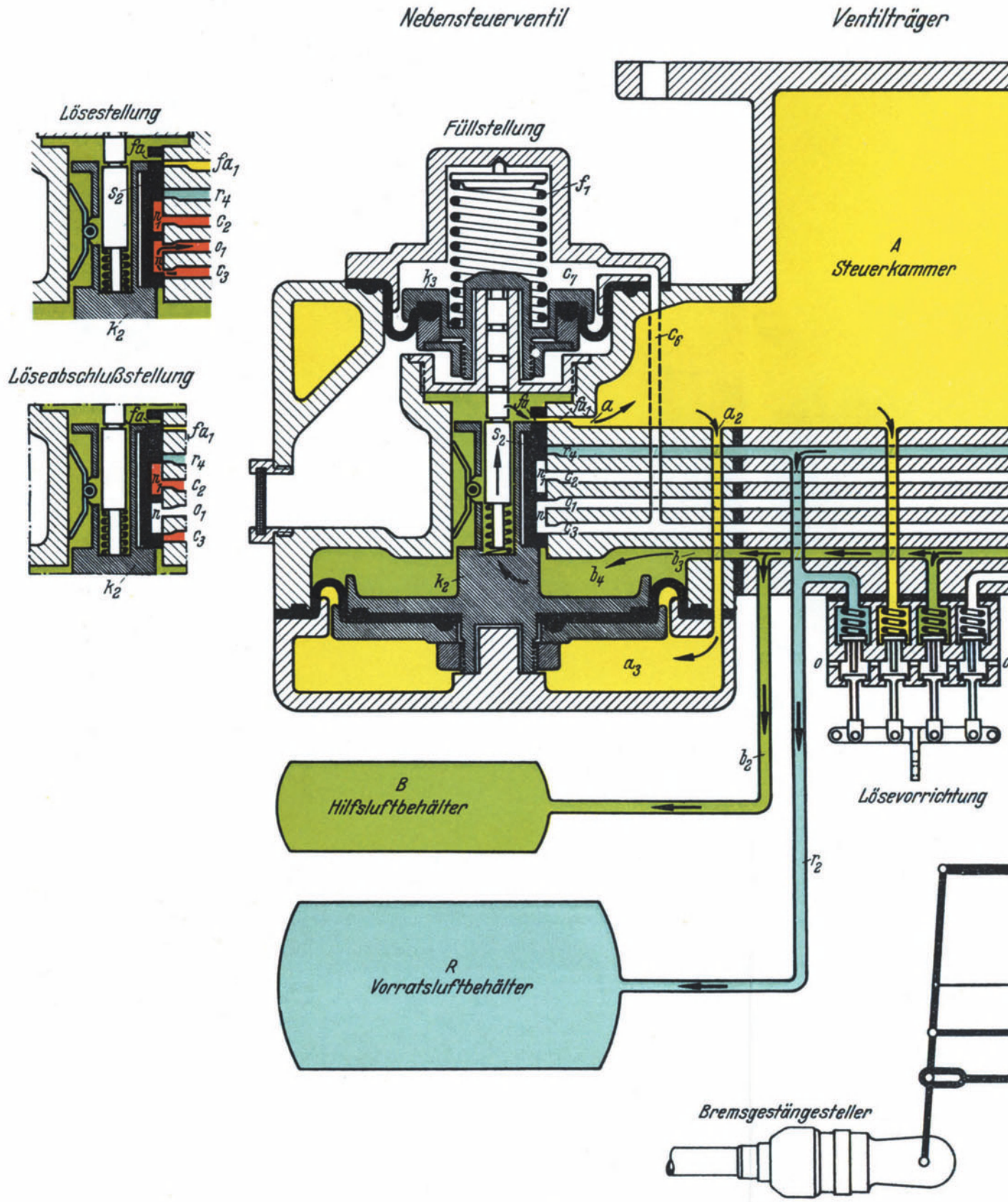
Merkmale der Güterzugbremsen

Zusammenstellung der Merkmale der im internationalen Verkehr zugelassenen Güterzugbremsen gemäß Blatt Nr. B 7 des Internationalen Eisenbahnverbandes (I.E.V.)

