

Sonderdruck aus der

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

Bd. 96 (1954)

Nr. 11/12

Seite 329/36

Die neue Eisenbahn-Druckluftbremse mit dem KE-Einheitsventil

Von

Dr. Ernst Möller, München



KNORR-BREMSE GMBH MÜNCHEN

MOOSACHER STRASSE 80 · FERNRUF 36741 · FERNSCHREIBER 063/751

Die neue Eisenbahn-Druckluftbremse mit dem KE-Einheitsventil

Von Dr. E. Möller, München

Nach eingehenden Prüfungen ist die neue Druckluftbremse mit dem Steuerventil, Bauart „KE“, für Eisenbahnfahrzeuge im internationalen Verkehr zugelassen worden. Die früher einmal verwendeten, unmittelbar wirkenden Druckluftbremsen konnten sich nicht lange behaupten. Mittelbar wirkende Bremsen wurden schon vor der Jahrhundertwende von der einstufig lösenden Art zur mehrstufig lösenden weiterentwickelt. Das Humphrey-Prinzip ist auch für die neuen Bremskonstruktionen grundlegend geblieben.

Gegenüber den heute gebräuchlichen Bremsventilen weist das neue KE-Steuerventil eine Reihe von Vorteilen auf: Die bisher getrennt an den Fahrzeugen angebauten, durch Rohrleitungen verbundenen, wartungsbedürftigen Einzelteile sind in einem unmittelbar an die Hauptluftleitung angeschlossenen Gerät zusammengefaßt worden. Durch die Konstruktion wird das Arbeiten der Steuerventile und damit der Bremsanlagen unabhängig von der Größe der jeweils vorhandenen Bremszylinder und Hilfsbehälter (Einheitswirkung). Die Bremse läßt sich auch an langen Zügen schnell lösen. Ein Überladen und auch eine Erschöpfung der Steuerkammern oder der Hilfsbehälter werden verhindert. Die Durchschlagsgeschwindigkeit, das ist die Fortpflanzung der Bremswirkung durch den ganzen Zug, ist sehr groß. Anbau und Unterhaltung im Betrieb sind einfacher als bisher.

Das KE-Steuerventil wird nach dem Baukastenprinzip zusammengesetzt. An eine Grundeinheit können die Sonderbauteile entsprechend dem jeweiligen Bedarf nach Wahl angebaut oder ausgetauscht werden.

Die neue Druckluftbremse mit dem Steuerventil KE (Knorr-Einheitsventil) ist im Juni 1953 nach eingehender Erprobung durch die Deutsche Bundesbahn dem Internationalen Ausschuß für Bremsfragen der Union Internationale des Chemins de Fer (UIC) und dem übergeordneten V. Ausschuß und der Technischen Einheit (TE) der UIC, die die Einheitlichkeit der Eisenbahnausrüstungen überwachen, auf den Strecken in der Rheinebene und auf den bremstechnisch schwierigen Gefällen des Schwarzwaldes vorgeführt worden. Sollen die Eisenbahnfahrzeuge in Europa freizügig verkehren, so ist eine derartige internationale Prüfung nach bestimmten Richtlinien unerläßlich. Die neue Druckluftbremse mit dem KE-Ventil erfüllt nicht nur die bestehenden internationalen Bedingungen, sondern trägt bereits zukünftigen Entwicklungen Rechnung; sie wurde daher für den internationalen Eisenbahnverkehr zugelassen.

Bei den etwas ungewöhnlichen Arbeitsvorgängen in den Steuerventilen neuzeitlicher Druckluftbremsen handelt es sich um ein Zusammenspiel zahlreicher Organe, die meistens nur durch die Druckluft unter gewollten oder störenden Zeitfunktionen gekuppelt sind. Man könnte daher das Ganze als eine Kombination von Schalteinrichtungen mit sehr elastischen und verzögernden Koppelgliedern bezeichnen.

Geschichtliches

Es erweckt den Anschein, als seien Eisenbahndruckluftbremsen nicht in einer stetigen Linie, sondern in großen Zeiträumen sprunghaft entwickelt worden¹⁾. Den Eisenbahnverwaltungen kann es mit Rücksicht auf die Einheitlichkeit des Betriebes und der Arbeiten in den Werkstätten nur dann zugemutet werden, die Bauart zu ändern, wenn dies betrieblich erforderlich wird, oder wenn eine größere Wirtschaftlichkeit oder hinreichende technische Fortschritte es rechtfertigen.

In Deutschland und vielen europäischen Ländern wurde für Güterzüge die durchgehende indirekte Eisenbahn-Druckluftbremse um die Jahrhundertwende eingeführt. Diese Bremse ließ sich stufenweise anziehen, aber nur in einer einzigen Stufe lösen. Zwei Entwicklungsabschnitte schlossen sich an. Im Jahre 1918 gingen die deutsche und einige ausländische Bahnen zur Kunze-Knorr-Bremse²⁾

über, der ersten auch stufenweise lösenden, indirekten Druckluftbremse. Mit diesem Schritt brach sich das „mehrlosige“ Prinzip gegenüber dem bis dahin nur „einlösigen“ allgemein Bahn. Dann wurde um das Jahr 1933 die ebenfalls mehrlösige Hildebrand-Knorr-Bremse in den meisten europäischen und auch in außereuropäischen Ländern eingeführt; ihre Mehrlösigkeit beruht auf dem sog. Dreidruckprinzip, das *Humphrey* bereits 1892 angegeben hatte³⁾. Dieses Prinzip liegt auch den nicht so verbreiteten Bremsen vor ihr (*Bozic*, *Drolshammer*) und nach ihr (*Breda*, *Hardy*, *Charmilles* und *Oerlikon*) zugrunde und ist auch bei der neuen Knorr-Druckluftbremse „KE“ angewandt worden.

Druckluftbremsen und ihre Eigenarten

Jedes mit Klotzbremsen oder Belagbremsen durch Druckluft ausbremsbare Schienenfahrzeug ist mit Bremszylindern ausgerüstet; die durch die Druckluft hervorbrachte Bewegung der Kolben überträgt sich auf die Bremsorgane. Die in Pumpen verdichtete und mit 8 bis 12 kg/cm² Druck auf der Lokomotive gespeicherte Druckluft wird über ein Führerbremsventil⁴⁾ auf der Lokomotive und eine durch den ganzen Zug gehende Leitung, die zwischen den Wagen kuppelbar ist, den Bremsvorrichtungen der einzelnen Wagen zugeführt.

Früher leitete man die Druckluft unmittelbar in die Bremszylinder. Ein gerissener Zug konnte nicht mehr von der Lokomotive aus gebremst werden. Außerdem waren die großen Luftmengen, die zum Bremsen eines langen, schweren Zuges erforderlich sind, nicht in der nötigen kurzen Zeit zu beschaffen und durch die Hauptluftleitung zu schicken. Die Bremszylinder der letzten Wagen füllten sich daher oft so verspätet, daß große Zerrungen auftraten. Durch Drosselinsätze vor den Bremszylindern ließen sich die Bremsvorgänge zwar untereinander etwas ausgleichen, sie wurden aber dadurch auch insgesamt verzögert. Diese unmittelbare Bremse, die sich sehr feinstufig anziehen und lösen ließ, gab man deshalb sehr bald wieder auf.

Mittelbar wirkende Druckluftbremse

Man ging dann zur mittelbar wirkenden Bremse über. Bei ihr hat jeder Wagen für seine Bremszylinder einen

¹⁾ *W. Hildebrand*: Die Entwicklung der selbsttätigen Einkammer-Druckluftbremse bei den europäischen Vollbahnen, Berlin 1927.

²⁾ *K. Wiedemann*: Die Kunze-Knorr-Güterzugbremse. Z. VDI Bd. 66 (1922) S. 905/09.

³⁾ *Neggemann*: Luftdruckbremsen an Eisenbahnfahrzeugen. Z. VDI Bd. 36 (1892) S. 755/60.

