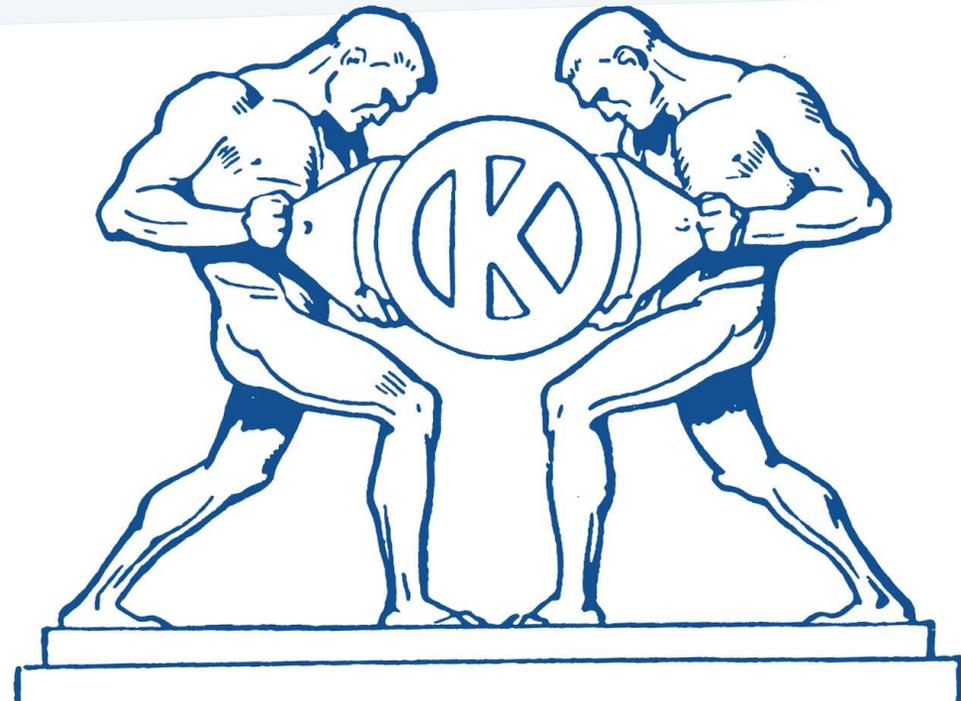


Schneller schneller Bremsen

40. Tagung „Moderne Schienenfahrzeuge“
Graz 11.-14. September 2011

Dr.-Ing. Peter Berger
Dr.-Ing. Wolfgang Schlosser
Dr.-Ing. Jörg-Johannes Wach
Jens Horn



Inhalt

- Einleitung
- Bremstechnik bei der Entstehung der Eisenbahn
- Entwicklung der Bremstechnik im Güterverkehr
- Entwicklung der Bremstechnik im Personenverkehr
- Erweiterte Funktionen der Bremssteuerung
- Ausblick



Vorläufer der Eisenbahnen - Pferdekutschen und Pferdebahnen als Massentransportmittel

