

*Das
selbsttätige
Führerbremsventil*

Bauart Knorr



KNORR-BREMSE & BERLIN

*Das
selbsttätige
Führerbremsventil*

Bauart Knorr



Druckschrift 120 b
ergänzte Neuauflage
April 1939

KNORR-BREMSE ^A/_G BERLIN



Das selbsttätige Führerbremsventil

Bauart Knorr



<i>Neue Druckluftbremsen -</i>	Seite
<i>neue Führerbremsventile</i> . . .	5
<i>Das selbsttätige Führerbremsventil</i> Bauart Knorr . . .	7
Aufbau des selbsttätigen Führerbremsventils	8
Arbeitsweise des selbsttätigen Führerbremsventils	9
1. Der Hauptluftleitungsdruck ist in Abhängigkeit von der Stellung des Führerbremshebels regelbar	9
2. Der am Führerbremshebel eingestellte Druck wird selbsttätig erhalten . . .	10
3. Entlüften der Hauptluftleitung im vorgeschriebenen Tempo (Vollbremsung)	10
4. Rasches Entleeren der Hauptluftleitung bei Schnellbremsungen	10
5. Schnellstes Füllen der Hauptluftleitung und Lösen der Bremsen durch selbsttätige Abhängigkeit des Füllvorgangs	11
6. Bei der Übernahme überladener Züge läßt sich die Überladung einfach und gefahrlos beseitigen	13
7. Das selbsttätige Führerbremsventil ist für die Bedienung der Bremse von einer Vorspannlokomotive aus abschaltbar	14
8. Die Hauptluftleitung läßt sich auch unmittelbar vom Hauptluftbehälter füllen	14
9. Die Handhabung des selbsttätigen Führerbremsventils ist einfach und schließt Irrtümer aus	15
Bedienung des selbsttätigen Führerbremsventils	17
Schaltplan und Druckschaulinien	18
Anbau des selbsttätigen Führerbremsventils	18
<i>Schlußwort</i>	19

KNORR-BREMSE ^A/_G BERLIN



Bild 1

**Selbsttätige
Führerbremsventile
Bauart Knorr
im Betrieb:**

Bild 1: in Dänemark

Bild 2: in Deutschland

Bild 3: in Brasilien

Bild 9: in der Schweiz

Auch in Holland, in Schweden, in Bulgarien und in der Türkei sind selbsttätige Führerbremsventile in Betrieb.

Bild 2

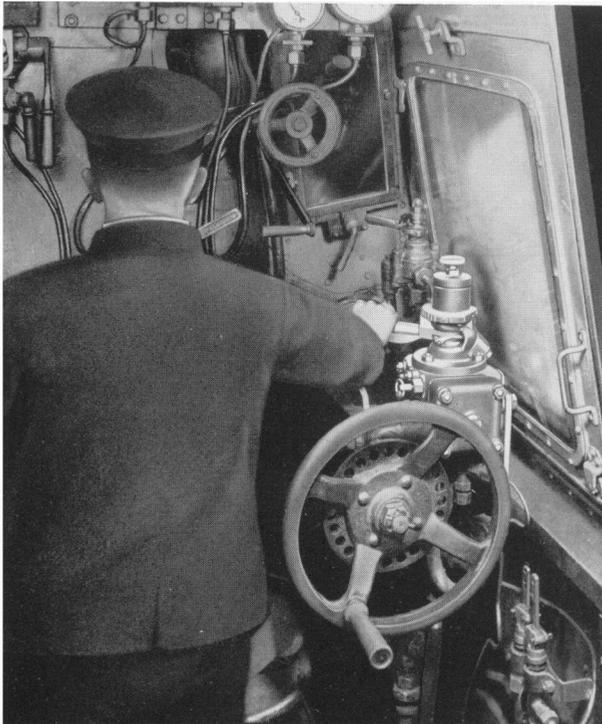
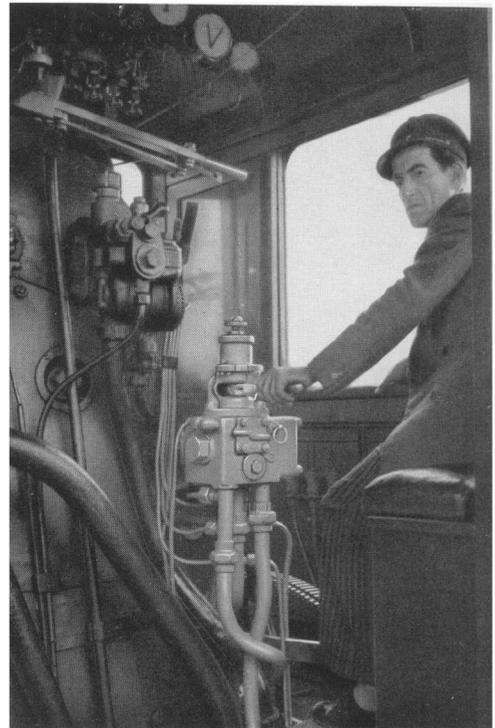


Bild 3



Neue Druckluftbremsen - neue Führerbremsventile

Die bisher üblichen Führerbremsventile sind ehemals für die Steuerung der nicht stufenweis lösbaren Bremsen gebaut worden. Als später die mehrstufig lösbaren Bremsen aufkamen, wurde verlangt, daß sich beide Bauarten mit den schon vorhandenen Führerbremsventilen einwandfrei steuern lassen. So ist es zu erklären, daß das Führerbremsventil bei der Weiterentwicklung der Bremsen seit über zwei Jahrzehnten fast unberührt blieb. Erst nach der nahezu allgemeinen Einführung mehrlösiger Bremsen richtete sich der Blick wieder auf das Führerbremsventil, weil man erkannte, daß die alten Ventile der Ausnützung des bremstechnischen Fortschritts Grenzen setzten.

Besonders beim Lösen langer Züge mit mehrlösigen Bremsen machten die alten Führerbremsventile Schwierigkeiten. Bei einlösigen Bremsen war es nur nötig, den Druck in der Hauptluftleitung etwas zu erhöhen; die Steuerventile gingen in Lösestellung, blieben dort, und die Bremsen lösten ganz aus. Das endgültige Auffüllen der Hauptluftleitung und der Hilfsluftbehälter bis auf den Regeldruck konnte danach allmählich erfolgen, ohne daß die Fahrbereitschaft verzögert wurde. Bei mehrlösigen Steuerventilen entspricht nun beim Lösen jedem Hauptluftleitungsdruck stets ein bestimmter Bremsdruck, so daß die Hauptluftleitung und die Hilfsluftbehälter im Zug erst bis fast auf den Regeldruck aufgefüllt sein müssen, ehe die Bremsen ganz lösen. Schnelles Füllen ist deshalb für die neuzeitlichen Bremsen sehr wichtig. Bei Benützung der alten Führerbremsventile ist ein schnelles Füllen nur auf eine recht umständliche und großes Geschick erfordernde Weise möglich: durch sorgfältiges Benützen der Füll- und Lösestellung und durch langsames, bedachtsames Überleiten in die Fahrtstellung; ein Verfahren, das an das Können und die Aufmerksamkeit des Lokführers erhebliche Anforderungen stellt, weil er je nach der Länge des Zuges, nach der Zahl und Größe der Bremsen, nach der Höhe des Hauptluftbehälterdrucks und nach der Höhe der Lösestufe einen ganz bestimmten Druckverlauf steuern muß, um die kürzesten Lösezeiten zu erhalten. Gelingt ihm dies nicht, so entstehen sehr lange Lösezeiten mit verzögerter Fahrbereitschaft oder es kommt zu den gefürchteten Überladungen.

Diese Überladungen entstehen bei zu langer Benützung der Füllstellung. Die Steuerventile und Luftbehälter werden dabei auf einen Druck aufgeladen, der über dem Regeldruck liegt. Bremsst man mit derart überladenen Bremsen und versucht anschließend mit dem Regeldruck zu lösen, so bleiben die Bremsen fest. Die daraus entstehenden Schäden wie schwergängige Züge, großer Verschleiß an Radreifen und Klötzen, lose Radreifen, feste Achsen, sind genug bekannt. Deshalb nützt selbst der gut geschulte Lokführer beim Lösen seine Geschicklichkeit aus Angst vor der gefürchteten Überladung meist nicht aus,

was eingehende Prüfungen in der Schweiz zeigten.*) Bei den einlösigem Bremsen ließ sich die Überladung durch einmaliges Bremsen und Lösen beseitigen. Bei den mehrlösigem Bremsen kann eine Überladung nur im gelösten Zustand der Bremse durch ganz langsames Senken des Hauptluftleitungsdrucks vorsichtig weggenommen werden, weil die Steuerventile sonst anbremsen. Diese Eigenart der mehrlösigem Bremsen hat man häufig als einen Mangel bezeichnet und hat dabei übersehen, daß es sich eigentlich um einen Mangel des Führerbremventils handelt, das eben die Überladegefahr in sich trägt.

Auch die durch die mehrlösigem Bremsen verbesserte Regelbarkeit des Bremsens und LöSENS machte ein feineres Arbeiten des Führerbremventils nötig. Die Ausgleichvorrichtung der alten Führerbremventile erleichterte nur beim Bremsen die Einstellung eines bestimmten Hauptluftleitungsdrucks. Beim Lösen mußte man dagegen den gewünschten Hauptluftleitungsdruck durch Handhaben des Hebels zwischen Füll-, Fahrt-, Mittel- und Abschlußstellung allmählich herstellen. Das längere Halten einer bestimmten Brems- oder Lösestufe war aber mit diesen Führerbremventilen im praktischen Betrieb wegen der nie vollkommen dichten Leitungen nur unter dauerndem Nachregeln möglich.

Ein anderer wesentlicher Vorzug der neuesten mehrlösigem Bremsen — das selbsttätige Ersetzen von Luftverlusten bei undichten Bremszylindern — verlangte eine Umgestaltung des Führerbremventils. Luftverluste der Zylinder können anfänglich zwar aus einem genügend großen Vorratsbehälter am Wagen ersetzt werden; ist er aber erschöpft, so muß die Hauptluftleitung imstande sein, das Fehlende zu liefern. Das Führerbremventil muß also den eingestellten Hauptluftleitungsdruck aufrechterhalten, auch wenn undichte Bremszylinder abzapfen. Das taten die alten Führerbremventile nicht und hinderten so die neuen Bremsen an der vollen Leistungsfähigkeit. Diese Unzulänglichkeit der Führerbremventile hatte übrigens schon in der Zeit der einlösigem Bremsen zu gesteigerten Anforderungen an die Dichtheit der Hauptluftleitung geführt, weil Undichtheiten ein Erschöpfen der Bremsen oder unerwünschtes Einbremsen verursachten. Ein Ventil mit selbsttätiger Druckerhaltung hätte daher schon für einlösigem Bremsen einen Fortschritt bedeutet.

Schließlich muß noch auf das große Bedürfnis nach einer einfacheren Bedienung hingewiesen werden, das durch die ständig steigenden Fahrgeschwindigkeiten, das Abkürzen der betriebsmäßigen Haltezeiten, die wachsende Vierteiligkeit der Lokomotiven und Signaleinrichtungen entstand, weil damit die Aufmerksamkeit des Lokomotivführers immer mehr belastet wurde. Einfach zu bedienende Ventile sind die bisherigen Führerbremventile mit ihren vielen nicht sehr sinngemäß liegenden Stellungen und mit den Anforderungen an Umsicht und Geschick zweifellos nicht; sie beanspruchen die Aufmerksamkeit dazu meist dann, wenn sie ganz den Signalen, der Strecke und der Lokomotive gelten müßte.

*) Dr. Ing. F. Christen: Das vollautomatische Führerventil der Knorr-Bremse AG.

Zeitung des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen 1935, Heft 36, S. 760.