⁴⁾ *F. Hildebrand* u. *E. Möller*: Selbsttätiges Führerbremsventil für Lokomotiven. Z. VDI Bd. 82 (1938) S. 102.

eigenen Speicherbehälter, den sog. Hilfs- oder Vorratsluftbehälter f, Bild 1 und 2. Über das vom Druck der Hauptluftleitung d und dem des Hilfsluftbehälters f gesteuerte Dreiwegeventil, das sog. Steuerventil g, wird der an jedem Wagen vorhandene Hilfsluftspeicher f aus der Hauptluftleitung aufgefüllt, während gleichzeitig der Bremszylinder e mit der Außenluft verbunden, die Bremse also gelöst ist, Bild 1. Der „Regeldruck“ für die voll aufgeladene und völlig gelöste Bremse ist international auf 5 kg/cm² festgelegt. Zum Bremsen wird der Druck in der Hauptluftzuleitung d nun — im Gegensatz zu der unmittelbaren Bremse — erniedrigt, der Kolben des Steuerventils g geht in Bremsstellung, schließt die Entlüftung des Bremszylinders und verbindet ihn mit dem Hilfsbehälter f. In den Bremszylinder strömt Druckluft und drückt den Bremsklotz h an das Rad i. Dabei sinkt der Druck im Hilfsluftbehälter f, und gleichzeitig steigt der Bremsdruck so lange, bis der Druck im Hilfsbehälter f die Druckverminderung in der Hauptluftleitung unterschreitet. Das Steuerventil geht in die Abschlußstellung. Die Bremse läßt sich also stufenweise anziehen. Erhöht man nun den Leitungsdruck, so öffnet der Steuerkolben wieder den Auslaß des Bremszylinders und den Zulauf zum Hilfsbehälter, dessen verlorene Druckluft ersetzt wird. Der Druck im Hilfsbehälter kann somit nicht über den in der Leitung steigen; es fehlt also die Rückstellkraft für das Steuerventil, und der Bremszylinder entleert sich ganz, auch wenn man den Leitungsdruck nur geringfügig erhöht. Diese Bremse ist also nicht stufenweise lösbar, sondern löst gleich völlig; sie ist „einlöslich“, dafür aber arbeitet sie bei Zugtrennungen selbsttätig.

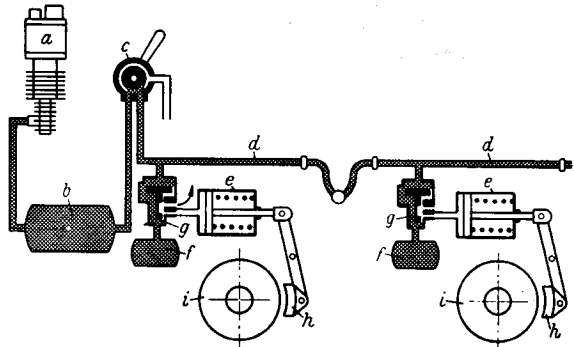


Bild 1. Bremse in Lösestellung.

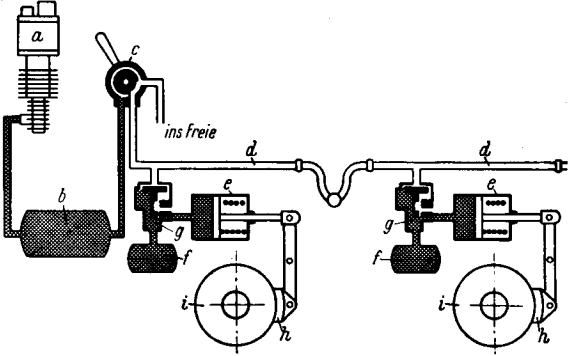


Bild 2. Bremse in Bremsstellung.

Bild 1 und 2. Selbsttätige Einkammer-Druckluftbremse.

- | | |
|---------------------------|---------------------|
| a Luftpumpe | f Hilfsluftbehälter |
| b Hauptluftbehälter | g Steuerventil |
| c Führerbremseventil | h Bremsklotz |
| d Hauptluftleitung | i Rad |
| e Einkammer-Bremszylinder | |

Bei dieser mittelbar wirkenden Bremse verläuft der Bremsvorgang auf der ganzen Länge eines Zuges schneller, weil nur das verhältnismäßig kleine Volum der steuernden Hauptluftleitung zu entleeren ist. Der zeitliche Unterschied im Druckanstieg in den Bremszylindern zwischen Zuganfang und Zugende wird auch bei ihr durch Einlaßdrosseln vor den Bremszylindern verringert. Beim Lösen sind allerdings große Luftmengen zu befördern, damit die erschöpften Speicher aufgefüllt werden. Das Aufüllen wird dadurch beschleunigt, daß der Lokomotivführer mit seinem Führerbremseventil kurzfristig den hohen Druck von 8 bis 12 kg/cm² aus dem Hauptbehälter b unter Umgehung des Druckreglers in die Hauptluftleitung schickt, d. h. „Füllstöße“ gibt, deren Dauer er aber den Verhältnissen anpassen muß, damit keine Drücke von mehr als 5 kg/cm² in den Hilfsbehältern entstehen⁴). Löse- und Füllstöße hinter den Bremszylindern und Füllstöße vor den Hilfsbehältern verringern auch dabei die Druckunterschiede in den Bremszylindern und Hilfsbehältern zwischen Zuganfang und Zugende während des Lösens.

Diese Löse-, Füll- und Bremsdüsen mußte man bisher je nach der Größe der Bremszylinder und der zugehörigen Hilfsluftbehälter auswechseln, damit die international festgelegten Bremszeiten eingehalten werden konnten. Eine einheitliche Wirkung, unabhängig von der Größe der Bremszylinder und Behälter, bedeutet einen großen Fortschritt.

Das Einleiten einer Bremsung war früher besonders an langen Zügen sehr schwierig. Die Steuerventile müssen nämlich in bestimmtem Maße unempfindlich sein, damit es möglich ist, die Hilfsbehälter mittels des Führerbremseventils langsam zu entleeren, ohne daß die Bremsen anziehen, falls sie einmal bei einem unvorsichtigen Füllstoß mit zu hohem Druck überladen worden sind. Stellt man nun zum Bremsen einen niedrigeren Druck in der Hauptluftleitung ein, so eilt dieser Druckabfall zwar mit der Schallgeschwindigkeit (330 m/s) in der Leitung fort, seine Frontwelle wird aber infolge der Ausdehnung der Luft und infolge der Rohrreibung immer flacher, so daß von einem Punkt im Zuge ab die Steilheit der Front nicht mehr ausreicht, um die Steuerventile überhaupt anzu-

regen. Die Bremsung bleibt von da an aus. Lange Züge ließen sich daher früher nicht mehr bremsen.

Abhilfe brachte eine kleine Abzapfkammer an jedem Steuerventil, die beim Umsteuern des Ventils in die Bremsstellung durch eine örtliche Luftentnahme die Welle des Druckabfalls auffrischt und so eine Stafette erzeugt. Nun pflanzt sich die Bremswirkung mit einer konstanten, von der Zuglänge unabhängigen Geschwindigkeit fort, die man „Durchschlaggeschwindigkeit“ nennt. Sie ist kleiner als die Schallgeschwindigkeit, und zwar um so mehr, je unempfindlicher die Ventile und je länger die zu überbrückenden Entfernungen zwischen den einzelnen Ventilen sind. Die zuerst erreichten Durchschlaggeschwindigkeiten betragen rd. 100 m/s, d. h. bei einem 1000 m langen Zug wurde der letzte Wagen 10 s nach dem ersten angebremst. Man wünschte bald, die Durchschlaggeschwindigkeit weiter zu steigern, und zwar nicht nur wegen des schnelleren Bremsbeginnes am Zugende. Da die Stafette beim Vollbremsen den Bremsvorgang nur einleitet, muß der zeitliche Unterschied des Bremsdruckanstiegs zwischen dem ersten und letzten Wagen (zeitliche Streckung) immer noch erheblich sein, damit die auftretenden Druckunterschiede in den Bremszylindern dieser Wagen nicht zu groß werden. Diese Diagrammstreckung kann aber um so kleiner gemacht werden, je mehr man sich einem gleichzeitigen Bremsen aller Räder nähert, d. h. je größer die Durchschlaggeschwindigkeit ist. Bremswege und stoßfreies Fahren sind also von der Durchschlaggeschwindigkeit abhängig. Alle neuzeitlichen Steuerventile haben diese Beschleunigungseinrichtung mit Abzapfkammern, auch die nach dem Humphrey-Prinzip mehrstufig lösenden.

