

Ausbildung am pneumatischen Bremsenversuchsstand für Schienenfahrzeuge an der TU Dresden

Der pneumatische Bremsversuchsstand ist ein Handwerkzeug zur Darlegung des Aufbaus und der Wirkungsweise der Druckluftbremse von Schienenfahrzeugen. Dazu sind im Prüfstand alle funktionswichtigen Bauteile der Druckluftbremse installiert, die für die Erfüllung der vielfältigen Aufgaben des Bremsbetriebes erforderlich sind.

Der Prüfstand dient zur Ausbildung von Studenten und von Externen auf dem Gebiet der Bremstechnik und des Bremsbetriebes, im Besonderen zum Erwerb von Kenntnissen über das Zeitverhalten der Druckluftbremse bei der Bedienung der pneumatischen Bremse. Es werden dazu Druckverläufe an verschiedenen Schnittstellen der Druckluftbremse aufgenommen, um diese Strömungsvorgänge anschließend nach den Gesetzen der Strömungsmechanik zu interpretieren. Der Prüfstand dient damit einmal für die Demonstration der ordnungsgemäßen Funktion der Druckluftbremse, zum anderen aber auch für die Simulation von Bedienungsfehlern an der Druckluftbremse und die damit verbundenen Auswirkungen auf das pneumatische Bremsverhalten.

Die Tätigkeit am Bremsenversuchsstand erfordert einige Grundkenntnisse zur Bremse der Schienenfahrzeuge. Gestaltungsgrundsätze zur Bremse mit den grundsätzlichen Anforderungen an die Bremssteuerung sind in der DIN EN 16185^[1] aufgeführt. Vorgaben an die Konstruktion und die Prüfung von Steuerventilen sind in der DIN EN 15355^[2] enthalten. Die technischen Forderungen an die Bremse bei der statischen Prü-

fung sind in der DIN EN15806 aufgeführt^[3]. Diese Regelwerke sind ein Grundstein für Tätigkeiten am Versuchsstand.

Bei der Arbeit am Versuchsstand wird ein Vergleich der vorgegebenen Funktionen aus den Regelwerken mit ihren Parametern und den tatsächlichen Werten des Prüfstandes vorgenommen. So z. B. der Vergleich mit dem Punkt 6.6 „Funktionale Anforderungen und Prüfungen“ der DIN EN 15355.

Mit Absolvierung der Prüfstandstätigkeit hat der Teilnehmer spezielle Kenntnisse über die Funktionsweise der Druckluftbremse erworben, die er bei der Entwicklung, Konstruktion und Wartung der Bremsen von Schienenfahrzeugen praxisnah anwenden kann.

Aufbau des Versuchsstandes

Das vereinfachte in Abbildung 1 dargestellte Grundschem

ma des pneumatischen Bremsversuchsstandes beinhaltet die Druckluftbremse einer Lokomotive. Es ist keiner speziellen Lokbaureihe zugeordnet. Jedoch wird im Prinzip von zwei Führerständen auf der Lokomotive ausgegangen.

Druckluft wird bei der Bremse als Energieträger für die Druckluftversorgung der Bremsluftbehälter und für die Steuerung der Druckluftbremse benötigt. Beim Prüfstand ist die Energieleitung die Hauptluftbehälterleitung HBL, die mit der Druckluftversorgung (Kompressor mit Bremsluftbehältern) verbunden ist (hier nicht dargestellt). Aus der HBL wird Druckluft über zwei Ausführungsarten von Betätigungseinrichtungen der Hauptluftleitung HLL zugeführt. Zwar sind zwei unterschiedliche Bauarten in der Praxis nicht üblich, aber hier zur Demonstration unterschiedlicher Wirkprinzipien bewusst so vorgesehen.

Die Druckluftbremse indirekter Bauart ist betriebsbereit, wenn diese einen Regelbetriebsdruck

von 5 bar in der HLL hat. Angeschlossen an die HLL ist ein pneumatisches Informationsverarbeitungszentrum, das als Steuerventil bezeichnet wird. Dieses ist in der Ausführung Bauart KNORR in Abbildung 2 aufgeschnitten zu sehen. Der beim Einbremsen im Steuerventil erzeugte Druck ist in der Bremsstellung G und P der Bremszylinderdruck und in Bremsstellung P₂ und R der Vorsteuerdruck. Die Erhöhung des Vorsteuerdruckes erfolgt durch den Druckübersetzer, hier Bauart KNORR Dü 24f. Die gewünschte Bremsstellung wird durch Umstellrichtungen mittels Hebelverstellung eingestellt. Mit der vorhandenen Auslöseeinrichtung ALE 10 kann der Bremszylinderdruck in der „Lokomotive“ vermindert werden.

