



ikos

Innovation & Technologies

IKOS ist eine europaweit
führende Technologieberatung
mit Spezialisierung auf die
Eisenbahnindustrie.



EINE INTERNATIONALE
Präsenz

1.500 

...Berater in der Bahnindustrie
weltweit

Unsere französischen Standorte

Paris
Lille
Lyon
Nantes
Toulouse
Aix-en-Provence
Marseille

Unsere internationalen Standorte

Brüssel
Berlin
Frankfurt
Lausanne
London
Madrid
Mailand
Montreal
New York
Toronto
Zürich
Stockholm

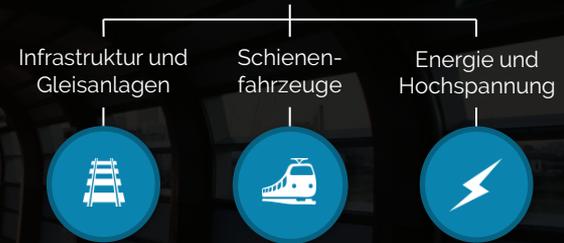




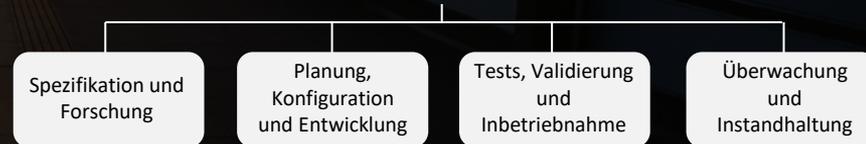
EIN BREITES PORTFOLIO



UNSERE EXPERTISE



UNSERE EINSATZGEBIETE



Systementwicklung, Softwareentwicklung, Cyber Security, Test & Validierung ...

Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Wartung und Sicherheit (RAMS), LCC & Service (ILS)

Certification & Authorization Management (C&A)

Projektmanagement & Koordination

IKOS Grundlagen - Training: **Bremssystem** im Sektor "Schienenfahrzeuge"

Michael Kulp
2023-10-19

ikos
Innovation & Technologies



Michael Kulp

Technischer Experte – Bremssysteme

Email: mkulp@ikosconsulting.com

Mobil: +49 157 / 30 20 27 43



IKOS Consulting Germany GmbH

SONY CENTER

Kemperplatz 1

D-10785 Berlin

www.ikosconsulting.com

ikos

Innovation & Technologies



1. Grundlagen

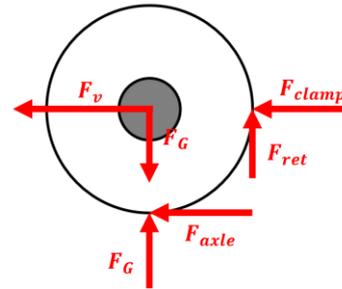
- Aufgaben von Bremsen
- Straßenfahrzeug vs. Schienenfahrzeug
- Entwicklung von Bremssystemen
- Bremskomponenten
- Bremsüberlagerung / Blending

2. Detailwissen

- Schleifenkonzept
- Bremsprobe
- Zugverband (optional)

3. Praxiserfahrungen

- Thermische Überhitzung
- „Winterization“
- Zugabriss
- Zulassungsprobleme (optional)



$$F_v = m_{dyn} * a$$

$$F_G = m_{stat} * g$$

$$F_{ret} = F_{clamp} * \mu_{pad}$$

$$F_{axle} = \sum F_{ret} = F_G * \mu_{adh} + m_{rot} * a$$

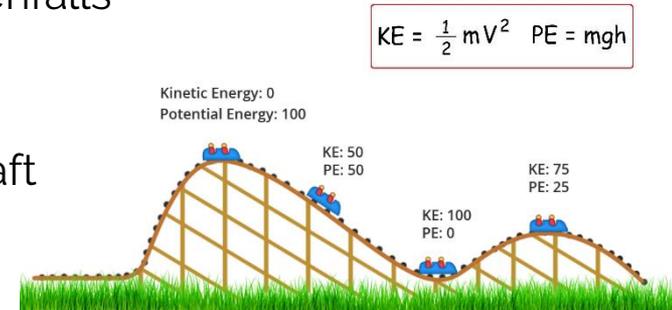
$$F_{axle} = F_G * \mu_{adh}$$

$$F_{axle} = F_G * \mu_{adh} + m_{rot} * a$$

1. Grundlagen

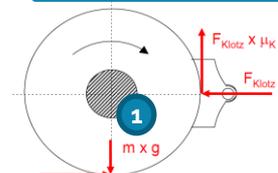
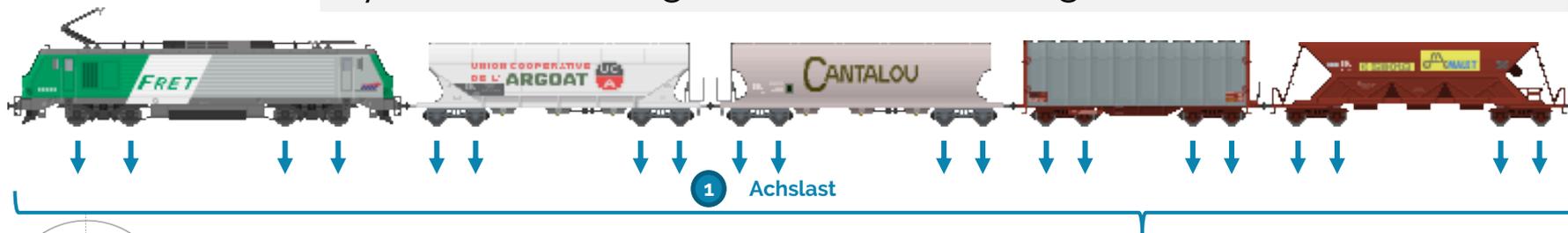
a) Aufgaben von Bremsen:

- ❖ die **kinetische Energie** in Bewegung befindlicher Fahrzeuge teilweise oder völlig in **andere Energieformen umzuwandeln**, um die **Geschwindigkeit**, gegebenenfalls bis zum Stillstand, **zu verringern**;
- ❖ gegen die auf **Gefällestrrecken** von der Gewichtskraft herrührende Kraftkomponente zu wirken, um die **Fahrgeschwindigkeit konstant** zu **halten**;
- ❖ stillstehende **Fahrzeuge** und Züge **gegen Wegrollen** im Gefälle oder infolge Windeinwirkung zu **sichern**.

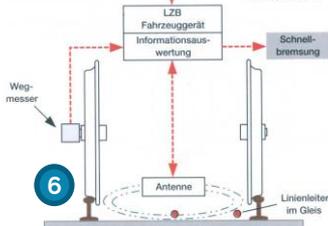
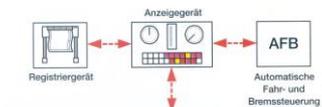


1. Grundlagen

b) Straßenfahrzeug vs. Schienenfahrzeug

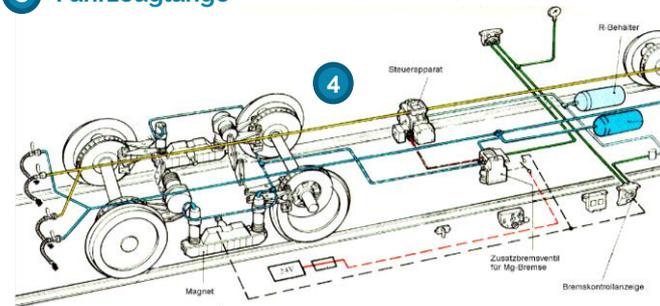


2 $m \times g \times \mu_H$



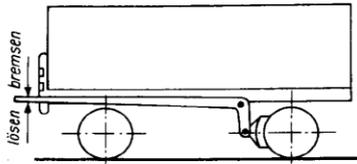
Parameter	Straßenfahrzeug	Schienenfahrzeug
1 Achslast	0,5 ... 2t	5 ... 25t
2 Kraftschluss	Gummi auf Teer $\mu_H = 0,9$ auf 200cm ²	Stahl auf Stahl $\mu_H = 0,15$ auf 1cm ²
3 Fahrzeuglänge Rekord	Australien: Truck = 53,5m	Australien: BHP Iron Ore Train = 7.353m
4 Anlegezeit	< 0,5s	3 ... 5s
5 Anhalteweg Rekord aus 100km/h	Porsche 911: 30,9m	Metro: 150m
6 Fahren auf Sicht	möglich	beschränkt möglich (Signalsystem notwendig)
7 Sicherheit	für weniger als 100 Passagiere	für hunderte Passagiere

3 Fahrzeuglänge

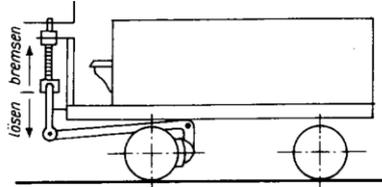


c) Entwicklung von Bremssystemen

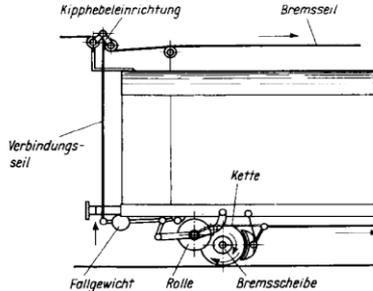
Mechanische Bremsen



Hebelbremse (1835)



Spindelbremse (1842)



Heberlein-Bremse (1852)
in Lösestellung

? Geschichte

- Hebelbremse (1835)
- Spindelbremse (1842)
- „Heberlein“ Bremse (1852)