Mehrstufig lösende Bremse nach dem Humphrey-Prinzip

In Bild 3 ist die Originalzeichnung des britischen Patentes 3167 vom Jahre 1892 wiedergegeben. An die Hauptluftleitung e ist ein Steuerventil f mit zwei Kol-

ben g_1 und g_2 angeschlossen, die gemeinsam einen Rundschieber h_1 , h_2 steuern. Auf die Unterseite des Kolbens g_1 wirkt der Druck der Hauptleitung e , auf seine Oberseite aber nun anstelle des Druckes des Hilfsluftbehälters der Druck einer Steuerkammer b , die aus der Hauptleitung e über das Rückschlagventil d auf den Regeldruck von 5 kg/cm^2 aufgefüllt wird, der während aller Brems- und Lösevorgänge unverändert bleibt. Der Hilfsluftbehälter a , der sich über das Rückschlagventil c füllt, hat keinerlei steuernde Funktion mehr; er ist nur noch der Vorratsbehälter, der die Druckluft beim Bremsen über den Rundschieber h_1 , h_2 an den Bremszylinder l gibt. Dafür wirkt nun der Bremszylinderdruck über den Kolben g_2 ebenfalls auf das Regelorgan und erzeugt die abschließenden Stellkräfte beim stufenweisen Bremsen und Lösen. Die zeitbestimmenden Brems-, Löse- und Fülldüsen hat man sich bei i , k und c zu denken.

Will man eine solche Bremse wieder völlig lösen, so muß man den Druck in der Hauptluftleitung e dem in der Steuerkammer b vorhandenen und während des ganzen Bremsvorganges konstant gebliebenen Regeldruck wieder angleichen. Beim Beschleunigen des Lösen durch Füllstöße mit höherem Druck muß man also sehr vorsichtig sein. Werden dabei die Steuerkammern b überladen, was vornehmlich im vorderen Zugteil leicht auftritt, so bleiben die Bremsen beim Regeldruck von 5 kg/cm^2 noch fest; entweder ist der Zug nicht zu bewegen, oder an den gleitenden Rädern entstehen Flachstellen.

Diese Humphrey-Schaltung bietet auch noch keine Möglichkeit, den Druck in einer überladenen Steuer-

kammer b durch vorübergehendes Überhöhen und anschließendes langsames Senken des Luftdruckes in der Hauptleitung auf den Regeldruck zu bringen. Daher wurde später bei allen nach diesem Prinzip arbeitenden Bremsen anstelle des Rückschlagventils d eine Füllbohrung angebracht, die nur bei völlig gelöster Bremse geöffnet ist, und deren Größe im Verhältnis zum Volum der Steuerkammer b die Empfindlichkeit des Steuerventils bestimmt. Diese Bohrung wird selbsttätig geschlossen, sobald das Steuerventil in Bremsstellung geht, und erst wieder geöffnet, wenn die Bremse völlig gelöst ist. Durch diese Bohrung tritt aber gleichzeitig die Gefahr auf, daß sich die Bremse erschöpft, wenn etwa am Ende langer Züge das Einleiten einer Bremsung mit einem zu sanften Druckabfall vor sich geht; dann entleert sich die Steuerkammer b , ohne daß die Bremse anspringt. Daher muß ein Schutz gegen Erschöpfung und Überladung vorgesehen werden.

Eine Eisenbahn-Druckluftbremse soll also folgende wichtige Forderungen erfüllen:

1. Die sog. Einheitswirkung, d. h. bedingungsgerechtes Arbeiten des Steuerventils bei Bremszylindern und Hilfsbehältern jeder vorkommenden Größe, ohne daß es nötig ist, Brems-, Löse- und Fülldüsen von Fall zu Fall anzupassen.
2. Überladeschutz. Die Bremse muß so schnell wie möglich lösen, und die Gefahren des Überladens der Steuer- und Hilfsbehälter müssen ausgeschlossen sein.
3. Eine Erschöpfung des Luftdruckes in der Steuerkammer b und im Hilfsluftbehälter a darf nicht eintreten.
4. Die Durchschlagsgeschwindigkeit soll möglichst groß sein.

Die Wirkungsweise der Druckluftbremse, Bauart „KE“

Die Schaltung der Organe

In dem Schaltschema der Knorr-Druckluftbremse⁵⁾, Form KE1 (mit Einheitswirkung), Bild 4, erkennt man links das Humphrey-Dreidruckventil a mit den beiden Kolben k_1 und k_2 und ein Ein- und Auslaßventil l anstelle des Rundschiebers. Über dem Kolben k_1 herrscht der Druck der Hauptluftleitung g , darunter der der Steuerkammer b , die ebenfalls mit der Leitung g über die Empfindlichkeitsbohrung s_1 , das offene Ventil des Überwachers p der Steuerkammer b und die Bohrungen s_2 und s_3 in Verbindung steht. Der Hilfsluftbehälter h wird aus der Hauptluftleitung g über das offene Ventil u_1 und die Düse t_5 im Füller f und über das Rückschlagventil v gefüllt. Über dem Hilfsluftbehälter h ist der Bremszylinder i gezeichnet, der im Gegensatz zur Humphrey-Schaltung

⁵⁾ Vgl. a. H. Kirschstein: Die neue Knorr-Druckluftbremse, Bauart „KE“. Eisenbahntechn. Rdsch. Bd. 3 (1954) Nr. 1 S. 12/30. — F. Saulhoff: Die KE-Bremse, eine neue Druckluftbremse für Güterzüge und Personenzüge. Der Eisenbahner Bd. 7 (1954) Nr. 5/8. — E. Möller: Eine neue Knorr-Druckluftbremse. Das Knorr-Einheitssteuerventil KE. Eisenbahn, Wien, (1953) S. 170/74.

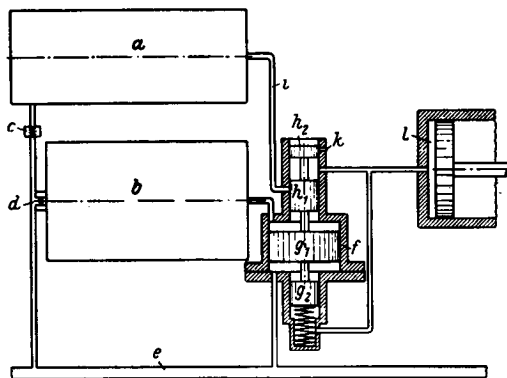


Bild 3. Druckluftbremse nach Humphrey.

Brit. Pat. 3167 von 1892

- a Hilfsluftbehälter
- b Steuerkammer
- c, d Rückschlagventile
- e Hauptluftleitung
- f Steuerventil
- g_1 , g_2 Steuerkolben
- h_1 , h_2 Rundschieber
- k Lösedüse
- l Bremszylinder

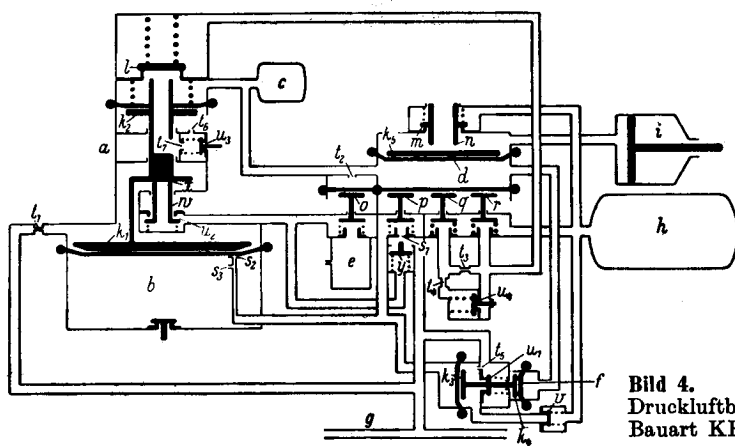


Bild 4. Druckluftbremse mit Steuerventil, Bauart KE1, schematisch.