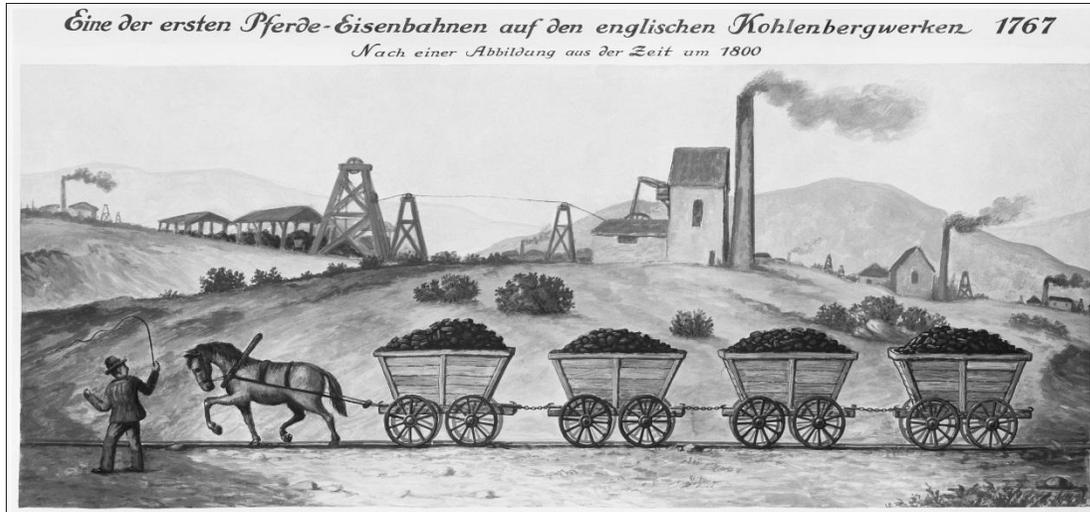


Foto: Deutsches Museum

- Durch Pferdebahnen (ab Ende des 18. Jh.) Verminderung des Rollwiderstandes, dadurch Zugbildung mit Erhöhung der Massen möglich
- Verwendete Bremstechnik bei Pferdekutschen und Pferdebahnen:
 - Handbetätigte Hebelbremsen und Spindelhandbremsen
 - „Dynamische Bremsen“ (Bremskraft der Pferde)
 - Hemmschuhe
- Höchstgeschwindigkeit ca. 10 bis 15 km/h

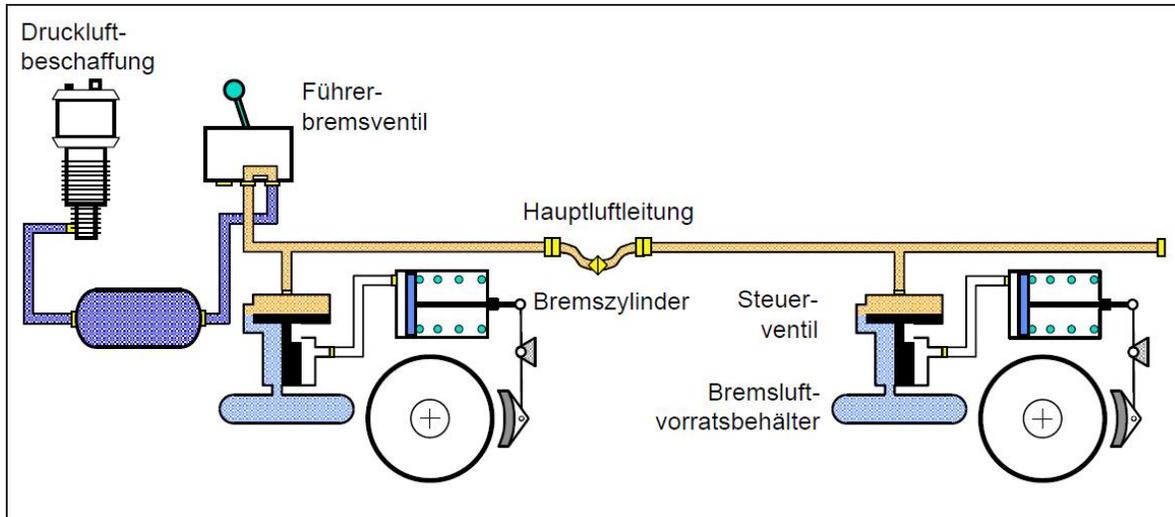
Bremstechnik der ersten Eisenbahnen abgeleitet von den Pferdekutschen



Foto: Deutsches Museum

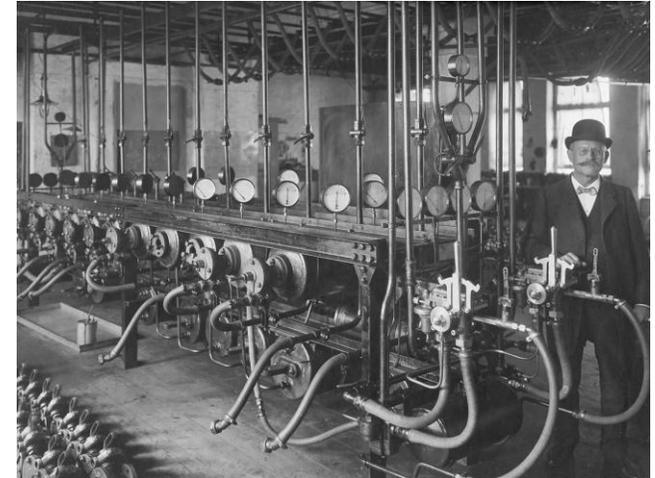
- Antriebstechnik (Dampfmaschine) erlaubt Höchstgeschwindigkeiten bis ca. 60 km/h
- Verwendete Bremstechnik:
 - Handbetätigte Hebelbremsen und Spindelhandbremsen auf der Lokomotive
 - „Bremskraftmanagement“ im Zug durch Besetzung mehrerer Handbremsen der Wagen mittels Bremsern – akustische „Bremssignalübertragung“
- Technisch und betrieblich beherrschbare Höchstgeschwindigkeit ca. 20 bis 30 km/h
- Als „durchgehende“ Bremse in Europa bis zum ersten Viertel des 20. Jh. im Einsatz (Güterverkehr)