Das selbsttätige Führerbremsventil Bauart Knorr

Unter diesen Gesichtspunkten wurde ein neues Führerbremsventil entwickelt, das nun auch den neuzeitlichen Bremsen und den höheren Anforderungen des Betriebs gerecht wird: das selbsttätige Führerbremsventil Bauart Knorr. Es ist zu einem druckerhaltenden Ventil vervollkommen und berücksichtigt die beim Lösen für den Lokomotivführer schwierigen Überlegungen über den Einfluß der Zugart, der Lösestufe und des Hauptluftbehälterdrucks völlig selbsttätig, sodaß der Lokführer das Lösen ohne Rücksicht auf diese Einflüsse immer in der gleichen Weise durch einen einzigen kurzen Griff nur einzuleiten braucht. Das selbsttätige Führerbremsventil erzielt so die denkbar kürzesten Lösezeiten bis zu den längsten Zügen und vermeidet die Gefahr des Überladens. Es ermöglicht auch das gefahrlose Entladen von überladenen Bremsen. Die Bedienung ist beim Bremsen und Lösen so sinngemäß wie nur möglich und deshalb denkbar einfach.

Alle Aufgaben ließen sich auf einem im Vergleich zu ihrer Fülle überaus einfachen Wege lösen; ein Führerbremshebel, der einen Drehschieber für die verschiedenen Vorgänge steuert, wirkt gleichzeitig so auf einen Druckregler, daß dessen Druck und damit der Hauptluftleitungsdruck über ein Ausgleichventil von der Stellung des Führerhebels stetig abhängig ist. Durch diese Verbindung Drehschieber – Druckregler werden alle Vorgänge zu einem einwandfreien Zusammenspiel gebracht. Eine am Führerbremshebel angebrachte Füllstoffklinge ist an die Stelle der ehemaligen Füllstellung getreten.

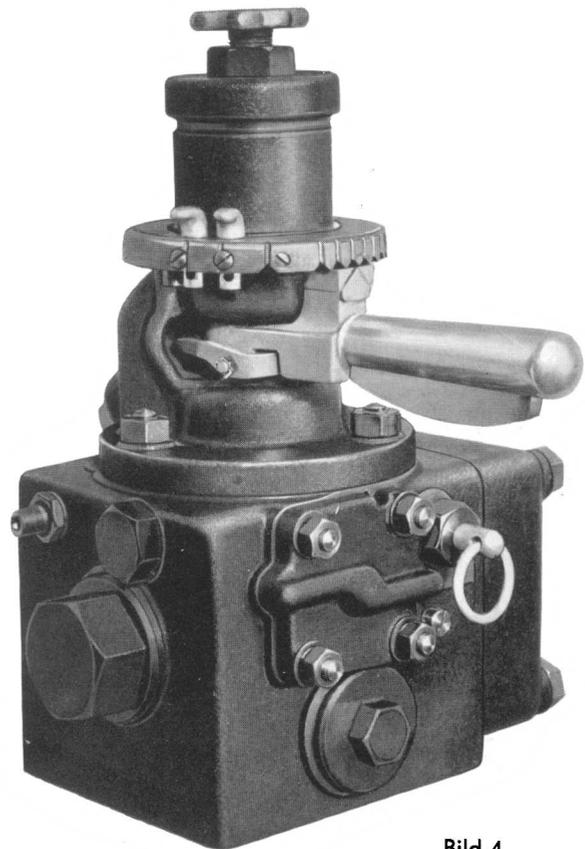


Bild 4

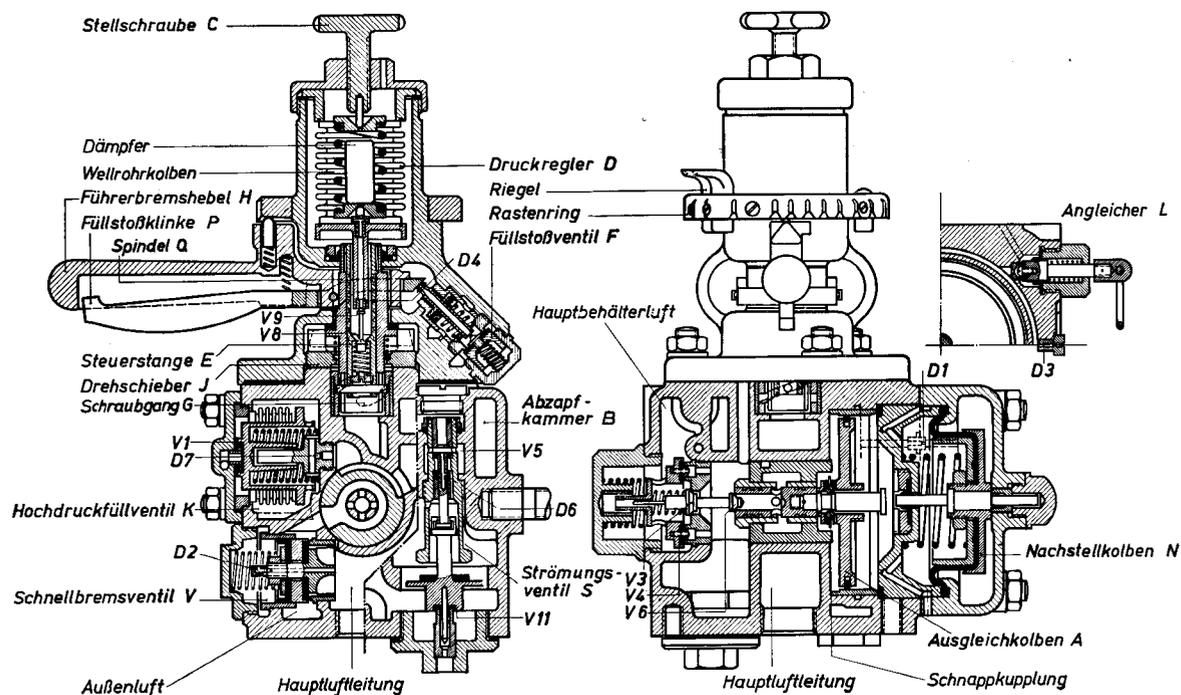


Bild 5

Aufbau des selbsttätigen Führerbremsventils Bauart Knorr

Bild 5 zeigt den zweiteiligen Aufbau des selbsttätigen Führerbremsventils: das turmartige Ober- teil, das die Regelorgane enthält, und das kastenförmige Unterteil mit den Vollzugsorganen. Durch die gedrängte, raumsparende Bauweise mit glatten Flächen war es möglich, den rechteckig um- schriebenen Raum des Ventilkörpers geringer zu halten als beim bisherigen Drehschieber-Führer- bremsventil.

Im Oberteil befindet sich der Druckregler D mit Wellrohrkolben und spitzengelagerter Druck- reglerfeder, die mit der Stellschraube C einstellbar ist. Ein Dämpfer verhindert das Brummen des Druckreglers. Der Führerbremshebel H dreht beim Schwenken mit Hilfe der Spindel Q den Dreh- schieber J und hebt oder senkt die Steuerstange E für die Druckreglerventile V8 und V9. Die Stangen- bewegung wird durch den festeingepreßten Schraubgang G erzwungen, in dem der Querbolzen der Steuerstange E durch die geschlitzte Spindel Q herumgeführt wird. Die Füllstoßklinke P am Führerbremshebel H drückt auf das Füllstoßventil F, dessen hohler Stößel, der die Abzapf- kammer B entlüftet, durch einen Nutstulp abgedichtet ist. Das Oberteil trägt ferner den Raster- ring mit den Marken für die Hebelstellungen und den anhebbaren Riegeln für die Vorspann- und Sonder- stellung. Die Düse D4 – Entlüftung für den Ersatzhilfsbehälter EB – bildet den Sitz des Ventils 9.

Im Unterteil liegt als Hauptstück das Ausgleichventil mit dem Kolben A, der mit einer Schnapp- kupplung fliegend auf der Kolbenstange steckt und die Ein- und Auslässe V3, V4, V6 bedient. Der Nachstellkolben N mit lederbewehrter Wälzhaut befindet sich im Deckel. Zwischen Deckel und Ge- häuse wird hinter der Schnittebene die Düse D1 für die Zeitbehälterfüllung sichtbar. Der Eckschnitt zeigt die Zeitbehälterentlüftdüse D3 und den Angleicher L, der beim Ziehen Luft in den Zeit- behälter einläßt. Der linke Schnitt zeigt das Hochdruckfüllventil K – einen Wellrohrkolben mit Feder und Ventil V1 –, die Düse 7, die das Anreißen des Füllstoßes ermöglicht und das Strömungsventil S. Dieses besteht aus dem Strömungssteller mit Ventil V11, dessen Zapfen während des Füllstoßes als Schließkolben wirkt, und aus der Stange mit der Fülldüse D6 für den Ersatzhilfsbehälter EB und dem Ventil V5, das im geöffneten Zustand das Hochdruckfüllventil K kurzschließt. Strömungssteller und Stange sind durch einen in eine Nut eingreifenden Bund miteinander gekuppelt. Das Schnellbrems- ventil V, das mit Hilfe des Kolbens den Leitungsauslaß geschlossen hält, zeigt die Düse D2, die seit- lich gebohrt ist.

2. Der am Führerbremshebel eingestellte Druck wird selbsttätig erhalten.

Sinkt der Hauptluftleitungsdruck aus irgendeinem Grund, so steuert der Ausgleichkolben A nach links und öffnet das Ventil 3, bis der Hauptluftleitungsdruck wieder dem Druckreglerdruck entspricht; steigt er, so steuert der Ausgleichkolben nach rechts und entlüftet die Hauptluftleitung bis zur Druckgleichheit.



3. Entlüften der Hauptluftleitung im vorgeschriebenen Tempo (Vollbremsung).

Der mit dem Druckreglerraum in Verbindung stehende Behälter EB füllt und entleert sich entsprechend dem Druckreglerdruck. Die Füllung erfolgt über große Öffnungen schnell, die Entleerungszeit hingegen wird durch die Düse 4 im Druckregler D bestimmt. Im gleichen Tempo entlüftet das Ausgleichventil die Hauptluftleitung.

Der Ausgleichkolben kann vor Beginn der Bremsung am rechten oder linken Stangenanschlag stehen; steht er links, so öffnet er dank der elastischen Schnappkupplung mit der Kolbenstange das Ventil 6, ohne erst an den rechten Anschlag wandern zu müssen.

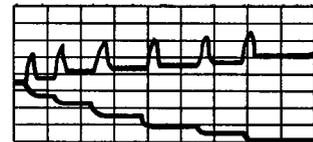


4. Rasches Entleeren der Hauptluftleitung bei Schnellbremsungen.

Wird der Führerbremshebel über den Betriebsbremsbereich hinaus in die Schnellbremsstellung gelegt, so entlüftet sich der Raum hinter dem Kolben des Schnellbremsventils V so kräftig über die Muschel d im Drehschieber, daß die Kolbenkraft des Schnellbremsventils verschwindet und der Hauptluftleitungsdruck den Großauslaß des Schnellbremsventils V aufdrückt: die Hauptluftleitung entleert sich schnell.

Die großen Entlüftquerschnitte sind nicht über den Drehschieber geführt, der infolgedessen klein und auch leichtgängig bleibt, weil er vor dem Schmutz der Hauptluftleitung geschützt ist. In der Schnellbremsstellung ist außerdem die linke Seite des Ausgleichkolbens über die Muschel e mit Hauptbehälterluft beschickt, so daß auch das Auslaßventil 6 ganz geöffnet ist.

Nach dem Entleeren der Hauptluftleitung schließt sich das Schnellbremsventil V unter Federkraft. Wird der Hauptluftleitungsdruck durch Verlegen des Führerbremshebels wieder erhöht, so füllt sich der kleine Raum hinter dem Schnellbremskolben durch die Düse 2 schnell mit auf; dadurch wird der Auslaß durch die weit größere Kolbenfläche des Schnellbremsventils fest verschlossen. Die Form des Schnellbremsventils (Bild 5) würde auch beim Bruch der Feder für dessen Schließen sorgen.