- a Dreidruckventil nach dem Humphrey-Prinzip
- b Steuerkammer
- c Vorsteuerkammer
- d Relaisventil
- e Übertrag- oder Abzapfkammer
- f Füller für den Hilfsluftbehälter h
- g Hauptluftleitung
- h Hilfsluftbehälter
- i Bremszylinder
- k_1 bis k_2 Kolben
- l Ein- und Auslaßventil von a
- m, n Ein- und Auslaß von d
- o Überwacher zu e
- p Überwacher zu b
- q Höchstdruckbegrenzer
- r Mindestdruckbegrenzer
- s_1 bis s_3 , t_1 bis t_7 Düsen
- u_1 bis u_4 Ventile
- v Rückschlagventil
- w Steuerhülse
- x Einlaß zu e
- y Düsenschalter (Kolben mit Drosselstift)

nicht vom Dreidruckventil a unmittelbar gespeist und entleert wird, sondern mit Hilfe eines Relaisventils d (Kolben k_3 , Einlaß m und Auslaß n), das von einem „fiktiven“ Bremszylindervolum in der Kammer c vorgesteuert ist. Dazu kommen noch einige Hilfsventile, die alle vom Druck in der Kammer c gesteuert werden; nämlich: der Überwacher p, der sofort beim Bremsbeginn die Steuerkammer b von der Hauptleitung g trennt, der Mindestdruckbegrenzer r, der den Druck in der Kammer c und damit auch im Bremszylinder i zunächst schnell auf etwa $0,8 \text{ kg/cm}^2$ über große Querschnitte ansteigen läßt, und der Höchstdruckbegrenzer q, der im Anschluß an die schnelle Mindestdruckstufe nur noch einen zeitlich verzögerten Anstieg durch die Düsen t_3 bzw. t_4 zuläßt und bei etwa $3,6 \text{ kg/cm}^2$ schließt. Der Überwacher o wird in seiner Funktion durch eine Düse t_2 zeitlich zunächst gegen den Druck der Kammer c abgeschirmt; er sichert und überwacht die Füllung der Abzapf- oder Übertragkammer e. Durch diese Kammer wird im Zusammenspiel mit der durch die Kolben k_1 u. k_2 betätigten Steuerhülse w der Druck in der Hauptleitung g örtlich gesenkt, sobald das Dreidrucksystem a beim Bremsen anspringt und nach dem Schließen des Ventils u_2 den Einlaß x freigibt. u_3 und u_4 sind lediglich Ventile, die von Hand von der Wagen- seite her geöffnet oder geschlossen werden, je nachdem der Wagen in Güterzügen „G“ mit sehr gestreckten Brems- und Lösevorgängen oder in den kürzeren Personenzügen „P“ mit schnellverlaufenden Brems- und Lösevorgängen fährt.

Die Einheitswirkung

Die Einheitswirkung beim Bremsen und Lösen wird bei dieser Schaltung dadurch erreicht, daß die Bremsdüsen t_3 (Stellung G) bzw. t_4 (Stellung P bei geöffnetem Ventil u_4) und die Lösedüse t_6 (Stellung G) bzw. t_7 (Stellung P bei geöffnetem Ventil u_3) die Kammer c mit einem stets konstanten kleinen Vorsteuervolum füllen oder entleeren. Dieser vom eigentlichen veränderlichen Bremszylindervolum unabhängige Vorgang wird durch das Relaisventil d zeitlich genau auf den Bremszylinder i übertragen, indem das Relaisventil d bei großen Zylindern weit, bei kleinen wenig öffnet. Somit braucht man bei verschieden großen Zylindern keine Düsen zu wechseln, und es ergeben sich zusätzliche Vorteile hinsichtlich der Abbremsung des durch die Ladung belasteten Fahrzeugs. Diese Bremskraft wird zumeist durch Ändern der Bremsgestängeübersetzung zwischen Bremszylinderkolben und Bremsklotz eingestellt. Beim beladenen Wagen führt dann die große Gestängeübersetzung zu einem größeren Kolbenhub und damit einem weit größeren Bremszylindervolum als beim leeren Wagen. Die Bremsdüse braucht infolge der Einheitswirkung nun auch nicht mehr dem Gewicht der Ladung angepaßt zu werden wie bisher. In den Fällen aber, in denen man früher das Bremszylindervolum beim leeren Wagen durch einen entsprechenden Tothub des Kolbens konstant hielt, kann nunmehr durch den Wegfall des Totvolums viel Druckluft erspart werden. Zu diesen Annehmlichkeiten der Einheitswirkung kommen noch Vorteile für das Einstellen des Bremsgestänges selbst und für die mechanischen Gestängesteller hinzu, die dazu dienen, den Bremsklotzverschleiß selbstständig auszugleichen. Die Einheitswirkung zusammen mit dem Einheitsfüllen ermöglicht überhaupt erst eine völlig selbsttätige und kontinuierliche Lastabbremsung, sowohl nach dem Verfahren der Druckänderungen im Bremszylinder wie auch nach dem der Wegänderungen des Bremskolbens.

Einheitsfüllen

Das einheitliche Füllen des Hilfsluftbehälters h besorgt der Füller f, ein kleines Dreidrucksystem mit den Kolben k_3 und k_4 . Der Kolben k_3 steht unter den Drücken der Steuerkammer b und des Hilfsluftbehälters h, der Druck der Kammer c lastet auf dem Kolben k_4 . Beim Lösen steuert infolgedessen das durch die Einheitswirkung be-

reits zeitlich vorbestimmte Abfallen des Drucks in der Kammer c den Druckanstieg im Hilfsluftbehälter h mit Hilfe des Ventils u_1 ebenfalls unabhängig von der Größe des Hilfsluftbehälters.

Durch dieses Zusammenspiel ist aber auch gleichzeitig die Unerschöpfbarkeit des Vorrats im Hilfsluftbehälter h gesichert: der Druck in der Kammer c kann nicht tiefer sinken, als es der steigende Druck in der Hauptleitung g zuläßt, der Hilfsluftbehälter h andererseits muß sich aber umgekehrt proportional zur Kammer c aus der Hauptleitung g auffüllen. Diese Gesetzmäßigkeit wirkt bis ungefähr zur Höhe des Regeldrucks (bis etwa $4,7 \text{ kg/cm}^2$). Bei diesem Druck schließt eine Feder das Ventil u_1 , und die Restfüllung geht nur noch über die Düse t_5 vor sich. Dadurch wird das träge verlaufende letzte Ansteigen auf den Regeldruck nicht noch mehr durch die absaugende Wirkung des Hilfsluftbehälters verzögert.

Der Überladeschutz

Die Steuerkammer b ist über die Fülldüse s_1 , die gleichzeitig als Empfindlichkeitsbohrung enger ist als die Düse s_2 , mit der Hauptleitung g verbunden. Gegen Überladungen aus der Hauptleitung g wird sie in doppelter Weise geschützt:

1. Durch den Überwacher p, der sich schließt, sobald der Druck in der Kammer c den Wert von $0,3 \text{ kg/cm}^2$ übersteigt; infolgedessen kann man im gebremsten Zustande die Füllstöße mit hohem Druck unbedenklich so lange ausdehnen, bis beim Lösen der Bremszylinderdruck auf $0,3 \text{ kg/cm}^2$ gesunken ist. Nach Vollbremsungen entspricht dies in Stellung G (Güterzug) 30 bis 40 s, in Stellung P (Personenzug) 15 bis 20 s. Die Füllstoßdauer ist von der Zuglänge, der Zahl der eingeschalteten Bremsen, der Größe der Bremszylinder, der Höhe des Hauptbehälterdrucks und der Höhe des vorausgegangenen Bremszylinderdrucks abhängig. Ihr Einfluß auf das Lösen langer Züge ist bereits eingehend erforscht⁴⁾. Die kürzest mögliche Lösezeit ist dabei eine Funktion von Luftbedarf und Luftangebot.

2. Als zweite Schutzmaßnahme wird, wenn der Druck in der Hauptleitung g gegenüber dem der Steuerkammer b höher ist, die Öffnung s_2 geschlossen, so daß selbst bei geöffnetem Überwacher p nur der gedrosselte Zufluß s_3 zur Steuerkammer b frei ist; er wirkt sich also noch schützend aus, wenn sich der Überwacher p schon geöffnet hat. Hierdurch werden aber nicht nur die zulässigen Füllstöße zum Lösen der Bremse noch weiter verlängert, sondern es ist auch möglich, bei bereits gelösten Bremsen längere Füllstöße zu geben, ohne daß die Bremsen beim Nachlassen des Füllstoßes ansprechen. Derartige, nunmehr ungefährliche Füllstöße führen die

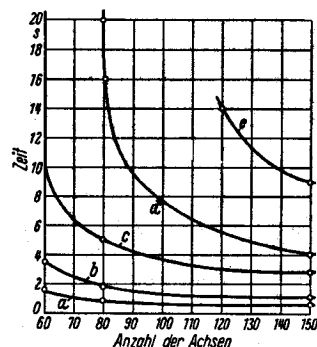


Bild 5.

