

Grundlagen der Schienenfahrzeugtechnik



07 Bremse

Dr.-Ing. Michael Karatas

Siemens Mobility GmbH
Krefeld-Uerdingen

michael.karatas@siemens.com



Gliederung



Bremse

- Bremsfunktion
- Bremsenbauarten
- Bremsvermögen



Überblick



- I. Einführung
- II. Zugförderung
- III. Wagenkasten
- IV. Fahrtechnik / Systemkinematik
- V. Komfort
- VI. Antrieb
- VII. Bremse**



Gliederung



Bremse

- Bremsfunktion
- Bremsenbauarten
- Bremsvermögen



7.1 Bremsfunktion

Es ist sicherheitsrelevant, rechtzeitig bremsen zu können!



Historisch

Quelle:
Internet: Bild-Online am 17.02.2017
Zug rammt Prellbock

7.1 Bremsfunktion Seilzugbremse Bauart Heberlein

Schmalspurbahn-Dampflokomotive mit durchgehender Bremse Bauart Heberlein, eingeführt 1872, eingesetzt bis ca. 1967

Quelle: Internet



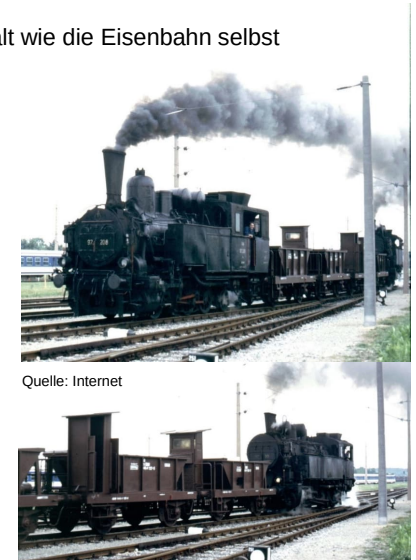
- Mechanisch wirkendes System: Der Lokführer steuert die Bremsen eines Wagenzuges über einen Seilzug
- Vorteil: Zentrale Bedienung durch den Lokführer
- Nachteil: Seilzug störanfällig, aufwendig bei Zugzusammenstellung

7.1 Bremsfunktion Herkunft

- Die durchgehende Druckluftbremse ist nicht so alt wie die Eisenbahn selbst
- Am Anfang war die Handbremse
- Auf der Lok als Wurfhebelbremse
- Auf den Wagen als Handbremse auf offenen Plattformen oder hochgestellten Bremsersitzen

- Zp 1: Achtungssignal
- Zp 2: Handbremsen mäßig anziehen
- ... Zp 3: Handbremsen stark anziehen
- Zp 4: Handbremsen lösen
- ... Zp 5: Notsignal

Güterzug um 1920 mit handgebremsten Wagen, zu erkennen an den typischen Bremserhäuschen



Quelle: Internet

7.1 Bremsfunktion Herkunft der Druckluftbremse

- Die Druckluftbremse hat eine über 100-jährige Entwicklung hinter sich
- Erstmals vorgestellt 1873 von G. Westinghouse in Amerika
- In Deutschland weiterentwickelt von Georg Knorr (geb. 19.10.1859), Gründung der Firma Knorr-Bremse 1905
- Vieles aus Technik und Betrieb hat noch heute Bestand genauso wie etwa auch das Zughaken- und Stoßpuffersystem
- Sowohl die deutschen Bahnen als auch die Fa. Knorr-Bremse haben diese Entwicklung in Deutschland entscheidend geprägt
- Das Bremsvermögen der schnellfahrenden Züge hat sich seither etwa verdoppelt
- Die Zuverlässigkeit der Druckluftbremse und ihrer Steuerorgane ist mittlerweile über alle Zweifel erhaben, deshalb haben es Alternativen schwer sich durchzusetzen
- Eisenbahnunfälle sorgen gelegentlich für Schlagzeilen; Bremsversagen aus technischen Gründen schreibt Eisenbahngeschichte

7.1 Bremsfunktion Bremsberechnung – Überschlüssig (2)

▪ Schienenbremsen

Schienenbremsen müssen die fehlende Bremskraft aufbringen

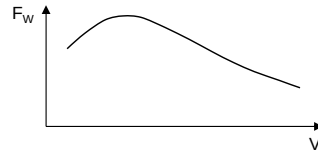
$$F_S = F - m \cdot g \cdot \mu_{\max}$$

Magnetschienenbremse

einfache Näherung: $F_{Mg} = \mu_{Mg} \cdot F_H$



Wirbelstrombremse

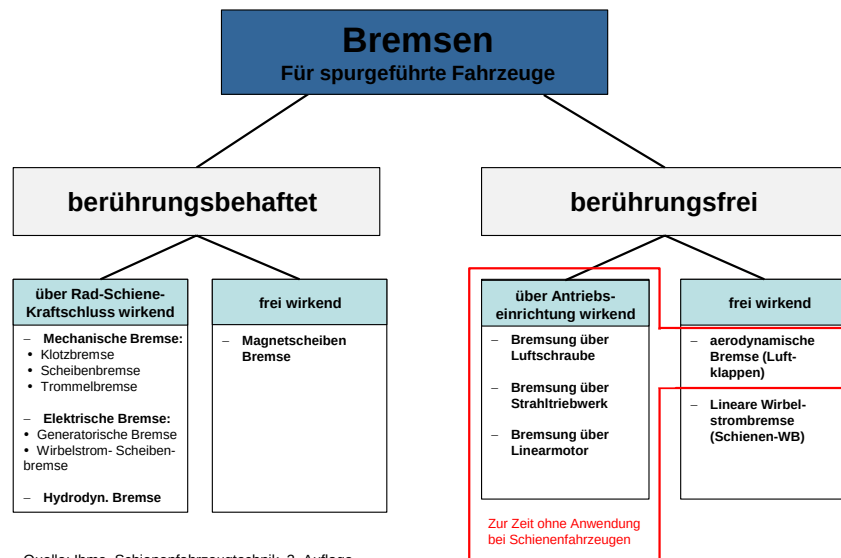


Übliche Werte ($30 \leq v \leq 200$ km/h)

	Vollbahn (EBO) Reisezug-, Triebwagen	Nahverkehr (BOStrab)
μ_{Mg}	0,1	0,1
F_H [kN]	84	
v_a [km/h]	30-50 ¹⁾	3

1) UIC-Reisezugwagen

7.2 Bremsenbauarten Übersicht der verschiedenen Bauarten



Quelle: Ihme, Schienenfahrzeugtechnik, 2. Auflage

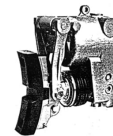
Gliederung

Bremse

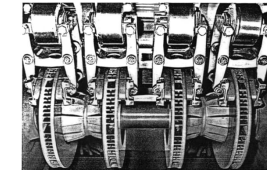
- Bremsfunktion
- Bremsenbauarten
- Bremsvermögen

7.2 Bremsenbauarten Bremskomponenten (1)

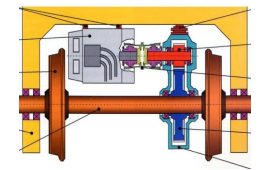
Klotzbremse



Scheibenbremse



Generatorische Bremse



Magnetschienenbremse

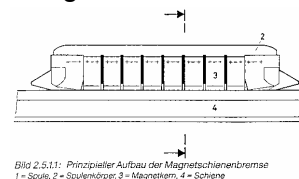


Bild 2.5.1.1: Prinzipieller Aufbau der Magnetschienenbremse
1 = Spule, 2 = Spulenkörper, 3 = Magnetkern, 4 = Schiene

Lineare Wirbelstrombremse

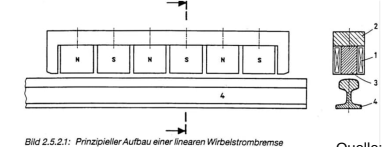


Bild 2.5.2.1: Prinzipieller Aufbau einer linearen Wirbelstrombremse
1 = Spule, 2 = Joch, 3 = Polkern, 4 = Schiene, N = Nordpol, S = Südpol

Quelle: Siemens

7.2 Bremsenbauarten

Bremskomponenten (2)

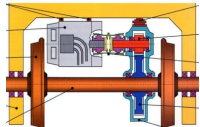
Die Bremse verteilt sich als System über den ganzen Zug

Hauptbremsbauarten:

Pneumatische Bremse



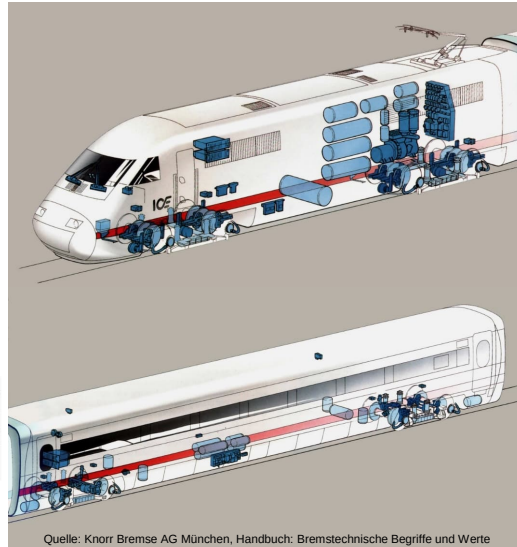
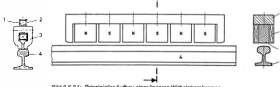
Generatorische Bremse



Magnetschienenbremse



Lineare Wirbelstrombremse



Quelle: Knorr Bremse AG München, Handbuch: Bremstechnische Begriffe und Werte

Retarder (bei dieselhydraulischen-oder dieselmechanischen Antrieben)

7.2 Bremsenbauarten

Klotzbremse – Aufbau

Bremsklötze Befestigung der Sohlen im Schuh mit Keilen

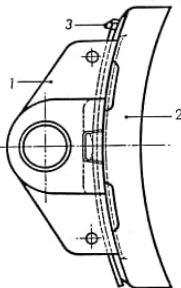
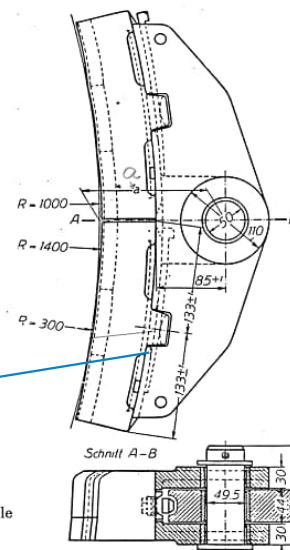


Abb. 6.31. Geteilter Bremsklotz
1 Schuh, 2 Sohle, 3 Keil

Zweiteilige Sohle
Verringerung von a und verbesserte Anlage am Rad
bessere Reibwerte μ_K

Durch Befestigung der Sohle außerhalb der Klotzmitte wird kleinste Einbauhöhe a ermöglicht

Abb. 6.32. Bremsklotz mit zweiteiliger Sohle
 a Einbauhöhe des Klotzes



7.2 Bremsenbauarten

Klotzbremse – Prinzip

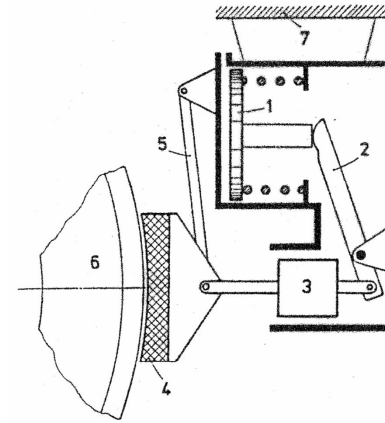


Bild 2.1.2.1: Prinzipieller Aufbau einer Klotzbremseinheit
1 = Kolben, 2 = Hebelübersetzung, 3 = Gestängesteller, 4 = Klotz, 5 = Hängelasche, 6 = Rad, 7 = Drehgestell

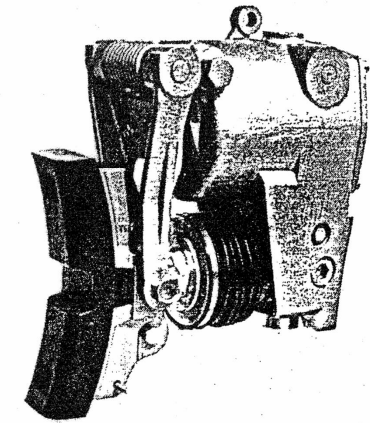


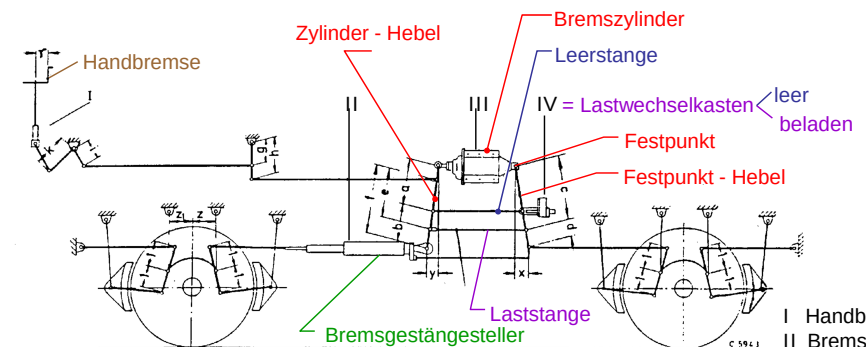
Bild 2.1.2.2: Klotzbremseinheit mit innenliegender Übersetzung, automatischer Verschleißnachstellung und mechanischer Handbremse

Quelle: SAUMWEBER, E.; GERUM, E.; BRENDT, P.J.: Grundlagen der Schienenfahrzeugbremse, AET (Archiv für Eisenbahntechnik) Heft 43, Hestra - Verlag

7.2 Bremsenbauarten

Klotzbremse – Anordnung

Gesamtanordnung für einen Zachsigen Güterwagen mit mechanischer Lastabbremse und Handbremse



- I Handbremse
- II Bremsgestängesteller
- III Bremszylinder
- IV Lastwechselkasten

7.2 Bremsenbauarten

Klotzbremse – Wirkende Kräfte

Bei üblichen Betriebsbremsungen wird $\mu_s = f(v)$ im Bereich mittlerer Fahrgeschwindigkeiten konstant mit $\mu_s = 0,15$ für Auslegung zugrunde gelegt

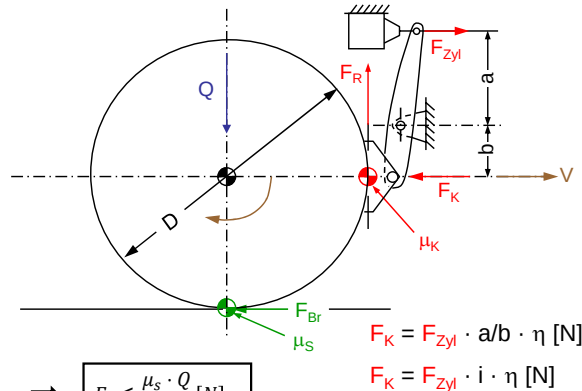
Entstehung der Bremskraft:

Klotzreibungs-/: $F_R = \mu_K \cdot F_K$ [N]
Bremskraft

Übertragbare
Bremskraft
(Haftkraft) $F_{Br} = \mu_s \cdot Q$ [N]

Maximale Bremsklotzkraft,
wenn Gleiten des Rades
vermieden werden soll

$$F_R \leq F_{Br} \Rightarrow F_K \leq \frac{\mu_s \cdot Q}{\mu_K} \text{ [N]}$$

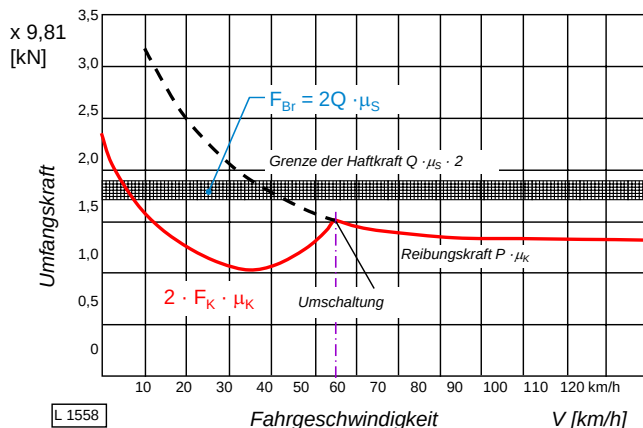


η = Gestängewirkungsgrad [1]
 i = Gestänge - Übersetzung
 F_K = Bremsklotzkraft [N]
 Q = Radlast [N]

μ_K = Reibwert der gleitenden Reibung zwischen Rad und Bremsklotz
 μ_s = Haftreibwert Rad / Schiene $\rightarrow$ Reibung im Bremsbetrieb
 η = 0,9 [1] bei Wagen der Regelbauart
= 0,95 [1] bei sehr einfachen Gestängen (Einzelanordnung)
= 0,80 ... 0,85 [1] bei vierteiligen Gestängen der Triebfahrzeuge