Die Betätigung der Druckluftbremse wird bei den europäischen Bahnen nach zwei Wirkprinzipien vorgenommen. Man unterscheidet zwischen der stellungsabhängigen und

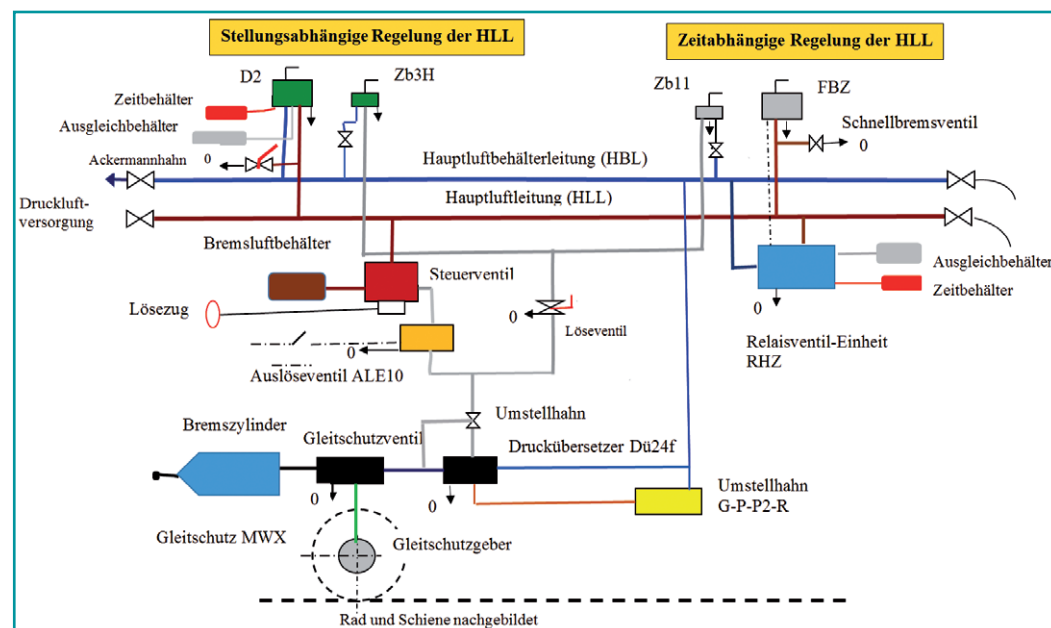


Abb. 1: Vereinfachtes Druckluftschema des Bremsenversuchsstandes

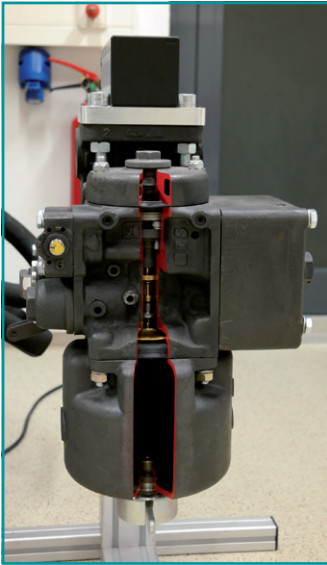


Abb. 2: Schnitt durch das KNORR-Steuerventil KE 1c

der zeitabhängigen Regelung des Druckes in der Hauptluftleitung für den Brems- und Lösevorgang. Die erst genannte Regelungsart wird durch das Führerbremsventil Bauart KNORR D2 und die zweite durch die elektronische Führerbremsanlage Bauart KNORR HZE, das

mit einer Relaisventileinheit und weiteren Luftbehältern für die Funktion der Steuerung notwendig sind, realisiert.

