

Innovative elektrische und hybride Antriebstechniken im Schienenverkehr

Prof. Dr. Uwe Höft
Berlin 27. November 2018



Gliederung / Agenda

1. Worum es geht: Klimaschutz und emissionsfreie Traktion
2. Rückblick: Innovationen seit über 100 Jahren
3. Innovative Konzepte für elektrische / hybride Antriebe
 - a. Triebwagen
 - b. Streckenlokomotiven (Dual Mode; Hybrid)
 - c. Streckenlokomotiven mit Last-mile-Funktion
 - d. Rangierlokomotiven
 - e. Komponenten (Hybrid Powerpacks)
4. Zusammenfassung Fazit



1. Worum geht es? (Warum sind Innovation notwendig?)

A) Ziele der EU für den Verkehrssektor (Weißbuch 2011):

CO₂-Reduktion bis 2050 um rund 60 Prozent (gegenüber dem Stand von 1990) sowie die Verringerung der Abhängigkeit Europas von Erdölimporten

⇒ **30%** (!!!) des Straßengüterverkehrs über 300 km sollen bis 2030 auf andere Verkehrsträger wie Eisenbahn- oder Schiffsverkehr verlagert werden.

B) Klimaschutzabkommen von Paris (Dezember 2015):

Die ehrgeizigen Klimaschutzziele sind nur durch eine Verlagerung von der Straße auf die Schiene zu erreichen (= > Verkehrswende)

= > Sektorziel Verkehr: 40% Reduktion CO₂ bis 2030!

Nur wenn Verkehre auf die Schiene verlagert werden, haben wir eine Chance, die Klimaziele zu erreichen!



Stand der Elektrifizierung der Eisenbahn in Deutschland



Das Netz der deutschen Bahn ist heute etwa zu 60% elektrifiziert (angestrebtes Ziel 70%). Aber viele Nebenbahnen, Anschlussgleise, Häfen usw. haben keinen Fahrdrabt. Hier braucht es andere emissionsfreie Lösungen.

Bildquellen: eigene Abbildungen





2. Ein kleiner Rückblick



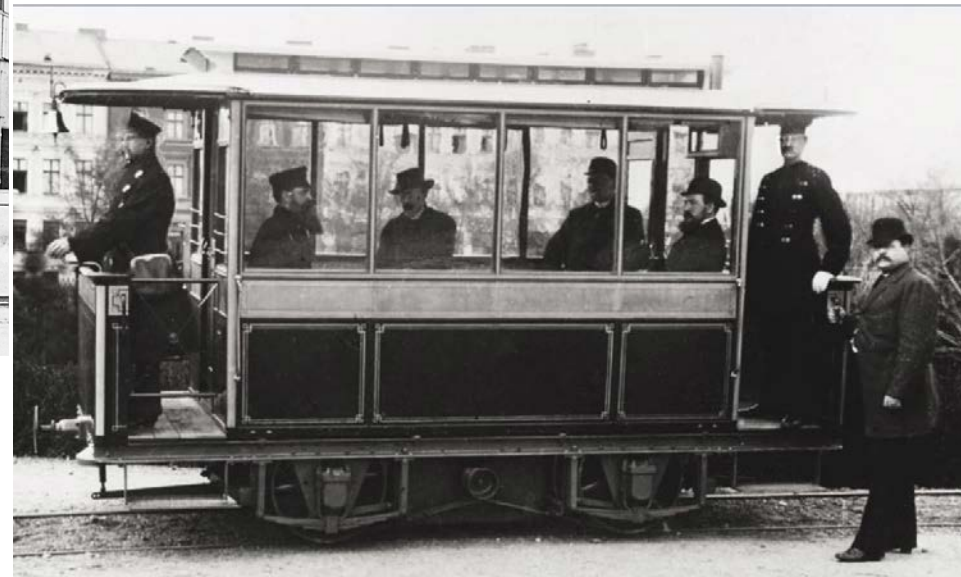
Meilensteine der Eisenbahn

Innovativ und seit über 100 Jahren elektromobil



1879: Elektrische Bahn von Siemens & Halske auf der Berliner Gewerbeausstellung

Von Siemens - www.electropulus.com.ua, Gemeinfrei,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=25073177>