7.2 Bremsenbauarten

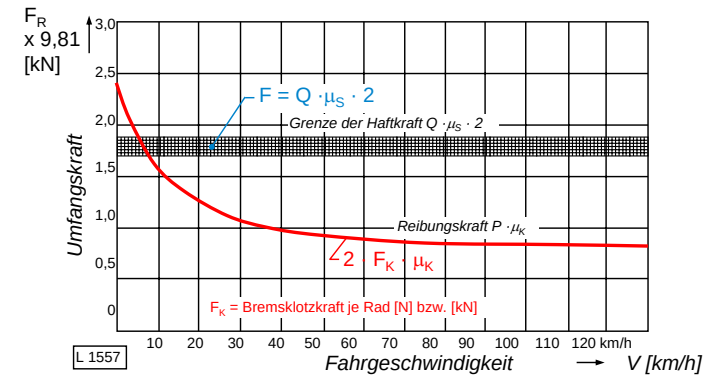
Klotzbremse – Hochleistungsbremse



Bremskraft und Haftkraft bei einer Hochleistungsbremse (Umschaltung = Reduktion Klotzkraft)

7.2 Bremsenbauarten

Klotzbremse – Einfache Bremse

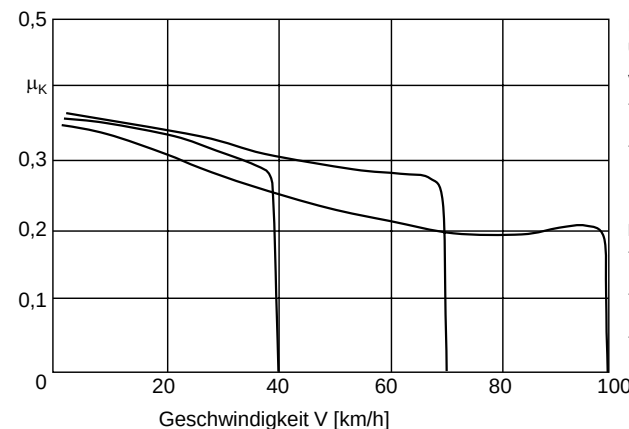


Bremskraft und Haftkraft bei einer einfachen Klotzbremse

$2 \cdot F_K = P$ Bremsklotzkraft / Achse [N]
 $2 \cdot Q$ Achslast = $9,81 \times 10$ [kN]
 μ_K = Beiwert der gleitenden Reibung zwischen Rad und Bremsklotz
 μ_s = Beiwert der Haftung zwischen Rad und Schiene

7.2 Bremsenbauarten

Klotzbremse – Reibwert



Reibwert μ_K für Kunststoffklotze aus Versuchen mit unterschiedlicher Ausgangsgeschwindigkeit

Vorteile:

- geringere Abhängigkeit des Reibwertes μ_K von Flächenpressung p und Geschwindigkeit V
- bei Verwendung von Klotzen mit höherem Reibwert μ_K als bei GG - Klotzen $\rightarrow$ leichtere Zylinder und Gestänge verwendbar

Nachteile

- höhere Nässeempfindlichkeit (in ungünstigen Fällen Reibwertabfall um bis zu 30%)
- Polieren der Lauffläche des Rades $\rightarrow$ niedrigerer Reibwert μ_s zwischen Rad und Schiene
- niedrige Wärmeleitfähigkeit dieser Klotze $\rightarrow$ größerer Teil der Bremsenergie wird dem Rad zugeführt

7.2 Bremsenbauarten

Reibwertverläufe

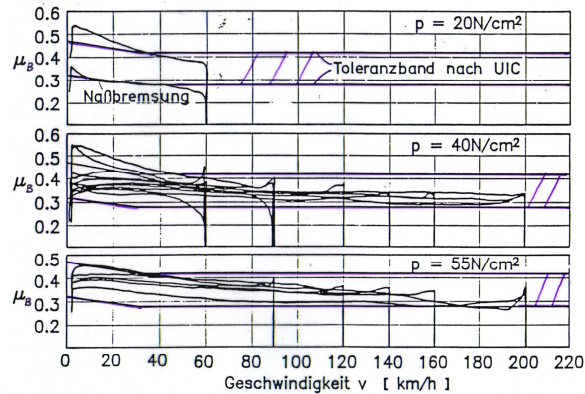


Bild 2.2.4.1: Reibwertverlauf organischer Bremsbeläge abhängig von Geschwindigkeit v und Belagdruck p

Sinterbeläge: Thermisch höher belastbar,
weniger nässeempfindlich
→ aber teurer

Quelle: SAUMWEBER, E.; GERUM, E.; BRENDT, P.J.:
Grundlagen der Schienenfahrzeugbremse, AET
(Archiv für Eisenbahntechnik) Heft 43, Hestra - Verlag

7.2 Bremsenbauarten

Reibungsbremse – Zeitverh. Haltestellenfahrt

Temperaturverlauf bei gleichmäßiger Haltestellenfahrt

Gute Näherung bei Addition von ϑ einer äquivalenten Dauerbremsung bei mittlerer Geschwindigkeit und 75% der Temperaturerhöhung ϑ_H für letzten Halt:

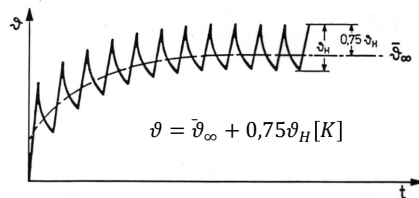


Bild 1.2.3: Temperaturverlauf bei einer gleichmäßigen Haltestellenfahrt. ϑ_∞ stationäre Gleichgewichtstemperatur für eine äquivalente Dauerbremsung, ϑ_H Temperaturanstieg bei einem Halt

Für einzelne Haltebremsung (mit konstanter Verzögerung):

$$p = P_0 \left(1 - \frac{t}{t_B}\right) \quad \begin{array}{l} P = \text{Bremsleistung [W]} \\ t = \text{Zeit [s]} \\ t_B = \text{Bremszeit [s] bis Halt} \end{array}$$

Für Ausgangsgeschwindigkeiten bis zu $V_0 = 180$ [km/h] und übliche Verzögerungen $a = 1$ [m/s²] kann Wärmeabfuhr während Bremszeit t_B vernachlässigt werden.

Temperatur an der Oberfläche ($x = 0$):

$$\vartheta_{x=0} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{P_0 \cdot \sqrt{t}}{A \cdot \lambda \cdot \zeta \cdot c} \left(1 - \frac{2t}{3t_B}\right) [K]$$

mit $P_0 = m \cdot a \cdot v_0$ [W] und $a = v_0 / t_B$ [m/s]

erreicht ϑ Maximum für $t = t_B/2$

$$\vartheta_{\max}(x=0) = \frac{4}{3\sqrt{2\pi} \cdot \lambda \cdot \zeta \cdot c} \cdot \frac{m \cdot v_0^{1,5} \cdot a^{0,5}}{A}$$

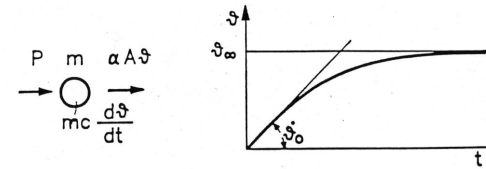
Quelle: SAUMWEBER, E.; GERUM, E.; BRENDT, P.J.:
Grundlagen der Schienenfahrzeugbremse, AET
(Archiv für Eisenbahntechnik) Heft 43, Hestra - Verlag

7.2 Bremsenbauarten

Reibungsbremse – Zeitverhalten

Temperaturverlauf bei einer Gefällefahrt:

Der Temperaturgradient zu Beginn



$\frac{d\vartheta_0}{dt} = \frac{P}{m \cdot c}$ wird von Wärmekapazität $m \cdot c$ bestimmt → Bremse mit kleinerem Wert $m \cdot c$ erreicht bei gleichem Wert $\alpha \cdot A$ gleichen stationären Endwert für ϑ früher

Bild 1.2.1: Wärmebilanz und Temperaturverlauf bei einer Dauerbremsung

Angenommen → Gefällefahrt mit konstanter Bremsleistung P [W], Temperatur ϑ in der Bremse (Masse m , spez. Wärme c) gleichmäßig verteilt.