5. Schnellstes Füllen der Hauptluftleitung und Lösen der Bremsen durch selbsttätige Abhängigkeit des Füllvorgangs.

- a) *Es ist möglich, den für das schnelle Füllen wichtigen Füllstoß an jedem Punkt des Regelbereichs einzuleiten, sodaß auch das stufenweise Lösen durch Füllstöße beschleunigt werden kann, ohne daß ein weites Schwenken des Führerbremshhebels und ein treffsicheres Zurückgehen in die gewünschte Stellung nötig ist.*

Zu diesem Zweck wird beim selbsttätigen Führerbremshhebel das Füllstoß durch Drücken einer Füllstoßklinke P am Führerbremshhebel H eingeleitet, wodurch im Fahrt- und Betriebsbremsbereich ein Füllstoßventil F geöffnet wird. Das Füllstoßventil bringt durch Abzapfen von Luft auf der einen Seite des Wellrohrkolbens das Hochdruckfüllventil K zum Ansprechen. Dieses läßt über Ventil 1 vom Druckregler Druck auf einen Nachstellkolben N am Ausgleichventil A treten, der das Ventil 3 und das große Ventil 4 öffnet und so den Hauptluftbehälter mit seinem hohen Druck unmittelbar mit der Hauptluftleitung verbindet.

- b) *Der durch den Lokführer eingeleitete Füllstoß dauert selbsttätig gerade so lange, daß die Hilfsluftbehälter der Bremsen nicht überladen werden.*

Das Hochdruckfüllventil K wird durch den Druck eines Behälters EB beeinflusst. Dieser Behälter entleert und füllt sich beim Bremsen und Lösen ohne Füllstoß mit dem Druckreglerdruck und daher entsprechend dem Hauptluftleitungsdruck. Beim Einleiten eines Füllstoßes hingegen geht das Strömungsventil S nach oben und unterbricht mit Hilfe des Ventils 5 die Verbindung zwischen der rechten und linken Seite des Hochdruckfüllventils K, sodaß sich der Behälter EB nur durch eine Düse 6 von der Hauptluftleitung her auffüllt. Das Fülltempo entspricht dem des ersten Hilfsluftbehälters im Zug (daher „Ersatzhilfsbehälter“). Nach dem Anreißen des Füllstoßes steht der Druck des Ersatzhilfsbehälters über Düse 7 auf der linken Seite des Hochdruckfüllventils K. Auf die rechte Seite des Ventils K wirkt der am Führerbremshhebel H eingestellte Druckreglerdruck.

Sobald sich der Ersatzhilfsbehälter EB annähernd auf diesen Druckreglerdruck aufgefüllt hat, steuert das Hochdruckfüllventil K um und beendet den Füllstoß, indem es mittels Ventil 1 den Druckreglerdruck vom Nachstellkolben N abschließt. Der hinter dem Nachstellkolben stehende Druck verliert sich über die Düse 1 in einen Behälter Z.

Die Düse 7 stört die Füllwirkung der kleineren Düse 6 nicht, sie hat nur den Zweck, das Anreißen des Hochdruckfüllventils durch Zurückhalten der Luft aus EB zu erleichtern.

- c) *Der Füllstoß ist um so kürzer, je kleiner die Lösestufe ist.*

Der Umstand, daß der Druck des Ersatzhilfsbehälters EB beim Bremsen mit dem Druckreglerdruck gleichläuft, und die Tatsache, daß auf der rechten Seite des Hochdruckfüllventils beim Lösen mit Füllstoß der höhere Druckreglerdruck sofort auftritt, lassen die zum Schalten nötige Druckgleichheit am Hochdruckfüllventil in um so kürzerer Zeit erreichen, je geringer der Druckunterschied am Hochdruckfüllventil war, oder je weniger der Druckreglerdruck während des Füllstoßes erhöht worden ist, d. h. je kleiner die Lösestufe war.

d) Der Füllstoß ist um so kürzer, je höher der Hauptluftbehälterdruck ist und umgekehrt.

Während des Füllstoßes sind Hauptluftbehälterdruck und Druck am Hauptluftleitungsanfang nahezu gleich; der Ersatzhilfsbehälter EB füllt sich daher über Düse 6 von der Hauptluftleitung um so schneller auf, je höher der Hauptluftbehälterdruck ist. Diese Abhängigkeit des Füllstoßes vom Hauptluftbehälterdruck ist nötig, weil sich bei höherem Hauptluftbehälterdruck während des Füllstoßes auch die Hilfsluftbehälter der Bremsen schneller füllen.

e) Der Füllstoß ist um so kürzer, je kürzer der Zug ist.

Die bei kurzen Zügen in die Hauptluftleitung bis an das Hauptluftleitungsende eingeschossene Luft von hohem Druck hat nach Beendigung des Füllstoßes keine Möglichkeit, weiter nach hinten abzufließen und würde daher die Bremsen überladen.

Dies verhindert das Strömungsventil S. Das Strömungsventil, das zu Beginn des Füllstoßes durch die Luftströmung angehoben wird, unterbricht die Verbindung der beiden Seiten des Hochdruckfüllventils K über Ventil 5 und stellt dafür die Verbindung zwischen Ersatzhilfsbehälter und Hauptluftleitung über die Düse 6 her. Während des Füllstoßes flaut nun die Strömung in der Hauptluftleitung um so schneller ab, je kleiner das Hauptluftleitungsvolumen ist, d. h. je kürzer der Zug ist. Sinkt der Strömungsdruck unter die Rückstellkraft des als Kolben wirkenden Schaftes am Kolbenventil 11, so fällt das Strömungsventil ab. Die Füllung des Ersatzhilfsbehälters EB durch die Düse 6 hört auf und es öffnet sich über Ventil 5 die Verbindung zwischen den beiden Seiten des Hochdruckfüllventils K, so daß das Hochdruckfüllventil infolge des Druckausgleichs nach rechts geht und durch Schließen des Ventils 1 die Hochdruckfüllperiode abbricht.

Die Rückstellkraft des Kolbenventils 11 ist während des Füllstoßes um so größer, je höher der Hauptluftbehälterdruck ist, wodurch neben der unter d) genannten Düse 6 eine weitere Berücksichtigung der Höhe des Hauptluftbehälterdrucks bei der Füllstoßlänge erfolgt.

Das abgefallene Strömungsventil setzt sich auf den Ventilsitz 11 und wird dort saugnapfartig so festgehalten, daß es nur durch einen neuen Füllstoß abgerissen werden kann.

f) Der Lokführer braucht den Füllstoß nur durch einmaliges Drücken der Füllstoßklinke einzuleiten.

Die durch den hohlen Stößel des Füllstoßventils F entlüftete kleine Abzapfkammer B wird beim Drücken der Füllstoßklinke P von der Außenluft abgeschlossen und bei weiterem Drücken an die linke Seite des Hochdruckfüllventils K geschaltet. Der dadurch hervorgerufene Druckunterschied genügt, um das Hochdruckfüllventil K anzureißen. Der Lokführer kann daher die Klinke sofort nach dem Einleiten des Füllstoßes loslassen, der Füllvorgang nimmt trotzdem seinen Verlauf. Wird die Klinke aber doch gedrückt gehalten, so füllt sich die Abzapfkammer B zugleich mit dem Ersatzhilfsbehälter EB auf, und der Füllstoß geht zu Ende, sobald der Ersatzhilfsbehälter EB oder das Strömungsventil S es bestimmen. Die Abzapfkammer B ist dann eben nur ein kleines Teilvolumen des Ersatzhilfsbehälters EB, das seine Füllzeit kaum beeinflusst. Die Düse 7, die beim Anreißen des Füllstoßes das Nachschießen der Luft aus EB verhindert, ermöglicht die Verwendung einer kleinen Abzapfkammer. Wird jedoch die Möglichkeit eines beliebig langen Füllstoßes aus besonderen Gründen gewünscht, so genügt es, die Abzapfkammer B mit einer Düse nach außen zu versehen. Eine solche Düse verzögert die Füllung der Abzapfkammer bei festgehaltener Füllstoßklinke; die selbsttätige Arbeit wird nicht gestört, wenn die Füllstoßklinke nach dem Einleiten des Füllstoßes vorschriftsmäßig losgelassen wird.

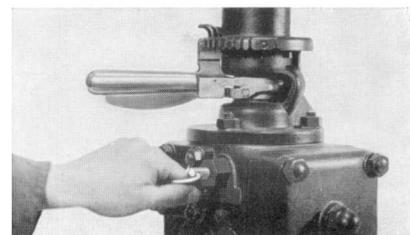
- g) *Das Füllen langer Züge wird nicht nur durch den längstmöglichen Füllstoß, sondern auch durch den Verlauf des Weiterfüllens im Anschluß an den Füllstoß beschleunigt.*

Dem Füllstoß mit dem Hochdruck muß eine Niederdruckfüllperiode folgen, in der der Speisendruck des Ausgleichventils zweckmäßig zunächst noch etwas über dem eingestellten Druckreglerdruck liegt, sich ihm aber selbsttätig in dem Maße nähert, in dem die Hilfsluftbehälter der Bremse diesen Druckreglerdruck erreichen. Mit einem solchen Druckverlauf soll der Lokführer schon an den bisherigen Ventilen arbeiten, indem er von der Füllstellung ganz langsam und minutenlang in die Fahrtstellung zurückgeht. Die Gefahr des Mißlingens (Anspringen der Bremsen) ist dabei aber so groß, daß dieses Verfahren sehr unbeliebt und ungebräuchlich ist.

Das selbsttätige Führerbremseventil regelt auch diesen Vorgang selbsttätig. Der während des Füllstoßes hinter dem Nachstellkolben N liegende Druckreglerdruck füllt den Zeitbehälter Z langsam über eine Düse 1 etwas mit Druck, und zwar mit einem um so höheren, je länger der selbsttätige Füllstoß ist. Geht der Füllstoß nun zu Ende, indem das Hochdruckfüllventil K den Druckreglerdruck vom Nachstellkolben N abriegelt, so sinkt der Nachstellkolbendruck auf den im Behälter Z entstandenen Druck ab. Dadurch schließt sich zunächst zwar das Großeinlaßventil 4, der Nachstellkolben drückt aber weiterhin mit der Kraft, die sich aus dem Zeitbehälterdruck ergibt, auf den Ausgleichkolben A und erzeugt so einen etwas höheren Hauptluftleitungsdruck, als ihn der Druckreglerdruck allein am Ausgleichkolben A bewirken würde. Diese Druckerhöhung verschwindet aber langsam, da sich der Behälter Z über die Düse 3 entlüftet. Der Hauptluftleitungsdruck nähert sich damit selbsttätig allmählich und stetig dem eingestellten Druckreglerdruck. – Je länger der Zug und je größer die Lösestufe, um so länger ist der Füllstoß; je länger aber der Füllstoß um so höher ist der Druck im Behälter Z und um so höher und gleichzeitig länger die Niederdruckfüllperiode; aus diesem Grunde heißt der Behälter Z „Zeitbehälter“.

- h) *Bei einer Notbremsung vom Zug aus speist das Führerbremseventil nur gedrosselt nach, sodaß die Bremsen sicher anziehen.*

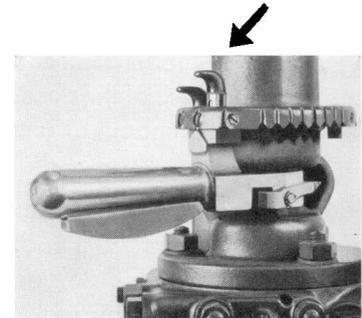
Das Ventil 3 öffnet sich wohl während des Füllstoßes und während der Niederdruckfüllperiode im Anschluß an einen Füllstoß völlig infolge des Drucks hinter dem Nachstellkolben N, nach dem Ende des Füllvorganges läßt es sich aber wegen der fehlenden Mitwirkung des Nachstellkolbens nur teilweise öffnen. Zu diesem Zweck steckt der Ausgleichkolben A fliegend auf seiner Kolbenstange und der Kolbenanschlag im Gehäuse ist so bemessen, daß der Ausgleichkolben A allein das Ventil 3 nur im Rahmen des zylindrischen Ansatzes am Ventil 3 öffnen kann.



