
Die Zukunft des Öffentlichen Verkehrs Landesgruppe Niedersachsen/Bremen

Einführung und Überblick zu technischen Lösungen

Martin Schmitz, VDV
Geschäftsführer Technik

Mobilität

Koalitionsvertrag – Auswahl zentraler Punkte

Mobilität (S. 48 ff.)

„Wir wollen die 2020er Jahre zu einem Aufbruch in der Mobilitätspolitik nutzen und eine nachhaltige, effiziente, barrierefreie, intelligente, innovative und für alle bezahlbare Mobilität ermöglichen.“

„Die erforderlichen Entscheidungen zur Erreichung der Klimaschutzziele 2030 und 2045 mit dem Ziel der Dekarbonisierung des Mobilitätsbereichs werden wir treffen und die praktische Umsetzung deutlich beschleunigen.“

„Mobilität ist für uns ein zentraler Baustein der Daseinsvorsorge, Voraussetzung für gleichwertige Lebensverhältnisse und die Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschafts- und Logistikstandorts Deutschland.“

„Ziel ist es, die Fahrgastzahlen des ÖV deutlich zu steigern.“



Klimaschutz

Der ÖV bietet die klimafreundlichste Mobilität an!

Emissionen pro Personenkilometer (Pkm) mit klassischer Antriebstechnik im

- motorisierten Individualverkehr (MIV): zirka 6,2 l/100 Pkm mit 160 g CO₂/Pkm
- öffentlichen Verkehr (ÖV) mit Bussen: nur 2,8 l/100 Pkm mit 75 g CO₂/Pkm
- Straßenbahn/U-Bahn sogar nur 2,4 l/100 Pkm mit 64 g CO₂/Pkm

Status Quo der Elektrifizierung

- 61 Prozent des Bundesschienennetzes sind elektrifiziert. (Ausbauplanungen auf >70 Prozent)
- 74 Prozent aller Zugkilometer werden elektrisch zurückgelegt.
⅔ der Personenkilometer werden im ÖV schon elektrisch gefahren!
- Über 90 Prozent aller Verkehrsleistungen auf der Schiene werden elektrisch erbracht.

Der ÖV bietet heute schon

- eine höhere Energieeffizienz
- ressourcenschonendere Mobilität (weniger Material/Fahrgast, weniger Fläche)
- die Daseinsvorsorge (Mobilität für alle, Back-up für Rettungskräfte bei Evakuierungen und der Energieversorgung)

Der Umstieg auf den ÖV stellt den ersten effektiven Baustein zur CO₂-Reduktion dar!

Klimaschutz

Die Ausrichtung der ÖV-Branche bis 2030 – Das Leistungskostengutachten!

Zur Erreichung der Klimaziele im Verkehr (- 53 Prozent gegenüber 1990)

- sollen das ÖPNV-Fahrtenangebot um 60 Prozent ausgebaut und die Nachfrage um 24 Prozent gesteigert werden durch
 - Deutschlandtakt im SPNV.
 - Attraktivitätssteigerung durch Angebotsausweitung bei Bussen und Bahnen, Digitalisierung (Mobilitätsplattformen, Level 4-Fahrzeuge, ETCS), Vorrang und Pünktlichkeit, offensiven Aufbau des Linienbedarfsverkehrs insbesondere im ländlichen Raum.
 - SPNV 70 Prozent Elektrifizierung, Busse Stadt 50 Prozent, Land 30 Prozent emissionsfrei, Linienbedarfsverkehr 100 Prozent emissionsfrei und 8,5 Millionen elektrische Pkw.
 - Im MIV greifen spürbare Einschränkungen, indem die Nutzerkosten angehoben, der Parkraum eingeschränkt bzw. stärker bewirtschaftet und der Straßenraum für andere Verkehrsmittel oder Verwendungen umgewidmet wird.



Eine Leistungsausweitung erhöht die Attraktivität des ÖVs!

Quellenangaben: VDV

Klimaschutz

Elektromobilität beim VDV

Elektromobilität ist unser Kerngeschäft . . .