Zulässige Dauer der Füllstöße bei gelösten Bremsen.

Füllstoßdauer in Abhängigkeit von der Achsenanzahl

- a ohne Überladeschutz; 100% Bremsen
- b ohne Überladeschutz; 50% Bremsen
- c mit Überladeschutz; 100% Bremsen
- d mit Überladeschutz; 50% Bremsen
- e mit Überladeschutz; 25% Bremsen

Lokomotivführer gern aus, wenn sie das Gefühl haben, daß die Bremsen am Zugende schwer lösen.

Bild 5 zeigt den Erfolg dieser zweiten Maßnahme. Es ist bemerkenswert, daß erst bei der Entwicklung der KE-Bremse die Zusammenhänge entdeckt wurden, nach denen ein Füllstoß bei gelösten Bremsen um so länger sein kann, je kürzer der Zug ist, und je weniger Wagen im Zug eine Bremse haben. Die Kurven a und b gelten bei 100 bzw. 50% eingeschalteten Bremsen für Ventile ohne Füllstoßschutz, die Kurven c, d und e für 100, 50 und 25% Bremsen mit KE-Ventilen mit Füllstoßschutz. Bei kürzeren Zügen sind jetzt Füllstöße von nahezu unbegrenzter Dauer möglich.

Wenn der Hilfsluftbehälter dabei über den Regeldruck hinaus überladen wird, so ist das bei der KE-Bremse unwesentlich. Der Höchstdruckbegrenzer läßt nie einen höheren Druck als $3,6 \text{ kg/cm}^2$ im Bremszylinder zu. Bei Bremsen ohne diesen Höchstdruckbegrenzer würden in solchen Fällen zu hohe Bremszylinderdrücke entstehen, die zum Blockieren der Räder führen. Man sollte ihn für neuzeitliche Bremsen vorschreiben.

Der Erschöpfungsschutz

Die Steuerkammer b ist nur so lange vor Luftverlust und damit vor Erschöpfung geschützt, als der Überwacher p geschlossen ist, d. h. bei einem Druck über $0,3 \text{ kg/cm}^2$ in der Kammer c. Dieser Druck wird beim Lösen der Bremse schon erzielt, wenn der Druck in der Hauptluftleitung g auf $4,8$ bis $4,85 \text{ kg/cm}^2$ gestiegen ist. Man will damit erreichen, daß die Bremsen am Ende langer Züge, wo der Druck zuletzt sehr langsam auf den Regeldruck steigt, doch früh genug und sicher lösen. Andererseits soll durch diese Forderung aber auch den Abweichungen der Manometer auf den einzelnen Lokomotiven Rechnung getragen werden. Diese erst in neuerer Zeit aufgestellte Forderung hatte aber eine zunächst nicht vorausgesehene, unangenehme Folge; die Bremsen wurden erschöpfbar. Fährt nämlich ein langer Zug aus leeren Wagen ein Gefälle hinab, so muß man oft sehr kleine Bremszylinderdrücke anwenden; dabei sind die steilen Rampen der Alpenbahnen weniger gefährlich als die nicht so steilen, aber durch viele Kurven schwerer befahrbaren Gefälle der Mittelgebirge. In ihnen muß man zwischen kleinsten Bremsstufen und Vollösen hin- und herregeln, damit der Zug im Laufen bleibt, also gerade in dem Gebiet, in dem der Überwacher p schließt und öffnet. Es ist daher unausbleiblich, daß der Druck in der Steuerkammer b, der vor dem Einfahren in das Gefälle ordnungsgemäß 5 kg/cm^2 betrug, beim ersten Wiederlösen der Bremse im hinteren Zugteil auf $4,8$ bis $4,85 \text{ kg/cm}^2$ fällt, sobald der Druck in der Hauptluftleitung g dort diesen Wert erreicht; der Druck in der Steuerkammer b gleicht sich über die geöffnete Empfindlichkeitsbohrung s₁ mit dem Druck in der Hauptleitung g aus. In diesem Augenblick muß aber schon wieder gebremst werden, und zwar nun stärker als zuvor, damit die Bremsen mit den gesunkenen Steuerkammerdrücken am Zugende überhaupt anziehen. Beim nächsten Lösezyklus öffnen sich ihre Überwacher p aber schon früher, da der Druck in der Kammer c von $0,3 \text{ kg/cm}^2$ jetzt etwa einem Druck von $4,65$ bis $4,7 \text{ kg/cm}^2$ in der Hauptluftleitung g entspricht, weil der Steuerkammerdruck niedriger liegt. Dieses Spiel setzt sich in langen Gefällen fort; der Druck in der Steuerkammer b sinkt von Stufe zu Stufe und erschöpft sich. Diese „statische Erschöpfung“ wird bei der KE-Bremse dadurch beseitigt, daß man in diesem kritischen Zeitabschnitt die Empfindlichkeitsbohrung s₁ durch Einführen eines drosselnden Stiftes y verkleinert. Der Druckausgleich zwischen der Steuerkammer b und der Hauptluftleitung g wird dadurch — ohne ihn zu verhindern — so verzögert, daß inzwischen die neue Bremsstufe schon einsetzt, die den Überwacher p wieder schließt. Dieses Sicherheitselement, den Düsenschalter y, bildet ein kleiner Kolben von 1 cm^2 Fläche, der unter dem Druck einer mit $2,5 \text{ kg}$ Kraft wirkenden Feder steht.

In der völlig gelösten Stellung der Bremse (Bild 4) lastet der Leitungsdruck von 5 kg/cm^2 oben auf dem Kolben. Der drosselnde Stift wird dadurch mit einer Kraft von $2,5 \text{ kg}$ aus der Düse s₁ herausgehalten, da die Unterseite des Kolbens über das offene Ventil x in der Steuerhülse w entlüftet ist. Bevor aber dieser Zustand der vollgelösten Bremse erreicht ist, steht das Kolbensystem k₁, k₂ noch in einer leicht gehobenen Stellung, in der die Steuerhülse w ihren Sitz u₂ geschlossen, ihren Sitz x aber geöffnet hat. Der Kolben des Düsenschalters y steht dabei beiderseits unter dem Leitungsdruck, so daß jetzt die Feder ihn mit $2,5 \text{ kg}$ Kraft in der Drosselstellung hält.

Das KE-Steuerventil hat durch diesen Düsenschalter y gewissermaßen zwei verschiedene Empfindlichkeiten: eine Normalempfindlichkeit in der in Bild 4 dargestellten Lage, bei der auch die Beschleunigungseinrichtung der Kammer e in durchschlagsfördernder Bereitschaft steht, und eine erhöhte in dem eben beschriebenen Zustande, in dem die Beschleunigungseinrichtung noch nicht hilfsbereit ist. Die Steuerhülse w hat hierbei den Raum zwischen dem Ventilsitz u₂ und dem Ventil des Überwachers o noch nicht entlüftet, so daß der Ventilsitz durch den auf ihm liegenden Leitungsdruck noch geschlossen ist. Sobald sich aber der Sitz u₂ öffnet, wird zwangsläufig im gleichen Augenblick die Kammer-Bereitschaft der Kammer e und zugleich die Normalempfindlichkeit hergestellt.

Die höhere Empfindlichkeit in diesem Übergangsbereich ist wichtig, denn ohne sie würden die Steuerventile am Ende des Zuges nicht anspringen, weil der Leitungsdruck durch die Kammern e in der Übergangszeit noch nicht örtlich gesenkt worden ist. Die Steuerkammern b der Bremsen würden sich dann bei langsamem, stetigem Senken des Leitungsdruckes für eine beabsichtigte Vollbremsung auch stetig entleeren, ohne daß die Bremsen anziehen. Auch diese weit gefährlichere Art der „dynamischen“ Erschöpfbarkeit wird durch den Düsenschalter y beseitigt.

Beide Arten der Erschöpfbarkeit sind bei der Entwicklung der KE-Bremse erstmalig untersucht und durch die eindeutige Zwangskopplung zwischen Düsenschalter und Beschleunigungsbereitschaft unmöglich gemacht worden. Die Steuerkammer b der Bremse wurde somit ebenfalls unerschöpfbar, nachdem der Füller f in Verbindung mit dem Höchstdruckbegrenzer g schon die Erschöpfung der Hilfsluftbehälter h unmöglich gemacht hatte.

