

Aktuelle Entwicklungen bei Bahnantrieben - Wo geht die Reise hin bei Schienenfahrzeugen? -

Prof. Dr.-Ing. Peter Gratzfeld

INSTITUT FÜR FAHRZEUGSYSTEMTECHNIK (FAST)



Aktuelle Entwicklungen bei Bahnantrieben

- Anfänge und Stand heute
 - Anfänge und rasche Verbreitung der elektrischen Traktion
 - Leistungssteuerung heute für Gleichstrom-, Wechselstrom-, Diesel- und Zweikraftfahrzeuge
- Aktuelle Entwicklungen bei Antriebskomponenten
 - PETT (Power Electronic Traction Transformer)
 - Stromrichter mit SiC-Elementen
 - Alternative Traktionsmotoren
 - Entwicklungen bei Bahn-Dieselmotoren
- Aktuelle Entwicklungen bei Antriebskonzepten
 - Bedarfsgerechte Ansteuerung bei Triebfahrzeugen mit mehreren Dieselmotoren
 - Dieselhybrid – Rangierlokomotiven
 - Dieselhybridtriebwagen
 - Batteriebetriebene Triebwagen
 - Antriebe mit Wasserstoff (Hydrail)
- Zusammenfassung

Aktuelle Entwicklungen bei Bahnantrieben

- Anfänge und Stand heute
 - Anfänge und rasche Verbreitung der elektrischen Traktion
 - Leistungssteuerung heute für Gleichstrom-, Wechselstrom-, Diesel- und Zweikraftfahrzeuge
- Aktuelle Entwicklungen bei Antriebskomponenten
 - PETT (Power Electronic Traction Transformer)
 - Stromrichter mit SiC-Elementen
 - Alternative Traktionsmotoren
 - Entwicklungen bei Bahn-Dieselmotoren
- Aktuelle Entwicklungen bei Antriebskonzepten
 - Bedarfsgerechte Ansteuerung bei Triebfahrzeugen mit mehreren Dieselmotoren
 - Dieselhybrid – Rangierlokomotiven
 - Dieselhybridtriebwagen
 - Batteriebetriebene Triebwagen
 - Antriebe mit Wasserstoff (Hydrail)
- Zusammenfassung

Anfänge der elektrischen Traktion

- Erste elektrische Triebfahrzeuge
schon vor mehr als 160 Jahren (1851)

➡ **mit Batterie**

- Erste elektrische Lokomotive
in Deutschland (1879)

➡ **Stromversorgung über eine
Mittelschiene**

Rasche Verbreitung der elektrischen Traktion

■ Gleichstrom für regional begrenzte Netze

■ Beispiele aus der Anfangszeit:

1881: Straßenbahn **Lichterfelde**,
Meterspur, 3,7 kW, 180 V=, 20 km/h,
Stromzufuhr über Schienen