Quelle: MVV



Quelle: KVB



Quelle: Philipus / Fotolia.com



Quelle: Deutsche Bahn



Quelle: kvGF



Quelle: Gemeindefwerke Gundelfingen GmbH



Quelle: kvb | TIER Fahrzeuge



Quelle: Westfälische Verkehrsgesellschaft mbH (WVG) | Regionalverkehr Münsterland GmbH (RVM)

Migrationsprozess vom fossilen auf das postfossile Zeitalter

Bus: Marktentwicklung

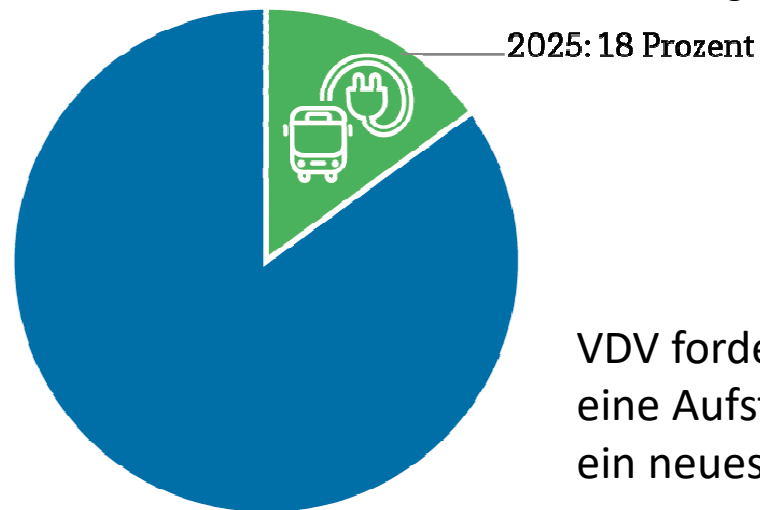
2019 → 1.400 E-Busse im Linieneinsatz

+ 2021 → 5.000 E-Busse beantragt

Gesamt → ca. 35.000 Busse (im VDV)

Nur in 2021 $\frac{1}{7}$ (knapp 15 Prozent) der Flotte könnte bis 2025 auf E-Mobilität umgestellt sein.

Gesamt → **18 Prozent der Flotte könnte bis 2025 auf E-Mobilität umgestellt sein.**



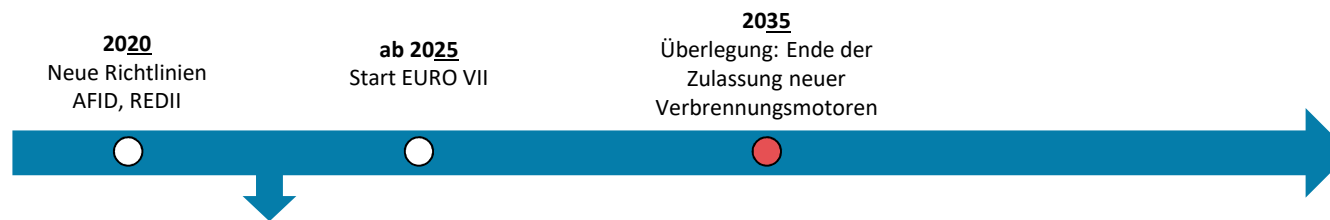
VDV fordert
eine Aufstockung der Fördermittel
ein neues Förderprogramm

Migrationsprozess vom fossilen auf das postfossile Zeitalter

SaubFahrzeugBeschG – Einschätzung vom VDV

- Der VDV schätzt, dass die Beschaffungszahlen in den nächsten Jahren auf dem Niveau von 2018/2019 liegen und damit 3.000 Stadtbusse pro Jahr betragen werden.
- **5.000 zur Förderung angemeldeten Bussen!**
Dies entsprächen **1.111 Busse pro Jahr** im Zeitraum von August 2021 bis Ende 2025.
- Für eine CVD-Betrachtung werden folgende Szenarien betrachtet:
 - *Worst-Case-Betrachtung:*
Es müssten mindestens 1.350 saubere (45 Prozent von 3.000 Bussen) und davon 675 emissionsfreie Busse pro Jahr ausgeschrieben werden.
Die Quote der emissionsfreien Fahrzeuge wird erreicht!
 - *Real-Case-Betrachtung:*
Grundbasis 3.000 -250 (1.000 Fz. aus 2019), -300 DB, -300 Private, -250 über Rahmenverträge, -50 Schulträger
CVD Grundbasis: 1.850 Busse / a. Es müssen **416** emissionsfreie Busse pro Jahr ausgeschrieben werden.
Die Quote der emissionsfreien und sauberen Fahrzeuge wird fast erreicht!
- Das Mindestziel für emissionsfreie Fahrzeuge für den ersten Referenzzeitraum bis 2025 kann durch eine freiwillige Erfüllung und damit über eine Branchenlösung erreicht werden!