Meilenstein – Einführung der durchgehenden, automatischen (selbsttätigen) Druckluftbremse



- Erstes Patent von George Westinghouse um ca. 1870
- Haupteigenschaften:
 - Durchgehend (Bedienung aller Bremsen im Zug vom führenden Fahrzeug aus)
 - Selbsttätig (automatisch wirksam bei Zugtrennung)
- Grundprinzip auch heute noch vielfältig in weiter entwickelter Form weltweit im Einsatz (Güterzüge, Personenzüge, Hochgeschwindigkeitszüge)
- Beherrschbare Höchstgeschwindigkeit um 1900 ca. 110 km/h (Personenverkehr)
- Technische Grenze: Einlösigkeit (Erschöpfbarkeit)

Weiterentwicklung – Einführung der mehrlösigen Druckluftbremse



- Maßgeblich entwickelt von Georg Knorr (Bauart: Kunze-Knorr Bremse)
- Erstmals eingeführt um ca. 1915
- Wesentliche Verbesserung:
 - Mehrlösigkeit und damit erhebliche Reduzierung der Neigung der selbsttätigen Druckluftbremse zur Erschöpfbarkeit bei relativ häufigem Wechsel zwischen Brems- und Lösevorgängen
- Anhebung der Höchstgeschwindigkeit der Güterzüge von 30 auf 65 km/h

Ständige Weiterentwicklung der selbsttätigen Druckluftbremse bei Beibehaltung des Grundprinzips (Hauptluftleitung)

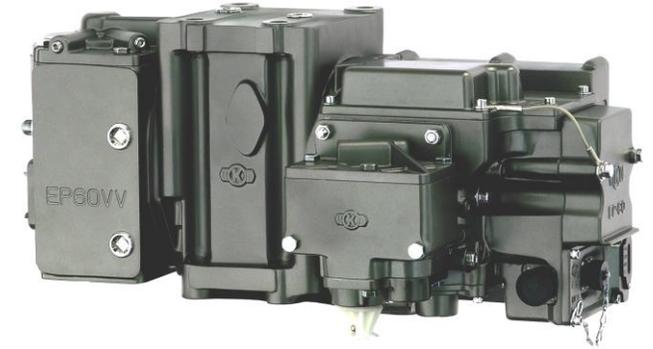


Foto: Magnus Gertkemper



- Weiterentwicklung der Antriebstechnik führt zu höheren Zugkräften und Antriebsleistungen
- Weiterentwicklung der selbsttätigen Knorr Druckluftbremse mit Einführung des KE-Ventilbaukastens:
 - Erhöhung der Durchschlagsgeschwindigkeit durch Beschleunigungseinrichtungen
 - Erhöhung der Verfügbarkeit durch reduzierten Wartungsaufwand (Überholungsintervalle bis 18 Jahre)
- Höchstgeschwindigkeit der Güterzüge in Europa zwischen 100 und 120 km/h

Weiterentwicklung der Bremstechnik für lange Güterzüge

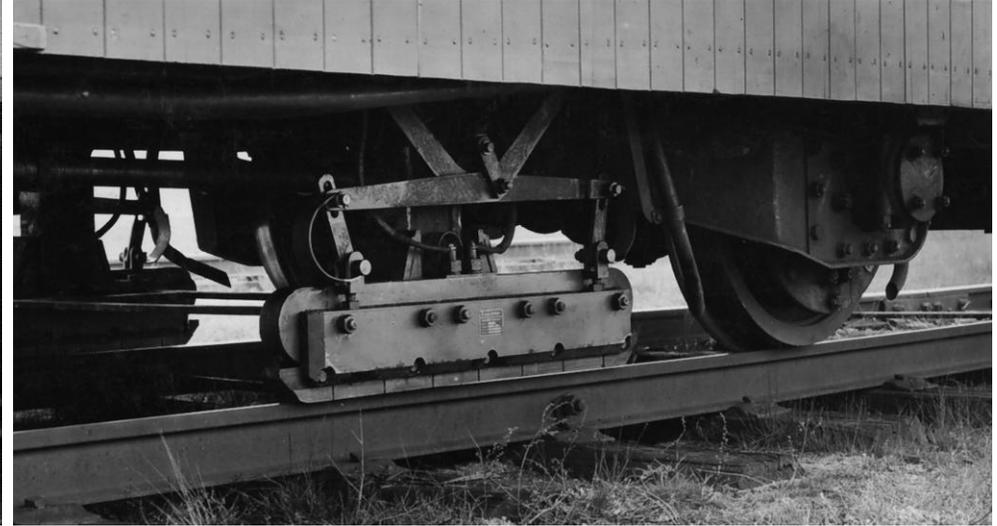


- Beginn der Einführung der elektronischen Güterzugbremse ECP für sehr lange Güterzüge (Knorr Bauart EP60)
- Eigenschaften:
 - Verkürzte Brems- und Lösezeiten, Mehrlösigkeit, Integration der Lastabbremung, Diagnosefähigkeit
 - Reduzierung der Längskräfte (Vermeidung von Zugtrennungen) und Verringerung der erforderlichen Traktionsenergie
- Erhöhung der Durchschnittsgeschwindigkeit der Züge und damit Steigerung der Streckenkapazität