+ Vorteile

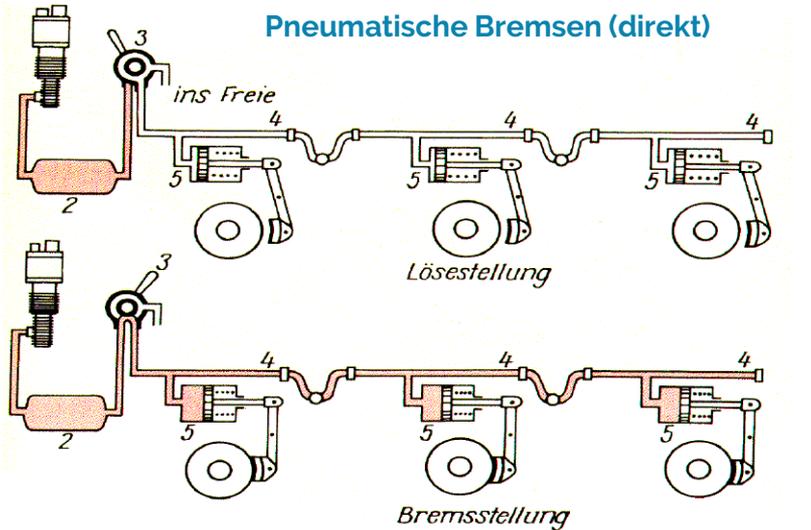
- kostengünstig

- Nachteile

- „Bremser“ pro Wagenkasten
- langsam (lange Anhaltewege)
- nicht abgestimmt („Zieharmonika-Effekt“)

1. Grundlagen

c) Entwicklung von Bremssystemen



1 – Druckluftherzeugungsanlage

2 – Hauptluftbehälter

3 – Führerbremsventil

4 – Hauptluftleitung

5 – Bremszylinder

?

Geschichte

- erste automatische zugweite Bremse um 1869 (George Westinghouse)

+

Vorteile

- automatisch Bremsanforderung an alle Wagenkästen
- sehr einfach (wenige Komponenten)

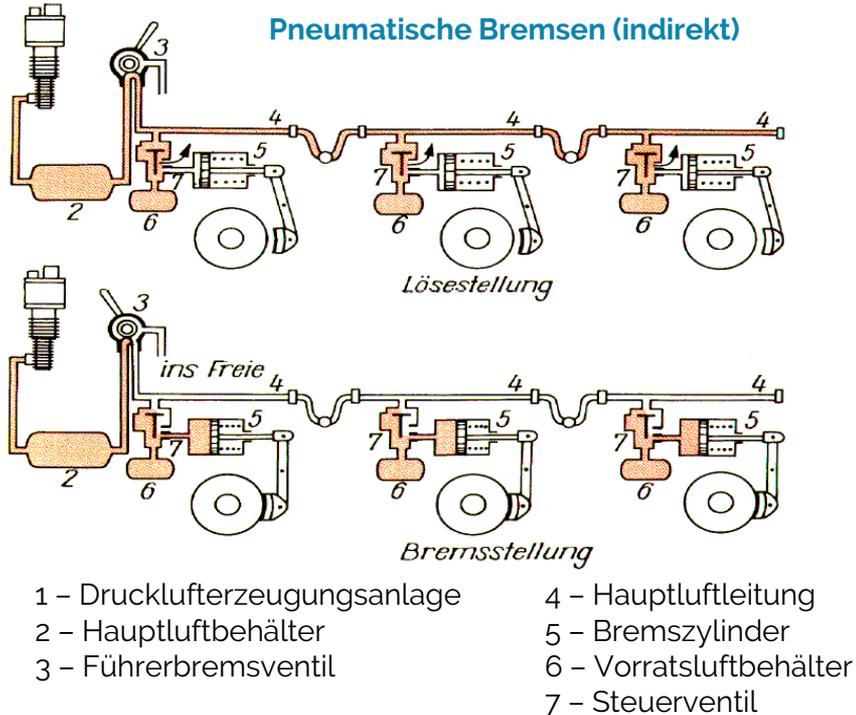
-

Nachteile

- unsicher (keine Bremskraft bei Zugteilung)
- langsam (lange Anhaltewege)
- nicht abgestimmt („Zieharmonika-Effekt“)

1. Grundlagen

c) Entwicklung von Bremssystemen



? Geschichte

- erste indirekte Bremse 1872
- Beginn der „UIC Bremssysteme“
- Weiterentwicklung bis heute

+ Vorteile

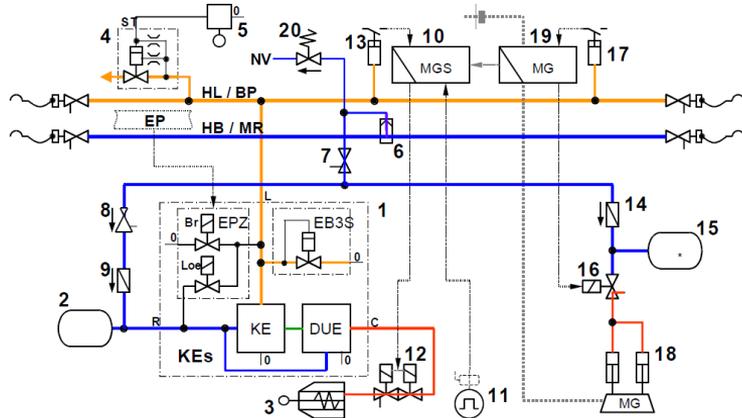
- Zugweite Bremse während Zugteilung
- abgestimmte Bremse auf allen Wagen
- standardisiert

- Nachteile

- langsam (lange Anhaltewege)
- komplex (große und schwere Komponenten)

c) Entwicklung von Bremssystemen

Elektro-Pneumatische Bremsen



- 1 – Elektro-Pneumatische Bremssteuerung
- 4 – Schnellbremsventil (SiFa)
- 10 – Gleitschutzsteuerung
- 11 – Geschwindigkeitssensor
- 17 – Druckwächter
- 19 – Magnetschienen-Bremssteuerung