Entwicklungen im Bereich der Verbrennungsmotoren EURO 7, Kraftstoffzusammensetzung



- **Anforderungen an Kraftstoffe nehmen zu**
 - Ziel ist eine 25%ige Emissionsreduktion bis 2030 durch regenerative Beimischungen
- Prozess zur **Definition von EURO VII** laufen mit „setting of new limits and real-world monitoring“
 - Option 1: Fokus auf CO₂, NO_x, NH₃ (moderateste Anforderungen)
 - Option 2: stricter limits on regulated and non-regulated emissions
 - Option 3: real-world emission monitoring to ensure compliance, robustness against tampering, and enforcement over the entire lifetime of the vehicle
- **Industrie prüft die Wirtschaftlichkeit der Entwicklung unter den Rahmenbedingungen**

Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFI)

- Richtlinie 2014/94/EU → Verordnung
- Mitgliedstaaten sollen in Städten und entlang des TEN-V-Netzes **öffentlich zugängliche Ladesäulen und Wasserstofftankstellen** (sowie LNG-Tankstellen für schwere Nutzfahrzeuge) installieren
- Die **Definition von „alternativen Kraftstoffen“**, auf die sich die Clean Vehicles-Richtlinie hinsichtlich sauberer Busse bezieht, bleibt inhaltlich gleich
- Mitgliedstaaten müssen nationale Umsetzungspläne für den Infrastrukturaufbau erstellen; darin sollen sie sich auch mit der **Infrastruktur für Flotten** auf Privatgelände (darunter im ÖV) befassen.

[Link](#)

Definition „alternative Kraftstoffe“ (Kommissionsvorschlag)

(1) Alternative Kraftstoffe für emissionsfreie Fahrzeuge

- Elektrizität
- Wasserstoff
- Ammoniak

(2) Erneuerbare Kraftstoffe

- Biomasse
- Synthetische u. paraffinhaltige Kraftstoffe (erneuerbare Quelle)

(3) Alternative fossile Kraftstoffe für eine Übergangszeit

- Gas (CNG, LNG)
- LPG
- Synthetische u. paraffinhaltige Kraftstoffe (nicht erneuerbar)

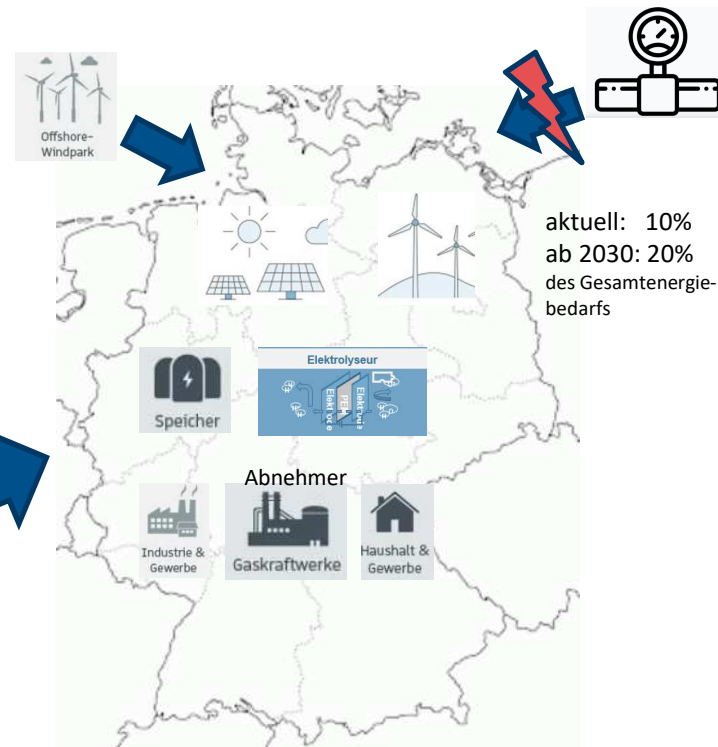
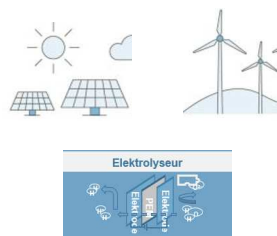
Energieträger: Bereitstellung

Maßnahmen zur Migration auf neue Energieträger

Es gibt einen Energiemangel!

Maßnahmen und Migrationspfad:

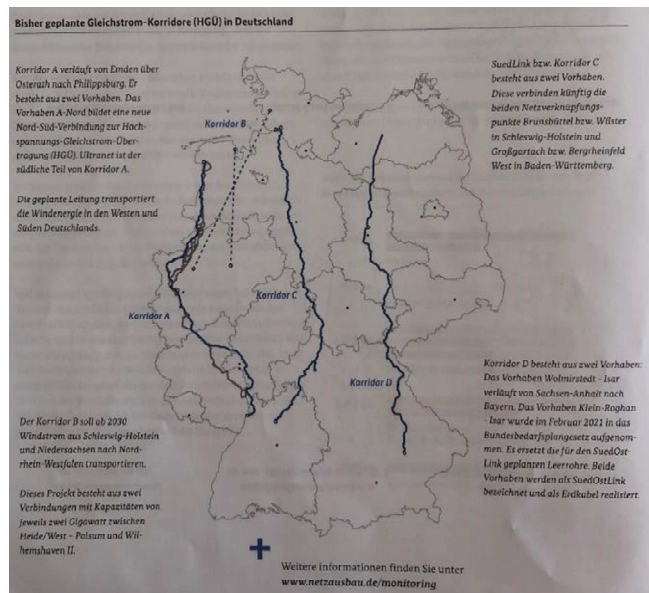
- Ausbau der regenerativen Energie in Deutschland und bei intern. Partnern für Importe
Abnehmer: Wärme-, Verkehrs-, Industrie- und Strommarkt
- Erhöhung der Energieeffizienz
Mobilitätswende, Antriebswende, Wahl des Energieträgers
- Zielsetzungen für 2030
Priorisieren des Einsatzes von Energieträger zum Infrastrukturausbau
Nutzung und Ausbaus der vorhandenen Infrastrukturen
Nutzung lokaler Gegebenheiten und Förderungen
- Forschung und Entwicklung:
 - Technologieoffenheit



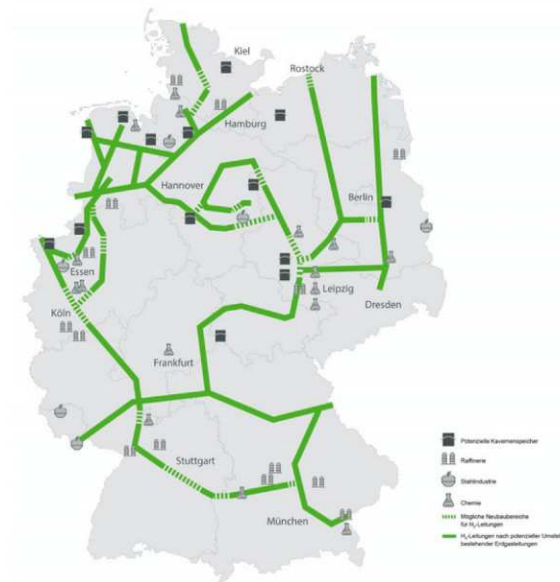
Infrastruktur

Volkswirtschaftliche Betrachtung: Energieverteilung

geplanter Ausbau des Stromnetzes



geplanter Ausbau des Gasnetzes

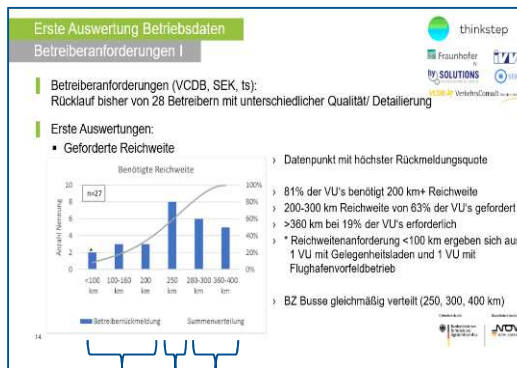


Quelle: Bundesnetzagentur (1/2021) / FNB Gas
<https://www.dasinvestment.com/welche-farbe-hat-wasserstoff/>

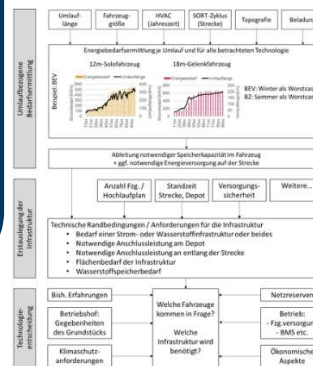
Migrationsprozess vom fossilen auf das postfossile Zeitalter

Bus: Anforderungen an die Betreiber

VDV-Positionspapier:
 „Emissionsfreie Energie- und Antriebskonzepte für Stadtbusse zur Umsetzung der europäischen Clean Vehicles Directive“ aus 2020 siehe „knowhow@oev.de“



30% 30% 40%





Quelle: : Thinkstep AG, rvk Köln, Herr Schläpke, Stadtwerke Münster


Batterie und Brennstoffzelle

Effizienz- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Wirkungsgrade im Vergleich bei Nutzung von Öko-Strom

 Batteriebetriebenes Elektrofahrzeug	
Erneuerbarer Strom	→ 100 Prozent
↓ Übertragung	→ 95 Prozent
Batterienutzung	→ 86 Prozent
↓ Elektromotor Mechanik	→ 85 Prozent → 95 Prozent
insgesamt	→ 69 Prozent