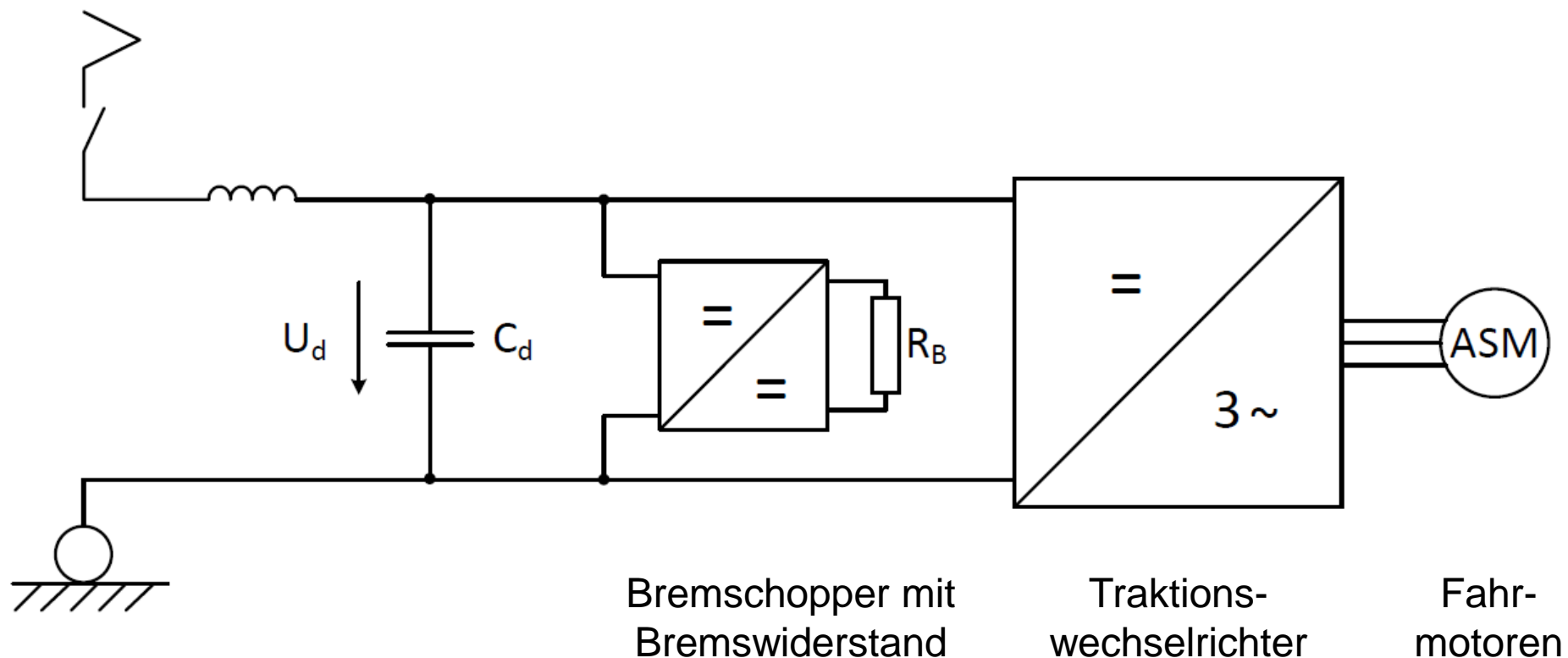
1884: Straßenbahn **Offenbach**,
Meterspur, 300V=, 20 km/h,
Stromzufuhr über Oberleitung

1891: **Halle**,
erstes elektrisches Straßenbahnnetz
in Europa

1900: **Karlsruhe**,
erster elektrischer Straßenbahnverkehr
zwischen Durlach und Durlacher Tor

Leistungssteuerung bei Gleichstromfahrzeugen heute

- Antrieb mit umrichter gespeisten Drehstromfahrmotoren (ca. seit 1980)



