



Foto: Jürgen Janicki

Europaweite Standards

Bremseinrichtungen für Schienenfahrzeuge

Fachinformation Bahn Fachverlag

Die Besonderheiten von Schienenbahnsystemen stellen hohe Anforderungen an das Bremssystem. Die geringe Haftreibung der Räder auf den Stahlschienen und die damit verbundenen langen Bremswege erfordern leistungsfähige und zuverlässig arbeitende Bremseinrichtungen. Werden Schienenfahrzeuge auch im Straßenraum betrieben – beispielsweise als Straßen- oder Stadtbahn – sind darüber hinaus die speziellen Anforderungen dieses Verkehrsraumes zu berücksichtigen. Die Fahrzeuge müssen besonders hohe Bremswerte aufweisen und zwei voneinander unabhängige Bremssysteme besitzen.



Abbildung: Jürgen Janicki/Zuggrafik: Siemens AG

Grundlegende Anforderungen an das Bremssystem

Die Bremsen der Schienenfahrzeuge dienen dazu, die Fahrgeschwindigkeit aus betrieblichen Gründen in gewollten Grenzen zu verringern, beziehungsweise bei Gefällefahrten konstant zu halten oder einen Zug innerhalb des höchstzulässigen Bremswegs zum Halten zu bringen. Darüber hinaus muss bei einer unbeabsichtigten Trennung des Zugverbandes sichergestellt sein, dass beide Zugteile automatisch durch eine Zwangsbremmung zum Stillstand gebracht werden. Stehende Fahrzeuge soll das Bremssystem gegen Abrollen sichern.

Schienenfahrzeuge sind mit einem kompatiblen Bremssystem ausgerüstet, das die Bremsfunktion in allen Fahrzeugen des Zuges sicherstellt. Grundsätzlich sind alle Fahrzeuge eines Zugverbandes an das Bremssystem anzuschließen. Die Bedienung der Bremsen erfolgt von einer zentralen Stelle im Zug. In der Regel geschieht dies vom führenden Fahrzeug aus. Eine Bremsung kann aber auch durch das Zugsicherungssystem oder von einer anderen Stelle im Zug – zum Beispiel bei Fahrzeugen des Personenverkehrs durch die Fahrgastnotbremseinrichtung – eingeleitet werden.

Bauformen der Bremsen

Nach dem Angriffspunkt der Bremskräfte am Fahrzeug werden zwei Grundformen von Bremsen unterschieden.

Kraftschlussabhängige Bremsen bringen die Bremsmomente auf die Radsätze auf. Die Übertragung der Bremskräfte erfolgt hier über die Kontaktpunkte zwischen den Rädern und Schienen. Zu dieser Gruppe gehören die Reibungsbremsen (Radbremsen) und die dynamischen Bremsen (Triebwerksbremsen).

Kraftschlussunabhängige Bremsen umgehen den Kontaktpunkt zwischen Rad und Schiene und üben ihre Bremskraft entgegen der Fahrtrichtung direkt auf die Schiene aus. Diese sogenannten Schienenbremsen werden unterteilt in reibungsbehaftete Magnetschienenbremsen und verschleißfreie lineare Wirbelstrombremsen.

Reibungsbremsen

Schienenfahrzeuge besitzen als Grundausrüstung Bremsen, bei denen die Bremskraft durch Reibung

zwischen den Oberflächen verschiedener Bauteile erzeugt wird. Derartige „Reibungsbremsen“ können als Klotz-, Trommel- oder Scheibenbremse ausgeführt sein. Bei der Klotzbremse entsteht die Bremskraft durch Anpressen von Bremsklötzen an das sich drehende Rad. Bei der Trommelbremse wird die Bremskraft auf Bremsstrommeln ausgeübt, die auf der Radsatzwelle befestigt sind. Bei der Scheibenbremse wird die Bremskraft durch einen Bremsbelag erzeugt, der auf eine eigens dafür vorgesehene Bremsscheibe gedrückt wird.