6. Bei der Übernahme überladener Züge läßt sich der Hauptluftleitungsdruck vorübergehend über den Regeldruck steigern und die Überladung einfach und gefahrlos beseitigen.

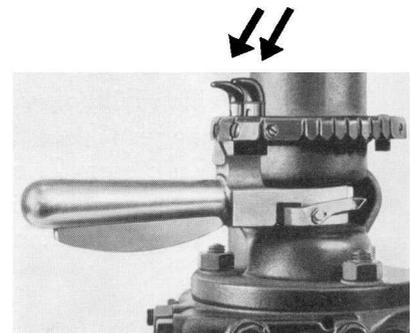
Bei den alten Führerbremseventilen muß zu diesem Zweck der Hauptluftleitungsdruck mit der Druckreglerstellschraube C zunächst erhöht und dann sehr vorsichtig und langandauernd mit der Stellschraube wieder erniedrigt werden, ein Vorgang, der dem Lokomotivführer oft nicht glückt.

Beim selbsttätigen Führerbremsventil zieht der Lokführer einfach den Angleicher L und läßt so lange Luft in den Zeitbehälter Z, bis der gewünschte höhere Hauptluftleitungsdruck durch die Wirkung des Nachstellkolbens N erreicht ist. Dieser Zeitbehälterdruck verschwindet wieder wie nach dem Füllstoß durch die Düse 3 und erniedrigt den erhöhten Hauptluftleitungsdruck ohne Zutun des Lokführers langsam wieder auf den Regeldruck. In der Vorspannstellung, in der Sonderstellung und in der Schnellbremsstellung sperrt der Drehschieber den Luftzulauf zum Angleicher ab und macht ein Füllen des Zeitbehälters unmöglich.



7. Das selbsttätige Führerbremsventil ist abschaltbar, sodaß es die Bedienung der Bremse von einer Vorspannlokomotive aus nicht stört.

Hierfür hat das selbsttätige Führerbremsventil eine besondere „Vorspannstellung“ (siehe Hebelstellungen), in der die rechte Kammer des Ausgleichkolbens A mit der Hauptluftleitung über den Kanal g im Schieber kurz geschlossen und über Düse 5 mit der linken Kammer verbunden ist. Alle übrigen Schieberkanäle sind abgedeckt, sodaß das selbsttätige Führerbremsventil lahmgelegt ist. Diese Vorspannstellung liegt im Gegensatz zur entsprechenden „Mittelstellung“ der alten Führerbremsventile nicht störend mitten im allgemeinen Arbeitsbereich des Führerbremshebels, sondern außerhalb neben der Fahrtstellung und ist als seltene Stellung nur nach dem Anheben eines beweglichen Riegels erreichbar.



8. Die Hauptluftleitung läßt sich auch unmittelbar vom Hauptluftbehälter füllen.

In einer „Sonderstellung“, die durch einen zweiten anhebbaren Riegel eingeschaltet wird, ist der Hauptluftbehälter der Lok über den Kanal h direkt mit der Hauptluftleitung verbunden. — Der Riegel für die noch seltenere Sonderstellung liegt hinter dem Riegel für die Vorspannstellung.

Diese Sonderstellung kann im normalen Verkehr jederzeit dazu dienen, den Zug unter Umgehen des Druckreglers und des Ausgleichventils vom Hauptluftbehälter her zu füllen, wobei die Vorspannstellung als Abschlußstellung dient. Damit ist im Hinblick auf einen etwaigen Schaden am Führerbremsventil eine erhöhte Sicherheit gegeben.

Die Hauptaufgabe der Sonderstellung besteht jedoch darin, bei Dampflokvorspann vor einer elektrischen Lok in stromlosen Abschnitten den Hauptluftbehälter der elektrischen Lok von der Dampflok her über die Hauptluftleitung füllen zu können, damit druckluftbetätigte Ausrüstungen weiterbenutzt werden können.

9. Die Handhabung des selbsttätigen Führerbremventils ist einfach und schließt Irrtümer aus.

Der normale Gebrauchsbereich des Führerbremhebels ist durch die Verriegelung auf den Regelbereich zwischen 5 und 3,5 kg/cm² und die Schnellbremsstellung beschränkt. Die Fahrtstellung braucht nicht gesucht zu werden, sie ist die eine Endstellung des Bereichs, die Schnellbremsstellung die andere. Einfacher und sicherer läßt sich die Handhabung kaum machen. Schwenken des Führerbremhebels in der einen Richtung bremst, Schwenken in der anderen Richtung löst; je größer die Schwenkung, um so kräftiger die Wirkung.

Infolge des selbstabschließenden Ausgleichventils genügt es, den Führerbremhebel in die gewünschte Stellung zu legen; das Bremsen oder Lösen vollzieht sich dann selbsttätig und stets bedingungsgerecht, ohne daß der Lokführer den Leitungsdruckmesser zu beobachten braucht. Will er mit Füllstoß lösen, drückt er nur kurz die Füllstoßklinke dazu.

Beispiel

Bei den bisherigen Führerbremventilen mußte der Lokführer beim Bremsen und Lösen so lange in der Brems- oder Lösestellung verharren, bis ihm die Druckmesser den gewünschten Zustand anzeigten, dann legte er den Hebel in eine Abschlußstellung; alle diese Vorgänge mußte der Lokführer mit dem Auge verfolgen. Das Lösen einer Stufe mit Füllstoß kann dabei aus vielen Einzelvorgängen bestehen, z. B.:

1. Schwenken des Hebels aus der Abschlußstellung in die Füllstellung.
2. Abschätzen und Abzählen der Füllstoßdauer je nach Zuglänge, Zugart, Hauptluftbehälterdruck und beabsichtigter Lösestufe.
3. Zurückgehen in die Abschlußstellung.
4. Beobachten des Hauptluftleitungsdruckmessers, ob sich der gewünschte Hauptluftleitungsdruck nach dem Abklingen des Füllstoßes auch einstellt.
5. Etwaiges Nachregeln in der Fahrtstellung oder in der Betriebsbremsstellung, falls der Druck zu niedrig oder zu hoch ausfiel.
6. Druckeinstellung am Druckmesser abwarten.
7. Zurücklegen des Hebels in die Abschlußstellung.

Das Lösen mit Füllstoß vollzieht sich dagegen beim selbsttätigen Führerbremventil Bauart Knorr so:

Verlegen des Hebels in die Stellung des gewünschten Drucks unter gleichzeitigem kurzen Drücken der Füllstoßklinke.

Die Füllstoßklinke ist so gebaut, daß sie nur im Regelbereich zwischen 5 und 3,5 kg/cm² mit dem Füllstoßventil F in Eingriff kommt; in der Schnellbremsstellung, der Vorspann- und Sonderstellung hat das Drücken der Füllstoßklinke keinerlei Folgen.

Das selbsttätige Führerbremventil läßt sich infolge dieser eindeutigen Hebelstellungen und der gut fühlbaren Rasten selbst bei Lichtschaden auf dem Führerstand in Dunkelheit sicher bedienen.

Bedienungsanweisung für das selbsttätige Führerbremsventil Bauart Knorr

Fahrtstellung

Hauptluftleitungsdruck mittels Druckreglerstellschraube auf 5 kg/cm² einstellen

Bremsen

Führerbremshebel je nach gewünschter Bremswirkung in eine der Rasten des Betriebsbremsbereiches legen. Je weiter die Rast von der Fahrtstellung entfernt ist, umso größer die Bremswirkung. Der jeweilige Hauptluftleitungsdruck wird durch Nachspeisen erhalten.

Vollbremsen

Die größte Bremskraft ist erreicht, wenn der Führerbremshebel am Ende des Betriebsbremsbereiches liegt.

Lösen

Führerbremshebel je nach gewünschtem Lösegrad um eine oder mehrere Rasten nach der Fahrtstellung hin bewegen. Soll die Wirkung schneller eintreten, gleichzeitig Füllstoßklinke drücken und loslassen.

Vollösen a) langsam

Führerbremshebel in Fahrtstellung legen,

b) schnell

Führerbremshebel unter gleichzeitigem Drücken der Füllstoßklinke in Fahrtstellung legen. Füllstoßklinke nicht unnötig oft drücken, da sonst u. U. der Zug überladen wird.

Schnellbremsen

Führerbremshebel in Schnellbremsstellung legen.

Vorspannfahrt

Führerbremshebel der zweiten Lok nach Anheben des ersten Riegels in Vorspannstellung legen.

Sonderstellung

Führerbremshebel nach Anheben des ersten und zweiten Riegels in Sonderstellung legen. Sonderstellung bewirkt direktes Füllen der Hauptluftleitung vom Hauptluftbehälter her. Sie kann bei Druckreglerschäden zum Lösen benutzt werden, wobei die Vorspannstellung als Abschlußstellung dient. Die Sonderstellung ermöglicht auch umgekehrt Füllen des Hauptluftbehälters von der Hauptluftleitung her.

Angleichen

Wird ein Zug mit überladenen Bremsen übernommen, so läßt sich die Überladung durch Ziehen am Angleicherring beseitigen. Das Ziehen des Angleichers erhöht den Hauptluftleitungsdruck vorübergehend. Hierbei ist das am Zeitbehälter angeschlossene Manometer zu beachten. Das Führerbremsventil regelt den Hauptluftleitungsdruck selbsttätig herunter.

Bedienung des selbsttätigen Führerbremsventils

Bauart Knorr

Auf Bild 7 sind die Hebelstellungen und die Teile des Ventils hervorgehoben, die für den Lokomotivführer Bedeutung haben.

1. Der Führerbremshebel H mit Füllstoßklinke P, dazu der Rastering mit den gut fühlbaren und sichtbaren Rasten und den anhebbaren Riegeln für Vorspann- und Sonderstellung,
2. die Stellschraube C zum Einstellen des Druckreglers,
3. der Angleicher L zum vorübergehenden Erhöhen des Hauptluftleitungsdrucks.

Bild 6 zeigt eine kurzgefaßte Bedienungsanweisung für den Lokomotivführer.