Lokomotiven sind mit einer Zusatzbremse (direktwirkende Bremse) ausgerüstet. Am Prüfstand befinden sich zur Demonstration unterschiedlicher Wirkprinzipien zwei verschiedene Bau-Ausführungen. Es ist einmal die Bauart Zb3H für die stellungsabhängige und die Bauart Zb11 für die zeitabhängige Regelung des Bremszylinderdruckes. Damit kann am Prüfstand das Zusammenwirken der indirekt und der direkt wirkenden Druckluftbremse demonstriert werden. Auch zum Kennenlernen des Zusammenspiels der direkt mit der indirekt wirkenden Bremse führen die Teilnehmer diese Versuche selbstständig durch.

Am Ende der HBL und der HLL befinden sich Luftabsperrhähne, die mit den dazugehörigen

Bremskupplungen verbunden sind. Hierbei wird die Nichtkupplbarkeit der HBL und HLL augenscheinlich vorgeführt.

Der Prüfstand ist wegen nicht ausreichend verfügbarer Platzverhältnisse kompakt ausgeführt (Abbildung 3). Auf dem Prüftisch sind – wie bereits erwähnt – in Anlehnung an Streckenlokomotiven zwei „Führerstände“ angedeutet. Links auf dem Tisch befinden sich die stellungsabhängige Regelung

des HLL-Druckes und rechts die zeitabhängige Regelung (Abbildung 4). Für die Festlegung einer von den zwei möglichen Betätigungseinrichtungen der indirekt wirkenden Bremse ist ein Drehschalter am Bedienpult entweder in die Position 1 oder 2 zu legen. Damit kommt es zu keiner gegenseitigen Beeinflussung der Drücke.

Links unten in Abb. 3 ist der Bremszylinder in einem herausfahrbaren Rahmen mit Rol-



Abb. 3 Pneumatischer Bremsenversuchsstand für Schienenfahrzeuge

Anzeige

xxx

186 x 128 mm

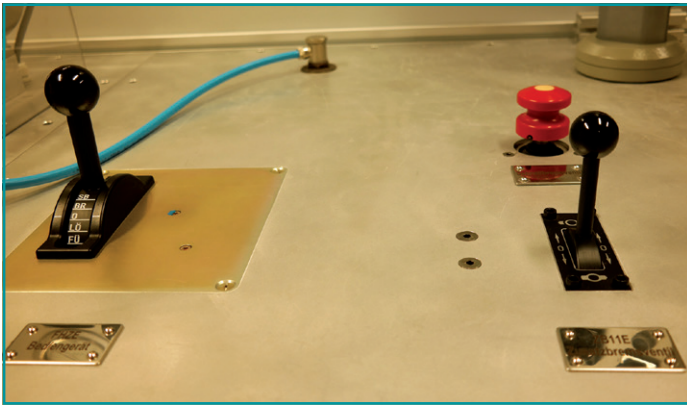


Abb. 4: Betätigungseinrichtung FBZ für Führerbremsanlage HZE und für Zusatzbremse Zb 11, im Hintergrund der rote Schlagtaster.

len gelagert. Die Kolbenstange wurde zur Minimierung der Rahmengröße gekürzt.

Zwischen den Betätigungseinrichtungen auf dem Tisch ist der mechanische Gleitschutz-

geber MWX Bauart KNORR angeordnet. Die für die Arbeitsweise des Gleitschutzes zu verändernde Radsatzdrehzahl wird durch ein E-Motor simuliert. Vermindert man durch Betätigung des Drehreglers die E-Motor Drehzahl schnell, wird mittels der Gleitschutzeinrichtung der Bremszylinderdruck schlagartig vermindert. Die verschiedenen Wirkprinzipien zu den Regelalgorithmen von Gleitschutzausführungen werden angesprochen.

Auf der rechten Seite des Tisches ist zusätzlich ein Schnellbremsventil Bauart SBV1 an-

geordnet (Abbildung 4). Durch Betätigung des Schlagtasters wird eine Schnellbremsung eingeleitet. Dies kann auch durch Öffnen einer Luftklappe durch das zusätzlich am Prüfstand vorhandene Bauteil „Ackermann-Hahn“ geschehen. Er wurde früher bei Dampflokomotiven verwendet. Hiermit werden verschiedene Wirkmechanismen zur Erzeugung eines steilen Druckgradienten in der HLL vorgestellt.