Zur Ansteuerung der Reibungsbremsen können verschiedene Arbeitsmedien eingesetzt werden. Am meisten verbreitet sind Bremsen, bei denen Druckluft als Arbeitsmedium eingesetzt wird. Hier wird die Bremskraft durch komprimierte Luft in einem Bremszylinder erzeugt. Druckluftbremsen können rein pneumatisch oder elektropneumatisch gesteuert werden. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen nach ihrer Wirkungsweise in selbsttätige (indirekte) und nicht selbsttätige (direkte) Druckluftbremsen unterschieden. An das Druckluftbremssystem können weitere Bremssysteme wie dynamische Bremsen oder Schienenbremsen angeschlossen sein.

Bei beengten Einbauverhältnissen (beispielsweise in niederflurigen Straßenbahnfahrzeugen) kommen Bremssysteme zum Einsatz, die Hydraulik als Arbeitsmedium nutzen. In der Regel werden diese Bremsen elektrisch gesteuert.

Neben den hydraulischen und pneumatischen Steuerungen können noch andere Formen der Ansteuerung zum Einsatz kommen. Als zusätzliche Bremsausrüstung zum Anhalten (zum Beispiel im Abstoßbetrieb) und zum Festlegen (zum Beispiel Abstellen) kann auch eine mechanisch wirkende Feststellbremse vorhanden sein.

Dynamische Bremsen

Angetriebene Fahrzeuge besitzen als zusätzliches Bremssystem noch eine dynamische Bremse (Triebwerksbremse). Gegenüber den Radbremsen bieten diese Bremsen den Vorteil, verschleißfrei zu sein. Je nach Antriebsart des Fahrzeuges kommen elektrodynamische oder hydrodynamische Bremsen zum Einsatz.