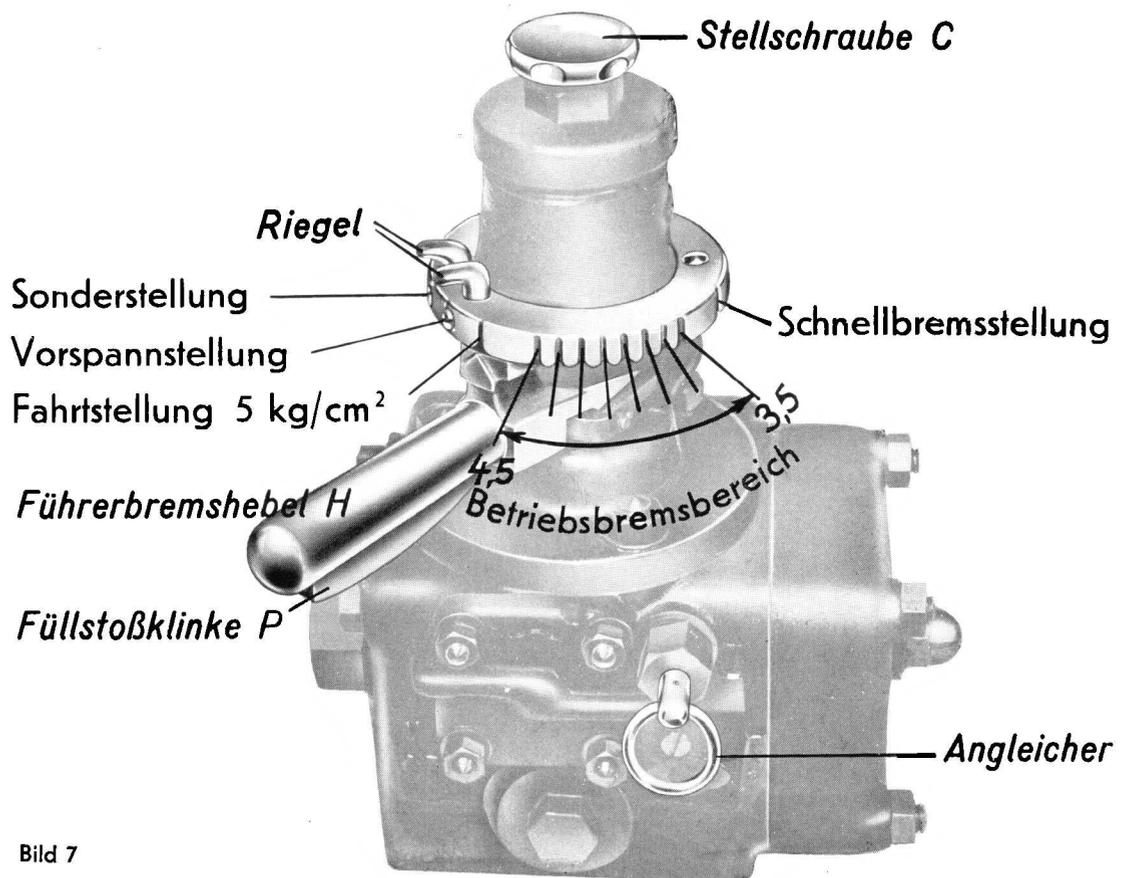


Bild 7

Schaltplan und Druckschaulinien

Auf der Tafel 2 am Anhang ist der Schaltplan den verschiedenen Stellungen entsprechend in mehreren farbigen Abwandlungen gezeigt. Der begleitende Text beschreibt kurz alle Vorgänge ohne Begründungen.

Druckschaulinien, die an Zügen verschiedener Länge unter mannigfachen Bedingungen aufgenommen sind, bringt die Tafel 3 am Anhang.

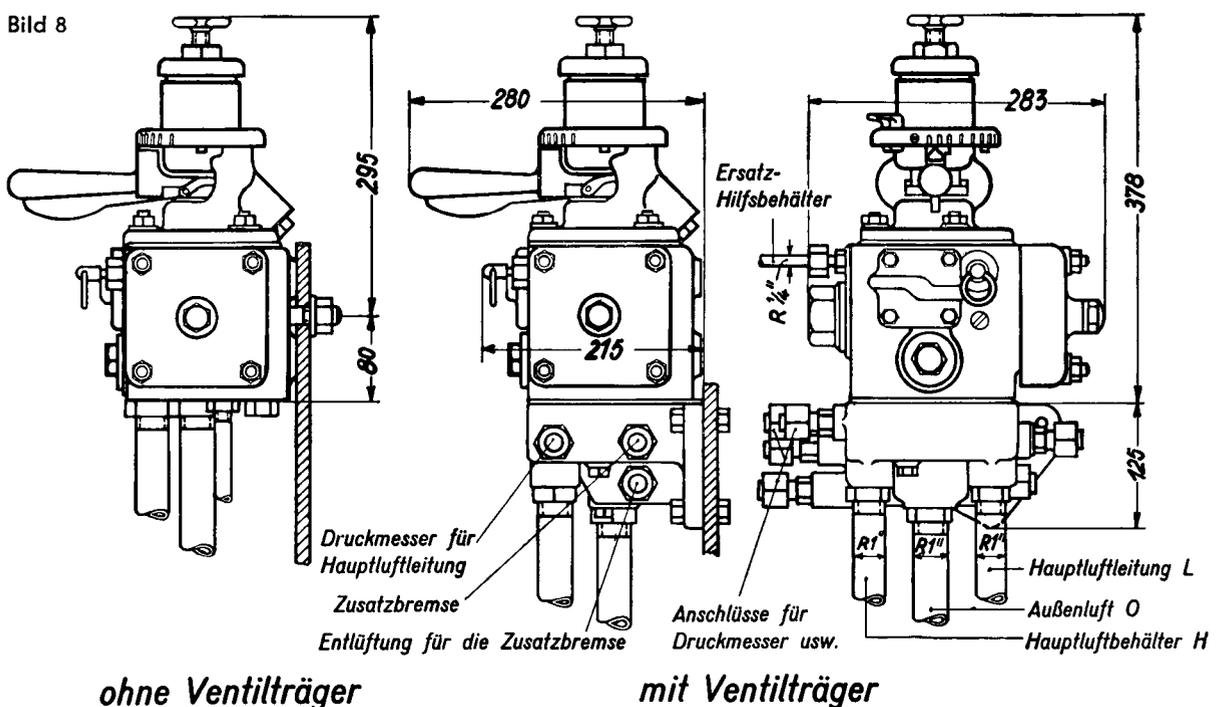
Anbau des selbsttätigen Führerbremsventils

Das selbsttätige Führerbremsventil läßt sich im Führerstand an der Wand durch zwei Stiftschrauben $\frac{3}{4}$ " unmittelbar befestigen. In diesem Fall werden die Anschlußrohre der Luftleitungen in die Innengewinde des Bodens eingeschraubt (Bild 8).

Es kann aber auch mit einem besonderen Ventilträger angebaut werden, auf den es mit seiner glatten Bodenfläche einfach aufgesetzt und mit vier $\frac{1}{2}$ " Schrauben befestigt wird (Bild 8). Bei diesem Anbau werden die Anschlußrohre mit Überwurfmutter am Ventilträger festgeschraubt; das Führerbremsventil kann also abgenommen werden, ohne daß die Rohranschlüsse gelöst werden müssen. Am Ventilträger sind außerdem seitlich noch weitere Rohranschlußmöglichkeiten vorgesehen, die auch zum Anschließen der Druckmesser, der Zusatzbremse, des Lätewerks, der Zugsicherung, der Speisepumpenbelüftung u. dgl. verwendet werden können.

Vier Rohranschlüsse führen zum Hauptluftbehälter H, zur Hauptluftleitung L, ins Freie O (Auslaß) und zum Zeitbehälter Z. Die Anschlußstellen sind mit den entsprechenden Bezeichnungen versehen. Der Anschluß zum Ersatzhilfsbehälter EB geht seitlich vom Führerbremsventil ab.

Ein Ersatzhilfsbehälter von 14 Liter und ein Zeitbehälter von 20 Liter Inhalt sowie Druckmesser gehören zur Ausrüstung.