Die Empfindlich- und Unempfindlichkeit des Ansprechens der Druckluftbremse wird ebenfalls durch Erzeugung unterschiedlicher Druckgradienten in der HLL überprüft. Dazu sind die Vorgaben der Druckgradienten nach DIN EN 15355-1 zu beachten (Dichtheitsprobe).

Messtechnik

Die Dokumentation der Messungen für die Auswertung der Druckverläufe ist Bestandteil der Ausbildung. Dazu stehen für die visuelle Betrachtung der pneumatischen Vorgänge der Druckluftbremse 13 Manometer am Prüfstand zur Verfügung. Gleichzeitig werden diese Drücke über elektrische Drucksensoren und einem Kraftsensor für die Bestimmung der Bremszylinderkraft durch das Messdatenverarbeitungssystem National Instruments Compact DAQ-System aufgenommen und mit Hilfe der National Instruments Software „LabVIEW“ können die Signale in den Auswerterechner eingelesen und verarbeitet werden. Im Ergebnis stehen MS-Excel-Tabellen mit den Messdaten für die weitere Auswertung zur Verfügung. Ein Cursor auf dem Display erlaubt eine Auswahl der aufzuzeichnenden Messreihen vor Einleitung einer Bremsung.

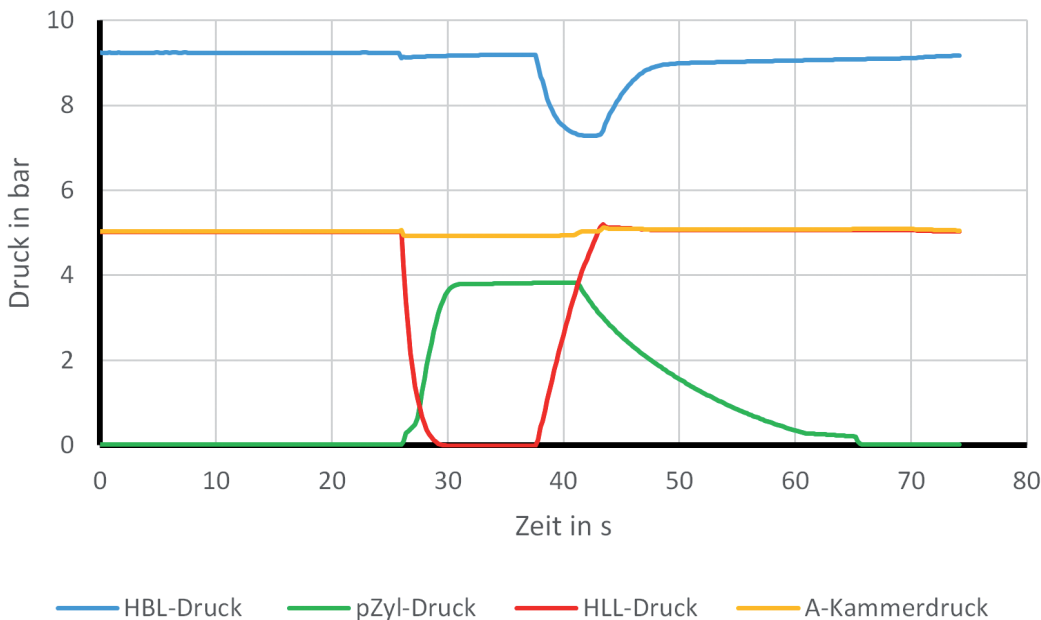


Abb. 5: Druckverläufe bei Schnellbremsung in Bremsstellung P

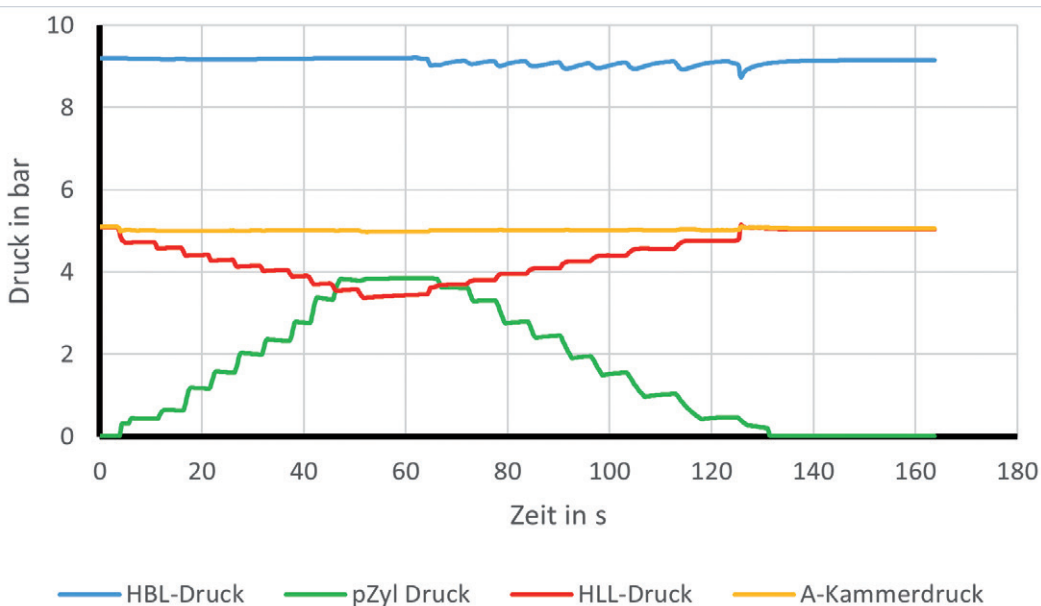


Abb. 6: Stufenweises Bremsen und Lösen der Druckluftbremse

Zeitverhalten der Druckluftbremse

An einigen Beispielen wird nun durch Abbildungen das Zeit-

verhalten der Druckluftbremse vorgestellt. Vor Beginn eines Versuches wird ein thermodynamisches Gleichgewicht hergestellt. Der Regelbetriebsdruck in der HLL beträgt 5 bar und muss stabil vor Einleitung der Bremsung sein. In Abbildung 5 ist eine durchgeführte Schnellbremsung dargestellt. Entscheidend ist der dazu erforderliche Druckgradient $\Delta p_{HL}/\Delta t$, der von den beiden Bauarten der