Im Personenverkehr differenzierte Entwicklungen der Bremstechnik für Vollbahnen und Nahverkehr



Foto: Bundesarchiv



■ Vollbahn:

- Selbsttätige Druckluftbremse (anfangs einlösig, später auch mehrlösig), abgeleitet von den Entwicklungen bei der Güterzugbremse

■ Max. Höchstgeschwindigkeit ca. 110 km/h

■ Nahverkehr:

- Einführung kraftschlussunabhängiger Bremsen bei Straßenbahnen in Form von Magnetschienenbremsen
 - Einführung der elektrischen Ansteuerung der Bremsen
- ### ■ Erhöhung der Durchschnittsgeschwindigkeit durch reduzierte Brems- und Lösezeiten

Erhöhung der Höchstgeschwindigkeit auf bis zu 160 km/h erfordert neue technische Lösungen in der Bremstechnik

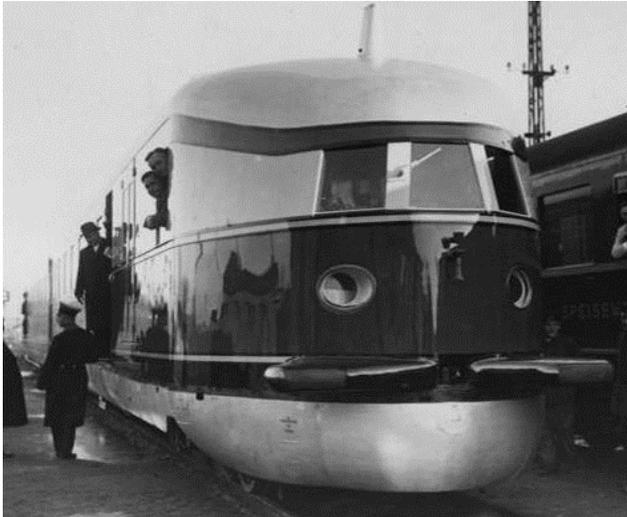
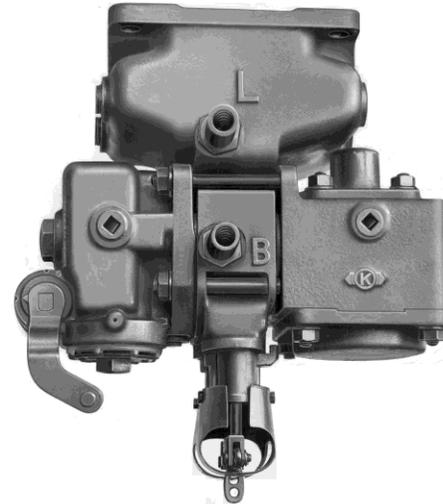
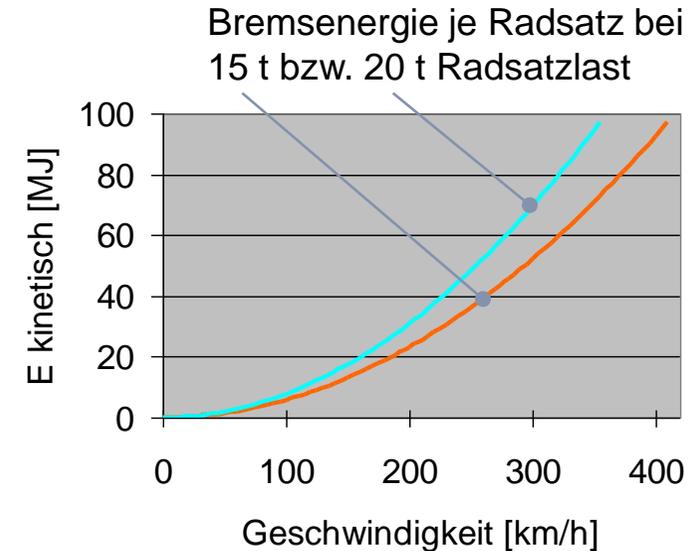
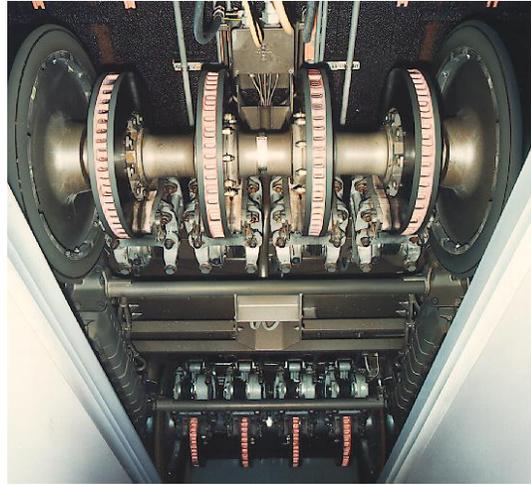