Art der Merkmale					Zeit in sek bei mittlerem Kolbenhub[2]) Bremsbauarten						
					Westinghouse	Kunze-Knorr	Drolshammer	Božić	Breda	Hildebrand-Knorr g	Hildebrand-Knorr g 1
Auffüllzeit[1]) von 0 bis 4,8 kg/cm² in sek				Steuerkammer A Hilfsluftbehälter B Vorratsluftbehälter R	105—125	A+B zus. 145—165	150—170 140—160	225—255	260	200—220 190—210 430—470	190—210 350—370
Bremszeit des Bremszylinders[1]) bis 0,95 des Klotzhöchstdrucks in sek		Bremsgestängesteller	mit	Stellung leer Stellung beladen			35—45 35—35		35—45 35—45	35—45 35—45	
			ohne	Stellung leer Stellung beladen	37—47 37—47	38—48 40—48	35—45	39—46 39—46	37—47		28—32[6]) 28—32[6])
Löszeit[3]) des Bremszylinders[1]) bis 0,3 kg/cm² Zylinderdruck in sek	mehrlösige Bremsen	Bremsgestängesteller	mit	Stellung leer Stellung beladen			45—55 45—55		45—60 45—60	45—60 45—60	
			ohne	Stellung leer Stellung beladen		53—59 48—54	50—60	56—70 56—70	50—70		60—66 64—70
	einlösige Bremsen (nicht abstufbar beim Lösen)	Ebene Bremsgestängesteller	mit	Stellung leer Stellung beladen							
			ohne	Stellung leer Stellung beladen	32—42 40—50						
		Gefälle Bremsgestängesteller	mit	Stellung leer Stellung beladen							
			ohne	Stellung leer Stellung beladen	70—80 85—100						
Einschuß in % des Klotzhöchstdrucks					—16	—12	—10	—23[5])	—10	—10	—10
Bremszylinderhöchstdruck in kg/cm²	beschränkt[4])						3,6—4,0				
	nicht beschränkt			leer: beladen:	3,5—4,0 3,3—3,8	3,0—3,6		1,6—2,0 3,7—4,0	4,1 3,8	3,4—3,6	3,4—3,6
Vollbremsung muß erreicht werden bei Druckverminderung um kg/cm²			Bremsgestängesteller	mit			1,4—1,5		1,4—1,6	1,4—1,5	
				ohne	1,0-1,4 leer 1,2-1,6 bel.	1,0—1,5	1,4—1,5	1,2—1,4	1,4—1,5		1,4—1,5
Selbsttätige Nachspeisung der Druckverluste in den Bremszylindern					nicht vorhanden		vorhanden				
Unempfindlichkeitsprobe: Bremse darf nicht anspringen bei Druckverminderung um kg/cm² in sek	am einzelnen Wagen				0,3 in 35	0,3 in 54	0,3 in 50	0,3 in 50	0,3 in 33	0,3 in 54	0,3 in 54
	am ganzen Zug von 150 Achsen						0,1 in 50		0,1 in 46	0,1 in 60	0,1 in 60
Empfindlichkeitsprobe: Bremse muß anspringen bei Druckverminderung um kg/cm² in sek	am einzelnen Wagen				0,6 in 7	0,6 in 9	0,6 in 6	0,6 in 6	0,6 in 15	0,6 in 9	0,6 in 9
	am ganzen Zug von 200 Achsen						— 0,4	— 0,3	— 0,3	— 0,3	— 0,3
Durchschlagsgeschwindigkeit	Zug von 150 Achsen 1 Wagen von 2 gebremst				120	115	115	105	191	191	185
Lösezeit: Zug von 150 Achsen, 75% gebremst, Stellung leer, nach Vollbremsung	mehrlösige Bremsen								67		64
	einlösige Bremsen in Ebene und Gefälle										

[1]) Nach den 33 Bedingungen. [2]) Im Falle der Anwendung eines Bremsgestängestellers ist unter mittlerem Kolbenhub der vom Bremsgestängesteller eingestellte Kolbenhub zu verstehen. [3]) Wenn Führerbremsventil in Fahrtstellung. [4]) Die angegebenen Bremszylinderhöchstdrücke werden auch bei Überladung der Bremse nicht überschritten. [5]) Ausnahmsweise zugelassen. [6]) Für Kolbenhübe von 100—180 mm (Einheitsbohrung).

Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig

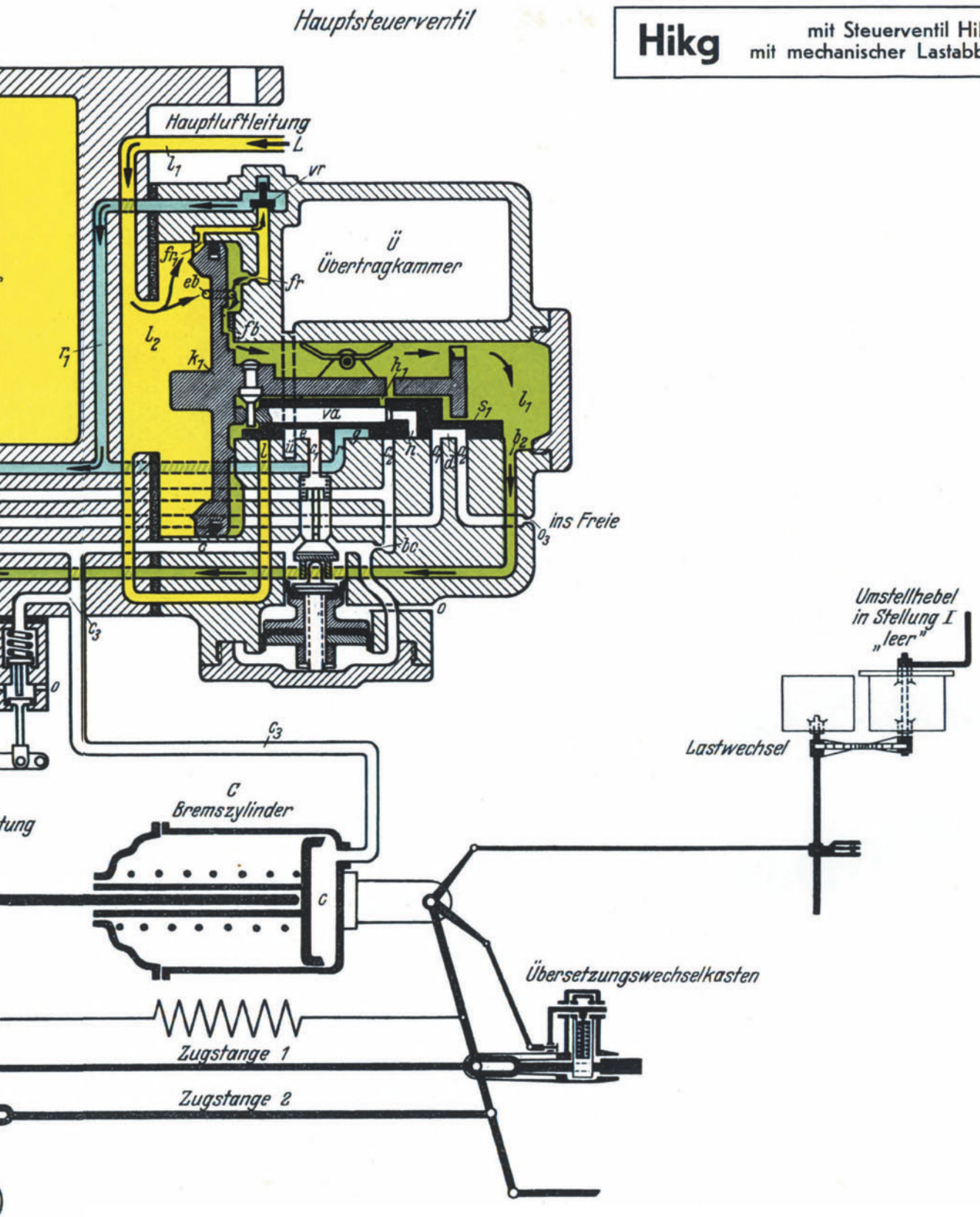