 Brennstoffzellen-Fahrzeug	
Erneuerbarer Strom	→ 100 Prozent
↓ Übertragung Elektrolyse	→ 95 Prozent → 70 Prozent
Wasserstoff	→ 67 Prozent
↓ Kompression/ Transport	→ 80 Prozent
	→ 32 Prozent (Brennstoffzelle → 60 Prozent)
↓ Elektromotor Mechanik	→ 85 Prozent → 95 Prozent
insgesamt	→ 26 Prozent

 Fahrzeug mit Verbrennungsmotor	
Erneuerbarer Strom	→ 100 Prozent
↓ Übertragung Elektrolyse	→ 95 Prozent → 70 Prozent
Wasserstoff	→ 67 Prozent
↓ Power-to-Liquid Ferntransport	→ 70 Prozent → 95 Prozent
	→ 44 Prozent (Flüssigkraftstoff)
↓ Verbrennungsmotor Mechanik	→ 30 Prozent → 95 Prozent
insgesamt	→ 13 Prozent

 Fahrzeug mit Verbrennungsmotor	
Fossiler Kraftstoff (Rohstoff)	→ 100 Prozent
↓ Förderung, Raffinerie, Verteilung	
Verbrennungsmotor	→ 83 Prozent
↓ Abgase, Abwärme	
insgesamt	→ 33 Prozent

Quelle: www.volkswagenag.com

Batterie und Brennstoffzelle

Betrachtung der Kraftstoffe

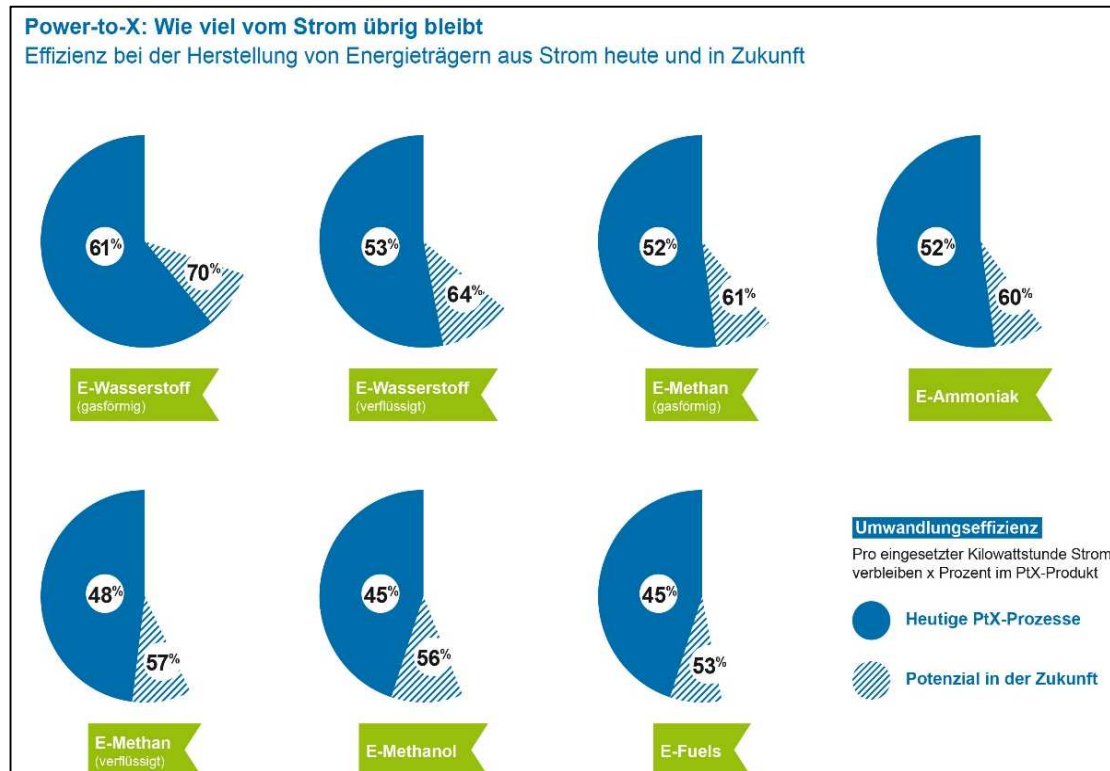
Betrachtung der Verfügbarkeiten bis 2030, der CVD Einordnung, der realen Emissionen