1881: Berlin Lichterfelde – erste Elektrische Straßenbahn von Siemens mit Stromzuführung über die beiden Fahrschienen

Von Unbekannt - (english) The Siemens Tram from Past to Present (pdf),
Siemens corporation, S. page 1 Retrieved on 7. Januar 2009., Gemeinfrei,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5675263>



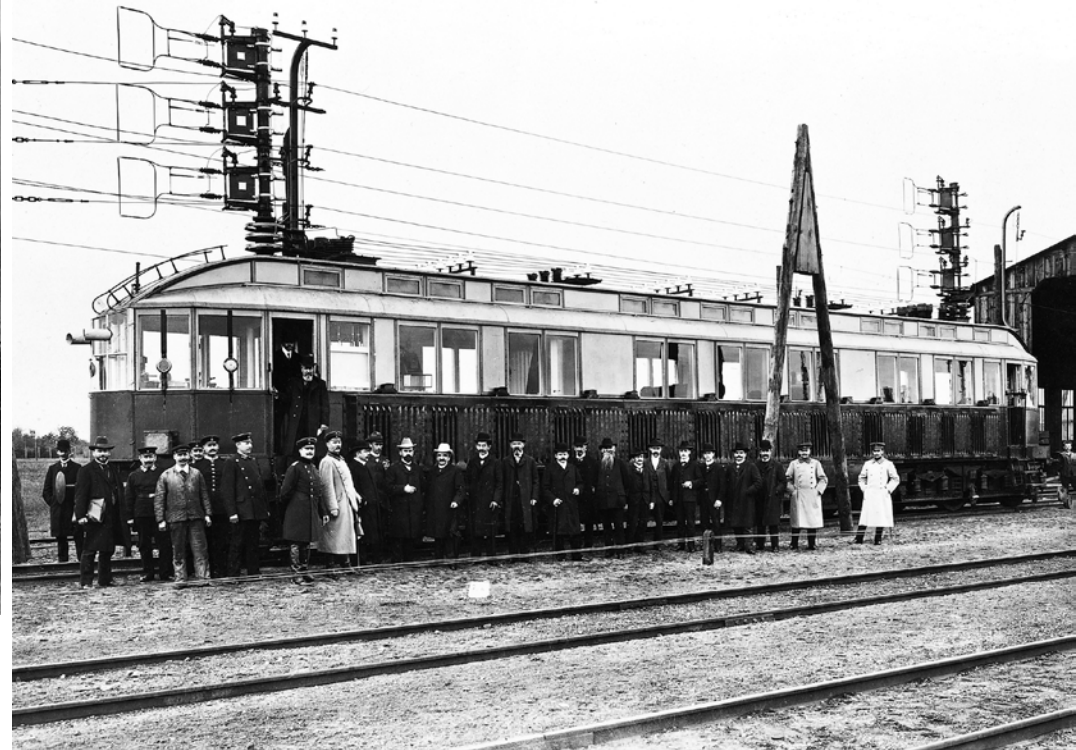
Meilensteine der Eisenbahn

Innovativ und seit über 100 Jahren elektromobil



1902: In Berlin wird die erste U-Bahn in Deutschland eröffnet; Bild zeigt den Hochbahnhof Bülowstraße

Von Unbekannt - Scan of a postcard, Gemeinfrei,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=178146>



1903: Drehstrom-Schnelltriebwagen; Vmax ca. 210 km/h
Dreipolige Oberleitung der Königlich Preußischen Militär-Eisenbahn
zwischen Marienfelde - Zossen;