Zu jeder Zeit t muss zugeführte Leistung P gespeichert oder durch Konvektion (Wärmeübergangszahl α , wärmeabgebende Fläche A) abgeführt werden.

$$P = m \cdot c \frac{d\vartheta}{dt} + \alpha \cdot A \vartheta \quad \vartheta = \text{Temperatur - Differenz gegenüber Umgebung [K]}$$

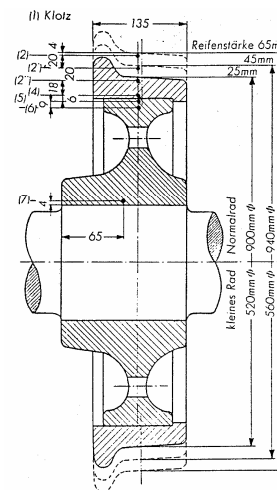
mit Anfangsbedingung $\vartheta = 0$:

$$\vartheta = \frac{P}{\alpha \cdot A} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\alpha \cdot A}{m \cdot c} t}\right) \quad \text{mit} \quad \frac{P}{\alpha \cdot A} = \vartheta_\infty$$

→ Nicht abhängig von $m \cdot c$

7.2 Bremsenbauarten

Klotzbremse – Temperaturverteilung



Temperaturverteilung im Rad in Abhängigkeit von der Bremszeit t bei Dauerbremsung

Abb. 6.4: Temperaturverlauf in Funktion der Bremszeit an verschiedenen Meßstellen eines „kleinen Rades“ bis zum Lösebeginn des Radreifens bei einer Dauerbremsung; ohne Fahrtwind
Schrumpfsitzmaß 2,09/6
Reifenstärke 65 mm
Leistung 35 PS
Geschwindigkeit 60 km/h
Rad Durchmesser 600 mm

7.2 Bremsenbauarten

Scheibenbremse – Prinzip

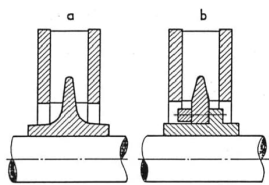


Bild 2.2.2.1: Vereinfachte Konstruktionen von Wellenbremsscheiben (a = einteilig, b = Reibring und Nabe getrennt)

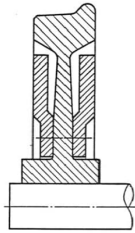


Bild 2.2.2.2: Vereinfachte Konstruktion einer Radbremsscheibe

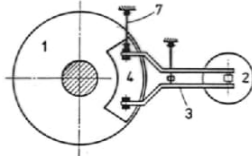


Bild 2.2.2.3: Konstruktiver Aufbau der Betätigung einer Scheibenbremse
1 = Wellenbremsscheibe, 2 = Bremszylinder, 3 = Bremshebel, 4 = Bremsbacke, 5 = Zuglasche, 6 = Belag, 7 = Hängelasche

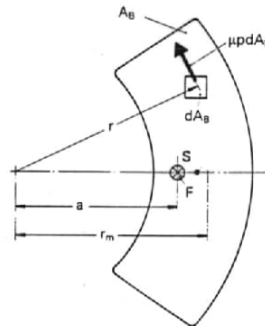


Bild 2.2.2.4: Bremsbelag (Fläche A_B) mit Schwerpunkt S, Kraftangriffspunkt a und mittlerem Reibradius r_m

Quelle: SAUMWEBER, E.; GERUM, E.; BRENDT, P.J.: Grundlagen der Schienenfahrzeugbremse, AET (Archiv für Eisenbahntechnik) Heft 43, Hestra - Verlag

7.2 Bremsenbauarten

Wellenscheibenbremse

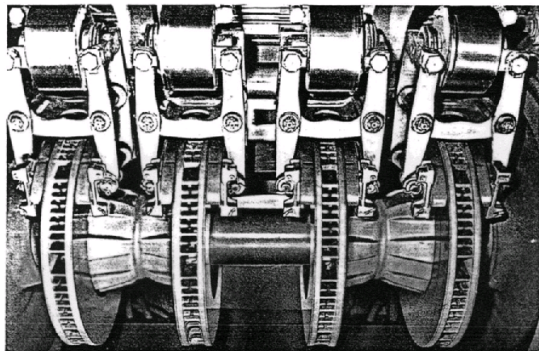


Bild 2.2.2.5: Wellenbremsscheibenanordnung im TGV-Drehgestell mit Bremszylindern und -zangen

Tafel 2: Stoffwerte der gebräuchlichsten Brems Scheibenwerkstoffe Grauguß (GG), Sphäroguß (GGG) und Stahlguß (GS)

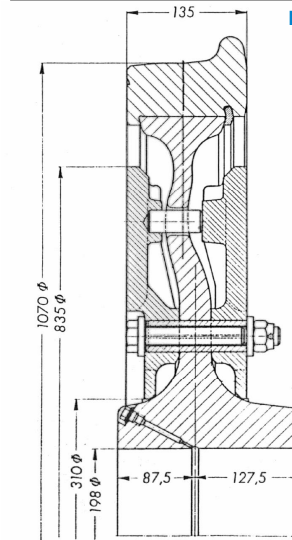
	GG	GGG	GS
ρ [kg/m ³]	7217	7010	7800
λ [W/mK]	50	37,5	24
c [kJ/K kg]	0,524	0,628	0,47
α_t [1/K]	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$

7.2 Bremsenbauarten

Radscheibenbremse

Radscheibenbremse

→ bevorzugt bei Triebfahrzeugen angewendet



Quelle: SAUMWEBER, E.; GERUM, E.; BRENDT, P.J.: Grundlagen der Schienenfahrzeugbremse, AET (Archiv für Eisenbahntechnik) Heft 43, Hestra - Verlag

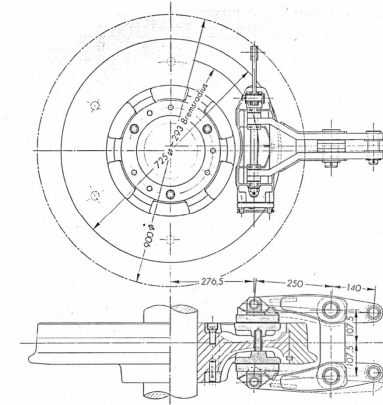


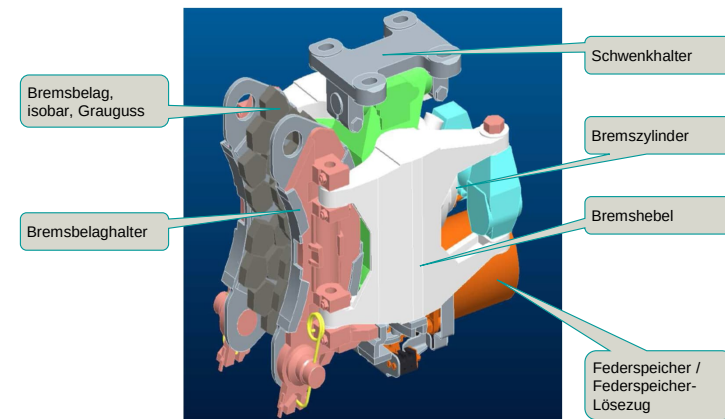
Abb. 6.58: An der Radscheibe befestigte Brems Scheibe (Bergische Stahlindustrie, Rensselaer)

Abb. 6.57: An der Radscheibe befestigte Brems Scheibe (Rhein Stahl Henschel AG, Kassel)

Quelle: Bremsen, Eisenbahn - Lehrbücherei - der Deutschen Bundesbahn Band 122, vierte Auflage, Josef Keller Verlag, Starnberg (1962)

7.2 Bremsenbauarten

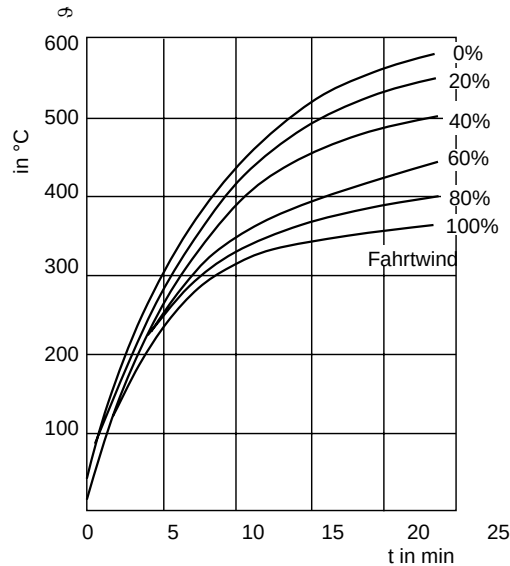
Kompaktbremszange



Quelle: Siemens

7.2 Bremsenbauarten

Reibungsbremse – Temperaturverhalten



Einfluss des Fahrtwindes auf die Scheibentemperatur bei Dauerbremsung

Anstieg der Scheibentemperatur bei Dauerbremsung mit konstanter Leistung in Abhängigkeit von der Zeit in Minuten und vom Fahrtwind