Bauformen der Bremsen für Schienenfahrzeuge

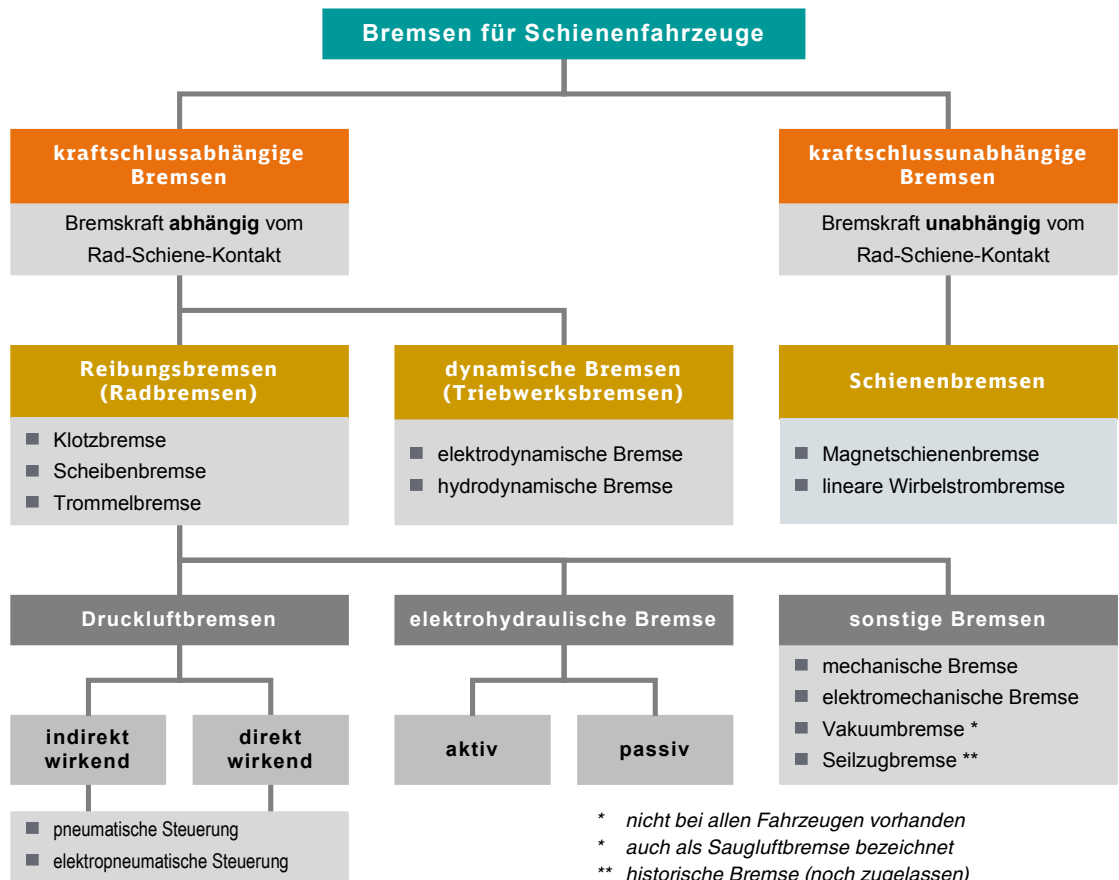


Abbildung: Jürgen Janicki

Die elektrodynamische Bremse (E-Bremse) bei Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb nutzt die Fahrmotoren beim Bremsen als Generator. Die dabei erzeugte elektrische Energie wird entweder im Fahrzeug gespeichert, in Widerständen in Wärme umgewandelt (Widerstandsbremse) oder über die Fahrleitung in das Netz zurückgespeist (Netzbremse).

Die hydrodynamische Bremse (H-Bremse) bei Triebfahrzeugen mit Brennkraftantrieb nutzt einen „Retarder“ zum Bremsen. Dabei handelt es sich um ein Bauteil, das die Rotationsenergie des Antriebsstrangs über ein Schaufelrad in Wärme umwandelt, die dann über den Kühlkreislauf des Dieselmotors abgeführt wird.

Weil mit abnehmender Fahrgeschwindigkeit auch die Bremswirkung der Triebwerksbremse abnimmt, muss in einem bestimmten Geschwindigkeitsbereich die mechanische Radbremse zugeschaltet werden. Da auch die dynamischen Bremsen zu den kraftschlussabhängigen Bremsen gehören, darf insbesondere auch beim Zusammenwirken mit der Druckluftbremse die zulässige Bremskraft am Rad nicht überschritten werden.

Schienenbremsen

Die Magnetschienenbremse wird beim Bremsen auf die Schiene abgesenkt und magnetisch angezogen.

Die so erzeugte Reibungskraft wird über Mitnehmer auf das Fahrzeug übertragen und bewirkt dessen Verzögerung. Die Bremskraft steigt bei abnehmender Geschwindigkeit stark an.

Die Wirbelstrombremse verfügt über eine berührungslose, verschleißfreie Kraftübertragung. Die abzuführende Bremsenergie wird in den Schienen in Wärme umgewandelt. Im Gegensatz zur Magnetschienenbremse arbeitet die Wirbelstrombremse verschleißfrei und arbeitet auch dann zuverlässig, wenn Schnee oder nasses Laub auf den Schienen liegt. Von Nachteil sind dagegen die Erwärmung der Schiene und die Notwendigkeit, Signalanlagen gegebenenfalls für den Einsatz der Wirbelstrombremse anzupassen.

Indirekt wirkende Druckluftbremse

Bei Eisenbahnfahrzeuge am meisten verbreitet ist die indirekt wirkende selbsttätige Druckluftbremse. Wesentliche Merkmale dieses Bremssystems sind, dass die Druckluft sowohl die Bremsen innerhalb des Zuges steuert als auch die Bremskraft erzeugt und eine Druckabsenkung in der Luftleitung (Hauptluftleitung) zu einem Druckaufbau im Bremszylinder führt (indirekte Bremse). Die selbsttätige Wirkung wird dadurch erreicht, dass die bei der Bremsung benötigte Druckluft bereits im jeweiligen Fahrzeug gespeichert ist.