Rasche Verbreitung der elektrischen Traktion

■ Wechselstrom für Fernbahnnetze

■ Beispiele aus der Anfangszeit

1902 Oberitalien

3,6 kV 3~, 16²/₃ Hz

1903 Marienfeld - Zossen

10 kV 3~, 25-55 Hz, Weltrekord 210 km/h

1905 Murnau – Oberammergau

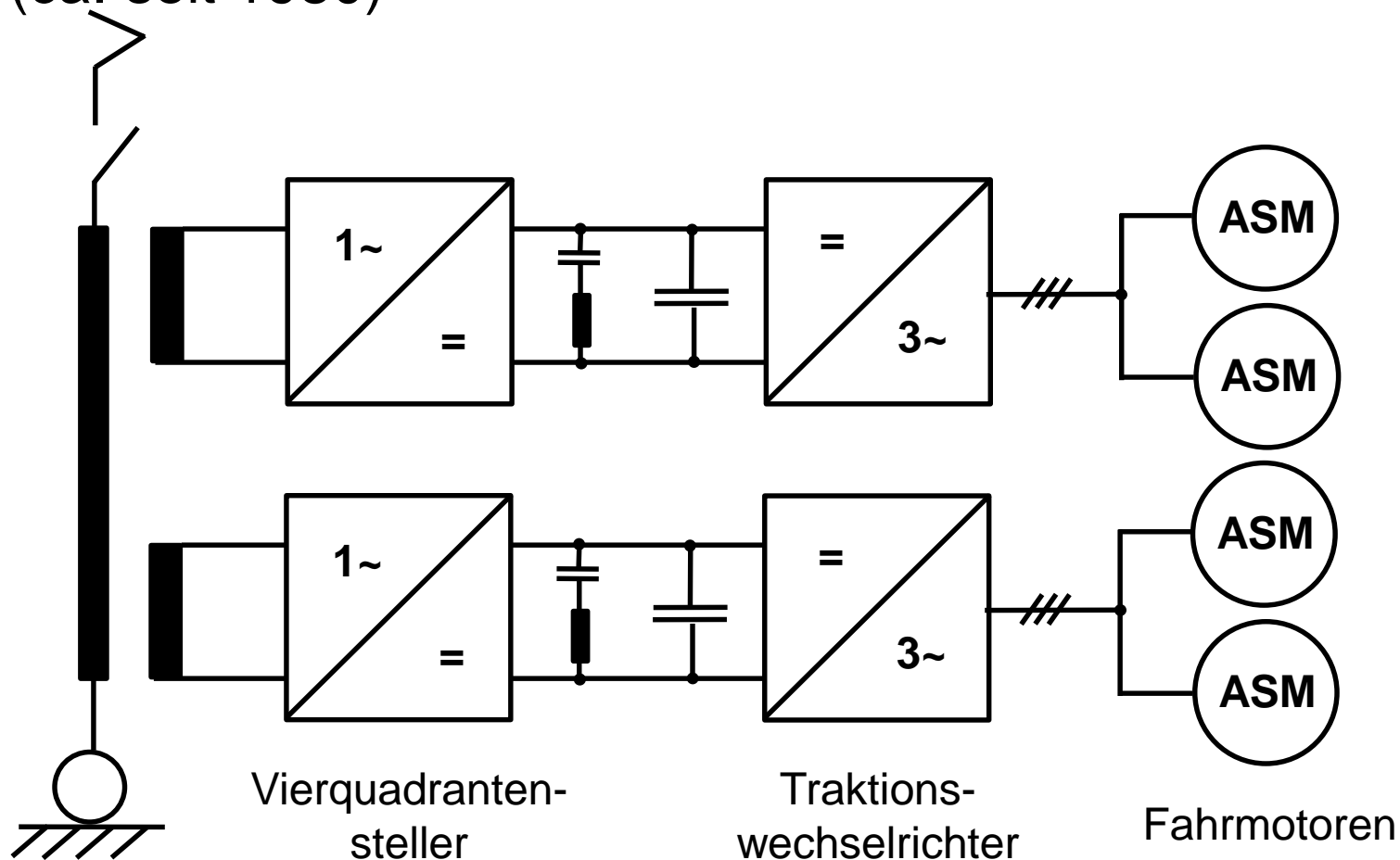
5 kV~, 16 Hz

1913 Norfolk & Western Railroad

11 kV~, 25 Hz

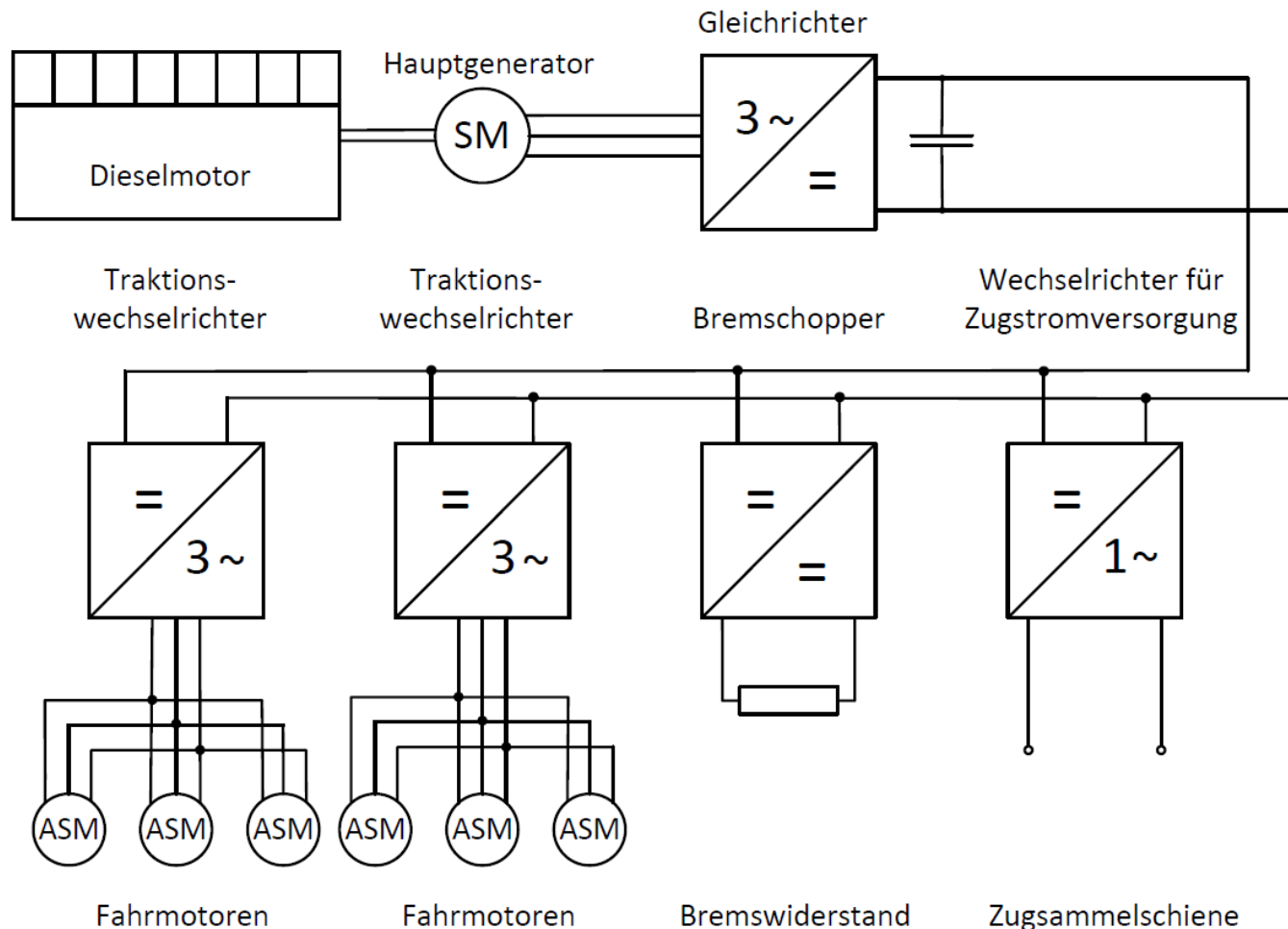
Leistungssteuerung bei Wechselstromfahrzeugen heute