Von Unbekannt - Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=506262>

seit 1912: Festlegung 15kV, 16 2/3Hz für die Eisenbahn in Deutschland



3. Innovative Antriebskonzepte für die Eisenbahn



3. Antriebsarten der Eisenbahn im Überblick

Konventionelle Antriebe

- Dampfmaschine / Dampflokomotive
- Elektro (15 kV; 16,7 Hz. oder andere Systeme)
- Diesel (Diselelektrisch / Dieselhydraulisch / evtl. multi-Engine-Konzepte)
- Batterie
- ggfs. als Ergänzung Powercaps

Gemischte / hybride Antriebe

- E-Traktion (Oberleitung OL) + Batteriespeicher
- E-Traktion (Oberleitung OL) + last mile Diesel (LM)
- E-Traktion (Oberleitung OL) + Diesel mit Generator
- Diesel mit Generator + Batteriespeicher
- Diesel mit Generator + Batteriespeicher + E-Traktion (Oberleitung OL)

Alternative Antriebe

- Wasserstoff (Brennstoffzelle) + Batteriespeicher
- LNG (Flüssiggas)



3.1. Konzepte für den SPNV (Übersicht)

Innovative emissionsarme Lösungen / Projekte Triebwagen

- *Alstom (iLint) => Brennstoffzelle (Wasserstoff) + Batterie*
- Bombadier (Talent 3 Plattform => BEMU Elektrotraktion + Batterie)
- Siemens (Mireo-Plattform)
- Siemens / ÖBB (City Jet Eco – Umrüstung Siemens Desiro ML)
- Stadler (FLIRT Plattform: Flirt-Akku; Flirt Elektro-Diesel)
- Stadler WINK Plattform
- Deutsche Bahn: Projekt Eco.... Umrüstung Siemens Desiro ...)

...



Bombardier Talent III Plattform - BEMU



Bombardier BEMU
Quelle: Bombardier



Bombardier präsentierte im Herbst 2018 den Prototyp des Talent 3 BEMU:
(elektrisch 15 KV/16,7 Hz und Batterie für nicht elektrifizierte Abschnitte)

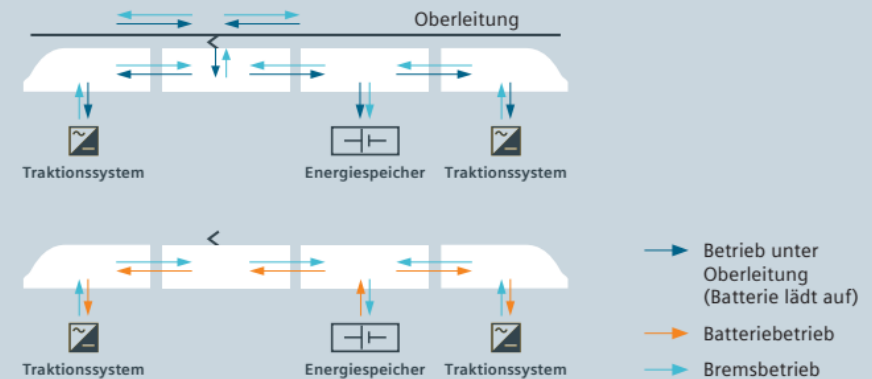


Siemens Mireo Plattform



Siemens Mireo
Quelle: Siemens

Hybrid-Option



Auch das ist kompromisslose Flexibilität: Als Hybridfahrzeug kann der Mireo bis zu 80 Kilometer ohne Oberleitung überbrücken. Er ist also auf Strecken, die nur teilweise elektrifiziert sind, flexibel einsetzbar – und reduziert so Kraftstoffverbrauch und Lebenszykluskosten.