Foto: Bundesarchiv



- Erhöhung der Höchstgeschwindigkeit erfolgt bei weitestgehend unveränderter Infrastruktur, der Bremsweg ist damit bestimmt durch den vorhandenen Vorsignalabstand
- Einführung neuer Technologien
 - Magnetschienenbremse für Vollbahnen
 - Hochleistungsklotzbremse mit geschwindigkeitsabhängiger Umschaltung der Bremskraft (Knorr Bauart: Hikss Bremse)
 - Blockierschutzeinrichtungen (mechanischer Gleitschutz)
 - Versuche mit Trommelbremsen und Scheibenbremsen zur thermischen Entlastung der Räder

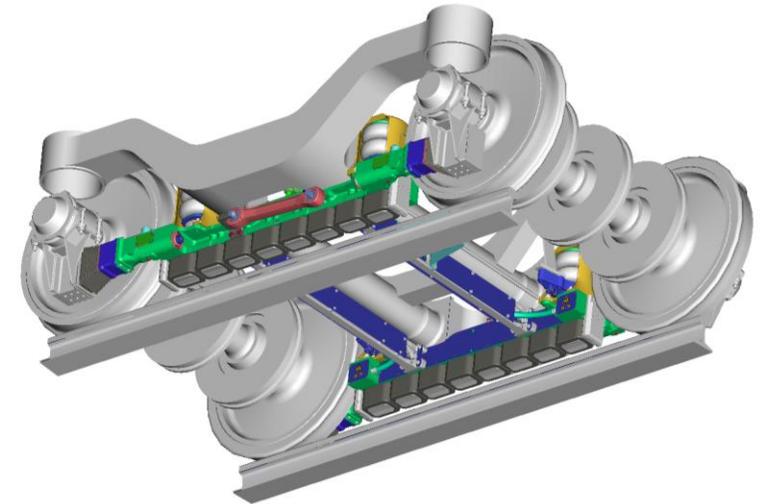
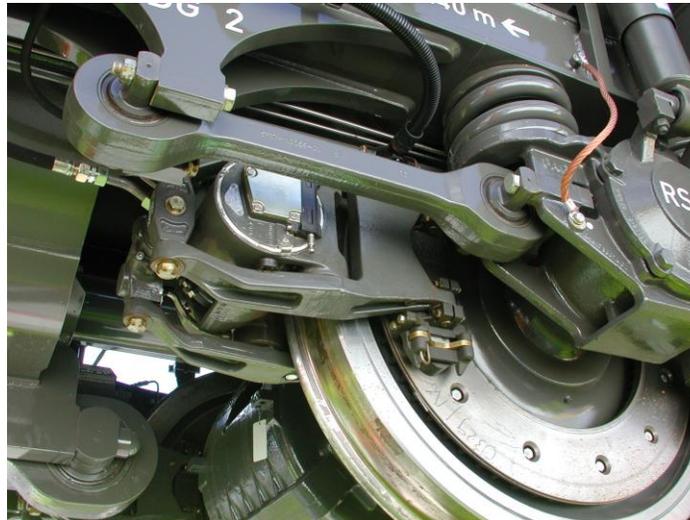
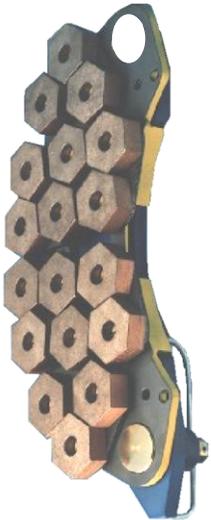
Weiterentwicklung der Schienenfahrzeugtechnik und der Zugsicherungstechnik ermöglichen Geschwindigkeiten von 200 km/h und mehr