? Geschichte

- 1989 erste ep-Bremse entwickelt durch KNORR-Bremse
- Weiterentwicklung bis heute

+ Vorteile

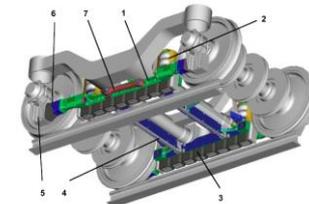
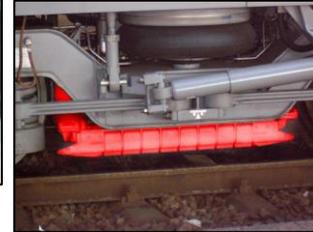
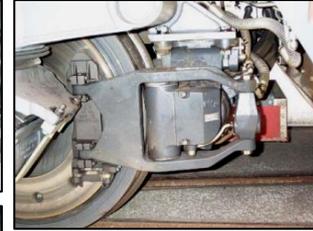
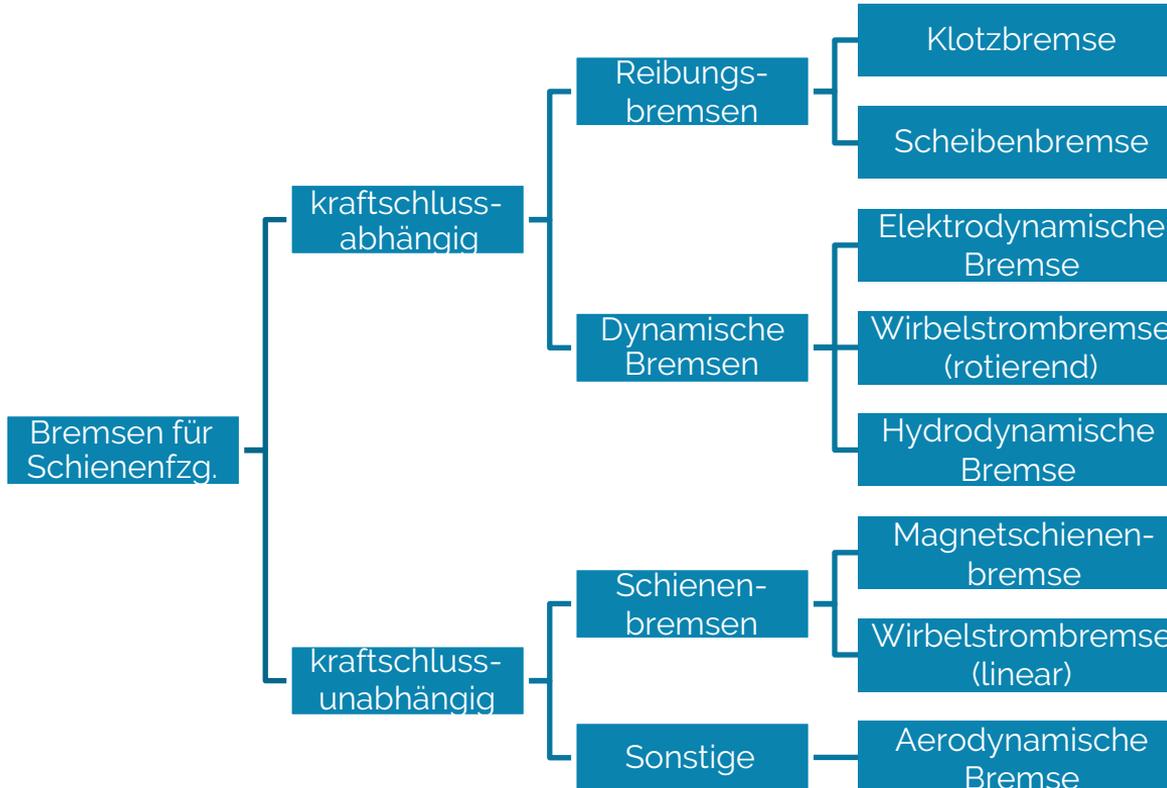
- kürzere Anlegezeit („kurze“ Anhaltewege)
- kompakt / reduzierte Masse