Bremsscheibe 460 mm Durchmesser; $V = 50 \text{ km/h}$,
 $P = 33,5 \text{ PS}$

Quelle: Bremsen, Eisenbahn - Lehrbücherei - der Deutschen Bundesbahn
Band 122, vierte Auflage, Josef Keller Verlag, Starnberg (1962)

7.2 Bremsenbauarten

Magnetschienenbremse – Aufbau (1)

▪ Aufbau eines Schienenbremsmagneten

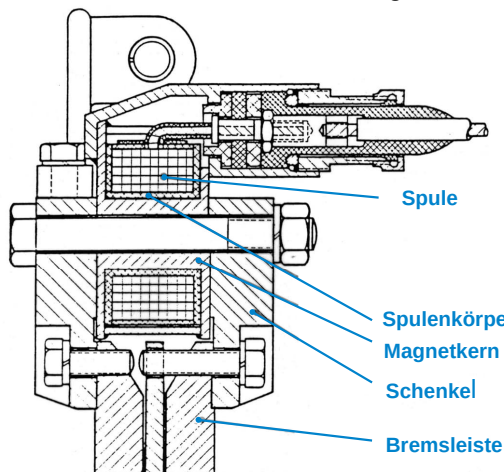


Abb. 6.72. Aufbau eines Schienenbremsmagneten
(Knorr-Bremse GmbH, München)

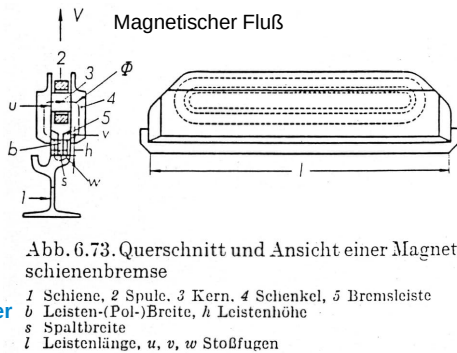


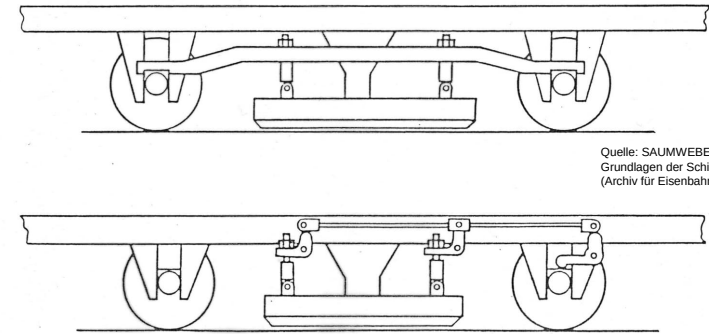
Abb. 6.73. Querschnitt und Ansicht einer Magnetschienenbremse

1 Schiene, 2 Spule, 3 Kern, 4 Schenkel, 5 Bremsleiste
b Leisten-(Pol-)Breite, h Leistenhöhe
s Spaltbreite
l Leistenlänge, u, v, w Stoßfugen

Quelle: SAUMWEBER, E.; GERUM, E.; BRENDT, P.J.:
Grundlagen der Schienenfahrzeugbremse, AET
(Archiv für Eisenbahntechnik) Heft 43, Hestra - Verlag

7.2 Bremsenbauarten

Magnetschienenbremse – Prinzip



Quelle: SAUMWEBER, E.; GERUM, E.; BRENDT, P.J.:
Grundlagen der Schienenfahrzeugbremse, AET
(Archiv für Eisenbahntechnik) Heft 43, Hestra - Verlag

Tiefaufhängung: ca. 10 mm über SO an Federn gehalten, bei Betätigung magnetisch an Schiene gezogen Einsatz im Nahverkehr

Oben: Magnetschienenbremse an Achsbuchsträgern aufgehängt

Unten: Magnetschienenbremse an Ausgleichsgestänge aufgehängt

7.2 Bremsenbauarten

Magnetschienenbremse – Aufbau (2)

Gliedermagnet → kann sich Schienenunebenheiten besser anpassen

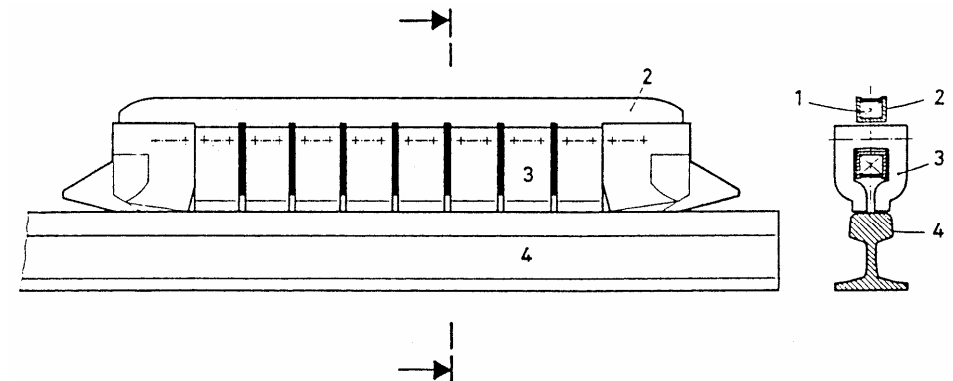


Bild 2.5.1.1: Prinzipieller Aufbau der Magnetschienenbremse
1 = Spule, 2 = Spulenkörper, 3 = Magnetkern, 4 = Schiene

Quelle: SAUMWEBER, E.; GERUM, E.; BRENDT, P.J.:
Grundlagen der Schienenfahrzeugbremse, AET
(Archiv für Eisenbahntechnik) Heft 43, Hestra - Verlag

7.2 Bremsenbauarten

Magnetschienenbremse – Vertikalkraft

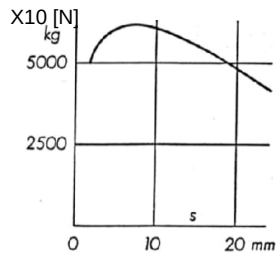


Abb. 6.74. Einfluß der Spaltbreite s auf die Vertikalzugkraft V einer ruhenden Magnetschienenbremse (Erregerstrom konstant)

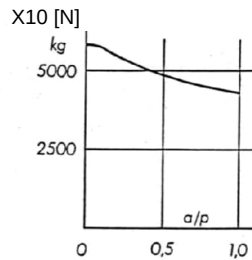


Abb. 6.75. Vertikalzugkraft V einer ruhenden Magnetschienenbremse in Abhängigkeit von der relativen Einschaltzeit a/p
 a Einschaltzeit
 p Zeit einer Periode

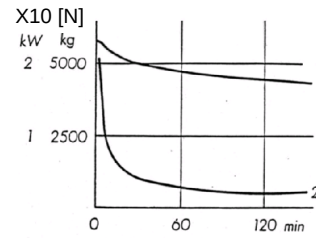


Abb. 6.76. Vertikalzugkraft I und kW-Verbrauch 2 einer Magnetschienenbremse für Erregung in Abhängigkeit von der einmaligen Einschaltzeit

Quelle: SAUMWEBER, E.; GERUM, E.; BRENDT, P.J.:
Grundlagen der Schienenfahrzeugbremse, AET
(Archiv für Eisenbahntechnik) Heft 43, Hestra - Verlag

7.2 Bremsenbauarten

Lineare Wirbelstrombremse – Prinzip

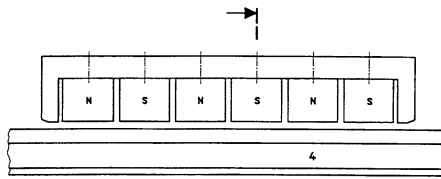


Bild 2.5.2.1: Prinzipieller Aufbau einer linearen Wirbelstrombremse
1 = Spule, 2 = Joch, 3 = Polkern, 4 = Schiene, N = Nordpol, S = Südpol

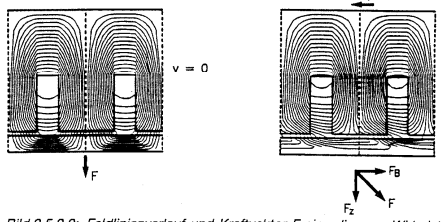


Bild 2.5.2.2: Feldlinienverlauf und Kraftvektor F einer linearen Wirbelstrombremse im Stillstand ($v = 0$) und bei hoher Geschwindigkeit v