- Begrenzung des Verschleißes der Reibungsbremse
 - Berücksichtigung der Wirkung von dynamischen Bremsen in der Bremssteuerung
- Hohe umzusetzende kinetische Energien
 - Einführung und Weiterentwicklung der Scheibenbremse
- Erhöhung des Fahrkomforts
 - Einführung der elektropneumatischen Zusatzbremse
- Beherrschung des Kraftschlusses Rad/Schiene beim Bremsen
 - Entwicklung und Einführung elektronischer Gleitschutzeinrichtungen

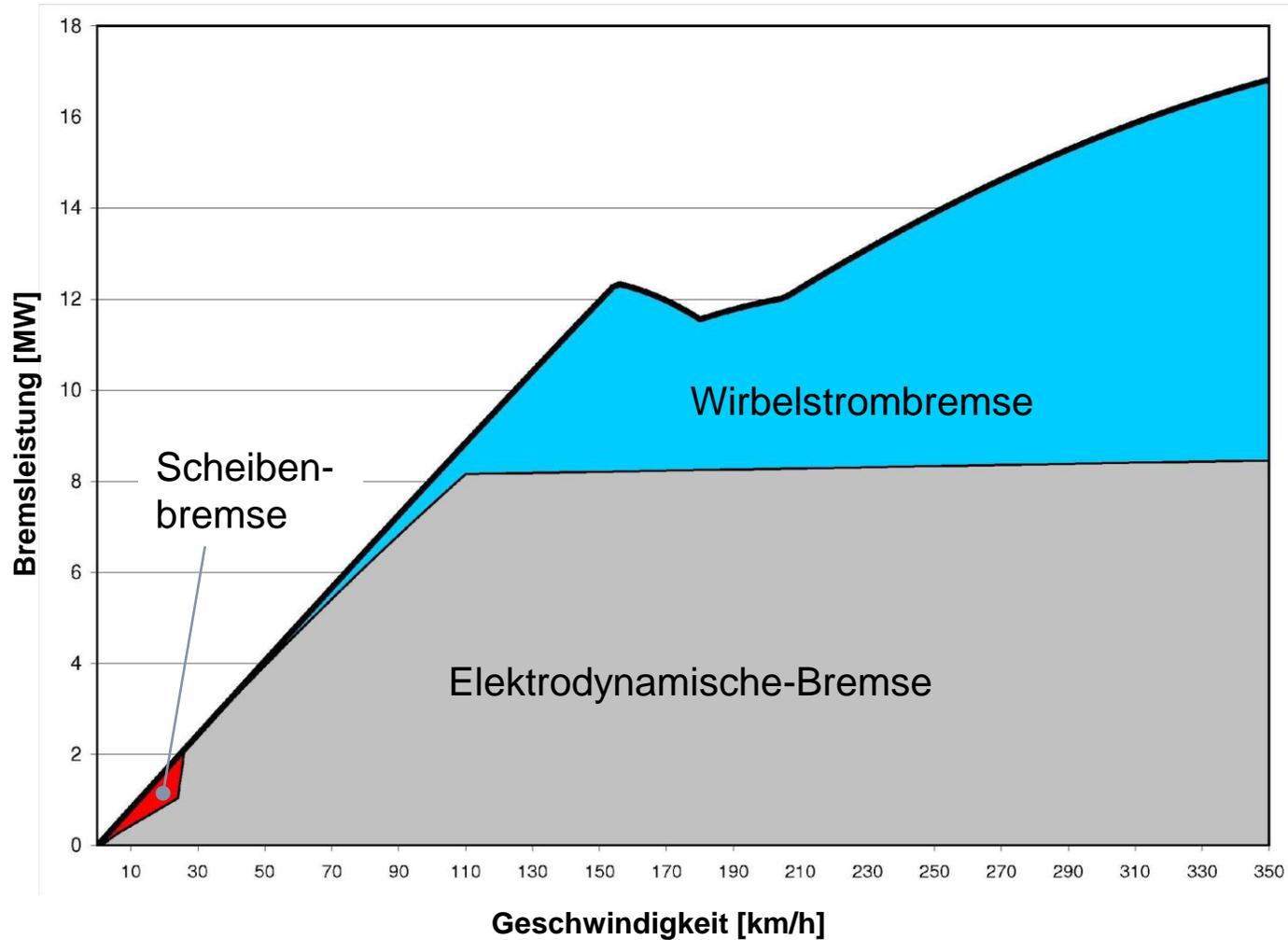
* Foto: Deutsches Museum

Geschwindigkeitssteigerungen bis zu ca. 350 km/h führen zu einer zunehmenden Einführung von verteilten Antrieben