Dieser Höchstdruckbegrenzer der KE-Bremse läßt nämlich die Verwendung größerer Vorratsbehälter zu, als sie für den Höchstdruck im Bremszylinder erforderlich sind. Die Bremsen älterer Bauart arbeiten zum Erzielen des Höchstdruckes im Bremszylinder mit Druckausgleich zwischen Hilfsbehälter und Bremszylinder. Infolge der neuen Bedingung, daß die Bremse schon bei einem Leitungsdruck von $4,85 \text{ kg/cm}^2$ gelöst sein muß, erhalten die Hilfsbehälter am Ende langer Züge unter bestimmten Umständen auch nur $4,85 \text{ kg/cm}^2$ Druck. Berücksichtigt man noch eine Manometertoleranz von $\pm 0,1 \text{ kg/cm}^2$ und den Druckabfall, der infolge der nie ganz dichten Leitungen an längeren Zügen stets mehr als $0,1 \text{ kg/cm}^2$ beträgt, so hat man am Zugende mitunter nur $4,6 \text{ kg/cm}^2$ in den Hilfsluftbehältern zur Verfügung. Dann kann der Bremszylinderdruck in diesem Zustand nicht mehr seinen Höchstwert erreichen; er bleibt bis zu $0,4 \text{ kg/cm}^2$ niedriger. Das vergrößerte Volum der Vorratsbehälter der KE-Bremse sichert aber auch bei diesen niedrigen Ausgangsdrücken den Höchstdruck im Bremszylinder. Was nützt die heute übliche genaue Berechnung der Bremswertigkeit jedes Fahrzeuges, wenn sie nicht in allen Fällen sichergestellt ist? Die neue Lösebedingung sollte deshalb die Forderung einschließen, daß der rechnermäßige Höchstdruck im Bremszylinder auch beim Unterschreiten des Regeldruckes vorhanden ist.

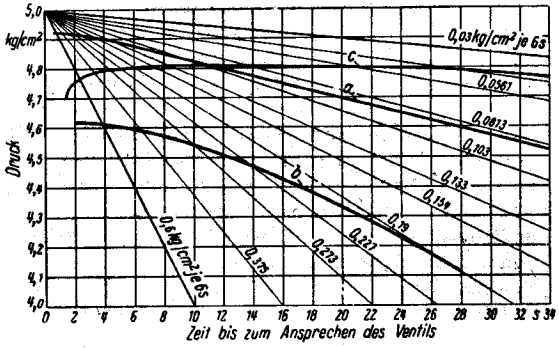


Bild 6. Empfindlichkeitskennlinien von Steuerventilen mit und ohne Düsenschalter.

Durch die Strahlen werden die Drucksenkungen innerhalb je 6 s dargestellt.

- a Normalempfindlichkeit bei einsatzbereiter Abzapfkammer
- b Empfindlichkeit bei nicht einsatzbereiter Abzapfkammer (ohne Düsenschalter)
- c Empfindlichkeit bei nicht einsatzbereiter Abzapfkammer (mit Düsenschalter)

Das Kurvenblatt, **Bild 6**, zeigt den Verlauf der verschiedenen Empfindlichkeitskennlinien. Durch ein Strahlenbündel werden die verschiedenen Drucksenkungen (kg/cm²) je Zeiteinheit (s) dargestellt; in der Fläche zwischen den äußersten Strahlen soll die Empfindlichkeit der Steuerventile nach den internationalen Bedingungen liegen. Beispielsweise dürfen die Ventile nicht anspringen, wenn der Steuerdruck von 5 kg/cm² um 0,03 kg/cm² innerhalb je 6 s gesenkt wird; sie müssen aber spätestens nach 6 s anspringen, wenn der Druck um 0,6 kg/cm² in je 6 s fällt. Die Kurve a ist die der Normalempfindlichkeit des KE-Steuerventils bei den verschiedenen Senkgeschwindigkeiten des Druckes, wenn die Abzapfkammer e in Bereitschaft ist. Die Kurve b erhält man, wenn die Abzapfkammer e noch nicht einsatzbereit ist und wenn der Düsenschalter fehlen würde. Das Steuerventil würde z. B. bei kleineren Drucksenkungen als 0,19 kg/cm² je 6 s überhaupt nicht, und bei steileren Drucksenkungen nur sehr verzögert ansprechen. In Fällen oberhalb des Strahles 0,19 würde sich die Steuerkammer b dynamisch völlig, unterhalb dieses Strahles teilweise erschöpfen. Nach dem Einbau des Düsenschalters erhält man bei noch fehlender Beschleunigungsbereitschaft die Kurve c, also eine sogar über das Normale hinaus gesteigerte Empfindlichkeit. Die Kurve b (ohne Düsenschalter) liegt zwar noch oberhalb der international zugelassenen unteren Grenze, denn das Ventil springt bei einer Drucksenkung um 0,6 kg/cm² in 6 s sogar schon nach 4 s an; die Fahrversuche zeigten aber; daß diese geringere Empfindlichkeit beim Fehlen des Düsenschalters zu betriebsgefährlichen Erschöpfungen führt. Die Bedingung ist also zu weit gefaßt.

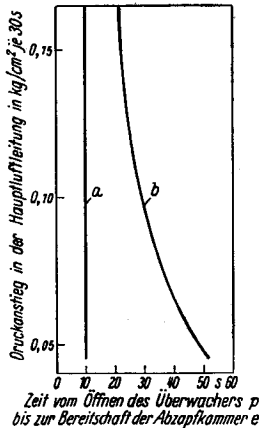


Bild 7. Zeiten zwischen dem Öffnen des Überwachers p und dem Bereitwerden der Abzapfkammer e.
a ohne Düsenschalter (erschöpfbar)
b mit Düsenschalter (unerschöpfbar)

Bild 7 zeigt die Ausgleichzeiten zwischen dem Öffnen des Überwachers p und dem Bereitwerden der Abzapfkammer e in Abhängigkeit vom Druckanstieg in der Hauptleitung g ebenfalls für die Ausführungen des Steuerventils mit (Kurve b) und ohne Düsenschalter (Kurve a). Ohne Düsenschalter würden der schnelle Ausgleich und die während des Ausgleichvorganges sehr geringe Empfindlichkeit die Erschöpfung herbeiführen.

Die Durchschlagsgeschwindigkeit

Bis vor wenigen Jahren wurde eine Durchschlagsgeschwindigkeit von 100 m/s für völlig ausreichend angesehen. Der praktische Betrieb in allen Ländern Europas zeigt auch, daß die längsten Güterzüge mit den jetzt vorhandenen Bremsen, deren Durchschlagsgeschwindigkeiten 120 bis 150 m/s betragen, anstandslos und ruhig gebremst werden. Eine höhere Durchschlagsgeschwindigkeit von mindestens 250 m/s ist kürzlich gefordert worden, weil neuere Bremsen diesen Wert erreichten oder noch überboten. Mit der KE-Bremse wurde bei der internationalen Prüfung sogar die bisher höchste Durchschlagsgeschwindigkeit von 286 m/s erreicht. Diese hohen Durchschlagsgeschwindigkeiten sind darauf zurückzuführen, daß an Stelle der früher üblichen Steuerkolben mit eingeschliffenen Kolbenringen nunmehr Gummimembranen und an Stelle der Flachschieber Gummisitzventile eingeführt wurden. Diese Entwicklung hatte mit der Bozic-Bremse begonnen, die freilich noch mit eigenspannungsbehafteten Flachmembranen und mit zu kleinen Flächen arbeitete. Bei der Hildebrand-Knorr-Bremse wurden aber großflächige, spannungsfreie und hochhubige Membranen, die unter dem Namen Wälzhaut bekannt geworden sind, angewandt und, nachdem der ölbeständige Gummi erfunden war, stand ihrer allgemeinen Anwendung nichts mehr im Wege. Es gab keine störenden Reibungen und Undichtigkeiten durch Abnutzung mehr, so daß man die Empfindlichkeit der Ventile gefahrlos steigern konnte.