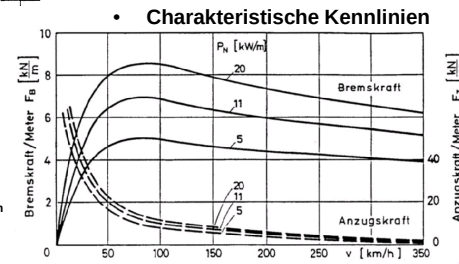


Bild 2.5.2.3: Bremskraft F_B und Anzugskraft F_Z je Länge einer linearen Wirbelstrombremse in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit v und der Erregerleistung P_k bei 20°C . Arbeitsluftspalt $\delta = 7\text{ mm}$

Quelle: SAUMWEBER, E.; GERUM, E.; BRENDT, P.J.:
Grundlagen der Schienenfahrzeugbremse, AET
(Archiv für Eisenbahntechnik) Heft 43, Hestra - Verlag

7.2 Bremsenbauarten

Magnetschienenbremse – Reibwert / Kollektiv

Aus Haftkräften und gemessenen Bremskräften bei Streckenfahrversuchen wurde $\mu = f(v)$ ermittelt

- mit v fallend
- Gliedermagnete bei großem v eindeutig überlegen
- bei Vollbahnen häufig Abschalten der Magnete unterhalb 50 km/h
→ Schonung Weichenstraßen

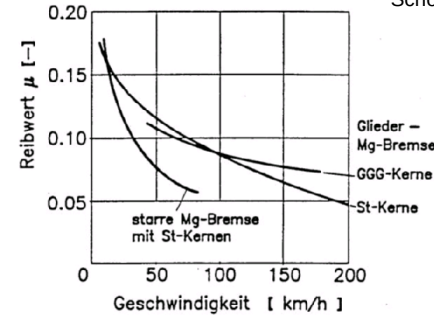


Bild 2.5.1.3: Reibwert μ der Magnetschienenbremse in Abhängigkeit der Geschwindigkeit v für Gliedermagnete aus Stahl (St) und Gußeisen mit Kugelgraffit (GGG) und starren Magneten aus Stahl (St)

Lebensdauer:

Verschleißhöhe von 20 mm der Polschuhe bei

- Stahl nach ca. 3000 km Bremsweg
- Gusseisen nach ca. 800 km Bremsweg erreicht

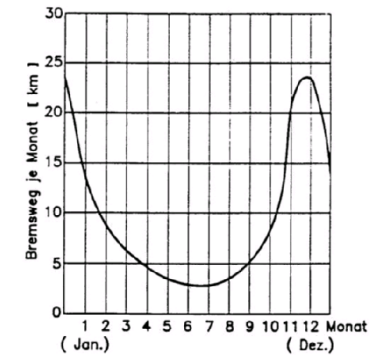


Bild 2.5.1.4: Gemessenes Bremswegkollektiv einer Magnetschienenbremse abhängig von der Jahreszeit am Beispiel des Triebzuges VT 628

(gemittelt über 4 Jahre)

Quelle: SAUMWEBER, E.; GERUM, E.; BRENDT, P.J.:
Grundlagen der Schienenfahrzeugbremse, AET
(Archiv für Eisenbahntechnik) Heft 43, Hestra - Verlag

7.2 Bremsenbauarten

Lineare Wirbelstrombremse – Charakterist. KL

Charakteristische Kennlinien

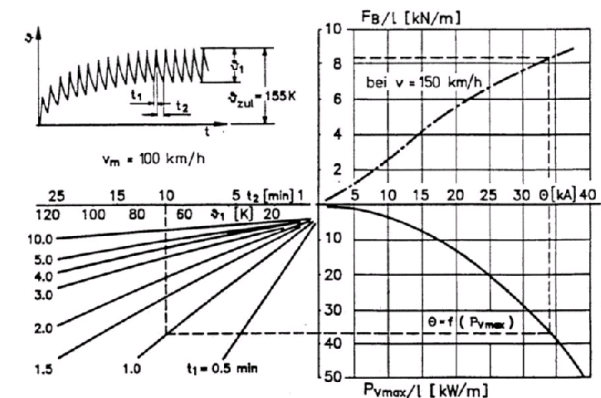


Bild 2.5.2.4: Zusammenhang zwischen Bremskraft F_B je Länge, Durchflutung θ , maximaler Erregerleistung $P_{v\max}$ je m im warmen Zustand ($\theta_{zul} = 155\text{ K}$) in Abhängigkeit vom Bremszyklus (Einschaltzeit t_1 , Ausschaltzeit t_2) für eine lineare Wirbelstrombremse

7.2 Bremsenbauarten

Lineare Wirbelstrombremse – Erhöhung Temp.

Mittlere Temperaturerhöhung einer Schiene ϑ_m und Einbausituation

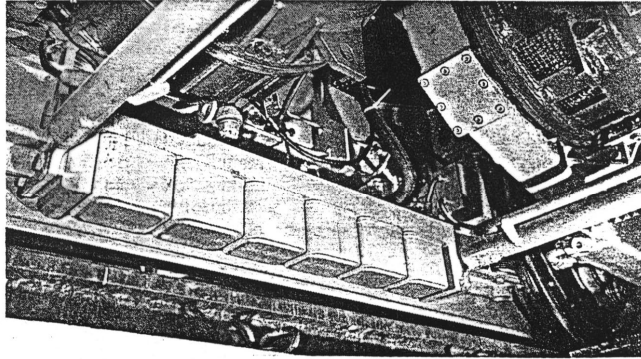
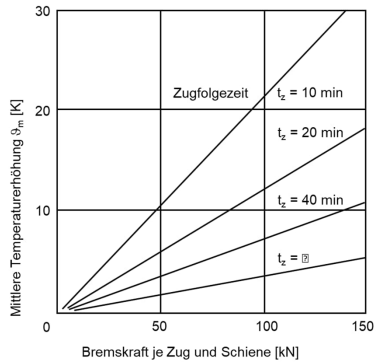


Bild 2.5.2.6: Einbau einer Wirbelstrombremse in ein ICE-Triebdrehgestell

Bild 2.5.2.5: Mittlere Temperaturerhöhung ϑ_m einer Schiene abhängig von der Bremskraft der linearen Wirbelstrombremse je Zug und Schiene und der Zugfolgezeit t_z

Quelle: SAUMWEBER, E.; GERUM, E.; BRENDT, P.J.: Grundlagen der Schienenfahrzeugbremse, AET (Archiv für Eisenbahntechnik) Heft 43, Hestra - Verlag

7.2 Bremsenbauarten

Standardfunktionen (2)

Parkbremse (u.a.):

- Federspeicher-Ausführung
- Ansteuerung über Magnetventile vom Führerstand aus
- Rein pneumatisch bedienbar, bei Stromausfall
- Federspeicher-Lösezug
- Auslegung für 40% bei Höchstgewicht
- Unplanmäßiges Anlegen Federspeicher löst Notbremsung aus

Federspeicher



Quelle: Internet

Fahrgastnotbremse (u.a.):

- Während der Fahrt durch Triebfahrzeugführer aufhebbar (Brand im Tunnel)

7.2 Bremsenbauarten

Standardfunktionen (1)

Betriebsbremse (u.a.):

- Gleitschutz
- Automatische Haltebremse zum Anfahren in Steigungen
- Lastabhängige Bremskraft bei wirksamer Luftfeder
- Zentrales Bremsmanagement mit Vorrang für dynamische E-Bremse, pneumatisch nur soweit nötig

Notbremse (u.a.):

- Anforderung kurze Reaktionszeit
- Beschränkung (vorzugsweise) auf pneumatische Bremse
- Gleitschutz

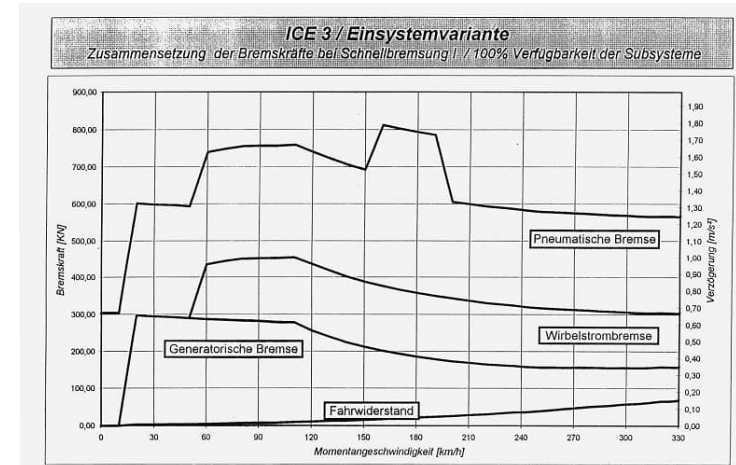
7.2 Bremsenbauarten

Bremsmanagement

Das Bremsmanagement legt übergeordnet fest, in welchem Betriebszustand welche Bremse eingreift.