- Antrieb mit umrichter gespeisten Drehstromfahrmotoren (ca. seit 1980)



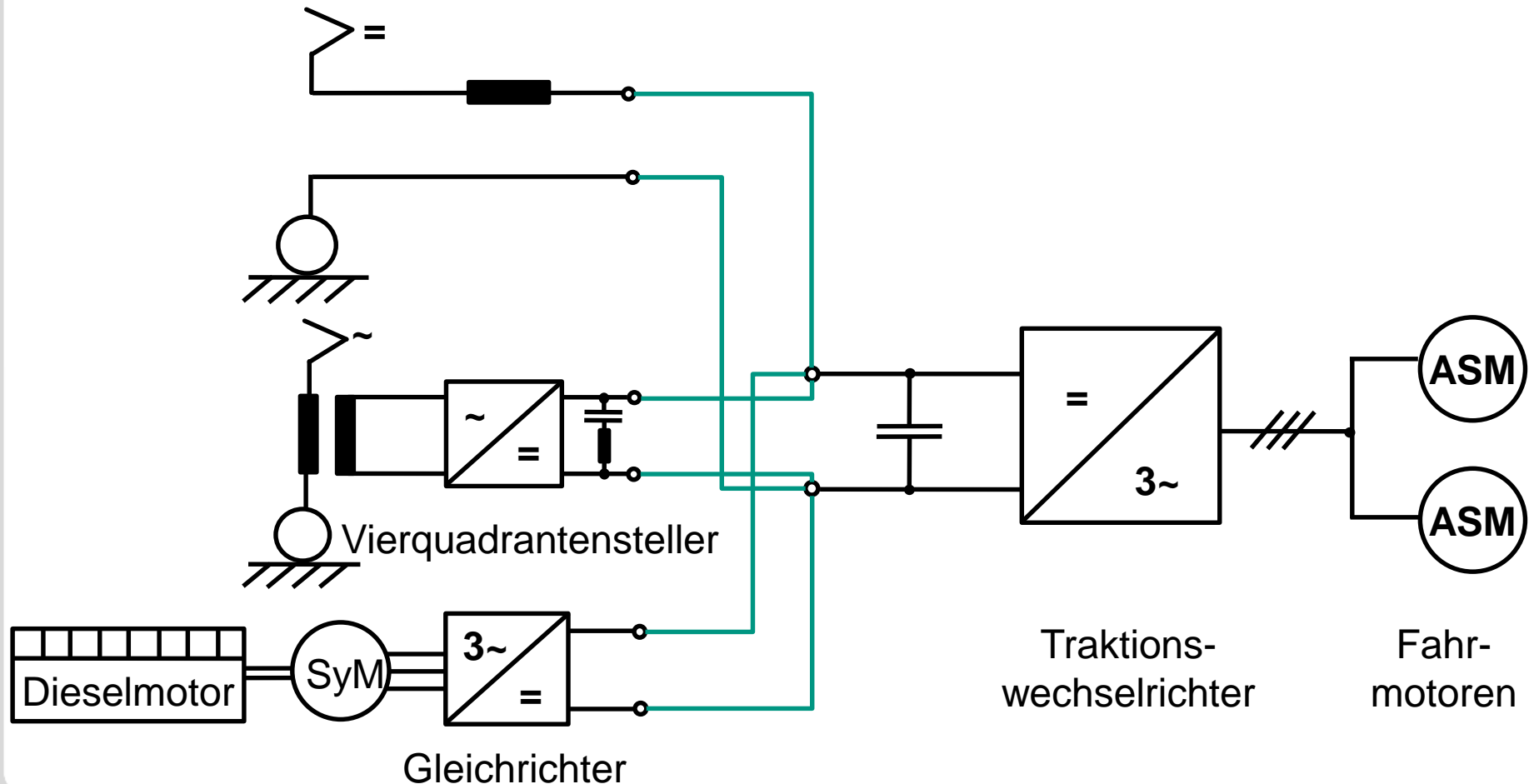
Leistungssteuerung bei dieselektrischen Fahrzeugen heute