Lokomotive			
Hauptbremssystem		zusätzliche Bremse	Feststellbremse
dynamische Bremse (E- oder H-Bremse)	indirekt wirkende Druckluftbremse	direkt wirkende Druckluftbremse	Federspeicherbremse
	Scheibenbremse (Radbremsscheibe)		

Güterwagen	
Hauptbremssystem	Feststellbremse
indirekt wirkende Druckluftbremse	Handbremse *
Klotzbremse	

Reisezugwagen		
Hauptbremssystem		Feststellbremse
Magnetschienenbremse * (Mg-Bremse)	indirekt wirkende Druckluftbremse **	Handbremse
	Scheibenbremse (Wellenbremsscheibe)	

Bremsausrüstung aktueller Fahrzeugtypen (beispielhaft)

Triebzug***				
Hauptbremssystem			Rückfallebene	Feststellbremse
dynamische Bremse (E- oder H-Bremse)	Magnetschienenbremse (Mg-Bremse)	direkte elektropneumatische Bremse	indirekt wirkende Druckluftbremse	Federspeicherbremse
		Scheibenbremse		

Triebzug ICE1 bis 3			
Hauptbremssystem			Feststellbremse
elektrodynamische Bremse (E-Bremse)	Schienenbremse (Mg- oder WB-Bremse)	indirekte Druckluftbremse **	Federspeicherbremse
		Scheibenbremse	

Straßenbahnfahrzeug			
Hauptbremssystem			Feststellbremse
elektrodynamische Bremse	Magnetschienenbremse	elektrohydraulische Bremse	Federspeicherbremse ****
		Scheibenbremse	

Abbildung: Jürgen Janicki

- * nicht bei allen Fahrzeugen vorhanden
- ** teilweise ergänzt durch eine indirekte ep-Bremse
- *** Triebzüge für den Regional- und S-Bahn-Verkehr sowie Hochgeschwindigkeitszug ICE 4
- **** wird zum Teil auch als geregelte Reibungsbremse eingesetzt

Weltweit haben sich drei Systeme selbsttätiger Druckluftbremsen durchgesetzt: in Europa die UIC-Bremse^[1], in Nordamerika die AAR-Bremse^[2] und in Russland die GOST-Bremse^[3]. Jedes dieser Systeme weist in Bezug auf seine Komponenten und Funktionen einen sehr hohen Standardisierungsgrad auf, lässt aber trotzdem unterschiedliche Ausführungsvarianten zu.

Bei europäischen Eisenbahnfahrzeugen am weitesten verbreitet ist die indirekt wirkende, selbsttätige UIC-Bremse. Die grundsätzlichen Anforderungen an ein derartiges Bremssystem sind in verschiedenen UIC-Merkblättern und einer europäischen Norm geregelt. Die Einhaltung der darin genannten Anforderung dient dazu, die technische Kompatibilität der Bremsfunktion zwischen Einzelfahrzeugen unterschiedlicher Herkunft in einem Zug zu gewährleisten. Derartige Bremsen werden auch UIC-konforme Druckluftbremse genannt.

Inzwischen führt bei den Fahrzeugen des Personenverkehrs der Einsatz neuer Technologien zur Ablösung der indirekten Druckluftbremse. Der zunehmende Einsatz elektrischer Triebzüge und die weitgehende Nutzung dynamischer Bremssysteme führen zu einer Verringerung der Leistungsanforderungen an die Reibungsbremse. Der Einsatz

elektropneumatischer Bremsen erlaubt den Verzicht auf pneumatische Steuerleitungen.

Direkt wirkende Druckluftbremse

Bei dieser nicht selbsttätigen Druckluftbremse werden die Bremszylinder direkt mit Druckluft gefüllt und zum Lösen der Bremse wieder entlüftet. Derartige Bremsen werden meist bei alleinfahrenden Schienenfahrzeugen eingesetzt.