- Nachteile

- keine Standardisierung
- Lieferanten spezifisch
- wenig Interoperabilität

1. Grundlagen

d) Bremskomponenten



1. Grundlagen

e) Bremsüberlagerung / Blending

SB in R(el) + Mg

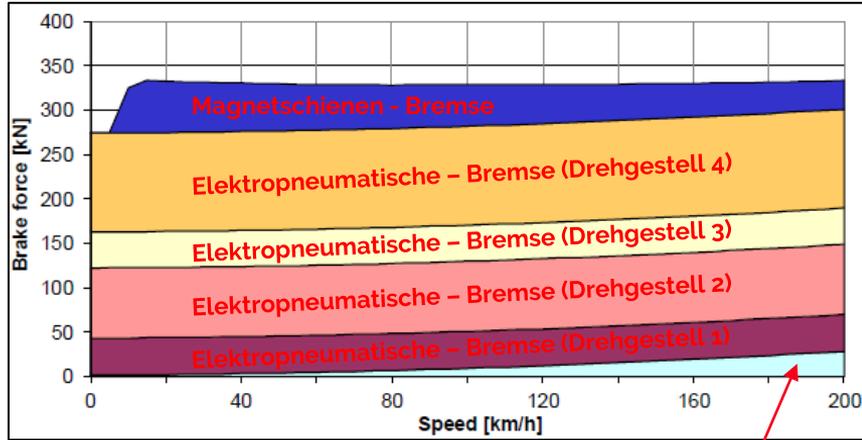


Bild 1: Blending einer Schnellbremsung

Fahrwiderstand

VB in R(ep) + ED

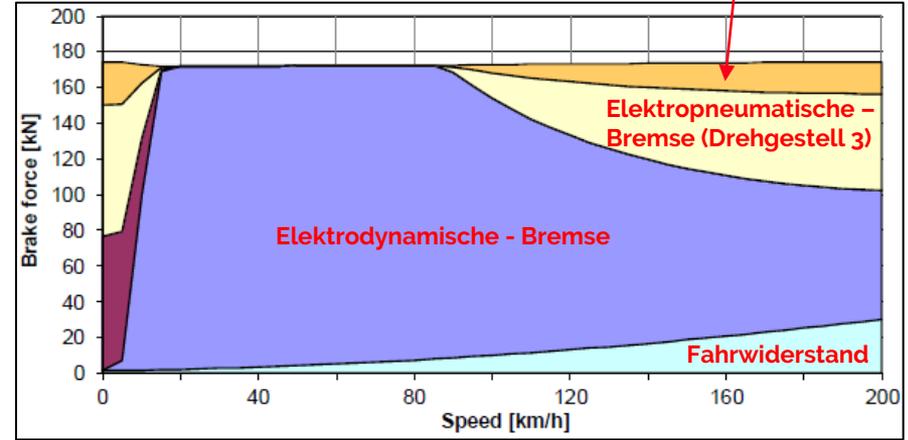


Bild 2: Blending einer Vollbremsung

Elektropneumatische -
Bremse (Drehgestell 4)

Elektropneumatische -
Bremse (Drehgestell 3)

Elektrodynamische - Bremse

Fahrwiderstand

a) Schleifenkonzept

Bremsarten:

- ❖ Betriebsbremsung
- ❖ Vollbremsung
- ❖ Schnellbremsung
- ❖ Notbremsung
- ❖ Zwangsbremsung
- ❖ Haltebremsung
- ❖ Feststellbremsung

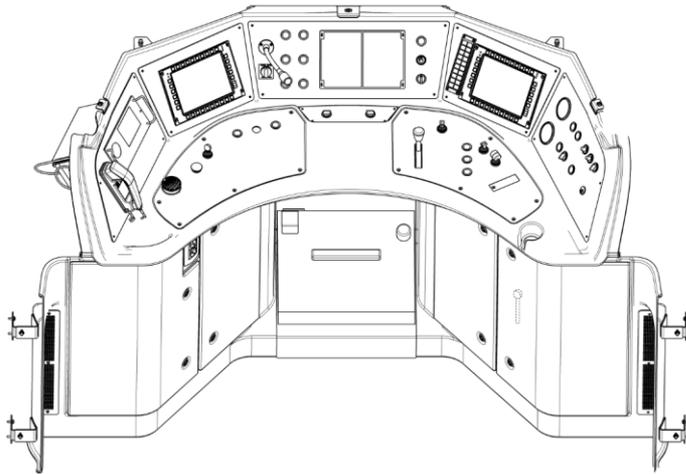


Bild 1: Fahrerstand (beispielhaft)

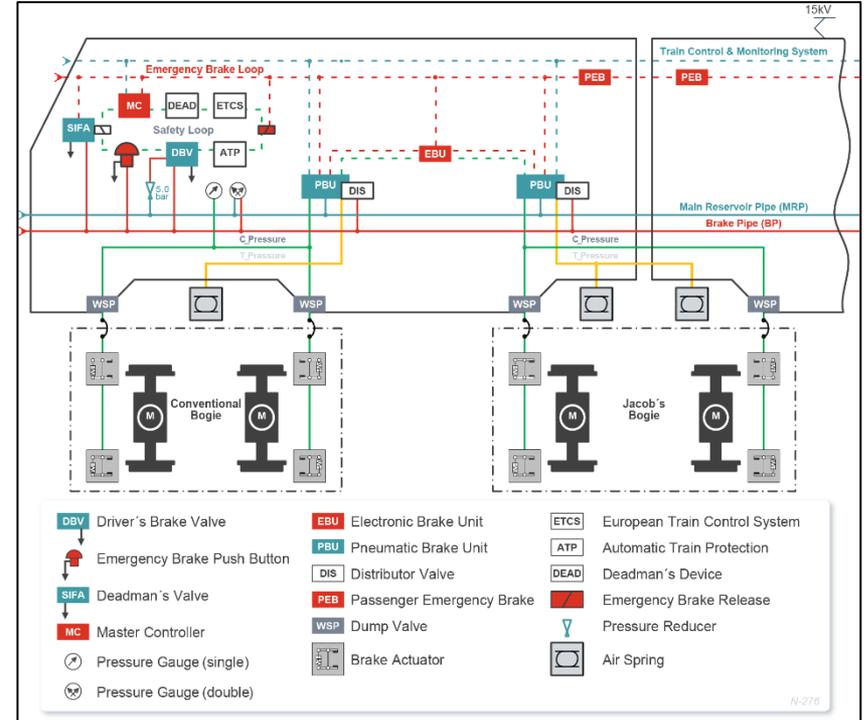


Bild 2: Schleifenkonzept (beispielhaft)

b) Bremsprobe



Bild 1: Fahrerdisplay
- Bedingungen für Bremsprobe (beispielhaft)