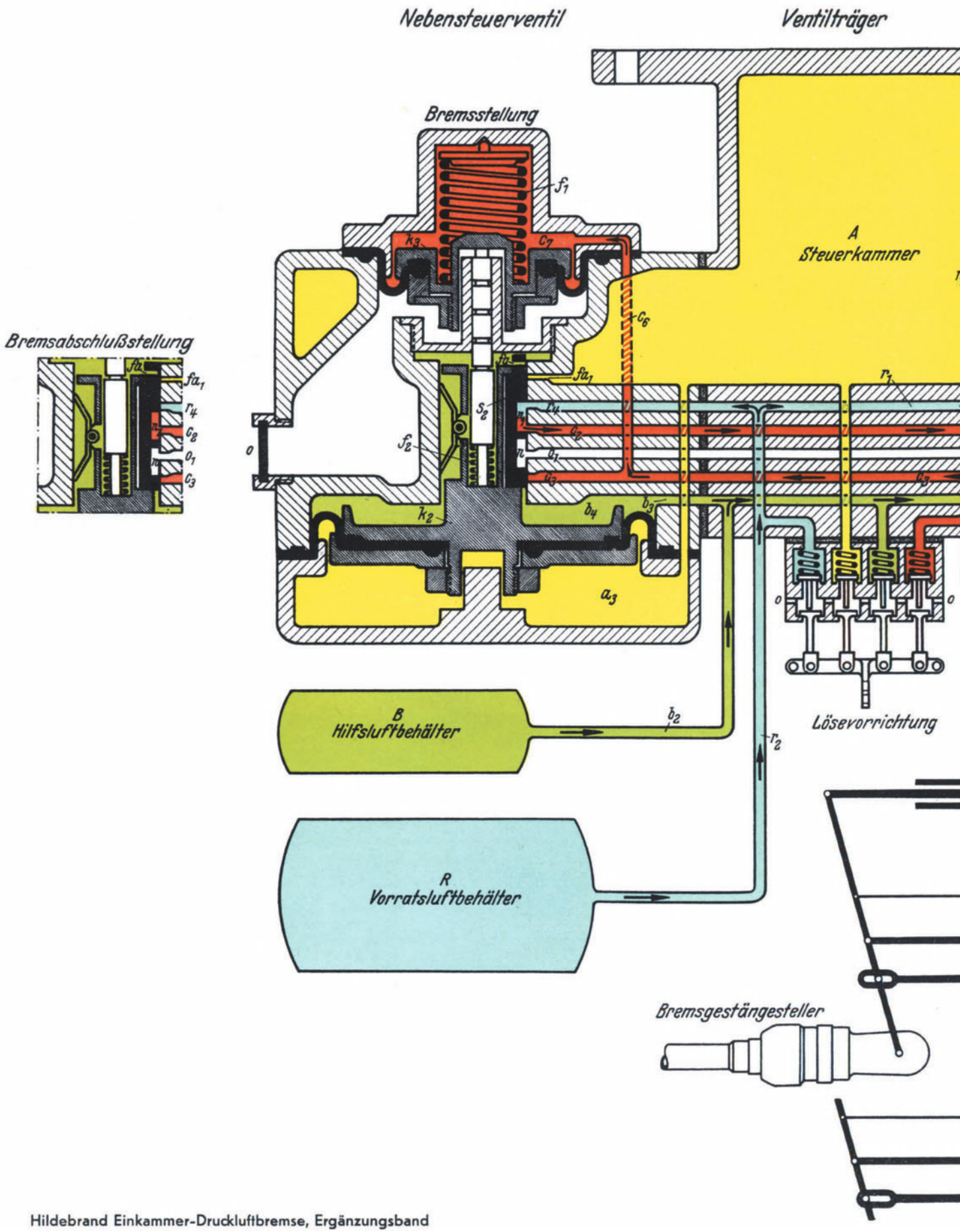
Hildebrand Einkammer-Druckluftbremse, Ergänzungsband