■ Antrieb mit umrichter gespeisten Drehstromfahrmotoren



Effiziente Leistungssteuerung Stand heute

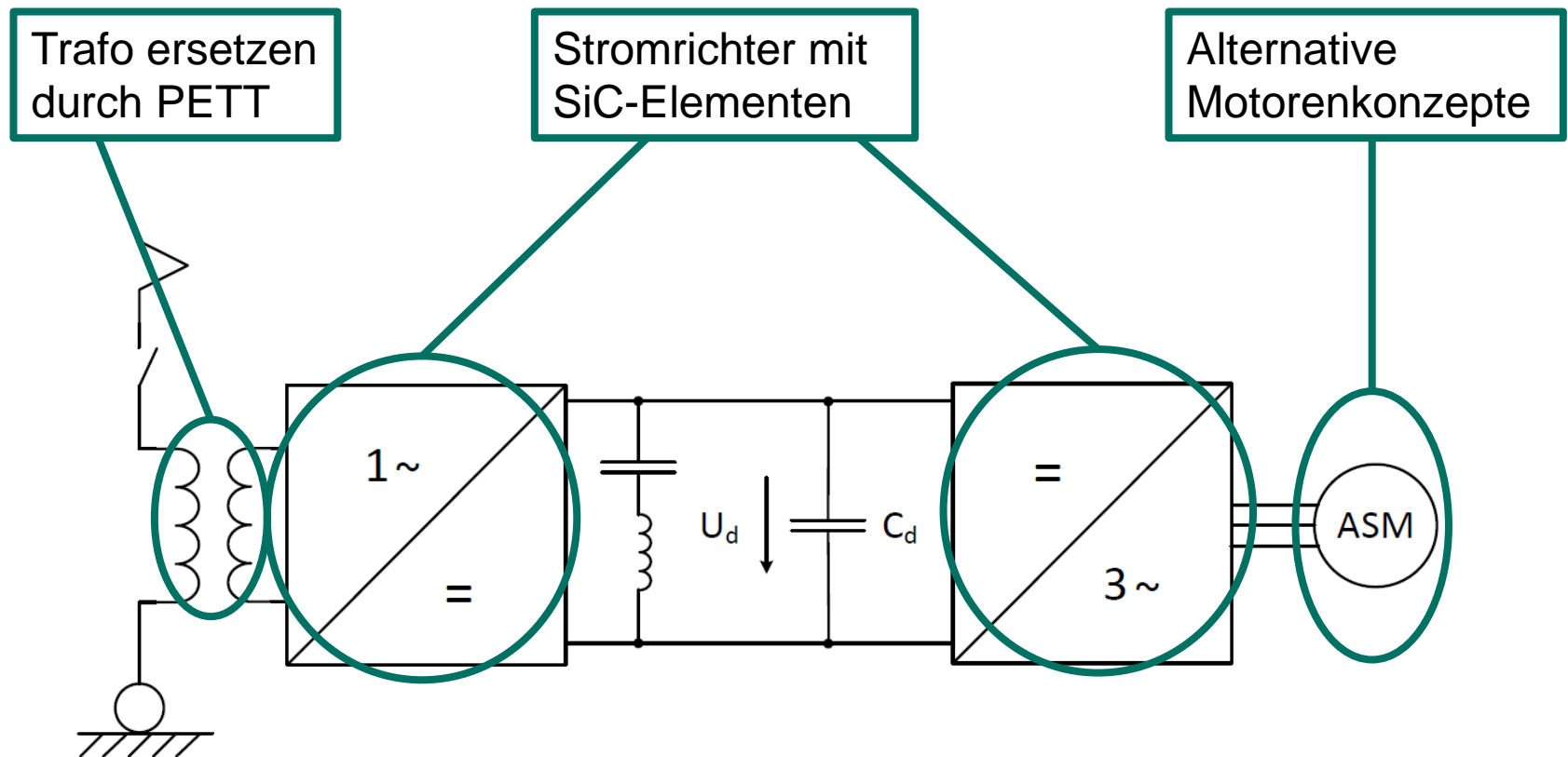
- Modularer Aufbau ermöglicht DC-, AC-, Diesel-, Mehrsystem- und Zweikraftfahrzeuge