Es muß aber einmal klar ausgesprochen werden, daß ein Streben nach noch höheren Durchschlagsgeschwindigkeiten bei Güterzügen und Personenzügen unangebracht

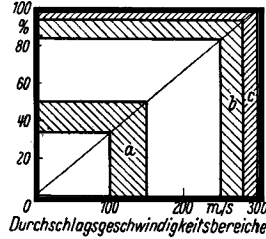


Bild 8. Durchschlagsgeschwindigkeiten von Eisenbahn-Druckluftbremsen.
a heute übliches und ausreichendes Gebiet
b mit neuen Bremsen erreichtes Gebiet
c vielleicht noch erreichbares Gebiet

ist, wenn der damit verbundene Aufwand die kaum erzielbaren praktischen Vorteile weit überwiegt. Man könnte beispielsweise versuchen, durch Wiedereinführen von getrennten Beschleunigern, d. h. zusätzlicher, hochempfindlicher Steuerventile, die Geschwindigkeiten noch zu steigern, wie sie die Hildebrand-Knorr-Bremse und die Breda-Bremse enthalten, weil deren Dreidrucksysteme weniger empfindlich sind. Das wäre auch ein Mittel, durch das sich bei den neuen reinen Dreidrucksystemen, bei denen das Dreidrucksystem gleichzeitig der Beschleuniger ist, ein Sinken der Durchschlagsgeschwindigkeit beim Übergang zur Beschleunigerbereitschaft vermeiden ließe. Die Durchschlagsgeschwindigkeiten der neuen Bremsen liegen aber schon so hoch über dem erforderlichen Wert, daß man gerade deshalb auf getrennte Beschleuniger verzichten kann. **Bild 8** zeigt das im heutigen Betrieb übliche Gebiet der Durchschlagsgeschwindigkeiten (a) und zum Vergleich das mit den neuen Bremsen erreichte Gebiet (b) sowie den noch erreichbaren Rest (c), für den ein Höchstwert der praktisch vielleicht noch er-

reichbaren Durchschlagsgeschwindigkeit von 300 m/s = 100% angenommen worden ist. Diese Sicherheiten noch zu verbessern, ist sinnlos; die Steuerventile werden dadurch nur verwickelter und in Anschaffung und Unterhaltung teurer.

Dabei ist zu bedenken, daß die Verhältnisse, unter denen man den Einfluß der Durchschlagsgeschwindigkeit auf die Ruhe im Zuge prüft, weder dem technischen Stand von heute, noch dem von morgen entsprechen. Zum Prüfen der Ruhe beim Bremsen dient ein besonders langer Zug von 200 Achsen; die Wagen sind ungewöhnlich lose gekuppelt und nicht mit energieverzehrenden Puffern ausgestattet. Es gibt aber in Europa kaum Abstell- und Überholungsgleise, in die so lange Züge eingefahren werden können; man muß sie teilen, wenn man die Weichen überhaupt freimachen will.

Unter europäischen Verhältnissen bei der dichten Besiedlung sind Mammutzüge auch gar nicht zweckmäßig; richtiger ist es, die Reisegeschwindigkeit und die Achslasten zu erhöhen, das Laderaumprofil besser auszunutzen und die Totlasten zu verringern. Der Wettbewerb des Straßenverkehrs ist ein guter Wegweiser! Schließlich werden heute alle gedeckten Güterwagen — in vielen Ländern auch die offenen — nur mit energieverzehrenden Puffern ausgerüstet, weil man erkannt hat, daß sie nicht nur das Ladegut sondern auch die Wagen schonen. Die Stöße, die beim Anfahren und Rangieren entstehen, sind nämlich weit höher als die durch das Bremsen verursachten. Es ist nur eine Frage der Zeit, bis jeder Wagen solche Reibungspuffer besitzt. Unter diesen Gesichtspunkten verliert das Streben nach höheren Durchschlagsgeschwindigkeiten mit Hilfe zusätzlicher Beschleuniger noch mehr an Berechtigung.

Die Geschichte der Bremstechnik kennt schon einen ähnlichen Fall. Früher hatte jede Druckluftbremse für Personenzüge einen Schnellbremsbeschleuniger⁶⁾. Als man ihn später einmal versuchsweise abstellte, fand man, daß die Reibungspuffer ihn überflüssig gemacht hatten. Heute bedürfte man seiner allenfalls, um die Bremswertigkeit bei Personenzügen zu erhöhen, indem man die Luft auch am Zugende schneller austreten läßt, die dort die schnelle Bremsdruckentwicklung behindert, nicht aber zum Steigern der Ruhe im Zuge. Auch in dieser Beziehung sind jetzt wirtschaftliche Überlegungen in Anbetracht der Gegnerschaft des Straßenverkehrs am Platze.

Alle hier behandelten Neuerungen der Arbeitsweise von Druckluftbremsen dienen der besseren Wirtschaftlichkeit durch Vereinheitlichen der Ventilbauarten und durch Beseitigen von Bremsstörungen und Schäden, die durch Überladungen und Erschöpfungen eintreten. Bremschäden stören den Betrieb empfindlich; das Ausstellen und manchmal nötige Umladen von Wagen, der Verlust der Wagenmiete und die Verzögerung im Zustellen des Ladegutes bringen bei schienenengebundenen Fahrzeugen größere mittelbare Verluste als bei den freibeweglichen der Landstraße.

Der Aufbau des KE-Ventils

Zusammenfassung aller wartungsbedürftigen Teile

Bild 9 zeigt schematisch den bisherigen, bei allen Druckluftbremsen üblichen Aufbau der Bremsgeräte. Von der Hauptluftleitung a ist die Leitung zum Steuerventil abgezweigt; an ihrem Anfang befindet sich ein fettgenetztes Oberflächenfilter b mit Schmutz- und Wasserabsetzraum. Von dort führt die am Wagen oft gewundene Rohrleitung mit zahlreichen Verschraubungen und Dichtstellen über einen Absperrhahn c zum Ventilträger d, an dem das Steuerventil e befestigt ist. Eine Steuerkammer f als ge-

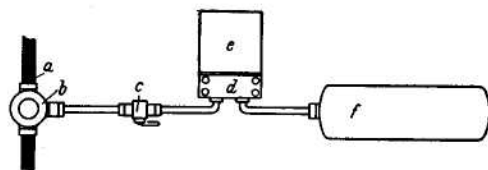


Bild 9. Herkömmliche Bauart.

- | | |
|--------------------|----------------|
| a Hauptluftleitung | d Ventilträger |
| b Filter | e Steuerventil |
| c Absperrhahn | f Steuerkammer |

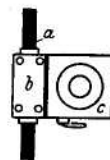


Bild 10.

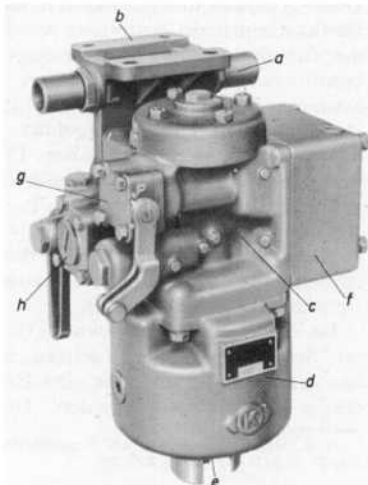
Neue Bauart mit dem KE-Steuerventil.

- | |
|---|
| a Hauptluftleitung |
| b Ventilträger |
| c Steuerventil mit Absperrhahn, Filter und Steuerkammer |

Bild 9 und 10. Aufbau der Bremsgeräte.

sonderter Behälter ist ebenfalls über Rohrleitungen an den Ventilträger d angeschlossen. Diese verschiedenen Einzelteile sind beim KE-Steuerventil straff zusammengefaßt, Bild 10, und bilden eine Einheit c. Der Absetzraum der Filtereinrichtung befindet sich im Träger b und entleert sich, sobald das Teil c mit dem Oberflächenfilter, dem Absperrhahn und dem Steuerventil zur Wartung in der Werkstatt abgenommen wird. Alle Rohrleitungen mit den zu Undichtheiten neigenden Verschraubungen fallen weg. Zeitraubende Rohrmontagen in den Abstellgleisen sind bei den Prüfungen nicht mehr nötig; alle Geräte werden zwangsweise gewartet. Das war bisher nicht der Fall.