Siemens / ÖBB - Desiro ML Cityjet eco Versuchsfahrzeug



Siemens / ÖBB: Desiro ML Cityjet eco Versuchsfahrzeug
Quelle: OEBC 2018, Roman Boensch

Technische Daten	AC-Modus	Batterie-Modus
Achsfolge	Bo'Bo'+2'2'+Bo'Bo'	
Spurweite	1.435 mm	
Höchstgeschwindigkeit	140 km/h	120 km/h
Antriebsleistung	bis 2.600 kW	
Installierte Batteriekapazität		528 kWh
Anfahrbeschleunigung	1,0 m/s ²	0.77 m/s ²
Energieversorgung	15 kV AC / 25 kV AC	
Länge (über Kupplung)	75.152 mm	
Fußbodenhöhe	600 mm	
Einstiegsbereiche	6 je Zug in der S-Bahn	
Fahrgastkapazität	244 Sitzplätze in der S-Bahn	
Max. Achslast	< 17 t inklusive Traction Battery pack	
Kollisionstauglichkeit	TSI und EN 15227 konform	
Brandschutz	CEN / TS 45545 und DIN 5510 Brandschutzstufe 2	



Stadler WINK-Plattform



Stadler WINK
Bimodales Fahrzeug für Arriva NL; Antrieb Diesel/ HVO
(hydriertes Pflanzenöl) und 1,5 kV DC; Auslieferung in 2020
Quelle: Stadler

WINK = wandelbarer, innovativer Nahverkehrs-Kurzzug
Antriebslösung: als DMU mit Diesel; als DMU mit HVO (= Pflanzenöl / Biodiesel)
Bimodal als Diesel mit Batterien, elektrisch mit Batterielösung oder Brennstoffzellen
sind realisierbar; Nach- und Umrüstung mit anderen Antriebsarten möglich
V max bis zu 160 km/h.“ Auslieferung an Anrriva NL in 2020



Stadler Flirt-Plattform



FLIRT Bimodal mit elektrischem Antrieb (3 KV Gleichstrom; 2600 kW) und zwei Dieselmotoren (700 kW) für die Region Aostatal (Italien)
Quelle: Stadler



FLIRT AKKU anlässlich einer Präsentationsfahrt im Oktober 2018 auf der Heidekrautbahn
Quelle: Stadler

Die **FLIRT 3 Plattform** von Stadler ermöglicht unterschiedliche Antriebskonfigurationen: FLIRT EMU (elektrisch); DMU (dieselelektrisch); bimodal (elektrisch OL und Dieselantrieb); FLIRT AKKU (elektrisch 15 KV/16,7 Hz und Batterie für nicht elektrifizierte Abschnitte)



3.2. Streckenlokomotiven (Übersicht)

Innovative emissionsarme Lösungen / Projekte

Streckenlokomotiven:

- Stadler Euro Dual 4001 („2. Generation“)
- Siemens Vectron Dual Mode (DE + Oberleitung) (Konzept)
- Vossloh DM 20 (Plattform G18; bisher nur Konzept)



Stadler Euro Dual Schwere 6-achsige Streckenlokomotive als Elektro-Diesel-Hybrid



Stadler EURODUAL Lokomotive für HVLE
Quelle: Pressemitteilung Stadler 14.03.2016

6-achsige Güterzuglokomotive; 15 kV bzw. 25 kV (AC) und Diesel;
Leistung: E-Traktion ca. 7.000 kW; Dieseltraktion ca. 3.000 kW
Auslieferung an Kunden HVLE ab Mitte 2019 geplant



Siemens Vectron Dual Mode (Konzept) Streckenlokomotive mit 4 Achsen



 Dieselmotorleistung: 2.400 kW (gemäß UIC 623-2:2010)	 Gewicht (max.): 90 t
 Spurweite: 1.435 mm	 Traktionleistung am Rad: 2.000 kW
 Länge: 19.975 mm	 Zugsicherung: PZB, für ETCS vorbereitet
 Kraftstoffbehälter Nutzvolumen: 2.500 l	 Raddurchmesser neu / abgenutzt: 1.100 mm / 1.020 mm
 Spannungssystem: 15 kV / 16,7 Hz	 Doppeltraktion: Über WTB ÖBB: mit typgleichen Fahrzeugen sowie Vectron E, Vectron DE und ER20
 Anfahrzugkraft: 300 kN	