Aktuelle Entwicklungen bei Bahnantrieben

- Anfänge und Stand heute
 - Anfänge und rasche Verbreitung der elektrischen Traktion
 - Leistungssteuerung heute für Gleichstrom-, Wechselstrom-, Diesel- und Zweikraftfahrzeuge
- Aktuelle Entwicklungen bei Antriebskomponenten
 - PETT (Power Electronic Traction Transformer)
 - Stromrichter mit SiC-Elementen
 - Alternative Traktionsmotoren
 - Entwicklungen bei Bahn-Dieselmotoren
- Aktuelle Entwicklungen bei Antriebskonzepten
 - Bedarfsgerechte Ansteuerung bei Triebfahrzeugen mit mehreren Dieselmotoren
 - Dieselhybrid – Rangierlokomotiven
 - Dieselhybridtriebwagen
 - Batteriebetriebene Triebwagen
 - Antriebe mit Wasserstoff (Hydrail)
- Zusammenfassung

- Weiterentwicklung von Komponenten im elektrischen Leistungskreis



- PETT (Power Electronic Traction Transformer)

- Stromrichter mit SiC - Elementen
 - SiC – Elemente
(kleiner, leichter, geringere Verluste, höhere Schaltfrequenzen)
 - Bei Batterieladegeräten und Bordnetzumrichtern heute schon realisiert.
 - Einsatz bei Traktionsstromrichtern ist kurzfristig zu erwarten.

■ Alternative Traktionsmotoren

- Permanent erregte Synchronmaschine (PM)
- Die höhere Leistungsdichte der PM gegenüber der ASM ist wegen des begrenzten Bauraums und des limitierten Gewichts wichtig.
- Die dauerhafte Erregung verlangt besondere Sicherheitsvorkehrungen für Störfälle.
- Der Wirkungsgrad ist abhängig vom tatsächlichen Fahrprofil und nicht zwangsläufig besser als bei einer ASM.

■ Entwicklungen bei Bahn-Dieselmotoren

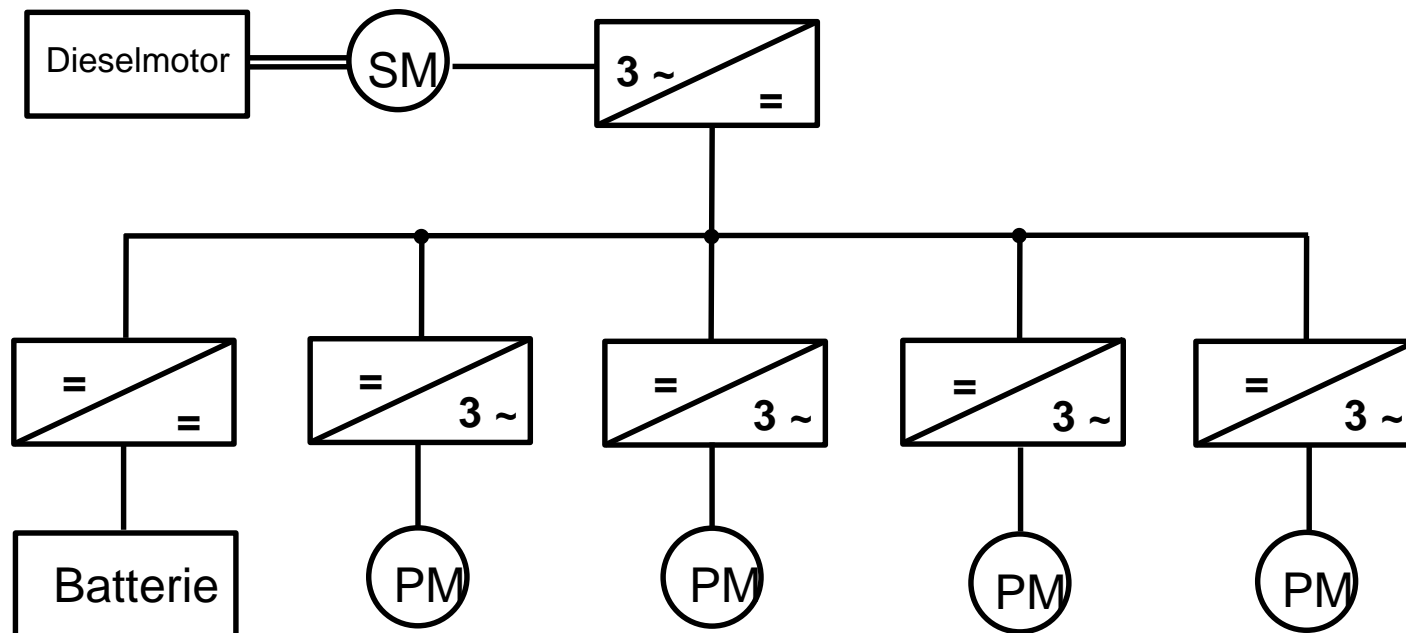
- Abgasaufbereitung mittels AdBlue
- Abgasenthalpienutzung durch Wärmerückgewinnungssysteme (z.B. Voith „Steam Drive“)
- Abgasenthalpienutzung durch Thermoelektrische Generatoren (aktuell nur Versuchsmuster)