- Reduzierter Einbauraum insbesondere bei den in einem zunehmenden Anteil verwendeten angetriebenen Fahrwerken
 - Bremsscheiben aus Stahlguss und ISOBAR[®]-Bremsbeläge zur Reduzierung der Anzahl der erforderlichen Krafterzeuger trotz höherer umzusetzender Bremsenergien
 - Entwicklung und Einführung von kompakten Bremszangeneinheiten für Wellen- und Radscheibenbremsen
- Serienmäßige Einführung der linearen Wirbelstrombremse
- Zugweites Bremsmanagement für verschleißoptimiertes Bremsen

Bremsmanagement – Beispiel für die Verteilung der Bremsleistung über der Geschwindigkeit beim ICE3 bei einer mittleren Bremsanforderung



Bremssteuerungen in Hochgeschwindigkeitszügen realisieren heute eine Vielzahl von Funktionen mit entsprechenden Sicherheitsanforderungen



- Zugweites Bremskraftmanagement mit optimaler Verteilung der Bremskraft auf die im Zug verfügbaren Bremssysteme
- Lokale Ansteuerung der Reibungsbremse
- Gleitschutz
- Rollüberwachung

COMORAN® - Neue Technologie zur Überwachung und präventiven Diagnose von Fahrwerken und deren Komponenten



Multifunktionaler Sensor

- Drehzahl
- Temperatur
- Beschleunigung

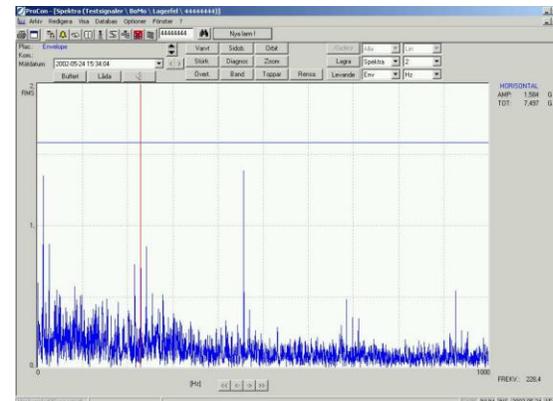
Monitoring Board

- Entgleisungsdetektion
- Heißläuferortung
- Zustandsdiagnose

Bremssteuerung

- Gleitschutz/Rollüberwachung
- Schnittstelle zur Fahrzeugsteuerung

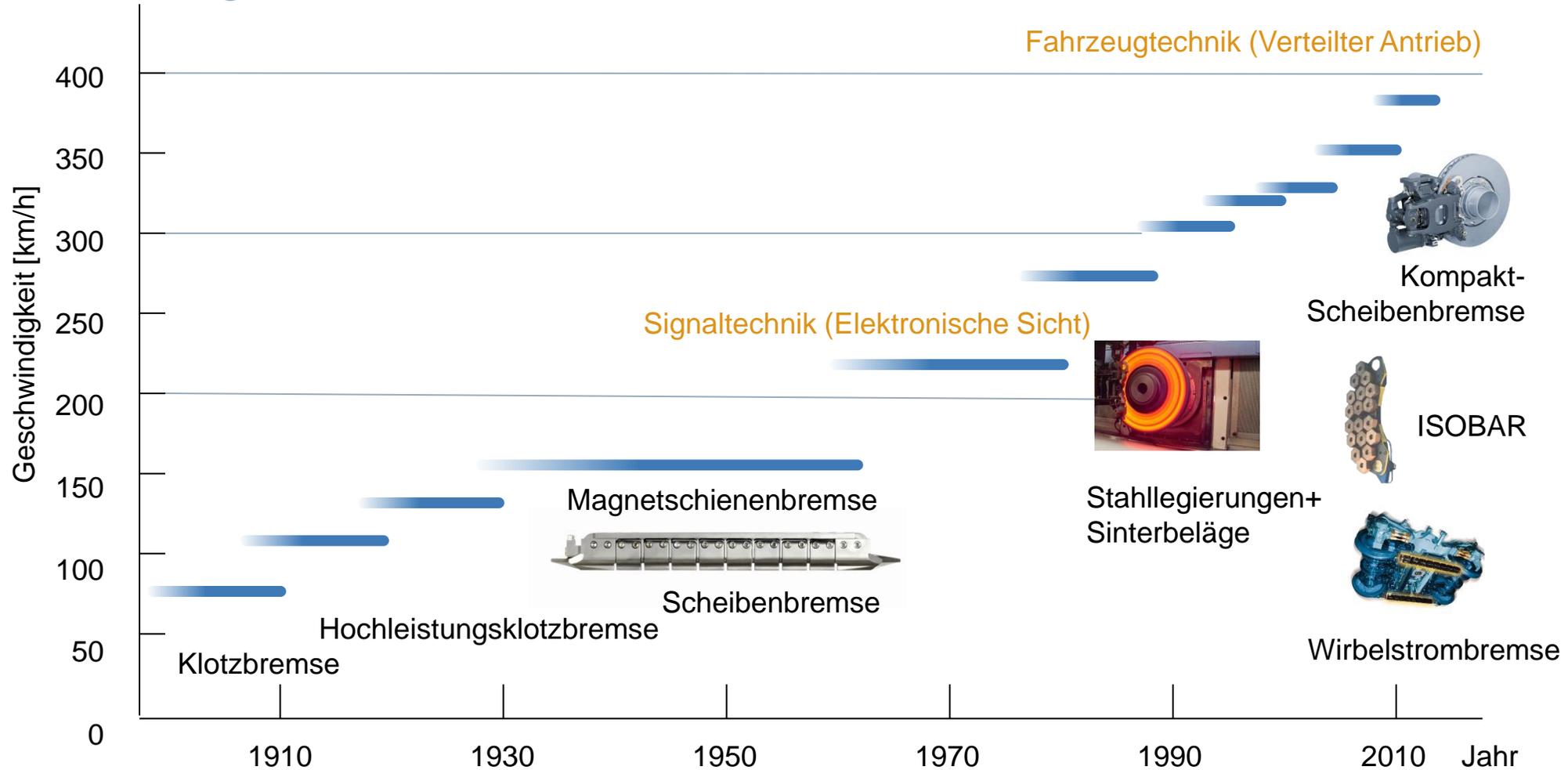
- Realisierung sicherheitsrelevanter Überwachungsfunktionen des Fahrwerkes
- Frühzeitige Erkennung von Verschleiß mittels Schwingungsanalyse (vorbeugende Instandhaltung)