Diesel	Synthetische Kraftstoffe		Synthetische Kraftstoffe	Synthetische Kraftstoffe	Synthetische Kraftstoffe	Batterie	Wasserstoff
	CTL	GTL	BTL	E fuel			
Produktion und	Kohle	Gas	Biomasse		Verfügbarkeiten in 2030		
	Sauber gem 2019/1161/EU	Sauber gem 2019/1161/EU	Sauber gem 2019/1161/EU	Sauber gem 2019/1161/EU	emissionsfrei gem 2019/1161/EU	emissionsfrei gem 2019/1161/EU	
Emissionen und					Energieeffizienz		
CO ₂ -Emissionen	CO ₂ -Emissionen	CO ₂ -Emissionen	Ca 5% CO ₂ -Emissionen	Keine CO ₂ -Emissionen	Keine CO ₂ -Emissionen	Keine CO ₂ -Emissionen	Keine CO ₂ -Emissionen
NOx Emissionen	NOx Emissionen	NOx Emissionen	NOx Emissionen	NOx Emissionen	Keine NOx Emissionen	Keine NOx Emissionen	Keine NOx Emissionen
Produktionsanlagen vorhanden	ja	ja	ja	Keine Produktionsanlagen für E-Fuel.	Kraftwerke vorhanden	Nur nachfrageorientiert für grünen H ₂	
großvolumige Mengenerstellung bis 2030 möglich			Sozialverträglichkeit ist zu prüfen „food for oil“	großvolumige Mengenerstellung bis 2030 nicht möglich	großvolumige Mengenerstellung bis 2030 möglich	großvolumige Mengenerstellung bis 2030 nicht möglich	

Quelle: VDV

Batterie und Brennstoffzelle

Betrachtung der Power-to-X Kraftstoffe



Quelle: Öko-Institut e.V. 2019, CC by-SA 2.0 | [wikipedia](https://www.wikipedia.org)

Batterie und Brennstoffzelle

Hersteller

B
a
t
t
e
r
i
e



EBUSCO



Evobus



VDL



Solaris



MAN

H
2



Evobus



Caetano



Solaris

Quelle: EBUSCO, Evobus, VDL, Solaris, MAN, Caetano

Mobilitätswende

Nutzen der Systemkompetenz der Verkehrsunternehmen

Zusammenführen der Energieversorgung

- Nutzung der Systemkompetenzen
- Nutzung der Infrastrukturen

Depot

- Aufbau von Versorgungsringnetzen
- Aufbau der DC-Ladeinfrastrukturen

Netz

- Nutzung der freien Kapazitäten der Trafo-Stationen
- Einbindung von Ladepunkten in vorhandene Netzstrukturen

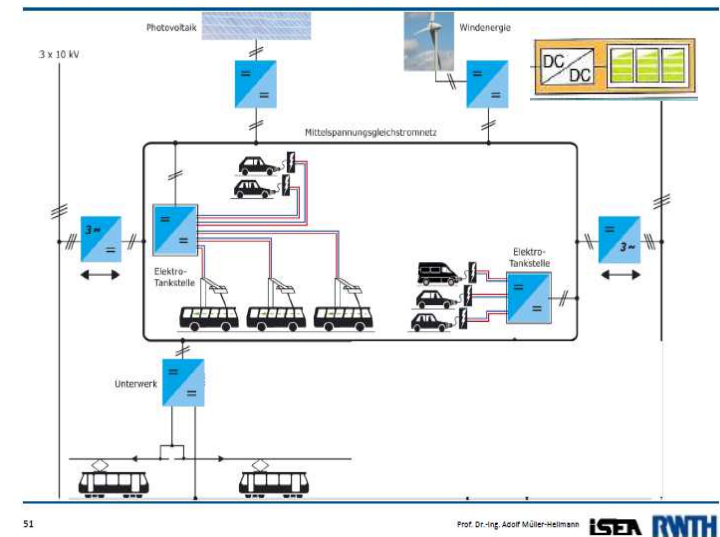
Herausforderung

- steuerliche Stromabgrenzung
- neue Flächenbedarfe zum Nachladen

Finanzierung

- Migrationskosten (Infrastruktur, Fahrzeuge, Betrieb, Depots etc.)

Eine elektromobile Stadt braucht Gleichspannungsleitungen



Grafik: Prof. Müller-Hellmann

Digitalisierung

VDV 238 – in Bearbeitung

aktueller Stand der VDV 238

- es gibt eine innerhalb der Arbeitsgruppe abgestimmte Liste mit ca. 160 Daten (70 aus Bus-FMS, 90 aus J1939)
- Basis dieser gegenwärtigen Liste sind Werte, deren Weitergabe bereits in einem Standardisierungsdokument spezifiziert sind
- die Lieferung der Daten soll direkt im Fahrzeug erfolgen, nicht über die Hintergrundsysteme der Hersteller
- die Weitergabe der Daten an Dritte (und damit auch an die Hersteller) soll über bilaterale Vereinbarungen zwischen den Verkehrsunternehmen und den Dritten geregelt werden
- die OEMs wurden hinsichtlich der Verfügbarkeit der Daten angefragt und es gibt innerhalb der Arbeitsgruppe eine Übersicht darüber, wer welche Daten liefern kann
- die damit erarbeitete Fahrzeugdatenliste soll als Basis für künftige Ausschreibungen dienen
- berücksichtigt wurden hierbei Anforderungen der Antriebsformen „Diesel“, „Erdgas“, „Diesel Hybrid“, „Wasserstoff“, „Trolley“ und „Elektro“
- neben den reinen J1939-Werten umfasst die Datenliste auch über 90 sog. Tell-Tales-Nachrichten (Zustandsinformationen, die bspw. über Anzeigen an einem Armaturenbrett ausgegeben werden könnten)