Aktuelle Entwicklungen bei Bahnantrieben

- Anfänge und Stand heute
 - Anfänge und rasche Verbreitung der elektrischen Traktion
 - Leistungssteuerung heute für Gleichstrom-, Wechselstrom-, Diesel- und Zweikraftfahrzeuge
- Aktuelle Entwicklungen bei Antriebskomponenten
 - PETT (Power Electronic Traction Transformer)
 - Stromrichter mit SiC-Elementen
 - Alternative Traktionsmotoren
 - Entwicklungen bei Bahn-Dieselmotoren
- Aktuelle Entwicklungen bei Antriebskonzepten
 - Bedarfsgerechte Ansteuerung bei Triebfahrzeugen mit mehreren Dieselmotoren
 - Dieselhybrid – Rangierlokomotiven
 - Dieselhybridtriebwagen
 - Batteriebetriebene Triebwagen
 - Antriebe mit Wasserstoff (Hydrail)
- Zusammenfassung

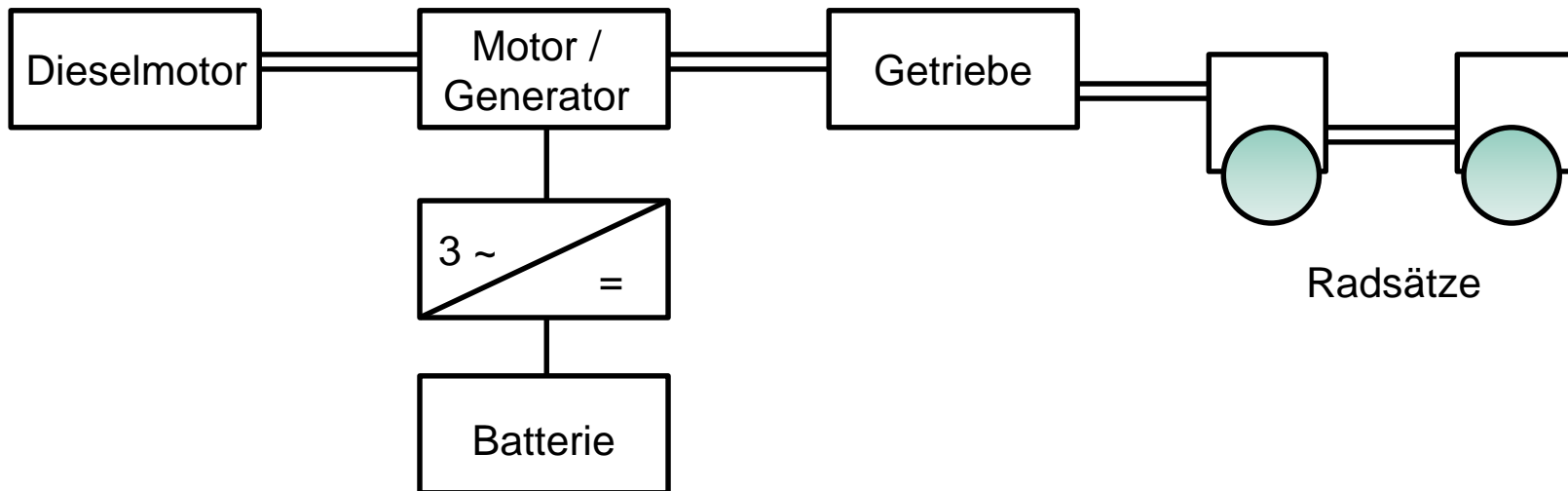
Aktuelle Entwicklungen bei Antriebskonzepten