Bild 2: Fahrerdisplay
- Durchführung Bremsprobe (beispielhaft)

c) Zugverband



Bild 1: Bremsanschrift

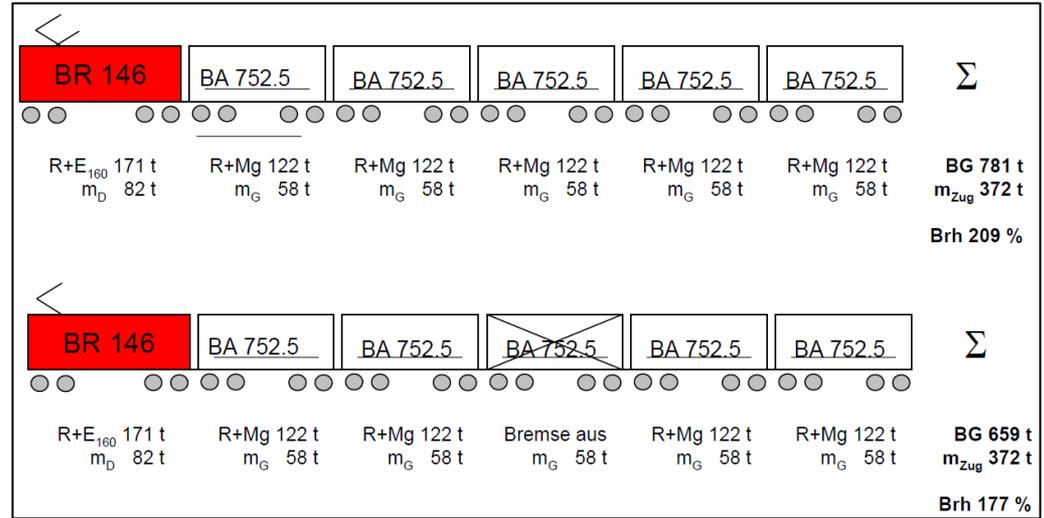


Bild 2: Bremshundertstellberechnung

c) Zugverband

	Einzustellende Bremsstellung des Zuges nach Fahrplan: R/P									Einzustellende Bremsstellung des Zuges nach Fahrplan: G				
	arbeitende Triebfahrzeuge			Wagenzug: Fahrzeug 1 - 5			Wagenzug: Fahrzeug 6 - x			Alle Fahrzeuge im Zugverband				
bis 800t	P	bis 500m	-	P	bis 500m	-	P	bis 500m	-	G	bis 700m	-		
		501 - 600m	-5%		501 - 600m	-5%		501 - 600m	-5%					
		601 - 700m	-10%		601 - 700m	-10%		601 - 700m	-10%					
		701 - 815m	-19%		701 - 815m	-19%		701 - 815m	-19%					
801t - 1200t	G	bis 700m	-25%	P	bis 500m	-	P	bis 500m	-					
		701 - 815m	-30%		501 - 600m	-5%		501 - 600m	-5%					
					601 - 700m	-10%		601 - 700m	-10%					
					701 - 815m	-19%		701 - 815m	-19%					
1201t - 1600t	G	bis 700m	-25%	G	bis 700m	-25%	P	bis 500m	-					
		701 - 815m	-30%		501 - 600m	-5%		501 - 600m	-5%					
					601 - 700m	-10%		601 - 700m	-10%					
					701 - 815m	-19%		701 - 815m	-19%					
1601t - 2500t	G	bis 700m	-25%	G	bis 700m	-25%	P	bis 500m	-					
		701 - 815m	-30%		501 - 600m	-5%		501 - 600m	-5%					
					601 - 700m	-10%		601 - 700m	-10%					
					701 - 815m	-19%		701 - 815m	-19%					
2501t - 4000t	G	bis 700m	-25%	G	bis 700m	-25%	P	bis 500m	-					
								701 - 815m	-30%	501 - 600m	-5%	501 - 600m	-5%	
										601 - 700m	-10%	601 - 700m	-10%	
		701 - 815m	-30%		701 - 815m	-19%	G	bis 700m	-25%	G	bis 701 - 815m	-5%		
								701 - 815m	-30%				701 - 815m	-30%
								701 - 815m	-30%				701 - 815m	-30%