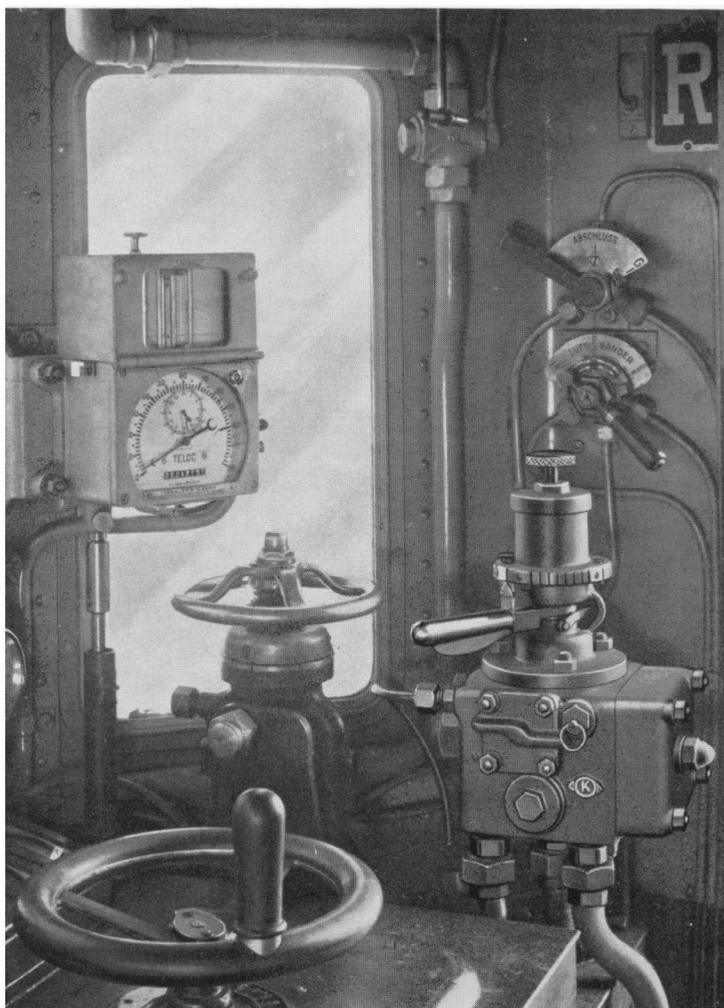


Bild 9

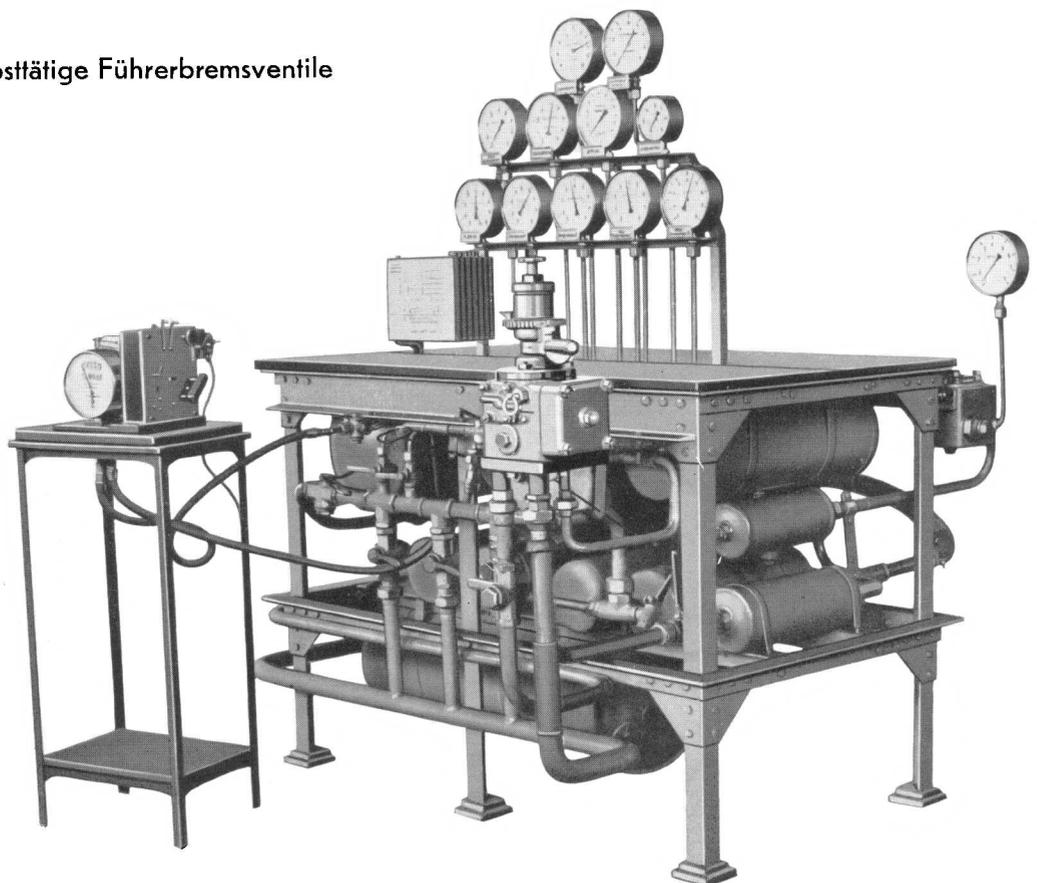
Schlußwort

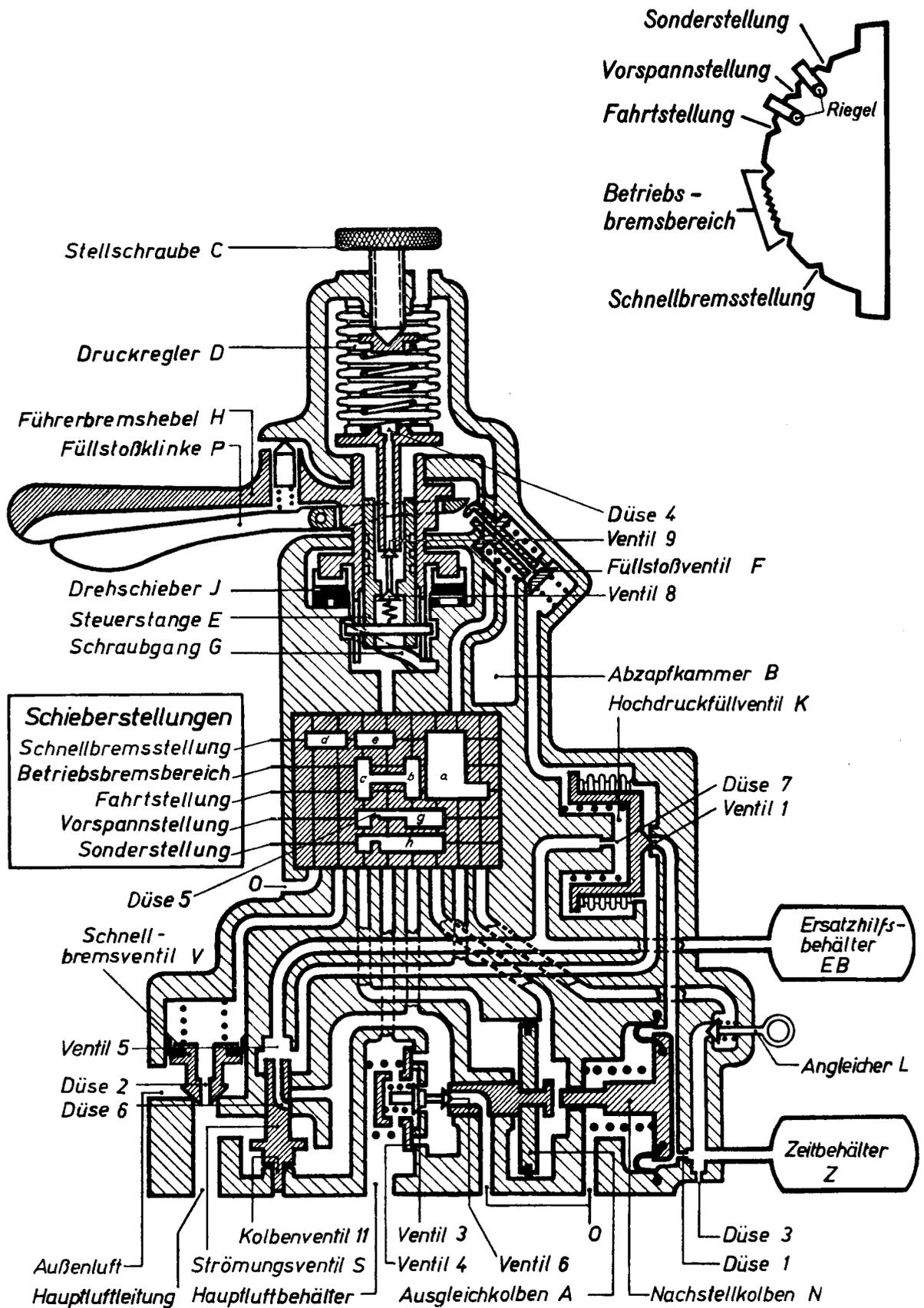
Das selbsttätige Führerbremsventil Bauart Knorr ist in mehrjähriger Arbeit Schritt für Schritt entwickelt und vervollkommenet worden. Eingehende und langfristige Versuche, nicht nur während seiner Entwicklung, sondern auch anschließend bei den Bahnverwaltungen mehrerer europäischer Länder im Fahrbetrieb und auf Dauerprüfständen, haben die Richtigkeit der Überlegungen und die Verlässlichkeit der Bauart erwiesen. Seine Anwendungsmöglichkeit ist nicht beschränkt. Für längste und kürzeste Züge, für alle bekannten Bremsbauarten der Eisenbahndruckluftbremse, einlösige und mehrlösige, ist es ein selbsttätig arbeitendes Führerbremsventil. Wenn es auch vor Zügen mit mehrlösigen und druckerhaltenden Bremsen fahr- und bremstechnisch seine vollkommensten Auswirkungsmöglichkeiten findet, so hat es andererseits seine Vorzüge jahrelang gerade in der Schweiz bewiesen, die durch große und zahlreiche Gefälle und noch mehr durch die vielen dort durchlaufenden fremden Wagen mit den verschiedensten Bremsbauarten Europas zum schwierigsten Fahrgebiet gehört.

Veröffentlichungen über das selbsttätige Führerbremsventil:

- Dr. Ing. F. Christen: *Les robinets de mécanicien pour le frein automatique à air comprimé*
„La Traction Electrique“ 1935, Heft 3/4
- Dr. Ing. F. Christen: *Das vollautomatische Führerventil der Knorr-Bremse AG*
„Zeitung des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen“ 1935, Heft 36
- E. Wagner: *Knorr-Selbstregler C, das vollautomatische Führerbremsventil seine Bedienung u. seine Vorzüge*
„NSBZ Voraus“ 1938, Heft 1
- E. Wagner: *Knorrs fulldautomatische Förerbremsventil "C", dens betjening og dens fortrin*
„Dansk Lokomotiv Tidende“ 1938, Heft 6
- Dr. Ing. Fr. Hildebrand - Dr. E. Möller: *Selbsttätiges Führerbremsventil für Lokomotiven*
„VDI-Zeitschrift“ 1938, Heft 4
- Dr. Ing. Fr. Hildebrand - Dr. E. Möller: *Ein selbsttätiges Führerbremsventil für Druckluftbremsen*
„Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens“ 1938, Heft 8

Prüfstand für selbsttätige Führerbremsventile





Schaltplan des selbsttätigen Führerbremsventils

Bauart Knorr

Wirkungsweise des selbsttätigen Führerbremsventils

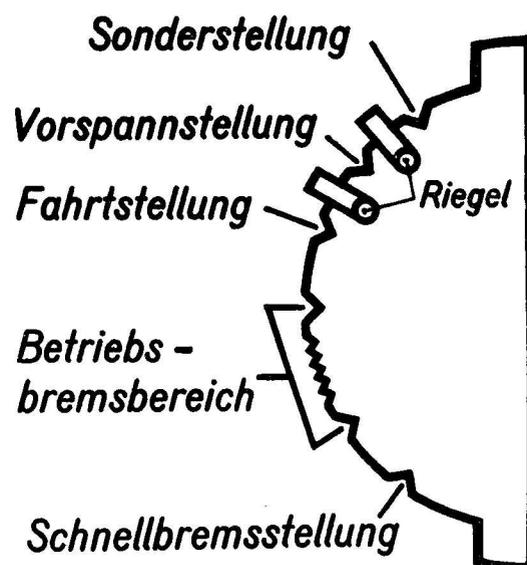
Bauart Knorr

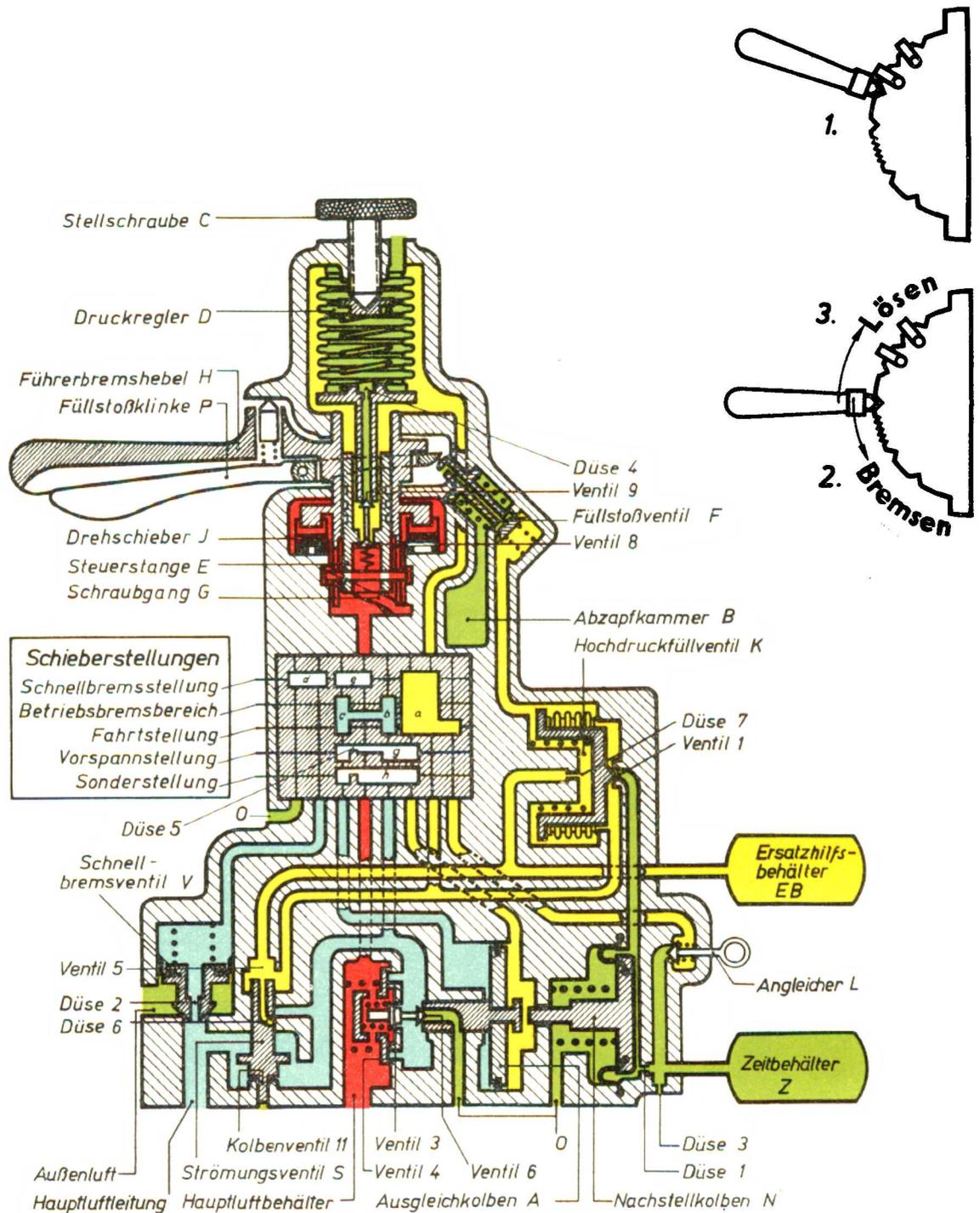
Die nebenstehenden Schaltbilder und Begleittexte erklären alle Vorgänge im selbsttätigen Führerbremsventil Bauart Knorr rein ablaufmäßig, ohne nähere Begründung.