Elektropneumatische Bremse

Der größte Nachteil der Druckluftbremssysteme besteht in der begrenzten Geschwindigkeit der Signalübertragung und den damit verbundenen zeitlichen Versatz im Ansprechen der Bremsen. Um eine am ganzen Zug gleichzeitig einsetzende Bremswirkung zu erzielen, können Druckluftbremsen auch elektrisch angesteuert werden. Bei der elektropneumatischen Bremse (ep-Bremse) wird zwischen der direkten und der indirekten ep-Bremse unterschieden.

Die indirekte ep-Bremse ergänzt bei lokbespannten Zügen als zusätzliches System die selbsttätige Druckluftbremse. Hier wird der Druck in der Hauptluftleitung über Magnetventile beeinflusst, die in einer elektropneumatischen Steuereinheit zusammengefasst sind. Dadurch steuern alle Steuerventile unabhängig von der Zuglänge fast zeitgleich um, und es wird ein

Norm	Titel	Geltungsbereich
DIN EN 13452	Bremssysteme des öffentlichen Nahverkehrs	Gilt in Deutschland für Fahrzeuge von Bahnen nach der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab)
DIN EN 14198	Anforderungen an die Bremsausrüstung lokbespannter Züge	Eisenbahnfahrzeuge, die mit einem EN-UIC-Bremssystem ausgerüstet sind
DIN EN 15734	Bremssysteme von Hochgeschwindigkeitszügen	Züge, die bei einer Höchstgeschwindigkeit von bis zu 350 Kilometern pro Stunde auf speziell für den Hochgeschwindigkeitsverkehr gebauten Strecken verkehren können
DIN EN 16185	Bremssysteme für Triebzüge	Triebzüge, die auf den Strecken des konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystems im Geschwindigkeitsbereich bis 200 Kilometern pro Stunde betrieben werden

Abbildung: Jürgen Janicki, Quelle: DIN EN

Normen als technische Grundlage für die Ausführung der Bremssysteme

schnelleres Anlegen und Lösen der Bremsen auch im hinteren Zugteil erreicht.

Die direkte ep-Bremse findet sich in der Regel bei Triebzügen des Nahverkehrs. Hier werden die Bremszylinder über elektrische Brems- und Lösemagnetventile direkt be- und entlüftet. Die Selbsttätigkeit der Bremse wird in der Regel mit einer elektrischen Sicherheitsschleife gewährleistet, die durch den Zugverband geführt wird. Alternativ kann dazu auch eine zusätzlich wirkende indirekte Druckluftbremse eingesetzt werden.

erfolgt in der Regel über eine elektronische Bremssteuerung. Diese wertet dazu alle zur Steuerung relevanten Eingangssignale aus und verteilt danach die Bremskraft auf die einzelnen Bremssysteme auf.

Die verschleißfreie dynamische Bremse wirkt vorrangig bei einer Betriebsbremsung. Die indirekte oder direkte ep-Bremse wird automatisch zugesteuert, wenn die Bremskraft der dynamischen Bremse nicht ausreicht oder im unteren Geschwindigkeitsbereich nachlässt. Dieser Vorgang wird als Blending bezeichnet. Die ep-Bremse kann direkt oder indirekt ausgeführt sein.

Bremseinrichtungen lokbespannter Züge

Druckluftbetätigte Reibungsbremsen gehören zur Grundausrüstung aller Eisenbahnfahrzeugen. Mit Ausnahme bei Güterwagen sind die Reibungsbremsen meist als Scheibenbremse ausgeführt. In Abhängigkeit von der Fahrzeugart können darüber hinaus weitere Bremssysteme zum Einsatz kommen.

Hauptbremssystem eines lokbespannten Zuges ist die indirekt wirkende Druckluftbremse. Bei einem Teil der Personenverkehrsfahrzeuge wird die Druckluftbremse durch eine elektropneumatische Steuerung (ep-Bremse) ergänzt. Mit einer Feststellbremse können die Fahrzeuge im Stillstand gegen ungewollte Bewegung gesichert werden.