Tafel 1: Füll- und Lösestellung

Hildebrand-Knorr-Bremse für Güterzüge

Hikg mit Steuerventil Hikgl
mit mechanischer Lastabbremsung



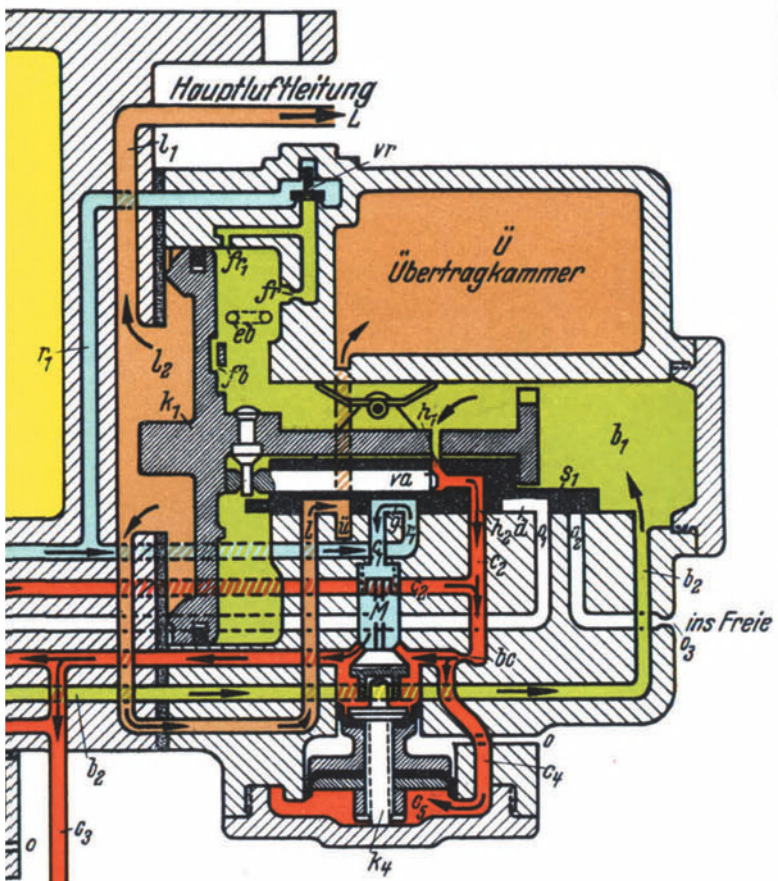
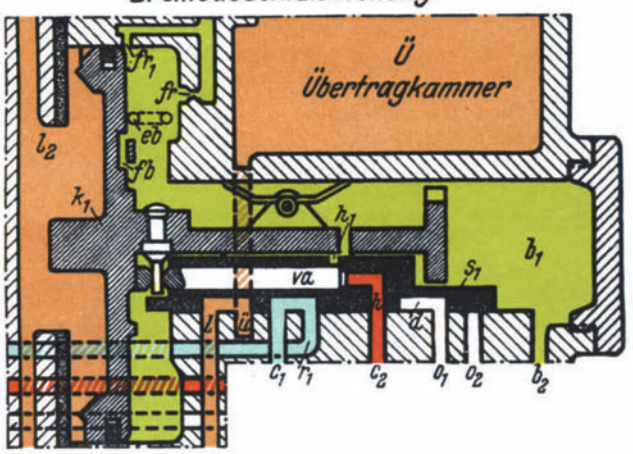
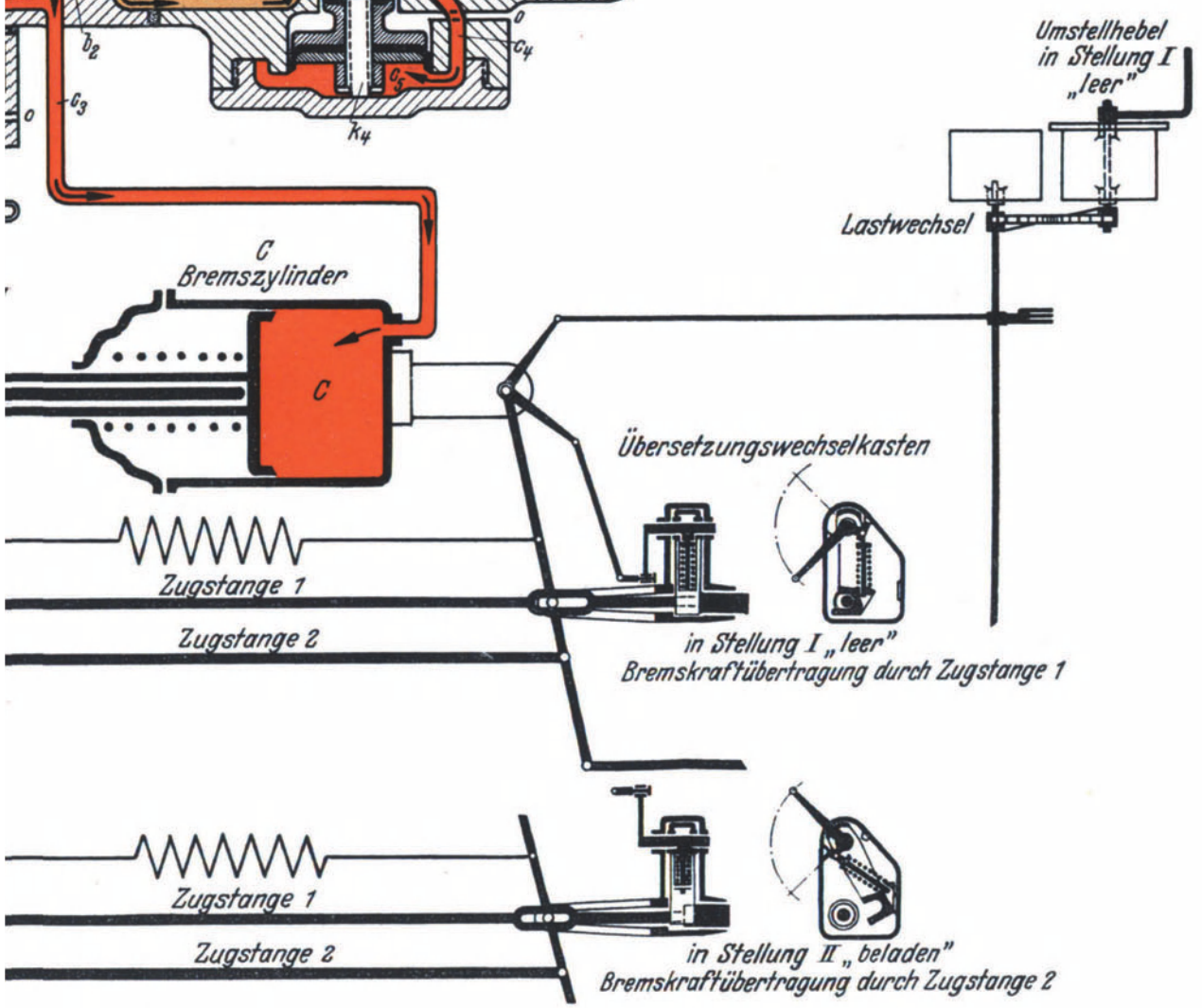

Nebensteuerventil
Ventilträger
Bremsstellung
Bremsabschlußstellung
A
Steuerkammer
B
Hilfsluftbehälter
R
Vorratsluftbehälter
Lösevorrichtung
Bremsgestängesteller

Tafel 2: Bremsstellung

Hildebrand-Knorr-Bremse für Güterzüge

Hikg mit Steuerventil Hikgl
mit mechanischer Lastabbremsung

Hauptsteuerventil



Bremsabschlußstellung