Kriterien:

- Verschleißvermeidung
- Bremsvermögen
- Sicherheit



*) zwischen 190 km/h und 160 km/h wird bei der Schnellbremsung die pneumatische Bremse (2-stufig) in der hohen Bremsstufe betrieben, um das Bremsvermögen zu erhöhen. Unterhalb von 160 km/h wird die niedrige Stufe genutzt.

Gliederung

Bremse

- Bremsfunktion
- Bremsenbauarten
- Bremsvermögen

7.3 Bremsvermögen Bremszettel (2)

Deutsche Bundesbahn
Bremszettel
und Angaben über Besonderheiten des Wagens

für Zug 54312 am 27.05.76
ab Bahnhof Köln Bremsart f

Achsenzahl		613	m
Zulässige Geschwindigkeit		130	km/h
Wagenguzgewicht		130	t
Lokgewicht		130	t
Gesamtzuggewicht		130	t
Bremsgewicht des Wg-Zuges		130	t
Bremsgewicht der Lok		130	t
Gesamtbremsgewicht		130	t

Mindestbremsleistung

Vorhandene Bremsleistung

Mangel an Bremsleistung

Im Zuge sind

besetzte Reisezugwagen	ja/nein
mit dem Kernbuchstaben h und z	ja/nein
Begleiter	ja/nein
Schwerwagen	ja/nein
Wagen mit Lademaßüberschreitung	ja/nein
Wagen mit explosionsgefährlichen Gütern	ja/nein
an der Spitze Wagen mit Ablauf- und Bergverbot	ja/nein

Nur ausfüllen bei
Zug, die von der
Tischzugbesetzung
besetzt sind.

Nummer des Schlußwagens 604 3743 076-5

Sonstige Bemerkungen

Ausrechnung der vorhandenen Bremsleistung

Gesamtzuggewicht t

Gesamtbremsleistung t

408 17 Bremszettel A/B in der 500er-Reihe 3.6.7.8.9.10. 75.76.77.78.79.80.

- Der Bremszettel enthält folgende Angaben über den Wagenzug:

- Die betriebliche Zug-Nummer,
- Ort der Ausstellung (=Bahnhof), Datum, etc.
- Das Bremsvermögen des Zuges in BrH (Bremsleistung)
- Bauart der eingeschalteten Bremsen
- Gewicht, V_{max} , Länge des Zuges, etc.

7.3 Bremsvermögen Bremszettel (1)



Abb.: Übergabe der "Papiere" an den Lokführer

Quelle: Internet

7.3 Bremsvermögen Generelles zum Bremsen

- Generelles zum Bremsen:

- Das Bremsen eines Zuges ist ein durch und durch geplanter und vorherbestimmter Vorgang
 - Nicht so bei Rangierfahrten bis 25 km/h
- Das Bremsen ist (bei den „großen“ Bahnen) eine eigene Wissenschaft und wird begleitet durch ein umfangreiches Regelwerk, z.B. UIC-Merkblätter 540 ff, Bremsvorschrift, Fahrdienstvorschrift, EBO, TSI, EN, nationale Regelungen
- Die DB gehört international zu den „meinungsbildenden“ Bahnen und tritt entsprechend selbstbewusst und anspruchsvoll als Kunde auf
- Das Bremsen ist - neben der Lauftechnik und der Signaltechnik mit den Zugsicherungssystemen - tragende Säule für die Sicherheit des Bahnverkehrs

7.3 Bremsvermögen

Bremswegsicherheit

- **Fahren auf Sicht nur unter besonderen Bedingungen:**
 - Im Rangierbetrieb mit $V_{\max} = 25 \text{ km/h}$
 - Mit Vorsichtsbefehl, u.a.
- **Zugfahrten werden durch Signale gesichert**
 - Signale (und andere Zwangspunkte) werden mit definierten Bremswegen angefahren
 - Die Bremswege werden durch den Vorsignalabstand definiert
 - Die zulässige Geschwindigkeit wird durch das installierte (und angerechnete) Bremsvermögen definiert
 - Die Zusammenhänge zwischen Bremsweg, Bremsvermögen, maßgeblicher Neigung und V_{zul} werden durch die Bremsstafeln definiert
 - Die Bremsstafeln sind vom Verkehrsminister zu genehmigen; sie sind Gesetz
 - Für den Geschwindigkeitsbereich $V > 160 \text{ km/h}$ wurde die kontinuierliche Signalisierung mittels **L**(inienförmige)**Z**(ug)**B**(eeinflussung) eingeführt
 - EU-weiter Standard ETCS (European Train Control System)

7.3 Bremsvermögen

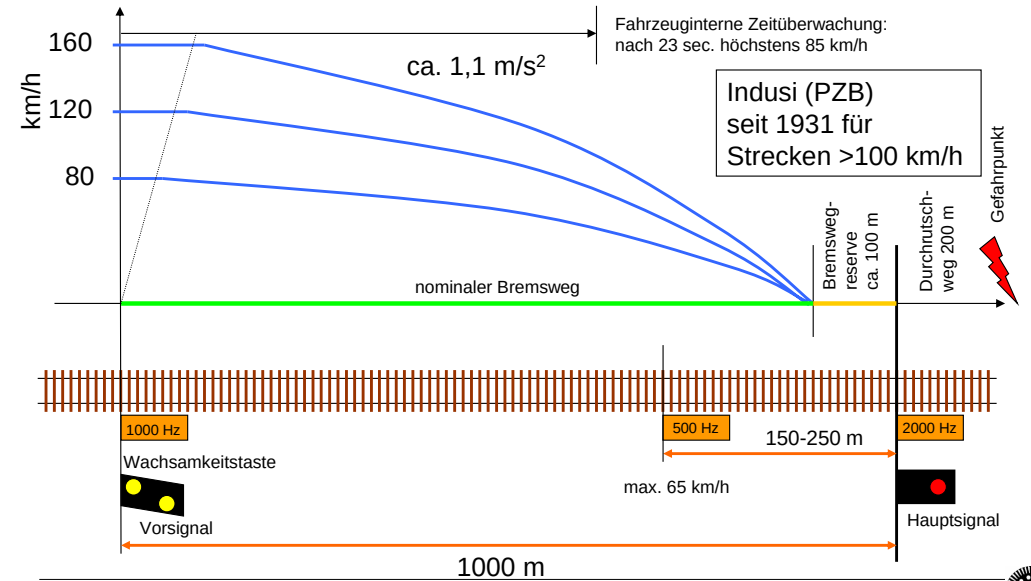
Bremshundertstel

- Seit gut 60 Jahren ausgedrückt durch eine geheimnisumwitterte Größe
- Definition und Handhabung sind genial einfach
- Der technische Hintergrund ist evolutionär bedingt relativ komplex
- Definition: $\text{BrH} = x t (\text{Bremsgewicht Bg}) / y t (\text{Fahrzeug- bzw. Zuggewicht M}) \times 100 \%$
- Ganz wichtig ist der Aspekt Zugbildung aus verschiedenen leistungsfähigen Einzelfahrzeugen
- Die brems technische Zugbildung findet auf dem Bremszettel statt

$$\text{BrH}_{\text{Zug}} = \Sigma \text{Bg}_i / \Sigma \text{M}_i \times 100\%$$
 - „Zugbildung“ findet auch in vermeintlich unveränderlichen Zugkonfigurationen wie Triebzügen statt, nämlich bei Ausfallbetrachtungen oder Mehrfachtraktion
- Welches Bremsvermögen hat der Zug bei Ausschaltung von 1...n Steuerventilen oder von 1...n Mg-Bremsen???