aktueller Stand der VDV 238

- zur aktuellen ITxPT-Liste besteht eine Überdeckung von ca. 40%
 - primär den unterschiedlichen Herangehensweisen geschuldet
 - ITxPT: „welche Daten wollen wir grundsätzlich in einem künftigen Bus-FMS“
 - VDV: „welche Daten gibt es bereits, an denen wir interessiert sind“
- mit Abschluss der ersten Version der VDV 238-Datenliste beginnen sofort die Arbeiten an einer Folgeversion
- diese wird zusätzlich zu den bisherigen Daten dann auch „neue“ Informationen, wie sie bspw. in der ITxPT-Liste enthalten sind, umfassen
- langfristiges Ziel ist, dass wir eine Überdeckung möglichst nahe an 100% zwischen den beiden Listen erreichen

Busbrände

Brandschutz, Anforderungen an Betriebshöfe

Busbrände- Zahlen, Ursachen, Hintergründe

Ursachen für Brände von E-Bussen:

- Fertigungsfehler/Isolationsschäden (Separator) in der Batterie
- Kurzschluss in der Batterie durch Alterung bzw. Dendriten
- fehlerhafte HV-Verschraubungen
- Defekte am 24-V-Stromsystem
- Defekte an der fossilen Zusatzheizung (falls noch vorhanden)

Gegenmaßnahmen:

- Brandlöschanlagen für die fossile Zusatzheizung

Anmerkung:

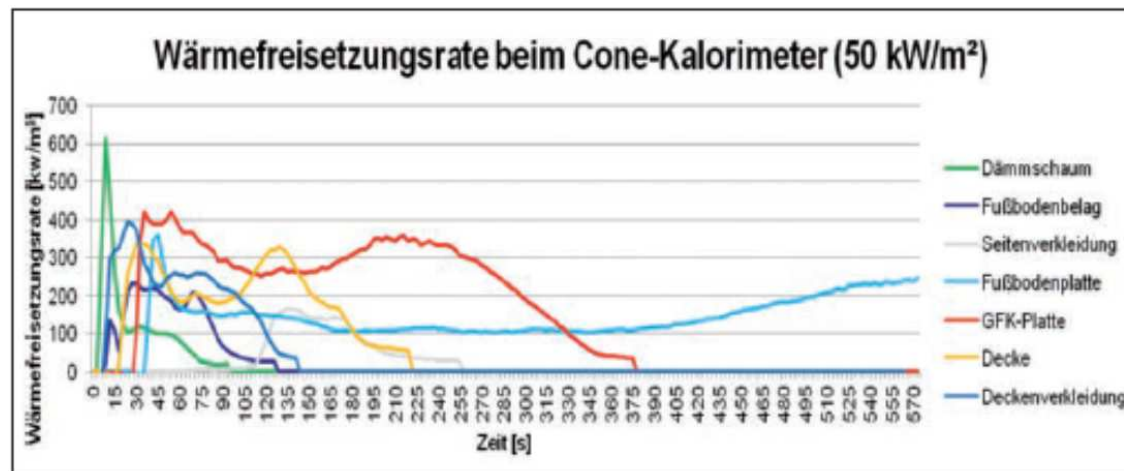
Brandrisiko beim Laden im Betriebshof!

E-Bus ist nicht gleich E-Bus! Es gibt große Unterschiede in puncto Batteriekapazität, Zellchemie, Bauart usw.

Brandlast- Brandverhalten

Brandlast:

- Die Brandlast von Bussen ist durch die Innenraummaterialien extrem hoch und in der Regel durch die Karosserie vor Löschmitteln (z. B. aus einer Sprinkleranlage) von außen nicht zu erreichen.
- Die Brandlast von Dieselbus und E-Bus sind etwa vergleichbar.
- Eine Verringerung der Brandlast ist kaum möglich; die Verwendung von Kunststoffen und damit auch die Brandlast werden steigen (Leichtbau, Seitenwände aus Kunststoff usw.).