Siemens Vectron Dual Mode
Quelle: Siemens Mobility 2018

4-achsige Güterzuglokomotive Dual Mode
Leistung: Dieselmotor ca. 2.400 kW



Vossloh DM 20 (Konzept)

4-achsige Dual Mode Lokomotive

für den Streckendienst und schweren Rangierdienst



Dual Mode Lokomotive DM 20
(Konzept auf Basis G12/G18)
Quelle: Vossloh Locomotives

Daten:

E-Traktion ca. 2000 kW; Dieseltraktion ca. 1.200 kW

Vmax. 120 km/h; Dienstgewicht 90 t; LÜP: 17.000 mm



3.3. Streckenlokomotiven mit Last Mile Funktion

Innovative emissionsarme Lösungen / Projekte

Lokomotiven mit Last Mile Diesel:

- Bombardier TRAXX (Baureihe 187)
- Siemens Vectron Plattform
- ...



Bombardier TRAXX 3 - Last Mile Lokomotive

Bombardier TRAXX3

Elektrische
Streckenlokomotive
mit kleinem Last-Mile-
Dieselmotor (ca. 200 kW)
und Energiespeicher
(Batterie/Ultracaps)



Bombardier TRAXX3 mit Last Mile Funktionalität
Quelle: eigene Abbildung



3.4. Rangierloks (Überblick)

Innovative emissionsarme Lösungen / Projekte Rangierlokomotiven:

- Alstom Prima H3-Plattform
- Alstom Prima H4-Plattform (Schweiz Aem 940)
- CRRC (Hybrid Rangierlok für Hamburger S-Bahn) (Diesel + Batt.)
- Gmeinder DE 75 BB (Dual Engine / Hybrid / Batterie / Stromschiene)
- Stadler „Butler“ (SBB Eem 923)
- Stadler NG Shunting (bisher nur Konzept)
- Vossloh G6 als Plattform (bisher nur Konzept)
- Vossloh DE 18 Smart Hybrid (bisher nur Konzept)

- Modernisierungen bestehender Lokomotiven



Alstom Prima H3 Hybrid-Lokomotive

Fahrzeuge mit großer Batterie
und (kleinem) Dieselmotor;
andere Konfigurationen sind möglich



Alstom Rangierlokomotive H3
Quelle: eigene Abbildung



Alstom Prima H4 Plattform



Alstom Prima H4 in Belfort (F)
Quelle: Alstom

folgende Konfigurationen sind möglich

- Prima H4 Hybrid: Dieselmotor (895 kW) und Batterie (600 kW)
- Prima H4 Zwei Motoren (2x 895 kW Diesel)
- **Prima H4 Bimode: Dieselmotor 895 kW und 2.000 kW Oberleitung => SBB Aem 940**
- Prima H4 Bimode Batterie: Batterie (600 kW); 2.000 kW Oberleitung



Stadler Butler (SBB Eem 923)



Stadler Zweikraftlokomotive Butler

Quelle: Stadler



Stadler Zweikraftlokomotive Butler

Quelle:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d1/SBB_Cargo_Eem_923_Hybrid_%288225750798%29.jpg/1024px-SBB_Cargo_Eem_923_Hybrid_%288225750798%29.jpg

Zweikraftlokomotive Butler

Elektrisch: 15 kV/16.7 Hz oder 25 kV/50 Hz; ca. 1500 kW; Diesel: ca. 290 kW am Rad



Stadler NG Rangierlokomotive (Konzept)



Stadler NG Rangierlok Konzept
Quelle: Stadler

Mögliche Antriebe des NG Konzepts:

- dieselelektrischer Antrieb (ein oder zwei Dieselmotoren Stage IIIB)
- bi-modal: auf elektrifizierten Strecken mit 2000 kW und auf nichtelektrifizierten mit einem oder zwei Dieselmotoren der Emissionsstufe IIIB
- Hybridversion mit einem Dieselmotor und Traktionsbatterien



4. Zusammenfassung / Fazit



4. Zusammenfassung / Fazit

- Alle namhaften Schienenfahrzeug-Hersteller arbeiten an Hybrid- bzw. Dual-Mode-Konzepten
- Moderne Plattformen ermöglichen verschiedene Konfigurationen (OL – Batterien – Diesel – Wasserstoff – Multi-Engine usw.)



Es gibt noch
Hoffnung:
Züge fahren wieder!!





zum Schluss ein wenig Werbung





**Technische Hochschule
Brandenburg**
University of
Applied Sciences

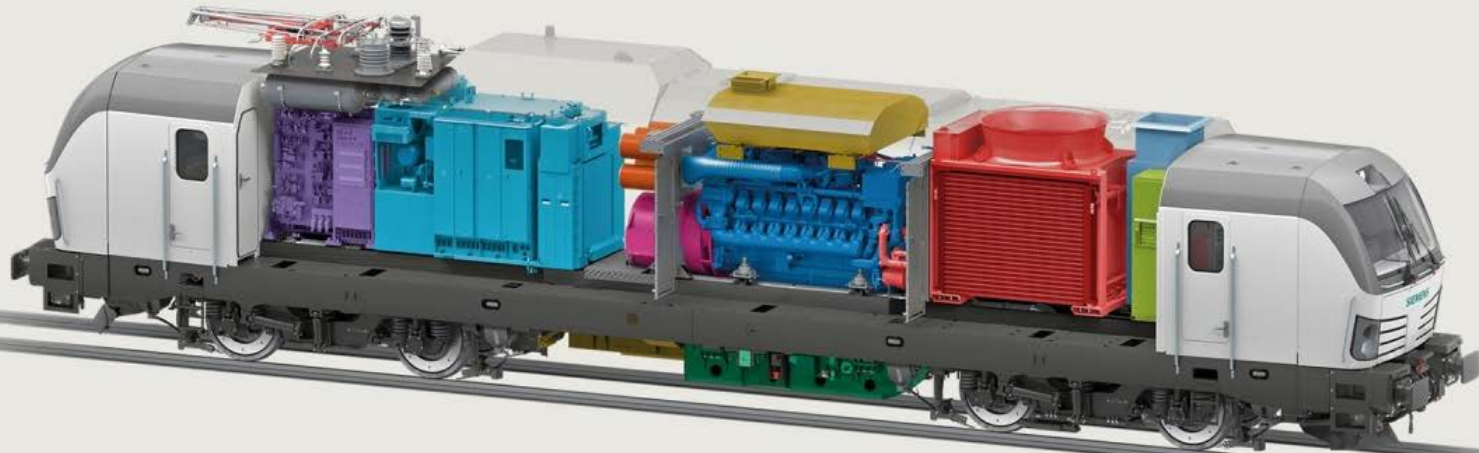
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Prof. Dr. Uwe Höft
Fachbereich Wirtschaft
Marketing – Innovation – System Bahn

uwe.hoeft@th-brandenburg.de



Elektro-Diesel-Hybrid Siemens Vectron Dual Mode (Aufbau)



Komponenten

- Bremswiderstand
- Zugsicherungsschrank
- Dieselmotor-Kühlanlage
- Dieselmotor
- Partikelfilter

- Verbrennungsluftansaugung
- Generator
- E-Block mit Zentrallüfter und Umschaltgerüst

- Bremsgerüst
- Kraftstoffbehälter
- Haupttransformator
- Stromabnehmer