Betätigungseinrichtungen erzeugt werden kann. Der Bremszylinderdruck baut sich auf einen max. Wert z. B. 3,8 bar in Bremsstellung P auf und bleibt dann bis zur Einleitung des Lösevorganges konstant. Mit Einleitung des Lösevorganges durch Druckerhöhung in der HLL sinkt der Bremszylinderdruck p_{Zyl} . Gleich-

zeitig wird Druckluft zur Nachspeisung aus der HBL entnommen. Der bei Dreidruckventilen im Steuerventil erforderliche Referenzdruck, der Steuerkammer-A-Druck, bleibt konstant, was für die ordentliche Funktion des Steuerventils von großer Bedeutung ist (Überladung der Bremse bei höherem A-Druck). Brems- und Lösezeiten und der max. Bremszylinderdruck sind in DIN EN 15355-1 festgelegt.

Abbildung 6 zeigt die Steuerempfindlichkeit. Diese ist für eine feinstufige Regelung des Bremszylinderdruckes wichtig und ist mit den Annahmekriterien der genannten DIN EN zu vergleichen. Wiederum ist der A-Kammerdruck konstant und für den Lösevorgang wird

Druckluft aus der HBL entnommen.

Der Prüfstand mit seiner umfangreichen Visualisierung der pneumatischen Vorgänge der Druckluftbremse steht seit 2010 an der Professur auch für Weiterbildungsveranstaltungen zur Verfügung. Er wurde von der KNORR – Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH Berlin gebaut.

*Dr.-Ing. Dieter Jaenichen
Professur für Technik
spurgeführter Fahrzeuge
am Institut für Bahnfahrzeuge
und Bahntechnik
Institutsdirektor Prof. Dr. Löffler*

www.tu-dresden.de
www.schienenfahrzeugtechnik.info

Literatur

- [1] DIN EN 15355 Bahnanwendungen-Bremse-Steuerventile und Bremsabsperreinrichtungen, Januar 2011
- [2] DIN EN 15806 Bahnanwendungen-Bremse -Statische Bremsprüfung, Januar 2011
- [3] DIN EN 16185-1 Bahnanwendungen-Bremssysteme für Triebzüge - Teil 1: Anforderungen und Definitionen, März 2015