Die Farben der Pläne zeigen, welche Drucke jeweils in den einzelnen Bauteilen des selbsttätigen Führerbremsventils Bauart Knorr wirken; es bedeutet:

rot	Hauptluftbehälterdruck	blau	Hauptluftleitungsdruck
gelb	Druckreglerdruck	grün	drucklos (Außenluft)
braun	Ersatzhilfsbehälterdruck	grau	Zeitbehälterdruck

Die Hebelstellungen zeigt das nachstehende Stellungsbild.





1. Ruhstellung

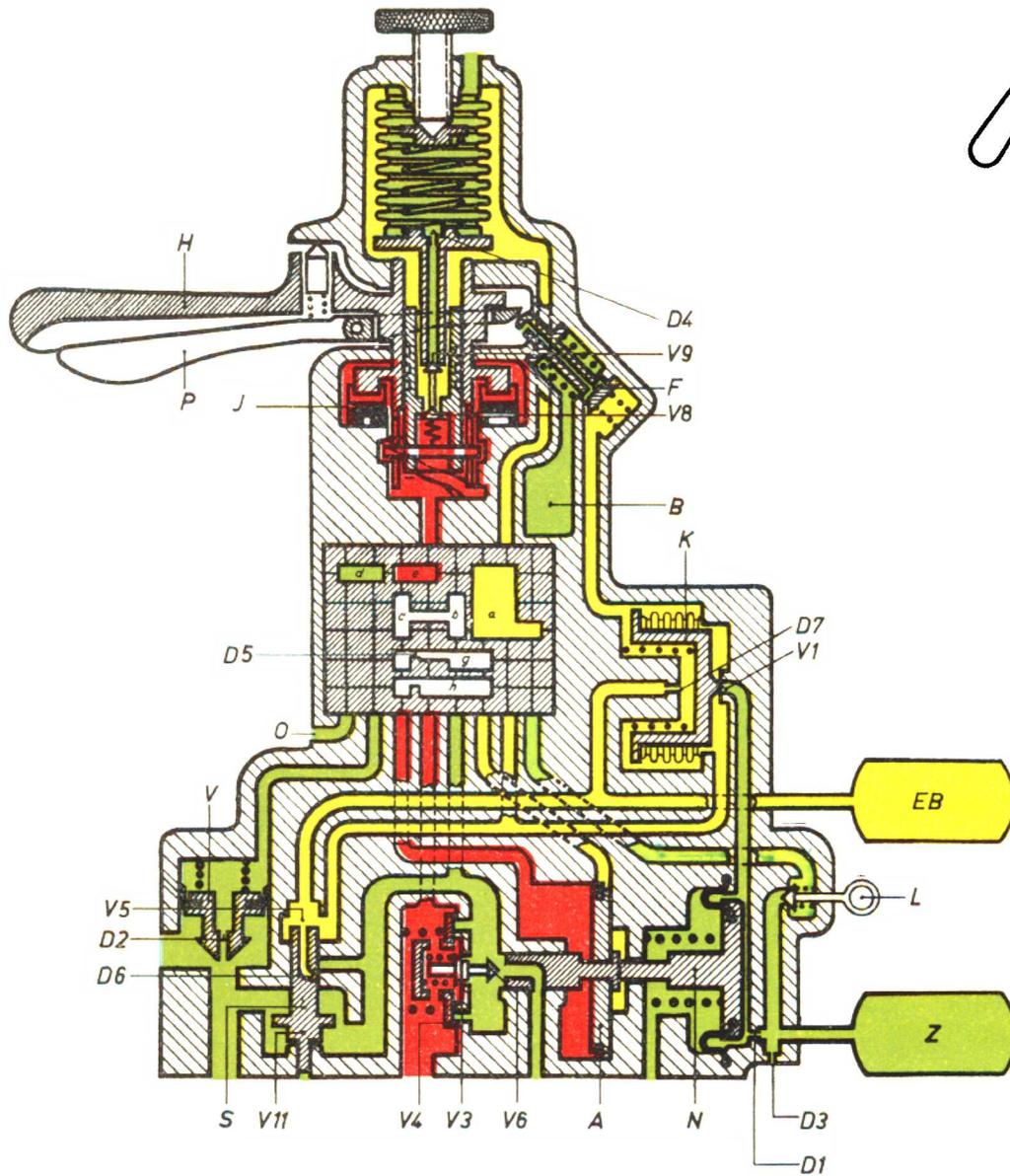
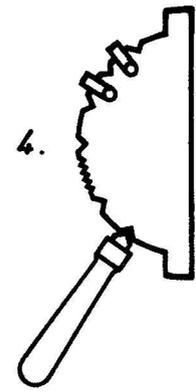
Führerbremshebel H steht in Fahrtstellung oder im Betriebsbremsbereich. Alle Ventile sind geschlossen. Drehschieber J verbindet mit gelber Muschel a alle zum Schieberschaltbild führenden gelben Kanäle. Die roten Räume haben Hauptbehälterdruck, die gelben Räume Regeldruck, entsprechend der Stellung des Führerbremshebels. Der blaue Hauptluftleitungsdruck ist gleich dem Druckreglerdruck. Die grünen Räume sind entlüftet.

2. Bremsen

Führerbremshebel H im Sinne des Bremsens bewegen. Steuerstange E wird gesenkt mittels in Schraubgang G geführten Bolzens und öffnet Ventil 9. Druck in gelben Räumen sinkt (Drucksenkung zeitlich bestimmt durch Entlüftung des Ersatzhilfsbehälters EB über Düse 4). Sinkender gelber Druck zieht Ausgleichkolben A an rechten Stangenanschlag, öffnet Ventil 6 und verringert blauen Hauptluftleitungsdruck entsprechend sinkendem gelben Druckreglerdruck. Sobald sich entspannende Druckreglerfeder Ventil 9 wieder schließt, geht auch Ausgleichkolben A an linken Stangenanschlag und schließt Ventil 6 (Bremsabschluss).

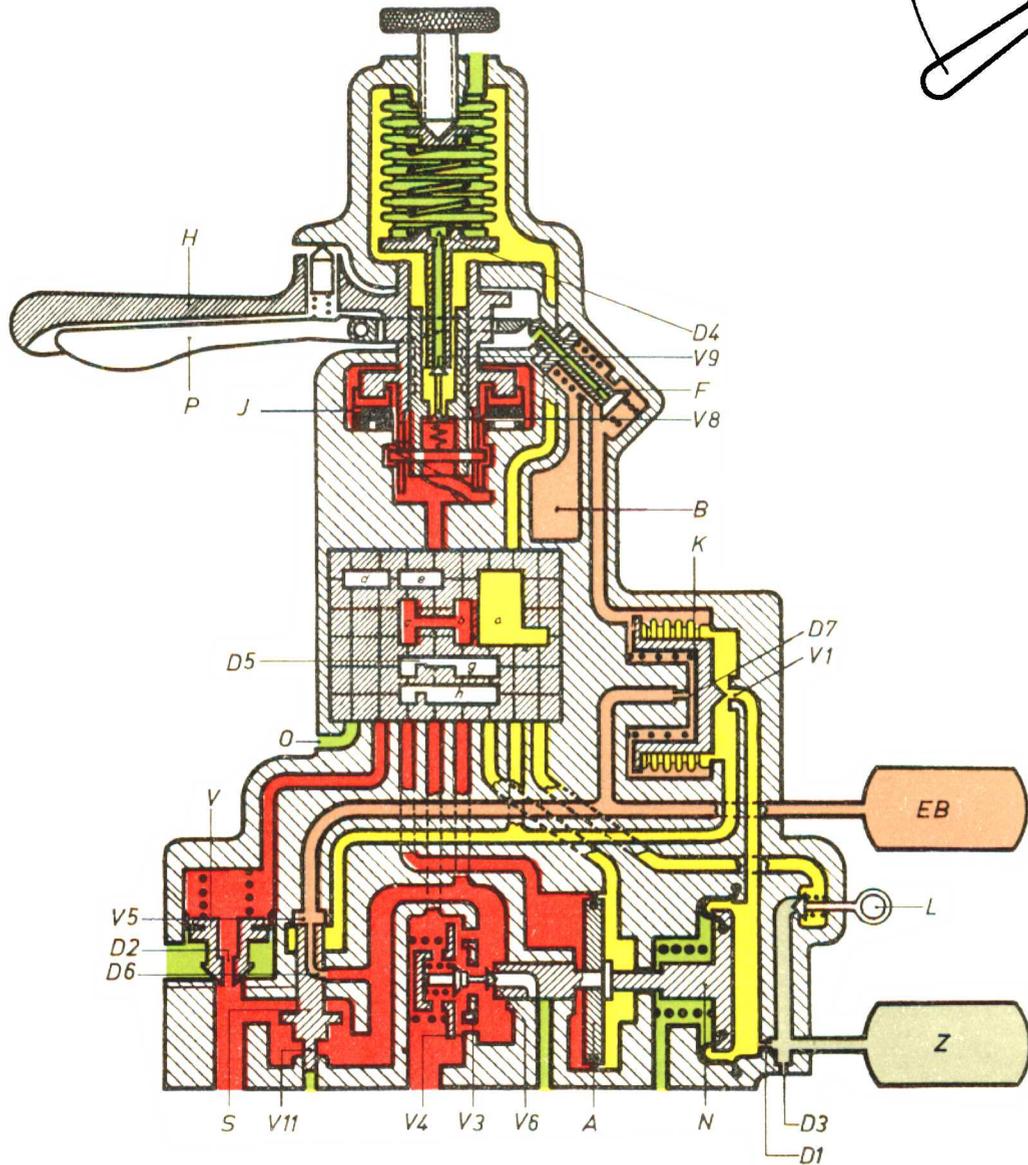
3. Lösen ohne Füllstoff

Führerbremshebel H im Sinne des Lösen bewegen. Steuerstange E wird gehoben und öffnet Ventil 8. Druck in gelben Räumen steigt, schiebt Ausgleichkolben A nach links und öffnet Ventil 3. Blauer Hauptluftleitungsdruck steigt entsprechend Druckreglerdruck bis Ausgleichkolben A infolge Schließens von Ventil 8 an rechten Stangenanschlag geht und Ventil 3 abschließt (Löseabschluss).



4. Schnellbremsen

Führerbremshebel H in Schnellbremsstellung legen. Drehschieber J entlüftet Schnellbremsventil V über Muschel d (grün) ins Freie nach O (grün). Schnellbremsventil V ist geöffnet, Hauptluftleitung entlüftet sich (grün). Linke Seite des Ausgleichkolbens A (rot) steht über Muschel e (rot) mit Hauptluftbehälter (rot) in Verbindung, sodass auch Ventil 6 geöffnet ist.