Die Außenansicht des Ventils, Bild 11, läßt erkennen, daß der Ventilträger b, durch den die Hauptluftleitung a unmittelbar hindurchgeht, immer am Untergestell des Wagens verbleibt. Die Anschlüsse für den Vorratsluftbehälter und für den Bremszylinder befinden sich auf der abgewandten Seite des Ventilträgers. Sie brauchen beim Abnehmen des Steuerventils nicht gelöst zu werden. Im abnehmbaren Ventilkörper selbst befindet sich in der Längsachse das Dreidrucksystem c mit seinen Hilfsorganen, Füllstoßschutz und Düsenshalter. Unten sind die Steuerkammer d und ein Handauslöseventil e angeflanscht. Rechts sieht man das für die Einheitswirkung wichtige Relaisventil f, links vorn den Zugartwechsel g, der mit einem Umschaltgestänge von der Wagenseite aus bedienbar gemacht wird, und links unten das Absperrorgan mit dem Einheitsfüller h.



- | |
|----------------------------------|
| a Hauptluftleitung |
| b Ventilträger |
| c Dreidrucksystem (a in Bild 4) |
| d Steuerkammer (b in Bild 4) |
| e Handauslöseventil |
| f Relaisventil |
| g Zugartwechsel |
| h Absperrhahn mit Einheitsfüller |

Bild 11. Steuerventil, Bauart KE 1.

⁶⁾ E. Möller: Bremsbeschleuniger für Druckluftbremsen, Einfachbeschleuniger und Koppelbeschleuniger. Glasers Ann. Bd. 61 (1937) S. 40/45.

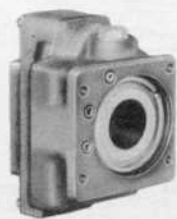


Bild 15.
Regelbares
Relaisventil.



Bild 14.
Relaisventil.



Bild 13.
Deckel.

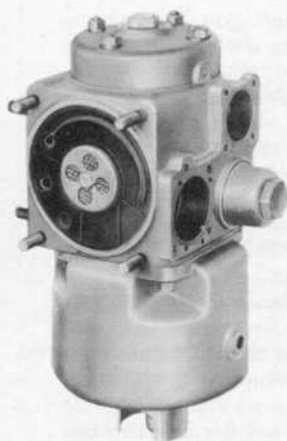


Bild 12.
Dreidruckventil
mit Steuerkammer.

Bild 16, 17, 18, 19.
Düsenplatte, Einsatz für Zugartwechsel
G/P und Zugartwechsel G/P/S.



Bild 20.
Absperrorgan
ohne
Einheitsfüller.



Bild 21.
Absperrorgan
mit Einheitsfüller
(f in Bild 4).

Bild 12 bis 21. KE-Steuerventil mit den verschiedenen Anbauteilen.

Das Absperrorgan, das bei schadhafter Bremse oder auch im Rangierbetrieb benutzt wird, entleert beim Abschalten des Ventils zugleich sämtliche Räume der Bremse. Es bleibt nirgends Druckluft zurück, die Störungen verursachen könnte, und das sonst nötige langdauernde Auslösen von Hand fällt weg. Das Ventil enthält überhaupt keine Einpaß- oder Einschleifteile mehr, wie Schieber, Kolbenringe, Metallstopfbuchsen oder Kegelhähne; an ihre Stelle sind Gummisitzventile, spannungslose Gummimembranen und Gumminutringe getreten. Durch eine zweckmäßige Zusammenlegung mehrerer Organe wurde es möglich, drei Kolben mit verschiedenen Funktionsaufgaben durch eine alle drei überspannende gemeinsame Membran zu betätigen. Möglichst viele Einzelteile der verschiedenen Baumuster sind jetzt einheitlich bzw. austauschbar. Zum Zusammenbau braucht man keine Spezialarbeiter, wie Einschleifer usw., mehr; die Montage und die Prüfung können angelernte Hilfskräfte vornehmen. Die Betriebszeiten der Steuerventile sind wegen der verringerten Abnutzung erheblich verlängert, die Nachprüfungen beachtlich vereinfacht worden.

Das Baukastenprinzip

Die Hildebrand-Knorr-Bremse ließ schon einen Austausch der am Träger hängenden Hauptsteuerventile zu⁷⁾. Man konnte Steuerventile für Triebwagen, für reinen Güterzug- oder Personenzugbetrieb usw. anschrauben. Diese Austauschmöglichkeiten sind beim KE-Ventil zum Baukastenprinzip gesteigert worden. Bild 12 bis 21 lassen die für die einzelnen Fahrzeug- und Zugarten und für besondere Bedürfnisse nötigen Zusatzeinrichtungen erkennen, die zu in sich geschlossenen, betriebsfertigen Bremsventilen zusammengefaßt werden; man kann also mit wenigen, austauschbaren Teilen den ganzen Bedarf befriedigen. Im ganzen genügen für alle Anwendungsgebiete die Ventiltypen KET, KE0, KE1 und KE2. Kerneinheit ist immer das für alle Verwendungsarten einheitliche Dreidruckventil, Bild 12. Alle Ergänzungseinheiten werden getrennt zusammengestellt und auf richtiges Arbeiten geprüft.

Ist der Raum knapp, wie z. B. bei Triebwagen, so kann an Stelle der angeflanschten Steuerkammer auch ein besonderer Behälter über eine Rohrleitung an den Ventilträger angeschlossen werden. Dieses Ventil mit der Be-

zeichnung KET besteht aus den in Bild 12, 13, 16 und 20 wiedergegebenen Teilen. Das Bremsventil KE1 mit Einheitswirkung ist aus dem Dreidruckventil, Bild 12, dem Relaisventil, Bild 14, einem Zugartwechsel, Bild 17 und 18, wobei der Einsatz, Bild 18, für alle Zylindergrößen derselbe ist, und dem Einheitsfüller, Bild 21, zusammengesetzt. Liegen die Verhältnisse einfach, so wird das Ventil KE0 ohne Einheitswirkung für Bremsen und Lösen verwendet, bei dem das Relaisventil, Bild 14, durch den Deckel, Bild 13, ersetzt ist. Dabei müssen die Brems- und Lösebohrungen im Einsatz, Bild 18, der Bremszylindergröße angepaßt werden. Den Bremszylinder betreibt man dann unmittelbar, ohne die anderen Vorzüge aufzugeben. Es ist auch möglich, an die Stelle des gewöhnlichen Relaisventils ein regelbares zu setzen, Bild 15, bei dem der im Bremszylinder entstehende Druck noch durch einen zweiten Faktor beeinflusst wird, z. B. durch die Last oder die Fahrgeschwindigkeit⁸⁾. Diese Bauart wird mit KE2 bezeichnet. Die bedeutsamste Einheit mit dem größten Anwendungsbereich wird aber das Bremsventil KE1 mit Einheitswirkung sein. Wagen, die in zwei Zugarten laufen, erhalten den Zugartwechsel, Bild 17 und 18. Der Zugartwechsel, Bild 19, dient für mehrere Zugarten (Güterzug, Personenzug, Schnellzug). In der Bremstechnik sind bis heute keine Aufgaben bekannt, die sich nicht durch eine Kombination aus den in Bild 12 bis 21 gezeigten wenigen Baukastenteilen erfüllen ließen.

Dieses Baukastensystem gibt auch jeder Bahnverwaltung, die zunächst noch unter einfachen Betriebsverhältnissen arbeitet, die Möglichkeit zum späteren Ausweiten. Man braucht nicht für jeden Zweck besondere, voneinander abweichende Steuerventile zu beschaffen, auf Lager zu nehmen und zu unterhalten, wie das bisher der Fall war. Das KE-Ventil ist ein Allzweckventil, das wegen seiner vielseitigen Verwendbarkeit wohl auch die Gewähr bietet, daß es größere Entwicklungszeiträume überbrücken wird. Selbstverständlich kann man nicht wissen, ob der Bremsenausschuß der UIC später einmal neue Bedingungen für zweckmäßig halten oder neue Erkenntnisse verwirklichen lassen wird. Jedenfalls wird das Baukastensystem auch neue Wünsche wohl mit Hilfe der austauschbaren Anbauteile zur Grundeinheit erfüllen können. B 5324

⁷⁾ E. Möller: Leichtbau an Druckluftbremsen. Verkehrstechn. Woche Bd. 31 (1937) Nr. 27 S. 327/30.

⁸⁾ E. Möller: Gleitschutz, ein Weg zur Hochleistungsbremse. Glasers Ann. Bd. 65 (1941) Nr. 5 S. 87/99.