- Bedarfsgerechte Ansteuerung bei Triebfahrzeugen mit mehreren Dieselmotoren
 - Beispiel Mehrmotorenlokomotive (BR 245)
- Dieselhybrid - Rangierlokomotiven



Aktuelle Entwicklungen bei Antriebskonzepten

■ Dieselhybridtriebwagen



Aktuelle Entwicklungen bei Antriebskonzepten

■ Batteriebetriebene Triebwagen

- Ausgangssituation und Problemstellung
 - Hoher Energieverbrauch, Abgas- und Schallemissionen im Regionalverkehr mit Dieseltriebwagen
 - Zu geringe Wirtschaftlichkeit für die Elektrifizierung von Regionalstrecken
- Konzept
 - Ersatz von Dieseltriebwagen durch elektrische Triebwagen mit Traktionsbatterien
 - Nachladen der Traktionsbatterien beim Befahren von überspannten Strecken und Bahnhöfen

Aktuelle Entwicklungen bei Antriebskonzepten

■ Antriebe mit Wasserstoff (Hydrail)

■ Konzept

- Einsatz einer Brennstoffzelle, die elektrische Energie erzeugt, elektrische Fahrmotoren, Pufferbatterie
- Keine lokalen Emissionen (nur Wasser), geräuscharmer E-Antrieb

■ Bisher erreichte Ergebnisse

- Versuchsfahrzeuge und Prototypen seit 2002, Japan, China, USA, bisher **keine Serienfahrzeuge**
- **Absichtserklärung** von Alstom mit NI, NRW, BW und HE zum Einsatz von Wasserstoff-Triebwagen auf Coradia-LINT-Basis (Förderung durch NIP)



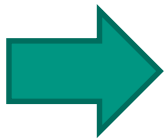
Foto: Peter Gratzfeld

Aktuelle Entwicklungen bei Bahnantrieben

- Anfänge und Stand heute
 - Anfänge und rasche Verbreitung der elektrischen Traktion
 - Leistungssteuerung heute für Gleichstrom-, Wechselstrom-, Diesel- und Zweikraftfahrzeuge
- Aktuelle Entwicklungen bei Antriebskomponenten
 - PETT (Power Electronic Traction Transformer)
 - Stromrichter mit SiC-Elementen
 - Alternative Traktionsmotoren
 - Entwicklungen bei Bahn-Dieselmotoren
- Aktuelle Entwicklungen bei Antriebskonzepten
 - Bedarfsgerechte Ansteuerung bei Triebfahrzeugen mit mehreren Dieselmotoren
 - Dieselhybrid – Rangierlokomotiven
 - Dieselhybridtriebwagen
 - Batteriebetriebene Triebwagen
 - Antriebe mit Wasserstoff (Hydrail)
- Zusammenfassung

Zusammenfassung

- Elektrische Traktion ist **das** Erfolgsmodell seit 120 Jahren.
- Die etablierten Antriebskonzepte gewährleisten einen hohen Wirkungsgrad der elektrischen Leistungsübertragung.
- Weiterentwicklungen gibt es bei allen Antriebskomponenten (Trafo, Stromrichter, Traktionsmotoren und Bahn-Diesel).
- Potenziale zur Effizienzsteigerung bieten neue Antriebskonzepte vor allem für Dieseltriebfahrzeuge oder zum Ersatz des Dieselmotors.



Bahnantriebe werden auch in Zukunft einen effizienten und umweltfreundlichen Transport von Menschen und Gütern sicherstellen!

VIELEN DANK !

**Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Fahrzeugsystemtechnik
Teilinstitut Bahnsystemtechnik**

**Prof. Dr.-Ing. Peter Gratzfeld
Institutsleitung**

**Rintheimer Querallee 2, Geb. 70.04
76131 Karlsruhe**

Tel.: + 49 721 608 48608

Fax: + 49 721 608 48639

Email: peter.gratzfeld@kit.edu

Internet: www.bahnsystemtechnik.de

KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft

Peter Gratzfeld

- Studium der Elektrotechnik und Promotion an der RWTH Aachen
- 22 Jahre Bahnindustrie bei
 - BBC
 - ABB
 - ABB Henschel
 - Adtranz
 - Bombardier Transportation

Engineering, Projektmanagement,
Geschäftsleitung

- Seit 01.11.2008 am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Fahrzeugsystemtechnik (FAST)
Teilinstitut Bahnsystemtechnik