c) Zugverband

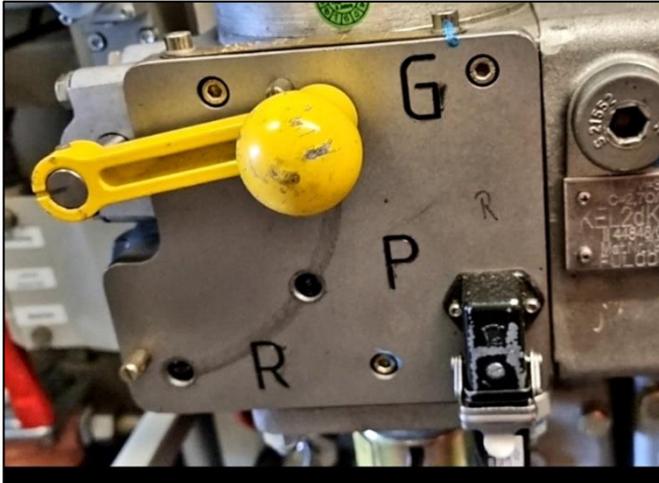


Bild 1: G/P/R Umschalter

Nr	Strecke	Trakti- onsart	Betriebl- iche Zug- länge	Strec- ken- klasse	Profil	Zugs- icher- ung	Grenzlast*	Internationale Bezeichnung/ Bemerkung
1	Oberhau- sen - Rheine - Bad Bentheim - Amersfoort - Kijfhoek	AC 15 kV 16,7 Hz / DC 1,5 kV	590m	D4	P/C 410 (P/C 80)	PZB/ ATB EG	DB Netz: 1: 2350t 2: 2745t (E-Tfz DB- 185) ProRail: 2100-2400t	NL-DE-3
2	Viersen - Herzogen- rath - Aachen West - Roo- sendaal - Kijfhoek	AC 15 kV 16,7 Hz / DC 3 kV / DC 1,5 kV	740m	D4	P/C 400 (P/C 70)	PZB/ TBL1 / ATB EG	DB Netz: 1: 1220t 2: 2830t (E-Tfz DB- 185) ProRail: 2100-2400t Infrabel: 1800-2100t	NL-BE-DE-1
3	Oberhau- sen - Em- merich - Kijfhoek	AC 15 kV 16,7 Hz / AC 25 kV 50 Hz	690m	D4	P/C 410 (P/C 80)	PZB / ETCS L2	DB Netz: 1: 3255t 2: 3120t (E-Tfz - DB 185) Pro Rail: 2100-2400t	NL-DE-1
4	Oberhau- sen - Köln - Aachen West - Roo- sendaal - Kijfhoek	AC 15 kV 16,7 Hz / DC 3 kV / DC 1,5 kV	740m	D4	P/C 400 (P/C 70)	PZB / TBL1 / ATB EG	DB Netz: 1: 1220t 2: 2760t (E-Tfz DB- 185) ProRail: 2100-2400t Infrabel: 1800-2100t	NL-BE-DE-1