Die Schienenbremse (Magnetschienenbremse oder Wirbelstrombremse) kommt bei einer Schnell- oder Zwangsbremmung zusätzlich zur ep-Bremse zum Einsatz. Eine indirekte Druckluftbremse dient bei Fahrzeugen mit direkter ep-Bremse als Rückfallebene und für den Abschleppfall. Sie kann aber jederzeit auch betrieblich durch Bedienen des Führerbremsventils genutzt werden. Die Federspeicherbremse sichert den Triebzug im Stillstand gegen Wegrollen.

Bremseinrichtungen von Straßenbahnfahrzeugen

Fahrzeuge im Bereich der Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab) besitzen meist direkt wirkende elektrohydraulische Bremssysteme, bei denen die Bremsbackenkräfte oder der Federspeicherlösedruck durch hydrostatischen Druck erzeugt werden. Bei diesem Bremssystem wird der elektrisch oder elektronisch übertragene Sollwert direkt in einen Vorsteuerdruck und entsprechenden hydrostatischen Druck umgewandelt.

Bremseinrichtungen von Triebzügen

Je nach Fahrzeugbauart vereinen Triebzüge mehrere Bremssysteme, die in Abhängigkeit von der Fahr- beziehungsweise Betriebssituation gemeinsam oder einzeln zum Einsatz kommen. Hauptbremssystem ist entweder eine indirekte Druckluftbremse – ergänzt durch eine elektropneumatische Bremssteuerung – oder eine direkte ep-Bremse. Die Steuerung der Bremse beziehungsweise das Zusammenwirken der verschiedenen Bremssysteme

Normen als technische Grundlage

Je nach Ausführung des Schienenfahrzeuges muss das Bremssysteme unter der Voraussetzung einer

sachgerechten Bedienung und Wartung durch den Betreiber bestimmte Merkmalen aufweisen. Die grundsätzlichen Anforderungen an Funktionalität und Betrieb der Bremssysteme von Schienenfahrzeugen sind Gegenstand verschiedener Europäischer Normen (EN).

Zusammenfassung

Beim Bremsen erfolgt eine Umwandlung der kinetischen (Bewegungsenergie) in andere Energieformen (meist in Wärme). Dazu wirken an dem Fahrzeug Kräfte, die seiner Bewegung entgegengerichtet sind.

Diese „Bremskraft“ ergibt sich aus der Summe der Bremskraftanteile aller angewendeten Bremssysteme. Das Bremsvermögen eines Fahrzeuges bemisst sich an seiner Abbremsung und bei kraftschlussabhängigen Bremsen auch am verfügbaren Kraftschluss (Haftung) zwischen den Rädern und der Schiene. Da sich der Kraftschluss mit den Umweltbedingungen ändert, können Schutzmaßnahmen erforderlich werden, mit denen die Auswirkungen dieser Änderungen während einer Bremsung so gering wie möglich gehalten werden. ■

Text: Jürgen Janicki

Abkürzungen

- [1] UIC Union Internationale des Chemins de fer (Internationaler Eisenbahnverband).
- [2] AAR Association of American Railroads (Dachorganisation amerikanischer Bahngesellschaften).
- [3] GOST Gossudarstwenuji Standard (Normen der ehemaligen Sowjetischen Staatseisenbahn).

Lesen Sie auch

Das EN-UIC-Bremssystem

Deine Bahn 1/2018, ab S. 42

Bremssysteme für Eisenbahnen

Deine Bahn 8/2017, ab S. 34

Anzeige —

Deine Bahn.



SYSTEM

BAHN

Fachportal für den Schienenverkehr

NEU

Wenn Fachwissen
ineinander greift

www.deine-bahn.de ist jetzt www.system-bahn.net



BFV BAHN
FACHVERLAG