Frequenzspektrum

COMORAN - **C**ondition **M**onitoring for **R**ailway Applications

Zusammenfassung - Entwicklung der Bremstechnik mit Zunahme der Geschwindigkeit



Güterverkehr – Weitere Geschwindigkeitssteigerung?

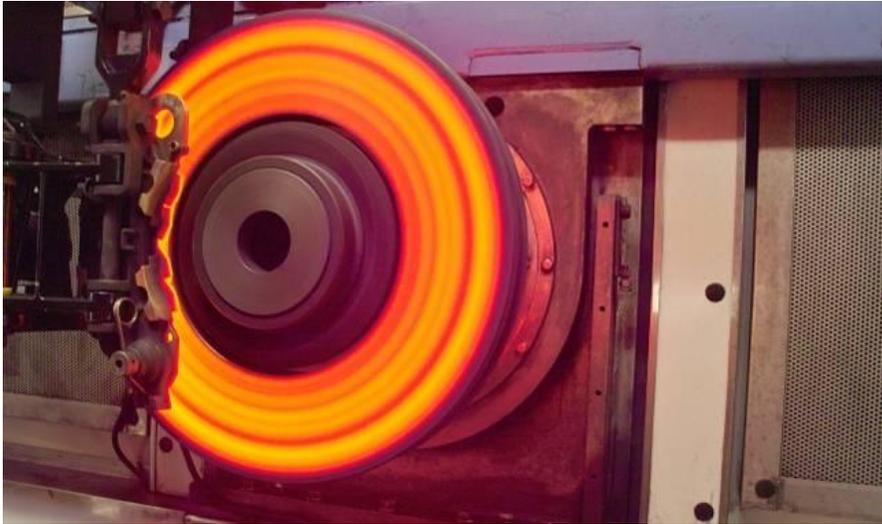


Foto: Georg Krause

■ Priorität:

- Geringer Beschaffungspreis
- Lärmreduzierung
- Optimierung der LCC für Fahrzeuge und Betrieb
- Reduzierung notwendiger Stillstandszeiten im Betrieb (z.B. für Bremsproben)

Personenverkehr – Weitere Geschwindigkeitssteigerung?



■ Priorität:

- Gewährleistung einer hohen Fahrzeugverfügbarkeit
- Weitere Reduzierung der LCC
- Weitere Optimierung des Verhaltens der Reibung zwischen Bremsbelag und Bremsscheibe
- Weitere Optimierung der Kraftübertragung im Aufstandspunkt zwischen Rad und Schiene

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH
Herr Dr.-Ing. Peter Berger
Moosacher Straße 80
D-80809 München

Tel: +49 89 3547-2797
E-Fax: +49 89 35647-2797
Mobil: +49 160 9399 0710
E-Mail: peter.berger@knorr-bremse.com
www.knorr-bremse.com