Quelle: s + s report 1/ 2014

Brandschutz in Abstellanlagen

Halle – Carport – Freiabstellung:

Allgemeine Punkte:

- Busabstellhallen sind in der Regel Sonderbauten, für die ein Brandschutzkonzept erstellt werden muss. Bei der Planung sollte die Feuerwehr und der Gebäudeversicherer mit einbezogen werden.
- Die frühzeitige Erkennung von Bränden ist zwingend notwendig, sowohl im Bus (Batterie) als auch in der Ladeinfrastruktur!
- Es ist daher sinnvoll, die Zelltemperatur und die Zellspannung beim Ladevorgang laufend zu überwachen und bei Unregelmäßigkeiten den Ladevorgang automatisch zu unterbrechen.
- Dabei sollte eine Meldung durch das Batterie-Management-System (BMS) über das Lade-Management-System zu einer ständig besetzten Leitstelle erfolgen.
- Durch die geschlossene Bauweise der Batterien ist ein Brand erst spät erkennbar.
- Die frühzeitige Auslösung der gebäudeseitigen Brandmeldeanlage (mit genauer Ortung) und, falls vorhanden, der automatischen Brandunterdrückungsanlage (Sprinkleranlage bzw. HD-Wassernebel) sollte sichergestellt werden. Die Daten aus der BMA sollen separat gespeichert werden.

Brandschutz in Abstellanlagen

Halle – Carport – Freiabstellung:

Allgemeine Punkte:

- Man kann davon ausgehen, dass bei einem Brand in einer Abstellanlage alle Busse in einem Brandabschnitt vernichtet werden.
- Es ist daher sinnvoll, die Brandabschnitte bzw. in einem Bereich abgestellten Busse sowohl in Hallen als auch in Carports und bei Freiaufstellung auf ca. 20 Busse zu begrenzen. 20 Busse stellen eine Zahl von Bussen dar, die versicherungstechnisch und organisatorisch handhabbar ist. Dies wird von Versicherungen empfohlen.
- Falls notwendig, müssen Feuerwehrumfahrungen und Feuerwehreinfahrten vorgesehen werden bzw. es müssen Feuerwehraufstellflächen vorgehalten werden.
- Zusätzliche Ein- und Ausfahrten sollten vorgesehen werden.
- Die zentrale (leicht zugänglich) Abschaltung der Druckluftversorgung, Ladeinfrastruktur und Stromversorgung für die Abstellbereiche sollte vorgesehen werden.
- Löschwasser muss in ausreichender Menge verfügbar sein.

Brandschutz in Abstellanlagen

Ladeinfrastruktur:

- Es ist sinnvoll, die Ladeinfrastruktur, z. B. Ladegeräte, in einem Raum (separater Brandabschnitt) unterzubringen. Die Daten aus der Ladeinfrastruktur soll separat gespeichert werden.
- Die Verwendung von Brandmeldeanlagen ist notwendig.
- In Räumen mit Ladeinfrastruktur ist eine Löschanlage sinnvoll.

Stationärer Batteriespeicher (Second-Life-Nutzung):

- Stationäre Batteriespeicher müssen auch brandschutztechnisch behandelt werden.
- Hochwasserschutz ist hier besonders wichtig.

sonstige Punkte:

- Gefahren durch Hochwasser müssen zukünftig ebenfalls beachtet werden.
- Vereinbarungen mit den Kommunen bezüglich der Vorhaltung von Diesel usw. für den Katastrophenfall müssen berücksichtigt werden.

Die Zukunft des Öffentlichen Verkehrs

Ausbau – Energie-/Antriebswende – Digitalisierung – Qualitätsverbesserung

- Der ÖV bietet schon in seiner heutigen Ausprägung Energieeffizienz und Klimavorteile!
- Der Bus-Sektor hat sich auf den Antriebs- und Energieträgerwechsel strategisch vorbereitet!
 - Bei Förderung der beantragten 5.000 Busse können bis 2026 ca. 18 Prozent der VDV-Bus-Flotte emissionsfrei betrieben werden.
- Die Transformation hin zur emissionsfreien Mobilität fordert vom Bus-Sektor:
 - **Neue Betriebskonzepte**
 - **Neue Betriebshof- und Werkstattgestaltungen**
 - **Neue Ladeinfrastruktur**
 - **Neue IT-Tools (Betriebshof- und Lademanagement)**
 - **Neue Fahrzeuge**
- Die Finanzierung muss langfristig gesichert sein, um den Prozess erfolgreich zu Ende zu führen!

Der ÖV-Sektor bietet für 2030 Lösungen zum Erreichen der CO₂-Minderungsziele und entwickelt aktiv Konzepte!

ÖPNV steht für nachhaltige Mobilität

Martin Schmitz

Geschäftsführer Technik

E schmitz@vdv.de | T +49 221 57979 123