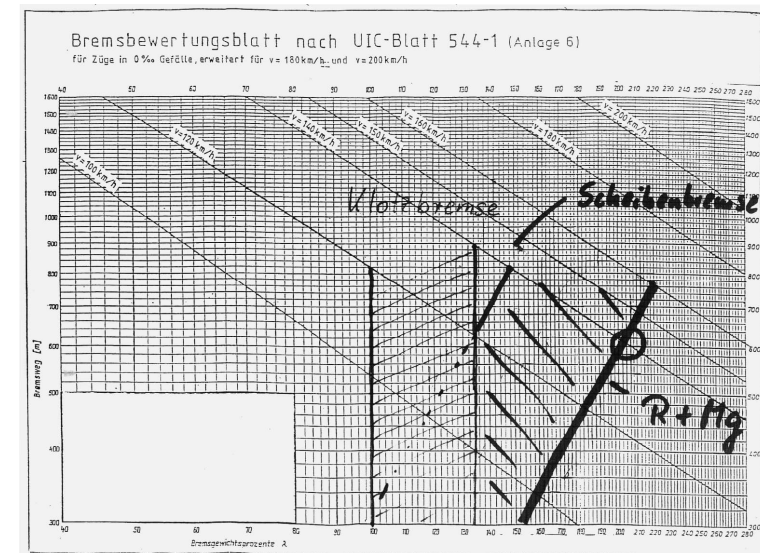
7.3 Bremsvermögen

Halteweg



7.3 Bremsvermögen

Bremsbewertungsblatt nach UIC-Blatt 544



Quelle: Siemens

7.3 Bremsvermögen

Bremstafel für 1000m Bremsweg

Bremstafel für 1000m Bremsweg (für Hauptbahnen) R, P = schnellwirkende Druckluftbremsen
G = langsamwirkende Druckluft- und Handbremsen

Maßgeb. Gefälle in ‰

Bremsart

20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160

Für eine zugelassene Geschwindigkeit bis zu

Kilometer in der Stunde (km/h) sind folgende Mindestbremsstufen erforderlich:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160

Quelle:
Siemens

Werte für Bremsart G in neuer Ausgabe geringfügig geändert

7.3 Bremsvermögen

Bremsarten R/P und G

■ Bremsarten

Einteilungsbegriff für Druckluftbremsen der Eisenbahnfahrzeuge nach ihrer Wirkung

➤ Bremsart R/P

schnellwirkend (R = Rapid, P = Personen-Zug)

Bremszyl.- Füllzeit: 3 - 5 [s]

Lösezeit : 15 - 20 [s]

In Bremsart R/P gibt es Bremsstellung R für schnell fahrende Züge und Mg mit zusätzlicher Magnetschienenbremse

➤ Bremsart G

Langsamwirkend (G = Güterzug)

Bremszyl. - Füllzeit 18 - 30 [s]

Lösezeit 45 - 60 [s]

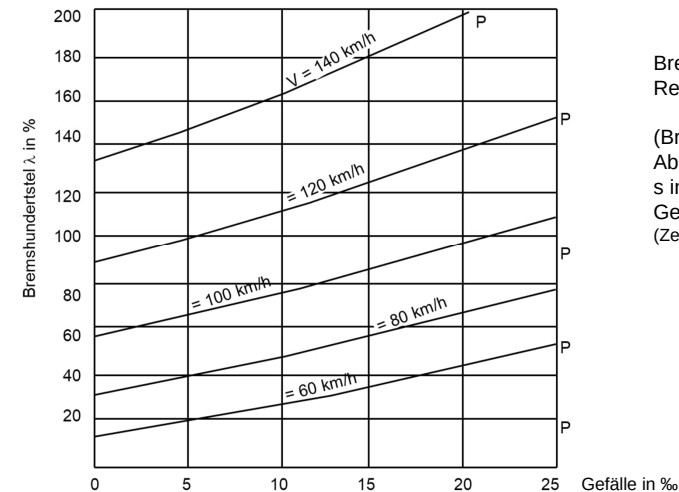
Die Bremszylinderfüllzeiten werden künstlich verlängert.
Dadurch verschlechtert sich zwar das Bremsvermögen, aber man erreicht einen stoßfreieren Verlauf der Bremsung über den ganzen Zug

7.3 Bremsvermögen

Berechnung der Bremswege

Grafische Darstellung der Bremstafel für 1000m Bremsweg

(siehe eine Seite vorher)



Bremstafel für 1000m Weg für
Reisezüge und Güterzüge

(Bremsstufen λ in % in
Abhängigkeit des Gefälles
s in ‰ für verschiedene
Geschwindigkeiten)
(Zentralamt Minden der DB)

7.3 Bremsvermögen

Entleeren / Füllen Hauptluftleitung

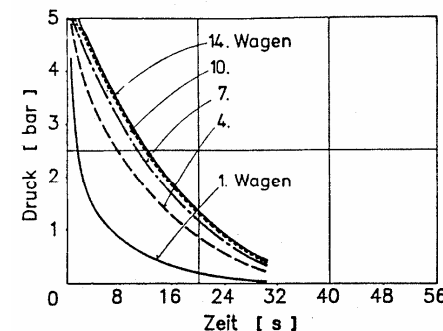


Bild 1.5.2: Entleeren der Hauptluftleitung eines Reisezuges mit Lok und 14 Wagen durch das Führerbremsventil; die Steuer-ventile sind abgeschaltet; Leitungsdurchmesser 1"

Quelle: SAUMWEBER, E.; GERUM, E.; BRENDT, P.J.:
Grundlagen der Schienenfahrzeugbremse, AET
(Archiv für Eisenbahntechnik) Heft 43, Hestra - Verlag

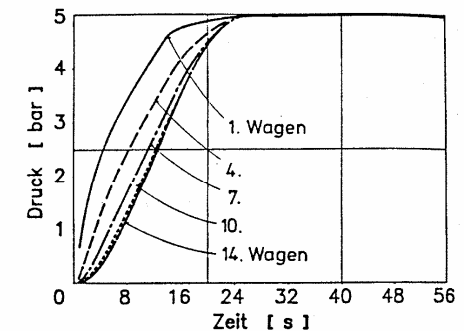


Bild 1.5.3: Füllen der leeren Hauptluftleitung eines Reisezuges mit Lok und 14 Wagen durch das Führerbremsventil Knorr D12; die Steuerventile sind abgeschaltet; Leitungsdurchmesser 1"; der Knick im Druckverlauf des 1. Wagens bei 16 s und 4,6 bar rührt von der Charakteristik des Führerbremsventils

7.3 Bremsvermögen

Bremsprobe (1)

Nach der Zugbildung ist eine Bremsprobe durchzuführen

- **Zweck?**

Feststellen, ob die Druckluft ungehindert bis zum Zugschluss gelangt und die absolute Gewissheit gegeben ist, dass alle eingeschalteten Bremsen vom Tfz-Führer bei vorschriftsmäßiger Bedienung des Führerbremsventils einwandfrei funktionieren.

- **Durch wen?**

Von Bediensteten mit Befähigung zum „Bremsbeamten“ (dafür gibt es spezielle staatliche Lehrgänge und Prüfungen) also z.B. Wagenuntersuchungsbeamte, Zugbegleitbeamte, Rangierbedienstete mit voller Befähigung zum Rangierleiter etc.

- **Wann?**

Volle Bremsprobe, wenn:

- der Zug neu gebildet wurde
- die Bremsart des Zuges gewechselt wurde
- der Zug bei Temperaturen bis -12°C länger als 2 h
- der Zug bei Temperaturen unter -12°C länger als 1 h abgestellt war und in einigen Sonderfällen

Zusammenfassung

Bremse

- Bremsfunktion
- Bremsenbauarten
- Bremsvermögen

7.3 Bremsvermögen

Bremsprobe (2)

Ablauf

1. Alle Druckluftbremsen auf den Wagen sind eingeschaltet, der HL-Druck ist abgesenkt
→ Bremsen sind angelegt. Der Bremsbeamte steht vorne an der Lok.
2. Füllen der HL auf 5 kg/cm² = Lösen. Prüfung der durchgehenden Leitung und der Kupplungen, wobei der Bremsbeamte am Zug nach hinten geht; dabei akustisches Überprüfen auf Undichtigkeiten
3. Der Bremsbeamte gibt vom Zugschluss das Signal „Bremse anlegen“. Der Tfz-Führer betätigt die Betriebsbremse (Luftauslass von 0,5 kg/cm²)
4. Der Bremsbeamte wartet am Zugschluss das Eintreten der Bremswirkung ab und geht nun am Zug nach vorne, wobei er das feste Anliegen der Bremsklötze an den Wagen überprüft.
5. Ist das der Fall, gibt er vorne den Befehl „Bremse lösen“ und geht wieder am Zug zurück, wobei er prüft, ob die Bremsbacken alle gelöst sind.
(Wird an einem Wagen ein Problem festgestellt, kann die Bremse dieses Wagens ausgeschaltet werden, was natürlich mit einer Reduzierung des Bremsvermögens des Zuges verbunden ist)
6. Zum Abschluss gibt der Bremsbeamte das Zeichen „Bremse in Ordnung“
Eine volle Bremsprobe kann bei einem Güterzug mit z.B. 100 Achsen durchaus 35 min dauern. Es gibt Sonderregeln für vereinfachte Bremsprüfungen.

Überblick

- I. Einführung
- II. Zugförderung
- III. Wagenkasten
- IV. Fahrtechnik / Systemkinematik
- V. Komfort
- VI. Antrieb
- VII. Bremse



Quelle: Siemens