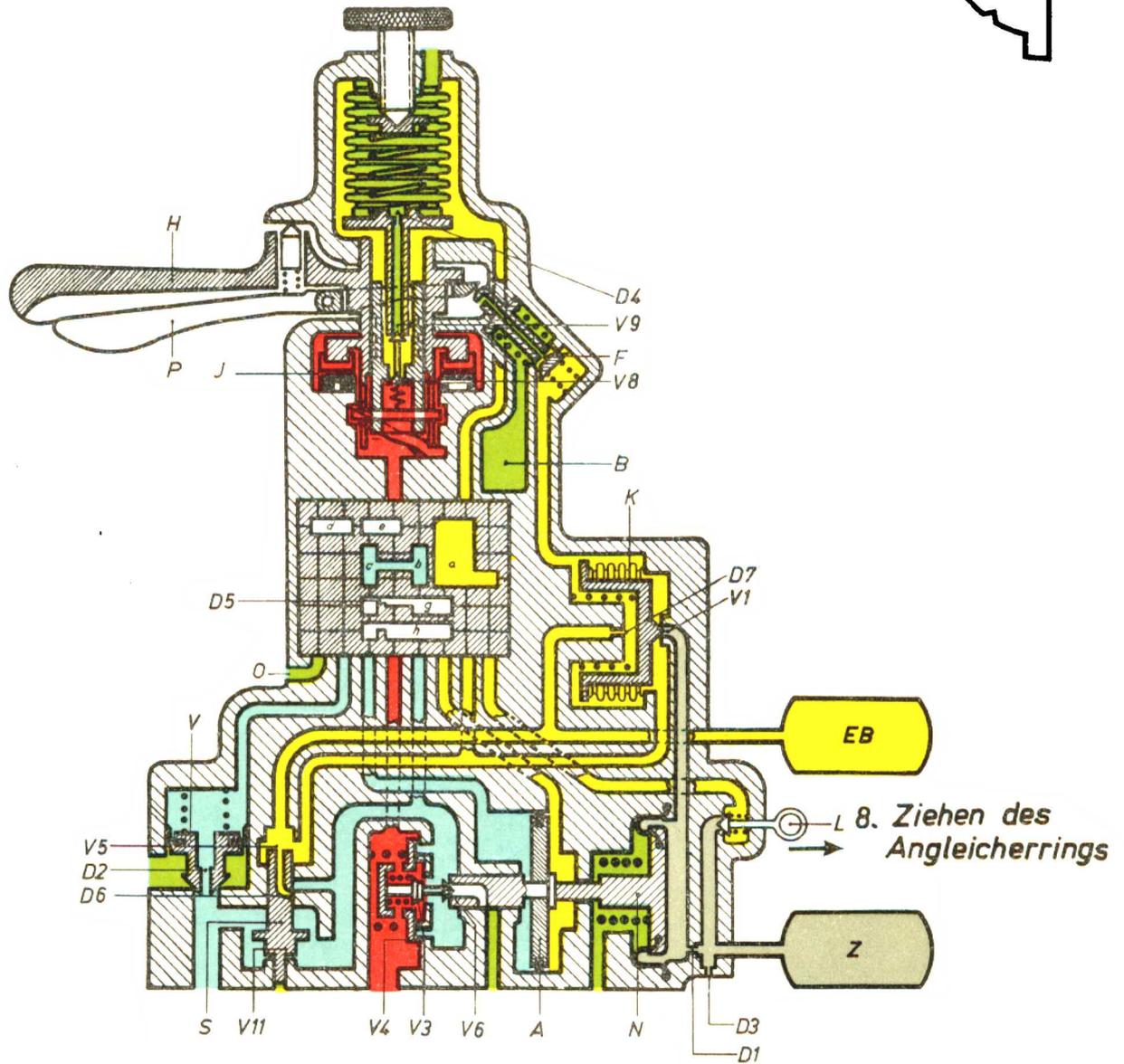
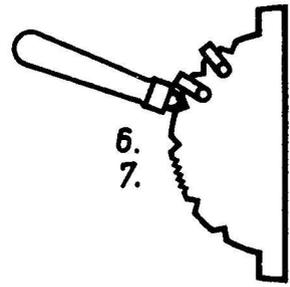


5. Lösen mit Füllstoff

Führerbremshebel H im Sinne des LöSENS bewegen und Füllstoffklinge P drücken. Füllstoffventil F schließt Abzapfkammer B von Außenluft ab und verbindet sie mit braunem Raum, dessen Druck dadurch plötzlich sinkt. Hochdruckfüllventil K fliegt nach links, gelber Druckreglerdruck tritt über Ventil V1 hinter Nachstellkolben N. Nachstellkolben N öffnet Ventil V3 und Ventil V4, Hauptbehälterluft (rot) strömt in Hauptluftleitung (rot), hebt Strömungsventil S, schließt Ventil V5 und öffnet Düse D6.

6. Verlauf des Füllstoffes

Einströmen der Hauptbehälterluft (rot) in die Hauptluftleitung dauert so lange, bis sich Ersatzhilfsbehälter EB (braun) über Düse D6 im Strömungsventil S auf Druckreglerdruck (gelb) gefüllt hat und Hochdruckfüllventil K das Ventil V1 schließt (langer Zug). Fällt Strömungsventil S jedoch wegen sinkender Strömung (kurzer Zug) vorher ab, so gleicht sich der Druck des braunen Raums durch das geöffnete Ventil V5 rasch mit gelbem Druck aus und schließt Ventil V1 am Hochdruckfüllventil K früher. Sobald Ventil V1 geschlossen, sinkt Druck hinter Nachstellkolben N durch Düse D1 ab auf geringen Druck, der während des Füllstoffes im Zeitbehälter Z (grau) entstanden. Ausgleichkolben A schiebt nach rechts und schließt Ventil V4. Füllstoff ist beendet, Niederdruckfüllperiode mit erhöhtem Druck (siehe 7.) beginnt.

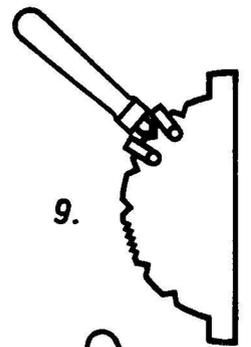
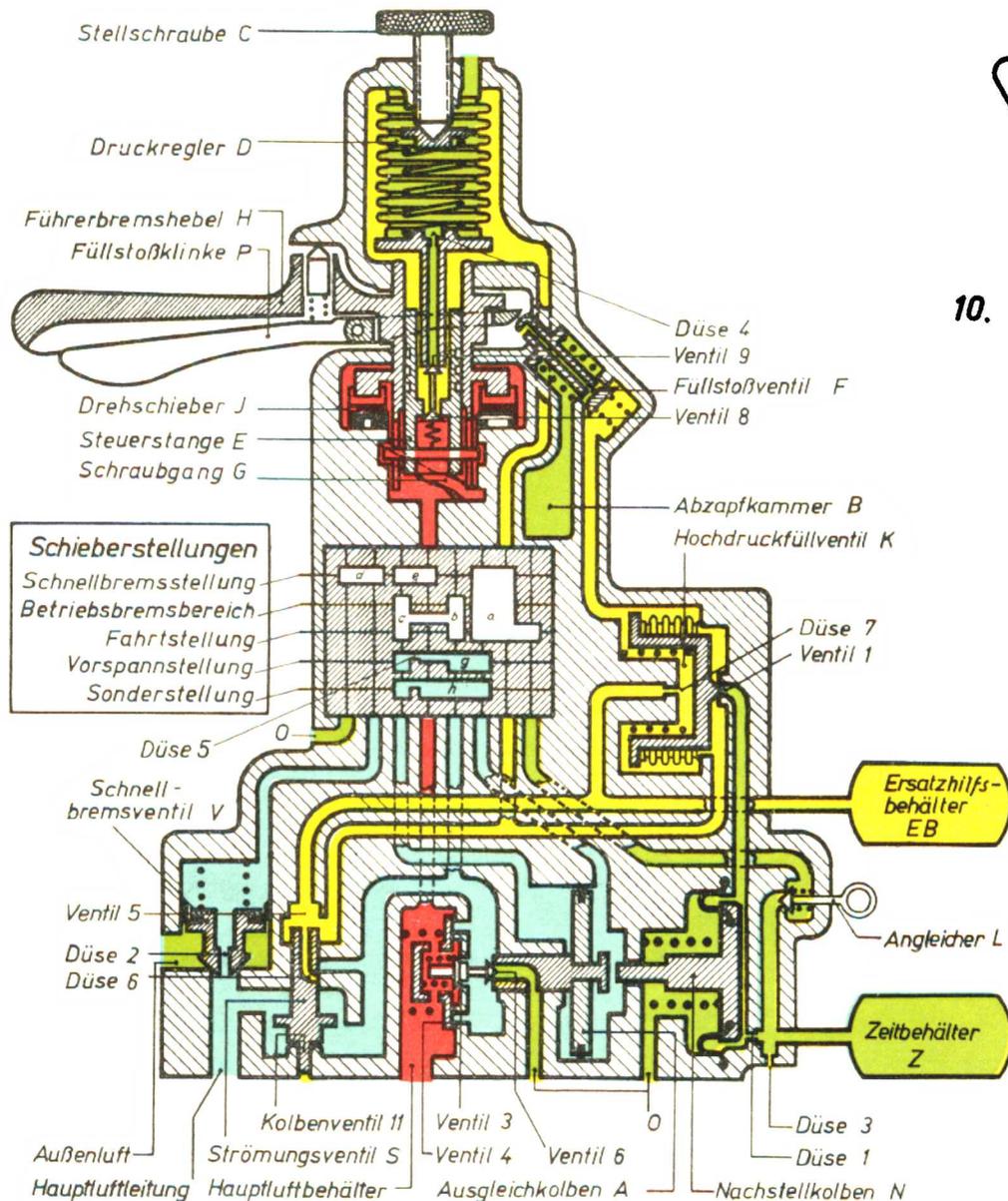


7. Niederdruckfüllperiode im Anschluß an Füllstoff

Druck in Hauptluftleitung (blau) ist infolge Schließens von Ventil V4 abgesunken auf Druckreglerdruck (gelb), vermehrt um Einfluß des Zeitbehälterdrucks Z (grau), der sich durch Düse D3 allmählich verliert.

8. Angleichen (Beseitigen von Überladungen)

Derselbe Zustand (wie unter 7.) stellt sich ein, wenn Druck im Zeitbehälter Z (grau) nicht durch Füllstoff sondern durch Ziehen des Angleichers L erzeugt wird.



9. Vorspannstellung

Führerbremshel H unter Anheben des ersten Riegels in Vorspannstellung legen. Drehschieber J schaltet gelben Druckreglerdruck von Ausgleichkolben A ab, schließt die rechte Kolbenkammer mit der Hauptluftleitung über Muschel g kurz und verbindet sie über Düse 5 mit der linken Kolbenkammer.

10. Sonderstellung

Führerbremshel H unter Anheben des ersten und zweiten Riegels in Sonderstellung legen. Drehschieber J vermittelt Verbindung vom Hauptluftbehälter (rot) über Muschel h zur Hauptluftleitung und rechten Seite des Ausgleichkolbens A.

Druckschaulinien des selbsttätigen Führerbremsventils Bauart Knorr

Die nebenstehenden Druckschaulinien zeigen an einigen Beispielen, wie das selbsttätige Führerbremsventil Bauart Knorr unter verschiedenen Bedingungen arbeitet. Diese Schaulinien sind unter Verwendung von Güterzug-Steuerventilen aufgenommen, um die Wirkungsweise des selbsttätigen Führerbremsventils auch bei großen Zuglängen zeigen zu können.

1. Vollbremsung: Der Druckabfall am Anfang der Hauptluftleitung ist bei betriebsmäßigem Bremsen bis zur Vollbremsung von der Zuglänge unabhängig.
2. Schnellbremsung: Selbst bei langen Zügen erfolgt die Entleerung der Hauptluftleitung schnell.
3. Stufenbremsen und Stufenlösen: Das selbsttätige Führerbremsventil Bauart Knorr regelt sehr feinstufig. (Die Schaulinie ist mit ganz langsam laufender Schreibtrommel aufgenommen.)
4. Füllstoß nach Vollbremsung in Abhängigkeit von der Zuglänge: Die Füllstoßlänge wächst mit steigender Wagenzahl.
5. Füllstoß nach Vollbremsung in Abhängigkeit vom Hauptluftbehälterdruck: Die Füllstoßlänge wächst mit sinkendem Hauptluftbehälterdruck.
6. Füllstoß in Abhängigkeit von der Zahl der Bremswagen: Der Füllstoß ist um so kürzer, je weniger Bremswagen der Zug führt.
7. Stufenlösen mit Füllstößen in Abhängigkeit von Zahl und Größe der Stufen: Die Füllstöße sind um so kürzer, je zahlreicher sie sind und je kleiner die Lösestufe ist.
8. Beseitigen einer Überladung (Angleichen): Der Druck des überladenen Wagens sinkt nach dem Ziehen des Angleichers selbsttätig auf den Regeldruck.