Bild 2: Auszug Fahrtenbuch

3. Praxiserfahrungen

a) Thermische Überhitzung

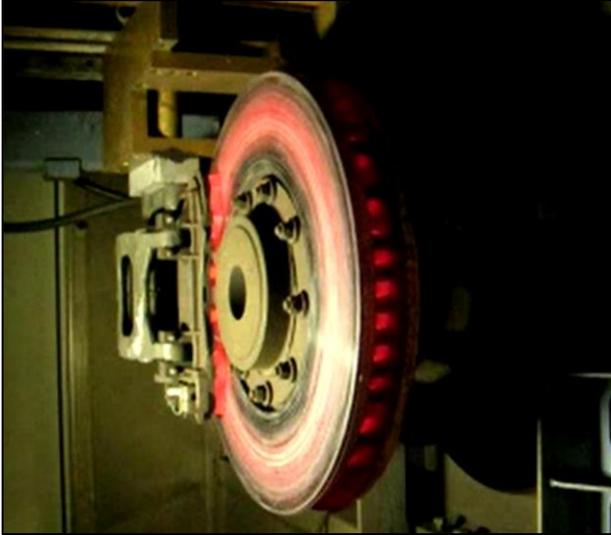


Bild 1: Brems-Prüfstand



Bild 2: überhitzte
Brems Scheibe



Bild 3 & 4:
zerstörter Belag



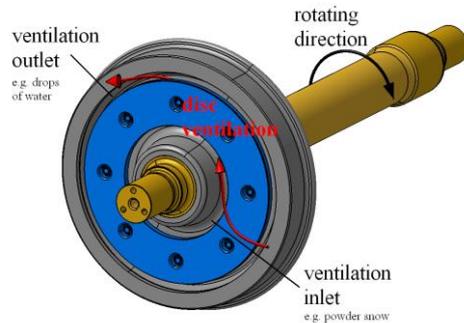
b) „Winterization“



Bild 1: eingefrorenes Drehgestell



Bild 2 bis 4:
eingefrorene Bremszange



c) Zugabriss

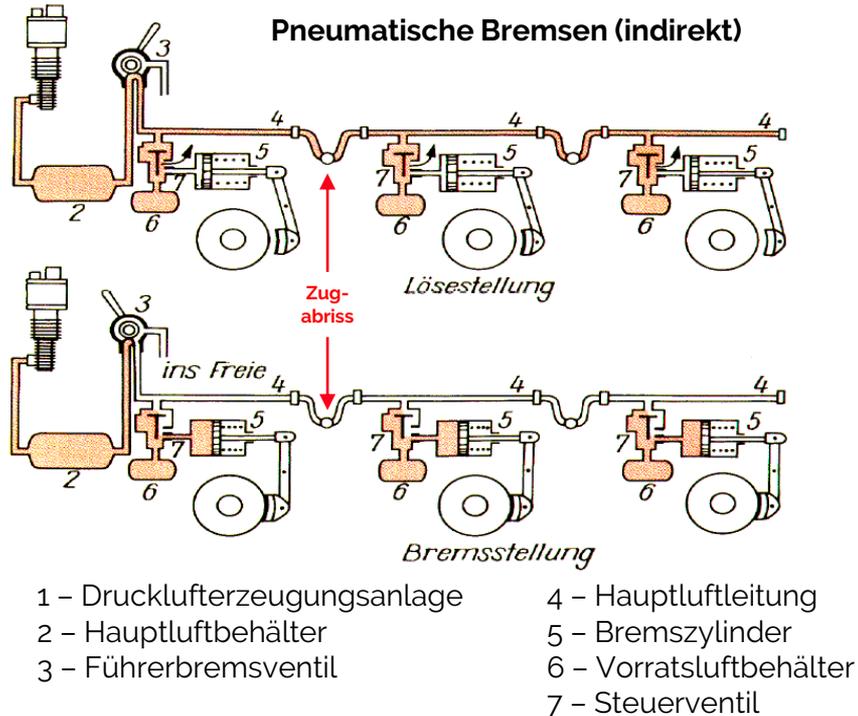


Bild 1: Video Zugabriss



Bild 2: Video Reibpaar



Bild 1: Auszug Zeitungsartikel

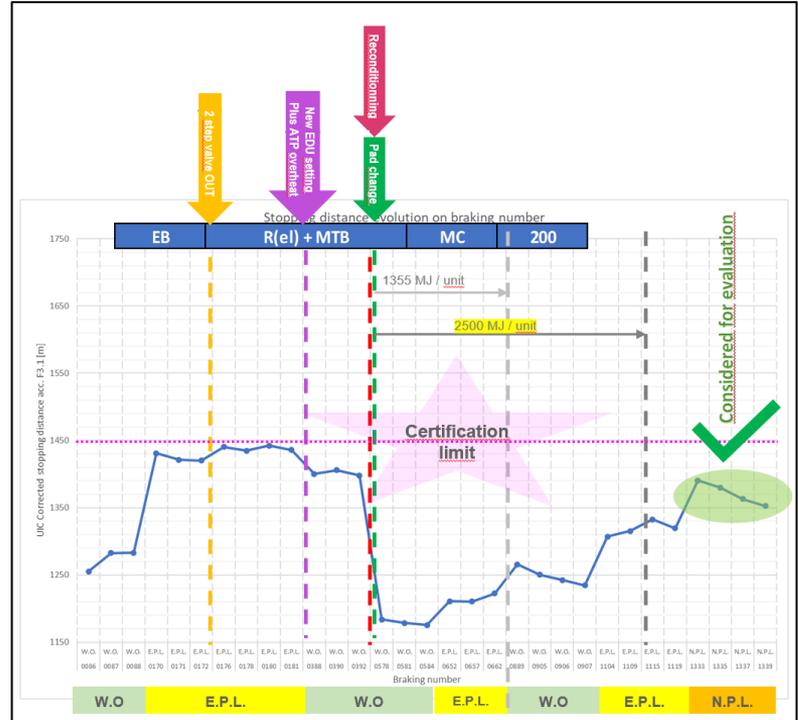


Bild 2: Auszug Bremsbewertungsfahrten

„Wer fragt, ist ein Narr für fünf Minuten. Wer nicht fragt, bleibt ein Narr für immer.“



Frage:

In Anlehnung an das beispielhafte Schleifenkonzept (Seite 16) und den Abrissversuch (Seite 23) kam folgende Frage eines Studenten auf:

„[..]

Wie wird sichergestellt, dass beim Zugabriss zweier Triebzüge das nachlaufende Fzg. nicht auf das vorlaufende Fzg. auffährt?

[..]“

Antwort:

IKOS liefert im Nachgang folgende Antwort:

„[..]

Diese Sicherstellung ist nicht notwendig. Auf beiden Fzg. kommt es innerhalb von 1 bis 2 Sek zur automatischen Schnellbremsung. In dieser kurzen ungebremsten Zeit werden zw. beiden Fzg. keine gravierenden Distanzen oder Geschwindigkeitsunterschiede erreicht, die im Fall eines anschließenden Auffahres zu größeren Zerstörungen an der Kupplung führen können. Die Kupplung ist prinzipiell durch ihr Design für starke Stöße ausgelegt.

[..]“

A high-speed train, primarily blue and silver, is shown from a front-quarter perspective, moving along an elevated track. The background is a dense urban skyline with numerous skyscrapers, all bathed in the warm, golden light of a sunset or sunrise. The train's sleek, aerodynamic design is prominent. The tracks curve slightly to the right in the distance.

ikos

Innovation & Technologies